

연구보고서

# 화재 · 폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안

최재욱 · 이창우 · 최유정 · 정필훈 · 김시윤 · 김성준

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원





# 제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “화재·폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안”의 최종 보고서로 제출합니다.

2021년 11 월

## 연구진

연구기관 : 부경대학교 산학협력단

연구책임자 : 최재욱 (교수, 부경대학교)

연구원 : 이창우 (교수, 송실사이버대학교)

연구원 : 최유정 (과장, 정익엔지니어링)

연구원 : 정필훈 (교수, 송실사이버대학교)

연구보조원 : 김시윤 (사원, 정익엔지니어링)

연구보조원 : 김성준 (석사과정, 부경대학교)



# 요약문

- **연구기간** 2021년 05월 03일 ~ 2021년 11월 12일
- **핵심 단어** 화재폭발, 안전기준, 개선방안, 예방기준
- **연구과제명** 화재·폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안

## 1. 연구배경

산업안전보건기준에 관한 규칙의 화재·폭발에 관한 사항 중 위험수준 대비 규제수준이 과도하여 규제의 합리화 요구가 있는 규정에 대해 합리적 규제수준을 검토하여 개선방안을 마련할 필요가 있다. 또한 화학설비 및 안전장치류에 대한 안전기준과 관련하여 산업기술발전에 따른 규제의 현장 적용성을 재검토하여 개선이 필요한 사항에 대해서는 합리적 수준의 개선 방안을 마련할 필요가 있으며, 화재·폭발 위험이 있음에도 불구하고 안전기준이 제시되지 않은 화학물질에 대한 안전작업 방안 검토 필요성이 제기되었다.

따라서 본 연구에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 규제 개선 또는 도입이 필요할 것으로 판단되는 화학설비와 그 안전장치, 화학물질 등에 대해 국내·외 관련법 및 관련기준, 현장 적용성 등을 검토하여 합리적인 규제 수준 또는 추가 연구방향을 제시하고자 하였다.

## 2. 주요 연구내용

### ○ 위험물 취급 작업장이 있는 건축물의 비상구 설치 기준 검토 및 개선방안(위험물질 취급량 등, 안전보건규칙 제17조)

- 비상구 관련 국내 및 주요국가의 법규와 기준을 비교 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “위험물질을 제조·취급하는 작업장이 있는 건축물의 비상구” 기준과 비상구 규정 적용을 위한 위험물질의 최소량 규정량에 대한 사항을 검토하였다.

### ○ 연구시설 등 소규모 화학설비 및 보일러에 대한 안전거리 검토 및 합리적 적용방안(안전보건규칙 제271조)

- 안전거리 관련 국내 및 주요국가의 법규와 기준을 비교 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비”의 화재·폭발에 따른 피해를 줄이기 위해 필요한 안전거리와 기준을 검토하였다.

### ○ 안전밸브 설치대상(압력용기 등) 검토 및 작동시험 주기에 대한 적정성 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제261조)

- 안전밸브의 설치 및 검사(작동시험) 주기 관련 국내 및 주요국가의 법규와 기준, 기술현황 등을 비교 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따른 안전밸브 검사주기의 적정성과 합리적 개선 방안을 검토하였다.

## ○ 화염방지기 대체 통기밸브의 인정범위 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제269조)

- 화염방지기 관련 국내 및 주요국가의 법규와 기준을 비교 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “인화성 액체 및 가연성 가스를 저장 취급하는 화학설비”의 화재·폭발에 따른 피해를 줄이기 위해 화염방지기 관련 규정을 검토하였다.

## ○ 통기설비 및 화염방지기, 방유제 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제268조, 제269조, 제272조)

- 통기설비 및 화염방지기, 방유제 관련 국내 및 주요국가의 법규와 기준을 비교 분석하고 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따른 “위험물질을 저장·취급하는 설비”의 화재·폭발에 따른 사고발생을 예방하기 위하여 통기설비 및 화염방지기, 방유제 기준을 검토하였다.

## ○ 특수화학설비의 정의 및 안전조치 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제273조~제275조)

- 특수화학설비 관련 국내 및 주요국가의 법규, 국내 석유화학단지 현황(울산, 여수, 대산), 국내·외에서 발생된 위험물 저장탱크 사고 사례 등을 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “위험물을 대형으로 저장하는 탱크”를 특수화학설비로 추가하는 방안에 대해 검토하였다.

○ 화약류 또는 위험물을 저장하거나 취급하는 시설물에 대한 피뢰설비 설치 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제326조)

- 피뢰설비 관련 국내 및 주요국가의 법규와 설치기준을 비교 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “화약류 또는 위험물을 저장하거나 취급하는 시설물”의 사고 예방을 위하여 피뢰설비의 최소 높이에 대한 기준을 검토하였다.

○ 산소 등 산화성 가스에 의한 화재폭발 예방기준 마련(안전보건규칙 신설)

- 산소 등 산화성 가스 관련된 국내에서 발생한 사고현황 및 사고원인을 파악하여 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “산소 등 산화성 가스를 저장·취급하는 화학설비”의 사고 예방 대책과 산소 등 고압산소의 위험성에 대하여 검토하였다.

### 3. 연구 활용방안

제시된 연구결과는 주제별로 산업안전보건기준에 관한 규칙의 관련 규정을 개정하기 위한 기초 및 근거 자료로 활용이 가능할 것으로 판단되며, 일부 주제의 결과는 추가연구를 수행하기 위한 기초 및 참고자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 4. 연락처

- 연구책임자 : 부경대학교 교수 최재욱
- 연구상대역 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 연구위원 서동현
  - ☎ 032) 856. 0333
  - E-mail: seodh93@kosha.or.kr



# 목 차

|                                                                                  |          |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>I. 위험물 취급 작업장이 있는 건축물의 비상구 설치 기준 검토 및 개선방안(위험물질 취급량 등, 안전보건규칙 제17조) .....</b> | <b>1</b> |
| 1. 배경 및 검토 대상 .....                                                              | 1        |
| 1.1 배경 .....                                                                     | 1        |
| 1.2 검토 대상 및 범위 .....                                                             | 2        |
| 2. 용어의 정의 .....                                                                  | 3        |
| 2.1 피난시설(施設, Facility) .....                                                     | 3        |
| 2.2 피난기구(器具, Instrument) .....                                                   | 3        |
| 2.3 피난설비(設備, Installation) .....                                                 | 3        |
| 2.4 피난로(避難路, Evacuation) .....                                                   | 4        |
| 3. 피난에 관한 이론적 배경 .....                                                           | 5        |
| 4. 피난관련 국내·외 법령 및 기준 검토 .....                                                    | 6        |
| 4.1 피난관련 국내·외 법령검토 .....                                                         | 6        |
| 4.2 우리나라와 외국의 피난기준 .....                                                         | 18       |
| 5. 산업안전보건기준에 관한 규칙의 비상구 거리 기준 검토 .....                                           | 28       |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 5.1 비상구 관련 국내 법규 비교 .....           | 28 |
| 5.2 산업안전보건법과 건축법의 비상구 관련 기준검토 ..... | 28 |
| 5.3 국내·외 비상구 관련 법규 및 기준 .....       | 41 |
| 5.4 국내·외 기준 검토 결과 .....             | 51 |
| 5.5 산업안전보건기준의 위험물질 .....            | 54 |
| 6. 소결론 .....                        | 58 |

## II. 연구시설 등 소규모 화학설비 및 보일러에 대한 안전거리 검토 및 합리적 적용방안(안전보건규칙 제 271조) .....

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 1. 배경 및 검토 대상 .....                           | 63 |
| 1.1 배경 .....                                  | 63 |
| 1.2 검토 대상 및 범위 .....                          | 63 |
| 2. 산업안전보건법의 안전거리 개정경과 .....                   | 64 |
| 2.1 산업안전기준에 관한 규칙 제정(1990. 7. 23.) .....      | 64 |
| 2.2 산업안전기준에 관한 규칙 개정(2003. 8. 18.) .....      | 66 |
| 2.3 산업안전보건기준에 관한 규칙 전부개정(2011. 7. 6.) .....   | 67 |
| 2.4 산업안전보건기준에 관한 규칙 일부개정(2019. 12. 26.) ..... | 68 |

# 목 차

|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3. 안전거리 기준 비교 검토 .....                                                                       | 69         |
| 3.1 개요 .....                                                                                 | 69         |
| 3.2 용어의 정의 .....                                                                             | 69         |
| 3.3 국내법에 따른 안전거리 및 보유공지 .....                                                                | 70         |
| 3.4 외국의 안전거리 및 보유공지 관련 법규 .....                                                              | 82         |
| 3.5 국내·외 안전거리 설치 기준 검토 결과 .....                                                              | 101        |
| 4. 보일러 .....                                                                                 | 106        |
| 4.1 보일러 개요 .....                                                                             | 106        |
| 4.2 보일러 사고 사례 .....                                                                          | 106        |
| 5. 소결론 .....                                                                                 | 108        |
| <br><b>Ⅲ. 안전밸브 설치대상(압력용기 등) 검토 및 작동시<br/>험 주기에 대한 적정성 검토 및 개선방안(안전보건규<br/>칙 제261조) .....</b> | <b>111</b> |
| 1. 배경 및 검토 대상 .....                                                                          | 111        |
| 1.1 배경 .....                                                                                 | 111        |
| 1.2 검토 대상 및 범위 .....                                                                         | 112        |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 2. 국내 안전밸브 운용현황 .....                  | 113 |
| 2.1 압력방출장치 및 설비의 안전검사 .....            | 113 |
| 2.2 국내 법령별 안전밸브 검사주기 .....             | 137 |
| 2.3 산업안전보건법에 따른 안전밸브의 검사주기 설정 배경 ..... | 139 |
| 3. 국내 안전밸브 운용 현황 .....                 | 140 |
| 3.1 국내 정유공장 안전밸브 설치현황 .....            | 140 |
| 3.2 PSV 설치유형 .....                     | 142 |
| 3.3 안전밸브 검사 관련 작업 흐름 .....             | 144 |
| 3.4 국내 정유공장 안전밸브 유지보수 현황 .....         | 146 |
| 3.5 해외 안전밸브 검사결과 검사주기별 불합격률 .....      | 148 |
| 4. 해외의 안전밸브 관련 법규 및 기술 현황 .....        | 149 |
| 4.1 해외 관련 법규 현황 .....                  | 149 |
| 4.2 안전밸브 검사주기 기술문헌 검토 .....            | 157 |
| 4.3 PSV 고장원인 및 조치방안 .....              | 163 |
| 4.4 해외의 법률과 기술적 타당성을 검토한 결과 .....      | 166 |
| 5. 검사주기의 문제점과 개선방안 .....               | 168 |
| 5.1 검사주기의 문제점 .....                    | 168 |
| 5.2 안전밸브 검사주기의 개선방안 .....              | 170 |
| 6. 소결론 .....                           | 171 |

# 목 차

|                                                                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>IV. 화염방지기 대체 통기밸브의 인정범위 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제269조)</b>                                                                  | <b>175</b> |
| 1. 배경 및 검토 대상                                                                                                           | 175        |
| 1.1 배경                                                                                                                  | 175        |
| 1.2 검토 대상 및 범위                                                                                                          | 175        |
| 2. 화염방지기                                                                                                                | 175        |
| 2.1 화염방지기의 정의                                                                                                           | 175        |
| 2.2 화염방지기의 종류                                                                                                           | 176        |
| 2.3 화염방지기의 성능                                                                                                           | 176        |
| 2.4 화염방지기의 설치                                                                                                           | 177        |
| 3. 국내의 화염방지기 관련 규정                                                                                                      | 178        |
| 4. 국외의 화염방지기 관련 규정                                                                                                      | 179        |
| 4.1 API 2000(1998 Edition) 4.4.1.2                                                                                      | 179        |
| 4.2 API 2000(2009 Edition 4.4.1.1, 2014 Edition 3.4.1.1)                                                                | 179        |
| 4.3 Flame Arrester for Vents of Tanks Storing Petroleum Products(API Recommended Practice 2210 Third Edition, May 2000) | 180        |
| 5. 소결론                                                                                                                  | 182        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>V. 통기설비 및 화염방지기, 방유제 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제268조, 269조, 272조) .....</b> | <b>185</b> |
| 1. 통기설비 .....                                                            | 185        |
| 1.1 배경 및 검토 대상 .....                                                     | 185        |
| 1.2 KOSHA GUIDE D-14 2018 .....                                          | 185        |
| 1.3 상압저장탱크 .....                                                         | 195        |
| 1.4 소결론 .....                                                            | 197        |
| 2. 화염방지기 .....                                                           | 198        |
| 2.1 배경 및 검토 대상 .....                                                     | 198        |
| 2.2 화염의 전파속도 .....                                                       | 198        |
| 2.3 국내의 화염방지기 관련 규정 .....                                                | 199        |
| 2.4 한국소방산업기술원 폭연시험방법 .....                                               | 199        |
| 2.5 국내의 화염방지기 성능 기준 .....                                                | 201        |
| 2.6 국외의 화염방지기 성능 기준 .....                                                | 201        |
| 2.7 통기관에 화염방지기 설치의 문제점 .....                                             | 202        |
| 2.8 소결론 .....                                                            | 203        |
| 3. 방유제 .....                                                             | 204        |

# 목 차

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 3.1 배경 및 검토 대상 .....                | 204 |
| 3.2 국내·외 방유제 설치 기준 .....            | 204 |
| 3.3 국내·외 방유제(방유벽) 설치 기준 검토 결과 ..... | 229 |
| 3.4 국외의 방유제 관련 사고 사례 .....          | 237 |
| 3.5 소결론 .....                       | 238 |

## VI. 특수화학설비의 정의 및 안전조치 검토 및 개선 방안(안전보건규칙 제273~275조) ..... 241

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1. 배경 및 검토 대상 .....     | 241 |
| 1.1 배경 .....            | 241 |
| 1.2 검토 대상 및 범위 .....    | 241 |
| 2. 특수화학설비 관련 규정 .....   | 242 |
| 2.1 국내 규정 .....         | 242 |
| 2.2 일본 규정 .....         | 243 |
| 3. 특수화학설비 관련 안전장치 ..... | 244 |
| 3.1 계측장치 .....          | 244 |
| 3.2 자동경보장치 .....        | 245 |
| 3.3 긴급차단장치 .....        | 245 |
| 3.4 예비동력원 등 .....       | 249 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 4. 국내 주요 석유화학단지의 저장탱크 사용 현황 .....       | 250 |
| 5. 위험물 저장탱크 사고 통계 및 사례 .....            | 253 |
| 5.1 국외 위험물 저장탱크 사고통계 .....              | 253 |
| 5.2 국외 위험물 저장탱크 사고 사례(Buncefield) ..... | 253 |
| 5.3 국내 위험물 저장탱크 사고 사례(OO 송유관공사) .....   | 254 |
| 5.4 기타 국내 위험물 저장탱크 사고 사례 .....          | 254 |
| 5.5 위험물 저장탱크 사고 사례의 시사점 .....           | 255 |
| 6 소결론 .....                             | 256 |

## **VII. 화약류 또는 위험물을 저장하거나 취급하는 시설 물에 대한 피뢰설비 설치 기준 검토 및 개선방안(안 전보건규칙 제326조) ..... 259**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 1. 배경 및 검토 대상 .....  | 259 |
| 1.1 배경 .....         | 259 |
| 1.2 검토 대상 및 범위 ..... | 259 |
| 2. 국내·외 법 비교 .....   | 259 |

# 목 차

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 3. 설치 기준 .....    | 262 |
| 3.1 적용범위 .....    | 262 |
| 3.2 외부피뢰시스템 ..... | 263 |
| 3.3 내부피뢰시스템 ..... | 269 |
| 4. 소결론 .....      | 271 |

## Ⅷ. 산소 등 산화성 가스에 의한 화재폭발 예방기준 마련(안전규칙 신설) ..... 275

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 1. 배경 및 검토 대상 .....       | 275 |
| 1.1 배경 .....              | 275 |
| 1.2 검토 대상 및 범위 .....      | 275 |
| 2. 고압가스의 및 고압산소의 정의 ..... | 275 |
| 2.1 고압가스 .....            | 275 |
| 2.2 고압산소 .....            | 277 |
| 3. 산소의 특성 .....           | 278 |
| 3.1 일반적인 성질 .....         | 278 |
| 3.2 연소에 관한 성질 .....       | 278 |
| 3.3 산소 취급 시 주의사항 .....    | 279 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 4. 산화성 액체 및 산화성 고체 .....          | 280        |
| 5. 고압산소에 의한 국내 사고현황 .....         | 281        |
| 5.1 2010년 이전의 산소에 의한 사고 사례 .....  | 281        |
| 5.2 2010년 이후의 산소에 의한 사고 사례 .....  | 281        |
| 6. 과 산소 조건의 위험성 .....             | 293        |
| 6.1 과 산소 조건 .....                 | 293        |
| 6.2 안전·보건상의 위험성 .....             | 293        |
| 6.3 고압산소 배관의 위험성 및 취급 시 주의점 ..... | 294        |
| 7. 소결론 .....                      | 296        |
| <b>참고문헌 .....</b>                 | <b>299</b> |
| <b>Abstract .....</b>             | <b>307</b> |
| <b>부록 .....</b>                   | <b>311</b> |

# 목 차

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. 위험물 취급작업장이 있는 건축물의 비상구 설치 기준 검토 및 개선방안 (위험물질 취급량 등, 안전보건규칙 제17조) ..... | 311 |
| NFPA 30 .....                                                             | 311 |
| NFPA 101 .....                                                            | 357 |
| NFPA 5000 .....                                                           | 368 |
| BR 2000 .....                                                             | 370 |
| 建築基準法施行令(直通階段の設置) .....                                                   | 372 |
| SCDF Fire Code 2002 .....                                                 | 373 |
| 2. 연구시설 등 소규모 화학설비 및 보일러에 대한 안전거리 검토 및 합리적 적용방안(안전보건규칙 제271조) .....       | 374 |
| NFPA 30 .....                                                             | 374 |
| API 2510 .....                                                            | 382 |
| CCPS(Center for Chemical Process Safety) .....                            | 385 |
| 3. 안전밸브 설치대상(압력용기 등) 검토 및 작동시험 주기에 대한 적정성 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제261조) .....   | 395 |
| API 510 .....                                                             | 395 |
| API 576 .....                                                             | 399 |
| PSSR 2000 .....                                                           | 410 |
| 労働安全衛生法 .....                                                             | 413 |
| HSE .....                                                                 | 416 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| AB-506 .....                                                               | 420 |
| 4. 화염방지기 대체 통기밸브의 인전범위 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제269조) .....                       | 426 |
| API 2000 .....                                                             | 426 |
| API 2210 .....                                                             | 428 |
| 5. 통기설비 및 화염방지기, 방유제 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제268조, 269조, 272조) .....          | 430 |
| NFPA 30 .....                                                              | 430 |
| 6. 화약류 또는 위험물을 저장하거나 취급하는 시설물에 대한 피뢰설비 설치 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제326조) ..... | 434 |
| NFPA 780 .....                                                             | 434 |

# 표 목차

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 〈표 I-1〉 건축법 시행령 및 산업안전보건기준에 관한 규칙의 비상구 관련 규정 ..... | 1  |
| 〈표 I-2〉 2이상의 피난로를 요구하는 규정 .....                    | 9  |
| 〈표 I-3〉 단일 피난로를 허용하는 규정 .....                      | 11 |
| 〈표 I-4〉 보행거리에 관한 규정 .....                          | 15 |
| 〈표 I-5〉 막다른 복도에 관한 규정 .....                        | 16 |
| 〈표 I-6〉 중복 보행거리에 관한 규정 .....                       | 17 |
| 〈표 I-7〉 NFPA 101, UBC 및 국내 건축법과 비교 .....           | 20 |
| 〈표 I-8〉 방화대상물별 피난기구 설치 기준 .....                    | 24 |
| 〈표 I-9〉 최성기 및 피난경로 화재 도달시간 .....                   | 25 |
| 〈표 I-10〉 미국 인명안전코드가 권하는 피난통로의 구성내용 .....           | 27 |
| 〈표 I-11〉 2003년 8월 18일 개정내용 .....                   | 29 |
| 〈표 I-12〉 1982년 8월 7일 개정내용 .....                    | 33 |
| 〈표 I-13〉 2009년 7월 16일 개정내용 .....                   | 35 |
| 〈표 I-14〉 비상구와 관련된 국내법 검토 결과 .....                  | 41 |
| 〈표 I-15〉 외국의 비상구 관련 기준 .....                       | 42 |
| 〈표 I-16〉 보행거리의 한계 .....                            | 46 |
| 〈표 I-17〉 출구까지의 보행거리 .....                          | 47 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 〈표 I-18〉 보행거리의 한계 .....                        | 48 |
| 〈표 I-19〉 일본의 건축기준법 시행령 제120조 .....             | 49 |
| 〈표 I-20〉 최대 피난거리 설계변수 .....                    | 50 |
| 〈표 I-21〉 위험물질의 기준량 .....                       | 54 |
| 〈표 II-1〉 일부개정(1997. 1. 11.) 안전거리 규정 .....      | 64 |
| 〈표 II-2〉 [별표 3의2]안전거리(제291조 관련) .....          | 65 |
| 〈표 II-3〉 일부개정(2003. 8. 18.) 안전거리 규정 .....      | 66 |
| 〈표 II-4〉 전부개정(2011. 7. 6.) 안전거리 규정 .....       | 67 |
| 〈표 II-5〉 일부개정(2019. 12. 26.) 안전거리 규정 .....     | 68 |
| 〈표 II-6〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조 .....           | 70 |
| 〈표 II-7〉 안전거리에 관한 별표 8의 규정 .....               | 71 |
| 〈표 II-8〉 특정제조시설의 시설기준 중 배치기준 .....             | 72 |
| 〈표 II-9〉 고압가스 제조시설기준 중 일반제조시설의 시설기준 .....      | 74 |
| 〈표 II-10〉 제조소의 구조, 위치 및 설비의 기준(안전거리) .....     | 75 |
| 〈표 II-11〉 제조소의 구조, 위치 및 설비의 기준(보유공지) .....     | 77 |
| 〈표 II-12〉 옥내저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준(안전거리) .....   | 78 |
| 〈표 II-13〉 옥내저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준(보유공지) .....   | 79 |
| 〈표 II-14〉 옥외탱크저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준(보유공지) ..... | 80 |

## 표 목차

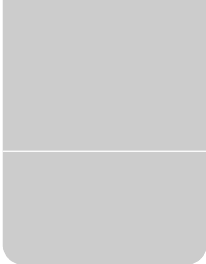
|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 〈표 II-15〉 NFPA 30에 따른 인화성 액체와 가연성 액체의 구분 .....               | 82  |
| 〈표 II-16〉 작동압력이 2.5 psig 이하의 안정적인 액체 .....                   | 85  |
| 〈표 II-17〉 탱크용량에 대한 최소거리 .....                                | 86  |
| 〈표 II-18〉 작동압력이 2.5 psig 초과하는 안정적인 액체 .....                  | 87  |
| 〈표 II-19〉 보일오버(Boilover) 특성을 가진 액체 .....                     | 88  |
| 〈표 II-20〉 탱크의 용량에 따른 Class IIIB의 최소거리 .....                  | 89  |
| 〈표 II-21〉 압력에 따른 불안정한 액체의 최소거리 .....                         | 90  |
| 〈표 II-22〉 가압된 LPG 탱크의 동체와 인접 대지경계선 사이의 최소 수평거리 .....         | 91  |
| 〈표 II-23〉 기름연료의 위험도에 따른 탱크형식의 선정 .....                       | 94  |
| 〈표 II-24〉 탱크의 종류에 따른 이격거리 .....                              | 95  |
| 〈표 II-25〉 탱크와 기타 시설과의 이격거리 .....                             | 96  |
| 〈표 II-26〉 38,000 리터보다 큰 탱크의 안전거리 .....                       | 99  |
| 〈표 II-27〉 국내 안전거리 관련 기준 비교 .....                             | 101 |
| 〈표 II-28〉 화재에 대한 플랜트 장비의 일반적인 안전거리 .....                     | 103 |
| 〈표 II-29〉 인화성 및 가연성 액체 및 액화 가스탱크의 화재의 예방을 위한 장비와의 안전거리 ..... | 104 |
| 〈표 II-30〉 화재에 대한 건물의 안전거리 .....                              | 105 |

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 〈표 III-1〉 안전밸브의 설치에 관한 법적 요구사항 비교 .....           | 115 |
| 〈표 III-2〉 안전밸브 검사에 관한 법적 요구사항 비교 .....            | 125 |
| 〈표 III-3〉 보일러, 압력용기 등에 대한 검사 시 요구사항 비교 .....      | 129 |
| 〈표 III-4〉 국내 정유 및 석유화학공장의 안전밸브 설치 현황 .....        | 141 |
| 〈표 III-5〉 국내 정유 및 석유화학공장의 PSV 설치유형별 현황(2021년) ... | 143 |
| 〈표 III-6〉 국내 정유 및 석유화학공장 안전밸브 검사이력 현황 .....       | 147 |
| 〈표 III-7〉 해외의 안전밸브 검사 주기별 불합격 조사결과 .....          | 148 |
| 〈표 III-8〉 안전밸브 검사주기에 대한 문헌조사 결과 .....             | 162 |
| 〈표 IV-1〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 269조 제1항 .....         | 178 |
| 〈표 IV-2〉 화염방지기와 통기밸브의 기준 .....                    | 179 |
| 〈표 IV-3〉 압력 및 진공에 대한 정상적인 배출 .....                | 180 |
| 〈표 IV-4〉 화염방지기를 대체하는 통기밸브 .....                   | 180 |
| 〈표 V-1〉 초기 온도가 49 ℃일 경우에 흡입되어야 하는 통기량 .....       | 187 |
| 〈표 V-2〉 화재 시 탱크 인입 열량 .....                       | 189 |
| 〈표 V-3〉 환경인자(Environmental factor) .....          | 190 |
| 〈표 V-4〉 핵산과 유사할 경우 비상배기량 .....                    | 190 |
| 〈표 V-5〉 탱크 용량에 따른 최소 통기관 배관 직경 .....              | 192 |
| 〈표 V-6〉 열 영향(온도 변화)으로 인한 일반적인 흡입 및 배기 요구량 ....    | 193 |

## 표 목차

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 〈표 V-7〉 화재 시 표면에 따른 긴급 배기 요구량 .....                        | 194 |
| 〈표 V-8〉 시험을 위한 혼합가스의 특징 .....                              | 200 |
| 〈표 V-9〉 위험물질 종류에 따른 방유제 설치대상 .....                         | 205 |
| 〈표 V-10〉 KOSHA GUIDE D-8-2017의 방유제의 유효용량과 안전거리 .....       | 206 |
| 〈표 V-11〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9의 위험물질별 기준량 ....              | 207 |
| 〈표 V-12〉 방유제 일반기준 .....                                    | 209 |
| 〈표 V-13〉 옥외탱크저장소의 방유제 기준 .....                             | 210 |
| 〈표 V-14〉 옥내탱크저장소의 방유제 기준 .....                             | 212 |
| 〈표 V-15〉 화학물질관리법에 따른 유해화학물질 취급시설 설치 및 관리기준 ..              | 215 |
| 〈표 V-16〉 화학물질안전원고시(제2020-6호)의 방류벽 기술기준 .....               | 219 |
| 〈표 V-17〉 화학물질안전원고시(제2020-6호)의 방류벽 세부기준 .....               | 219 |
| 〈표 V-18〉 「고압가스 안전관리법」 제33조의2의 방류제 관련 기준 .....              | 221 |
| 〈표 V-19〉 KGS FU111 2.9.1.1항 방류독의 기능 .....                  | 222 |
| 〈표 V-20〉 KGS FU111 2.9.1.3항 방류독의 재료 및 구조 .....             | 223 |
| 〈표 V-21〉 지상저장탱크의 액체 종류별 주변 시설물 경계 및 공중도로 사이의<br>최소거리 ..... | 224 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 〈표 V-22〉 Class IIIB 물질 저장탱크와 주변 시설물 경계 및 공중도로 사이의 최소거리 ..... | 225 |
| 〈표 V-23〉 NFPA 30 Code의 인화성 액체 및 가연성 액체의 정의 .....             | 226 |
| 〈표 V-24〉 미국 캘리포니아주 OSHA의 지상탱크의 방류벽과 관련된 기준 .....             | 227 |
| 〈표 V-25〉 국내 방유제(방류벽) 관련 기준 비교 .....                          | 230 |
| 〈표 V-26〉 방유제(안) .....                                        | 234 |
| 〈표 V-27〉 국외 방류벽(방유제) 관련 기준 요약 .....                          | 235 |
| 〈표 VI-1〉 석유화학단지 현황(2021년) .....                              | 250 |
| 〈표 VII-1〉 국내 및 국외 피뢰설비에 관한 문헌자료 .....                        | 260 |
| 〈표 VII-2〉 피뢰시스템의 레벨별 회전구체 반경, 메시치수와 보호각의 최대값 .....           | 265 |
| 〈표 VII-3〉 피뢰시스템의 등급별 대표적인 인하도선 사이의 최적간격 .....                | 266 |
| 〈표 VII-4〉 수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입 붕괴 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적 .....      | 268 |
| 〈표 VII-5〉 외부 피뢰시스템의 등급에 따른 $K_i$ 의 값 .....                   | 269 |
| 〈표 VII-6〉 외부 피뢰시스템의 재료에 따른 $K_m$ 의 값 .....                   | 270 |
| 〈표 VII-7〉 외부 피뢰시스템의 인하도선의 수에 따른 $K_c$ 의 값 .....              | 270 |
| 〈표 VIII-1〉 위험물질의 종류(별표 1의 3항) .....                          | 280 |



## 표 목차

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 〈표 VIII-2〉 사고발생물질 .....            | 282 |
| 〈표 VIII-3〉 감압밸브 주입 윤활유 .....       | 283 |
| 〈표 VIII-4〉 산소배관 차단밸브 및 배관 .....    | 285 |
| 〈표 VIII-5〉 산소의 물리적 특성 .....        | 285 |
| 〈표 VIII-6〉 산소배관 화재 · 폭발 주요원인 ..... | 287 |



## 그림목차

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 〈그림 Ⅰ-1〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 제17조에 따른 비상구까지의 거리 ..... | 39  |
| 〈그림 Ⅰ-2〉 건축법 시행령 제35조에 따른 직통계단까지의 거리 .....        | 40  |
| 〈그림 Ⅱ-1〉 「위험물안전관리법」의 안전거리 .....                   | 77  |
| 〈그림 Ⅲ-1〉 안전밸브 검사 관련 작업흐름도 .....                   | 144 |
| 〈그림 V-1〉 일본 교토시 소방국의 옥내탱크저장소의 참고도면 .....          | 214 |
| 〈그림 VI-1〉 저장용기에 설치하는 긴급차단밸브 사례 .....              | 247 |
| 〈그림 VI-2〉 반응기 유입배관에 설치하는 긴급차단밸브 사례 .....          | 247 |
| 〈그림 VI-3〉 탱크로리 하역용 배관에 설치하는 긴급차단밸브 사례 .....       | 248 |
| 〈그림 VII-1〉 피뢰시스템의 등급별 보호각 .....                   | 264 |
| 〈그림 VIII-1〉 연소의 3요소 .....                         | 286 |
| 〈그림 VIII-2〉 차압에 따른 최대 유속(등온 흐름 가정) .....          | 289 |



**I. 위험물 취급 작업장이 있는  
건축물의 비상구 설치 기준  
검토 및 개선방안(위험물질  
취급량 등, 안전보건규칙  
제17조)**





# I. 위험물 취급 작업장이 있는 건축물의 비상구 설치 기준 검토 및 개선방안(위험물질 취급량 등, 안전보건규칙 제17조)

## 1. 배경 및 검토 대상

### 1.1 배경

산업안전보건기준에 관한 규칙 제17조의 비상구간의 기준거리는 1990년 7월 산업안전기준에 관한 규칙 제11조(비상구의 설치) 규정에 의하여 제정되었으며, 2003년 노동부령 제197호(2003년 8월 18일) 제17조로 옮겨 개정이 되어 현재에 이르고 있다. 2003년 개정 이후 현재까지 비상구 기준인 “작업장의 각 부분으로부터 하나의 비상구 또는 출입구까지 수평거리가 50미터 이하가 되도록 할 것”에 대한 수평거리에 대한 근거가 부족하였으며, 반도체·디스플레이 공장에 대한 건축법의 직통계단(비상구) 관련 규정이 2010년 4월 50미터에서 75미터로 개정되었으나, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제17조의 비상구의 수평거리는 50미터로 유지되어 있어, 「건축법」 개정사항을 반영하지 못하고 있다. 따라서 비상구의 수평거리에 대해 검토할 필요성이 있다<표 I-1>.

〈표 I-1〉 건축법 시행령 및 산업안전보건기준에 관한 규칙의 비상구 관련 규정

| 관계 법령                 | 거리 정의                                  | 적용 기준                             | 거리 기준   |
|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제17조 | 작업장 각 부분으로부터 하나 이상의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리 | 위험물질*을 제조·취급하는 작업장과 그 작업장이 있는 건축물 | 50미터 이하 |

| 관계 법령                       | 거리 정의                                                           | 적용 기준                                                       | 거리 기준    |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|
| 건축법 시행령 제34조 제1항 (직통계단의 설치) | 거실의 가장 먼 곳으로부터 거실에서 가장 가까운 거리에 있는 직통계단**까지의 보행거리 (30미터 이하가 원칙임) | 주요구조부가 내화구조 또는 불연 재료로 건축되지 않은 건축물                           | 30미터 이하  |
|                             |                                                                 | 주요구조부가 내화구조 또는 불연 재료로 된 16층 이상 공동주택                         | 40미터 이하  |
|                             |                                                                 | 주요구조부가 내화구조 또는 불연 재료로 된 건축물                                 | 50미터 이하  |
|                             |                                                                 | 자동차 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 반도체와 디스플레이 패널을 제조하는 공장      | 75미터 이하  |
|                             |                                                                 | 자동차 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 반도체 및 디스플레이 패널을 제조하는 무인화 공장 | 100미터 이하 |

※ 「소방시설법」, 「위험물안전관리법」, 「액화석유가스안전관리 및 사업법」, 「고압가스 안전관리법」, 「도시가스 사업법」의 검토결과 출입구와 비상구에 대한 별도 기준 없음.

\*산업안전보건기준에 관한 규칙 별표1에 규정된 위험물질

\*\*직통계단: 피난층 외의 층에서 피난층·지상으로 통하는 계단(경사로 포함)

## 1.2 검토 대상 및 범위

- 피난의 개요 및 정의
- 국내·외 피난 관련 법령 비교
- 국내·외 비상구 관련 규정 비교
- 국내·외 위험물질의 기준량에 따른 비상구 관련 기준

## 2. 용어의 정의(최규출, 2014)

### 2.1 피난시설(施設, Facility)

피난시설은 일반적으로 건축물 구조 차체를 가지는 기능적 시설 부분이다. 피난시설은 피난계획 및 건축 평면계획에 따라 설치되는 (특별)피난계단 및 옥외계단, 복도, 피난승강기의 승강로 등과 같이 건축물 구조체 개념의 공간구성을 가지는 ‘피난통로’(수평 또는 수직통로)나, 재해 대피를 위한 ‘피난안전구역’ 등으로 한정하여 정의한다. 즉, 화재 또는 재난 시 정상적인 피난을 위한 정규의 피난로를 구성한 시설로서 본래의 건축구조물에 부여되고, 건축물의 구조와 관련되므로 초기 건축단계에서부터 설치되며, 건축물 완공 후 설치되거나 비치하는 피난기구와 구별한다.

### 2.2 피난기구(器具, Instrument)

피난기구는 건축물에 재해가 발생할 시 정규 피난으로(피난통로, 피난계단 등) 사용할 수 없는 경우에 긴급한 상황에서 보조적·응급적 수단을 이용하여 피난층까지 대피하기 위한 도구나 피난장치를 의미하는 것으로 건축물의 일부에 설치하거나 비치하게 된다.

### 2.3 피난설비(設備, Installation)

피난설비의 범위는 피난기구와 비상조명등, 유도등 등으로 구분할 수 있다. 피난기구는 복도 및 계단 등의 피난 통로가 화재 확산의 영향으로 막히는 현상이 발생하였을 때 즉시 사용 가능한 비상탈출 장치이며, 유도등과 피난유도선, 비상조명등 등은 비상구, 피난통로, 피난기구가 설치되는 탈출구 또는 피난경로 위치에 설치되어 피난을 원활하게 유도하는 장치나 기구를 말한다.

## 2.4 피난로(避難路, Evacuation)

피난로는 대지진이나 화재 등 재해 발생 시에 피난자가 피난층에 안전하게 도달하도록 하는 피난동선 경로로써, 거실에서 비상구까지 지나는 통로나 복도의 구조 및 크기, 창문이나 문의 개수와 구조 등에 이르는 통로에 관한 모든 과정을 의미한다.

### 3. 피난에 관한 이론적 배경<sup>1)</sup>

피난은 화재 등 비상시에 더 안전한 장소로 대피하는 행위이다. 피난계획이란 화재실에서 피난로로 피난, 층 전체에서 피난계단으로 피난, 피난층으로 피난 그리고 연기와 화염으로부터 안전 지역으로 대피시키는 것이 기본 방안이다.

피난로는 보통 3개의 부분으로 구성한다. 이 중 가장 중요한 부분은 “건축물의 다른 부분과 적절한 내화성능을 가진 벽 등으로 구획된 피난경로의 부분”이고, 미국이나 호주에선 EXIT로 정의하고 있다.

EXIT는 구획된 계단뿐만 아니라, 구획된 복도 또는 직접 옥외로 통하는 출입구도 포함된다. 프랑스에선 EXIT의 정의가 약간 다르지만 구획된 계단이나 복도를 피난경로의 일부로 취급하고 있다. 우리나라와 일본에선 구획된 복도를 피난계단과 동등한 것으로 취급하지 않는다.

피난로의 처음 부분은 EXIT에 도달하는 부분까지의 범위로 한다. 예를 들어 거실 내의 통로나 구획되어 있지 않은 복도, 계단 등까지의 범위이다. 이들 부분은 화재의 영향으로부터 완전히 보호되지 않으므로 단시간밖에 보호되지 않는다. 따라서 많은 국가에선 피난로를 보호하기 위하여 EXIT수나 배치, EXIT까지의 최대 보행거리를 제한한 규정을 두고 있다.

따라서 EXIT의 정의나 기준은 국가별로 다르므로 국내·외의 EXIT와 관련한 규정을 중심으로 피난경로의 배치나 수를 검토하는 것이 중요하다.

1) 건축물의 피난안전에 관한 국가 간 기준 비교연구, 2002년 한국화재소방학회 제16권에서 참조함

## 4. 피난 관련 국내·외 법령 및 기준 검토

### 4.1 피난관련 국내·외 법령검토

#### 4.1.1 피난로 수(數)와 관련된 규정

피난로의 소실이나 연기의 오염으로 인해 인명의 손실이 발생되고 있다. 피난은 화재 등 비상시의 인명안전에서 매우 중요한 요소인 것으로 판단된다. 우리나라에서는 건축법의 직통계단 및 비상탈출구의 설치 등과 관련된 피난 규정이 적용된다.

##### 4.1.1.1 국내 관련 규정

건축법에 따른 국내의 피난 관련 규정은 다음과 같다.

- 건축법 시행령 제34조(직통계단의 설치)
  - ② 법 제49조제1항에 따라 피난층 외의 층이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 용도 및 규모의 건축물에는 국토교통부령으로 정하는 기준에 따라 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단을 2개소 이상 설치하여야 한다. <개정 2009. 7. 16., 2013. 3. 23., 2014. 3. 24., 2015. 9. 22., 2017. 2. 3.>
  - 1. 제2종 근린생활시설 중 공연장·종교집회장, 문화 및 집회시설(전시장 및 동·식물원은 제외한다), 종교시설, 위락시설 중 주점영업 또는 장례시설의 용도로 쓰는 층으로서 그 층에서 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 200제곱미터(제2종 근린생활시설 중 공연장·종교집회장은 각각 300제곱미터) 이상인 것

2. 단독주택 중 다중주택·다가구주택, 제1종 근린생활시설 중 정신과 의원(입원실이 있는 경우로 한정한다), 제2종 근린생활시설 중 인터넷컴퓨터게임시설제공업소(해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 경우만 해당한다)·학원·독서실, 판매시설, 운수시설(여객용 시설만 해당한다), 의료시설(입원실이 없는 치과병원 등 제외한다), 교육연구시설 중 학원, 노유자시설 중 아동 관련 시설·노인복지시설·장애인 거주시설(「장애인복지법」 제58조제1항제1호에 따른 장애인 거주시설 중 국토교통부령으로 정하는 시설을 말한다. 이하 같다) 및 「장애인복지법」 제58조제1항제4호에 따른 장애인 의료재활시설(이하 “장애인 의료재활시설”이라 한다), 수련시설 중 유스호스텔 또는 숙박시설의 용도로 쓰는 3층 이상의 층으로서 그 층의 해당 용도로 쓰는 거실의 바닥면적의 합계가 200제곱미터 이상인 것
  3. 공동주택(층당 4세대 이하인 것은 제외한다) 또는 업무시설 중 오피스텔의 용도로 쓰는 층으로서 그 층의 해당 용도로 쓰는 거실의 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 것
  4. 제1호부터 제3호까지의 용도로 쓰지 아니하는 3층 이상의 층으로서 그 층 거실의 바닥면적의 합계가 400제곱미터 이상인 것
  5. 지하층으로서 그 층 거실의 바닥면적의 합계가 200제곱미터 이상인 것
- 건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제25조 1항  
지하층의 바닥면적이 50제곱미터 이상인 경우에는 비상탈출구를 설치한다.

#### 4.1.1.2 국외 관련 규정

##### 4.1.1.2.1 2개소 이상의 피난로를 요구하는 규정

미국, 호주 등 외국에서는 원칙적으로 어떤 층이나 임의의 지점에서 2개소 이상의 피난로를 요구하고 있다. 즉, 모든 층의 계단 및 모든 거실의 출구를 2개소 이상 설치하는 것을 요구한다. 다만, 건축물의 층수, 높이, 바닥면적, 수용인원에 따라 단일의 피난경로가 인정되는 경우가 있다.

호주에서는 건축물의 층수, 높이에 따라 2개소 이상의 피난경로가 요구된다. 용도와 관계없이 피난층부터 층수가 6층을 초과한 건물이거나 거실로써 사용되는 최상층의 바닥높이가 25 m를 초과한 건물의 각 층에는 2개 이상의 EXIT를 설치하도록 하고 있다.

프랑스에서는 수용인원에 따라서 피난로의 설치개수를 규정하고 있다. 수용인원이 19인 이하인 경우에는 피난로를 1개소 설치하여야 하며, 50인 이하인 경우 1개소의 피난로와 보조 피난경로를 추가로 설치하여야 한다. 수용인원이 100인 이하인 경우에는 2개소의 피난로 또는 피난로 1개와 보조 피난경로를 설치하도록 규정되어 있다.

미국에서는 단일의 피난경로를 제외하고, 500인 이하를 수용하는 층 또는 층의 부분 및 부속실에는 2개소 이상의 피난로를 설치해야 한다. 500인을 초과하여 수용하는 부분에는 3개소 이상의 피난경로가 요구된다. 또한 일정한 면적 이상의 교실, 객실 및 병실에는 EXIT로 통하는 2개소 이상의 출구를 설치해야 한다.

일본에서는 수용인원이 250인 이하인 경우에는 피난로의 설치개수를 2개소 설치하여야 하며, 수용인원이 2000명 초과인 경우에는 피난로를 6개소 설치하여야 한다. 일본의 경우 층수, 수용인원, 용도나 바닥면적에 따라서 피난로를 2개소에서 6개소까지 설치하도록 요구하고 있다<표 I-2>.

〈표 I -2〉 2이상의 피난로를 요구하는 규정

|     | 주요 규정                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 출처                       |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 미국  | <p>수용인수에 따른 규정</p> <p>1) 500명 초과 1,000명 이하 3개소</p> <p>2) 1000인&lt;4개소</p> <p>각 거실에서 출구를 2 이상 요구하는 경우</p> <p>- 교육용도</p> <p>a) 50인 이상 또는 93 m<sup>2</sup> 이상의 공간의료용도</p> <p>b) 환자침실 또는 환자침실이 포함된 스위트룸 S&gt;93 m<sup>2</sup></p> <p>c) 환자침실이 아닌 방이나 스위트룸 S&gt;230 m<sup>2</sup></p> <p>- 호텔 및 기숙사용도</p> <p>d) 객실/객실 스위트 S&gt;185 m<sup>2</sup></p> | NFPA 101<br>(NFPA, 2000) |
| 프랑스 | <p>수용인수에 따른 규정</p> <p>1) ≤19인 1개소</p> <p>2) ≤50인 1+sub</p> <p>3) ≤100인 2개소 또는 1+sub</p> <p>4) ≤500인 2개소,</p> <p>5) 500인&lt; 최초 500인을 초과하는 500인 당 +1</p> <p>sub: 보조적인 피난경로</p>                                                                                                                                                                   | ERP<br>(ERP, 2019)       |
| 호주  | <p>다음 건물의 각 층으로부터 2개소 이상 요구하는 규정</p> <p>a) 피난층에서의 층수&gt;6층</p> <p>또는 피난층부터의 바닥높이&gt;25 m 건물의 각층</p> <p>b) 병실을 포함한 층 (방화구역 된 각 부분에서는 1개소 이상)</p> <p>c) 유치원의 각 층</p> <p>d) 2층 이상으로 건축된 초·중학교의 각 층</p> <p>e) 50인을 초과 수용하는 층 또는 중간 층</p>                                                                                                            | BCA<br>(BCA, 1996)       |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 일본 | a) 6층 이상<br>b) 5층 이하로 피난층의 직상층 $S > 200 \text{ m}^2$ (주요구조부가 내화 또는 불연구조이면 $400 \text{ m}^2$ )<br>c) 집회(극장, 공회당 등)상업시설로 이용되는 층( $S > 1,500 \text{ m}^2$ )<br>d) 의료시설의 병실이 있는 층( $S > 100 \text{ m}^2$ )<br>e) 숙박시설의 숙박실이 있는 층( $S > 200 \text{ m}^2$ )<br>f) 공동주택의 거실이 있는 층( $S > 200 \text{ m}^2$ )<br>1) $\leq 250$ 인 2개소<br>2) $\leq 500$ 인 3개소<br>3) $\leq 1000$ 인 4개소<br>4) $\leq 2000$ 인 5개소<br>5) $2000 <$ 6개소 | 建築基準法<br>(建築基準法, 2021) |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|

S : 거실면적

#### 4.1.1.2.2 단일 피난로가 인정되는 규정

〈표 I-3〉에 나타낸 국가의 경우, 원칙적으로 건축물 내 임의 장소에서 2개소 이상의 피난로가 요구되나, 경제적이거나 물질적인 이유로 건물 또는 수용인원의 수가 적은 일정 범위에서는 단일의 피난경로가 허용된다.

각 나라에서 단일 피난경로를 인정하는 조건은 다양하지만, 미국은 수용인수, 소화설비 및 건물의 높이에 따라서 단일의 피난경로를 허용하고 있으며, 프랑스에서는 외기에 개방된 계단, 복도 등에서 연기의 제어와 관련된 규정을 적용한다.

또한 호주는 피난층의 층수와 바닥의 높이에 대한 규정을 적용하고 있으며, 일본에서는 5층 이하의 바닥면적이 200제곱미터 미만이고, 피난층의 직상층 바닥면적이 400제곱미터 미만인 경우에는 단일 피난 경로가 인정되고 있다.

〈표 I-3〉 단일 피난로를 허용하는 규정

|     | 주요 규정                                                                                                                                                                                                                                                                | 출처                       |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 미국  | <p>집회용도</p> <p>a) 수용인수 50인 미만의 발코니석</p> <p>b) 자동스프링클러설비로 방호되고, 각 층에 4개 이하의 객실 또는 객실스위트가 있는 4층 이하 업무용도</p> <p>c) 수용인수 100인 미만으로 외부로 직접 통하는 피난통로가 있고, 피난통로 내 보행을 포함한 옥외까지의 보행거리가 30 m 이하, 계단의 높이가 4.5 m 이내</p> <p>d) 3층 이하로서 각 층의 수용인수가 30인 이하, 옥외까지 보행거리는 30 m 이하</p> | NFPA 101<br>(NFPA, 2000) |
| 프랑스 | <p>공동주택</p> <p>a) 외기에 개방된 계단, 복도 또는 연기가 제어되는 복도와의 조합</p> <p>b) 연기가 제어되는 계단</p>                                                                                                                                                                                       | ERP<br>(ERP, 2019)       |
| 호주  | <p>특정용도를 제외하고 다음 층에는 단일 피난로를 허용</p> <p>a) 피난층부터의 층수 &lt; 6층 또는 피난층부터의 바닥높이 &lt; 25 m 건물의 각 층</p> <p>집회시설</p> <p>b) 50인 이하의 층 또는 중간층</p>                                                                                                                              | BCA(BCA, 1996)           |
| 일본  | <p>특정용도를 제외하고 다음 층에는 단일 피난로를 허용</p> <p>a) 5층 이하 <math>S &lt; 200 \text{ m}^2</math></p> <p>b) 피난층의 직상층 <math>S &lt; 400 \text{ m}^2</math></p>                                                                                                                       | 建築基準法<br>(建築基準法, 2021)   |

## 4.1.2 피난로 배치(配置)와 관련된 규정

### 4.1.2.1 국내 관련 규정

피난로와 관련된 국내 규정은 건축법에 따르며 세부 내용은 다음과 같다.

#### 4.1.2.1.1 보행거리

피난로의 보행거리와 관련된 규정은 건축법 시행령 제34조 제1항 및 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제11조 제1항에 따르며 세부 내용은 다음과 같다.

##### • 건축법 시행령 제34조 제1항

- ① 건축물의 피난층(직접 지상으로 통하는 출입구가 있는 층 및 제3항과 제4항에 따른 피난안전구역을 말한다. 이하 같다) 외의 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로를 포함한다. 이하 같다)을 거실의 각 부분으로부터 계단(거실로부터 가장 가까운 거리에 있는 1개소의 계단을 말한다)에 이르는 보행거리가 30미터 이하가 되도록 설치해야 한다. 다만, 건축물(지하층에 설치하는 것으로서 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 공연장·집회장·관람장 및 전시장은 제외한다)의 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물은 그 보행거리가 50미터(층수가 16층 이상인 공동주택의 경우 16층 이상인 층에 대해서는 40미터) 이하가 되도록 설치할 수 있으며, 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장으로서 국토교통부령으로 정하는 공장인 경우에는 그 보행거리가 75미터(무인화 공장인 경우에는 100미터) 이하가 되도록 설치할 수 있다.

##### • 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제11조 제1항

건축물의 피난층 이외 층에 있어서 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로 포함)은 거실의 각 부분으로부터 계단(거실로부터 가장

가까운 거리에 있는 계단)에 이르는 보행거리를 아래에 나타낸 값 이하가 되도록 설치하여야 한다.

- 기본적인 원칙 : 30 m 이하
- 완화되는 규정 : 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물로서 층수가 16층 이상인 공동주택 경우에는 40 m 이하, 기타 건축물의 경우에는 50 m 이하

#### 4.1.2.1.2 막다른 복도

현재 국내 소방법, 건축법에는 막다른 복도에 관련된 규정이 없다.

#### 4.1.2.1.3 비상용승강기 설치 기준

비상용승강기 관련된 규정은 건축법 시행령 제90조에 따르며 세부 내용은 다음과 같다.

- 건축법 시행령 제90조

높이 41 m를 넘는 건축물에는 다음 각 호의 기준에 의한 대수 이상의 비상용승강기(비상용승강기의 승강장 및 승강로를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)를 설치하여야 한다. 다만, 법 제57조제1항의 규정에 의하여 설치되는 승강기를 비상용승강기의 구조로 하는 경우에는 그러하지 아니하다.

#### 4.1.2.2 국외 관련 규정

##### 4.1.2.2.1 보행거리에 관한 규정

출입구까지의 보행거리는 <표 I-4>에서 나타낸 것처럼 각 나라마다 장소에 따라서 다르게 규정하고 있다.

##### 4.1.2.2.2 막다른 복도에 관한 규정

피난로에 인접한 막다른 복도가 있으면 실수로 피난자들이 진입할 수 있고, 피난로를 오판할 위험이 있다. <표 I-5>와 같이 미국에서는 막다른 복도의 길이를 6.1~10.7 m로 제한하고 있으며, 스프링클러가 설치되었을 경우 숙박, 상업 및 사무소는 최대 15 m이다.

일본의 경우 직통계단으로 부터의 길이가 10 m를 초과하는 복도에는 막다른 통로를 금지하고 있다.

〈표 I-4〉 보행거리에 관한 규정

|     | 주요 규정                                                                                                                                                                      | 출처                       |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 미국  | a) 집회 45 m(60 m)<br>b) 교육 45 m(60 m)<br>c) 의료(60 m) 침실 내(15 m), Door-EXIT(45 m)<br>d) 숙박·공동주택 실내 23 m(38 m), Door-EXIT 30 m(60 m)<br>e) 상업 30 m(60 m)<br>f) 사무소 60 m(91 m) | NFPA 101<br>(NFPA, 2000) |
| 프랑스 | a) 일반 40 m<br>b) 막다른 부분에서 30 m<br>c) 비보호계단까지 30 m<br>d) 숙박 door-계단 40 m<br>e) 공동주택 연기제어 복도: door-계단 15 m<br>외기개방의 복도 : door-계단은 규정 없음                                      | ERP<br>(ERP, 2019)       |
| 호주  | a) 공동주택·숙박은 규정 없음<br>b) 상기 이외 40 m<br>c) 집회시설 60 m, 실내 40 m, Door-EXIT 20 m<br>d) 병동부분 30 m                                                                                | BCA<br>(BCA, 1996)       |
| 일본  | a) 상업·집회 등≤14층 30 m, ≥15층 20 m<br>b) 상기 이외 ≤14층 50 m, ≥15층 40 m<br>※천정, 벽의 내장을 불연 또는 준불연 이상으로 되어 있는 경우 +10 m                                                               | 建築基準法<br>(建築基準法, 2021)   |

( ): 스프링클러가 설치된 경우

〈표 I-5〉 막다른 복도에 관한 규정

|    | 주요 규정                                                                                                                                | 출처                       |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 미국 | a) 집회 6.1 m(6.1 m)<br>b) 교육 6.1 m(6.1 m)<br>c) 의료 9.1 m(9.1 m)<br>d) 숙박·공동주택 10.7 m(15 m)<br>e) 상업 6.1 m(15 m)<br>f) 사무소 6.1 m(15 m) | NFPA 101<br>(NFPA, 2000) |
| 일본 | 직통계단부터의 길이가 10 m를 초과하는 복도, 그 외의 복도는 막다른 형태로 하지 않을 것                                                                                  | 建築基準法<br>(建築基準法, 2021)   |

( ): 스프링클러가 설치된 경우

#### 4.1.2.2.3 중복 보행거리에 관한 규정

중복 보행거리에 관한 제한은 우리나라 현행법에는 없는 내용이다. 피난로를 보호하기 위해선 중복보행거리는 가능한 짧게 하는 것이 바람직하다. 〈표 I-4〉의 보행거리의 규정과 〈표 I-6〉의 중복보행거리에 대하여 비교하면, 미국의 경우 집회시설의 보행거리는 45 m이고, 중복보행거리는 6.1 m로서 중복보행거리가 훨씬 짧다.

〈표 I -6〉 중복 보행거리에 관한 규정

|     | 주요 규정                                                                                                                                                   | 출처                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 미국  | a) 집회 6.1 m(6.1 m), 50인 이하의 범위 23 m(23 m)<br>b) 교육 23 m(23 m)<br>c) 의료는 규정 없음<br>d) 숙박·공동주택: 실 이외 10.7 m(15 m)<br>e) 상업 23 m(30 m)<br>f) 사무소 23 m(30 m) | NFPA 101<br>(NFPA, 2000) |
| 프랑스 | 막다른 복도의 열리는 문의 입구까지 10 m                                                                                                                                | ERP<br>(ERP, 2019)       |
| 호주  | a) 공동주택·숙박 door부터 6 m, 주거 이외 실 20 m<br>b) 상가 이외 20 m<br>c) 상업·사무소 30 m<br>d) 병동부분 12 m<br>e) 단일 계단 건물 30 m                                              | BCA<br>(BCA, 1996)       |
| 일본  | 최대 보행거리의 1/2                                                                                                                                            | 建築基準法<br>(建築基準法, 2021)   |

( ): 스프링클러가 설치된 경우

## 4.2 우리나라와 외국의 피난기준

### 4.2.1 미국의 피난기준

#### 4.2.1.1 일반적인 피난시설의 기준

미국은 2방향 피난이 가능하도록 건축단계에서 피난환경을 고려하므로 피난기구 관련 기준은 별도로 규정하지 않고 있으며, 모든 피난과 관련된 기준은 인명안전코드(Life Safety Code, NFPA 101)에서 정하고 있다.

#### 4.2.1.2 인명안전코드(NFPA, 2000)

##### 4.2.1.2.1 NFPA 101 규정

미국의 인명안전코드에 따르면 건축물 용도를 적절히 분류하여 건축물의 특성에 맞도록 인명안전코드의 정확한 요구사항을 적용하도록 정하고 있다. 하나의 건축물 안에 여러 개의 용도가 복합된 경우에는 어느 용도가 더 중요한가를 명확히 분석해 용도를 적용하도록 하고, 인명안전 측면에서 중요하게 적용하도록 하고 있다. 모든 설치 규정은 법적 구속력이 없으나, 권장사항으로 운영되면서 잘 지켜지고 있다.

##### 4.2.1.2.2 거주인원을 근거로 피난계획 규정

거주인원은 어느 한 시점에서 건축물 또는 건축물의 일부를 점유하는 사람의 총 인원수를 의미하고, 피난로의 규정이 된다. 인명안전코드의 해당되는 거주 인원계수를 바탕으로 계산된 인원수와 고려 대상 공간에서 최대 추정 인원수 중 큰 값을 택해야 한다. 추정 인원수를 거주인원의 수로 선택하는 경우에는 관할 기관이 해당 수정 내용의 타당성을 입증하는 기존 배치도, 승인된 통로, 좌석을 요구한다. 인명안전코드에서는 단순히 거주인원과 그와 관련된 예산을 위하여 순 면적 거주인원계수를  $3.3 \text{ m}^2$ 로 정한다. 다른 용도가 존재하고 있는 한 층의 일부분을 보호센터가 점유하는 경우에

는 그 층의 거주인원은 용도의 거주인원을 합한 값이 된다.

#### 4.2.1.2.3 피난로 최대 허용거리 규정

인명안전코드에서는 건축물 내 점유자 자리에서 가장 가까운 비상구까지의 허용 가능한 최대 보행거리를 정하고 있다. 용도별로 보장하는 최대 허용 가능한 보행거리를 구성하는 요소로는 건축물 점유자의 수, 신체조건, 보행속도, 연령, 공간내의 사람 수, 장애물의 형태와 수, 방 내부의 문으로부터 가장 멀리 있는 위치의 거리 등으로 규정하고 있다. 특정 용도에서 가연성 물질의 특성과 양으로 화재의 예상 확산속도(사용재료, 구조형태, 구획전도, 소화설비와 자동화재탐지설비의 함수)를 결정한다. 보행거리 기준으로는 비상구 접근로로 계획된 비상구와 출입구의 문 사이의 보행거리는 30 m 이하로 규정하고, 실의 어떤 위치에서도 비상구까지의 보행거리는 45 m 이하로 규정하고 있다. 또한 침실의 경우에는 어떠한 위치에서 비상구까지 거리는 15 m 이하로 규정하고 있다. 이것은 우리의 기준과 유사하다. 어떠한 위치(출입구 문에서 가장 먼 위치)로부터 비상구까지의 총 보행거리는 45 m가 되며, 스프링클러설비가 설치된 건축물에서의 허용된 총 보행거리는 방내의 총 비상구 접근거리인 15 m와 복도에서의 총 비상구 접근거리인 45 m를 합한 값인 60 m가 된다.

#### 4.2.1.2.4 UBC나 NFPA가 정하는 피난로 설치 기준

미국의 피난기준은 NFPA(National Fire Protection Association)나 UBC(Uniform Building Code)같은 명문화된 코드를 통해 1방향 피난로 형성을 막아주는 피난로 확보기준을 명확히 하고 있다. 계단과 계단사이의 거리 및 1방향 피난동선 구조의 거리를 정하여 피난을 방해하는 Dead End 구역이 없도록 규제하고 있다. 출입문과 피난계단이 떨어진 거리에 대한 수치화된 규정을 가지고 있으므로 별도로 설치할 필요가 없게 된다.

〈표 I-7〉은 미국의 시설물에서 피난과 관련된 기준을 제시한 것이며, 1

방향 구조 피난로 발생의 방지를 위하여 스프링클러 설치 시에는 15 m 이내, 미설치 시에는 6.1~9.1 m의 피난동선의 거리를 제안하고 있으며 UBC에서는 6.1 m로 제한하고 있다. 또한 피난출구 수는 층당 2개 이상을 설치해야하며, 막다른 통로와의 거리를 6.1 m로 제한한다(NFPA, 2000; 임재빈, 2018).

〈표 I-7〉 NFPA 101, UBC 및 국내 건축법과 비교

| 항목          | NFPA 101                                     | UBC                                                                   | 국내 건축법                                                      |
|-------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1방향 피난 동선구조 | 스프링클러<br>· 설치 시 15 m 이내<br>· 미설치 시 6.1~9.1 m | 6.1 m 이내                                                              | 없음                                                          |
| 공통 보행로      | 스프링클러<br>· 설치 시 23 m 이내<br>· 미설치 시 30 m 이내   | 좌 동                                                                   | 없음                                                          |
| 보행거리        | 스프링클러<br>· 설치 시 45 m 이내<br>· 미설치 시 60 m 이내   | 좌 동                                                                   | · 직통계단까지 30 m (내화구조, 불연재료 사용 시 50 m)<br>· 16층 이상 공동주택 40 m  |
| 피난 출구 수     | 층당 2개소 이상                                    | · 10명 이상 수용 : 2개소 이상<br>· 501~1,000명 : 3개소 이상<br>· 1,000명 이상 : 4개소 이상 | 공동주택의 경우에는 층당 4세대를 초과, 바닥면적 300 m <sup>2</sup> 이상 시에는 2개 이상 |

| 항목                 | NFPA 101                                                                                                                        | UBC                                                                                      | 국내 건축법                                                                                                            |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 출입문의<br>이격거리       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 거실 대각선 거리 1/2 이상 (스프링클러 설치 시 1/3)</li> <li>· 3개 이상의 문 설치 시 최소 2개는 위의 조건을 만족</li> </ul> | 좌 동                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 계단에서 출구까지의 거리 30 m ~ 50 m 이내</li> <li>· 거실 각 부분에서 출구까지의 2배 이하</li> </ul> |
| 건축물<br>외부로부터<br>출구 | 모든 출입문은 공공도로나 외부로부터 연결될 것                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 피난계단은 외부까지 연결</li> <li>· 외부 공간은 공공도로</li> </ul> | 대지 안의 모든 다중이용 건축물과 층수가 11층 이상인 건축물에 소방자동차의 접근이 가능한 통로를 설치                                                         |
| 특별피난<br>계단         | 방연 계단실                                                                                                                          | 급기가압 부속실                                                                                 | 특별피난계단                                                                                                            |
| 헬리포트               |                                                                                                                                 |                                                                                          | 11층 이상, 바닥면적 합계 1만 m <sup>2</sup> 이상인 경우                                                                          |
| 비상용<br>승강기         | 피난로의 구성요소로 간주될 수 없으나, 접근이 가능한 피난로의 구성요소로 허용                                                                                     | 좌 동                                                                                      | 31 m 이상 건축물                                                                                                       |

| 항목       | NFPA 101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                |               |     | UBC | 국내 건축법 |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|-----|-----|--------|----------------|--|----------------|--|----|----|----|----|-------------|----------------|-----|----|-----|---|----------|-----|-----|-----|---|---------------------|--|-----|----|-----|----|-------|--|-----|----|-----|----|--------|--|-----|-----|-----|---|-----|----------------------------------------------------|
| 피난<br>용량 | <div>· 피난용량은 다음의 관계식을 이용하여 결정할 수 있다.</div> <div><math display="block">\text{피난용량} = \frac{\text{피난경로의 폭}}{\text{용량계수}}</math></div> <div>용량계수는 아래의 표를 따른다.</div> <table><tr><th colspan="2" rowspan="2">구역</th><th colspan="2">계단<br/>(너비/사람)</th><th colspan="2">경사로<br/>(너비/사람)</th></tr><tr><th>in</th><th>mm</th><th>in</th><th>mm</th></tr><tr><td rowspan="2">스프링클러<br/>설치</td><td>갱생<br/>보호<br/>용도</td><td>0.4</td><td>10</td><td>0.2</td><td>5</td></tr><tr><td>의료<br/>시설</td><td>0.3</td><td>7.6</td><td>0.2</td><td>5</td></tr><tr><td colspan="2">의료시설<br/>(스프링클러 미설치)</td><td>0.6</td><td>15</td><td>0.5</td><td>13</td></tr><tr><td colspan="2">고 위험물</td><td>0.7</td><td>18</td><td>0.4</td><td>10</td></tr><tr><td colspan="2">그 밖의 것</td><td>0.3</td><td>7.6</td><td>0.2</td><td>5</td></tr></table> |                |               |     | 구역  |        | 계단<br>(너비/사람)  |  | 경사로<br>(너비/사람) |  | in | mm | in | mm | 스프링클러<br>설치 | 갱생<br>보호<br>용도 | 0.4 | 10 | 0.2 | 5 | 의료<br>시설 | 0.3 | 7.6 | 0.2 | 5 | 의료시설<br>(스프링클러 미설치) |  | 0.6 | 15 | 0.5 | 13 | 고 위험물 |  | 0.7 | 18 | 0.4 | 10 | 그 밖의 것 |  | 0.3 | 7.6 | 0.2 | 5 | 좌 동 | <div>· 판매시설의 경우에는 100㎡마다 0.6 m 산정 (유효 너비의 합)</div> |
|          | 구역                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                | 계단<br>(너비/사람) |     |     |        | 경사로<br>(너비/사람) |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                | in            | mm  | in  | mm     |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
|          | 스프링클러<br>설치                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 갱생<br>보호<br>용도 | 0.4           | 10  | 0.2 | 5      |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 의료<br>시설       | 0.3           | 7.6 | 0.2 | 5      |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
|          | 의료시설<br>(스프링클러 미설치)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                | 0.6           | 15  | 0.5 | 13     |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
|          | 고 위험물                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                | 0.7           | 18  | 0.4 | 10     |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |
| 그 밖의 것   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.3            | 7.6           | 0.2 | 5   |        |                |  |                |  |    |    |    |    |             |                |     |    |     |   |          |     |     |     |   |                     |  |     |    |     |    |       |  |     |    |     |    |        |  |     |     |     |   |     |                                                    |

## 4.2.2 일본의 피난기준(建築基準法, 2021)

### 4.2.2.1 피난시설 관련 기준

#### 4.2.2.1.1 피난기구 설치상태

일본은 우리나라의 화재안전기준과 유사하게 10층 이하의 층에 대해서만 피난기구를 적용하도록 하고 있으며, 11층 이상의 층에는 피난기구 설치를 제외하고 있다. 일본에서의 피난기구는 다음의 소방대상물의 층에만 설치하도록 하고 있다.

- 수용인원이 20명 이상인 2층 이상의 층이나 지하실의 수용시설
- 수용인원이 50명 이상인 2층 이상의 층이나 지하실의 내화구조로 된 수용시설
- 수용인원이 150인 이상인 3층 이상 층이나 지하실의 수용시설
- 유효한 개구부가 없는 벽으로 구획되어 있는 경우에 지상 또는 피난층으로 직통계단이 2개소 이상 설치되어 있지 않는 층에 수용인원이 10인 이상인 경우

#### 4.2.2.1.2 피난기구의 설치개수는 거주자의 인원에 따라 결정

일본은 건축물의 층별 거주인원이 100명 이상일 경우에는 피난기구가 1개씩 증가하도록 규정하고 있다. 그러나 소방대상물의 위치 및 구조에 따라 피난함에 있어 지장이 없다고 인정되는 경우에는 총무성령(總務省令)에서 정하는 규정에 따라 피난기구를 설치하지 않거나 설치 개수를 감소할 수 있다.

#### 4.2.2.1.3 피난기구의 적응성 기준

일본의 경우 피난기구의 관리에 관한 규정을 우리나라와 유사하게 방화대상물별로 설치가 가능한 피난기구를 <표 I-8>처럼 분류하고 있으며, 피난기구의 설치와 연관된 기준을 준수하여 설치하도록 하고 있다(임재빈,

2018). 피난용품은 대피 시에 접근이 용이한 위치에 존재해야 하며, 피난기구의 사용으로부터 안전한 구조를 갖춘 개구부에 설치하고, 계단, 피난계단 등 피난시설로부터 안전한 거리에 비치하도록 한다. 피난기구는 개구부의 필요에 따라 신속하게 개구부에 장착할 수 있는 상태 또는 개구부에 설치된 상태로 유지하여야 한다.

〈표 I-8〉 방화대상물별 피난기구 설치 기준

| 구분                       | 지하실               | 2층                                                                    | 3층                                                 | 4층 또는 5층                               | 6층 이상                                  |
|--------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 전항<br>첫번째<br>방화대상물       | 피난용 경사로,<br>피난사다리 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교,<br>피난용 경사로                    | 미끄럼틀,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교                       | 미끄럼틀,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교           | 미끄럼틀,<br>구조대,<br>피난사다리                 |
| 전항 제2호<br>및 제3호<br>방화대상물 | 피난용 경사로,<br>피난사다리 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교,<br>미끄럼막대,<br>피난밧줄,<br>피난용 경사로 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교,<br>피난용 경사로 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교 |
| 전항 제4호<br>방화대상물          | 피난용 경사로,<br>피난사다리 |                                                                       | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교,<br>피난용 경사로 | 완강기,<br>구조대,<br>피난교                    | 구조대,<br>피난사다리                          |
| 전항 제5호<br>방화대상물          |                   | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교,<br>미끄럼막대,<br>피난밧줄,<br>피난용 경사로 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교,<br>피난용 경사로 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교 | 미끄럼틀,<br>피난사다리,<br>완강기,<br>구조대,<br>피난교 |

#### 4.2.2.1.4 피난시간을 적용한 피난로의 구성기준

피난 한계시간을 피난경로나 각 거실이 위험한 상황이 될 때까지의 시간으로 규정하고 피난로 계획 시 한계시간을 적용하도록 하고 있다. 예를 들어 화재실에서 방화구획된 피난로를 통하여 피난이 가능한 시간은 3분 이내로 정하고 있다. 피난 한계시간에 따른 화재 도달시간을 <표 I-9>에 나타내었다(임재빈, 2018).

<표 I-9> 최성기 및 피난경로 화재 도달시간

| 산정항목                                                            |                          |          | 기준시간 |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|----------|------|
| 화재실로부터 구획의 형성                                                   |                          | 방화구획     | 3분   |
|                                                                 |                          | 불연화구획    | 2분   |
|                                                                 |                          | 상기이외의 구획 | 1분   |
| 당해 실 등의 바닥면적 X<br>(바닥면으로부터 천정까지의 높이 1.8 m) ≥ 200 m <sup>2</sup> |                          |          | 1분   |
| 공통                                                              |                          |          | 2분   |
| 가산조건                                                            | 벽 및 천정의 실내에<br>면하는 부분 마감 | 불연재료     | 3분   |
|                                                                 |                          | 준불연재료    | 2분   |
|                                                                 |                          | 난연재료     | 1분   |
|                                                                 | 가구의 방염성능 확보              |          | 1분   |
|                                                                 | 초기소화                     |          | 1분   |

### 4.2.3 국내와의 차이점

#### 4.2.3.1 1방향 피난동선 구조 발생 억제대책

미국의 NFPA 101에서는 피난로에서 1방향 구조에 의해 막다른 복도가 발생하는 것을 방지하기 위해 막다른 복도의 거리를 20 ft(6.1 m)로 제한하여 규제하고 있다. 이러한 거리 제한 규정은 건축물의 층수와 관계없이 막다른 피난로가 생기지 않아서 피난기구가 필요 없는 건축물의 구조가 된다.

미국의 막다른 통로의 거리는 6.1미터에서 스프링클러 설치 시 15미터로 제한하고 있으며, 일본은 10미터를 초과하지 못하도록 규정하고 있다. 이러한 1방향 통로의 발생을 규제하는 거리제한에 관한 규정은 건축물의 피난 계획에서 피난기구를 사용하지 않아도 되는 것을 뜻한다.

일본의 피난계획은 피난로의 구성보다 소방시설에 초점을 두고 있으며, 피난통로의 불연재료 사용이나 경보시설의 강화, 초기 소화시설의 강화 등을 통해 피난을 유도하는 것이 특징이다.

우리나라의 피난관련 기준은 외국의 규제처럼 1방향 피난구조의 제한거리, 소방시설 설치 강화방안 등과 같이 기본적인 피난안전대책의 수립이 미흡하다. 일본의 경우 우리나라와 비슷한 규정을 갖고 있으나 현장적용 시에 설치 기준이 우리나라의 경우보다 엄격하다.

#### 4.2.3.2 화재 시 인명구조의 중심에 따른 피난계획 수립

미국의 피난관련 기준은 「건축법」에 따른 재산보호의 기준보다 인명안전에 초점을 맞추어 기준을 정하고 있으며, 이러한 피난계획은 피난할 수 있는 충분한 피난로의 설치개수를 중요시하고 피난시설 사용 시에 연기나 화염에 노출되지 않도록 피난시설을 보호하는 계획을 중요시한다.

또한 하나의 피난시설을 이용할 수 없는 경우를 대비한 통로나 다른 피난시설을 염두에 두고 설계하도록 하고 있다. 그리고 항상 거주자에게 화재 시 내화구조로 구획된 안전구역을 확보하여 대피가 가능하도록 하고 있다. 미국 피난안전기준에서 피난로 구성에 권장하는 내용은 <표 I-10>에 나타

낸 바와 같다(임재빈, 2018). 우리나라도 소방 및 건축에서 피난계획을 수립할 경우 피난기준 적용보다는 인명안전이 우선인 피난시설 설치 기준의 제정이 요구된다.

〈표 I-10〉 미국 인명안전코드가 권하는 피난통로의 구성내용

| 구분 | 내용                                       |
|----|------------------------------------------|
| 1  | 장애 없이 쉽게 피난하고 접근이 가능한 수의 충분한 피난시설        |
| 2  | 사용기간 동안 연기와 화재로부터 피난시설 보호                |
| 3  | 하나의 피난시설이 막힌 경우에 대비하여 또 다른 피난시설 및 통로     |
| 4  | 탈출한 거주자에게 대피처를 제공하기 위한 지역의 내화구조 및 구획     |
| 5  | 화재를 제한하기 위한 화재 발생층의 수직 개구부의 방호           |
| 6  | 화재 시 거주자와 소방서에 경보하는 경보설비                 |
| 7  | 피난시설에 이르는 피난시설 및 통로에 적절한 조명              |
| 8  | 필요시에 피난시설로 향하는 통로를 유도하는 표지               |
| 9  | 화재로 외부의 사람을 위험하게 할 수 있는 가구 및 위험지역의 안전배치  |
| 10 | 일사불란한 피난을 하기 위한 피난훈련의 순서                 |
| 11 | 패닉으로 인해 나타나는 정신적인 요인 제한                  |
| 12 | 거주자를 고립시키는 급격한 연소를 방지하기 위한 수납물 및 내장재의 제한 |

## 5. 산업안전보건기준에 관한 규칙의 비상구 거리 기준 검토

### 5.1 비상구 관련 국내 법규 비교

비상구 관련 국내 법규는 산업안전보건기준에 관한 규칙과 건축법 시행령에서 규정하고 있으며, 기타 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률(이하 “「소방시설법」”이라한다), 「위험물안전관리법」, 「고압가스 안전관리법」, 「도시가스 사업법」, 「액화석유가스안전관리 및 사업법」을 검토한 결과 출입구와 비상구에 대해 별도로 규정한 것은 없다.

### 5.2 산업안전보건법과 건축법의 비상구 관련 기준검토

#### 5.2.1 산업안전보건법의 비상구 관련 기준

##### 5.2.1.1 현행 산업안전보건기준에 관한 규칙의 비상구 관련 기준

2003년 8월 18일 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개정하면서 “작업장의 각 부분으로부터 하나의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리가 50미터 이하가 되도록 할 것”이라는 규정이 포함되어 있다<표 I-11>.

〈표 I-11〉 2003년 8월 18일 개정내용

| 개정 전(시행 1997. 1. 11.)<br>노동부령 제113호                                                                                                                                       | 개정 후(시행 2003. 8. 18.)<br>노동부령 제197호                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>○ 제11조 (비상구의 설치) ①사업주는 위험물을 제조·취급하는 작업장 및 당해작업장이 있는 건축물에는 제6조의 규정에 의한 출입문외에 안전한 장소로 대피할 수 있는 1개 이상의 비상구를 설치하여야 한다.</p> <p>②제1항의 비상구에는 미닫이문 또는 외부로 열리는 문을 설치하여야 한다.</p> | <p>○ 제11조 (비상구의 설치) ①사업주는 별표 1에 규정된 위험물질을 제조·취급하는 작업장 및 당해 작업장이 있는 건축물에는 제6조의 규정에 의한 출입구 외에 안전한 장소로 대피할 수 있는 1개 이상의 비상구를 다음 각 호의 기준에 적합한 구조로 설치하여야 한다. 〈개정 2003. 8. 18.〉</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 출입구와 같은 방향에 있지 아니하고, 출입구로부터 3미터 이상 떨어져 있을 것</li> <li>2. 작업장의 각 부분으로부터 하나의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리가 50미터 이하가 되도록 할 것</li> <li>3. 비상구의 너비는 0.75미터 이상으로 하고, 높이는 1.5미터 이상으로 할 것</li> <li>4. 비상구의 문은 피난방향으로 열리도록 하고, 실내에서 항상 열 수 있는 구조로 하며, 내부 및 외부에는 비상구의 표시를 할 것</li> </ol> <p>②제1항의 비상구에 문을 설치하는 경우에는 항상 사용 가능한 상태로 유지하여야 한다. 〈개정 2003. 8. 18.〉</p> |

출입구 또는 비상구까지의 수평거리가 50미터 이하가 되도록 한 것으로 규정한 명확한 이유는 찾을 수 없었으나, 유해·위험물질 취급 작업장의 다수가 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제270조에 따라 내화기준이 적용되는 특성을 고려하여 건축법 시행령 제34조를 인용한 것으로 추정된다.

건축법 시행령에는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제정일(1990. 7. 23.) 이전인 1982년부터 건축물의 각 부분으로부터 계단까지의 거리를 30미터 이하(주요구조부가 내화구조 또는 불연재료인 경우 50미터 이하)로 해야 한다는 규정이 있다.

산업안전보건기준에 관한 규칙[시행 2021.5.28., 고용노동부령 제321호]

제17조(비상구의 설치) ① 사업주는 별표 1에 규정된 위험물질을 제조·취급하는 작업장과 그 작업장이 있는 건축물에 제11조에 따른 출입구 외에 안전한 장소로 대피할 수 있는 비상구 1개 이상을 다음 각 호의 기준을 모두 충족하는 구조로 설치해야 한다. 다만, 작업장 바닥면의 가로 및 세로가 각 3미터 미만인 경우에는 그렇지 않다. <개정 2019.12.26.>

1. 출입구와 같은 방향에 있지 아니하고, 출입구로부터 3미터 이상 떨어져 있을 것
2. 작업장의 각 부분으로부터 하나의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리가 50미터 이하가 되도록 할 것
3. 비상구의 너비는 0.75미터 이상으로 하고, 높이는 1.5미터 이상으로 할 것
4. 비상구의 문은 피난 방향으로 열리도록 하고, 실내에서 항상 열 수 있는 구조로 할 것

② 사업주는 제1항에 따른 비상구에 문을 설치하는 경우 항상 사용할 수 있는 상태로 유지하여야 한다.

제270조(내화기준) ① 사업주는 제230조제1항에 따른 가스폭발 위험장소 또는 분진폭발 위험장소에 설치되는 건축물 등에 대해서는 다음 각 호에 해당하는 부분을 내화구조로 하여야 하며, 그 성능이 항상 유지될 수 있도록 점검·보수 등 적절한 조치를 하여야 한다. 다만, 건축물 등의 주변에 화재에 대비하여 물 분무시설 또는 폼 헤드(foam head)설비 등의 자동소화설비를 설치하여 건축물 등이 화재시에 2시간 이상 그 안전성을 유지할 수 있도록 한 경우에는 내화구조로 하지 아니할 수 있다.

1. 건축물의 기둥 및 보: 지상 1층(지상 1층의 높이가 6미터를 초과하는 경우에는 6미터)까지
2. 위험물 저장·취급용기의 지지대(높이가 30센티미터 이하인 것은 제외한다): 지상으로부터 지지대의 끝부분까지
3. 배관·전선관 등의 지지대: 지상으로부터 1단(1단의 높이가 6미터를 초과하는 경우에는 6미터)까지

② 내화재료는 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준으로 정하는 기준에 적합하거나 그 이상의 성능을 가지는 것이어야 한다.

## 5.2.2 건축법의 비상구 관련 기준

### 5.2.2.1 1982년 비상구 관련 기준

1982년 8월 7일에 건축법 시행령을 전부개정하면서 건물의 주요 구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물에 있어서 직통계단의 설치 기준을 거실의 각 부분으로부터 그 계단의 하나에 이르는 보행거리를 50미터 이하로 할 수 있도록 개정하였다(표 I-12).

1982년 개정 전에는 “건축물의 피난층 이외의 층에 있어서 피난층 또는 지상에 통하는 직통계단은 거실 외 각 부분으로부터 그 계단의 하나에 이르는 보행거리를 30미터 이하가 되도록 규정하고 있다.

주요 구조부가 불연재료 또는 내화구조로 된 건축물에 보행거리를 50미터 이하로 적용하는 규정에 대한 개정이유는 찾을 수 없었으나, 기술적인 근거를 배경으로 결정된 것이라기보다는 사회적으로 합리적인 수준에서 결정된 규정으로 판단된다.

〈표 I-12〉 1982년 8월 7일 개정내용

| 개정 전(시행 1981. 10. 8.)<br>[대통령령 제10480호]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 개정 후(시행 1982. 8. 7.)<br>[대통령령 제10882호]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>○ 제104조 (직통계단의 설치 및 구조)</p> <p>①건축물의 피난층(직접 지상에 통하는 출입구가 있는 층을 말한다. 이하 같다) 이외의 층에 있어서 피난층 또는 지상에 통하는 직통계단은 거실외 각 부분으로부터 그 계단의 하나에 이르는 보행거리를 30미터 이하가 되도록 설치하여야 한다.〈개정 1979·11·24〉</p> <p>②옥외에 설치하는 직통계단은 목조로 하여서는 아니된다.</p> <p>③옥외에 설치하는 것으로서 5층 이상의 층으로부터 피난층 또는 지상에 통하는 직통계단은 돌음계단으로 할 수 없다.</p> <p>④직통계단의 폭의 합계는 제103조의 규정에 의한 복도의 폭 이상이어야 한다.〈신설 1977·11·10〉</p> | <p>○ 제38조 (직통계단의 설치) ①건축물의 피난층외의 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로를 포함한다. 이하 같다)을 거실의 각 부분으로부터 그 계단의 하나에 이르는 보행거리를 30미터 이하가 되도록 설치하여야 한다. 다만, 주요 구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물에 있어서는 그 보행거리를 50미터 이하가 되도록 설치할 수 있다.</p> <p>②건축물의 피난층 외의 층이 다음 각 호의 1에 해당하는 경우에는 그 층으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단을 2개소이상 설치하여야 한다. 이 경우에 각 직통계단은 서로 10미터이상 떨어져야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 관람집회시설 기타 이와 유사한 용도에 쓰이는 층으로서 그 층의 관람석 또는 집회실의 바닥면적의 합계가 200제곱미터이상인 것.</li> <li>2. 위락시설·노유자시설·의료시설·숙박시설 또는 판매시설의 용도에 쓰이는 3층 이상의 층으로서 그 층의 당해 용도에 쓰이는 거실의 바닥면적의 합계가 200제곱미터이상인 것.</li> <li>3. 공동주택(층당 4세대이하인 경우를 제외한다) 또는 기숙사의 용도에 쓰이는 층으로서 그 층의 당해 용도에 쓰이는 거실의 바닥면적의 합계가 300제곱미터이상인 것.</li> <li>4. 제1호 내지 제3호에 해당하지 아니하는 3층 이상의 층으로서 그 층의 거실의 바닥면적의 합계가 400제곱미터이상인 것.</li> </ol> |

### 5.2.2.2 현행 건축법의 비상구 관련 기준

건축법 시행령(2021. 9. 14.)에서 비상구 관련 기준은 거실의 각 부분으로부터 계단까지의 보행거리는 30미터로 규정하고 있으며, 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장에는 보행거리가 75미터(무인화 공장인 경우에는 100미터)까지도 적용이 가능하다.

#### ■ 건축법 시행령 [시행 2021. 9. 14 대통령령 제31986호]

34조(직통계단의 설치) ① 건축물의 피난층(직접 지상으로 통하는 출입구가 있는 층 및 제3항과 제4항에 따른 피난안전구역을 말한다. 이하 같다) 외의 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로를 포함한다. 이하 같다)을 거실의 각 부분으로부터 계단(거실로부터 가장 가까운 거리에 있는 1개소의 계단을 말한다)에 이르는 보행거리가 30미터 이하가 되도록 설치해야 한다. 다만, 건축물(지하층에 설치하는 것으로서 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 공연장·집회장·관람장 및 전시장은 제외한다)의 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물은 그 보행거리가 50미터(층수가 16층 이상인 공동주택의 경우 16층 이상인 층에 대해서는 40미터) 이하가 되도록 설치할 수 있으며, 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장으로서 국토교통부령으로 정하는 공장인 경우에는 그 보행거리가 75미터(무인화 공장인 경우에는 100미터) 이하가 되도록 설치할 수 있다.

자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장에는 보행거리가 75미터(무인화 공장인 경우에는 100미터)까지도 적용이 가능하다는 규정은 2009년 7월 16일 건축법 시행령 개정 시 반영되었으며, 관련 이유는 다음과 같이 제시하고 있다<표 I-13>.

(국토해양부 공고 제2008-730호, 2008.11.20)

차. 자동화생산시설 공장의 직통계단 완화(안 제34조제1항)

- (1) 자동화 생산시설 공장은 근무인원이 많지 않고, 생산설비의 배치가 중요하나 현행 규정에 따른 직통계단 설치로 인하여 생산설비 배치의 제약으로 공장의 생산능률이 저하됨
- (2) 자동식 소화설비가 설치된 자동화 생산시설 공장은 거실에서부터 직통계단까지의 이격거리를 75m(무인화 공장의 경우는 100m)까지 완화함
- (3) 자동화 생산시설 공장에 설치하는 생산설비의 효율적 배치로 제품의 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 기대됨

〈표 I-13〉 2009년 7월 16일 개정내용

| 개정 전(2009. 7. 7.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 개정 후(2009. 7. 16.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○ 제34조 (직통계단의 설치) ① 건축물의 피난층(직접 지상으로 통하는 출입구가 있는 층을 말한다. 이하 같다) 외의 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로를 포함한다. 이하 같다)을 거실의 각 부분으로부터 계단(거실로부터 가장 가까운 거리에 있는 계단을 말한다)에 이르는 보행거리가 30미터 이하가 되도록 설치하여야 한다. 다만, 건축물(지하층에 설치하는 것으로서 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 공연장·집회장·관람장 및 전시장은 제외한다)의 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물은 그 보행거리가 50미터(층수가 16층 이상인 공동주택은 40미터) 이하가 되도록 설치할 수 있다. | ○ 제34조 (직통계단의 설치) ① 건축물의 피난층(직접 지상으로 통하는 출입구가 있는 층을 말한다. 이하 같다) 외의 층에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로를 포함한다. 이하 같다)을 거실의 각 부분으로부터 계단(거실로부터 가장 가까운 거리에 있는 계단을 말한다)에 이르는 보행거리가 30미터 이하가 되도록 설치하여야 한다. 다만, 건축물(지하층에 설치하는 것으로서 바닥면적의 합계가 300제곱미터 이상인 공연장·집회장·관람장 및 전시장은 제외한다)의 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물은 그 보행거리가 50미터(층수가 16층 이상인 공동주택은 40미터) 이하가 되도록 설치할 수 있으며, 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장으로서 국토해양부령으로 정하는 공장인 경우에는 그 보행거리가 75미터(무인화 공장인 경우에는 100미터) 이하가 되도록 설치할 수 있다. |

### 5.2.2.3 자동화 생산시설과 무인화 공장에 적용하는 거리 기준

건축법 시행령 제34조에는 건축물의 피난층 또는 지상으로 통하는 직통 계단을 거실의 각 부분으로부터 계단에 이르는 보행거리가 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 디스플레이 및 반도체를 제조하는 공장에서는 75 m(무인화 공장인 경우에는 100 m) 이하가 되도록 규정하고 있다.

### 5.2.3 반도체 및 디스플레이 제조 공장에 적용되는 거리(이용재 외, 2008)

#### 5.2.3.1 반도체 및 디스플레이 제조 공장에 대한 특례

건축법 시행령 제34조에서 반도체공장 건물의 화재·피난 특성을 고려하여 보행거리를 75 m이상으로 완화하였으며, 무인화 공장의 경우에는 100 m까지 완화하였다.

국토해양부 공고 제2008-730호에 따르면 자동화생산시설 공장은 근무인이 많지 않고, 직통계단의 설치로 인해 생산설비 배치의 제약이 발생하여 공장의 생산능률이 저하되기 때문에 직통계단의 완화를 통하여 자동화 생산시설 공장에 설치하는 생산설비의 효율적인 배치로 제품의 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 판단하였다.

#### 5.2.3.2 국내 LCD 공장의 규모

이용재 등(2008)의 연구결과에 따르면 L사의 LCD 공간크기(FAB SIZE)는 145미터×400미터로서, LCD가 증대됨에 따라 LCD공장의 크기가 커질 것으로 예측하였다. 2021년 11월 현재 LCD 공간크기는 207미터×213미터의 공간크기를 가지는 P공장에서 양산을 준비하고 있으며, G공장에서 LCD 공간크기가 262미터×193미터인 곳에서 양산하고 있다.

따라서 과거에 비하여 최근 LCD 공장의 공간크기가 증가되고 있으므로 반도체 및 디스플레이 제조 공장에 적용되는 비상구 보행거리를 완화할 필요가 있다.

### 5.2.3.3 반도체공장의 화재·피난특성

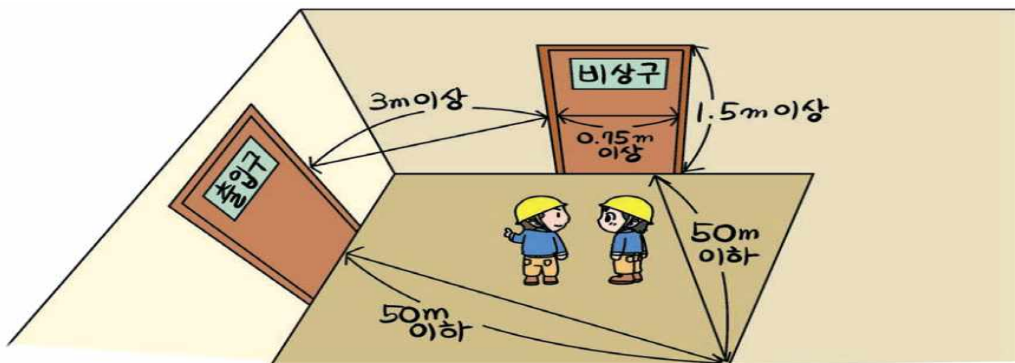
- 피난거리가 문제가 되고 있는 FAB(Fabrication)층의 경우에는 27,648 m<sup>2</sup>(108미터× 256미터)인 공간의 규모에 재실자가 약 80~100명(상주 인원 50명, 작업인원 30명)내외로 거주밀도는 약 0.0029~0.0036인/m<sup>2</sup>으로 다른 용도의 건축물에 비해 극히 낮은 거주밀도를 나타내고 있다.
- 재실자는 반도체공장의 특성상 내부공간구조에 매우 익숙하며, 명확한 피난경로를 가지고 있다. FAB내 공간구조는 면적이 장대함에도 불구하고, 해당 층의 측면에 피난계단이 대칭적으로 위치하고 있으며, 단순한 직각구조의 통로로 연결되어 화재 등 유사사항에 대해 혼란 없이 피난이 가능한 공간구조로 되어 있다.
- 최근 웨이퍼 직경 300밀리미터 생산 시점부터는 제조공정이 모두 폐쇄된 캐비닛 안에서 이루어지며, 또한 공장 전체에 스프링클러 등 초기소화를 위한 자동식 소화설비가 설치된 여건이 구축되어 있다.
- 반도체공장의 핵심인 FAB층 등의 대부분의 내장재는 천장 일부분의 종이 재질 공기필터를 제외하고 대부분 알루미늄재 칸막이 등 불연성 천장재 및 바닥재가 사용되고 있다.

### 5.2.4 산업안전보건법의 비상구까지 수평거리와 건축법의 직통계단까지의 거리의 차이

산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정의하는 비상구까지의 수평거리는 건축법 시행령에서 정의하는 직통계단까지의 거리보다 짧으며, 작업장 끝에서 직통계단까지의 거리는 작업장 끝에서 비상구까지의 거리와 비상구에서 계단까지의 거리를 합한 값이다. 따라서 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 비상구까지의 거리를 50미터로 설정한다면, 작업장 끝에서 계단까지의 거리는 50미터보다 매우 큰 사례도 있을 수 있다.

#### 5.2.4.1 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정의하는 비상구 또는 출입구까지의 거리

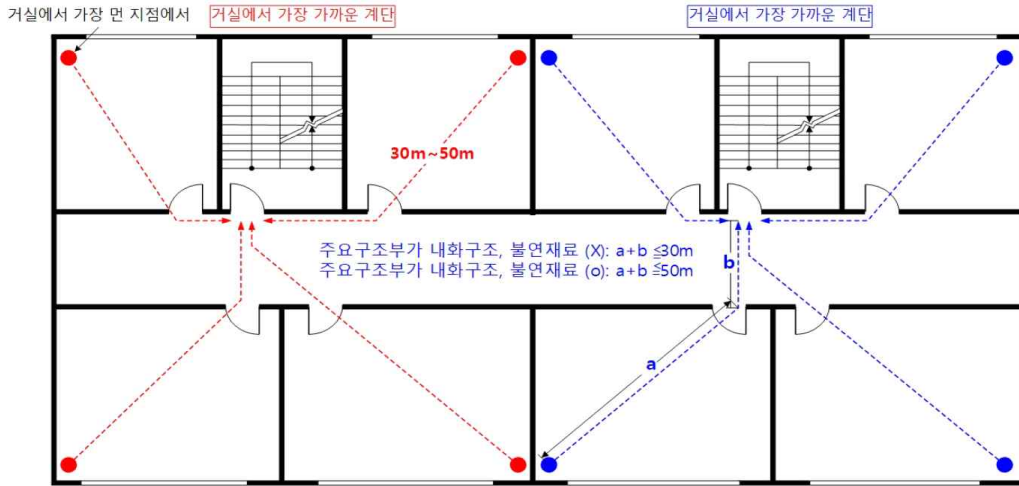
작업장에서 비상구까지의 거리 중 가장 큰 값을 의미한다(안전보건공단 (1), 2020).



〈그림 I -1〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 제17조에 따른 비상구까지의 거리

#### 5.2.4.2 건축법 시행령에 따른 직통계단까지의 보행거리

작업장 끝에서 비상구까지의 거리와 비상구로부터 계단까지의 거리를 합한 값이다.



〈그림 I-2〉 건축법 시행령 제35조에 따른 직통계단까지의 거리

#### 5.2.4.3 건축법 시행령과 산업안전보건 기준에 관한 규칙의 차이

건축법 시행령에서 의미하는 작업장 끝에서 직통계단까지의 거리( $a+b$ )는 작업장 끝에서 비상구까지의 거리와 비상구에서 계단까지의 거리를 합한 값이므로, 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정의하는 비상구까지의 거리( $a$ )는 건축법 시행령에서 정의하는 직통계단까지의 거리보다 짧다.

따라서 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 비상구까지의 거리 50미터를 「건축법」에 적용하면 건축법 시행령의 기준을 초과하는 경우가 발생한다.

### 5.3 국내·외 비상구 관련 법규 및 기준

#### 5.3.1 국내 관련법의 비상구 기준

「소방시설법」, 「위험물안전관리법」, 「고압가스 안전관리법」, 「액화석유가스안전관리 및 사업법」, 「도시가스 사업법」에서 출입구와 비상구의 설치 기준에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다<표 I-14>.

〈표 I-14〉 비상구와 관련된 국내법 검토 결과

| 관련 법규            | 검토 결과        |
|------------------|--------------|
| 소방시설법            | 비상구 관련 기준 없음 |
| 위험물안전관리법         | 비상구 관련 기준 없음 |
| 고압가스 안전관리법       | 비상구 관련 기준 없음 |
| 액화석유가스안전관리 및 사업법 | 비상구 관련 기준 없음 |
| 도시가스 사업법         | 비상구 관련 기준 없음 |

#### 5.3.2 외국의 비상구 관련 기준

피난거리는 우리나라와 일본에서는 내화구조인 경우 50 m, 보통의 경우 30 m이며, 미국의 경우 NFPA 101에서는 최대거리가 46 m, 특수공장에 적용하는 NFPA 5000의 경우 91 m에서 최대 122 m이다.

영국의 경우 위험도가 낮은 공장 및 창고에 적용하는 BR 2000 ADB Fire Safety Table 2에 의하여 45 m에서 최대 60 m까지 적용하고 피난 방향 수와 용도별 구분에 따라 피난거리의 증감이 가능하다. 싱가포르의 공장이나 창고의 경우에는 30 m에서 최대 60 m까지 적용하고, 스프링클러를 용도별로 구분하여 피난 방향의 수에 따라 증감이 가능하다.

미국, 일본 등 해외의 비상구 관련 규정을 검토한 결과는 <표 I-15>와 같다.

〈표 I-15〉 외국의 비상구 관련 기준

| 구분                 | 한국              | 미국                 |                     |
|--------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
|                    |                 | NFPA 101           | NFPA 5000           |
| 피난거리<br>(최대/보통, m) | 50/30           | 46/-               | 122/91              |
| 피난거리 증감요소          | 내화구조            | 스프링클러<br>용도별 구분    | 스프링클러 용도별<br>구분     |
| 해당용도               |                 | H-5                | 특수공장                |
| 용도의 세부사항           |                 | 반도체공장              |                     |
| 자료출처               | 건축법 시행령<br>제34조 | NFPA 101<br>14.2.6 | NFPA 5000<br>29.2.6 |

| 구분                 | 영국                                       | 일본                                | 싱가포르                                                      |
|--------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 피난거리<br>(최대/보통, m) | 60/45                                    | 50/30                             | 60/30                                                     |
| 피난거리 증감요소          | 피난방향 수<br>용도별 구분                         | 내화구조용도별<br>구분(성능설계 시<br>증감할 수 있음) | 스프링클러<br>용도별 구분<br>피난방향수                                  |
| 해당용도               | 위험도가 낮은<br>공장 및 창고                       | 기타                                | 공장/창고                                                     |
| 용도의 세부사항           |                                          |                                   | (2방향 피난우선)                                                |
| 자료출처               | BR 2000<br>ADB<br>Fire Safety<br>Table 2 | 건축기준법 시행령<br>제120조 및<br>제129조의2의2 | Handbook on Fire<br>Precaution의<br>Volume 4<br>Table 2.2A |

### 5.3.2.1 NFPA 101

#### 5.3.2.1.1 비상구까지의 보행거리

미국의 NFPA 101에서는 14.2.6항에서 비상구까지의 보행거리를 명시하고 있다.

---

##### 14.2.6 비상구까지의 보행거리(Travel Distance to Exits)

비상구까지의 보행거리는 14.2.6.1에서 14.2.6.3까지를 준수하여야 한다.

14.2.6.1 보행거리는 7.6에 따라 측정되어야 한다.

14.2.6.2 비상구까지의 보행거리는 14.2.6.3에 달리 규정되어 있지 않는 한, 건물 내의 어느 지점에서든 150 ft(46 m)를 초과해서는 안 된다(7.6 참조).

14.2.6.3 9.7에 따라 감시 및 승인된 스프링클러설비로 전체가 방호되는 교육용도에서의 보행거리는 200 ft(61 m) 이하이어야 한다.

---

### 5.3.2.1.2 피난통로까지의 보행거리 측정

14.2.6.1에 따르면 보행거리는 7.6항에 따라 측정되어야 함을 명시하고 있다.

---

#### 7.6 피난통로까지의 보행거리 측정

7.6.1 피난통로까지 보행거리는 다음과 같이 바닥이나 다른 보행면에서 측정해야 한다.

- (1) 가장 먼 곳에서 출발하기 시작한 자연 통로의 중심선을 따라
- (2) 모서리나 장애물 주변에서 구부러서 12 in(305 mm)
- (3) 다음중 하나에서 종단
  - (a) 출입구의 중앙
  - (b) 다른 지점에서 시작되는 피난통로
  - (c) 제23장에 규정된 기존의 교정용도에서의 방연방벽 및 감호

7.6.2 건물로부터 구획되지 않은 옥외계단이 요구되는 피난 통로로 허용되는 경우, 보행거리는 용도의 적용을 받는 가장 먼 지점에서부터 고려 중인 해당 층의 계단참 앞쪽 끝까지 측정해야 한다.

7.6.3 피난통로의 보행로로 개방된 경사로나 계단이 허용되는 경우 보행거리에는 경사로 또는 계단에 이르는 보행거리와 경사로 또는 계단의 끝으로부터 옥외 문 또는 기타 피난통로까지의 보행거리를 포함시켜야 한다.

7.6.4 7.2.2.6.3에서 허용하는 옥외계단처럼 방호되지 않는 건물의 개구부로부터 수평 거리 10 ft(3050 mm)이내에 위치한 옥외 피난통로의 경우, 피난통로까지의 보행거리에는 지면까지의 보행거리를 포함시켜야 한다.

7.6.5 계단 부분의 측정은 디딤판 끝 부분의 평판에서 이루어져야 한다.

7.6.6 어떤 점유공간이든지 7.6.1 ~ 7.6.5의 방법을 통해 측정한 1개 이상의 비상구까지의 보행거리는 이 코드에 규정된 한계조건을 초과해서는 안된다.

7.6.7 보행거리 제한 조건은 제11장 ~ 제43장의 규정에 따라야 하고 상급 위험지역의 경우는 7.11을 따라야 한다.

---

### 5.3.2.1.3 보행거리의 한계(Travel Distance Limit)

NFPA 101의 7.6.6항에서 언급하고 있는 비상구까지의 보행거리에 대한 한계를 <표 I-16>에 나타내었다.

<표 I-16> 보행거리의 한계

| 사용 유형               | 스프링클러가 없을 경우(m) | 스프링클러가 있는 경우(m) |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| 산업용도                |                 |                 |
| 일반용도                | 60              | 75              |
| 특수목적                | 91              | 122             |
| 고위험                 | 0               | 23              |
| 항공기 서비스 격납고, 1층 마감층 | 각주 참조           | 각주 참조           |
| 항공기 정비 격납고, 중이층     | 23              | 23              |
| 저장소, 보관소            |                 |                 |
| 저위험                 | NR              | NR              |
| 보통위험                | 61              | 122             |
| 고위험                 | 23              | 30              |
| 주차 구조물(개방)          | 91              | 122             |
| 주차 구조물(폐쇄)          | 46              | 60              |
| 항공기 서비스 격납고, 1층 마감층 | 각주 참조           | 각주 참조           |
| 항공기 정비 격납고, 중이층     | 23              | 23              |
| 대형 곡물창고의 지하공간       | 61              | 122             |

NR : 요구사항 없음

m : 항공기 격납고의 문 간격에 관한 특수 요구사항은 제40장과 제42장을 참고한다.

n : 공업용도 특수 보행거리 고려사항에 대해서는 제40장을 참고한다.

### 5.3.2.2 NFPA 5000 29.2.6 Travel to Exits

미국방화협회 NFPA 5000 29.2.6.1의 11.6에 따라 측정된 보행거리는 29.2.6.2에서 달리 허용되지 않는 한 <표 I-17>에 제공된 거리를 초과하지 않아야 한다(NFPA, 2015).

<표 I-17> 출구까지의 보행거리

| 구분                                                            | 일반 산업용(m) | 특수 산업용(m) |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| NFPA 13과 55.3.2 규정에 따라 승인되고 감독되는 자동 스프링클러 시스템에 의하여 보호될 경우     | 76        | 122       |
| NFPA 13과 55.3.2 규정에 따라 승인되고 감독되는 자동 스프링클러 시스템에 의하여 보호되지 않을 경우 | 60        | 91        |

### 5.3.2.3 영국(BR ADB 2000)

대부분의 경우 경로의 시작 부분에는 대체 탈출로가 없다(예: 두 방향으로 탈출이 가능한 방에서 복도로 나가는 단일 출구). 이것은 다음 두 가지 모두에 해당하는 경우 허용된다<표 I-18>(ADB, 2020).

- (a) 가장 가까운 층의 출구까지의 보행거리는 둘 이상의 방향으로 탈출이 가능한 경로의 한계 이하이어야 한다.
- (b) 경로의 “한 방향만” 구간의 보행거리는 대체 탈출 경로가 없는 보행거리의 제한을 초과하지 않는다.

〈표 I-18〉 보행거리의 한계

| 목적<br>그룹 | 건물 또는 건물의<br>일부사용                 |       | 보행이 가능한 최대 보행거리 <sup>1)</sup> |           |
|----------|-----------------------------------|-------|-------------------------------|-----------|
|          |                                   |       | 일방향의<br>경우(m)                 | 2방향 이상(m) |
| 6        | 산업용 <sup>2)</sup>                 | 보통 위험 | 25                            | 45        |
|          |                                   | 고 위험  | 12                            | 25        |
| 7        | 저장소와 거주지가 아<br>닌 경우 <sup>2)</sup> | 보통 위험 | 25                            | 45        |
|          |                                   | 고 위험  | 12                            | 25        |

1. 칸막이, 부속품 등의 내부 레이아웃을 알 수 없는 경우 보행거리보다 직접 거리를 평가해야 한다. 직접 거리는 실제 이동거리의 2/3로 가정해야 한다.
2. 산업용 및 저장소에 적용한 보행거리는 사용되는 공정 및 재료와 관련된 화재 위험수준에 따라 다르다. 더 높은 위험에는 다음 중 하나를 포함하여 상당한 양의 위험물질 또는 물질의 제조, 처리 또는 저장이 포함된다.
  - 모든 압축, 액화 또는 용해 가스
  - 공기나 물과의 상호작용으로 인해 위험해지는 모든 물질
  - 위스키 또는 기타 주류를 포함하여 인화점이 60 °C 미만인 모든 액체 물질
  - 모든 부식성 물질, 모든 산화성 물질, 자연 발화하기 쉬운 모든 물질
  - 쉽게 변하거나 분해되어 열을 발산하는 모든 물질
  - 인화점이 120 °C 미만인 모든 고체 물질
  - 건물의 한 부분에서 다른 부분으로 흘러 화재를 퍼뜨릴 가능성이 있는 모든 물질

#### 5.3.2.4 일본(日本)

일본의 건축기준법 시행령에서는 구체적인 방법과 방안을 규정하고 있다. 건축기준법 시행령(建築基準法施行令) 제120조(직통계단의 설치) 건축물의 피난층 이외의 층(지하의 것을 제외한다)에서는 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로를 포함한다. 이와 같다)을 거실의 각 부분에서 이르는 보행거리가 〈표 I-19〉 이하가 되도록 설치하여야 한다(建築基準法施行令, 2021).

〈표 I -19〉 일본의 건축기준법 시행령 제120조

| 거실의 종류 | 구조                                                                                            | 주요 구조부를<br>내화구조 또는<br>불연재료로<br>만들어져 있는<br>경우(m) | 주요 구조부가<br>내화구조 또는<br>불연재료가 아닌<br>경우(m) |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|        |                                                                                               |                                                 |                                         |
| (1)    | 제116조의2 제1항 제1호에 해당하는 창 추가의 개구부를 갖지 않는 거실 또는 법 별표 제1란 사항에 열거된 용도에 제공하는 특수 건축물의 주된 용도에 제공하는 거실 | 30                                              | 30                                      |
| (2)    | 법 별표 제1란 두 항에 열거된 용도에 제공하는 특수건축물의 주된 용도에 적합한 거실                                               | 50                                              | 30                                      |
| (3)    | (1), (2)에 열거된 거실 이외의 거실                                                                       | 50                                              | 40                                      |

### 5.3.2.5 싱가포르

싱가포르의 경우 Handbook on Fire Precaution의 Volume 4 2.2.6항 Determination of travel distance에 규정하고 있다.

각 유형에 대한 최대 피난거리는 다음과 같이 〈표 I -20〉에 명시된 것보다 크지 않아야 한다(SCDF, 2019).

최소 2개의 출구로 설계된 바닥면적의 경우, 주어진 최대 피난거리를 적용한다. 점유공간의 가장 먼 지점에서 시작하여 가장 가까운 출구까지의 최대 피난거리는 〈표 I -21〉에 명시된 한계를 초과해서는 안 된다.

〈표 I -20〉 최대 피난거리 설계변수

|             | 스프링클러가 있는 경우 |      | 스프링클러가 없는 경우 |      |
|-------------|--------------|------|--------------|------|
|             | 공장/창고        | 고위험  | 공장/창고        | 고위험  |
| 일방향 보행거리(m) | 25           | 20   | 15           | 10   |
| 일방향 직접거리(m) | 16.6         | 13.3 | 10           | 6.6  |
| 양방향 보행거리(m) | 60           | 35   | 30           | 20   |
| 양방향 직접거리(m) | 40           | 23.3 | 20           | 13.3 |

## 5.4 국내·외 기준 검토 결과

### 5.4.1 건축법 시행령과 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 거리 기준을 도입한 근거

- 건축법 시행령 개정 시 설정한 거리 기준(30미터, 50미터, 75미터, 100미터)에 대한 근거를 확인하기 어렵다.
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 시 설정한 거리 기준(50미터)에 대한 근거를 확인하기 어렵다.
  - 사업장의 경우 일상적인 경우보다는 정비·보수와 같은 비일상적인 작업을 수행하는 경우 화재·폭발 또는 독성물질 누출사고가 발생할 가능성이 많다.
  - 화재·폭발 또는 누출 사고 발생 시 주로 협력업체에서 정비보수 작업을 수행하므로 작업자들은 대부분 사업장의 상황을 잘 모르는 경우가 대부분일 것이다.  
예) 최근 S사에서 발생한 화학물질(불산) 누출사고도 협력업체에서 작업수행 중 발생한 재해이다.
  - 비상구 거리 기준이 이러한 최악의 상황까지 고려하여 설정된 것인지에 대한 근거를 찾기가 어렵다.
- 두 법령의 거리 기준이 불명확하므로 외국의 사례를 참고할 필요가 있다.
- 산업안전보건기준에 관한 규칙의 비상구 관련 규정 도입 시 「건축법」의 기준을 인용하였을 것으로 추정하면, 건축법 시행령 개정에 따라 중복규제의 해소의 관점에서 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정에 대한 검토가 필요한 것으로 판단된다.

### 5.4.2 산업안전보건기준에 관한 규칙과 건축법 시행령에서의 거리 개념 차이

산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정의하는 비상구까지의 수평거리는 건축법 시행령에서 정의하는 직통계단까지의 거리보다 짧으며, 작업장 끝에서 직통계단까지의 거리는 작업장 끝에서 비상구까지의 거리와 비상구에서 계단까지의 거리를 합한 값이다. 따라서 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 비상구까지의 거리를 50미터로 설정한다면, 작업장 끝에서 계단까지의 거리는 50미터보다 매우 큰 사례도 있을 수 있다.

### 5.4.3 외국의 비상구 관련 기준과 한국의 비상구 관련 기준 비교

- 각 국가별로 적용하고 있는 피난거리 규정에는 차이가 있다.
  - 미국의 NFPA 101의 경우 46 m, NFPA 5000의 경우 최대 거리는 122 m, 보통거리는 91 m를 적용하고 있으며, 스프링클러를 설치하였을 경우 용도별로 구분하여 피난거리를 증감하고 있다.
  - 영국은 산업용인 경우 1방향의 최대 보행거리는 보통위험에서는 25 m, 고위험에서는 12 m를 적용하고 있다.
  - 일본은 30 m, 50 m 규정을 적용하고 있으며, 이는 한국과 동일하다.
  - 싱가포르는 30 m, 60 m 규정을 적용하고 있으며, 스프링클러 용도별로 구분하여 피난방향의 수에 따라 피난거리를 증감하고 있다.
- 반도체 및 디스플레이 공장에 대하여 특별한 기준을 설정한 외국의 사례는 없으며, 국내에만 특별기준을 적용하고 있다.

#### 5.4.4 비상구 관련 기준 개정의 필요성

##### 5.4.4.1 건축법의 개정 취지를 고려할 경우

건축법 시행령의 개정 취지를 고려하면 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정의 필요성이 있으나, 50미터 기준은 건축물 내부에서 계단까지의 거리를 의미하므로, 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 의미하는 작업장으로부터 비상구까지의 거리를 50미터로 적용할 수는 없다.

사업장에 따라 비상구에서 계단까지의 거리 편차가 클 수 있으므로 이에 대해 고려할 필요가 있으며, 건축법 시행령에서 의미하는 자동화 생산시설과 무인화 공장에 대한 비상구 설치의 기준을 마련할 필요가 있다.

따라서 출입구와 같은 방향에 있지 아니하고, 출입구로부터 3미터 이상 떨어져 있고, 작업장의 각 부분으로부터 직통계단(경사로 포함)까지의 보행거리가 50미터 이하가 되도록 한다. 다만, 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장으로서 반도체 및 디스플레이 패널을 제조하는 공장인 경우에는 그 보행거리가 75미터(무인화 공장인 경우에는 100미터)이하로 할 수 있다.

##### 5.4.4.2 외국의 기준을 고려할 경우

일본을 제외하고 외국에서는 스프링클러설비 등 자동소화설비가 설치된 경우 최대 122 m까지이며, 보통 60 m의 피난거리를 정하도록 되어 있으며, 이러한 기준은 이미 국내 건축법 시행령에도 적용되어 자동소화설비가 설치된 경우 최대 75 m까지 적용할 수 있는 상황으로 일부 기준은 외국보다 완화되어 있고 외국과 유사한 수준이다.

외국의 기준 및 우리나라 「건축법」에 위험물질의 취급량에 따른 비상구 관련 기준이 건축물의 비상구 설치 기준에 합당하여야 할 것으로 판단된다.

## 5.5 산업안전보건기준의 위험물질

### 5.5.1 위험물질의 기준량

산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9를 나타낸 <표 I-21>는 특수화학 설비를 규정하기 위한 위험물질의 기준량을 제시하고 있다.

<표 I-21> 위험물질의 기준량

| 위험물질                                        | 기준량       |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>1. 폭발성 물질 및 유기과산화물</b>                   |           |
| 가. 질산에스테르류<br>니트로글리콜 · 니트로글리세린 · 니트로셀룰로오스 등 | 10킬로그램    |
| 나. 니트로 화합물<br>트리니트로벤젠 · 트리니트로톨루엔 · 피크린산 등   | 200킬로그램   |
| 다. 니트로소 화합물                                 | 200킬로그램   |
| 라. 아조 화합물                                   | 200킬로그램   |
| 마. 디아조 화합물                                  | 200킬로그램   |
| 바. 하이드라진 유도체                                | 200킬로그램   |
| 사. 유기과산화물<br>과초산, 메틸에틸케톤 과산화물, 과산화벤조일 등     | 50킬로그램    |
| <b>2. 물반응성 물질 및 인화성 고체</b>                  |           |
| 가. 리튬                                       | 5킬로그램     |
| 나. 칼륨 · 나트륨                                 | 10킬로그램    |
| 다. 황                                        | 100킬로그램   |
| 라. 황린                                       | 20킬로그램    |
| 마. 황화인 · 적린                                 | 50킬로그램    |
| 바. 셀룰로이드류                                   | 150킬로그램   |
| 사. 알킬알루미늄 · 알킬리튬                            | 10킬로그램    |
| 아. 마그네슘 분말                                  | 500킬로그램   |
| 자. 금속 분말(마그네슘 분말은 제외한다)                     | 1,000킬로그램 |
| 차. 알칼리금속(리튬 · 칼륨 및 나트륨은 제외한다)               | 50킬로그램    |
| 카. 유기금속화합물(알킬알루미늄 및 알킬리튬은 제외한다)             | 50킬로그램    |
| 타. 금속의 수소화물                                 | 300킬로그램   |
| 파. 금속의 인화물                                  | 300킬로그램   |
| 하. 칼슘 탄화물, 알루미늄 탄화물                         | 300킬로그램   |

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. 산화성 액체 및 산화성 고체</b>                                                               |           |
| 가. 차아염소산 및 그 염류                                                                         |           |
| (1) 차아염소산                                                                               | 300킬로그램   |
| (2) 차아염소산칼륨, 그 밖의 차아염소산염류                                                               | 50킬로그램    |
| 나. 아염소산 및 그 염류                                                                          |           |
| (1) 아염소산                                                                                | 300킬로그램   |
| (2) 아염소산칼륨, 그 밖의 아염소산염류                                                                 | 50킬로그램    |
| 다. 염소산 및 그 염류                                                                           |           |
| (1) 염소산                                                                                 | 300킬로그램   |
| (2) 염소산칼륨, 염소산나트륨, 염소산암모늄, 그 밖의 염소산염류                                                   | 50킬로그램    |
| 라. 과염소산 및 그 염류                                                                          |           |
| (1) 과염소산                                                                                | 300킬로그램   |
| (2) 과염소산칼륨, 과염소산나트륨, 과염소산암모늄, 그 밖의 과염소산염류                                               | 50킬로그램    |
| 마. 브롬산 및 그 염류                                                                           |           |
| 브롬산염류                                                                                   | 100킬로그램   |
| 바. 요오드산 및 그 염류                                                                          |           |
| 요오드산염류                                                                                  | 300킬로그램   |
| 사. 과산화수소 및 무기 과산화물                                                                      |           |
| (1) 과산화수소                                                                               | 300킬로그램   |
| (2) 과산화칼륨, 과산화나트륨, 과산화바륨, 그 밖의 무기 과산화물                                                  | 50킬로그램    |
| 아. 질산 및 그 염류                                                                            |           |
| 질산칼륨, 질산나트륨, 질산암모늄, 그 밖의 질산염류                                                           | 1,000킬로그램 |
| 자. 과망간산 및 그 염류                                                                          | 1,000킬로그램 |
| 차. 중크롬산 및 그 염류                                                                          | 3,000킬로그램 |
| <b>4. 인화성 액체</b>                                                                        |           |
| 가. 에틸에테르 · 가솔린 · 아세트알데히드 · 산화프로필렌, 그 밖에 인화점이 23℃ 미만이고 초기 끓는점이 35℃ 이하인 물질                | 200리터     |
| 나. 노말헥산 · 아세톤 · 메틸에틸케톤 · 메틸알코올 · 에틸알코올 · 이황화탄소, 그 밖에 인화점이 23℃ 미만이고 초기 끓는점이 35℃를 초과하는 물질 | 400리터     |
| 다. 크실렌 · 아세트산아밀 · 등유 · 경유 · 테레핀유 · 이소아밀알코올 · 아세트산 · 하이드라진, 그 밖에 인화점이 23℃ 이상 60℃ 이하인 물질  | 1,000리터   |
| <b>5. 인화성 가스</b>                                                                        |           |
| 가. 수소                                                                                   | 50세제곱미터   |
| 나. 아세틸렌                                                                                 |           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 다. 에틸렌<br>라. 메탄<br>마. 에탄<br>바. 프로판<br>사. 부탄<br>아. 영 별표 13 에 따른 인화성 가스                                                                                                                                                                                                              | 50세제곱미터 |
| <b>6. 부식성 물질로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 물질</b>                                                                                                                                                                                                                                          |         |
| 가. 부식성 산류<br>(1) 농도가 20퍼센트 이상인 염산 · 황산 · 질산, 그 밖에 이와 동등 이상<br>의 부식성을 가지는 물질<br>(2) 농도가 60퍼센트 이상인 인산 · 아세트산 · 불산, 그 밖에 이와 동등<br>이상의 부식성을 가지는 물질                                                                                                                                     | 300킬로그램 |
| 나. 부식성 염기류<br>농도가 40퍼센트 이상인 수산화나트륨 · 수산화칼륨, 그 밖에 이와 동<br>등 이상의 부식성을 가지는 염기류                                                                                                                                                                                                        | 300킬로그램 |
| <b>7. 급성 독성 물질</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |
| 가. 시안화수소 · 플루오르아세트산 및 소디움염 · 디옥신 등 LD50(경구,<br>쥐)이 킬로그램당 5밀리그램 이하인 독성물질                                                                                                                                                                                                            | 5킬로그램   |
| 나. LD50(경피, 토끼 또는 쥐)이 킬로그램당 50밀리그램(체중) 이하인<br>독성물질                                                                                                                                                                                                                                 | 5킬로그램   |
| 다. 데카보란 · 디보란 · 포스핀 · 이산화질소 · 메틸이소시아네이트 · 디<br>클로로아세틸렌 · 플루오로아세트아마이드 · 케텐 · 1,4-디클로로<br>-2-부텐 · 메틸비닐케톤 · 벤조트라이클로라이드 · 산화카드뮴 · 규<br>산메틸 · 디페닐메탄다이소시아네이트 · 디페닐설페이트 등 가스<br>LC50(쥐, 4시간 흡입)이 100ppm 이하인 화학물질, 증기 LC50(쥐,<br>4시간 흡입)이 0.5mg/ℓ 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트<br>0.05mg/ℓ 이하인 독성물질 | 5킬로그램   |
| 라. 산화제2수는 · 시안화나트륨 · 시안화칼륨 · 폴리비닐알코올 · 2-클로<br>로아세트알데히드 · 염화제2수는 등 LD50(경구, 쥐)이 킬로그램당 5<br>밀리그램(체중) 이상 50밀리그램(체중) 이하인 독성물질                                                                                                                                                         | 20킬로그램  |
| 마. LD50(경피, 토끼 또는 쥐)이 킬로그램당 50밀리그램(체중)이상 200<br>밀리그램(체중) 이하인 독성물질                                                                                                                                                                                                                  | 20킬로그램  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 바. 황화수소 · 황산 · 질산 · 테트라메틸납 · 디에틸렌트리아민 · 플루오린화 카보닐 · 헥사플루오로아세톤 · 트리플루오르화염소 · 푸르푸릴알코올 · 아닐린 · 불소 · 카보닐플루오라이드 · 발연황산 · 메틸에틸케톤 과산화물 · 디메틸에테르 · 페놀 · 벤질클로라이드 · 포스포러스펜톡사이드 · 벤질디메틸아민 · 피롤리딘 등 가스 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 100ppm 이상 500ppm 이하인 화학물질, 증기 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 0.5mg/ℓ 이상 2.0mg/ℓ 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트 0.05mg/ℓ 이상 0.5mg/ℓ 이하인 독성물질 | 20킬로그램  |
| 사. 이소프로필아민 · 염화카드뮴 · 산화제2코발트 · 사이클로헥실아민 · 2-아미노피리딘 · 아조디이소부티로니트릴 등 LD50(경구, 쥐)이 킬로그램당 50밀리그램(체중) 이상 300밀리그램(체중) 이하인 독성물질                                                                                                                                                                                                       | 100킬로그램 |
| 아. 에틸렌디아민 등 LD50(경피, 토끼 또는 쥐)이 킬로그램당 200밀리그램(체중) 이상 1,000밀리그램(체중) 이하인 독성물질                                                                                                                                                                                                                                                     | 100킬로그램 |
| 자. 불화수소 · 산화에틸렌 · 트리에틸아민 · 에틸아크릴산 · 브롬화수소 · 무수아세트산 · 황화불소 · 메틸프로필케톤 · 사이클로헥실아민 등 가스 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 500ppm 이상 2,500ppm 이하인 독성물질, 증기 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 2.0mg/ℓ 이상 10mg/ℓ 이하인 독성물질, 분진 또는 미스트 0.5mg/ℓ 이상 1.0mg/ℓ 이하인 독성물질                                                                                                        | 100킬로그램 |

비고

1. 기준량은 제조 또는 취급하는 설비에서 하루 동안 최대로 제조하거나 취급할 수 있는 수량을 말한다.
2. 기준량 항목의 수치는 순도 100퍼센트를 기준으로 산출한다.

### 5.5.2 위험물질의 기준량에 따른 비상구 관련기준

영국(BR ADB 2000, 2020)의 경우 산업용 및 저장소에 적용한 보행거리는 공정 및 재료와 관련된 화재위험수준에 따라 다르며, 위험성이 높고 많은 양의 위험물질을 제조, 처리 또는 저장할 경우에 따라서 보행거리가 달라진다. 그러나 위험물질의 최소량에 대한 기준은 규정되어 있지 않다.

또한 미국, 일본과 국내에는 위험물질의 기준량에 따른 비상구 관련 기준이 없다.

따라서 산업안전보건 기준에 의한 위험물질은 다종의 품명으로서 건축물 내에서 보관할 경우 각 물질에 대한 위험도(Risk degree)를 평가하여 위험물질의 최소 기준량에 따른 비상구 설치의 추가적인 연구를 통한 기준을 설정하는 것이 필요하다.

## 6. 소결론

1) 비상구 관련 국내·외 주요국가의 관련 법규를 비교 분석하여 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 안전보건규칙)의 ‘위험물질을 제조·취급하는 작업장이 있는 건축물의 비상구’ 기준을 검토하였다. 현행 우리나라 건축법상 건축물의 피난거리 규정은 건축법 시행령 제34조에 따라 피난층이 아닌 층에서 거실의 각 부분으로 부터 지상 또는 피난층으로 통하는 경사로를 포함하는 직통계단에 이르는 보행거리가 30 m(주요구조부가 내화구조 또는 불연재료인 경우는 50 m)이하가 되도록 규정하고 있다. 이것은 1982년부터 적용된 규정으로 안전보건규칙에 반영된 시점(1990.7.23.)에 유해위험물질 취급작업장의 다수가 내화기준이 적용되는 특징을 감안하여 출입구 또는 비상구까지의 수평거리가 50 m 이하가 되도록 반영한 것으로 보인다. 안전보건규칙의 기준은 작업장내 비상구 또는 출입구까지 수평거리가 50 m 이하로, 계단으로 통하는 복도 등의 거리를 포함한 피난 관련 보행거리를 50 m(내화구조 및 불연재료로 된 건축물)로 정한 건축법 기준보다 높은 수준의 규제는 아니라고 판단된다. 다만, 건축법에서는 자동화 생산시설에 스프링클러 등 자동식 소화설비를 설치한 공장에 대해서 보행거리를 75 m까지 인정하는 완화규정을 두고 있으나 최근 다발하는 사업장의 대형화재사고 사례를 감안했을 때 객관적인 위험성 확인 없이 안전보건규칙 완화보다는 실태분석, 현장조사, 가상분석 등의 추가적인 연구를 통해 신중히 검토하는 것이 필요하다.

2) 비상구 규정 적용 위험물질의 최소량 규정을 정하는 것은 안전보건규칙 제273조와 관련한 별표 9에서 위험물질의 위험성과 종류에 따른 기준량을 다르게 지정하여 관리하고 있다. 그러나 이 규정은 특수화학설비의 계측장치 설치를 위한 규정으로 이를 비상구 관련 기준에 바로 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. 안전보건규칙의 위험물질은 다종다양한 품목으로서

화재·폭발이나 누출 시 각각의 위험성이 다르고 확산속도 등에 차이가 있으므로 각 물질에 대한 안전성 평가를 실시하여 이 규정과 관련된 위험물질의 최소 기준량을 정하는 추가 연구가 필요하다.



## Ⅱ. 연구시설 등 소규모 화학설비 및 보일러에 대한 안전거리 검토 및 합리적 적용방안 (안전보건규칙 제271조)





## II. 연구시설 등 소규모 화학설비 및 보일러에 대한 안전거리 검토 및 합리적 적용방안 (안전보건규칙 제271조)

### 1. 배경 및 검토 대상

#### 1.1 배경

산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조(안전거리)는 「위험물안전관리법」, 「고압가스 안전관리법」 등과 중복되는 성격을 가지고 있으나, 연구시설, 소규모 화학설비 및 보일러의 안전거리에 대한 모든 법규를 충족시킬 것을 요구하고 있어 불만이 제기되고 있는 상황이며 특히 「산업안전보건법」에서는 위험물질의 기준량에 따른 차등기준이 없는 점이 문제로 지적되고 있다.

이에 대한 대책으로 위험성평가를 통해 연구시설, 소규모 화학설비 및 보일러의 안전거리를 조정할 수 있도록 산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조에서 규정하고 있지만, PSM사업장을 대상으로 하고 있어 한계가 있으므로 안전거리에 관한 법률을 검토할 필요가 있다.

#### 1.2 검토 대상 및 범위

- 안전거리와 관련된 제반규정
- 국내·외 안전거리 관련 기준 비교
- 보일러 사고 사례 및 예방대책

## 2. 산업안전보건법의 안전거리 개정경과

### 2.1 산업안전기준에 관한 규칙 제정(1990. 7. 23.)

1990년 7월 23일 산업안전기준에 관한 규칙이 제정되면서 안전거리(제291조) 관련 내용이 <표 II-1>과 같이 반영되었다. 이 규칙에 따라 사업주가 화학설비를 설치하는 때에는 화재·폭발에 의한 피해를 줄일 수 있도록 노동부장관이 정하는 바에 의하여 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하도록 되어있다. 이 규정은 1997년 1월 11일 일부 개정되었고, 세부 사항은 <표 II-1>의 개정내용과 같다.

<표 II-1> 일부개정(1997. 1. 11.) 안전거리 규정

| 현행                                                                                                       | 개정                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○ 안전거리(제291조) 사업주는 화학설비를 설치하는 때에는 폭발·화재에 의한 피해를 줄일 수 있도록 노동부장관이 정하는 바에 의하여 설비 및 시설간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. | ○ 안전거리(제291조) 사업주는 별표1제1호 내지 제5호의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치할 때에는 폭발 또는 화재에 의한 피해를 줄일 수 있도록 별표3의2의 규정에 의하여 설비 및 시설간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 의하여 안전거리 또는 보유공지를 유지한 때에는 이 규칙에 의한 안전거리를 유지한 것으로 본다. |

〈표 II-2〉에는 1997년 1월 11일 일부 개정된 산업안전기준에 관한 규칙 [별표 3의2]를 나타내었다. 이 별표에서는 단위공정설비 및 시설로부터 다른 단위공정설비 및 시설의 사이, 후레아스텍으로부터 단위공정설비 및 시설, 위험물질 하역설비 또는 위험물질 저장탱크의 사이, 위험물질 저장탱크로부터 단위공정설비 및 시설, 보일러 또는 가열로의 사이, 연구실, 사무실, 정비실, 실험실 또는 식당으로부터 단위공정설비 및 시설, 위험물질 하역설비, 위험물질 저장탱크, 보일러 또는 가열로 사이로 분류하여 각각의 안전거리를 나타내었다.

〈표 II-2〉 [별표 3의2]안전거리(제291조 관련)

| 구 분                                                                             | 안전거리                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 단위공정시설 및 설비로부터 다른 단위 공정시설 및 설비의 사이                                           | 설비의 외면으로부터 10미터이상                                                          |
| 2. 후레아스텍으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크 또는 위험물질 하역설비의 사이                            | 후레아스텍으로부터 반경 20미터이상. 다만, 단위공정시설등이 불연재로 시공된 지붕 아래 설치된 경우에는 그러하지 아니하다.       |
| 3. 위험물질 저장탱크로부터 단위공정 시설 및 설비, 보일러 또는 가열로의 사이                                    | 저장탱크의 외면으로부터 20미터이상. 다만, 저장탱크에 방호벽, 원격조정 소화설비 또는 살수설비를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다. |
| 4. 사무실·연구실·실험실·정비실 또는 식당으로부터 단위공정 시설 및 설비, 위험물질 저장탱크, 위험물질 하역설비, 보일러 또는 가열로의 사이 | 사무실등의 외면으로부터 20미터이상. 다만, 난방용보일러인 경우 또는 사무실등의 벽을 방호구조로 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.  |

## 2.2 산업안전기준에 관한 규칙 개정(2003. 8. 18.)

〈표 II-3〉에는 2003년 8월에 개정된 산업안전기준에 관한 규칙의 안전거리 관련 내용을 나타내었다. 개정된 규칙에서는 “법 제49조의 규정에 의한 공정안전보고서를 제출하여 피해 최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인 받은 경우에는 그러하지 아니하다”라는 문구를 추가하여 안전거리 관련 일부 예외 규정을 두었다.

〈표 II-3〉 일부개정(2003. 8. 18.) 안전거리 규정

| 현행                                                                                                                                                                                                             | 개정                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○ 안전거리(제291조) 사업주는 별표1제1호 내지 제5호의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치할 때에는 폭발 또는 화재에 의한 피해를 줄일 수 있도록 별표 3의2의 규정에 의하여 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 의하여 안전거리 또는 보유공지를 유지한 때에는 이 규칙에 의한 안전거리를 유지한 것으로 본다. | ○ 제291조(안전거리) 사업주는 별표 1제1호 내지 제5호의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치할 때에는 폭발 또는 화재에 의한 피해를 줄일 수 있도록 별표 3의2의 규정에 의하여 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제49조의2의 규정에 의한 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다. 〈개정 2003. 8. 18.〉<br>[전문개정 1997. 1. 11.] |

### 2.3 산업안전보건기준에 관한 규칙 전부개정(2011. 7. 6.)

〈표 II-4〉에는 2011년 7월 6일에 전부 개정된 산업안전보건기준에 관한 규칙의 안전거리 규정을 나타내었다. 안전거리 관련 규정이 제291조에서 제 271조로 변경되었으며, 별표 3의2의 규정이 별표 8로 변경되었다.

〈표 II-4〉 전부개정(2011. 7. 6.) 안전거리 규정

| 현행                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 개정                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>○ 제291조(안전거리) 사업주는 별표 1제1호 내지 제5호의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치할 때에는 폭발 또는 화재에 의한 피해를 줄일 수 있도록 별표 3의2의 규정에 의하여 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제49조의2의 규정에 의한 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다. 〈개정 2003. 8. 18.〉</p> <p>[전문개정 1997. 1. 11.]</p> | <p>○ 제271조(안전거리) 사업주는 별표 1 제1호부터 제5호까지의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우에는 폭발이나 화재에 따른 피해를 줄일 수 있도록 별표 8에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제49조의2에 따른 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다.</p> |

## 2.4 산업안전보건기준에 관한 규칙 일부개정(2019. 12. 26.)

〈표 II-5〉에는 2019년 12월에 개정된 산업안전보건기준에 관한 규칙의 안전거리 규정을 나타내었다. 당시 산업안전보건법을 전부 개정하면서 “법 제49조의2”가 “법 제44조”로 변경되었고, 2021년 11월 현재는 이 규정을 적용하고 있다.

〈표 II-5〉 일부개정(2019. 12. 26.) 안전거리 규정

| 현행                                                                                                                                                                                                                                                          | 개정                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○ 제271조(안전거리) 사업주는 별표 1 제1호부터 제5호까지의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우에는 폭발이나 화재에 따른 피해를 줄일 수 있도록 별표 8에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제49조의2에 따른 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다. | ○ 제271조(안전거리) 사업주는 별표 1 제1호부터 제5호까지의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우에는 폭발이나 화재에 따른 피해를 줄일 수 있도록 별표 8에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제44조에 따른 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다. 〈개정 2019. 12. 26.〉 |

### 3. 안전거리 기준 비교 검토

#### 3.1 개요

화학공장의 위험물 시설과 방호 대상물 사이에는 일정한 이격거리를 두어 안전을 확보해야 하며, 이러한 거리는 「산업안전보건법」, 「고압가스 안전관리법」, 「위험물안전관리법」 및 해외 관련법에 따라 관점을 달리하여 표현하고 있다.

#### 3.2 용어의 정의

##### 3.2.1 안전거리

안전거리란 저장소와 보호대상과의 이격거리를 말한다. 위험물 저장시설은 다른 건축물(보호대상물) 등으로부터 당해 위험물을 저장하는 건축물의 외벽 또는 공작물(배관은 제외)의 외측까지의 사이에 안전거리를 확보하여야 한다 (화재보험협회, 2019).

##### 3.2.2 보유공지

보유공지란 위험물 시설의 구성부분 또는 시설 주위에 확보해야 할 공지를 말한다. 이 보유공지는 연소방지상의 필요성뿐만 아니라 소화활동상의 공지 까지도 의미하는 것이므로 여기에는 어떠한 물건도 있어서는 안된다. 따라서 안전거리가 단순한 물리적 길이의 개념인 것에 비하여 보유공지는 공간규제 개념으로 안전거리보다 엄격히 규제되어야 한다.

### 3.3 국내법에 따른 안전거리 및 보유공지

#### 3.3.1 산업안전보건법

산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조(안전거리) 및 별표 8에는 위험물 취급설비의 안전거리를 규정하고 있으며, <표 II-6>과 <표 II-7>에 나타내었다.

#### <표 II-6> 산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조

사업주는 별표 1 제1호부터 제5호까지의 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우에는 폭발이나 화재에 따른 피해를 줄일 수 있도록 별표 8에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지하여야 한다. 다만, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유공지를 유지하거나, 법 제44조에 따른 공정안전보고서를 제출하여 피해최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2019. 12. 26.>

〈표 II-7〉 안전거리에 관한 별표 8의 규정

| 구 분                                                                            | 안전거리                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 단위공정시설 및 설비로부터 다른 단위공정시설 및 설비의 사이                                           | 설비의 바깥 면으로부터 10미터 이상                                                            |
| 2. 플레어스택으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크 또는 위험물질 하역설비의 사이                           | 플레어스택으로부터 반경 20미터 이상. 다만, 단위공정시설 등이 불연재로 시공된 지붕 아래에 설치된 경우에는 그러하지 아니하다.         |
| 3. 위험물질 저장탱크로부터 단위공정시설 및 설비, 보일러 또는 가열로의 사이                                    | 저장탱크의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 다만, 저장탱크의 방호벽, 원격조종 소화설비 또는 살수설비를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.   |
| 4. 사무실·연구실·실험실·정비실 또는 식당으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크, 위험물질 하역설비, 보일러 또는 가열로의 사이 | 사무실 등의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 다만, 난방용 보일러인 경우 또는 사무실 등의 벽을 방호구조로 설치한 경우에는 그러하지 아니하다. |

### 3.3.2 고압가스 안전관리법

고압가스 안전관리법 시행규칙 제8조제1항제1호, 제28조제4항제1호, 제28조의2제2항제2호나목, 제30조제3항제1호, 제31조제3항제1호, 제33조제1호 및 제35조제3항 관련된 고압가스제조(특정제조, 일반제조 또는 용기 및 차량에 고정된 탱크 충전)의 시설·기술·검사·감리 및 정밀안전검진기준이 있으며, <표 II-8>에는 특정제조시설의 시설기준 및 배치기준을 나타내고 있다.

**<표 II-8> 특정제조시설의 시설기준 중 배치기준**

가) 고압가스의 처리설비 및 저장설비는 그 외면으로부터 보호시설(사업소에 있는 보호시설 및 전용공업지역에 있는 보호시설은 제외한다)까지 다음 표에 따른 거리(저장설비를 지하에 설치하는 경우에는 보호시설과의 거리에 2분의 1을 곱한 거리, 시장·군수 또는 구청장이 필요하다고 인정하는 지역은 보호시설과의 거리에 일정 거리를 더한 거리) 이상을 유지할 것

| 구분                                      | 처리능력 및 저장능력    | 제1종보호시설 | 제2종보호시설 |
|-----------------------------------------|----------------|---------|---------|
| 산소의<br>처리설비 및<br>저장설비                   | 1만 이하          | 12m     | 8m      |
|                                         | 1만 초과<br>2만 이하 | 14m     | 9m      |
|                                         | 2만 초과<br>3만 이하 | 16m     | 11m     |
|                                         | 3만 초과<br>4만 이하 | 18m     | 13m     |
|                                         | 4만 초과          | 20m     | 14m     |
| 독성가스<br>또는 가연성<br>가스의<br>처리설비 및<br>저장설비 | 1만 이하          | 17m     | 12m     |

|                                          |                 |                                                                 |                                                                 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 독성 가스<br>또는 가연성<br>가스의<br>처리설비 및<br>저장설비 | 1만 초과<br>2만 이하  | 21m                                                             | 14m                                                             |
|                                          | 2만 초과<br>3만 이하  | 24m                                                             | 16m                                                             |
|                                          | 3만 초과<br>4만 이하  | 27m                                                             | 18m                                                             |
|                                          | 4만 초과<br>5만 이하  | 30m                                                             | 20m                                                             |
|                                          | 5만 초과<br>99만 이하 | 30m(가연성가스<br>저온저장탱크는<br>$\frac{3}{25}\sqrt{X+10,000}\text{m}$ ) | 20m(가연성가스<br>저온저장탱크는<br>$\frac{2}{25}\sqrt{X+10,000}\text{m}$ ) |
|                                          | 99만 초과          | 30m(가연성가스<br>저온저장탱크는 120m)                                      | 20m(가연성가스<br>저온저장탱크는 80m)                                       |
| 그 밖의<br>가스의<br>처리설비 및<br>저장설비            | 1만 이하           | 8m                                                              | 5m                                                              |
|                                          | 1만 초과<br>2만 이하  | 9m                                                              | 7m                                                              |
|                                          | 2만 초과<br>3만 이하  | 11m                                                             | 8m                                                              |
|                                          | 3만 초과<br>4만 이하  | 13m                                                             | 9m                                                              |
|                                          | 4만 초과           | 14m                                                             | 10m                                                             |

비고

1. 위 표 중 각 처리능력 및 저장능력란의 단위 및 X는 1일간의 처리능력 또는 저장능력으로서 압축가스의 경우에는  $\text{m}^3$ , 액화가스의 경우에는  $\text{kg}$ 으로 한다.
2. 한 사업소에 2개 이상의 처리설비 또는 저장설비가 있는 경우에는 그 처리능력별 또는 저장능력별로 각각 안전거리를 유지하여야 한다.

- 나) 가스설비 또는 저장설비는 그 외면으로부터 화기(그 설비 안의 것은 제외한다)를 취급하는 장소까지 2m(가연성가스 또는 산소의 가스설비 또는 저장설비는 8m) 이상의 우회 거리를 유지하여야 하고, 가스설비와 화기를 취급하는 장소 사이에는 그 가스설비로부터 누출된 가스가 유동하는 것을 방지하기 위한 적절한 조치를 할 것
- 다) 가연성가스 제조시설의 고압가스설비[저장탱크 및 배관은 제외한다. 이하 다)에서 같다]는 그 외면으로부터 다른 가연성가스 제조시설의 고압가스설비와 5m 이상, 산소 제조시설의 고압가스설비와 10m 이상의 거리를 유지하는 등 하나의 고압가스설비에서 발생한 위해요소가 다른 고압가스설비로 전이되지 않도록 필요한 조치를 할 것
- 라) 고압가스 제조시설에서 재해가 발생할 경우 그 재해의 확대를 방지하기 위하여 가연성 가스설비 또는 독성가스설비는 통로·공지 등으로 구분된 안전구역에 설치하는 등 필요한 조치를 마련할 것

〈표 II-9〉에는 고압가스 제조시설 중 일반제조시설의 시설기준으로 나타낸 것으로서 고압가스 처리설비 및 저장설비의 설치에 대한 기준을 나타내고 있다.

#### 〈표 II-9〉 고압가스 제조시설기준 중 일반제조시설의 시설기준

고압가스 처리설비 및 저장설비(이하 "처리설비등"이라 한다)는 사업소 경계(사업소 경계가 바다, 호수, 하천 또는 도로 등과 접한 경우에는 그 반대편 끝을 경계로 한다) 안쪽에 위치하되, 그 처리설비등의 외면에서부터 그 사업소 경계까지는 사업소 경계 밖의 제1종보호시설과의 거리[제1호가목1)가)의 표에서 정한 거리를 말하며, 저장설비를 지하에 설치하는 경우에는 제1종보호시설과의 거리에 2분의 1을 곱한 거리를 말한다] 이상을 유지할 것. 이 경우 제1종보호시설과의 거리가 20 m를 초과하는 경우에는 20 m로 할 수 있다.

### 3.3.3 위험물안전관리법

#### 3.3.3.1 제조소

위험물안전관리법 시행규칙 제28조와 관련된 제조소의 위치, 설비 및 구조의 기준 중 안전거리를 <표 II-10>에 나타내었다. 제조소의 규정에 의한 건축물의 외벽 또는 공작물의 외측으로부터 제조소의 외벽 등에 관한 수평거리(안전거리)는 1항에 나타내고, 건축물 등의 별표의 기준을 통해 불연재료로 된 방화상 유효한 벽 또는 담을 설치하는 경우에 대한 안전거리를 단축할 수 있는 규정은 2항에 나타내었다. <표 II-11>에는 위험물을 취급하는 최대수량에 대한 보유공지를 나타내었고, <그림 II-1>에는 안전거리에 대한 도해를 표시하였다(위험물안전관리법, 2021).

**<표 II-10> 제조소의 구조, 위치 및 설비의 기준(안전거리)**

- 
1. 제조소(제6류 위험물을 취급하는 제조소를 제외한다)는 다음 각목의 규정에 의한 건축물의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측으로부터 당해 제조소의 외벽 또는 이에 상당하는 공작물의 외측까지의 사이에 다음 각목의 규정에 의한 수평거리(이하 "안전거리"라 한다)를 두어야 한다.
    - 가. 나목 내지 라목의 규정에 의한 것 외의 건축물 그 밖의 공작물로서 주거용으로 사용되는 것(제조소가 설치된 부지내에 있는 것을 제외한다)에 있어서는 10m 이상
    - 나. 학교·병원·극장 그 밖에 다수인을 수용하는 시설로서 다음의 1에 해당하는 것에 있어서는 30m 이상
      - 1) 「초·중등교육법」 제2조 및 「고등교육법」 제2조에 정하는 학교
      - 2) 「의료법」 제3조제2항제3호에 따른 병원급 의료기관
      - 3) 「공연법」 제2조제4호에 따른 공연장, 「영화 및 비디오물의 진흥에 관한 법률」 제2조 제10호에 따른 영화상영관 및 그 밖에 이와 유사한 시설로서 3백명 이상의 인원을 수용할 수 있는 것
-

- 
- 4) 「아동복지법」 제3조제10호에 따른 아동복지시설, 「노인복지법」 제31조제1호부터 제3호까지에 해당하는 노인복지시설, 「장애인복지법」 제58조제1항에 따른 장애인복지시설, 「한부모가족지원법」 제19조제1항에 따른 한부모가족복지시설, 「영유아보육법」 제2조제3호에 따른 어린이집, 「성매매 방지 및 피해자보호 등에 관한 법률」 제9조제1항에 따른 성매매피해자등을 위한 지원시설, 「정신건강증진 및 정신질환자 복지서비스 지원에 관한 법률」 제3조제4호에 따른 정신건강증진시설, 「가정폭력방지 및 피해자보호 등에 관한 법률」 제7조의2제1항에 따른 보호시설 및 그 밖에 이와 유사한 시설로서 20명 이상의 인원을 수용할 수 있는 것
- 다. 「문화재보호법」의 규정에 의한 유형문화재와 기념물 중 지정문화재에 있어서는 50m 이상
- 라. 고압가스, 액화석유가스 또는 도시가스를 저장 또는 취급하는 시설로서 다음의 1에 해당하는 것에 있어서는 20m 이상. 다만, 당해 시설의 배관 중 제조소가 설치된 부지 내에 있는 것은 제외한다.
- 1) 「고압가스 안전관리법」의 규정에 의하여 허가를 받거나 신고를 하여야 하는 고압가스 제조시설(용기에 충전하는 것을 포함한다) 또는 고압가스 사용시설로서 1일 30m<sup>3</sup> 이상의 용적을 취급하는 시설이 있는 것
  - 2) 「고압가스 안전관리법」의 규정에 의하여 허가를 받거나 신고를 하여야 하는 고압가스 저장시설
  - 3) 「고압가스 안전관리법」의 규정에 의하여 허가를 받거나 신고를 하여야 하는 액화산소를 소비하는 시설
  - 4) 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」의 규정에 의하여 허가를 받아야 하는 액화석유가스제조시설 및 액화석유가스저장시설
  - 5) 「도시가스사업법」 제2조제5호의 규정에 의한 가스공급시설
- 마. 사용전압이 7,000V 초과 35,000V 이하의 특고압가공전선에 있어서는 3m 이상
- 바. 사용전압이 35,000V를 초과하는 특고압가공전선에 있어서는 5m 이상
2. 제1호가목 내지 다목의 규정에 의한 건축물 등은 부표의 기준에 의하여 불연재료로 된 방화상 유효한 담 또는 벽을 설치하는 경우에는 동표의 기준에 의하여 안전거리를 단축할 수 있다.
-

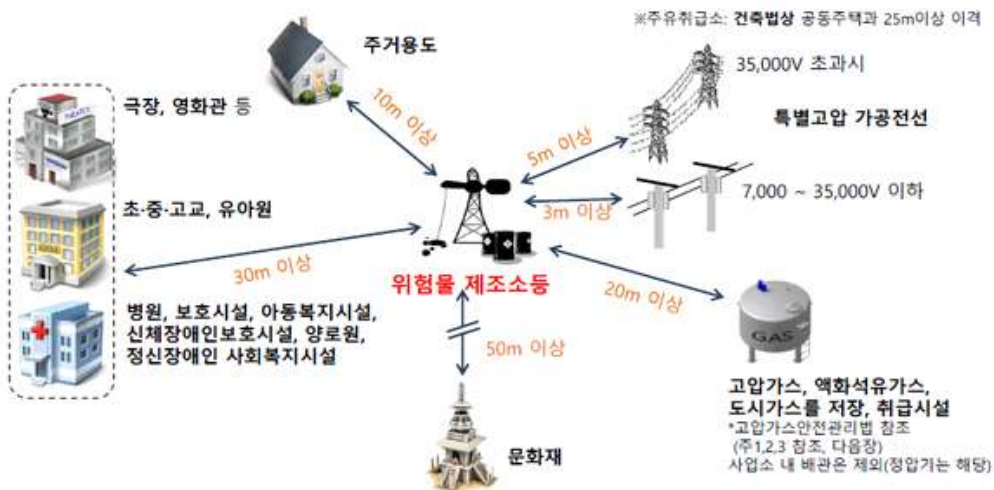
〈표 II-11〉 제조소의 구조, 위치 및 설비의 기준(보유공지)

1. 위험물을 취급하는 건축물 그 밖의 시설(위험물을 이송하기 위한 배관 그 밖에 이와 유사한 시설을 제외한다)의 주위에는 그 취급하는 위험물의 최대수량에 따라 다음 표에 의한 너비의 공지를 보유하여야 한다.

| 취급하는 위험물의 최대수량 | 공지의 너비 |
|----------------|--------|
| 지정수량의 10배 이하   | 3m 이상  |
| 지정수량의 10배 초과   | 5m 이상  |

2. 제조소의 작업공정이 다른 작업장의 작업공정과 연속되어 있어, 제조소의 건축물 그 밖의 공작물의 주위에 공지를 두게 되면 그 제조소의 작업에 현저한 지장이 생길 우려가 있는 경우 당해 제조소와 다른 작업장 사이에 다음 각목의 기준에 따라 방화상 유효한 격벽(隔壁)을 설치한 때에는 당해 제조소와 다른 작업장 사이에 제1호의 규정에 의한 공지를 보유하지 아니할 수 있다.

- 가. 방화벽은 내화구조로 할 것, 다만 취급하는 위험물이 제6류 위험물인 경우에는 불연재료로 할 수 있다.
- 나. 방화벽에 설치하는 출입구 및 창 등의 개구부는 가능한 한 최소로 하고, 출입구 및 창에는 자동폐쇄식의 갑종방화문을 설치할 것
- 다. 방화벽의 양단 및 상단이 외벽 또는 지붕으로부터 50cm 이상 돌출하도록 할 것



〈그림 II-1〉 「위험물안전관리법」의 안전거리

### 3.3.3.2 옥내저장소

위험물안전관리법 시행규칙 제29조와 관련된 옥내저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준 중 안전거리는 <표 II-10>의 제조소 기준에 따르고, <표 II-12>에 나타난 옥내저장소는 안전거리를 두지 아니할 수 있다.

또한 <표 II-13>과 같이 저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량에 따른 보유공지의 너비를 규정하고 있다.

#### <표 II-12> 옥내저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준(안전거리)

- 
1. 옥내저장소는 별표 4 I의 규정에 준하여 안전거리를 두어야 한다. 다만, 다음 각목의 1에 해당하는 옥내저장소는 안전거리를 두지 아니할 수 있다.
    - 가. 제4석유류 또는 동식물유류의 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소로서 그 최대수량이 지정수량의 20배 미만인 것
    - 나. 제6류 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소
    - 다. 지정수량의 20배(하나의 저장창고의 바닥면적이 150㎡ 이하인 경우에는 50배) 이하의 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내저장소로서 다음의 기준에 적합한 것
      - 1) 저장창고의 벽·기둥·바닥·보 및 지붕이 내화구조인 것
      - 2) 저장창고의 출입구에 수시로 열 수 있는 자동폐쇄방식의 감종방화문이 설치되어 있을 것
      - 3) 저장창고에 창을 설치하지 아니할 것
-

〈표 II-13〉 옥내저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준(보유공지)

2. 옥내저장소의 주위에는 그 저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량에 따라 다음 표에 의한 너비의 공지를 보유하여야 한다. 다만, 지정수량의 20배를 초과하는 옥내저장소와 동일한 부지내에 있는 다른 옥내저장소와의 사이에는 동표에 정하는 공지의 너비의 3분의 1(당해 수치가 3m 미만인 경우에는 3m)의 공지를 보유할 수 있다.

| 저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량 | 공지의 너비                 |          |
|----------------------|------------------------|----------|
|                      | 벽·기둥 및 바닥이 내화구조로 된 건축물 | 그 밖의 건축물 |
| 지정수량의 5배 이하          |                        | 0.5m 이상  |
| 지정수량의 5배 초과 10배 이하   | 1m 이상                  | 1.5m 이상  |
| 지정수량의 10배 초과 20배 이하  | 2m 이상                  | 3m 이상    |
| 지정수량의 20배 초과 50배 이하  | 3m 이상                  | 5m 이상    |
| 지정수량의 50배 초과 200배 이하 | 5m 이상                  | 10m 이상   |
| 지정수량의 200배 초과        | 10m 이상                 | 15m 이상   |

### 3.3.3.3 옥외탱크저장소

위험물안전관리법 시행규칙 제30조와 관련된 옥외탱크저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준 중 안전거리는 <표 II-10>의 제조소 기준에 따르고, 보유공지는 <표 II-14>와 같이 저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량에 따른 공지의 너비에 따른다(위험물안전관리법, 2021).

**<표 II-14> 옥외탱크저장소의 구조, 위치 및 설비의 기준(보유공지)**

1. 옥외저장탱크(위험물을 이송하기 위한 배관 그 밖에 이에 준하는 공작물을 제외한다)의 주위에는 그 저장 또는 취급하는 위험물의 최대수량에 따라 옥외저장탱크의 측면으로부터 다음 표에 의한 너비의 공지를 보유하여야 한다.

| 저장 또는 취급하는 위험물의<br>최대수량   | 공지의 너비                                                                                                                |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 지정수량의 500배 이하             | 3m 이상                                                                                                                 |
| 지정수량의 500배 초과 1,000배 이하   | 5m 이상                                                                                                                 |
| 지정수량의 1,000배 초과 2,000배 이하 | 9m 이상                                                                                                                 |
| 지정수량의 2,000배 초과 3,000배 이하 | 12m 이상                                                                                                                |
| 지정수량의 3,000배 초과 4,000배 이하 | 15m 이상                                                                                                                |
| 지정수량의 4,000배 초과           | 당해 탱크의 수평단면의 최대지름(가로형인 경우에는 긴 변)과 높이 중 큰 것과 같은 거리 이상. 다만, 30m 초과인 경우에는 30m 이상으로 할 수 있고, 15m 미만의 경우에는 15m 이상으로 하여야 한다. |

2. 제6류 위험물 외의 위험물을 저장 또는 취급하는 옥외저장탱크(지정수량의 4,000배를 초과하여 저장 또는 취급하는 옥외저장탱크를 제외한다)를 동일한 방유제안에 2개 이상 인접하여 설치하는 경우 그 인접하는 방향의 보유공지는 제1호의 규정에 의한 보유공지의 3분의 1 이상의 너비로 할 수 있다. 이 경우 보유공지의 너비는 3m 이상이 되어야 한다.

3. 제6류 위험물을 저장 또는 취급하는 옥외저장탱크는 제1호의 규정에 의한 보유공지의 3분의 1 이상의 너비로 할 수 있다. 이 경우 보유공지의 너비는 1.5m 이상이 되어야 한다.
4. 제6류 위험물을 저장 또는 취급하는 옥외저장탱크를 동일구내에 2개 이상 인접하여 설치하는 경우 그 인접하는 방향의 보유공지는 제3호의 규정에 의하여 산출된 너비의 3분의 1 이상의 너비로 할 수 있다. 이 경우 보유공지의 너비는 1.5m 이상이 되어야 한다.
5. 제1호의 규정에도 불구하고 옥외저장탱크(이하 이호에서 "공지단축 옥외저장탱크"라 한다)에 다음 각목의 기준에 적합한 물분무설비로 방호조치를 하는 경우에는 그 보유공지를 제1호의 규정에 의한 보유공지의 2분의 1 이상의 너비(최소 3m 이상)로 할 수 있다. 이 경우 공지단축 옥외저장탱크의 화재시 1㎡당 20kW 이상의 복사열에 노출되는 표면을 갖는 인접한 옥외저장탱크가 있으면 당해 표면에도 다음 각목의 기준에 적합한 물분무설비로 방호조치를 함께하여야 한다.
  - 가. 탱크의 표면에 방사하는 물의 양은 탱크의 원주길이 1m에 대하여 분당 37ℓ 이상으로 할 것
  - 나. 수원의 양은 가목의 규정에 의한 수량으로 20분 이상 방사할 수 있는 수량으로 할 것
  - 다. 탱크에 보강링이 설치된 경우에는 보강링의 아래에 분무헤드를 설치하되, 분무헤드는 탱크의 높이 및 구조를 고려하여 분무가 적정하게 이루어 질 수 있도록 배치할 것

### 3.4 외국의 안전거리 및 보유공지 관련 법규

#### 3.4.1 위험물안전관리 NFPA 30

##### 3.4.1.1 위험물안전관리 인화성 액체와 가연성 액체의 구분

NFPA 30에서는 인화점과 비점을 기준으로 인화성 액체와 가연성 액체로 분류하고, 인화성 액체의 경우 인화점이 낮아 상온에서 쉽게 가연성 혼합기를 형성하므로 화재에 대한 위험성이 가연성 액체보다 크다. <표 II-15>에 인화성 액체와 가연성 액체를 구분하여 나타내었다.

인화성 액체는 가연성 증기가 발생하는 물질로서 인화점이 100 °F(37.8 °C)미만이며, 이 온도에서 증기압이 40 psia를 초과하지 않는 액체이다. 가연성 액체는 인화점 이상의 온도에서 착화에 의해서 화재를 일으키는 물질로서 인화점이 100 °F(37.8 °C) 이상인 액체를 말한다(NFPA, 2000).

예를 들면 휘발유, 벤젠, 석유에테르와 같이 인화점과 비점이 낮아 가연성 혼합기를 형성하여 점화원에 의한 폭발이 발생된다.

**<표 II-15> NFPA 30에 따른 인화성 액체와 가연성 액체의 구분**

##### 1. 인화성 액체

- ① 인화점이 100°F(37.8°C) 미만이며 100°F(37.8°C)에서 증기압이 40psia(2068.6 mmHg)를 초과하지 않는 액체
- ② Class I A : 인화점이 73°F(22.8°C) 미만이고 비점이 100°F(37.8°C) 미만인 액체
- ③ Class I B : 인화점이 73°F(22.8°C) 미만이고 비점이 100°F(37.8°C) 이상인 액체
- ④ Class I C : 인화점이 73°F(22.8°C) 이상이고 100°F(37.8°C) 미만인 액체

##### 2. 가연성 액체

- ① 인화점이 100°F(37.8°C) 이상인 액체
- ② Class II : 인화점이 100°F(37.8°C) 이상이고 140°F(60°C) 미만인 액체
- ③ Class III A : 인화점이 140°F(60°C) 이상이고 200°F(93°C) 미만인 액체
- ④ Class III B : 인화점이 200°F(93°C) 이상인 액체

### 3.4.1.2 대지경계선과 공공도로 및 동일한 토지에 있는 중요 건물과 관련된 위치

#### 3.4.1.2.1 압력이 2.5 psig를 초과하지 않는 탱크

압력이 2.5 psig(17.2 kPa의 게이지 압력)를 초과하지 않는 탱크는 Class I과 Class II 및 Class IIIA의 안정한 액체를 저장하는 것으로 <표 II-16> 및 <표 II-17>에 따라 배치해야 한다. 탱크 간격이 “동체와 약한 지붕”으로 연결되어 있는 경우에는 사용자가 관할 당국에 구조를 증명하는 증거를 제시하여야 한다. 다만, Class IIIA 액체를 “동체와 약한 지붕”으로 연결된 수직탱크에 저장하는 경우에는 <표 II-16>에 명기된 거리의 1/2에 위치할 수 있다. 단, Class I과 Class II를 저장하는 탱크와 동일한 제방 또는 배수로 내에 있지 않아야 한다.

#### 3.4.1.2.2 압력이 2.5 psig를 초과하는 탱크

압력이 2.5 psig(17.2 kPa의 게이지압력)를 초과하여 작동하거나 2.5 psig(17.2 kPa의 게이지압력)를 초과할 수 있는 비상 환기 장치가 장착된 탱크는 Class I, Class II 및 Class IIIA의 안정적인 액체를 저장하는 것으로 <표 II-17> 및 <표 II-18>에 따라 배치해야 한다.

#### 3.4.1.2.3 보일오버의 특성을 갖는 액체를 저장하는 탱크

보일오버의 특성을 가지는 액체를 저장하는 탱크는 <표 II-19>에 따라 배치해야 한다. 보일오버의 특성을 가지는 액체를 저장하는 탱크의 직경은 승인된 불활성 시스템(Blanketing)이 탱크에 제공되지 않는 한 직경이 45.7 m보다 큰 고정식 지붕 탱크(Cone Roof Tank)에 저장해서는 안 된다.

#### 3.4.1.2.4 안정한 액체와 불안정한 액체를 저장하는 탱크

Class IIIB의 안정한 액체를 저장하는 탱크는 <표 II-20>에 따라 배치하여야 하나 불안정한 액체를 저장하는 탱크는 <표 II-17>과 <표 II-21>에 따라 배치되어야 한다. 다만, Class I과 Class II의 액체를 저장하는 탱크와 동일한 제방 또는 배수로에 위치하는 경우에는 Class IIIB의 액체를 저장하는 탱크는 <표 II-16>에 따라 배치하여야 한다.

#### 3.4.1.2.5 소유권이 다른 두 탱크

소유권이 다른 두 탱크가 공통의 경계를 가지는 경우 관할 당국은 두 소유자의 서면 동의를 받아 <표 II-16>에 명시된 최소거리를 <표 II-18>에 제공된 거리로 대체할 수 있다.

〈표 II-16〉 작동압력이 2.5 psig 이하의 안정적인 액체

| 탱크의 종류                                                           | 보호 여부                                                                 | 공공도로의 반대쪽을 포함하여 위치하거나 건설할 수 있는 대지 경계선으로부터의 최소거리가 1.5 m 이상이어야 한다. | 모든 공공도로와 가장 가까운 쪽 또는 동일한 토지에 있는 가장 가까운 건물로부터의 최소거리는 1.5 m 이상이어야 한다. |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Floating roof의 탱크                                                | 노출에 대한보호 <sup>1)</sup>                                                | 탱크직경의 1/2배                                                       | 탱크직경의 1/6배                                                          |
|                                                                  | X                                                                     | 탱크의 직경이 175 fit를 초과할 필요는 없다.                                     | 탱크직경의 1/6배                                                          |
| “Weak roof-to shell seam” 구조의 수직탱크                               | 직경 45 m <sup>3)</sup> 를 초과하지 않는 승인된 불활성시스템 <sup>2)</sup> 또는 형식을 가진 탱크 | 탱크직경의 1/2배                                                       | 탱크직경의 1/6배                                                          |
|                                                                  | 노출에 대한보호 <sup>1)</sup>                                                | 탱크의 직경                                                           | 탱크직경의 1/3배                                                          |
|                                                                  | X                                                                     | 탱크직경의 2배 (단, 105 m 초과할 필요는 없다.)                                  | 탱크직경의 1/3배                                                          |
| 압력을 2.5 psig(17.2의 게이지압력)를 초과하지 않게 제한하는 비상 릴리프 벤트가 있는 수평 및 수직 탱크 | 승인된 불활성 시스템 <sup>2)</sup> 이 있는 탱크 또는 승인된 형식의 수직탱크                     | 〈표 II-17〉의 1/2 배                                                 | 〈표 II-17〉의 1/2 배                                                    |
|                                                                  | 노출에 대한보호 <sup>1)</sup>                                                | 〈표 II-17〉                                                        | 〈표 II-17〉                                                           |
|                                                                  | X                                                                     | 〈표 II-17〉의 2배                                                    | 〈표 II-17〉                                                           |

1) 정의 1.6.38 참조, “Protection for Exposures”

2) NFPA 69 참조, “Standard on Explosion Prevention systems”

3) 직경이 45 m를 초과하는 경우 “노출에 대한 보호” 또는 X를 적용한다.

〈표 II-17〉 탱크용량에 대한 최소거리

| 탱크용량(L)                         | 공공도로의 반대쪽을 포함하여 위치하거나 건설할 수 있는 대지 경계선으로부터의 최소거리(m) | 모든 공공도로와 가장 가까운 쪽 또는 동일한 토지에 있는 가장 가까운 건물로부터의 최소거리(m) |
|---------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1045 이하                         | 1.5                                                | 1.5                                                   |
| 1048.8 이상<br>2850 이하            | 3.0                                                | 1.5                                                   |
| 2853.8 이상<br>45,600 이하          | 4.5                                                | 1.5                                                   |
| 45,603.8 이상<br>114,000 이하       | 6                                                  | 1.5                                                   |
| 114,003.8 이상<br>190,000 이하      | 9                                                  | 3                                                     |
| 190,003.8 이상<br>380,000 이하      | 15                                                 | 4.5                                                   |
| 380,003.8 이상<br>1,900,000 이하    | 24                                                 | 7.5                                                   |
| 1,900,003.8 이상<br>3,800,000 이하  | 30                                                 | 10.5                                                  |
| 3,800,003.8 이상<br>7,600,000 이하  | 40.5                                               | 13.5                                                  |
| 7,600,003.8 이상<br>11,400,000 이하 | 49.5                                               | 16.5                                                  |
| 11,400,003.8 이상                 | 52.5                                               | 18                                                    |

〈표 II-18〉 작동압력이 2.5 psig 초과하는 안정적인 액체

| 탱크의 종류 | 보호 여부     | 공공도로의 반대쪽을 포함하여 위치하거나 건설할 수 있는 대지 경계선으로부터의 최소거리 | 모든 공공도로와 가장 가까운 쪽 또는 동일한 토지에 있는 가장 가까운 건물로부터의 최소거리 |
|--------|-----------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 모든 종류  | 노출에 대한보호* | 〈표 II-17〉의 1.5배(단, 7.5 m 이상이어야 함)               | 〈표 II-17〉의 1.5배(단, 7.5 m 이상이어야 함)                  |
|        | X         | 〈표 II-17〉의 3배 (단, 15 m 이상이어야 함)                 | 〈표 II-17〉의 1.5배(단, 7.5 m 이상이어야 함)                  |

\*정의 1.6.38 참조, “Protection for Exposures”

〈표 II-19〉 보일오버(Boilover) 특성을 가진 액체

| 탱크의 종류                         | 보호 여부                                    | 공공도로의 반대쪽을 포함하여 위치하거나 건설할 수 있는 대지 경계선으로부터의 최소거리가 1.5 m 이상이어야 한다. | 모든 공공도로와 가장 가까운 쪽 또는 동일한 토지에 있는 가장 가까운 건물로부터의 최소거리는 1.5 m 이상이어야 한다. |
|--------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Floating roof의 탱크<br>〈표 II-16〉 | 노출에 대한보호 <sup>1)</sup>                   | 탱크직경의 1/2배                                                       | 탱크직경의 1/6배                                                          |
|                                | X                                        | 탱크의 직경                                                           | 탱크직경의 1/6배                                                          |
| Fixed roof                     | 승인된 불활성 시스템 <sup>2)</sup> 또는 승인된 형식의 시스템 | 탱크의 직경                                                           | 탱크직경의 1/3배                                                          |
|                                | 노출에 대한보호 <sup>1)</sup>                   | 탱크직경의 2배                                                         | 탱크직경의 2/3배                                                          |
|                                | X                                        | 탱크 직경의 4배<br>(단, 105 m를 초과해서는 안된다.)                              | 탱크직경의 2/3배                                                          |

1) 정의 1.6.38 참조, “Protection for Exposures”

2) NFPA 69 참조, “Standard on Explosion Prevention Systems”

〈표 II-20〉 탱크의 용량에 따른 Class IIIB의 최소거리

| 탱크의 용량(L)                  | 공공도로의 반대쪽을 포함하여 위치하거나 건설할 수 있는 대지 경계선으로부터의 최소거리(m) | 모든 공공도로와 가장 가까운 쪽 또는 동일한 토지에 있는 가장 가까운 건물로부터의 최소거리(m) |
|----------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 45,600 이하                  | 1.5                                                | 1.5                                                   |
| 45,603.8 이상<br>114,000 이하  | 3                                                  | 1.5                                                   |
| 114,003.8 이상<br>190,000 이하 | 3                                                  | 3                                                     |
| 190,003.8 이상<br>380,000 이하 | 4.5                                                | 3                                                     |
| 380,003.8 이상               | 4.5                                                | 4.5                                                   |

〈표 II-21〉 압력에 따른 불안정한 액체의 최소거리

| 탱크의 종류                                                           | 보호 여부                                                        | 공공도로의 반대쪽을 포함하여 위치하거나 건설할 수 있는 대지 경계선으로부터의 최소거리 | 모든 공공도로와 가장 가까운 쪽 또는 동일한 토지에 있는 가장 가까운 건물로부터의 최소거리 |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 압력을 2.5 psig(17.2의 게이지압력)를 초과하지 않게 제한하는 비상 릴리프 벤트가 있는 수평 및 수직 탱크 | 승인된 물 분무, 불활성 시스템 <sup>1)</sup> , 단열 및 냉각, 바리케이드에 의해 보호되는 탱크 | 〈표 II-17〉를 참조<br>(단, 7.5 m 이상이어야 함)             | 7.5 m 이상                                           |
|                                                                  | 노출에 대한보호 <sup>2)</sup>                                       | 〈표 II-17〉의 2.5배(단, 15 m 이상이어야 함)                | 15 m 이상                                            |
|                                                                  | X                                                            | 〈표 II-17〉의 5배<br>(단, 30 m 이상이어야 함)              | 30 m 이상                                            |
| 압력을 2.5 psig(17.2의 게이지압력)이상의 압력을 허용하는 비상 릴리프 벤트가 있는 수평 및 수직 탱크   | 승인된 물 분무, 불활성 시스템 <sup>1)</sup> , 단열 및 냉각, 바리케이드에 의해 보호되는 탱크 | 〈표 II-17〉의 2배<br>(단, 15 m 이상이어야 함)              | 15 m 이상                                            |
|                                                                  | 노출에 대한보호 <sup>2)</sup>                                       | 〈표 II-17〉의 4배<br>(단, 30 m 이상이어야 함)              | 30 m 이상                                            |
|                                                                  | X                                                            | 〈표 II-17〉의 8배<br>(단, 45 m 이상이어야 함)              | 45 m 이상                                            |

1) NFPA 69 참조, “Standard on Explosion Prevention Systems”

2) 정의 1.6.38 참조, “Protection for Exposures”

### 3.4.2 API STANDARD 2510

API STANDARD 2510은 해상, 파이프라인 터미널, 천연가스 가공 플랜트, 정유공장, 석유화학플랜트, 저장탱크 지역에서의 액화천연가스(LPG)의 설치를 위한 설계, 건설 및 위치 선정을 위한 가이드라인이다(API, 2001).

#### 3.4.2.1 최소거리 요건

- 1) 가압된 LPG 탱크의 동체와 인근 대지경계선 사이의 최소 수평거리는 <표 II-22>와 같다. 주거지, 공공건물, 집회 장소 또는 산업 현장이 인근 건물에 위치할 경우 더 먼 거리 또는 다른 보충적인 방호판(막)이 제공되어야 한다.

<표 II-22> 가압된 LPG 탱크의 동체와 인접 대지경계선 사이의 최소 수평거리

| 각 탱크의 용수 용량(L)          | 최소거리(m) |
|-------------------------|---------|
| 7,600 이상 114,000 이하     | 15      |
| 114,003.8 이상 266,000 이하 | 22.5    |
| 266,003.8 이상 342,000 이하 | 30      |
| 342,003.8 이상 456,000 이하 | 37.5    |
| 456,003.8 이상            | 60      |

- 2) 가압식 LPG 탱크의 외면 또는 가압식 LPG 탱크의 외면과 다른 가압식 LPG 탱크 사이 또는 인화성 저장 탱크의 외면 사이의 최소 수평거리는 아래와 같아야 한다.

- a. 두 개의 구형용기 사이의 거리, 두 개의 수직 용기 사이의 거리, 구형용기와 수직용기 사이의 거리, 1.5 m 또는 큰 용기의 직경의 절반 중 직경이 더 큰 것.
  - b. 두 개의 수평용기 사이의 거리, 수평용기와 구형용기 또는 수직용기 사이의 거리, 1.5 m 또는 큰 용기의 직경의 3/4 중 직경이 더 큰 것.
- 3) 가압된 LPG 탱크의 외면 또는 가연성 저장 탱크의 외면 사이의 최소 수평 거리는 d항목 다음에 명시된 경우를 제외하고 다음 중 가장 커야한다.
- a. 다른 저장소가 냉장된 경우, 큰 지름의 3/4배.
  - b. 다른 저장소가 대기 탱크에 있고 인화점이 37.8 °C 이하인 물질을 포함하도록 설계된 경우, 더 큰 탱크의 한 직경.
  - c. 다른 저장소가 대기 탱크에 있고 37.8 °C 보다 큰 인화점을 가진 물질을 포함하도록 설계된 경우, 더 큰 탱크의 직경의 절반.
  - d. 30 m
- 외판 사이의 최소 수평거리는 60 m를 초과할 필요가 없다.
- 4) LPG 탱크의 외면과 정기적으로 점유되는 건물 사이의 최소 수평거리는 다음과 같아야 한다.
- a. 저장 시설의 제어를 위해 건물을 사용하는 경우, 15 m
  - b. 건물(저장 시설의 통제와 무관하게)이 다른 목적으로만 사용되는 경우, 30 m
  - c. 문단 a와 b의 요건 대신에 API 752 규정을 준용할 수 있다.
- 5) LPG 탱크의 외면과 5.1.2.1에서 5.1.2.4에 포함되지 않은 시설 또는 장비 사이의 최소 수평거리는 다음과 같아야 한다[부록 API 2510 참조].
- a. 공정 용기의 경우 15 m
  - b. 불꽃 또는 노출된 화염을 포함하는 기타 장비의 경우 30 m
  - c. 공정 용광로 및 다용도 보일러를 포함한 기타 연소 장비의 경우, 15 m

- d. 회전 장비의 경우 15 m(단, LPG 탱크에서 흡입하는 펌프는 제외, 3 m)
  - e. 높이 세운 송전선 그리고 변전소의 경우 15미터(단, 높이 세운 선의 파손으로 인해 노출된 끝이 외판이나 장비에 떨어지지 않도록 부지를 선정해야 한다.)
  - f. 트럭 및 철도 차량을 위한 하역 시설의 경우, 15미터
  - g. 항해 가능한 수로, 부두 및 교각의 경우 30미터
  - h. 고정식 내연 기관의 경우 1.5 m
- 6) LPG 탱크의 외면과 인화성 또는 가연성 액체 저장 탱크의 유출 방지 구역 가장자리 사이의 최소 수평거리는 3 m이다.

### 3.4.3 Fire-Protection Regulation in Thailand(태국)

#### 3.4.3.1 기름연료의 위험도에 따른 탱크 형식의 선정

기름연료(Oil fuel)의 정의에 따라 각 탱크의 연료 타입을 선정한다. 선정하는 방법은 기름의 연료가 위험하거나 보통의 기름연료, 위험하지 않은 기름연료로 구분하고 <표 II-23>과 같다.

〈표 II-23〉 기름연료의 위험도에 따른 탱크형식의 선정

| 구 분             | 인화점                  | 약어 | 예            |
|-----------------|----------------------|----|--------------|
| 위험한 기름연료        | 23 ℃ 이하              | D  | 납사           |
| 보통의 기름연료        | 23 ℃ 초과<br>~ 66 ℃ 이하 | O  | 경유, 디젤유      |
| 위험하지 않는<br>기름연료 | 66 ℃ 초과              | ND | 벙커 C유<br>윤활유 |

#### 3.4.3.2 탱크 사이의 거리

설치되는 탱크의 그룹(Group) 종류를 구분하며, 방유제가 없거나 한 방유제 내에 같은 연료 형태의 탱크, 인화점이 23 ℃ 이하인 물질(D)과 인화점이 23 ℃ 초과 66 ℃ 이하인 물질(O)이 동일한 방유제 내에 있는 경우와 인화점이 66 ℃ 초과되는 물질과 D 및 O의 물질이 동일한 방유제 내에 있는 경우에 대하여 탱크 사이의 거리를 구하는 방법은 <표 II-24>와 같다.

〈표 II-24〉 탱크 종류에 따른 이격거리

| Group 구분                           | 설명                             | 구분                     | 탱크간 거리         |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------|
| Non Group Tank                     | 방유제가 없는 그룹                     | 두 개의 D 혹은 O 사이         | 큰 직경 혹은 30 m   |
|                                    |                                | ND와 D 혹은 ND와 O 사이      | 큰 직경 혹은 6 m    |
| Same Group Tank                    | 한 방유제 내에 같은 연료타입의 Tank Farm    |                        | 15 m 혹은 큰 직경/2 |
| 한 방유제 내에 다른 연료 타입의 Tank Farm Group | 약어 D와 O가 같은 방유제 내에 있는 경우       | 직경이 30 m 이상인 탱크가 있는 경우 | 30 m           |
|                                    |                                | 직경이 30 m 미만인 Tank Farm | 큰 직경           |
| 한 방유제 내에 다른 연료 타입의 Tank Farm Group | 약어 ND와 D 또는 O가 같은 방유제 내에 있는 경우 | 직경이 6 m 미만인 tank Farm  | 큰 직경           |
|                                    |                                | 직경이 6 m 이상인 탱크가 있는 경우  | 최대 6 m         |

### 3.4.3.3 탱크와 기타 시설과의 이격거리

탱크와 기타 시설과의 이격거리는 탱크와 거주지, 공장 및 건물지역과의 거리는 20 m, 탱크와 울타리 사이의 거리는 8 m이고 탱크동체와 방유제의 거리는 1.5 m로서 <표 II-25>와 같다.

<표 II-25> 탱크와 기타 시설과의 이격거리

| 구 분                   | 이격거리(m)                       | 비고                                 |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 탱크와 거주지, 공장, 건물지역의 거리 | 20 m                          |                                    |
| 탱크와 울타리 사이 거리         | 8 m                           | 울타리 최소 높이 3 m<br>울타리 재질 : 콘크리트, 스틸 |
| 탱크 동체와 방유제와의 거리       | 기준은 없지만 NFPA Code를 적용하여 1.5 m |                                    |

### 3.4.4 미국의 CCPS(Center for Chemical Process Safety)

미국의 CCPS에서는 여러 가지의 장치에 대한 안전거리와 각 설비에 대한 예방대책을 제시하고 있다(CCPS, 2003).

#### 3.4.4.1 공정 장치 간격

공정장치 내의 장비를 인접한 장치 또는 외부 장비에서 가연성 물질을 다루는 장비로부터 최소 30 m 이상 분리하여야 한다. 이 간격은 인접한 장치 또는 외부 장비가 계속 사용되는 동안 하나의 장치의 보수 작업으로 인한 위험을 최소화하기 위해 필요로 한다. 다만, 두 장치 모두 인화성 물질을 포함하지 않는 경우에는 유지 보수 및 비상 접근에 필요한 간격을 줄일 수 있다.

또한, 접근이 제한되지 않는 현장 도로에서 공정장치의 경계선을 분리하는 일반적인 거리는 15 m로 줄일 수 있다.

인접한 장치를 교차할 필요가 없는 경로에서는 최소 두 방향에서 소방 활동을 규정하고 있으며, 진입로는 최소 61 m마다 간격을 유지하여야 하고, 접근로의 너비는 최소 6 m 이어야 한다. 이러한 접근 방식은 비상 탈출을 허용하고, 화재 진압을 용이하게 하며, 방화벽 역할과 잠재적 폭발 압력을 최소화하기 위해 장비 그룹 간의 분리 역할을 한다.

#### 3.4.4.2 공기 냉각식 열교환기

상승 기류 공기 냉각식 열교환기는 냉각기를 통해 공기를 끌어들이고 열과 불을 같은 방향으로 끌어들이 수도 있으며, 냉각기에 화재로부터 들어온 추가적인 열은 다른 장비의 고온 및 과압을 유발할 수 있다. 따라서 가연성 물질 또는 가연성 액체가 담긴 용기나 펌프를 공기 냉각식 열교환기 아래에 두지 말아야 하며, 자연발화온도 이상으로 가열되는 가연물 또는 가연성 물질이 포함된 열교환기를 공기 냉각식 열교환기 아래에 두지 말아야 한다. 또한 여러 플랜지 및 밸브(예: 제어실)를 공기 냉각식 열교환기 아래에 배치하지 말아야 한다.

#### 3.4.4.3 가열 히터

가열 히터는 지속적인 점화원으로서, 화재 및 폭발의 가능성을 최소화하기 위해 가연성 증기의 배출은 바람이 부는 반대 방향으로 위치시켜야하며, 증기를 배출할 수 있는 통풍구와 가연성 액체를 포함한 장치로부터 가열 히터를 분리하는 것이 좋다.

#### 3.4.4.4 가스 압축기 및 팽창기

모든 가연성 가스 압축기는 바람이 부는 방향으로 배치하고 가열된 히터로부터 분리시켜야 한다. 또한 가스 압축기 위에 장비를 두지 않아야 하며, Suction knockout drums, Intercoolers 및 Intercooler accumulators를 압축기에서 분리하여 소방 및 유지보수의 접근이 가능하여야 한다.

#### 3.4.4.5 물 분무형 작동 밸브

물 분무형 수동 작동 밸브를 화재 위험구역 외부와 쉽게 접근할 수 있는 공정 경계선 근처에 위치시켜야 한다. 또한, 수동 또는 자동 물 분무형 작동 밸브는 작동자나 비상 대응자에게 편리한 위치이면서도 예상 이동 경로의 공정 경계선 근처에 위치하면 화재와 폭발로부터 장비를 보호할 수 있다.

#### 3.4.4.6 비상 차단 밸브

수동 비상 차단 밸브는 액면화재로부터 보호될 수 있도록 최소 15 m 떨어진 곳에 위치시켜야하며, 자동 비상 차단 밸브는 필요할 때 작동할 수 있도록 화재로부터 보호되는 위치에 설치할 수 있다.

#### 3.4.4.7 공정 경계선 내부 탱크

공정 경계선 내의 인화성 또는 가연성 액체를 포함하는 공정 중 탱크 및 저장 탱크에 적용되며, 저장 탱크의 수와 크기를 공정 경계선 이내로 제한하여야 한다. 더 작은 저장 탱크(38,000리터 미만)는 간격 문제를 위해 공정 용기(타워, 드럼 및 KO 포트 등)로 처리하여야 하며, 38,000리터보다 큰 탱크의 경우 <표 II-26>과 같다.

〈표 II-26〉 38,000 리터보다 큰 탱크의 안전거리

| 현장<br>건물                                                  | 사무실, 실험실,<br>유지보수, 창고 | 소방서, 의료,<br>비상지휘센터 | 제어실-주 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-------|
| 가연성&인화성,<br>상압&저압 저장탱크<br>(1 atm까지)<br><38 m <sup>3</sup> | 15                    | 30                 | 30    |
| 가연성&인화성,<br>상압&저압 저장탱크<br>(1 atm까지)<br>>38 m <sup>3</sup> | 76                    | 76                 | 76    |

### 3.4.5 일본의 산업안전위생법

안전거리에 대한 규정이 정해져 있지 않다.

### 3.5 국내·외 안전거리 설치 기준 검토 결과

#### 3.5.1 국내 기준

「산업안전보건법」, 「고압가스 안전관리법」, 「위험물안전관리법」에서 안전거리와 관련된 기준을 비교하면 <표 II-27>과 같으며, 표에는 각 법에 따른 적용대상 물질 및 설비, 타법의 인정여부 등에 대하여 검토한 결과를 나타내었다.

<표 II-27> 국내 안전거리 관련 기준 비교

| 법규         | 산업안전보건법                                                                               | 고압가스<br>안전관리법                                                    | 위험물안전관리법                                                          |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 시행규칙       | 산업안전보건 기준에<br>관한 규칙 제271조                                                             | 제8조, 제28조,<br>제28조의2, 제30조,<br>제31조, 제33조,<br>제35조               | 제28조, 제29조, 제30조                                                  |
| 관련 세부기준    | 별표 8                                                                                  | 별표 4                                                             | 별표 4, 별표 5, 별표 6                                                  |
| 적용대상<br>물질 | 폭발성물질 및<br>유기과산화물,<br>산화성 액체 및<br>산화성 고체,<br>물반응성물질 및<br>산화성 고체,<br>인화성 가스,<br>인화성 액체 | 고압가스                                                             | 위험물질<br>(제1류~제6류)                                                 |
| 적용대상<br>설비 | 위험물을<br>저장·취급하는<br>화학설비 및 부속설비                                                        | 특정제조시설<br>일반제조시설                                                 | 제조소, 옥내저장소,<br>옥외탱크저장소                                            |
| 안전거리       | 설비 및 시설 간                                                                             | - 특정제조시설의<br>경우 <표 II-8><br>참고<br>- 일반제조시설의<br>경우 <표 II-9><br>참고 | - 제조소, 옥외탱크저장소의<br>경우 <표 II-10> 참고<br>- 옥내저장소의 경우<br><표 II-12> 참고 |
| 타법의<br>인정  | 위험물안전<br>관리법 인정                                                                       | -                                                                | -                                                                 |

### 3.5.2 국외 기준

미국의 CCPS(Center for Chemical Process Safety)에서는 화재에 대한 플랜트 장비의 일반적인 안전거리를 <표 II-28>과 같이 제시하고 있으며, 인화성 및 가연성 액체, 액화가스탱크의 화재예방을 위한 설비와의 안전거리는 <표 II-29>과 같이 제시하고 있다(CCPS, 2003). 또한 각 건물과 설비로부터 화재의 위험성을 예방하기 위해서 <표 II-30>과 같이 안전거리의 기준을 정하고 있다.

〈표 II-28〉 화재에 대한 플랜트 장비의 일반적인 안전거리

단위: m

| 경계                              | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) | (F) |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (A)<br>물 분사 및 ESD<br>활성화 스위치    | NM  |     |     |     |     |     |
| (B)<br>드럼,<br>녹아웃포트,<br>현장 저장탱크 | 15  | 5   |     |     |     |     |
| (C)<br>공기 냉각<br>열교환기 공정         | 15  | 5   | NM  |     |     |     |
| (D)<br>난로                       | 15  | 15  | 15  | NM  |     |     |
| (E)<br>가스 압축기,<br>팽창기           | 15  | 5   | 5   | 15  | NM  |     |
| (F)<br>공정 파이프 랙                 | NM  | 5   | NM  | 15  | 5   | NM  |

NM : 화재방지를 위한 최소 간격을 제시하고 있지 않음.

〈표 II-29〉 인화성 및 가연성 액체 및 액화 가스탱크의 화재의 예방을 위한 장비와의  
안전거리

단위: m

|                                              | 37,854L보다 적은 상압, 저압 저장소 (폭발하지 않는) | 37,854L보다 많은 상압, 저압 저장소 (폭발하지 않는) | 상압 저장소 (폭발 가능성이 있는) | 가압 저장소 | 가연성 냉장 저장소                        |                                        |                                         |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                              |                                   |                                   |                     |        | 가연성 가압 가스 (LPG, LFG)(총 저장량 227 kg | 가연성 가압 가스 (LPG, LFG)(총 저장량 227 ~907 kg | 가연성 가압 가스 (LPG, LFG)(총 저장량 907 ~4535 kg |
| 부지 밖 인구: 주거공간                                | 15                                | 76                                | 152                 | 107    | 76                                | 8                                      | 30                                      |
| 소방용 급수 펌프 (펌프용 연료 공급원 제외)                    | 15                                | 61                                | 61                  | 76     | 61                                | 30                                     | 61                                      |
| ESD 및 완화 시스템 활성화 지점(활성화 지점은 탱크 다이크 밖에 있어야 함) | 15                                | 15                                | 15                  | 15     | 15                                | 15                                     | 15                                      |

〈표 II-30〉 화재에 대한 건물의 안전거리

단위: m

| 현장<br>건물                        | 건물<br>경계 | 유틸리<br>티 | 공정<br>장치 | 주<br>파이프<br>랙 | 공정<br>단위<br>파이프<br>랙 | 가연성<br>&인화<br>성,<br>상압&<br>저압<br>저장탱<br>크<br>(1atm<br>까지)<br><38m<br>3 | 가연성<br>&인화<br>성,<br>상압&<br>저압<br>저장탱<br>크<br>(1atm<br>까지)<br>>38m<br>3 | 가연성<br>고압<br>저장소 | 모든<br>하역<br>랙<br>(LPG,<br>LFG<br>가<br>아닌) | 모든<br>LPG,<br>LFG<br>하역<br>랙 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|---------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| 사무실,<br>실험실,<br>유지보<br>수,<br>창고 | NM       | 30       | 61       | 30            | 30                   | 15                                                                     | 76                                                                     | 107              | 61                                        | 107                          |
| 소방서,<br>의료,<br>비상지<br>휘센터       | NM       | 30       | 61       | 30            | 30                   | 30                                                                     | 76                                                                     | 107              | 61                                        | 107                          |
| 제어실<br>-주                       | NM       | 30       | 61       | 30            | 30                   | 30                                                                     | 76                                                                     | 107              | 61                                        | 107                          |

## 4. 보일러

### 4.1 보일러 개요

보일러는 강철재 용기 내에서 연료의 연소로 생성된 열이 물에 전이되어 증기를 발생시키는 장치이다.

보일러는 원통형보일러, 수관식 보일러 및 특수보일러로 분류된다. 원통형 보일러는 노통이나 연관이 각각 설치된 구조이거나 노통과 연관이 같이 설치된 구조로 되어 있으며, 구조가 간단하나 증기발생이 길고, 파열시 피해가 크다.

수관식 보일러는 전열면이 다수의 수관과 수관 내에서 물이 증발할 수 있게 되어 있고, 고압으로 용량이 크다.

특수보일러는 가스터빈의 폐가스를 열원으로 사용하는 폐열보일러로서 나무껍질을 연료로 사용한다.

### 4.2 보일러 사고 사례

#### 4.2.1 불안전연소에 의한 폭발(안전보건공단(2), 2020)

2015년 11월 27일 충남 청양군 소재 (주)OOO에서 노통 연관식 보일러 연소실 내부에서 환기를 하지 않은 상태로 착화기 아크에 의한 폭발로 추정되는 사고가 발생했다.

사고 원인은 보일러 연소실 내부에 폭발 위험 분위기가 형성되어 있었으나 환기 및 통풍을 하지 않은 상태에서 착화기 아크를 발생시킴으로서 폭발사고가 발생된 것으로 추정된다.

따라서 이러한 사고를 예방하기 위해서는 인화성 가스 또는 인화성 액체의 증기 등이 존재하여 폭발이나 화재가 발생할 우려가 있으면 통풍, 환기 등의 조치를 하는 것이 필요하다(안전보건공단(3), 2020).

#### 4.2.2 과압에 의한 스팀보일러 폭발(안전보건공단(4), 2020)

2018년 6월 15일 경북 고령군 소재 (주)OOO 보일러실에서 폐의류 소각 시 발생하는 열을 이용하여 스팀을 생산하는 소각스팀보일러가 과압에 의해 폭발한 것으로 추정되는 사고가 발생했다.

사고의 원인은 보일러의 스팀 배출배관 밸브가 차단된 상태에서 스팀이 축적되어 보일러 내부의 과압을 방출시키는 안전밸브가 작동하여야 하나 미작동하여 보일러의 폭발을 초래한 것으로 추정된다.

사고의 예방대책으로는 압력방출장치를 매년 1회 이상 검사하여 안전밸브의 기능이 정상적으로 작동될 수 있도록 유지·관리하여 보일러의 안전성을 확보하여야 한다.

#### 4.2.3 보일러 결함에 의한 폭발(안전보건공단(5), 2020)

2020년 1월 31일 경기도 양주시 광적면 소재 사업장에서 노통 연관식 보일러 동체의 결함으로 파열된 동체에서 과열된 포화수가 자기 증발에 의해 부피가 급격하게 팽창되어 동체가 압력을 견디지 못하여 폭발한 것으로 추정되는 사고가 발생했다.

사고의 원인은 보일러의 노통을 교체한 후 건전성을 확인하지 않은 상태로 운전한 것과 보일러의 운전방식을 무인운전으로 함으로서 이상상황 발생 시 초동 대처가 불가능하여 사고가 발생했다.

사고의 예방대책은 보일러의 노통을 교체 또는 수리할 경우에는 안전검사를 실시하여 사전에 예방하고, 사업장내 근로자를 보일러 관리자로 선임해야 한다.

## 5. 소결론

1) 국내 산업안전보건기준에 관한 규칙 제271조의 별표 8의 규정에는 단위 공정 설비 및 시설로부터 다른 단위공정 시설 및 설비사이의 거리와 위험물질의 하역설비 또는 위험물질의 저장탱크의 사이, 플레어스택으로부터 단위공정 설비 및 시설, 위험물질의 저장탱크로부터 단위공정 설비 및 시설, 가열로 또는 보일러 사이 그리고 연구실·사무실·정비실·식당 또는 실험실로부터 단위공정 설비 및 시설, 위험물질의 하역설비, 위험물질의 저장탱크, 보일러 또는 가열로 사이에 대한 안전거리의 규정이 되어 있으나, 문헌연구를 통해 확인된 해외 안전거리 규정과는 상이하므로 현행 국내법을 최우선 적용하여 국내법에서 요구하는 안전거리 이상의 범위에서 해외 규정을 적용하는 것이 필요하다. 또한 타법에 의한 보유공지와 안전거리는 차이가 많이 나고 있으므로 소규모 화학설비에 대해서는 정량적 위험성 평가를 통해 예측된 사고피해 범위 등을 사전에 검토하여 안전거리를 적용하는 것이 바람직하다.

2) 보일러에 대한 안전거리 사고 사례를 검토한 결과 연료로 사용되는 인화성 액체의 증기, 인화성 가스 등으로 보일러 내부에 체류되어 화재·폭발이 발생될 우려가 있으면 통풍, 환기 등의 조치를 하고, 보일러 내부의 압력이 설계압력 이상의 과압이 발생될 경우 압력방출장치를 통한 배출이 정상적으로 작동될 수 있도록 유지관리를 철저히 하는 것이 필요하다.

또한 보일러는 사용목적에 적합한 기종선정과 안전검사를 실시하고 운전하는 등의 보일러 운전에 대한 안전성 확보와 예방활동이 요구된다.

따라서 보일러의 폭발사고는 위험물질의 취급에서 기인한다기 보다 취약한 기계적 건전성 또는 사용자의 설비관리 부재에서 비롯된 것으로 볼 수 있으므로, 취급물질의 물성 및 화재·폭발 위험성을 고려해야 하는 안전거리와는 별도로 새로운 접근방식의 연구가 필요하다.

**Ⅲ. 안전밸브 설치대상(압력용기 등)  
검토 및 작동시험 주기에 대한  
적정성 검토 및 개선방안  
(안전보건규칙 제261조)**





## Ⅲ. 안전밸브 설치대상(압력용기 등) 검토 및 작동시험 주기에 대한 적정성 검토 및 개선 방안(안전보건규칙 제261조)

### 1. 배경 및 검토 대상

#### 1.1 배경

압력방출장치의 하나인 압력방출밸브(Pressure Safety Valve, 안전밸브)는 설비의 압력상승 등 비정상적인 상태에서 설비의 파손을 보호하고 더욱 큰 사고를 방지하기 위해 각종 보일러 및 압력용기 등 화학설비에 설치하도록 법적으로 요구되는 안전장치이다.

안전장치는 정상운전 중에 작동되는 것이 아니므로 비상상황에서 정상적인 작동이 가능하도록 일정한 주기마다 정상 작동여부에 관한 시험 및 검사를 해야 하는데, 국내의 경우 검사주기는 몇 가지 법률에 의해 정해지고 있다.

안전밸브의 검사를 실시하기 위해서는 이중으로 설치된 일부 설비를 빼놓고는 안전밸브가 설치된 설비의 가동을 중지하여야 한다. 이로 인한 사업장의 경제적인 문제와 안전밸브의 정상작동 중지에 따른 안전문제가 필연적으로 발생하게 된다. 이러한 안전밸브의 고장은 대형사고와 직결되기 때문에 사업장에서도 안전밸브의 설계와 설치, 유지관리, 이와 관련된 기술 그리고 이에 대한 신뢰도에 많은 관심을 가지고 있다.

과거에 비하여 산업과 안전기술의 발전에 따라 안전밸브의 신뢰도는 많이 향상되었으나, 현재 국내 법령에 따른 검사주기는 이러한 설비의 신뢰도 향상 또는 안전밸브의 사용조건 등을 적절히 반영하고 있지 않다. 즉, 모든 안전밸브에 대한 대상 설비의 종류 및 법률에 의해 다르기는 하나 1~2년의 검사주기를 요구하고 있다. 이러한 법적 검사주기 중 「산업안전보건법」의 검사주기

가 1년으로 정해져 있으므로 모든 사업장은 1년마다 안전밸브 검사를 위해 관련된 설비 및 공정 전체의 가동을 중지해야 하는 실정이다.

안전밸브의 검사주기가 변경된다면 국내의 석유화학공장의 연속 가동시간이 길어짐에 따라 안전밸브의 검사에 소요되는 비용과 시간의 단축으로 인한 경제적인 효과를 가져올 수 있다. 그러나 안전밸브는 안전장치이므로 연장주기의 변경이 관련된 설비의 안전에 영향을 주지 않는다는 명확한 근거가 없는 한 검사주기를 임의로 변경할 수는 없다.

따라서 현재 우리나라 석유화학공장에 설치된 안전밸브의 운용현황을 파악하여 안전밸브 검사주기가 국내의 산업에 미치는 영향에 대하여 도출할 필요가 있다. 아울러 국내·외 안전밸브에 관련되어 있는 사고현황 및 검사 등에 대한 현황을 파악하고, 안전밸브 검사주기와 관련된 국내·외 법규만이 아닌 기술문헌의 검토를 통하여 안전측면에서의 검사주기 개선이 가능한가를 검토해 볼 필요가 있다.

## 1.2 검토 대상 및 범위

- 국내 안전밸브 관련 규정
- 국내 안전밸브 운용현황
- 국내·외 안전밸브 관련 법규 및 기술현황
- 안전밸브 검사주기

## 2. 국내 안전밸브 관련 규정

### 2.1 압력방출장치 및 설비의 안전검사

#### 2.1.1 압력방출장치의 설치 기준

압력방출장치란 설비를 사용하던 중 이상상태가 발생하여 최고사용압력보다 높은 압력이 형성되는 경우, 설비의 폭발이나 파손을 방지하기 위해 설비의 최고사용압력 이하에서 작동이 되도록 설치하는 안전장치를 말한다. 이러한 안전장치는 일반적으로 PSV(Pressure safety valve) 또는 PRV(Pressure relief valve)로 정의한다.

안전밸브는 「산업안전보건법<sup>2)</sup>」 및 「고압가스 안전관리법」에 의해 압력용기 및 화학설비와 보일러 등에 설치해야 하는데, 각 법률에서 요구하는 안전밸브의 설치조건을 정리하면 <표 III-1>과 같다(고용노동부(3), 2020). 산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)에 의하면 정변위 펌프, 정변위 압축기, 열팽창 우려가 있는 배관 및 압력용기에는 안전밸브 또는 파열판을 설치해야 한다.

2) 산업안전보건법에서 지칭하는 압력용기(Pressure vessel)란, 고용노동부 고시 2010-12호(위험기계·기구 의무안전인증) 제10조에 따라, 용기의 내면 또는 외면에서 일정한 유체의 압력을 받는 밀폐된 용기를 말한다. 설계압력이 0.2 MPa(G)를 초과하는 화학공정 유체 취급용기(갑종 압력용기)와 1 MPa(G)를 초과하는 공기 및 질소취급용기(을종 압력용기)로 구분된다.

「고압가스 안전관리법」에 따르면, 법 제4조에 의해 고압가스제조허가를 받은 자는 고압가스 안전관리법 시행규칙 별표 4에서 정하는 시설기준과 기술기준에 따라 안전장치<sup>3)</sup>를 설치하여야 한다. 안전장치는 「고압가스 안전관리법」에서 정의한 특정설비<sup>4)</sup>에도 포함된다. 「고압가스 안전관리법」에서의 고압가스는 상용온도 1 MPa(G)<sup>5)</sup> 이상에서 압축된 가스 등을 말한다.

3) 사고 예방설비기준항목에는 “고압가스설비에는 그 설비 안의 압력이 상용압력을 초과하는 경우 즉시 그 압력을 상용압력 이하로 되돌릴 수 있는 안전장치를 설치하는 등 필요한 조치를 할 것”이라고 요구하고 있다.

4) 저장탱크 및 고압가스 관련 설비를 말하며, 고압가스 관련설비란, ① 안전밸브·긴급차단장치·역화방지장치, ② 기화장치, ③ 압력용기, ④ 자동차용 가스 자동주입기, ⑤ 독성가스배관용 밸브, ⑥ 냉동설비(별표 11 제4호 나목에서 정하는 일체형 냉동기는 제외한다)를 구성하는 압축기·응축기·증발기 또는 압력용기(이하 “냉동용 특정설비”라 한다), ⑦ 특정고압가스용 실린더캐비닛, ⑧ 자동차용 압축천연가스 완속충전설비(처리능력이 시간당 18.5 m<sup>3</sup> 미만인 충전설비를 말한다), ⑨ 액화석유가스용 용기 잔류가스회수장치를 말한다.

5) ①상용(常用)의 온도에서 압력(게이지압력)이 1 MPa 이상이 되는 압축가스로서 실제로 그 압력이 1 MPa 이 상이 되는 것 또는 35 ℃에서 압력이 1 MPa 이상이 되는 압축가스(아세틸렌가스는 제외), ② 15 ℃에서 압력이 0 Pa을 초과하는 아세틸렌가스, ③ 상용의 온도에서 압력이 0.2 MPa 이상이 되는 액화가스로서 실제로 그 압력이 0.2 MPa 이상이 되는 것 또는 압력이 0.2 MPa이 되는 경우의 온도가 35 ℃ 이하인 액화가스, ④ 35 ℃에서 압력이 0 Pa을 초과하는 액화가스 중 액화시안화수소·액화브롬화메탄 및 액화산화에틸렌가스

〈표 III-1〉 안전밸브의 설치에 관한 법적 요구사항 비교

| 구 분 | 산업안전보건법                                                                                   | 고압가스<br>안전관리법             | 에너지이용<br>합리화법                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 비 고                                                                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 보일러 | <p>○적용</p> <p>- 사업장에 설치된 모든 보일러(산업법에서는 보일러에 대한 정의 규정이 없음)</p> <p>○제외</p> <p>- 가정용 보일러</p> | <p>○적용</p> <p>- 해당 없음</p> | <p>○적용</p> <p>- 보일러(강철제, 주철제): 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것은 제외</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 최고사용압력이 0.1MPa 이하이며, 동체의 안지름이 300mm 이하이며, 길이가 600mm 이하인 것</li> <li>2. 최고사용압력이 0.1 MPa 이하이고, 전열면적이 5제곱미터 이하인 것</li> <li>3. 2종 관류보일러</li> <li>4. 대기 개방형 보일러로 온수를 발생시키는 것</li> </ol> <p>- 가스를 사용하는 보일러(소형은수 보일러)로서 가스의 사용량이 17kg/h (도시가스의 경우 232.6킬로와트)를 초과하는 것</p> | <p>○산업법 적용을 받는 보일러가 타법에 의한 보일러보다 그 범위가 넓으나 산업법에서는 보일러에 대한 정의규정이 없기 때문에 사업장에서는 「에너지이용합리화법」에 따른 보일러에 안전밸브를 설치하고 있다.</p> |

|             |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>압력용기</p> | <p>○적용<br/>- 용기의 내면 또는 외면에서 일정한 유체의 압력을 받는 밀폐된 용기 (고용부고시 제 2012-33호)</p> <p>- 관형 열교환기의 경우는 관의 파열로 인하여 상승한 압력이 압력용기의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 경우</p> <p>○제외<br/>- 안지름이 150mm 이하인 압력용기</p> | <p>○적용<br/>- 액화가스: 설계압력 또는 35℃에서의 압력이 0.2 MPa 이상</p> <p>- 압축가스: 35℃에서의 압력 또는 설계압력이 1MPa 이상</p> <p>○제외<br/>- 설계압력(MPa)과 내용적을 곱한 수치가 0.004 이하인 용기</p> <p>- 펌프, 압축장치(냉동용 압축장치를 제외) 및 축압기 (축압 용기 안에 액화가스 또는 압축가스와 유체가 격리될 수 있도록 피스톤 또는 고무 격막 등이 설치된 구조로서 상시 가스가 공급되지 아니하는 구조의 것을 말함)의 본체와 그 본체와 분리되지 아니하는 일체형 용기</p> | <p>○적용<br/>- 압력용기(제1종): 최고사용압력(MPa)과 내부부피(<math>m^3</math>)를 곱한 수치가 0.004를 초과하는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>증기 그 밖의 열매체를 받아들이거나 증기를 발생시켜 고체 또는 액체를 가열하는 기기로서 용기안의 압력이 대기압을 넘는 것</li> <li>용기 안의 화학반응에 따라 증기를 발생시키는 용기로서 용기 안의 압력이 대기압을 넘는 것</li> <li>용기 안의 액체의 성분을 분리하기 위하여 해당 액체를 가열하거나 증기를 발생시키는 용기로서 용기 안의 압력이 대기압을 넘는 것</li> <li>용기 안의 액체의 온도가 대기압에서의 비점(沸點)을 넘는 것</li> </ol> | <p>○산안법에서는 압력용기 정의와 안전검사 대상 압력용기의 정의(설계압력이 0.2MPa 초과)가 다르나 타법은 일치</p> <p>○산안법에서는 안전밸브를 설치해야 하는 압력용기를 폭 넓게 규정함에 따라 타법에서 적용받지 않는 압력용기가 산안법에서는 적용받고 있기 때문에 타법의 SMS사업장의 경우는 적용되는 안전밸브의 검사주기가 4년에 1회이지만, 그 외 산안법만 적용받는 압력용기의 안전밸브는 P등급 사업장만 4년에 1회이고, S, M등급 사업장은 1~2년에 1회</p> |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>압력용기</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 완충기 및 완충장치에 속한 용기와 자동차에어백용 가스충전용기</li> <li>- 소음기 및 스트레이너(필터를 포함)로서 다음 어느 하나에 해당되는 것             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 플랜지 부착을 위한 용접부 이외에는 용접이 없음</li> <li>2) 용접구조나 동체의 바깥지름(D)이 320 mm(호칭지름 12B상당) 이하이고, 배관의 접속부 호칭지름(d)과의 비(D/d)가 2.0 이하인 것</li> </ol> </li> <li>- 압력과 관계없이 안지름, 길이, 폭 또는 단면의 지름이 150 mm 이하인 용기</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 압력용기(제2종): 최고사용압력이 0.2 MPa를 초과하는 기체를 보유하는 용기로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 내부의 부피가 0.04 세제곱미터 이상인 것</li> <li>2. 동체의 안지름이 200 mm 이상(증기히터의 경우에는 동체의 안지름이 300 mm 초과)이고, 그 길이가 1,000 mm 이상인 것</li> </ol> </li> <li>- 보일러(강철제, 주철제): 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것은 제외함             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 최고사용압력이 0.1 MPa 이하, 동체의 안지름이 300 mm 이하, 길이가 600 mm 이하인 것</li> <li>2. 최고사용압력이 0.1 MPa 이하, 전열면적이 5 m<sup>2</sup> 이하인 것</li> </ol> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○타법에서 검사주기 연장의 주 대상은 압력용기 자체이고 부수적으로 안전밸브까지 연장해 주는 것이며</li> <li>- 「고압가스 안전관리법」에서는 RBI를 실시하는 압력용기에 직접 부착된 안전밸브(PSV)에 한하여 그 검사주기를 연장해 주고 있으나,</li> <li>- 배관에 설치된 안전밸브는 연장되지 않음</li> <li>- 「에너지이용 합리화법」에서도 마찬가지임</li> </ul> |
|-------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|             |  |  |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|--|--|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>압력용기</p> |  |  | <p>3. 2종 관류보일러</p> <p>4. 온수를 발생하는 보일러로서 대기 개방형인 것</p> | <p>압력용기에 안전밸브를 설치하는 경우 압력용기에 직접 설치할 수도 있으며, 차단밸브가 설치되지 않은 경우 용기 인근 배관에도 설치가 가능(정유공장 및 석유화학공장의 경우 높이가 높은 증류탑의 경우 안전밸브는 유지관리 등을 위하여 안전밸브가 설비 후단의 배관에 설치되고 있음)하기 때문에 배관에 설치된 안전밸브는 8년 범위 내 연장 대상이 아니므로 현재에도 SMS 사업장은 4년에 1회 이상 실시하여야 함</p> |
|-------------|--|--|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|         |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                  |                                                                                                                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 정변위 압축기 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정변위 압축기</li> </ul> </li> <li>○제외 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 없음</li> </ul> </li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스설비인 경우</li> </ul> </li> <li>○제외 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스설비가 아닌 경우</li> </ul> </li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해당 없음</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○SMS사업장에 대한 4년 주기 연장 이외의 초과 연장기준을 두고 있는 법령은 없음</li> </ul>                                                            |
| 정변위 펌프  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정변위 펌프</li> </ul> </li> <li>○제외 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 토출측에 차단밸브가 설치되지 않은 경우</li> </ul> </li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스설비인 경우</li> </ul> </li> <li>○제외 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스설비가 아닌 경우</li> </ul> </li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해당 없음</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○SMS사업장에 대한 4년 주기 연장 이외의 4년 초과 연장기준을 두고 있는 법령은 없음</li> </ul>                                                         |
| 배관      | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2개 이상의 밸브에 의하여 차단되어 대기온도에서 액체의 열팽창에 의해 파열될 우려가 있는 것</li> </ul> </li> <li>○제외 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 없음</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스 설비인 경우</li> </ul> </li> <li>○제외 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체의 열팽창으로 인한 배관의 파열 방지용 안전밸브</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해당 없음</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 배관에 설치된 안전밸브는 열팽창용 안전밸브로 한정하고 있으며 열팽창용 안전밸브 전단에는 차단밸브 설치가 가능하여 공장을 정지시키지 않고도 검사가 가능함</li> </ul> |

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |                                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|
| <p><b>화학설비<br/>및 그 부<br/>속설비</b></p> | <p>○적용: 해당설비의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 것(산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 7)</p> <p>- 화학설비</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 반응기·혼합조 등 혼합장치 또는 화학물질 반응</li> <li>2. 증류탑·흡수탑·감압탑·추출탑 등 화학물질 분리장치</li> <li>3. 저장탱크·계량탱크·사일로·호퍼 등 화학물질 저장설비 또는 계량설비</li> <li>4. 응축기·냉각기·가열기점·증발기 등 열교환기류</li> <li>5. 고로 등 점화기를 직접 사용하는 열교환기류</li> <li>6. 캘린더·발포기·혼합기·압출기·인쇄기 등 화학제품 가공설비</li> </ol> | <p>○적용</p> <p>- 법 제3조 특정설비 중 저장탱크: 저장능력 5톤(가연성 가스 또는 독성 가스가 아닌 경우에는 10톤) 또는 500 m<sup>3</sup>(가연성 가스 또는 독성 가스가 아닌 경우에는 1000 m<sup>3</sup>) 이상인 저장탱크</p> <p>- 법 제3조 특정설비란, 저장탱크와 시행규칙 제2조 제4항에서 정한 고압가스 관련 설비:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 안전밸브·역화방지장치·긴급차단장치</li> <li>2. 기화장치</li> <li>4. 자동차용 가스 자동주입기</li> <li>5. 독성가스배관용 밸브</li> <li>7. 특정고압가스용 실린더캐비닛</li> </ol> | <p>○적용</p> <p>- 해당 없음</p> | <p>○산안법에서 규정하는 화학설비 및 그 부속설비의 범위가 타 법령의 규정보다 넓음</p> |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <p>화학설비<br/>및 그 부<br/>속설비</p> | <p>7. 용융기·분쇄기<br/>· 분 체 분 리 기<br/>등 분체화학물질<br/>취급 장치</p> <p>8. 결정조·유동탑<br/>· 건조기·탈습<br/>기 등 분체화학<br/>물질 분리장치</p> <p>9. 펌프류·압축기<br/>· 이젝터 등 화<br/>학물질 이송 또<br/>는 압축설비</p> <p>- 화학설비의 부속<br/>설비</p> <p>1. 밸브·배관·관<br/>· 부속류 등 화<br/>학물질 의 이송<br/>관련 설비</p> <p>2. 유량·온도·압<br/>력 등을 지시·<br/>기록 등을 하는<br/>자동제어 관련<br/>설비</p> <p>3. 안전밸브·안전<br/>판·긴급차단 또<br/>는 방출밸브 등<br/>비상조치 관련<br/>설비</p> <p>4. 가스누출감지 및<br/>경보 관련 설비</p> | <p>8. 자동차용 압축천<br/>연가스 완속충전<br/>설비(처리능력이<br/>시간당 18.5세제<br/>곱미터 미만인 충<br/>전설비를 말함)</p> <p>9. 액화석유가스용<br/>용기 잔류가스회<br/>수장치</p> <p>- 용기(이동 가능한<br/>것)에도 안전밸브<br/>설치 등의 의무가<br/>있음(시행규칙 별<br/>표 10에 시설기준,<br/>검사기준 참조)</p> |  |  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| <p>화학설비<br/>및 그 부<br/>속설비</p> | <p>5. 세정기, 응축기,<br/>벤트스택, 플레<br/>어스택 등 폐가<br/>스처리설비</p> <p>6. 사이클론, 백필터,<br/>전기집진기 등 분<br/>진처리설비</p> <p>7. 1부터 6까지의 설<br/>비를 운전하기 위<br/>한 부착된 전기 관<br/>련 설비</p> <p>8. 정전기 제거장치,<br/>간접 샤워설비 등<br/>안전 관련 설비</p> <p>○제외<br/>- 최고사용압력을 초<br/>과할 수 우려가 없<br/>는 경우</p> |  |  |  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|

### 2.1.2 압력방출장치의 검사기준

안전밸브를 검사하기 위해서는 안전밸브가 설치된 설비의 운전을 정지해야 하므로, 안전밸브의 검사주기와 설비의 검사주기는 밀접한 연관성을 가진다. 따라서 안전밸브의 검사주기와 안전밸브가 설치된 설비 모두 검사주기에 대한 국내의 법률적인 요구사항을 검토하면 다음과 같다.

안전밸브 자체에 대한 검사주기 및 요구사항을 포함하고 있는 국내의 법률은 「산업안전보건법」과 「고압가스 안전관리법」이다. 안전밸브는 산업안전보건법 시행령 제74조에 따라 압력용기와 같이 의무안전인증대상에 포함되므로, 안전인증기준에 적합한지 여부를 확인한 후에 안전인증표시를 부착하여야 한다. 또한 산업안전보건기준에 관한 규칙 제116조와 제261조에 따라 주기적으로 검사를 받아야 하며, 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따른 안전밸브의 검사주기는 <표 III-2>와 같다(이영순(1) 외, 2011).

한편 고압가스 안전관리법 시행규칙 제8조에 의해 고압가스제조설비는 별표 4에서 정해진 기술기준을 준수하여야 하는데, 기술기준에는 안전밸브에 대한 주기적인 검사가 점검기준으로 포함되며 <표 III-2>와 같다.

각각의 기준을 보면 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따른 검사주기는 기본적으로 1년이며, 파열판이 안전밸브 전단에 직렬로 설치된 경우에는 2년으로 연장이 가능하다. 또한 PSM 이행상태평가 등급이 P등급인 경우에는 검사주기를 4년까지 연장할 수 있으며, P등급 사업장이 중대산업사고 발생으로 등급이 하향되더라도 이행상태평가 결과의 등급에 따른 주기를 그대로 유지한다. 반면 고압가스 안전관리법 시행규칙에 따른 검사주기는 기본적으로 2년으로 하되, 압축기 최종단에 위치한 경우엔 1년마다 검사를 실시하여야 한다.

그러나 고압가스특정제조자<sup>6)</sup>인 경우에는 검사주기를 4년 또는 안전밸브가 설치되어 있는 압력용기의 재검사주기까지 연장할 수 있다.

고압가스 특정제조자는 「고압가스 안전관리법」 제11조 제2항, 제13조의2, 고압가스 안전관리법 시행령 제13조 및 고압가스 안전관리법 시행규칙 제25조에 의해 안전성 향상 계획서를 작성해 제출하여야 하는 사업장에 포함된다.

6) 고압가스 특정제조자란 ① 석유정제업자의 석유정제시설 또는 그 부대시설에서 고압가스를 제조하는 것으로서 그 저장능력이 100톤 이상인 것 ② 석유화학공업자(석유화학공업 관련사업자를 포함한다)의 석유화학 공업시설(석유화학 관련시설을 포함한다) 또는 그 부대시설에서 고압가스를 제조하는 것으로서 그 저장능력이 100톤 이상이거나 처리능력이 1만 세제곱미터 이상인 것 ③ 철강공업자의 철강공업시설 또는 그 부대시설에서 고압가스를 제조하는 것으로서 그 처리능력이 10만 세제곱미터 이상인 것 ④ 비료생산업자의 비료 제조 시설 또는 그 부대시설에서 고압가스를 제조하는 것으로서 그 저장능력이 100톤 이상이거나 처리능력이 10만 세제곱미터 이상인 것 ⑤ 그 밖에 산업자원부장관이 정하는 시설에서 고압가스를 제조하는 것으로서 그 저장능력 또는 처리능력이 산업자원부장관이 정하는 규모 이상인 것.

〈표 III-2〉 안전밸브 검사에 관한 법적 요구사항 비교

| 구분             | 고압가스 안전관리법                                                                    | 산업안전보건법                                      |                          |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| 법적 근거<br>조문    | 시행규칙 제8조<br>(별표 4)                                                            | 산업안전보건기준에<br>관한 규칙 제261조                     | 산업안전보건기준에 관한<br>규칙 제116조 |
| 설치대상<br>설비     | 고압가스제조설비                                                                      | 압력용기 및 화학설비<br>등                             | 보일러                      |
| 검사주기           | 매2년마다 1회<br>(단, 압축기 최종단에 설치된<br>경우에는 매년마다 1회)                                 | 매년 1회<br>(단, RD와 직렬 설치된<br>경우에는 매2년마다<br>1회) | 매년 1회                    |
| 검사 유효<br>기간 연장 | 4년의 범위에서 연장 가능<br>(고압가스특정제조자)<br>압력용기에 설치된 안전밸브는<br>압력용기의 내부<br>재검사주기까지 연장 가능 | 매4년으로 연장 가능<br>(공정안전보고서 P등급 이상)              |                          |

### 2.1.3 압력용기 등 화학설비의 검사기준

「산업안전보건법」 및 「고압가스 안전관리법」에 따르면 설비에 과압이 발생하였을 시에 설비의 파손으로 인해 발생하는 사고를 방지하기 위한 용도로 설치하는 안전장치 검사 외에 안전장치가 설치된 설비 즉, 압력용기와 보일러 및 화학설비 등도 관련 법령에 따라 주기적으로 검사를 받아야 한다. 안전밸브를 설치하여야 하는 압력용기, 보일러 및 화학설비 등은 「고압가스 안전관리법」, 「산업안전보건법」 및 「에너지이용합리화법」에 따라서 일정한 주기로 검사를 실시해야 한다. 각각의 법률에 따른 검사주기를 정리하면<표 III-3>과 같다(고용노동부(2), 2020).

「산업안전보건법」 제93조(안전검사) 및 같은 법 시행령 제78조에 따르면 유해·위험기계 등에는 안전밸브를 설치하는 화학설비 및 압력용기 등이 포함된다. 이는 설비의 안전에 대한 성능이 검사기준에 부합하는가에 관한 안전검사를 주기적으로 실시하여야 한다. 이에 따라 같은 법 시행규칙 제126조(안전검사의 주기 및 합격표시·표시방법)에 따라 설치가 완료된 후에 3년 이내에 최초검사를 실시해야하고, 그 이후부터 매2년마다 검사를 실시해야 한다. 다만, 공정안전보고서를 작성하고 확인을 받은 압력용기는 4년까지 연장이 가능하며, 「고압가스 안전관리법」 제17조 제2항 또는 「에너지이용합리화법」 제39조 제4항에 따라서 검사를 받은 경우에는 안전검사를 면제할 수 있다. 그러나 「산업안전보건법」 및 관련 요구사항은 안전밸브가 설치된 설비의 검사와 안전밸브 자체에 대한 검사의 요구사항이 분리되어 있고, 이를 연계시킬 수 있는 지침이 없다.

7) 산업안전보건법 시행령 제28조의3(안전검사 대상 유해·위험기계 등)에 따르면, 압력용기, 화학설비 및 그 부속설비(“화학설비 등”이라 함), 건조설비 및 그 부속설비 등이 포함된다.

한편, 「고압가스 안전관리법」에 따른 압력용기 및 고압가스 제조설비는 법 제13조에 근거하여, 같은 법 시행규칙 제8조<sup>8)</sup> 및 제23조<sup>9)</sup>에 따라 관리를 하여야 하며, 법 제16조의2<sup>10)</sup>에서 정하는 바에 따라 해당 설비를 검사하여야 한다. 시행규칙 별표 19에 따르면 고압가스특정 제조자는 4년마다 정기검사를 실시하도록 한다. 시행규칙 제39조<sup>11)</sup>에 따르면 안전밸브는 2년이 경과한 이후에 재검사주기에 따라 검사를 실시할 수 있으며, 압력용기의 경우에는 4년마다 재검사를 실시하여야 한다. 다만, 압력용기 내부의 재검사주기는 산업자원부장관이 정하여 고시(고압가스 안전관리기준 통합고시, 2019-148호)에 따라 산정하여 적합성을 인정받는 경우에는 그 주기로 할 수 있다. 고시 2019-148호 제8절에 따르면 위험도기반검사를 통해 검사주기를 최대 4년까지 연장할 수 있으나, 한국가스안전공사의 심사결과를 인정받는 경우에만 연장이 가능하다(한국표준협회(1), 2017).

위험도기반검사에 따른 검사주기 및 심사의 기준은 KS 규격 B 6755에 따르면 규정되어 있다(한국표준협회, 2018). 즉, 고압가스특정제조자의 경우에는 안전밸브가 설치된 압력용기를 매4년마다 재검사를 하여야 하나, KS B 6755(2018)에 따라 검사주기를 정한 경우에는 재검사 유효기간을 최대 8년까지 연장할 수 있다(한국표준협회, 2018). 이에 따라 안전밸브의 검사주기도 압력용기의 재검사주기와 연동하여 연장이 가능하다<sup>12)</sup>.

8) 시행규칙 별표 4에 정의된 점검기준 항목에 따른 검사를 실시하여야 한다.

9) 시행규칙 별표 18에 따라 용기의 안전점검과 유지관리기준을 준수하여야 한다.

10) 시행규칙 제30조(정기검사) 및 제31조(수시검사)에 따라 고압가스제조시설을 검사하는데, 그 기준은 시행규칙 별표 4를 따른다.

11) 시행규칙 별표 22에 특정설비 중 안전밸브와 압력용기의 검사주기가 지정되어 있다.

12) 해당연도의 정기보수기간(해당연도에 정기보수기간이 없는 경우에는 다음 연도의 정기보수기간)과 그 기간 전후의 적절한 시기에 받을 수 있어, 재검사를 받아야 하는 연도에 업소가 자체정기보수를 하고자 하는 경우에는 자체정기보수 시까지 재검사기간을 연장할 수 있다.

「에너지이용합리화법」 및 「에너지법」 제2조에서 정의한 열사용기자재는 에너지이용 합리화법 시행규칙에 따른 안전관리를 준수하고, 특정열사용기자재는 법 제39조에 따라 주기적으로 검사<sup>13)</sup>를 받아야 한다. 이때 계속사용검사에 관한 유효기간은 에너지이용 합리화법 시행규칙 별표 3의5에서 정의한 바에 따라 보일러는 1년, 압력용기는 2년, PSM 사업장의 경우에는 4년까지 연장되며, 산업자원부 고시에 따라 최대 8년 범위에서 연장이 가능하다.

다만, 특정열사용 기자재 중 「고압가스 안전관리법」에 해당되지 않는 압력용기 및 보일러는 매년 또는 2년마다 안전검사를 받아야 하나, PSM 사업장의 경우에는 이행상태평가의 등급에 관계없이 매4년마다 안전검사를 받을 수 있으며, 산업자원부 고시에 따를 경우 최대 4년까지 검사주기를 연장할 수 있다.

「산업안전보건법」에서 안전밸브가 설치된 설비의 안전검사는 「산업안전보건법」, 「고압가스 안전관리법」, 「에너지이용 합리화법」 중 하나에 의해 검사를 받은 경우에는 검사결과를 인정하지만, 검사주기에 대한 요구사항이 다르기 때문에 법률의 중복에 대한 예외가 인정된다고 할 수 없다. 또한 안전밸브 자체에 대한 검사결과는 타 법률의 검사결과를 인정한다는 지침이 없기 때문에 안전밸브의 검사는 주기가 가장 짧은 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 주기에 따라 시행되어야 하는 실정이다.

13) 특정열사용기자재 중 산업자원부령으로 정하는 검사대상기기(이하 "검사대상기기"라 한다)를 설치·개조·변경·재사용하고자 하는 경우 및 계속 사용하고자 하는 경우에 검사유효기간 이내에 검사를 받아야 한다.

〈표 III-3〉 보일러, 압력용기 등에 대한 검사 시 요구사항 비교

| 구<br>분 | 산업안전<br>보건법                                         | 에너지이용 합리화법                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 고압가스 안전관리법                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 근<br>거 | 「산업안전<br>보건<br>기준에<br>관한 규칙」<br>제116조<br>및<br>제261조 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○법 제39조(검사대상기기의 검사)</li> <li>○시행규칙 제1조의2(열사용기자재) 및 별표 1</li> <li>○시행규칙 제31조의6(검사대상기기) 및 별표 3의3</li> <li>○시행규칙 제31조의7(검사의 종류 및 적용대상) 및 별표 3의4</li> <li>○시행규칙 제31조의8(검사유효기간) 및 별표 3의5</li> <li>○시행규칙 제31조의9(검사기준): KS 표준에 따르며, KS표준이 없으면 지식경제부 기준에 따름</li> <li>○시행규칙 제31조의13(검사의 면제)</li> <li>○열사용기자재의 검사 및 검사면제에 관한 기준(고시 제2011-296호) 제 24장(보일러 계속사용검사기준), 제 48장(압력용기의 계속사용검사기준) 및 제56장(압력용기 안전검사 유효기간 연장)</li> <li>○압력용기 안전검사 유효기간에 관한 업무처리 규정(고시 제2006-35호)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○시행규칙 제8조(고압가스제조 등의 시설기준 및 기술기준 등) 및 별표 4</li> <li>○시행규칙 제39조(용기등의 재 검사) 및 별표 22 <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ 외부 검사기관으로부터 검사를 받도록 하는 규정임</li> </ul> </li> <li>○고압가스안전관리기준통합고시 제8절(압력용기 내부 재검사주기 산정을 위한 위험도기반검사기법 심사기준)</li> </ul> |

|                                                                            |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">검사 대상</p> | <p>보일러, 압력용기, 정변위 펌프, 정변위 압축기, 배관, 화학설비 및 그 부속설비에 설치된 안전밸브</p> <p>*압력용기: 화학공정에서 유체를 취급하는 용기 또는 그 밖의 공정에 사용하는 용기로써 설계압력이 게이지 압력으로 0.2 MPa(2kgf/cm<sup>2</sup>)을 초과하는 경우</p> | <p>○압력용기(1종, 2종)에 설치된 안전밸브</p> <p>○보일러(강철제, 주철제 및 소형 온수보일러)에 설치된 안전밸브</p> <p>※ 「고압가스 안전관리법」 및 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」에 따라 검사를 받는 보일러 및 압력용기는 제외</p> <p>*압력용기(제1종): 최고사용압력(MPa)과 내부 부피(m<sup>3</sup>)를 곱한 수치가 0.004를 초과하는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 증기 그 밖의 열매체를 받아들이거나 증기를 발생시켜 고체 또는 액체를 가열하는 기기로서 용기안의 압력이 대기압을 넘는 것.</li> <li>2. 용기 안의 화학반응에 따라 증기를 발생시키는 것으로서 용기 안의 압력이 대기압을 넘는 것.</li> <li>3. 용기 안의 액체의 성분을 분리하기 위하여 액체를 가열하거나 증기를 발생시키는 용기로서 용기 안의 압력이 대기압을 넘는 것.</li> </ol> | <p>압력용기 등 모든 고압가스설비에 설치된 안전밸브</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저장탱크 또는 차량에 고정된 탱크에 부착된 안전밸브</li> <li>- 압력용기 등에 설치된 안전밸브</li> </ul> <p>※ 고압가스설비인 경우 「산업안전보건 기준에 관한 규칙」상의 설비와 동일하나, 액체의 열팽창으로 인한 배관의 파열방지용 안전밸브는 제외</p> <p>*고압가스설비: 고압가스의 제조·저장설비 중 고압가스가 통하는 부분</p> <p>○저장탱크: 고압가스를 충전, 저장하기 위하여 지상 또는 지하에 고정 설치된 탱크를 말함(일반적으로 공정 최초 원료물질 및 최종 제품을 저장하는 탱크를 저장탱크로 분류하고, 나머지 중간물질 저장탱크는 압력용기로 분류함)</p> <p>○압력용기: 35℃에서의 압력 또는 설계 압력이 그 내용물이 액화가스인 경우, 0.2 MPa 이상, 압축가스인 경우, 1 MPa 이상인 용기를 말함</p> |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|              |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>검사 대상</p> | <p>*압력용기: 화학공정 유체취급용기 또는 그 밖의 공정에 사용하는 용기로서 설계압력이 게이지 압력으로 0.2 MPa (2kgf/cm<sup>2</sup>)을 초과하는 경우</p> | <p>4. 용기 안의 액체의 온도가 대기압에서의 비점(沸點)을 넘는 것</p> <p>*압력용기(제2종): 최고사용압력이 0.2 MPa를 초과하는 기체를 그 안에 보유하는 용기로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 내부 부피가 0.04세제곱미터 이상인 것.</li> <li>2. 동체의 안지름이 200밀리미터 이상(증기헤더의 경우에는 동체의 안지름이 300밀리미터 초과)이고, 그 길이가 1천밀리미터 이상인 것.</li> </ol> <p>*보일러(강철제, 주철제): 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것은 제외한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 최고사용압력이 0.1 MPa 이하이고, 동체의 안지름이 300밀리미터 이하이며, 길이가 600밀리미터 이하인 것.</li> <li>2. 최고사용압력이 0.1 MPa 이하이고, 전열면적이 5제곱미터 이하인 것.</li> <li>3. 2종 관류보일러</li> <li>4. 온수를 발생시키는 보일러로서 대기개방형인 것.</li> </ol> <p>*보일러(소형 온수 보일러): 가스를 사용하는 것으로서 가스사용량이 17 kg/h(도시가스는 232.6킬로와트)를 초과하는 것.</p> |  |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|      |    |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|----|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 검사주기 | 원칙 | 1년에 1회 이상                          | 보일러: 1년, 압력용기: 2년                                                                                                                                                                                                                                   | 2년에 1회 이상                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|      | 예외 | 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우 2년에 1회 이상     |                                                                                                                                                                                                                                                     | 압축기의 최종단에 설치된 안전밸브는 1년에 1회 이상<br>*(이유) 1단-2단-3단으로 나눠 압축할 때 3단 압축기는 고압으로 위험                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|      | 연장 | PSM 평가 결과 우수한 사업장의 안전밸브는 4년에 1회 이상 | <p>○(일반) 「고압가스 안전관리법」 제13조의2제1항에 따른 안전성향상계획과 「산업안전보건법」 제49조의2제1항에 따른 공정안전보고서를 작성하여야 하는 자의 검사대상기기에 대한 계속사용검사의 유효기간은 4년</p> <p>* SMS와 PSM 모두 적용받는 보일러 및 압력용기가 해당</p> <p>○(특별) 보일러(제품을 제조·가공하는 공정에 사용되는 보일러만 해당) 및 압력용기의 안전검사 유효기간은 8년의 범위에서 연장 가능</p> | <p>○(일반) 아래의 고압가스특정제조허가를 받은 시설에 설치된 안전밸브는 4년에 1회</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고압가스 저장능력이 100톤 이상의 석유정제시설</li> <li>- 고압가스 저장능력이 100톤 이상이거나 처리능력이 10,000 m<sup>3</sup> 이상인 석유화학공업시설</li> <li>- 고압가스 저장능력이 100톤 이상이거나 처리능력이 100,000 m<sup>3</sup> 이상인 비료제조시설</li> <li>- 고압가스 처리능력이 100,000 m<sup>3</sup> 이상의 철강공업시설</li> </ul> <p>※ 위 대상시설 중 철강공업시설을 제외한 다른 시설은 안전성향상계획서(SMS: Safety Management System) 제출 대상으로 PSM 대상과 중복되는 설비임</p> <p>○(특별) 압력용기에 설치된 안전밸브는 그 압력용기의 내부에 대한 재검사주기* 범위에서 연장 가능</p> |

|       |    |                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 검사 주기 | 연장 |                                                                                                 | <p>○(검사의 전부 또는 일부 면제)<br/>사용안전보험으로서 약정보험금액이 400억원 이상인 사용안전보험에 가입하고, 보험가입일 현재 최근 2년간 사업장 안에서의 업무상 재해로 인하여 「산업재해보상보험법」에 따른 보험급여를 지급한 사실이 없는 경우 검사의 전부 또는 일부가 면제</p> <p>- 보일러(소형 온수보일러 제외) 및 압력용기</p> | <p>☞ 고압가스설비 중 압력용기만 해당<br/>*4년마다. 다만, 위험도기반검사기법(RBI; Risk Based Inspection)에 따라 산정하고 그 적합성을 인정받는 경우 재검사일로부터 최대 8년의 범위에서 연장</p> <p>※ 위험도기반검사기법; 압력용기의 파손확률과 피해정도를 체계적으로 종합하여 위험성을 분석함으로써 압력용기에 대한 검사 및 교체시기에 대한 우선순위를 결정하는 기법</p> |
|       |    | 생산설비 가동 중지 → 탱크 상부에 있는 안전밸브 해체 → 토출압력 시험 장소로 이동하여 시험 → 교체 또는 계속 사용가능을 판단한 후 교체 또는 재설치 → 생산설비 가동 | 분해 · 정비(개방검사)<br>*설치된 지 15년이 지난 보일러는 개방검사 실시                                                                                                                                                       | 구조 및 치수검사 → 기밀검사 → 작동성능검사                                                                                                                                                                                                        |
| 검사 방법 |    |                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                  |

|             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8년 연장<br>방법 | 기준<br>없음 | <p>※ 압력용기 안전검사 유효기간 연장<br/>인증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (인증기관) 에너지관리공단</li> <li>○ (인증신청 제한)</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 신청일 기준으로 최근 2년 이내에<br/>검사대상기기와 관련해서사고가 발<br/>생한 경우에는 신청 불가</li> <li>2. 부정한 방법으로 인증을 받아 인증<br/>이 취소된 경우에는 5년간 신청 불가</li> <li>3. 인증심사결과 부적합 통보 받은 경<br/>우 1년간 신청 불가</li> <li>4. 검사대상기기의 수명평가 결과 잔<br/>존수명이 2년 미만인 경우에는 신청<br/>불가</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (인증신청) 에너지관리공단에 인증<br/>신청서(안전관리 운영보고서와 검<br/>사대상기기 설치검사증을 첨부)를<br/>제출</li> </ul> | <p>※ 압력용기 내부 재검사주기 산정<br/>을 위한 위험도기반검사기법<br/>(RBI; Risk Based Inspection)<br/>심사기준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (심사기관) 한국가스안전공사</li> <li>○ (심사신청 조건) 다음 각 호의<br/>조건을 모두 갖추어야 함</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 다음의 인력으로 구성된 검<br/>사팀을 상시 운영할 것(다만,<br/>마부터 아까지의 인력은 필요<br/>시 포함)</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 금속 또는 부식 엔지니어</li> <li>나. 기계 엔지니어</li> <li>다. 검사 요원</li> <li>라. 위험도기반검사기법 전문가</li> <li>마. 공정엔지니어</li> <li>바. 운전요원</li> <li>사. 유지관리 요원</li> <li>아. 안전관리 엔지니어</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 압력용기의 위험성 우선순위<br/>를 결정할 수 있도록 다음 사<br/>항을 포함한 위험도기반검사<br/>기법 프로그램을 보유·유지<br/>하고 있을 것.</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 압력용기의 파손확률을 예측<br/>하기 위한 손상기구 분석모듈</li> <li>나. 압력용기의 파손피해 산출<br/>을 위한 저장량 그룹 설정모듈</li> <li>다. 파손확률 및 파손피해 산출<br/>에 근거한 각 장치의 위험순<br/>위 분석모듈</li> </ul> |
|-------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| 8년 연장<br>방법 | 기<br>준<br>없<br>음 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (심사항목 및 심사기준) 아래의 심사항목별 심사기준 마련               <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 공정(설비) 및 기술문서</li> <li>2. 위험도기반검사 시스템</li> <li>3. 사고 예방 및 조치</li> <li>4. 운전 및 점검</li> <li>5. 장비</li> <li>6. 검사관련 조직 및 문서</li> <li>7. 검사관련 조직 및 문서</li> <li>8. 검사대상기기 조종자</li> <li>9. 외주관리</li> </ul> </li> <li>○ (심사판정) 적합, 조건부 적합, 부적합으로 구분</li> <li>○ (검사유효기간 연장) 압력용기 위험등급에 따라 유효기간 설정</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>3. 위험도기반검시기법 프로그램에 입력되는 다음의 자료를 지속적으로 보완·적용하고 있을 것               <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 설계정보</li> <li>나. 공정흐름도</li> <li>다. 공정도면</li> <li>라. 배관사양</li> <li>마. 배관리스트</li> <li>바. 장치데이터시트</li> <li>사. 점검, 진단, 검사자료</li> <li>아. 보수 및 수리관련기록</li> <li>자. 운전조건</li> <li>차. 장치 및 배관 재질(배관, 탱크, 반응기, 드럼, 펌프, 압축기, 열교환기, 타워 보일러)</li> <li>카. 피복 및 보온재사양</li> <li>타. 공정설명자료</li> <li>파. 그 밖에 평가에 필요한 자료</li> </ul> </li> <li>4. 위험도기반검시기법 운영방안에 관하여 다음 사항을 포함한 자체규정을 제정·운영하고 있을 것.               <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 위험도기반검시기법 평가결과를 바탕으로 검사가 필요한 위험도 순위가 높은 압력용기의 검사계획</li> <li>나. 검사계획에 따라 실시한 검사의 결과에 근거한 해당 압력용기에 대한 유지관리 방법</li> </ul> </li> <li>○ (심사신청) 한국가스안전공사에 심사신청서 제출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조건부 적합 통보를 받은 경우 3개월 이내에 재심사신청 가능</li> </ul> </li> </ul> |      |            |    |     |    |     |    |            |
|-------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|----|-----|----|-----|----|------------|
|             |                  | <table> <tr> <th>위험등급</th> <th>유효기간</th> </tr> <tr> <td>4등급(최고 등급)</td> <td>4년</td> </tr> <tr> <td>3등급</td> <td>3년</td> </tr> <tr> <td>2등급</td> <td>2년</td> </tr> <tr> <td>1등급(최저 등급)</td> <td>1년</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                 | 위험등급                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 유효기간 | 4등급(최고 등급) | 4년 | 3등급 | 3년 | 2등급 | 2년 | 1등급(최저 등급) |
| 위험등급        | 유효기간             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |            |    |     |    |     |    |            |
| 4등급(최고 등급)  | 4년               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |            |    |     |    |     |    |            |
| 3등급         | 3년               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |            |    |     |    |     |    |            |
| 2등급         | 2년               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |            |    |     |    |     |    |            |
| 1등급(최저 등급)  | 1년               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |            |    |     |    |     |    |            |

| 8년 연장<br>방법 | 기<br>준<br>없<br>음                                                                                                 | <div>- 부적합 통보를 받은 경우 6개월 이내는 재심사신청 불가</div> <div>○ (심사기준 및 심사방법) 심사신청 조건 및 KS B 6755 “압력용기-사용 중 검사”를 적정하게 모두 갖추었는지 여부를 심사</div> <div>- 판정기준</div> <table><tr><th>심사<br/>결과</th><th>판정기준</th></tr><tr><td>적합</td><td>심사 신청자가 구축한 위험도기<br/>반검사가법이 심사기준에 모두<br/>만족하는 경우</td></tr><tr><td>조건부<br/>적합</td><td>심사 신청자가 구축한 위험도기<br/>반검사가법이 심사기준 중 손상<br/>기구 또는 저장량그룹 설정모듈<br/>이 미흡하나 3개월 이내에 개선<br/>이 가능하고 그 외 심사 기준은<br/>모두 만족하는 경우</td></tr><tr><td>부적합</td><td>적합 및 조건부 적합에 해당하지<br/>아니하는 경우</td></tr></table> <div>○ (재검사주기 연장) 압력용기가 다음 각 호의<br/>조건을 모두 만족하는 경우 내부 재검사주기는<br/>재검사일로부터 최대 8년의 범위에서 연장</div> <div>1. 위험도기반검사가법 심사결과 적합판정을 받을 것.</div> <div>2. 위험도기반검사가법 심사결과 적합 판정을 받은<br/>후 법 제17조제2항제1호에 따른 첫 번째 도래<br/>하는 재검사에 적합판정을 받았을 것.</div> <div>3. 첫 번째 도래하는 재검사에 적합판정을 받은 후<br/>법 제17조제2항제1호에 따른 매 재검사일의<br/>30일 전까지 심사청구자가 구축한 위험도기반<br/>검사가법에 따라 운영한 결과를 한국가스안전<br/>공사가 확인하여 적합판정을 받았을 것.</div> | 심사<br>결과 | 판정기준 | 적합 | 심사 신청자가 구축한 위험도기<br>반검사가법이 심사기준에 모두<br>만족하는 경우 | 조건부<br>적합 | 심사 신청자가 구축한 위험도기<br>반검사가법이 심사기준 중 손상<br>기구 또는 저장량그룹 설정모듈<br>이 미흡하나 3개월 이내에 개선<br>이 가능하고 그 외 심사 기준은<br>모두 만족하는 경우 | 부적합 | 적합 및 조건부 적합에 해당하지<br>아니하는 경우 |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|----|------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------|
|             |                                                                                                                  | 심사<br>결과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 판정기준     |      |    |                                                |           |                                                                                                                  |     |                              |
| 적합          | 심사 신청자가 구축한 위험도기<br>반검사가법이 심사기준에 모두<br>만족하는 경우                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |      |    |                                                |           |                                                                                                                  |     |                              |
| 조건부<br>적합   | 심사 신청자가 구축한 위험도기<br>반검사가법이 심사기준 중 손상<br>기구 또는 저장량그룹 설정모듈<br>이 미흡하나 3개월 이내에 개선<br>이 가능하고 그 외 심사 기준은<br>모두 만족하는 경우 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |      |    |                                                |           |                                                                                                                  |     |                              |
| 부적합         | 적합 및 조건부 적합에 해당하지<br>아니하는 경우                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |      |    |                                                |           |                                                                                                                  |     |                              |

## 2.2 국내 법령별 안전밸브 검사주기

안전밸브 검사와 관련된 법적 요구사항은 위에서 언급한 대로 3가지 법률에 의해 제시되고 있다. <표 III-2> 및 <표 III-3>에 요약된 바와 같이 안전밸브의 검사주기는 「산업안전보건법」이 가장 짧아 매년마다 실시해야 하며, 공정안전보고서를 작성하는 사업장(PSM 대상사업장이라 함)의 공정안전보고서 이행상태가 등급이 P등급 이상일 때만 4년으로 검사주기를 연장할 수 있다.

그러나 「고압가스 안전관리법」과 「에너지이용합리화법」에 의하면, 안전밸브만을 위한 별도의 검사요구사항은 없으며, 안전밸브가 설치된 압력용기의 검사주기에 맞추어 안전밸브를 검사하도록 요구할 뿐만 아니라 해당 설비에 대한 검사주기도 최소 2년에서 최대 4년까지 연장이 가능하도록 규정하고 있다. 검사주기의 연장이 가능한 조건에 있어서도 PSM 이행상태평가 결과와 상관없이 PSM 대상사업장에 해당되거나 산업자원부고시에 따라 압력용기 위험도 확인을 통해 위험등급이 낮게 평가되어 있는 경우에는 검사주기를 연장할 수 있도록 하였다.

### 2.2.1 산업안전보건법

「산업안전보건법」에 따른 안전밸브의 검사주기는 매년 1회로 규정되어 있다. 다만, 공정안전보고서 이행상태 평가결과가 우수한 사업장의 안전밸브는 4년마다 1회 이상 실시할 수 있다.

PSM 이행상태평가가 우수한 사업장이라고 인정받았다는 의미는 공정의 운전을 정상적으로 유지하여 이상상태를 초래하지 않는다는 것을 의미하며, 모든 설비에 대한 유지보수 관리계획을 수립하여 운영하고 있기 때문에 안전밸브의 작동성능과 설비의 안전성능이 보장된다는 것을 의미한다.

### 2.2.2 고압가스 안전관리법

안전밸브의 검사주기는 고압가스 안전관리법 시행규칙 별표 19의 규정처럼 2년을 기본으로 한다. 다만 고압가스특정제조자의 경우에는 4년으로 연장이 가능하고, 안전밸브가 설치된 압력용기의 재검사주기까지 연장할 수도 있다.

또한 산업자원부 고시(제2019-148호)에 따라 다음의 조건을 만족하면 압력용기의 재검사기간이 연장될 수 있으므로 안전밸브의 검사주기도 이에 따라 연장이 가능하다.

### 2.2.3 에너지이용 합리화법

에너지이용 합리화법의 경우 열사용기자재관리규칙 별표 9에서 압력용기의 계속 사용검사 주기는 2년으로 규정하고 있다. 그러나 압력용기에 설치되어 있는 안전밸브에 대한 검사주기는 규정되어 있지 않다.

## 2.3 산업안전보건법에 따른 안전밸브의 검사주기 설정 배경

산업안전기준에 관한 규칙의 안전밸브 검사주기는 1990년 7월 23일에 제정되었다. 이는 일본의 안전규칙에 있는 조항을 똑같이 참조하여 만들어진 것이다.

그 이후에 산업안전보건법 시행령에 공정안전보고서 이행상태 평가 조항이 삽입되어, 2003년에 공장안전보고서 이행상태 평가가 우수한 사업장에 한해 검사주기를 4년으로 연장해 주었으며, 2011년 3월 31일에 안전규칙을 개정하게 되면서 안전밸브에 대한 검사주기를 다음과 같이 세분화하였다.

- 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉이 가능하도록 설치된 경우: 매년 1회 이상
- 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우: 2년마다 1회 이상
- 산업안전보건법 시행령 제33조의6에 따른 공정안전보고서 제출 대상으로서 고용노동부장관이 실시하는 공정안전보고서 이행상태 평가결과가 우수한 사업장의 안전밸브의 경우: 4년마다 1회 이상

### 3. 국내 안전밸브 운용 현황

#### 3.1 국내 정유공장 안전밸브 설치현황

안전밸브는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제266조에 의해 전단·후단에 차단밸브를 설치할 수 없으므로 안전밸브를 검사하기 위해서는 안전밸브가 설치된 설비의 운전을 정지하여야 한다. 뿐만 아니라 해당설비가 다른 설비와 연계되어 있는 경우에는 관련 설비의 운전도 정지해야 하므로, 현실적으로는 해당 공정을 모두 정지하여야 한다. 다만, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제266조의 예외조건<sup>14)</sup>으로써 차단밸브를 설치할 수 있는 경우에는 설비의 운전 중에도 안전밸브를 취외하여 검사할 수 있다.

이영순 등(2011)의 연구결과에 따르면 국내 정유공장의 안전밸브 설치현황을 조사한 결과 <표 III-4>처럼 안전밸브 전단·후단에 차단밸브를 설치할 수 있는 비율은 약 38~48.5% 정도로 파악되었다(이영순 외, 2011). 또한 안전밸브 전단에 파열판이 설치되어 있어 검사주기를 2년으로 할 수 있는 상황은 0~3% 정도로 매우 낮은 비율인 것으로 파악되었다. 반면 국내 석유화학사업장의 경우에는 안전밸브 단독설치 비율이 84%로 높았으며, 공정정지 없이 안전밸브 검사가 가능한 경우는 15% 정도에 불과한 것으로 나타났다. 그러나 정유공장의 안전밸브 단독설치개소가 61%~87%로서 61%라고 해도 한

<sup>14)</sup> ① 인접한 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브 등이 각각 설치되어 있고, 해당 화학설비 및 그 부속설비의 연결배관에 차단밸브 가없는 경우 ② 안전밸브 배출용량의 1/2 이상에 해당하는 용량의 자동압력조절밸브(구동용 동령원의 공급을 차단하는 경우 열리는 구조인 것으로 한정한다)와 안전밸브 등이 병렬로 연결된 경우 ③ 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브 등이 복수방식으로 설치되어 있는 경우 ④ 예비용 설비를 설치하고 각각의 설비에 안전밸브 등이 설치되어 있는 경우 ⑤ 열팽창에 의하여 상승된 압력을 낮추기 위한 목적으로 안전밸브가 설치된 경우 ⑥ 하나의 플레어스택(Flare Stack)에 둘이상의 단위공정의 플레어헤더(flare header)를 연결하여 사용하는 경우로서 각각의 단위공정을 플레어헤더에 설치된 차단밸브의 열림·닫힌 상태를 중앙제어실에서 알 수 있도록 조치한 경우

공정 내에서 단독설치와 병렬설치가 산재되어 있으므로 실제로는 안전밸브 검사를 위해서 거의 대부분의 공정을 가동중지 해야 하는 것이 현재 사업장의 실정이다.

〈표 III-4〉 국내 정유 및 석유화학공장의 안전밸브 설치 현황

| 구분                              | 정유공장   | 석유화학공장 | 비고                      |
|---------------------------------|--------|--------|-------------------------|
| 안전밸브 단독 설치개소                    | 61~87% | 84%    | 매년 공정 정지가 필요한 경우        |
| 안전밸브/RD의 직렬 설치개소                | 3~8%   | 1%     | 매2년 공정 정지가 필요한 경우       |
| 안전밸브 병렬설치(예외 조항 ③에 해당하는 경우)     | 3~39%  | 15%    | 공정정지 없이 안전밸브 검사가 가능한 경우 |
| 안전밸브 + PCV 설치 (예외조항 ②에 해당하는 경우) | 0~31%  | -      |                         |

### 3.2 PSV 설치유형

김태옥 등(2021)의 연구결과에 따르면 <표 III-5>는 2021년에 국내 정유공장 및 석유화학공장의 PSV 설치유형별 현황을 파악한 것으로 사업장마다 큰 차이가 있었으나 전체적으로 7개사에서 PSV가 단독으로 설치된 비율은 52.68%이고 병렬로 설치된 비율은 44.44%로 파악되었다(김태옥 외, 2021).

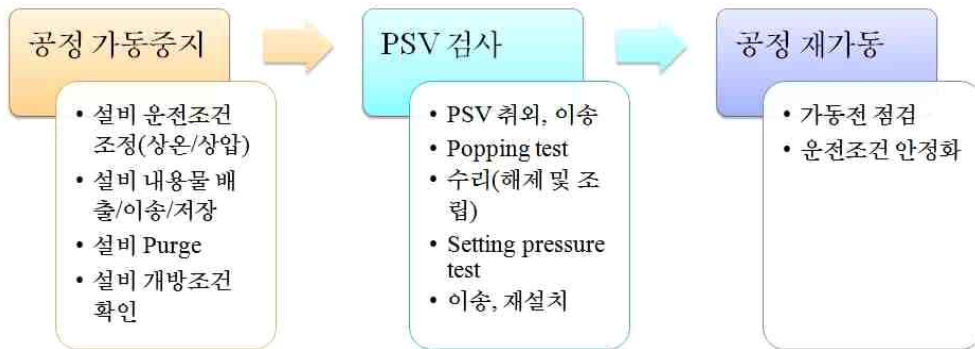
이때, 정유공장 3개소의 PSV 단독으로 설치된 비율은 61.81%, 병렬로 설치된 비율은 37.51%, 석유화학공장의 4개 사업장 중 PSV 단독으로 설치된 비율은 35.60%, 병렬로 설치된 비율은 57.40%로 나타났다. 이는 정유공장의 병렬로 설치된 비율이 석유화학공장보다 약 20%가 적게 나타났다.

〈표 III-5〉 국내 정유 및 석유화학공장의 PSV 설치유형별 현황(2021년)

| 사업장    |    | 구분 | PSV 설치유형 |                  |              |              |
|--------|----|----|----------|------------------|--------------|--------------|
|        |    |    | 계        | PSV/RD의<br>직렬 설치 | PSV<br>단독 설치 | PSV<br>병렬 설치 |
| 정유공장   | A사 | 수량 | 6,922    | 0                | 1,211        | 5,711        |
|        |    | %  | 100      | 0                | 17.49        | 82.51        |
|        | B사 | 수량 | 8,874    | 131              | 8,535        | 208          |
|        |    | %  | 100      | 1.48             | 96.18        | 2.34         |
|        | C사 | 수량 | 3,570    | 0                | 2,224        | 1,346        |
|        |    | %  | 100      | 0                | 62.30        | 37.70        |
|        | 소계 | 수량 | 19,366   | 131              | 11,970       | 7,265        |
|        |    | %  | 100      | 0.68             | 61.81        | 37.51        |
| 석유화학공장 | D사 | 수량 | 3,167    | 54               | 1,052        | 2,061        |
|        |    | %  | 100      | 1.71             | 33.22        | 65.08        |
|        | E사 | 수량 | 769      | 132              | 523          | 114          |
|        |    | %  | 100      | 17.17            | 68.01        | 14.82        |
|        | F사 | 수량 | 4,623    | 54               | 1,313        | 3,256        |
|        |    | %  | 100      | 1.17             | 28.40        | 70.43        |
|        | G사 | 수량 | 1,782    | 484              | 793          | 505          |
|        |    | %  | 100      | 27.16            | 44.50        | 28.34        |
|        | 소계 | 수량 | 10,341   | 724              | 3,681        | 5,936        |
|        |    | %  | 100      | 7.00             | 35.60        | 57.40        |
| 계      |    | 수량 | 29,707   | 855              | 15,651       | 13,201       |
|        |    | %  | 100      | 2.88             | 52.68        | 44.44        |

### 3.3 안전밸브 검사 관련 작업 흐름

안전밸브를 검사하기 위해서는 해당 설비의 운전을 정지해야 하며, 공정을 정상적인 조건으로 복귀하기 위하여 안전밸브를 재설치하는 작업이 이뤄져야 한다. 이를 도식화하면 <그림 III-1>과 같다(이영순 외(3), 2011).



<그림 III-1> 안전밸브 검사 관련 작업흐름도

따라서 안전밸브 검사로 인한 공정 휴지기간에는 검사에 소요되는 시간 외에도 공정의 가동중지에 소요되는 시간 및 공정을 재가동하는데 소요되는 시간이 추가된다. 또한 설비 내용물을 배출하여 안전한 장소로 이송해야 하고, 설비의 개방을 위해선 내부 공기를 불활성 조건으로 치환해야 하며, 충분히 안전한 분위기가 형성되었음을 확인해야 한다.

안전밸브는 대체로 설비의 상부에 설치되어 안전밸브의 취외 작업은 주로 고소지역에서 이뤄지고, 이를 위해 크레인 등 중장비를 이용하는 비율이 높다. 안전밸브를 취외하여 검사장소로 이송하거나 검사가 완료된 안전밸브를 다시 설치장소로 이송하는 동안 안전밸브가 파손되지 않도록 주의하여야 한다. 특히 안전밸브 검사가 완료된 후에는 재설치하기 위해 이송하는 동안 설정압력이 변동될 수 있는 정도의 영향이 없도록 주의가 필요하다. 안전밸브를 재설치한 후 공정을 재가동하기 위해선 설비 내부를 다시 운전 가능한 상태로 조정해야 하는데, 이때 가동 전 점검을 실시해야 한다.

따라서 안전밸브 검사작업은 안전밸브 자체의 검사와 수리를 포함하여 안전밸브의 취외와 이송, 재설치의 작업뿐만 아니라 설비의 가동중지와 재가동을 위한 작업안전 관리를 요구한다.

### 3.4 국내 정유공장 안전밸브 유지보수 현황(이영순 외(3), 2011)

국내 정유공장의 안전밸브 검사체계는 2가지 형태로 구분될 수 있다. 첫 번째 방법은 안전밸브 검사 전문업체를 협력업체로 삼아 사업장 내에 상주하도록 하는 것이다. 공장 운전 중 수시로 안전밸브를 검사하거나 단위 공정 전체의 가동정지(정기보수) 기간 중 안전밸브를 검사하도록 하는 것이다. 두 번째 방법은 정기보수 기간 중 검사해야 할 안전밸브가 많은 경우에만 외부 전문업체에게 검사를 위탁하는 방법이다. 이 때 운전 중 안전밸브를 검사해야 할 경우엔 사업장 내 자체 검사팀에서 안전밸브를 검사해야 한다. 그러나 위에서 언급한 바와 같이 안전밸브를 필요할 때마다 탈착해 검사 할 수 있는 경우(안전밸브 전단·후단에 차단밸브가 설치된 경우 등)는 많지 않으므로 대부분 정기보수 기간 중 안전밸브를 검사하고 있다.

안전밸브의 검사방법은 아날로그 방식과 디지털 방식으로 구분되며, 보편적으로 질소, 공기 및 물<sup>15)</sup>을 이용하여 설정압력에서 안전밸브가 개방 여부를 시험하여 합격<sup>16)</sup>여부를 판정한다. 만일 설정압력에서 안전밸브가 개방되지 않은 경우에는 그 결과를 기록한 뒤 수리하여 다시 설정압력을 조정한다. 이때 검사결과가 컴퓨터로 연결되어 있어 검사 중인 압력의 변화를 기록할 수 있는 방식을 디지털 방식이라 하고, 검사요원이 압력계를 직접 육안으로 확인하는 경우를 아날로그 방식이라 한다. 대부분의 안전밸브 검사는 아날로그 방식으로 실시되고 있으나, 최근엔 디지털 방식을 사용하는 경우도 있다.

국내 정유공장 및 석유화학공장에서 실시한 안전밸브 검사결과를 분석하면 <표 III-6>에 나타난 것처럼 개방시험에서 불합격률이 각각 0.165%와 0.703%로서 낮게 나타났다. <표 III-6>에서 불합격으로 분류된 것은 설정압력보다 낮은 압력에서 안전밸브가 개방된 경우는 제외한 것이다. 왜냐하면 안

15) 안전밸브의 방출물질이 액체인 경우에는 대부분 물을 이용하여 검사를 실시한다.

16) 오차범위 내에서 개방된 경우를 “합격”으로 처리하였으며, 대체로 오차범위는 설정압력이  $5 \text{ kgf/cm}^2$  이하 일 경우에는  $\pm 0.14 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $5 \text{ kgf/cm}^2$ 를 초과하는 경우에는 설정압력의  $\pm 3\%$ 를 갖는다.

전밸브가 설정압력보다 낮은 압력에서 개방되는 것은 폭발 및 설비의 파손을 방지하기 위한 방호장치로서의 기능에는 영향을 주지 않기 때문이다. 이들 안전밸브 검사주기는 대체로 2~4년 주기로 검사한 결과를 수집한 것이다.

국내 정유공장 및 석유화학공장은 대체로 PSM사업장으로서, P등급 사업장이 많기 때문에 검사주기를 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의하여 최대 검사주기인 4년을 적용할 수 있으나, 고착이 우려되는 설비의 안전밸브에 대해서는 검사주기를 다른 설비보다 단축하여 적용하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 III-6〉에서 검사주기를 보면, Polymer 공정을 보유하는 석유화학공장의 경우에는 검사주기가 2년 정도인 경우도 있었으며, 중합반응 등이 이뤄지는 설비에 대해서는 매년 검사를 실시하는 경우도 있었다. 최근 몇 년 동안의 안전밸브 검사건수에 대한 불합격 건수의 백분율을 불합격률로 표시하였다.

〈표 III-6〉 국내 정유 및 석유화학공장 안전밸브 검사이력 현황

| 구분          | 정유공장   | 석유화학공장 | 소계     |
|-------------|--------|--------|--------|
| 안전밸브 검사건수   | 26,608 | 3,841  | 30,449 |
| 안전밸브 불합격 건수 | 44     | 27     | 71     |
| 불합격률        | 0.165% | 0.703% | 0.233% |
| 검사주기        | 3~4년   | 2~4년   | -      |

### 3.5 해외 안전밸브 검사결과 검사주기별 불합격률

Julia V(2009) 등의 연구에 따르면 안전밸브의 검사주기별로 분류할 경우, 그룹별로 1.13~3.8% 정도의 불합격률을 보인다<표 III-7>(Julia V. Bukowski, 2009). A Group은 3,373건의 시험 결과에서 안전밸브 불합격 건수는 30건(불합격률 약 1.13%)정도로 나타났으나, 이들 안전밸브의 검사주기는 2~4년으로 일정하지 않다. 검사주기가 6년 미만인 안전밸브에서는 853건의 시험 중 12건의 불합격(1.4%)을 나타냈으며, 검사주기가 6년을 초과하는 안전밸브에서는 52건의 시험 중 2건의 불합격(3.8%)을 나타내었다.

〈표 III-7〉 해외의 안전밸브 검사주기별 불합격 조사결과

| 구분        | A Group | B Group | C Group |
|-----------|---------|---------|---------|
| 안전밸브 검사건수 | 3,373   | 853     | 52      |
| 불합격 건수    | 30      | 12      | 2       |
| 불합격률      | 1.13%   | 1.14%   | 3.8%    |
| 검사주기      | 2~4년    | 6년 미만   | 6년 초과   |

## 4. 해외의 안전밸브 관련 법규 및 기술 현황

### 4.1 해외 관련 법규 현황

#### 4.1.1 EU 및 영국의 관련 법규 현황

- 압력용기의 안정적인 설계에 관한 법적 요구사항

EU에서는 회원국 간의 부속설비 및 압력용기의 자유로운 이동을 위하여 회원국이 자국법에 반영하기를 요구하는 97/23/EC<sup>17)</sup>를 제정하였다. 또한 질소와 가압 공기에 관련된 사항은 87/404/EEC<sup>18)</sup>로 제정하여 운영한다. 이 중 PED(97/23/EC<sup>19)</sup>)는 국내의 압력용기 및 보일러에 관한 법률과 비교가 가능하며, 이 법령은 최고허용압력이 0.5 bar(G)를 초과하는 설비에 해당된다. 이들 설비에는 배관, 용기(Vessel), 압력장치(Pressure accessories)와 안전장치(Safety accessories)가 포함된다.

영국에서는 Pressure Equipment Regulations 1999(PER)를 제정해 운영하고 있으며, PED에 의하면 압력용기를 설계 및 설치, 제작하는 사람은 위험성평가를 통해 예측이 가능한 모든 조건에서 안전을 보장해야하는 필수 요구사항을 만족해야 한다. 필수요구사항에는 설비의 안전한 취급 및 운전을 보장할 수 있는 대책 수립의 내용이 포함된다. 예를 들어, 개구부나 압력방출구에서의 위험 및 설비의 표면온도, 불안정한 유체의 분해 등이 예측될 경우 위험을 고려한 운전방법이 제공되어야 한다. 또한 허용압력을 초과할 경우를 대비하여 안전장치를 설치해야 하며, 안전장치의 종류는 다음과 같다.

- Direct pressure limitation: 안전밸브, 파열판, Buckling rods, 압력

<sup>17)</sup> Pressure Equipment Directive(PED)라고 불리며, EU 회원국 사이의 Pressure equipment에 관련된 사항을 규정하고 있다.

<sup>18)</sup> Simple Pressure Vessels Directive라고 할 수 있다.

## 방출제어시스템

- Limiting devices : 가동중지 등의 명령을 수행할 수 있는 온도/압력/액위 스위치 등 압력용기와 그 부속품은 모든 기능이 정상적으로 작동하는지에 대한 최종 시험을 통과한 후 CE mark 부착을 할 수 있다.

### ■ 압력설비 운전에 관한 법적인 요구사항

영국의 Pressure Systems Safety Regulations 2000은 압력시스템이 실패하는 경우 시스템 내부의 에너지가 방출되어 발생할 수 있는 심각한 재해의 예방에 목적을 둔다(PSSR, 2000). 시스템에서 취급하는 물질이 스팀 또는 압력이 0.5 bar(G)를 초과할 수 있는 가스인 경우 액체, 기체, 증기 등과 혼합되는 유체에 적용된다. PSSR은 설계와 건설, 운전, 설치, 검사, 기록, 유지 등의 법적 요구사항으로 구성된다.

안전밸브의 검사에 대한 법적 요구사항은 PSSR 제8조에서 볼 수 있으며, 제8조는 주기적인 압력시스템의 검사에 대한 요구사항이다. 정기적인 검사 대상은 모든 방호장치, 배관과 용기 등이 포함되며, 정기적인 검사는 자격자에 의해 주기적으로 실시되어야 한다. 그러나 PSSR에서 정기적인 검사의 주기는 일률적으로 규정하지 않고 있다. PSSR에 따르면 사업주는 검사절차서를 문서로 준비하여야 하며, 검사절차서에는 검사대상, 검사항목, 검사주기, 작성자, 준비사항 등이 기록되어야 한다. 다만, 필요한 경우에 설비를 사용하기 전 최초검사를 실시할 수 있다<sup>19)</sup>.

정기적인 검사대상 중 방호장치는 설비의 검사주기와 같거나 빨라야 하고, 방호장치를 검사할 때에는 검·교정 확인, 기능의 정상작동 여부 등이 포함되어야 한다.

<sup>19)</sup> 검사절차서를 작성/인증한 사람은 해당 설비(PER 요구사항을 준수한 설비)의 적합성평가(Conformity assessment) 결과를 고려하여 최초검사의 필요성과 적절성을 결정하여야 한다.

검사주기의 결정에 영향을 미치는 인자는 아래와 같다.

- 기술 감독, 운전, 유지, 검사에 관한 자체 표준
- 예측되는 설비의 상태
- 설비의 현황(내부 및 외부에 발생하는 부식이나 침식에 의한 조건)
- 운전 중 모니터링의 적용가능성
- 해당 설비의 검사이력 및 안전 관련 기록

즉, 영국 법령에서는 안전밸브에만 적용되는 검사주기가 별도로 규정되어 있지 않으며, 각 사업장이 검사절차서를 문서로 작성한 후, 이에 따라 안전밸브가 설치된 설비를 검사할 때 안전밸브를 함께 검사하도록 하고 있다. 다만, PSSR의 Guidance<sup>20)</sup> 중 Paragraph 122에 따르면 스팀 공장에서는 일반적으로 14개월, Steam receiver는 26~38개월, 압축공기 시스템에서의 Air receiver에서는 24~48개월을 권고하고 있다. 만일 유지보수절차서의 수준이 높고, 부식이 최소한이면 6년까지 검사주기를 늘릴 수 있다고 언급되어 있다<sup>21)</sup>.

<sup>20)</sup> 영국(HSE)은 거의 모든 법령(Regulations)에 대해 법령의 해석을 위하여 ACOP(Approved code of practice) 와 Guidance를 발행하고 있다. 사업장에서 ACOP에서 제시한 사항을 준수하지 않아 사고가 발생하였다면, ACOP와 동등 이상의 합리적인 대책을 수립하여 이행하고 있었다는 것을 사업장이 증명하지 않는 한 관련 법령을 위반한 것으로 간주된다. 반면 Guidance는 ACOP와 같은 법적효력을 갖지 않는다. 그러나 Guidance에서 제시한 사항을 준수한다면 법률을 충분히 준수하였다고 인정된다.

<sup>21)</sup> 예로 제시한 공정에서 운전조건이 정상보다 가혹하다면 검사주기는 단축되어야 한다.

#### 4.1.2. 미국의 관련 법규 현황

미국 법령과 Code에는 안전밸브의 설치에 관한 규정이 있기는 하나 안전밸브의 검사주기가 법령 또는 Code에 규정된 것은 없다. 정유사에 대한 29 CFR 1910.119의 준수여부를 감독하기 위한 지침인 OSHA Directive(CPL-03-00-010) Petroleum Refinery Process Safety Management National Emphasis Program에 의하면, 설비의 성능을 보장하기 위하여 MI Program(Mechanical Integrity Program)의 운영을 요구하고 있다.

MI Program에 따라 설비에 부착되어 있는 안전장치 및 각종 설비 등에 대한 검사 이력을 관리하며, 이를 토대로 검사주기를 결정한 뒤 이행하여야 한다. 이때, 검사방법 및 검사주기를 결정하기 위해 여러 종류의 참조 가능한 기술문헌을 제시하고 있으며, 이 중 압력방출장치의 검사에 관련하여 제시한 기술문헌은 다음과 같다.

- API 510(Section 6.6)
- API 576(Section 6)
- Guidelines for Mechanical Integrity Systems, Table 9-15(CCPs)

이 지침에 따르면 안전밸브를 교체하는 경우에는 변경관리 절차에 따라 검사주기를 다시 정하여야 하지만, 만일 기존의 안전밸브와 동일하다면 검사주기를 기존의 검사주기를 그대로 적용하여도 무방하다(API, 2000; API, 2006).

#### 4.1.3 일본의 관련 법규 현황(노동안전위생법)

일본의 노동안전위생법 제45조에 따라 사업자는 보일러와 기타 기계 등을 노동성령에서 정하는 바에 따라 정기적으로 검사 및 기록을 보존해야 한다. 또한 노동안전위생규칙 제276조는 화학설비 및 그 부속설비에 대하여 2년마다 정기자체검사를 받아야 함을 규정하고 있다. 이 법규에서 강조하는 것은 화학설비 등과 같이 위험한 설비는 정기적으로 자체검사를 받아야 하며, 그 주기는 2년에 1회로 받아야 한다는 것이다. 그리고 자체검사를 실시해야 하는 항목은 7개 항목으로 그 중 하나가 안전밸브의 기능검사이다. 이는 안전밸브의 기능보다는 자체검사에 비중을 두고 있음을 알 수 있다. 그리고 자체검사의 주기가 2년에 한 번씩인 것은 화학설비의 정기정비 시 자체검사를 할 수 있도록 고려한 것으로 보인다.

안전밸브의 기능검사는 국내와 유사하게 설비에서 분리한 후 기능을 검사하도록 하고 있다. 노동안전위생규칙 제276조는 아래와 같다(労働安全衛生法, 2021).

제276조① 사업자는 화학설비(배관을 제외) 및 그 부속설비에 대해서는 2년마다 1회, 정기적으로 아래의 사항에 대해 자주검사를 실시하여야 한다. 다만, 2년을 초과하는 기간 동안 사용하지 않는 화학설비 및 그 부속설비를 사용하지 않는 기간에 있어서는 그러하지 아니한다.(위반 시 벌칙의 경우 50만 엔 이하의 벌금)

- a) 화재 또는 폭발의 원인이 될 위험이 있는 물질의 내부에 있어서 유무
- b) 내·외면의 손상, 변형 및 부식의 유무
- c) 밸브, 코크, 뚜껑판, 플랜지 등의 상태
- d) 안전밸브, 긴급차단장치 등 기타 자동경보장치 및 안전장치의 기능
- e) 냉각장치, 가열장치, 압축장치, 계장장치, 교반장치 및 제어장치의 기능
- f) 예비동력원의 기능
- g) 전 각 호에 기재된 것 이외에 화재 또는 폭발을 예방하기 위해서 필요

한 사항

- ② 사업자는 전항의 아래의 조항의 화학설비 및 그 부속설비에 대해 사용을 다시 할 경우 동항 각 호에 기재된 사항에 대하여 자주검사를 실시해야 한다.
- ③ 사업자는 전 2항의 자주검사 결과를 화학설비나 그 부속설비에 이상을 인정하는 경우에 보수, 기타 필요한 조치를 강구하지 않으면 설비를 사용할 수 없다.
- ④ 사업자는 제1항이나 제2항의 자주검사를 실시하는 경우에는 다음의 사항을 기록하고 3년간 보관하여야 한다.
  - a) 검사년월일
  - b) 검사방법
  - c) 검사개소
  - d) 검사의 결과
  - e) 검사를 실시한 자의 성명
  - f) 검사결과에 따라 보수 등의 조치를 강구하는 경우에는 그 내용

#### 4.1.4 캐나다의 관련 법규 현황

PSV와 관련된 캐나다의 안전법과 규정은 Alberta Safety Codes Act와 PESA(Pressure Equipment Safety Regulation), Alberta Regulation(2006), 안전코드법에 따라 압력장치의 안전규정을 관리하기 위해 Alberta 주에서 위임한 ABSA(Alberta Boilers Safety Authority)가 있다.

PESR Section 39 Pressure Relief Devices의 39(3)에 의하면 PSV의 경우에는 정부가 인정하는 검사주기를 통해 관리되어야 하고, PSV의 주기는 ABSA AB-506을 따르도록 규정하고 있으며, 내용은 아래와 같다.

AB-506, API 510, API 570, API 572, API 574 및 NBIC(National Board Inspection Code)의 정보를 사용하여 압력용기, 보일러, 압력용기, 배관 및 PSV에 대한 적절한 검사주기를 결정한다.

PSV의 검사주기를 결정하는 기준에는 검사주기 등급시스템인 APPENDIX A를 사용하여 결정하거나, AB-506의 RBIP에 따라 실시한 RBI 평가를 통해 결정하는 방법이 있다.

APPENDIX A를 사용하여 설비의 유형 및 Grade(1,2,3)별로 최초검사와 연속검사 사이에 허용되는 최대 서비스주기를 설정한다. 이때, 서비스 주기는 AB-506을 따르도록 하며, 그 내용은 [부록] AB-506의 Table에 나타내었다. 또한 Grade 1은 PSV를 설치한 다음에 최초의 서비스주기에 적용하고, Grade 2의 경우 Grade 1의 검사를 통해 문제가 없을 경우 Grade 2까지 안전하게 검사주기를 연장할 수 있으며, Grade 3은 소유자/사용자가 Grade 2까지 안전하게 검사를 통하여 문제가 없는 경우에는 아래와 같이 적용할 수 있다.

- Power boilers : 1~5년
- Heating boilers : 3~4년
- Pressure piping : 3~6년
- Upstream pressure vessels : 3~6년
- Pressure vessels : 4~6년

Alberta Quality Management Certificate of Authorization Permit에 의해 승인받은 RBIP 사용자 및 소유자는 AB-506의 시스템을 사용하지 않고 RBIP를 사용하여 검사 시 요구사항 및 서비스 주기를 정할 수 있으나 PSV의 최대 서비스주기는 10년이고, PSV의 온라인 외부 육안검사는 최대 검사주기는 5년이며, PSV 이력으로 자격이 있는 사람이 수행해야한다(ABSA, 2020).

## 4.2 안전밸브 검사주기 기술문헌 검토

### 4.2.1 영국 HSE 기술문헌

영국은 법적으로 압력용기와 그 부속품인 안전밸브의 검사주기를 규정하고 있지 않다. 검사주기는 적합한 자격을 갖춘 사람이 검사이력, 설비의 사용조건 등을 고려하여 결정해야 할 사항이다. 따라서 영국의 HSE는 검사주기를 결정하기에 참고할 만한 각종 문헌을 제공하고 있는데, 이 중 몇 가지를 제시하면 다음과 같다.

- HSE, Offshore division Mechanical systems, Topic strategy 2008-2011.
- API Standards 510, 570, 572, 574 등에는 압력설비의 검사에 관련하여 제시하고 있다.
- 안전밸브에 대한 검사주기는 위험기반검사를 통하여 연장될 수 있으며, API 581을 참조하도록 하고 있다.
- 안전밸브의 검사에 대한 기준은 API 576에 제공하고 있으므로 참조하도록 제시하고 있다.
- HSE, Contract research report(CRR 363/2001), Best practice for risk based inspection as part of plant integrity management(HSE, 2001).
- RBI를 이용할 때 설비관리의 실행지침 마련에 목적을 두고 있으며, PSSR 및 COMAH Regulations<sup>22)</sup>의 적용되는 설비의 검사에 관련된 보고서이다.
- 검사주기에 관련된 여러 기관 중 SAFed(Safety assessment federation), CEOC(European confederation of organizations for testing,

<sup>22)</sup> Control of major accident hazards regulations로 국내 공정안전보고서 작성에 관한 의무와 유사하다.

inspecting, certification and prevention) 및 석유협회의 자료를 분석한다.

- 최초검사는 새로운 설비를 설치할 때 운전하기 전에 실시하는 첫 번째 검사를 말한다. 이는 설비 공급자의 적합성평가 결과를 통해 결정하도록 하고 있다.
- 1차 검사는 운전을 시작한 후 첫 번째 검사를 말하며, 추후 검사주기나 유지보수 계획에 영향을 줄 수 있는 시기이므로 최대 2년 이내로 검사를 권고하고 있다.
- 검사주기는 위험성평가, RBI 및 1차 검사 결과를 토대로 결정돼야 한다.

PSSR Guidance에서 제시하는 것과 같이 스팀공장은 14개월, Steam Receiver는 26~38개월, Air Receiver는 24~48개월, 유지보수절차서의 수준이 높고 부식이 최소한인 경우에는 72개월을 적용할 수 있다.

#### 4.2.2 API

API에서 안전밸브와 관련된 지침은 다음과 같다(API, 2000; API, 2006).

- API RP 576, Inspection of pressure-relieving devices, 2000
- 안전밸브의 검사는 기능검사와 육안검사로 구분되는데, 기능검사는 안전밸브를 철거하여 검사하고, 분해하고 재조립한 다음에 검사하는 것을 포함한다. 기능검사를 위해 안전밸브를 철거할 때에는 안전밸브 주변배관 내부를 함께 확인하여 고형물이 부착되었는가 등을 점검하여야 한다.
- 안전밸브는 설비의 정기보수 기간 중에 검사하는 것이 바람직하다. 그러나 운전 중에 설정압력에서 안전밸브가 열리지 않거나 개방 후에 다시 정상적으로 닫히지 않으면 즉시 검사를 실시하여야 한다.
- 부식이나 파울링 등이 발생하는 곳에 설치된 안전밸브의 검사주기는 짧아야 하고, 진동이 발생하는 경우와 설정압력과 운전압력차이가 적은 경우에 밸브의 누출이나 성능의 악화를 초래할 수 있는 경우에도 안전밸브

의 검사주기를 짧게 적용하여야 한다.

▪ API 510

- 정유공장 및 석유화학산업에서 사용되는 압력용기의 유지 및 보수, 검사 등에 대한 지침으로 부식을 결정, 검사방법, RBI 등으로 구성된다.
- 안전밸브의 검사주기는 사용조건과 주변 환경의 영향을 받지만, 부식의 우려가 없고 파울링이 발생하지 않는 사항에서는 10년까지이며, 그렇지 않은 경우에는 최대 5년까지 검사주기를 권고하고 있다.
- 검사주기가 결정되었다고 하여도 이전의 검사에서 파울링이나 막힘 현상을 발견하였으면 검사주기를 단축하여야 한다.

#### 4.2.3 EEMUA 188

2009년 EEMUA에서 안전밸브의 운전주기에 대한 가이드를 발간하였다. EEMUA는 영국에 소재하고 있으며 비용편익적인 방법으로 산업설비의 운전 성능과 안전 및 환경관리를 개선하는 비영리회원단체이다.

EEMUA의 가이드는 안전밸브의 운전주기를 결정하기 위하여 관리하여야 할 자료에 대하여 제시하고 있다. EEMUA에서 제시하는 운전기간의 수립은 안전밸브의 형태, 운전경험, 법적 요구사항 및 환경 등을 고려하여 운전기간을 정하고 난 후에 첫 번째 보수를 통하여 수집한 정보를 토대로 하여 운전기간을 검토하여 수정하는 것이다. 따라서 경험적 접근과 기술적인 접근방법을 이용하여 운전기간을 정하여야 한다.

경험적 접근에는 유사한 공정 또는 설비에서 기능을 수행하는 밸브에 대한 경험도 포함되고, 기술적인 접근에는 RBI를 제시하고 있다. 다음과 같은 경우에는 검사주기를 단축해야하며, API의 요구사항과 유사하다.

- 진동이 발생하는 경우
- 설정압력과 사용압력의 차이가 작은 경우
- 배출배관의 배치나 설치가 부적절한 경우

가이드의 부록에는 안전밸브를 검사하는 절차와 방법이 소개되어 있으며, 아래와 같다.

- 안전밸브를 취외하는 검사의 절차는 Pre-popping 시험결과 개방압력이 설정압력의  $\pm 5\%$  이내이며, 정비 절차는 밸브의 육안검사에서 결과가 좋은 경우 다르게 적용할 수 있다.
- 밸브가 설치된 지역에 대한 육안검사 → Drain → 안전밸브 Header pipeline 의 isolation → 안전밸브를 취외한 곳에 Cap 설치 → 밸브의 육안검사 → Pre-popping 시험 → 해체 → 검사 및 정비 → 조립 및 시험

가이드의 부록에는 안전밸브 검사 시 주의해야할 사항을 정리하면 아래와 같다.

- 안전밸브가 부착된 설비에서 취급하는 물질이 독성 및 폭발성이거나 자연 발화성 물질인 경우에는 특별히 주의가 필요하고, 안전밸브를 검사하는 공간을 제한구역으로 운영하여야 한다.
- Gas service 안전밸브는 공기, 헬륨 및 질소를 이용하여 검사를 실시하며, Liquid service 안전밸브는 물이나 기름을 이용하여 검사를 실시하여야 한다.
- 검사자는 일정한 자격을 갖추어야 한다.
- 안전밸브를 관리할 경우에는 정상운전 이외에도 비정상조건에서 안전밸브와 접촉되는 유체의 종류를 고려하는 것이 바람직하다.
- 첫 번째 검사는 Clean 설비의 경우 2년, Dirty 설비의 경우 1년 만에 검사를 실시하는 것이 바람직하다. 다만, 파열판과 직렬로 연결되어 있는 경우의 Dirty 설비는 Clean 설비로 간주될 수 있다.

이 가이드의 특징은 On-line 시험을 소개하고 있다는 점이다. On-line 시험이란 설비를 운전하는 중간에 안전밸브를 떼어내지 않고 실시하는 검사방법을 말한다. 이 방법은 설비의 Overhaul 까지는 아직 기간이 남아있는 경우, On-line 시험을 실시하였더라도 설비의 보수 기간에 안전밸브를 떼어내어 검사를 실시하여야 한다. 이 가이드에서 제시하는 On-line 시험 방법은

아래와 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다.

- Floating 방법은 Steam boiler에만 적용할 수 있는 On-line 시험 방법
- Force balance 방법은 Steam, Clean process service 및 공기에 적용될 수 있는 방법이며, 이 방법 이외에 적용될 경우, 완전한 밀폐가 되지 않아 누출이 발생할 위험이 있다.
- Testing using a supplementary bursting disc는 파열판이 직렬로 설치된 경우 파열판 제조사의 자문을 받은 후에 파열판과 안전밸브 사이에 질소 또는 공기를 이용하여 시험하는 방법이다. 또한 시험 중 안전밸브의 배출압력으로 Header line에 연결된 다른 안전밸브에 미칠 수 있는 배압을 고려하여야 한다.

이 가이드에서 안전밸브의 검사절차서를 작성하기 위하여 관리하여야 할 정보는 다음과 같다.

- 안전밸브의 설치위치 및 형태는 Header line, 파열판과 직렬연결 여부, 대기방출 여부 등이 있다.
- 안전밸브 사양은 크기, 재질, 설정압력 및 배출용량 등이 있다.
- Service material은 비정상운전조건에서도 접촉될 수 있는 물질을 포함한다.
- 검사결과는 안전밸브와 연결된 배관의 육안검사와 안전밸브의 검사결과를 포함한다.
- 수리·교체 이력은 부속품, 주변배관을 포함하고, 주기와 수리시기를 기록한다.
- 안전밸브의 개방사례는 운전 중에 개방된 적이 있는지, 누출된 사례는 무엇인지 등이 있다.

이 가이드에서의 검사주기는 열팽창밸브의 경우에는 최대 10년이며, 기타 밸브의 경우에는 1년에서 6년까지를 제시하고 있다. 지속적으로 안전밸브의 검사주기를 관리하기 위해서는 안전밸브를 취외한 후 연계된 배관의 육안검사도 기록하도록 권고하고 있다(EEMUA, 2009).

#### 4.2.4 기타

해외 문헌에서 안전밸브 검사주기에 따라 약 9,300건의 안전밸브 검사결과에 대한 3가지 유형으로 분류한 결과에 따르면, 5.2년 이전에 안전밸브 노후가 일어날 가능성이 매우 낮고( $10^{-7} \sim 10^{-8}/\text{hr}$ ,  $2.2 \sim 6.1 \times 10^{-8}/\text{hr}$ ) 고장율을 보장하는 범위에서 안전밸브의 유효기간을 <표 III-8>에 따라 4~5년으로 정하는 것을 제시하였다(Julia V. Bukowski, 2009).

<표 III-8> 안전밸브 검사주기에 대한 문헌조사 결과

| Data set           | Estimated useful-life interval | Estimated $\lambda$ (Failure rate) Failures/hour |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| I                  | 4.2 years                      | $5.0 \times 10^{-8}$                             |
| II                 | 4~5 years                      | $6.1 \times 10^{-8}$                             |
| III                | 5.2 years                      | $2.2 \times 10^{-8}$                             |
| General Conclusion | 4~5 years                      | $10^{-8}$ to $10^{-7}$                           |

Alan Fitzpatrick<sup>23)</sup>에 따르면 보일러 및 스팀발생 설비에서의 안전밸브의 검사주기는 일반적으로 소규모 보일러의 경우 14개월, 석탄연료를 사용하는 발전소의 경우에는 50개월<sup>24)</sup>을 적용하고 있다.

<sup>23)</sup> Alan Fitzpatrick, "Testing safety valves", Plant Engineer, 2009

<sup>24)</sup> 검사주기는 50개월이지만 25개월에 한번 중간검사(mid-term test)를 실시하여 밸브의 작동이 유효한 가를 확인한다고 언급되어 있음. 중간검사의 의미가 명확하지 않으나, 스팀을 방출하는 안전밸브에 레버가 부착된 경우에는 운전 중 검사도 가능하므로 이를 의미하는 것으로 판단된다.

## 4.3 PSV 고장원인 및 조치방안(김태옥 외(2), 2021)

### 4.3.1 PSV 고장원인

API RP 576 및 Malek<sup>25)</sup>에 의해 제시된 안전밸브의 고장원인을 요약하면 다음과 같다.

#### 4.3.1.1 부식

부식은 안전밸브에서 발생하는 가장 기본적인 것으로서, 잔유물의 고착, 핏팅 또는 부품의 손상, 재질의 열화로 발생하며, 취급물질에 적합한 재질을 선택함으로써 부식을 완화시킬 수 있다. 특히, 안전밸브에서 누설이 발생하는 경우에는 누설된 물질이 스프링과 같은 안전밸브로 유입되어 부식을 일으킬 수 있다.

#### 4.3.1.2 손상된 시트 표면

API STANDARD 527에서 안전밸브 금속재의 시트표면은 정밀한 탄도가 요구된다. 따라서 안전밸브의 손상된 시트 표면은 부적절한 안전밸브 작동의 원인이 되며, 시트 표면의 결함 원인은 아래와 같다.

부식 고착물 또는 먼지, 부식, 용접 시 스패터 등 이물질이 밸브 입구로 유입되어 밸브가 작동될 때 밸브를 통과하면서 이물질은 안전밸브의 시트를 손상시킬 수 있다.

안전밸브의 입구측이 부적절하거나 배관 내의 방해물 또는 긴 배관이 밸브의 채터링<sup>26)</sup>을 일으킬 수 있다.

정비 중에 부주의한 안전밸브의 취급은 안전밸브 구성품의 충돌, 떨어뜨림, 회전 또는 스크래칭 등이 있다.

<sup>25)</sup> Malek, M. A., Pressure Relief Devices”, McGraw-Hill, (2006)

<sup>26)</sup> 채터링 : 안전밸브로부터 분출 시 밸브디스크가 급격히 상·하로 진동하는 현상

안전밸브 설치 후에 안전밸브에서 누설이 발생하는 경우에는 운전압력이 안전밸브 설정압력에 가깝게 될 수 있다.

#### 4.3.1.3 스프링 손상

스프링 손상은 스프링 전체 손상 또는 스프링의 약화처럼 두 가지 형태로 나타날 수 있으며, 스프링의 손상 대부분은 부식 때문에 발생된다. 조치사항으로는 취급하는 유체에 내식성이 있는 스프링 재질을 사용하고, 벨로우즈형 안전밸브를 사용하며, 주변 환경에 적합한 내식성 물질을 스프링에 코팅 처리하는 방법 등이 있다.

#### 4.3.1.4 부적절한 설정 및 조정

운전온도, 배압 및 다른 요소를 적절히 고려하지 않고, 안전밸브의 설정압력을 정하거나 조정할 때 문제가 발생된다. 안전밸브의 설정압력은 시험장비가 구비된 정비작업장에서 설정해야 한다. 이때, 설정압력을 적절히 조정하기 위해 아래의 가이드라인이 필요하다.

- 증기 사용 안전밸브에는 불활성가스 또는 공기로 시험하고, 스팀 사용 안전밸브에는 스팀을 사용하며, 적절한 조치가 수반되면 공기를 사용할 수 있다. 또한 액체 사용 안전밸브에는 물을 사용하여야 한다.
- 시험장비의 크기가 중요하다. 불충분한 용적은 안전밸브를 작동시키지 못할 수 있으며, 설정압력을 부적절하게 할 수 있다. 액체를 취급하는 장소에 파일럿 작동형 안전밸브를 설치한 경우는 적절한 설정을 위해 제조업체와 상의할 필요가 있다.
- 압력계이지는 정기적으로 검교정된 계기를 사용하여 자주 교정하여야 한다.
- 밸브 조정링은 설계에 따라 블로우다운 압력 또는 밸브 블로우다운 및 Simmer를 조절한다. 조정링은 설정압력을 확인한 후에 블로우다운을 위하여 다시 조정하여야 한다.

- 액체 또는 증기 취급용 안전밸브의 적절한 블로우다운을 위하여 조정링 제조업체와 상의하여야 한다.

#### 4.3.1.5 부식 막힘 및 고착

정유공장에서 고화물 또는 코크와 같은 공정의 고체성분은 안전밸브의 연결 배관을 막을 수 있다. 또한 고분자물질의 취급 시에는 Polymer 형성 및 고착이 유발될 수 있으며, 막힘 및 고착을 방지하기 위함은 아래와 같다.

- 밸브 부품, 가이드링 파트에 대해서는 표면에 부착물의 형태를 점검하여야 한다.
- 디스크 홀더, 스피들, 나사산과 같은 표면을 윤활시켜야 한다.
- 안전밸브는 부식 때문에 가이드 내에서 디스크 또는 디스크 홀더의 고착으로 고장이 발생할 수 있으며, 이때 밸브의 고착은 허용한계를 벗어난 경우 밸브 부품의 부조화에 기인하여 발생할 수 있다.
- 안전밸브의 고착은 밸브 디스크의 불량에 기인하여 발생할 수 있다.

부식의 원인이 밸브의 고착일 경우에는 아래와 같은 대책이 필요하다.

- 부식성 물질에 의한 구동부분을 보호하기 위해 벨로우즈형을 사용한다.
- O-링 시트는 안전밸브가 작동하는 동안 유체로부터 가이드링 표면을 보호할 수 있다.

#### 4.4 해외의 법률 및 기술적 타당성을 검토한 결과

국내와 해외 법률에 의하면 설비를 사용 중 비정상상태로 인하여 설비의 사용압력을 초과하는 경우에 초래할 수 있는 위험을 예방하기 위한 안전장치를 설치하여야 한다. 그러나 국내 및 일본을 제외한 대부분의 나라에서는 해당되는 설비 및 안전장치의 검사주기를 법적으로 일정한 기간을 제시하지 않고 있는 실정이다.

이는 각 설비 또는 공정마다 사용조건의 차이가 있기 때문에 설비의 성능을 유지 및 관리하는 것에 따라서 검사주기가 달라질 수 있다. 법적으로 검사주기가 제시되지 않은 국가에서는 사업장에서 스스로 설비의 검사절차서 또는 유지·보수 절차서를 구축하도록 요구하고 있고, 이러한 절차서를 통해 설비와 안전장치에 대한 검사주기 및 검사방법 등을 수립하여 이행하는 것을 요구하고 있다.

이러한 검사절차서를 구축할 경우 참조할 수 있거나 반드시 고려하는 사항에 대해서만 지침의 형태로 제시되고 있다. 영국과 미국의 경우, 검사주기를 결정함에 있어서 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 설비의 검사이력과 안전관련 기록
- 설비의 운전조건은 사용 물질, 부식 및 예측되는 설비의 상태 등에 관한 정보
- 위험도기반검사 결과

해외 법률에서 제시하는 안전밸브는 설비의 검사 중 같이 검사하는 것을 권고하며, 이전의 검사결과를 반영하여 검사주기를 조정하는 것이 바람직하다. 그러므로 체계적인 관리를 위한 필요한 각종 검사의 이력이나 운전현황 등에 대한 필요한 자료를 확보하고 관리해야 한다.

그러나 검사주기가 법적으로 명확하게 정해져 있지 않기 때문에 많은 기술 문헌에서 검사주기의 결정에 도움이 되는 권고안을 제시하고 있다. 이들을 검토하면 검사주기가 일반적으로 4~5년인 것을 알 수 있다<sup>27)</sup>.

따라서 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 제시하고 있는 안전밸브의 검사 주기도 해당 설비의 검사주기와 일치하도록 검사주기를 탄력적으로 운용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

<sup>27)</sup> 대체로 스팀발생설비 등 보일러 설비에 대한 검사주기는 이보다 짧은 주기(14개월 ~ 24개월)를 권고하는 경우도 있으며, 중간검사를 실시한다는 조건일 경우 50개월까지 연장이 가능하다는 경우도 있다.

## 5. 검사주기의 문제점과 개선방안

### 5.1 검사주기의 문제점

#### 5.1.1 검사주기의 차이

안전밸브의 검사에 관련된 법률은 「산업안전보건법」, 「고압가스 안전관리법」, 「에너지이용합리화법」에 규정되어 있으나, 각각의 법률에서 요구하는 검사주기가 다른 실정이다. 어느 법률에서 검사주기가 연장되었어도 가장 짧은 검사주기에 따라 검사를 실시하게 된다.

또한 법률에 따른 검사를 실시한 경우에 결과를 상호 인정하는 제도가 없기 때문에 각각의 법률에 따라 검사를 실시하게 된다. 「에너지이용합리화법」에서는 「고압가스 안전관리법」에 따른 검사대상을 예외로 인정하고 있으며, 「산업안전보건법」에서는 위 두 법률의 검사결과를 인정하고 있다. 그러나 「고압가스 안전관리법」에서는 두 법률의 검사결과를 인정하는 법률이 현재 없으며, 각각의 법률에서 압력용기의 정의가 조금씩 다르기 때문에 같은 공정 또는 서로 연관된 설비 중 다른 하나라도 검사주기가 짧은 법률의 적용을 받게 되면 전체 공정의 검사주기는 짧은 쪽으로 운영된다는 문제가 발생한다.

#### 5.1.2 현행 산업안전보건법상 검사주기의 문제점

1960~1970년대 국내에서 석유화학산업이 도입되어 운영되던 시기에 설비의 운전기술, 유지관리의 기술 및 설비의 신뢰도가 충분하지 않았고, 매년 공정을 가동중지하고 유지 및 보수하는 작업이 이루어졌다. 안전밸브의 검사주기는 1990년 산업안전보건기준에 관한 규칙이 제정될 당시에 매년 1회 이상으로 검사를 받아야 하는 기준이 일정한 조건을 만족하는 경우 외에는 그대로 유지되고 있다. 매년 1회 이상의 검사주기는 제정될 당시에는 타당성이 있었

을 것이지만, 산업기술의 발달과 운전기술의 향상뿐만 아니라 설비의 신뢰도가 향상되었고 사업장의 설비 유지관리 기술이 발전하면서 설비에 대한 정기보수 주기가 우수함으로 주기가 증가하는 추세에 있다. 그러므로 1990년에 제정된 안전밸브의 검사주기는 그대로 적용하고 있는 것은 현실적이지 못하다.

또한 안전밸브의 검사기간은 설비의 정기보수기간에 이루어지는 것을 원칙으로 하여야 하나 현재는 동일한 시기에 이루어지기가 어렵기 때문에 안전밸브의 검사유효기간은 정기보수기간과 일정 범위 이상을 초과하지 않는 기간 내에서 인증할 수 있는 방안이 도입될 필요가 있다.

### 5.1.3 안전밸브의 검사기간에 대한 안전상 문제점

안전밸브 검사를 위해서는 여러 가지의 안전작업이 요구되고, 매년 이루어져야 하므로 사업장에서는 검사를 기간 안에 하기 위해 동시에 많은 물량을 작업하거나 여러 검사업체를 이용하게 된다. 따라서 검사 수행에 따른 사고발생 가능성을 줄이기 위하여 가능한 모든 정기작업(예를 들어 안전밸브의 검사나 설비 검사 등)은 정기 보수기간에 전체적으로 실시할 수 있게 계획하는 것이 바람직하다.

## 5.2 안전밸브 검사주기의 개선방안

현재 「에너지이용합리화법」이나 「고압가스 안전관리법」에 있어서 PSM 대상사업장에 대한 안전밸브와 설비의 검사주기는 4년에서 최대 8년으로 연장 가능성이 있다. 그러나 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 PSM 대상사업장에서는 P등급을 받은 경우에 검사주기를 4년으로 적용이 가능하고, 그렇지 않을 경우에는 1년을 주기로 한다. 파열판과 직렬로 연결된 경우에는 2년의 검사주기가 적용될 수 있지만, 실제적으로 파열판과 직렬로 설치된 설비의 비용이 높지 않기 때문에 안전밸브 검사를 위해서는 관련된 설비의 운전을 정지하여야 하는 현실이다. 그러므로 P등급 이외의 사업장은 1년의 검사주기가 적용된다고 할 수 있다.

외국에는 대부분 자율적으로 검사주기를 결정하고 있으며, 법적으로 검사주기가 정해진 일본에서도 안전밸브의 검사주기는 2년으로 규정하고 있다.

따라서 안전밸브의 검사주기는 일정한 조건을 만족할 경우에는 연장하는 방안이 필요하다. 일정한 조건이라 함은 안전밸브가 설치된 설비의 운전형태, 안전밸브 및 설비에 관한 검사관리 능력과 사업장의 전체적인 안전관리를 토대로 평가한 결과를 말하며, 이러한 조건이 일정 수준의 이상이 되어야 한다.

## 6. 소결론

1) 사용압력을 초과할 우려가 있는 압력용기, 화학설비 등에 설치되는 압력 방출장치(안전밸브)는 사고를 예방할 수 있는 최소한의 안전장치이다. 따라서 설비의 안전성능을 보장하기 위해서는 설비에 부착된 안전밸브의 검사(토출 시험) 및 유지관리가 필요하다. 안전밸브의 토출시험은 (Popping Test) 실제 안전밸브가 설정압력에서 작동하는지 여부를 확인하는 시험으로 시험방법은 안전밸브를 해당설비에서 탈거하여 시험장치에서 가압 작동하는 것 외에는 다른 방법이 없다. 이로 인해 연속식 생산체계를 갖춘 화학공장의 단일형식으로 설치된 안전밸브는 대정비 기간을 제외하고는 안전밸브 토출시험을 시행하기 어려운 실정이다. 따라서 이러한 현실적인 여건을 감안하여 안전을 담보할 수 있는 범위내에서 설비의 운전기술, 유지관리 기술, 설비의 신뢰도 기술 향상을 고려한 검사주기의 개선이 필요하다.

2) 다만, 외국의 사례를 보면 일본의 노동안전위생법은 화학설비 및 그 부속설비의 정기자체검사는 2년에 1회로 규제하고 있으며, 미국의 경우 API STANDARD 510에서 부식성이 없고 파울링이 발생하지 않을 경우에는 검사 주기는 10년이고, 그렇지 않은 경우에는 최대 5년으로 권고하고 있다.

우리나라 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의한 압력용기 및 화학설비 등에 설치되는 안전밸브의 검사주기는 화학공정유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우에 매년 1회 이상이고, 안전밸브의 전단에 파열판이 설치된 경우에는 2년마다 1회 이상이다. 또한 공정안전보고서 제출대상으로서 고용노동부 장관이 실시하는 공정안전보고서 이행상태 평가 결과가 우수한 사업장인 경우에는 4년마다 1회, 「고압가스 안전관리법」에 의해 산업부장관이 고시하는 기법에 따라 적합성을 인정받은 압력용기는 그 재검사주기에 따라 토출시험을 할 수 있다.

위와 같이 안전밸브의 토출시험 주기는 국가별로, 업종별로, 사용환경별로 다종다양하다. 따라서 외국의 사례만을 참조하여 바로 현행 산업안전보건기준에 관한 규칙의 안전밸브 시험주기를 완화하는 것은 압력을 취급하는 설비의 파열 위험성에 대한 최소한의 안전조치인 안전밸브의 중요성을 고려했을 때 무리가 있다는 판단이다.

안전밸브의 사고로 인하여 인명손상에 어느 정도의 빈도와 크기로 작용할지에 대해서 추가적인 연구를 실시하여 그 영향을 파악하고 신중히 주기완화를 검토해야 할 것이다.

아울러 안전밸브의 사용환경과 조건을 획일화 하여 주기를 결정할 수 없다면 추가적인 연구를 통해 안전밸브에 대하여 사용 용도별, 설치 연도별, 크기별로 위험성을 평가하고, 위험성에 기반하여 설비의 검사주기를 예측하고, 이를 인정하는 방안도 장기적인 관리모델이 될 수 있을 것으로 판단된다.

#### **IV. 화염방지기 대체 통기밸브의 인정범위 검토 및 개선방안 (안전보건규칙 제269조)**

.....



## IV. 화염방지기 대체 통기밸브의 인정범위 검토 및 개선방안 (안전보건규칙 제269조)

### 1. 배경 및 검토 대상

#### 1.1 배경

산업안전보건기준에 관한 규칙 제269조 제1항의 “대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치”되는 경우에는 화염방지기 설치대상에서 제외하도록 하고 있으나, 화재사고의 예방을 위하여 화염방지기 관련 규정을 검토할 필요가 있다.

#### 1.2 검토 대상 및 범위

- 화염방지기 개요
- 국내의 화염방지기 관련 규정
- 국외의 화염방지기 관련 규정

### 2. 화염방지기

#### 2.1 화염방지기의 정의

화염방지기는 인화성 가스 또는 인화성 액체를 저장 및 수송하는 설비의 내부와 외부에서 화재가 발생할 경우 폭연 및 폭굉 상태의 화염이 인접설비로 전파되지 않도록 차단하는 장치이다. 인화성 액체의 증기나 인화성 가스를 대기로 방출하게 되면 외부에서 불꽃 등의 점화원으로 인하여 발화되고, 배기관을 통해 인화성 물질이나 인화성 가스가 저장된 공간으로 역화되어 화재 및

폭발을 일으킬 수 있다.

화염방지기는 소염소자식(건식)과 액봉식(습식)이 있으며, 일반적으로 건식은 순간적인 화염에너지만 다른 쪽으로 전파되는 것을 차단하는 기능이 있고, 습식은 담금 액체가 일정량 이하가 될 때까지 일정한 시간동안 화염에너지를 차단하는 기능이 있다.

## 2.2 화염방지기의 종류

사용목적에 따른 화염방지기의 종류에는 관말단 화염방지기와 관내 폭연방지기가 있다. 관말단 화염방지기는 증기 또는 가스를 대기 중으로 방출하는 통기관의 말단부분에 설치하여 설비의 외부에서 발생한 화염이 설비의 내부로 전파되지 않게 차단하는 보호기능을 가지고 있다. 관내 폭연방지기는 저장 및 취급하는 설비 사이에 연결된 배관에 설치하여 한 쪽의 설비에서 화재·폭발이 발생할 경우 반대편으로 화염전파를 차단하는 보호기능을 가지고 있다. 또한 관내 폭굉방지기는 저장·취급하는 설비에서 화재 및 폭발로 인해 긴 배관의 내부에서 가속화된 폭굉파가 발생하였을 경우 폭굉의 전파를 차단시켜 보호하는 기능을 가지고 있다.

## 2.3 화염방지기의 성능

화염방지기의 성능은 KOSHA GUIDE P-70-2019 “화염방지기 설치 등에 관한 기술지침”에 따르면 관말단 화염방지기, 관내 폭연방지기, 관내 폭굉방지기로 구분하여 화염방지기의 성능을 제시하고 있다(안전보건공단, 2019).

관말단 화염방지기는 한국산업규격 KS B 6845 “화염방지장치의 성능시험 방법”의 관말단 폭연방지장치 성능시험에 의해 성능을 판단한다.

또한 인화성 액체를 저장·취급하는 화학설비의 통기관을 통해 외부의 화염이 설비 내부로 전파되는 것을 방지할 성능을 가져야 하며, 화학설비에서 인화성 액체를 최대속도로 인입·배출할 때 설비가 가압상태 또는 진공이 되

지 않는 용량을 가져야 한다.

관내 폭연방지기와 관내 폭굉방지기는 한국산업 규격 KS B 6845 “화염방지 장치의 성능시험 방법”의 관내 폭연방지장치와 관내 폭굉방지장치 성능시험에 의해 성능을 판단하며, 화학설비 사이에서 발생된 화염과 폭굉파가 화학설비로 전파되는 것을 방지하기에 충분한 성능을 가져야 한다.

## 2.4 화염방지기의 설치

화염방지기는 보호대상 화학설비의 통기관 끝단에 설치를 권장하며, 통기관에 통기밸브가 있는 경우는 화학설비와 통기밸브의 사이에 화염방지기를 설치하여야 한다.

화염방지기의 유지보수 등을 위해 배관의 중간에 설치할 경우에는 인화성 가스나 증기의 특성을 고려한 관내 폭연방지 기 또는 관내 폭굉방지기를 설치하여야 한다. 관내 폭연방지기를 설치하여도 배관의 길이와 직경의 비가 20 배를 초과하는 경우에는 폭연이 폭굉으로 전이하여 폭굉 충격파에 의한 소염 소자의 손상 등이 발생되므로 폭굉방지기를 설치하여야 한다.

또한 인화점이 100 ℃ 이하인 물질을 저장할 때, 물질의 인화점을 초과할 경우에는 화염방지기를 설치해야 한다. 상온에서 저장 및 취급하는 액체의 인화점이 38 ℃ 이상 60 ℃ 이하일 때에는 화염방지기를 설치하지 않고 인화방지망을 설치할 수 있다.

### 3. 국내의 화염방지기 관련 규정

국내의 화염방지기 관련 규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 <표 IV-1>에 제시되어 있다.

#### <표 IV-1> 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 269조 제1항

① 사업주는 인화성 액체 및 인화성 가스를 저장 취급하는 화학설비에서 증기나 가스를 대기로 방출하는 경우에는 외부로부터의 화염을 방지하기 위하여 화염방지기를 그 설비상단에 설치하여야 한다. 다만, 대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치되어 있거나, 인화점이 섭씨 38도 이상 60도 이하인 인화성 액체를 저장·취급할 때에 화염방지 기능을 가지는 인화방지망을 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

② 사업주는 제1항의 화염방지기를 설치하는 경우에는 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준에서 정하는 화염방지장치 기준에 적합한 것을 설치하여야 하며, 항상 철저히 보수·유지하여야 한다.

## 4. 국외의 화염방지기 관련 규정

### 4.1. API 2000(1998 Edition) 4.4.1.2

API 2000 4.4.1.2는 화염방지기에 관한 내용으로써, 화염방지기는 화염속도가 통기밸브의 시트를 통과하는 증기속도보다 느리기 때문에 대기 벤트용 통기밸브와 함께 적용이 필요하지 않다는 것을 설명하고 있다(API, 1998).

#### 〈표 IV-2〉 화염방지기와 통기밸브의 기준

---

4.4.1.2 PV valve are recommended for use on atmospheric storage tanks in which petroleum or petroleum products with a flash point 100F(37.8°C) are stored and for use on tanks containing petroleum or petroleum products where the fluid temperature may exceed the flash point. A flame arrester is not considered necessary for use in conjunction with a PV valve venting to atmosphere because flame speeds are less than vapor velocities across the seats of PV valve (see API Publication 2210).

---

통기밸브는 인화점이 37.8°C 이하인 석유 또는 석유제품이 저장되어 있는 상압 저장탱크에서 유체 온도가 인화점을 초과할 수 있는 경우 사용하는 것이 권장된다. 화염방지기는 화염속도가 통기밸브의 시트를 통과하는 증기 속도보다 작기 때문에 대기 벤트용 통기밸브와 함께 적용이 필요하지 않다.

---

### 4.2. API 2000(2009 Edition 4.4.1.1, 2014 Edition 3.4.1.1)

〈표 IV-2〉는 압력 및 진공에 대한 정상적인 배기는 화염방지기가 있거나 없는 PV밸브에 또는 화염방지기가 있거나 없는 개방형 환기구에 의해 이루어져야 한다는 내용을 설명하고 있다.

### 〈표 IV-3〉 압력 및 진공에 대한 정상적인 배출

---

Normal venting for pressure and vacuum shall be accomplished by a PV valve with or without a flame-arresting device or by an open vent with or without a flame-arresting device.

---

### 4.3 Flame Arrester for Vents of Tanks Storing Petroleum Products(API Recommended Practice 2210 Third Edition, May 2000)

〈표 IV-3〉은 화염방지기에 관한 내용으로써, PV밸브 바깥쪽에서 긴 연소화염이 발생하면 밸브가 충분히 닫히는 것을 방해하여 밸브가 손상 입을 수 있다는 것을 나타내었다. 이와 같은 상황에서는 인화성 혼합물이 탱크내부에 존재하고 임계속도 이하로 유속이 떨어지면 역화가 발생할 가능성에 대하여 설명하고 있다(API, 2000).

### 〈표 IV-4〉 화염방지기를 대체하는 통기밸브

#### 5 Pressure-Vacuum Valves As a Substitute For Flame Arresters

5.1 NFPA 30 and OSHA 1910.106(b)(2)(iv)(f) recognize that a pressure-vacuum valve is an acceptable alternative to a flame arrester under certain circumstances. This recognition is based on tests started in 1920, supplemented by many years of experience.

5.2 Even in mixtures of maximum flammability, flame can not pass back through an opening if the efflux velocity exceeds a critical value. Tests by the Bureau of Mines and others made with mixtures of gasoline components and air flowing through openings typical of tank vents have demonstrated that this critical velocity is approximately 10 feet per second.

---

In a valve set to close when the upstream pressure falls below approximately 3/4 inch of water, the velocity of flow across the pallet-seat area exceeds twice this critical velocity. The flame propagation cannot overcome the gas flow to pass from the low-pressure to the high-pressure side. In these tests, flame was snuffed out when the valve closed as the upstream pressure was deliberately reduced to test and confirm this condition. Chapter 13 of the AIChE CCPS book, Guidelines for Engineering Design for Process Safety, discusses flame arresters and cites test work done which substantiates velocity flame stopping.

5.3 Tests have also shown that under some circumstances a long-burning flame at the valve outlet could damage the valve sufficiently to interfere with its closing. Under such circumstances, flashback may occur when the flow rate falls below the critical velocity, if a flammable mixture exists inside the tank.

## 5 압력-진공 밸브의 화염방지기로 대체

5.1 NFPA 30과 OSHA 1910.106(b)(2)(iv)(f)에서 압력-진공밸브가 어떤 환경하에서 화염방지기 대신에 허용할 수 있는 대안임을 인식하고 있다. 이 인식은 수많은 해의 경험이 누적된 1920년에 시작된 테스트를 기반으로 한다.

5.2 최대 인화성의 혼합물조차 유출속도가 임계값을 초과하면 화염은 개구부를 통과할 수 없다. 광산국과 다른기관의 시험에서 가솔린 성분과 공기 혼합물이 전형적인 탱크 벤트의 개구부를 통한 흐름이 대략 10 ft/s의 임계속도를 가지는 것으로 나타났다. 약 3/4인치 물 이하로 상위압력이 떨어질 때 펄릿-면 영역을 지나가는 속도가 이 임계속도 2배를 초과한다. 화염전파는 가스흐름이 저압에서 고압으로 흐르는 것을 극복할 수가 없다. 이 시험에서 의도적으로 밸브를 닫음으로써 상위압력이 감소되어지는 것을 시험했고 화염이 소멸하는 것을 확인했다. AIChE CCPS book(공정안전 설계 가이드라인)에서는 화염방지기에 대해 논의하고 속도로 화염이 멈추는 것을 입증하는 시험 작업을 인용하고 있다.

5.3 시험에서 또한 밸브 바깥쪽에서 긴 연소화염이 있는 상황에서는 밸브가 충분히 닫히는 것을 방해하여 밸브가 손상을 입을 수 있다는 것을 보여주고 있다. 그 같은 상황 하에서는 인화성 혼합물이 탱크내부에 존재하고 임계속도 이하로 유속이 떨어지면 역화가 일어날 수 있다.

## 5. 소결론

화염방지기(Flame Arrestor)는 설비 내 화재·폭발 시 배관을 통한 폭연·폭굉의 화염전파 또는 외부 화재 시 화염이 통기관을 통해 설비내부로 유입되는 것을 소염소자의 냉각작용에 의해 차단하는 장치이다.

현재 산업안전보건기준에 관한 규칙에는 인화성 액체 및 인화성 가스를 저장 취급하는 화학설비에서 증기나 가스를 대기로 방출하는 경우에는 외부로부터 화염을 방지하기 위하여 화염방지기를 통기관 말단에 설치하도록 규정하고 있다. 다만, 화학설비의 통기밸브가 설치된 때에는 화염이 역화 할 가능성이 적어지므로 외부로부터 화염을 방지하기 위해 통기관 말단의 화염방지기 설치 의무가 면제된다. 그러나 인화성 혼합물이 탱크내부에 존재하고 임계속도 이하로 유속이 떨어지면 역화가 일어날 수 있는 가능성이 있으므로 ‘화염방지 기능이 있는 통기밸브’라고 변경하는 것을 제안하고자 한다.

다만, 사용 중인 인화성 액체 등의 저장탱크 통기밸브에 화염방지 기능이 있는 통기밸브는 즉시 설비개선이 어려우므로 개선에 필요한 경과규정을 마련하는 것도 필요하다.

**V. 통기설비 및 화염방지기,  
방유제기준 검토 및 개선방안  
(안전보건규칙 제268조,  
269조, 272조)**





## V. 통기설비 및 화염방지기, 방유제 기준 검토 및 개선방안 (안전보건규칙 제268조, 269조, 272조)

### 1. 통기설비

#### 1.1 배경 및 검토 대상

##### 1.1.1 배경

상압저장탱크의 내부부상지붕탱크일 경우 고정지붕과 부상지붕 사이에는 유체를 저장하지 않는 빈 공간이 생긴다. 이때 화재가 발생할 경우 외부에서 발생된 화재를 대비한 긴급통기설비를 설치할 법적인 근거가 없어 화재·폭발의 가능성이 증가하게 되고, 탱크 내부 과압 또는 부압으로 인한 사고를 예방하고 위험물질을 저장·취급하는 설비의 안전을 위하여 통기설비에 대해 검토할 필요성이 있다.

##### 1.1.2 검토 대상 및 범위

- KOSHA GUIDE D-14-2018 기술지침
- 상압저장탱크의 사고 사례 및 예방대책

#### 1.2 KOSHA GUIDE D-14-2018

한국산업안전보건공단의 “통기설비 설치에 관한 기술지침”에는 인화성물질 등을 저장 및 취급하는 고정식 지붕탱크 및 용기의 통기설비 설치에 필요한

사항을 제시하고 있으며, 비상방출구(Emergency Vent)를 설치하여야 하는 비상운전 시에 관한 지침을 서술하고 있다(안전보건공단(1), 2018).

## 1.2.1 통기량 산출

### 1.2.1.1 정상운전

(1) 정상운전을 할 때 탱크 내·외부로 흡입과 배기를 하여야 하는 상태로 통기량은 탱크에서 저장·취급하는 유체의 이동에 의한 통기량과 온도 변화로 인한 통기량을 가산하여야 한다.

(2) 흡입통기량은 <식 1>에 의하여 산출한다.

$$Q_i = V_o + q_i \dots\dots\dots(1)$$

$Q_i$  : 흡입통기량(외부조건이 15 ℃, 101.3 kPa에서의 흡입 공기량) (m<sup>3</sup>/h)

$V_o$  : 탱크에 저장된 인화성 물질 등을 외부로 이송하는 최대량 (m<sup>3</sup>/h)

$q_i$  : 탱크 외부의 온도 변화(열 수축)로 인해 흡입되어야 하는 통기량 (m<sup>3</sup>/h)

외부 조건이 15 ℃, 101.3 kPa에서 초기 온도가 49 ℃일 경우에 흡입되어야 하는 통기량은 <표 V- 1>로 산출할 수 있으며, 그 외에는 <표 V-6>을 참고하여 산출한다.

〈표 V-1〉 초기 온도가 49 ℃일 경우에 흡입되어야 하는 통기량

| 저장용량(m <sup>3</sup> ) | 통기량(q <sub>i</sub> ) |
|-----------------------|----------------------|
| 3,180 미만              | 0.18V                |
| 3,180 이상              | 0.61S                |

$V$  : 탱크의 최대 저장용량 (m<sup>3</sup>)

$S$  : 탱크 표면적(옆판 및 지붕) (m<sup>2</sup>)

(3) 배기통기량은 아래의 기준에 의한다.

(가) 외부에서 인화점 38 ℃ 미만 또는 비점이 149 ℃ 미만인 인화성 물질을 탱크 내부로 이송할 때의 배기통기량은 〈식 2〉에 의하여 산출한다.

$$Q_o = 2.14 V_i + q_o \cdots \cdots \cdots (2)$$

$Q_o$  : 15 ℃, 101.3 kPa에서의 배기통기량(m<sup>3</sup>/h)

$V_i$  : 외부의 인화성 물질을 탱크 내부로 이송하는 최대량(m<sup>3</sup>/h)

$q_o$  : 탱크 외부의 온도변화로 배기되어야 하는 통기량(m<sup>3</sup>/h) 〈표 V-6〉을 참고하여 산출한다.

(나) 외부에서 인화점이 38 ℃이상 또는 비점이 149 ℃이상인 물질을 탱크 내부로 이송할 경우 배기통기량은 〈식 3〉에 의하여 산출한다.

$$Q_o = 1.07 V_i + q_o \cdots \cdots \cdots (3)$$

$Q_o$  : 15 ℃, 101.3 kPa에서의 배기통기량(m<sup>3</sup>/h)

$V_i$  : 외부의 인화성 물질을 탱크 내부로 이송하는 최대량(m<sup>3</sup>/h)

$q_o$  : 탱크 외부의 온도변화로 배기되어야 하는 통기량(m<sup>3</sup>/h) 〈표 V-6〉을 참고하여 산출한다.

### 1.2.1.2 비상운전

(1) 탱크 주변의 화재로, 탱크의 외부로 방출되어야 하는 비상배기량( $Q_o$ )은 <식 4>에 의하여 산출된다.

$$Q_o = 930 \left( \frac{H \cdot F}{L} \right) \left( \frac{T}{M} \right)^{0.5} \dots\dots\dots (4)$$

$Q_o$  : 15 ℃, 101.3 kPa에서의 비상배기량( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$L$  : 방출되는 온도·압력 하에서 저장되는 액체의 증발잠열( $\text{J/kg}$ )

$T$  : 저장되는 액체의 비점(K)

$M$  : 방출되는 증기의 분자량

$H$  : 화재 시 탱크 인입 열량(Watts) <표 V-2> 참조

$F$  : 환경인자 (Environmental factor) <표 V-3> 참조

(2) 탱크의 내부 액체 접촉면적(A)은 다음과 같이 계산한다. 다만, 지면과 직접 접촉되는 탱크의 바닥면적은 내부의 액체 접촉면적에서 제외한다.

(가) 구형 또는 타원형 탱크인 경우에는 전체 표면적의 55%, 높이 9 m까지의 표면적 중 큰 수치를 적용한다.

(나) 수평탱크인 경우에는 전체 표면적의 75%, 높이 9 m까지의 표면적 중 큰 수치를 적용한다.

(다) 수직탱크인 경우에는 높이 9 m까지 동체 측의 전체 표면적을 적용한다.

〈표 V-2〉 화재 시 탱크 인입 열량

| 액체 접촉면적<br>$A(m^2)$ | 탱크의 설계압력<br>[kPa(gauge)] | 인입 열량<br>$H(Watts)$ |
|---------------------|--------------------------|---------------------|
| 18.6 미만             | 101.3 이하                 | 63,150 $A$          |
| 18.6 이상 93 미만       | 101.3 이하                 | 224,200 $A^{0.566}$ |
| 93 이상 260 미만        | 101.3 이하                 | 630,400 $A^{0.338}$ |
| 260 이상              | 7.0 초과 101.3 이하          | 43,200 $A^{0.82}$   |
| 260 이상              | 7.0 이하                   | 4,129,700           |

〈표 V-3〉 환경인자(Environmental factor)

| 탱크 설계                                 | 보온재 열전달 계수      | 보온재 두께  | F-factor |
|---------------------------------------|-----------------|---------|----------|
|                                       | $W/m^2 \cdot K$ | mm(in)  |          |
| 보온재가 없는 금속 탱크                         | –               | 0(0)    | 1.0      |
| 보온되어진 탱크 <sup>1)</sup>                | 22.7            | 25(1)   | 0.3      |
|                                       | 11.4            | 51(2)   | 0.15     |
|                                       | 5.7             | 102(4)  | 0.075    |
|                                       | 3.8             | 152(6)  | 0.05     |
|                                       | 2.8             | 203(8)  | 0.0375   |
|                                       | 2.3             | 254(10) | 0.03     |
|                                       | 1.9             | 305(12) | 0.025    |
| 배출로 등을 통해서 안전하게 배출하는 경우 <sup>2)</sup> | –               | –       | 0.5      |

비고

- 1) 보온재는 불연성이어야 하며 538 °C (1000 °F)의 온도에서 분해되지 않아야 한다.
- 2) 배출로는 탱크로부터 1% 이상의 경사면을 가져야 하며 적어도 15 m 이상 되어야 한다. 배수로(웅덩이)의 용량은 배수가 가능한 가장 큰 탱크의 용량 이상이어야 한다.

(3) 유체의 특성이 hexan과 유사할 경우에는 〈표 V-4〉를 참고하여 비상배기량을 결정할 수 있다.

〈표 V-4〉 hexan과 유사할 경우 비상배기량

| 액체 접촉면적<br>$A(m^2)$ | 탱크의 설계압력<br>kPa(gauge) | 비상배기량<br>$Q_o(m^3/h)$              |
|---------------------|------------------------|------------------------------------|
| 260 미만              | 101.3 이하               | 〈표 V-7〉참조                          |
| 260                 | 7.0 이하                 | 21,047                             |
| 260 이상              | 7.0 초과 101.3 이하        | $q = 220 \times F \times A^{0.82}$ |

## 1.2.2 통기설비 설치

### 1.2.2.1. 정상운전

- (1) 통기관은 아래와 같이 설치하여야 한다.
  - (가) 직경은 32 mm 이상이어야 한다. 다만, 탱크의 용량, 내용물의 증기 압, 유입 및 유출되는 양에 따라 정상운전의 통기관을 만족하는 경우에는 그러하지 아니 하다.
  - (나) 빗물 등이 저장탱크의 내부로 들어가지 않도록 설치한다.
  - (다) 출구는 가스 및 증기의 흐름을 방해하지 않도록 설치하며, 조류 등에 의해 통기량이 막히는 것을 예방할 수 있도록 2~4메시의 철망을 붙인다.
- (2) 다음과 같은 인화성 물질을 저장 및 취급하는 탱크의 통기관에는 통기밸브를 설치하여야 한다. 다만 저장 및 취급하는 물질이 응축, 결정, 부식, 중합 또는 결빙되는 성질이 있으므로 통기밸브가 막힐 염려가 있을 경우에는 설치를 생략할 수 있다.
  - (가) 인화점이 38 ℃ 미만인 물질
  - (나) 인화점 이상으로 운전되는 물질
- (3) 정상운전 중에 통기관, 통기밸브 등을 통하여 흡입·배기하여야 하는 통기량은 1.2.1.1항의 통기량 이상이어야 한다.

### 1.2.2.2 비상운전

정상운전 시의 통기설비로는 외부 화재로 인하여 탱크에서 발생하는 비상배기량을 방출시킬 수 없을 경우에 다음과 같은 비상통기설비를 설치하여야 하고, 비상통기설비의 배기량은 1.2.1.2항의 비상배기량 이상이어야 한다. 다만, 이상적인 압력 상승 시 탱크의 지붕이 분리되도록 제작한 경우에 비상통

시설비를 설치한 것으로 본다.

- (1) 비상압력방출 긴급벤트커버(Emergency vent cover)
- (2) 비상압력방출용 게이지해치(Gauge hatch)
- (3) 기타 동등 이상의 성능을 갖는 것

### 1.2.2.3 통기관 크기

통기관의 직경은 정상운전 시와 비상운전 시에 흡입·배기하여야 하는 각 경우의 통기량 이상의 크기이어야 하며, 일반적으로는 제조사의 실험식, 표, 그래프 등으로 결정하는데 최소한 <표 V-5>의 크기 이상이 되도록 한다.

예를 들어 탱크 용량이 133 m<sup>3</sup>이고 화재 시 비상배기량에 따른 통기관 크기가 60 mm로 산정하였을지라도 <표 V-5>를 참조하여 100 mm 이상으로 통기관의 크기를 결정하여야 한다.

**<표 V-5> 탱크 용량에 따른 최소 통기관 배관 직경**

| 탱크 용량(m <sup>3</sup> ) | 최소 통기 배관(mm) |
|------------------------|--------------|
| 2 초과 11이하              | 40           |
| 11 초과 38이하             | 50           |
| 38 초과 76이하             | 65           |
| 76 초과 132이하            | 75           |
| 132 초과 18890이하         | 100          |

〈표 V-6〉 열 영향(온도 변화)으로 인한 일반적인 흡입 및 배기 요구량

| 탱크 용량 <sup>1)</sup> | 흡입 통기량                        | 배기통기량                                                                                  |                                                                                        |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| m <sup>3</sup>      | 흡입<br>공기량(m <sup>3</sup> /hr) | 인화점이 38 °C 이상<br>또는 비점이 149 °C 이<br>상일 경우 배기 공기량<br>(m <sup>3</sup> /hr) <sup>2)</sup> | 인화점이 38 °C 미만<br>또는 비점이 149 °C 미<br>만일 경우 배기 공기량<br>(m <sup>3</sup> /hr) <sup>3)</sup> |
| 10                  | 1.8                           | 1.1                                                                                    | 1.8                                                                                    |
| 20                  | 3.6                           | 2.1                                                                                    | 3.6                                                                                    |
| 100                 | 18                            | 11                                                                                     | 18                                                                                     |
| 200                 | 36                            | 22                                                                                     | 36                                                                                     |
| 300                 | 53                            | 32                                                                                     | 53                                                                                     |
| 500                 | 89                            | 54                                                                                     | 89                                                                                     |
| 700                 | 125                           | 75                                                                                     | 125                                                                                    |
| 1,000               | 179                           | 107                                                                                    | 179                                                                                    |
| 1,500               | 269                           | 161                                                                                    | 269                                                                                    |
| 2,000               | 357                           | 215                                                                                    | 357                                                                                    |
| 3,000               | 536                           | 321                                                                                    | 536                                                                                    |
| 3,180               | 568                           | 340                                                                                    | 568                                                                                    |
| 4,000               | 684                           | 410                                                                                    | 684                                                                                    |
| 5,000               | 832                           | 499                                                                                    | 832                                                                                    |
| 6,000               | 947                           | 569                                                                                    | 947                                                                                    |
| 7,000               | 1060                          | 636                                                                                    | 1060                                                                                   |
| 8,000               | 1139                          | 683                                                                                    | 1139                                                                                   |
| 9,000               | 1201                          | 721                                                                                    | 1201                                                                                   |
| 10,000              | 1279                          | 768                                                                                    | 1279                                                                                   |
| 12,000              | 1422                          | 853                                                                                    | 1422                                                                                   |
| 14,000              | 1565                          | 939                                                                                    | 1565                                                                                   |
| 16,000              | 1707                          | 1024                                                                                   | 1707                                                                                   |
| 18,000              | 1850                          | 1107                                                                                   | 1850                                                                                   |
| 20,000              | 1984                          | 1190                                                                                   | 1984                                                                                   |
| 25,000              | 2304                          | 1382                                                                                   | 2304                                                                                   |
| 30,000              | 2638                          | 1583                                                                                   | 2638                                                                                   |

1) 중간 탱크 용량에 대해 보간법(내삽법)을 사용할 수 있다.

2) 인화점이 38 °C 이상이거나 비점이 149 °C 이상일 경우 배기 공기량은 흡입 공기량의 60%로 가정한다.

3) 인화점이 38 °C 미만이거나 비점이 149 °C 미만일 경우 배기 공기량은 흡입 공기량과 동일한 것으로 가정한다.

〈표 V-7〉 화재 시 표면적에 따른 긴급 배기 요구량

| 액체 접촉면적<br>$A(m^2)$ | 배기통기량<br>$Q_o(m^3/hr)$ | 액체 접촉면적<br>$A(m^2)$ | 배기통기량<br>$Q_o(m^3/hr)$ |
|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| 2                   | 643                    | 35                  | 8548                   |
| 3                   | 965                    | 40                  | 9219                   |
| 4                   | 1287                   | 45                  | 9854                   |
| 5                   | 1608                   | 50                  | 10460                  |
| 6                   | 1929                   | 60                  | 11598                  |
| 7                   | 2252                   | 70                  | 12655                  |
| 8                   | 2573                   | 80                  | 13648                  |
| 9                   | 2894                   | 90                  | 14589                  |
| 11                  | 3538                   | 110                 | 16344                  |
| 13                  | 4181                   | 130                 | 16651                  |
| 15                  | 4824                   | 150                 | 17476                  |
| 17                  | 5467                   | 175                 | 18411                  |
| 19                  | 6110                   | 200                 | 19261                  |
| 22                  | 6572                   | 230                 | 20193                  |
| 25                  | 7066                   | 260                 | 21047                  |
| 30                  | 7834                   | >260                | 〈표V-4〉 참조              |

비고

화재 시 표면적에 따른 긴급 배기 요구량은 hexan과 비슷한 성질을 가지는 많은 유체에 대하여 적용 가능하다

### 1.3 상압저장탱크

상압저장탱크는 탱크의 상부압력이 대기압에서 6.9 kPa까지 압력으로 운전할 수 있도록 설계되어 있으며, 충전작업, 출하작업 및 외부의 온도변화로 인하여 진공이나 과압으로 탱크의 파손이 발생할 수 있기 때문에 공기를 흡입하거나 배출하기 위하여 통기관을 설치하여야 한다.

또한 상압저장탱크는 부상지붕탱크와 고정지붕탱크로 구분한다. 부상지붕탱크는 배기로 인한 손실을 최소화 하는 구조로서 충전작업을 할 경우에 액위가 상승함에 따라 부상지붕이 함께 상승하는 탱크로써, 비나 눈 등으로 부상지붕이 손상될 우려가 있는 경우에는 고정지붕을 추가로 설치한 내부부상탱크와 설치하지 않은 외부부상지붕탱크로 구분한다.

#### 1.3.1 상압저장탱크의 사고 사례

2018년 10월 7일 고양시 소재 OO공사에서 사업장의 외부에서 날아온 풍등이 가솔린 탱크 주변의 잔디에 떨어져 발생한 화재로 인하여 부상지붕과 고정지붕 사이에 체류하고 있던 가솔린 증기에 화염이 전파되어 화재·폭발 사고가 발생하였다.

이 사고는 과압·진공에 의한 탱크의 파손, 화염의 전파로 인한 탱크의 폭발 및 Overflow에 의한 증기폭발로 인하여 발생되었다. 또한 사업장의 외부에서 풍등이 날아 들어온 일은 흔치 않은 경우이나, 저장탱크 주변의 잔디가 가연물이 된 점과 풍등에 의한 화재가 18분간 인지되지 못하여 화재의 확대의 요인이 되었다.

#### 1.3.2 상압저장탱크의 사고 예방대책

상압저장탱크에는 충분한 크기의 통기관을 설치하여야 하며, 긴급통기설비와 Frangible roof를 설치함으로써 화재 발생 시 충분한 양의 유증기를 배출

하고, 탱크내부에서 폭발 시 지붕이 분리되어 탱크 동체를 보호할 수 있을 것이다.

또한 긴급통기설비를 설치하여 탱크를 보호할 수 있으며, 외부에서 발생된 화염이 탱크의 내부로 전파되는 것을 방지하기 위하여 통기관에 화염방지 기능이 있는 설비를 설치하여야 한다. 내부부상지붕탱크의 통기관에 화염방지기를 설치하여 환기에 방해가 될 경우에는 고정지붕 하부에 질소퍼지시스템을 설치하는 것이 이상적이다(임지표 외, 2019).

## 1.4 소결론

대형 정유공장이나 저유소와 같이 규모가 클 경우에는 고정지붕탱크의 통기관에 통기밸브를 설치하여 과압·진공이 발생할 경우에 배기나 흡기될 수 있도록 하여 저장유종 손실을 줄이는 한편, 휘발성유기화합물(V.O.C.) 배출을 최소화하여 환경부하를 저감하는 것이 바람직하다.

통기밸브는 일정한 압력에서 개방되어 탱크 내부의 증기를 배출시키고, 일정한 진공압력에서 개방되어 외부의 공기를 흡입해야 한다. 통기관은 앞서 제시한 기술기준 등에서 요구하는 흡배기량을 충족할 수 있는 크기로 설치하여 운전 중 탱크 내부 과압 또는 부압으로 인한 좌굴 등 사고를 예방하는 한편, 탱크 지붕과 측벽의 약한 부위(Fragile roof to shell joint)를 통해 탱크내부에서 폭발 시 지붕이 분리되어 탱크의 동체를 보호할 수 있도록 설치하여야 한다.

또한 긴급통기설비를 설치하여 탱크를 보호할 수 있으며, 외부에서 발생된 화염이 탱크의 내부로 전파되는 것을 방지하기 위하여 통기관에 화염방지 기능이 있는 설비를 설치하여야 한다. 내부부상지붕탱크의 통기관에 화염방지를 설치하여 환기에 방해가 될 경우에는 고정지붕의 하부에 질소퍼지시스템을 설치하는 것이 이상적이다.

## 2. 화염방지기

### 2.1 배경 및 검토 대상

#### 2.1.1 배경

화염방지기의 성능 시험 방법을 규정한 KS B 6845에서는 관내 폭연방지장치, 관말단 폭연방지장치, 폭굉 방지장치에 대하여 규정하고 있다. 폭연과 폭굉은 화염에 따라 구분하며 폭굉은 전이상태가 불안정한(Unstable)상태, 안정한(Stable)상태로 구분한다. 또한 화염방지기는 폭연·폭굉 등 용도에 적합하도록 설치되어야 하나 국내 실험 인증기관이 없어 적용에 곤란한 현실이다(한국표준협회, 2019).

또한 산업안전보건기준에 관한 규칙 제269조에 따르면 대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치되어 있는 경우에는 화염방지기가 설치된 것으로 보아야하나, 2018년 10월에 경기도 고양의 저유소에서 발생한 저장탱크 폭발 사고는 대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치되어 있음에도 발생한 사고로 화염방지기를 추가적으로 설치할 것을 검토할 필요가 있다.

#### 2.1.2 검토 대상 및 범위

- 국내 화염방지기 관련 규정
- 국내·외 화염방지기 성능 기준

### 2.2 화염의 전파속도

폭발은 화염의 전파속도가 음속을 기준으로 아음속일 때 폭연이라 하고, 초음속일 때 폭굉이라고 한다. 폭연의 경우 기체의 조성 또는 농도에 따라 다

르지만 화염면에서 전파의 속도가 0.1~10 m/s로서, 폭발로 전이될 수 있다. 또한 폭굉의 경우 화염면에서 전파속도가 1000~3500 m/s이며, 폭굉이 발생하는 과정에서 압축파를 형성하여 격렬한 파괴현상을 일으키므로 매우 위험하다. 따라서 폭연과 폭굉이 발생된 화염을 차단하는 장치인 화염방지기가 필요하다.

### 2.3 국내의 화염방지기 관련 규정

국내의 화염방지기 관련 규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제269조에 제시되어 있으며, 세부내용은 다음과 같다.

- ① 사업주는 인화성 액체 및 인화성 가스를 저장 취급하는 화학설비에서 증기나 가스를 대기로 방출하는 경우에는 외부로부터의 화염을 방지하기 위하여 화염방지기를 그 설비상단에 설치하여야 한다. 다만, 대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치되어 있거나, 인화점이 섭씨 38도 이상 60도 이하인 인화성 액체를 저장·취급할 때에 화염방지기능을 가지는 인화방지망을 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.
- ② 사업주는 제1항의 화염방지기를 설치하는 경우에는 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준에서 정하는 화염방지장치 기준에 적합한 것을 설치하여야 하며, 항상 철저히 보수·유지하여야 한다.

### 2.4 한국소방산업기술원 폭연시험방법

위험물 안전제품의 형식인정과 성능검사에 관한 기술기준 제15조에는 폭연방지시험의 조건과 시험방법, 판정기준을 다음과 같이 나타내었다.

- ① 폭연방지시험과 단시간연소시험 및 조건은 아래와 같다.
  1. 시험은 완성품으로 한다.
  2. 시험을 실시하는 동안 화염방지장치를 변형하거나 교체해서는 안된다.

3. 시험온도는  $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 에서 실시한다.
4. 시험에 사용되는 가스는 다음의 <표 V-8>에 따른다.

&lt;표 V-8&gt; 시험을 위한 혼합가스의 특징

| 적용 범위      |                 | 시험가스의 요구 사항 |          |                |
|------------|-----------------|-------------|----------|----------------|
| 화염방지 장치 구분 | 최대 시험 안전틈새(mm)  | 가스의 종류      | 가스 순도(%) | 가스 농도(%)       |
| Ⅱ A        | 0.9 이상          | 프로판         | 95 이상    | $4.2 \pm 0.2$  |
| Ⅱ B        | 0.5 이상 ~ 0.9 미만 | 에틸렌         | 98 이상    | $6.5 \pm 0.5$  |
| Ⅱ C        | 0.5 미만          | 수소          | 99 이상    | $25.5 \pm 2.0$ |
|            |                 | 아세틸렌        | 99 이상    | $14.0 \pm 0.5$ |

비고

- 1) 시험가스는 이 표에서 정한 조성을 가진 공기와의 혼합가스로 하고 그 초기압력은 대기압으로 한다.
- 2) ⅡC의 화염방지장치는 ⅡA, ⅡB의 화염방지장치를 사용하는 장소에, 또 ⅡB의 화염방지장치는 ⅡA의 화염방지장치를 사용하는 장소에서도 사용할 수 있다.

② 폭연방지시험에 관한 방법은 다음 각 호에 의한다.

1. 시험 장치는 폭연방지 시험장치 기준에 따른다.
2. 같은 시험가스의 공급은 규정에 의한 장치를 사용한다.
3. 시험가스를 플라스틱 주머니가 충분히 팽창하도록 주입한다.
4. 시험가스의 주입을 차단한다.
5. 점화원은 점화플러그를 사용하며, 점화원의 위치에서 각각 2회 점화한다. 다만, 성능시험은 화염방지장치와 가장 먼 점화원에서 1회만 점화한다.

- ③ 폭연방지시험의 판정기준은 각 점화원의 위치에서 시험을 실시하는 동안 파열판이 파열되지 않아야 한다.

## 2.5 국내의 화염방지기 성능 기준

화염방지기의 성능시험 방법을 규정한 KS B 6845에서는 관내 폭연방지장치, 관내 폭굉방지장치, 관말단 폭연방지장치에 대한 화염방지기의 성능시험 실시 항목을 나타내었다(한국표준협회, 2019).

- 관내 폭연방지장치 : 관내 폭연방지 성능시험, 연속 연소 성능시험, 단시간 연소 성능시험
- 관말단 폭연방지장치 : 관말단 폭연방지 성능시험, 연속 연소 성능시험, 단시간 연소 성능시험
- 관내 폭굉방지장치 : 폭굉방지 성능시험

## 2.6 국외의 화염방지기 성능 기준

### 2.6.1 영국

영국의 경우 BS EN 12874에서 화염방지기별로 시험 방법을 규정하고 있다. 시험방향은 한 방향과 양 방향이 있으며, 화염에 따라 폭연, 폭굉으로 구분하고, 폭굉의 경우 전이상태가 안정한(Stable)상태 또는 불안정한(Unstable)상태로 구분한다. 또한 설치위치에 따라 관내 폭연방지장치, 관내 폭굉방지장치, 관말단 폭연방지장치, 관말단 폭굉방지장치 및 Pre-volume vessel에서의 폭연 방지장치로 구분한다(BS, 2001).

## 2.6.2 미국

### 2.6.2.1 33 CFR 154

33 CFR 154는 폭굉용 화염방지기의 기준으로 증기의 온도가 60 °C를 초과하지 않는 가연성 액체 또는 가연성 액체의 증기를 포함하는 시스템 보호를 위한 폭굉용 화염방지기에 적용한다. 또한 시험장치에 화염이 정지한 상태로 있을 경우에 사용할 수 있는 시험방식과 화염이 정지한 상태로 있지 않을 경우에 자동 차단밸브 등을 통하여 화염의 통제를 방지하기 위한 시험방식이 있다(CFR, 2018).

### 2.6.2.2 API RP 2028

API Recommended Practice 2028에는 배관에서의 화염방지기의 폭연 및 폭굉 시험과 화염유지 시험을 규정하고 있다. 폐쇄 배관 시스템에 사용되는 화염방지기의 경우에는 폭연 및 폭굉 시험을 진행함과 동시에 탈염 시험을 수행한다(API, 2002).

## 2.7 통기관에 화염방지기 설치의 문제점

위험물이 저장된 탱크에 외부에서 화염이 탱크 내부로 전파되는 것을 방지하기 위하여 통기관에 화염방지기를 설치할 수 있지만 설치 및 유지관리 비용이 들고, 50 kg 이상의 화염방지기를 고정지붕에 10개 이상 설치하게 되면 내부부상지붕탱크의 경우에는 화염방지기의 중량을 고정지붕이 견딜 수 없게 되는 문제가 발생한다(임지표 외, 2019).

## 2.8 소결론

1) 화염방지 성능에 관한 기준은 미국의 API 650과 국내 기준에서의 요구 사항은 큰 차이가 없으나 화염방지 성능 시험을 통해 인증을 받아야 한다. 현재 한국소방산업기술원에서 시험 및 인증을 하고 있으나, 폭굉 시험을 인증할 자체 규격이 없어 매우 곤란한 현실이다. 따라서 폭굉의 경우 충격파의 압력이 폭연의 10배 이상이므로 매우 위험하기 때문에 추가적인 연구와 실험을 할 수 있는 국내 실험 인증기관을 마련하는 것을 검토할 필요가 있다.

2) 2018년 10월에 경기도 고양시의 내부부상지붕탱크인 가솔린 저장탱크에서 발생한 사고의 경우 외부에서 날아온 점화원인 풍등에 의해 발생한 화염이 고정지붕 바깥쪽에 설치되어 있던 통기관을 통해 저장탱크의 내부로 화염이 전파되어 화재·폭발사고로 이어졌다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제269조에 따르면 대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치되어 있는 경우에는 화염방지기가 설치된 것으로 보아야하나, 고양 저유소에서 발생한 저장탱크 폭발 사고는 대기로 연결된 통기관에 통기밸브가 설치되어 있음에도 발생한 사고로 화염방지기를 추가적으로 설치할 것을 검토할 필요가 있다.

하지만 50 kg 이상의 화염방지기를 고정지붕에 10개 이상 설치하게 되면 내부부상지붕탱크의 경우에는 화염방지기의 중량을 고정지붕이 견딜 수 없게 되는 문제가 발생한다. 따라서 이와 유사한 사고 사례 및 시뮬레이션을 통한 화염방지기의 재질, 성능 등에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 방유제

#### 3.1 배경 및 검토 대상

##### 3.1.1 배경

산업안전보건기준에 관한 규칙 제272조에서는 인화성 액체, 인화성 가스, 부식성물질, 급성 독성 물질에 대하여 액체 상태로 저장하는 저장탱크를 설치하는 경우에는 위험물질이 누출되어 확산되는 것을 방지하기 위하여 방유제를 설치하도록 하고 있으나, 방유제 설치 대상이 되는 저장탱크에 대한 최소 용량 기준, 배수 기준, 설치 기준이 없는 것이 문제점으로 대두되고 있어 이에 대한 기준을 정하고자 한다.

##### 3.1.2 검토 대상 및 범위

- 국내·외 방유제 관련 규정
- 국외 방유제 관련 사고 사례

#### 3.2 국내·외 방유제 설치 기준

##### 3.2.1. 산업안전보건법의 설치 기준

##### 3.2.1.1 산업안전보건기준에 관한 규칙의 설치 기준

산업안전보건기준에 관한 규칙 제272조(방유제 설치)에는 별표 1의 제4호부터 제7호까지의 위험물을 액체 상태로 저장하는 저장탱크를 설치하는 경우에 위험물질이 누출되어 확산되는 것을 방지하기 위하여 방유제를 설치하도록 규정하고 있다. 위험물의 종류에 따른 방유제 설치 대상은 <표 V-9>와 같다.

〈표 V-9〉 위험물질 종류에 따른 방유제 설치대상

| 위험물질의 종류                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 방유제 적용여부 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. 폭발성 물질 및 유기과산화물                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 비대상      |
| 2. 물반응성 물질 및 인화성 고체                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 비대상      |
| 3. 산화성 액체 및 산화성 고체                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 비대상      |
| 4. 인화성 액체 : 인화점 60 ℃이하인 물질                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 대상       |
| 5. 인화성 가스                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 대상       |
| 6. 부식성 물질<br>가. 부식성 산류<br>(1) 농도가 20퍼센트 이상인 염산, 황산, 질산, 그 밖에 이와 같은 정도 이상의 부식성을 가지는 물질<br>(2) 농도가 60퍼센트 이상인 인산, 아세트산, 불산, 그 밖에 이와 같은 정도 이상의 부식성을 가지는 물질<br>나. 부식성 염기류<br>농도가 40퍼센트 이상인 수산화나트륨, 수산화칼륨, 그 밖에 이와 같은 정도 이상의 부식성을 가지는 염기류                                                                                                                                                            | 대상       |
| 7. 급성 독성 물질<br>가. 쥐에 대한 경구투입실험에 의하여 실험동물의 50퍼센트를 사망시킬 수 있는 물질의 양, 즉 LD50(경구, 쥐)이 킬로그램당 300밀리그램-(체중) 이하인 화학물질<br>나. 쥐 또는 토끼에 대한 경피흡수실험에 의하여 실험동물의 50퍼센트를 사망시킬 수 있는 물질의 양, 즉 LD50(경피, 토끼 또는 쥐)이 킬로그램당 1000밀리그램 -(체중) 이하인 화학물질<br>다. 쥐에 대한 4시간 동안의 흡입실험에 의하여 실험동물의 50퍼센트를 사망시킬 수 있는 물질의 농도, 즉 가스 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 2500ppm 이하인 화학물질, 증기 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 10mg/ℓ 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트 1mg/ℓ 이하인 화학물질 | 대상       |

### 3.2.1.2 안전보건기술지침의 방유제 기준

KOSHA GUIDE D-8-2017은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제272조(방유제 설치)에 따라 액체상태의 위험물을 저장하는 저장탱크에서 위험물질이 외부로 누출 시 확산되는 것을 방지하기 위하여 설치하는 방유제에 관한 기술적인 내용을 제시하고 있다<표 V-10>. 적용범위는 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9의 제4호 내지 제7호에 따른 위험물질 기준량은 <표 V-11>과 같다.

#### <표 V-10> KOSHA GUIDE D-8-2017에 따른 방유제의 유효용량과 안전거리

##### 5. 방유제의 유효용량

- (1) 하나의 저장탱크 주위에 설치하는 방유제 내부의 유효용량은 저장탱크의 용량 이상이어야 하며, 둘 이상의 저장탱크 주위에 설치하는 방유제 내부의 유효용량은 방유제 내부에 설치된 저장탱크 중 용량이 가장 큰 저장탱크 하나 이상의 용량(각각의 저장탱크가 서로 격리된 구조로 설치된 경우에 한한다.)이어야 한다. 다만, 위험물질 저장탱크 주위에 다음의 기준에 적합한 배출로 및 저조시설 등을 설치하여 누출된 위험물질을 안전한 장소로 유도할 수 있는 조치를 하였을 경우에는 그러하지 아니 한다.
  - (가) 저장탱크에서 저조 등까지의 배출로는 누출된 위험물질이 자유로이 배출될 수 있도록 1 % 이상 경사를 유지하도록 하는 경우
  - (나) 저조 등의 용량은 가장 큰 저장탱크에서 누출된 위험물질을 충분히 저장할 수 있도록 하는 경우
- (2) 표준압력(101.3 kPa), 20 °C에서 가스상태인 위험물질을 액체상태로 저장하는 저장탱크 주위에 설치하는 방유제는 누출된 위험물질의 기화를 억제할 수 있도록 방유제 내부의 단면적을 최소화하여야 한다.

##### 6. 방유제와 저장탱크 사이의 거리

방유제 내면과 저장탱크 외면 사이의 거리는 1.5 m 이상을 유지하여야 한다.

〈표 V-11〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9의 위험물질별 기준량

| 번호  | 위험물의 종류          |                                                         | 기준량       |
|-----|------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 제4호 | 인화성 액체           | 인화점이 23 °C 미만이고 초기 끓는점이 35 °C 이하                        | 200리터     |
|     |                  | 인화점이 23 °C 미만이고 초기 끓는점이 35 °C 를 초과                      | 400리터     |
|     |                  | 인화점이 23 °C 이상 60 °C 이하인 물질                              | 1000리터    |
| 제5호 | 인화성가스            |                                                         | 30세제곱미터   |
| 제6호 | 부식성 물질           | 농도가 20퍼센트 이상인 염산·황산·질산, 그 밖에 이와 동등 이상의 부식성을 가지는 물질      | 300킬로그램   |
|     |                  | 농도가 60퍼센트 이상인 인산·아세트산·불산, 그 밖에 이와 동등 이상의 부식성을 가지는 물질    | 300킬로그램   |
|     |                  | 농도가 40퍼센트 이상인 수산화나트륨·수산화칼륨, 그 밖에 이와 동등 이상의 부식성을 가지는 염기류 | 300킬로그램   |
| 제7호 | 급성독성물질(9종으로 세분류) |                                                         | 5~100킬로그램 |

### 3.2.2 위험물안전관리법의 방유제 기준

#### 3.2.2.1 방유제 일반기준

「위험물안전관리법」의 위험물과 지정수량은 「위험물안전관리법」 제2조 및 같은 법 시행령 제2조의 별표 1에 규정되어 있다.

「위험물안전관리법」의 방유제에 대한 일반기준은 위험물안전관리법 시행규칙 제28조와 관련된 별표 4에 언급되어 있으며, <표 V-12>와 같이 해당 위험물질의 지정수량에 따른 용량과 관련된 사항을 언급하고 있다. 옥외탱크저장소에는 “방유제”를 설치하고, 옥내탱크저장소 주위에는 “방유턱”을 설치하도록 규정하고 있다.

### 〈표 V-12〉 방유제 일반기준

#### IX. 위험물 취급탱크

1. 위험물제조소의 옥외에 있는 위험물취급탱크(용량이 지정수량의 5분의 1 미만인 것을 제외한다)는 다음 각목의 기준에 의하여 설치하여야 한다.
  - 가. 옥외에 있는 위험물취급탱크의 구조 및 설비는 별표 6 VI제1호(특정옥외저장탱크 및 준특정옥외저장탱크와 관련되는 부분을 제외한다)·제3호 내지 제9호·제11호 내지 제14호 및 XIV의 규정에 의한 옥외탱크저장소의 탱크의 구조 및 설비의 기준을 준용할 것
  - 나. 옥외에 있는 위험물취급탱크로서 액체위험물(이황화탄소를 제외한다)을 취급하는 것의 주위에는 다음의 기준에 의하여 방유제를 설치할 것
    - 1) 하나의 취급탱크 주위에 설치하는 방유제의 용량은 당해 탱크용량의 50% 이상으로 하고, 2 이상의 취급탱크 주위에 하나의 방유제를 설치하는 경우 그 방유제의 용량은 당해 탱크 중 용량이 최대인 것의 50%에 나머지 탱크용량 합계의 10%를 가산한 양 이상이 되게 할 것. 이 경우 방유제의 용량은 당해 방유제의 내용적에서 용량이 최대인 탱크 외의 탱크의 방유제 높이 이하 부분의 용적, 당해 방유제 내에 있는 모든 탱크의 지반면 이상 부분의 기초의 체적, 간막이 독의 체적 및 당해 방유제 내에 있는 배관 등의 체적을 뺀 것으로 한다.
    - 2) 방유제의 구조 및 설비는 별표 6 IX제1호 나목·사목·차목·카목 및 파목의 규정에 의한 옥외저장탱크의 방유제의 기준에 적합하게 할 것
2. 위험물제조소의 옥내에 있는 위험물취급탱크(용량이 지정수량의 5분의 1 미만인 것을 제외한다)는 다음 각목의 기준에 의하여 설치하여야 한다.
  - 가. 탱크의 구조 및 설비는 별표 7 I 제1호 마목 내지 자목 및 카목 내지 파목의 규정에 의한 옥내탱크저장소의 위험물을 저장 또는 취급하는 탱크의 구조 및 설비의 기준을 준용할 것
  - 나. 위험물취급탱크의 주위에는 턱(이하 "방유턱"이라고 한다)을 설치하는 등 위험물이 누설된 경우에 그 유출을 방지하기 위한 조치를 할 것. 이 경우 당해조치는 탱크에 수납하는 위험물의 양(하나의 방유턱 안에 2 이상의 탱크가 있는 경우는 당해 탱크 중 실제로 수납하는 위험물의 양이 최대인 탱크의 양)을 전부 수용할 수 있도록 하여야 한다.

### 3.2.2.2 옥외탱크저장소의 방유제 기준

위험물안전관리법 시행규칙 제30조(옥외탱크저장소의 기준)에 따른 별표 6의 “옥외탱크저장소의 위치·구조 및 설비의 기준” 중 방유제에 관한 사항은 <표 V-13>과 같다. 여기서 저장탱크와 방유제 사이의 거리는 인화점이 200℃ 미만인 액체위험물질에 대해서는 아래와 같은 안전거리를 요구하고 있다. 그러나 그 외의 물질에 대해서는 저장탱크 외벽과 방유제 사이의 거리는 규정하지 않고 있다.

**<표 V-13> 옥외탱크저장소의 방유제 기준**

#### Ⅸ. 방유제

1. 인화성 액체위험물(이황화탄소를 제외한다)의 옥외탱크저장소의 탱크 주위에는 다음 각목의 기준에 의하여 방유제를 설치하여야 한다.
  - 가. 방유제의 용량은 방유제안에 설치된 탱크가 하나인 때에는 그 탱크 용량의 110% 이상, 2기 이상인 때에는 그 탱크 중 용량이 최대인 것의 용량의 110% 이상으로 할 것. 이 경우 방유제의 용량은 당해 방유제의 내용적에서 용량이 최대인 탱크 외의 탱크의 방유제 높이 이하 부분의 용적, 당해 방유제내에 있는 모든 탱크의 지반면 이상 부분의 기초의 체적, 간막이 독의 체적 및 당해 방유제 내에 있는 배관 등의 체적을 뺀 것으로 한다.
  - 나. 방유제는 높이 0.5 m 이상 3 m 이하, 두께 0.2 m 이상, 지하매설깊이 1 m 이상으로 할 것. 다만, 방유제와 옥외저장탱크 사이의 지반면 아래에 불침윤성(不浸潤性) 구조물을 설치하는 경우에는 지하매설깊이를 해당 불침윤성 구조물까지로 할 수 있다.
  - 다. 방유제내의 면적은 8만㎡ 이하로 할 것
  - 라. 방유제내의 설치하는 옥외저장탱크의 수는 10(방유제내에 설치하는 모든 옥외저장탱크의 용량이 20만ℓ 이하이고, 당해 옥외저장탱크에 저장 또는 취급하는 위험물의 인화점이 70℃ 이상 200℃ 미만인 경우에는 20℃ 이하로 할 것. 다만, 인화점이 200℃ 이상인 위험물을 저장 또는 취급하는 옥외저장탱크에 있어서는 그러하지 아니하다.
  - 마. 방유제 외면의 2분의 1 이상은 자동차 등이 통행할 수 있는 3 m 이상의 노면폭을 확보한 구내도로(옥외저장탱크가 있는 부지내의 도로를 말한다. 이하 같다)에 직접 접하도록 할 것. 다만, 방유제 내에 설치하는 옥외저장탱크의 용량합계가 20만ℓ 이하인 경우에는 소화활동에 지장이 없다고 인정되는 3 m 이상의 노면폭을 확보한 도로 또는 공지에 접하는 것으로 할 수 있다.
  - 바. 방유제는 옥외저장탱크의 지름에 따라 그 탱크의 옆판으로부터 다음에 정하는 거리를

- 유지할 것. 다만, 인화점이 200 °C 이상인 위험물을 저장 또는 취급하는 것에 있어서는 그러하지 아니하다.
- 1) 지름이 15 m 미만인 경우에는 탱크 높이의 3분의 1 이상
  - 2) 지름이 15 m 이상인 경우에는 탱크 높이의 2분의 1 이상
- 사. 방유제는 철근콘크리트로 하고, 방유제와 옥외저장탱크 사이의 지표면은 불연성과 불침윤성이 있는 구조(철근콘크리트 등)로 할 것. 다만, 누출된 위험물을 수용할 수 있는 전용유조(專用油槽) 및 펌프 등의 설비를 갖춘 경우에는 방유제와 옥외저장탱크 사이의 지표면을 흙으로 할 수 있다.
- 아. 용량이 1,000만 ℓ 이상인 옥외저장탱크의 주위에 설치하는 방유제에는 다음의 규정에 따라 당해 탱크마다 간막이 독을 설치할 것
- 1) 간막이 독의 높이는 0.3 m(방유제 내에 설치되는 옥외저장탱크의 용량의 합계가 2억 ℓ를 넘는 방유제에 있어서는 1m)이상으로 하되, 방유제의 높이보다 0.2 m 이상 낮게 할 것
  - 2) 간막이 독은 흙 또는 철근콘크리트로 할 것
  - 3) 간막이 독의 용량은 간막이 독안에 설치된 탱크의 용량의 10% 이상일 것
- 자. 방유제 내에는 당해 방유제 내에 설치하는 옥외저장탱크를 위한 배관(당해 옥외저장탱크의 소화설비를 위한 배관을 포함한다), 조명설비 및 계기시스템과 이들에 부속하는 설비 그 밖의 안전확보에 지장이 없는 부속설비 외에는 다른 설비를 설치하지 아니할 것.
- 차. 방유제 또는 간막이 독에는 해당 방유제를 관통하는 배관을 설치하지 아니할 것. 다만, 위험물을 이송하는 배관의 경우에는 배관이 관통하는 지점의 좌우방향으로 각 1 m 이상까지의 방유제 또는 간막이 독의 외면에 두께 0.1 m 이상, 지하매설깊이 0.1 m 이상의 구조물을 설치하여 방유제 또는 간막이 독을 이중구조로 하고, 그 사이에 토사를 채운 후, 관통하는 부분을 완충재 등으로 마감하는 방식으로 설치할 수 있다.
- 카. 방유제에는 그 내부에 고인 물을 외부로 배출하기 위한 배수구를 설치하고 이를 개폐하는 밸브 등을 방유제의 외부에 설치할 것
- 타. 용량이 100만 ℓ 이상인 위험물을 저장하는 옥외저장탱크에 있어서는 카목의 밸브 등에 그 개폐상황을 쉽게 확인할 수 있는 장치를 설치할 것
- 파. 높이가 1 m를 넘는 방유제 및 간막이 독의 안팎에는 방유제 내에 출입하기 위한 계단 또는 경사로를 약 50 m마다 설치할 것
- 하. 용량이 50만 리터 이상인 옥외탱크저장소가 해안 또는 강변에 설치되어 방유제 외부로 누출된 위험물이 바다 또는 강으로 유입될 우려가 있는 경우에는 해당 옥외탱크저장소가 설치된 부지 내에 전용유조(專用油槽) 등 누출위험물 수용설비를 설치할 것
2. 제1호 가목·나목·사목 내지 파목의 규정은 인화성이 없는 액체위험물의 옥외저장탱크의 주위에 설치하는 방유제의 기술기준에 대하여 준용한다. 이 경우에 있어서 제1호 가목 중 "110%"는 "100%"로 본다.
3. 그 밖에 방유제의 기술기준에 관하여 필요한 사항은 소방청장이 정하여 고시한다.

### 3.2.2.3 옥내탱크저장소의 방유제 기준

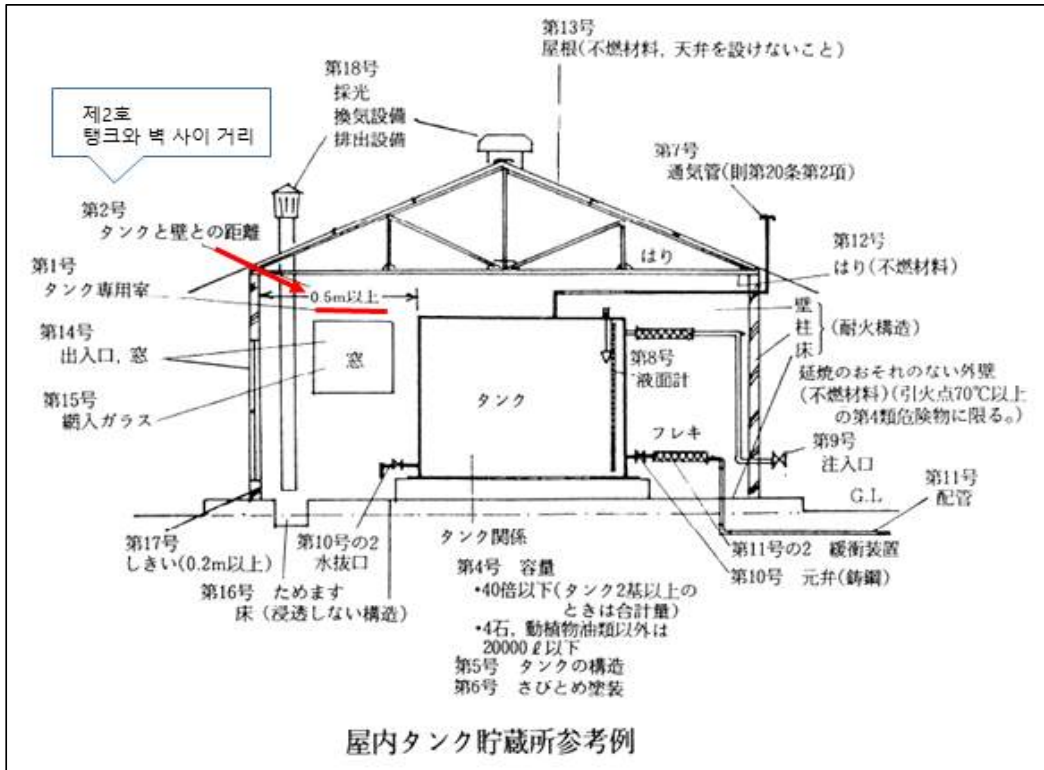
위험물안전관리법 시행규칙 제31조(옥내탱크저장소의 기준)에 따른 별표 7의 “옥내탱크저장소의 위치·구조 및 설비의 기준” 중 방유제에 관한 사항은 <표 V-14>와 같다. 옥내탱크저장소에는 방유제 설치를 요구하지 않으며, 탱크와 벽과의 이격거리는 0.5 m 이상의 간격을 유지하도록 요구하고 있다. 그러나 탱크의 점검 및 보수에 지장이 없는 경우에는 예외로 하고 있다. 다만, 옥내저장탱크의 용량은 일반적으로 지정수량의 40배 이하로 요구하고 있으며, 최대용량의 탱크 용량보다 큰 방유턱을 요구하고 있다.

참고로 「위험물안전관리법」의 옥내탱크저장소의 저장탱크와 벽과의 이격거리 0.5 m는 일본의 위험물 규제에 관한 정령(危険物の規制に関する政令) 제12조(옥내탱크저장소) 제2항의 “옥내탱크저장소와 탱크 전용실의 벽 사이 및 동일한 탱크 전용 실내에 옥내탱크저장소를 두 개 이상 설치하는 경우에는 그 탱크의 상호 간에도 0.5미터 이상의 간격을 유지한다.”의 내용을 참조하여 작성되었다. 옥내탱크저장소에 대한 참고도면은 <그림 V-1>과 같이 일본 교토시 소방국에서 발간한 “위험물심사기준, 6장 옥내탱크저장소 기준”에 제시되어 있다.

**<표 V-14> 옥내탱크저장소의 방유제 기준**

- 
1. 옥내탱크저장소의 기준
1. 옥내탱크저장소(제2호에 정하는 것을 제외한다)의 위치·구조 및 설비의 기술기준은 다음 각목과 같다.
- 가. 위험물을 저장 또는 취급하는 옥내탱크(이하 "옥내저장탱크"라 한다)는 단층건축물에 설치된 탱크전용실에 설치할 것
- 나. 옥내저장탱크와 탱크전용실의 벽과의 사이 및 옥내저장탱크의 상호간에는 0.5 m 이상의 간격을 유지할 것. 다만, 탱크의 점검 및 보수에 지장이 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 다. 옥내탱크저장소에는 별표 4 Ⅲ제1호의 기준에 따라 보기 쉬운 곳에 "위험물 옥내탱크저장소"라는 표시를 한 표지와 동표 Ⅲ제2호의 기준에 따라 방화에 관하여 필요한 사항을 게시한 게시판을 설치하여야 한다.
-

- 
- 라. 옥내저장탱크의 용량(동일한 탱크전용실에 옥내저장탱크를 2 이상 설치하는 경우에는 각 탱크의 용량의 합계를 말한다)은 지정수량의 40배(제4석유류 및 동식물유류 외의 제4류 위험물에 있어서 당해 수량이 20,000 ℓ를 초과할 때에는 20,000 ℓ) 이하일 것
  - 바. 탱크전용실의 출입구의 턱의 높이를 당해 탱크전용실내의 옥내저장탱크(옥내저장탱크가 2 이상인 경우에는 최대용량의 탱크)의 용량을 수용할 수 있는 높이 이상으로 하거나 옥내저장탱크로부터 누설된 위험물이 탱크전용실외의 부분으로 유출하지 아니하는 구조로 할 것
2. 옥내탱크저장소 중 탱크전용실을 단층건물 외의 건축물에 설치하는 것(제2류 위험물 중 황화린·적린 및 덩어리 유황, 제3류 위험물 중 황린, 제6류 위험물 중 질산 및 제4류 위험물 중 인화점이 38℃ 이상인 위험물만을 저장 또는 취급하는 것에 한한다)의 위치·구조 및 설비의 기술기준은 제1호나목·다목·마목·내지 자목·차목(탱크전용실이 있는 건축물 외의 장소에 설치하는 펌프설비에 관한 기준과 관련되는 부분에 한한다)·카목 내지 하목·머목·서목 및 어목의 규정을 준용하는 외에 다음 각목의 기준에 의하여야 한다.
- 가. 옥내저장탱크는 탱크전용실에 설치할 것. 이 경우 제2류 위험물 중 황화린·적린 및 덩어리 유황, 제3류 위험물 중 황린, 제6류 위험물 중 질산의 탱크전용실은 건축물의 1층 또는 지하층에 설치하여야 한다.
  - 자. 탱크전용실의 출입구의 턱의 높이를 당해 탱크전용실내의 옥내저장탱크(옥내저장탱크가 2 이상인 경우에는 모든 탱크)의 용량을 수용할 수 있는 높이 이상으로 하거나 옥내저장탱크로부터 누설된 위험물이 탱크전용실 외의 부분으로 유출하지 아니하는 구조로 할 것
  - 차. 옥내저장탱크의 용량(동일한 탱크전용실에 옥내저장탱크를 2 이상 설치하는 경우에는 각 탱크의 용량의 합계를 말한다)은 1층 이하의 층에 있어서는 지정수량의 40배(제4석유류 및 동식물유류 외의 제4류 위험물에 있어서 당해 수량이 2만 ℓ를 초과할 때에는 2만 ℓ) 이하, 2층 이상의 층에 있어서는 지정수량의 10배(제4석유류 및 동식물유류 외의 제4류 위험물에 있어서 당해 수량이 5천 ℓ를 초과할 때에는 5천 ℓ) 이하일 것
-



〈그림 V-1〉 일본 교토시 소방국의 옥내탱크저장소의 참고도면

### 3.2.3 화학물질관리법의 방유제 기준

#### 3.2.3.1 유해화학물질 취급시설 설치 및 관리 기준

화학물질관리법 시행규칙 제21조제2항에 따른 별표 5의 “유해화학물질 취급시설 설치 및 관리 기준”에는 제조·사용시설, 저장·보관시설, 운반시설(유해화학물질 운반차량·용기 및 그 부속설비를 포함), 그 밖의 시설로 분류하여 기준을 규정하고 있으며, 화학물질관리법 시행규칙 제21조제6항에서 규정한 사항 외에 유해화학물질 취급시설 설치 및 관리에 필요한 세부사항은 화학물질안전원장이 정하여 고시하도록 하고 있다<표 V-15>.

**<표 V-15> 화학물질관리법에 따른 유해화학물질 취급시설 설치 및 관리기준**

- 
1. 일반기준
    - 가. 유해화학물질 취급시설의 각 설비는 온도·압력 등 운전조건과 유해화학물질의 물리적·화학적 특성을 고려하여 설비의 성능이 유지될 수 있는 구조 및 재료로 설치해야 한다.
    - 나. 유해화학물질 취급시설의 제어설비는 유해화학물질 취급시설의 정상적인 운전조건이 유지될 수 있는 구조로 설치되어야 하고, 현장에서 직접 또는 원격으로 관리할 수 있도록 해야 한다.
    - 다. 유해화학물질이 누출·유출되어 환경이나 사람에게 피해를 주지 않도록 사고 예방을 위한 설비를 갖추고 사고 방지를 위해 적절한 조치를 해야 한다.
    - 라. 취급시설을 설치·운영하는 자는 법 제23조제5항에 따라 적합통보를 받은 화학사고 예방관리계획서(법 제23조제1항 각 호에 해당하는 경우는 제외한다)를 해당 사업장에 보관하고, 화학사고 예방관리계획서의 안전관리계획을 준수해야 한다.
  2. 제조·사용시설의 경우
    - 가. 설치기준
      - 1) 유해화학물질 중독이나 질식 등의 피해를 예방할 수 있도록 환기설비를 설치해야 한다. 다만, 설비의 기능상 환기가 불가능하거나 불필요한 경우에는 그렇지 않다.
      - 2) 유해화학물질 체류로 인한 사고를 예방하기 위하여 분진, 액체 또는 기체 등 유해화학물질의 물리적·화학적 특성에 적합한 배출설비를 갖추어야 한다.
      - 3) 금속부식성 물질을 취급하는 설비는 부식이나 손상을 예방하기 위하여 해당 물질에 견디는 재질을 사용해야 한다.
-

- 4) 액체나 기체 상태의 유해화학물질은 누출·유출 여부를 조기에 인지할 수 있도록 검지·경보설비를 설치하고, 해당 물질의 확산을 방지하기 위한 긴급차단설비를 설치해야 한다.
- 5) 액체 상태의 유해화학물질 제조·사용시설은 **방류벽, 방지턱** 등 집수설비(集水設備)를 설치해야 한다.
- 6) 유해화학물질이 사업장 주변의 하천이나 토양으로 흘러 들어가지 않도록 차단시설 및 집수설비 등을 설치해야 한다.
- 7) 유해화학물질에 노출되거나 흡입하는 등의 피해를 예방할 수 있도록 긴급세척시설과 개인보호장구를 갖추어야 한다.

#### 나. 관리기준

- 1) 가목2)에 따른 배출설비에서 배출된 유해화학물질은 중화, 소각 또는 폐기 등의 방법으로 처리하여 환경이나 사람에게 영향을 주지 않도록 해야 한다.
- 2) 자연발화성 물질 또는 자기발열성 물질의 발화로 인한 사고를 예방하기 위하여 공기와 접촉하지 않도록 조치해야 한다.
- 3) 금속부식성 물질로 설비가 부식되거나 손상되지 않도록 예방하기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
- 4) 자기반응성 물질 또는 폭발성 물질의 과열이나 폭발로 인한 사고를 예방하기 위하여 그 물질이 자체 반응을 일으키지 않도록 조치해야 한다.
- 5) 인화성 물질로 인한 화재나 폭발 사고를 예방하기 위하여 점화원이 될 수 있는 요인은 분리하여 관리하고, 사고 피해를 줄이기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
- 6) 대기 중으로 확산될 수 있는 유해화학물질은 그 확산을 최소화하기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
- 7) 사업장에서는 유해화학물질의 필요 최소한의 양만 취급해야 한다.
- 8) 그 밖에 제조·사용시설에서 유해화학물질 누출·유출로 인한 피해를 예방할 수 있도록 사고 예방을 위한 조치를 해야 한다.

### 3. 저장·보관시설의 경우

#### 가. 설치기준

- 1) 유해화학물질 저장·보관시설이 설치된 건축물에는 환기설비를 설치해야 한다. 다만, 설비의 기능상 환기가 불가능하거나 불필요한 경우에는 그렇지 않다.
- 2) 유해화학물질 체류로 인한 사고를 예방하기 위하여 분진, 액체 또는 기체 등 유해화학물질의 물리적·화학적 특성에 적합한 배출설비를 갖추어야 한다.
- 3) 금속부식성 물질을 취급하는 설비는 부식이나 손상을 예방하기 위하여 해당 물질에 견디는 재질을 사용해야 한다.

- 4) 액체나 기체 상태의 유해화학물질은 누출·유출 여부를 조기에 인지할 수 있도록 검지·경보설비를 설치하고, 해당 물질의 확산을 방지하기 위한 긴급차단설비를 설치해야 한다.
- 5) 액체 상태의 유해화학물질 저장·보관시설은 **방류벽, 방지턱** 등 집수설비를 설치해야 한다.
- 6) 유해화학물질이 사업장 주변의 하천이나 토양으로 흘러 들어가지 않도록 차단시설 및 집수설비 등을 설치해야 한다.
- 7) 유해화학물질에 노출되거나 흡입하는 등의 피해를 예방할 수 있도록 긴급세척시설과 개인보호장구를 갖추어야 한다.
- 8) 저장설비는 그 설비의 압력이 최고사용압력을 초과하는 경우 즉시 그 압력을 최고사용압력 이하로 돌릴 수 있도록 안전장치를 설치해야 한다.
- 9) 저장·보관시설은 바닥에 유해화학물질이 스며들지 않도록 하는 재료를 사용해야 한다.

#### 나. 관리기준

- 1) 가목2)에 따른 배출설비에서 배출된 유해화학물질은 중화, 소각 또는 폐기 등의 방법으로 처리하여 환경이나 사람에게 영향을 주지 않도록 해야 한다.
  - 2) 자연발화성 물질 또는 자기발열성 물질의 발화로 인한 사고를 예방하기 위하여 공기와 접촉하지 않도록 조치해야 한다.
  - 3) 금속부식성 물질로 설비가 부식되거나 손상되지 않도록 예방하기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
  - 4) 자기반응성 물질 또는 폭발성 물질의 과열이나 폭발로 인한 사고를 예방하기 위하여 그 물질이 자체 반응을 일으키지 않도록 조치해야 한다.
  - 5) 인화성 물질로 인한 화재나 폭발 사고를 예방하기 위하여 점화원이 될 수 있는 요인은 분리하여 관리하고, 사고 피해를 줄이기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
  - 6) 대기 중으로 확산될 수 있는 유해화학물질은 그 확산을 최소화하기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
  - 7) 사업장에서는 유해화학물질의 필요 최소한의 양만 취급해야 한다.
  - 8) 물리적·화학적 특성이 서로 다른 유해화학물질을 같은 보관시설 안에 보관하려는 경우에는 유해화학물질 간의 반응성을 고려하여 칸막이나 바닥의 구획선 등으로 구분하여 보관해야 한다.
  - 9) 그 밖에 저장·보관시설에서 유해화학물질 누출·유출로 인한 피해를 예방할 수 있도록 사고 예방을 위한 조치를 해야 한다.
4. 운반시설(유해화학물질 운반차량·용기 및 그 부속설비를 포함한다)

#### 가. 설치기준

- 1) 유해화학물질 운반차량은 유해화학물질을 안전하게 운반하기 위해 설계·제작된 차량이어야 한다.

- 2) 운반차량을 주차할 수 있는 차고지는 누출·유출 사고 피해를 예방할 수 있는 안전한 곳으로 확보해야 한다.
- 나. 관리기준
  - 1) 운반시설에 유해화학물질을 적재(積載) 또는 하역(荷役)하려는 경우에는 유해화학물질이 외부로 누출·유출되지 않도록 지정된 장소에서 해야 한다.
  - 2) 운반과정에서 운반시설에 적재된 유해화학물질이 쏟아지지 않도록 유해화학물질 및 그 운반용기를 고정해야 한다.
  - 3) 운반차량은 유해화학물질 누출·유출로 인한 피해를 줄일 수 있도록 안전한 곳에 주·정차해야 한다.
  - 4) 그 밖에 운반시설에서 유해화학물질 누출·유출로 인한 피해를 줄이거나 피해의 확대를 방지할 수 있도록 필요한 조치를 해야 한다.
5. 그 밖의 시설
  - 가. 사업장 밖에 있는 배관을 통해 유해화학물질을 이송하는 시설 및 그 부대시설(이하 "사업장 외 배관이송시설"이라 한다)은 다음 기준에 따라 설치해야 한다.
    - 1) 배관설비는 운전조건과 유해화학물질의 성질을 고려하여 설비의 성능이 유지될 수 있는 구조 및 재료로 설치해야 한다.
    - 2) 배관 및 그 지지물 등의 설비는 물리적·환경적 영향 등 외부요인으로 파손되거나 부식되지 않도록 안전하게 설치해야 한다.
    - 3) 유해화학물질 유출·누출로 인한 피해를 줄일 수 있도록 확산 방지 또는 차단장치를 설치해야 한다.
  - 나. 그 밖에 사업장 외 배관이송시설에서 유해화학물질 누출·유출로 인한 피해를 예방할 수 있도록 사고 예방을 위한 조치를 해야 한다.
6. 제1호부터 제5호까지에서 규정한 사항 외에 유해화학물질 취급시설의 설치 및 관리에 필요한 세부사항은 화학물질안전원장이 정하여 고시한다.

### 3.2.3.2 화학물질안전원고시(제2020-6호)의 방류벽 기준

화학물질안전원고시 제2020-6호인 “유해화학물질 실내 저장시설 설치 및 관리에 관한 고시”에서 규정하는 방류벽과 관련된 기술기준은 <표 V-16>에 나타내었으며, 세부기준은 <표 V-17>과 같다.

〈표 V-16〉 화학물질안전원고시(제2020-6호)의 방류벽 기술기준

| 기술기준                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2) 유해화학물질을 액체상태로 저장하는 저장탱크를 설치하는 경우에는 물질이 누출되어 확산되는 것을 방지하기 위해 방류벽, 방지턱, 트렌치, 건축물 벽체 등을 활용한 집수시설을 설치하여야 한다. 다만, 2014년 12월 31일 이전에 착공한 저장탱크로서 집수시설에 다음 중 어느 하나에 해당하는 조치를 한 경우 적절하게 설치된 것으로 본다.</p> <p>가) 거리가 협소한 측면 등에 감지기 또는 CCTV를 추가로 설치하여 감지경보체계를 강화한 경우</p> <p>나) 다른 법령에 따라 실시한 검사 결과 합격한 경우</p> |

〈표 V-17〉 화학물질안전원고시(제2020-6호)의 방류벽 세부기준

| 세부기준                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2)-1 유해화학물질을 액체상태로 저장하는 저장설비를 설치하는 경우에는 물질이 누출되어 확산되는 것을 방지하기 위하여 다음의 기준에 적합한 집수시설을 설치한다.</p> <p>(1) 하나의 저장탱크 주위에 설치하는 집수시설의 용량은 당해 탱크용량의 110% 이상으로 하고, 둘 이상의 저장탱크 주위에 하나의 집수시설을 설치하는 경우에는 집수시설의 용량을 당해 저장탱크 중 용량이 최대인 것의 110% 이상으로 한다. 이 경우 집수시설의 용량은 당해 집수시설의 내용적에서 용량이 최대인 저장탱크 외의 저장탱크의 집수시설 높이 이하 부분의 용적, 당해 집수시설 내에 있는 모든 설비의 지반면 이상 부분의 기초의 체적과 칸막이 등의 체적 및 당해 집수시설 내에 있는 배관 등의 체적을 뺀 것으로 한다. 다만, 액화상태 기체화학물질 저장탱크의 경우로서 그 물질의 기화율을 고려하여 다른 법령에 따라 적절하게 설치된 경우에는 집수시설의 용량을 110% 미만으로 할 수 있다.</p> <p>(2) 방류벽을 활용한 집수시설은 외부로 유출이 없도록 탱크의 옆판으로부터 최소 0.5 m 이상 거리를 유지하여야 한다.</p> <p>(3) 집수시설 내에 설치하는 저장탱크의 수는 10개 이하로 한다. 다만, 다음에 해당하는 유해화학물질은 집수시설 내에 저장탱크를 10개를 초과하여 설치할 수 있다.</p> <p>(3-1) 인화점이 200 ℃ 이상인 유해화학물질</p> <p>(3-2) 설치하는 모든 탱크의 용량이 20,000 ℓ 이하이고, 인화점이 70 ℃ 이상 200 ℃ 미만인 유해화학물질</p> |

- (4) 3.1의 (4)에 따라 하나의 집수시설 내에 2개 이상 물질의 저장탱크를 설치하고자 하는 경우에는 인화성 액체와 산화성 액체, 부식성 산과 염기의 혼용으로 발열 반응이 발생할 수 있는 물질의 저장탱크를 혼합하여 설치하지 아니한다. 다만, 저장탱크(2014년 12월 31일 이전에 착공된 것에 한한다.) 상호간에 집수시설과 동등 이상 규격 및 재질의 격벽을 설치하고, 저장탱크와 격벽 사이에 0.5 m 이상의 거리를 유지하는 경우에는 발열반응이 발생할 수 있는 물질의 저장탱크를 혼합하여 설치할 수 있다.
- (5) 집수시설은 철근콘크리트, 시멘트벽돌 등으로서 물질에 의한 액압을 충분히 견딜 수 있는 구조로 만들고, 물질이 집수시설의 외부로 유출되지 아니하는 구조로 한다.
- (6) 집수시설 내의 바닥은 다음에 재료 및 이와 동등 이상의 성능을 가진 재료를 사용하여 물질이 스며들지 못하게 하고, 해당 물질에 견딜 수 있는 것으로 한다.

| 구분   | 재료1                                                                                                                                                                                  | 재료2                                                                                                             |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 콘크리트 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 콘크리트 최소 강도 21 MPa</li> <li>- 최소 두께 10 cm</li> <li>- 골재 최대치수 25 mm</li> <li>- 물-시멘트비 50 % 이하</li> <li>- 슬럼프 120~150 mm 양생 28 일 이상</li> </ul> | - 모든 콘크리트                                                                                                       |
| 도료   | - 불필요                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도료* 시공 또는 동등 이상의 내 화학성 처리</li> <li>* 내산페인트(강산성), 에폭시(강산성 외)</li> </ul> |

- (7) 집수시설 내에는 저장설비를 위한 배관, 조명설비 및 계기시스템등의 필수설비와 이들에 부속하는 설비 외에는 설치하지 않아야 한다. 다만, 안전 확보에 필요한 설비 그 밖의 안전 확보에 지장이 없는 부속설비는 설치할 수 있다.
- (8) 방류벽을 활용한 집수시설에는 당해 집수시설을 관통하는 배관을 설치하지 아니한다. 다만, 방류벽에 손상을 주지 아니하도록 다음의 조치를 취한 경우에는 그러하지 아니하다.
- (8-1) 충전물 삽입 등을 통한 유해화학물질의 누출방지조치를 취한 경우
- (8-2) 슬리브 배관 설치 등을 통한 배관의 부등침하방지 및 신축흡수조치를 취한 경우
- (8-3) 완충제 삽입 등을 통한 진동흡수조치를 취한 경우
- (9) 방류벽을 활용한 집수시설에는 그 내부에 고인 물을 외부로 배출하기 위한 배수구를 설치하고 이를 개폐하는 밸브 등을 방류벽의 외부에 설치한다.
- (10) 높이가 1 m를 넘는 방류벽의 안팎에는 방류벽 내에 출입하기 위한 계단 또는 경사로를 둘레 50 m마다 설치한다.

### 3.2.4 고압가스 안전관리법의 방유제 기준

「고압가스 안전관리법」의 방유제 관련기준은 제22조의2(상세기준)에서 제33조의2에 따라 상세한 규격, 특정한 수치 및 특정한 시험방법 등 구성 및 운영에 필요한 사항은 가스기술기준위원회 기준으로 정할 수 있다고 명시되어 있다(표 V-18).

**〈표 V-18〉 「고압가스 안전관리법」 제33조의2의 방유제 관련 기준**

- 
- ① 제22조의2제1항에 따른 상세기준의 제정·개정과 운영 등을 위하여 가스기술기준위원회를 둔다.
  - ② 가스기술기준위원회는 다음 각 호의 사항을 심의·의결한다.  
〈개정 2008.2.29, 2013.3.23〉
    - 1. 상세기준의 제정·개정 및 폐지에 관한 사항
    - 2. 상세기준의 적용 및 운영에 관한 사항
    - 3. 가스기술에 관한 외국 기준 및 신기술의 채택에 관한 사항
    - 4. 가스기술기준위원회규정의 제정·개정 및 폐지에 관한 사항
    - 5. 그 밖에 상세기준과 관련된 사항으로서 산업통상자원부장관이 의뢰하는 사항
  - ③ 가스기술기준위원회는 위원장과 부위원장 각 1인을 포함한 20인 이내의 위원으로 구성한다.
  - ④ 가스기술기준위원회의 위원장과 부위원장은 위원 중에서 호선하고, 가스기술기준위원회의 위원은 기계·화공·금속·안전관리·토목·건축·전기·전자 또는 가스기술기준에 관한 전문성과 경험이 풍부한 자 중에서 산업통상자원부장관이 대통령령으로 정하는 바에 따라 위촉하며, 선임기준에 관한 구체적인 사항은 대통령령으로 정한다. 〈개정 2008.2.29, 2013.3.23〉
  - ⑤ 가스기술기준위원회 위원의 임기는 3년으로 하며, 연임할 수 있다.
  - ⑥ 가스기술기준위원회의 업무를 효율적으로 수행하기 위하여 필요한 경우에는 분과위원회를 둘 수 있다.
  - ⑦ 가스기술기준위원회의 업무를 지원하기 위하여 공사에 사무국을 두며, 사무국의 조직과 운영, 그 밖에 필요한 사항은 산업통상자원부령으로 정한다.  
〈개정 2008.2.29, 2013.3.23〉
  - ⑧ 가스기술기준위원회의 구성 및 운영에 필요한 세부사항은 가스기술기준위원회 규정으로 정한다.
-

### 3.2.4.1 KGS FU111(2021)

「고압가스 안전관리법」 제22조의2에 따라 “KGS FU111, 고압가스 저장의 시설·기술·검사·안전성평가 기준”에 방류독의 기능과 설치기준이 나타나 있으며, <표 V-19>와 <표 V-20>에 나타내었다(한국가스안전공사, 2021).

**<표 V-19> KGS FU111 2.9.1.1항 방류독의 기능**

- 
- 저장능력(2개 이상의 탱크가 설치된 경우에는 이들의 저장능력을 합한 것을 말한다)이 1천톤 이상인 산소, 가연성가스 또는 5톤 이상인 독성가스의 액화가스 저장탱크 주위에는 액상의 가스가 누출된 경우에 그 가스의 유출을 방지할 수 있도록 방류독 또는 이와 동등 이상의 효과가 있는 시설을 설치한다.
- (1) 저장탱크 저부가 지하에 있고 주위가 피트선 구조로 되어 있는 것으로서, 그 용량이 2.9.1.2에 따른 용량 이상인 것(빗물의 고임 등으로 용량이 감소되지 않는 것에 한정한다)
  - (2) 지하에 묻은 저장탱크로서 그 저장탱크내의 액화가스가 전부 유출된 경우에 그 액면이 지면보다 낮도록 된 구조의 것
  - (3) 저장탱크 주위에 충분한 안전용 공지를 확보한 경우에는 저장탱크로부터 유출된 액화가스가 체류하지 않도록 지면을 경사지게 한 안전한 유도구로 유출된 액화가스를 유도해서 고이도록 구축한 피트상의 구조물(피트상 구조물에 체류된 액화가스를 펌프 등의 이송설비로 안전한 위치에 이송할 수 있는 조치를 강구한 것에 한정한다)의 것
  - (4) 법 적용을 받는 시설에 설치된 2중 구조의 저장탱크로서, 외조가 내조의 상용온도에 서 동등 이상의 내압 강도를 가지고 있고, 외피와 내피 사이의 가스를 흡인하여 누출된 가스를 검지할 수 있는 것 중 긴급차단장치를 내장한 것
-

### 〈표 V-20〉 KGS FU111 2.9.1.3항 방류독의 재료 및 구조

방류독의 재료 및 구조는 다음 기준에 적합한 것으로 한다.

- (1) 방류독 재료는 철근콘크리트, 철골·철근콘크리트, 금속, 흙 또는 이들을 혼합한 것으로 한다.
- (2) 철근콘크리트, 철골·철근콘크리트는 수밀성 콘크리트를 사용하고, 균열 발생을 방지하기 위해 배근, 리베팅 이음, 신축이음 및 신축이음의 간격, 배치 등을 한다.
- (3) 금속은 해당 가스에 침식되지 않는 것 또는 부식방지·녹 방지 조치를 강구한 것으로 하고 대기압하에서 액화가스의 기화온도에 충분히 견디는 것으로 한다.
- (4) 성토는 45°이하의 기울기로 하여 쉽게 허물어지지 않도록 충분히 다져 쌓고, 강우 등으로 유실되지 않도록 그 표면에 콘크리트 등으로 보호하고, 성토 윗부분의 폭은 0.3m 이상으로 한다.
- (5) 방류독은 액밀한 것으로 한다.
- (6) 독성가스 저장탱크 등의 방류독 높이는 방류독 내 저장탱크 등의 안전관리 및 방재활동에 지장이 없는 범위에서 방류독 내에 체류한 액의 표면적이 가능한 한 적게 되도록 한다.
- (7) 방류독은 그 높이에 상당하는 해당 액화가스의 액두압에 견딜 수 있는 것으로 한다.
- (8) 방류독에는 계단, 사다리 또는 토사를 높이 쌓아 올린 형태 등으로 된 출입구를 둘레 50m마다 1개 이상씩 설치하되, 그 둘레가 50m 미만일 경우에는 2개 이상을 분산하여 설치한다.
- (9) 배관관통부는 내진성을 고려하여 틈새를 통한 누출방지 및 부식방지를 위한 조치를 한다.
- (10) 방류독 안에는 고인 물을 외부로 배출할 수 있는 조치를 한다. 이 경우 배수조치는 방류독 밖에서 배수 및 차단조작을 할 수 있어야 하며, 배수할 때 이외에는 반드시 닫아 둔다.
- (11) 집합 방류독 안에는 가연성가스와 조연성가스 또는 가연성가스와 독성가스의 저장탱크를 혼합하여 배치하지 않는다. 다만, 가스가 가연성가스이거나 독성가스일 때에는 집합방류독 내에 동일한 가스의 저장탱크가 있는 경우 같이 배치할 수 있다.
- (12) 저장탱크를 건축물 안에 설치한 경우는 그 건축물이 방류독의 기능 및 구조를 갖도록 하여 유출된 가스가 건축물 외부로 흘러 나가지 않는 구조로 한다.

### 3.2.5 NFPA 30 Code 기준

NFPA 30의 2.3.2.3.2항 e목 (c)에는 “방류벽 내벽과 저장탱크 사이의 최소거리는 1.5 m(5 ft)가 되어야 한다.”고 규정하고 있다.

NFPA 30 코드의 2.3.2항에는 취급되는 액체의 종류 및 지상저장탱크의 형태에 따라 저장탱크와 주변 시설물의 경계 및 공중도로 사이의 최소거리를 다르게 규정하고 있으나, 저장탱크의 외벽과 방류벽 사이의 거리를 별도로 규정하고 있지 않다. <표 V-21>은 저장하는 액체의 종류별로 최소거리를 규정한 NFPA 30 코드의 Table 번호를 보여준다(NFPA, 2000).

**<표 V-21> 지상저장탱크의 액체 종류별 주변 시설물 경계 및 공중도로 사이의 최소거리**

| 저장물질                | 저장압력                   | 최소거리를<br>규정한<br>NFPA 30 코드의<br>Table 번호 | 지상저장탱크의<br>주요 형태 또는 특성                                                                |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Stable<br>액체 저장     | 17 kPa<br>(2.5 psi) 이하 | Table<br>2.3.2.1.1(a)                   | 탱크형태별(부상지붕탱크, 탱크 동체와 지붕의 Weak seam 용접 구조의 고정탱크, Emergency vent의 설정압력 17 kPa 이하인 탱크 등) |
|                     | 17 kPa<br>(2.5 psi) 초과 | Table 2.3.2.1.2                         | 모든 종류의 탱크                                                                             |
| Boil-over<br>액체 저장  | -                      | Table 2.3.2.1.3                         | 부상지붕탱크, 고정지붕탱크                                                                        |
| Unstable<br>액체 저장   | -                      | Table 2.3.2.1.4                         | Emergency vent의 설정압력이 17 kPa 이하 및 초과에 따른 기준                                           |
| Class IIIB<br>액체 저장 | -                      | Table 2.3.2.1.5                         | 저장량 기준                                                                                |

Table 2.3.2.1.1(a), Table 2.3.2.1.3 및 Table 2.3.2.1.5의 최소거리 적용 시 저장하는 물질의 양에 따라 참고할 자료(거리)는 Table 2.3.2.1.3(b)에 있음.

참고로 NFPA 30 코드의 Table 2.3.2.1.5에는 인화성이 가장 낮은 Class IIIB 액체를 저장하는 지상저장탱크와 주변 시설물 경계 및 공중도로 사이의 최소거리를 <표 V-22>와 같이 저장량을 기준으로 규정하고 있다.

**<표 V-22> Class IIIB 물질 저장탱크와 주변 시설물 경계 및 공중도로 사이의 최소거리**

| 저장량<br>(Class IIIB 물질)<br>NFPA 30 Code의 Table<br>2.3.2.1.5 |                              | 최소거리                                                                                                                              |    |                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                                            |                              | 시설물 경계 사이의<br>거리<br>(From Property<br>Line that Is or<br>Can Be Built<br>Upon, Including<br>the Opposite Side<br>of a Public Way) |    | 공중도로 사이의 거리<br>(From Nearest<br>Side of Any Public<br>Way<br>or from Nearest<br>Important Building<br>on the Same<br>Property) |    |
| m <sup>3</sup>                                             | 갤런                           | m                                                                                                                                 | ft | m                                                                                                                              | ft |
| 45.6 이하                                                    | 12,000 이하                    | 1.5                                                                                                                               | 5  | 1.5                                                                                                                            | 5  |
| 45.6 초과<br>7.89 이하                                         | 12,001~<br>30,000            | 3                                                                                                                                 | 10 | 1.5                                                                                                                            | 5  |
| 7.89 초과<br>190 이하                                          | 30,001~<br>50,000            | 3                                                                                                                                 | 10 | 3                                                                                                                              | 10 |
| 190 초과 380 이하                                              | 50,001~<br>100,000           | 4.5                                                                                                                               | 15 | 3                                                                                                                              | 10 |
| 380 초과                                                     | 100,001<br>이상                | 4.5                                                                                                                               | 15 | 4.5                                                                                                                            | 15 |
| 비고                                                         | 1 ft = 0.3 m, 1 gal = 3.8 리터 |                                                                                                                                   |    |                                                                                                                                |    |

NFPA 30에서 규정하는 인화성 액체와 가연성 액체의 정의는 <표 V-23>과 같다. 방류벽을 설치해야 하는 물질은 화재위험성이 있는 인화성 액체와 가연성 액체로 국한된다.

**<표 V-23> NFPA 30 Code의 인화성 액체 및 가연성 액체의 정의**

| 구분        | 등급         | 인화점                                                                                                      | 초기 끓는점                                                |
|-----------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 인화성<br>액체 | Class IA   | $< 22.8^{\circ}\text{C}$ ( $73^{\circ}\text{F}$ )                                                        | $< 37.8^{\circ}\text{C}$ ( $100^{\circ}\text{F}$ )    |
|           | Class IB   | $< 22.8^{\circ}\text{C}$ ( $73^{\circ}\text{F}$ )                                                        | $\geq 37.8^{\circ}\text{C}$ ( $100^{\circ}\text{F}$ ) |
|           | Class IC   | $\geq 22.8^{\circ}\text{C}$ ( $73^{\circ}\text{F}$ ), $< 37.8^{\circ}\text{C}$ ( $100^{\circ}\text{F}$ ) |                                                       |
| 가연성<br>액체 | Class II   | $\geq 37.8^{\circ}\text{C}$ ( $100^{\circ}\text{F}$ ), $< 60^{\circ}\text{C}$ ( $140^{\circ}\text{F}$ )  |                                                       |
|           | Class IIIA | $\geq 60^{\circ}\text{C}$ ( $140^{\circ}\text{F}$ ), $< 93^{\circ}\text{C}$ ( $200^{\circ}\text{F}$ )    |                                                       |
|           | Class IIIB | $\geq 93^{\circ}\text{C}$ ( $200^{\circ}\text{F}$ )                                                      |                                                       |

### 3.2.6 미국 캘리포니아주 산업안전보건청(OSHA) 기준

미국 캘리포니아주 산업안전보건청(OSHA, Occupational Safety and Health Administration)의 기준인 Article 145(Tank Storage)의 제5595항(지상탱크의 배수로, 방류벽 및 벽)에서는 지상 저장탱크와 관련된 방류벽에 대한 기준을 <표 V-24>와 같이 제시하고 있다.

### 〈표 V-24〉 미국 캘리포니아주 OSHA의 지상탱크의 방류벽과 관련된 기준

- (a) 인화점 93 °C 이상인 물질에 대해서는 방류벽과 배수로를 적용하지 않는다.  
 (c) (4)(C)항에는 방류벽 내벽과 저장탱크 사이의 최소거리를 1.5 m(5 ft)로 규정한다.

### 3.2.7 미국 환경보호청(EPA) 기준

미국 환경보호청의 오일 오염방지에 관한 규칙(40 CFR Part 112 - Oil pollution prevention)의 112.7(c)항에는 화학물질의 누출로 인한 오염을 방지하기 위해 방류벽과 같은 시설을 설치하도록 규정하고 있으나, 방류벽과 저장탱크 사이의 거리를 규정하고 있지는 않고 있다.

### 3.2.8 영국 기준

#### 3.3.8.1 환경식품농민부(Department for Environment, Food and Rural Affairs)의 기준

영국의 오염관리규칙(Guidance note for the Control of Pollution (Oil Storage) (England) Regulations, 2001) 제34조에는 강재탱크의 부식 방지대책이 제시되어 있다. 강재탱크 내부에 존재하는 물은 주기적으로 배출되어야 하고, 결빙에 의한 손상을 방지하기 위해 결빙에 견딜 수 있는 밸브를 사용하여야 한다. 가능한 경우, 탱크의 누출 또는 부식을 외부에서 검사가 가능하도록 방류벽과 탱크 사이의 최소 간격은 0.75 m, 방류벽 바닥과 탱크 사이의 최소 간격은 0.6 m로 권장된다.

#### 3.2.8.2 지상 오일저장탱크의 오염방지 가이드라인 기준

영국 및 웨일즈 환경보호청, 스코틀랜드 환경보호청 및 북아일랜드 환경 및 헤리티지 서비스가 공동으로 제작한 기준인 “지상 오일저장탱크의 오염방지 가이드라인(Pollution Prevention Guidelines, Above Ground Oil

Storage Tanks: PPG2, 2004)”의 제3항(2차 격리시설)에서는 개방된 방류벽 안에 있는 강재 재질의 탱크에 대해 외부 검사를 위한 접근이 가능하도록 탱크와 방류벽 사이의 최소거리를 750 mm, 탱크바닥면과 방류벽 바닥면 사이(탱크 바닥면이 방류벽 바닥면에서 이격된 경우)의 최소거리를 600 mm로 권장하고 있다.

### 3.2.9 호주 환경보호청 기준

호주의 남호주 환경보호청에서 제시하는 자료(Bunding and spill management, 2016) 및 호주 태즈매니아 환경보호청에서 제시하는 기준(Bunding and Spill Management Guidelines, 2015)에서는 저장탱크 주변에 설치하는 방류벽에 대한 용량은 저장탱크의 용량을 담을 수 있도록 하되 높이는 0.5~1.5 m로 제시하고 있으며, 방류벽 내벽과 저장탱크 사이의 거리는 최소 1 m를 제시하고 있다.

### 3.3 국내·외 방유제(방류벽) 설치 기준 검토 결과

#### 3.3.1 국내 기준

국내의 방유제와 관련된 기준을 비교하면 <표 V-25>와 같다. 「위험물안전관리법」에서는 소방활동상 필요한 거리 등을 고려하여 탱크의 크기(지름)를 기준으로 방유제와 저장탱크 사이의 안전거리를 규정하고 있으며, 한국산업안전보건공단에서 관리하는 기술기준인 KOSHA GUIDE D-8-2017에서는 최소 안전거리를 1.5 m로 규정하고 있다. 이 가이드는 미국화재예방협회의 NFPA 30 코드를 참조하여 작성된 것으로 화재위험성이 있는 물질을 기준으로 제시된 기준이다. 그러나 화재위험성이 없는 부식성물질과 급성 독성 물질에도 적용할 수 있도록 되어있어 개정이 필요하다(안전보건공단, 2017).

그리고 「화학물질관리법」의 안전거리는 「위험물안전관리법」과 비교할 때 취급되는 물질 종류만 다르고 거의 비슷하다. 「화학물질관리법」은 물질의 특성과 상관없이 규정하고 있어 기존에 설치된 저장탱크의 경우에는 방류벽 변경 설치를 위한 공간을 마련하는데 어려움이 있다. 또한 신설하는 탱크의 경우에도 많은 공간을 필요로 한다. 다만, 「위험물안전관리법」의 적용을 받는 저장탱크는 「위험물안전관리법」에서 규정한 안전거리를 적용받을 수 있도록 되어 있다. 따라서 유해화학물질 중에서 「위험물안전관리법」의 적용을 받지 않는 화재위험성이 없는 물질만 「화학물질관리법」의 기준을 적용받는다고 할 수 있다.

〈표 V-25〉 국내 방유제(방류벽) 관련 기준 비교

| 관련법규         | 산업안전보건법                               | 위험물안전관리법                 | 화학물질관리법                                                            |
|--------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 시행규칙         | 산업안전보건 기준에<br>관한 규칙 제272조             | 제30조(별표 6)<br>제31조(별표 7) | 제21조<br>별표 5                                                       |
| 관련 세부기준      | KOSHA GUIDE<br>D-8-2017               | 상동                       | 화학물질안전원고시<br>제2017-10호                                             |
| 적용대상<br>물질   | 인화성물질<br>인화성 가스<br>부식성물질<br>급성독성물질    | 위험물질<br>(제1류~제6류)        | 유해화학물질                                                             |
| 인화점<br>적용기준  | 60℃ 초과 미적용                            | 200 ℃ 이상 미적용             | -                                                                  |
| 적용대상<br>설비   | 장소의 제한 없음                             | 옥내탱크저장소<br>옥외탱크저장소       | 옥내저장탱크<br>옥외저장탱크                                                   |
| 지정수량<br>지정여부 | 산업안전보건기준에<br>관한 규칙 별표 9의<br>위험물질별 기준량 | 지정수량 있음                  | 지정 없음                                                              |
| 타법의<br>인정    | 위험물안전<br>관리법 인정                       |                          | 위험물안전관리법의 우선<br>적용 인정:<br>위험물안전관리법<br>제5조의 제3항 및<br>제4항에서 정한 설치 기준 |

| 관련법규             |                             | 산업안전보건법                                                  | 위험물안전관리법                                                                                                                        | 화학물질관리법                                                                                                                        |
|------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 옥<br>내<br>탱<br>크 | 적용<br>물질                    | 인화성 액체<br>(인화점 60 °C 이하),<br>인화성 가스,<br>부식성물질,<br>급성독성물질 | 위험물관리법<br>제2조의 위험물                                                                                                              | 모든 유해화학물질                                                                                                                      |
|                  | 적용물질<br>저장상태                | 액체상태                                                     | 액체상태                                                                                                                            | 액체상태                                                                                                                           |
|                  | 누출방지<br>시설<br>명칭            | 방유제                                                      | 방유타                                                                                                                             | 방류벽                                                                                                                            |
|                  | 탱크와 벽면<br>사이의<br>안전거리<br>기준 | 최소 1.5 m 이상<br>(KOSHA GUIDE 기준)                          | 옥내저장탱크와 탱크전<br>용실 벽과의 거리 및 옥<br>내저장탱크의 상호 간에<br>는 0.5 m 이상의 간격을<br>유지하여야 한다.<br>다만, 탱크의 점검 및 보<br>수에 지장이 없는 경우<br>에는 그러하지 아니하다. | 실내 저장·보관설비와<br>벽과의 거리 및 옥내저장<br>탱크의 상호 간에는 간격<br>을 0.5 m 이상으로 유지<br>하여야 한다.<br>다만, 탱크의 보수 및 점<br>검에 지장에 없는 경우에<br>는 그러하지 아니하다. |

| 관련법규 |                                          | 산업안전보건법                         | 위험물안전관리법                                                                                         | 화학물질관리법                                                                                                                                             |
|------|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 옥외탱크 | 적용<br>물질                                 | 옥내탱크와<br>동일                     | 인화성 액체위험물 중<br>인화점 200 °C 미만                                                                     | 모든 유해화학물질                                                                                                                                           |
|      | 적용물질<br>저장상태                             | 액체상태                            | 액체상태                                                                                             | 액체상태                                                                                                                                                |
|      | 누출방지<br>시설명칭                             | 방유제                             | 방유제                                                                                              | 방류벽                                                                                                                                                 |
|      | 탱크와<br>방유제<br>(방류벽)<br>사이의<br>안전거리<br>기준 | 최소 1.5 m 이상<br>(KOSHA GUIDE 기준) | 1)탱크지름이 15 m 미<br>만인 경우에는 탱크<br>높이의 3분의 1 이상<br><br>2)탱크지름이 15 m 이<br>상인 경우에는 탱크<br>높이의 2분의 1 이상 | 다음 각 호 중에 하나를<br>선택하여 거리 유지<br>1)최소 1.5 m 이상<br><br>2)탱크지름이 15 m 미<br>만인 경우는 탱크높이<br>의 3분의 1 이상<br><br>3) 탱크지름이 15 m 이<br>상인 경우는 탱크높이<br>의 2분의 1 이상 |

「위험물안전관리법」, 「화학물질관리법」, 「고압가스 안전관리법」을 검토한 결과를 바탕으로 <표 V-26>과 같이 방유제 설치대상이 되는 저장탱크에 대한 유효용량 기준, 배수기준 및 설치 기준을 제시하고자 한다.

위험물질을 저장하는 저장탱크에서 위험물질이 누출되어 확산되는 것을 방지하기 위하여 방유제의 유효용량은 1개의 탱크일 경우 탱크 용량의 110% 이상이고, 2개 이상의 탱크일 경우에는 탱크용량이 가장 큰 저장탱크의 110% 이상이어야 한다.

〈표 V-26〉 방유제(안)

| 용어 정의         | 방유제                                                                                                                      | 관련근거                 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 구조 및 재질       | 철근콘크리트, 시멘트 벽돌 등                                                                                                         | 화학물질관리법              |
| 유효용량          | 1개의 탱크 : 110% 이상<br>2개 이상의 탱크 : 가장 큰 저장탱크 110% 이상                                                                        | 위험물안전관리법             |
| 방유제 높이        | 0.5 m 이상 3 m 이하                                                                                                          | 위험물안전관리법             |
| 방유제 두께        | 방유제의 성능은 아래를 따라야 함.<br>콘크리트 최소 강도 21 MPa<br>최소 두께 0.2 m 이상<br>골재 최대지수 25 mm<br>물-시멘트비 50% 이하<br>슬럼프 120~150 mm 양생 28일 이상 | 화학물질관리법              |
| 방유제 내 탱크 수    | 10개 이하                                                                                                                   | 화학물질관리법,<br>위험물안전관리법 |
| 방유제 면적        | 80,000 m <sup>2</sup> 이하                                                                                                 | 위험물안전관리법             |
| 공공도로          | 외면의 1/2 이상은 3 m 이상의 노면 폭 확보                                                                                              | 위험물안전관리법             |
| 방유제와 탱크사이의 거리 | 최소 1.5 m 이상<br>지름이 15 m 미만인 경우 : 탱크높이의 1/3 이상<br>지름이 15 m 이상인 경우 : 탱크높이의 1/2 이상                                          | 화학물질관리법,<br>위험물안전관리법 |
| 계단 또는 경사로     | 방유제의 높이가 1 m 넘는 경우에는 약 50 m 마다 설치                                                                                        | 화학물질관리법,<br>위험물안전관리법 |
| 매설깊이          | 1 m 이상                                                                                                                   | 위험물안전관리법             |

### 3.3.2 국외 기준

미국의 기준 중 저장탱크와 방류벽 사이의 거리를 규정하고 있는 경우에는 NFPA 30 코드에서 최소 간격을 1.5 m를 두도록 규정하고 있다. 그리고 캘리포니아주 산업안전보건청의 규정도 동일하게 최소 간격을 1.5 m로 규정하고 있다.

호주의 남호주 환경보호청과 호주 태즈매니아 환경보호청에서는 방류벽과 저장탱크 사이의 거리를 최소 1 m로 규정하고 있으며, 영국의 기준은 방류벽과 저장탱크 사이의 간격을 강재탱크의 외부검사를 위한 접근공간으로 최소 750 mm로 권장하고 있고, 그 외에는 방류벽의 용량만 표시하고 있다. <표 V-27>은 외국의 방류벽 기준으로 요약한 것이다.

〈표 V-27〉 국외 방류벽(방유제) 관련 기준 요약

| 국가      | 기준                                                               | 최소간격   | 인화성            | 비고   |
|---------|------------------------------------------------------------------|--------|----------------|------|
| 미국      | NFPA 30 Code                                                     | 1.5 m  | 인화점 93 ℃ 미만 물질 | 강제기준 |
|         | 미국 캘리포니아주 산업안전보건청                                                | 1.5 m  | 인화점 93 ℃ 미만 물질 | 강제기준 |
|         | 미국 환경보호청                                                         | 없음     |                |      |
| 영국 (UK) | 환경식품농민부(Department for Environment, Food and Rural Affairs) 의 기준 | 0.75 m |                | 권장기준 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |  |      |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--|------|
| 영국<br>(UK) | 잉글랜드 및 웨일즈 환경보호청(Environment Agency for England and Wales), 스코틀랜드 환경보호청(Scottish Environment Protection Agency) 및 북아일랜드 환경 및 헤리티지 서비스(Environment and Heritage Service in Northern Ireland) 공통기준“지상 오일저장탱크의 오염방지 가이드라인(Pollution Prevention Guidelines, Above Ground Oil Storage Tanks: PPG2, 2004)”의 제3항(2차 격리시설, Secondary containment) | 0.75 m |  | 권장기준 |
| 호주         | 남호주 환경보호청(South Australia, EPA)의 (Bunding and spill management, 2016)                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 m    |  | 강제기준 |
|            | 타즈마니아 환경보호청에서 제시하는 기준(Bunding and Spill Management Guidelines, 2015)                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 m    |  | 강제기준 |

### 3.4 국외의 방유제 관련 사고 사례

#### 3.4.1 인도 자이푸르(Jaipur) 사고

2009년 10월 29일 인도 Rajasthan주의 Jaipur에서 서쪽으로 25.7 km 떨어진 곳에 위치한 인도의 국영 석유정제회사에서 저장탱크로 휘발유를 이송하던 중 화재·폭발사고가 발생하였다.

휘발유를 이송하는 배관에서 누출된 대량의 휘발유는 방류벽의 드레인 밸브를 따라 유수관으로 흘러가 대규모의 증기운을 형성하였으며, 미상의 점화원에 의해 첫 번째 탱크가 폭발하였고, 순식간에 12개의 탱크로 화재가 확산되었다.

작업자는 누출경보장치의 작동을 확인하고, 휘발유 냄새를 직접 맡았으나 아무런 조치를 취하지 않아서 대규모 사고로 이어졌다.

#### 3.4.2 베네수엘라 타코아(Tacoa) 사고

1982년 베네수엘라 수도 Caracas로부터 32 km 떨어진 Tacoa 발전소에서 발생한 사고로 발전소 내에서 위치한 9호 저장탱크에서 8호 저장탱크로 연료를 이송 작업 중 화재·폭발이 발생하였으며, 이 시점에서 곧이어 유조선에서 발전소의 다른 탱크로 연료유를 공급하던 중 폭발이 발생되었다. 이 화재가 지속되면서 화재가 발생되고 8시간이 경과한 후 화재 및 폭발을 진화하기 위해 사용되었던 소방용수가 열기로 인해 약 1,700배 팽창함으로써 기름과 함께 끓어 넘치는 Boil-over 현상으로 2차 폭발이 발생하여 화재가 확산되었다.

### 3.5 소결론

산업안전보건법 제272조에서 사업주는 별표 1 제4호부터 제7호까지의 위험물질을 액체 상태로 저장하는 저장탱크를 설치하는 경우에는 위험물질이 누출되어 확산되는 것을 방지하기 위하여 방유제를 설치하여 관리 및 감독을 하고 있으나, 정확한 방유제의 유효용량 기준을 제시할 필요가 있다. 이를 위한 구체적인 기준으로 방유제의 유효용량은 1개의 탱크일 경우 탱크 용량의 110% 이상이고, 2개 이상의 탱크일 경우에는 탱크용량이 가장 큰 저장탱크의 110% 이상이어야 함을 제안한다.

또한 본 연구를 통해 제시된 방유제의 높이를 0.5 m 이상 3.0 m 이하, 매설깊이를 1 m 이상으로 시공하는 것과 방유제 내의 탱크는 10개 이하로 하고, 방유제와 탱크 사이는 최소 1.5 m 이상으로 배치하는 세부 기준에 대해서 KOSHA GUIDE와 같이 널리 참고할 만한 기술규격 또는 가이드에 반영할 것을 제안한다.

**VI. 특수화학설비의 정의 및  
안전조치 검토 및  
개선방안(안전보건규칙  
제273~275조)**

.....



## VI. 특수화학설비의 정의 및 안전조치 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제273~275조)

### 1. 배경 및 검토 대상

#### 1.1 배경

산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9에 따른 위험물질의 기준량 이상으로 유해 및 위험물질을 제조하거나 취급하는 경우에는 발열반응이 일어나는 반응장치 등 6개의 화학설비는 타 화학설비에 비하여 위험성이 높기 때문에 “특수화학설비”로 지정하고, 자동경보장치·긴급차단장치·예비동력원을 설치하도록 규정하고 있다.

위험물 저장탱크의 경우에는 특수화학설비로 규정되어 있지 않았으나, 2018년 OO송유관공사 저장탱크 화재 사고로 저장탱크에 대한 안전 규제 강화의 필요성이 제기되고 있다. 해외에서는 2005년 영국의 번스필드 저장탱크 화재사고 등 크고 작은 사고가 지속적으로 발생하고 있다. 위험물 저장탱크의 경우 화재나 폭발이 발생할 경우 사회적인 문제가 될 수 있기 때문에 사전에 안전을 확보기 위해서는 위험물을 대형으로 저장하는 탱크를 특수화학설비로 추가하는 방안에 대해 검토할 필요성이 있다.

#### 1.2 검토 대상 및 범위

- 특수화학설비 관련 규정
- 특수화학설비와 관련 제반 규정
- 국내 석유화학단지 사용현황(울산, 여수, 대산)
- 위험물 저장탱크 사고 통계 및 사례

## 2. 특수화학설비 관련 규정

### 2.1 국내 규정

산업안전보건기준에 관한 규칙 273조에 따라 위험물을 일정한 기준량 이상으로 제조하거나 취급하는 설비를 특수화학설비로 규정하고 있으며, 관련 규정은 다음과 같다.

#### 〈산업안전보건기준에 관한 규칙〉

제273조(계측장치 등의 설치) 사업주는 별표 9에 따른 위험물을 같은 표에서 정한 기준량 이상으로 제조하거나 취급하는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 화학설비(이하 “특수화학설비”라 한다)를 설치하는 경우에는 내부의 이상 상태를 조기에 파악하기 위하여 필요한 온도계·유량계·압력계 등의 계측장치를 설치하여야 한다.

1. 발열반응이 일어나는 반응장치
2. 증류·정류·증발·추출 등 분리를 하는 장치
3. 가열시켜 주는 물질의 온도가 가열되는 위험물질의 분해온도 또는 발화점보다 높은 상태에서 운전되는 설비
4. 반응폭주 등 이상 화학반응에 의하여 위험물질이 발생할 우려가 있는 설비
5. 온도가 섭씨 350도 이상이거나 게이지 압력이 980킬로파스칼 이상인 상태에서 운전되는 설비
6. 가열로 또는 가열기

제274조(자동경보장치의 설치 등) 사업주는 특수화학설비를 설치하는 경우에는 그 내부의 이상 상태를 조기에 파악하기 위하여 필요한 자동경보장치를 설치하여야 한다. 다만, 자동경보장치를 설치하는 것이 곤란한 경우에는 감시인을 두고 그 특수화학설비의 운전 중 설비를 감시하도록 하는 등의 조치를 하여야 한다.

제275조(긴급차단장치의 설치 등) ① 사업주는 특수화학설비를 설치하는 경우에는 이상 상태의 발생에 따른 폭발·화재 또는 위험물의 누출을 방지하기 위하여 원재료 공급의 긴급차단, 제품 등의 방출, 불활성가스의 주입이나 냉각용수 등의 공급을 위하여 필요한 장치 등을 설치하여야 한다.

② 제1항의 장치 등은 안전하고 정확하게 조작할 수 있도록 보수·유지되어야 한다.

제276조(예비동력원 등) 사업주는 특수화학설비와 그 부속설비에 사용하는 동력원에 대하여 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 동력원의 이상에 의한 폭발이나 화재를 방지하기 위하여 즉시 사용할 수 있는 예비동력원을 갖추어 둘 것
2. 밸브·콰·스위치 등에 대해서는 오조작을 방지하기 위하여 잠금장치를 하고 색채표시 등으로 구분할 것

## 2.2 일본 규정

한국의 산업안전보건기준에 관한 규칙과 같이 일본의 노동안전위생규칙에도 다음과 같이 특수화학설비가 규정되어 있다.

〈일본, 노동안전위생규칙〉

제 273조의 2 (계측장치의 설치) 사업주는 특별화학설비에 대해서는, 그 내부에 대한 이상 사태를 조기에 파악하기 위해 필요한 온도계, 유량계, 압력계 등 계측장치를 설치하여야 한다.

제 273 조의 3 (자동경보 장치의 설치) 사업주는 특별화학 설비(제조 또는, 취급하는 위험물 등의 양이 노동부 장관이 정하는 기준에 만족하지 않는 것을 제외한다)는 그 내부에 대한 이상 사태를 조기에 파악하기 위해 필요한 자동경보 장치를 설치하여야 한다.

2. 사업주는 전항에 규정하는 조치를 강구하는 것이 곤란할 때는 감시인을 두고, 당해 특별화학 설비의 운전 중에는 당해 설비를 감시하게 하는 등의 조치를 강구하여야 한다.

제 273조의 4(긴급차단장치 설치 등) 사업주는 특별 화학설비는 이상 사태 발생에 의한 폭발 또는 화재를 방지하기 위해 원재료의 공급을 차단하고, 제품 등을 방출하기 위한 장치, 불활성 가스, 냉각용수 등을 공급하기 위한 장치 등 당해 사태에 대처하기 위한 장치를 설치한다.

2. 전항의 장치에 설치하는 밸브 또는 코크에 대해서는, 다음에 정하는 바를 따라야 한다.
  - 1) 확실하게 작동하는 기능을 가질 것.
  - 2) 항시 원활하게 작동할 수 있는 상태로 유지해야 한다.
  - 3) 안전, 정확하게 조작할 수 있는 것으로 해야 한다.

제 273조의 5 (예비 동원력 등) 사업주는 특별화학 설비, 특별화학 설비의 배관 또는 특별화학 설비의 부속 설비에 사용하는 동력원에 대해서는 다음에 정하는 바를 따라야 한다.

- 1) 동력원의 이상에 의한 폭발 또는 화재를 방지하기 위해 즉시 사용할 수 있는 예비 동력원을 갖추어야 한다.
- 2) 밸브, 코크, 스위치 등은 오조작을 방지하기 위하여 시간 장치, 색채 구분, 형상 구분 등을 해놓아야 한다.

### 3. 특수화학설비 관련 안전장치(안전보건공단(6), 2020)

산업안전보건기준에 관한 규칙의 특수화학설비 관련 규정에 따라 특수화학설비에는 계측장치, 자동경보장치, 긴급차단장치, 예비동력원 등을 설치하여야 한다. 각 장치와 관련된 세부 내용은 다음과 같다.

#### 3.1 계측장치

계측장치는 공정이나 운전자로부터 나온 입력신호에 대응하는 시스템으로서 출력 신호를 발생시켜 공정이 원하는 형태로 운전되도록 하는 장치이다.

중요 계측장치는 계측기의 이상과 작업자의 안전에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 온도계, 압력계, 유량계, 액면계가 화학공장에서 가장 대표적으로 사용되고 있으며, pH, 밀도, 점성, 열전도도, 화학성분 분석, 수분측정 등이 있다. 특수화학설비 내부의 이상상태를 조기에 파악하기 위해서는 공정특성을 고려하여 다양한 계측장치를 설치해야 한다.

과거에는 계측장치 설치비용이 비싸고, 유지비용이 많이 소요되어 설치가 제한적이었으나 지금은 가격이 저렴하여 많이 설치하고 있다. 계측장치는 사용함에 따라 계측값의 편차가 발생하여 설비의 안정적인 운전과 안전을 위협할 수 있어 기준값과 측정기를 사용해서 얻어진 값 사이의 편차의 추정값을 감소시켜야 한다.

또한 측정기를 사용해서 달성할 수 있는 정확도(Accuracy)를 재확인하고, 주기적인 교정(Calibrations)을 실시하여, 계측제어 설비의 확실한 작동의 안전성을 유지하여야 한다. 운전 중 점검이 어려운 인터록이나 로직(Logic)과 관련된 계측제어 설비는 정기 보수기간에 실시하여야 하지만 제조자가 요구하는 작동시험 점검주기 이내 또는 1년을 초과하지 않도록 하는 것을 권장한다.

계측장치의 교정 및 점검 작업 전에 안전을 위하여 인터록 및 비상정지 시스템을 우회시킨 경우에는 작업 후에 반드시 우회를 해지하여 정상 작동이 가능하도록 관리대장에 기록하여야 한다.

### 3.2 자동경보장치

안전에 관련된 경보설비는 운전자로 하여금 어떠한 조치를 취하도록 함으로서 안전계장시스템의 동작 빈도를 감소시키고 공정의 전반적인 안전을 향상시키는 중요한 기능이 있다. 근로자가 상주하는 곳이 아닌 장소에서 경보가 발생하면, 필요한 후속조치가 적절한 시기에 시행될 수 없다. 따라서 경보가 발생한 후 근로자의 후속조치에 필요한 시간이 충분히 확보되지 않으면 공정을 정상상태로 회복할 수 없는 위험이 있다.

특수화학설비는 정상운전조건을 벗어나면 작업자에게 경보할 수 있도록 제 273조의 계측장치와 경보장치를 근로자가 상주하는 곳에 설치하고 빛과 소리로 경보하도록 해야 한다. 경보는 작업자가 잘 들을 수 있도록 주변의 일상적인 소음보다 약 10 dB 정도로 높은 소리를 갖도록 하여야 하며, 경보가 울린 후에 근로자가 소리를 줄일 수 있는 Reset 기능을 부여할 수 있다.

### 3.3 긴급차단장치

제275조(긴급차단장치의 설치 등) ① 사업주는 특수화학설비를 설치하는 경우에는 이상상태의 발생에 따른 폭발·화재 또는 위험물의 누출을 방지하기 위하여 원재료 공급의 긴급차단, 제품 등의 방출, 불활성가스의 주입이나 냉각용수 등의 공급을 위하여 필요한 장치 등을 설치하여야 한다.

② 제1항의 장치 등은 안전하고 정확하게 조작할 수 있도록 보수·유지되어야 한다.

특수화학설비에서 이상상태의 발생으로 화재·폭발 또는 위험물질의 누출을 방지하기 위한 설비로 원료공급차단, 제품의 방출, 불활성가스의 주입, 냉각용수공급, 중합억제제 투입 등의 기능을 가진 긴급차단장치를 설치하여야

한다.

용량이 큰 저장탱크, 탑류(Tower), 발열반응기, 공정의 저장용기, 가열로, 보일러 연료배관, 위험물질 상하차 배관 등 다음과 같은 곳에 설비와 근접되게 설치하도록 하고 있다.

1. 탱크 입출구 배관

가. 인화성 가스를 액체 상태로 5 m<sup>3</sup> 이상 저장

나. 기체상태의 독성물질을 액체 상태로 5 m<sup>3</sup> 이상 저장

다. 인화점이 30 ℃이하의 인화성 물질을 10 m<sup>3</sup> 이상 옥내 저장

2. 탑류 출구배관

가. 인화성 가스의 액체 정체량이 10 m<sup>3</sup> 이상인 탑류

나. 비점 이상에서 운전하는 독성물질 정체량이 10 m<sup>3</sup> 이상인 탑류

다. 비점 이상에서 운전하는 인화성 물질 정체량이 30 m<sup>3</sup> 이상인 탑류

3. 연속적으로 운전하는 발열반응기 및 가열로의 원료 또는 연료공급 배관

4. 보일러, 소각로 등의 연소설비의 원료 또는 연료공급 배관

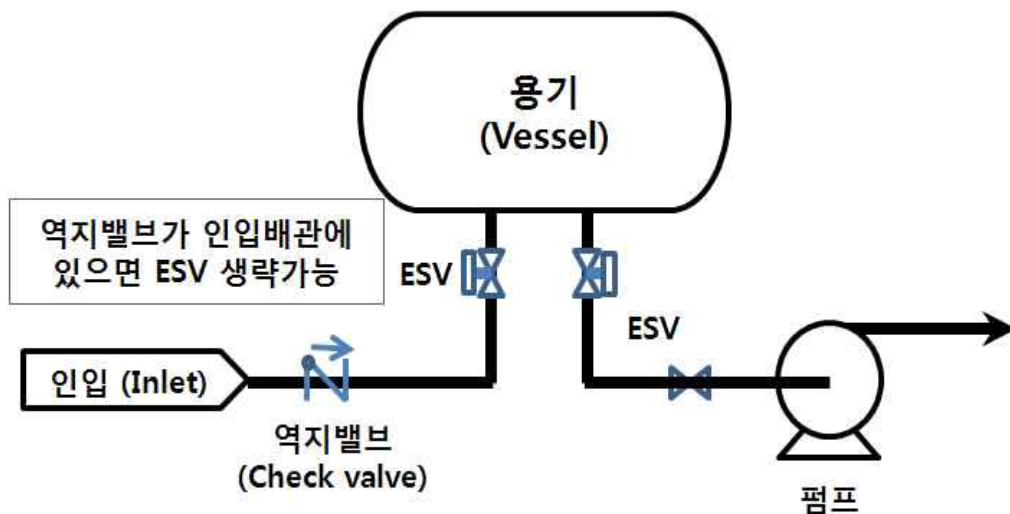
5. 호스 또는 하역설비 등을 이용하여 기차, 선박, 탱크로리 등에 인화성가스, 또는 가스상의 급성 독성 물질을 하역하는 배관 및 균압(Equalizing) 배관

6. 호스 또는 하역설비 등을 이용하여 기차, 선박, 탱크로리 등에 인화성 액체, 액상의 유기화합물 또는 가스상 이외의 급성 독성 물질을 하역하는 배관

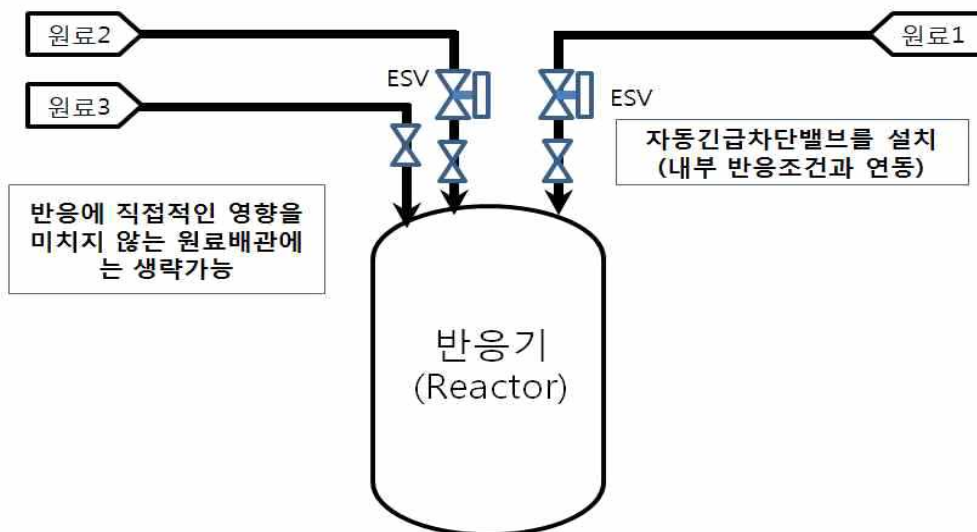
저장용기와 긴급차단밸브 사이에서 누출되는 경우에는 긴급차단밸브로 누출을 차단할 수 없으므로 설치위치는 <그림 VI-1>, <그림 VI-2>, <그림 VI-3>와 같이 저장용기에 가능한 근접하게 설치하여야 한다(안전보건공단(1), 2012).

화재발생 가능지역에 설치하는 긴급차단밸브는 화재 시 화염에 견딜 수 있는 재질을 사용하여야 하며, 전기나 압축공기 등의 동력원이 차단되면 닫히는 구조이어야 한다. 긴급차단밸브의 전기설비와 압축공기 공급배관은 화재 시 15분 이상 작동이 가능하도록 불연성 또는 내화조치를 하여야하며, 가능한

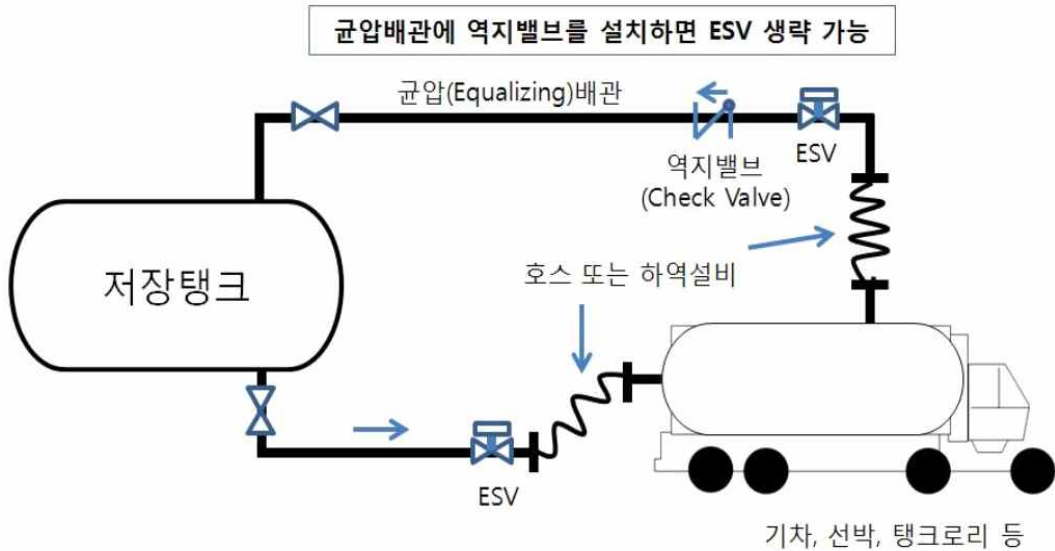
빨리 작동하여야 하나 조작 후 작동시간은 1분 이내로 권장한다.



〈그림 VI-1〉 저장용기에 설치하는 긴급차단밸브 사례



〈그림 VI-2〉 반응기 유입배관에 설치하는 긴급차단밸브 사례



〈그림 VI-3〉 탱크로리 하역용 배관에 설치하는 긴급차단밸브 사례

비상시 작동이 지연되거나 불가능한 경우를 방지하기 위해 3개월 간격으로 주기적인 시험 및 점검을 해야 한다(안전보건공단, 2012).

긴급차단밸브 조작스위치는 조정실(Control room)에서 원격 조작이 가능하고, 현장의 안전한 지상에서 운전자가 쉽게 조작할 수 있도록 설치되어야 한다. 만약 지상보다 높은 곳에 설치하는 경우에는 계단으로 접근이 가능하도록 하여야 한다.

가열로, 보일러 등의 연소설비의 연료배관에 설치하는 경우에는 긴급 소화용 수증기 공급밸브 근처에 설치하는 것이 좋고, 조작스위치는 붉은색으로 식별할 수 있도록 표시되어야 한다.

### 3.4 예비동력원 등

화학설비는 정전, 자체 전기공급설비의 고장 등 사고로 인하여 전원의 공급이 중단되면 설비는 안전의 문제가 발생되므로 안전을 유지할 수 있도록 비상공조, 경보, 소방, 조명, 통신, 계측제어, 필수 동력설비 등에 대한 예비동력원의 확보가 필요하다. 화학설비에서 비상전원을 공급하는 설비는 기본설계 개념, 해당 공정의 중요도, 규모, 운전방법 등에 따라 다르므로 다음의 설비에는 비상발전기 비상전원을 공급하여야 한다.

1. 긴급차단밸브의 부하(계장관련 전동밸브, 제어밸브 등)
2. 소방설비에 필요한 부하(제어반, 소화펌프, 자동화재탐지설비 등)
3. 비상조명설비(옥내전등 및 옥외전등 설비)
4. 양압설비, 공기 퍼지
5. 배출가스 처리설비(회수, 중화, 소각, 흡수 등)
6. 이상 온도 및 압력의 상승방지를 위한 설비(교반기, 냉각수 펌프 등)
7. 압축공기 공급설비 및 계장용 전원
8. 항공장애 및 전기방식 등 설비
9. 무정전 전원공급장치 비상전원 공급장치
10. 배출가스 회수설비의 가스 압축기
11. 계통도 기타 안전상에 중요하다고 인정되는 설비

#### 4. 국내 주요 석유화학단지의 저장탱크 사용 현황

산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9에서 정한 용량 이상으로 유해·화학물질을 취급하는 경우에는 특수화학설비로 규정하고 있다. 그러나 위험물질을 저장하는 탱크, 계량탱크, 호퍼, 사일로 등은 특수화학설비에 해당되지 않으므로 대용량의 위험물질을 저장하는 탱크, 계량탱크 등에 대한 대형사고의 위험성이 상존하고 있다. 따라서 이에 대한 대형 저장시설의 검토가 필요하다.

〈표 VI-1〉는 2021 소방청에서 제공한 위험물 통계자료를 나타낸 것으로써, 석유화학단지 현황을 표로 나타내었다. 국내 석유산업단지 중 사업장수가 가장 많고 위험물의 저장량을 가장 많이 취급하고 있는 울산, 충남 대산, 전남 여수에는 대형 위험물을 저장하는 탱크가 많이 설치되어 있다.

〈표 VI-1〉 석유화학단지 현황(2021년)

| 구분       |     | 울산  |                                             |                                             |                                 | 충남<br>대산<br>임해공<br>단                | 전남<br>여수<br>국가산<br>업<br>단지          |
|----------|-----|-----|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|          |     |     | 석유<br>화학<br>단지                              | 여천<br>공단                                    | 온산<br>공단                        |                                     |                                     |
| 위치       | 계   | 소 계 | 남구<br>상개<br>동,<br>부곡<br>동,<br>고사<br>동<br>일대 | 남구<br>여천<br>동,<br>매암<br>동,<br>용연<br>동<br>일대 | 울주<br>군<br>온산<br>읍<br>학남<br>리 외 | 서산시<br>대산읍<br>대죽리<br>,<br>독곳리<br>일대 | 여수시<br>화치동<br>외<br>여수국<br>가산업<br>단지 |
| 부지면적㎢(평) | 101 | 53  | 9                                           | 25                                          | 19                              | 15                                  | 33                                  |
| 업체수      | 630 | 294 | 81                                          | 72                                          | 141                             | 24                                  | 312                                 |

|               |            |            |            |            |           |            |            |            |
|---------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| 저 장 위험물       | 액체(kℓ)     | 60,549,343 | 23,542,014 | 10,602,849 | 1,307,274 | 11,631,891 | 12,866,599 | 24,140,730 |
|               | 고체(ton)    | 295,023    | 136,375    | 74,725     | 16,557    | 45,093     | 34,308     | 124,340    |
| 위험물 제조 등 (개소) | 제 조 소      | 567        | 301        | 149        | 59        | 93         | 81         | 185        |
|               | 일반 취급소     | 1,008      | 545        | 235        | 155       | 155        | 108        | 355        |
|               | 이송 취급소     | 290        | 55         | 32         | 12        | 11         | 17         | 218        |
|               | 기타 취급소     | 44         | 31         | 8          | 9         | 14         | 1          | 12         |
|               | 옥내 저장소     | 513        | 291        | 104        | 67        | 120        | 38         | 184        |
|               | 옥외 저장소     | 402        | 264        | 102        | 69        | 93         | 34         | 104        |
|               | 옥내탱크 저장소   | 156        | 54         | 20         | 11        | 23         | 38         | 64         |
|               | 옥외탱크 저장소   | 7,476      | 4,122      | 1,923      | 866       | 1,333      | 904        | 2,450      |
|               | 지하탱크 저장소   | 57         | 30         | 6          | 5         | 19         | 12         | 15         |
|               | 암반탱크 저장소   | 13         | 2          | -          | -         | 2          | -          | 11         |
|               | 기타 저장소     | 625        | 185        | 28         | 4         | 153        | 13         | 427        |
| 종업원           |            | 58,340     | 26,430     | 6,230      | 5,460     | 14,740     | 7,897      | 24,013     |
| 안전 관리자 등      | 계          | 14,118     | 3,642      | 1,555      | 1,198     | 889        | 7,897      | 2,579      |
|               | 위험물 안전 관리자 | 2,797      | 1,820      | 523        | 408       | 889        | 318        | 659        |
|               | 보조자        | 3,914      | 1,535      | 840        | 695       | -          | 775        | 1,604      |
|               | 기타         | 7,407      | 287        | 192        | 95        | -          | 6,804      | 316        |

| 자체소방대 수(개소)  |                   | 110   | 45    | 29    | 12   | 4    | 13   | 52    |
|--------------|-------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 자체소방대 차량(대수) | 계                 | 418   | 99    | 69    | 17   | 13   | 29   | 290   |
|              | 소계                | 139   | 57    | 40    | 12   | 5    | 22   | 60    |
|              | 포수용액<br>방사차       | 134   | 52    | 35    | 12   | 5    | 22   | 60    |
|              | 분말<br>방사차         | 5     | 5     | 5     | -    | -    | -    | -     |
|              | 할로겐<br>화합물<br>방사차 | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -     |
|              | 이산화탄<br>소<br>방사차  | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -     |
|              | 제독차               | -     | -     | -     | -    | -    | -    | -     |
|              | 소계                | 279   | 42    | 29    | 5    | 8    | 7    | 230   |
|              | 펌프차               | 4     | 3     | 1     | 1    | 1    | -    | 1     |
|              | 포트<br>레일러         | 86    | 23    | 19    | 3    | 1    | 4    | 59    |
|              | 기타                | 189   | 16    | 9     | 1    | 6    | 3    | 170   |
|              | 소방대원수             | 4,306 | 1,807 | 1,083 | 359  | 365  | 142  | 2,357 |
| 조성연도         |                   | -     | -     | 1962  | 1967 | 1974 | 1991 | 1966  |

## 5. 위험물 저장탱크 사고 통계 및 사례

### 5.1 국외 위험물 저장탱크 사고통계

국외에서 발생한 상압저장탱크 사고 사례는 2005년에 대만의 카오싱대학교 안전보건환경공학과 연구실에 의하여 연구되었다. 이 연구는 지난 40년간 산업시설에서 발생한 242건의 사고 사례를 분석하였다. 그 결과 사고의 74%가 석유정제소, 석유타미널 또는 저장탱크에서 발생하였고, 그 중 화재·폭발이 85%를 차지하는 것으로 보고되었다. 사고 원인 중 80건(33%)은 낙뢰에 의한 것이고, 72건(30%)은 조작 미숙과 유지관리 미흡 등 휴먼에러에 의한 것이었다. 지역별로 보면, 북아메리카에서 114건, 아시아 및 오스트레일리아 72건, 유럽 38건, 남아메리카 9건, 북아프리카 9건의 순이었다. 사고발생 장소별로 구분하면 정유 116건, 탱크 터미널 64건, 화학플랜트 31건, 유전 6건, 기타 25건을 나타냈으며, 탱크 내용물로 보면 원유 66건, 원유 생산물(원료유, 경유, 중유 운환유 등) 69건, 가솔린/납사 55건, 석유화학제품 27건, LPG 15건, 폐유 9건, 암모니아 3건 순이었다. 저장탱크의 형상별로 보면 외부부상형 저장탱크(FRT)에서 46건, 콘루프형 저장탱크(CRT)에서 18건, 돔형 저장탱크에서 11건, 내부부상형 저장탱크(IFRT)에서 6건으로 나타났으며, 사고의 형태로 보면 화재 145건, 폭발 61건, 누출 18건, 독성가스누출 13건, 기타 5건으로 나타났다(Chang 외, 2006).

### 5.2 국외 위험물 저장탱크 사고 사례(Buncefield)

2005년 12월 11일 영국의 Heartfordshire주 Hemel Hempstead시에 위치한 번스필드 원유저장 터미널에서 충전작업 중 탱크에서 넘쳐흐른 원유로 인해 사고가 발생하였다. 원유를 파이프라인을 통하여 탱크로 이송하기 시작한 후 최대 저장량에 도달할 것으로 예측된 시간에 CCTV 화면에서 증기가

발생하여 증기운을 형성하는 것이 확인되었다. 결국 탱크에서 넘쳐흐른 원유로부터 발생한 증기운이 폭발하면서 주변에 위치한 탱크 22기가 화재로 이어졌다. 사고가 발생한 탱크에는 Overflow 현상이 발생하는 경우 충전작업을 자동으로 중지시키는 액위계와 원격 스위치가 설치되어 있었으나, 정상적으로 작동하지 않아 발생한 사고로 추정되었다.

### 5.3 국내 위험물 저장탱크 사고 사례(OO 송유관공사)

2018년 10월 OO송유관공사 저장탱크에서 화재·폭발 사고가 발생하였다. 저장탱크 야드에 사업장 밖에서 날아온 풍등이 저장탱크 주변 잔디에 떨어지며 발생한 화재가 서서히 확산되어 탱크 내부의 유증기와 만나 화재·폭발로 이어진 것으로 파악되었다. 사고의 원인을 밝히기 위하여 CCTV 영상분석을 통한 대기확산 조건 도출, 전산유체역학을 이용한 풍향 분석, Floating roof가 최저 위치일 때의 탱크 내부 유증기 발생량, Floating roof가 최고 위치일 때의 탱크 내부 유증기 거동 등을 분석한 결과, 저장탱크의 내부에서 발생한 유증기가 상부로 이동하면서 환기가 되지 않은 상태에서 오픈벤트 부근에서 잔디에 의한 외부화재에 의하여 점화하면서 폭발이 발생한 것으로 추정되었다.

### 5.4 기타 국내 위험물 저장탱크 사고 사례

1997년 8월 전남 여수 소재 (주)OOO정유의 가솔린 저장탱크에서 화재가 발생하였다. 내부부유식 저장탱크의 외부지붕과 내부 부유지붕과의 사이에서 발생한 화재가 발생한 것으로 확인되었다.

2014년 4월에는 울산시 소재 (주)OOO의 원유저장탱크 하부 믹서(Mixer box)부분이 손상되어 저장된 원유가 대량 누출되는 사고가 있었다.

### 5.5 위험물 저장탱크 사고 사례의 시사점

앞의 사고 사례와 같이 위험물 저장탱크에는 화재·폭발 및 독성물질 누출에 의한 위험성이 상존하고 있다. 따라서 산업안전기준에 관한 규칙 별표 1에 따른 위험물을 산업안전기준에 관한 규칙 별표 9에서 정한 기준량 이상으로 제조하거나 취급하는 특수화학설비에 위험물 저장탱크를 포함시키는 방안을 검토할 필요가 있다.

위험물 저장탱크 중 위험물을 일정량 이상 저장하는 탱크를 특수화학설비로 구분하여 탱크 내부의 이상 상태를 조기에 파악할 수 있도록 온도계·유량계·압력계 등의 계측장치를 설치하도록 하는 등의 안전조치가 필요할 것으로 판단된다.

## 6. 소결론

현행법의 경우 발열반응이 일어나는 반응기, 가열로 등 위험성이 높은 화학설비를 특수화학설비로 분류하였으나, 위험물질을 대량으로 저장하는 탱크, 사일로 등은 특수화학설비에 해당되지 않고 있다. 최근 송유관 공사 화재사고 등이 발생하고 있으나 사고 예방을 위한 가시적인 대응조치를 위하여 대형 위험물 저장탱크도 특수화학설비로 분류할 필요가 있으며, 이를 위한 추가적인 연구를 수행할 필요가 있다.

**VII 화약류 또는 위험물을 저장하거나  
취급하는 시설물에 대한 피뢰설비  
설치 기준 검토 및  
개선방안(안전보건규칙 제326조)**

.....



## VII. 화약류 또는 위험물을 저장하거나 취급하는 시설물에 대한 피뢰설비 설치 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제326조)

### 1. 배경 및 검토 대상

#### 1.1 배경

피뢰시스템에 관한 한국산업표준은 KS C IEC 62305-1, 2, 3, 4로 구성되어 있으며, 각 표준의 인용표준에 따라 피뢰설비를 설치하도록 규정하고 있다. 한국산업표준(한국표준협회(2), 2017)에 따르면 적용범위는 높이의 제한 없이 구조물을 보호하는 피뢰시스템의 설계, 시공 검사 및 유지 관리를 하는 경우에 적용하지만 설비의 최소 높이에 대한 기준이 마련되어 있지 않아 검토할 필요가 있다.

#### 1.2 검토 대상 및 범위

- 국내·외 피뢰설비 관련 규정 비교
- 한국산업표준(KS C IEC 62305) 피뢰설비 관련 설치기준

### 2. 국내·외 법 비교

〈표 VII-1〉에는 한국산업표준(KS C IEC 62305), 전기설비기술기준, NFPA 780의 피뢰설비에 관한 내용을 비교하여 나타내었다(NFPA, 1997).

〈표 VII-1〉 국내 및 국외 피뢰설비에 관한 문헌자료

|         |       | 한국산업표준<br>[KS C IEC 62305]                                                                                                          | 전기설비기술기준     | NFPA 780                                                                                                                                |
|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 수뢰부시스템  | 보호각법  | 피뢰등급과 높이에 따른 보호각이 정해져 있으며, 적용할 수 있는 높이는 최대 60 m이다.                                                                                  | 한국산업표준을 따른다. | 50 ft(15.24 m) 이하의 건축물에 적용한다.<br>25 ft(7.6 m) 이하 건축물은 63도의 보호각 보호범위를 가진다.<br>25 ft(7.6 m) 이상 50ft(15.24 m) 미만의 건축물은 45도의 보호각 보호범위를 가진다. |
|         | 회전구체법 | 모든 경우에 적용 가능하며, 피뢰등급에 따른 반지름을 가지는 회전구체를 기준으로 적용한다.                                                                                  | 한국산업표준을 따른다. | 일반구조물의 뇌격거리는 150 ft(45.75 m)이고, 가연성 증기나 액체를 저장하는 탱크 및 선박은 100 ft(30 m)이다.                                                               |
|         | 메시법   | 구조물의 평평한 경우에 적합하며, 피뢰등급에 따른 메시치수를 적용한다.                                                                                             | 한국산업표준을 따른다. | 기준 없음                                                                                                                                   |
| 인하도선시스템 |       | 분리된 피뢰시스템의 경우 1개 이상의 인하도선이 필요하다.<br>분리되지 않은 피뢰시스템의 경우 2개 이상의 인하도선이 필요하다.<br>인하도선의 상호간격은 피뢰등급에 따른 간격을 권장하며, 내부피뢰시스템과의 이격거리를 참고해야 한다. | 한국산업표준을 따른다. | 인하도선을 최소 2개 이상 확보하고, 모든 인하도선간의 평균 이격거리는 30 m 이내이며, 인하도선과의 상호 간격이 60 m를 초과할 수 없다.                                                        |

|                       |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                            |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>접지극 시스템</b></p> | <p>A형 접지극의 경우 최소 0.5 m 이상의 깊이 에 매설한다(단, A형 접지극이 순서대로 높은 저항을 갖는 점검 주택 안에 위치한다면 0.5 m 요구사항은 무시할 수 있다).<br/>B형 접지극의 경우 벽과 1 m 이상 떨어져 최소 0.5 m 이상의 깊이 에 매설한다.</p> | <p>지표면에서 0.75 m 이상 깊이로 매설한다(단, 필요 시 해당 지역의 동결심도를 고려한 깊이로 할 수 있다).<br/>대지가 암반지역으로 대지 저항이 높거나 건축물·구조물이 전자통신시스템을 많이 사용하는 시설의 경우에는 B형 접지극을 사용한다.</p> | <p>접지봉은 지중 3 m 이상 깊이에 수직으로 매설<br/>지중 링 접지극은 지중 460 mm 이상 깊이에 매설한다.<br/>접지동판 또는 판형 접지극의 최소 두께는 0.8 mm, 최소 표면적은 0.18 m<sup>2</sup> 이상이다.</p> |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. 설치 기준

피뢰시스템에 관한 한국산업표준은 KS C IEC 62305-1, 2, 3, 4로 구성되어 있으며, 각 표준의 인용표준이 필수적으로 적용되어야 한다. 또한 피뢰설비를 사용할 경우 한국산업표준 「KS C IEC 62305-1 피뢰시스템-제1장 : 일반원칙」, 「KS C IEC 62305-2 피뢰시스템-제2장 : 리스크 관리」, 「KS C IEC 62305-3 피뢰시스템-제3장 : 구조물의 물리적 손상 및 인명위험」, 「KS C IEC 62305-4 피뢰시스템-제4장 : 구조물 내부의 전기전자 시스템」에 부합하여야 한다.

#### 3.1 적용범위

설비의 설치높이의 제한 없이 구조물을 보호하는 피뢰시스템의 설계, 시공 검사 및 유지관리를 하는 경우에 적용이 가능하며, 폭발성 위험이 있는 구조물의 피뢰시스템의 경우 아래의 사항을 적용하여야 한다.

##### 3.1.1 접지

폭발의 위험성을 갖는 구조물에 사용하는 모든 피뢰시스템은 B형 접지극의 배열로 설치하여야 한다. 접지극시스템의 접지저항은 가능한 작아야 하며,  $10\ \Omega$  이하이면 좋다.

##### 3.1.2 고체 폭발성 물질을 저장하는 구조물

고체 폭발성 물질을 저장하는 구조물에 대해서는 분리된 외부 피뢰시스템으로 설치하여야 하며, 두께 5 mm 강철 또는 이와 동등한 금속제(두께 7 mm의 알루미늄 구조물)로 둘러싸인 구조물은 자연적 구성부재의 수뢰부시스템으로 설치해도 된다.

### 3.1.3 위험지역을 포함하는 구조물

외부피뢰시스템(수뢰부와 인하도선)의 모든 부분은 위험구역으로부터 최소 1 m 이상 간격을 유지하여야 하며, 접속점이 이완되는 것을 방지하여야 한다. 또한 설비의 외부 금속 배관은 매 30 m마다 접지 되어야 하며, 뇌전류가 흐르는 경우에는 불꽃방전이 발생하지 않는 종류이어야 한다.

## 3.2 외부피뢰시스템

외부피뢰시스템은 수뢰부시스템, 인하도선시스템, 접지시스템을 적용하여 보호대상 구조물에 설치하며, 내용물이 손상될 수도 있는 경우 구조물과 분리된 외부피뢰시스템을 고려한다.

또한 서로 접속된 철근, 강제 철골조와 구조물 내부에 있는 도전성 재료의 자연적 구성부재는 피뢰시스템의 일부로 사용할 수 있으며, 다른 자연적 구성부재는 추가적인 외부피뢰시스템으로 고려하는 것이 좋다.

### 3.2.1 수뢰부시스템

수뢰부시스템을 적절하게 설계할 경우 뇌전류가 구조물을 관통할 확률이 상당히 감소하며, 반사성 피뢰침의 사용은 허용되지 않는다.

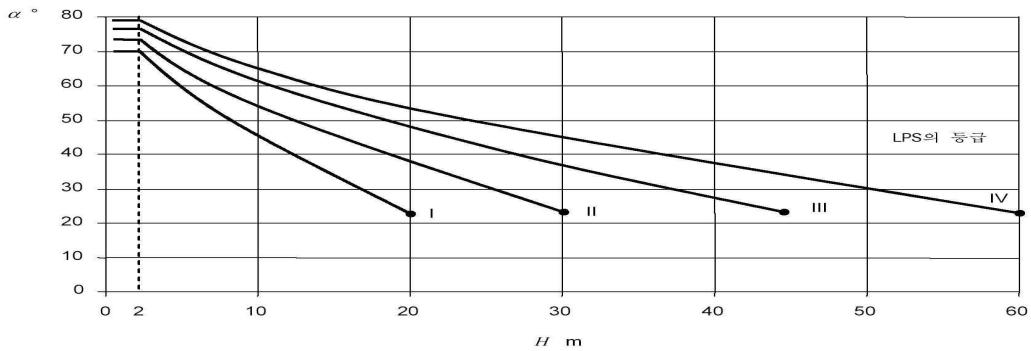
또한 피보호 구조물 전체가 수뢰부시스템에 의한 보호범위 내에 놓이면 수뢰부시스템의 배치가 적절한 것으로 간주하며, 아래의 하나 이상의 방법으로 배치해야한다.

#### 3.2.1.1 보호각법

「한국산업표준기준」에 따른 보호각법의 경우 간단한 형상의 건물에 적용할 수 있으며, <그림 VIII-1>의 피뢰등급, 보호대상 지역 기준평면으로 부터의 높이(H), 보호각( $\alpha$ )을 따라야 한다. 보호각법의 경우 기준평면으로 부터의 높이가

2 m 이하인 경우 보호각은 변하지 않으며, 60 m를 초과하는 건물의 경우 보호각법을 적용할 수 없다.

NFPA 780에 따르면 보호각법은 건축물의 높이 15.24 m 이하의 건축물에 적용되며, 지상으로부터 7.6 m 이하의 구조물은 보호각이 63 °로, 7.6 m 이상 15.24 m의 건축물의 보호각은 45 °의 범위를 가진다.



〈그림 VII-1〉 피뢰시스템의 등급별 보호각

### 3.2.1.2 회전구체법

「한국산업표준기준」에 따른 회전구체법은 모든 경우에 적용할 수 있으며, 피뢰등급에 따라 반지름을 가지는 회전구체를 기준으로 적용한다. NFPA 780에 따르면 일반구조물의 뇌격거리는 45.75 m(150 ft)이며, 가연성 증기나 액체를 저장하는 탱크 및 선박은 30 m(100 ft)를 적용한다.

### 3.2.1.3 메시법

메시법의 경우 보호대상 구조물이 수평이거나 경사진 지붕, 평평한 측면에 적합하며, 피뢰등급에 따른 메시치수는 〈표 VII-2〉를 따른다.

〈표 VII-2〉 피뢰시스템의 레벨별 회전구체 반경, 메시치수와 보호각의 최대값

| 피뢰시스템의 레벨 | 보호법            |             |                    |
|-----------|----------------|-------------|--------------------|
|           | 회전구체 반경 $r[m]$ | 메시치수 $w[m]$ | 보호각 $\alpha^\circ$ |
| I         | 20             | 5×5         | 〈그림 VII-1〉<br>참조   |
| II        | 30             | 10×10       |                    |
| III       | 45             | 15×15       |                    |
| IV        | 60             | 20×20       |                    |

### 3.2.1.4 수뢰부시스템 시설 기준

구조물이 높이 60 m 미만인 경우 수직면은 축뢰의 입사 가능성이 현저히 낮아 피뢰설비를 고려할 필요가 없으며, 높이 60 m를 넘는 구조물은 축뢰가 입사할 가능성이 있으므로 높은 구조물의 상층부(구조물 높이 최상부의 20%)와 이 부분에 설치한 설비를 보호할 수 있도록 수뢰부시스템을 시설해야 한다.

보호대상 구조물과 분리되지 않은 피뢰시스템의 수뢰도체는 아래와 같이 시설한다.

1. 지붕마감재가 불연성 재료인 경우 수뢰도체는 지붕 표면에 설치할 수 있다.
2. 지붕마감재가 가연성 재료인 경우 강철제 바를 사용하지 않은 초기지붕은 0.15 m의 거리를 고려해야 하며, 다른 가연성 재료는 0.1 m 이상의 거리를 유지하도록 한다.

### 3.2.2 인하도선시스템

인하도선시스템의 경우 피뢰시스템에 흐르는 뇌전류에 의한 손상확률을 감소시키기 위한 목적으로 사용하며, 가능한 수뢰도체와 직접 연속성이 형성되도록 시설해야 한다.

또한 최단거리로 대지에 가장 직접적인 경로를 구성하도록 곧게 수직으로

설치해야하고, 시공상의 제한이 없을 경우에는 보호대상 구조물의 둘레와 균등한 간격으로 배치하는 것이 바람직하다. 시공상의 제한이 없는 경우에 피뢰시스템을 배치할 경우에는 아래와 같은 설치 기준을 적용해야 한다.

1. 여러 개의 병렬 전류통로를 형성해야하며, 전류통로의 길이는 최소로 유지해야 한다.
2. 분리되지 않은 피뢰시스템을 배치할 경우에는 <표 VII-3>에 따른 최적 간격을 유지하여야 한다.

**<표 VII-3> 피뢰시스템의 등급별 대표적인 인하도선 사이의 최적간격**

| 피뢰시스템의 등급 | 간격 [m] |
|-----------|--------|
| I         | 10     |
| II        | 10     |
| III       | 15     |
| IV        | 20     |

### 3.2.3 접지극시스템

접지극시스템은 과전압을 최소화하고 뇌전류를 방류하는 목적으로 설치하며, 일반적으로  $10\ \Omega$  이하의 낮은 접지저항으로 하여야 한다.

또한 자연적 구성부재의 인하도선인 경우를 제외하고 각 인하도선과 접지극시스템과의 접속점에서 시험용 접속점을 설치하는 것이 적절하며, 접속점은 측정 시에 공구 등으로 개방할 수 있어야 하나 평상시에는 폐로 되어야 한다.

접지극시스템의 배열은 A형 접지극 배열과 B형 접지극 배열이 있다.

### 3.2.3.1 A형 접지극 배열

A형 접지극 배열은 각 인하도선에 접속된 보호대상 구조물의 외부에 설치된 수평 또는 수직 접지극으로 분류하며, A형 접지극 배열의 수는 두 개 이상이어야 한다. 또한 상단이 최소 0.5 m 이상의 깊이에 묻히도록 매설하고, 상호의 전기적 결합 효과가 최소가 되도록 균등하게 배치한다.

### 3.2.3.2 B형 접지극 배열

B형 접지극 배열은 구조물 외측의 전체 길이가 최소 80% 이상이 지중에 설치된 환상도체 또는 기초 접지극으로 이루어져 있다. 또한 벽과 1 m 이상 떨어져 최소깊이 0.5 m에 매설하는 것이 좋다.

### 3.2.4 외부피뢰시스템의 재료 및 치수

보호대상 구조물 또는 피뢰시스템은 부식의 가능성을 고려하여 재료의 크기를 산정해야하며, 외부피뢰시스템의 재료 및 치수를 <표 VII-4>에 나타내었다.

〈표 VII-4〉 수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입 붕괴 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적

| 재료            | 형상       | 최소단면적 [mm <sup>2</sup> ] |
|---------------|----------|--------------------------|
| 구리, 주석 도금한 구리 | 테이프형 단선  | 50                       |
|               | 원형 단선b   | 50                       |
|               | 연선b      | 50                       |
|               | 원형 단선c   | 176                      |
| 알루미늄          | 테이프형 단선  | 70                       |
|               | 원형 단선    | 50                       |
|               | 연선       | 50                       |
| 알루미늄합금        | 테이프형 단선  | 50                       |
|               | 원형 단선    | 50                       |
|               | 연선       | 50                       |
|               | 원형 단선c   | 176                      |
| 구리피복알루미늄합금    | 원형 단선    | 50                       |
| 용융 아연도금강      | 테이프형 단선  | 50                       |
|               | 원형 단선    | 50                       |
|               | 연선       | 50                       |
|               | 원형 단선c   | 176                      |
| 구리피복강         | 원형 단선    | 50                       |
|               | 테이프형 단선  | 50                       |
| 스테인리스강        | 테이프형 단선d | 50                       |
|               | 원형 단선d   | 50                       |
|               | 연선       | 70                       |
|               | 원형 단선c   | 176                      |

b 기계적 강도가 요구되지 않는 경우, 단면적 50 mm<sup>2</sup>(지름 8 mm)를 25 mm<sup>2</sup>로 줄여도 된다. 이 경우, 침식 사이의 간격도 줄인다.

c 피뢰침 및 대지 인입 붕괴에 적용할 수 있다. 풍압하중고과 같은 기계적 응력이 크게 작용하지 않는 경우에는 지름 9.5 mm, 최대길이가 1 m인 피뢰침을 부가적인 고정을 하여 사용할 수 있다.

d 열적/기계적 고려가 중요하다면 수치를 75로 증가시킬 수 있다.

### 3.3 내부피뢰시스템

내부피뢰시스템은 외부피뢰시스템 혹은 피보호 구조물의 도전성 부분을 통하여 흐르는 뇌전류에 의해 피보호 구조물의 내부에서 위험한 불꽃방전의 발생을 방지하도록 시설한다.

그 중 피뢰 등전위본당은 금속제설비, 내부시스템, 구조물에 접속된 외부 도전성 부분과 선로를 서로 접속함으로써 등전위화를 이룰 수 있으며, 금속제설비의 경우 피보호 구조물과 분리된 경우 지표면에 설치해야 한다.

또한 수뢰부시스템 또는 인하도선시스템과 구조체의 금속부분, 금속설비, 내부시스템 사이의 전기적 절연은 각 부분 사이의 이격거리(S)를 아래의 공식으로 확보해야하며, 공식들의 각 계수는 <표 VII-5, 6, 7>에 나타내었다.

$$S = \frac{K_i}{K_m} \times K_c \times l(m)$$

$K_i$  : 피뢰시스템의 등급에 따른 계수

$K_m$  : 전기절연재료에 관련된 계수

$K_c$  : 인하도선의 수에 따른 계수

<표 VII-5> 외부 피뢰시스템의 등급에 따른  $K_i$ 의 값

| LPS의 등급 | $K_i$ |
|---------|-------|
| I       | 0.08  |
| II      | 0.06  |
| III, IV | 0.04  |

〈표 VII-6〉 외부 피뢰시스템의 재료에 따른  $K_m$ 의 값

| 재료           | $K_m$ |
|--------------|-------|
| 공기           | 1     |
| 콘크리트, 벽돌, 나무 | 0.5   |

- 비고 1. 여러 개의 절연재료가 직렬로 되어 있는 경우, 가장 낮은 재료의  $K_m$ 을 적용하는 것이 바람직하다.
- 비고 2. 다른 절연재료의 사용에 대해서는 시설 지침서 및  $K_m$ 의 값이 제작자에 의해 제공되어야 한다.

〈표 VII-7〉 외부 피뢰시스템의 인하도선의 수에 따른  $K_c$ 의 값

| 인하도선의 수 $n$         | $K_c$ |
|---------------------|-------|
| 1(단지 분리된 피뢰시스템의 경우) | 1     |
| 2                   | 0.66  |
| 3 이상                | 0.44  |

## 4. 소결론

현행 안전보건규칙에서는 한국산업표준인 KS C IEC 62305에 따라 피뢰설비를 설치하도록 규정하고 있으나, 위험물질을 저장하거나 취급하는 시설물에 대한 피뢰설비의 최소 수준으로 한국산업표준의 피뢰시스템 II등급의 기준에 적합하도록 보호각법, 회전구체법, 메시법 등을 적용하여 보호범위를 산정할 것을 제안한다. 또한 본 연구를 통해 제시된 해외 기술규격(NFPA 780)의 수뢰부시스템 보호각법 적용범위로 건축물의 높이가 7.6 m(25 ft) 이하인 경우에는 보호각 63 °를, 건축물의 높이가 15.24 m(50 ft) 이하인 경우에는 보호각 45 °를 적용하는 방안에 대해서 KOSHA GUIDE와 같이 널리 참고할 만한 기술규격 또는 가이드에 반영할 것을 제안한다.



**VIII. 산소 등 산화성 가스에 의한  
화재폭발 예방기준  
마련(안전규칙 신설)**

.....



## VIII. 산소 등 산화성 가스에 의한 화재폭발 예방기준 마련(안전규칙 신설)

### 1. 배경 및 검토 대상

#### 1.1 배경

(주)OO OO공장 등에서 산소 등 산화성 가스에 의한 화재·폭발사고가 발생하였다. 산소에 의한 폭발사고가 발생할 경우 인명 및 물적 피해가 크지만 이를 예방하기 위한 기준이 마련되어 있지 않아 유사한 사고가 되풀이 될 우려가 있어 산소 등 산화성 가스에 대해 검토할 필요가 있다.

#### 1.2 검토 대상 및 범위

- 고압가스 관련 규정
- 산소의 특성 및 성질
- 고압산소에 의한 사고 사례
- 고압산소의 위험성 및 예방대책

### 2. 고압가스 및 고압산소의 정의

#### 2.1 고압가스

고압가스 안전관리법 시행령 제2조에서 아세틸렌이나 액화시안화수소와 같은 특정물질을 제외한 고압가스의 정의는 다음과 같다. 다만, 별표 1에서 정하는 고압가스는 제외한다.

1. 상용(常用)의 온도에서 압력(게이지압력을 말한다. 이하 같다)이 1메가파스칼 이상이 되는 압축가스로서 실제로 그 압력이 1메가파스칼 이상이 되는 것 또는 섭씨 35도의 온도에서 압력이 1메가파스칼 이상이 되는 압축가스
2. 상용의 온도에서 압력이 0.2메가파스칼 이상이 되는 액화가스로서 실제로 그 압력이 0.2메가파스칼 이상이 되는 것 또는 압력이 0.2메가파스칼이 되는 경우의 온도가 섭씨 35도 이하인 액화가스

고압가스의 설치 제외사항은 다음의 별표 1과 같다.

1. 「에너지이용 합리화법」의 적용을 받는 보일러 안과 그 도관 안의 고압증기
2. 철도차량의 에어컨디셔너 안의 고압가스
3. 「선박안전법」의 적용을 받는 선박 안의 고압가스
4. 「광산안전법」의 적용을 받는 광산에 소재하는 광업을 위한 설비 안의 고압가스
5. 「항공안전법」의 적용을 받는 항공기 안의 고압가스
6. 「전기사업법」에 따른 전기설비 중 발전·변전 또는 송전을 위하여 설치하는 전기설비 또는 전기를 사용하기 위하여 설치하는 변압기·리액틀·개폐기·자동차단기로서 가스를 압축 또는 액화 그 밖의 방법으로 처리하는 그 전기설비 안의 고압가스
7. 「원자력안전법」의 적용을 받는 원자로 및 그 부속설비 안의 고압가스
8. 내연기관의 시동, 타이어의 공기충전, 리벳팅, 착암 또는 토목공사에 사용되는 압축장치 안의 고압가스
9. 오토크레이브 안의 고압가스(수소·아세틸렌 및 염화비닐은 제외한다)
10. 액화브롬화메탄제조설비 외에 있는 액화브롬화메탄
11. 등화용의 아세틸렌가스
12. 청량음료수·과실주 또는 발포성주류에 혼합된 고압가스
13. 냉동능력이 3톤 미만인 냉동설비 안의 고압가스
14. 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」의 적용을 받

는 내용적 1리터 이하의 소화기용 용기 또는 소화기에 내장되는 용기 안에 있는 고압가스

15. 정부·지방자치단체·자동차제작자 또는 시험연구기관이 시험·연구 목적으로 제작하는 고압가스연료용차량 안의 고압가스
16. 「총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률」의 적용을 받는 총포에 충전하는 고압공기 또는 고압가스
17. 국가기관에서 특수한 목적으로 사용하는 휴대용 최루액 분사기에 최루액 추진재로 충전되는 고압가스
18. 섭씨 35도의 온도에서 게이지압력이 4.9메가파스칼 이하인 유니트형 공기압축장치(압축기, 공기탱크, 배관, 유수분리기 등의 설비가 동일한 프레임 위에 일체로 조립된 것. 다만, 공기액화분리장치는 제외한다) 안의 압축공기
19. 한국가스안전공사 또는 한국표준과학연구원에서 표준가스를 충전하기 위한 정밀충전 설비 안의 고압가스
20. 「방위사업법」에 따른 품질보증을 받은 것으로서 무기체계에 사용되는 용기등 안의 고압가스
21. 「어선법」의 적용을 받는 어선 안의 고압가스
22. 그 밖에 산업통상자원부장관이 위해발생의 우려가 없다고 인정하는 고압가스

## 2.2 고압산소

「고압가스 안전관리법」에서는 산소가 일정한 압력 이상일 때를 고압가스로 분류하고 있으나, 고압산소의 정의 및 관련 조항이 없는 실정이다.

### 3. 산소의 특성

#### 3.1 일반적인 성질

1. 공기 중에서 21% 함유되어 있으며, 상온에서 무색, 무미, 무취의 기체이다.
2. 조연성 가스로서 자신은 연소되지 않는다.
3. 기체, 고체, 액체를 불문하고 상자성(자장 안에 놓으면 자장과 같은 방향으로 자력을 띠는 물질의 성질 : 산소, 망간, 알루미늄, 백금 등)을 가지고 있다.
4. 액화산소는 담청색을 띤다.
5. 액체가 기화되면 약 800배 체적의 기체가 된다.
6. 금속에 산화작용이 강하다.
7. 산소 또는 공기 중에서 무성 방전시키면 오존이 생성된다.
8. 비점(-183 °C)이 낮기 때문에 가스의 충전 시 동상에 걸리기 쉽다.

#### 3.2 연소에 관한 성질

1. 농도나 분압이 상승함에 따라 연소속도 증가, 발화온도 저하, 화염온도 상승, 화염길이 증가, 폭발한계 및 폭발의 범위가 넓어져 위험성이 크다.
2. 고압에서 산소를 사용할 때 유기물이나 유지류와 접촉되면 산화폭발의 위험이 크므로 사염화탄소 등의 용제로 세척한다.
3. 산소를 화학반응에 사용하는 경우에는 과산화물 등을 생성하여 폭발의 원인이 되는 경우가 있으므로 주의할 필요가 있다.

### 3.3 산소 취급 시 주의사항

1. 산소 가스용기와 가연성 가스용기와는 구분하여 저장한다.
2. 산소 가스용기나 기구류에는 윤활유, 그리스 등이 부착되지 않도록 한다.
3. 압력계는 금유의 표시가 있는 산소 전용 압력계를 사용한다,
4. 용기밸브를 열 때는 천천히 열도록 한다.
5. 산소 용기는 보일러, 화기 등과 멀리 떨어져야 한다.
6. 액화산소를 이충전할 때는 불연재료를 상면에 깔 뒤 행한다.
7. 산소가 과잉 또는 순산소의 경우에는(60% 이상) 12시간 흡입하면 폐에 충혈을 일으켜 실명 또는 사망할 위험성이 있다.

## 4. 산화성 액체 및 산화성 고체

산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 1에서 위험물질의 종류는 7가지로 분류하고 있으며, <표 Ⅷ-1>에는 산화성 액체 및 산화성 고체의 종류를 나타내고 있다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 1의 3항에서 산화성 액체 및 산화성 고체는 그 물질 자체로부터 생성된 산소에 의해 화재·폭발이 발생할 위험성은 없으나, 고농도의 산소 및 산화성 가스가 존재할 경우에는 화기작업 등으로 인하여 사고가 발생하고 있으므로 산화성 가스를 위험물질에 포함시켜 관리하는 것이 필요하다.

〈표 Ⅷ-1〉 위험물질의 종류(별표 1의 3항)

### 3. 산화성 액체 및 산화성 고체

- 가. 차아염소산 및 그 염류
- 나. 아염소산 및 그 염류
- 다. 염소산 및 그 염류
- 라. 과염소산 및 그 염류
- 마. 브롬산 및 그 염류
- 바. 요오드산 및 그 염류
- 사. 과산화수소 및 무기 과산화물
- 아. 질산 및 그 염류
- 자. 과망간산 및 그 염류
- 차. 중크롬산 및 그 염류
- 카. 그 밖에 가목부터 차목까지의 물질과 같은 정도의 산화성이 있는 물질
- 타. 가목부터 카목까지의 물질을 함유한 물질

## 5. 고압산소에 의한 국내 사고현황

2010년 이전의 한국산업안전보건공단 중대산업사고 조사보고서에는 산소에 의한 사고 사례는 존재하지 않았으나, 언론보도에 의한 내용을 토대로 확인한 결과 3건의 사고가 발생하였다. 2010년 이후에는 산소에 의한 사고가 3건이 발생하였다.

### 5.1 2010년 이전의 산소에 의한 사고 사례

- 
- ① 2009.7.6 전남 OO시 소재 산단에서 과산소(저압 고농도 산소) 조건인 배관을 휴대용 연삭기로 절단하던 중 화재 발생으로 근로자 1명 사망
  - ② 1999.8.5 충북 OO시 소재 가스충전소에서 충전 용기 내에 혼재되어 있던 유지류와 산소가 반응하면서 산소용기가 폭발하여 근로자 1명 사망, 1명 부상
  - ③ 1996.8.15 전남 OO시 석유화학공장에서 시운전 중에 압축기 후단에 설치된 차단밸브와 스트레이너 사이의 잔류한 기름이 산소와 반응으로 폭발하여 근로자 1명 부상
- 

### 5.2 2010년 이후의 산소에 의한 사고 사례

#### 5.2.1 고압산소 이송배관 화재사고

2014년 7월 1일 10시 51분경 전남 OO시 소재 (주)OOOO의 신설중인 열연공장 연주공정의 스카핑머신 시운전 과정에서 산소 홀더 하부에 설치된 감압밸브의 개도를 조절하던 중 산소 배관 내부에 잔류하고 있는 유지분이 고압의 산소에 의해 발화된 후 배관의 화재로 확대되어 감압밸브의 개도 조절작업 중이던 3명이 화상으로 사망한 사고가 발생하였다.

### 5.2.1.1 사고발생 공정 및 사고발생 물질

- 사고발생공정 : 연주공정 내 스카핑머신에 산소를 공급하는 공정
  - \*연주공정(연속주조공정) : 제강에서 출강된 용강(쇳물) 주형틀에 부어 Slab 형상을 만드는 공정
  - \*스카핑머신 : 고압의 산소와 도시가스가 분사되어 Slab 표면의 결함을 제거하는 설비

#### ○ 사고발생물질

〈표 VIII-2〉 사고발생물질

| 물질명 | 순도    | 압력      | 압력      | 비중  | 비점     | 비고  |
|-----|-------|---------|---------|-----|--------|-----|
| 산소  | 99.6% | 1.8 Mpa | Ambient | 1.1 | -183 ℃ | 조연성 |

- 사고발생설비
  - 고압의 산소를 저장한 후 2.5 MPa에서 1.8 MPa로 감압하여 스카핑머신에 공급하는 설비

### 5.2.1.2 사고발생원인

- 감압밸브 본체 및 디스크 충돌에 의한 불꽃 발생
  - 고압(1.8 MPa)의 산소 분위기에서 배관 내의 그리스 등이 산소의 압력 조절용 감압밸브의 본체, 디스크 등과 충돌하면서 발생된 불꽃이 점화원으로 작용하였을 가능성이 크다.
- 감압밸브에 가연성 오일 주입 후 세척작업 미실시
  - 세척작업을 실시한 감압밸브를 설치한 후 스템의 스핀들에 가연성 그리스를 주입하였으나 세척작업을 실시하지 않은 것으로 판단된다.

- 여기서 감압밸브 주입 윤활유로 사용되는 물질인 합성기유와 백색 미네랄오일의 혼합비율과 인화점에 관한 내용은 <표 VIII-3>에 제시하였다.

〈표 VIII-3〉 감압밸브 주입 윤활유

| 물질명      | CAS No.    | 혼합비율(%) | 비고          |
|----------|------------|---------|-------------|
| 합성기유     | 78037-01-4 | < 85    | 인화점 : 238 ℃ |
| 백색 미네랄오일 | 8042-47-5  | < 25    | 인화점 : 182 ℃ |

\*감압밸브 주입 윤활유 : 합성기유와 백색 미네랄오일의 인화점은 각각 238 ℃와 182 ℃로써 가연성이다.

### 5.2.1.3 동종사고 예방대책

- 설비감압밸브에 가연성 오일(그리스) 주입 금지
  - 고압의 산소를 취급하는 감압밸브에는 오일의 주입을 금지하거나, 오일을 주입할 경우에는 불연성오일을 주입하여야 한다.
- 작업표준의 제정 및 교육 철저
  - 고압의 산소를 취급하는 배관에 설치된 밸브류의 개방 및 차단을 급하게 실시할 경우 마찰, 충돌, 단열압축 등에 의해 화재가 발생할 수 있으므로, 고압의 산소 배관에 설치된 밸브류의 개방 및 차단은 천천히 실시할 수 있도록 작업표준을 제정하고 관련 교육을 철저히 하여야 한다.
- 최대 유속에 따른 재질 선정
  - 구간별 최대 유속을 계산하여 허용유속을 초과하지 않도록 하거나 적절한 재질로 변경하는 것을 권장한다. 2014년 전남에서 고압산소에 의해 발생한 사고에서는 FIT-0935 유량계가 설치된 100 A 배관의 최대 유량이

39,810 m<sup>3</sup>/s로, 유속(79.5 m/s)이 허용유속(38.1 m/s)을 초과하였다.

#### ○ 세척작업 실시

- 사고 전에 피깅(Pigging)을 실시하지 않은 산소 인입배관, 저장탱크, 밸브스테이션에 대한 세척작업을 실시하고, 사고 전에 피깅을 실시한 유량계 이후 배관은 사고로 오염되었으므로 추가로 피깅을 실시하는 것을 권장한다.

\* 피깅 : 스펀지 등의 피그볼(Pigball)을 배관 인입부에 삽입한 후 고압의 질소 등을 이용하여 배관 끝단부로 배출함으로써 배관 내에 잔존할 수 있는 이물질을 제거하는 작업.

### 5.2.2 산소배관 차단밸브 조작 작업 중 화재폭발 사고

2020. 11. 24(화) 16시 02분경 전남 광양시 소재 (주)OOOO 내의 산소공장에서 고압(약 22 kgf/cm<sup>2</sup>) 산소배관 차단밸브(볼밸브)를 여는 과정에서 화재가 발생하여 폭발적으로 연소하면서 차단밸브 조작 작업 중이던 원청 1명, 협력사 2명 근로자 총 3명이 사망한 재해이다.

#### 5.2.2.1 사고발생 공정에 대한 사고물질

##### ○ 사고발생 설비(차단밸브 및 배관)

- 사고발생 당시 산소배관 차단밸브 및 배관에 대하여 <표 VIII-4>에 나타내었다.

〈표 VIII-4〉 산소배관 차단밸브 및 배관

| Item No. | ID (mm) | 온도(℃) |    | 압력 (kgf/cm <sup>2</sup> (G)) |    | 재질              | 비고                   |
|----------|---------|-------|----|------------------------------|----|-----------------|----------------------|
|          |         | 설계    | 운전 | 설계                           | 운전 |                 |                      |
| O-004    | 200     | 자료 없음 | 18 | 30                           | 22 | STS304 (스테인리스강) |                      |
| 산소배관     | 200     | 자료 없음 | 18 | 30                           | 22 | SPPS380 (일반탄소강) | SCH 40 (두께 : 7.1 mm) |

## ○ 사고발생 물질

- 사고발생 물질인 산소에 대한 위험성, 저장방법 등 물리적 특성을 〈표 VIII-5〉에 나타내었다.

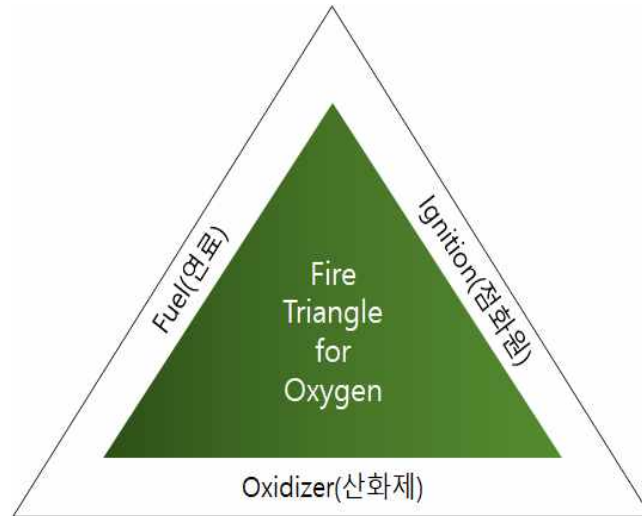
〈표 VIII-5〉 산소의 물리적 특성

| 물질명 (CAS No.)  | 함유량 (%) | 유해 · 위험성                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 취급 및 저장방법                                                                                                                                                                                               | 증기 밀도 (air=1) |
|----------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 산소 (7782-44-7) | 99.6    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가열시 용기가 폭발할 수 있다.</li> <li>• 누출물은 화재/폭발의 위험이 있다.</li> <li>• 타지는 않으나 연소를 돕는다.</li> <li>• 증기는 증상 없이 질식 또는 현기증을 유발할 수 있다.</li> <li>• 가연성물질(나무, 종이, 기름, 의류 등)을 점화할 수 있다.</li> <li>• 화재 시 자극성, 독성가스를 발생할 수 있다.</li> <li>• 다른 가연성물질과 접촉하여 화재를 일으킬 수 있다.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 의류, 가연성 물질로부터 격리 · 보관</li> <li>• 감압밸브에 그리스와 오일이 묻지 않도록 할 것</li> <li>• 압력을 가하거나, 자르거나, 정전기, 납땜, 용접, 뚫기, 접합, 연마 또는 열에 폭로, 불꽃, 화염 또는 다른 점화원에 폭로하지 말 것.</li> </ul> | 1.1           |

### 5.2.2.2 사고발생원인

#### ○ 고압산소 배관 화재 주요원인

##### 1) 연소의 3요소



〈그림 Ⅷ-1〉 연소의 3요소

- 산화제(산소 공급원) : 배관 내 산소
- 연료(가연물) : 산소배관(금속) 또는 배관 내 잔류 유기물
- ※ 공기 중에서 불연성인 금속류도 고농도 산소 조건에서는 가연물로 작용할 수 있다(LPG-산소 용단 시 초기 가열 후 고압산소만으로 금속류를 절단하는 원리와 유사).
- 점화원 : 입자충돌, 단열압축, 기계적 마찰 등
- ※ ASTM G128, EIGA, AIGA 등 산소관련 주요기준에 언급된 화재·폭발의 주요원인과 기여요인은 〈표 Ⅷ-6〉과 같다.

〈표 VIII-6〉 산소배관 화재·폭발 주요원인

| 점화 메커니즘                                           | 조건                                                                                                                                           | 기여 요인                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 입자충돌<br>(Particle impact)                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 입자 존재</li> <li>• 제한속도 이상 유속</li> <li>• 가연물</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 밀도, 양, 입자의 조성</li> <li>• 입자 경로 상 충돌 포인트</li> <li>• 높은 차압</li> </ul>                                          |
| 단열압축<br>(Adiabatic compression)                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 급격한 가압</li> <li>• 관말단 부근의 오염원 또는 비금속 물질</li> <li>• 높은 압축비</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 급속한 밸브 개방</li> <li>• 가압기체</li> <li>• 초기온도, 최종압력, 압축비</li> <li>• 낮은 자연발화점을 갖는 물질의 10 bar이하에서 점화가능성</li> </ul> |
| (유기물에 의한) 촉진 점화(Promoted ignition/kindling chain) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 점화메커니즘 존재 하에 화염을 전파시킬 수 있는 가연물</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 비금속 물질</li> <li>• 가연성물질이 적은 경우의 점화</li> </ul>                                                          |
| 기계적 마찰<br>(Mechanical friction)                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2개 이상의 표면 마찰</li> </ul>                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 빠른 속도/높은 하중 마찰</li> <li>• 알루미늄 합금은 더 취약</li> <li>• 높은 회전속도, 진동</li> </ul>                                    |
| 기계적 충격<br>(Mechanical impact)                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 금속 또는 비금속부에 가해지는 충격</li> </ul>                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (대부분 액체산소에 노출된) 다공성 물질</li> <li>• 급속한 잠금 가능 밸브</li> <li>• 밸브, 릴리프의 채터링(Chattering)</li> </ul>                |
| 열적 점화<br>(Thermal ignition)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 구성품의 자연발화점 이상의 외부 열</li> <li>• 열원에 의해 발생하는 온도이하의 발화점을 갖는 물질</li> <li>• 윤활유나 가연성 오염물의 인화점</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 나화</li> <li>• 흡연</li> <li>• 스파크</li> <li>• 용접</li> <li>• 기타 열원</li> </ul>                                    |
| 전기아크<br>(Electrical arcing)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력공급원</li> <li>• 물질을 기화시키거나 용융시킬 수 있는 아크</li> <li>• 아크에 노출된 가연물</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미접지, 단락</li> <li>• 낙뢰</li> </ul>                                                                             |

## 2) 입자충돌(Particle impact)

### 가) 고압산소 배관의 유속(Velocity) 제한<sup>28)</sup>

- 일반탄소강 재질이 고농도(35%이상) 산소 배관의 경우 배관 내 금속입자가 존재하는 상태에서 난류(Turbulence)가 발생하면 입자충돌에 의해 점화될 우려가 있으므로 압력에 따라 배관 내 유속을 제한하고 있다.
- 산소 유속 제한은 난류를 유발할 수 있는 개소의 존재 유무에 따라 분류하고 있다. 산소배관 내에서 난류를 유발할 수 있는 개소(Impingement site)는 오리피스(Orifice), 감압밸브(Pressure regulator), 엘보(Elbow), 돌출 부위(Edge point) 등 산소배관에 설치된 거의 모든 부속품이 해당되며, 배관 내에서 난류를 형성하지 않는 부분은 난류 미유발개소(Non-impingement site)로 정의한다.

---

① 난류 유발 개소(Impingement site)인 경우

▶  $45 \div 2.3 = 19.56 \text{ m/s}$

② 난류 미유발 개소(Non-impingement site)인 경우

▶  $80 \div 2.3 = 34.78 \text{ m/s}$

※ 차단밸브에 의해 난류가 형성될 수 있는 개소이므로 19.56 m/s 적용이 타당

---

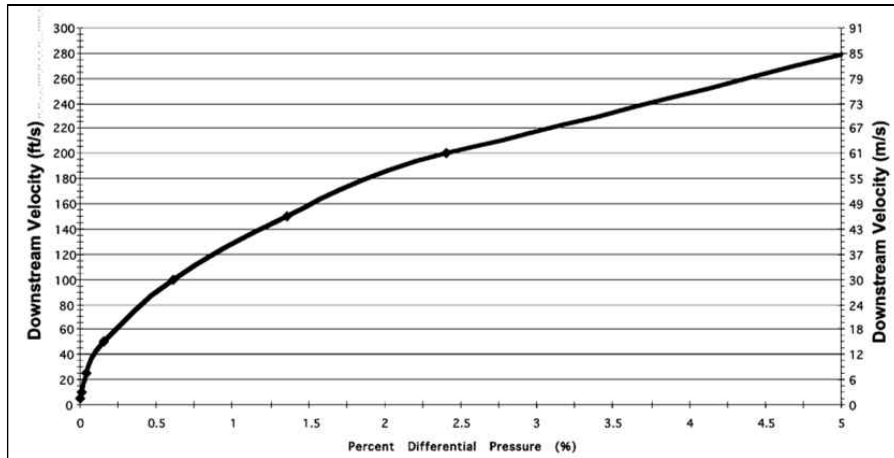
- 일반탄소강 재질의 산소배관인 (주)OO OO공장의 경우 운전압력(2.3 MPa(a))을 고려한 제한유속은 19.56 m/s이다. 운전압력(2.3 MPa(a))에서 제한유속인 19.56 m/s를 초과하는 조건에서 배관 내 금속입자 등이 존재 할 경우에는 산소의 흐름에 의해 형성된 난류에 의해 입자 간의 충돌 또는 입자와 배관의 충돌에 의한 점화 위험성이 커지게 된다.
- 따라서 운전압력에 따른 배관 내 유속 계산 결과가 상기 유속 제한 그래프 하부에 있는 경우에는 일반탄소강을 사용할 수 있으나, <그림 VIII-2>

---

28) AIGA(Asian Industrial Gases Association), Oxygen Pipeline And Piping Systems, 4.4

의 상부에 존재하는 경우에는 배관의 재질변경(일반 탄소강 → 합금강 등)을 고려해야 한다.

나) 차단밸브(O-004) 개방에 따른 유속



〈그림 VIII-2〉 차압에 따른 최대 유속(등온 흐름 가정)

- 차단밸브의 전단, 후단의 차압이 5%인 경우에도 최대 85 m/s의 유속이 형성될 수 있다.
- 사고가 발생된 차단밸브(O-004)의 전단·후단의 압력을 고려하여 차단밸브 개방 시 발생할 수 있는 최대 유속은 ASTM G-88-13에 근거하여 계산한 결과 306.5 m/s이다.
- 이 결과는 (주)OO OO공장에서 사용되는 산소배관 운전조건에서 제한 유속인 19.56 m/s를 훨씬 상회하는 속도로서 관 내 금속입자 등이 존재할 경우에는 입자간 충돌에 의한 점화 가능성이 매우 높다는 것을 의미한다.

다) 산소배관 내 금속입자(Particles) 존재 및 생성

- 사고가 발생된 산소배관 내부를 확인한 결과 부식, 마모 등으로 인해 육

안으로 식별할 수 있을 정도의 금속입자들이 존재하였으며, 배관 내 고속의 산소 흐름에 따른 산소와 배관간의 마찰로 인해 지속적으로 금속입자가 생성되었을 것으로 추정되었다.

### 3) 단열압축(Adiabatic compression)

- 단열압축에 의해 차단밸브 또는 배관 내 가연물이 점화되기 위해서는 단열압축에 의해 발생한 열이 가연물의 자연발화점 이상의 온도까지 상승시킬 수 있어야 한다. 사고 시 조작했던 차단밸브(O-004)의 전단·후단의 압력을 고려하여 단열압축에 의해 생성될 수 있는 최종 온도를 계산한 결과 약 69.5 °C로서 차단밸브 또는 배관 내에 유기물이 존재하였더라도 점화시키기에는 낮은 온도인 것을 알 수 있다.

---


$$\begin{aligned}
 T_f &= T_i^* \left( \frac{P_f}{P_i} \right)^{\left( \frac{\gamma-1}{\gamma} \right)} \\
 &= 291.15^* \left( \frac{23}{13} \right)^{\left( \frac{1.4-1}{1.4} \right)} \\
 &= 342.69 K = 69.5 ^\circ C
 \end{aligned}$$

$T_f$  = 최종온도(K)

$T_i$  = 초기온도(K), = 18 + 273.15 = 291.15

$P_f$  = 최종압력(bar(a)) = 23 kgf/cm<sup>2</sup>(a)

$P_i$  = 초기압력(bar(a)) = 13 kgf/cm<sup>2</sup>(a)

$\gamma$  = 산소의 비열비(1.4)

---

## 4) 촉진 점화/전파(Promoted ignition/Propagation)

- 사고가 발생한 차단밸브는 운전압력( $=22 \text{ kgf/cm}^2$ )이 높아 조작이 용이하지 않으므로 기어방식을 적용하여 핸들을 조작하도록 되어 있다. 기어박스 내부에는 기어의 원활한 작동을 위해 윤활유가 주입되어 있어 윤활유가 배관내로 유입되어 고압산소에 의해 점화될 가능성이 있으나, 사고 당시에는 차단밸브 전단·후단의 압력이 각각  $22 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $12 \text{ kgf/cm}^2$ 로서 외부에서 이물질이 유입되기 어려운 상황이었다. 따라서 외부에서 유입된 이물질이 점화되어 화재가 전파되었을 가능성은 낮은 것으로 판단되었다.

## 5) 기계적 마찰(Mechanical friction)

- 차단밸브의 개방을 위하여 조작 시 지속적으로 열고 닫는 과정을 반복하는 경우 금속재질인 볼(Ball)과 테프론 재질인 밸브시트(Seat) 간의 마찰을 고려할 수 있다. 그러나 볼(Ball)은 마찰에 의해 불꽃 발생 가능성이 낮은 스테인리스 재질이며, 시트(Seat)는 테프론 재질로 마찰에 의한 점화 가능성은 낮다.

## 6) 기계적 충격(Mechanical impact)

- 차단밸브의 개방조치 외에 설비 및 산소배관에 기계적 충격을 가하여야 할 합리적 사유를 확인할 수 없어 점화될 가능성은 낮은 것으로 판단되었다.

7) 열적점화(Thermal ignition)

- 배관 내 구성품을 점화시킬 외부 열원이 없어 점화될 가능성이 매우 낮다.

8) 전기아크(Mechanical friction)

- 차단밸브는 전력을 필요로 하지 않는 수동조작 형태로 외부로부터 전기적 점화원이 공급되었을 가능성은 매우 낮다.

## 6. 과 산소 조건의 위험성

과 산소조건의 위험성에 대하여 안전·보건의 측면에서 보면 다음과 같다.

### 6.1 과 산소 조건

---

공기 중의 산소농도(약 21 vol%) 보다 높은 조건으로 CGA(미국고압가스협회)에서는 23 vol% 이상으로 정하고 있다.

---

### 6.2 안전·보건상의 위험성(안전보건공단(2), 2018)

---

(안전상의 위험) 의학적으로 명백하게 과산소의 농도별로 인체에 대한 영향이 검토된 것은 아니지만 50 vol%까지는 유해성은 없는 것으로 알려져 있으며 75 vol%이상에서는 호흡 곤란 증상, 100 vol%에서는 망막 손상 등이 보고되고 있다.

(보건상의 위험) 문헌에서 제공하는 물성치는 표준조건에 따라 측정된 값인 반면 과산소 조건에서는 기존 물성과 다른 양상을 보이는 경우가 많으며, 특히 연소반응에 있어서는 높은 연소속도·연소효율로 → 높은 연소온도·폭굉 가능성이 증가되어 대규모 화재·폭발사고로 이어지는 경우가 많다.

---

### 6.3 고압산소 배관의 위험성 및 취급 시 주의점(안전보건공단(3), 2021)

고압산소 배관에서 발생한 화재사고는 언급한 5.2.1과 5.2.2와 같이 인적 및 물적피해를 초래한다. 고압산소의 조건에서 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위하여 고압산소의 위험성과 취급 시 주의사항, 재해방지를 위한 조치사항은 다음과 같다.

#### 6.3.1 고압산소 배관의 위험성

---

공기 중 조건에서와 달리 고압산소 조건에서는 극미량의 가연물만으로도 화재·폭발이 발생할 수 있으며, 이때는 연소속도가 높아 순식간에 배관 등을 녹일 수 있는 온도까지 연소온도가 상승하게 된다(안전보건공단(1), 2021).

---

#### 6.3.2 고압산소 배관 취급 시 주의사항

- 
- ① (밸브 조작 시 주의) 가능한 밸브의 개폐는 천천히 하고 압력차가 있는 경우에는 바이패스를 설치해서 압력차를 최소화한 다음 밸브를 개방한다.
  - ② (취급설비 내부관리) 잔류 먼지만으로도 화재가 발생할 수 있으므로 윤활유 등 내부의 가연물을 완전히 제거하고 운전한다(안전보건공단(1), 2021).
- 

#### 6.3.3 고압산소를 취급하는 설비의 재해방지를 위한 조치(안전보건공단(2),2021)

- 차단밸브를 조작하기 전에 전단·후단 균압조치 철저
  - 차단밸브의 전단·후단의 균압조치를 위해 적절한 재질의 균압배관을 설치하고, 차단밸브 전단·후단에 압력계(Pressure gage)를 설치하여 밸브의 균압 여부를 반드시 확인하여야 한다.

- 금속 입자충돌에 의한 점화방지를 위한 필터 설치
  - 산소배관 내 생성된 금속입자들 간의 충돌에 의한 점화를 방지하기 위해 산소공급 배관계통 내 필터(스트레이너 등)를 설치하여 배관 내 생성된 금속입자를 제거해야한다.
- 제한 유속에 적절한 재질 배관 선정
  - 차단밸브를 조작 시 밸브의 후단에서 고속의 난류흐름을 유발할 수 있으므로, 배관 내 금속입자 충돌 효과 완화를 위해 난류흐름을 유발할 수 있는 구간은 스테인리스강 등 적합한 재질로 교체한다.
- 화재·폭발 위험개소에 대한 방호조치
  - 차단밸브 조작에 따른 화재·폭발의 위험으로부터 근로자를 보호하기 위해, 수동조작 밸브 설치개소에 방호벽 등 물리적 차단장치 설치를 고려하거나, 차단밸브를 자동조작(공압기동방식 등)방식으로 변경하여 근로자의 위험요인을 원천적으로 차단한다.

## 7. 소결론

산소는 각종 화학공업, 제철, 제강, 용접·절단 등에서 사용하는 물질로서 가연성 물질이 연소되는데 필요한 조연성(助燃性) 가스로 분류된다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 1의 위험물질에는 포함되어 있지 않으며, 고압가스 안전관리법에서도 취급형태에 따른 일반적인 규정 외에는 별도의 정의나 규제사항이 없다.

산업안전보건기준에 관한 규칙에 분류되어 있는 위험물질 중 산화성 액체 및 산화성 고체는 물질 자체로부터 생성된 산소가 화재·폭발을 유발할 위험성은 없으나, 고농도의 산소 및 산화성 가스가 유지류와 접촉할 경우에는 화재·폭발을 발생시킬 수 있고, 실제 사고가 발생한 사례도 있으므로 고압 산소 및 산화성 가스를 위험물질에 포함시키거나 별도의 안전관련 규정을 마련하여 관리하는 것이 필요하다.

고압산소를 취급하는 설비의 재해예방 조치는 밸브 조작 전 전단·후단 균압조치를 위해 적절한 재질의 균압배관을 설치하고, 균압의 여부를 확인하기 위하여 차단밸브의 전단·후단에 압력계를 설치하여야 한다. 또한 밸브 조작 시 밸브 후단에서 고속의 난류흐름을 유발할 수 있으므로 배관내 금속입자 충돌효과 완화를 위해 난류흐름 유발구간은 스테인리스강 등 적합한 재질을 선택하여야 한다. 아울러 산소배관 내부에 생성된 금속입자들 간의 충돌에 의한 점화방지를 위해 산소공급 배관계통 내부에 필터(스트레이너 등)를 설치하여 배관 내 생성된 금속입자를 제거해야하고, 차단밸브 조작에 따른 화재·폭발 위험으로부터 근로자를 보호하기 위한 수동조작 밸브 설치개소에 방호벽 등 물리적 차단장치 설치를 고려하거나, 차단밸브를 자동조작(공압기동방식 등) 방식으로 변경하는 것이 필요하다.

다만, 유속관리, 재질선정 등은 사용 환경이나 운전조건에 따라 상대적 위험변수로 작용할 수 있는 사항으로 일방적인 규정 적용이 어려운 경우 기술기준 등으로 규정하여 현장개선을 유도할 필요가 있다.

## 참고문헌

.....



## 참고문헌

「건축법」.

「고압가스 안전관리법」.

「위험물안전관리법」.

건축법 시행규칙.

건축법 시행령.

고압가스 안전관리법 시행규칙.

고압가스 안전관리법 시행령.

고용노동부(1). 고용노동부 고시 제2020-33호 방호장치 의무안전인증.

고용노동부(2). 고용노동부 고시 제2020-41호 위험기계기구 안전인증고시.

고용노동부(3). 고용노동부 고시 제2020-43호 안전검사 고시.

김태옥, 조필래, 이현창 외(1). 정유 및 석유화학 사업장의 압력방출장치 (PSV)검사주기의 합리적 개선방안연구. 2021.(pp.41-42)

김태옥, 조필래, 이현창 외(2). 정유 및 석유화학 사업장의 압력방출장치 (PSV)검사주기의 합리적 개선방안연구. 2021.(pp.54-59)

労働安全衛生法. 2021.

산업안전보건기준에 관한 규칙.

산업안전보건법 시행규칙.

산업안전보건법 시행령.

안전보건공단(1). KOSHA GUIDE D-11-2012. 긴급차단밸브의 설치에 관한 기술지침.

안전보건공단(2). KOSHA GUIDE X-24-2012. 안전무결성등급(SIL)의 산정에 관한지침.

안전보건공단. KOSHA Guide D-8-2017. 방유제 설치에 관한 기술지침.

안전보건공단(1). KOSHA Guide D-14-2018. 통기설비 설치에 관한 기술지침.

안전보건공단(2). KOSHA GUIDE P-138-2018. 산소과잉 분위기의 화재위험성 및 방재대책에 관한 기술지침.

안전보건공단(3). 화공안전 기술편람. 안전보건공단. 2018.

안전보건공단. KOSHA Guide P-70-2019. 화염방지기 설치 등에 관한 기술지침.

안전보건공단(1). 만화로보는 산업안전보건기준에 관한규칙 2020.

안전보건공단(2). 보일러로 인한 사고 예방 OPL 2020.

안전보건공단(3). KOSHA-MIA-2020001. 보일러 폭발 사고 사례(2020.1.31.). 2020.

안전보건공단(4). KOSHA-MIA-2020002. 보일러 폭발 사고 사례(2018.06.15.). 2020.

안전보건공단(5). KOSHA-MIA-2020003. 보일러 폭발 사고 사례(2015.11.27.). 2020.

안전보건공단(6). 화공안전 기술편람. 안전보건공단. 2020.

안전보건공단(1). 산소배관\_화재사고(OPL). 안전보건공단. 2021

안전보건공단(2), 산소배관 화재폭발\_3월용. 안전보건공단. 2021

안전보건공단(3). 중대사고 이슈리포트 산소는 공기가 아닙니다. 위험물입니

다!. 안전보건공단. 2021

에너지법.

에너지이용 합리화법.

열사용기자재관리규칙.

위험물안전관리법 시행규칙 별표 4 제조소의 위치·구조 및 설비의 기준(제28조관련) 제조소등의 안전거리의 단축기준(별표 4관련).

위험물안전관리법 시행규칙 별표 6 옥외탱크저장소의 위치·구조 및 설비의 기준(제30조관련).

위험물안전관리법 시행규칙.

위험물안전관리법 시행령.

이영순, 강미진, 김기영외(1). 국내 정유·석유화학 사업장 압력방출장치 (PSV) 검사주기의 합리적인 개선을 위한 연구. 대한석유협회. 2011.(p.14)

이영순, 강미진, 김기영외(2). 국내 정유·석유화학 사업장 압력방출장치 (PSV) 검사주기의 합리적인 개선을 위한 연구. 대한석유협회. 2011.(p.16)

이영순, 강미진, 김기영외(3). 국내 정유·석유화학 사업장 압력방출장치 (PSV) 검사주기의 합리적인 개선을 위한 연구. 대한석유협회. 2011.(p.7)

이용재, 이경구. 반도체공장의 피난거리 연구. 한국화재소방학회 2008년도 추계학술논문발표회 논문집. 2008.(pp.189-194)

- 임재빈. 이원화된 피난관련 소방법과 건축법의 재조정에 관한 연구. 가천대학교 산업·환경대학원 석사학위논문. 2018.
- 임지표, 박수율. 사고 사례 정밀분석을 통한 상압저장탱크의 안전에 관한 연구. 한국안전학회지. 2019;34(4):41-48
- 최규출. 피난기구 개선방안 연구. 소방방재청. 2014.
- 한국가스안전공사. KGS FU 111. 고압가스 저장의 시설·기술·검사·안전성평가 기준. 2021.
- 한국표준협회(1). KS B 6750:2017. 압력용기 - 설계 및 제조 일반. 2017.
- 한국표준협회(2). KS C IEC 62305-1. 일반원칙. 2017.
- 한국표준협회(2). KS C IEC 62305-2. 리스크관리. 2017.
- 한국표준협회(2). KS C IEC 62305-3. 구조물의 물리적 손상 및 인명위험. 2017.
- 한국표준협회(2). KS C IEC 62305-4. 구조물 내부의 전기전자시스템. 2017.
- 한국표준협회. KS B 6755:2018. 압력용기 - 사용 중 검사. 2018.
- 한국표준협회. KS B 6845. 화염방지장치의 성능시험방법. 2019.
- 한국화재보험협회. KFS 210. 위험물저장시설기준. 2019.
- 33 CFR Appendix to Part 154. Huidelines for Detonation Flame Arrester. 2018.
- ABSA AB-506. Inspection & Servicing Requirements for In-Service Pressure Equipment. THIRD Edition. 2020
- API 510. Pressure vessel inspection code: Maintenance inspection, rating, repair, and alteration. NINE EDITION. JUNE 2006.

- API RECOMMENDED PRACTICE 2028. Flame Arrester in Piping System. 2002.
- API RECOMMENDED PRACTICE 2210. Flame Arrester for Vents of Tanks Storing Petroleum Products. THIRD EDITION. MAY 2000.
- API RECOMMENDED PRACTICE 576. Inspection of Pressure-relieving Devices. SECOND EDITION. DECEMBER 2000.
- API STANDARD 2000. Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks Nonrefrigerated and Refrigerated. FIFTH EDITION. APRIL 1998.
- API STANDARD 2510. Design and Construction of LPG Installations. NINE EDITION. MAY 2001.
- BCA(Builing Code of Australia). Volume 2. 1996.
- BS(British Standard) EN 12874. Flame Arrester Performance Requirement, Test Methods and Limits for Use. 2001.
- CCPS(Center for Chemical Process Safety). Guide line for facility siting and layout. 2003.
- EEMUA(The Engineering Equipment and Materials Users Association) 188. Guide for establishing Operating Periods of Safety Valves. 2009.
- ERP(Règles de sécurité d'un établissement recevant du public). Règles de sécurité d'un établissement recevant du public. 2019.
- HSE(Health & Safety Executive). Best practice for risk based

inspection as a part of plant integrity management. 2001.

James I. Chang and Cheng Chung Lin. A Study of Storage Tank Accidents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2006;(19)1:51-59

Julia V. Bukowski & William M. Globe. Analysis of pressure relief valve proof test data. Process Safety Progress. 2009;28(1):24-29.

NFPA(National Fire Protection Association) 101. Life Safety Code. 2000 Edition.

NFPA(National Fire Protection Association) 30. Flammable and Combustible Liquids Code. 2000 Edition.

NFPA(National Fire Protection Association) 5000. Building Construction and safety Code. 2015 Edition.

NFPA(National Fire Protection Association) 780. Standard for the installation of Lightning Protection Systems. 1997.

PSSR(Pressure Systems Safety Regulations)2000. 2000

SCDF(Singapore Civill Defence Force) Fire Code 2002 Handbook. Purpose group VI&VIII(Factory & Storage). Volume 4. 2019.

The Approved Documents B. Fire safety-Buildings other than dwellings. 2019 edition incorporate 2020.

建築基準法. 2021

建築基準法施行令. 2021.

# Abstract

.....



## Abstract

### 화재 · 폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안

**Objectives** : In order to secure safety against fire and explosion in the Rules on Occupational Safety and Health Standards, standards such as overlapping regulations required for current regulations were not clear, so field applicability was derived and reasonable adjustment measures needed for improvement were reviewed.

**Method** : The scope of subject to review of the fire and explosion safety standards was set, the theoretical background, domestic and foreign laws, and standards were reviewed, and improvement measures were suggested through accident cases.

**Results** : A plan was prepared to set the standards for installing emergency exits with dangerous goods handling workshops, and the necessity of safety and prevention activities for small-scale chemical facilities such as research facilities and boiler safety distances was suggested.

In addition, PSV operation status and adequacy for the safety valve operation test cycle were reviewed, and standards for

ventilation facilities, flame arresters, and oil repellents were presented.

Moreover, standards for designating special chemical facilities, installation of lightning facilities for gunpowder or dangerous material storage facilities, and standards for preventing fire and explosion for oxidizing gases such as oxygen were presented.

**Conclusion** : This study attempted to contribute to the prevention of industrial accidents by preparing amendments to the rules on industrial safety and health standards in the field of fire and explosion and improving the safety and health system in the field of fire and explosion.

Through domestic and foreign related laws, related standards, and accident case investigations, the definition of rules on industrial safety and health standards in the field of fire and explosion was established, and improvement measures and safety management standards were presented.

**Key words** : BUILDING EMERGENCY EXITS, SMALL-SCALE CHEMICAL FACILITIES, SAFETY VALVE OPERATION TESTS, VENTILATION FACILITIES, FLAME ARRESTERS, DIKING, SPECIAL CHEMICAL FACILITIES, LIGHTNING PROTECTION FACILITIES, OXIDIZING GASES

## 부록





## 부록

### 1. 위험물 취급작업장이 있는 건축물의 비상구 설치 기준 검토 및 개선방안(위험물질 취급량 등, 안전보건규칙 제17조)

#### ▪ NFPA 30

#### SECTION 7.3 CAPACITY OF MEANS OF EGRESS

##### 7.3.1 Occupant Load.

7.3.1.1 The total capacity of the means of egress for any story, balcony, tier, or other occupied space shall be sufficient for the occupant load thereof.

7.3.1.2\* The occupant load in any building or portion thereof shall be not less than the number of persons determined by dividing the floor area assigned to that use by the occupant load factor for that use as specified in Table 7.3.1.2. Where both gross and net area figures are given for the same occupancy, calculations shall be made by applying the gross area figure to the gross area of the portion of the building devoted to the use for which the gross area figure is specified and by applying the net area figure to the net area of the use for which the net area figure is specified.

### 7.3.1.3 Occupant Load Increases.

**7.3.1.3.1** The occupant load in any building or portion thereof shall be permitted to be increased from the occupant load established for the given use in accordance with 7.3.1.2 where all other requirements of this Code are also met, based on such increased occupant load.

**7.3.1.3.2** The authority having jurisdiction shall be permitted to require an approved aisle, seating, or fixed equipment diagram to substantiate any increase in occupant load and shall be permitted to require that such a diagram be posted in an approved location.

**7.3.1.4** Where exits serve more than one story, only the occupant load of each story considered individually shall be used in computing the required capacity of the exits at that story, provided that the required egress capacity of the exit is not decreased in the direction of egress travel.

**7.3.1.5** Where means of egress from a story above and a story below converge at an intermediate story, the capacity of the means of egress from the point of convergence shall be not less than the sum of the capacity of the two means of egress.

**7.3.1.6** Where any required egress capacity from a balcony or mezzanine passes through the room below, that required capacity shall be added to the required egress capacity of the room in

which it is located.

## SECTION 7.4 NUMBER OF MEANS OF EGRESS

### 7.4.1 General.

**7.4.1.1** The number of means of egress from any balcony, mezzanine, story, or portion thereof shall be not less than two.

Exception No. 1: This requirement shall not apply where a single means of egress is permitted in Chapters 11 through 42.

Exception No. 2: A mezzanine or balcony shall be permitted to have a single means of egress, provided that the common path of travel limitations of Chapters 12 through 42 are met.

**7.4.1.2** The number of means of egress from any story or portion thereof, other than for existing buildings as permitted in Chapters 12 through 42, shall be as follows:

(1) Occupant load more than 500 but not more than 1000 — not less than 3

(2) Occupant load more than 1000 — not less than 4

**7.4.1.3** Accessible means of egress in accordance with 7.5.4, not utilizing elevators, shall be permitted to serve as any or all of the required minimum number of means of egress.

**7.4.1.4** The occupant load of each story considered individually shall be required to be used in computing the number of means of egress at each story, provided that the required number of means

of egress is not decreased in the direction of egress travel.

**7.4.1.5** Doors, other than the hoistway door; the elevator car door; and doors that are readily openable from the car side without a key, tool, special knowledge, or special effort, shall be prohibited at the point of access to an elevator car.

**7.4.1.6** Elevator lobbies shall have access to at least one exit. Such exit access shall not require the use of a key, tool, special knowledge, or special effort.

## Chapter 15 EXISTING EDUCATIONAL OCCUPANCIES

### SECTION 15.2 MEANS OF EGRESS REQUIREMENTS

#### 15.2.1 General.

**15.2.1.1** Means of egress shall be in accordance with Chapter 7 and Section 15.2.

**15.2.1.2** Rooms normally occupied by preschool, kindergarten, or first-grade students shall not be located above or below the level of exit discharge. Rooms normally occupied by second-grade students shall not be located more than one story above the level of exit discharge.

Exception: Rooms or areas located on floor levels other than as specified in 15.2.1.2 shall be permitted to be used where provided with independent means of egress dedicated for use by the

preschool, kindergarten, first-grade, or second-grade students.

## **15.2.2 Means of Egress Components.**

**15.2.2.1** Components of means of egress shall be limited to the types described in 15.2.2.2 through 15.2.2.10.

### **15.2.2.2 Doors.**

**15.2.2.2.1** Doors complying with 7.2.1 shall be permitted.

**15.2.2.2.2 Panic Hardware or Fire Exit Hardware.** Any required exit door subject to use by 100 or more persons shall be permitted to be provided with a latch or lock only if the latch or lock is panic hardware or fire exit hardware complying with 7.2.1.7.

**15.2.2.2.3** Special locking arrangements complying with 7.2.1.6 shall be permitted.

### **15.2.2.3\* Stairs.**

**15.2.2.3.1** Stairs complying with 7.2.2 shall be permitted.

**15.2.2.3.2** Existing Class A stairs shall be permitted.

**15.2.2.3.3** Existing Class B stairs shall be permitted where not used for student access.

**15.2.2.4 Smokeproof Enclosures.** Smokeproof enclosures complying with 7.2.3 shall be permitted.

**15.2.2.5 Horizontal Exits.** Horizontal exits complying with 7.2.4 shall be permitted.

**15.2.2.6 Ramps.** Ramps complying with 7.2.5 shall be permitted.

**15.2.2.7 Exit Passageways.** Exit passageways complying with 7.2.6 shall be permitted.

**15.2.2.8 Fire Escape Ladders.** Fire escape ladders complying with 7.2.9 shall be permitted.

**15.2.2.9 Alternating Tread Devices.** Alternating tread devices complying with 7.2.11 shall be permitted.

**15.2.2.10 Areas of Refuge.** Areas of refuge complying with 7.2.12 shall be permitted.

### **15.2.3 Capacity of Means of Egress.**

**15.2.3.1** Capacity of means of egress shall be in accordance with Section 7.3.

**15.2.3.2 Minimum Corridor Width.** Exit access corridors shall have not less than 6 ft (1.8 m) of clear width.

**15.2.4 Number of Exits.** Not less than two separate exits shall be as follows:

- (1) Provided on every story
- (2) Accessible from every part of every story and mezzanine

**15.2.5 Arrangement of Means of Egress.** (See also Section 7.5.)

**15.2.5.1** Means of egress shall be arranged in accordance with Section 7.5.

**15.2.5.2** No dead-end corridor shall exceed 20 ft (6.1 m), other than in buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7, in which case dead-end corridors shall not exceed 50 ft (15 m).

**15.2.5.3** No common path of travel shall exceed 75 ft (23 m), other than for the first 100 ft (30 m) in a building protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

**15.2.5.4** Every room that is normally subject to student occupancy shall have an exit access door leading directly to an exit access corridor or exit.

Exception No. 1: This requirement shall not apply where an exit door opens directly to the outside or to an exterior balcony or corridor as described in 15.2.5.7.

Exception No. 2: One room shall be permitted to intervene

between a normally occupied student room and an exit access corridor, provided that all of the following criteria are met:

(a) The travel from a room served by an intervening room to the corridor door or exit shall not exceed 75 ft (23 m).

(b) Clothing, personal effects, or other materials deemed hazardous by the authority having jurisdiction shall be stored in metal lockers, provided that they do not obstruct the exit access, or the intervening room shall be sprinklered in accordance with Section 9.7.

(c) One of the following means of protection shall be provided:

(1) The intervening room shall have approved fire detection that activates the building alarm.

(2) The building shall be protected by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 7.7.

Exception No. 3: Previously approved arrangements shall be permitted to continue to be used with the approval of the authority having jurisdiction.

**15.2.5.5** Doors that swing into an exit access corridor shall be arranged to prevent interference with corridor travel. (See also 7.2.1.4.4.)

**15.2.5.6 Aisles.** Aisles shall be not less than 30 in. (91 cm) wide. The space between parallel rows of seats shall not be subject to the minimum aisle width, provided that the number of seats that intervene between any seat and an aisle do not exceed six.

**15.2.5.7\*** Exterior Corridors or Balconies. Exterior exit access shall comply with 5.5.3.

**15.2.6** Travel Distance to Exits. Travel distance to an exit shall not exceed 150 ft (45 m) from any point in a building. (See also Section 7.6.)

Exception No. 1: Travel distance shall not exceed 200 ft (60 m) in educational occupancies protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

Exception No. 2: Previously approved travel distances shall be permitted to continue to be used with the approval of the authority having jurisdiction.

**15.2.7 Discharge from Exits.** Discharge from exits shall be arranged in accordance with Section 7.7.

**15.2.8 Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 7.8.

**15.2.9 Emergency Lighting.** Emergency lighting shall be provided in accordance with Section 7.9 in the following areas:

- (1) Interior stairs and corridors
- (2) Assembly use spaces
- (3) Flexible and open plan buildings
- (4) Interior or windowless portions of buildings
- (5) Shops and laboratories

**15.2.10 Marking of Means of Egress.** Means of egress shall have signs in accordance with Section 7.10.

**15.2.11 Special Means of Egress Features.**

**15.2.11.1\* Windows for Rescue.** Every room or space greater than 250 ft<sup>2</sup> (23.2 m<sup>2</sup>) used for classroom or other educational purposes or normally subject to student occupancy shall have not less than one outside window for emergency rescue that complies with the following:

- (1) Such windows shall be openable from the inside without the use of tools and shall provide a clear opening of not less than 20 in (51 cm) in width, 24 in. (61 cm) in height, and 5.7 ft<sup>2</sup> (0.53 m<sup>2</sup>) in area.
- (2) The bottom of the opening shall be not more than 44 in. (112 cm) above the floor, and any latching device shall be capable of being operated from not more than 54 in. (137 cm) above the finished floor.
- (3) The clear opening shall allow a rectangular solid, with a width and height that provides not less than the required 5.7 ft<sup>2</sup> (0.53 m<sup>2</sup>) opening and a depth of not less than 20 in. (51 cm), to pass fully through the opening.

Exception No. 1: This requirement shall not apply to buildings protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

Exception No. 2: This requirement shall not apply where the room or space has a door leading directly to the outside of the building.

Exception No. 3: This requirement shall not apply to rooms located higher than three stories above grade.

Exception No. 4: Awning-type or hopper-type windows that are hinged or subdivided to provide a clear opening not less than 600 in<sup>2</sup> (3900 cm<sup>2</sup>) in area, nor any dimension less than 22 in. (55.9 cm), shall be permitted to continue to be used. Screen walls or devices in front of required windows shall not interfere with rescue requirements.

Exception No. 5: This requirement shall not apply where the room or space complies with the following:

(a) Doors shall exist that allow travel between adjacent classrooms. Where such doors are used to travel from classroom to classroom, they shall provide direct access to exits in both directions or direct access to an exit in one direction and to a separate smoke compartment that provides access to another exit in the other direction.

(b) The corridor shall be separated from the classrooms by a wall that resists the passage of smoke, and all doors between the classrooms and the corridor shall be self-closing or automatic-closing in accordance with 7.2.1.8.

(c) The length of travel to exits along such paths shall not exceed 150 ft (45 m).

(d) Each communicating door shall be marked in accordance with Section 7.10.

(e) No locking device shall be permitted on the communicating doors.

## Chapter 17 EXISTING DAY-CARE OCCUPANCIES

### SECTION 17.2 MEANS OF EGRESS REQUIREMENTS

**17.2.1 General.** Means of egress shall be in accordance with Chapter 7 and Section 17.2.

#### **17.2.2 Means of Egress Components.**

**17.2.2.1** Components of means of egress shall be limited to the types described in 17.2.2.2 through 17.2.2.10.

#### **17.2.2.2 Doors.**

**17.2.2.2.1 General.** Doors complying with 7.2.1 shall be permitted.

**17.2.2.2.2 Panic Hardware or Fire Exit Hardware.** Any door in a required means of egress from an area having an occupant load of 100 or more persons shall be permitted to be provided with a latch or lock only if the latch or lock is panic hardware or fire exit hardware complying with 7.2.1.7.

**17.2.2.2.3 Special Locking Arrangements.** Special locking arrangements complying with 7.2.1.6 shall be permitted.

**17.2.2.2.4\* Closet Doors.** Every closet door latch shall be such that clients can open the door from inside the closet.

**17.2.2.2.5 Bathroom Doors.** Every bathroom door lock shall be designed to allow opening of the locked door from the outside in an emergency. The opening device shall be readily accessible to the staff.

**17.2.2.3\* Stairs.**

**17.2.2.3.1** Stairs complying with 7.2.2 shall be permitted.

**17.2.2.3.2** Existing Class A stairs shall be permitted.

**17.2.2.3.3** Existing Class B stairs shall be permitted where not used by clients.

**17.2.2.4 Smokeproof Enclosures.** Smokeproof enclosures complying with 7.2.3 shall be permitted.

**17.2.2.5 Horizontal Exits.**

**17.2.2.5.1** Horizontal exits complying with 7.2.4 shall be permitted.

**17.2.2.5.2** Areas of refuge, other than in buildings provided with smokeproof enclosures or buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7, shall be provided by horizontal exits for occupants of day-care occupancies located above the fifth story.

**17.2.2.6 Ramps.** Ramps complying with 7.2.5 shall be permitted.

**17.2.2.7 Exit Passageways.** Exit passageways complying with 7.2.6 shall be permitted.

**17.2.2.8 Fire Escape Ladders.** Fire escape ladders complying with 7.2.9 shall be permitted.

**17.2.2.9 Alternating Tread Devices.** Alternating tread devices complying with 7.2.11 shall be permitted.

**17.2.2.10 Areas of Refuge.** Areas of refuge complying with 7.2.12 shall be permitted.

**17.2.3 Capacity of Means of Egress.** Capacity of means of egress shall be in accordance with Section 7.3.

**17.2.4 Number of Exits.**

**17.2.4.1** Each floor occupied by clients shall have not less than two exits in accordance with Chapter 7.

**17.2.4.2** Where the story below the level of exit discharge is occupied as a day-care occupancy, 17.2.4.2.1 and 17.2.4.2.2 shall apply.

**17.2.4.2.1** One means of egress shall be an outside or interior stair

in accordance with 7.2.2. An interior stair, if used, shall serve only the story below the level of exit discharge. The interior stair shall be permitted to communicate with the level of exit discharge; however, the exit route from the level of exit discharge shall not pass through the stair enclosure.

**17.2.4.2.2** The second means of egress shall be permitted to be via an unenclosed stairway separated from the level of exit discharge in accordance with 8.2.5.4. The path of egress travel on the level of exit discharge shall be protected in accordance with 7.1.3.1. Exception: The path of egress on the level of exit discharge shall be permitted to be unprotected if the level of exit discharge and the level below the level of exit discharge are protected throughout by a smoke detection system or an approved automatic sprinkler system.

## **17.2.5 Arrangement of Means of Egress.**

**17.2.5.1** Means of egress shall be arranged in accordance with Section 7.5.

**17.2.5.2** No dead-end corridor shall not exceed 20 ft (6.1 m), other than in buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7, in which case dead-end corridors shall not exceed 50 ft (15 m).

**17.2.5.3** Common paths of travel shall not exceed 75 ft (23 m),

other than for the first 100 ft (30 m) in a building protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

**17.2.5.4** The story used below the level of exit discharge shall be in accordance with 17.2.4.2.

## **17.2.6 Travel Distance to Exits.**

**17.2.6.1** Travel distance shall be measured in accordance with Section 7.6.

**17.2.6.2** Travel distance shall meet the following criteria:

- (1) The travel distance between any room door intended as an exit access and an exit shall not exceed 100 ft (30 m).
- (2) The travel distance between any point in a room and an exit shall not exceed 150 ft (45 m).
- (3) The travel distance between any point in a sleeping room and an exit access door in that room shall not exceed 50 ft (15 m).

Exception: The travel distance in 17.2.6.2(1) and (2) shall be permitted to be increased by 50 ft (15 m) in buildings protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

**17.2.7 Discharge from Exits.** Discharge from exits shall be arranged in accordance with Section 7.7, unless otherwise provided in 17.2.4.2.

**17.2.8 Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 7.8.

**17.2.9 Emergency Lighting.** Emergency lighting shall be provided in accordance with Section 7.9 in the following areas:

- (1) Interior stairs and corridors
- (2) Assembly use spaces
- (3) Flexible and open plan buildings
- (4) Interior or windowless portions of buildings
- (5) Shops and laboratories

**17.2.10 Marking of Means of Egress.** Means of egress shall have signs in accordance with Section 7.10.

**17.2.11 Special Means of Egress Features.**

**17.2.11.1 Windows for Rescue.** Every room or space greater than 250 ft<sup>2</sup> (23.2 m<sup>2</sup>) normally subject to client occupancy shall have not less than one outside window for emergency rescue that complies with the following:

- (1) Such windows shall be openable from the inside without the use of tools and shall provide a clear opening of not less than 20 in. (51 cm) in width, 24 in. (61 cm) in height, and 5.7 ft<sup>2</sup> (0.53 m<sup>2</sup>) in area.
- (2) The bottom of the opening shall be not more than 44 in. (112 cm) above the floor.
- (3) The clear opening shall allow a rectangular solid, with a width

and height that provides not less than the required 5.7 ft<sup>2</sup> (0.53 m<sup>2</sup>) opening and a depth of not less than 20 in. (51 cm), to pass fully through the opening.

Exception No. 1: This requirement shall not apply to buildings protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

Exception No. 2: This requirement shall not apply where the room or space has a door leading directly to the outside of the building.

Exception No. 3: This requirement shall not apply to rooms located higher than three stories above grade.

Exception No. 4: Awning-type or hopper-type windows that are hinged or subdivided to provide a clear opening not less than 600 in<sup>2</sup> (3900 cm<sup>2</sup>) in area, nor any dimension less than 22 in. (55.9 cm), shall be permitted to continue to be used. Screen walls or devices in front of required windows shall not interfere with normal rescue requirements.

Exception No. 5: This requirement shall not apply where the room or space complies with the following:

(a) Doors shall exist that allow travel between adjacent classrooms. Where such doors are used to travel from classroom to classroom, they shall provide direct access to exits in both directions or direct access to an exit in one direction and to a separate smoke compartment that provides access to another exit in the other direction.

(b) The corridor shall be separated from the classrooms by a wall that resists the passage of smoke, and all doors between the classrooms and the corridor shall be self-closing in accordance

with 7.2.1.8.

(c) The length of travel to exits along such paths shall not exceed 150 ft (45 m).

(d) Each communicating door shall be marked in accordance with Section 7.10.

(e) No locking device shall be permitted on the communicating doors.

## **Chapter 19 EXISTING HEALTH CARE OCCUPANCIES**

### **SECTION 19.2 MEANS OF EGRESS REQUIREMENTS**

**19.2.1 General.** Every aisle, passageway, corridor, exit discharge, exit location, and access shall be in accordance with Chapter 7.  
Exception: As modified by 19.2.2 through 19.2.11.

#### **19.2.2 Means of Egress Components.**

**19.2.2.1** Components of means of egress shall be limited to the types described in 19.2.2.2 through 19.2.2.10.

##### **19.2.2.2 Doors.**

**19.2.2.2.1** Doors complying with 7.2.1 shall be permitted.

**19.2.2.2.2** Locks shall not be permitted on patient sleeping room doors.

Exception No. 1: Key-locking devices that restrict access to the

room from the corridor and that are operable only by staff from the corridor side shall be permitted. Such devices shall not restrict egress from the room.

Exception No. 2: Door-locking arrangements shall be permitted in health care occupancies, or portions of health care occupancies, where the clinical needs of the patients require specialized security measures for their safety, provided that keys are carried by staff at all times.

**19.2.2.2.3** Doors not located in a required means of egress shall be permitted to be subject to locking.

**19.2.2.2.4** Doors within a required means of egress shall not be equipped with a latch or lock that requires the use of a tool or key from the egress side.

Exception No. 1: Door-locking arrangements without delayed egress shall be permitted in health care occupancies, or portions of health care occupancies, where the clinical needs of the patients require specialized security measures for their safety, provided that staff can readily unlock such doors at all times. (See 19.1.1.1.5 and 19.2.2.2.5.)

Exception No. 2:\* Delayed-egress locks complying with 7.2.1.6.1 shall be permitted, provided that not more than one such device is located in any egress path.

Exception No. 3: Access-controlled egress doors complying with 7.2.1.6.2 shall be permitted.

**19.2.2.2.5** Doors located in the means of egress that are permitted to be locked under other provisions of this chapter shall have adequate provisions made for the rapid removal of occupants by means such as remote control of locks, keying of all locks to keys carried by staff at all times, or other such reliable means available to the staff at all times. Only one such locking device shall be permitted on each door.

Exception No. 1: Locks in accordance with Exception Nos. 2 and 3 to 19.2.2.2.4.

Exception No. 2: More than one lock shall be permitted on each door subject to approval of the authority having jurisdiction.

**19.2.2.2.6\*** Any door in an exit passageway, stairway enclosure, horizontal exit, smoke barrier, or hazardous area enclosure shall be permitted to be held open only by an automatic release device that complies with 7.2.1.8.2. The automatic sprinkler system, if provided, and the fire alarm system, and the systems required by 7.2.1.8.2 shall be arranged to initiate the closing action of all such doors throughout the smoke compartment or throughout the entire facility.

**19.2.2.2.7** Where doors in a stair enclosure are held open by an automatic release device as permitted in 19.2.2.2.6, initiation of a door-closing action on any level shall cause all doors at all levels in the stair enclosure to close.

**19.2.2.2.8\*** Existing health care occupancies shall be exempt from

the re-entry provisions of 7.2.1.5.2.

**19.2.2.2.9** Horizontal sliding doors, as permitted by 7.2.1.14, that are not automatic-closing shall be limited to a single leaf and shall have a latch or other mechanism that ensures that doors will not rebound into a partially open position if forcefully closed in an emergency.

**19.2.2.3 Stairs.** Stairs complying with 7.2.2 shall be permitted.

**19.2.2.4 Smokeproof Enclosures.** Smokeproof enclosures complying with 7.2.3 shall be permitted.

**19.2.2.5 Horizontal Exits.** Horizontal exits complying with 7.2.4 and the modifications of 19.2.2.5.1 through 19.2.2.5.4 shall be permitted.

**19.2.2.5.1** Not less than 30 net ft<sup>2</sup> (2.8 net m<sup>2</sup>) per patient in a hospital or nursing home, or not less than 15 net ft<sup>2</sup> (1.4 net m<sup>2</sup>) per resident in a limited care facility, shall be provided within the aggregated area of corridors, patient rooms, treatment rooms, lounge or dining areas, and other similar areas on each side of the horizontal exit. On stories not housing bed or litter borne patients, not less than 6 net ft<sup>2</sup> (0.56 net m<sup>2</sup>) per occupant shall be provided on each side of the horizontal exit for the total number of occupants in adjoining compartments.

**19.2.2.5.2** The total egress capacity of the other exits(stairs, ramps,

doors leading outside the building) shall not be reduced below one-third of that required for the entire area of the building.

**19.2.2.5.3\*** A door in a horizontal exit shall not be required to swing with egress travel as specified in 7.2.4.3.6(1).

**19.2.2.5.4** Door openings in horizontal exits shall be protected by a swinging door providing a clear width of not less than 32 in. (81 cm) or by a horizontal sliding door complying with 7.2.1.14 that provides a clear width of not less than 32 in. (81 cm).

Exception: Existing 34-in. (86-cm) swinging doors.

#### **19.2.2.6 Ramps.**

**19.2.2.6.1** Ramps complying with 7.2.5 shall be permitted.

**19.2.2.6.2** Ramps enclosed as exits shall be of sufficient width to provide egress capacity in accordance with 19.2.3.2.

**19.2.2.7 Exit Passageways.** Exit passageways complying with 7.2.6 shall be permitted.

**19.2.2.8 Fire Escape Ladders.** Fire escape ladders complying with 7.2.9 shall be permitted.

**19.2.2.9 Alternating Tread Devices.** Alternating tread devices complying with 7.2.11 shall be permitted.

**19.2.2.10 Areas of Refuge.** Areas of refuge used as part of a required accessible means of egress shall comply with 7.2.12.

### **19.2.3 Capacity of Means of Egress.**

**19.2.3.1** The capacity of any required means of egress shall be based on its width, as defined in Section 7.3.

**19.2.3.2** The capacity of means of egress providing travel by means of stairs shall be 0.6 in. (1.5 cm) per person, and the capacity of means of egress providing horizontal travel(without stairs) by means such as doors, ramps, or horizontal exits shall be 0.5 in. (1.3 cm) per person.

Exception: The capacity of means of egress in health care occupancies protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 19.3.5.2 shall be 0.3 in. (0.8 cm) per person for travel by means of stairs and 0.2 in. (0.5 cm) per person for horizontal travel without stairs.

**19.2.3.3\*** Any required aisle, corridor, or ramp shall be not less than 4 ft (1.2 m) in clear width where serving as means of egress from patient sleeping rooms. The aisle, corridor, or ramp shall be arranged to avoid any obstructions to the convenient removal of nonambulatory persons carried on stretchers or on mattresses serving as stretchers.

Exception No. 1: Aisles, corridors, and ramps in adjunct areas not intended for the housing, treatment, or use of inpatients shall be

not less than 44 in. (112 cm) in clear and unobstructed width.

Exception No. 2: Exit access within a room or suite of rooms complying with the requirements of 19.2.5.

**19.2.3.5** The minimum clear width for doors in the means of egress from hospitals; nursing homes; limited care facilities; psychiatric hospital sleeping rooms; and diagnostic and treatment areas, such as x-ray, surgery, or physical therapy, shall be not less than 32 in. (81 cm) wide.

Exception No. 1: Existing 34-in. (86-cm) doors

Exception No. 2: Existing 28-in. (71-cm) corridor doors in facilities where the fire plans do not require evacuation by bed, gurney, or wheelchair.

#### **19.2.4 Number of Exits.**

**19.2.4.1** Not less than two exits of the types described in 19.2.2.2 through 19.2.2.10, remotely located from each other, shall be provided for each floor or fire section of the building.

**19.2.4.2** Not less than one exit from each floor or fire section shall be one of the following:

- (1) A door leading directly outside the building
- (2) A stair
- (3) A smokeproof enclosure
- (4) A ramp
- (5) An exit passageway

Any fire section not meeting these requirements shall be considered part of an adjoining zone. Egress shall not require return through the zone of fire origin.

**19.2.4.3\*** Not less than two exits of the types described in 19.2.2.2 through 19.2.2.10 shall be accessible from each smoke compartment. Egress shall be permitted through an adjacent compartment(s) but shall not require return through the compartment of fire origin.

## **19.2.5 Arrangement of Means of Egress.**

**19.2.5.1** Every habitable room shall have an exit access door leading directly to an exit access corridor.

Exception No. 1: If there is an exit door opening directly to the outside from the room at ground level.

Exception No. 2: Exit access from a patient sleeping room with not more than eight patient beds shall be permitted to pass through one intervening room to reach the exit access corridor.

Exception No. 3: Exit access from a special nursing suite shall be permitted to pass through one intervening room to reach the exit access corridor where the arrangement allows for direct and constant visual supervision by nursing personnel.

Exception No. 4: Exit access from a suite of rooms, other than patient sleeping rooms, shall be permitted to pass through not more than two adjacent rooms to reach the exit access corridor where the travel distance within the suite is in accordance with

#### 19.2.5.8.

**19.2.5.2** Any patient sleeping room, or any suite that includes patient sleeping rooms, of more than 1000 ft<sup>2</sup> (93 m<sup>2</sup>) shall have not less than two exit access doors remotely located from each other.

**19.2.5.3** Any room or any suite of rooms, other than patient sleeping rooms, of more than 2500 ft<sup>2</sup> (230 m<sup>2</sup>) shall have not less than two exit access doors remotely located from each other.

**19.2.5.4** Any suite of rooms that complies with the requirements of 19.2.5 shall be permitted to be subdivided with nonfire-rated, noncombustible, or limited-combustible partitions.

**19.2.5.5** Intervening rooms shall not be hazardous areas as defined by 19.3.2.

**19.2.5.6** Suites of sleeping rooms shall not exceed 5000 ft<sup>2</sup> (460 m<sup>2</sup>).

**19.2.5.7** Suites of rooms, other than patient sleeping rooms, shall not exceed 10,000 ft<sup>2</sup> (930 m<sup>2</sup>).

**19.2.5.8** Suites of rooms, other than patient sleeping rooms, shall be permitted to have one intervening room if the travel distance within the suite to the exit access door does not exceed 100 ft (30

m) and shall be permitted to have two intervening rooms where the travel distance within the suite to the exit access door does not exceed 50 ft (15 m).

**19.2.5.9\*** Every corridor shall provide access to not less than two approved exits in accordance with Sections 7.4 and 7.5 without passing through any intervening rooms or spaces other than corridors or lobbies.

**19.2.5.10** Existing dead-end corridors shall be permitted to be continued to be used if it is impractical and unfeasible to alter them so that exits are accessible in not less than two different directions from all points in aisles, passageways, and corridors.

## **19.2.6 Travel Distance to Exits.**

**19.2.6.1** Travel distance shall be measured in accordance with Section 7.6.

**19.2.6.2 Travel Distance.** Travel distance shall comply with 19.2.6.2.1 through 19.2.6.2.4.

**19.2.6.2.1** The travel distance between any room door required as an exit access and an exit shall not exceed 100 ft (30 m).

Exception: The maximum travel distance shall be permitted to be increased by 50 ft (15 m) in buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system.

**19.2.6.2.2** The travel distance between any point in a room and an exit shall not exceed 150 ft (45 m).

Exception: The maximum travel distance shall be permitted to be increased by 50 ft (15 m) in buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system.

**19.2.6.2.3** The travel distance between any point in a health care sleeping room and an exit access door in that room shall not exceed 50 ft (15 m).

**19.2.6.2.4** The travel distance between any point in a suite of sleeping rooms as permitted by 19.2.5 and an exit access door of that suite shall not exceed 100 ft (30 m) and shall meet the requirements of 19.2.6.2.2.

**19.2.7 Discharge from Exits.** Discharge from exits shall be arranged in accordance with Section 7.7.

**19.2.8 Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 7.8.

**19.2.9 Emergency Lighting.**

**19.2.9.1** Emergency lighting shall be provided in accordance with Section 7.9.

**19.2.10 Marking of Means of Egress.**

**19.2.10.1** Means of egress shall have signs in accordance with Section 7.10.

Exception: Where the path of egress travel is obvious, signs shall not be required in one-story buildings with an occupant load of fewer than 30 persons.

## **Chapter 26 LODGING OR ROOMING HOUSES**

### **SECTION 26.2 MEANS OF ESCAPE REQUIREMENTS**

#### **26.2.1 Number and Types of Means of Escape.**

**26.2.1.1** Every sleeping room and living area shall have access to a primary means of escape complying with Chapter 24 and located to provide a safe path of travel to the outside. Where the sleeping room is above or below the level of exit discharge, the primary means of escape shall be an interior stair in accordance with 26.2.2, an exterior stair, a horizontal exit in accordance with 7.2.4, or an existing fire escape stair in accordance with 7.2.8.

**26.2.1.2** In addition to the primary route, each sleeping room and living area shall have a second means of escape in accordance with 24.2.2.

Exception: If the sleeping room or living area has a door leading directly outside the building with access to grade or to a stairway that meets the requirements for exterior stairs in 26.2.1.1, that means of escape shall be considered as meeting all of the escape requirements for that sleeping room or living area.

**26.2.1.3** Every story more than 2000 ft<sup>2</sup> (185 m<sup>2</sup>) in area or with travel distance to the primary means of escape more than 75 ft (23 m) shall be provided with two primary means of escape remotely located from each other.

Exception No. 1: Existing lodging or rooming houses shall be permitted to have a single primary means of escape.

Exception No. 2: Buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 26.3.5.

**26.2.2** Interior stairways shall be enclosed by 1/2-hour fire barriers with all openings protected with smoke-actuated automatic-closing or self-closing doors having a fire resistance comparable to that required for the enclosure. The stairway shall comply with 7.2.2.5.3.

Exception No. 1: Where an interior stair connects the street floor with the story next above or below only, but not with both, the interior stair shall be required to be enclosed only on the street floor.

Exception No. 2: Stairways shall be permitted to be unenclosed in accordance with the exceptions to 26.3.1.1.

**26.2.3** Doors and paths of travel in a means of escape shall be not less than 28 in. (71 cm) wide.

Exception: Bathroom doors shall be not less than 24 in. (61 cm) wide.

**26.2.4** Every closet door latch shall be such that it can be readily

opened from the inside in case of emergency.

**26.2.5** Every bathroom door shall be designed to allow opening from the outside during an emergency when locked.

**26.2.6** Winders in accordance with 7.2.2.2.4 shall be permitted.

**26.2.7\*** No door in any means of escape shall be locked against egress when the building is occupied.

Exception: Delayed-egress locks complying with 7.2.1.6.1 shall be permitted, provided that not more than one such device is located in any one escape path.

**26.2.8** Doors serving a single dwelling unit shall be permitted to be provided with a lock in accordance with Exception No. 3 to 7.2.1.5.1.

## Chapter 29 EXISTING HOTELS AND DORMITORIES

### SECTION 29.2 MEANS OF EGRESS REQUIREMENTS

**29.2.1 General.** Means of egress from guest rooms or guest suites to the outside of the building shall be in accordance with Chapter 7 and this chapter. Means of escape within the guest room or guest suite shall comply with the provisions of Section 24.2 for one- and two-family dwellings. For the purpose of application of the requirements of Chapter 24, the terms guest room and guest suite shall be synonymous with the terms dwelling or living unit.

## 29.2.2 Means of Egress Components.

### 29.2.2.1 General.

29.2.2.1.1 Components of means of egress shall be limited to the types described in 29.2.2.2 through 29.2.2.12.

29.2.2.1.2 In buildings protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5, exit enclosures shall have a fire resistance rating of not less than 1 hour, and the fire protection rating of doors shall be not less than 1 hour.

### 29.2.2.2 Doors.

29.2.2.2.1 Doors complying with 7.2.1 shall be permitted.

29.2.2.2.2 No door in any means of egress shall be locked against egress when the building is occupied.

Exception No. 1: Delayed-egress locks complying with 7.2.1.6.1 shall be permitted, provided that not more than one such device is located in any one egress path.

Exception No. 2: Access-controlled egress doors complying with 7.2.1.6.2 shall be permitted.

29.2.2.2.3 Revolving doors complying with 7.2.1.10 shall be permitted.

**29.2.2.2.4** Horizontal sliding doors, as permitted by 7.2.1.14, shall not be used across corridors.

**29.2.2.3 Stairs.** Stairs complying with 7.2.2 shall be permitted.

**29.2.2.4 Smokeproof Enclosures.** Smokeproof enclosures complying with 7.2.3 shall be permitted.

**29.2.2.5 Horizontal Exits.** Horizontal exits complying with 7.2.4 shall be permitted.

**29.2.2.6 Ramps.** Ramps complying with 7.2.5 shall be permitted.

**29.2.2.7 Exit Passageways.** Exit passageways complying with 7.2.6 shall be permitted.

**29.2.2.8\* Escalators.** Escalators previously approved as a component in a means of egress shall be permitted to continue to be considered in compliance.

**29.2.2.9 Fire Escape Stairs.** Fire escape stairs complying with 7.2.8 shall be permitted.

**29.2.2.10 Fire Escape Ladders.** Fire escape ladders complying with 7.2.9 shall be permitted.

**29.2.2.11 Alternating Tread Devices.** Alternating tread devices complying

with 7.2.11 shall be permitted.

**29.2.2.12\* Areas of Refuge.** Areas of refuge complying with 7.2.12 shall be permitted.

Exception: In buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5, the two accessible rooms or spaces separated from each other by smoke-resistive partitions in accordance with the definition of area of refuge in 3.3.14 shall not be required.

### **29.2.3 Capacity of Means of Egress.**

**29.2.3.1** The capacity of means of egress shall be in accordance with Section 7.3.

**29.2.3.2** Street floor exits shall be sufficient for the occupant load of the street floor plus the required capacity of stairs and ramps discharging onto the street floor.

**29.2.4 Number of Exits.** Not less than two exits shall be accessible from every floor, including floors below the level of exit discharge and floors occupied for public purposes.

Exception: Buildings of four stories or less protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5, with not more than four guest rooms or guest suites per floor, shall be permitted to have a single exit under the following conditions:

- (a) The stairway is completely enclosed or separated by barriers having a fire resistance rating of not less than 1 hour with self-closing 1-hour fire protection-rated doors protecting all openings between the stairway enclosure and the building.
- (b) The stairway does not serve more than one-half of a story below the level of exit discharge.
- (c) All corridors serving as access to exits have not less than a 1-hour fire resistance rating.
- (d) The travel distance from the entrance door of any guest room or guest suite to an exit does not exceed 35 ft (10.7 m).
- (e) Horizontal and vertical separation with a fire rating of not less than 1/2 hour is provided between guest rooms or guest suites.

### **29.2.5 Arrangement of Means of Egress.**

**29.2.5.1** Access to all required exits shall be in accordance with Section 7.5.

**29.2.5.2** Common paths of travel shall not exceed 35 ft (10.7 m). Travel within a guest room or guest suite shall not be included when calculating common path of travel.

Exception: In buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5, common path of travel shall not exceed 50 ft (15 m).

**29.2.5.3** Dead-end corridors shall not exceed 50 ft (15 m).

## 29.2.6 Travel Distance to Exits.

**29.2.6.1** Travel distance within a guest room or guest suite to a corridor door shall not exceed 75 ft (23 m).

Exception: A travel distance not exceeding 125 ft (38 m) shall be permitted in buildings protected by an approved automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5.

**29.2.6.2** Travel distance from the corridor door of any guest room or guest suite to the nearest exit, measured in accordance with Section 7.6, shall not exceed 100 ft (30 m).

Exception No. 1: The permitted travel distance to exits shall not exceed 200 ft (60 m) for exterior ways of exit access arranged in accordance with 7.5.3.

Exception No. 2: The permitted travel distance to exits shall not exceed 200 ft (60 m) where the exit access and any portion of the building that is tributary to the exit access are protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5. In addition, the portion of the building in which the 200-ft (60-m) travel distance is permitted shall be separated from the remainder of the building by construction having a fire resistance rating of not less than 1 hour, for buildings not more than three stories in height, and 2 hours, for buildings more than three stories in height.

## 29.2.7 Discharge from Exits.

29.2.7.1 Exit discharge shall comply with Section 7.7.

29.2.7.2\* Any required exit stair that is located so that it is necessary to pass through the lobby or other open space to reach the outside of the building shall be continuously enclosed down to a level of exit discharge or to a mezzanine within a lobby at a level of exit discharge.

29.2.7.3 The distance of travel from the termination of the exit enclosure to an exterior door leading to a public way shall not exceed 150 ft (45 m) in buildings protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with 29.3.5 and shall not exceed 100 ft (30 m) in all other buildings.

29.2.8 **Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 7.8.

29.2.9 **Emergency Lighting.** Emergency lighting in accordance with Section 7.9 shall be provided in all buildings with more than 25 rooms.

Exception: Where each guest room or guest suite has an exit direct to the outside of the building at street or ground level.

29.2.10 **Marking of Means of Egress.** Means of egress shall have signs in accordance with Section 7.10.

## Chapter 31 EXISTING APARTMENT BUILDINGS

### SECTION 31.2 MEANS OF EGRESS REQUIREMENTS

**31.2.1 General.** Means of egress from dwelling units to the outside of the building shall be in accordance with Chapter 7 and this chapter. Means of escape within the dwelling unit shall comply with the provisions of Section 24.2 for one- and two-family dwellings.

#### 31.2.2 Means of Egress Components.

##### 31.2.2.1 General.

**31.2.2.1.1** Components of means of egress shall be limited to the types described in 31.2.2.2 through 31.2.2.12.

**31.2.2.1.2** In buildings using Option 4, exit enclosures shall have a fire resistance rating of not less than 1 hour, and doors shall have a fire protection rating of not less than 1 hour.

**31.2.2.1.3** In non-high-rise buildings using Option 2, Option 3, or Option 4, exit stair doors shall be permitted to be 1¾-in. (4.4-cm) thick, solid-bonded wood core doors, self-closing and self-latching, and in wood frames not less than ¾ in. (1.9 cm) thick. In buildings using Option 3, sprinklers shall also be provided within the exit enclosure in accordance with NFPA 13, Standard for the installation of Sprinkler Systems.

### 31.2.2.2 Doors.

31.2.2.2.1 Doors complying with 7.2.1 shall be permitted.

31.2.2.2.2 No door in any means of egress shall be locked against egress when the building is occupied.

Exception No. 1: Delayed-egress locks complying with 7.2.1.6.1 shall be permitted, provided that not more than one such device is located in any one egress path.

Exception No. 2: Access-controlled egress doors complying with 7.2.1.6.2 shall be permitted.

31.2.2.2.3 Revolving doors complying with 7.2.1.10 shall be permitted.

31.2.2.2.4 Horizontal sliding doors, as permitted by 7.2.1.14, shall not be used across corridors.

### 31.2.2.3 Stairs.

31.2.2.3.1 Stairs complying with 7.2.2 shall be permitted.

31.2.2.3.2 Within any individual dwelling unit, stairs more than one story above or below the entrance floor level of the dwelling unit shall not be permitted.

31.2.2.3.3 Spiral stairs complying with 7.2.2.2.3 shall be permitted within a single dwelling unit.

**31.2.2.3.4 Winders** complying with 7.2.2.2.4 shall be permitted.

**31.2.2.4 Smokeproof Enclosures.** Smokeproof enclosures complying with 7.2.3 shall be permitted. (See also 31.2.11.)

**31.2.2.5 Horizontal Exits.** Horizontal exits complying with 7.2.4 shall be permitted.

**31.2.2.6 Ramps.** Ramps complying with 7.2.5 shall be permitted.

**31.2.2.7 Exit Passageways.** Exit passageways complying with 7.2.6 shall be permitted.

**31.2.2.8\* Escalators.** Escalators previously approved as a component in the means of egress shall be permitted to continue to be considered as in compliance.

**31.2.2.9 Fire Escape Stairs.** Fire escape stairs complying with 7.2.8 shall be permitted.

**31.2.2.10 Fire Escape Ladders.** Fire escape ladders complying with 7.2.9 shall be permitted.

**31.2.2.11 Alternating Tread Devices.** Alternating tread devices complying with 7.2.11 shall be permitted.

**31.2.2.12\* Areas of Refuge.** Areas of refuge complying with 7.2.12

shall be permitted.

Exception: In buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 31.3.5, the two accessible rooms or spaces separated from each other by smoke-resistive partitions in accordance with the definition of area of refuge in 3.3.14 shall not be required.

### **31.2.3 Capacity of Means of Egress.**

**31.2.3.1** The capacity of means of egress shall be in accordance with Section 7.3.

**31.2.3.2** Street floor exits shall be sufficient for the occupant load of the street floor plus the required capacity of stairs and ramps discharging onto the street floor.

**31.2.4** Number of Exits. Every dwelling unit shall have access to not less than two separate exits remotely located from each other as required by 7.5.1. (See also Section 7.4.)

Exception No. 1: Any dwelling unit shall be permitted to have a single exit, provided that one of the following criteria is met:

- (a) The dwelling unit has an exit door opening directly to the street or yard at ground level.
- (b) The dwelling unit has direct access to an outside stair complying with 7.2.2 that serves not more than two units, both of which are located on the same floor.
- (c) The dwelling unit has direct access to an interior stair serving

only that unit, and such stair is separated from all other portions of the building by fire barriers having not less than a 1-hour fire resistance rating with no opening therein.

Exception No. 2: Buildings of four stories or less protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with 31.3.5.1 shall be permitted to have a single exit under the following conditions:

- (a) The stairway is separated from the rest of the building by barriers having not less than a 1-hour fire resistance rating, with self-closing doors having not less than a 1-hour fire protection rating protecting all openings between the stairway enclosure and the building.
- (b) The stairway does not serve more than one-half of a story below the level of exit discharge.
- (c) All corridors serving as access to exits have not less than a ½-hour fire resistance rating.
- (d) The travel distance from the entrance door of any dwelling unit to an exit does not exceed 35 ft (10.7 m).
- (e) Horizontal and vertical separation with a fire rating of not less than ½ hour is provided between dwelling units.

Exception No. 3: Any building of three stories or less in its entirety shall be permitted to have a single exit under the following conditions:

- (a) The stairway is separated from the rest of the building by barriers having not less than a 1-hour fire resistance rating, with self-closing doors having not less than a 1-hour fire protection rating protecting all openings between the stairway enclosure and

the building.

(b) The stairway does not serve more than one-half of a story below the level of exit discharge.

(c) All corridors serving as access to exits have not less than a 20-minute fire resistance rating.

(d) The travel distance from the entrance door of any dwelling unit to an exit does not exceed 35 ft (10.7 m).

(e) Horizontal and vertical separation with a fire rating of not less than 1/2 hour is provided between dwelling units.

Exception No. 4: A building of any height, with not more than four dwelling units per floor, with a smokeproof enclosure or outside stair in accordance with the requirements of 7.2.3 as the exit, where such exit is immediately accessible to all dwelling units served thereby, shall be permitted to have a single exit. “Immediately accessible” means that the travel distance from the entrance door of any dwelling unit to an exit shall not exceed 20 ft (6.1 m).

### 31.2.5 Arrangement of Means of Egress.

**31.2.5.1** Access to all required exits shall be in accordance with Section 7.5.

**31.2.5.2** Common paths of travel shall not exceed 35 ft (10.7 m). Travel within a dwelling unit shall not be included when calculating common path of travel.

Exception: In buildings protected throughout by an approved,

supervised automatic sprinkler system in accordance with 31.3.5, common path of travel shall not exceed 50 ft (15 m).

**31.2.5.3** Dead-end corridors shall not exceed 50 ft (15 m).

### **31.2.6 Travel Distance to Exits.**

**31.2.6.1** Travel distance within a dwelling unit (apartment) to a corridor door shall not exceed the following limits:

- (1) For buildings using Option 1 or Option 3 — 75 ft (23 m)
- (2) For buildings using Option 2 or Option 4 — 125 ft (38 m)

**31.2.6.2** The travel distance from a dwelling unit (apartment) entrance door to the nearest exit shall not exceed the following limits:

- (1) For buildings using Option 1 — 100 ft (30 m)
- (2) For buildings using Option 2 or Option 3 — 150 ft (45 m)
- (3) For buildings using Option 4 — 200 ft (60 m)

Exception: Travel distance to exits shall not exceed 200 ft (60 m) for exterior ways of exit access arranged in accordance with 7.5.3.

### **31.2.7 Discharge from Exits.**

**31.2.7.1** Exit discharge shall comply with Section 7.7.

**31.2.7.2** Any required exit stair that is located so that it is necessary to pass through the lobby or other open space to reach

the outside of the building shall be continuously enclosed to a level of exit discharge or to a mezzanine within a lobby at a level of exit discharge.

**31.2.7.3** The distance of travel from the termination of the exit enclosure to an exterior door leading to a public way shall not exceed 150 ft (45 m) in buildings protected throughout by an approved automatic sprinkler system and shall not exceed 100 ft (30 m) in all other buildings.

**31.2.8 Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 7.8.

**31.2.9 Emergency Lighting.** Emergency lighting in accordance with Section 7.9 shall be provided in all buildings with more than 12 dwelling units or more than three stories in height.

Exception: Where every dwelling unit has a direct exit to the outside of the building at grade level.

**31.2.10 Marking of Means of Egress.** Means of egress shall have signs in accordance with Section 7.10 in all buildings requiring more than one exit.

**31.2.11\* Special Means of Egress Features.** In high-rise buildings using Option 1, Option 2, or Option 3, smokeproof enclosures shall be provided in accordance with 7.2.3.

## ▪ NFPA 101

### SECTION 7.3 CAPACITY OF MEANS OF EGRESS

#### 7.3.3 Egress Capacity.

**7.3.3.1** Egress capacity for approved components of means of egress shall be based on the capacity factors shown in Table 7.3.3.1.

**7.3.3.2** The required capacity of a corridor shall be the occupant load that utilizes the corridor for exit access divided by

the required number of exits to which the corridor connects, but the corridor capacity shall be not less than the required capacity of the exit to which the corridor leads.

| Area                 |                | Stairways<br>(width per person) |     | Level Components and<br>Ramps<br>(width per person) |     |
|----------------------|----------------|---------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|-----|
|                      |                | in                              | cm  | in                                                  | cm  |
| Sprinklered          | Board and care | 0.4                             | 1.0 | 0.2                                                 | 0.5 |
|                      | Health care    | 0.3                             | 0.8 | 0.2                                                 | 0.5 |
| Non-sprinklered      | Health care    | 0.6                             | 1.5 | 0.5                                                 | 1,3 |
| High hazard contents |                | 0.7                             | 1.8 | 0.4                                                 | 1.0 |
| All others           |                | 0.3                             | 0.8 | 0.2                                                 | 0.5 |

## SECTION 7.6 MEASUREMENT OF TRAVEL DISTANCE TO EXITS

**7.6.1\*** The travel distance in any occupied space to not less than one exit, measured in accordance with 7.6.2 through 7.6.5, shall not exceed the limits specified in this Code(See 7.6.4.).

**7.6.2\*** The travel distance to an exit shall be measured on the floor or other walking surface along the centerline of the natural path of travel, starting from the most remote point subject to occupancy, curving around any corners or obstructions with a 1-ft (0.3-m) clearance therefrom, and ending at the center of the doorway or other point at which the exit begins. Where measurement includes stairs, the measurement shall be taken in the plane of the tread nosing.

Exception: Travel distance measurement shall be permitted to terminate at a smoke barrier as provided in Chapter 23.

**7.6.3\*** Where open stairways or ramps are permitted as a path of travel to required exits, the distance shall include the travel on the stairway or ramp and the travel from the end of the stairway or ramp to an outside door or other exit in addition to the distance traveled to reach the stairway or ramp.

**7.6.4** Travel distance limitations shall be as provided in Chapters 11 through 42 and, for high hazard areas, shall be in accordance with Section 7.11.

**7.6.5** Where any part of an exterior exit is within 10 ft (3 m) of horizontal distance of any unprotected building opening, as

permitted by an exception to 7.2.2.6.3 for outside stairs, the travel distance to the exit shall include the length of travel to ground level.

## SECTION 7.7 DISCHARGE FROM EXITS

**7.7.1\*** Exits shall terminate directly at a public way or at an exterior exit discharge. Yards, courts, open spaces, or other portions of the exit discharge shall be of required width and size to provide all occupants with a safe access to a public way.

Exception No. 1: This requirement shall not apply to interior exit discharge as otherwise provided in 7.7.2.

Exception No. 2: This requirement shall not apply to rooftop exit discharge as otherwise provided in 7.7.6.

Exception No. 3: Means of egress shall be permitted to terminate in an exterior area of refuge as provided in Chapters 22 and 23.

**7.7.2** Not more than 50 percent of the required number of exits, and not more than 50 percent of the required egress capacity, shall be permitted to discharge through areas on the level of exit discharge, provided that the criteria of 7.7.2(1) through (3) are met:

(1) Such discharge shall lead to a free and unobstructed way to the exterior of the building, and such way is readily visible and identifiable from the point of discharge from the exit.

(2) The level of discharge shall be protected throughout by an approved, automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7, or the portion of the level of discharge used for this purpose shall be protected by an approved, automatic sprinkler

system in accordance with Section 9.7 and shall be separated from the non-sprinklered portion of the floor by a fire resistance rating meeting the requirements for the enclosure of exits (see 7.1.3.2.1).

Exception: The requirement of 7.7.2(2) shall not apply where the discharge area is a vestibule or foyer meeting all of the following:

- (a) The depth from the exterior of the building shall not be more than 10 ft (3 m) and the length shall not be more than 30 ft (9.1 m).
- (b) The foyer shall be separated from the remainder of the level of discharge by construction providing protection not less than the equivalent of wired glass in steel frames.
- (c) The foyer shall serve only as means of egress and shall include an exit directly to the outside.
- (3) The entire area on the level of discharge shall be separated from areas below by construction having a fire resistance rating not less than that required for the exit enclosure.

Exception No. 1: Levels below the level of discharge shall be permitted to be open to the level of discharge in an atrium in accordance with 8.2.5.6.

Exception No. 2: One hundred percent of the exits shall be permitted to discharge through areas on the level of exit discharge as provided in Chapters 22 and 23.

Exception No. 3: In existing buildings, the 50 percent limit on egress capacity shall not apply if the 50 percent limit on the required number of exits is met.

**7.7.3** The exit discharge shall be arranged and marked to make

clear the direction of egress to a public way. Stairs shall be arranged so as to make clear the direction of egress to a public way. Stairs that continue more than one-half story beyond the level of exit discharge shall be interrupted at the level of exit discharge by partitions, doors, or other effective means.

**7.7.4** Doors, stairs, ramps, corridors, exit passageways, bridges, balconies, escalators, moving walks, and other components of an exit discharge shall comply with the detailed requirements of this chapter for such components. **7.7.5** Signs. (See 7.2.2.5.4 and 7.2.2.5.5.)

**7.7.6** Where approved by the authority having jurisdiction, exits shall be permitted to discharge to roofs or other sections of the building or an adjoining building where the following criteria are met:

- (1) The roof construction has a fire resistance rating not less than that required for the exit enclosure.
- (2) There is a continuous and safe means of egress from the roof

## **SECTION 14.2 MEANS OF EGRESS REQUIREMENTS**

### **14.2.1 General.**

**14.2.1.1** Means of egress shall be in accordance with Chapter 7 and Section 14.2.

**14.2.1.2** Rooms normally occupied by preschool, kindergarten, or first-grade students shall not be located above or below the level of exit discharge. Rooms normally occupied by second-grade students shall not be located more than one story above the level

of exit discharge.

Exception: Rooms or areas located on floor levels other than as specified in 14.2.1.2 shall be permitted to be used where provided with independent means of egress dedicated for use by the preschool,

kindergarten, first-grade, or second-grade students.

## **14.2.2 Means of Egress Components.**

**14.2.2.1** Components of means of egress shall be limited to the types described in 14.2.2.2 through 14.2.2.10.

### **14.2.2.2 Doors.**

**14.2.2.2.1** Doors complying with 7.2.1 shall be permitted.

**14.2.2.2.2 Panic Hardware or Fire Exit Hardware.** Any door in a required means of egress from an area having an occupant load of 100 or more persons shall be permitted to be provided with a latch or lock only if the latch or lock is panic hardware or fire exit hardware complying with 7.2.1.7.

**14.2.2.2.3** Special locking arrangements complying with 7.2.1.6 shall be permitted.

**14.2.2.3\* Stairs.** Stairs complying with 7.2.2 shall be permitted.

**14.2.2.4** Smokeproof Enclosures. Smokeproof enclosures complying with 7.2.3 shall be permitted

**14.2.2.5 Horizontal Exits.** Horizontal exits complying with 7.2.4 shall be permitted.

**14.2.2.6 Ramps.** Ramps complying with 7.2.5 shall be permitted.

**14.2.2.7 Exit Passageways.** Exit passageways complying with 7.2.6 shall be permitted.

**14.2.2.8 Fire Escape Ladders.** Fire escape ladders complying with 7.2.9 shall be permitted.

**14.2.2.9 Alternating Tread Devices.** Alternating tread devices complying with 7.2.11 shall be permitted.

**14.2.2.10 Areas of Refuge.** Areas of refuge complying with 7.2.12 shall be permitted.

### **14.2.3 Capacity of Means of Egress.**

**14.2.3.1** Capacity of means of egress shall be in accordance with Section 7.3.

**14.2.3.2 Minimum Corridor Width.** Exit access corridors shall have not less than 6 ft (1.8 m) of clear width.

**14.2.4 Number of Exits.** Not less than two separate exits shall be as follows:

- (1) Provided on every story
- (2) Accessible from every part of every story and mezzanine

### 14.2.5 Arrangement of Means of Egress.

14.2.5.1 Means of egress shall be arranged in accordance with Section 7.5.

14.2.5.2 No dead-end corridor shall exceed 20 ft (6.1 m), other than in buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7, in which case dead-end corridors shall not exceed 50 ft (15 m).

14.2.5.3 No common path of travel shall exceed 75 ft (23 m), other than for the first 100 ft (30 m) in a building protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

14.2.5.4 Every room that is normally subject to student occupancy shall have an exit access door leading directly to an exit access corridor or exit.

Exception No. 1: This requirement shall not apply where an exit door

opens directly to the outside or to an exterior balcony or corridor as described in 14.2.5.7.

Exception No. 2: One room shall be permitted to intervene between a

normally occupied student room and an exit access corridor, provided

that all of the following criteria are met:

(a) The travel from a room served by an intervening room to the corridor door or exit shall not exceed 75 ft (23 m).

(b) Clothing, personal effects, or other materials deemed hazardous by the authority having jurisdiction shall be stored in metal lockers, provided that they do not obstruct the exit access, or the intervening room shall be sprinklered in accordance with Section 9.7.

(c) One of the following means of protection shall be provided:

(1) The intervening room shall have approved fire detection that activates the building alarm.

(2) The building shall be protected by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7

**14.2.5.5** Doors that swing into an exit access corridor shall be arranged to prevent interference with corridor travel. (See also 7.2.1.4.4.)

**14.2.5.6 Aisles.** Aisles shall be not less than 30 in. (91 cm) wide. The space between parallel rows of seats shall not be subject to the minimum aisle width, provided that the number of seats that intervene between any seat and an aisle do not exceed six.

**14.2.5.7\* Exterior Corridors or Balconies.** Exterior exit access shall comply with 7.5.3.

**14.2.6 Travel Distance to Exits.** Travel distance to an exit shall not exceed 150 ft (45 m) from any point in a building. (See also Section 7.6.)

Exception: Travel distance shall not exceed 200 ft (60 m) in educational occupancies protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

**14.2.7 Discharge from Exits.** Discharge from exits shall be arranged in accordance with Section 7.7.

**14.2.8 Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 7.8.

**14.2.9 Emergency Lighting.** Emergency lighting shall be provided in accordance with Section 7.9 in the following areas:

- (1) Interior stairs and corridors
- (2) Assembly use spaces
- (3) Flexible and open plan buildings
- (4) Interior or windowless portions of buildings
- (5) Shops and laboratories

**14.2.10 Marking of Means of Egress.** Means of egress shall have signs in accordance with Section 7.10.

**14.2.11 Special Means of Egress Features.** 14.2.11.1\* Windows for Rescue. Every room or space greater than 250 ft<sup>2</sup> (23.2 m<sup>2</sup>) used for classroom or other educational purposes or normally subject to student occupancy shall have not less than one outside window for emergency rescue that complies with the following:

- (1) Such windows shall be openable from the inside without the use of tools and shall provide a clear opening of not less than 20 in. (51 cm) in width, 24 in. (61 cm) in height, and 5.7 ft<sup>2</sup> (0.53 m<sup>2</sup>) in area.
- (2) The bottom of the opening shall be not more than 44 in. (112 cm) above the floor, and any latching device shall be capable of being operated from not more than 54 in. (137 cm)

above the finished floor.

(3) The clear opening shall allow a rectangular solid, with a width and height that provides not less than the required 5.7-ft<sup>2</sup> (0.53-m<sup>2</sup>) opening and a depth of not less than 20 in. (51 cm), to pass fully through the opening.

(4) Such windows shall be accessible by the fire department and shall open into an area having access to a public way.

Exception No. 1: This requirement shall not apply to buildings protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 9.7.

Exception No. 2: This requirement shall not apply where the room or space has a door leading directly to the outside of the building.

Exception No. 3: This requirement shall not apply to rooms located higher than three stories above grade.

## ■ NFPA 5000

### Chapter 29 Industrial Occupancies

#### 29.2.6\* Travel Distance to Exits.

**29.2.6.1** Travel distance, measured in accordance with Section 11.6, shall not exceed that provided by Table 29.2.6.

**29.2.6.2\* Power-Generation Buildings.** Buildings of Type I or Type II construction used exclusively for the enclosure of steam generators, steam turbines, gas turbines, heat recovery generators, and flue gas treatment equipment, with special hazards protected by approved automatic suppression systems in accordance with NFPA 11, Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam; NFPA 12, Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems; NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems, NFPA 15, Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection; NFPA 16, Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems; NFPA 17, Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems; NFPA 750, Standard on Water Mist Fire Protection Systems; or NFPA 2001, Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems, shall be permitted to have a maximum travel distance of 400 ft (122 m).

Table 29.2.6 Maximum Travel Distance to Exits

| Arrangement                                                                                                          | General Industrial Occupancy |     | Special-Purpose Industrial Occupancy |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
|                                                                                                                      | ft                           | m   | ft                                   | m   |
| Protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with NFPA 13 and 55.3.2     | 250†                         | 76† | 400                                  | 122 |
| Not Protected throughout by an approved, supervised automatic sprinkler system in accordance with NFPA 13 and 55.3.2 | 200                          | 60  | 300                                  | 91  |

†In one-story buildings, a travel distance of 400 ft (122 m) is permitted, provided that a performance-based analysis demonstrates that safe egress can be accomplished

**29.2.7 Discharge from Exits.** Discharge from exits shall be in accordance with Section 11.7.

**29.2.8 Illumination of Means of Egress.** Means of egress shall be illuminated in accordance with Section 11.8 or with natural lighting that provides the required level of illumination in structures occupied only during daylight hours.

## ▪ BR 2000

### Escape route design

#### Number of escape routes and exits

**2.3** The number of escape routes and exits that should be provided depends on both of the following.

- a. The number of occupants in the room, tier or storey.
- b. The limits on travel distance to the nearest exit given in Table 2.1 (which apply only to the nearest exit; other exits may be further away).

**2.4** In multi-storey buildings, if more than one stair is needed for vertical escape, every part of each storey should have access to more than one stair. An area may be in a dead end provided the alternative stair is accessible.

**2.5** In mixed use buildings, separate means of escape should be provided from any storeys or parts of storeys used for the 'residential' or 'assembly and recreation' purpose groups (purpose groups 1, 2 and 5)

Table 2.1 Limitations on travel distance

| Purp-<br>ose<br>group | Use of the Premises or<br>part of the premises                 |               | Maximum travel distance<br>where travel is possible in: |                               |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|
|                       |                                                                |               | One direction<br>only(m)                                | More than one<br>direction(m) |
| 2(a)                  | Residential(institutional)                                     |               | 9                                                       | 18                            |
| 2(b)                  | Residential(other)                                             |               |                                                         |                               |
|                       | a. in bedrooms                                                 |               | 9                                                       | 18                            |
|                       | b. in bedroom corridors                                        |               | 9                                                       | 35                            |
|                       | c. elsewhere                                                   |               | 18                                                      | 35                            |
| 3                     | Office                                                         |               | 18                                                      | 45                            |
| 4                     | Shop and commercial                                            |               | 18                                                      | 45                            |
| 5                     | Assembly and<br>recreation:                                    |               |                                                         |                               |
|                       | a. buildings primarily for<br>disabled people                  |               | 9                                                       | 18                            |
|                       | b. areas seating in rows                                       |               | 15                                                      | 32                            |
|                       | c. elsewhere                                                   |               | 18                                                      | 45                            |
| 6                     | industrial                                                     | Normal hazard | 25                                                      | 45                            |
|                       |                                                                | Higher hazard | 12                                                      | 25                            |
| 7                     | Storage and other<br>non-residential                           | Normal hazard | 25                                                      | 45                            |
|                       |                                                                | Higher hazard | 12                                                      | 25                            |
| 2-7                   | place of special fire<br>hazard                                |               | 9                                                       | 18                            |
| 2-7                   | plant room or roof-top<br>plant:                               | Normal hazard |                                                         |                               |
|                       | a. distance within the<br>room                                 |               | 9                                                       | 35                            |
|                       | b. escape route not in<br>open air(overall travel<br>distance) |               | 18                                                      | 45                            |
|                       | c. escape route in open<br>air(overall travel<br>distance)     |               | 60                                                      | 100                           |

## ■ 建築基準法施行令(直通階段の設置)

第百二十条 建築物の避難階以外の階（地下街におけるものを除く。次条第一項において同じ。）においては、避難階又は地上に通ずる直通階段（傾斜路を含む。以下同じ。）を居室の各部分からその一至る歩行距離が次の表の数値以下となるように設けなければならない。

| 居室の種類 | 構造 | 主要構造部が準耐火構造であるか又は不燃材料で造られている場合<br>(単位メートル)                                      |  | 上欄に掲げる場合以外の場合<br>(単位・メートル) |    |
|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------|----|
|       |    |                                                                                 |  |                            |    |
| (一)   |    | 第百十六条の二第一項第一号に該当する窓その他の開口部を有しない居室又は法別表第一 (い) 欄 (四) 項に掲げる用途に供する特殊建築物の主たる用途に供する居室 |  | 三〇                         | 三〇 |
| (二)   |    | 法別表第一 (い) 欄 (二) 項に掲げる用途に供する特殊建築物の主たる用途に供する居室                                    |  | 五〇                         | 三〇 |
| (三)   |    | (一) 又は (二) に掲げる居室以外の居室                                                          |  | 五〇                         | 四〇 |

## ▪ SCDF Fire Code 2002

### 2.2.6 Determination of travel distance

The maximum travel distance for the respective types of occupancies shall be not greater than as laid down in Table 2.2A read in conjunction with the following:

(a) In the case of a floor area designed with minimum two exits, the maximum travel distance as given in Table 2.2A shall be applicable. The maximum travel distance starting from the most remote point in any occupied space to the nearest exit, shall not exceed the limits specified in Table 2.2A.

**Maximum escape distance design parameters**

|                             | Sprinklered       |             | Non-Sprinklered   |             |
|-----------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|                             | Factory/Warehouse | High hazard | Factory/Warehouse | High hazard |
| One-way Travel Distance (m) | 25                | 20          | 15                | 10          |
| One-way Travel Distance (m) | 16.6              | 13.3        | 10                | 6.6         |
| Two-way Travel Distance (m) | 60                | 35          | 30                | 20          |
| Two-way Travel Distance (m) | 40                | 23.3        | 20                | 13.3        |

## 2. 연구시설 등 소규모 화학설비 및 보일러에 대한 안전거리 검토 및 합리적 적용방안(안전보건규칙 제271조)

### ▪ NFPA 30

#### 2.3.2. Installation of Aboveground Tanks.

##### 2.3.2.1 Location with Respect to Property Lines, Public Ways, and Important Buildings on the Same Property.

2.3.2.1.1 Tanks storing Class I, Class II, or Class IIIA stable liquids and operating at pressures not in excess of 2.5 psig(gauge pressure of 17.2 kPa) shall be located in accordance with Tables 2.3.2.1.1(a) and 2.3.2.1.1(b). Where tank spacing is based on a weak roof-to-shell seam design, the user shall present evidence certifying such construction to the authority having jurisdiction upon request.

Exception: Vertical tanks with weak roof-to-shell seams (see 2.2.5.2.2) that store Class IIIA liquids shall be permitted to be located at one-half the distances specified in Table 2.3.2.1.1(a), provided the tanks are not within the same diked area as or the drainage path of a tank storing a Class I or Class II liquid.

2.3.2.1.2 Tanks storing Class I, Class II, or Class IIIA stable liquids and operating at pressures that exceed 2.5 psig (gauge pressure of

17.2 kPa), or are equipped with emergency venting that will permit pressures to exceed 2.5 psig (gauge pressure of 17.2 kPa), shall be located in accordance with Tables 2.3.2.1.2 and 2.3.2.1.1(b).

**2.3.2.1.3** Tanks storing liquids with boil-over characteristics shall be located in accordance with Table 2.3.2.1.3. Liquids with boil-over characteristics shall not be stored in fixed roof tanks larger than 45.7 m in diameter, unless an approved inerting system is provided on the tank.

**2.3.2.1.4** Tanks storing unstable liquids shall be located in accordance with Tables 2.3.2.1.4 and 2.3.2.1.1(b).

**Table 2.3.2.1.1 (a) Stable Liquids [Operating Pressure 2.5 psig(gauge pressure of 17.2 kPa)of Less]**

| Type of Tank                                                                                                            | Protection                                                                                           | Minimum Distance in Feet from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way, and Shall Not Be Less than 5 ft | Minimum Distance in Feet from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property and Shall Not Be Less than 5 ft |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Floating roof                                                                                                           | Protection for exposures <sup>1</sup>                                                                | $\frac{1}{2}$ times diameter of tank                                                                                                                   | $\frac{1}{6}$ times diameter of tank                                                                                                                 |
|                                                                                                                         | None                                                                                                 | Diameter of tank but need not exceed 175 ft                                                                                                            | $\frac{1}{6}$ times diameter of tank                                                                                                                 |
| Vertical with weak roof-to-shell seam                                                                                   | Approved foam or inerting system <sup>2</sup> on tanks not exceeding 150 ft in diameter <sup>3</sup> | $\frac{1}{2}$ times diameter of tank                                                                                                                   | $\frac{1}{6}$ times diameter of tank                                                                                                                 |
|                                                                                                                         | Protection for exposures <sup>1</sup>                                                                | Diameter of tank                                                                                                                                       | $\frac{1}{3}$ times diameter of tank                                                                                                                 |
|                                                                                                                         | None                                                                                                 | 2 times diameter of tank but need not exceed 350 ft                                                                                                    | $\frac{1}{3}$ times diameter of tank                                                                                                                 |
| Horizontal and vertical tanks with emergency relief venting to limit pressures to 2.5 psig (gauge pressure of 17.2 kPa) | Approved inerting system <sup>2</sup> on the tank or approved foam system on vertical tanks          | $\frac{1}{2}$ times Table 2.3.2.1.1(b)                                                                                                                 | $\frac{1}{2}$ times Table 2.3.2.1.1(b)                                                                                                               |
|                                                                                                                         | Protection for exposures <sup>1</sup>                                                                | Table 2.3.2.1.1(b)                                                                                                                                     | Table 2.3.2.1.1(b)                                                                                                                                   |
|                                                                                                                         | None                                                                                                 | 2 times Table 2.3.2.1.1(b)                                                                                                                             | Table 2.3.2.1.1(b)                                                                                                                                   |

For SI units, 1 ft = 0.3 m.

<sup>1</sup>See definition 1.6.38, Protection for Exposures.

<sup>2</sup>See NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems.

<sup>3</sup>For tanks over 150 ft in diameter, use “Protection for Exposures” or “None”, as applicable.

**Table 2.3.2.1.1 (b) Reference Table for Use in Tables 2.3.2.1.1(a), 2.3.2.1.2, 2.3.2.1.3, and 2.3.2.1.4**

| Tank Capacity (gal)    | Minimum Distance from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way (ft) | Minimum Distance from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property (ft) |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 275 or less            | 5                                                                                                                  | 5                                                                                                                 |
| 276 to 750             | 10                                                                                                                 | 5                                                                                                                 |
| 751 to 12,000          | 15                                                                                                                 | 5                                                                                                                 |
| 12,001 to 30,000       | 20                                                                                                                 | 5                                                                                                                 |
| 30,001 to 50,000       | 30                                                                                                                 | 10                                                                                                                |
| 50,001 to 100,000      | 50                                                                                                                 | 15                                                                                                                |
| 100,001 to 500,000     | 80                                                                                                                 | 25                                                                                                                |
| 500,001 to 1,000,000   | 100                                                                                                                | 35                                                                                                                |
| 1,000,001 to 2,000,000 | 135                                                                                                                | 45                                                                                                                |
| 2,000,001 to 3,000,000 | 165                                                                                                                | 55                                                                                                                |
| 3,000,001 or more      | 175                                                                                                                | 60                                                                                                                |

For SI units, 1 ft = 0.3 m; 1 gal = 3.8 L.

**Table 2.3.2.1.2 Stable Liquids [Operating Pressure Greater than 2.5 psig(gauge pressure of 17.2 kPa)]**

| Type of Tank | Protection                            | Minimum Distance in Feet from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way | Minimum Distance in Feet from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Any type     | Protection for exposures <sup>1</sup> | 1½ times Table 2.3.2.1.1(b) but shall not be less than 25 ft                                                          | 1½ times Table 2.3.2.1.1(b) but shall not be less than 25 ft                                                         |
|              | None                                  | 3 times Table 2.3.2.1.1(b) but shall not be less than 50 ft                                                           | 1½ times Table 2.3.2.1.1(b) but shall not be less than 25 ft                                                         |

For SI units, 1 ft = 0.3 m.

\*See definition 1.6.38, Protection for Exposures.

.

Table 2.3.2.1.3 Boil-Over Liquids

| Type of Tank                              | Protection                                    | Minimum Distance in Feet from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way | Minimum Distance in Feet from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Floating roof<br>[see Table 2.3.2.1.1(a)] | Protection for exposures <sup>1</sup>         | $\frac{1}{2}$ times diameter of tank                                                                                  | $\frac{1}{6}$ times diameter of tank                                                                                 |
|                                           | None                                          | Diameter of tank                                                                                                      | $\frac{1}{6}$ times diameter of tank                                                                                 |
| Fixed roof                                | Approved foam or inerting system <sup>2</sup> | Diameter of tank                                                                                                      | $\frac{1}{3}$ times diameter of tank                                                                                 |
|                                           | Protection for exposures <sup>1</sup>         | 2 times diameter of tank                                                                                              | $\frac{2}{3}$ times diameter of tank                                                                                 |
|                                           | None                                          | 4 times diameter of tank but need not exceed 350 ft                                                                   | $\frac{2}{3}$ times diameter of tank                                                                                 |

For SI units, 1 ft = 0.3 m.

<sup>1</sup>See definition 1.6.38, Protection for Exposures.

<sup>2</sup>See NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems.

**Table 2.3.2.1.4 Unstable Liquids**

| Type of Tank                                                                                                                          | Protection                                                                                                                                                       | Minimum Distance in Feet from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way | Minimum Distance in Feet from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Horizontal and vertical tanks with emergency relief venting to permit pressure not in excess of 2.5 psig (gauge pressure of 17.2 kPa) | Tank protected with any one of the following:<br>approved water spray, approved inerting, <sup>1</sup> approved insulation and refrigeration, approved barricade | Table 2.3.2.1.1(b) but not less than 25 ft                                                                            | Not less than 25 ft                                                                                                  |
|                                                                                                                                       | Protection for exposures <sup>2</sup>                                                                                                                            | 2½ times Table 2.3.2.1.1(b) but not less than 50 ft                                                                   | Not less than 50 ft                                                                                                  |
|                                                                                                                                       | None                                                                                                                                                             | 5 times Table 2.3.2.1.1(b) but not less than 100 ft                                                                   | Not less than 100 ft                                                                                                 |
| Horizontal and vertical tanks with emergency relief venting to permit pressure over 2.5 psig (gauge pressure of 17.2 kPa)             | Tank protected with any one of the following:<br>approved water spray, approved inerting, <sup>1</sup> approved insulation and refrigeration, approved barricade | 2 times Table 2.3.2.1.1(b) but not less than 50 ft                                                                    | Not less than 50 ft                                                                                                  |
|                                                                                                                                       | Protection for exposures <sup>2</sup>                                                                                                                            | 4 times Table 2.3.2.1.1(b) but not less than 100 ft                                                                   | Not less than 100 ft                                                                                                 |
|                                                                                                                                       | None                                                                                                                                                             | 8 times Table 2.3.2.1.1(b) but not less than 150 ft                                                                   | Not less than 150 ft                                                                                                 |

For SI units, 1 ft = 0.3 m.

<sup>1</sup>See NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems.

<sup>2</sup>See definition 1.6.38, Protection for Exposures.

**Table 2.3.2.1.5 Class III B Liquids**

| Tank Capacity (gal) | Minimum Distance from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way (ft) | Minimum Distance from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property (ft) |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12,000 or less      | 5                                                                                                                  | 5                                                                                                                 |
| 12,001 to 30,000    | 10                                                                                                                 | 5                                                                                                                 |
| 30,001 to 50,000    | 10                                                                                                                 | 10                                                                                                                |
| 50,001 to 100,000   | 15                                                                                                                 | 10                                                                                                                |
| 100,001 or more     | 15                                                                                                                 | 15                                                                                                                |

For SI units, 1 ft = 0.3 m; 1 gal = 3.8 L.

## ▪ API 2510

### 5.1.2 Minimum Distance Requirement

**5.1.2.1** The minimum horizontal distance between the shell of a pressurized LPG tank and the line of adjoining property that may be developed shall be as shown in Table 1. Where residences, public buildings, places of assembly, or industrial sites are located on adjacent property, greater distances or other supplemental protection shall be provided.

**Table .1 Minimum Horizontal Distance Between Shell of pressurized LPG tank and Line of Adjoining Property That May Be Developed**

| Water Capacity of Each Tank (gallons) | Minimum Distance (feet) |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 2,000–30,000                          | 50                      |
| 30,001–70,000                         | 75                      |
| 70,001–90,000                         | 100                     |
| 90,001–120,000                        | 125                     |
| 120,001 or greater                    | 200                     |

**5.1.2.2** The minimum horizontal distance between the shells of pressurized LPG tanks or between the shell of a pressurized LPG tank and the shell of any other pressurized hazardous or flammable storage tank shall be as follows:

a. Between two spheres, between two vertical vessels, or between a

sphere and a vertical vessel, 5 ft or half of the diameter of the larger vessel, whichever is greater.

b. Between two horizontal vessels, or between a horizontal vessel and a sphere or vertical vessel, 5 ft or three quarters of the diameter of the larger vessel, whichever is greater.

**5.1.2.3** The minimum horizontal distance between the shell of a pressurized LPG tank and the shell of any other nonpressurized hazardous or flammable storage tank shall be the largest of the following with the exception noted after Item d:

a. If the other storage is refrigerated, three quarters of the greater diameter.

b. If the other storage is in atmospheric tanks and is designed to contain material with a flash point of 100°F or less, one diameter of the larger tank.

c. If the other storage is in atmospheric tanks and is designed to contain material with a flash point greater than 100°F, half the diameter of the larger tank.

d. 100 ft.

The minimum horizontal distance between shells need not exceed 200 ft.

**5.1.2.4** The minimum horizontal distance between the shell of an LPG tank and a regularly occupied building shall be as follows:

a. If the building is used for the control of the storage facility, 50 ft.

b. If the building is used solely for other purposes (unrelated to

control of the storage facility), 100 ft.

c. Compliance with API 752 may be used in lieu of the requirements in paragraph a and b.

**5.1.2.5** The minimum horizontal distance between the shell of an LPG tank and facilities or equipment not covered in 5.1.2.1 through 5.1.2.4 shall be as follows:

- a. For process vessels, 50 ft.
- b. For flares or other equipment containing exposed flames, 100 ft.
- c. For other fired equipment, including process furnaces and utility boilers, 50 ft.
- d. For rotating equipment, 50 ft; except for pumps taking suction from the LPG tanks, 10 ft.
- e. For overhead power transmission lines and electric substations, 50 ft. In addition, siting shall be such that a break in the overhead lines shall not cause the exposed ends to fall on any vessel or equipment.
- f. For loading and unloading facilities for trucks and railcars, 50 ft.
- g. For navigable waterways, docks, and piers, 100 ft.
- h. For stationary internal combustion engines, 50 ft

**5.1.2.6** The minimum horizontal distance between the shell of an LPG tank and the edge of a spill containment area for flammable or combustible liquid storage tanks shall be 10 ft.

- **CCPS(Center for Chemical Process Safety)**

## **6.8. Equipment-to-Equipment Separation Distances**

### **6.8.1. Process Unit Spacing**

Separate equipment in a process unit by at least 100 ft (30 m) from equipment handling flammable materials in adjacent units or offsite equipment. This spacing is required to minimize risks due to maintenance activities in one unit while the adjacent unit or offsite equipment remains in service. This spacing applies to situations where both or only one of the units contains flammable materials. In instances where neither unit contains flammables, this spacing may be reduced to that required for maintenance and emergency access.

The typical distance separating a process-unit battery limit from an onsite roadway with unrestricted access is 50 ft (15 m). This spacing may be reduced with the implementation of access controls on the roadway.

As stated in Section 6.2, provide emergency access to units from two directions in a path that does not require crossing an adjacent unit. Accessways should be provided at least every 200 ft (61 m). An accessway should be at least 20 ft (6 m) wide. These access ways will permit emergency egress, facilitate firefighting, serve as firebreaks, and serve as separations between equipment groups to minimize potential explosion overpressures.

### 6.8.7 Air Cooled Heat Exchangers

Updraft air-cooled heat exchangers draw air through the cooler and may also draw the heat and fire in the same direction. The additional heat input to the cooler from the fire can cause high temperature and overpressure of other equipment. Additionally, the metallurgy that makes the fins appropriate for heat transfer also makes them highly susceptible to damage from heat. Do not locate vessels or pumps containing flammable or combustible liquids beneath air-cooled heat exchanger, Do not locate heat exchangers containing flammables or combustibles that are heated above their autoignition temperature beneath air-cooled heat exchangers. Do not locate multiple flanges and valves, such as in control stations, under air-cooled heat exchangers. Separate air-cooled heat exchangers from ignition sources such as fired heaters.

### 6.8.8 Fired Heaters

Fired heaters are a continuous ignition source. Locate them upwind of potential flammable vapor release sources to minimize the potential for fires and explosions. Locating fired heaters at the unit battery limits provides good access and maximizes separation. Separate fired heaters from equipment containing flammable liquids and vents that might release vapors. An exception to this distance is when heaters are feeding reactors and it is desirable to minimize the length of the large diameter transfer line.

### 6.8.10. Gas Compressors and Expanders

Treat steam- or motor-driven gas compressors the same as pumps in regard to spacing. Locate all flammable gas compressors downwind and separated from fired heaters. Do not locate equipment above gas compressors. Separate suction knockout drums, intercoolers and intercooler accumulators from the compressor to provide firefighting and maintenance access.

#### Example

An engine driven compressor with a large flywheel was located near a tank containing a highly toxic chemical. The attachment of the flywheel to the shaft failed and the flywheel came loose and rolled toward the tank. The flywheel was stopped by a steel post designed to restrict vehicle traffic near the tank.

#### Lesson

Consider the orientation of rotating equipment to reduce the possibility of mechanical failures impacting adjacent equipment.

### 6.8.14. Water Spray Actuation Valves

Locate manual actuation valves for water spray outside of the fire areas of the hazards they are protecting. Locate manual water-spray actuation valves near the battery limits in a well-lighted and easily accessible area. Also, manual or automatic water-spray deluge valves should be located near the battery limits in a location convenient to the operators or emergency responders and in the expected path of travel. This location should be protected from fire and explosions.

#### 6.8.15. Emergency Shutdown Valves

Locate a manually operated emergency shutdown valve in an accessible location at least 50 ft (15 m) from the outer edge of a potential pool fire that might be associated with the equipment the valve is isolating.

Locate remotely operated valve actuation stations at least 50 ft (15 m) from potential fire sources. Automatic valves may be located anywhere as long as they are fire protected so that they operate when needed.

#### 6.8.19. Pipeways

Pipeways are structures that support pipes, power leads, and instrument cable trays. They are referred to as pipeways, piperacks, or pipebands. The piping they support may contain process fluids or utilities.

Main pipeways transfer material from the unit pipeway to storage or utility areas. Unit pipeways are located within the battery limits and transfer material between the unit process equipment. Pipeways may be elevated or at grade.

Main pipeways should be located outside of process unit battery limits. Separation distances from main pipeways are based on substantially all welded pipe in the pipeway. Treat sections of the pipeway containing numerous flanges, process control valve stations, vents, drains, or other release sources as process area pipeways in regard to spacing.

Evaluate pipeways handling high hazard chemicals (such as MIC, chlorine, or acetylene) to consider their safe layout. Pipes handling

highly corrosive materials such as aqueous HCl should be located on the bottom piperack tier to prevent damage to other pipes and cables if there is a loss of containment. Do not locate pipeways where they might put emergency response equipment (including fire pumps) at risk.

Route to avoid damage from cranes. Consider routing incompatible materials in separate pipeways.

#### **6.8.20. Tanks Inside Battery Limits**

This section applies to in-process tanks and storage tanks containing flammable or combustible liquids within battery limits. Limit storage tanks within battery limits in number and size. Separate storage tanks from process equipment. Treat smaller storage tanks (less than 10,000 gallons (38,000 l) as process vessels (such as towers, drums, and KO pots) for spacing concerns. For tanks larger than 10,000 gallons (38,000 l), the values provided in Appendix A may be used as a starting point with further definition provided through a hazard analysis.

**Table A (metric)**

**TYPICAL SPACING FOR PLANT EQUIPMENT FOR FIRE CONSEQUENCES**

Explosion and toxic concerns may require greater spacing/Horizontal Distanced (m)

| Text References                                                |                 | Process Unit Battery Limits | Property |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------|
| Boundaries                                                     |                 |                             |          |
| Process Unit Battery Limits                                    | 5.7.7<br>6.8.1  | 30                          |          |
| Property                                                       | 5.2.5           | 61                          | NM       |
| Emergency                                                      |                 |                             |          |
| ESD Valve-Manual                                               | 6.8.15          | 15                          | NM       |
| Fire Pumps                                                     | 5.8.2           | 61                          | NM       |
| Hydrants, Monitors                                             | 6.8.16          | NM                          | NM       |
| Water Spray and ESD Activation Switches                        | 6.8.14          | 15                          | NM       |
| Process Vessels                                                |                 |                             |          |
| Equipment handling non-flammables, noncombustibles, non-toxics | 6.8.2           | NM                          | NM       |
| Reactors and Desalters                                         | 6.8.4           | NM                          | 61       |
| Towers, Drums, Knock Out Pots, On-site Storage Tanks           | 6.8.3<br>6.8.5  | NM                          | 61       |
| Heat Transfer Equipment                                        |                 |                             |          |
| Air cooled heat exchangers-process                             | 6.8.7           | NM                          | 61       |
| Boilers, Air Compressors, Power Generation (Utility Area)      | 5.5             | 30                          | 30       |
| Cooling Towers                                                 | 5.5.6           | 30                          | 30       |
| Exchangers(<autoignition or non-self-ignition)                 | 6.8.6           | NM                          | 61       |
| Exchangers(>autoignition or self-ignition)                     | 6.8.6           | NM                          | 61       |
| Fired Heaters                                                  | 6.8.8           | NM                          | 61       |
| Rotating Equipment                                             |                 |                             |          |
| Gas Compressor, Expanders                                      | 6.8.10          | NM                          | 61       |
| Pumps handling flammables > autoignition or self-ignition      | 5.8.5<br>6.8.11 | NM                          | 61       |
| Pumps handling flammables < autoignition or non-self-ignition  | 5.8.5<br>6.8.11 | NM                          | 61       |
| Transfer Equipment                                             |                 |                             |          |
| Central Loading Racks for Trucks and Rail Cars(except LFG)     | 5.8.8           | 61                          | 61       |
| Any Liquefied Flammable Gas Loading Racks(Truck and Rall Cars) | 5.8.6           | 76                          | 107      |
| Main pipe Racks (piping not associated with unit)              | 5.8.6           | NM                          | 30       |
| Process Pipe Racks                                             | 6.8.19          | NM                          | 61       |

|                                                                  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Boilers ´ Air Compressors ´ Power Generation Utility Area        |  |    | NM | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |    | 30 | 30 | 61 | 76 | 15 | 30 |
| Air cooled heat exchangers-process                               |  | NM | 30 | 30 | 5  | 5  | 15 |    | 5  | 5  | 5  | 61 | 76 | NM | NM |
| Heat Transfer Equipment                                          |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Towers ´ Drums ´ Knock Out Pots ´ On-site Storage Tanks          |  |    | 5  | 5  | 30 | 30 | 5  | 5  | 15 |    | 5  | 5  | 5  | 61 | 76 |
| Reactors and Desalters                                           |  |    | NM | 5  | 30 | 30 | 5  | 5  | 15 |    | 5  | 61 | 76 | 15 | 5  |
| Equipment handling ´ nonflammables ´ noncombustibles ´ nontoxics |  |    | NM | NM | 30 | 30 | 5  | 5  | 15 |    | NM | 61 | 76 | 15 | 5  |
| Process Vessels                                                  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Water Spray and ESD Activation Switches                          |  |    | NM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Hydrants ´ Monitors                                              |  |    | NM | NM | 15 | 15 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Fire Pumps                                                       |  |    | NM | NM | 61 | 61 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| ESD Valve-Manual                                                 |  | NM | NM | NM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Emergency                                                        |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

|                                                                |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------|--|--|--|----|----|----|----|----|----|
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Process Pipe Racks                                             |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Main pipe Racks (piping not associated with unit)              |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Any Liquefied Flammable Gas Loading Racks(Truck and Rail Cars) |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Central Loading Racks for Trucks and Rail Cars(except LFG)     |  |  |  |    |    |    |    | NM |    |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 46 | NM |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 15 | 15 |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 61 | 61 |
| <b>Transfer Equipment</b>                                      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Pumps handling flammables < autoignition or non-self-ignition  |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Pumps handling flammables > autoignition or self-ignition      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Gas Compressor, Expanders                                      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | NM |    |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 5  | NM |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 5  | NM |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 61 | 15 |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 76 | 15 |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 15 | 15 |
|                                                                |  |  |  |    |    |    |    | 5  | 5  |
| <b>Rotating Equipment</b>                                      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
| Fired Heaters                                                  |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
|                                                                |  |  |  | NM |    |    |    |    |    |
| Exchangers(>autoignition or self-ignition)                     |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
|                                                                |  |  |  | NM | 15 |    |    |    |    |
| Exchangers(<autoignition or non-self-ignition)                 |  |  |  |    |    |    |    |    |    |
|                                                                |  |  |  | NM | 15 |    |    |    |    |
| Cooling Towers                                                 |  |  |  | 8  | 30 | 30 | 30 |    |    |
|                                                                |  |  |  | 30 | 30 | 30 | 30 |    |    |
|                                                                |  |  |  | 30 | 5  | 5  | 5  |    |    |
|                                                                |  |  |  | 30 | 5  | 5  | 5  |    |    |
|                                                                |  |  |  | 30 | 5  | 5  | 5  |    |    |
|                                                                |  |  |  | 46 | 30 | 61 | 61 |    |    |
|                                                                |  |  |  | 76 | 76 | 76 | 76 |    |    |
|                                                                |  |  |  | 15 | 5  | 5  | 15 |    |    |
|                                                                |  |  |  | 30 | 5  | 5  | 15 |    |    |

**Table B (metric)**

TYPICAL FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS AND LIQUIFIED FLAMMABLE GASES TANK SPACING TO OTHER AREAS AND EQUIPMENT FOR CONSEQUENCES

Explosion and toxic concerns may require greater spacing

Horizontal Distance (m)

|                                                                                                    | Text References | Atmospheric and Low Pressure Storage(non-boil-over) less than 37,854 L | Atmospheric and Low Pressure Storage(non-boil-over) greater than 37,854 L |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Text Reference                                                                                     |                 | 5.9 and 6.8.20                                                         |                                                                           |
| Property Boundary or Adjacent Industry                                                             | 5.2.5           | 8                                                                      | 30                                                                        |
| Public Access Right of Way(road, rail lines, parks)                                                | 5.2.5           | 15                                                                     | 30                                                                        |
| Off-site populations: housing, offices                                                             | 5.2.5           | 15                                                                     | 76                                                                        |
| Process Area battery limits (excepting portable containers related to the process)                 | 5.7.3<br>6.8.1  | 8                                                                      | 30                                                                        |
| Utility Battery Li, its(excepting portable containers related to the utility)                      | 5.5             | 8                                                                      | 30                                                                        |
| Fire water pumps (excepting the fuel source for the pump)                                          | 5.8.2           | 15                                                                     | 61                                                                        |
| ESD and mitigation system activation points (activation point must be outside of tank diked area.) | 6.8.15          | 15                                                                     | 15                                                                        |

| Atmospheric Storage<br>(boil over potential) | Pressurized Storage | Refrigerated Flammable Storage | Portable Containers                                                  |                                                                              |                                                                                |
|----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |                     |                                | Pressurized flammable gases(e.g. LPG and LFG) < 227 kg total storage | Pressurized flammable gases(e.g. LPG and LFG) 227 kg to 907 kg total storage | Pressurized flammable gases(e.g. LPG and LFG) 907 kg to 4535 kg total* storage |
| 5.9 and 6.8.20                               |                     |                                | 5.8.14                                                               |                                                                              |                                                                                |
| 61                                           | 61                  | 61                             | 3                                                                    | 15                                                                           | 30                                                                             |
| 61                                           | 76                  | 76                             | 3                                                                    | 15                                                                           | 30                                                                             |
| 152                                          | 107                 | 76                             | 8                                                                    | 30                                                                           | 76                                                                             |
| 30                                           | 76                  | 30                             | 8                                                                    | 15                                                                           | 30                                                                             |
| 30                                           | 76                  | 30                             | 8                                                                    | 15                                                                           | 30                                                                             |
| 61                                           | 76                  | 61                             | 30                                                                   | 61                                                                           | 61                                                                             |
| 15                                           | 15                  | 15                             | 15                                                                   | 15                                                                           | 15                                                                             |

### 3. 안전밸브 설치대상(압력용기 등) 검토 및 작동시험 주기에 대한 적정성 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제261조)

#### ▪ API 510

#### 6.3 Risk-based Inspection

6.3.1 A RBI assessment may be used to establish the appropriate inspection intervals for internal, on-stream, and external inspections. The RBI assessment may allow previously established inspection intervals to be exceeded from limits specified in 6.4 and 6.5 including the 10-year inspection and one-half remaining life limits for internal and on-stream inspections, and the five-year inspection limit for the external inspections.

6.3.2 When a RBI interval for the internal or on-stream inspection exceeds the 10-year limit, the RBI assessment shall be reviewed and approved by the engineer and inspector at intervals not to exceed 10 years or more often if warranted by process, equipment, or consequence changes.

6.3.3 When a RBI assessment is used to extend the internal or on-stream inspection interval, the assessment should include a review of the inspection history and potential fouling of the vessel's pressure-relieving device(s).

## 6.6 Pressure-relieving Devices

Pressure-relieving devices shall be tested and repaired by a repair organization experienced in valve maintenance. Pressure-relieving devices should be inspected, tested, and maintained in accordance with API 576.

### 6.6.1 Quality Control System

**6.6.1.1** Each repair organization shall have a fully documented quality control system. As a minimum, the following shall be included in the quality control manual:

- a. Title page.
- b. Revision log.
- c. Contents page.
- d. Statement of authority and responsibility.
- e. Organizational chart.
- f. Scope of work.
- g. Drawings and specification controls.
- h. Requirements for material and part control.
- i. Repair and inspection program.
- j. Requirements for welding, NDE, and heat treatment.
- k. Requirements for valve testing, setting, leak testing, and sealing.
- l. General example of the valve repair nameplate.
- m. Requirements for calibrating measurement and test gauges.
- n. Requirements for updating and controlling copies of the quality control manual.
- o. Sample forms.

- p. Training and qualifications required for repair personnel.
- q. Requirements for handling of non-conformances.

**6.6.1.2** Each repair organization shall also have a fully documented training program that shall ensure that repair personnel are qualified within the scope of the repairs.

## **6.6.2 Testing and Inspection Intervals**

**6.6.2.1** Pressure-relieving devices shall be tested and inspected at intervals that are frequent enough to verify that the valves perform reliably in the particular service conditions. Other pressure-relieving devices, (e.g. rupture disks and vacuum-breaker valves) shall be inspected at intervals based on service conditions. The inspection interval for all pressure-relieving devices is determined by either the inspector, engineer, or other qualified individual per the Owner/User's quality assurance system.

**6.6.2.2** Unless documented experience and/or a RBI assessment indicates that a longer interval is acceptable, test and inspection intervals for pressure-relieving devices in typical process services should not exceed:

- a. Five years for typical process services; and,
- b. Ten years for clean (nonfouling) and noncorrosive services.

**6.6.2.3** When a pressure-relieving device is found to be heavily fouled or stuck, the inspection and testing interval shall be reduced

unless a review shows that the device will perform reliably at the current interval. The review should try to determine the cause of the fouling or the reasons for the pressure-relieving device not operating properly.

## ▪ API 576

### 5 Cause of Improper Performance

#### 5.1 CORROSION

Nearly all types of corrosion are present in refinery and chemical plant services. Corrosion is a basic cause of many of the difficulties encountered with pressure relief devices. Corrosion often appears as: pitted or broken valve parts, deposits of corrosive residue that interfere with the operation of the moving parts, or a general deterioration of the material of the relieving device. Figures 19 through 25 illustrate the effects of corrosion on relief devices. In addition to internal parts, exposed studs are vulnerable to environmental corrosion attack.

Corrosion can usually be slowed or stopped by the selection of more suitable devices or device materials. Proper maintenance is also a consideration since a leaking valve allows fluids to circulate in the upper parts of the valve, which can contribute to the corrosion of its movable parts. Protective coatings as shown in Figure 26 may offer protection against corrosion in some services. In certain applications, a rupture disk device installed on the inlet or outlet of a pressure relief valve can provide added corrosion protection of the valve internals.

In many instances, valves of different construction can avoid, reduce, or even completely contain the effects of corrosion. The use of an O-ring seat in a pressure relief valve will sometimes stop leakage past the seating surface and eliminate corrosion in the

valve's working parts (see Figure 3). However, O-ring elastomers may have a limited life under stress due to degradation caused by temperature, aging, or swelling. A bellows seal can be used to protect the spring bonnet cavity and the discharge side of the valve from the corrosive lading fluid. (see Figure 5).

## 5.2 DAMAGED SEATING SURFACES

Because differential loading must be small to prevent leakage of the lading fluid, an optical precision on the order of 3 light beads/bands [0.0000348 in. (0.0008838 mm)] must be maintained in the flatness of seating surfaces on metal-seated pressure relief valves (see API Std 527). Any imperfection in these seating surfaces will contribute to improper valve action in service.

There are many causes of damaged valve seats in refinery or chemical plant service, including the following:

- a. Corrosion.
- b. Foreign particles that get into the valve inlet and pass through the valve when it opens, such as mill scale, welding spatter or slag, corrosive deposits, coke, or dirt. The particles may damage the seat contact required for tightness in most pressure relief valves. The damage can occur either in the shop during maintenance of the valve or while the valve is in service.
- c. Improper or lengthy piping to the valve inlet or obstructions in the line. These can cause a valve to chatter. The pressure under the seat may become great enough to open the valve. However, as soon as the flow is established, the built-up pressure drop in the connecting piping may be so great that the pressure under the seat

falls and allows the valve to close. A cycle of opening and closing may develop, become rapid, and subject the valve seating surfaces to severe hammering, which damages the seating surfaces, sometimes beyond repair. Figures 27 and 28 show seating surfaces damaged by chattering and frequent fluctuations of pressure.

d. Careless handling during maintenance, such as bumping, dropping, jarring, or scratching of the valve parts.

e. Leakage past the seating surfaces of a valve after it has been installed. This leakage contributes to seat damage by causing erosion (wire drawing) or corrosion of the seating surface and thus aggravating itself. It may be due to improper maintenance or installation such as misalignment of the parts, piping strains resulting from improper support, or complete lack of support of discharge piping. Other common causes of this leakage are improper alignment of the spindle, improper fitting of the springs to the spring washers, and improper bearing between the spring washers and their respective bearing contacts or between the spindle and disk or disk holder. Spindles should be checked visually for straightness. Springs and spring washers should be kept together as a spring assembly during the life of the spring. Seat leakage may also result from the operating pressure being too close to the set pressure of the valve.

f. Improper blowdown ring settings. These can cause chattering in pressure relief valves. The relief valve manufacturer should be contacted for specific blowdown ring settings for liquid service and for vapor service.

g. Severe oversizing of the pressure relief valve for the relief loads

encountered can cause the valve to close abruptly, resulting in disc and nozzle seating surface damage.

### 5.3 FAILED SPRINGS

Spring failure occurs in two forms. The first is a weakening of the spring, which causes a reduction in set pressure and the possibility of premature opening. The second is a total failure (complete break) of the spring, which causes uncontrolled valve opening.

Although springs may weaken and fail due to the use of improper materials in high temperature service, failed springs are almost always caused by corrosion. Surface corrosion and stress corrosion cracking are the most prevalent of this type of failure in refineries. Surface corrosion attacks the spring surface until the cross-sectional area is not sufficient to provide the necessary closing force. It may also produce pits that act as stress risers and cause cracks in the spring surface and subsequent spring failure (see Figure 29).

Stress corrosion cracking sometimes causes rapid spring failure. It is especially insidious because it is very difficult to detect before the spring breaks. A brittle-type spring failure due to stress corrosion cracking is shown in Figure 30.

Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) frequently causes stress-corrosion cracking of springs (see NACE Standard MR0175 for material recommendations and guidance). Consult the manufacturer to select an appropriate spring in susceptible applications since the material strength, hardness and heat treatment of the spring can affect its resistance to stress corrosion cracking.

where corrosion prevails, three courses of preventive action may

be taken:

- a. A spring material that will satisfactorily resist the action of the corrosive agent may be used.
- b. The spring may be isolated by a bellows. Certain pilot-operated pressure relief valves have diaphragms or pistons that isolate the pilot spring from the process.
- c. The spring may be specially coated with a corrosion-resistant coating that can withstand the operating temperature and environment.

#### 5.4 IMPROPER SETTING AND ADJUSTMENT

Manuals provided by the valve manufacturer help eliminate improper setting and adjustment by indicating how to adjust their valves for temperature, back pressure, and other factors.

In refinery and chemical plant services, setting a pressure relief valve while it is in place on the equipment to be protected may be impractical and should be performed only after special consideration as noted in 6.2.2.18. Generally, direct spring-loaded valves should be set in the valve maintenance shop while on appropriate test equipment. During inspection and repair, a properly designed test block facilitates the setting and adjusting of the pressure relief valve (see 6.2).

Water, air, or an inert gas such as bottled nitrogen is generally used as the testing medium in the shop. It is better to set a pressure relief valve on air, or some other gas, rather than on water since, depending on the type of valve being tested, a gaseous effluent will produce either a definite pop or a clearly defined audible opening

at the set pressure. To ensure that the valve is opening, some overpressure should be carefully applied because an audible leak could otherwise be misinterpreted as the result of reaching the set pressure. However, most pressure relief valves produce a distinct pop at the set pressure, making misinterpretation unlikely. The size of the test stand is important since insufficient surge volume might not cause a distinct pop, and may cause an incorrect set pressure. Vapor service valves should be set using air or inert gas.

Steam service valves should be set using steam, but air may be used if suitable corrections are applied. Liquid service valves should be set using water.

Consult the manufacturer for the proper technique for setting pilot-operated pressure relief valves on liquid as the water in the dome area and pilot assembly may create problems when placed in service.

Incorrect calibration of pressure gauges is another frequent cause of improper valve setting. To ensure accuracy, gauges should be calibrated frequently on a regularly calibrated dead weight tester. The pressure range of the gauge should be chosen so that the required set pressure of the pressure relief valve falls within the middle third of the gauge pressure range. Snubbers on pressure gauges are not generally recommended since they tend to clog and produce pressure lag.

Adjustment of the ring or rings controlling the valve is frequently misunderstood. The valve adjusting ring or rings will control either the valve blowdown—the difference between the set pressure and the reseating pressure—or valve blowdown and simmer, depending

on the design of the valve being tested. Because the density and expansion characteristics of material handled through pressure relief valves are variable and the volume of testing facilities is limited, it is usually impractical to adjust the valve rings on a maintenance shop test block. The rings should therefore be adjusted to obtain a pop on the valve test drum and then inspected and readjusted for proper blowdown according to the manufacturer's recommendation. This should permit the best average performance characteristics of the valve when installed. For liquid or vapor service, the relief valve manufacturer should be contacted regarding the proper blowdown ring settings. Full understanding of terminology is important (see ASME PTC 25).

## 5.5 PLUGGING AND STICKING

In refinery and petrochemical services, process solids such as coke or solidified products can sometimes plug various parts of the valve and connected piping. Additionally monomer service can lead to polymer formation and plugging.

Extreme cases of fouling are illustrated by Figure 31, which shows the inlet nozzle of a valve plugged solid by a mixture of coke and catalyst, and Figure 32, which shows the outlet nozzle of a valve plugged with deposits from other valves that discharge into a common discharge header. Fouling of a lesser degree, as shown in Figures 33 and 34, is also likely to impede valve operation. All valve parts, particularly guiding surfaces, should be checked thoroughly for any type of fouling. Lubricate all load bearing surfaces such as spindle to disk holder, spring buttons to spindle,

disk to disk holder and threads with a lubricant that is compatible with the process materials and service temperatures.

Valve malfunction may also be due to sticking of the disk or disk holder in the guide which may be caused by corrosion or galling of the metal or by foreign particles in the guiding surfaces. Foreign particles in the guiding surfaces tend to roll metal up, causing severe galling. The use of a bellows can keep the foreign particles away from the guiding surfaces. Sticking of valves can also result from machining of valve parts outside the manufacturer's tolerance limits. Figure 35 shows a disk that is frozen in the guide as a result of corrosion in sour gas service. If corrosion is the cause of the sticking, three possible cures are available. First, the use of a bellows can protect moving parts from the corrosive substance, especially in closed systems (see Figure 4). Second, an O-ring seat (see Figure 3) can seal the guiding surfaces from the lading fluid until a relief cycle occurs. Third, the use of a rupture disk on the valve inlet will isolate the valve internals from the upstream process material.

When galling of the metal in the guiding surfaces is not due to corrosion or foreign particles, it is often due to valve chatter or flutter caused by improper piping at the valve inlet or outlet or by severe oversizing of the valve. Correction of improper piping at the valve inlet or outlet will usually stop galling. Improper finishing of the guiding surfaces can also cause galling caused by chatter or flutter. To reduce the chances of galling, they should be polished until they are as smooth as possible. Varying the materials and hardness of the contacting parts until the best combinations are

found may minimize galling. Consult valve manufacturer for recommendations.

Sticking of pressure relief valves may also be caused by poor alignment of the valve disk, which is usually due to debris on the contact surface between the guide and the body of the valve, or misalignment of a gasket at assembly (see Part II of API RP 520).

#### **6.2.19 Inspection, Testing, Maintenance, and Setting of Pilot-Operated Pressure Relief Valves**

Inspection, testing, maintenance, and setting of the pilot mechanism may be handled separately from the main valve.

With test connections, the set pressure of some types of pilots may be accurately tested while the valve is in service. If there is no block valve under the main valve, it may be inspected and repaired only while the vessel is out of service.

Because of the many types of pilot-operated valves available, the valve manufacturer's recommendations for inspection, repair and testing should be consulted and followed.

Many of the considerations that apply to other pressure relief valves also apply to pilot-operated valves. The following is a list of additional considerations that apply to pilot-operated valves.

- a. Inspect soft goods (O-rings, diaphragms, gaskets)
  - b. Check for plugging in pilot assembly and external tubing
  - c. Check for material trapped in main valve dome area
  - d. Check all tubing fittings for leakage
  - e. Inspect the pressure pick-up device and its orientation
- Manufacturers of diaphragm valves (see Figure 7) frequently

recommend semiannual shop inspection/overhauls to allow inspection of the diaphragm and other components.

## 6.5 TIME OF INSPECTION

### 6.5.1 Routine

The ideal time to inspect pressure relief valves is when the inspection least interferes with the process and maintenance manpower is readily available. These conditions may prevail during planned shutdowns. All relief devices not equipped with block valves should be inspected at this time if an inspection would otherwise become due before the next scheduled shutdown. Even the relief devices with block valves may be inspected at this time to minimize process interruptions and avoid the increased risk of inspecting equipment in operation.

### 6.5.2 Inspection on New Installations

All pressure relief valves and other automatic pressure-relieving devices that depend on a spring adjustment for proper functioning should be inspected and tested before they are installed on process equipment (i.e. verify CDTP pressure and visual inspection as described in 6.2.). This inspection is used to determine any damage or changes in factory adjustment due to shipping, confirm the set pressure, and initiate appropriate records. If the factory setting is done in a nearby shop, this additional testing may be unnecessary.

Pressure and/or vacuum vent valves on atmospheric storage tanks

should also be inspected after installation but before the tank is hydrostatically tested or put into service.

### **6.5.3 Unscheduled Inspection**

If a valve fails to open within the set pressure tolerance, it requires immediate attention. If it opens at the set pressure but fails to reseal properly, the urgency of inspection and repairs depends on the type of leakage, its environmental and human impact, the amount of leakage, and the characteristics of the leaking substance such as whether it's toxic, flammable, or fouling.

### **6.5.4 Inspection After Extended Shutdowns**

A pressure relief valve left on a unit during an extended shutdown should be inspected and tested before the resumption of operations. This inspection is necessary to ensure that corrosion, fouling, tampering, or other conditions or acts that would impede the proper performance of the device have not occurred during the shutdown. When a change in operating conditions is to follow the shutdown, the inspection interval should be reviewed.

## ▪ PSSR 2000

### (A) Regulation 8 Written scheme of examination

(1) The user of an installed system and owner of a mobile system shall not operate the systemer allow it to be operated unless he has a written scheme for the periodic examination, by a competent person, of the following parts of the system, that is to say—

- (a) all protective devices;
- (b) every pressure vessel and every pipeline in which (in either case) a defect may give rise to danger; and
- (c) those parts of the pipe work in which a defect may give rise to danger, and such parts of the system shall be identified in the scheme.

(2) The said user or owner shall—

- (a) ensure that the scheme has been drawn up, or certified as being suitable, by a competent person;
- (b) ensure that—
  - (i) the content of the scheme is reviewed at appropriate intervals by a competent person for the purpose of determining whether it is suitable in current conditions of use of the system; and
  - (ii) the content of the scheme is modified in accordance with any recommendations made by that competent person arising out of that review.

(3) No person shall draw up or certify a scheme of examination

under paragraph (2)(a) unless the scheme is suitable and-

- (a) specifies the nature and frequency of examination;
- (b) specifies any measures necessary to prepare the pressure system for safe examination other than those it would be reasonable to expect the user (in the case of an installed system) or owner (in the case of a mobile system) to take without specialist advice; and
- (c) where appropriate, provides for an examination to be carried out before the pressure system is used for the first time.

(4) References in paragraphs (2) and (3) to the suitability of the scheme are references to its suitability for the purposes of preventing danger from those parts of the pressure system included in the scheme.

### **(B) Guidance 8**

115 There are many factors to be considered by the competent person when deciding the maximum interval between examinations under the written scheme of examination (see paragraph 110). The competent person should use their judgement and experience to determine the appropriate interval based on the relevant information. Earlier legislation set out maximum examination intervals for some types of equipment. The competent person may wish to consider using these as a guide when drawing up or certifying the written scheme of examination, if appropriate for that system. For steam plant the period was usually 14 months with more frequent examinations specified where operating conditions

were arduous. The examination period for steam receivers linked to such plant was generally in the range of 26-38 months. Air receivers on compressed air systems were generally examined every 24-48 months, with examinations taking place less frequently, ie every 72 months where corrosion was minimal and maintenance of safety standards was high.

## ■ 労働安全衛生法

### (1) 労働安全衛生法（定期自主検査）第四十五条

- 1 事業者は、ボイラーその他の機械等で、政令で定めるものについて、厚生労働省令で定めるところにより、定期に自主検査を行ない、及びその結果を記録しておかなければならない。
- 2 事業者は、前項の機械等で政令で定めるものについて同項の規定による自主検査のうち厚生労働省令で定める自主検査（以下「特定自主検査」という。）を行うときは、その使用する労働者で厚生労働省令で定める資格を有するもの又は第五十四条の三第一項に規定する登録を受け、他人の求めに応じて当該機械等について特定自主検査を行う者（以下「検査業者」という。）に実施させなければならない。
- 3 厚生労働大臣は、第一項の規定による自主検査の適切かつ有効な実施を図るため必要な自主検査指針を公表するものとする。
- 4 厚生労働大臣は、前項の自主検査指針を公表した場合において必要があると認めるときは、事業者若しくは検査業者又はこれらの団体に対し、当該自主検査指針に関し必要な指導等を行うことができる。

### (2) 労働安全衛生規則（定期自主検査）第276条

- 1 事業者は、化学設備(配管を除く。以下この条において同じ。)及びその附属設備については、二年以内ごとに一回、定期に、次の事項について自主検査を行わなければならない。ただし、二年を超える期間使用しない化学設備及びその附属設備の当該使用しない期間においては、この限りでない。
  - 一 爆発又は火災の原因となるおそれのある物の内部における有無
  - 二 内面及び外面の著しい損傷、変形及び腐食の有無
  - 三 ふた板、フランジ、バルブ、コック等の状態
  - 四 安全弁、緊急しや断装置その他の安全装置及び自動警報装置の機能

五 冷却装置、加熱装置、攪拌(かくはん)装置、圧縮装置、計測装置及び制御装置の機能

六 予備動力源の機能

七 前各号に掲げるもののほか、爆発又は火災を防止するため特に必要な事項

2 事業者は、前項ただし書の化学設備及びその附属設備については、その使用を再び開始する際に、同 項各号に掲げる事項について自主検査を行なわなければならない。

3 事業者は、前二項の自主検査の結果、当該化学設備又はその附属設備に異常を認めたときは、補修その他の必要な措置を講じた後でなければ、これらの設備を使用してはならない。

4 事業者は、第一項又は第二項の自主検査を行ったときは、次の事項を記録し、これを三年間保存しなければならない。

一 検査年月日

二 検査方法

三 検査箇所

四 検査の結果

五 検査を実施した者の氏名

六 検査の結果に基づいて補修等の措置を講じたときは、その内容

### (3) イラー及び圧力容器安全規則（定期自主検査）第88条

1 事業者は、第二種圧力容器について、その使用を開始した後、一年以内ごとに一回、定期に、次の事項について自主検査を行なわなければならない。ただし、一年をこえる期間使用しない第二種圧力容器の当該使用しない期間においては、この限りではない。

一 本体の損傷の有無

二 ふたの締付けボルトの摩耗の有無

三 管及び弁の損傷の有無

2 事業者は、前項ただし書の第二種圧力容器については、その使用を再び開始する際に、同項各号に掲げる事項について自主検査を行なわなければならない。

3 事業者は、前二項の自主検査を行なったときは、その結果を記録し、これを三年間保存しなければならない。

## ▪ HSE

### 7.5.2 Approaches for Setting Maximum Inspection Intervals

Established practice is to use one or more of the following approaches as a basis to set the maximum intervals between inspections.

- Historical experience of the type of equipment (e.g. boilers, air receivers)
- Industry guidelines for classes of equipment based on in-service experience
- As a prescribed percentage of the estimated residual life or the design life

#### (a) Historical experience

The approach of the Factory Acts was to specify fixed intervals between inspections for steam and air equipment based on historical operating experience and failure data. For steam plant the period was 14 months, unless conditions were arduous, and for steam receivers, it was in the range of 26 to 38 months. For air receivers it varied from 24 to 48 months, although it could be as long as 72 months when conditions were favourable.

In many cases, however, this approach was considered to be too conservative. Certificates of Exemption were granted under the Acts for particular types of equipment such as boilers at large electricity generating plants.

## (b) Industry guidelines

The Institute of Petroleum (Model Codes of Safe Practice Parts 12 and 13) (7.3) and SAFed (Guidelines on Periodicity of Examinations) (7.4) have issued guidelines recommending maximum service intervals between inspections.

The Institute of Petroleum's Codes grade equipment based on a qualitative assessment of the rate of deterioration from the first and subsequent examinations. Maximum examination intervals between 2 and 12 years are recommended depending on the type of equipment (e.g. process pressure vessels) and the assessed grade. Successive examination intervals can be extended (or reduced) if the grade of the equipment is changed. This may happen following examinations where favourable (or unfavourable) operating experience of the equipment, or identical plant on similar duty, is observed.

When applying industry guidelines, the extent of operating experience is a key factor to be considered. Appropriate margins are necessary to allow for uncertainties and the reliability and relevance of the supporting data for the existence and rate of deterioration. For example:

- The use of published generic design data, code default values, and corrosion rate tables without any field data must be viewed with scepticism: corrosion rates can be very sensitive to the specific material and process conditions.
- Data or measurements from inspections with limited or unproven

effectiveness, or laboratory testing with simulated process conditions, can be considered to have only moderate reliability.

- Field measurements from proven effective inspections of similarly aged equipment can provide data with high reliability.

### (c) Remnant life

The remnant life approach to determining inspection intervals is based on calculating the remaining life of the equipment based on its tolerance to deterioration, defects or damage and the rate of deterioration. The tolerance to deterioration is determined by assessing fitness-for-service at future times according to the deterioration predicted. Methods such as those given in API 579 and BS 7190 may be used (7.5, 7.6).

An inspection interval can then prescribed as a percentage of the remaining life. The percentage selected needs to take uncertainties and reliability of the data into account. As a guide, API 510 and 570 (7.7, 7.8) states that the maximum interval between inspections should not exceed 50% of the estimated remaining life based on the measured corrosion rate.

The SAFed Guidelines (7.4) recommend inspection intervals for pressure vessels

subject to creep, fatigue and other remnant life conditions. These are based on the length of prior service as a proportion of the predicted total life calculated at design or re-evaluated during service (i.e. the percentage of the calculated life used). During service up to 80% of the calculated life, examination intervals

should be based on 20% of the calculated life, but when prior service exceeds 80% of calculated life, examination intervals should be based on 10% of the calculated life. These criteria are limited by maximum intervals specified for different classes of vessel.

The assessment of residual life needs to take all known and potential deterioration mechanisms into account. Calculations should be based on conservative assumptions, and contain adequate margins to allow for uncertainties. The reliability of the available inspection and materials data is a key consideration in assessing the current condition of the equipment, the rate of deterioration, and the continued fitness-for-service.

Some deterioration mechanisms (e.g. fatigue crack growth, stress corrosion cracking) do not proceed at a constant rate but progressively increase with time or initiate late in life. The residual life calculation is then no longer a simple ratio of deterioration tolerance to deterioration rate. In these cases, a fixed interval based on a fraction of the remnant life may not be appropriate and there may be a need for more frequent inspection towards the end of life.

## ■ AB-506

### (1) 15.4 Pressure Relief Valve Servicing Intervals

PRV's must be serviced by an organization that has a valid ABSA Certificate of Authorization Permit per PESR section 11(1) to set and service pressure-relief valves.

AB-524 identifies the requirements for all PRDs on pressure equipment. The requirements for setting and servicing pressure relief valves are established in AB-524.

It is the owner's responsibility to ensure that the organization servicing the PRV is competent for the scope of work. Authorized PRV-servicing organizations are listed on the [www.absa.ca](http://www.absa.ca) website. Table 1, shows the maximum periods of time a pressure-relief valve may remain in service before it requires servicing, unless it has been deferred or revised in accordance with Section 15.

The term pressure-relief valve (PRV) applies to safety valves, safety relief valves, and relief valves. The applicable progressive interval grading and known service requirements covered in Section 11 shall be used to determine servicing intervals for pressure relief valves, or as otherwise determined through a RBI assessment completed under an owner-user RBIP provided in accordance AB-506 Section 12.

The interval grading system does not apply for thermal relief valves and other protective devices not classed as pressure relief valves. These shall be inspected, tested and serviced/replaced at appropriate intervals based on their service history and the manufacturer's recommendations.

The owner must have appropriate documented work processes, methodology, and assessments to ensure that the intervals assigned are appropriate. The servicing interval shall be based on the history in a particular fluid service, cleanliness, and other servicing information. It shall also be assessed by performing an as-received pop test. This is required for all valves, unless the valve is extremely fouled and dirty or if a valve is in a hazardous service that may require neutralizing. When a PRV is replaced, the PRV that is replaced may still need to be assessed, through an as-received pop test, dismantling, etc., in order to establish a suitable servicing interval for the new valve that has been installed (refer to API RP-576).

When a pressure-relief valve servicing report indicates the valve was in unsatisfactory condition when it was removed from service, a lower interval may be required. The owner should conduct a root cause analysis for the purpose of preventing reoccurrence, because reducing the length of the service interval may not always address the cause. This is particularly important when the valve fails the service as-received pop test or is otherwise found to be in an inoperable condition.

Appendix D shows factors that may need to be considered when assigning servicing intervals for pressure-relief valves.

Servicing records and other data must be reviewed by the Inspector, except as otherwise specified per the owner-user's quality management system. The assigned servicing interval must be approved by the Inspector.

Servicing records and other required information to support the

assigned servicing intervals must be maintained on file.

**TABLE 1 MAXIMUM THOROUGH INSPECTION AND SERVICING INTERVALS**

| TYPE OF EQUIPMENT                                    | MAXIMUM<br>Servicing Intervals<br>PRVs<br>(years) |   |                                           | NOTES<br>The relevant<br>notes<br>identified<br>are<br>indispensabl<br>e to the<br>intervals<br>established<br>in this table. |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      | GRADE                                             |   |                                           |                                                                                                                               |
|                                                      | 1                                                 | 2 | 3<br>Owner<br>Users<br>only<br>Note<br>10 |                                                                                                                               |
| Power Boilers                                        |                                                   |   |                                           |                                                                                                                               |
| Pressure Plant H.P. Boilers                          | 3                                                 | 3 | 4                                         | 6                                                                                                                             |
| Thermal Generating Station Boilers                   | 4                                                 | 4 | 4                                         | 6, 3                                                                                                                          |
| Waste Heat Boilers                                   | 2                                                 | 3 | 4                                         |                                                                                                                               |
| Portable Boilers – Rig and Others                    | 1                                                 | 1 | 2                                         | 6, 2                                                                                                                          |
| Public Occupancy, High Pressure Boilers              | 1                                                 | 2 | N/A                                       | 6, 1, 2                                                                                                                       |
| Once Through Steam Generators – Heavy Oil Processing | 2                                                 | 3 | 4                                         | 6                                                                                                                             |
| High Temperature Hot Water/Glycol Mixed Boilers      | 2                                                 | 3 | 3                                         | 6                                                                                                                             |
| Thermal Liquid Heating Systems (TLHS)                | 2                                                 | 3 | 4                                         |                                                                                                                               |
| Historical Boilers as described in AB-534            | 5                                                 | 5 | N/A                                       |                                                                                                                               |
| Heating Boilers                                      |                                                   |   |                                           |                                                                                                                               |
| All types of heating boilers (not portable)          | 3                                                 | 3 | 4                                         | 1, 2                                                                                                                          |

| Pressure Vessels                                                           |     |     |     |        |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|--------|
| Air Receivers/Dryers                                                       | 5   | 5   | 5   | 1, 2   |
| Misc. Vessels in Building Service – Expansion Tanks, Hydro Pneumatic       | 5   | 5   | N/A | 1, 2   |
| Potable Hot Water Storage Tanks                                            | 5   | 5   | 5   | 1, 2   |
| Boiler Blow Down Tanks                                                     |     |     |     |        |
| Deaerators                                                                 | 4   | 5   | 6   |        |
| Vessels with Quick Actuating or Quick Opening Closures                     | 4   | 4   | 4   | 12, 10 |
| Refrigeration Vessels Group A1                                             | 5   | 5   | 5   | 7      |
| Refrigeration (other incl. Ammonia)                                        | 5   | 5   | 5   | 7      |
| Storage vessels in non-corrosive service including ammonia storage vessels | 5   | 5   | 6   | 7      |
| LPG plant storage vessels                                                  | 5   | 5   | 6   | 7, 13  |
| Vessels in propane service within the scope of CSA B149.2                  | N/A | N/A | N/A | 7, 9   |
| Cryogenic Vessels                                                          | 5   | 5   | 6   | 7      |
| Vessels in Cold Boxes                                                      | 5   | 5   | 6   | 4, 7   |

| TYPE OF EQUIPMENT                                                                                                                                                                                                                                          | MAXIMUM<br>Servicing Intervals<br>PRVs (years) |   |                                           | NOTES<br>The<br>relevant<br>notes<br>identified<br>are<br>indispensa<br>ble to the<br>intervals<br>establishe<br>d in this<br>table. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                            | GRADE                                          |   |                                           |                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                            | 1                                              | 2 | 3<br>Owner<br>Users<br>only<br>Note<br>10 |                                                                                                                                      |
| Natural Gas and H2 Automotive<br>On-Board Storage Vessels                                                                                                                                                                                                  | Per CSA B51 Part 2                             |   |                                           |                                                                                                                                      |
| Fired Process Heaters, separately fired<br>superheaters and similar equipment                                                                                                                                                                              | 3                                              | 4 | 6                                         | 8, 5                                                                                                                                 |
| Div 2 Vessels and other items with<br>a specified design life                                                                                                                                                                                              |                                                |   |                                           | 5                                                                                                                                    |
| Unfired process vessels not<br>otherwise listed in the table                                                                                                                                                                                               | 3                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| <b>Upstream Pressure Vessels (Refer Also to Appendix B)</b><br>(pressure vessels that are associated with the drilling, production,<br>gathering, and treatment of liquid petroleum, natural gas, and natural<br>gas liquids) These include the following: |                                                |   |                                           |                                                                                                                                      |
| Well-head vessels (separators,<br>methanol spheres, etc.)                                                                                                                                                                                                  | 5                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Fuel gas scrubbers                                                                                                                                                                                                                                         | 5                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Air cooled heat exchangers                                                                                                                                                                                                                                 | 5                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Indirect fired line Heaters                                                                                                                                                                                                                                | 3                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Treaters, FWKO's                                                                                                                                                                                                                                           | 3                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Compressor Bottles in vibrating service                                                                                                                                                                                                                    | 3                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Upstream pressure vessels not listed<br>above that are in sour service                                                                                                                                                                                     | 3                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Upstream pressure vessels not listed<br>above that are in sweet service                                                                                                                                                                                    | 3                                              | 5 | 6                                         |                                                                                                                                      |
| Refrigeration Vessels                                                                                                                                                                                                                                      | 5                                              | 5 | 6                                         | 7                                                                                                                                    |

| Pressure Piping                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
| The applicable inspection principles covered in API-570 Piping Code, API-574, NB-23, and other relevant codes and standards shall be used to determine the inspection requirements and inspection frequencies that are appropriate for the type of piping.      | 3 | 5 | 6 | 8 |
| <p>The maximum thorough RBI assessment interval is ten years.</p> <p>The maximum thorough inspection interval for directly fired power boilers and heating boilers is four years.</p> <p>The maximum pressure relief valve servicing interval is ten years.</p> |   |   |   |   |

## 4. 화염방지기 대체 통기밸브의 인전범위 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제269조)

### ▪ API 2000

#### 4.4 MEANS OF VENTING

##### 4.4.1 Normal Venting

Normal venting for pressure and vacuum shall be accomplished by a PV valve or an open vent with or without a flame-arresting device in accordance with the requirements of Section 4.4.1.1 through 4.4.1.5. Relief devices equipped with a weight and lever are not recommended.

**4.4.1.1** Any relief device, shall be designed so that it will protect the tank in the event of failure of any essential part.

**4.4.1.2** PV valve are recommended for use on atmospheric storage tanks in which petroleum or petroleum products with a flash point 100F(37.8℃) are stored and for use on tanks containing petroleum or petroleum products where the fluid temperature may exceed the flash point. A flame arrester is not considered necessary for use in conjunction with a PV valve venting to atmosphere because flame speeds are less than vapor velocities across the seats of PV valve (see API Publication 2210).

**4.4.1.3** Open vents with a flame-arresting device may be used in place of PV valves on tanks in which petroleum or petroleum products with a flash point below 100 °F(37.8 °C) are stored and on tanks containing petroleum and petroleum products where the fluid storage temperature may exceed the flash point.

## ■ API RP 2210

### 5 Pressure-Vacuum Valves As a Substitute For Flame Arresters

5.1 NFPA 30 and OSHA 1910.106(b)(2)(iv)(f) recognize that a pressure-vacuum valve is an acceptable alternative to a flame arrester under certain circumstances. This recognition is based on tests started in 1920, supplemented by many years of experience.

5.2 Even in mixtures of maximum flammability, flame can not pass back through an opening if the efflux velocity exceeds a critical value. Tests by the Bureau of Mines and others made with mixtures of gasoline components and air flowing through openings typical of tank vents have demonstrated that this critical velocity is approximately 10 feet per second. In a valve set to close when the upstream pressure falls below approximately 3/4 inch of water, the velocity of flow across the pallet-seat area exceeds twice this critical velocity. The flame propagation cannot overcome the gas flow to pass from the low-pressure to the high-pressure side. In these tests, flame was snuffed out when the valve closed as the upstream pressure was deliberately reduced to test and confirm this condition. Chapter 13 of the AIChE CCPS book, Guidelines for Engineering Design for Process Safety, discusses flame arresters and cites test work done which substantiates velocity flame stopping.

**5.3** Tests have also shown that under some circumstances a long-burning flame at the valve outlet could damage the valve sufficiently to interfere with its closing. Under such circumstances, flashback may occur when the flow rate falls below the critical velocity, if a flammable mixture exists inside the tank.

## 5. 통기설비 및 화염방지기, 방유제 기준 검토 및 개선방안(안전 보건규칙 제268조, 269조, 272조)

### ▪ NFPA 30

#### 1-7 Definition and Classification of Liquids.

**1-7.1 Scope.** This section shall establish a uniform system of defining and classifying flammable and combustible liquids for the purpose of proper application of this code. This section shall apply to any liquid within the scope of and subject to the requirements of this code.

**1-7.1.1** This section shall not apply to mists, sprays, or foams.

**1-7.1.2** This section shall not apply to liquids that do not have flash points, but are capable of burning under certain conditions, such as certain halogenated hydrocarbons and certain mixtures of flammable or combustible liquids and halogenated hydrocarbons. [See A-1-1.2(c)]

**1-7.2 Definitions.** For the purpose of this section, the following terms shall have the definitions given.

**Boiling Point.\*** The temperature at which the vapor pressure of a

liquid equals the surrounding atmospheric pressure.

For purposes of defining the boiling point, atmospheric pressure shall be considered to be 14.7 psia (760 mmHg). For mixtures that do not have a constant boiling point, the 20 percent evaporated point of a distillation performed in accordance with ASTM D 86, Standard Method of Test for Distillation of Petroleum Products, shall be considered to be the boiling point.

**Flash Point.\*** The minimum temperature of a liquid at which sufficient vapor is given off to form an ignitable mixture with air, near the surface of the liquid or within the vessel used, as determined by the appropriate test procedure and apparatus specified in 1-7.4.

**Liquid.** Any material that has a fluidity greater than that of 300 penetration asphalt when tested in accordance with ASTM D 5, Test for Penetration for Bituminous Materials.

**Vapor Pressure.\*** The pressure, measured in pounds per square inch, absolute (psia), exerted by a liquid, as determined by ASTM D 323, Standard Method of Test for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method).

**1-7.3\* Classification and Definition of Liquids.** Any liquid within the scope of this code and subject to the requirements of this code shall be known generally as either a flammable liquid or a combustible liquid and shall be defined and classified in

accordance with this subsection.

**1-7.3.1 Flammable Liquid.** Any liquid that has a closed-cup flash point below 100 °F (37.8 °C), as determined by the test procedures and apparatus set forth in 1-7.4. Flammable liquids shall be classified as Class I as follows:

(a) Class I Liquid. Any liquid that has a closed-cup flash point below 100 °F (37.8 °C) and a Reid vapor pressure not exceeding 40 psia (2068.6 mmHg) at 100 °F (37.8 °C), as determined by ASTM D 323, Standard Method of Test for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method). Class I liquids shall be further classified as follows:

1. Class IA liquids shall include those liquids that have flash points below 73 °F (22.8 °C) and boiling points below 100 °F (37.8 °C).
2. Class IB liquids shall include those liquids that have flash points below 73 °F (22.8 °C) and boiling points at or above 100 °F (37.8 °C).
3. Class IC liquids shall include those liquids that have flash points at or above 73 °F (22.8 °C), but below 100 °F (37.8 °C).

**1-7.3.2 Combustible Liquid.** A combustible liquid shall be defined as any liquid that has a closed-cup flash point at or above 100 °F (37.8 °C), as determined by the test procedures and apparatus set forth in 1-7.4. Combustible liquids shall be classified as Class II or Class III as follows:

(a) Class II Liquid. Any liquid that has a flash point at or above 100 °F (37.8 °C) and below 140 °F (60 °C).

(b) Class IIIA. Any liquid that has a flash point at or above 140 °F (60 °C), but below 200°F (93 °C).

(c) Class IIIB. Any liquid that has a flash point at or above 200 °F (93 °C).

## 6. 화약류 또는 위험물을 저장하거나 취급하는 시설물에 대한 피뢰설비 설치 기준 검토 및 개선방안(안전보건규칙 제326조)

### ▪ NFPA 780

#### Chapter 3 Protection for Ordinary Structures

##### 3-1 General.

**3-1.1** An ordinary structure shall be any structure that is used for ordinary purposes whether commercial, industrial, farm, institutional, or residential. Ordinary structures not exceeding 75 ft (23 m) in height shall be protected with Class I materials as shown in Table 3-1.1(a). Ordinary structures greater than 75 ft (23 m) in height shall be protected with Class II materials as shown in Table 3-1.1(b). If part of a structure is over 75 ft (23 m) in height (e.g., steeple) and the remaining portion does not exceed 75 ft (23 m) in height, the requirements for Class II air terminals and conductors shall apply only to that portion exceeding 75 ft (23 m) in height. Class II conductors from the higher portion shall be extended to ground and shall be interconnected with the balance of the system.

**3-1.2 Roof Types and Pitch.** For the purpose of this standard, roof types and pitches shall be as shown in Figures 3-1.2(a) and 3-1.2(b).

**3-2 Materials.** Protection systems shall be made of materials that are resistant to corrosion or acceptably protected against corrosion. Combinations of materials that form electrolytic couples of such a nature that in the presence of moisture corrosion is accelerated shall not be used. One or more of the following materials shall be used:

- (a) Copper. Where copper is used, it shall be of the grade ordinarily required for commercial electrical work, generally designated as being of 95-percent conductivity when annealed.
- (b) Copper Alloys. Where alloys of copper are used, they shall be as substantially resistant to corrosion as copper under similar conditions.
- (c) Aluminum. Where aluminum is used, care shall be taken not to use it where contact could be made with the earth or anywhere it could rapidly deteriorate. Conductors shall be of electrical grade aluminum.

**3-2.1** Copper lightning protection materials shall not be installed on aluminum roofing, siding, or other aluminum surfaces.

**3-2.2** Aluminum lightning protection materials shall not be installed on copper surfaces.

**3-3 Corrosion Protection.** Precautions shall be taken to provide the necessary protection against any potential deterioration of any lightning protection component due to local conditions. Copper components installed within 24 in. (600 mm) of the top of a

chimney or vent emitting corrosive gases shall be protected by a hot-dipped lead coating or equivalent.

**3-4 Mechanical Damage or Displacement.** Any part of a lightning protection system that is subject to mechanical damage or displacement shall be protected with a protective molding or covering. If metal pipe or tubing is used around the conductor, the conductor shall be electrically connected to the pipe or tubing at both ends.

**3-5 Use of Aluminum.** Aluminum systems shall be installed in accordance with other applicable sections and with the following:

(a) Aluminum lightning protection equipment shall not be installed on copper roofing materials or other copper surfaces, or where exposed to the runoff from copper surfaces.

(b) Aluminum materials shall not be used where they come into direct contact with earth. Fittings used for the connection of aluminum-down conductors to copper or copper clad grounding equipment shall be of the bimetallic type. Bimetallic connectors shall be installed not less than 18 in. (457 mm) above earth level.

(c) Connectors and fittings shall be suitable for use with the conductor and the surfaces on which they are installed. Bimetallic connectors and fittings shall be used for splicing or bonding dissimilar metals.

(d) An aluminum conductor shall not be attached to a surface coated with alkaline-base paint, embedded in concrete or masonry, or installed in a location subject to excessive moisture.

**3-6 Strike Termination Devices.** Strike termination devices shall be provided for all parts of a structure that are likely to be damaged by direct lightning flashes. Metal parts of a structure that are exposed to direct lightning flashes and that have a metal thickness of 3/16 in. (4.8 mm) or greater shall only require connection to the lightning protection system. Such connections shall provide a minimum of two paths to ground. Strike termination devices shall not be required for those parts of a structure located within a zone of protection.

**3-6.1 Air Terminal Height.** The tip of an air terminal shall be not less than 10 in. (254 mm) above the object or area it is to protect. (See Figure 3-6.1.)

**3-6.2 Air Terminal Support.** Air terminals shall be secured against overturning by attachment to the object to be protected or by means of braces that shall be permanently and rigidly attached to the building. An air terminal exceeding 24 in. (600 mm) in height shall be supported at a point not less than one-half its height.

**3-6.3 Ornaments.** An ornament or decoration on a freestanding, unbraced air terminal shall not present, in any plane, a wind-resistance area in excess of 20 in<sup>2</sup>. (0.01 m<sup>2</sup>). This shall permit the use of an ornamental ball 5 in. (127 mm) in diameter.

**3-7 Zones of Protection.** To determine the zone of protection, the geometry of the structure shall be considered. (See 3-7.1 through 3-7.3.)

**3-7.1** For flat or gently sloping roofs, dormers, domed roofs, and roofs with ridges, wells, chimneys, or vents, the zone of protection shall include the roof and appurtenances where protected in accordance with Section 3-8.

**3-7.2** For structures with multiple-level roofs no more than 50 ft (15 m) in height, the zone of protection shall include areas as identified in 3-7.2.1 and 3-7.2.2. The zone of protection shall form a cone having an apex at the highest point of the strike termination device, with walls forming approximately a 45-degree or 63-degree angle from the vertical.

**3-7.2.1** Structures that do not exceed 25 ft (7.6 m) above earth are considered to protect lower portions of a structure located in a one-to-two zone of protection as shown in Figures 3-7.2.1(a) and 3-7.2.1(b).

**3-7.2.2** Structures that do not exceed 50 ft (15.24 m) above earth are considered to protect lower portions of a structure located within a one-to-one zone of protection as shown in Figures 3-7.2.2(a) and 3-7.2.2(b).

### 3-7.3 Rolling Sphere Model.

**3-7.3.1** The zone of protection shall include the space not intruded by a rolling sphere having a radius of 150 ft (46 m). When the sphere is tangent to earth and resting against a strike termination device, all space in the vertical plane between the two points of contact and under the sphere are in the zone of protection. A zone of protection is also formed when such a sphere is resting on two or more strike termination devices and shall include the space in the vertical plane under the sphere and between those devices, as shown in Figure 3-7.3.1. All possible placements of the sphere must be considered when determining the zone of protection using the rolling sphere model.

**3-7.3.2** For structure heights exceeding 150 ft (46 m) above earth or above a lower strike termination device, the zone of protection is considered to be the space in the vertical plane between the points of contact and under the sphere when the sphere is resting against a vertical surface of the structure and the lower strike termination device or earth. The zone of protection shall be limited to the space above the horizontal plane of the lowest terminal unless it can be extended by further analysis, such as in rolling the sphere to be tangent to earth.

**3-7.3.3** Figure 3-7.3.3 provides a graphic representation of the 150-ft (46-m) geometric model for structures of selected heights up to 150 ft (46 m), as shown in Figure 3-7.3.3. Based on the height

of the strike termination device for a protected structure being 25 ft (7.6 m), 50 ft (15 m), 75 ft (23 m), 100 ft (30 m), or 150 ft (46 m) aboveground, reference to the appropriate curve shows the anticipated zone of protection for objects and roofs at lower elevations. The graph shows the protected distance (“horizontal distance”) as measured radially from the protected structure. The horizontal distance thus determined shall apply only at the horizontal plane of the “height protected.”

**3-7.3.4** Under the rolling sphere model, the horizontal protected distance found geometrically by Figure 3-7.3.3 (“horizontal distance, ft”) also shall be permitted to be calculated using the following formula:

$$d = \sqrt{h_1(300 - h_1)} - \sqrt{h_2(300 - h_2)}$$

where:

d = horizontal distance (ft)

$h_1$  = height of the higher roof (ft)

$h_2$  = height of the lower roof (top of the object) (ft)

Use of this formula is based on a 150-ft (46-m) striking distance. For the formula to be valid, the sphere must be tangent to either the lower roof or in contact with the earth, and in contact with the vertical side of the higher portion of the structure. In addition, the difference in heights between the upper and lower roofs or each must be 150 ft (46 m) or less.

### 연구진

연구기관 : 부경대학교 산학협력단

연구책임자 : 최재욱 (교수, 부경대학교)

연구원 : 이창우 (교수, 송실사이버대학교)

연구원 : 최유정 (과장, 정익엔지니어링)

연구원 : 정필훈 (교수, 송실사이버대학교)

연구보조원 : 김시윤 (사원, 정익엔지니어링)

연구보조원 : 김성준 (석사과정, 부경대학교)

연구상대역 : 서동현 (연구위원, 산업안전보건연구원)

### 연구기간

2021. 05. 03. ~ 2021. 11. 12.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2021년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,  
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**화재·폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안**  
**(2021-산업안전보건연구원-687)**

**발 행 일** : 2021년 11월 12일

**발 행 인** : 산업안전보건연구원 원장 김은아

**연구책임자** : 부경대학교 교수 최재욱

**발 행 처** : 안전보건공단 산업안전보건연구원

**주 소** : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

**전 화** : 042-869-0332

**팩 스** : 042-863-9003

**Homepage** : <http://oshri.kosha.or.kr>

**I S B N** : 979-11-92138-00-8