

# 화학공장의 위험작업 관리 효율화와 사고에 대한 시스템 이론적 분석 연구

서동현·한우섭·최이락·박장현

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원





# 요약문

- 연구기간 2021년 2월 ~ 2021년 11월
- 핵심단어 협력업체, 사고분석, HFACS, AcciMap, STAMP
- 연구과제명 화학공장의 위험작업 관리 효율화와 사고에 대한 시스템 이론적 분석 연구

## 1. 연구배경

- 모기업의 사내 협력업체에서 발생한 사고는 그 원인이 단순하게 보일지라도 내부적으로 여러 복잡한 관계가 연결되어 있을 수 있으며, 협력업체 자체의 문제보다는 모기업 또는 다른 사내 협력업체가 연관되어 문제가 발생했을 수 있음.
- 특히, 모기업 사업장에서 협력업체가 정비보수작업을 수행하는 경우에 발생한 사고는 모기업의 여러 부서와 다른 협력업체가 관련되어 문제가 발생했을 수 있으므로, 이러한 사고의 원인을 선형적 또는 역학적 사고조사 방법으로 찾기에는 한계가 있음.
- 따라서, 모기업과 사내 하도급이라는 구조적 문제 때문에 발생한 사고를 분석하고 이에 맞는 예방대책을 수립하기 위해서는 사고 분석을 위한 접근 방식을 기존의 분석 방법과 다르게 할 필요가 있음. 즉, 모기업과 협력업체의 관계를 통합적인 시스템 관점에서 분석하고, 그에 따른 문제점을 찾아 해결 방안을 모색할 필요가 있음.

## 2. 주요 연구내용

- 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업과 그 협력업체 자료를 기반으로 제조업 사업장의 협력업체 관련 현황 및 협력업체의 재해현황을 분석함.
  - 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업의 사내 협력업체수 평균은 7.8개사인 것으로 나타남.
  - 중업종 기준으로 금속제련업이 가장 많은 21.1개사였고, 화학및고무제품제조업은 6.5개사인 것으로 나타남. 대부분의 중업종에서 모기업의 규모가 커질수록 평균 사내 협력업체수도 증가하는 경향을 보였고, 담당 업무별로는 생산 및 조업을 지원하기 위한 협력업체수가 가장 많은 것으로 나타났지만, 세부 업종별로는 협력업체가 담당하는 업무에 차이가 있었음.
  - 재해율은 모기업과 사내 협력업체가 각각 0.31%와 0.33%로 큰 차이를 보이지 않았지만, 부상자를 기준으로 산출한 사고재해율은 모기업이 0.18%, 사내 협력업체가 0.25%로 사내 협력업체가 높게 나타남.
  - 사고사망만인율은 사내 협력업체가 0.48, 모기업이 0.18로 사내 협력업체가 모기업보다 약 2.7배 높은 것으로 나타남. 특히 정비·보수·공사를 담당하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은 0.65로 모기업 평균 사고사망만인율보다 약 3.6배 정도 높은 것으로 나타남.
- 화학제품제조업과 금속제련업에서 협력업체가 정비보수작업 중에 발생한 사고에 대해 기존의 분석결과를 검토하고, 역학적인 방법과 시스템적인 방법을 이용하여 분석함.
  - 시스템적인 분석을 위해 AcciMap, STAMP-CAST 등을 이용하였고, 추가로 시간적인 흐름에 따른 분석을 수행하기 위해 업무처리절차를 이용한 분석을 수행하였음. 시스템적인 사고 분석을 통해 선형적 및 역학적인 사고분석 결과에서 제시하지 않은 모기업과 협력업체라는 구조적 관계에서 나타나는 문제점과 모기업과 협력업체 이외의 외부적인

문제점을 추가로 제시함. 또한, 기존의 분석에서 나타나지 않은 모기업과 협력업체별사고 발생 기여요인을 추가로 제시함.

- AcciMap과 STAMP-CAST를 이용한 분석결과에서는 선형적(기존 분석) 및 역학적 분석결과에서 나타나지 않았던 법적인 문제점, 안전작업허가 관련 문제점을 추가로 찾을 수 있었고, 모기업의 행위나 결정이 협력업체의 업무수행에 어떻게 영향을 주었는지와 시스템 구성요소 사이의 문제점을 파악할 수 있었음. 그러나 업무의 흐름에 따른 문제점을 제시하기가 어려웠기 때문에 업무처리절차를 이용하여 시간적 흐름에 따라 모기업과 협력업체가 사고에 기여한 요인을 분석하였고, 이를 통해 정비업무 각 단계에서의 업체별 문제점과 사고에 기여한 요인을 체계적으로 제시하고, 사고와 관련된 요인들이 어떻게 사고 발생에 기여하는지 그 메커니즘을 보여줄 수 있었음.

### 3. 연구 활용방안

- 고용노동부, 안전보건공단, 사업장의 교육자료로 활용
- 산업안전보건법 및 관련 규정 개정을 위한 기초자료로 활용
- 학술 논문으로 발표
- KOSHA GUIDE 개정

### 4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 산업안전연구실 연구위원 서동현
  - ☎ 042) 869-0332
  - E-mail: seodh93@kosha.or.kr



# 목 차

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>I. 서론</b>                      | <b>3</b>  |
| 1. 연구배경 및 목적                      | 3         |
| 2. 연구내용 및 범위                      | 5         |
| 3. 연구방법                           | 5         |
| 4. 선행 연구                          | 12        |
| <b>II. 협력업체 관련 현황 및 산업재해</b>      | <b>19</b> |
| 1. 국내 협력업체 관련 현황                  | 19        |
| 1) 산업별 고용형태                       | 19        |
| 2) 사내 하도급 활용 규모                   | 22        |
| 2. 제조업 사업장의 협력업체 현황               | 24        |
| 1) 전체 현황                          | 24        |
| 2) 중업종 기준 현황                      | 25        |
| 3) 모기업당 평균 사내 협력업체                | 27        |
| 4) 주요 업종의 사업장 규모별 모기업당 평균 사내 협력업체 | 29        |

# 목 차

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 5) 담당 업무별 사내 협력업체 .....            | 31        |
| 6) 모기업 규모별 주요 사내 협력업체의 담당 업무 ..... | 33        |
| 3. 사내 협력업체의 산업재해 .....             | 40        |
| 1) 개요 .....                        | 40        |
| 2) 화학및고무제품제조업 .....                | 45        |
| 3) 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업 .....        | 49        |
| 4) 금속의 제련 또는 정련업 .....             | 50        |
| 4. 요약 및 소결론 .....                  | 52        |
| <b>Ⅲ. 협력업체 사고사례의 시스템적 분석 .....</b> | <b>57</b> |
| 1. 화학제품제조업 사고사례 분석 .....           | 57        |
| 1) 분석대상 .....                      | 57        |
| 2) 사고원인 및 예방대책 .....               | 60        |
| 3) 역학적 모델을 이용한 사고 원인 분석 .....      | 65        |
| 4) 시스템적 모델을 이용한 분석 .....           | 67        |
| 2. 금속제련업 사고사례 분석 .....             | 69        |
| 1) 협력업체 모델 .....                   | 69        |
| 2) 정비보수 업무 절차 .....                | 73        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 3) 정비보수 절차별 담당 부서 및 업체 .....   | 75         |
| 4) 협력업체 사고사례 .....             | 77         |
| 5) 분석대상 사고사례 .....             | 79         |
| 6) 사고원인 및 예방대책 .....           | 80         |
| 7) 역학적 모델을 이용한 분석 .....        | 82         |
| 8) 시스템적 모델을 이용한 분석 .....       | 86         |
| 3. 사고 분석결과 고찰 및 제언 사항 .....    | 100        |
| 1) 협력업체 사고 분석과 도급 관련 문제점 ..... | 100        |
| 2) 협력업체 사고 원인 분석 모델 제언 .....   | 101        |
| 3) 산업안전보건법 관련 개선 사항 .....      | 105        |
| 4) 사고조사를 위한 안전보건기술지침 .....     | 112        |
| 5) 도급 관련 안전보건기술지침 .....        | 113        |
| 4. 요약 및 소결론 .....              | 117        |
| <b>VI. 결론 .....</b>            | <b>121</b> |
| <b>참고문헌 .....</b>              | <b>125</b> |
| <b>Abstract .....</b>          | <b>127</b> |

# 표 목차

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 〈표 I-1〉 사내 협력업체의 담당 업무 구분 .....                      | 6  |
| 〈표 I-2〉 안전보건 공생협력 프로그램 참여사업장 현황 .....                | 7  |
| 〈표 II-1〉 2020년 산업별(업종별) 고용형태 .....                   | 20 |
| 〈표 II-2〉 2020년 제조업 고용형태 .....                        | 21 |
| 〈표 II-3〉 사내하도급 활용 실태(2008년) .....                    | 23 |
| 〈표 II-4〉 제조업의 모기업 및 사내 협력업체의 담당 업무별 재해자 현황 .....     | 42 |
| 〈표 II-5〉 화학및고무제품제조업 모기업 및 사내 협력업체의 재해자 현황 .....      | 46 |
| 〈표 II-6〉 의약품화학품연탄석유제품제조업 모기업 및 사내 협력업체의 재해자 현황 ..... | 49 |
| 〈표 II-7〉 금속제련업 모기업 및 사내 협력업체의 재해자 현황 .....           | 50 |
| 〈표 III-1〉 폐수집수조 폭발사고의 원인 분류 .....                    | 62 |
| 〈표 III-2〉 폐수집수조 폭발사고의 원인별 관련 업체 .....                | 64 |
| 〈표 III-3〉 HFACS를 이용한 폐수집수조 폭발사고의 원인분석 결과 .....       | 66 |
| 〈표 III-4〉 협력업체를 통한 정비보수 업무처리절차 .....                 | 74 |
| 〈표 III-5〉 정비보수 업무절차별 수행 담당 및 관련 부서와 업체 .....         | 76 |
| 〈표 III-6〉 정비보수작업 중 발생한 협력업체 중대재해사례 .....             | 78 |
| 〈표 III-7〉 사고예방대책을 수행하기 위한 담당 부서 및 업체 .....           | 82 |
| 〈표 III-8〉 HFACS를 이용한 작업자 추락사고의 원인분석 결과(1) .....      | 84 |
| 〈표 III-9〉 HFACS를 이용한 작업자 추락사고의 원인분석 결과(2)-업체구분 ..... | 85 |
| 〈표 III-10〉 작업절차에 따른 사고 원인 요소 분석 결과 .....             | 95 |

## 그림목차

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| [그림 Ⅰ-1] 연구의 진행 절차 .....                                                              | 11 |
| [그림 Ⅱ-1] 2020년 제조업 소속 외 근로자 비율(중분류 기준) .....                                          | 22 |
| [그림 Ⅱ-2] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장 현황(제조업 기준) .....                                       | 24 |
| [그림 Ⅱ-3] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장 현황<br>(제조업 중업종 기준) .....                               | 26 |
| [그림 Ⅱ-4] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장의 평균<br>사내 협력업체수(제조업 중업종 기준) .....                      | 28 |
| [그림 Ⅱ-5] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장의 모기업 규모별 평균<br>사내 협력업체 수(2016-2020년, 제조업 중업종 기준) ..... | 30 |
| [그림 Ⅱ-6] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사내 협력업체의 담당<br>업무별 분포(2016-2020년, 모기업 중업종 기준) .....        | 32 |
| [그림 Ⅱ-7] 화학및고무제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균<br>사내 협력업체 수(2016-2020년) .....              | 34 |
| [그림 Ⅱ-8] 고무제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내<br>협력업체 수(2016-2020년) .....                 | 34 |
| [그림 Ⅱ-9] 화학제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내<br>협력업체 수(2016-2020년) .....                 | 34 |
| [그림 Ⅱ-10] 의약품화장품연탄석유제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당<br>업무별 평균 사내 협력업체 수(2016-2020년) .....        | 36 |
| [그림 Ⅱ-11] 석유정제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균<br>사내 협력업체 수(2016-2020년) .....               | 36 |

## 그림목차

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| [그림 II-12] 의약품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내<br>협력업체 수(2016-2020년) .....     | 37 |
| [그림 II-13] 화장품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내<br>협력업체 수(2016-2020년) .....     | 37 |
| [그림 II-14] 금속제련업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내<br>협력업체 수(2016-2020년) .....      | 39 |
| [그림 II-15] 금속제련또는정련업 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내<br>협력업체 수(2016-2020년) .....   | 39 |
| [그림 II-16] 비철금속제련또는정련업 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균<br>사내 협력업체 수(2016-2020년) ..... | 39 |
| [그림 II-17] 재해분석대상 사내 협력업체의 업종별 분포 .....                                    | 40 |
| [그림 II-18] 재해분석대상 사내 협력업체의 담당 업무별 업종 분포 .....                              | 41 |
| [그림 II-19] 화학및고무제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) .....         | 43 |
| [그림 II-20] 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) ..... | 43 |
| [그림 II-21] 금속제련업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) .....              | 45 |
| [그림 II-22] 고무제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) .....            | 47 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| [그림 II-23] 화학제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) .....      | 48  |
| [그림 II-24] 금속의제련또는정련업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) .....   | 51  |
| [그림 II-25] 비철금속의제련또는정련업 사내 협력업체의 재해 현황<br>(2016-2020년, 담당 업무별) ..... | 51  |
| [그림 III-1] 폐수집수조 입면도 .....                                           | 58  |
| [그림 III-2] 폐수집수조에서 발생한 폭발사고의 AcciMap 분석 결과 .....                     | 68  |
| [그림 III-3] 금속제련업의 모기업 부서와 협력업체와의 관계 .....                            | 70  |
| [그림 III-4] 철강산업 원·하도급업체 간 작업조직 형태의 기업별 차이 .....                      | 71  |
| [그림 III-5] A사의 중층화된 사내 협력업체 구조 .....                                 | 72  |
| [그림 III-6] 설비 정비작업 중 추락사고 관련 AcciMap 분석 결과 .....                     | 88  |
| [그림 III-7] 설비 정비작업 중 추락사고 관련 STAMP-CAST 분석 결과 .....                  | 90  |
| [그림 III-8] 정비보수작업에 대한 FRAM 모델링 결과 .....                              | 94  |
| [그림 III-9] 설비 정비작업 중 추락사고 관련 업무 흐름도 및 결함 .....                       | 98  |
| [그림 III-10] 업무 수행 절차에 따른 결함 분석 모델 .....                              | 104 |



# I. 서론

.....



# I. 서론

## 1. 연구배경 및 목적

사내하도급은 경쟁력이 약한 사업을 외주화하여 경쟁 우위를 확보하기 위한 기업전략의 하나로 도입되었다. 그러나 기업 간 경쟁이 치열해지면서 사업장에서는 인건비를 절감하거나 직접적인 고용관계를 회피할 목적으로 활용하고 있고, 최근에는 제조업뿐만 아니라 서비스업 분야에서도 광범위하게 활용되고 있다(정홍준, 2017). 고용노동부의 기업 고용형태 공시자료에 따르면 300인 이상 기업의 전체 근로자수 대비 소속 외 근로자수의 비율은 2018년 18.5%(901천명), 2019년 18.1%(881천명), 2020년 18.3%(913천명) 수준을 보였고, 2020년 기준 제조업의 소속 외 근로자수 비율은 20.7%로 전체 평균보다 높은 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다(고용노동부, 2018~2020).

제조업의 사내하도급업체는 모기업으로부터 수시로 공기 단축 압력을 받고, 설비에 투자할 수 없기 때문에 모기업의 지원 없이는 안전한 작업환경을 조성하기 어렵다. 그리고 사내 하도급업체는 전체 공정의 일부분을 맡고 있어 전체 업무과정을 조망하면서 그 속에서 재해를 예방하기 위해 일의 흐름이나 순서를 조정하기도 어렵다. 또한, 사내 하도급업체 노동자들은 원청 노동자들이 기피하는 위험한 업무를 담당하는 경우가 많지만, 원청 노동자에 비해서 자신이 하는 일의 위험성에 대해서 정확한 정보를 알기 어려운 경우가 많다. 이러한 열악한 근무환경은 사내 하도급업체 노동자들의 잦은 이직으로 이어지고, 그 결과 근속기간이 짧아져 작업장에 대한 적응도가 상대적으로 낮을 수 있다(박찬임, 2016).

위와 같은 이유로 사내 협력업체에서는 모기업보다 더 많은 사고가 발생하는 경우가 많다. 2018년에 도입된 원·하청 산재 통합관리제에 따라 2020년에 고용노동부에서 발표한 협력업체 사업장의 사망사고 비중이 높은 모기업

(원청) 사업장 11개의 협력업체는 총 6,470개소인 것으로 나타났다. 이 11개의 원청 사업장 노동자는 92,276명, 협력업체 노동자는 84,519명이었는데, 모기업에서 1건의 사고사망자가 발생했고, 협력업체에서 16명의 사고사망자가 발생한 것으로 나타났다(고용노동부, 2020(2)). 고용노동부에서 2016년에 발표한 주요 업종별 30대 기업의 지난 5년간 사망노동자 245명 중에서는 86.5%인 212명이 협력업체 노동자인 것으로 보고되었다(조성재 등, 2017).

사내 협력업체에서 발생한 사고는 그 원인이 단순하게 보일지라도 내부적으로 여러 복잡한 관계가 연결되어 있을 수 있다. 협력업체 자체의 문제보다는 모기업 또는 다른 사내 협력업체가 연관되어 문제가 발생했을 수 있다. 특히 협력업체가 정비보수작업을 수행하는 경우에는 모기업의 여러 부서와 다른 협력업체가 관련되어 문제가 발생할 수 있고, 결국 사고로 이어지는 사례도 쉽게 찾아볼 수 있다. 그러나 이러한 복합적 사고 원인 요소들을 선형적 또는 역학적 사고조사 방법으로 체계적으로 분석하고 그 결과를 표현하기에는 제한점이 많다.

따라서 모기업과 사내 하도급이라는 구조적 문제로 인해 발생한 사고를 체계적으로 분석하고 이에 맞는 예방대책을 수립하기 위해서는 사고 분석을 위한 접근 방식을 기존의 분석 방법과 다르게 할 필요가 있다. 즉, 모기업과 협력업체의 관계를 통합적인 시스템 관점에서 분석하고, 그에 따른 문제점을 찾아 해결 방안을 모색할 필요가 있다. 그러나 재해조사 의견서에서는 대부분 불안정한 상태에 초점을 맞춰 직접적인 재해발생 원인을 중심으로 기술하고 있으며, 사고조사 기법을 적용한 일부 보고서는 재해발생 조건에 주로 초점을 맞추고 있는 것으로 보고되고 있다(조윤희, 2019).

이에 본 연구에서는 제조업 사업장의 협력업체에서 발생한 산업재해 실태와 특성을 파악하고, 협력업체에서 발생한 사고사례의 원인 및 특성을 시스템 이론 기반의 분석기법으로 분석하여 사회기술적인 부분을 포함한 재해예방 방향을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구내용 및 범위

- 협력업체의 산업재해 실태 조사 및 분석
- 협력업체에서 발생한 중대재해사례의 시스템적 분석
- 시스템 이론 기반의 사고분석 기법을 이용한 사고 분석 및 안전관리 방향 도출
- 사고조사 및 도급 관련 안전보건기술지침 검토 및 개선(안) 제시

## 3. 연구방법

### 1) 협력업체의 산업재해 실태 조사 및 분석

- 문헌조사 및 각종 통계자료를 통한 국내 도급 사업 현황 분석  
통계청 통계자료 및 각종 문헌 검색을 통해 사내 협력업체를 중심으로 관련 통계를 수집하고 분석하였다.
- 모기업과 사내 협력업체의 현황 및 실태 분석  
안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 중 제조업을 중심으로 협력업체의 현황 및 특성을 분석하였다.
  - (분석대상) 안전보건공단에서 수행하는 사업 중 하나인 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업의 업종이 제조업인 사업장과 그 사내 협력업체(모기업 2,752개사, 사내 협력업체 21,423개사)
    - ※ 분석대상 사업장수는 연도별 참여 사업장수 전체를 합산한 것임
  - (대상기간) 최근 5년(2016년~2020년)
  - (분석내용) 산재보험료율 고시의 제조업 중업종 기준 업종별 현황, 모기업 규모별 사내협력업체 현황, 사내 협력업체의 담당업무별 현황(생산 및 조업, 정비·보수·공사, 포장·운반·물류), 모기업과 협력업체의 재해율, 사고재해율, 사망만인율 등

- (업체분류) 생산·조업, 포장·운반·물류, 정비·보수·공사, 경비·청소·식당, 기타 등 4가지 업무로 구분함.

〈표 I-1〉 사내 협력업체의 담당 업무 구분

| 담당 업무 구분 | 포장·운반·물류 | 생산 및 조업                     | 포장·운반·물류 |
|----------|----------|-----------------------------|----------|
| 업무내용     | 원료입고     | 원료 운반, 투입,<br>제품생산-검사, 품질관리 | 제품 포장-운반 |

※ 기타: 소방·안전관리, 연구개발, 설계, 시설·건물관리, 점검·검사, 출퇴근 차량 및 임원 차량 운행, 환경설비 운영(폐수, 폐기물, 소각로 등)

※ 생산·조업을 수행하면서 동시에 다른 업무를 수행하고 있으면 생산·조업으로 분류함

#### 안전보건공생협력프로그램이란?

모기업(원청) 주도로 협력업체(하청)와 함께 수립한 '안전보건 공생협력 프로그램'에 따라 협력업체에 위험성평가와 기술지원 활동 등 인적/물적 지원을 통해 안전보건을 개선시켜 줌으로써 협력업체 산업재해예방 및 안전보건 관리 수준향상 등, 원·하청 안전보건 격차 해소에 기여하고자 안전보건공단에서 추진하는 사업임

##### ○ 프로그램 참여대상

- 업종: 전업종
- 대상: 50인(사내 협력업체 근로자수 포함) 이상 모기업 및 그 협력업체  
(건설업 및 조선업 원하청 안전보건 상생협력 수준평가 대상 사업장 제외)

[출처: 안전보건공단 홈페이지(<https://www.kosha.or.kr/사업소개/산업안전>)]

#### ○ 모기업과 사내 협력업체의 산업재해 실태 조사 및 분석

- 〈표 I-2〉의 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 제조업 사업장 중에서 산재관리번호가 불명확한 사업장과 조회되지 않는 사업장, 사외 협력업체를 제외하고 산업재해 분석을 수행하였다.
- 공생협력프로그램에 참여한 모기업 2,753개사<sup>1)</sup> 중에서 4개사는 안전보건공단의 통계DB에서 조회할 수 없어 조회가 가능한 2,749개사에

1) 2016년부터 2020년까지 공생협력프로그램에 참여한 모기업수이며, 동일한 사업장이 여러 번 참여했을 경우 참여한 횟수만큼 사업장수에 반영하여 산정함

대해서만 분석하였고, 사내 협력업체는 21,437개사 중 통계DB에서 정보가 조회되지 않는 696개사를 제외하고 20,741개사에 대한 통계 관련 정보를 조회하여 분석하였다. 사내 협력업체는 1차 협력업체와 2차 또는 3차 협력업체를 구분하지 않고 모두 사내 협력업체로 통합하여 분석하였다. 조회되지 않는 사업장의 근로자수와 재해자수는 모두 없는 것으로 가정하였다.

〈표 I -2〉 안전보건 공생협력 프로그램 참여사업장 현황

| 연도    | 모기업(개소) |          | 사내 협력업체(개소) |          |
|-------|---------|----------|-------------|----------|
|       | 참여사업장   | 조회불가 사업장 | 참여사업장       | 조회불가 사업장 |
| 합계    | 2,753   | 4        | 21,437      | 696      |
| 2016년 | 573     | 1        | 4,463       | 145      |
| 2017년 | 594     | -        | 5,153       | 136      |
| 2018년 | 600     | 2        | 4,660       | 217      |
| 2019년 | 566     | 1        | 4,197       | 122      |
| 2020년 | 420     | -        | 2,964       | 76       |

#### ○ 세부 분석대상 업종의 선정

본 연구에서는 화학공장의 사고사례를 분석대상으로 설정하였기 때문에 화학및고무제품제조업, 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업을 중심으로 협력업체의 재해현황을 분석하였다. 그리고 화학공장과 같이 장치산업의 특성을 보이면서 대부분 공정안전보고서 심사 대상에 해당되는 금속제련업도 세부 분석대상에 포함하였다.

## 2) 협력업체에서 발생한 중대재해사례의 시스템적 분석

#### ○ 주요 업종의 협력업체에서 발생한 사고에 대한 상세 분석

- 분석이 필요하다고 판단되는 업종과 업무(작업) 중에 발생한 사고가 발생한 사업장 2개사를 선정 후 선정된 사업장에서 발생한 사고사례를 시스템적 분석 기법인 AcciMap, STAMP(Systems-Theoretic Accident Model and Process), FRAM(Functional Resonance Analysis Method)을 이용하여 분석하였다.
- 분석과정 중 추가 분석이 필요하다고 판단되는 부분에 대해 기존의 시스템적 방법 이외에 별도의 방법을 이용하여 분석을 수행하였다.

### 3) 시스템 이론 기반의 사고분석 기법을 이용한 사고 분석 및 안전관리 방향 도출

- 사고 분석에서 도출된 결과를 이용하여 사고분석 방안 제시
  - 시스템적 사고분석방법을 포함하여 협력업체에서 발생한 사고를 체계적으로 분석할 수 있는 방안을 제시하였다.
- 사고 분석사례를 통해 법적 개선이 필요한 사항 도출
  - 산업안전보건법에서 개선이 필요한 사항에 대한 의견을 제시하였다.

### 4) 사고조사 및 도급 관련 안전보건기술지침 검토 및 개선(안) 제시

- 사고분석 결과를 통해 기존 안전보건기술지침의 개선 필요 사항 검토
  - 사고 분석결과를 기반으로 사고조사 및 도급 관련 안전보건기술지침(KOSHA Guide)의 문제점을 도출하고 개선방향을 제시하였다.

### 5) 용어의 정의

산업안전보건법에서는 도급 관련 용어를 다음과 같이 정의 하고 있는데, 본 보고서에서는 “도급인”이나 “원청”이라는 용어를 사전적 의미와는 상관없이 대부분 “모기업”으로 표기하였다. 그리고 “수급인”, “관계수급인”, “하청(업

체)”이라는 용어는 대부분 “협력업체”로 표기하였다.

- “도급”이란 명칭에 관계없이 물건의 제조·건설·수리 또는 서비스의 제공, 그 밖의 업무를 타인에게 맡기는 계약을 말한다.
- “도급인”이란 물건의 제조·건설·수리 또는 서비스의 제공, 그 밖의 업무를 도급하는 사업주를 말한다. 다만 건설공사발주자는 제외한다.
- “수급인”이란 도급인으로부터 물건의 제조·건설·수리 또는 서비스의 제공, 그 밖의 업무를 도급받은 사업주를 말한다.
- “관계수급인”이란 도급이 여러 단계에 걸쳐 체결된 경우에 각 단계별로 도급받은 사업주 전부를 말한다.

산업재해통계 관련 용어는 산업재해통계업무 처리규정(고용노동부예규 제124호, 2017.6.15.)에서 정의한 개념을 이용하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

- “재해율”이란 임금근로자수 100명당 발생하는 재해자수의 비율을 말하며, 다음 계산식에 따라 산출한다.

$$\text{재해율} = (\text{재해자수} / \text{임금근로자수}) \times 100$$

- “사망만인율”이란 임금근로자수 10,000명당 발생하는 사망자수의 비율을 말하며, 다음 계산식에 따라 산출한다.

$$\text{사망만인율} = (\text{사망자수} / \text{임금근로자수}) \times 10,000$$

- “재해자수”란 근로복지공단의 휴업급여를 지급받은 재해자를 말한다. 다만, 질병에 의한 재해와 사업장 밖의 교통사고(운수업, 음식숙박업은 사업장 밖의 교통사고도 포함한다)·체육행사·폭력행위로 발생한 재해는 제외한다.

- “사망자수”란 근로복지공단의 유족급여가 지급된 사망자와 지방고용노동관서에 산업재해조사표가 제출된 사망자를 합산한 수를 말한다. 다만, 질병에 의해 사망한 경우와 사업장 밖의 교통사고(운수업, 음식숙박업은 사업장 밖의 교통사고도 포함한다)·체육행사·폭력행위로 발생한 사망, 사고발생일로부터 1년을 경과하여 사망한 경우는 제외한다.

다음은 산업재해 기록·분류에 관한 지침 (KOSHA Guide, G-83-2016)에서 정의한 개념과 본 보고서 내에서 사용한 정의이다.

- “재해”라 함은 사고의 결과로 받은 또는 생긴 인명피해나 재산상의 손실을 말한다.
- “업무상 사고 재해자”라 함은 업무와 관련한 사고로 인하여 발생한 사망자, 부상자 또는 질병자를 말한다.
- “업무상 사고 사망자수”는 업무상 사고 재해자 중에서 사망자수를 말함
- “사고재해율”은 임금근로자수 100명당 발생하는 업무상 사고 재해자수의 비율을 말하며, 다음 계산식에 따라 산출한다.

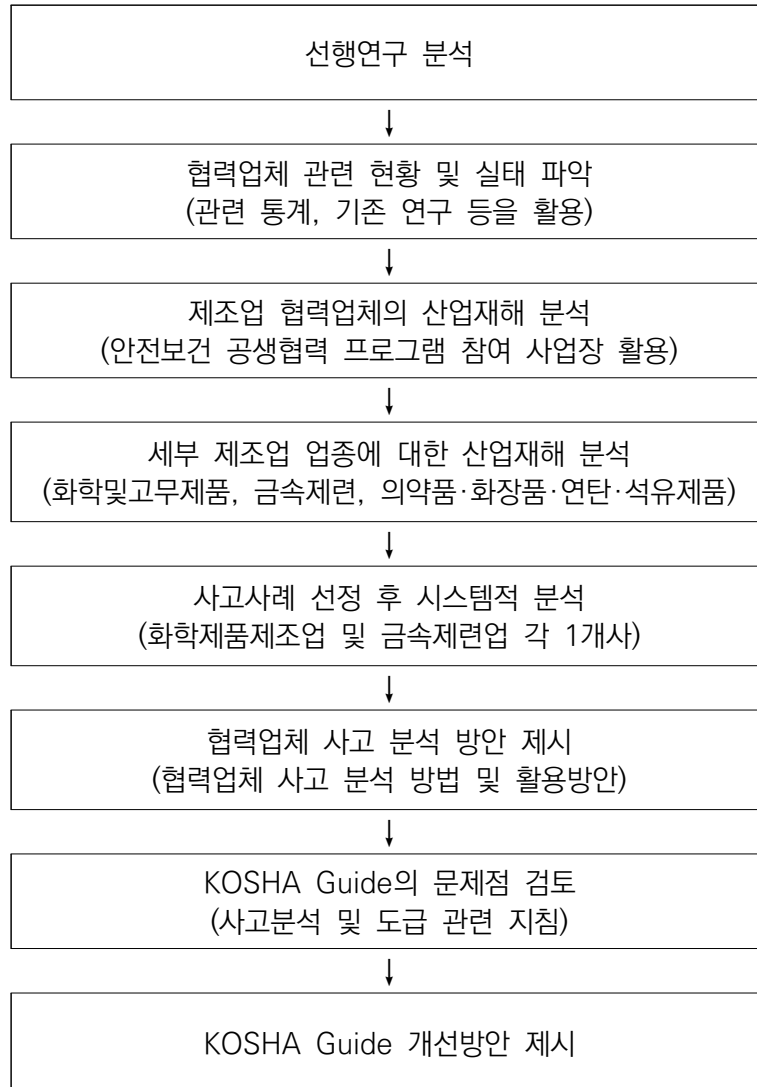
$$\text{사고재해율}(\%) = (\text{업무상 사고 재해자수} / \text{임금근로자수}) \times 100$$

- “사고사망만인율”은 임금근로자수 10,000명당 발생하는 업무상 사고 사망자수의 비율을 말하며, 다음 계산식에 따라 산출한다.

$$\text{사고사망만인율}(\text{‰}) = (\text{업무상 사고 사망자수} / \text{임금근로자수}) \times 10,000$$

## 6) 연구 진행 과정

연구는 다음과 같은 순서로 진행하였다.



[그림 I-1] 연구의 진행 절차

## 4. 선행 연구

### 1) 사내하도급 활용 이유

○ 은수미 등(2011)은 사내하도급의 원인을 다음의 5가지로 정리하였다.

- (1) 경쟁의 심화에 따른 인건비 절감 필요성
- (2) 정규직 고용 경직성이나 노조의 고용보호에 대응한 고용 유연화의 필요성
- (3) 시장 수요의 변동에 따른 고용 조정의 필요성
- (4) 일시적으로 주변적인 업무이거나 정규직의 기피 업무
- (5) 파견허용업종에 대한 규제

○ 우광호(2014)는 2007년, 2009년, 2011년 사업체 패널조사 결과에서 나타난 사내하도급 활용원인을 분석하였다. 그 결과에서 ‘고용유연성 확보를 위해 활용한다’고 응답한 사업장이 40.9%로 가장 많았고, ‘업무 성격상 활용한다(30.4%)’, ‘인건비절감을 이유로 사용한다(24.9%)’의 순이었다. 제조업에서는 고용유연성과 인건비절감을 위해 활용한다고 응답한 비율이, 비제조업은 업무성격상 활용한다고 응답한 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 임금수준은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 사내하도급 활용에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 기존의 ‘사내하도급 목적은 인건비절감’이라는 주장과는 차이를 보였다.

### 2) 사내하도급 사업장의 재해

협력업체에서 발생한 재해를 세부적으로 분석한 연구는 찾아보기 어렵지만, 일부 모기업의 협력업체 재해에 대한 분석을 포함하여 수행한 연구는 다음과 같다.

○ 김태구 등(2014)은 조선업의 모기업 17개소와 협력업체 582개소에 대

해 2011년부터 2013년까지의 평균 재해율을 분석한 결과에서 모기업의 재해율이 0.71%, 협력업체가 0.45%로, 모기업이 협력업체에 비해 재해율이 높게 나타났다고 보고하였다.

- 그러나 모기업 1개소와 그 협력업체들을 분석한 결과에서 요양일수 90일 이상의 장기간 치료를 요하는 강도가 높은 사고부상 및 사망자는 모기업이 374명 중 280명으로 74.9%를 차지하였고, 협력업체가 130명 중 114명으로 87.7%를 차지하여 협력업체의 비율이 모기업보다 높게 나타났다. 또한, 질병이환자·사망자는 모기업이 25.1%, 협력업체가 12.3%로 모기업이 높게 나타나, 사고성 재해가 많이 발생하는 협력업체의 재해 강도가 모기업보다 높은 것으로 보고하였다.
- 철강업 7개소의 2011년부터 2013년까지의 평균 재해율은 모기업이 0.27%, 협력업체가 0.25%로, 모기업이 협력업체에 비해 재해율이 높게 나타났으며, 타 업종에 비해 설비의 정비, 보수 작업 시에 많은 재해가 발생한 것으로 보고하였다.

○ 신규수 등(2020)은 산업안전보건연구원의 2018년 산업안전보건실태조사 자료를 이용하여 유해화학물질을 취급하는 사내 협력업체 근로자와 모기업 근로자의 위험노출 정도와 산업재해 발생 여부를 분석하였다.

- 제조업 2,015개 사업장과 비제조업 2,155개 사업장 중 결측치와 이상치가 포함된 사업장을 제외한 총 4,147개 사업장 자료를 이용하여 분석한 결과를 제시하였다.
- 사내 협력업체의 82%는 제조업에 해당되고, 이들 중 45%는 유해 화학물질 위험<sup>2)</sup>에 노출되어 있으며, 위험에 노출된 근로자 수로 본 위험노출정도는 모기업에 비해 사내 협력업체가 유의미하게 높은 것으로 나타났다고 보고하였다. 그리고 그 중에서도 유해 화학물질을 취급하

2) 위험노출정도는 위험요소 7가지의 요인에 따른 노출된 근로자 수의 합으로 계산되었다. 7가지 요인은 (1) 정신적 심리적 요소와 (2) 화학물질, (3) 물리적 위험요소, (4) 인간공학적 위험요소, (5) 생물학적 위험요소, (6) 위험한 기구의 존재, 마지막으로 (7) 위험장소임에서의 작업에 해당.

는 경우 사내도급사업장에서 더 많은 위험에 노출되는 경향을 보이는 것으로 보고하였다.

- 또한, 유해위험 화학물질을 취급하는 사업장에서는 모기업에 비해 협력업체의 산업재해 발생률이 유의미하게 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서 이들 유해화학물질을 취급하는 사업장에서는 사내 도급 형식의 기업관계에 따라 발생하는 산업안전보건 문제에 대한 규제의 필요성이 있다고 보고하였다.

○ 박찬임 등(2015)은 산업안전보건연구원의 근로환경조사 자료를 분석한 결과에서 사내하도급 근로자들이 업무상 사고 또는 질병으로 인해 결근할 확률이 6.3%로 나타나 그 밖의 근로자들의 확률 2.4%보다 두 배 이상 높다고 보고하였다.

- 사내하도급 근로자들은 그렇지 않은 근로자들에 비해 주관적으로 느끼는 위험요소에 대한 노출강도 및 노출량, 객관적으로 측정한 업무상 사고 및 질병으로 인한 결근 발생확률 모두에서 통계적으로 유의하게 더 큰 위험에 직면하고 있다고 보고하였다.
- 또한, 모기업에서 하던 위험직종 및 작업을 사내협력 업체로 이전시키면서 모기업 재해율은 낮아지게 되는데 이를 사업장의 안전보건의 향상된 것으로 오독할 가능성이 크다고 보고하였다.

### 3) 시스템적 사고 분석

국내의 산업안전 분야에 대한 시스템적 접근 연구 수행 내역은 다음과 같다.

○ 윤완철 등(2019)은 국내외 안전 패러다임 전환 관련 동향 조사에서 시스템적 사고 분석 방법론에 대한 적정성을 검토하고, 안전-II의 시스템적 관점을 반영하는 사고분석 방법론으로써 FRAM(Functional Resonance Analysis Method)을 활용하기 위한 프로세스와 지침을 정리하였다. 또한, 문헌 분석을 통해 FRAM을 기반으로 하는 시스템 위험성평가 사례를 분석하고 그 결과를 제시하였다.

- 윤완철 등(2020)은 FRAM이 다양한 시스템 내 구성요소(인간, 조직, 기술, 정보, 규제, 자원 등) 사이의 비선형적인 복잡한 상호작용을 표현하는데 유용한 기법이라고 평가하고, 사고분석 실무자들이 현장에서 활용할 수 있는 FRAM 기반의 사고원인 분석 모형론과 적용 방법을 개발하였다.
  - 연구결과에서 시스템적 관점의 사고분석을 위해 FRAM을 활용하기 위한 프로세스와 지침을 정리하였고, 국내 과거 사고사례를 선정하여 FRAM을 이용하여 분석함으로써 FRAM 기반의 사고분석의 방법을 정리하고 장점을 검증하였다.
- 서동현 등(2020)은 화학공장에서 일상작업 중에 발생한 화재 사고에 대해 AcciMap, STAMP, FRAM 등으로 분석하고 그 결과를 다음과 같이 정리하였다.
  - AcciMap은 사고 원인을 구조적인 다이어그램으로 표현하여 사고 원인 관련 요인들 간의 관계를 쉽게 보여줄 수 있는 장점이 있지만, 업무의 단계별 구분이 어려운 것으로 보고하였다.
  - STAMP는 업무의 단계별로 모형화가 가능했고, 각 조직의 구성요소별 안전책임, 결함, 권고사항을 세세하게 분석할 수 있는 장점이 있었지만, 가장 많은 데이터를 필요로 하고 시간도 오래 소요되었다. 그러나 그에 따른 사고 원인 관련 요소와 권고사항을 도출할 수 있는 것으로 보고하였다.
  - FRAM은 기능을 추가하거나 삭제하기가 비교적 쉽고 각 기능 간의 연결 관계를 모델을 통해 쉽게 파악할 수 있는 장점이 있었지만, 노드(기능)의 수가 많아지면 기능 간의 관계가 복잡해져 생성된 모델을 직관적으로 알아보기 어려운 것으로 보고하였다.



## Ⅱ. 협력업체 관련 현황 및 산업재해

.....



## II. 협력업체 관련 현황 및 산업재해

### 1. 국내 협력업체 관련 현황

#### 1) 산업별 고용형태

고용노동부에서는 산업별 고용형태<sup>3)</sup>를 매년 발표하고 있는데, 2020년 자료는 <표 II-1>과 같다. 2020년 공시 대상 사업장의 전체 근로자수는 5,002천명이었는데, 제조업이 1,525천명(30.5%)으로 가장 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 파견·하도급·용역 등과 같은 소속 외 근로자<sup>4)</sup> 비율은 건설업이 47.4%로 가장 높고, 농업·임업·어업(23.8%), 제조업(20.7%) 순으로 나타났다.

한국표준산업 중분류 기준에 따른 제조업의 고용형태 현황은 <표 II-2> 및 [그림 II-1]과 같다. 소속 외 근로자는 조선(62.0%), 철강금속(41.0%), 화학물질(19.6%), 음식료(19.3%) 순으로 비율이 높은 것으로 나타났다. 그리고 기계 및 장비(7.9%), 자동차 및 트레일러(11.8%), 전기장비(13.6%) 순으로 낮은 것으로 나타났다.

3) 고용정책기본법 제15조의2에 따라 상시 300인 이상의 근로자를 사용하는 사업주가 근로자의 고용형태 현황을 고용안정정보망에 공시

4) 공시의무 사업주의 '사업장 내'에서 사업주간 파견, 용역, 도급계약에 의해 근무하는 근로자 (아웃소싱 등 포함) 예) 청소, 경비, 주차장 관리, 전산·홍보 지원, 비서, 사무보조, 생산라인 등에 종사하는 파견·하도급·용역 근로자

〈표 II-1〉 2020년 산업별(업종별) 고용형태

(단위: 천명, %)

| 구분                          | 전체 근로자 수 ( A = B + C ) |                 |                    |                 |              |               |                   |               |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|---------------|-------------------|---------------|
|                             |                        | 소속근로자(B=㉠+㉡)    |                    |                 |              |               | 소속외<br>근로자<br>(C) |               |
|                             |                        |                 | 단시간<br>(1=<br>㉡+㉢) | 기간없음 (㉠)        | 단시간<br>(2)   | 기간제 (㉡)       |                   | 단시간<br>(3)    |
| 전체                          | 5,002                  | 4,088<br>(81.7) | 234<br>(5.7)       | 3,165<br>(77.4) | 86<br>(2.7)  | 924<br>(22.6) | 148<br>(16.1)     | 913<br>(18.3) |
| 농업, 임업 및 어업                 | 2                      | 1.6<br>(76.2)   | 0.2<br>(11.9)      | 1.3<br>(79.5)   | 0<br>(6.8)   | 0.3<br>(20.5) | 0.1<br>(31.6)     | 0.5<br>(23.8) |
| 광업                          | 1                      | 1<br>(100)      | 0<br>(0.0)         | 1<br>(93.7)     | 0<br>(0.0)   | 0<br>(6.3)    | 0<br>(0.0)        | 0<br>(0.0)    |
| 제조업                         | 1,525                  | 1,209<br>(79.3) | 5<br>(0.4)         | 1,159<br>(95.9) | 3<br>(0.3)   | 50<br>(4.1)   | 2<br>(3.3)        | 316<br>(20.7) |
| 전기, 가스, 증기 및<br>공기조절 공급업    | 7                      | 6<br>(87.5)     | 0<br>(0.2)         | 6<br>(95.5)     | 0<br>(0.0)   | 0<br>(4.5)    | 0<br>(5.0)        | 1<br>(12.5)   |
| 수도, 하수 및 폐기물<br>처리, 원료 재생업  | 11                     | 10<br>(98.7)    | 0<br>(0.9)         | 9<br>(84.8)     | 0<br>(0.4)   | 2<br>(15.2)   | 0<br>(3.9)        | 0<br>(1.3)    |
| 건설업                         | 509                    | 268<br>(52.6)   | 7<br>(2.6)         | 100<br>(37.5)   | 297<br>(0.3) | 168<br>(62.5) | 7<br>(4.0)        | 241<br>(47.4) |
| 도매 및 소매업                    | 408                    | 331<br>(81.1)   | 45<br>(13.5)       | 286<br>(86.5)   | 30<br>(10.6) | 45<br>(13.5)  | 15<br>(32.6)      | 77<br>(18.9)  |
| 운수 및 창고업                    | 249                    | 203<br>(81.4)   | 2<br>(1.0)         | 173<br>(85.4)   | 1<br>(0.4)   | 30<br>(14.6)  | 1<br>(4.6)        | 46<br>(18.6)  |
| 숙박 및 음식점업                   | 162                    | 136<br>(83.7)   | 59<br>(43.2)       | 92<br>(67.6)    | 27<br>(29.0) | 44<br>(32.4)  | 32<br>(72.7)      | 27<br>(16.3)  |
| 정보통신업                       | 260                    | 238<br>(91.6)   | 9<br>(3.7)         | 218<br>(91.6)   | 5<br>(2.4)   | 20<br>(8.4)   | 3<br>(17.4)       | 22<br>(8.4)   |
| 금융 및 보험업                    | 334                    | 271<br>(81.0)   | 7<br>(2.6)         | 240<br>(88.8)   | 2<br>(0.6)   | 30<br>(11.2)  | 6<br>(18.4)       | 63<br>(19.0)  |
| 부동산업                        | 117                    | 103<br>(88.7)   | 5<br>(5.1)         | 49<br>(47.1)    | 1<br>(2.0)   | 55<br>(52.9)  | 4<br>(7.9)        | 13<br>(11.3)  |
| 전문, 과학 및 기술<br>서비스업         | 171                    | 146<br>(85.1)   | 3<br>(2.1)         | 119<br>(81.9)   | 1<br>(0.5)   | 26<br>(18.1)  | 2<br>(9.4)        | 26<br>(14.9)  |
| 사업시설 관리, 사업 지원<br>및 임대 서비스업 | 666                    | 632<br>(94.9)   | 31<br>(5.0)        | 335<br>(53.0)   | 10<br>(3.0)  | 297<br>(47.0) | 21<br>(7.2)       | 34<br>(5.1)   |
| 공공행정, 국방 및<br>사회보장 행정       | 24                     | 21<br>(86.0)    | 1<br>(2.7)         | 16<br>(78.5)    | 0<br>(0.0)   | 4<br>(21.5)   | 1<br>(12.3)       | 3<br>(14.0)   |
| 교육 서비스업                     | 223                    | 202<br>(90.6)   | 31<br>(15.5)       | 121<br>(59.9)   | 1<br>(0.5)   | 81<br>(40.1)  | 31<br>(38.0)      | 21<br>(9.4)   |
| 보건업 및 사회복지<br>서비스업          | 250                    | 233<br>(93.0)   | 23<br>(10.0)       | 178<br>(76.6)   | 5<br>(2.7)   | 55<br>(23.4)  | 19<br>(34.0)      | 18<br>(7.0)   |
| 예술, 스포츠 및<br>여가관련 서비스업      | 17                     | 16<br>(90.3)    | 1<br>(8.5)         | 12<br>(77.9)    | 0<br>(1.6)   | 3<br>(22.1)   | 1<br>(32.8)       | 2<br>(9.7)    |
| 협회 및 단체, 수리 및<br>기타 개인 서비스업 | 66                     | 63<br>(95.4)    | 5<br>(7.4)         | 49<br>(78.2)    | 1<br>(2.1)   | 14<br>(21.8)  | 4<br>(26.1)       | 3<br>(4.6)    |

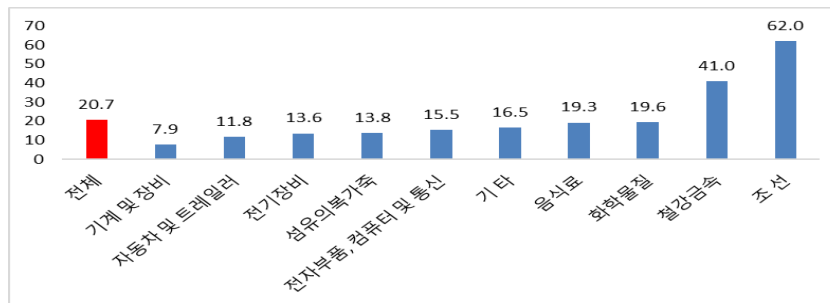
[출처: 고용노동부, 2020년 고용형태 공시 결과]

〈표 II-2〉 2020년 제조업 고용형태

(단위: 천명, %)

| 구분          |                   | 전체 근로자 수 ( A = B + C ) | 소속근로자(B=㉠+㉡) |                    |           |            |         |            | 소속 외<br>근로자<br>(C) |
|-------------|-------------------|------------------------|--------------|--------------------|-----------|------------|---------|------------|--------------------|
|             |                   |                        |              | 단시간<br>(①=<br>②+③) | 기간 없음 (㉠) |            | 기간제 (㉡) |            |                    |
|             |                   |                        |              |                    |           | 단시간<br>(②) |         | 단시간<br>(③) |                    |
|             |                   |                        |              |                    |           |            |         |            |                    |
| 전산업         |                   | 5,002                  | 4,089        | 234                | 3,165     | 86         | 924     | 148        | 913                |
|             |                   |                        | (81.7)       | (5.7)              | (77.4)    | (2.7)      | (22.6)  | (16.1)     | (18.3)             |
| 비제조업        |                   | 3,477                  | 2,880        | 230                | 2,006     | 83         | 874     | 147        | 597                |
|             |                   |                        | (82.8)       | (8.0)              | (69.7)    | (4.1)      | (30.3)  | (16.8)     | (17.2)             |
| 제조업         |                   | 1,525                  | 1,209        | 5                  | 1,159     | 3          | 50      | 2          | 316                |
|             |                   |                        | (79.3)       | (0.4)              | (95.9)    | (0.3)      | (4.1)   | (3.3)      | (20.7)             |
| 제<br>조<br>업 | 음식료               | 121                    | 98           | 1                  | 92        | 0          | 6       | 1          | 23                 |
|             |                   |                        | (80.7)       | (1.3)              | (93.8)    | (0.3)      | (6.2)   | (16.1)     | (19.3)             |
|             | 섬유의복가죽            | 25                     | 21           | 0                  | 20        | 0          | 1       | 0          | 3                  |
|             |                   |                        | (86.2)       | (1.4)              | (93.6)    | (1.1)      | (6.4)   | (5.3)      | (13.8)             |
|             | 화학물질              | 126                    | 102          | 0                  | 98        | 0          | 4       | 0          | 25                 |
|             |                   |                        | (80.4)       | (0.1)              | (95.9)    | (0.1)      | (4.1)   | (1.4)      | (19.6)             |
|             | 철강금속              | 98                     | 58           | 0                  | 56        | 0          | 2       | 0          | 40                 |
|             |                   |                        | (59.0)       | (0.1)              | (96.4)    | (0.1)      | (3.6)   | (1.5)      | (41.0)             |
|             | 전자부품, 컴퓨터<br>및 통신 | 416                    | 352          | 1                  | 342       | 1          | 9       | 0          | 65                 |
|             |                   |                        | (84.5)       | (0.2)              | (97.4)    | (0.2)      | (2.6)   | (0.9)      | (15.5)             |
|             | 전기장비              | 48                     | 41           | 0                  | 37        | 0          | 4       | 0          | 6                  |
|             |                   |                        | (86.4)       | (1.2)              | (90.8)    | (1.0)      | (9.2)   | (0.4)      | (13.6)             |
|             | 기계 및 장비           | 72                     | 66           | 1                  | 63        | 0          | 3       | 0          | 6                  |
|             |                   |                        | (92.1)       | (0.8)              | (95.5)    | (0.8)      | (4.5)   | (1.7)      | (7.9)              |
|             | 자동차 및<br>트레일러     | 242                    | 213          | 0                  | 205       | 0          | 8       | 0          | 29                 |
|             |                   |                        | (88.2)       | (0.2)              | (96.2)    | (0.2)      | (3.8)   | (0.7)      | (11.8)             |
| 조 선         | 125               | 48                     | 0            | 45                 | 0         | 2          | 0       | 78         |                    |
|             |                   | (38.0)                 | (0.0)        | (95.3)             | (0.0)     | (4.7)      | (0.1)   | (62.0)     |                    |
| 기 타         | 253               | 211                    | 1            | 201                | 0         | 10         | 0       | 42         |                    |
|             |                   | (83.5)                 | (0.3)        | (95.3)             | (0.1)     | (4.7)      | (3.0)   | (16.5)     |                    |

[출처: 고용노동부, 2020년 고용형태 공시 결과]



[그림 II-1] 2020년 제조업 소속 외 근로자 비율(중분류 기준, %)

[출처: 고용노동부, 2020년 고용형태 공시 결과]

## 2) 사내 하도급 활용 규모)

2008년 노동부 조사에 따르면 300인 이상 기업의 사내 협력업체 근로자는 368,590명으로, 사내하도급을 활용하고 있는 모기업(원청) 근로자의 28.0% 수준이었다. 사내 협력업체 활용 비중은 조선 100%, 철강 92.6%, 자동차 86.4%, 기계 72.5%, 화학 72.1%의 순이며 모기업(원청) 근로자 대비 사내 협력업체 근로자 활용 비중은 조선 122.1%, 철강 70.8%, 화학 24.8%였다 <표 II-3>(은수미, 2012).

제조업뿐만 아니라 사무판매서비스업에서도 사내 협력업체를 활용하고 있는 사업장 비중이 43.8%에 이르러, 사내하도급이 기술적인 특성과 공정의 차이에도 불구하고 광범위하게 확산되어 있음을 시사하고 있다. 또한 사내 협력업체를 활용하는 비중은 공기업이 75.8%로 민간기업의 58.0%에 비해 높으며, 사내 협력업체 활용 업체의 모기업(원청) 근로자 대비 사내 협력업체 근로자의 비중도 공기업이 27.9%로 민간기업 16.9%보다 높은 것으로 나타났다(은수미, 2012).

5) 은수미(2012) “한국의 사내하도급현황과 대안”(월간노동리뷰 2012년1월호 PP. 85-94)에 수록된 내용을 인용하여 작성함

〈표 II-3〉 사내하도급 활용 실태(2008년)

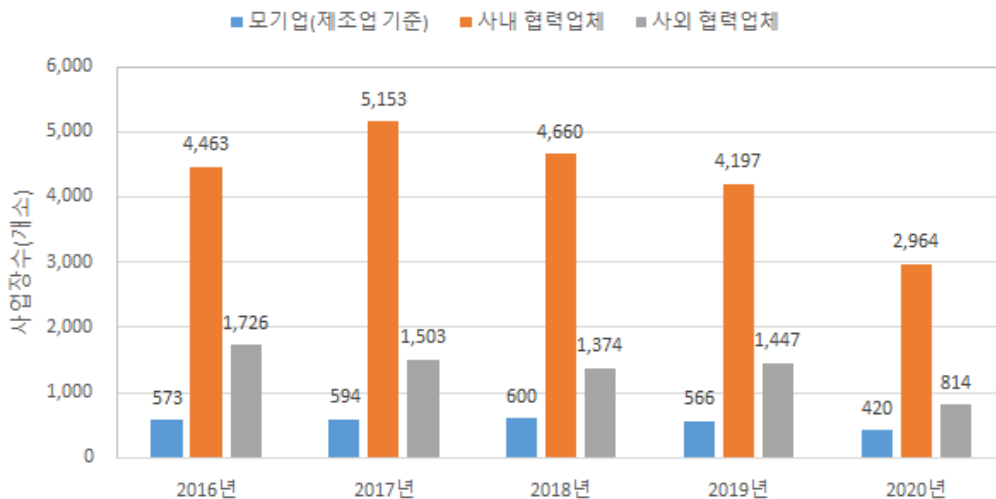
| 구분          | 사업체                   |            |           |        | 근로자        |           |                 |         |
|-------------|-----------------------|------------|-----------|--------|------------|-----------|-----------------|---------|
|             | 대기업                   |            |           | 하청     | 대기업        |           |                 | 하청      |
|             |                       | 미활용        | 활용        |        |            | 미활용       | 활용              |         |
|             |                       | A          | B         |        |            | C         | D               |         |
| 전체          | 1,764                 | 801        | 963       | 10,717 | 1,958,556  | 641,151   | 1,317,405       | 368,590 |
| 기계          | 109                   | 30         | 79        | 621    | 80,378     | 12,937    | 67,441          | 12,128  |
| 자동차         | 22                    | 3          | 19        | 330    | 114,255    | 1,750     | 112,505         | 19,541  |
| 전기전자        | 169                   | 63         | 106       | 1,075  | 226,835    | 39,558    | 187,277         | 26,116  |
| 철강          | 27                    | 2          | 25        | 475    | 41,529     | 720       | 40,809          | 28,912  |
| 조선          | 16                    |            | 16        | 847    | 64,847     |           | 64,847          | 79,160  |
| 화학          | 111                   | 31         | 80        | 565    | 89,176     | 23,104    | 66,072          | 16,401  |
| 사무판매<br>서비스 | 868                   | 488        | 380       | 3,652  | 970,993    | 435,834   | 535,159         | 122,456 |
| 기타          | 442                   | 184        | 258       | 3,152  | 370,543    | 127,248   | 243,295         | 63,876  |
| 구분          | 사내<br>하도급<br>활용<br>비중 | 사업체 규모     |           |        | 원청업체 1개소 당 |           |                 |         |
|             |                       | 미활용<br>대기업 | 활용<br>대기업 | 하청     | 하청<br>업체   | 하청<br>근로자 | 하청<br>근로자<br>비중 |         |
|             |                       | C/A        | E/B       | F/C    | G/D        | D/C       | G/C             | G/F*100 |
| 전체          | 54.6                  | 800        | 1,368     | 34     | 9          | 383       | 28              |         |
| 기계          | 72.5                  | 431        | 854       | 20     | 12.7       | 154       | 18              |         |
| 자동차         | 86.4                  | 583        | 5,921     | 59     | 5.8        | 1,028     | 17.4            |         |
| 전기전자        | 62.7                  | 628        | 1,767     | 24     | 9.9        | 246       | 13.9            |         |
| 철강          | 92.6                  | 360        | 1,632     | 61     | 5.3        | 1,156     | 70.8            |         |
| 조선          | 100                   |            | 4,053     | 93     | 1.9        | 4,948     | 122.1           |         |
| 화학          | 72.1                  | 745        | 826       | 29     | 14.2       | 205       | 24.8            |         |
| 사무판매<br>서비스 | 43.8                  | 893        | 1,408     | 34     | 10.4       | 322       | 22.9            |         |
| 기타          | 58.4                  | 692        | 943       | 20     | 8.2        | 248       | 26.3            |         |

(출처: 은수미, 한국의 사내하도급현황과 대안, 월간노동리뷰 2012년1월호 PP. 85-94, 한국노동연구원, 2012)

## 2. 제조업 사업장의 협력업체 현황

### 1) 전체 현황(안전보건 공생협력 프로그램 참여사업장 기준)

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업과 그 협력업체 자료를 기반으로 제조업 사업장의 협력업체 관련 현황을 파악하였다. 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 중 모기업이 제조업인 사업장과 그 협력업체의 현황은 [그림 II-2]와 같다. 2016년부터 2019년까지는 매년 550개소 이상의 모기업이 참여하였으며, 2020년에는 참여 모기업 수가 500개소 이하로 감소하였다. 공생협력 프로그램에 참여한 모기업의 평균 사내 협력업체수는 2016년 7.8개소, 2017년 8.7개소, 2018년 7.8개소, 2019년 7.4개소, 2020년 7.1개소였고, 전체 평균은 7.8개사인 것으로 나타났다.



[그림 II-2] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장 현황(제조업 기준)

## 2) 중업종 기준 현황

“고용보험 및 산업재해보상보험의 보험료징수 등에 관한 법률”에 따른 “사업종류별 산재보험료율(고용노동부고시 제2020-145호)”에 따라 모기업이 제조업으로 분류된 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장의 사내 및 사외 협력업체수 합계는 [그림 II-3]의 f)에 나타난 값과 같다. 이 업체 수는 2016년부터 2020년까지 합산한 값으로, 동일한 사업장이 여러 번 참석하였을 경우 참여한 횟수를 모두 사업장수로 계산하였다.

중업종으로 기준으로 가장 많은 수의 모기업이 참여한 업종은 기계기구·금속·비금속광물제품제조업으로 1,026개사가 참여하였다. 다음으로 전기기계기구·정밀기구·전자제품제조업, 화학및고무제품제조업 순이었다. 참여 사업장을 연도별로 구분하면 [그림 II-3]의 a) ~ e)와 같다. 참고로, 기타 업종은 선박건조및수리업, 수제품및기타제품제조업, 출판·인쇄·제본또는인쇄물가공업이다.

공생협력프로그램에 참여하는 업체가 매년 변경되지만 [그림 II-3]의 a)~e)를 보면 모기업의 업종별로 사내 협력업체의 분포가 매년 유사한 수준을 보이고 있다. 따라서 공생협력프로그램에 참여한 협력업체를 연도별로 구분하지 않고 참여사업장 전체를 한 번에 분석해도 재해 발생 경향 파악에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

화학공장의 위험작업 관리 효율화와 사고에 대한 시스템 이론적 분석 연구



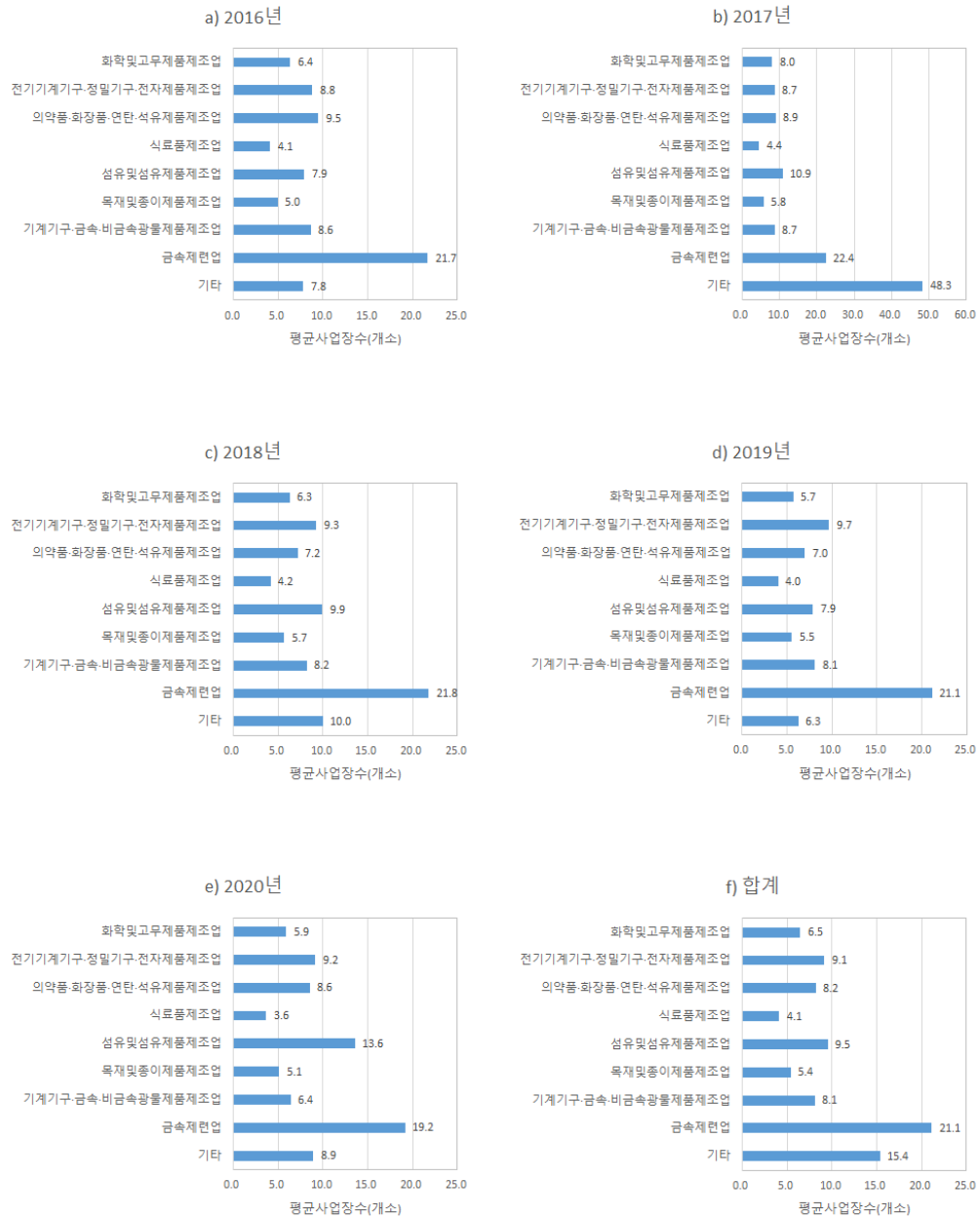
[그림 II-3] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장 현황(제조업 종업종 기준)

### 3) 모기업당 평균 사내 협력업체

[그림 II-4]에는 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 제조업 모기업의 중업종을 기준으로 모기업 당 평균 사내 협력업체수를 나타내었다. 그림에서 금속제련업의 평균 사내 협력업체수는 21.1개사로 나타나 식료품제조업이나 목재및종이제품제조업보다는 상대적으로 많은 사내 협력업체를 통해 업무를 수행하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 금속제련업에 속한 모기업은 대부분 제철소나 제련소와 같은 근로자수가 많은 대기업이 포함되어 있기 때문인 것으로 파악되었다. 화학및고무제품제조업은 평균 사내 협력업체수가 6.5개사로 다른 업종에 비해서는 협력업체수가 많지 않은 것으로 나타났다.

공생협력프로그램에 참여하는 업체가 매년 변경되지만 [그림 II-4]의 a)~e)를 보면 모기업의 중업종별 평균 사내 협력업체수는 매년 유사한 수준을 보이고 있다. 다만 2017년에는 기타에 선박건조및수리업 사업장 중 대규모사업장 2개소가 포함되어 다른 연도보다 기타 사업장의 사내 협력업체수가 증가한 것으로 파악되었다. 따라서 공생협력프로그램에 참여한 협력업체를 연도별로 구분하지 않고 참여사업장 전체를 한 번에 분석해도 재해 발생 경향 파악에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

참고로, 모기업의 협력업체를 연도별로 추적하여 분석한다면 좀 더 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단되었지만, 공생협력프로그램에 참여한 사업장은 매년 참여한 곳도 있고 한 해만 참여한 곳도 있기 때문에 연도별 변화 분석에는 한계가 있었다.



[그림 Ⅱ-4] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장의 평균 사내 협력업체 수 (제조업 중업종 기준)

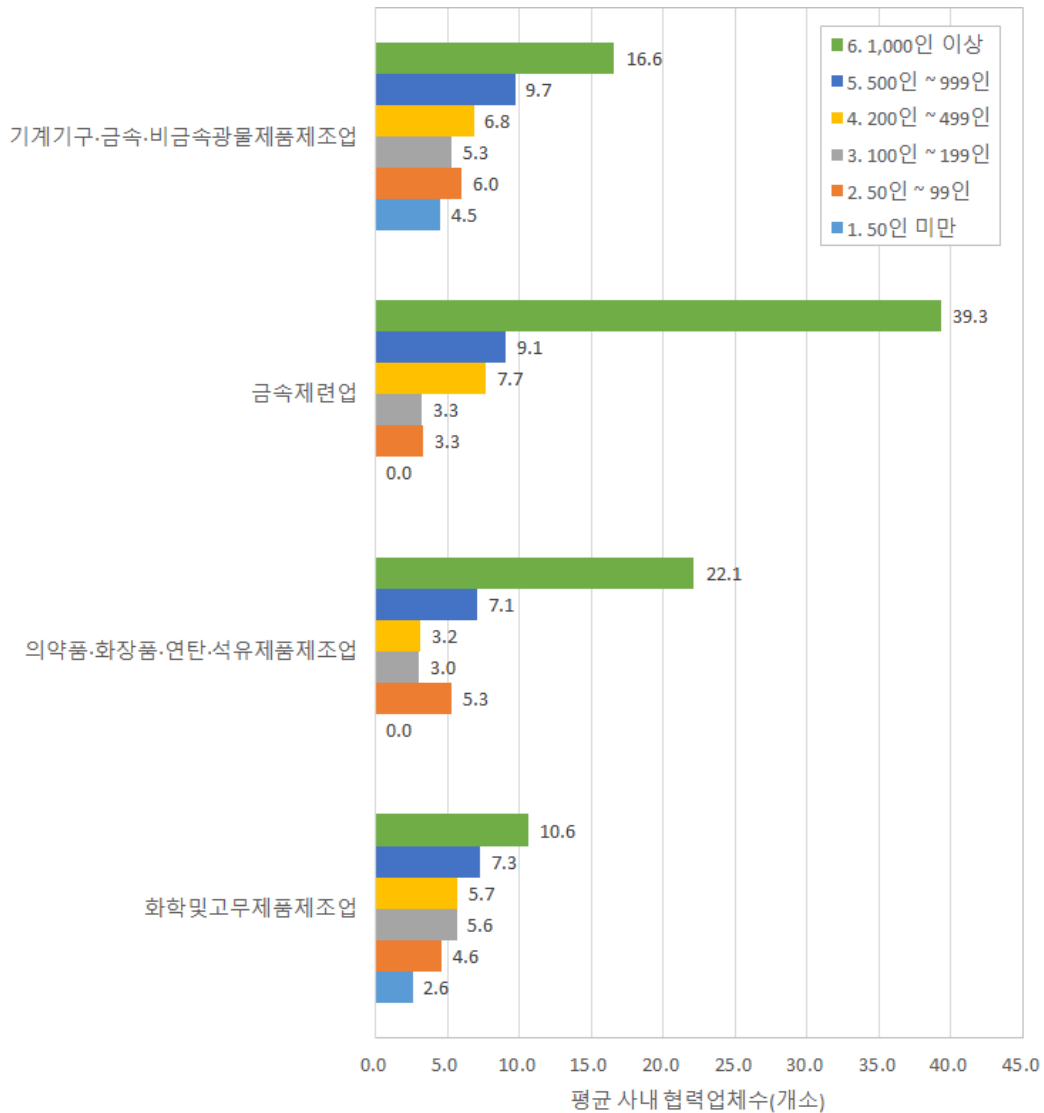
#### 4) 주요 업종의 사업장 규모별 모기업당 평균 사내 협력업체

모기업의 규모별로 평균 사내 협력업체수를 살펴보면 [그림 II-5]와 같이 사업장의 규모가 클수록 사내 협력업체수가 증가하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 특히, 금속제련업에서는 사업장의 규모가 클수록 사내 협력업체를 많이 활용하는 것으로 나타났고, 근로자수가 1,000인 이상인 사업장에서는 평균 약 39개사의 사내 협력업체를 보유하고 있는 것으로 나타났다.

화학및고무제품제조업에서도 모기업의 근로자수 규모가 증가함에 따라 사내 협력업체수도 순차적으로 증가하는 경향을 보였지만 다른 업종보다 그 수는 많지 않은 것으로 나타났다. 그리고 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업과 금속제련업은 근로자수 1,000인 이상인 사업장에서 사내 협력업체 활용 규모가 급격하게 증가하는 것으로 나타났다.

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 제조업 사업장 중에서 가장 많은 사업장이 참여한 기계기구금속비금속광물제품제조업도 모기업의 규모가 커짐에 따라 협력업체수도 순차적으로 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 모기업의 업종 및 규모에 따라 사내 협력업체의 활용 규모가 다르게 나타났는데, 세부적인 특성은 뒤에서 제시되는 소업종별 분석 결과에서 확인할 수 있다.

참고로, [그림 II-5]에 제시된 결과는 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장만을 대상으로 협력업체수를 파악했기 때문에 국내 전체 사업장을 대상으로 분석한 결과와는 차이가 있을 수 있다. 그러나 국내 사업장의 협력업체 관련 경향은 파악이 가능할 것으로 판단된다.



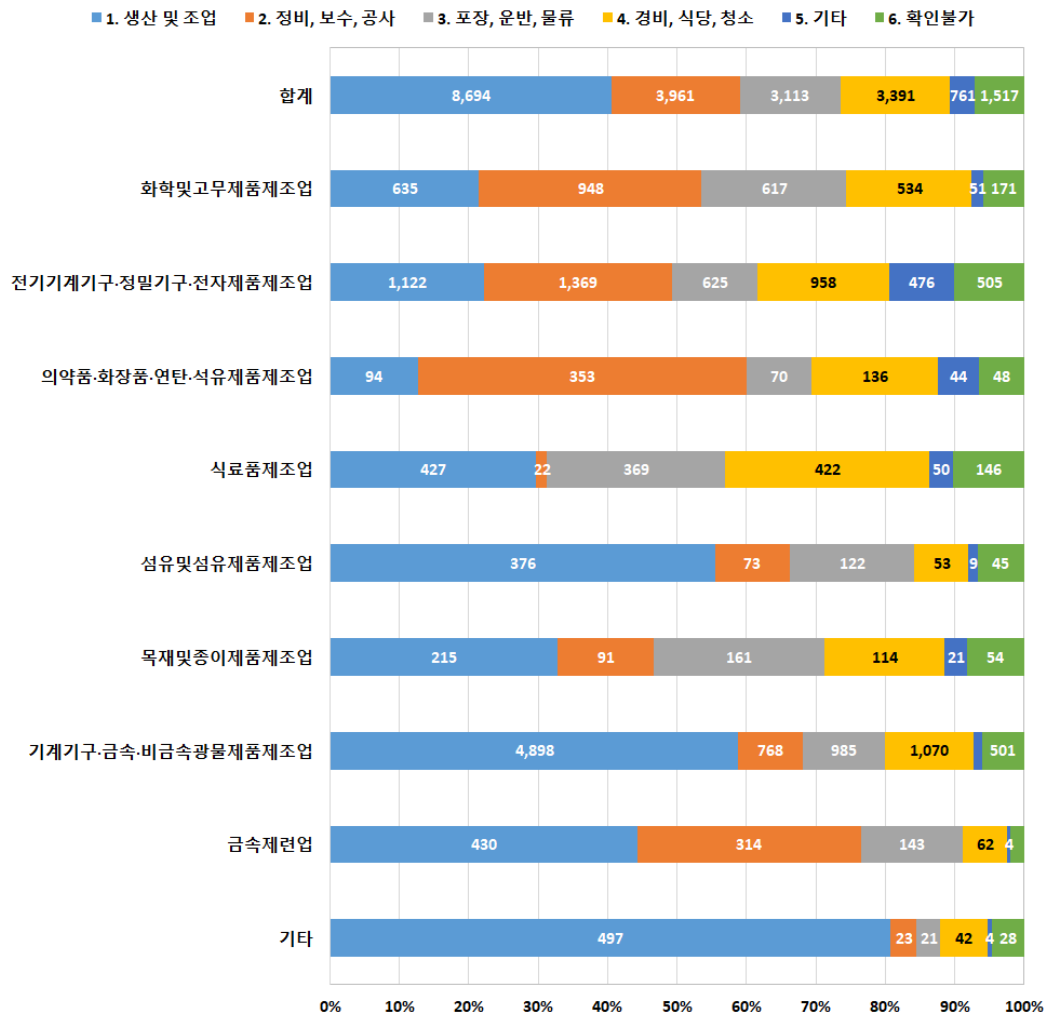
[그림 II-5] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사업장의 모기업 규모별 평균 사내 협력업체 수(2016~2020년, 제조업 중업종 기준)

### 5) 담당 업무별 사내 협력업체

2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 제조업 모기업의 협력업체를 담당업무별로 구분하면, 생산 및 조업을 지원하기 위한 협력업체(8,694개사)가 가장 많은 것으로 나타났다. 정비·보수작업과 사내 공사를 수행하기 위한 협력업체(3,961개사)가 두 번째, 경비·청소·식당을 위한 협력업체(3,391개사)가 세 번째, 포장·운반·물류 작업을 위한 협력업체(3,113개사)가 네 번째였고, 다음이 기타였다(그림 II-6). 기타에는 소방, 안전관리, 환경설비운영, 건물관리 등이 포함되어 있다. 업체와 관련된 내용이 기재되어 있지 않거나 명확하지 않은 것은 확인불가로 분류하였다.

모기업의 중업종별로 사내 협력업체에서 담당하는 업무 분포는 [그림 II-6]과 같다. 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업과 화학및고무제품제조업에서는 정비보수를 담당하는 협력업체가 각각 47.4%와 32.1%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였다. 금속제련업에서는 생산 및 조업 지원을 위한 협력업체가 44.2%(430개사), 사업장 내 설비의 정비·보수·공사를 위한 협력업체가 32.3%(314개사)를 차지하는 것으로 나타났다. 이와 같이 제조업 사업장 중에서도 세부 업종에 따라 사내 협력업체를 활용하는 목적이 서로 다른 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 공생협력프로그램에 참여한 사업장을 중심으로 분석했기 때문에 국내 전체 산업과는 차이가 있을 수 있지만, 협력업체와 관련된 경향을 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단되었다.

위의 분석결과를 보면 사내 협력업체와 관련된 의미 있는 산업재해 특성을 도출하기 위해서는 업종을 세부적으로 구분하여 분석할 필요가 있을 것으로 보인다. 그리고 생산조업과 같은 일상적인 작업을 수행하는 협력업체가 많은 사업장보다는 정비보수와 같이 비일상적인 작업을 수행하는 협력업체가 많은 업종이나 사업장에서 담당하는 작업에 관심을 가질 필요가 있을 것으로 판단된다.



[그림 II-6] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사내 협력업체의 담당 업무별 분포(2016~2020년, 모기업 중업종 기준, 단위: 개소)

## 6) 모기업 규모에 따른 사내 협력업체의 담당 업무

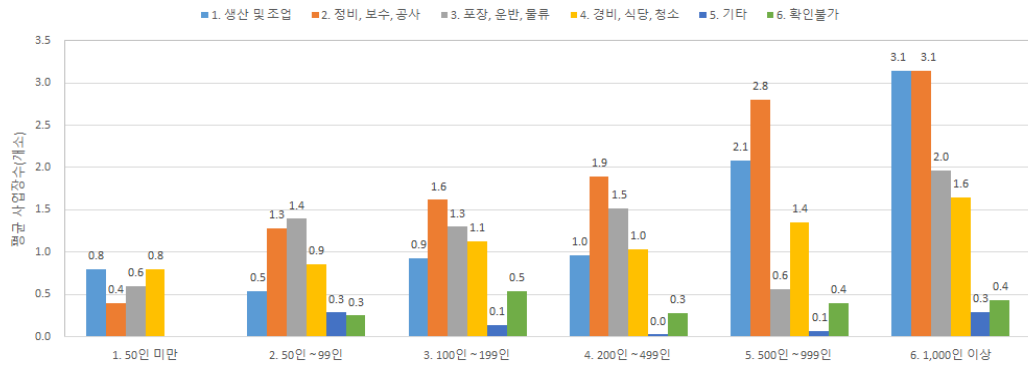
### (1) 화학및고무제품제조업

2016년부터 2020년까지 공생협력프로그램에 참여한 화학및고무제품제조업의 모기업은 생산 및 조업 지원을 위한 협력업체보다는 정비보수를 담당하는 협력업체수가 더 많은 것으로 나타났고, 사업장 규모가 커질수록 협력업체 수도 증가하는 것으로 나타났다[그림 II-7]. 그러나 다른 업종에 비해 평균 사내 협력업체수는 많지 않은 것으로 나타났다.

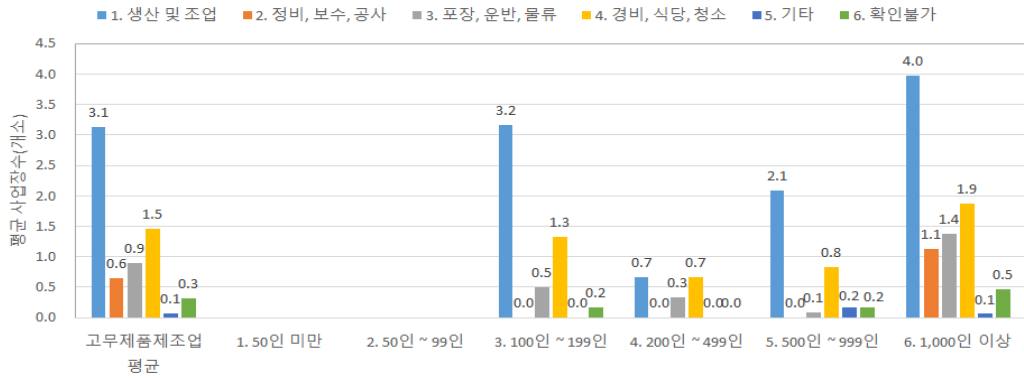
화학및고무제품제조업은 고무제품제조업, 무기 및 유기화학제품제조업 등 9개의 소업종으로 구분된다. 고무제품제조업은 화학공장이라기보다는 기계기구금속비금속광물제품제조업 사업장과 유사한 특성을 가지고 있기 때문에 고무제품제조업과 8개의 소업종을 구분하여 분석하였다.

고무제품제조업의 협력업체 현황은 [그림 II-8]과 같다. 고무제품제조업 사업장은 생산 및 조업을 담당하는 사내 협력업체가 많은 것으로 나타났다. 근로자수 1,000인 이상인 사업장에서 생산 및 조업 지원 협력업체는 평균 4.0개사였으나, 정비보수를 담당하는 협력업체수는 평균 1.1개사 정도인 것으로 나타났다.

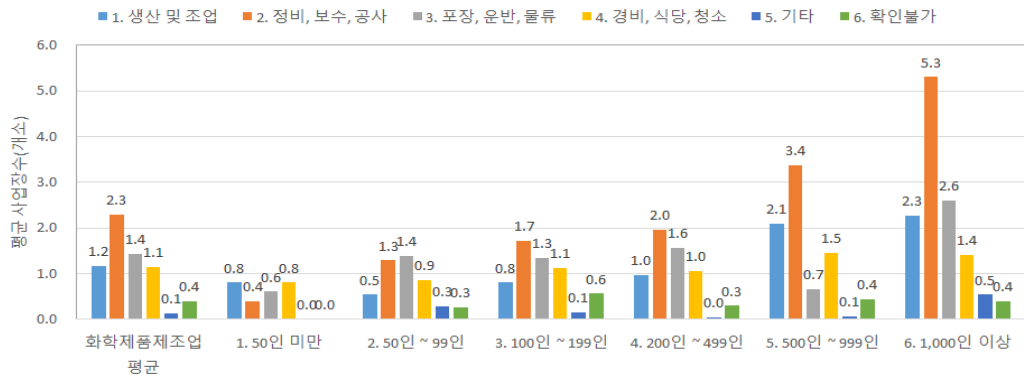
화학및고무제품제조업에서 고무제품제조업을 제외한 모기업의 협력업체 현황은 [그림 II-9]와 같다. 고무제품제조업 이외의 사업장에서는 근로자수 규모가 커질수록 협력업체수가 증가하는 경향을 보였으며 생산보다는 정비보수 협력업체가 약 2배 정도 많은 것으로 나타났다. 특히, 근로자수 1,000인 이상인 사업장의 평균 정비보수 협력업체수는 5.3개사로 생산 및 조업지원을 위한 협력업체수(2.3개사)보다 2배 이상 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 설비 중심으로 운영되는 화학공장의 특성이 반영된 것으로 보인다. 따라서 화학공장의 협력업체 사고는 설비의 정비보수를 담당하는 협력업체 중심으로 분석할 필요가 있을 것으로 판단되었다.



[그림 II-7] 화학및고무제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)



[그림 II-8] 고무제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)



[그림 II-9] 화학제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)

## (2) 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업

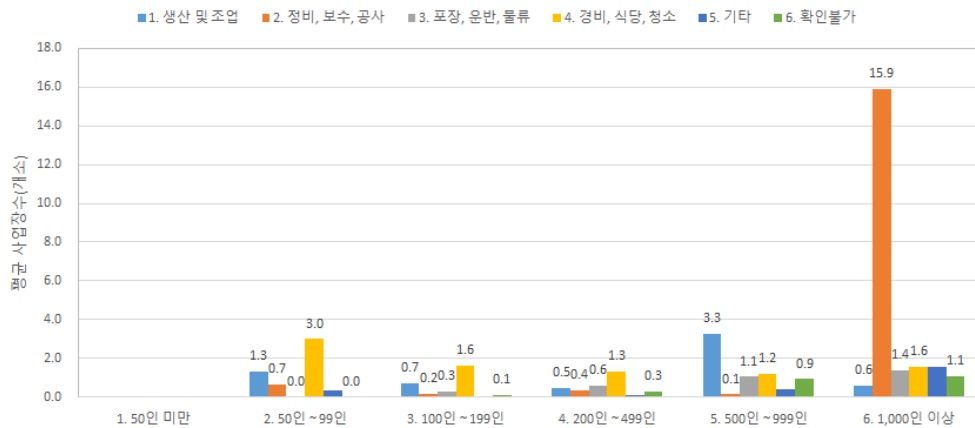
의약품·화장품·연탄·석유제품제조업은 다른 업종에 비해 사내 협력업체수가 상대적으로 적은 것으로 나타났는데, 이 업종에서는 근로자수 1,000인 이상 사업장에서 정비보수를 담당하는 협력업체수가 평균 15.9개사로 다른 업무를 담당하는 협력업체수보다 상대적으로 많은 것으로 나타났다[그림 II-10]. 이러한 결과는 아래에서 제시한 석유정제품제조업의 협력업체 특성이 반영된 결과로 판단되었다.

의약품·화장품·연탄·석유제품제조업은 석유정제품제조업, 의약품및의약부외품제조업, 화장품및향료제조업, 담뱃재건조및담배제품제조업의 4개 소업종으로 구성되어있다. 담배재건조및담배제품제조업은 공생협력프로그램 참여 사업장수가 매년 1개소 이하이고, 업종의 특성도 화학공장과는 다른 점이 많아 세부 분석대상에서 제외하였다.

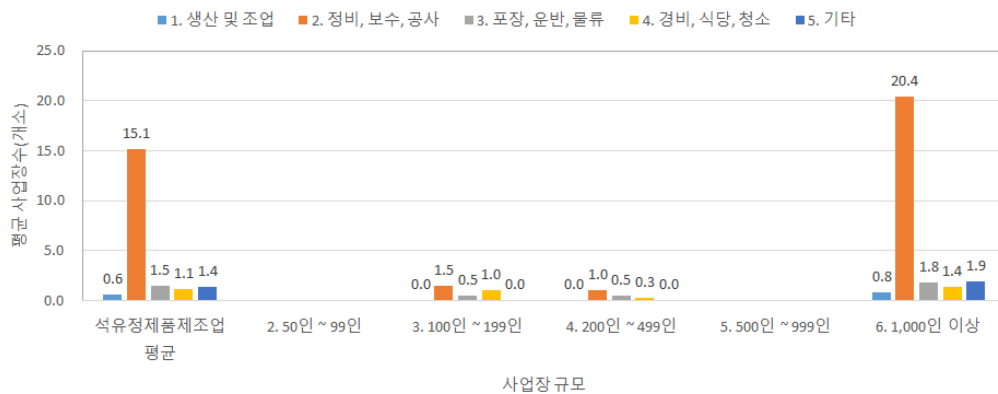
석유정제품제조업 사업장은 대부분 근로자수가 1,000인 이상인 정유공장이 해당되었고, 정비보수를 담당하는 사내 협력업체가 상대적으로 많은 것으로 나타났다[그림 II-11]. 특히, 근로자수 1,000인 이상 사업장의 정비보수 담당 사내 협력업체수 평균은 20.4개사, 다른 업무를 담당하는 사내 협력업체수는 평균 2개사 미만으로 대부분의 협력업체가 정비보수를 담당하는 협력업체인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 장치산업이라는 석유제품제조업의 특성으로 인해 생산 및 조업 공정에서는 협력업체가 수행할 일이 많지 않고, 설비의 정비보수를 위한 사내 협력업체가 필요해서 나타난 결과인 것으로 판단되었다.

의약품제조업은 생산 및 조업 지원을 위한 사내 협력업체수와 정비보수 협력업체수가 다른 업종에 비해 상대적으로 적은 것으로 나타났다[그림 II-12].

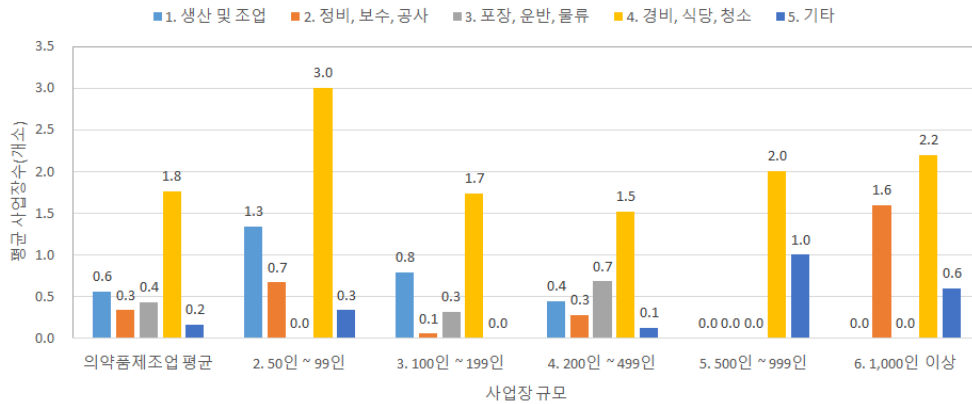
화장품 제조업은 생산 및 조업을 지원하는 협력업체수가 다른 업무 분야의 협력업체보다 많은 것으로 나타났다[그림 II-13].



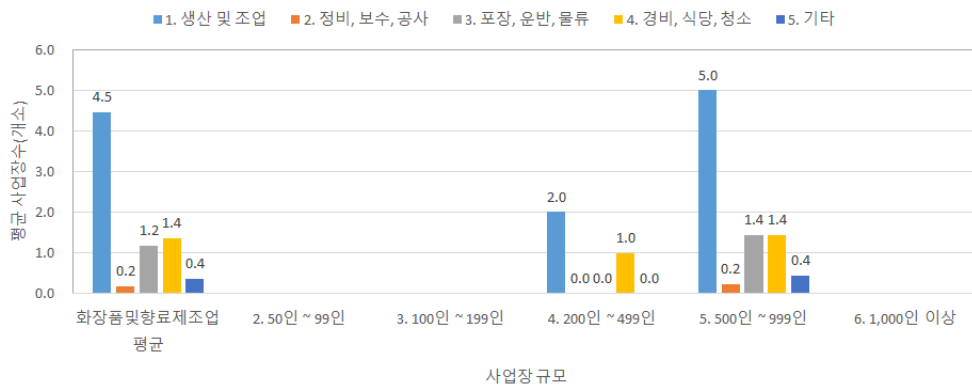
[그림 II-10] 의약품·화학제품·연탄·석유제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수(2016~2020년)



[그림 II-11] 석유정제품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수(2016~2020년)



[그림 II-12] 의약품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)



[그림 II-13] 화장품제조업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)

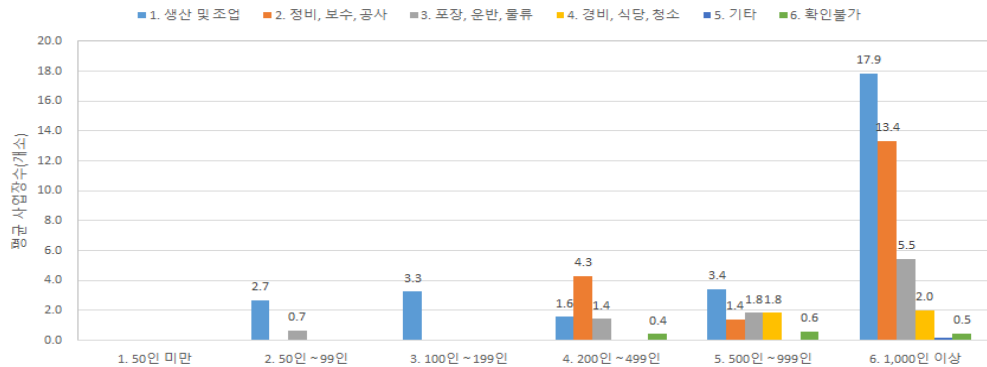
### (3) 금속제련업

금속제련업에서는 사업장의 규모가 커질수록 사내 협력업체수가 증가하는 경향을 보였지만 규모별로 사내 협력업체가 담당하는 업무에는 차이가 있었다. 근로자수가 “200인 이상 500인 미만”인 사업장은 정비보수를 담당하는 협력업체수가 가장 많은 것으로 나타났지만, 이를 제외하면 생산 및 조업 지원을 위한 협력업체수가 가장 많은 것으로 나타났다. 근로자수 1,000인 이상 사업장은 생산 및 조업지원을 위한 사내 협력업체가 평균 17.9개사, 정비보수를 담당하는 사내 협력업체가 평균 13.4개사로 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 200인 미만 사업장 대부분은 생산 및 조업지원을 위한 사내 협력업체만 보유하고 있는 것으로 나타났다[그림 II-14].

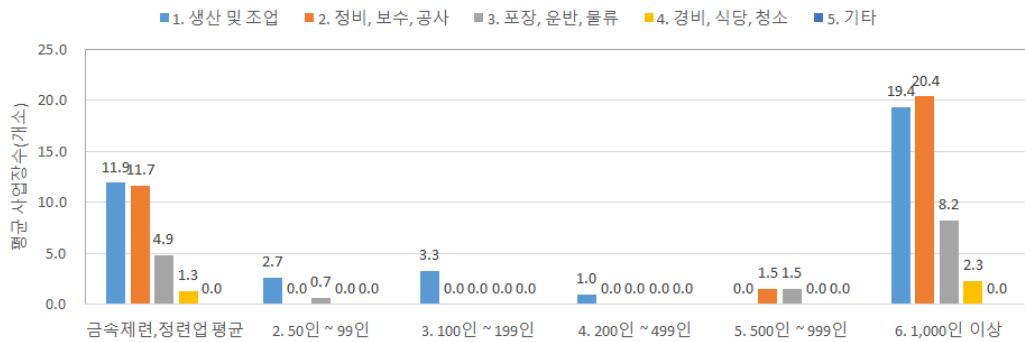
금속제련업은 “금속제련또는정련업”과 “비철금속제련또는정련업”의 두 업종으로 구성되어 있다. “금속제련또는정련업” 사업장은 대부분 제철소 등과 같은 근로자수 1,000인 이상인 대규모 사업장으로 구성되어 있다. 이 업종에서는 정비보수를 담당하는 협력업체가 가장 많은 것으로 나타났고, 생산 및 조업을 지원하는 협력업체와 포장·물류·운반을 담당하는 협력업체 순으로 많은 것으로 나타났다[그림 II-15].

“비철금속제련또는정련업” 사업장은 근로자수 200인 이상의 사업장으로 구성되어 있었으며, 사업장의 규모에 따라 사내 협력업체의 담당 업무가 서로 다른 것으로 나타났다. 근로자수 1,000인 이상 사업장에서는 생산 및 조업을 지원하는 협력업체가 가장 많은 것으로 나타났고, 근로자수 200인 이상 500인 미만인 사업장에서는 정비보수를 담당하는 협력업체가 가장 많은 것으로 나타났다[그림 II-16].

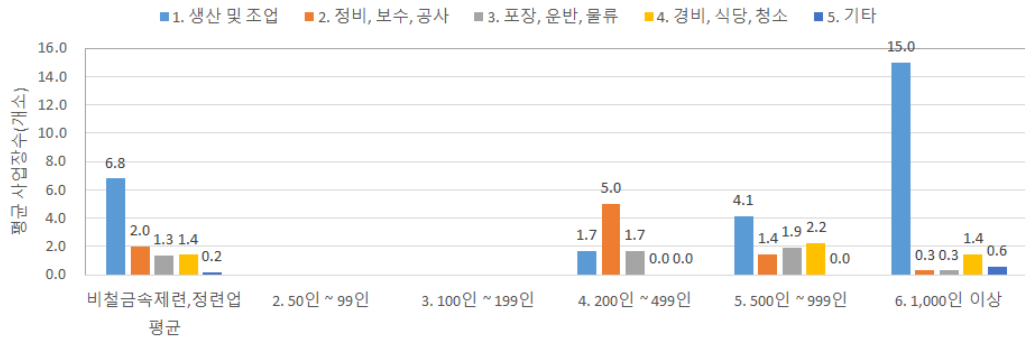
이러한 분석결과를 보면, 금속제련또는정련업 협력업체의 사고를 예방하기 위해서는 생산·조업과 정비보수를 담당하는 사내 협력업체를 중심으로 분석이 필요할 것으로 판단되었고, 비철금속제련또는정련업 사업장에서는 생산 및 조업을 담당하는 협력업체를 중심으로 분석을 수행할 필요가 있을 것으로 판단되었다.



[그림 II-14] 금속제련업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)



[그림 II-15] 금속제련또는정련업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)



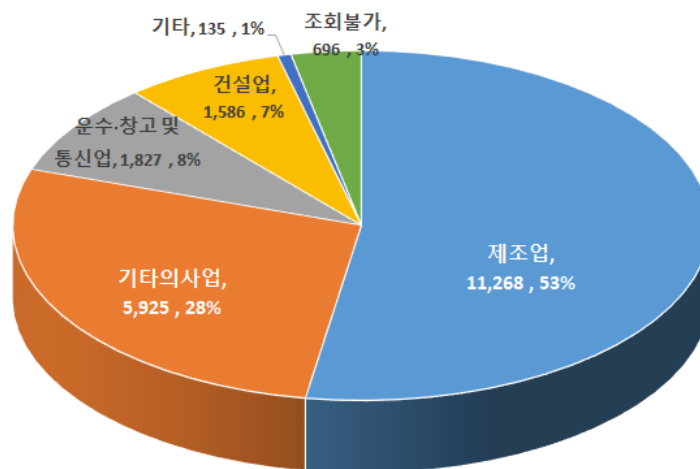
[그림 II-16] 비철금속제련또는정련업의 모기업 규모에 따른 담당 업무별 평균 사내 협력업체 수 (2016~2020년)

### 3. 사내 협력업체의 산업재해

#### 1) 개요

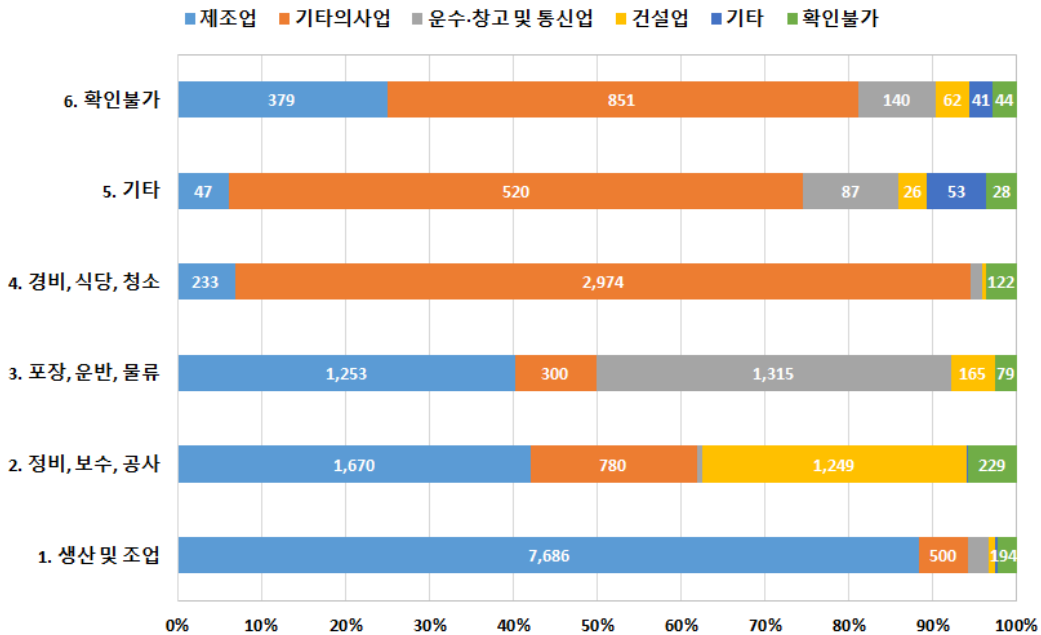
##### (1) 산업재해 분석 대상 사내 협력업체 현황

2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 중 분석대상 사내 협력업체의 업종별 분포는 [그림 II-17]과 같다. 제조업으로 등록된 사내 협력업체가 약 53%(11,268개사)로 가장 높은 비율을 차지하였고, 다음으로 기타의사업(28%), 운수·창고및통신업(8%), 건설업(7%) 순으로 나타났다.



[그림 II-17] 재해분석대상 사내 협력업체의 업종별 분포

사내 협력업체가 담당하는 업무별로 협력업체의 업종을 구분하면, 생산 및 조업 지원 협력업체는 제조업이 90.4%(7,685개사)로 가장 높은 비율을 차지했고, 정비·보수·공사를 담당하는 사내 협력업체는 제조업이 44.7%(1,670), 건설업이 33.5%(1,249개사)를 차지하는 것으로 나타났다. 포장, 운반, 물류를 담당하는 협력업체는 제조업과 운수창고및통신업의 비중이 각각 41.3%와 43.3%로 유사한 수준을 보였다[그림 II-18].



[그림 II-18] 재해분석대상 사내 협력업체의 담당 업무별 업종 분포 (단위: 개사)

## (2) 사내 협력업체의 산업재해 현황

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업 및 사내 협력업체에서 발생한 재해자 현황은 <표 II-4>와 같다. 사업장수 기준으로는 사내 협력업체의 수가 많지만, 근로자수 기준으로는 모기업의 근로자수가 사내 협력업체보다 약 3.5배 많은 것으로 나타났다. 재해자수를 기준으로 보면 모기업이 협력업체보다 약 3.3배가 많아 근로자수 비와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

부상재해자와 질병재해자를 모두 포함하는 재해율은 모기업과 사내 협력업체가 각각 0.31%와 0.33%로 큰 차이를 보이지 않았지만, 생산 및 조업을 담당하는 사내 협력업체의 재해율은 0.42%로 모기업에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 부상자를 기준으로 산출한 사고재해율은 모기업이 0.18%, 사내 협력업체가 0.25%로 사내 협력업체가 높게 나타났다. 사고사망만인율은 사내 협력업체가 0.48, 모기업이 0.18로 협력업체가 2.7배 정도 높게 나타났다.

특히, 정비·보수·공사를 담당하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은 0.65로 모기업 평균 사고사망만인율보다 약 3.6배 높게 나타났다. 그리고 생산 및 조업을 지원하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은 모기업보다 약 3.2배 높은 0.57로 나타났다. 반면에 포장, 운반, 물류를 담당하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은 0.14로 모기업과 큰 차이를 보이지 않았다<표 II-4>.

〈표 II-4〉 제조업 모기업 및 사내 협력업체의 담당 업무별 재해자 현황

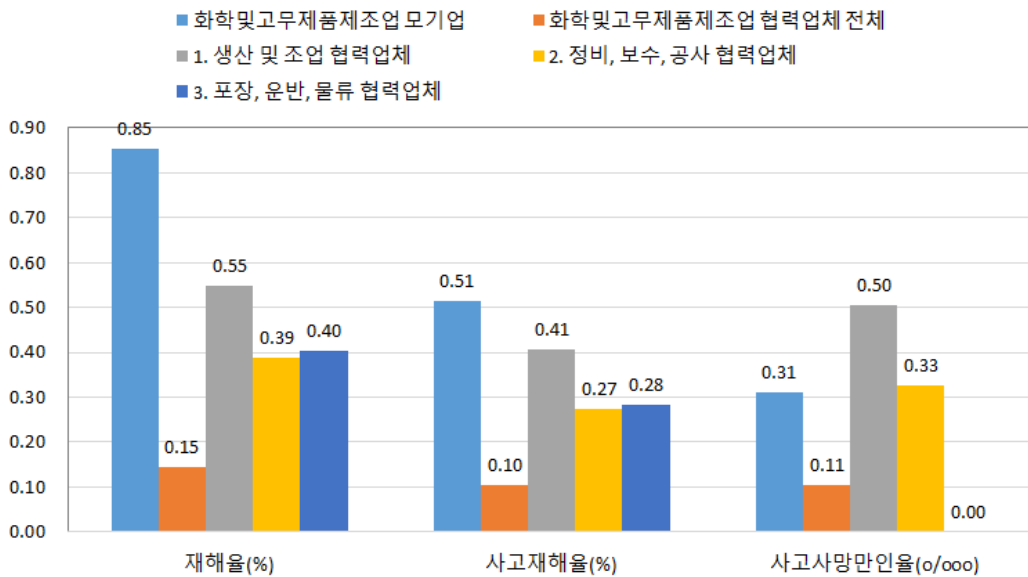
| 구분                | 사업장수   | 근로자수      | 재해자수<br>(재해율, %) | 부상자수<br>(사고재해율, %) | 사고사망자수<br>(사고사망만인율) |
|-------------------|--------|-----------|------------------|--------------------|---------------------|
| 제조업 모기업           | 2,753  | 2,977,146 | 9,206<br>(0.31)  | 5,384<br>(0.18)    | 54<br>(0.18)        |
| 제조업<br>사내 협력업체 소계 | 15,768 | 853,302   | 2,812<br>(0.33)  | 2,118<br>(0.25)    | 41<br>(0.48)        |
| 1. 생산 및 조업        | 8,694  | 423,728   | 1,765<br>(0.42)  | 1,327<br>(0.31)    | 24<br>(0.57)        |
| 2. 정비, 보수, 공사     | 3,961  | 216,317   | 528<br>(0.24)    | 364<br>(0.17)      | 14<br>(0.65)        |
| 3. 포장, 운반, 물류     | 3,113  | 213,257   | 519<br>(0.24)    | 427<br>(0.20)      | 3<br>(0.14)         |

※ 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 기준

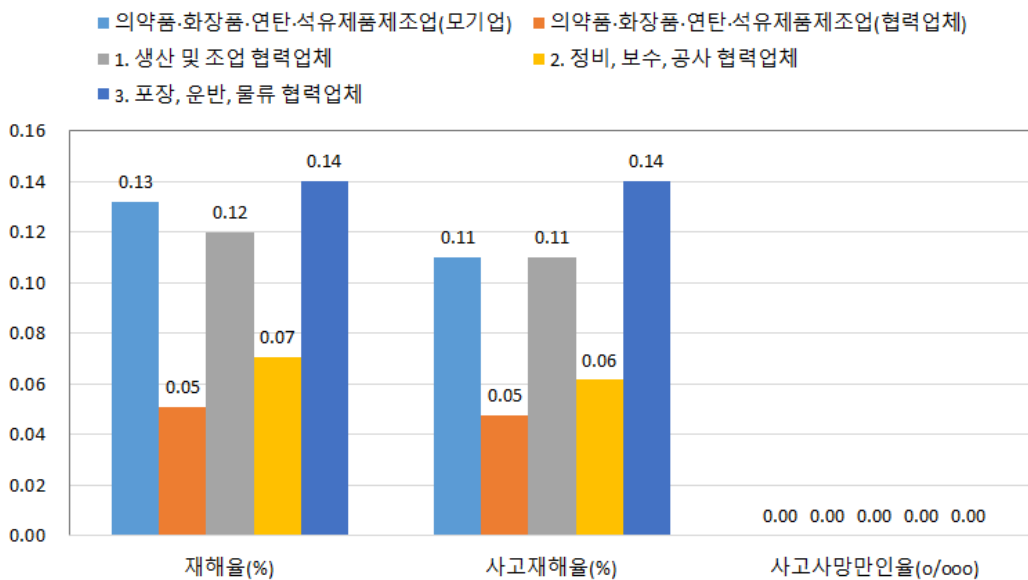
### (3) 모기업 업종별 사내 협력업체의 산업재해 현황

#### ○ 화학및고무제품제조업

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 화학및고무제품제조업 모기업의 재해율은 [그림 II-19]과 같이 0.85%로 협력업체의 재해율보다 높은 것으로 나타났다고, 사고재해율도 0.51%로 협력업체보다 높은 것으로 나타났다. 그러나 사고사망만인율은 생산 및 조업 협력업체가 모기업보다 약 1.6배 높은 것으로 나타나 세부적인 분석이 필요한 것으로 판단되었다. 정비보수 협력업체의 재해율과 사고재해율은 모기업의 절반 수준으로 나타났다지만 사고사망만인율은 모기업과 비슷한 수준을 보였다.



[그림 II-19] 화학및고무제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황 (2016~2020년, 담당 업무별)



[그림 II-20] 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업 사내 협력업체 재해 현황 (2016~2020년, 담당 업무별)

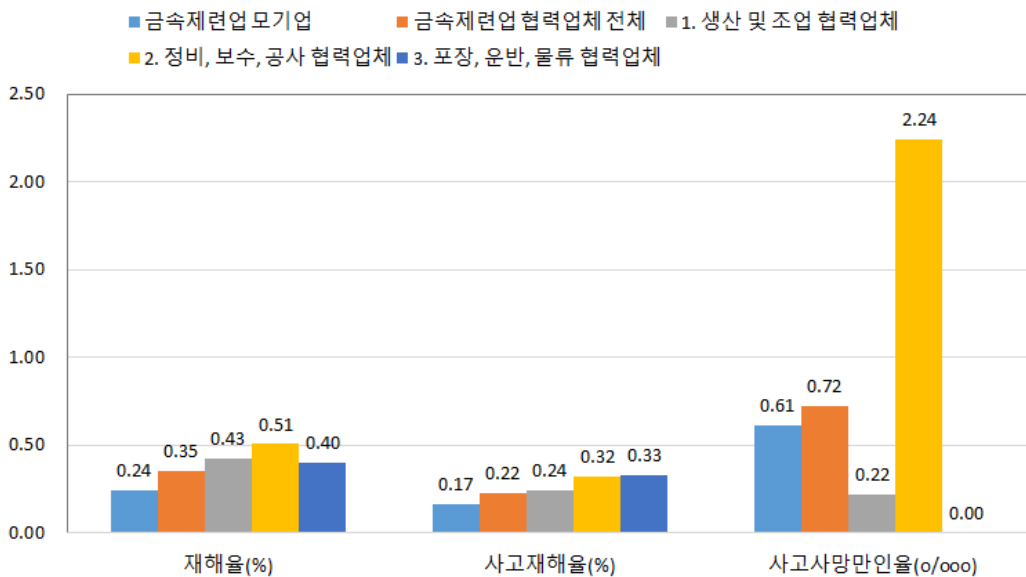
### ○ 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업 모기업의 재해율과 사고재해율은 협력업체보다 높거나 유사한 수준을 나타냈다. 다른 업종에 비해 정비보수 작업 관련 재해율은 상대적으로 낮게 나타났으며, 사고사망자는 모기업과 협력업체 모두 없는 것으로 나타났다[그림 II-20].

### ○ 금속제련업

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 금속제련업 사내 협력업체의 평균 재해율, 사고재해율, 사고사망만인율은 [그림 II-21]과 같이 모기업보다 상대적으로 높게 나타났다. 정비보수공사 협력업체의 경우의 사고사망만인율은 2.24로 모기업 0.61보다 약 3.7배 높은 것으로 나타났고, 재해율과 사고재해율은 약 2배 정도 높게 나타났다. 생산 및 조업 협력업체의 재해율은 0.43%, 사고재해율은 0.24%로 모기업보다 높게 나타났지만, 사고사망만인율은 모기업의 약 1/3 수준인 것으로 나타났다. 운반이나 물류를 담당하는 사내협력업체의 재해율과 사고재해율은 모기업보다 높은 것으로 나타났지만, 사고사망자는 발생하지 않은 것으로 나타났다.

따라서 금속제련업에서는 정비보수를 수행하는 사내 협력업체 작업자의 안전을 확보하기 위한 방안이 필요한 것으로 판단되었고, 이를 위해 정비보수를 담당하는 사내 협력업체에서 발생한 사망사고에 대한 시스템적인 분석을 수행할 필요가 있는 것으로 판단되었다.



[그림 II-21] 금속제련업 사내 협력업체의 재해 현황(2016~2020년, 담당 업무별)

## 2) 화학및고무제품제조업

앞에 언급한 것처럼 화학및고무제품제조업은 고무제품제조업, 무기 및 유기화학제품제조업 등 9개의 소업종으로 구분된다. 9개 업종 중 고무제품제조업은 대부분 타이어 제조업체로 일반적인 화학공장과는 공정 특성에 차이가 있었다. 따라서 앞의 협력업체 현황 분석결과와 같이 고무제품제조업과 화학제품제조업(고무제품제조업을 제외한 8개 소업종)으로 구분하여 분석하였다. 그리고 생산 및 조업, 정비보수, 포장·운반·물류를 담당하는 사내 협력업체에 대해서만 세부 분석을 수행하였다.

〈표 II-5〉에는 모기업의 업종을 고무제품제조업과 화학제품제조업을 구분하여 사내 협력업체의 재해자수, 부상자수, 사망자수를 나타내었다. 생산 및 조업, 정비보수, 포장·운반·물류 담당 협력업체를 기준으로 고무제품제조업의 모기업 근로자수 대비 협력업체 근로자수 비율은 약 17%, 화학제품제조업은 약 6.2%인 것으로 나타났다.

〈표 II-5〉 화학및고무제품제조업 모기업 및 사내 협력업체의 재해 현황

| 구분                    | 사업장수  | 근로자수    | 재해자수  | 부상자수 | 사고 사망자수 |
|-----------------------|-------|---------|-------|------|---------|
| 고무제품제조업 모기업           | 56    | 75,467  | 1,534 | 822  | 4       |
| 고무제품제조업<br>사내 협력업체 소계 | 261   | 13,163  | 259   | 171  | 0       |
| 1. 생산 및 조업            | 175   | 9,022   | 154   | 109  | 0       |
| 2. 정비, 보수, 공사         | 36    | 894     | 56    | 39   | 0       |
| 3. 포장, 운반, 물류         | 50    | 3,247   | 49    | 23   | 0       |
| 화학제품제조업 모기업           | 398   | 148,732 | 381   | 329  | 3       |
| 화학제품제조업<br>사내 협력업체 소계 | 1,939 | 91,664  | 218   | 172  | 3       |
| 1. 생산 및 조업            | 460   | 30,621  | 64    | 52   | 2       |
| 2. 정비, 보수, 공사         | 912   | 29,707  | 63    | 45   | 1       |
| 3. 포장, 운반, 물류         | 567   | 31,336  | 91    | 75   | 0       |

※ 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 기준

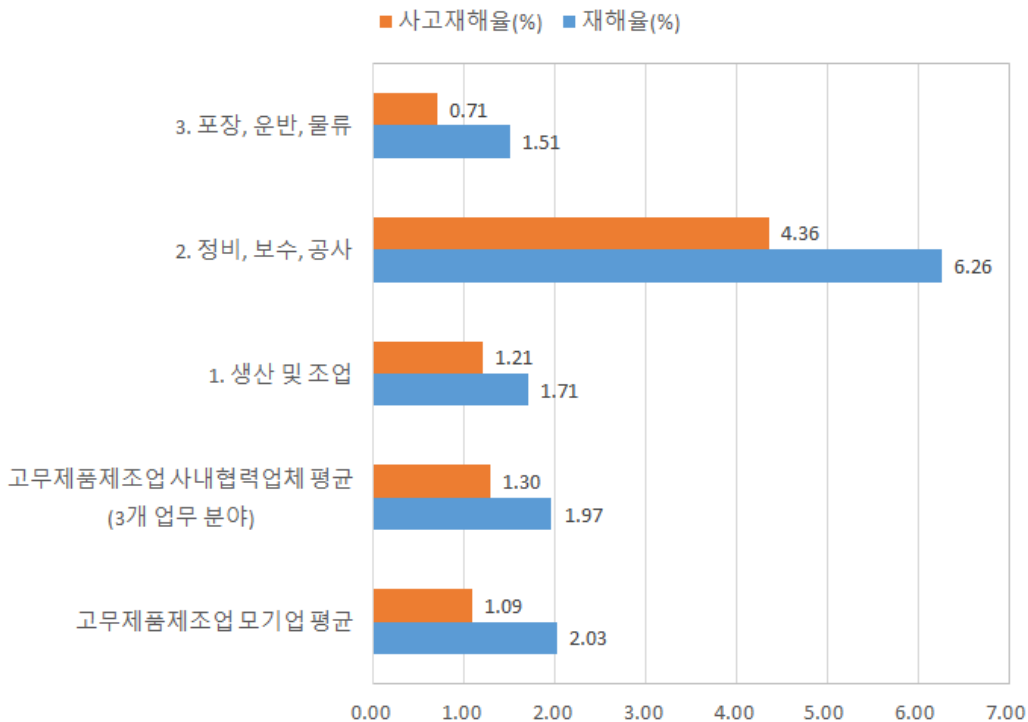
### (1) 고무제품제조업

분석 대상 기간 중에 고무제품제조업의 모기업 사고사망자수는 4명이 발생하였으나 사내 협력업체의 사고사망자는 발생하지 않아서 사망사고는 분석대상에서 제외하고, 재해율과 사고재해율을 [그림 II-22]에 나타내었다. 고무제품제조업의 사내 협력업체 평균재해율은 모기업 평균과 유사한 수준을 보였다. 그러나 정비보수를 담당하는 사내 협력업체의 평균 재해율은 모기업 평균 재해율보다 3배 이상 높은 것으로 나타났고, 사고재해율은 4배 높은 것으로 나타났다. 생산 및 조업 지원 협력업체나 포장·운반·물류를 담당하는 협력업체의 재해율과 사고재해율은 모기업의 재해율보다 약간 높거나 낮은 수준을 보였다.

참고로, 고무제품제조업의 근로자수 1,000인 이상 사업장의 2020년 평균 재해율은 3.2%, 2019년 2.97%, 2018년 2.28%, 2017년 1.73%, 2016년 2.07%인 것을 고려하면 안전보건 공생협력프로그램에 참여한 사업장의 재해율

은 동종 업종 평균 미만인 것으로 나타났다.

2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 고무제품 제조업 3개 업무 분야의 사내 협력업체당 연간 평균 재해자수는 약 1.0명, 업무상 부상자수 평균은 약 0.66명으로 계산되어 협력업체 사업주의 안전에 대한 관심도가 높지 않을 수도 있을 것으로 생각된다. 따라서 고무제품제조업의 모기업은 협력업체의 재해 현황을 주기적으로 파악하고, 협력업체를 포함한 사업장 전체의 안전을 확보할 수 있도록 노력할 필요가 있다.



[그림 II-22] 고무제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황(2016~2020년, 담당 업무별)

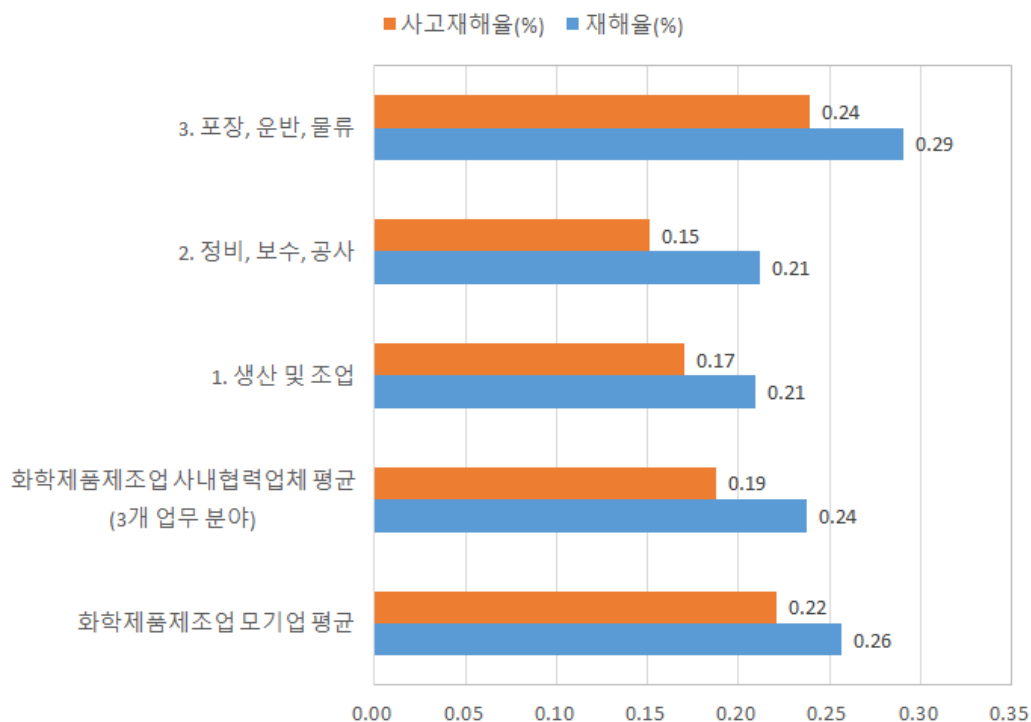
(2) 화학제품제조업<sup>6)</sup>(화학및고무제품제조업 중 고무제품제조업 제외)

화학및고무제품제조업에서 고무제품제조업 이외(이하 화학제품제조업)의

6) 화학및고무제품제조업의 소업종 구분에서 고무제품제조업을 제외한 업종임

사내 협력업체의 사고사망자수는 4명으로, 생산 및 조업 협력업체에서 2명, 정비보수 협력업체에서 1명, 경비청소식당 관련 협력업체에서 1명이 발생한 것으로 나타났고, 모기업의 사고사망자수는 3명인 것으로 나타났다. [그림 II-23]에 나타난 화학제품제조업 사업장의 사내 협력업체의 재해율은 포장·운반·물류 담당 협력업체를 제외하고는 모기업과 유사하거나 낮은 수준을 보였다. 그리고 고무제품제조업의 재해율보다 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

화학제품제조업의 정비보수 담당 사내 협력업체는 일상적인 정비보수 작업을 수행하고, 일시적으로 많은 인력이 투입되는 대정비 기간에는 다른 사외협력업체가 작업할 가능성이 있다. 따라서 화학제품제조업에서는 사내와 사외협력업체를 구분해서 대정비 기간이 포함되어 있는 연도를 중심으로 추가 분석이 필요할 것으로 판단된다.



[그림 II-23] 화학제품제조업 사내 협력업체의 재해 현황(2016~2020년, 담당 업무별)

### 3) 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업

〈표 II-6〉에는 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업 소업종별 협력업체의 재해자수와 사고사망자수를 나타내었다. 협력업체의 담당 업무별로 조금씩 다른 특성을 보이고 있으나, 다른 업종에 비해 상대적으로 재해자수가 적기 때문에 재해 특성을 논하기는 쉽지 않다. 담배재건조및담배제품제조업의 모기업 재해자는 2명, 협력업체 재해자는 3명(생산및조업 1명, 정비보수 2명)으로 다른 업종에 비해 상대적으로 적게 나타나 표에서는 제외하였다.

〈표 II-6〉 의약품화장품연탄석유제품제조업 사업장의 재해 현황

| 구분                         | 사업장수 | 근로자수   | 재해자수 | 부상자수 | 사고사망자수 |
|----------------------------|------|--------|------|------|--------|
| 석유정제품제조업<br>모기업            | 22   | 30712  | 32   | 24   | 0      |
| 석유정제품제조업<br>사내 협력업체 소계     | 378  | 13,056 | 10   | 8    | 0      |
| 1. 생산 및 조업                 | 13   | 649    | 1    | 0    | 0      |
| 2. 정비, 보수, 공사              | 333  | 10791  | 6    | 5    | 0      |
| 3. 포장, 운반, 물류              | 32   | 1616   | 3    | 3    | 0      |
| 의약품및의약부외품제조업<br>모기업        | 54   | 19850  | 24   | 21   | 0      |
| 의약품및의약부외품제조업<br>사내 협력업체 소계 | 71   | 5,789  | 6    | 6    | 0      |
| 1. 생산 및 조업                 | 30   | 4381   | 3    | 3    | 0      |
| 2. 정비, 보수, 공사              | 18   | 554    | 2    | 2    | 0      |
| 3. 포장, 운반, 물류              | 23   | 854    | 1    | 1    | 0      |
| 화장품및향료제조업<br>모기업           | 11   | 7050   | 21   | 19   | 0      |
| 화장품및향료제조업<br>사내 협력업체 소계    | 64   | 6,810  | 8    | 8    | 0      |
| 1. 생산 및 조업                 | 49   | 4691   | 6    | 6    | 0      |
| 2. 정비, 보수, 공사              | 2    | 23     |      |      |        |
| 3. 포장, 운반, 물류              | 13   | 2096   | 2    | 2    | 0      |

※ 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 기준

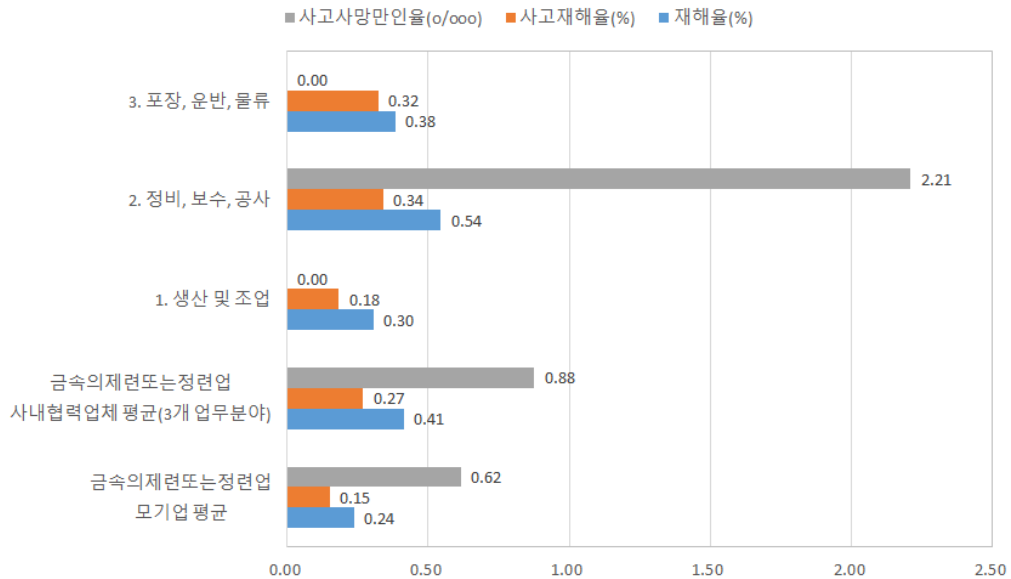
#### 4) 금속제련업

금속제련업은 금속의제련또는정련업과 비철금속의제련또는정련업의 두 개의 소업종으로 구성되어 있다. 금속의제련또는정련업 정비보수 협력업체의 사고사망만인율은 모기업보다 3배 이상 높은 것으로 나타났고, 사고재해율은 모기업보다 약 2.3배 높은 것으로 나타났다[그림 II-24]. 비철금속의제련또는정련업 협력업체의 사고사망만인율도 모기업보다 상대적으로 높게 나타났지만, 사고사망자수가 모기업이 1명, 협력업체가 2명으로 적기 때문에 협력업체의 사고사망만인율의 높고 낮음을 논하기에는 주의해야 할 부분이 있다<표 II-7>. 비철금속의제련또는정련업 정비보수 협력업체의 사고재해율은 모기업의 약 1/2 수준으로 낮게 나타나서 사고사망만인율과는 다른 경향을 보였다[그림 II-25].

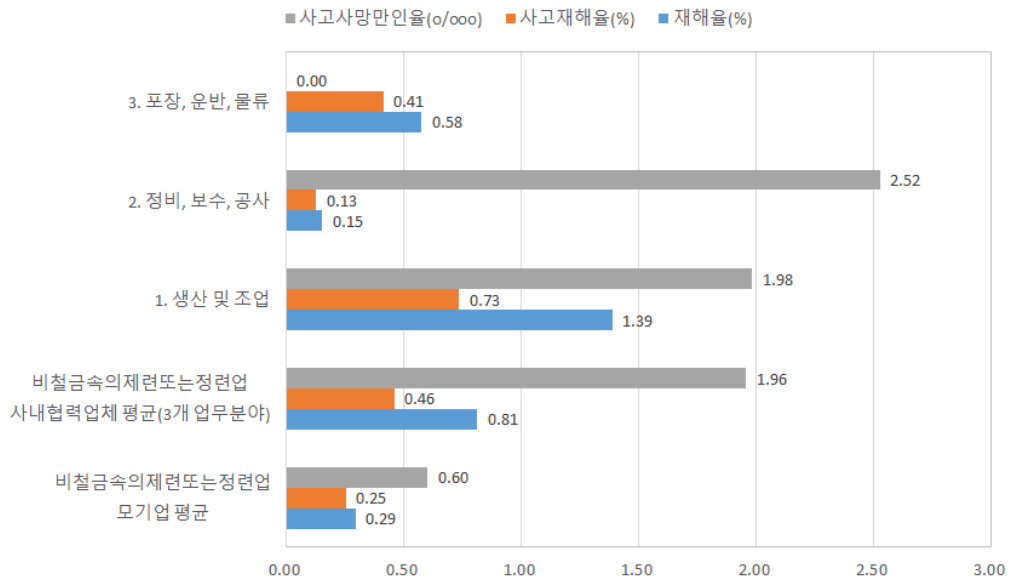
〈표 II-7〉 금속제련업 모기업 및 사내 협력업체의 재해자 현황

| 구분                      | 사업장수 | 근로자수   | 재해자수 | 부상자수 | 사고사망자수 |
|-------------------------|------|--------|------|------|--------|
| 금속의제련또는정련업 모기업          | 23   | 97,313 | 229  | 147  | 6      |
| 금속의제련또는정련업 사내 협력업체 소계   | 654  | 91,381 | 377  | 245  | 8      |
| 1. 생산 및 조업              | 274  | 40,065 | 122  | 73   | 0      |
| 2. 정비, 보수, 공사           | 268  | 36,169 | 197  | 123  | 8      |
| 3. 포장, 운반, 물류           | 112  | 15,147 | 58   | 49   | 0      |
| 비철금속의제련또는정련업 모기업        | 23   | 16,636 | 49   | 42   | 1      |
| 비철금속의제련또는정련업 사내 협력업체 소계 | 233  | 10,222 | 83   | 47   | 2      |
| 1. 생산 및 조업              | 156  | 5,044  | 70   | 37   | 1      |
| 2. 정비, 보수, 공사           | 46   | 3,961  | 6    | 5    | 1      |
| 3. 포장, 운반, 물류           | 31   | 1,217  | 7    | 5    | 0      |

※ 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장 기준



[그림 II-24] 금속의제련또는정련업 사내 협력업체의 재해 현황 (2016~2020년, 담당 업무별)



[그림 II-25] 비철금속의제련또는정련업 사내 협력업체의 재해 현황 (2016~2020년, 담당 업무별)

## 4. 요약 및 소결론

### 1) 국내 도급 관련 현황

고용노동부에서 발표한 2020년 산업별 고용형태에 따르면 파견·하도급·용역 등과 같은 소속 외 근로자 비율은 건설업이 47.4%로 가장 높고, 농업·임업·어업이 23.8%, 제조업이 20.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 제조업의 소속 외 근로자는 조선(62.0%), 철강금속(41.0%), 화학물질(19.6%), 음식료(19.3%) 순으로 비율이 높은 것으로 나타났다. 2008년 기준 300인 이상 기업의 사내 하도급 활용 비중은 조선 100%, 철강 92.6%, 자동차 86.4%, 기계 72.5%, 화학 72.1%의 순이며 모기업(원청) 근로자 대비 사내 협력업체 근로자 활용 비중은 조선 122.1%, 철강 70.8%, 화학 24.8%로 나타났다.

통계자료에서 사내하도급은 기술적인 특성과 공정의 차이에도 불구하고 제조업뿐만 아니라 사무판매서비스업에까지 광범위하게 활용되고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이와 관련된 통계자료는 많지 않았고, 사내하도급 활용 규모 관련 자료는 2008년에 노동부에서 작성한 자료 이외에는 찾아보기 어려웠다. 고용노동부에서 협력업체의 사망재해 통계를 산출하기 위해 해마다 근로자수 300인 이상 사업장에서 받고 있는 협력업체 자료를 이용하면 산업재해 예방에 필요한 자료를 생산할 수 있을 것으로 판단되었다.

### 2) 제조업 사업장의 협력업체 현황

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업과 그 협력업체 자료를 기반으로 제조업 사업장의 협력업체 관련 현황을 파악하였다. 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업의 평균 사내 협력업체수 평균은 7.8개사인 것으로 나타났다. 중업종 기준으로 금속제련업이 가장 많은 21.1개사였고, 화학및고무제품제조업은 6.5개사인 것으로 나타났다.

대부분의 중업종에서 모기업의 규모가 커질수록 평균 사내 협력업체수도

증가하는 경향을 보였다. 근로자수 1,000인 이상 화학및고무제품제조업 사업장의 평균 사내 협력업체수는 10.6개사였고, 금속제련업은 39.3개사로 나타나 업종별로 협력업체의 활용 규모에서 큰 차이를 보였다.

담당 업무별로는 생산 및 조업을 지원하기 위한 협력업체수가 가장 많은 것으로 나타났지만, 세부 업종별로는 협력업체가 담당하는 업무에 차이가 있었다. 근로자수 1,000인 이상 금속제련또는정련업, 석유정제품제조업, 화학제품제조업 사업장은 정비보수를 담당하는 협력업체수가 가장 많은 것으로 나타났고, 1,000인 이상 비철금속제련또는정련업 및 고무제품제조업 사업장에서는 생산 및 조업을 지원하는 협력업체가 가장 많은 것으로 나타났다.

생산조업 협력업체는 대부분 일상적인 업무를 수행하는 경우가 많고, 정비보수 협력업체는 비일상적인 작업을 수행하는 경우가 많다. 비일상적인 작업 중에는 일상적인 작업에서보다 사고가 발생할 위험성이 크기 때문에 정비보수를 담당하는 협력업체가 많은 업종의 특성을 반영하여 사고를 분석할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

### 3) 사내 협력업체의 산업재해

부상재해자와 질병재해자를 모두 포함하는 재해율은 모기업과 사내 협력업체가 각각 0.31%와 0.33%로 큰 차이를 보이지 않았지만, 부상자를 기준으로 산출한 사고재해율은 모기업이 0.18%, 사내 협력업체가 0.25%로 사내 협력업체가 높게 나타났다. 사고사망만인율은 사내 협력업체가 0.48, 모기업이 0.18로 사내 협력업체가 모기업보다 약 2.7배 높은 것으로 나타났다. 특히 정비·보수·공사를 담당하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은 0.65로 모기업 평균 사고사망만인율보다 3.6배 정도 높은 것으로 나타났다.

모기업이 금속제련업인 사업장의 정비보수공사 협력업체의 사고사망만인율은 2.24로 모기업 0.61보다 약 3.7배 높은 것으로 나타났고, 재해율과 사고재해율은 모기업보다 약 2배 정도 높게 나타났다. 또한, 화학및고무제품제조업에서의 사고사망만인율은 생산 및 조업 협력업체가 모기업보다 약 1.6배

높은 것으로 나타나 이들 업종 및 사업장에 대한 세부적인 분석이 필요한 것으로 확인되었다.

화학및고무제품제조업에서 고무제품제조업과 화학제품제조업(고무제품제조업 이외의 업종)은 협력업체의 담당업무별로 재해특성에서 차이를 보였다. 고무제품제조업의 정비보수 협력업체 사고재해율은 모기업보다 4배 이상 높게 나타났다. 고무제품제조업 이외의 업종에서는 모기업과 협력업체의 재해율이 유사한 수준을 나타내었다.

협력업체 현황과 재해율 분석결과를 보면 모기업의 세부 업종과 사내 협력업체가 담당하는 업무에 따라서 재해특성이 다르게 나타났다. 그러나 대부분은 정비보수를 담당하는 협력업체의 사고재해율이 높게 나타났다. 정비보수 작업은 비일상적으로 수행되기 때문에 그 자체로도 위험한 작업이라고 할 수 있지만 여러 가지 복합적인 문제가 관련되어 있을 수도 있다. 따라서 전체 시스템적인 측면에서 이에 대해 세부적으로 분석할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

### Ⅲ. 협력업체 사고사례의 시스템적 분석

.....



### Ⅲ. 협력업체 사고사례의 시스템적 분석

#### 1. 화학제품제조업 사고사례 분석

##### 1) 분석대상

화학공장의 협력업체에서 발생한 사고사례를 시스템적으로 분석하기 위하여 비교적 과거에 발생한 사고 중 공개된 자료가 많은 사고사례를 분석대상으로 선정하였다. 최근에 발생한 사고는 법적 분쟁이 있는 경우가 있어서 보고서에 관련 내용을 기술하는데 제한이 있었다.

아래의 분석대상 사고 관련 자료는 안전보건공단 홈페이지와 재난안전연구원의 연구보고서에서 찾아볼 수 있는데, 두 기관의 보고서 내용은 대부분 비슷하였지만 사고분석을 위한 접근 방식에서 일부 차이가 있었기 때문에 두 보고서의 내용을 조합하여 다음의 사고개요와 관련 내용을 정리하였다.

##### [사고개요]

2015년 0월 0일 00시 소재 OO(주) OO공장 폐수처리장의 고농도 폐수 집수조 상부에서 외주 협력업체인 △△△△이 OO(주)의 폐수 및 악취 제거 환경설비 개선공사를 위하여 집수조 상부 폐수 이송배관의 연결 작업 등을 하던 중 폐수집수조 내부에서 폭발이 발생하여 근로자 6명이 사망하고 인근 출하장 경비실의 경비원 1명이 부상당하였다.

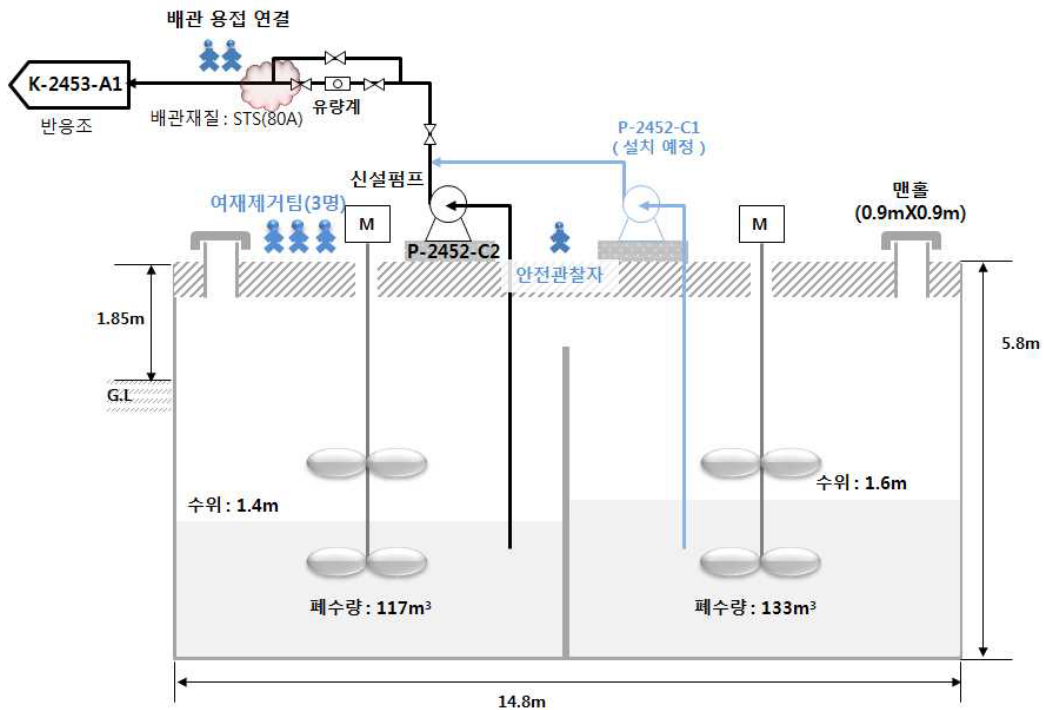
##### [사고 관련 설비]

- 명칭: 고농도 폐수집수조(Waste Water Storage)
- 설치년도: 1998년
- 용량: 800 m<sup>3</sup>(12,800W X 14,800L X 5,800)

(중앙에 콘크리트 칸막이를 설치하여 각 400m<sup>2</sup>의 집수조 2개 로 분리하여 사용)

- 재질: 철근 콘크리트 + Epoxy
- 운전조건: 상온, 상압
- 용도: 접착제 관련 제품을 생산하는 SPVC 공정에서 배출되는 VAM (Vinyl Acetate Monomer) 등이 함유된 고농도폐수를 집수하여 생물학적 폐수처리설비로 이송하기 위한 설비임

※ 추가 사항은 [그림 III-1] 참조



[그림 III-1] 폐수집수조 입면도

[출처: 안전보건공단 홈페이지, 폐수집수조 내부 인화성가스 폭발사고 사례연구, 2015  
[www.kosha.or.kr/사업소개/전문기술/자료실](http://www.kosha.or.kr/사업소개/전문기술/자료실)]

## [사고 관련 물질]

- 물질명: VAM(Vinyl Acetate Monomer)
  - (폭발사고 발생 후 집수 내 잔여 폐수의 상층부 시료를 채취하여 분석한 결과 0.56 wt%의 VAM이 함유된 것으로 확인됨)
- 물성치(사업장의 MSDS 기준)
  - 폭발범위(vol. %): 2.6~13
  - 인화점(℃): -8
  - 끓는점(℃): 72
  - 증기압(kPa @ 20℃): 11
- 색상: 투명, 무색
- 냄새: 저농도에서 달콤한 냄새, 고농도에서 톡 쏘는 듯한 냄새
- 용해도: (물) 혼합되지 않음, 유기액체에서 용해됨
- 잠재위험성<sup>7)</sup>
  - 고인화성: 열, 스파크, 불꽃에 의해 쉽게 점화된다.
  - 증기는 공기와 섞여 폭발성 혼합물을 형성할 수 있다.
  - 증기가 점화원으로 이동하여 역인화될 수 있다.
  - 대부분의 증기는 공기보다 무거워 지면을 따라 확산되다가 낮거나 제한된 장소(하수구, 지하실, 탱크)에 모인다.
  - 실내외 또는 하수구에서 증기폭발위험이 있다.
  - 열이나 화재에 의하여 폭발적으로 증합될 수 있다.
  - 화재에 사용된 물이 하수구로 유입되면 화재나 폭발위험이 발생할 수 있다.
  - 용기는 가열되면 폭발할 수 있다.
  - 많은 액체들이 물보다 가볍다.
  - 물질의 흡입 또는 접촉 시 피부와 눈에 자극 또는 화상을 일으킬 수 있다.
  - 화재 시 자극성, 부식성 및/또는 독성 가스가 발생할 수 있다.
  - 증기의 흡입은 현기증 또는 질식을 일으킬 수 있다.
  - 화재진압에 사용된 물은 환경오염을 일으킬 수 있다.

7) “국민안전처 국립재난안전연구원, 화학사고의 원인분석과 개선방안 - 국내편, 2016.”에서 재인용

## 2) 사고원인 및 예방대책

### (1) 사고원인

사고원인은 안전보건공단과 재난안전연구원의 자료를 종합하여 다음과 같이 나타내었다. 사고 발생과 관련된 정비보수 작업은 협력업체 직원이 수행하였지만, 사고원인은 모기업(원청)과 관련된 내용을 중심으로 제시되어 있다.

#### ① 폐수 집수조 송풍기(배풍기) 미가동

- 사고발생 폐수집수조는 공정에서 방출되는 고농도폐수 집수조로 상부에 배풍기가 설치되어 있으나, 배풍기 후단에 연결되는 폭기조의 공사로 인하여 2015년 6월 18일부터 가동을 정지하여 폐수집수조 내부에 생성된 인화성증기를 원활하게 배출하지 못하였고, 집수조에 유입된 폐수에 포함된 VAM에서 발생한 증기는 공기보다 무거워(비중 3, Air=1) 집수조 내부 공간에 체류하여 폭발분위기를 형성함
- 산업안전보건기준 내 폭발·화재 예방을 위해 통풍 및 환기 등의 조치가 필요하다는 조항만 있을 뿐 정확한 기준이나 방법에 대한 내용은 없음

#### ② 변경요소(환경설비 개선공사) 관리 시 위험성평가 미흡

- 환경설비 구축공사는 2015년 3월 20일부터 9월 30일까지 시행되는 대형 폐수처리장 개선 공사이지만 변경관리를 1건으로 처리하여 세부적인 검토가 이루어지지 않음
- VAM이 사용되는 고부가 제품의 생산량 증대계획에 따른 폐수처리장 환경설비 구축공사와 관련한 "변경요소관리 공정변경 요구서"에 공정변경에 따른 위험성평가(4M 기법)를 협력업체 부장이 작성하여 첨부하였으나, 생산팀 엔지니어 등 관련 분야 전문가는 참석하지 않음
- 사고 당일 "작업 전 위험성평가"를 협력업체에서 작성함에 따라 해당 폐수집수조에 유입되는 물질에 대한 정확한 성분을 몰라 취급물질 "폐수", 위험성 "없음"으로 작성하는 등 위험성평가가 적절하게 수행되지 않음

※ 당일 사용된 이동식 가스감지기의 저장 메모리 확인결과 사고당일 08시 52분 25초 ~ 30초 사이에 10 ~ 12% LEL이 감지된 것으로 확인되었으나, 감지기 작동시간, 알람 설정치, 기타 외란 등에 따른 변동 등으로 순간적으로 나타난 값을 인지하지 못하였거나, 폐수에 위험물이 없다는 인식 하에 추가적인 확인이 이루어지지 못한 것으로 추정됨

③ 안전작업 허가 절차 미흡

- 화기작업 등 위험작업에 대한 안전작업허가서 승인 시(최종 허가자 허가 전) 안전전문가(발행자, 허가자, 안전관찰자 등)가 작업안전성 확보여부를 최종 확인할 수 있는 시스템이 미흡하여 작업관리 및 안전조치가 적절히 이루어지지 않음

④ 도급작업시 안전·보건 정보제공 미흡

- 수급업체 작업 시 안전·보건 정보 제공을 하도록 되어있으나, 관련된 정보를 미제공함에 따라 인화성 액체로 인한 폭발가능성에 대하여 인지하지 못함(폐수집수조 내부에서 발생할 수 있는 위험물질에 대한 유해물질의 명칭, 위험성 등의 정확한 정보를 제공하지 않음)
- 폭기조 개선작업을 위하여 2015년 6월18일부터 배풍기(Blower)를 정지하고 작업을 수행하였으나, 폐수에 녹아있는 VAM의 증기가 집수조 내부에 체류할 수 있음을 인식하지 못함

⑤ 폭발위험장소에 대한 작업관리 및 안전조치 미흡

- 폐수집수조에 인화성액체 등이 혼합된 폐수가 이송되어 폭발가능성이 높음에도 폭발위험장소로 설정하지 않는 등 관리가 미흡하였음

재난안전연구원에서 작성한 보고서에는 위에 제시된 사고원인을 <표 III-1>과 같이 분류한 결과도 포함되어있다. 이 보고서에서는 재난원인을 인위적(man-made), 관리적(Management), 환경적(environment), 경제적(Economic), 물리적(Physical), 정책적(Political), 사회적(Social) 요인 등의 7대 요인(MEPS)을 기준으로 분류하고 있다. 참고로, <표 III-1>에서 사고 발생 이후에 진행된 것으로 볼 수 있는 “취재진 통제 미흡”과 “현장 상황 및 현황 전파 미흡” 부분은 분석 대상에서 제외하였다.

〈표 III-1〉 폐수집수조 폭발사고의 원인 분류

| 구분  |      |            | 세부내용              |                      |
|-----|------|------------|-------------------|----------------------|
| 인위적 | 인간활동 | 생산활동       | 공업활동              | 설비개선 공사로 인한 배풍기 가동정지 |
| 관리적 | 관리체계 | 안전수칙       | 사업장 안전수칙·지침·규정 미흡 | 안전작업허가 절차 미흡         |
|     |      |            |                   | 물질에 대한 안전·보건 정보 미흡   |
|     | 조직활동 | 관리감독       | 사업장의 자체 안전 점검 미흡  | 위험성평가 미흡             |
|     |      |            | 하도급 안전점검 미흡       | 하도급에게 안전·보건 정보 제공 미흡 |
|     |      | 현장지휘 및 통제  | 대응기관 통제구역 설정 미흡   | 취재진 통제 미흡            |
|     |      |            | 대응기관 상황전파 미흡      | 현장 상황 및 현황전파 미흡      |
| 물리적 | 기술적  | 시설/설비 위험요소 | 주변위험요소 존재         | 폭발위험장소에 대한 작업 관리 미흡  |
| 정책적 | 관련법령 | 법/제도       | 적용 가능한 법·제도 부재    | 폭발위험장소 배풍기 가동 기준 미흡  |
| 사회적 | 안전인식 | 안전인식 미흡    |                   | 화학물질의 위험성 인식 부족      |

[출처: 국민안전처 국립재난안전연구원, 화학사고의 원인분석과 개선방안 - 국내편, 2016. p.68]

## (2) 사고원인 분석과 예방대책의 한계

사고원인 분석결과를 보면 사고의 원인이 모기업(원청)의 문제인지, 협력업체의 문제인지 명확히 구분되어 있지 않고 대부분 모기업의 문제 중심으로 기술하고 있다. 또한 사고 예방대책도 대부분 모기업에서 수행해야 하는 것처럼 기술되어 있다. 그러나 일부 원인은 정부 또는 협력업체에서 대책을 수립해서 수행할 필요가 있는 것도 있다. 원인분석 단계에서 모기업 및 협력업체와 관련된 원인을 구분하여 분석하지 않았기 때문에 〈표 III-2〉의 사고를 예방하기 위한 대책도 각각의 업체별로 구분되어 있지 않고, 전체적인 측면에서 제시된

것을 볼 수 있다. 따라서 사고를 분석할 때부터 모기업과 협력업체를 구분하여 분석할 필요가 있으며, 그렇게 해야 사고 예방대책을 수립할 때 업체별로 보다 구체적인 개선 대책을 수립할 수 있을 것으로 판단되었다.

〈표 III-2〉에는 안전보건공단과 재난안전연구원에서 제시한 사고예방대책을 종합하여 나타내었다. 두 보고서 모두 대책을 누가 수행해야 하는지는 제시하지 않고 있었기 때문에 대책 내용을 검토하여 수행기관을 추가로 작성하였다. 대부분의 사고예방대책은 모기업에서 수행해야 하는 것으로 나타났지만, 일부는 모기업과 협력업체가 같이 수행하거나 정부에서 수행해야 하는 것도 있었다.

이와 같은 이유로 협력업체에서 발생한 사고와 관련된 사고예방대책을 명확하게 제시하기 위해서는 사고원인을 분석하는 단계부터 모기업과 협력업체를 구분하여 원인을 작성할 필요가 있다. 예를 들어, 협력업체에서 수행하는 위험성평가는 모기업의 지원 및 정보제공 없이는 적절하게 수행될 수 없기 때문에 위험성평가가 적절하게 수행되지 않은 원인을 좀 더 구체적으로 제시할 필요가 있다. 화학물질의 위험성 인식과 관련된 사항에서도 기본적으로 모기업에서 화학물질 관련 정보를 제공할 의무가 있지만, 협력업체도 작업 전에 화학물질의 위험성을 파악하고 작업할 필요가 있기 때문에 모기업과 협력업체가 함께 해결해야 할 부분이 있다.

〈표 III-2〉 폐수집수조 폭발사고 예방대책 및 수행기관

| 연번 | 사고예방대책                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 수행기관             |
|----|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1  | 폐수집수조 배풍기 정상 작동 및 폭발 위험분위기 생성 방지를 위한 환기   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수집수조의 배풍기는 항시 정상가동</li> <li>- 배풍기 가동 정지 중 작업 시 폭발 위험성평가 수행 후 작업허가</li> <li>- 폐수집수조 내부에 화재·폭발, 질식, 중독 등의 위험이 예상되는 경우 시간당 적정 환기가 가능한 배풍기 설치</li> </ul>                                                                                            | 모기업(원청)          |
| 2  | 폭발·화재 등 위험 작업장에 대한 배풍기 가동 기준 구체화          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업안전보건기준에 관한 규칙에 화학물질로 인한 사고 우려가 있는 위험지역의 경우 환기와 관련된 구체적인 기준을 제시하고 가스농도 측정 기준 강화 및 구체화 필요</li> </ul>                                                                                                                                             | 정부               |
| 3  | 변경요소관리에 의한 위험성평가 실시 등 변경요소관리 준수           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정 변경 등 변경요소관리 시에 실시되는 위험성평가는 전문가가 참여하여 작업 시 발생 가능한 위험성에 대해 사전 검토 및 조치가 이루어질 수 있도록 함</li> <li>- 변경요소 관리 지침을 준수하고 작업구간별 또는 설비별로 구분하여 세부검토</li> </ul>                                                                                              | 모기업(원청)          |
| 4  | 공정지역 외 부대설비에서의 화기작업 등에 대한 "안전작업 허가 절차" 강화 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수처리시설 등과 같은 부대설비에서 화기작업 허가 시 현장에서 사전 안전조치 확인</li> <li>- 작업 장소 및 인접 위험장소에 대한 안전 상태 확인 후 작업 승인</li> <li>- 안전작업허가서 승인 시(최종 허가자 허가 전) 원청의 안전전문가가 작업안전성 확보여부 최종 확인</li> <li>- 안전작업 허가 시 원청의 안전전문가가 작업 안전성 확보여부를 최종 확인하는 강제 시스템 구축</li> </ul>         | 모기업(원청)          |
| 5  | 폭발위험장소 관리 강화                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수집수조에 인화성액체 등이 혼합되어 폭발 가능성이 있는 경우 해당 지역 또는 설비를 폭발위험장소로 설정하여 관리</li> <li>- 폐수집수조 내부에 인화성가스 감지기와 자동 저압시스템 투입장치 설치 후 연동</li> <li>- 위험 감지 시 배풍기의 풍량을 증대시켜 폭발위험분위기 형성 방지</li> <li>- 폐수집수조 외부에 가스감지 경보용 경광등 및 사이렌을 설치하여 작업자들이 대피할 수 있도록 조치</li> </ul> | 모기업(원청)          |
|    |                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험지역 내 화기작업의 경우, 근로자 및 관리자에 대한 교육 및 훈련 강화 필요</li> <li>- 위험지역 인근에서의 화기작업 수행 시 단계적 폭발위험측정 기준 마련 및 행동규제</li> </ul>                                                                                                                                  | 모기업(원청)<br>+협력업체 |
| 6  | 도급작업 시 안전·보건 정보제공                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험물이 함유될 수 있는 설비의 정비·보수 작업의 도급 시 위험물질 명칭, 유해·위험성, 안전보건상의 조치사항 등의 안전보건 정보를 협력업체(수급인)에게 문서로 제공</li> </ul>                                                                                                                                          | 모기업(원청)          |
| 7  | 원청과 도급업체의 관계 개선 및 안전인식 강화                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업장 안전관리 규정 미준수 등으로 인한 산업재해 발생 시 사업주 책임 강화</li> </ul>                                                                                                                                                                                            | 정부               |
|    |                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사고발생 시 하도급업체와 원청의 공동책임 규정 마련 등을 통해, 사고예방을 위한 상호보완적인 관계 수립 필요</li> </ul>                                                                                                                                                                          | 모기업(원청)<br>+협력업체 |

### 3) 역학적 모델을 이용한 사고 원인 분석

앞에 제시한 사고사례를 역학적 사고분석모델 중 HFACS를 이용하여 재분석하였다. HFACS(Human Factors Analysis and Classification System)는 Reason의 스위스 치즈 모델을 기초로 하여 인적요인 분류체계를 구체화시킨 모델로써 Shappell과 Wiegmann에 의해서 제안되었으며, 미국 해군과 해병대의 항공사고 데이터를 사용하여 인적요인 중심의 사고분석 시스템으로 개발되었다(최진국 등, 2015).

〈표 III-3〉에는 HFACS를 이용하여 분석한 결과를 제시하였다. HFACS의 기본구조에는 업체를 구분하는 내용이 포함되어 있지 않지만 모기업과 협력업체의 원인 구분을 위해 업체를 구분하여 사고의 원인을 제시하였다. 표에는 안전보건공단과 재난안전연구원에서 분석한 내용이 대부분 반영되어 있다. 사고원인은 대부분 모기업과 관련되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 사고를 예방하기 위해서는 모기업의 책임이 강조될 필요가 있는 것으로 판단되었다.

HFACS를 이용한 분석에서 조직 관련 문제점은 주로 조직 내부에 관련된 문제점을 분석하도록 되어있기 때문에 협력업체와 같이 다른 조직이 개입되어 발생하는 사고나 조직 간의 의사소통 문제로 인한 사고와 같은 경우에는 분석의 한계를 보일 수 있다. 또한 업무의 흐름에 따른 분석이 용이하지 않고, 정부기관이나 법률적인 외부 조건과 관련된 분석을 위한 내용이 모델에 반영되어 있지 않기 때문에 법이나 제도의 문제와 같은 정책적인 측면의 문제점을 도출하기는 어려울 것으로 판단되었다.

〈표 Ⅲ-3〉 HFACS를 이용한 폐수집수조 폭발사고의 원인분석 결과

| 대분류           | 세부항목         |           | 사고의 (잠재적) 원인                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                               |
|---------------|--------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |              |           | 모기업(원청)                                                                                                                                                                                                                                           | 정비보수 협력업체                                                                                     |
| 조직의 영향        | 자원관리         |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               | 조직의 분위기      |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               | 조직 내 절차      |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정변경에 따른 위험성평가를 실시하지 않음</li> <li>- 작업구간별, 설비별 등 세부 위험요소에 대한 변경검토를 실시하지 않음</li> <li>- 안전작업 허가 절차 미흡(안전작업허가서 승인 시 안전전문가 확인 시스템 미흡)</li> <li>- 폭발위험장소에 대한 설정 기준 미흡</li> <li>- 폭발위험장소 배풍기 가동기준 미흡</li> </ul> |                                                                                               |
|               |              |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
| 불안정한 감독       | 부적절한 감독      |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정변경업무가 6개월 동안 진행되었지만 변경관리를 1건으로 처리함</li> </ul>                                                                                                                                                          |                                                                                               |
|               | 부적절한 운영      |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물질에 대한 안전·보건 정보 미흡</li> <li>- 협력업체에게 안전·보건 정보제공 미흡</li> <li>- 폭발위험장소에 대한 작업관리 미흡</li> <li>- 폐수집수조에 유입되는 물질에 대한 정보를 협력업체에 제공하지 않음</li> </ul>                                                              | - 위험성평가를 형식적으로 수행                                                                             |
|               | 문제 해결 불이행    |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               | 감독 위반        |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
| 불안정한 행동의 전제조건 | 환경적 요인       | 물리적 환경    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수집수조 내에 인화성 증기가 생성되어 체류함</li> </ul>                                                                                                                                                                     |                                                                                               |
|               |              | 기술적 환경    |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               | 작업자의 불안정한 조건 | 불안정한 정신상태 |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              | 불안정한 건강상태 |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              | 육체·정신 한계  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               | 작업자의 불안정한 관행 | 인적 요소 관리  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              | 개인적 준비    |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
| 불안정한 행동       | 오류           | 의사 결정 오류  |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              | 기술 기반 오류  |                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가스검지기에 위험가스가 존재하는 것으로 표시되었으나 위험물이 없다고 판단함</li> </ul> |
|               |              | 지각 오류     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수집수조 내부에서 발생할 수 있는 유해위험물질정보를 파악하지 못함</li> </ul>                                                                                                                                                         | - 화학물질의 위험성 인식 부족                                                                             |
|               | 위반           | 통상적 위반    |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              | 예외적 위반    |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |
|               |              |           |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |

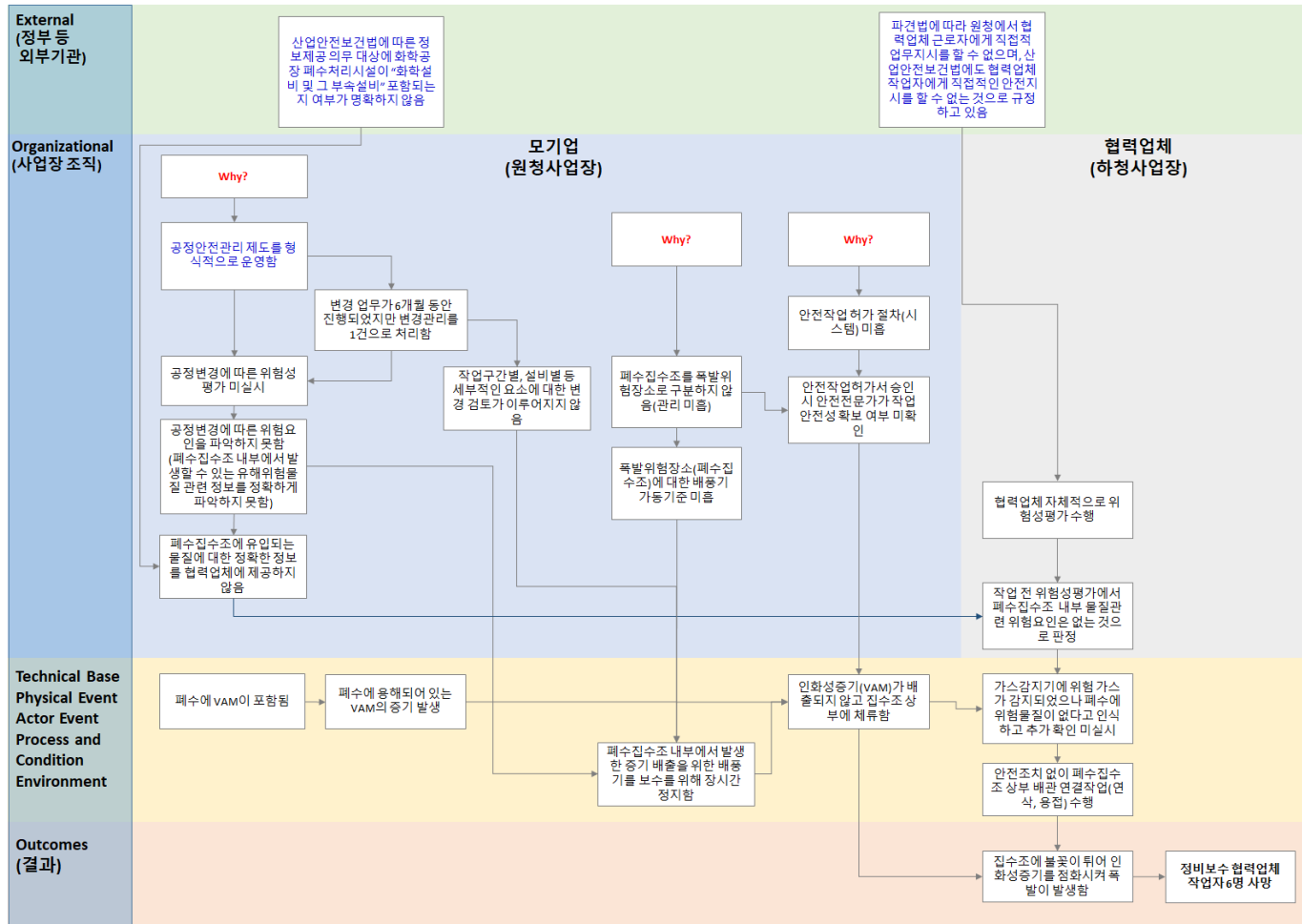
#### 4) 시스템적 모델을 이용한 분석

화학공장에서 발생한 사고를 시스템적으로 분석하기 위해 AcciMap을 사용하였으며, 분석 결과는 [그림 III-2]와 같다. 그림의 각 상자 안에는 사고의 발생과 관련된 원인들을 기술하였고, 화살표를 이용하여 이러한 원인들이 서로 어떻게 영향을 미쳤는지 찾아갈 수 있도록 했다.

AcciMap을 이용한 분석을 통해 선형적 및 역학적 분석결과에서 찾은 원인 이외의 추가적인 사고 관련 요인(파란색)을 찾을 수 있었다. 추가로 찾은 원인으로는 법적인 사항과 공정안전관리제도 운영 관련 사항이 있다. 사업장에서 공정안전관리제도를 형식적으로 운영하는 측면이 있었는데 그 이유는 추가 분석이 필요한 것으로 판단되었다. 그리고 모기업이 협력업체에게 화학물질 정보를 제공하도록 하는 법적 의무규정을 명확하게 하기 위해서는 산업안전보건기준에 관한 규칙의 “화학시설 및 그 부속설비”에 폐수 처리시설이나 폐수 집수조를 명시할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

AcciMap 분석은 위 내용과 같이 사업장의 조직적인 문제 외에도 법적인 문제나 정부기관과 관련된 부분까지도 분석을 수행하도록 하고 있기 때문에 기존의 분석에서 찾아내지 못했던 법적인 측면에서의 원인이 될 수 있는 부분도 찾을 수 있는 장점이 있었다. 그리고 모기업의 결정이나 행위가 협력업체에 어떻게 작용했는지 그림의 분석결과를 통해 파악할 수 있다. 결과적으로 협력업체에서 발생한 사고는 모기업의 결정이나 행위, 모기업과 협력업체의 정보공유 부족이 협력업체의 사고에 기여한 부분이 있음을 확인할 수 있었고, 이러한 문제가 있는 부분을 어떻게 해결해 나갈지 근본적인 고민이 필요한 것으로 판단되었다. 그러나 HFACS 분석 결과와 같이 업무의 흐름에 따른 업체간의 문제점을 분석하기에는 어려움이 있었다.

참고로, [그림 III-2]에서 “Why?”로 표시한 부분은 기존의 자료만으로는 분석이 불가능하여 추가 조사가 필요할 것으로 판단되는 사항이다. 추가 조사를 통해 사고와 관련된 근본적인 원인을 찾고 그에 맞는 개선(권고)사항을 찾아야 보다 근본적인 사고예방대책을 수립할 수 있을 것으로 판단되었다.



[그림 III-2] 폐수집수조에서 발생한 폭발사고의 AcciMap 분석 결과

## 2. 금속제련업 사고사례 분석

II장의 재해분석 결과를 보면 금속제련업에서 정비보수작업을 수행하는 사내 협력업체의 사고사망만인율이 다른 업종 및 담당업무에 비해 상대적으로 높게 나타나 금속제련업의 정비보수작업 중 발생한 사고를 분석 대상으로 선정하였다. 금속제련업은 장치산업이라 할 수 있고, 공정안전보고서 심사 및 확인을 받는 공정이 많아 화학공장과 유사한 부분이 많다. 화학제품제조업이나 석유정제품제조업 모두 정비보수를 담당하는 사내협력업체가 가장 많은 것으로 나타났기 때문에 금속제련업에서 발생한 사고의 분석결과를 이들 업종에도 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

화학제품 제조업의 협력업체에서 발생한 사고를 시스템적 분석 기법으로 분석하면서 시간적인 흐름에 따라 업체와 각 부서가 어떻게 관여했는지를 찾아내고 표현하기가 어려운 점이 있었다. 따라서 금속제련업에서 발생한 사고 사례는 좀 더 다양한 방법으로 분석을 시도하고 그 결과를 정리하고자 하였다. 이를 위해, 화학제품제조업의 사고사례와 같이 HFACS와 AcciMap을 이용한 분석을 수행하였고, 협력업체 활용 모델을 파악하여 STAMP 분석을 추가로 수행하였다. 또한, 정비보수 업무절차를 이용한 분석과 FRAM을 이용한 분석도 수행하여 그 결과를 비교하고 협력업체에서 발생한 사고의 구조적 문제점을 검토 및 분석하였다.

### 1) 협력업체 모델

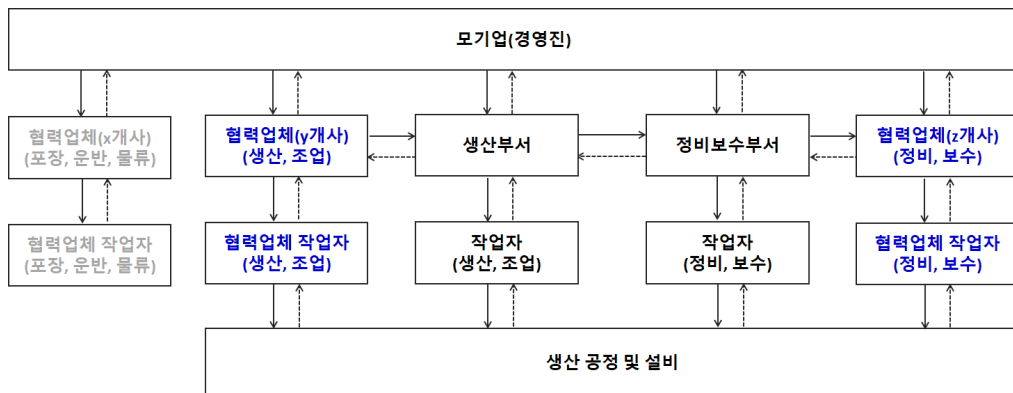
금속제련업 사업장의 생산 및 공정설비 운영구조는 [그림 III-3]과 같이 나타낼 수 있다. 모기업에는 생산 공정 및 설비 운영을 담당하는 생산부서가 있고, 생산부서를 지원하거나 일부 라인을 담당하는 협력업체가 있다. 그리고 설비의 정비나 보수를 담당하는 정비보수 부서가 있고, 정비보수를 수행하거나 지원하기 위한 협력업체가 있다. 정비보수 작업은 사내 협력업체에서 수행하기도 하고, 모기업의 정비보수부서에서 별도로 발주하여 다른 외주업체를

통해 수행하기도 한다. 정비보수 협력업체에서는 도급받은 작업을 다른 업체에게 재하도급을 주기도 한다.

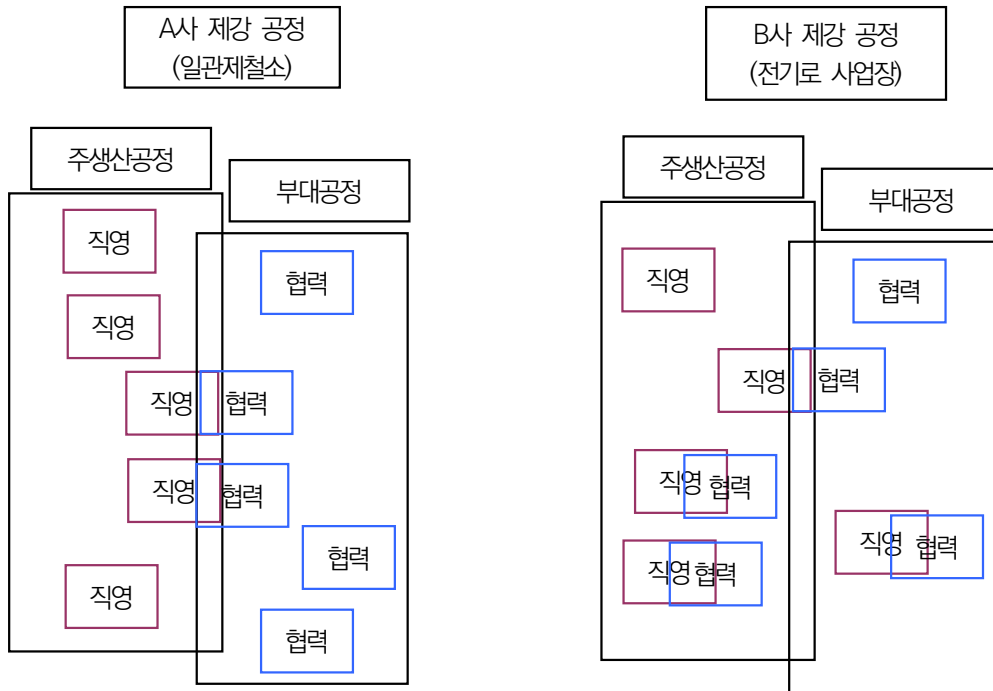
[그림 III-4]는 철강산업의 공정별로 모기업과 협력업체가 어떻게 작업하는지를 나타내고 있다. 왼쪽 사례는 주생산공정과 부대공정이 대체로 분리되어 있고, 오른쪽 사례는 주생산공정과 부대공정 모두 모기업(원청)과 협력업체가 혼재되어 작업하고 있음을 나타내고 있다(조성재 등, 2007).

[그림 III-5]는 국내 철강업체인 A사의 중층화된 사내 협력업체 구조를 나타내고 있다. 모기업(원청)인 A사를 중심으로 1차 사내 협력업체 뿐만 아니라, 모기업(원청)인 A사가 도급 계약 당사자가 아닌 2차 또는 3차 사내 협력업체와 그 작업자까지 활용되고 있는 것으로 나타났다(손정순, 2013).

이와 같이 금속제련업의 협력업체는 [그림 III-3 ~ 5]와 같이 모기업과 다양한 관계를 유지하면서 작업을 수행하고 있는 것을 알 수 있다.

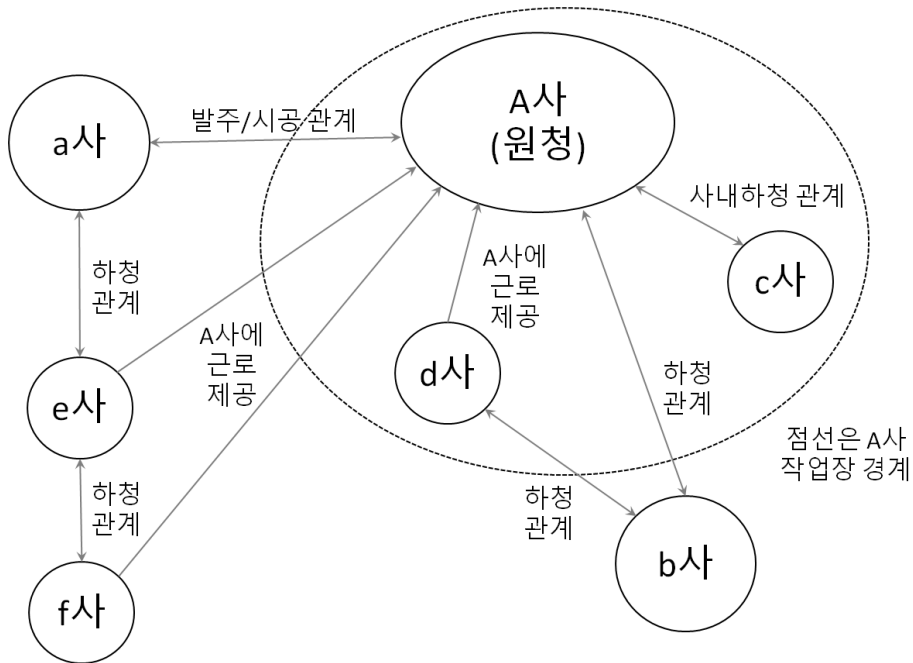


[그림 III-3] 금속제련업의 모기업 부서와 협력업체와의 관계



[그림 III-4] 철강산업 원·하도급업체 간 작업조직 형태의 기업별 차이

[출처: 조성재, 박지순(2007), 사내하도급 활용실태 및 개선방안(한국노동연구원/노동부)에서 재인용]



주석) a사 : A사의 계열사.

b사 : A사의 외주 하청사(대체로 A사의 1차 벤더로서, 원청인 A사가 일정 규모 이상의 지분을 소유한 경우가 대부분)

↔ : 하청 계약의 양 당사자인 경우

→ : 하청 계약의 양 당사자가 아님에도 근로를 제공하는 경우

### [그림 III-5] A사의 중층화된 사내 협력업체 구조

[출처: 손정순(2013), 제조업 부문 사내하도급 실태와 개선방안, 한국노동사회연구소 제100차 노동포럼 자료집]

## 2) 정비보수 업무 절차

금속제련업 사업장을 비롯한 일반 사업장에서 협력업체를 통해 이루어지는 정비보수 절차는 <표 III-4>와 같이 정리할 수 있다. 우선 위험성평가를 수행하고, 그 결과를 기준으로 작업을 수행하기 위한 표준을 작성한다. 그리고 생산부서나 협력업체에서 정비작업을 요청하면 작업계획을 수립하고, 정비 일정을 정한 후 담당부서 또는 협력업체에 작업을 할당하게 된다. 그러면 담당부서 또는 담당 협력업체는 현장 수리회의를 실시한 후 작업인원을 배정하고 작업감독자를 지정하게 된다. 작업팀은 작업수행 전에 안전작업허가서를 작성하고, 작업 전 안전조치를 수행한 후 작업허가서 승인을 요청하면, 생산(승인)부서에서는 현장을 확인한 후 안전작업허가서를 승인한다. 작업일에는 작업 수행 전에 회의를 통해 당일의 작업내용과 안전 관련 유의사항을 공유한 후 정비보수 작업을 수행하게 된다. 작업이 끝나면 생산부서 또는 정비 담당부서에서 수행한 작업에 대한 평가를 수행하게 된다. 이러한 일련의 작업과 관련하여 일부 절차가 생략되거나 순서는 변경될 수 있고 필요에 따른 다른 절차가 추가될 수 있다.

업무처리절차는 사업장에서 업무를 처리하는 시스템의 하나로 볼 수 있으며, 시간적인 흐름에 따라 진행되는 것이 일반적이다. 따라서 업무처리절차에 따라서 사고를 분석하면 화학제품제조업 사고사례의 HFACS나 AcciMap 분석에서 한계를 보인 시간의 흐름에 따른 시스템의 문제점을 파악할 수 있을 것으로 판단되었다. 이 때 업무처리 절차의 어느 단계에서부터 분석하는가, 즉 업무처리 시스템의 범위를 어떻게 설정하는가에 따라서 분석결과가 달라질 수 있다.

〈표 Ⅲ-4〉 협력업체를 통한 정비보수업무 처리절차

| 작업내용                  | 세부내용                                                         |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1) 위험성평가              | 작업 전 위험성평가를 수행하고 위험요인 제거 및 개선(협력업체)                          |
| 2) 기준 및 작업표준 작성·관리    | 정비보수작업에 필요한 작업표준을 작성하고 관리(협력업체)                              |
| 3) 정비작업요청             | 모기업 운전부서 또는 생산조업협력업체에서 정비 기준 및 점검결과에 따른 작업 요청                |
| 4) 작업계획 수립 및 승인       | 작업검토 후 소요자원(자재, 일정, 인원 등)을 확정하고, 작업 계획 수립(모기업 정비부서)          |
| 5) 작업일정수립             | 모기업의 생산부서와 정비부서가 협의하여 작업일정 수립                                |
| 6) 협력업체에 작업할당         | 모기업에서 적합한 정비보수 협력업체에게 작업 할당                                  |
| 7) 현장 수리 회의           | 작업수행 전에 작업에 필요한 조치, 작업공정(계획), 안전사항, 준비 자재, 장비 투입계획 등 결정      |
| 8) 인원 배정              | 작업투입 인원 배정(정비보수 협력업체)                                        |
| 9) 작업감독자 지정           | 작업에 필요한 감독자 지정(모기업, 협력업체)                                    |
| 10) 안전작업허가서 작성        | 작업에 필요한 사전 안전조치, 위험요인, 작업자 정보 등을 포함하여 안전작업허가서를 작성(정비보수 협력업체) |
| 11) 작업 전 안전조치         | 작업수행 전에 필요한 안전조치 실시(모기업, 협력업체)                               |
| 12) 안전작업허가서 승인        | 사전 안전조치 등을 확인한 후 작업 승인                                       |
| 13) 작업 전 교육, 회의 (TBM) | 작업시작 전에 작업 관련 위험성파악 및 안전교육 등 수행                              |
| 14) 작업 실시             | 정비보수 작업 실시(정비보수 협력업체)                                        |
| 15) 작업현장 감독           | 작업현장에 대해 감독 실시(모기업, 협력업체)                                    |
| 16) 작업완료 및 평가         | 작업완료 후 작업결과에 대한 평가 및 분석(모기업)                                 |

### 3) 정비보수 절차별 담당 부서 및 업체

협력업체에서 정비보수 작업을 수행할 때 업무 단계별로 모기업의 담당부서와 담당 협력업체, 모기업의 관련 부서와 관련 협력업체를 정리하면 <표 III-5>과 같다. 표의 내용을 몇 가지 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

#### (1) 위험성평가

정비보수 협력업체에서 위험성평가를 수행하는 경우 위험성평가 담당은 정비보수작업을 수행하는 협력업체가 되며, 모기업의 생산부서, 정비부서, 안전부서와 생산조업을 담당하는 협력업체는 정비보수 협력업체가 위험성평가를 잘 할 수 있도록 정보를 제공하고 지원하여야 한다. 따라서 모기업의 생산·정비·안전부서와 생산조업 협력업체는 정비보수 협력업체가 위험성평가를 수행하는데 있어 관련 부서와 업체로 구분하였다.

#### (2) 작업 전 안전조치

작업 전 안전조치는 모기업의 생산부서와 정비부서에서 수행할 의무가 있으며, 생산조업 협력업체에서 담당하는 설비를 정비하거나 생산조업 협력업체와 관련되어 있는 설비를 정비·보수하는 경우에는 생산조업 협력업체가 안전조치를 할 의무가 있게 된다. 따라서 이들은 담당 부서와 업체가 되며, 모기업의 안전부서는 필요에 따라 안전조치가 적절하게 되었는지 확인할 필요가 있으므로 관련 부서로 구분하였다.

#### (3) 안전작업허가서의 승인

안전작업허가서는 모기업의 생산부서나 생산조업 협력업체에서 승인하도록 되어 있지만, 일부 업체에서는 모기업의 안전부서에서 승인하는 경우도 있기 때문에 안전부서는 “△”으로 표시하였다. 모기업의 정비부서와 정비보수 협력업체는 당연히 안전작업허가서의 승인과 관련되어 있으므로 관련 부서 및 업체로 구분하였다.

〈표 III-5〉 정비보수 업무절차별 수행 담당 및 관련 부서와 업체

| 작업내용                   | 담당 부서 및<br>담당 업체 |          |          |          |          | 관련 부서 및<br>관련 업체 |          |          |          |          |
|------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|------------------|----------|----------|----------|----------|
|                        | 모기업(원청)          |          |          | 협력업체     |          | 모기업(원청)          |          |          | 협력업체     |          |
|                        | 생산<br>부서         | 정비<br>부서 | 안전<br>부서 | 생산<br>조업 | 정비<br>보수 | 생산<br>부서         | 정비<br>부서 | 안전<br>부서 | 생산<br>조업 | 정비<br>보수 |
| 1) 위험성평가               |                  |          |          |          | ○        | ○                | ○        | ○        | ○        |          |
| 2) 기준 및 작업표준 작성 · 관리   |                  |          |          |          | ○        | ○                | ○        | ○        | ○        |          |
| 3) 정비작업요청              | ○                |          |          | ○        |          |                  | ○        |          |          | ○        |
| 4) 작업계획 수립 및 승인        |                  | ○        |          |          |          | ○                |          |          | ○        | ○        |
| 5) 작업일정수립              |                  | ○        |          |          |          | ○                |          |          | ○        | ○        |
| 6) 협력업체에 작업 할당         |                  | ○        |          |          |          |                  |          |          |          | ○        |
| 7) 현장 수리 회의            | ○                | ○        |          | ○        | ○        |                  |          |          |          |          |
| 8) 인원 배정               |                  |          |          |          | ○        |                  |          |          |          |          |
| 9) 작업감독자 지정            |                  |          |          |          | ○        | ○                | ○        | ○        | ○        |          |
| 10) 안전작업허가서 작성         |                  |          |          |          | ○        | ○                | ○        |          | ○        |          |
| 11) 작업 전 안전조치          | ○                | ○        |          | ○        | ○        |                  |          | ○        |          |          |
| 12) 안전작업허가서 승인         | ○                |          | △        | ○        |          |                  | ○        | △        |          | ○        |
| 13) 작업 전 교육 및 회의 (TBM) |                  | ○        |          |          | ○        | ○                |          | ○        | ○        |          |
| 14) 정비보수 작업 실시         |                  |          |          |          | ○        | ○                | ○        | ○        | ○        |          |
| 15) 작업현장감독             | ○                | ○        |          | ○        | ○        |                  |          | ○        |          |          |
| 16) 작업완료 및 평가          |                  | ○        |          |          | ○        | ○                |          |          | ○        |          |

※ ○: 해당, △: 경우에 따라 해당

#### 4) 협력업체 사고사례

II장의 사고 분석결과에서 금속제련업 정비보수 사내 협력업체의 사고사망 만인율은 2.24로 가장 높은 수준을 보였다. 이러한 원인을 찾기 위해 금속제련업의 모기업에서 정비보수 작업 중에 발생한 사고를 중심으로 분석을 수행하고, 그 문제점을 제시하고자 하였다.

〈표 III-6〉에는 금속제련업 일부 사업장에서 최근 5년(2016~2021.6) 동안 협력업체 작업자가 정비보수 작업을 하던 중 발생한 9건의 사고를 나타내었다. 9건 중 6건은 1차 협력업체에서 발생하였고, 3건은 1차 협력업체로부터 재하도급을 받은 하수급사에서 발생한 것으로 확인되었다.

정비보수 대상 설비는 모두 모기업(원청)의 설비였으며, 설비 운영 주체는 모기업인 경우도 있었고 협력업체인 경우도 있었지만, 재해조사 의견서만으로는 파악하기 어려운 경우가 있었다. 세부적으로는 컨베이어가 3건으로 가장 많았고, 집진기, 전기로, 금속 표면처리설비등 다양한 설비에서 사고가 발생한 것으로 확인되었다. 사고 발생 설비는 주요 공정설비인 경우도 있었지만, 부속설비에서 발생한 사고가 더 많은 것으로 확인되었다.

발생형태별로는 끼임 재해가 3건, 떨어짐 2건, 산소결핍, 화재, 맞음, 질식이 각 1건씩 발생한 것으로 나타났다.

〈표 Ⅲ-6〉 정비보수작업 중 발생한 협력업체 중대재해사례

(금속제련업, 2016~2021.6. 산재승인일 기준)

| 연번 | 작업내용             | 발생<br>형태   | 사고 관련<br>설비  | 설비 소유자, 운영·정비 담당 |         |         | 재해자<br>소속 |
|----|------------------|------------|--------------|------------------|---------|---------|-----------|
|    |                  |            |              | 소유자              | 운영담당    | 정비담당    |           |
| 1  | 컨베이어 부품<br>교체    | 끼임         | 컨베이어         | 모기업              | 협력업체(B) | 협력업체(C) | 협력업체(C)   |
|    |                  |            | 크레인          | 모기업              | 협력업체(B) | -       |           |
| 2  | 집진기 배관<br>보강     | 떨어짐        | 집진기 배관       | 모기업              | -       | 협력업체(D) | 하수급사(E)   |
|    |                  |            |              |                  |         | 하수급사(E) |           |
| 3  | 금속 표면처리<br>설비 보수 | 떨어짐        | 금속<br>표면처리설비 | 모기업              | -       | 협력업체(F) | 협력업체(F)   |
|    |                  |            | 천장 크레인       | 모기업              | 협력업체(G) | -       |           |
| 4  | 냉각설비<br>내장재 교체   | 산소<br>결핍   | 냉각 설비        | 모기업              | -       | 협력업체(H) | 협력업체(H)   |
|    |                  |            | 제어용<br>전기 부품 | 모기업              | -       | 협력업체(I) |           |
| 5  | 유압라인<br>볼트 제거    | 화재         | 압연기<br>유압라인  | 모기업              | -       | 협력업체(J) | 협력업체(J)   |
|    |                  |            | 클램프<br>유압라인  | 모기업              | -       | -       |           |
| 6  | 전기로 덮개<br>금속 제거  | 맞음         | 전기로 덮개       | 모기업              | 협력업체(K) | 협력업체(L) | 하수급사(M)   |
|    |                  |            |              |                  |         | 하수급사(M) |           |
| 7  | 냉각수 배관<br>보수     | 질식<br>(중독) | 냉각수 배관       | 모기업              | -       | 협력업체(O) | 협력업체(O)   |
| 8  | 벨트컨베이어<br>부품 교체  | 끼임         | 벨트컨베이어       | 모기업              | -       | 협력업체(P) | 하수급사(Q)   |
|    |                  |            |              |                  | -       | 하수급사(Q) |           |
| 9  | 벨트컨베이어<br>점검     | 끼임         | 벨트컨베이어       | 모기업              | 협력업체(R) | 협력업체(R) | 협력업체(R)   |

## 5) 분석대상 사고사례

〈표 Ⅲ-6〉의 3번을 세부 분석 대상 사고로 선정하고 분석을 수행하였다. 화학제품제조업에서의 사고와 같이 법적 분쟁의 우려가 없는 비교적 과거(5년 이전)에 발생한 사고사례를 선정하였다. 이 사고는 협력업체 작업자가 금속표면처리기 설비 내부의 컨베이어 벨트 교체를 위해 설비 상부에서 덮개를 해체하던 중 천장크레인이 접근하자 이를 피하려다 약 1.5m 아래에 있는 작업대로 떨어지면서 발생했다. 그 결과 작업자는 흉·복부에 부상을 입었고 치료 중 사망하였다. 작업자가 수행하려던 작업은 설비의 전원 차단, 설비 상부의 방호 덮개 해체, 설비 내부 컨베이어의 벨트 제거, 벨트 인입 후 조립, 벨트 장력 조정, 작업장 정리의 순서로 진행되는데, 사고는 설비 상부의 덮개를 해체하던 중에 발생하였다.

이러한 유형의 사고는 비교적 많이 발생하고, 그 대책도 쉽게 제시할 수 있기 때문에 시스템적 사고분석기법으로 분석했을 때 기존의 분석결과와 어떠한 차이점이 있는지 비교가 용이할 것으로 판단되었다.

### (1) 사고 원인

위 사고에 대한 재해조사의견서를 참조하여 사고의 원인을 정리하면 다음과 같이 4가지로 제시할 수 있는데, 기계나 방호장치의 결함과 같은 원인은 없는 것으로 확인되었다.

- ① 금속표면처리설비 상부는 천장크레인 통과 시 크레인 거더와 구조물 간 작업자 끼임 또는 충돌 위험이 있었지만, 작업 구역 내에 천장크레인이 접근하지 못하도록 운전정지 조치를 하지 않았다.
- ② 천장크레인이 작업구역에 접근하는 것을 방지하기 위해 주행레일에 멈춤 장치(stopper)를 설치하지 않았다.
- ③ 정비작업과 크레인을 이용한 운반 작업을 지휘하고 감독하기 위한 작업지휘자와 작업감시자를 배치하지 않았다.

- ④ 천장크레인 운전자는 금속표면처리설비 상부에서 작업 중인 작업자를 인지하지 못하고 크레인을 운전하여 정비작업구역에 접근하였다. 이 때문에 설비 상부에서 작업 중이던 작업자는 다가오는 크레인을 피하기 위해 측면 약 1.5m 아래의 작업대 위로 뛰어내리다가 흉·복부 등에 부상을 입었다.

## (2) 재해예방대책

위와 같은 사고원인 분석 결과에 따라 재해조사의견서를 참조하여 다음과 같은 사고예방 대책을 제시할 수 있다.

- ① 설비의 정비작업 수행 전에 천장크레인의 전원을 차단한다.
- ② 천장크레인이 작업자에게 접근하는 것을 방지하기 위해 멈춤 장치 (stopper)를 주행레일에 설치한다.
- ③ 작업지휘자 및 감시자를 배치하여 전체 작업을 통제하고 감독하도록 한다.
- ④ 천장크레인 운전자에게 설비의 정비 작업 진행 상황을 알린다.
- ⑤ 정비작업자의 떨어짐을 방지하기 위한 조치를 실시한다.

## 6) 사고원인 분석결과 및 재해예방대책의 한계

사고사례와 관련하여 금속표면처리설비와 천장크레인의 소유자는 모기업 (원청)인 A사이다. 그러나 금속표면처리설비의 정비작업은 정비협력업체인 B사에서 수행하였고, 천장크레인 운전은 조업협력업체인 C사에서 수행하였다. 따라서 앞에서 제시한 사고 예방대책을 시행하기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 문제점이 있다.

- ① “설비의 정비작업 수행 전에 천장크레인의 전원을 차단”하기 위해서는 모기업인 A사가 C사에게 요청하여야 한다. A사가 내부적으로 생산 일정을 조율하고, C사에게 금속표면처리설비에 대한 정비작업이

진행됨을 알려 천장크레인의 전원을 차단하도록 해야 한다. 협력사인 B사가 같은 협력사인 C사에게 천장크레인 작업 중지를 요청하면, A사가 요구한 작업일정의 준수 등의 문제로 천장크레인 전원차단 조치가 이행되기 어려울 수 있다.

- ② “천장크레인 주행레일에 멈춤 장치 설치”는 모기업인 A사가 수행하거나, 크레인 운전 협력업체인 C사에서 수행하여야 한다. B사는 작업에 투입되기 전까지는 천장크레인이 접근할 수 있다는 사실을 사전에 파악하기가 어려울 수 있으며, 멈춤 장치를 보유하고 있지 않을 가능성이 높다.
- ③ “작업지휘자 및 감시자 배치”와 관련하여, 설비 정비를 위한 작업지휘자는 B사에서, 크레인 운전 작업지휘자는 C사에서 배치하고, 정비작업에 대한 총괄 감독은 모기업인 A사에서 할 필요가 있다. 재해예방 대책에 이러한 내용이 명확하게 제시될 필요가 있다.
- ④ “천장크레인 운전자에게 설비의 정비 작업 진행 내용”은 첫째와 같이 모기업인 A사가 C사에게 알려야 한다. 정비협력사인 B사는 알려야 된다는 사항 자체를 인지하지 못할 수 있다.
- ⑤ “정비작업자의 떨어짐 방지 조치”와 관련하여 정비대상 설비와 크레인의 간의 간격이 좁아 안전난간대를 설치하기 어려운 상황이었다. 또한, 정비보수 협력업체에서 모기업의 설비에 정비보수를 위한 작업 외에 임의로 어떠한 조치를 수행하기 어렵다.

이와 같은 내용을 정리하여 수행부서 또는 업체를 표시하면 <표 III-7>과 같이 나타낼 수 있는데, 정비작업지휘자 배치를 제외하고 나머지는 정비협력업체인 B사에서 단독으로 수행하기 어려운 사항이다. 따라서 모기업의 정비 및 조업부서와 설비의 운전 및 생산 협력업체까지 분석 대상에 포함시켜 사고의 원인을 찾고 각 업체 또는 부서에 맞는 예방대책을 수립할 필요가 있다. 그렇지 않으면 다른 설비에서 유사한 사고가 재발할 가능성이 높다.

〈표 III-7〉 사고예방대책을 수행하기 위한 담당 부서 및 업체

| 연번 | 사고예방대책                                                | 수행 부서 또는 업체                         |
|----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | 정비작업 수행 전에 크레인의 전원을 차단한다                              | 모기업(조업부서 또는 정비부서)<br>또는 크레인 운전 협력업체 |
| 2  | 크레인이 작업자에게 접근하는 것을 방지하기 위한 멈춤 장치(stopper)를 주행레일에 설치한다 | 모기업 또는<br>크레인 운전 협력업체               |
| 3  | 정비작업 감시자를 배치한다.                                       | 모기업(생산부서 또는 정비부서)                   |
|    | 정비작업 지휘자를 배치한다                                        | 정비협력업체                              |
|    | 크레인 운전 작업지휘자를 배치한다                                    | 크레인 운전 협력업체                         |
| 4  | 천장크레인 운전자에게 설비의 정비 작업 진행 내용을 알린다                      | 모기업(조업부서 또는 정비부서)                   |
| 5  | 정비작업자의 떨어짐 방지조치를 한다                                   | 모기업의 지원의 받아 정비협력업체<br>에서 수행         |

## 7) 역학적 모델을 이용한 분석

역학적인 사고분석 방법 중 하나인 HFACS를 이용하여 사고 원인을 분석하고 그 결과를 〈표 III-8〉에 나타내었다. 〈표 III-8〉의 분석결과를 보면 사고의 원인이 모기업의 문제인지 협력업체의 문제인지 정확히 파악하기 어렵다. 따라서 모기업과 협력업체를 구분하여 사고의 원인을 분석하였고, 그 결과를 〈표 III-9〉에 나타내었다.

HFACS는 인적 요인을 중심으로 사고의 원인을 찾는 방법이기 때문에 〈표 III-9〉의 분석결과를 보면 모기업과 협력업체의 조직적 및 인적 요인을 중심으로 사고의 원인이 제시되어 있다. 그리고 앞에 제시된 사고 원인 외에 조직의 영향과 관련된 요인으로 모기업과 협력업체, 협력업체와 협력업체와의 의사소통 부족과 정보공유 부족에서 오는 문제점과 위험성평가 관련 요인이 추가로 나타나 있다.

분석결과에서 사고와 관련된 전체적인 요인을 보면 많은 부분이 협력업체 보다는 모기업과 관련 있는 것으로 나타났다. 따라서 사고를 예방하기 위한 대책도 모기업과 관련된 사항 중심으로 수립하고, 각 협력업체에 필요한 대책을 함께 수립할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 그러나 <표 III-8>와 같이 업체를 구분하지 않고 분석결과를 제시하면 모기업과 협력업체를 하나의 시스템으로 취급하는 전체적인 관점에서 사고 원인이 제시되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 모기업과 협력업체와의 관계와 같은 구조적인 문제를 포함한 사고를 분석하는 경우에는 분석대상 업체나 부서를 세부적으로 구분할 필요가 있었다. 또한, HFACS 분석에서는 모기업과 협력업체라는 구조에서 업무의 진행 단계별로 모기업의 결정이 협력업체에 어떻게 영향을 미쳤는지 파악하기 어려웠고, 모기업과 협력업체 이외의 외부 원인에 대한 분석이 포함되지 않았기 때문에 이에 대한 추가 분석이 필요할 것으로 판단되었다.

〈표 III-8〉 HFACS를 이용한 작업자 추락사고 원인 분석 결과(1)

| 대분류           | 세부항목         |           | 사고의 (잠재적) 원인                                                               |
|---------------|--------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------|
| 조직의 영향        | 자원관리         |           | - 생산 및 정비작업을 협력업체에게 도급을 주어 수행함                                             |
|               | 조직의 분위기      |           | - 모기업과 협력업체와의 적절한 의사소통 부족 (작업일정 공유 등)                                      |
|               | 조직 내 절차      |           | - 모기업과 협력업체 간에 업무협조 또는 정보공유가 원활하지 않음                                       |
| 불안전한 감독       | 부적절한 감독      |           | - 작업지휘자(감독자)를 배치하지 않음                                                      |
|               | 부적절한 운영      |           | - 정비작업 수행 관련 위험요인을 적절하게 파악하지 못함                                            |
|               | 문제 해결 불이행    |           |                                                                            |
|               | 감독 위반        |           |                                                                            |
| 불안전한 행위의 전제조건 | 환경적 요인       | 물리적 환경    | - 천장크레인 거더 하부와 설비 간의 간격이 좁음<br>- 떨어짐 위험이 있는 장소이지만 안전대를 걸고 작업하기 적절하지 않은 환경임 |
|               |              | 기술적 환경    |                                                                            |
|               | 작업자의 불안정한 조건 | 불안전한 정신상태 |                                                                            |
|               |              | 불안전한 건강상태 |                                                                            |
|               |              | 육체·정신 한계  |                                                                            |
|               | 작업자의 불안정한 관행 | 인적 요소 관리  |                                                                            |
|               |              | 개인적 준비    |                                                                            |
| 불안전한 행위       | 오류           | 의사 결정 오류  | - 크레인 운전을 정지시키지 않음<br>- 크레인 주행 레일에 정지장치를 설치하지 않음                           |
|               |              | 기술 기반 오류  |                                                                            |
|               |              | 지각 오류     | - 크레인 하부 설비에서 정비작업 중인 사실을 인지하지 못함<br>- 정비보수 작업 시 크레인 접근 위험성을 인지하지 못함       |
|               | 위반           | 통상적 위반    | - 작업자가 안전대를 착용하지 않음                                                        |
|               |              | 예외적 위반    | - TBM에 크레인 운전 협력업체가 참여하지 않음                                                |

〈표 III-9〉 HFACS를 이용한 작업자 추락사고 원인 분석 결과(2) - 업체구분

| 대분류           | 세부항목         |           | 사고의 (잠재적) 원인                                                           |                                      |                                      |
|---------------|--------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|               |              |           | 모기업                                                                    | 크레인 운전 협력업체                          | 정비보수 협력업체                            |
| 조직의 영향        | 자원관리         |           | - 생산 및 정비작업을 협력업체에게 도급을 주어 수행함                                         |                                      |                                      |
|               | 조직의 분위기      |           | - 모기업과 협력업체와의 적절한 의사소통 부족 (작업일정 공유 등)                                  |                                      |                                      |
|               | 조직 내 절차      |           | - 모기업과 협력업체 간에 업무협조 또는 정보공유가 원활하지 않음                                   | - 모기업과 협력업체 간에 업무협조 또는 정보공유가 원활하지 않음 | - 모기업과 협력업체 간에 업무협조 또는 정보공유가 원활하지 않음 |
| 불안전한 감독       | 부적절한 감독      |           | - 설비의 정비작업을 총괄적으로 감독하지 않음(감독자 미배치)                                     | - 크레인 운반작업을 지휘하기 위한 작업 지휘자 (신호수)미배치  | - 작업지휘자를 배치하지 않음                     |
|               | 부적절한 운영      |           | - 정비작업 수행 관련 위험요인을 적절하게 파악하지 못함                                        |                                      | - 정비작업 수행 관련 위험요인을 적절하게 파악하지 못함      |
|               | 문제 해결 불이행    |           |                                                                        |                                      |                                      |
|               | 감독 위반        |           |                                                                        |                                      |                                      |
| 불안전한 행위의 전제조건 | 환경적 요인       | 물리적 환경    | - 천장크레인 거더 하부와 설비 간의 간격이 좁음<br>- 떨어짐 위험이 있는 장소이지만 안전대를 걸고 작업하기 어려운 환경임 |                                      |                                      |
|               |              | 기술적 환경    |                                                                        |                                      |                                      |
|               | 작업자의 불안정한 조건 | 불안전한 정신상태 |                                                                        |                                      |                                      |
|               |              | 불안전한 건강상태 |                                                                        |                                      |                                      |
|               |              | 육체·정신 한계  |                                                                        |                                      |                                      |
|               | 작업자의 불안정한 관행 | 인적 요소 관리  |                                                                        |                                      |                                      |
|               |              | 개인적 준비    |                                                                        |                                      |                                      |
| 불안전한 행위       | 오류           | 의사결정오류    | - 크레인 운전을 정지시키지 않음                                                     | - 크레인 주행 레일에 정지장치를 설치하지 않음           |                                      |
|               |              | 기술기반오류    |                                                                        |                                      |                                      |
|               |              | 지각 오류     |                                                                        | - 크레인 하부 설비에서 정비작업 중인 사실을 인지하지 못함    | - 정비보수 작업 시 크레인 접근 위험성을 인지하지 못함      |
|               | 위반           | 통상적 위반    |                                                                        |                                      | - 작업자가 안전대를 착용하지 않음                  |
|               |              | 예외적 위반    | - TBM에 크레인 운전 협력업체가 참여하지 않음                                            |                                      |                                      |

## 8) 시스템적 모델을 이용한 분석

사고사례를 시스템적으로 분석하기 위하여 AcciMap, STAMP-CAST (Systems-Theoretic Accident Model and Process, Causal Analysis based on System Theory), FRAM(Functional Resonance Analysis Method) 모델을 이용한 분석방법을 사용하였고, 추가로 업무처리절차를 이용하여 분석을 수행하였다. 시스템적 사고분석 과정에서 필요한 자료 중 확보할 수 없었던 내용 일부는 전후 맥락에 따라 추정해서 작성하였고, 사고 발생 당시의 사업장 지침이나 작업표준을 확인할 수 없는 경우에는 최근 자료를 이용하여 작성하였다.

### (1) AcciMap을 이용한 분석

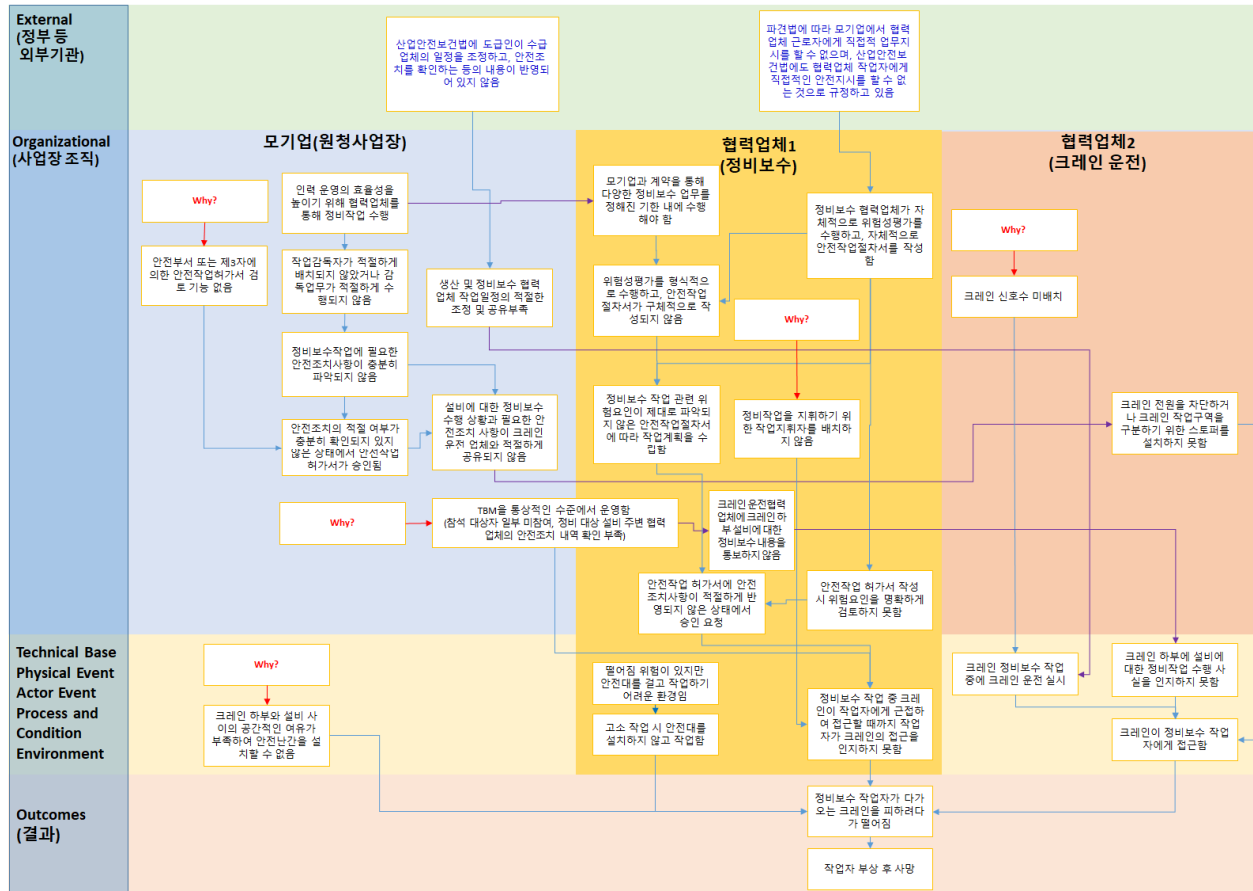
[그림 III-6]에는 AcciMap을 이용하여 사고사례를 분석한 결과를 나타내었다. 사고의 원인을 모기업과 협력업체별로 구분하기 위하여 모기업과 협력업체의 영역을 구분하여 나타내었다. 그림의 각 상자 안에는 사고의 발생과 관련된 원인이 기술되어있고, 각 원인이 영향을 미치는 과정을 화살표로 표시하였다.

AcciMap 분석 결과를 보면 HFACS를 이용한 분석결과에서 볼 수 없는 법적인 문제점과 안전작업허가서 관련 문제점, 정비보수 협력업체의 작업수행 관련 문제점을 추가로 확인할 수 있고, 모기업의 행위나 결정이 협력업체에 어떻게 영향을 주었는지 파악할 수 있다. 법적인 사항에 있어서 사고발생 당시의 산업안전보건법은 도급인(모기업)에게 수급업체의 일정을 조정하고 안전조치 확인하는 의무를 부여하고 있지 않았다. 따라서 산업안전보건법에 도급인의 의무 중 하나로 수급인(협력업체)의 작업일정을 조정하고, 안전조치 결과를 확인하는 의무를 부과할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 이러한 내용은 최근에 산업안전보건법에 반영되어 2021년 11월 19일부터 시행되었다.

참고로, [그림 III-6]에서 “Why?”로 표시한 “왜 안전부서에 안전작업허가서에 대한 검토 기능을 부여하지 않았는지?”와 “왜 TBM을 형식적으로 운영하

였는지?”, 정비보수 협력업체에서는 “왜 작업지휘자를 배치하지 않았는지?”, 크레인 운전 협력업체는 “왜 크레인 신호수를 배치하지 않았는지?”와 같은 이유에 대해서는 어느 정도 추정이 가능하지만 추가로 조사할 필요가 있는 것으로 나타났다. 이러한 이유와 원인을 추가로 찾고, 그에 대한 근본적인 개선방안을 찾아야 사고의 재발을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

이와 같이 AcciMap을 이용한 분석에서는 앞의 화학공장 사고사례 분석결과와 같이 HFACS 분석보다 확장된 시스템 범위에 대해 분석을 수행함으로써 모기업과 협력업체 이외의 외부적인 원인을 보여줄 수 있었다. 그리고 모기업과 협력업체의 구조 속에서 모기업이나 다른 협력업체의 행위나 결정이 어떻게 사고에 기여할 수 있는지를 보여줄 수 있었다. 따라서 협력업체의 사고를 예방하기 위해서는 이러한 구조로 인해 발생하는 문제를 해결할 수 있는 방안을 찾을 필요가 있을 것으로 판단되었다. 그리고 AcciMap 분석에서는 업무의 흐름에 따른 시스템 구성요소별 문제점을 제시하기에 어려운 부분이 있었는데 이에 대한 분석도 필요할 것으로 판단되었다.



[그림 III-6] 설비 정비작업 중 추락사고 관련 AcciMap 분석 결과

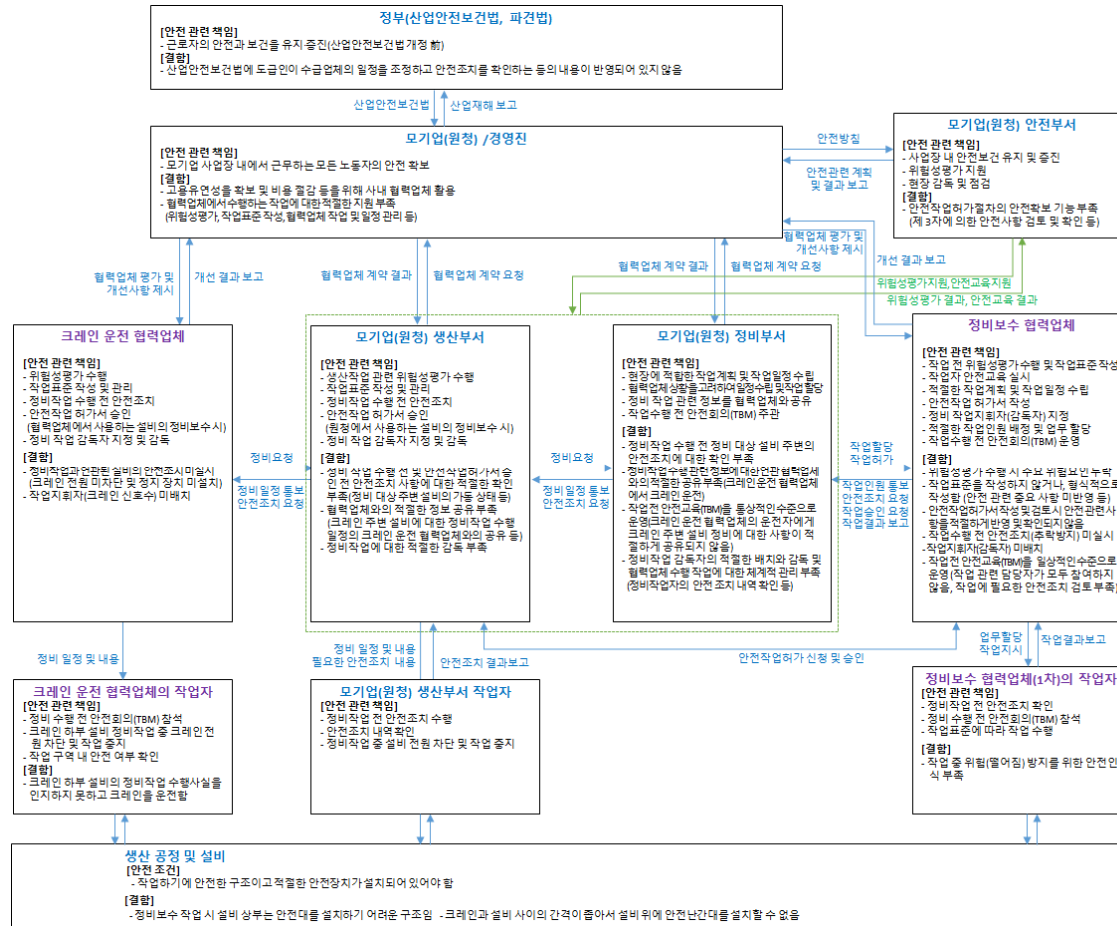
## (2) STAMP-CAST를 이용한 분석

[그림 III-7]에는 STAMP-CAST를 이용하여 앞의 사고사례의 원인 요소들을 모기업과 협력업체 시스템의 구성요소별로 나타내었다. [그림 III-3]의 모기업 부서와 협력업체와의 관계를 나타낸 그림에서 포장, 운반, 물류 협력사 부분을 제외하고, 안전부서와 정부를 추가하여 각 구성요소들의 안전 관련 책임과 사고에 기여한 결함을 분석하였다. 또한 화살표를 이용하여 각 구성요소들 간의 지시사항과 피드백을 나타내었다. 사고가 발생한 설비와 크레인 설치는 후 상당한 시간이 지났기 때문에 설비의 설계 및 개발과 관련된 부분에 대한 분석은 생략하였다.

분석결과를 보면 정부, 모기업 경영진과 안전부서, 크레인 운전 협력업체, 정비보수 협력업체, 각 업체의 작업자, 생산공정 및 설비의 안전 관련 책임과 결함이 나타나 있다. 이러한 결과는 AcciMap에서 나타난 사고의 원인을 시스템의 구성요소별로 분류하여 체계적으로 정리한 것으로도 볼 수 있다. 그리고 각 구성요소 간의 지시사항이나 피드백을 나타냄으로써 구성요소 간의 상호작용과 문제점을 파악할 수 있다. 시스템 구성요소 사이의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

### 가) 모기업과 크레인 운전 협력업체: 정보 공유

모기업의 정비부서와 생산부서에서는 크레인 운전 협력업체에게 설비의 정비보수가 진행된다는 사실을 공지하고 크레인 운전정지와 주행레일에 정지장치(stopper) 설치 등의 안전조치를 하도록 하고 확인을 했어야 한다. 그렇지 않으면, 크레인 운전 협력업체는 크레인 하부 설비에 대한 정비보수 관련 사실을 알기 쉽지 않다. 정비보수 협력업체에서도 크레인 운전 협력업체에 안전조치를 요구할 경우 크레인 운전 협력업체는 생산 일정 등을 고려하여 비협조적일 수 있다. 따라서 모기업의 생산부서(또는 정비부서)에서 크레인 운전 협력업체에 안전조치 요청을 하지 않은 결함이 있다. 이러한 결함으로 크레인 운전자는 크레인 하부 설비에 대한 정비보수 작업이 진행되고 있다는 사실을 인지하지 못하고 크레인을 운전하였다.



[그림 III-7] 설비 정비작업 중 추락사고 관련 STAMP-CAST 분석 결과

나) 모기업과 크레인 운전 및 정비보수 협력업체: 작업표준 공유

크레인 주행레일 스톱퍼 설치와 관련된 사항은 크레인 운전 협력업체의 작업표준에 있었다. 그러나 정비보수 협력업체는 이러한 사실을 파악하기 어려웠고, 크레인 운전 협력업체는 정비보수가 진행되고 있다는 사실을 인지하지 못하여 주행레일에 스톱퍼가 설치되지 않았다. 이 경우 동일한 공간에서 다음과 같이 서로 다른 회사의 작업표준이 각각 적용되고 있는데, 이에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 모기업의 지원이나 협력이 필요할 것으로 판단된다.

- ① 크레인 운전 협력업체의 생산작업 관련 작업표준
- ② 크레인 운전 협력업체의 설비정비 관련 작업표준
- ③ 정비보수 협력업체의 정비보수 관련 작업표준

다) 모기업 안전부서와 정비보수 협력업체: 안전작업허가서 검토

정비보수 협력업체에서 안전작업허가서를 작성하면 승인 전 안전전문가가 제3자적 관점으로 안전작업허가서를 검토하고 안전조치내역을 확인할 필요가 있다. 사업장마다 차이가 있긴 하지만 이 사업장의 경우에는 제3자가 안전작업허가서를 검토하는 과정과 작업 전 현장의 안전조치 내역을 확인하는 과정이 미흡한 것으로 나타났다.

라) 모기업과 정비보수 협력업체: 위험성 평가 및 작업표준 작성

정비보수 협력업체에서는 작업을 수행하기 전에 위험성평가를 수행하고 위험요인을 개선하여야 하며, 위험성평가에서 발견된 중요한 사항은 작업표준에 반영하여 작업자가 지키도록 해야 한다. 그러나 정비보수 협력업체는 현실적으로 작업을 수행하기 전에 위험성평가를 수행하기가 쉽지 않다. 특히, 처음으로 담당하는 설비에 대한 정비보수 작업을 수행하는 경우에는 작업표준을 작성하고 작업자가 그 작업표준에 따라 작업하도록 하는 것에 무리가 있을 수 있다. 따라서 대부분의 정비보수 협력업체에서는 위험성평가와 작업표준

작성 및 준수에 관한 사항을 형식적으로 수행할 가능성이 높다. 이를 방지하기 위해서는 모기업의 역할이 매우 중요하지만, 모기업은 파견법 위반을 고려하여 위험성평가와 작업표준 작성에 대해서 제한적으로 지원하고, 협력업체에서 자체적으로 작성하도록 하는 문제점이 있었다. 따라서, 이러한 문제를 제도적으로 해결할 수 있는 방안을 고민할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

이상과 같이 STAMP 분석 방법을 통해 시스템을 구성하는 구성요소의 문제점과 구성요소 사이에서 발생하는 문제점을 찾을 수 있었지만 업무의 흐름에 따른 문제점을 제시하기에는 어려운 점이 있었다. 협력업체의 사고를 예방하기 위해서는 모기업과 협력업체라는 구조적인 문제에서 발생하는 문제점과 [그림 III-7]에 나타나 있는 시스템 구성요소별 문제점을 체계적으로 해결하는 방안을 모색할 필요가 있을 것으로 판단된다.

### (3) FRAM을 이용한 분석

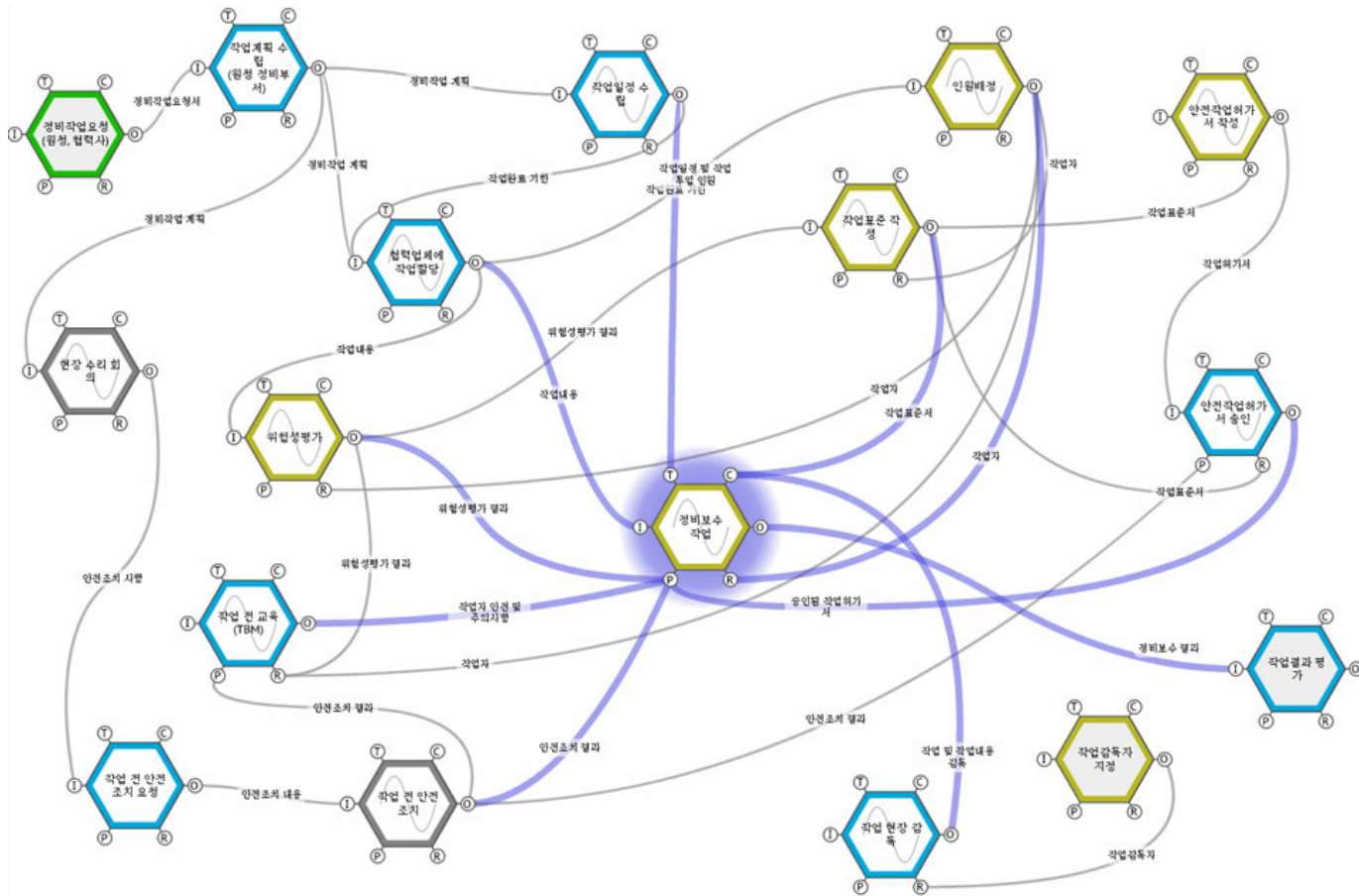
[그림 III-8]에는 FRAM 분석을 수행하기 위해 정비보수와 관련된 기능을 모델링한 결과를 나타내었다. FRAM을 이용하여 사고를 분석하기 위해서는 시스템의 기능을 파악하여야 하는데, 이를 위해 앞의 정비보수업무 처리절차에서 파악한 시스템의 기능에 “작업 전 안전조치 요청”의 기능을 추가하였다. 그림을 보면 정비보수 작업을 수행하기 위해서는 위험성평가 결과, 작업 전 교육(TBM), 작업 전 안전조치, 안전작업허가서 승인 등의 전제조건이 있어야 하며, 작업표준과 감독이 작업을 수행하기 위한 제어요소로 작용함을 알 수 있다.

〈표 III-10〉에는 정비보수와 관련된 각 기능의 관점에서 변동성과 그 파급효과를 나타내었다. 여기서 파급효과는 사고가 발생하게 된 원인이 되는데, FRAM 이론에 따르면 단순히 하나의 기능에 따른 변동성으로 인해 사고가 발생하는 것이 아니고 여러 기능의 변동성이 예상치 못한 방식으로 서로 일치하고 하나 이상의 기능의 진폭(변동성)이 비정상적으로 커져 불균형 적인 결과

를 초래할 때 사고가 발생한다고 되어 있다(Hollnagel 등, 2014). 따라서 FRAM의 이론적인 측면에서는 <표 III-10>에 나타난 각 기능의 변동성이 정비보수 작업 중에 허용 범위 이상으로 비정상적으로 작용하면서 사고가 발생한 것으로 설명할 수 있다.

본 연구의 FRAM 분석에서는 사업장 내의 정비보수와 관련된 기능만을 추출하여 분석을 수행하였고, 법 제정과 같은 사업장 외부의 기능은 포함시키지 않았다. 그리고 FRAM 분석에서는 [그림 III-8]과 같이 시스템의 기능을 중심으로 문제점을 분석하기 때문에 협력업체에서 발생한 사고와 같은 경우에는 원인이 모기업의 문제인지, 협력업체의 문제인지가 제시되지 않는다. 이 때문에 <표 III-10>의 분석결과에 관련 업체를 별도로 표기하였다.

분석결과를 보면 업무와 관련된 다양한 원인이 나타나 있지만 모기업과 협력업체라는 구조적인 관계에 의한 사고의 원인이 체계적으로 제시되지 않았고, 모기업과 협력업체 이외의 원인을 찾기 위해서는 분석 범위를 확장하여 이와 관련된 기능을 분석대상에 추가할 필요가 있었다.



[그림 III-8] 정비보수작업에 대한 FRAM 모델링 결과

**〈표 III-10〉 금속제련업 사업장에서의 정비보수업무 관련 기능의 변동성 및 파급효과**

| 기능                    | 변동성                                                                                                                                            | 파급효과                                                                                                                        | 관련업체                            |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1) 위험성평가              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 업무를 수급받은 협력업체에서 위험성 평가를 수행하도록 하고 있어 형식적으로 수행할 수 있음</li> </ul>                                         | 확인 불가                                                                                                                       | 정비보수 협력업체                       |
| 2) 기준 및 작업표준 작성·관리    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업표준을 작성하는 협력사에서 모기업에서 요구하는 조건을 맞추기 위해 작업표준 작성에만 중점을 두어 작업에 필요한 중요 사항을 작업표준에 포함시키지 않을 수 있음</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (정비협력업체) 안전작업절차서가 구체적으로 작성되지 않음</li> </ul>                                         | 정비보수 협력업체                       |
| 3) 정비작업요청             | -                                                                                                                                              | -                                                                                                                           |                                 |
| 4) 작업계획 수립 및 승인       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업계획 수립 시 필요한 안전조치가 상세하게 검토되어야 하나 일반적인 안전사항 중심의 안전조치만 포함시킬 수 있음</li> </ul>                            | -                                                                                                                           | 모기업 (정비부서)                      |
| 5) 작업일정수립             | -                                                                                                                                              | -                                                                                                                           |                                 |
| 6) 협력업체에 작업 할당        | -                                                                                                                                              | -                                                                                                                           |                                 |
| 7) 현장 수리 회의           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정비 관련 내용 외에 안전조치 계획이 논의되지 않을 수 있음</li> </ul>                                                          | 확인불가                                                                                                                        |                                 |
| 8) 인원배정               | -                                                                                                                                              | -                                                                                                                           |                                 |
| 9) 작업감독자 지정           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업감독자 또는 지휘자를 지정하지 않거나 작업 감독 또는 지휘를 하지 않을 수 있음</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정비보수 작업감독자가 현장에 없음</li> <li>• 크레인 신호수가 현장에 없음</li> <li>• 작업지휘자가 지휘하지 않음</li> </ul> | 모기업<br>크레인 운전 협력업체<br>정비보수 협력업체 |
| 10) 안전작업허가서 작성        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 전에 필요한 안전조치, 위험요인 등이 포함되지 않을 수 있음</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전작업허가서에 필요한 안전조치가 모두 포함되지 않음</li> </ul>                                           | 정비보수 협력업체                       |
| 10-2) 작업 전 안전조치 요청    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업에 필요한 안전조치 사항이 제대로 전달되지 않을 수 있음</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 크레인 작업 중지 등과 관련된 사항이 제대로 이루어지지 않음</li> </ul>                                       | 모기업                             |
| 11) 작업 전 안전조치         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 전 안전조치를 하지 않을 수 있음</li> </ul>                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 크레인 운전정지 조치 및 주행레일에 멈춤장치(stopper)를 설치하지 않음</li> </ul>                              | 크레인 운전 협력업체                     |
| 12) 안전작업허가서 승인        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전조치 내역을 확인하지 않고 승인할 수 있음</li> </ul>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전작업 허가 시 안전조치 내역이 적절하게 확인되지 않음</li> </ul>                                         | 모기업 (생산부서)                      |
| 13) 작업 전 교육 및 회의(TBM) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 참석대상자 중 일부가 참여하지 않을 수 있음(참석대상자를 정확하게 파악하지 않을 수 있음)</li> <li>• 안전 관련 중요 사항이 누락될 수 있음</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적인 사항 중심으로 수행하고 일부 담당자가 참여하지 않음</li> </ul>                                       | 모기업(정비) & 정비보수 협력업체             |
| 14) 정비보수작업 실시         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전조치를 하지 않은 상태에서 작업할 수 있음</li> </ul>                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전대를 설치하지 않고 작업 수행</li> </ul>                                                      | 정비보수 협력업체                       |
| 15) 작업현장 감독           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 모기업, 협력업체에서 작업에 대한 감독을 생략할 수 있음</li> </ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업에 대한 감독이 제대로 이루어지지 않음</li> </ul>                                                 | 모기업 & 크레인 운전 협력업체 & 정비보수 협력업체   |
| 16) 작업완료 및 평가         | -                                                                                                                                              | -                                                                                                                           |                                 |

#### (4) 정비보수 업무절차를 이용한 분석 결과

AcciMap과 STAMP-CAST 방법을 이용한 분석결과에서 시스템 구성요소 각각의 문제점과 구성요소 간의 문제점을 계층적으로 파악할 수 있었다. 그리고 FRAM 분석을 통해 시스템의 기능적인 측면에서의 변동성과 파급효과(원인)을 찾을 수 있었고, HFACS를 이용하여 인적 및 조직적 원인을 중심으로 사고의 원인을 찾을 수 있었다. 그러나 이 네 가지 방법 모두 업무의 흐름에 따른 각 업무 단계의 문제점과 각 업무 단계에서 시스템을 구성하는 요소 사이의 문제점을 체계적으로 제시하기는 어려웠다. 따라서 업무의 흐름에 따른 분석을 수행하기 위해 업무처리절차를 이용하여 사고가 발생하기까지의 업무의 각 단계별 문제점을 분석하고자 하였다. 이를 위해 다음과 같은 방법으로 분석을 수행하였다.

- ① STAMP의 안전제어구조도를 작성하여 업무를 수행하기 위한 시스템(조직)의 구성요소(모기업, 협력업체)와 그 구성요소 간의 관계를 파악하였다.
- ② 사업장 내규 및 작업표준 등을 이용하여 분석하고자 하는 업무의 전체적인 진행 단계와 각 단계별 수행내용을 파악하였다.
- ③ 업무 수행 단계를 다이어그램으로 작성하고 각 단계별로 조직 구성요소의 문제점과 구성요소 사이의 문제점을 분석하였다.
- ④ 각 업무수행 단계에서 다음 단계로 넘어가는 과정에서의 문제점을 분석하였다.

##### 가) 모기업과 협력업체와의 관계

모기업 각 부서와 협력업체와의 관계는 [그림 III-3]과 같다. 세부 내용은 앞에서 설명한 내용과 같다.

#### 나) 정비보수업무 처리절차

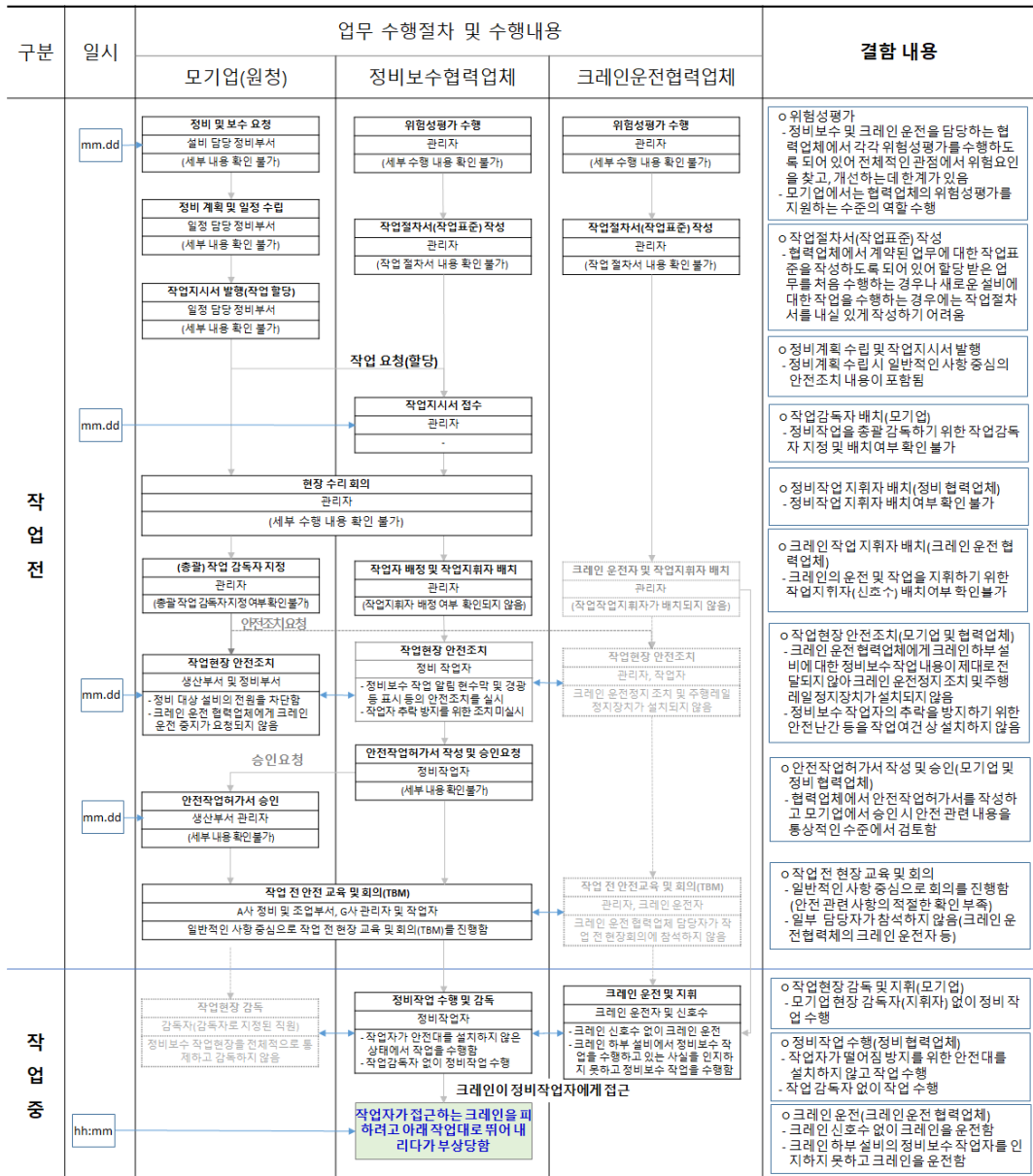
협력업체를 통해 정비보수업무를 처리하는 절차와 세부내용은 앞의 <표 III-4>와 같다. 필요에 따라 업무처리 절차(작업순서)는 일부 변경될 수 있지만, 대부분은 이러한 절차에 따라 수행된다. 모기업에서 정비계획을 수립하고, 정비협력업체에 작업을 할당하면 정비협력업체는 작업허가를 받은 후에 정비작업을 수행하는 형태이다. 정비협력업체는 정비작업 시작 전에 모기업 및 크레인 운전 협력업체 담당자와 함께 모여 작업 전 회의를 실시하도록 되어 있다.

<표 III-4>에서 세부 업무내용은 주로 모기업을 중심으로 작성되어있고, 업무를 수행해야하는 주체가 명확하지 않은 부분이 있다. 그리고 안전조치에 대한 내용은 포함되어 있으나 안전조치를 누가 어떻게 어느 부서 또는 어느 협력업체에 요청해야 하는지와 안전조치내역에 대한 확인과정이 명확하지 않다. 따라서 세부적인 절차에 이러한 내용을 보완하여 작성할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

#### 다) 업무수행 단계별 문제점

[그림 III-9]에 정비보수업무가 진행되는 절차에 따른 수행내용과 각 절차별 결함을 나타내었다. 그림을 보면 업무수행절차 및 수행내용은 모기업과 협력업체를 구분하여 수행업무, 담당부서(담당자), 수행내용(또는 수행하지 않은 내용)을 작성하였고, 업무절차에 따라 수행했어야 하지만 수행하지 않은 작업이나 절차는 점선의 박스로 표시하였다. 결함 내용에는 업무 수행절차에 따른 업무별로 사고의 원인과 관련된 내용을 기록하였다. 이와 같은 분석결과를 통해 업무의 진행 단계별로 업체의 문제점을 파악할 수 있다. 그리고 결함 내용을 바탕으로 업무의 각 단계에서의 개선대책 수립이 가능할 것으로 판단되었다.

분석결과를 보면 AcciMap, STAMP, FRAM을 이용한 분석결과 보다는 업무의 흐름에 따라 사고에 기여한 원인을 쉽게 이해할 수 있고, 모기업과 협력업체의 의사소통의 부족이 발생하는 부분이나 약점이 있는 업무단계를 파악하기가 용이할 것으로 보인다.



[그림 Ⅲ-9] 설비 정비작업 중 추락사고 관련 업무 흐름도 및 결함

## 라) 업무와 업무 사이의 문제점

[그림 III-9]와 같이 업무의 진행 단계에 따른 문제점을 분석하면서 업무의 단계와 단계 사이에 다음과 같은 몇 가지 문제점이 확인되었다.

## - 작업 수행 전 안전조치 요청

모기업의 정비 또는 생산 부서에서 정비작업과 관련된 안전조치사항을 협력업체에 요청하는 절차가 불명확하여 모기업에서 크레인 운전 협력업체에게 크레인 작업 중지 요청 관련 내용이 제대로 전달되지 않음

## - 안전작업허가서의 작성 및 검토

협력업체의 안전작업허가서 작성담당자가 안전작업허가서를 작성하고 모기업 생산부서에서 안전작업허가서를 승인하는 방식을 적용하고 있으나, 제3자적인 관점에서 안전작업허가서를 검토하는 과정이 없었음.

## - 작업수행 전 안전 교육 및 회의(TBM) 참석 요청

안전회의 참석대상자는 작업수행자와 안전조치자로 되어 있으나 회의 참석대상자에 참석 요청이 적절하게 진행되지 않아 크레인 운전 협력업체의 운전자가 TBM에 참석하지 않음.

AcciMap과 STAMP-CAST에서는 업무의 흐름에 따른 문제점을 제시하기가 어려웠기 때문에 위와 같이 업무처리절차를 이용하여 시간적 흐름에 따라 모기업과 협력업체가 사고에 기여한 요인을 분석하였다. 이를 통해 정비업무 각 단계에서의 업체별 문제점과 사고에 기여한 요인을 체계적으로 제시하고, 사고와 관련된 요인들이 어떻게 사고 발생에 기여하는지 그 메커니즘을 보여줄 수 있었다. 그리고 위에 정리한 업무와 업무 사이에서 발생한 문제를 예방하기 위해서는 이와 같은 항목을 구체화하여 절차에 포함시키고 실제로 수행되도록 할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

### 3. 사고 분석결과 고찰 및 제안 사항

#### 1) 협력업체 사고 분석과 도급 관련 문제점

##### (1) 분석 대상 조직 범위 설정의 문제

협력업체에서 발생한 사고를 분석할 때에는 분석대상 조직의 범위를 모기업과 협력업체로 확대할 필요가 있다. 앞의 크레인 관련 사고와 같이 협력업체에서 작업하고 있는 구역에 설치된 설비를 정비보수를 담당하는 협력업체가 작업 중에 발생한 사고와 같은 경우에는 모기업, 크레인 협력업체, 정비보수 협력업체, 기타 관련 업체를 포함하여 각각의 책임과 역할에 맞게 사고 원인을 분석할 필요가 있다. 그리고 모기업은 각 부서까지도 구분하여 분석하여야 문제점을 보다 상세하게 문제점을 찾고, 개선방안을 마련할 수 있을 것이다.

##### (2) 분석 대상 업무 수행 범위 설정의 문제

협력업체에서 정비보수와 같은 비일상적인 작업 수행 중 발생한 사고를 분석할 때에는 정비보수 계획의 수립 단계부터 작업수행 단계까지 전체적인 측면에서 분석할 필요가 있다. 앞의 화학제품제조업에서 발생한 사고는 폐수집수조 보수계획 수립 단계부터 안전을 고려할 필요가 있었으며, 크레인 관련 사고는 설비의 보수 계획 수립 단계부터 크레인과 같은 주변 설비의 작동여부를 고려할 필요가 있었다. 또한 위험성평가, 작업표준의 작성, 안전작업허가서의 작성 및 승인절차 등 작업을 수행하기 위해 필요한 전 과정에 대한 분석을 수행해야 근본적인 사고 원인을 찾고, 유사한 사고의 재발을 방지할 수 있는 대책 제시가 가능할 것이다.

##### (3) 업무(시간)의 흐름에 따른 사고 원인 분석의 문제

AcciMap, STAMP-CAST, FRAM과 같은 시스템적 분석기법을 통해 전체

적인 측면에서 사고의 원인을 찾아낼 수 있었다. 그러나 이 방법들은 시간적 흐름(업무 수행 절차)에 따른 문제점들을 도식화하여 보여주기에는 한계가 있다. 또한 작업 수행 단계별로 문제점을 찾아낼 수는 있으나 체계적으로 보여주는 것은 어렵다. 따라서 이러한 모델의 제한점을 해결해 줄 수 있는 방법이 필요하다.

폐수집수조 관련 사고와 크레인 관련 사고를 보면, 업무의 각 단계에서 모기업과 협력업체의 의사소통, 정보제공, 관리감독 등에 문제가 있었는데 이러한 것을 체계적으로 분석하고 그 결과를 보여줄 필요가 있었다. 따라서 업무의 진행 단계에 따라서 어떠한 문제점이 있었고, 관련된 부서나 업체 간에 어떠한 문제점이 있었는지에 대해 체계적으로 분석할 필요가 있다.

#### (4) 모기업과 협력업체, 협력업체와 협력업체 간의 문제

협력업체는 모기업과 계약을 통해 주어진 업무를 수행하게 된다. 따라서 협력업체는 작업과 관련된 부분적인 정보만을 제공받아 업무를 수행할 수밖에 없으므로 모기업에서 작업과 관련된 전반적인 사항을 제어하고 관리해야 한다. 사고와 관련된 업무 처리 절차 전반에 대해 모기업과 협력업체가 수행해야 하는 사항을 명확히 하고 이에 대한 문제점을 검토할 필요가 있다. 또한, 모기업은 협력업체와 협력업체 간에 의사소통이나 정보교류가 잘 이루어질 수 있는 시스템을 제공할 필요가 있으며, 정비작업을 수행하는 경우에는 모기업이 전체적인 일정을 조율하고 제어할 필요가 있다.

### 2) 협력업체 사고 원인 분석 모델 제안

앞의 사고사례 분석 결과를 이용하여 협력업체에서 발생한 사고를 분석하기 위한 모델을 제안하고자 한다. 제안하는 모델은 앞의 [그림 III-9]와 같이 업무흐름도에 사고분석에 필요한 사항이 포함될 수 있도록 설계하였으며, 시스템적 사고분석 방법의 장점을 적용할 수 있도록 하였다. 우선, FRAM에서

사용하는 기능의 개념을 업무 절차에 따라 표현할 수 있도록 하였고, AcciMap에서 다이어그램에 기술하는 사고원인을 업무단계별로 제시할 수 있도록 하였다. 그리고 STAMP의 시스템 구성요소 표현과 관련된 부분이 모델에 반영될 수 있도록 하였다.

사고 분석을 위한 모델 작성은 다음의 4단계로 진행된다.

- ① 조직 구조를 파악하고 시스템 구조도를 작성한다.
- ② 사고 발생과 관련된 업무의 절차 및 내용을 파악한다.
  - 업무의 계획단계부터 시행 및 완료 단계까지 부서 및 업체별로 구분하여 업무처리절차와 내용을 파악한다.
- ③ 사고 발생과 연관된 업무절차를 다이어그램으로 작성한다.
- ④ 업무의 흐름에 따라 업체 및 부서별로 수행한 업무내용을 작성하고, 업무수행 관련 오류와 문제점이 무엇인지 기술한 후, 각 업무의 다음 단계로 넘어가는 과정에서 부서와 업체별로 어떠한 오류와 문제점이 있었는지 파악하고 그 내용을 기술한다.

#### (1단계) 조직 구조 파악 및 시스템 구조도 작성

사고가 발생한 사업장과 그 모기업의 조직구조를 파악하고, [그림 III-3]과 같은 STAMP의 안전제어구조도를 작성하여 모기업과 협력업체의 상호관계를 파악한다. 안전제어구조도는 이후에 수행하는 업무절차 및 내용을 파악하면서 추가로 발견되는 사항에 대해서는 수정을 계속한다.

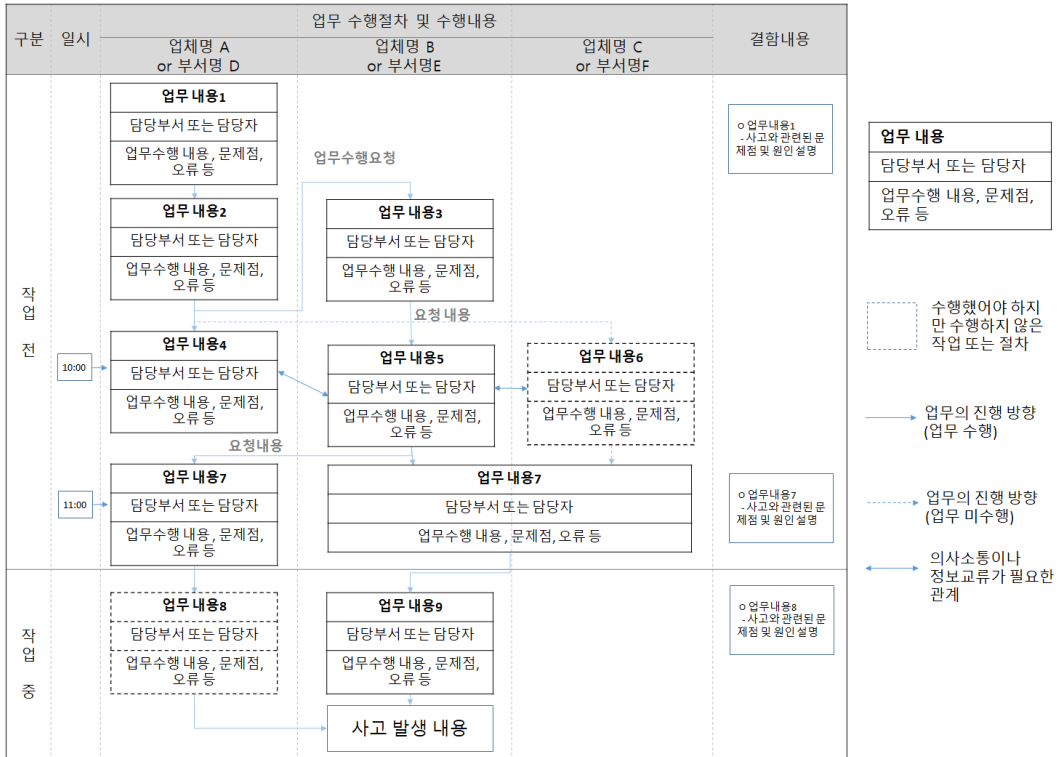
#### (2단계) 업무절차 및 내용 파악

사고가 발생한 공정의 업무를 전체적으로 파악하여 각 단계별로 관련 부서 및 업체에서 수행해야 할 내용을 정리한다. 업무절차는 관련 절차서를 참고할 수 있으며, 절차나 지침에 명시되지 않은 부분이 추가로 파악될 경우 이 내용을 추가하여 작성한다. 여러 개의 지침서를 통합하여 가능하면

하나의 업무 흐름도를 작성한다. 업무는 계획 단계부터 완료 후 평가단계까지 작성함을 원칙으로 하며, 업무의 단계별로 관련되는 부서, 업체까지도 파악하여야 한다. 이렇게 파악한 업무절차와 내용은 계획된 작업인 WAI(Work As Imagined)라 할 수 있다.

### (3단계) 업무절차 모델 작성

업무절차 모델은 분석한 내용을 바탕으로 [그림 III-10]과 같은 형식으로 작성할 수 있다. 그림에는 업무의 계획 단계부터 완료 및 평가 단계까지의 세부 단위 업무를 각 업체 및 부서별로 구분하여 나타낸다. 대구분은 작업 전, 작업 중, 작업 후로 구분하여 나타내고 있다. 일시는 해당 작업이 진행된 일시 또는 수행 예정이었던 시간을 입력하도록 하고 있다. 업체명(부서명) 부분에는 업무의 절차에 따라 참여하여야 하는 업체 또는 부서를 구분하여 입력할 수 있도록 하고 있다. 원인 및 문제점 부분에는 각 절차의 문제점이나 업무가 수행되지 않은 이유 등을 간략히 기술하도록 하고 있다. 실선으로 작성한 상자는 실제로 수행한 업무를 표현하고 있으며, 업무내용, 담당부서 또는 담당자, 문제점 또는 오류 등을 간단하게 입력하도록 하고 있다. 업무내용은 주로 업무절차서 기준으로 표시할 수 있다. 담당부서 또는 담당자 칸에는 업무와 관련된 담당부서 또는 담당자를 기입한다. 문제점 또는 오류에는 업무 수행 시 잘못된 사항이나 발생한 문제점에 대해 간략하게 기술한다. 점선으로 작성된 상자는 내부 규정 또는 관련 법규에 따라 수행했어야 하지만, 수행하지 않았거나 제대로 이루어지지 않은 절차를 나타내며, 입력하는 내용은 실선 상자와 동일하다.



[그림 Ⅲ-10] 업무 수행 절차에 따른 결함 분석 모델

#### (4단계) 업무의 흐름에 따른 문제점과 결함의 기술

4단계에서는 3단계에서 작성한 모델을 기준으로 업무 수행내용과 문제점 및 오류(결함)을 세부적으로 작성한다. 계획에는 있지만 실제로는 업무를 수행하지 않았을 경우 미실시로 표시하고, 내용 확인을 할 수 없는 경우 확인불가로 표시할 수 있지만, 추가 조사나 확인 과정을 통해 확인불가를 최소로 줄인다. 업무 수행내용을 작성한 후에는 계획된 업무와 실제로 수행된 업무를 비교하면서 해당 업무의 문제점과 결함을 파악한다. 문제점 및 결함은 환경적, 문화적, 기계적 결함과 의사소통, 정보제공 등 다양한 분야에 대해 검토한다. 그리고 결함내용에 각 업무 단계에서 찾은 문제점이나 사고원인을 구체적이고 세부적으로 작성한다.

위의 과정이 완료되면 각 업무의 다음 단계로 넘어가는 과정에서 부서와

업체별로 어떠한 오류와 문제점이 있었는지 파악하고 그 내용을 기술한다.

이와 같은 과정을 통해 수행하는 업무처리절차를 이용한 분석은 다음과 같은 장점이 있을 것으로 예상된다.

- ① 업무처리절차를 작성하는 과정에서 사업장 스스로 문제점을 찾아내고 파악할 수 있다.
- ② 모기업과 협력업체의 책임과 의무를 명확하게 분담하여 수행하도록 할 수 있다.
- ③ 사업장에서 위험성평가를 수행하고, 작업표준을 작성할 때에도 활용이 가능하다.

### 3) 산업안전보건법 관련 개선 의견

#### (1) 모기업의 작업시기 조정 및 관리

폐수집수조 사고 및 크레인 사고를 보면 모기업에서 협력업체의 작업시기를 조정하고, 안전조치를 확인할 필요가 있었지만 이러한 조치를 제대로 하지 않았다. 따라서 이러한 내용이 산업안전보건법 제64조(도급에 따른 산업재해 예방조치)에 반영될 필요가 있다. 이 사항은 다행히도 2021년에 5월에 반영되었고, 2021년 11월 19일부터 시행되었다. 세부 내용은 다음의 제64조 제1항의 제7호 및 제8호와 같다.

### 〈산업안전보건법〉

제64조(도급에 따른 산업재해 예방조치) ① 도급인은 관계수급인 근로자가 도급인의 사업장에서 작업을 하는 경우 다음 각 호의 사항을 이행하여야 한다.

1. 도급인과 수급인을 구성원으로 하는 안전 및 보건에 관한 협의체의 구성 및 운영
  2. 작업장 순회점검
  3. 관계수급인이 근로자에게 하는 제29조제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 안전보건교육을 위한 장소 및 자료의 제공 등 지원
  4. 관계수급인이 근로자에게 하는 제29조제3항에 따른 안전보건교육의 실시 확인
  5. 다음 각 목의 어느 하나의 경우에 대비한 경보체계 운영과 대피방법 등 훈련
    - 가. 작업 장소에서 발파작업을 하는 경우
    - 나. 작업 장소에서 화재·폭발, 토사·구축물 등의 붕괴 또는 지진 등이 발생한 경우
  6. 위생시설 등 고용노동부령으로 정하는 시설의 설치 등을 위하여 필요한 장소의 제공 또는 도급인이 설치한 위생시설 이용의 협조
  7. 같은 장소에서 이루어지는 도급인과 관계수급인 등의 작업에 있어서 관계수급인 등의 작업시기·내용, 안전조치 및 보건조치 등의 확인
  8. 제7호에 따른 확인 결과 관계수급인 등의 작업 흔재로 인하여 화재·폭발 등 대통령령으로 정하는 위험이 발생할 우려가 있는 경우 관계수급인 등의 작업시기·내용 등의 조정
- ② 제1항에 따른 도급인은 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 자신의 근로자 및 관계수급인 근로자와 함께 정기적으로 또는 수시로 작업장의 안전 및 보건에 관한 점검을 하여야 한다.
- ③ 제1항에 따른 안전 및 보건에 관한 협의체 구성 및 운영, 작업장 순회점검, 안전보건교육 지원, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다.

[시행일: 2021. 11. 19.]

## (2) 화학물질 관련 위험정보 제공

폐수집수조 사고를 보면 모기업(원청)이 협력업체에게 화학물질 관련 안전 정보를 제대로 제공하지 않은 것이 사고의 원인 중 하나인 것으로 나타났다. 이와 관련하여 산업안전보건법 제65조(도급인의 안전 및 보건에 관한 정보 제공 등) 제1항 제1호에 따르면 “폭발성·발화성·인화성·독성 등의 유해성·위험성이 있는 화학물질 중 고용노동부령으로 정하는 화학물질 또는 그 화학물질을 포함한 혼합물을 제조·사용·운반 또는 저장하는 반응기·증류탑·배관 또는 저장탱크로서 고용노동부령으로 정하는 설비를 개조·분해·해

체 또는 철거하는 작업”을 수급인이 수행할 경우 수급인에게 작업 시작 전에 안전 및 보건에 관한 정보를 문서로 제공하도록 하고 있다. 여기서 고용노동부령으로 정하는 설비는 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 7]에 있는 화학설비 및 그 부속설비에 해당한다.

화학설비의 부속설비에는 아래와 같이 폐가스처리설비, 분진처리설비 등이 포함되어 있지만 폐수처리설비는 포함되어 있지 않다. 폐수집수조는 화학물질을 저장하기 위한 설비 중 저장탱크로 볼 수도 있지만 저장탱크로 볼 수도 공정 중의 화학설비로 보기 어렵기 때문에 판정하기 애매한 부분이 있다. 따라서 화학설비의 부속설비에 폐수처리시설 관련 내용을 추가하여 폐수처리설비의 포함여부를 명확히 할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

#### 〈산업안전보건법〉

제65조(도급인의 안전 및 보건에 관한 정보 제공 등) ① 다음 각 호의 작업을 도급하는 자는 그 작업을 수행하는 수급인 근로자의 산업재해를 예방하기 위하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 해당 작업 시작 전에 수급인에게 안전 및 보건에 관한 정보를 문서로 제공하여야 한다.

1. 폭발성·발화성·인화성·독성 등의 유해성·위험성이 있는 화학물질 중 고용노동부령으로 정하는 화학물질 또는 그 화학물질을 포함한 혼합물을 제조·사용·운반 또는 저장하는 반응기·증류탑·배관 또는 저장탱크로서 고용노동부령으로 정하는 설비를 개조·분해·해체 또는 철거하는 작업
2. 제1호에 따른 설비의 내부에서 이루어지는 작업
3. 질식 또는 봉괴의 위험이 있는 작업으로서 대통령령으로 정하는 작업
- ② 도급인이 제1항에 따라 안전 및 보건에 관한 정보를 해당 작업 시작 전까지 제공하지 아니한 경우에는 수급인이 정보 제공을 요청할 수 있다.
- ③ 도급인은 수급인이 제1항에 따라 제공받은 안전 및 보건에 관한 정보에 따라 필요한 안전조치 및 보건조치를 하였는지를 확인하여야 한다.
- ④ 수급인은 제2항에 따른 요청에도 불구하고 도급인이 정보를 제공하지 아니하는 경우에는 해당 도급 작업을 하지 아니할 수 있다. 이 경우 수급인은 계약의 이행 지체에 따른 책임을 지지 아니한다.

### 〈산업안전보건기준에 관한 규칙〉 [별표 7]

화학설비 및 그 부속설비의 종류

#### 1. 화학설비

- 가. 반응기·혼합조 등 화학물질 반응 또는 혼합장치
- 나. 증류탑·흡수탑·추출탑·감압탑 등 화학물질 분리장치
- 다. 저장탱크·계량탱크·호퍼·사일로 등 화학물질 저장설비 또는 계량설비
- 라. 응축기·냉각기·가열기·증발기 등 열교환기류
- 마. 고로 등 점화기를 직접 사용하는 열교환기류
- 바. 캘린더(calender)·혼합기·발포기·인쇄기·압출기 등 화학제품 가공설비
- 사. 분쇄기·분체분리기·용융기 등 분체화학물질 취급장치
- 아. 결정조·유동탑·탈습기·건조기 등 분체화학물질 분리장치
- 자. 펌프류·압축기·이젝터(ejector) 등의 화학물질 이송 또는 압축설비

#### 2. 화학설비의 부속설비

- 가. 배관·밸브·관·부속류 등 화학물질 이송 관련 설비
- 나. 온도·압력·유량 등을 지시·기록 등을 하는 자동제어 관련 설비
- 다. 안전밸브·안전판·긴급차단 또는 방출밸브 등 비상조치 관련 설비
- 라. 가스누출감지 및 경보 관련 설비
- 마. 세정기, 응축기, 벤트스택(bent stack), 플레어스택(flare stack) 등 폐가스처리설비
- 바. 사이클론, 백필터(bag filter), 전기집진기 등 분진처리설비
- 사. 가목부터 바목까지의 설비를 운전하기 위하여 부속된 전기 관련 설비
- 아. 정전기 제거장치, 긴급 샤워설비 등 안전 관련 설비

### (3) 협력업체의 위험성평가 수행

산업안전보건법 제36조(위험성평가의 실시)에 위험성평가는 사업주가 수행하고 그 결과에 따른 조치를 하도록 되어있기 때문에 정비보수작업을 수행하는 작업자를 고용한 협력업체 사업주가 실시하여야 한다. 이에 따라 모기업에서는 대부분 협력업체 자체적으로 위험성평가를 수행하도록 하고 있다. 모기업(원청)은 산업안전보건법 제63조(도급인의 안전조치 및 보건조치)에 따라 “관계수급인 근로자의 산업재해를 예방하기 위하여 안전 및 보건 시설의 설치 등 필요한 안전조치 및 보건조치를 하여야 한다”라고 되어있지만 위험성평가를 지원하기 위한 구체적인 내용은 포함되어 있지 않다.

그러나 정비보수 작업과 같은 비일상적인 업무를 협력업체가 수행 시에는

모기업(원청)이 위험성평가에 참여하지 않으면 제대로 된 평가를 수행하기 어렵기 때문에 정비보수 협력업체는 제한된 정보만으로 위험성평가를 진행할 수밖에 없다. 그리고 계약 기간이 촉박할 경우 위험성평가는 형식으로 수행될 수밖에 없다. 특히 정비보수 작업을 재하도급하는 경우 2차 또는 3차 수급업체에 의해 수행되는 위험성평가 또한 형식적일 수밖에 없을 것이다. 따라서 산업안전보건법에 협력업체에 위험성평가 결과를 제공하거나, 협력업체의 위험성평가 수행을 지원할 수 있도록 하는 내용 또는 위험성평가 결과를 확인하도록 하는 내용을 포함시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### (4) 협력업체의 작업표준

폐수집수조 사고와 크레인 관련 사고에서 나타난 것처럼 정비보수와 같은 비일상적인 작업을 수행하는 경우에도 협력업체가 자체적으로 작업표준을 작성하고 그에 따라 작업을 수행하여야 법적인 측면에서 문제가 없는 것으로 파악되었다. 그러나 협력업체에서 정비보수 작업을 위한 작업표준을 작성하는 것은 협력업체에서 정비보수 작업 관련 위험성평가를 수행하는 것과 같이 형식적으로 수행될 가능성이 있다. 정비보수 협력업체가 처음으로 정비하는 설비도 있을 수 있고, 단 한 번만 정비보수를 수행하는 경우도 있을 수 있기 때문이다. 또한 협력업체는 작업 관련 정보를 충분히 가지고 있지 않고, 모기업에서 제공하는 자료에 의존할 수밖에 없다. 따라서 작업표준과 제공과 관련된 부분도 모기업에서 협력업체에 제공할 수 있는 방안을 산업안전보건법에 반영하는 것을 검토할 필요가 있다.

#### (5) 산업재해예방을 위한 안전조치 및 보건조치

산업안전보건법 제38조(안전조치)와 제39조(보건조치)에 따르면 사업주는 근로자의 산업재해와 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하도록 되어있다. 그러나 협력업체 사업주는 근로자의 안전 및 건강을 위해 필요한 조

치를 하는데 한계가 있을 수밖에 없다. 특히 앞의 사고사례에 대한 시스템적 분석 결과를 보면 모기업의 기계나 설비를 정비하거나 보수하는 업체의 경우에는 모기업의 지원이 필수적이다. 이 때문에 제63조(도급인의 안전조치 및 보건조치)에 도급인이 관계수급인 근로자의 산업재해예방을 위한 안전보건조치를 하도록 규정하고 있다. 이는 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 규정하는 안전 및 보건조치를 도급인(모기업) 사업주가 해야 한다는 의미가 된다.

2022년 1월부터 시행되는 “중대재해 처벌 등에 관한 법률(중대재해처벌법)”에 따라 협력업체의 안전 및 보건과 관련된 도급인(모기업)의 의무가 더 강화될 예정이다. 따라서 모기업(도급인)은 협력업체(수급인)를 위한 안전 및 보건조치 이외에도 협력업체와 충분히 정보를 교류하면서 수급인에게 충분한 안전 관련 정보를 제공해야 한다. 또한, 수급인이 안전규칙을 지키면서 작업할 수 있는 분위기를 조성하고, 2차 또는 3차 하수급인에 대해서는 좀 더 체계적으로 관리할 필요가 있다. 근본적으로는 사업장에서 하도급을 줄일 수 있는 방안을 고민할 필요가 있다.

### 〈산업안전보건법〉

**제38조(안전조치)** ① 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.

1. 기계·기구, 그 밖의 설비에 의한 위험
2. 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험
3. 전기, 열, 그 밖의 에너지에 의한 위험
- ② 사업주는 굴착, 채석, 하역, 벌목, 운송, 조작, 운반, 해체, 중량물 취급, 그 밖의 작업을 할 때 불량한 작업방법 등에 의한 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- ③ 사업주는 근로자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 장소에서 작업을 할 때 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
  1. 근로자가 추락할 위험이 있는 장소
  2. 토사·구축물 등이 붕괴할 우려가 있는 장소
  3. 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 장소
  4. 천재지변으로 인한 위험이 발생할 우려가 있는 장소
- ④ 사업주가 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 하여야 하는 조치(이하 “안전조치”라 한다)에 관한 구체적인 사항은 고용노동부령으로 정한다.

**제39조(보건조치)** ① 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치(이하 “보건조치”라 한다)를 하여야 한다.

1. 원재료·가스·증기·분진·흠(fume, 열이나 화학반응에 의하여 형성된 고체증기가 응축되어 생긴 미세입자를 말한다)·미스트(mist, 공기 중에 떠다니는 작은 액체방울을 말한다)·산소결핍·병원체 등에 의한 건강장해
2. 방사선·유해광선·고온·저온·초음파·소음·진동·이상기압 등에 의한 건강장해
3. 사업장에서 배출되는 기체·액체 또는 찌꺼기 등에 의한 건강장해
4. 계측감시(計測監視), 컴퓨터 단말기 조작, 정밀공작(精密工作) 등의 작업에 의한 건강장해
5. 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해
6. 환기·채광·조명·보온·방습·청결 등의 적정기준을 유지하지 아니하여 발생하는 건강장해

**제64조(도급인의 안전조치 및 보건조치)** 도급인은 관계수급인 근로자라 도급인의 사업장에서 작업을 하는 경우에 자신의 근로자와 관계수급인 근로자의 산업재해를 예방하기 위하여 안전 및 보건 시설의 설치 등 필요한 안전조치 및 보건조치를 하여야 한다. 다만, 보호구 착용의 지시 등 관계수급인 근로자의 작업행동에 관한 직접적인 조치는 제외한다.

### 〈중대재해처벌법〉

**제5조(도급, 용역, 위탁 등 관계에서의 안전 및 보건 확보의무)** 사업주 또는 경영책임자등은 사업주나 법인 또는 기관이 제3자에게 도급, 용역, 위탁 등을 행한 경우에는 제3자의 종사자에게 중대산업재해가 발생하지 아니하도록 제4조의 조치를 하여야 한다. 다만, 사업주나 법인 또는 기관이 그 시설, 장비, 장소 등에 대하여 실질적으로 지배·운영·관리하는 책임이 있는 경우에 한정한다.

#### 4) 사고조사를 위한 안전보건기술지침(KOSHA Guide)

안전보건공단에서 제공하는 사고 조사 관련 안전보건기술지침(KOSHA Guide)는 다음과 같다.

- 업무상 사고조사에 관한 기술지침
- 중대산업사고 조사에 관한 기술지침
- 사고의 근본원인 분석(Root Cause Analysis) 기법에 관한 기술지침
- 사고유발요인파악 모델 사용지침

앞의 사고분석 사례에서 나타난 것처럼 모기업과 협력업체와 같은 사회구조적인 문제가 복합적으로 작용하여 발생한 사고는 시스템적으로 사고를 분석하고 이에 대한 대책을 수립하는 것이 필요하다. 그러나 위에 있는 사고조사 관련 안전보건기술지침에는 시스템적 사고분석 기법을 이용하는 내용은 반영되어 있지 않다. 따라서 시스템적 사고분석과 관련된 내용을 일부 지침에 반영하거나 새로운 지침을 제정할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

시스템적 분석기법은 기존의 지침에 내용을 반영할 경우 사고분석을 위한 접근 방향성이 모호해질 우려가 있으므로, 별도의 새로운 지침을 새롭게 제정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 지침을 새로 제정한다면 Swiss Cheese 모델의 변형 모델인 HFACS, 시스템적 사고분석기법인 AcciMap, STAMP-CAST, FRAM, 미국 에너지부(DOE)에서 제시하는 사고조사기법을 종합하여 작성할 필요가 있을 것으로 판단된다. 이를 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 판단되며, 앞에 제안한 “협력업체 사고 원인 분석 모델”을 기본으로 지침을 작성하는 것도 시스템적 사고분석을 위한 하나의 방법이 될 수 있다.

### 5) 도급 관련 안전보건기술지침(KOSHA Guide)

안전보건공단에서 제공하는 도급 관련 안전보건기술지침(KOSHA Guide)는 다음과 같다.

- 화학공장의 도급업체 자율안전관리에 관한 기술지침
- 도급업체의 안전관리계획 작성에 관한 기술지침

앞의 사고분석 사례를 보면 도급업체가 수급업체와 어떻게 정보를 체계적으로 공유하고, 의사소통해야 하는 지가 주요 해결 과제 중 하나였다. 따라서 모기업과 협력업체 간에 어떻게 정보를 공유하기 위한 체계적 방안을 담은 기술지침을 제정할 필요가 있을 것으로 판단되며, 이를 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 4. 요약 및 소결론

### 1) 화학제품제조업 사고사례 분석

화학제품제조업에서 폐수집수조 보수 과정에서 발생한 사고에 대해 기존의 분석결과를 검토하고, 역학적인 방법과 시스템적인 방법을 이용하여 분석하였다.

기존의 분석결과를 검토한 결과 사고의 원인이 모기업의 문제인지, 협력업체의 문제인지 명확히 구분되어 있지 않고 대부분 모기업의 문제 중심으로 기술되어 있고, 사고 예방대책도 모기업에서 수행해야 하는 것처럼 보였다. 따라서 사고를 분석할 때부터 모기업과 협력업체를 구분하여 분석할 필요가 있으며, 그렇게 해야 사고 예방대책을 수립할 때 업체별로 보다 구체적인 개선대책을 수립할 수 있을 것으로 판단되었다.

역학적인 분석방법으로 HFACS를 이용하였다. 사업장별로 원인을 찾기 위해 사업장을 구분하여 원인을 분류한 결과, 업체별로 사고에 기여한 원인을 보다 명확하게 제시할 수 있었다.

시스템적 분석방법으로는 AcciMap 모델을 이용하였다. 분석결과에서 모기업과 협력업체의 원인 영역을 구분하여 표시함으로써 모기업과 협력업체의 관련 원인을 쉽게 알아볼 수 있도록 하였다. AcciMap 분석을 위해 사고의 원인을 추적해 가는 과정에서 사고와 관련된 법적인 문제까지도 찾아낼 수 있었으며, 추가로 조사가 필요한 부분이 발견되었다.

이와 같은 결과를 종합하면 모기업과 협력업체 관계의 복잡한 구조에서 발생하는 사고를 분석하기 위해서는 기존의 분석방법보다는 시스템적인 분석기법을 이용하여 분석할 필요가 있는 것으로 판단되었고, 업체를 구분하여 분석하면 업체별로 명확한 사고원인을 찾아갈 수 있는 것으로 판단되었다.

### 2) 금속제련업 사고사례 분석

금속제련업에서 천장크레인 하부의 금속표면처리설비 보수 과정에서 크레

인이 접근하자 작업자가 이를 피하려다 추락한 사고에 대해 기존의 분석결과를 검토하고, 역학적인 방법과 시스템적인 방법을 이용하여 분석하였다.

이 사고에서 금속표면처리설비의 정비작업은 정비협력업체인 B사에서 수행하였고, 천장크레인 운전은 조업협력업체인 C사에서 수행하였지만, 기존의 사고원인 분석결과에서는 사고의 원인이 모기업의 문제인지, 어느 협력업체의 문제인지 명확히 구분되어 있지 않았다. 사고 예방대책은 일부를 제외하고는 정비협력업체에서 단독으로 수행하기 어려운 것이 많았다. 따라서 모기업의 정비 및 조업부서와 설비의 운전 및 생산 협력업체까지 분석대상에 포함시켜 사고를 분석하고 각 업체 또는 부서에 맞는 예방대책을 수립할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 또한 협력업체 사고의 근본적인 원인을 찾아내기 위해서는 업무처리절차에 따른 시간의 흐름에 따라 분석할 필요가 있었다.

HFACS를 이용한 역학적인 분석에서 기존 방식을 이용하여 분석할 경우에는 각 업체별로 사고 원인을 나타내기가 용이하지 않았다. 따라서 업체를 구분하여 사고에 기여한 원인을 분류하였고, 이를 통해 사업장별 원인을 제시할 수 있었다.

시스템적 분석방법으로는 AcciMap, STAMP-CAST, FRAM과 업무처리절차를 이용하였다.

AcciMap을 이용한 분석결과에서 모기업, 크레인 운전 협력업체, 정비보수 협력업체의 원인 영역을 구분하여 표시함으로써 모기업과 각 협력업체별로 사고에 기여한 요인을 알아볼 수 있도록 하였다. AcciMap 분석을 위해 사고의 원인을 추적해 가는 과정에서 사고와 관련된 법적인 문제까지도 찾아낼 수 있었으며, 사고의 원인과 관련하여 추가로 조사가 필요한 부분이 있었다.

STAMP-CAST를 이용하여 사고를 분석한 결과에서는 시스템 구성요소별로 사고 발생에 기여한 다양한 원인을 체계적으로 찾고 제시할 수 있었다. 또한, 구성요소 간의 관계에서 나타나는 문제점도 체계적으로 분석하여 정리할 수 있었다.

FRAM을 이용한 분석 결과에서는 정비보수 작업 수행과 관련된 많은 기능들의 변동성과 연결관계를 찾을 수 있었지만, 분석자에 따라 분석 대상 시스템의 범위를 다르게 설정하면 분석결과도 달라질 수 있을 것으로 판단되었다.

정비보수 업무처리절차를 이용하여 모기업의 부서 및 협력업체별로 정비보수 단계별 문제점을 찾고 사고예방을 위한 권고사항을 제시하였다. AccMap과 STAMP-CAST에서는 시간적인 흐름에 따른 분석이 어려웠지만, 이 업무처리절차를 이용하여 분석하는 방법으로 시간의 흐름에 따른 시스템 구성요소별 문제점과 업체 간의 문제점 파악할 수 있었다. 이 정비보수 업무처리절차를 이용하는 분석방법은 협력업체의 사고를 분석하기 위한 또 하나의 시스템적 분석방법이 될 수 있을 것으로 판단되었다.

### 3) 사고조사 및 도급 관련 문제점 및 개선사항

#### (1) 협력업체 사고분석과 도급 관련 문제점

협력업체에서 발생한 사고를 분석할 때에는 분석대상 조직의 범위를 모기업과 협력업체로 확대할 필요가 있었고, 협력업체에서 정비보수와 같은 비일상적인 작업 수행 중 발생한 사고를 분석할 때에는 정비보수 계획의 수립 단계부터 작업수행 단계까지 전체적인 측면에서 분석할 필요가 있다.

AcciMap, STAMP-CAST와 같은 방법들은 시간적 흐름(업무 수행 절차)에 따른 문제점들을 도식화하여 보여주기에 한계가 있었기 때문에 이러한 모델의 한계를 해결할 방법이 필요한 것으로 판단되었고, 사고와 관련된 업무처리 절차 전반에 대해 모기업과 협력업체가 수행해야 하는 사항을 명확히 하고 이에 대한 문제점을 검토할 필요가 있었다.

#### (2) 협력업체 사고분석모델 제안

본 연구에서는 국내 제조업 또는 서비스업 사업장의 사내 협력업체에서 발생한 사고를 체계적으로 분석하기 위한 사고분석모델을 제안하였다. 제안한 방법을 이용하여 업무의 단계별로 복잡한 상호작용과 사고 원인을 찾아내고, 다이어그램으로 표현하여 업무처리 단계별로 발생한 문제점을 각 업체별로 발견할 수 있었다. 또한 업무의 전체적인 흐름과 업체별 역할과 책임을 표현

할 수 있었으며, 협력업체가 포함된 재해 또는 하나의 회사 안에서 다수의 부서가 작업을 수행하는 경우의 문제점을 체계적으로 파악할 수 있었다.

### (3) 산업안전보건법 관련 개선사항

협력업체에서 발생한 사고에 대한 시스템적 사고분석을 통해 모기업에서 협력업체의 작업시기를 조정하고, 안전조치를 확인할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 이러한 내용은 산업안전보건법 제64조(도급에 따른 산업재해 예방 조치)에 반영될 필요가 있었다. 또한, 산업안전보건기준에 관한 규칙에 화학설비의 부속설비에 폐수처리시설 관련 내용을 추가하여 폐수처리설비의 포함 여부를 명확히 할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

위험성평가와 관련해서는 산업안전보건법에 협력업체에 위험성평가 결과를 제공하거나, 협력업체의 위험성평가 수행을 지원할 수 있도록 하는 내용 또는 위험성평가 결과를 확인하도록 하는 내용을 포함시킬 필요가 있을 것으로 판단되었다. 또한 작업표준과 제공과 관련된 부분도 모기업에서 협력업체에 제공할 수 있는 방안을 산업안전보건법에 반영하는 것을 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

### (4) 사고조사 및 도급 관련 안전보건기술지침

사고조사 관련 안전보건기술지침에는 시스템적 사고분석 기법을 이용하는 내용은 반영되어 있지 않다. 따라서 시스템적 사고분석과 관련된 내용을 일부 지침에 반영하거나 새로운 지침을 제정할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 기존의 지침에 내용을 반영할 경우 사고분석을 위한 접근 방향성이 모호해질 우려가 있으므로, 별도의 새로운 지침을 새롭게 제정하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다. 또한, 도급업체가 수급업체와 어떻게 정보를 체계적으로 공유하고, 의사소통해야 하는 지가 주요 해결 과제 중 하나였으므로, 모기업과 협력업체 간에 어떻게 정보를 공유하기 위한 체계적 방안을 담은 기술지침을 제정할 필요가 있을 것으로 판단되었다.



## IV. 결론

.....



## IV. 결론

본 연구에서는 협력업체에서 발생하는 재해를 예방하기 위해 사회기술적인 부분에서의 재해예방 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 국내의 사내 협력업체의 현황과 협력업체에서 발생한 산업재해의 실태와 특성을 파악하였다. 또한, 협력업체 재해가 많은 일부 업종의 사고사례에 대해서는 시스템 이론 기반의 분석기법으로 사고원인을 분석하고, 그 결과를 제시하였다. 본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

### 1. 협력업체 관련 현황 및 산업재해

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업과 그 협력업체 자료를 기반으로 제조업 사업장의 협력업체 관련 현황을 파악하였다. 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업의 평균 사내 협력업체 수 평균은 7.8개사인 것으로 나타났다. 중업종 기준으로 금속제련업이 가장 많은 21.1개사였고, 화학및고무제품제조업은 6.5개사인 것으로 나타났다.

대부분의 중업종에서 모기업의 규모가 커질수록 평균 사내 협력업체수도 증가하는 경향을 보였다. 담당 업무별로는 생산 및 조업을 지원하기 위한 협력업체수가 가장 많은 것으로 나타났지만, 세부 업종별로는 협력업체가 담당하는 업무에 차이가 있었다.

부상재해자와 질병재해자를 모두 포함하는 재해율은 모기업과 사내 협력업체가 각각 0.31%와 0.33%로 큰 차이를 보이지 않았지만, 부상자를 기준으로 산출한 사고재해율은 모기업이 0.18%, 사내 협력업체가 0.25%로 사내 협력업체가 높게 나타났다. 사고사망만인율은 사내 협력업체가  $0.48^0/_{000}$ , 모기업이  $0.18^0/_{000}$ 로 사내 협력업체가 모기업보다 약 2.7배 높은 것으로 나타났다. 특히 정비·보수·공사를 담당하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은  $0.65^0/_{000}$

로 모기업 평균 사고사망만인율  $0.18^0/_{000}$  보다 약 3.6배 높은 것으로 나타났다.

협력업체 현황과 재해율 분석결과를 보면 모기업의 세부 업종과 사내 협력업체가 담당하는 업무에 따라서 재해특성이 다르게 나타났지만, 대부분은 정비보수를 담당하는 협력업체의 사고재해율이 높게 나타났다. 정비보수 작업은 비일상적으로 수행되기 때문에 그 자체로도 위험한 작업이라고 할 수 있지만 여러 가지 복합적인 문제가 관련되어 있을 수도 있다. 따라서 전체 시스템적인 측면에서 이에 대해 세부적으로 분석할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

## 2. 협력업체 사고사례의 시스템적 분석

화학제품제조업과 금속제련업에서 협력업체가 정비보수작업 중에 발생한 사고에 대해 기존의 분석결과를 검토하고, 역학적인 방법과 시스템적인 방법을 이용하여 분석하였다.

시스템적인 분석을 위해 AcciMap, STAMP-CAST 등을 이용하였고, 추가로 시간적인 흐름에 따른 분석을 수행하기 위해 업무처리절차를 이용한 분석을 수행하였다. 시스템적인 사고 분석을 통해 선형적 및 역학적인 사고분석 결과에서 제시하지 않은 모기업과 협력업체라는 구조적 관계에서 나타나는 문제점과 모기업과 협력업체 이외의 외부적인 문제점을 추가로 제시하였고, 기존의 분석에서 나타나지 않은 모기업과 협력업체별 사고 발생 기여요인을 추가로 제시하였다.

기존의 자료(선형적 사고분석 결과)를 검토한 결과, 사고의 원인이 모기업의 문제인지, 협력업체의 문제인지 명확히 구분되어 있지 않고 대부분 모기업의 문제 중심으로 기술되어 있었으며, 모기업과 협력업체의 관계에서 나타날 수 있는 문제점은 제시하지 않고 있었다.

역학적인 분석방법인 HFACS를 이용한 분석에서는 모기업과 협력업체의 원인을 구분하기 위하여 HFACS의 기본 형식을 변형하여 분석을 수행하고 그 결과를 제시하였다. HFACS 분석을 통해 사고의 원인을 기존의 분석결과보다

좀 더 체계적으로 추가적인 원인까지 제시할 수 있었으나, 모기업과 협력업체의 관계에서 발생하는 문제점이나 업무의 진행 단계별로 발생하는 문제점을 제시하기 어려운 점이 있었다. 또한, 모기업과 협력업체 이외의 외부적인 요인은 분석대상에 포함시키기 어려운 점이 있었다.

AcciMap과 STAMP-CAST를 이용한 분석결과에서는 선형적(기존 분석) 및 역학적 분석결과에서 나타나지 않았던 법적인 문제점, 안전작업허가 관련 문제점을 추가로 찾을 수 있었고, 모기업의 행위나 결정이 협력업체의 업무수행에 어떻게 영향을 주었는지와 시스템 구성요소 사이의 문제점을 파악할 수 있었다. 그러나 업무의 흐름에 따른 문제점을 제시하기가 어려웠기 때문에 업무처리절차를 이용하여 시간적 흐름에 따라 모기업과 협력업체가 사고에 기여한 요인을 분석하였고, 이를 통해 정비업무 각 단계에서의 업체별 문제점과 사고에 기여한 요인을 체계적으로 제시하고, 사고와 관련된 요인들이 어떻게 사고 발생에 기여하는지 그 메커니즘을 보여줄 수 있었다.

### 3. 사고조사 및 도급 관련 개선 제안

협력업체에서 발생한 사고에 대한 시스템적 사고분석을 통해 모기업에서 협력업체의 작업시기를 조정하고, 안전조치를 확인할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 이러한 내용은 산업안전보건법 제64조(도급에 따른 산업재해 예방 조치)에 반영될 필요가 있었다. 그리고 산업안전보건기준에 관한 규칙에 화확설비의 부속설비에 폐수처리시설 관련 내용을 추가하여 폐수처리설비의 포함 여부를 명확히 할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

위험성평가와 관련해서는 산업안전보건법에 협력업체에 위험성평가 결과를 제공하거나, 협력업체의 위험성평가 수행을 지원할 수 있도록 하는 내용 또는 위험성평가 결과를 확인하도록 하는 내용을 포함시킬 필요가 있을 것으로 판단되었다. 그리고 작업표준과 제공과 관련된 부분도 모기업에서 협력업체에 제공할 수 있는 방안을 산업안전보건법에 반영하는 것을 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

사고조사 관련 안전보건기술지침에는 시스템적 사고분석 기법을 이용하는 내용은 반영되어 있지 않다. 따라서 시스템적 사고분석과 관련된 내용을 일부 지침에 반영하거나 새로운 지침을 제정할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 기존의 지침에 내용을 반영할 경우 사고분석을 위한 접근 방향성이 모호해질 우려가 있으므로, 별도의 새로운 지침을 새롭게 제정하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

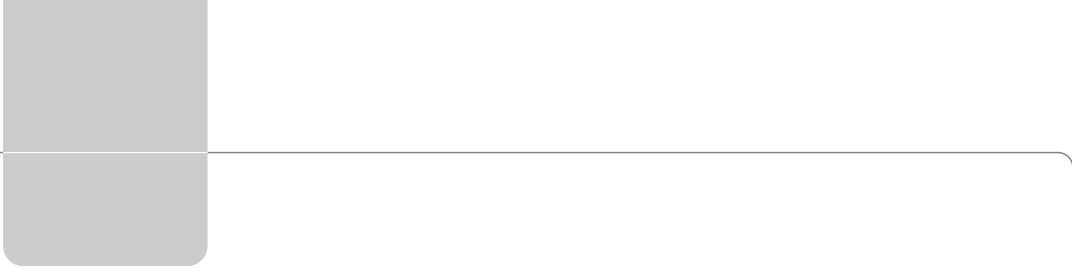
#### 4. 제한점

2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 5년 연속으로 참여한 사업장은 극히 일부였기 때문에 동일한 사업장을 추적하면서 재해현황을 분석하는 것은 불가능했다. 이러한 이유로 5년 동안 프로그램에 참여한 사업장을 모두 다른 사업장이라고 가정하고 재해를 분석하였으며, 산업재해 DB 상에서 조회가 가능한 사업장만을 분석대상으로 선정하고 그 결과를 보고서에 제시하였기 때문에 일부 통계값에 차이가 있을 수 있다. 또한, 국내의 모든 사업장이 안전보건 공생협력 프로그램에 참여하지 않았기 때문에 분석결과로 제시한 통계값은 국내의 실제 통계값과 당연히 차이가 있을 수 있다. 그러나 본 연구에서 제시한 통계분석 결과는 국내에서 찾아보기 어려운 것으로 향후 안전보건 정책 수립이나 추가 연구를 수행하기 위한 기초자료로써 충분히 가치가 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 고용노동부. 2018년 고용형태 공시 결과. 고용노동부, 2018.
- 고용노동부. 2019년 고용형태 공시 결과. 고용노동부, 2019.
- 고용노동부(1). 2020년 고용형태 공시 결과. 고용노동부, 2020.
- 고용노동부(2). (보도자료) 원·하청 산재 통합관리제도에 따른 원청사업장 명단 공표. 2020.
- 김태구, 강영식, 손정민 등. 주요업종별 원·하도급업체 실태조사 및 맞춤형 재해 예방사업의 효과적인 확대방안에 관한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2014.
- 신규수, 김태영, 홍광수 등. 산업안전보건법상 도급금지 및 승인제도의 고용 효과 분석. 한국노동연구원. 2020.
- 박찬임, 박제성, 김기선 등. 사내하도급과 산업안전 - 제조업을 중심으로. 한국노동연구원. 2015.
- 박찬임. 사내하도급과 산업안전. 한국노동연구원 월간노동리뷰 2016년1월호 pp.78-81, 2016.
- 산업안전보건법, 법률 제18039호, 2021. 4. 13. 일부개정.
- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고용노동부령 제321호, 2021. 5. 28. 일부 개정.
- 서동현, 한우섭, 최이락. 화학공장 화재·폭발 사고사례의 시스템적 원인분석에 관한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2020.
- 손정순. 사내하도급 실태와 개선방안 - 제조업 부문 사내하도급 실태와 개선 방안. 한국노동사회 연구소 제100차 노동포럼 자료집. 2013.
- 우광호. 사내하도급 활용원인 및 시사점. KERI Brief. 14-06, 2014.
- 윤완철, 양정열, 함동한 등. 산업안전 패러다임의 전환을 위한 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2019.

- 윤완철, 함동한, 백동현 등. 산업안전 패러다임의 전환을 위한 연구(II). 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2020.
- 은수미, 이병희, 박제성. 사내하도급과 한국의 고용구조. 한국노동연구원. 2011.
- 은수미. 한국의 사내하도급: 원인과 대책. 한국사회정책 18(3), pp. 9-38, 2011.
- 은수미. 한국의 사내하도급: 현황과 대안. 한국노동연구원 월간노동리뷰 2012년1월호. pp. 85-94, 2012.
- 이병희. 사내하도급의 활용 원인과 고용 성과. 한국노동연구원. 2012.
- 정흥준. 사내하도급 100만 명 시대 - 문제점과 정책대안. 한국노동연구원 월간노동리뷰 2017년 4월호. 2017.
- 조성재, 이정희. 「2016년 노사관계 평가와 2017년 전망」, 『고용·노동브리프』 제68호. 한국노동연구원. 2017.
- 조운호. 중대재해 유형별 현황 분석 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2019.
- 최진국, 권보현, 인전요인분석 및 분류시스템(HFACS) 적용, 항공우주의학회지 제25권 제2호. 2015.
- Hollnagel E., Jeanette Hounsgaard & Lacey Colligan. FRAM - a handbook for the practical use of the method. Centre for Quality. 2014. pp. 8-29.
- Scott A. Shappell, The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS, U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration, 2020.



# Abstract

## A System Theoretical Analysis Study on the Structure and Accidents of Subcontractors in Chemical Plants

**Objectives:** The purpose of this study was to identify the actual situations and characteristics of occupational accidents that occurred at subcontract companies, and to suggest accident prevention directions for the subcontractors by analyzing their accident cases with system theoretical analysis methods.

**Method:** The current status of subcontract companies at manufacturing industry and the occupational accident status were analyzed, based on the data of the parent company and its partner companies that participated in the safety and health cooperation program conducted by the KOSHA(Korea Occupational Safety and Health Agency), Two accident cases in the chemical product manufacturing industry and the metal industry were reviewed and analyzed using an epidemiological methods and four systemic methods.

**Results:** From 2016 to 2020, the average number of in-house subcontractors of parent companies participating in the safety and health cooperation program was found to be 7.8. The number of accident fatalities per 10,000 people was 0.48 for in-house subcontractors and 0.18 for parent companies, which is about 2.7 times higher than that of parent companies. The various factors contributing to the accidents were found by analyzing with systematic analysis methods such as AcciMap, STAMP-CAST, and FRAM. In addition, the factors that contributed to the accident were presented in the overall work flow by analyzing the work flow and procedure.

**Conclusion:** Through the analysis using the systematic accident analysis methods and the analysis using the work process, it was possible to identify and present the mechanism of the accident that occurred at the subcontract company. In order to prevent accidents occurring at partner companies, it is important for the parent company and the partner companies to faithfully perform their respective roles and responsibilities. And it is also necessary to have a system that can communicate and exchange information appropriately with each other.

**Key words:** Subcontractor, AcciMap, STAMP, FRAM, HFACS

## 연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 서동현 (연구위원, 산업안전연구실)

연구원 : 한우섭 (부장, 산업안전연구실)

연구원 : 최이락 (차장, 산업안전연구실)

연구원 : 박장현 (과장, 산업안전연구실)

## 연구기간

2021. 02. 01. ~ 2021. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,  
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

**산업안전보건연구원장**

**화학공장의 위험작업 관리 효율화와 사고에 대한 시스템 이론적 분석 연구**  
**(2021-산업안전보건연구원-738)**

**발 행 일** : 2021년 11월 30일

**발 행 인** : 산업안전보건연구원 원장 김은아

**연구책임자** : 산업안전연구실 연구위원 서동현

**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** : 979-11-92138-10-7