

연구보고서

화안연 96-4-12

화재·폭발의 안전대책에 관한 기술지침

1996. 12. 31.



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION

산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

머 리 말

세계 각국은 다종 다양한 화학제품을 다량으로 광범위한 분야에서 취급하고 있다. 이 화학제품은 원료에서 최종제품에 이르기까지 수많은 유통제조과정을 거쳐서 사용되고 있다. 특히 제조과정 각가지 화학반응과 가공이 가해져 한가지 제품이 만들어지게 되는데 화학약품이나 화학원료를 취급하는 과정에서 누출, 폭로, 유해·위험성은 폭발, 화재, 중독 등의 중대재해 위험성이 내재되어 있다. 따라서 화학제품을 취급하는데 따른 적절한 안전관리대책이 필요하다.

제1편에서는 화학물질의 저장, 제조, 판매 등의 유통과정에서 나타날 수 있는 위험성에 대한 자율적인 종합안전관리 원칙을 정하여 안전, 건강확보가 유지되고 일상 유통관리를 통해 제조, 사용, 폐기까지 사고 등 미연의 방지에 노력해야 할 사항들을 지침(안)으로 제시하였다.

구미 유럽에서는 Product Steward Ship(뉴사 등의 사용관리상황을 파악하고 뉴사 등에 있어 환경안전 확보에 배려한다)으로 불리우는 화학제품을 제조, 판매하는 기업의 일상사업활동에 자율적으로 안전행동계획을 책정, 추진, 기준, 지침류를 정비하여 안전운영되도록 실시하고 있다.

따라서 제1장에서는 화학제품 유통에 관한 종합안전관리의 실재를 다루고 제2장에서 화학제품 유통에 관한 종합안전관리지침(안)을, 제3장에서는 물류안전관리지침(안)을 정해 종합적인 유통과정의 물류 안전사항을 확보·추진할 수 있는 방안을 제시하고, 제4장에서는 화학물질 종합환경안전 자율관리계획 실시기준(안)을 제시하였고, 제5장에서 Product Steward Ship 관리실무코드, 제6장에서 제품경영과 제품에 적용되는 책임관리감독 지도원칙을 세계 각국의 추세를 제시하여 자율관리가 원활하게 이루어질 수 있는 정보를 제공했다.

제2편에서는 위험물을 운송 및 저장규칙에 따른 안전취급요령이 있다. 국제연합에서 권고하는 규정에 따라 각국의 안전규칙을 조정하고 있다. 그러나 미지의 위험물질은 판정기준이 종합적으로 이루어져 있지 않다. 그러므로 신규물질이나 미지물질에 대한 명확한 판정기준을 얻는 것이 필요하므로 미지물질의 위험성평가를 위한 시험방법을 선진국의 자료를 인용하여 소개하고 미지물질 물성 미파악으로 인한 중대재해예방에 활용하고자 한다.

미지물질의 위험성분류는 폭발성물질, 부식성물질등 8가지 분류에 속하지 않는 것은 혼합위험성물질로 분류한다. 이 분류중에서 국제연합과 국제원자력기구에서 규정되지 않은 것을 6가지로 분류하여 실험에 기초하여 검토한다. 기본물성, 고압가스, 인화성액체, 가연성물질류, 산화성물질, 독물 부식성물질 및 변이성물질 등에 대한 선별시험 상세시험방법을 선정·제시했다.

제3편에서는 화학약품을 실제다뤄 파이롯트 플랜트실험에 이르기까지의 안전시스템을 실험실의 화학약품 취급에 따른 안전설비와 조작방법 및 안전준수사항을 위험물질분류에 따라 특성 및 취급하는 방법을 제시하고 모델안을 제시했다.

이들 사항을 KISCO 코드화하여 안전관리를 추진하는 기업에 배포된다면 많은 효과가 있을 것으로 예상된다.

1996. 12. 31

화 공 안 전 연 구 실

총 목 차

제 1 편 화학물질 운반시의 안전	1
제 1 장 화학제품유통에 관한 종합안전관리의 실제	3
제 2 장 화학제품유통에 관한 종합안전관리 지침(안)	35
제 3 장 물류안전관리 지침(안)	42
제 4 장 화학물질 종합환경안전 자율관리계획 실시 기준(Responsible Care기준)	61
제 5 장 생산경영(PRODUCT STEWARDSHIP)의 관리실무코드	68
제 6 장 제품경영(제품에 적용되는 레스폰시블 케어 지도원칙)	87
 제 2 편 위험물의 위험성평가 시험방법 및 평가기준	97
서 론	99
제 1 장 기본 물성	102
제 2 장 기체물질의 연소·폭발성	115
제 3 장 인화성 액체	118
제 4 장 가연성 물질류	126
제 5 장 산화성 물질류	153
제 6 장 독물과 부식성물질 및 변이원성 물질	159
 제 3 편 화학실험실 안전	173
제 1 장 안전을 위한 시스템	175
제 2 장 발화성 및 급수성물질	199
제 3 장 가연성 물질	205

제 4 장 산화성 물질	211
제 5 장 폭발성물질 및 혼합위험	221
제 6 장 방사성 물질	232
제 7 장 점화원	237
제 8 장 전기적 위험	240
제 9 장 실험기구 및 장치	244

세 부 목 차

제 1 편 화학물질 운반시의 안전

제 1 장 화학제품유통에 관한 종합안전관리의 실제	3
1. 목 적	3
2. 대상으로 되는 화학제품	4
3. 제조, 판매에 관계하는 사업자가 실시해야 할 사항	5
제 2 장 화학제품유통에 관한 종합안전관리 지침(안)	35
1. 제안 배경	35
2. 목 적	36
3. 정 의	36
4. 사업주 관리책임	37
5. 관리체제 사항	37
6. 화학제품에 관한사항	38
7. 판매에 관한사항	39
8. 원재료 구입 및 제조위탁에 관한사항	40
제 3 장 물류안전관리 지침(안)	42
1. 배 경	42
2. 목 적	43
3. 적 용	43
4. 정 의	43
5. 안전관리 체제	44

6. 안전관리 활동	44
7. 사고시 조치	45
8. 사고정보의 제공과 활용	46
9. 수송 및 정비기술의 향상	46
10. 물류합리화 대책추진	47
 제4장 화학물질 종합환경안전 자율관리계획실시 기준(Responsible Care기준) ...	61
1. 목 적	61
2. 적 용	61
3. 정 의	61
4. 종합안전관리	62
5. 사업활동의 환경안전 확보	64
6. 연구개발 및 신규사업에 있어서 환경안전의 확보	66
7. 국제사업에 있어 환경안전 확보	67
8. 사회로 부터 신뢰향상	67
 제 5 장 생산경영(PRODUCT STEWARDSHIP)의 관리실무코드	68
1. 목적과 적용범위	68
2. 레스폰시블 케아(Responsible Care) 및 지도원칙과의 관계	68
3. 미국 화학품제조자협회(CMA) 및 유럽화학공업연맹(CEFIC)의 생산경영 지침	69
4. 관리실무	71
5. 제품경영(Product Stewardship)의 질의응답 기록	82
 제 6 장 제품경영(제품에 적용되는 레스폰시블 케아 지도원칙)	87

1. 머리말	89
2. 생산경영과 레스폰시블 케아	90

제 2 편 위험물의 위험성평가 시험방법 및 평가기준

서 론	99
----------------	----

제 1 장 기본 물성	102
1. 기체-액체 성상판단의 선별시험	102
2. 기체-액체 상태판단의 상세시험	103
3. 액체-고체 상태판단의 선별시험 1	106
4. 기체-액체 성상판단의 선별시험 2	108
5. 액체-고체 상태판단의 선별시험 3	109
6. 액체-고체상태 판단의 상세시험	111

제 2 장 기체물질의 연소·폭발성	115
1. 시험 목적	115
2. 시험장치	115
3. 시험순서	116
4. 결과의 판정	117

제 3 장 인화성 액체	118
1. 인화성의 선별시험	118
2. 인화성의 상세시험 1	120

3. 인화성의 상세시험 2	122
제 4 장 가연성 물질류	126
1. 가연성 고체	126
2. 자연발화성 물질	148
3. 물과 작용하여 인화성가스를 발생하는 물질	150
제 5 장 산화성 물질류	153
1. 산화성 물질	153
2. 유기과산화물	156
제 6 장 독물과 부식성물질 및 변이원성 물질	159
1. 고체·액체·기체의 급성독성	159
2. 생물학적 방법에 의한 세포수준에서의 독성	162

제 3 편 화학실험실 안전

제 1 장 안전을 위한 시스템	175
1. 안전의 기본	175
2. 실험실의 안전설비	193
제 2 장 발화성 및 금수성물질	199
1. 발화성 물질	199
2. 금수성물질	199

3. 기타 발화성물질	200
 제 3 장 가연성 물질	 205
1. 가연성가스	205
2. 가연성 액체	207
3. 가연성고체	209
 제 4 장 산화성 물질	 211
1. 종류와 특징	211
2. 위 험 성	211
3. 안전한 취급법	220
 제 5 장 폭발성물질 및 혼합위험	 221
1. 폭발과 폭발성물질의 분류	221
2. 폭발성화합물	222
3. 폭발성혼합물	228
4. 혼합위험	230
 제 6 장 방사성 물질	 232
1. 방사성 물질의 이용	232
2. 방사성 물질의 위험	232
3. RI를 취급할 때의 기본적인 주의	233

제 7 장 점화원	237
1. 불 꽃	237
2. 전기불꽃	237
3. 충격과 마찰	238
4. 열에 의한 발화	239
제 8 장 전기적 위험	240
1. 전기장비 작업규칙	240
2. 정전기와 불꽃의 위험	241
3. 전기안전 점검 사항	241
제 9 장 실험기구 및 장치	244
1. 실험기구	244
2. 실험장치	249

제 1 편 화학물질 운반시의 안전

여 백

제 1 장 화학제품유통에 관한 종합안전관리의 실제

1. 목 적

화학물질의 환경, 안전관리에 있어서 사업자의 자주적인 실천, 책임있는 행동이 최근 국내외에서 점점 중요시되고 있다.

각각의 화학물질은 인화, 폭발성, 급성독성, 부식성, 만성독성, 또는 환경생물에의 영향등 여러 가지 위험유해성(해저드 등)을 갖고 있으며, 이들 위험유해성에 적절하게 대처하기 위해서는 우선 각 화학물질을 종합적으로 평가하고, 그 개발로부터 폐기에 이르기까지 라이프사이클에 걸쳐 리스크(일어날 수 있는 위험)의 정도에 따라 적절한 종합안전관리가 실시되도록 하는 것이 중요하다.

『종합안전관리』라는 것은 화학제품의 개발로부터 제조, 유통, 사용, 소비를 거쳐 폐기에 이르는 단계에 있어서 환경보호, 보안방재, 산업안전보건 및 화학품안전이 적절하게 실시되고 있어, 이를 위해서는 필요한 정보가 사업자간에 착실하게 전달되어 각 단계에 관여하는 각 사업자가 각자 사업활동을 적절하게 관리하는 관행의 보급이 불가결하다.

화학제품을 사회에 공급하는 자에게는 이 종합안전관리를 실현하기 위한 중요한 역할이 기대된다. 즉, 화학제품의 유통에 관하여 그 모든 라이프사이클에 걸친 적절한 환경, 안전의 확보에 항상 배려하고 그것을 사용하는 사업자가 부적절한 취급 및 사용법을 하지 않도록 안전관리능력을 조사하고, 참고로 해야 할 정보를 제공하며, 경우에 따라서는 적절한 환경, 안전관리, 대책이 실행되도록 조언을 한다. 또한 요청에 따라 협력·지원을 한다.

이 가이드북의 목적은, 제조(수입을 포함) 또는 판매에 관한 사업자가 화학제품

의 유통에 관한 종합안전관리를 위하여 자주적으로 임해야 할 주된 관리사항(사내 관리체제 정비를 포함하여) 및 실제적인 개념, 추진방법을 나타내고 자주관리의 보급, 촉진을 기하는 것이다.

2. 대상으로 되는 화학제품

화학제품의 적절한 관리는, 특정 유해위험한 화학제품만을 철저히 관리하면 충분한 것은 말할 필요가 없다. 비교적 안전한 화학제품중에는 취급법, 사용법 여하에 따라 사회문제를 일으킬 소지를 갖는 것도 있다. 이 때문에 사업활동에서 취급하는 모든 화학제품에 대해서 그 위험유해성의 정도, 사용, 취급에 수반하는 리스크(일어날 수 있는 위해)의 정도에 따른 적절한 환경, 안전대책이 필요하다.

따라서, 이 가이드북에 따라 관리해야 할 화학제품은 이른바 화학제품의 범주에 포함되는 모든 제품이다. 의약품, 식품첨가물, 사료첨가물 또는 농약과 같이 특정의 용도별 규제법에 따라 최적용도가 규제되어, 이를 위한 안전성의 평가, 제조의 관리 등이 법률로 규정되어 있는 화학제품에 관하여도 최종사용에 이르는 사업자간의 유통에 대하여 이 가이드북에 따른 적절한 종합안전관리가 필요하다.

또한, 시약에 관해서는 일반적으로 유통취급단위가 소량이며 극히 다품종이란 특징이 있어, 이 가이드북에서 추천하는 관리사항 중에는, 그대로 적용하는 것이 극히 어려운 것이 있다. 이들 사항에 대해서는 이 가이드북에서 추천하는 실시내용을 감안하여 시약에 적합한 실시내용을 정하고, 그것을 실시하는 것으로 한다.

3. 제조, 판매에 관계하는 사업자가 실시해야 할 사항

여기서 해설할 실시 내용은 일반적이며 공통적인 것이다. 그러므로 각각의 관리사항을 제조(수입을 포함한다) 또는 판매에 관계하는 사업자가 실시하는 경우에는 각 사업자가 그 사업내용, 규모에 따라 현재의 관리상황에 적합한 방법, 내용으로 행하는 것이 중요하다.

예를 들면, 사내관리체제의 정비에 관해서는 조직체제를 개편하는 것만이 아니고, 품질보증, 법규제에 의한 요청 또는 레스폰시블 케어(Responsible Care) 등의 자율관리로서 이미 존재하는 체제에 거듭 화학제품의 유통에 관계하는 사항을 추가하는 것이 적절할 것이다.

또한, 개별 화학제품에 대한 관리수준은 모든 제품에 일률적일 필요는 없다. 그들 거래의 특징, 법규제의 내용 또는 위험유해성의 정도에 의한 구분 등에 따라 각 화학제품에 필요한 사항을 필요한 레벨에서 행하는 것이 합리적이다.

특히, 강조해야 할 것은 유통에 관계하는 사업자 및 각 회사의 관계근로자 모두가 다음의 기본적인입장에 서서 각각의 책임, 역할을 확실하게 수행함으로써 화학제품의 적정 종합안전관리가 달성되게 된다.

(1) 화학제품의 제조, 판매 또한 사용에 관계하는 사업자는 각각 자기결정, 자기책임의 원칙에 기초하여 사업활동에 있어서 화학물질의 사용, 취급인 및 환경에 대한 리스크(일어날 수 있는 위해)의 정도를 스스로 적절하게 평가하고, 리스크의 정도에 따른 적절한 환경·안전대책을 실행한다.

(2) 화학제품유통에 있어서의 종합안전확보는 물류업자, 판매업자, 사용업자 등 유통에 관계하는 모든 사업자 및 사내적용에는 연구·개발부문,

영업부문, 구매부문, 총무부문 또는 기술서비스부문 등의 상호이해, 협력에 의해 달성된다.

따라서, 관계사업자간 및 관계부문간의 양호한 상호이해와 협력관계를 구축하는 것이 중요하다. 또한 적절한 관리를 사내에 철저히 주지시키기 위해서는 경영자가 솔선하여 행동하고 사내에 제도화된 체제를 정비하고, 교육시킨 근로자에 의한 일상적관행을 보급시키는 데에 노력할 필요가 있다.

가. 사내관리체제의 정비

(1) 경영상의 목표 및 시책의 명확화와 근로자에게 주지

제조 및 판매에 관계하는 사업자는 후술하는 화학제품에 관계하는 사항, 판매에 관계하는 사항을 확실하게 실행하고, 취급하는 화학제품의 종합안전관리를 적절하게 실시하는 것이 요청되고 있다. 이것을 확실하게 실시하기 위해서는, 경영책임자가 여기에 관계하는 목표·경영방침 또는 구체적인 시책을 명확한 형태로 설정하고, 널리 사내에 알려 근로자 전체에게 주지시킬 필요가 있다.

(가) 경영상의 목표 및 시책의 명확화

이 가이드북은, 화학제품의 유통에 관계하는 적절한 종합안전관리를 목적으로하고 있는데 관계하는 사업자에게는 이미 화학제품의 품관보증, 책임관리감독에 의한 환경·안전의 자주관리 또한 법률에 의한 요청등으로 부터 하등의 방법, 형식에 의해 목표의 설정, 시책의 명확화 등이 행해지고 있다고 생각된다.

그 경우, 현재의 유통에 관계하는 종합안전관리의 목표, 시책 등에 대해서는 새롭게 별도로 설정할 필요는 없고, 이미 존재하는 것에 필요에 따라 수정/추가를 행한다. 또는 상기의 것이 아직 설정되지 않은 경우에는 이것만을 설정하는 것이

아니고, 화학물질의 환경·안전관리전반에 관계하는 목표, 시책 등의 설정중에서 유통에 관계하는 종합안전관리에의 대응을 검토하는 것이 적절할 것이다.

또한 목표, 시책 등의 설정에 있어서 관계하는 사업활동의 현재의 관리·실시상황을 미리 조사·해석하고 금후 개선해야 할 사항을 정확하게 파악해 둘 필요가 있다.

화학제품의 유통에 관계하는 목표·시책의 예로서, 다음이 참고가 될 것이다.

- 고객이 만족하고 안심하게 사용할 수 있는 제품의 제공
- 원료·제품의 안전성을 확인하고 종업원, 물류관계자, 고객, 일반소비자 등에게의 건강장해를 방지
- 안전한 제품의 제공에 의해 사회에 공헌

(나) 『종업원에게의 주지』

화학제품의 유통에 관계하는 종합안전관리는 그것을 담당하는 관리부문만으로 원활한 실시는 곤란하다. 제조부문, 영업부문, 구매부문, 개발부문, 총무부문 또한 고객에 대한 기술서비스부문 등이 일상의 업무활동으로 이것을 착실하게 행할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

연초에 사장인사, 사내보 그밖의 적절한 방법에 의해 근로자전체에게 그 필요성을 호소하여 실행을 촉구하는 적절한 설명·주지의 방법과 대책을 채택하는 것을 권장한다.

(2) 실시계획의 책정

목표의 인식, 시책의 실행은 계획적이고 단계적으로 추진할 필요가 있다. 그러므로 현재의 관리·실시상황의 평가·해석으로 부터 얻어진 금후의 개선사항에 대해서 중단기 목표를 달성하는가를 체크 검토하고, 해당년도에 행할 실시내용을 계

획서로 정리한다.

또한 실시계획의 대상이 되는 사항의 범위는 이 가이드북에 포함되는 사내관리 체제의 정비, 화학제품에 관계하는 사항 및 화학제품의 판매에 관계하는 사항 모두를 포함한다.

별표 1-1에서 이들 사항에 대해서 현상파악 및 해석하고 연차계획을 작성하여 정기적(통상 그 1년후)으로 그들의 실시상황을 파악·해석하여 차기연도계획을 작성할 추진방법을 제시한다. 또한 별표1-2는 관계하는 관리사항의 현상을 확인할때의 체크리스트의 예이며, 화학제품의 제조와 판매에 관계하는 사업자 및 판매에만 관계하는 사업자에 대해서 나타낸 것이다.

(3) 관계근로자에 대한 교육

화학제품 및 판매에 관계되는 사항을 실제로 실행할 근로자가 각각의 역할을 정확하게 수행할 수 있도록 하기 위해서는 화학물질의 환경·안전관리전반, 제품안전데이터시트 등의 관계자료, 관계법규제 등 또는 사내관리체제와 관계 각 부문의 책임, 역할 등에 대해서 모든 관계근로자에게 계획적으로 교육시킬 필요가 있다.

근로자에 대한 각종 교육·연수제도가 이미 있는 경우에는, 이 가이드북에 관계되는 교육은 각 사업자가 각각에 적합한 교재 및 커리큘럼을 짜서 기존의 교육제도 중에서 실시하는 것이 효율적이다.

(4) 실시상황의 정기적파악과 실시보고서의 작성

실시계획에 들어있는 사항에 대해서는 관리·추진부문이 실시부문으로 부터 정기적(통상 1년마다)으로 그 실시상황을 파악하고, 목표의 달성상황을 평가·검토한다. 그리고 평가·검토결과에 따라 차기년도의 실시계획의 내용을 정한다. 실시상황, 평가·검토결과 등은 그 보고서에 정리하여 최고경영자에게 보고한다.

(5) 실시체제 및 책임의 명확화

상기사항의 실시를 담당할 사무국을 설정하고 담당직원을 임명한다. 또는 경영팀을 장으로 하는 영업부문, 개발부문, 총무부문 등 관련부문의 대표를 멤버로 하는 위원회조직을 설치하고 실시계획의 책정, 실시상황의 평가 등에 대해서 심의하도록 권장한다. 이러한 종류의 위원회가 이미 설치되어 있는 경우에는 유통에 관계하는 종합안전관리를 추가하도록 한다.

또한 여기서 말하는 「담당부문」으로는 OO부, △△과와 같은 특정의 조직 설치만을 가리키는 것은 아니다. 기존의 조직에 있어서 담당책임자를 임명하는 것도 포함된다. 또한 영업부문, 개발부문 등에 대해서도 실행책임자를 정해두는 것이 권장된다.

(6) 자금·요원의 확보

계획을 확실하게 실시하기 위해서는 담당부문만이 아니고 영업부문등 관계하는 부문에 있어서 요원의 확보도 필요하다. 또한 후술의 화학제품에 관계하는 사항, 판매에 관계하는 사항을 모든 관계부문이 계속적으로 실행하기 위한 필요자금을 준비해야 할 것이다. 이들에 대해서도 상기의 위원회에서 타당성을 심의하여 승인한다고 하는 수속을 정해두는 것이 권장된다.

나. 화학제품에 관계되는 사항

화학제품을 제조(수입을 포함한다)하는 사업자는 그것을 구입하는 사업자에게 제공하기 위해 제품안전데이터시트(MSDS) 및 환경·안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료를 다음 스텝으로 작성한다.

(가) 유해위험성(해저드라고 한다)에 관한 데이터/정보의 정비

(나) 유해위험성의 평가(해저드 어세스먼트라고 한다.)

(다) 의도한 용도에 있어서 화재·폭발 등의 발생, 사람의 폭로 및 환경에의 배출에 관한 데이터/정보의 정비

(라) 의도한 용도, 무리없이 예견할 수 있는 취급방법, 폐기방법 등에 수반하는 리스크(일어날 수 있는 위해)의 예측. 리스크는 사람과 환경에 대하여도 예측한다.

(주) 여기서 말하는 “리스크의 예측”이라는 것은, 의도한 용도로 그 화학제품이 사용되어 취급되는 것을 상정한 경우의 리스크 정도를 추정하는 것이다. 실제의 사용조건, 취급조건하에서 행하는 리스크의 평가(소위, 리스크어세스먼트)와 구별하기 위하여 이 용어를 사용한다.

(마) (나)의 결과에 따라 제품안전데이터시트(MSDS)의 작성

제품안전데이터시트(MSDS)의 작성은 KISCO 및 노동부의 감수를 받고 19 년 월에 발행한 「제품안전데이터시트」에 따라 작성하도록 노력한다. 이 지침은 안전관리센터에서 취급하고 있다.

(바) (라)의 결과에 따른 환경·안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료작성

(사) 최신데이터/정보에 기초한 제품안전데이터시트 등의 개정

제조사업자가 화학제품에 관하여 실시할 사항에 대해서 상기의 스텝에 따라 다음에 보다 상세하게 설명한다. 또한 본절 및 다음절에서 설명하는 유통에 관계하는 종합안전관리의 개념 및 관리사항의 개요는 각각 별표2-1 및 2-2와 같다.

(1) 유해위험성(해저드)에 관한 데이터/정보의 정비

유해위험성을 평가하기 위해서 우선 인화·폭발성, 사람 및 환경에 대한 유해성

에 관한 데이터/정보를 정비한다. 이들 데이터/정보 중에는 그 화학제품의 연구·개발단계에서 수집된 것이 있다. 후술의 제품안전데이터시트 작성을 위해서는 데이터/정보의 수집(원료, 조제 등의 납입사업자로 부터의 입수, 문헌조사를 포함한다.) 및 정비는 다음을 참고로 하여 연구·개발단계로 부터 계획적이고 계속적으로 실시하는 것을 권장한다.

(가) 수집, 정비해야 할 데이터/정보의 범위

유해위험성에 관한 데이터/정보는 한국산업안전공단 「제품안전데이터시트의 작성지침」에서 설명되어 있는 제품안전데이터시트의 16항목(별표2-3을 참조)에 관한 범위로 수집, 정비한다. 이들 16항목중 다음의 데이터/정보의 항목은 특히 충실을 기해야 한다.

- ① 물리화학적성질
- ② 위험성정보
- ③ 유해생정보
- ④ 환경영향정보

(나) 유해위험성의 분류

유해위험성의 분류는 화학제품의 적절한 환경·안전대책의 기초가 되는 중요한 것이다. 그 화학제품이 갖는 유해위험성의 종류 및 강도의 정도에 따라 제품안전데이터시트의 주의표현의 정도를 가감한다.

그러나 현시점에서는 유해위험성의 분류에 관하여 국제적으로 통일된 기준은 없다. 당면의 대응으로서는 화학물질에 관계하는 국내·외의 규제법 적용기준 등에 따라 분류하는 것이 실용적이다. 구체적으로 「제품안전데이터시트 작성지침」중에 나타나 있는 「분류기준」의 분류명칭과 그들의 해당요건 및 「분류기준에는 해당하지 않은 제품」의 해당요건(별표2-4를 참조)을 기초로 하고, 여기에 국제연합

권고(위험물의 수송에 관한 국련권고) 및 EU규칙(위험한 물류의 분류, 포장, 표시에 관한 EC이사회 지령의 분류)을 참고로 하여 정한다. KISCO의 분류 명칭, 국련권고 및 EU규칙의 상호관계를 별표2-5에 나타냈다.

따라서 현재 1992년 개최의 국련환경개발회의(UNCED)에서 채택된 아젠다21(지속가능한 개발을 위한 인류의 행동계획) 제19장(유해화학물질의 환경상 적정한 관리)의 검토과제에 대응하기 위해 2000년을 목표로 분류시스템의 국제적 조화작업이 진행되고 있다. 이 작업에 의해 국제적인 조화가 실현되는 경우에는, 여기에 따라 통일적인 유해위험성의 분류를 행하게 될 것이다.

(2) 해저드어세스먼트

다음에 화학제품의 인화·폭발성, 사람 및 환경에 대한 유해성에 관하여 상기에 의해 정비된 데이터/정보를 이용하여 유해위험성의 구분마다 그들의 강도정도를 평가한다. 이것을 해저드어세스먼트라고 한다.

유해위험성의 강도구분에 관하여 현 시점에서는 국제적으로 통일된 기준은 없다. 또한 화학물질에 관계하는 국내 규제법의 적용기준만으로는 반드시 충분하지 않다. 이 때문에 당면의 대응으로서 KISCO의 「제품안전데이터시트의 작성지침」에 명시되고 있는 「분류기준」의 분류명칭과 해당요건 및 「분류기준에는 해당하지 않은 제품」의 해당요건 및 국련권고(국제연합권고)와 EU규칙의 분류를 참고로 하여 정할 필요가 있다. 별표2-6에 유해위험성의 강도구분에 관한 크라이테리어의 일례로서 인화성 및 급성독성의 경우에 대해서 국내법규제, 국련권고 및 EU규칙의 분류의 비교를 나타냈다. 이것을 참고로 하여 화학제품의 유해위험성의 분류마다 강도의 정도를 평가한다. 여기서 평가되는 유해위험성의 강도정도에 따라 전술한 것과 같이 제품 안전데이터시트의 취급주의 표현을 선정하고, 또한 리스크의 예측필요성을 판단한다.

(3) 의도한 용도에 있어서 화재·폭발등의 발생, 사람의 폭로 및 환경에의 배출에 관한 데이터/정보의 정비

적절한 환경, 안전대책을 사용사업자가 실행하기 위하여 참고로 하는 다음의 취급주의 등을 기재한 자료를 작성한다. 이를 위해 그 화학제품이 의도한 용도에 관하여 화재, 폭발, 누설의 발생가능성, 사람의 폭로 및 환경에의 배출에 관한 데이터/정보를 다음을 참고로 하여 문헌조사, 유사물질에 관한 데이터이용 또는 추정 등의 방법에 의해 정비한다.

(가) 정비해야 할 데이터/정보의 종류

1) 용 도

의도하고 있는 용도 또한 제조사업자가 무리없이 예견할 수 있는 기타 용도에 관한 정보를 정비한다.

2) 사용, 취급, 폐기 등의 방법

의도한 용도에 관하여 제조사업자가 무리없이 예견할 수 있는 사용, 취급, 폐기 등의 방법에 관한 정보를 정비한다.

3) 사람에게의 폭로, 환경에의 배출

상기의 사용, 취급 등에 관하여 사람에게의 폭로 및 환경에의 배출에 관한 데이터/정보를 정비한다. 이에 관해서는 제조단계 작업장에 있어서 사람에의 폭로 및 작업환경농도의 측정, 공해 배출상황의 조사 또는 유사물질에 관한 데이터/정보로부터의 추정 등 각종의 방법을 구사할 필요가 있다.

4) 예상되는 오사용

제조사업자가 무리없이 예상할 수 있는 오사용에 대해서도 그 가능성을 검토하여 놓도록 한다.

5) 환경·안전대책등

참고정보로 하기 위하여 제조사업자 스스로가 제조의 단계에서 실시하고 있는 환경·안전대책, 취급주의 등을 정리해 놓는다.

(나) 데이터/정보의 정비에 이용가능한 한국산업안전공단 작성의 자료

한국산업안전공단은 작업환경의 배출, 유해폐기물의 관리에 대해서 다음의 지침을 책정하고 있다. 이것은 제조단계에서의 실태파악에 참고가 되는 기타 관리수법의 참고로서 사용사업자에게도 권장할 수 있는 것이다. 이들 지침은 (가칭)한국산업안전공단 종합안전보건관리센터에서 취급하고 있다.

1) 화학물질 작업환경배출량 조사의 지침

화학물질을 취급하는 사업소로부터 작업장내 배출량 산출요령, 기록방법의 표준을 정하고 있다.

2) 폐기물 등의 관리지침

폐기물 등의 감량화, 재자원화 및 적정처리를 실시하고, 폐기에 있어서 환경·안전의 확보를 추진하기 위한 표준을 정하고 있다.

(4) 리스크의 예측

화학제품에 관하여 의도한 용도에 있어서 무리없이 예견할 수 있는 취급방법, 폐기방법 등에 관하여 화재, 폭발, 누설의 발생가능성은 어느 정도인가, 취급자의 폭로는 어느 정도인가, 환경에 어느정도 배출되는가, 또한 가능하다면 예상되는 오사용의 가능성을 상기의 데이터/정보를 이용하여 상정하고, 그 화학제품의 사용에 수반하는 리스크(일어날 수 있는 위해)의 정도를 예측한다.

화학물질을 취급하는 사업자의 다수는 화학물질취급에 있어서 화재, 폭발 및 누설의 가능성에 대해서는 화학제품의 유해·위험성에 따른 설비, 관리, 취급방법 등의 리스크를 규제기준에의 대응 및 오랜 경험을 살려 비교적 용이하게 추정할 수 있을 것이다. 그러나 화학물질의 사람에게의 폭로 및 환경에의 배출에 관하여는

그것이 어느정도의 리스크를 갖는가를 추정하는 것은 간단하지 않을 것이다. 아직 이러한 리스크를 예측하는 수법은 현재 국제적인 표준은 없다.

당면은, OECD(경제협력개발기구)가 고생산 기존 화학물질점검(HPV)프로그램에서 사용하고 있는 수법이 참고가 된다. 이 수법은 금후 제조사업자의 사용이 권장되는 것으로서, 한국산업안전공단이 1995년도의 사업으로서 기술자료에 정리되어 있다.

이와같은 상황으로 부터 현재로는 사람에게의 폭로 및 환경에의 배출의 리스크를 정량적으로 평가하는 것은 곤란이 예상된다. 일반적인 해결방법으로서 문헌을 조사하던가, 유사물질의 데이터/정보를 이용하여 추정하고, 그 화학제품의 유해위험성의 강도 정도를 고려하여 개발, 제조단계에 있어서 경험, 지견에 기초하여 사람에게의 폭로 및 환경에의 배출을 가능한 한 억제하도록 주의한다.

(5) 제품안전데이터시트(MSDS)의 작성

상기 나항의 유해위험성에 관한 해저드어세스먼트의 결과를 이용하여 한국산업안전공단의 「제품안전데이터시트의 작성지침」에 기초한 제품안전데이터시트(MSDS)를 작성한다. 작성된 제품안전데이터시트는 사업자간의 정보제공수단으로서 이용되는 것이다. 구입사업자, 사용사업자에 대해 제공하는 것은 물론, 화학제품의 유통에 관계하는 판매업자(대리점을 포함한다.), 운송업자, 창고업자에게도 제공할 필요가 있다.

또한 제품안전데이터시트중의 「물질의 특정」의 항목에 있어서 성분조성 등의 기재에 대해서는 미리 기업비밀상 명확히 할수 없는 데이터/정보를 자사내에서 명확하게 구별해 놓고, 유해성 정보 등 명확히 할수 있는 정보는 적극적으로 제공한다.

(가) 제품안전데이터시트(MSDS)를 작성하는 화학제품

제품안전데이터시트 작성의 대상이 되는 화학제품은 우선 상기의 작성지침의 분류기준에 해당하는 모든 화학제품이다. 그 이외의 화학제품에서도 예를들면 유해 위험성의 강도면으로 부터 제품안전데이터시트를 작성해야 한다고 판단되는 화학 제품에 대해서는 자주적으로 작성해야 할 것이다.

또한, 새롭게 법규제의 대상이 된 화학물질(예를 들면, 화학병기의 금지 및 특정 물질의 규제등에 관한 법률에 규정된 특정물질 등)에 대해서도, 제품안전데이터시트를 작성하고 사용사업자 등에게 제공한다.

(6) 환경, 안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료작성

상기 라항의 리스크의 예측결과를 이용하여 구입/사용사업자에게 권장해야 할 환경, 안전의 확보에 관한 취급주의 등을 기재한 자료를 작성한다. 이 자료는 구입/사용사업자의 실제 사용, 취급에 관하여 실시하는 것이 권장되는 환경, 안전대책상 필요로 되는 취급주의 등을 통지하기 위한 것이다. 내용으로서는 주로 화재, 폭발, 누설의 미연방지, 사람에게의 폭로방지 및 작업환경에의 배출억제에 관한 취급주의 등이다.

따라서 예를들면 제품안전데이터시트를 작성하지 않은 화학제품의 경우라도 그 사용, 취급 등의 방법에 의해 이것을 작성할 필요가 있는 경우도 있다. 취급주의 주의사항의 결정방법에 대해서는 제조사업자 스스로가 그 화학제품을 제조하는 단계에서 실시하고 있는 환경안전대책, 주의사항 등을 참고로 하여 그 화학제품이 의도하고 있는 용도에 있어서의 사용, 취급, 폐기등의 방법에 대한 화재·폭발, 누설의 방지, 사람에게의 폭로방지 또는 작업환경에의 배출억제를 위하여 필요한 주의 등을 가하여 정하는 것이 적절할 것이다.

또한 취급주의 등의 자료는 반드시 독립된 문서일 필요는 없다. 예를 들면, 화학제품의 성능·특징, 사용방법 등을 설명하는 자료중에 기재하는 방법도 있다.

(7) 제품안전데이터시트 등의 개정

화학제품에 대해서 유해·유해성, 새로운 용도, 오사용, 재해·사고예, 기타 환경 안전에 관한 데이터·정보를 입수하는 것에 노력을 기울이고, 데이터·정보가 얻어지는 경우에는 그것을 해석·평가한다. 그리고 그러한 중요성에 따라 입수데이터·정보를 사용사업자 등에게 제공하는 것 이외에 이것을 이용하여 제품안전데이터시트 및 환경안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료를 개정하고, 이들이 최신의 데이터·정보에 기초하고 있도록 관심을 기울인다.

다. 판매에 관한 사항

화학제품의 판매에 관계하는 사업자(제조사업자의 경우도 있다.)는, 그 화학제품의 판매에 있어 또는 일상 영업활동중에 구입·사용사업자에게 있어 실제 사용, 취급의 적절한 환경안전관리를 위해 주로 다음사항을 실시한다.

- ① 구입사업자에 관한 조사와 그 관련정보의 관리
- ② 사용사업자의 실제 용도에 관한 조사
- ③ 구입사업자의 종합안전관리능력에 관한 판단 및 관리능력에 따른 거래조건의 결정, 필요에 따른 개선의 조언, 거래처의 요청에 따른 협력·지원
- ④ 제품안전데이터시트(MSDS) 및 환경안전확보에 관한 취급주의 등의 자료 구입사업자등에게 제공

(주) 화학제품이 더욱 2차, 3차의 거래점을 거쳐 사용사업자에게 판매되도록 하는 경우에는 상기의 4항목(①,②,③ 및 ④)에 대해서, 1차판매사업자는 2차판매사업자에게 2차판매사업자는 3차판매사업자에게 그 실시를 신고하고 송부한다.)

- ⑤ 판매만 관계하는 사업자에 있어서는, 제품안전데이터시트 및 환경안

전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료제조사업자로 부터 입수

- ⑥ 화학제품의 사용사업자로 부터 사용, 취급에 대한 실제의 환경안전대책에 관한 정보를 입수한 경우, 이들을 평가·해석하고 개선의 필요가 인정된 점에 대해서 그 자에게 개선방법을 조언하고, 요청에 따라 협력·지원

이들 사항에 의해 상세한 구체적내용을 다음에 설명한다.

(1) 구입사업자에 관한 조사와 그 관련정보의 관리

판매에 관계하는 사업자는 구입사업자의 리스트를 여러 방법으로 작성하고, 거래상황 기타를 관리하고 있는 것이 일반적이다. 구입사업자에 관한 조사의 목적은 그 자가 화학제품의 환경안전관리의 적절한 실시에 관하여 문제가 있는가 없는가를 평가하는 일이다.

따라서, 오랫동안의 거래에서 숙지하고 있는 구입사업자에 대해서는 특단의 문제는 없다고 추정된다. 그러나 새롭게 거래를 하려고 하는 회사, 급히 거래량이 변화하는 회사 등에 대해서는 그 자에 대해서 화학제품의 환경안전관리를 적절하게 행할 수 있는 자인가 어떤가를 살피기 위한 조사를 행할 필요가 있다. 그리고 조사결과에 대해서 사내의 체크시스템 등으로 음미하고 거래처로서의 문제가 있는 경우, 관리체제, 관리레벨 등을 개선하도록 조언하거나, 거래처로부터의 요청에 따라 협력·지원하도록 노력한다. 또한 관리능력 및 그 개선에 관하여 특히 문제가 있다고 판단되는 경우, 거래를 중지하는 것도 필요하다. 구입사업자의 관리능력에 관하여 무엇을 어느정도 조사하는가는 거래처에 의해 대폭 차이가 난다.

일반적인 조사사항의 예를 들면, 각 거래처에 관하여 필요한 조사사항을 정하여, 거래처로부터 청취하는 등에 의해 조사하는 것이 권장된다. 또한 조사방법으로서 일정의 체크항목 리스트를 작성해 두고, 기입된 조사결과에 기초하여 관리부문이

체크하는 방법도 생각된다.

【조사사항의 예】

(가) 회사의 규모, 신용성

- 상장회사인가, 설립시기 또는 필요에 따라 영업소·사업소의 소재지 등의 확인
- 사업상 관계있는 업체단체에의 가맹상황

(나) 환경·안전관리에 관한 사내관리체제

- 법규제 등으로 요구되는 관리자, 책임자의 임명 등 화학물질취급상의 관리
- 체제의 정비상황
- 환경·안전을 담당하는 부문의 설치 또는 책임자의 임명
- 화학물을 취급하는 근로자에 대한 교육·훈련의 상황

(2) 사용사업자의 실제용도에 관한 조사 등

(가) 용도에 관한 정보청취

사용사업자에 있어서 화학제품의 실제의 용도 및 취급, 폐기 등의 방법이 제조·판매사업자가 의도하고 있는 것과 동일한가를 확인하는 것은, 사용사업자에게서 뜻하지 않은 사고발생을 방지하는데에 중요하다. 이를 위해 판매사업자는 사용주사업자에게서의 실제 용도등에 관한 정보를 구체적으로 청취하도록 노력한다.

(나) 용도 등에 관한 정보의 활용

사용사업자의 실제 용도등에 대해서 정보를 입수한 경우, 그 정보에 기초하여 다음사항을 실시한다.

1) 협력·지원의 필요성 판단

사용사업자로 부터 제공되는 정보에 기초하여 적절한 환경안전관리의 실시를 위해 관리체제의 정비상황, 사용, 취급 등의 방법에 대해서 개선의 필요성 유무를 판단한다. 그리고 검토·개선이 필요하다고 판단되는 경우에는 사용사업자에 대하여 개선 방안을 조언한다. 또한 거래처의 요청에 따라 협력·지원한다.

2) 관계정보의 관리

사용사업자에 있어서 용도 등에 관한 특기사항을 기입할 수 있는 고객리스트를 작성하는 것이 권장된다. 그리고 이 고객리스트를 이용하고 화학제품의 거래 상황만이 아니고, 환경안전에 관한 조언, 협력·지원의 상황 등 파악을 계속적으로 행한다.

(3) 제품안전데이터시트 등 자료의 제공

구입·사용사업자가 취급하는 화학제품의 유해·위험성(해저드)을 충분히 이해하고, 그 화학제품의 사용, 취급에 수반하는 리스크(일어날 수 있는 위해)의 정도에 따라 적절한 환경안전대책을 실행하는데에 협력하기 위해서, 그 화학제품의 제품안전데이터시트 및 환경안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료를 제공한다.

또한, 화학제품이 계속적으로 판매되는 경우에는, 제조사업자 등이 그후 입수한 유해·위험성, 사고예, 기타 최신정보를 구입·사용사업자에게 제공하도록 노력한다. 판매만에 관계하는 사업자의 경우, 자료·정보의 제공은 일반적으로 아래 스텝과 같이 행하게 된다.

(가) 제품안전데이터시트 등 자료의 입수

제품안전데이터시트 및 환경안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료는 원칙적으로 제조사업자(수입품에 대해서는 수입사업자)가 작성하고, 구입사업자에게 제공하는 것이므로 제조사업자가 작성한 제품안전데이터시트 및 취급주의 등의 자료를 입수한다.

(나) 제품안전데이터시트 등 자료의 제공

제조사업자로 부터 입수한 제품안전데이터시트 및 취급주의 등의 자료 및 만일 판매사업자 자신이 다른 참고자료를 가지고 있는 경우에는 그들 정보를 가해 사용사업자에게 제공한다.

(4) 사용 사업자로부터 얻은 환경안전대책에 관한 정보의 활용

사용사업자가 실제로 실시하고 있는 환경안전대책에 관한 정보를 입수한 경우에는 그것을 평가·해석한다. 그리고 개선해야 할 점이 있다고 판단된 경우에는 적절한 환경안전대책을 실시하기 위한 개선방법에 대해서 조언한다. 그리고 이 자료 부터의 요청에 따라 협력·지원한다.

제조사업자는 이들 정보를 활용하여 기존의 제품안전데이터시트 및 환경안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료를 필요에 따라 개정한다.

(5) 제조사업자와 연휴

판매만에 관계하는 사업자는 화학제품의 용도 및 사용, 취급, 폐기 등의 방법 또는 오사용, 사고 등의 정보를 사용 사업자로부터 입수한 경우, 그들의 정보를 가능한 한 제조사업자에게도 전달하고, 그 화학제품의 환경안전관리의 향상에 도움이 되는 등, 제조사업자와의 연계에 노력하고, 화학제품의 유통에 있어서 종합안전관리가 확보되도록 배려한다.

<별표 1-1> 화학제품 유통안전관리의 적정화(가이드북의 내용)

관리사항	현상파악/분석→실시계획→실시상황파악/ 분석→연차계획
사내관리체제의 정비	
경영목표,시설의 설정, 사내주지	
관계종업원의 교육	
실시계획의 책정, 실시상황의 파악/해석	
담당부서, 위원회등의 설치	
관련부서책임자의 임명	
자금, 요원의 확보	
화학제품에 관계되는 사항	
위험성에 관한 데이터, 정보의 정비	
인간관계/환경배출에 관한 데이터 및 정보의 정비	
위험성 평가	
위험성 예측	
제품안전 데이터시트(MSDS)의 작성	
취급주의등의 자료작성	
최신의 데이터, 정보의 입수	
데이터시트등의 개정	
판매에 관계되는 사항	
구입사업자에 관한 조사	
환경,안전에 관계되는 관리능력	
용도, 취급방법등의 문의	
거래조건의 검토,협력/지원(요청에 의함)	
제품안전 데이터시트, 자료등의 제공	
사용사업자로부터 입수한 정보의 해석/활용	
판매사업자, 제조사업자의 연휴	
기타	

<별표 1-2>

체크 리스트 (제조, 판매사업자용)

점검 실시일 : 년 월 일

점검 실시자 소속 : _____

이름 : _____

화학제품명	
-------	--

체 크 항 목		대응완료	대응불충분	미대응
사내 관리체제 의 정비에관계 되는 사항	경영사의 목표,시책의 명확화			
	종업원예의 주지			
	실시계획의 책정			
	관계 근로자에 대한 교육			
	실시상황의 정기적 파악			
	실시보고서의 작성			
	실시체제, 책임의 명확화			
	자금, 요원의 확보			
화학제품에 관 계되는 사항	위험성 데이터/정보의 정비			
	위험성 평가의 실시			
	리스크정보의 정비			
	리스크의 예측실시			
	MSDS의 작성			
	취급주의등 자료의 작성			
	MSDS등의 자료개정			
판매에 관계되 는사항	구입업자에 관한 조사, 관리			
	사용사업자의 사용,취급조사			
	MSDS등의 자료제공			
	사용사업자부터 얻은 정보활용			
	사용사업자에의 협력/지원			

체 크 리 스톱(판매사업자용)

점검 실시일 년 월 일

점검 실시자 소속 : _____

이름 : _____

화학제품명				
체 크 항 목		대응완료	대응불충분	미대응
사내 관리체제 의 정비에관계 되는 사항	경영사의 목표,시책의 명확화			
	종업원예의 주지			
	실시계획의 책정			
	관계 근로자에 대한 교육			
	실시상황의 정기적 파악			
	실시보고서의 작성			
	실시체제, 책임의 명확화			
	자금, 요원의 확보			
판매에 관계되 는사항	구입업자에 관한 조사, 관리			
	사용사업자의 사용,취급조사			
	MSDS등의 자료제공			
	사용사업자부터 얻은 정보활용			
	사용사업자예의 협력/지원			

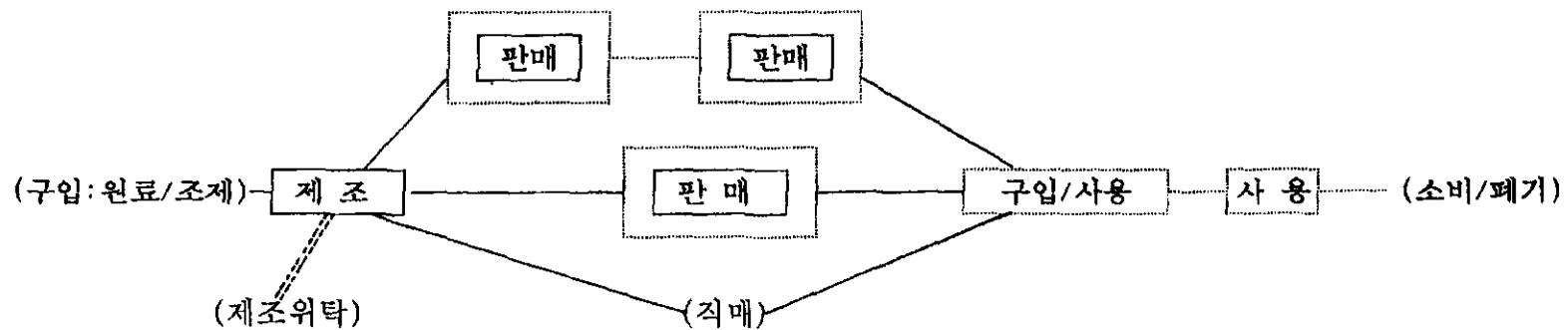
[별표2-1]

가이드북에 있어서 화학제품 유통에 관한 종합안전관리 생각방법

【전 제】

1. 유통에 관계할 각 사업장의 자기결정, 자기책임
2. 각 사업자는 관계할 단계유통에 있어 적정관리 배려
3. 적절한 사내관리체제 정비

【유통형태】



【실시할 사항 포인트】

화학제품에 대해서

- 제품안전데이터 시트의 작성제공
- 사용, 판매에 관한 자료등 작성제공

구입/사용 사업자에 관해서

- 직접 관리능력에 관한 조사
- 용도 취급방법 등에 관한 청취
- 적정관리에 필요한 협력/지원

<별표 2-2>

화학제품유통에 관계되는 관리사항

<제조사업자> 판매 <구입/사용사업자>

위험, 유해성의 데이터/정보의 정비 인화, 폭발성, 건강유해성, 환경영향 위험성 평가 위험, 유해성의 각 분류마다 강도정도를 정도를평가 제품안전 데이터시트(MSDS)의 작성 위험, 유해성의 분류, 참고 데이터/정보 일반적인 취급에 관한 주의, 법규제상황 의도한 용도, 취급방법, 폐기방법의 정보정비 용도구분 : 사업소내 한정, 배합원료 취급방법 등 : 운송, 저장, 사용, 폐기 同上에 있어서의 화재, 폭발, 누설의 가능성 인간의 폭로, 환경에의 배출추정 리스크 추정 리스크(가능 위해)정도의 추정 제조단계에서의 환경, 안전대책, 취급주의 등의 정보정비 환경, 안전의 확보에 관한 취급주의 등의 자료작성 (위탁제조에 관한 종합안전관리)	구입/사용사업자에 관한 조사 (취급량의 급격변화등을 중점적으로) 회사의 규모, 신용성 사내 관리체제 ↓ 거래조건의 검토(증지를 포함한다) 관리체제의 개선에 관계되는 조언 협력/지원(요청에 의함) 제품안전데이터시트(MSDS)의 작성 환경, 안전의 확보에 관한 취급주의 등 자료제공 (사용사업자로부터의 환경, 안전 대책에 관한 정보입수) 환경, 안전대책의 개선의 조언 협력/지원(요청에 의함)
---	--

제품안전 데이터시트

회사 주소 : 담당부서 : 담당자(작성자) :
전화번호 : FAX번호 :
긴급연락처 : 전화번호 :

작성·개정 년 월 일

제품명(화학명, 상품명 등)	
물질의 특정	단일 제품 · 혼합물의 구별 화학명 성분 및 함유량 화학식 또는 구조식 관보공시 정리번호 CAS No.
위험유해성의 분류	UN분류 및 UN번호 분류의 명칭: 위험성: 유해성: 환경영향:
응급 처치	눈에 들어간 경우 : 피부에 부착한 경우 : 흡입한 경우 : 삼킨 경우 :
화재시의 조치	소화 방법 : 소화제 :
누출시의 처리	
취급 및 보관상의 주의	취 급 : 보 관 :
폭로방지 조치	관리농도 : 허용농도 : KISCO (년도판) ACGIH (년도판) 설비대책 : 보호구 : 호흡용보호구 보호안경 보호장갑 보호의

물리/화학적	외관 등 : 비점 : ℃, 증기압 : Pa(℃), 휘발성 : 융점 : ℃, 비중 : (℃), 초유점 : ℃ 용해도(물) : %(℃), 기타: %(℃)
위험성정보 (안정성, 반응성)	인화점 : ℃, 발화점: ℃, 폭발한계 : 상한 %, 하한 % 가연성 : 발화성(자연발화성, 물과의 반응성) : 산화성 : 자기반응성, 폭발성 : 분진폭발성 : 안정성, 반응성 : 기타 :
유해위험성(사람에 대한 증상에, 역학적 정보를 포함)	피부 부식성 : 자극성(피부, 눈) : 감작성 : 급성독성(50%치사량등을 포함) : 아급성독성 : 만성독성 : 암원성 : 변이원성 : 생식독성 : 최기형성 : 기타(물과 반응하여 유해가스를 발생하는 것등을 포함)
환경영향정보	분해성 : 축적성 : 어독성 : 기타 :
폐기상의 주의	
수송상의 주의	
적용 법령	
기타(기재내용의 문의처, 인용문헌 등)	

<별표2-4>

위험유해성의 분류기준

분류의 명칭	해 당 요 건
폭발성물질	화약류 관계법 제2조 제1항제1호에 드는 화약 및 동항 제2호에 열거하는 폭약
고압가스	고압가스 관계법 제2조에 규정하는 고압가스
인화성액체	① 소방법 별표의 제4류품명란에 제시한 물품중 1부터 4까지 제시한 것으로 동표에 정하여진 구분에 따라 동표의 성질란에 나타내는 성상을 갖는 것(특수인화물, 알콜류, 제1석유류, 제2석유류). ② 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 4호에 규정하는 인화성물질.
가연성고체 또는 가연성 가스	① 소방법 별표의 제2류품명란에 제시한 물품으로 동표에 정하여진 구분에 따라 동표의 성질란에 나타내는 성상을 갖는 것. ② 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 2호에 규정하는 발화성물질중 가연성을 갖는 화학물질 등. ③ 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 5호에 규정하는 가연성가스.
자연발화성 물질	① 소방법 별표의 제3류품명란에 제시한 물품(동법 별표 비고, 제8호에서 규정된 것중 고체 또는 액체로 공기중에서의 발화위험성을 판단하기 위한 정부법령으로 정하여진 시험에 있어서 정부법령으로 정하여진 성상을 나타내는 것. ② 선박안전법 제28조에 규정하는 위험물 선박운송 및 저장규칙규정에 기초한 선박에 의한 위험물운송기준등을 정하는 고시(이하, "위고시"라고 한다.) 별표제6의 자연발화성물질의 항목 품명란에 제시한 것(자기발열성물질 및 기타 자연발화성물질을 제외한다.) ③ 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 2호에 규정하는 발화성물질중, 자연발화성 갖는 화학물질 등.

분류의 명칭	해 당 요 건
금수성 물질	① 소방법 별표의 제3류품명란에 제시한 물품(동법 별표 비고, 제8호에서 규정된 것중 고체 또는 액체로 물과 접촉하여 발화하거나 가연성 가스를 발생할 위험성을 판단하기 위한 정부법령으로 정하여진 시험에 있어서 정부법령으로 정하여진 성상을 나타내는 것. ② 위고시 별표 제6의 기타 가연성물질의 항목의 품명란에 제시한 것(기타 가연성물질을 제외한다.) ③ 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 2호에 규정하는 발화성물질중, 금수성을 갖는 화학물질 등.
산화성 물질	① 소방법 별표의 제1류 및 제6류의 품명란에 제시한 물품으로 동표에 정하여진 구분에 따라 동표의 성질란에 제시하는 성상을 갖는 것. ② 위고시 별표 제7의 산화성물질의 항목 품명란에 제시한 것(기타 산화성물질을 제외한다.) ③ 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 3호에 규정하는 산화성물질.
자기반응성 물질	① 소방법 별표의 제5류의 품명란에 제시한 물품으로, 동표에 정하여진 구분에 따라 동표의 성질란에 제시하는 성상을 갖는 것. ③ 산업안전보건법 시행령 별표 제1, 1호에 규정하는 폭발성물질.
급성독성물질	① 독물 및 독물관제법규 제2조 1항에 규정하는 독물 및 동조 제2항에 규정하는 극물 ② 위고시 별표 제4에 제시하는 것(기타 독물을 제외한다.). ③ 유기용제 중독예방규칙 제1조 1항 2호에 규정하는 유기용제 등. ④ 특정화학물질등 장애예방규칙 제13조에 규정하는 제3류물질 등. ⑤ 납중독 예방규칙 제1조 제1항 제1호에 규정하는 납 등. ⑥ 4알킬납중독 예방규칙 제1조 제1항 제3호에 규정하는 4알킬납 등.
부식성물질	① 위고시 별표 제3에 드는 것(기타 부식성물질을 제외한다) ② 산업안전보건규칙 제 조에 규정하는 부식성액체.

분류의 명칭	해 당 요 건
기타 유해성 물질	① 특정화학물질등 장애예방규칙 제2조 제1항에 규정하는 제1류 물질 및 제2류 물질 ② 납 중독예방규칙 제1조 제1항 제1호에 규정하는 납 등. ③ 4알킬납 중독예방규칙 제1조 제1항 제3호에 규정하는 4알킬납 등. ④ 산업안전보건법 제28조 제3항에 기초하여 지침을 공표한 화학물질 등. ⑤ 산업안전보건법 등으로부터 공표한 변이원성이 인정된 기존 화학물 질 등. ⑥ 산업안전보건법 등으로부터 공표한 변이원성이 인정된 신규 화학물 질 등. ⑦ 화학물질의 심사 및 제조등의 규칙에 관한 법률등 제2조 제3항에 규정하는 제2종 특정화학물질 및 동조 제4항에 규정하는 지정화학 물질.

주) 분류기준에는 해당하지 않지만 「위험,유해한 성상을 갖는 제품」에 해당하는 것.

- ① 「선박에 의한 위험물의 운송기준 등을 정하는 고시」 별표 제1~8에 기재되어
 있는 「품명」에 해당하는 것 중, 분류기준에 해당하지 않는 것.
- ② 소방법 제4류(인화성액체)의 위험물 중, 분류기준에 해당하지 않는 것.
- ③ 소방법에 기초하여 「지정 가연물」중, 가연성고체류, 가연성액체류 및 합성수
 지류에 해당하는 것.
- ④ 기타 분류기준에는 해당하지 않지만 노동재해등을 미연에 방지하기 위하여 그
 취급등에 주의가 필요하다고 사료되는 것.

<별표2-5>

분류기준의 비교표

(단, 크라이테리오는 상당히 다르다)

한국산업안전공단 분류명칭	일본화학협회의 분류명칭	국제연합 분류	EU분류
폭발성물질	폭발성물질	클래스1 화약류	폭발성
	고압가스	클래스2 가스 구분2.1(비인화성·비독성가스) 구분2.3(독성가스)	(특별규정에 의한다.)
인화성물질	인화성액체	클래스3 인화성액체	다음의 3종이 있음. ;극연성,이연성,가연성
가연성고체	가연성고체	클래스4 구분4.1(가연성고체)	이연성
가연성가스	가연성가스	클래스2 가스 구분2.1(인화성가스)	다음의 2종이 있음. ;극연성,이연성
자연발화성물질 및 금수성물질	자연발화성물질	클래스4 구분4.2(자연발화성물질)	없음
발화성물질	금수성물질	클래스4 구분4.3(물과 접촉하여 인화성가스를 발생하는 물질)	없음
산화성물질	산화성물질	클래스5 구분5.1(산화성물질)	산화성
없음	자기반응성물질	없음	없음
독성물질	급성독성물질	클래스6 구분6.1(독물)	다음의 3종이 있음. ;맹독성,독성,유해성
부식성물질	부식성물질	클래스8 부식성물질	부식성
기타유해성물질	기타유해성물질	클래스9 유해성물질	발암성(3카테고리) 변이원성(3카테고리) (아급성,만성독성에 관하여 다음 2종류가 있음; 독성,유해성)

주) 분류명칭 : KISCO 「제품안전 데이터시트의 작성지침」에 의함.

국제연합분류 : 국제연합위험물수송전문가위원회가 채택한 「위험물의 수송에 관한 국제연합권고 (통칭:오렌지 북)」에 의함.

EU분류: 「위험한 물질의 분류·포장·표시에 관한 이사회지령(제7차 수정지령) 부속서Ⅳ」에 의함.

<별표 2-6>

인화성 및 급성독성에 관한 크라이테리아의 예

1) 인화성(액체의 경우)

소방법 제4류위험물

인화점이 측정되는 것(알콜류, 동식물류에 대하여는 생략)

특수인화물	인화점 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 에서 비점 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 의 물질 또는 비점 $> 40^{\circ}\text{C}$ 에서 발화점 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ 의 물질
제1석유류	인화점 $< 21^{\circ}\text{C}$
제2석유류	$21^{\circ}\text{C} \leq \text{인화점} < 70^{\circ}\text{C}$
제3석유류	$70^{\circ}\text{C} \leq \text{인화점} < 200^{\circ}\text{C}$
제4석유류	$200^{\circ}\text{C} \leq \text{인화점}$

UN분류

인화점이 밀폐식시험기에서 60.5°C 이하 또는 개방식시험기에서 65.6°C 이하의 물질

용기 등급	인화점(밀폐식 시험기)	초유점
I	—	$\leq 35^{\circ}\text{C}$
II	$< 23^{\circ}\text{C}$	$> 35^{\circ}\text{C}$
III	$\geq 23^{\circ}\text{C}, \leq 60.5^{\circ}\text{C}$	$> 35^{\circ}\text{C}$

EU분류

분류 명칭	인화점	초유점
극연성	$< 0^{\circ}\text{C}$ 이하	$\leq 35^{\circ}\text{C}$
이연성	$< 21^{\circ}\text{C}$ 이하	—
가연성	$\geq 21^{\circ}\text{C}, \leq 55^{\circ}\text{C}$	—

2) 급성독성

독극물 취급법(아래의 급성독성치를 기준으로 하지만 자극성, 사고사례등도 감안하고 있다.)

	경구 LD ₅₀	경피 LD ₅₀	흡입 LC ₅₀
특정독물	독물중, 그 독성이 극히 강하고 넓게 일반적으로 사용되는 것 등으로, 위해 위험성의 무서움이 현저한 것.		
독 물	≤ 30mg/kg	≤ 100mg/kg	≤ 230ppm(1시간)
극 물	> 30mg/kg ≤ 300mg/kg	> 100mg/kg ≤ 1,000mg/kg	> 200ppm ≤ 2,000ppm(1시간)

UN 분류

용기등급	경구 LD ₅₀	경피 LD ₅₀	흡입 LC ₅₀
I	방응성 ≤ 5mg/kg	≤ 40mg/kg	≤ 0.5mg/L
II	> 5~50mg/kg	> 40~200mg/kg	> 0.5~2mg/L
III	고체 : > 50~200mg/kg 액체 : > 50~500mg/kg	> 200~1,000mg/kg	> 2~10mg/L

EU 분류

분류명칭	경구 LD ₅₀ ¹⁾	경피 LD ₅₀ ²⁾	흡입 LC ₅₀ ¹⁾
맹독성	≤ 25 mg/kg	≤ 50 mg/kg	≤ 0.5 mg/L/4Hr
독 성	> 25~200 mg/kg	> 50~400 mg/kg	> 0.5~2 mg/L/4Hr
유독성	> 200~2000 mg/kg	> 400~2000 mg/kg	> 2~20 mg/L/4Hr

주) : 1)쥐, 2)쥐 또는 토끼

제 2 장 화학제품유통에 관한 종합안전관리 지침(안)

1. 제언 배경

화학산업계의 자율관리활동은 1985년 캐나다 화학생산협회(CCPA)에 의해서 처음 시작되었으며, 그후 미국 화학제품협회(CMA), 영국화학협회(CIA)에서 독자적으로 프로그램이 개발되었다. 1988년 CMA, 1985년 CCPA, 1989년 유럽화학공업 연맹(CEFIC), 1990년 국제화학공업협회(ICCА)에서 Responsible Care를 중점 활동 추진으로 선언되었다. 1992년 국제환경개발회의(UNCED)에서 아지엔탈 지로채택, 1994년 4월 화학물질안전 정부간 포럼(IFCS)에서 「논리규범」을 결의했고, UNEP에서 1995년 공약회사명 공표('95년 말) 모니터결과를 1996년 말에 공표할 예정이다.

특히 RC추진을 서두르게 된 배경은 국제적으로 지역환경오염과 중대화학제품 사고가 다발하고 계속되어 전 지구에 환경오염을 진행시키고 인간의 인체에 영향을 끼치는 계기가 되고 있다. 이와같은 중대사고로 미국 실리콘 팔레에서 1970년 T.C.E.에 의한 지하수오염, 나이가라폴즈의 유해물에 의한 토양오염, 1974년 영국 후릭스포로의 시크로hexan 폭발사고, 1976년 이태리 세베소 이크메사스의 타이 오키실렌 누설로 피해자 다수발생, 1984년 멕시코시티 레멕스 LPG기지 폭발사고, 1984년 인도 보팔시 유니온카바이드사의 MIC누설로 환경오염과 다수의 인명재해, 1986년 스위스 파셀센트사의 농약유출로 라인강 오염등 세계 곳곳에서 유해물질 유통과정에서 중대재해가 계속 발생하여 화학제품유통에 관한 종합적인 안전관리가 유통에 관계하고 있는 각 사업장의 자기결정, 자기책임하에서 적절한 사내관리 체제가 확립되지 않으면 안되는 시점에서 있다.

또한 화학제품의 원료 및 부원료를 구입, 제조, 판매, 사용, 소비, 폐기에 이르기까지 사용취급에 따른 제반 MSDS작성 제공 및 적정관리능력에 관한 조사, 취급 방법, 적정관리 취급협력지원에 의해 화학산업의 신뢰성의 실추를 회복해 보자는 데 국제 제국들이 법제한 지침을 마련하고 그 가이드라인을 제시하고 있다. 미국의 슈퍼 환트법[1980년 제정, 1986년 개정, PPP(Polluter Pays Principle)], 1982년 EC 세베소 지침, 1988년 지역긴급방재시스템(UNEP APELL), 1989년 UNEP의 유해물 국경이동규제를 조약화한타협조약 등 개발도상국의 환경공해 안전문제가 대두되고 있다. 따라서 우리나라도 KISCO에서 주관하여 RC지침을 제정하여 행동 지침을 제시하고 UNEP 논리규범을 철저하게 업체에 주지시켜 UNEP 대응체제 정비에 만전을 기할 필요가 있다.

2. 목 적

이 지침은 화학제품(일반소비자 제외)의 제조, 판매, 유통하는 사업주가 Responsible Care 실시와 관련한 기준(이하, 기준이라고 한다.)에 기반한 화학제품의 사용, 취급폐기에 이르기까지 적절한 안전환경이 확보되도록 배려하고 법규제의 준수에 가하여 당해 제품제조, 판매, 유통시에 스스로 실시할 표준적인 사항을 정하여 당해 제품의 사용, 취급, 폐기 등에 적절한 종합안전관리를 추진하는 것이 그 목적이다. 또, 화학제품의 물류수송·저장 및 부수적 하역의 안전확보는 물류 안전관리지침에 따라 행하고 수입은 제조에 준하여 적용한다.

3. 정 의

이 지침에 사용하는 용어는 다음과 같다.

가. 화학제품 유통

화학제품유통이란 제조 또는 수입되는 화학제품이 사업자에게 판매되고 구입하는 자가 그것을 사용하여 사업활동을 행하는 것을 말한다.

나. 제조판매에 따른 사업자

제조·판매에 따른 사업주는 화학제품(수입을 포함한다)을 제조·판매할 사업주 및 당해 제품을 사용해서 사업활동을 행하는 자에게 이것을 판매하는 사업주를 말한다.

다. 구입사업주

구입사업주란 판매사업주로 부터 화학제품을 구입하여 이것을 사용하여 사업활동을 행하는 자를 말한다.

4. 사업주 관리책임

화학제품의 제조·판매 및 사용에 따른 사업주는 각각 자기결정, 자기책임의 원칙에 기반해서 각각 사업활동에서의 화학물질사용, 취급하는 사람 및 환경안전에 대한 위험을 스스로 적절하게 평가하고 위험정도에 대응한 적절한 종합안전관리를 실행할 책임을 갖고 있다.

5. 관리체제 사항

화학제품의 제조·판매에 따른 사업주가 적절한 종합안전관리를 실시하기 위해서

정비할 사내관리체제에 관한사항을 기준에 규정시키던가 그 주된 사항을 열거하는 것은 다음과 같다.

- (1) 제조·판매할 화학제품의 사용·취급 등에 있어 환경안전의 확보에 관한 경영상의 목표 및 실시를 명시하여 전 사원에게 그 중요성을 인식시킨다.
- (2) 경영상의 목표 및 시책을 실행하기 위해서 실시계획을 책정한다.
- (3) 실시계획의 실행에 필요한 지식, 실무 등에 관해서 업무내용에 따라 적절한 교육을 전체 관계종업원에게 행한다.
- (4) 실시계획의 실행상황을 정기적으로 파악하여 이것을 해석평가해서 필요에 따른 실시보고서를 작성한다.
- (5) 실시계획의 실행 및 실시상황을 파악, 평가 등에 관한 사내체제 및 책임을 명확히 하여 이것으로부터 계속적으로 실행시키는데 따른 예산 및 요원확보를 배려한다.

6. 화학제품에 관한사항

사업주는 화학제품을 제조할 때 다음 사항을 행하도록 한다.

- (1) 화학제품의 연구개발 단계로부터 그 전의 라이프사이클에 이르는 『환경 안전』의 확보를 고려하여 종합안전관리에 따른 적절한 화학제품을 개발하도록 노력한다.
- (2) 제조·판매되는 화학제품의 위험(Hazard) 및 의도한 용도에 관해서 예견되는 사용·취급, 폐기 등의 방법에 있는 취급자의 폭로 및 환경배출에 관한 DATA정보를 정비한다.

- (3) 화학제품의 위험평가(Hazard Assesment) 결과에 기반한 Hazard정도를 적절히 반영한 내용의 제품안전데이터 시트(MSDS)를 작성한다.
- (4) 화학제품 Hazard 및 의도한 용도에 관해서 예견되는 사용취급, 폐기 등의 방법에 관계한 사람의 폭로 등에 관한 데이터 정보를 사용하여 당 제품의 위험을 예측하고 리스크정도에 따라서 「환경안전」의 확보에 관한 취급주의등 자료를 작성한다.
- (5) 화학제품 Hazard, 사람에게의 폭로 및 환경에의 배출, 새로운 용도, 사고 등에 관한 최신데이터 정보를 수집하도록 노력한다. 수집한 정보 등에 기반이 되는 Hazard 및 리스크를 검토하여 필요에 따라서 제품안전데이터 시트(MSDS) 또는 「환경안전」의 확보에 관한 취급주의 등의 자료내용을 고친다.

7. 판매에 관한사항

사업주는 화학제품의 판매에 따라서 다음사항을 행하도록 한다.

- (1) 국내·외에 있어서 화학제품을 판매할 때 구입사업주에 대해서 당해 제품의 Hazard 및 그 자의 사업활동에 있어서 리스크에 대응한 적절한 종합안전관리를 실시할 수 있는 자격자가 있는가를 필요에 따라 조사한다. 병행하여 구입사업주에 있어서 당해 제품의 용도 및 사용취급 등의 내용을 만드는 데까지 조사하도록 노력한다.
- (2) 전항의 조사결과에 기반하여 구입사업주의 관리능력에 따라 거래조건, 협력지원의 필요성 등을 판단하여 활발하게 실행한다.
- (3) 화학제품의 판매시에 구입사업주가 사용·취급 등의 적절한 종합안전관리를

실시하기 위한 참고자료로서 MSDS환경안전확보에 관한 취급주의등 자료를 구입사업주에게 제공한다. 또 사고사례 등의 최신정보를 입수한 경우 필요성을 판단하여 이것을 구입사업주에게 통지한다.

(4) 화학제품의 판매만을 행하는 사업주에 있어서는 구입사업주로 부터 취득한 용도 및 사용취급 등에 관한 정보를 당해 제품의 제조사업주에게도 통지하여 당해제품의 사용취급에 관한 환경안전확보 하도록 배려한다.

(5) 구입사업주로부터 화학제품의 사용취급에 대한 환경안전대책에 관한 정보를 얻은 경우, 이것을 해석평가하여 개선의 필요성이 나타나는 경우에는 사용사업주에게 개선방책을 제언한다. 따라서 보다 적절한 종합안전관리를 실시하도록 하고 필요에 따라서 협력, 지원하도록 노력한다.

(6) 화학제품의 판매만을 행하는 사업주에 있어서는 구입사업주에게 관련 정보의 제공 및 협력지원에 대해서 필요에 따라 당해제품의 제조사업주의 협력을 얻어서 이것을 행하도록 노력한다.

8. 원재료 구입 및 제조위탁에 관한사항

(1) 사업주가 원재료를 구입하여서 사용할 경우 당해 원재료에 관한 법규제의 준수에 의하여 이것의 제조판매를 행하는 사업자로부터 제공되는 MSDS환경안전의 확보에 관한 취급주의등 자료를 활용해서 스스로 사용취급 등에 관한 사람 및 환경에 리스크를 적절하게 평가하여 적절한 환경작업안전대책을 입안하고 활발하게 실행한다.

(2) 사업주가 화학제품의 제조를 다른 사람에게 위탁할 경우, 그 자가 계약에

기반해서 사업활동에 관한 적절한 종합안전관리를 실시할 능력이 있는가는 필요에 따라 조사한다. 이 자의 관리능력에 따라서 협력지원의 필요성을 판단하여 활발하게 실행한다. 또 위탁자측에 있어서 당해제품의 원료조제 등의 제조취급 등에 대해서 사람 및 환경에 대한 리스크가 적절하게 관리되도록 하기 위해서 당해제품의 MSDS제조·취급 등에 관한 환경안전확보에 관한 대책 등을 나타내는 자료정보를 제공한다. 또 위탁자는 위탁계약이 장기간인 경우 위탁사업활동에 관한 환경안전대책에 대해서 수탁자와 적절하게 협의하고 수탁자의 요청에 따라서 협력·지원한다.

제 3 장 물류안전관리 지침(안)

1. 배 경

사업주가 취급하는 화학제품, 유해위험성을 가진 제품 물류(수송 및 저장, 이에 부속된 하역)에 대해서는 각종 규제를 받아서 안전확보가 도모되고 있다. 그러므로 육·해·공 각각 수송확대 및 유해위험성을 가진 화학제품의 종류 및 양의 증가에 따라 물류에 관한 사고방지에 대한 배려가 점점 더 필요하게 되었다. 물류관계 사업주는 이러한 상황에 처해서 물류안전관리에 대해 물류의 성격상 하송인, 물류사업주, 창고사업주, 하역사업주, 하물수탁인 등 물류관계 사업주가 여러 복잡한 관계가 있어 각각 사업장의 안전관리체제의 정비는 물론, 종합적 안전관리시스템의 정비가 대단히 중요하다고 생각된다. 현재 화학제품의 공급사업자등이 화학제품에 관한 정보를 기재한 MSDS에 따라 환경안전 건강면의 보호를 위해 화학제품의 안전한 사용과 취급을 확보하기 위하여 참고가 되는 정보를 관계자에게 주지시키고 있는 정보제공제도가 KISCO 및 노동부 행정지도로 실시되고 있다.

따라서 종합적인 물류안전관리 시스템정비로서 자율안전책임을 추진하여 환경안전에 관한 기본방침에 따라 물류안전관리지침이 마련되어야 하며, 수송시에 있어 사고조치로 긴급연락카드(옐로카드) 작성요령에 관한 지침을 만들어 그 운용에 따른 사고시의 응급조치대책을 한층 강화하기 위함이다.

본 지침에 따라 사업주는 물류안전에 관한 수송수단, 수송상황 및 안전성 정보관리와 병행하여 사고시의 조치 및 주지 철저를 도모하고 종업원과 시민의 안전 및 건강에 미치는 환경을 보호하기 위하여 종합적인 물류안전확보를 추진하도록 한다.

2. 목 적

본 지침은 산업안전보건법 제37조~제41조 및 제49조 2항, 동법 시행령 제29조, 30조, 32조 2, 33조 6, 시행규칙 제81조, 82조, 90조, 91조, 92조의 2~4, 8, 제130조 2항에 의한 화학물질의 종합환경 안전관리행동계획 추진에 따른 육·해·공 각종 수송수단을 포함한 물류관계자가 복잡다양한 것을 고려하여 사업주가 물류에 관한 수송수단, 수송상황, 안전성 정보관리 및 건강한 환경을 보호하기 위하여 종합적인 물류 안전확보를 추진하는 것을 목적으로 한다.

3. 적 용

이 지침은 사업주가 취급하는 화학제품, 유해위험성을 갖고 있는 제품수송 및 저장(하역포함)을 대상으로 한다(단, 파이프라인 수송은 제외한다).

4. 정 의

(1) 사업주란 화학제품을 제조하고 취급을 전반적으로 하는 모든 사용자를 말한다. 구체적으로 화학제품의 제조사용자, 상사 등의 판매업자, 수송보관 등을 행하는 물류사업주 및 화학제품을 원료등으로 사용, 취급하는 사용자 등을 말한다.

(2) 유해위험성을 가진 제품이란 누설, 화재폭발에 의해 사람, 시설물, 생태계에 피해를 미치는 제품을 말한다. 구체적으로는 산안법 시행령 제31조, 제33조의 5에 명시된 유해위험 화학물질을 말한다.

5. 안전관리 체제

가. 안전관리 조직

사업주는 물류안전관리를 추진하기 위하여 조직정비를 행하도록 한다. 조직정비에 대해서는 제품 수송수단 등을 고려하여 적절한 담당책임자를 선임하고 책임과 권한을 명확히 하도록 한다.

나. 안전회의

사업주는 물류관계자에 대하여 물류안전에 관한 기본방침 활동계획의 주지 철저, 물제점의 집약 및 대책협의 등을 위해서 필요에 따라 물류안전에 관한 안전회의를 개최하여 정보의전 교류를 통하여 지도조정을 행한다.

다. 안전관리 기준류의 정비

사업주는 제품의 수송수단 등에 필요한 물류안전관리 기준류를 작성, 정비하는 것으로 한다. 기준류의 작성정비에는 책임권한 활동계획의 책정, 안전관리 상황 파악, 결과의 피드백, 평가개선등 관리사이클이 가능하도록 충분한 기준류로 한다.

6. 안전관리 활동

가. 계획실시

사업주는 물류안전에 관한 기본방침에 따라 설정한 목표와 시책을 실시하기 위해 물류안전관리 활동계획을 책정하는 것으로 한다. 책정에 따라서 수송 및 저장

기술의 향상과 물류합리화 대책 등에 대해서도 배려하고 계획적이고도 지속적인 책정을 행하도록 한다. 사업주는 활동계획의 실시상황을 파악하여 실시결과를 해석·평가하여 다음해의 계획에 반영하도록 한다.

나. 교육지도

사업주는 물류에 관계하는 근로자 및 물류위탁사업자에 대해서 물류안전관리 활동계획과 물류안전관리 기준류를 병행한 제품의 안전성 정보를 교육하는 것으로 한다. 또 물류위탁사업자에 대해서는 필요에 따른 안전관리활동의 기술적사항 등에 대해서 지도하는 것으로 한다.

7. 사고시 조치

가. 옐로카드의 운용

사업주는 제품별로 사고시에 조치연락 통보사항을 명기한 서면(옐로카드)을 작성하여 여기에 기초한 운송인을 교육하고, 이것을 상시 휴대시켜 사고시 신속한 대응을 도모하도록 한다. 또한 사업장내 긴급연락통보 체제의 완전한 운용을 기하도록 한다. 옐로카드 작성시는 별도로 정한 작성요령에 따라 작성한다.

나. 사고통보

사업주는 사고등이 발생할 경우, 필요한 관계기관에 신속하게 통보를 행한다.

다. 조치체제의 정비

사업주는 사고 등의 연락통보를 받았을 경우 신속한 조치가 되도록 하고, 필요에 따라 요원자재 등의 비상조치체제를 완전히 만들도록 한다. 조직체제를 충실하게 하기 위해 훈련을 실시한다.

라. HAZARD

개개의 화학물질이 있는 환경안전확보에 영향을 주는 고유성질을 말한다. Hazard Assessment란 안정성시험 등을 실시하는 것에 따라서 과학적으로 Hazard의 정도를 해석, 평가하는 것을 말한다.

마. 리스크

Hazard Assessment의 결과에 따라 당해 화학물질의 제조취급조건, 사업에의 폭로, 환경에의 배출 및 환경중에서의 거동 등의 폭로조건 그리고 용도 등의 사용조건을 고려한 경우에 현실에서 생긴 위험을 말한다.

8. 사고정보의 제공과 활용

사업주는 사고 등의 발생원인을 규명하고 유사사고 등의 재발방지에 만전의 조치를 강구토록 한다. 재발방지에 기여키 위해 사고사례 등의 정보를 공유하는데 협력하도록 한다.

9. 수송 및 정비기술의 향상

사업주는 수송 및 저장에 관한 관계법규를 준수하고 물류상황 변화를 찾아 수

송, 저장기술 향상에 노력해야 한다.

10. 물류합리화 대책추진

사업주는 대·소량 수송의 삭감 및 환경부하가 보다 적게 수송시스템을 도입구축에 노력하고 환경부담의 저감을 도모하도록 합리화대책을 추진토록 한다.

【옐로카드 작성요령】

옐로카드는 별지 양식을 사용하여 작성한 예를 참고로 다음과 같은 요령에 따라 작성한다.

(1) 품 명

적재되어 있는 물질의 일반적인 품명을 기재한다(필요가 있을 때는 별명, 통칭명, 상품명을 기재한다.).

(2) 관계법규 대응 위험유해성

적재되어 있는 물질의 해당법규에 ●을 기입한다.

<표 1>의 유해물질은 산업안전보건법 제29조 동 시행령 제31조의 운반사고시에 있어서 응급조치를 합쳐 휴대하도록 한다.

(3) 특 성

해당하는 곳에 ○을 기입한다.

(4) 사고발생시의 응급조치

이상 사고발생시에 운전자 및 동승자가 응급조치할 수 있는 것을 기입한다.

(5) 긴급통보

1) 긴급통보 : 119(소방서), 112(경찰청)

2) 긴급통보 예 : 통보 예를 기재한다.

(6) 긴급연락

이상사고 발생시에 제일처음 할 곳을 회사, 부서명, 주소, 전화번호 등을 기재한다.

1) 연락처 : 적재물질의 성상, 사고시의 조치대응이 가능한 부서로 한다.

2) 특히, 휴일야간의 경우에는 확실하게 연락할 부서의 전화번호를 기재한다.

(7) 재해확대방지 조치

이상사고 등의 발생시에 필요한 조치 처리방법에 대해서 간단히 기재한다.

내용은 다음 항목으로 한다.

- 1) 누설·비산할 때
- 2) 주변 화재시
- 3) 인화, 발화했을 때
- 4) 응급조치

(8) 특기사항

이상사고 등의 발생조치에 있어서 인체에 중대한 영향을 미치는 그러한 사항, 예를 들면 「발생가스를 흡입하면 사망」, 「누수에 따른 발화」 등을 기재한다.

(9) 보호구

응급조치 및 재해확대방지 조치를 행함에 있어 필요한 휴대하는 것으로 한다. 보호구는 고체 및 액체 비산, 누설, 기화되어 화재 등을 고려하고 적절한 보호구를 설정하는 것이다. 보호구라는 것은 보호안경, 보호의, 고무제장화, 방진마스크(고체의 경우), 발생하는 가스의 종류에 적합한 방독마스크 또는 공기호흡기로 한다. 또한 독물 및 극물 관련법규 및 고압가스 관계법규에서 정하여진 것에 대하여는 보호구를 휴대하는 것으로 한다.

(10) 작성을 위한 참고자료

「제품안전 데이터시트의 작성지침」 한국산업안전공단

<표 1> 명칭 등을 표시한여야 할 유해물질(시행령 제31조관련)

1. 노말핵산
2. 니트로글리콜
3. NN-디메틸아닐린
4. NN-디메틸포름아미드
5. 1,4-디옥산
6. 디클로로메탄(이염화메틸렌)
7. <삭제>
8. 3,3-디클로로-4,4-디아미노디페닐메탄
9. 1,2-디클로로에탄(이염화에틸렌)
10. 1,2-디클로로에틸렌(이염화아세틸렌)
11. 마젠타
12. 망간과 그 화합물
13. 메틸부틸케톤
14. 메틸시클로헥사논
15. 메틸시클로헥사놀
16. 메틸에틸케톤
17. 메틸이소부틸케톤
18. 바륨염(바륨셀페이트를 제외한다)
19. 베타-프로피오락톤
20. 벤젠
21. 1-부타놀
22. 2-부타놀
23. 불화수소
24. 브롬화메틸
25. 사염화탄소
26. 수은 및 그 무기화합물(황화수은을 제외한다)
27. 시안화나트륨
28. 시안화수소
29. 시안화칼륨
30. 시클로헥사논

31. 시클로헥사놀
32. 스티렌
33. 삼산화비소
34. 아세톤
35. 아크릴아미드
36. 아클릴로니트릴
37. 1-알릴옥시-2,3-에폭시프로판(알릴글리시딜에테르)
38. 알킬수은화합물(알킬기가 메틸기 또는 에틸기인 것에 한한다.)
39. 에틸렌글리콜모노메틸에테르(메틸셀로솔브)
40. 에틸렌글리콜모노에틸에테르(셀로솔브)
41. 에틸렌글리콜모노에틸에테르 아세텟(셀로솔브아세텟)
42. 에틸렌글리콜모노부틸에테르(부틸셀로솔브)
43. 에틸에테르
44. 에틸렌이민
45. 2,3-에폭시-1-프로판올(글릿6 1들)
46. 연 및 그 화합물
47. 오라민
48. 오산하바나덤
49. 오르토-디클로로벤젠
50. 오르토-프탈로디니트릴
51. 요오드화메틸
52. 염소
53. 이소부틸알콜
54. 이소펜틸알콜(이소아밀알콜)
55. 이소프로필알콜
56. 이황화탄소
57. 질산나트륨
58. 질산칼륨
59. 중크롬산과 그 염 및 크롬산과 그 염
60. 초산메틸
61. 초산부틸

62. 초산에틸
63. 초산이소부틸
64. 초산이소펜틸(초산이소아밀)
65. 초산이소프로필
66. 초산펜틸
67. 카드뮴 및 그 혼합물
68. 카로보닐니켈
69. 콜타르
70. 클로로메틸메틸에테르
71. 클로로메틸에틸에테르
72. 클로로포름
73. 클로로벤젠
74. 크레졸
75. 크실렌
76. 테트라클로로에틸렌(파-클로에틸렌)
77. 톨루엔
78. 톨루엔-2,4-다이소시아네이트
79. <삭제>
80. 트리클로로에틸렌
81. 1,1,1-트리클로로에탄
82. 파라-디메틸아미노아조벤젠
83. 파라-니트로클로로벤젠
84. 페놀
85. 펜타클로로페놀(PCP) 및 그 나트륨염
86. 포름알데히드
87. 황화나트륨
88. 황화수소
89. 황화수소나트륨
90. 황산디메틸
91. 1,1,2,2-테트라클로로에탄(사염화아세틸렌)
92. 제29조 각호 및 제30조 각호에 규정된 물질
93. 기타 노동부장관이 정하는 화학물질

<표 2> 독물 및 극물(관계법규 시행령 제40조의 5별표 제2의 23물질)

1. 황린
2. 사알킬납을 함유하는 제제
3. 무기 시안화합물 같은 독물 및 이것을 함유하는 제제로 애겟상의 것
4. 불화수소 및 이것을 함유하는 제제
5. 아크릴 니트릴
6. 아크로레인
7. 암모니아 및 이것을 함유하는 제제(암모니아 10%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
8. 염화수소 및 이것을 함유하는 제제(염화수소 10%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
9. 염산
10. 과산화수소 및 이것을 함유하는 제제(과산화수소 6%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
11. 클로르 술폰산
12. 클로르 크린
13. 클로르 메틸
14. 규불화수소산
15. 디메틸 유산
16. 취소
17. 초산 및 이것을 함유하는 제제(초산 10%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
18. 수산화칼륨 및 이것을 함유하는 제제(수산화칼륨 5%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
19. 수산화나트륨 및 이것을 함유하는 제제(수산화나트륨 5%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
20. 니트로벤젠
21. 발연유산
22. 포름알데히드 및 이것을 함유하는 제제(포름알데히드 1%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.
23. 유산 및 이것을 함유하는 제제(유산 10%이하를 함유하는 것을 제외한다.)로 액체상의 것.

<표 3> 유해·위험물질 규정수량(제33조의 5관련)

번 호	유해·위험물질명	규정수량(kg)
1	가연성가스	취급:5,000, 저장:200,000
2	인화성가스	취급:5,000, 저장:200,000
3	메틸이소시아네이트	150
4	포스젠	750
5	아크릴로니트릴	20,000
6	암모니아	200,000
7	염 소	20,000
8	이산화황	250,000
9	삼산화황	75,000
10	이황화탄소	5,000
11	시아나화수소	1,000
12	불화수소	1,000
13	염화수소	20,000
14	황화수소	1,000
15	질산암모늄	500,000
16	니트로글리세린	10,000
17	트리니트로톨루엔	50,000
18	수 소	50,0000
19	산화에틸렌	10,000
20	포스핀	50
21	실란(Silane)	50

[비 고]

1. 가연성가스라 함은 폭발한계농도의 하한이 10%이하 또는 상하한의 차가 20%이상인 것으로서 1기압 35℃에서 가스상태인 물질을 말한다.
2. 인화성물질이라 함은 대기압(1기압)하에서 인화점이 65℃이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성물질을 말한다.
3. 인화점의 수치는 타구밀폐식, 펜스키말테식 또는 크리브랜드 개방식 등의 인화점측정기에 의해 1기압에서 측정한 수치중 적은 수치임.

<표 4> 산업보건기준에 관한 규칙

특정화학물질등의 종류(제148조관련)	1. 제1류 물질 가. 디클로로벤지딘과 그 염 나. 알파-나프틸아민과 그 염 다. 염소화비페닐(P.C.B) 라. 오르토-톨리딘과 그 염 마. 디아니시딘과 그 염 바. 베릴륨 사. 벤지딘염산염 아. 벤조트리클로리드 자. 석면 차. 가목 내지 사목의 규정에 의한 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 1%이하인 것을 제외한다.) 카. 자목의 규정에 의한 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 0.5%이하인 것을 제외한다.) 2. 제2류 물질 가. 벤젠 나. 황화수소 다. 브롬화메틸 라. 3,3'-디클로로-4,4'-디아미노디페닐메탄 마. 베타프로피오락톤 바. 시안화수소 사. 아크릴로니트릴 아. 아크릴아미드 자. 에틸렌이민 차. 염소 카. 염화비닐 타. 카르보닐나켈 파. 클로로메틸케틸에테르 하. <삭제> 거. 파라디메틸아미노아조벤젠 너. 파라니트로클로로벤젠
---------------------------------	---

특정화학물질 등의 종류(제148조관련)	더. 황산디메틸 러. 요드화메틸 머. 불화수소 버. 시안화나트륨 서. 시안화칼륨 어. 콜타르 저. 니트로클리콜 처. 마젠타 커. 오라민 터. 망간과 그 화합물(염기성 산화망간을 제외한다.) 퍼. 삼산화비소 허. 수은 및 그 무기화합물(황화수은을 제외한다.) 고. 알킬수은화합물(알킬기가 메틸기 또는 에틸기인 것에 한한다) 노. 오르토프탈로디니트릴 도. 오산화바나듐 로. 중크롬산과 그 화합물 모. 카드뮴과 그 화합물 보. 크롬산과 그 염 소. 펜타클로로페놀과 그 나트륨염 오. <삭제> 조. 톨루엔 2,4-다이소시아네이트 초. 가목 내지 러목의 규정에 의한 물질 및 처목 내지 조목의 규정에 의한 물질을 함유한 제제(함유된 중량비율이 1%미 만인 것을 제외한다.) 코. 머목 내지 저목의 규정에 의한 물질을 함유한 제제(함유 된 중량비율이 5%미만인 것을 제외한다.) 3. 제3류 물질 가. 암모니아 나. 염화수소 다. 이산화황 라. 일산화탄소
----------------------------------	---

특정화학물질 등의 종류(제148조 관련)	마. 질산 바. 포름알데히드 사. 포스겐 아. 황산 자. 페놀 차. 가목 내지 아목의 규정에 의한 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 1%미만인 것을 제외한다.) 카. 가목의 규정에 의한 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 5%미만인 것을 제외한다.)
유기용제의 종류 (제117조 관련)	1. 제1종 유기용제 가. 1,2-디클로로에탄(이염화에틸렌) 나. 1,2-디클로에틸렌(이염화아세틸렌) 다. 사염화탄소 라. 이황화탄소 마. 1,1,2,2-테트라클로로에탄(사염화아세틸렌) 바. 클로로포름 사. 트리클로로에틸렌 2. 제2종 유기용제 가. 노말헥산 나. 1,4-디옥산 다. 디클로로메탄(이염화메틸렌) 라. 메타놀 마. 메틸시클로헥사논 바. 메틸시클로헥사놀 사. 메틸부틸케톤 차. 1-부타놀 카. 2-부타놀 타. 시클로헥사논 파. 시클로헥사놀 하. 스티렌 거. 아세톤 너. 에틸렌글리콜모노메틸에테르(메틸셀로솔브)

특정화학물질 등의 종류(제148조관련)	더. 에틸렌글리콜모노에틸에테르(셀로솔브) 러. 에틸렌글리콜모노에틸에테르 아세텟(셀로솔브아세텟) 머. 에틸렌글리콜모노부틸에테르(부틸셀로솔브) 버. 에틸에테르 서. NN-디메틸포름아미드 어. 오르토-디클로로벤젠 저. 이소부틸알콜 처. 이소펜틸알콜(이소아밀알콜) 커. 이소프로필알콜 터. 초산메틸 퍼. 초산부틸 허. 초산에틸 고. 초산이소부틸 노. 초산이소펜틸(초산이소아밀) 도. 초산이소프로필 로. 초산펜텔(초산아밀) 모. 초산프로필 보. 크레졸 소. 클로로벤젠 오. 크실렌 조. 테트라클로로에틸렌(파-클로로에틸렌) 초. 테트라하이드로푸란 코. 톨루엔 토. 1,1.-트리클로로에탄 3. 제3종 유기용제 가. 가솔린 나. 미네랄스피릿(미네랄신나, 페트롤리움스피릿, 화이트스피릿 및 미네랄타아펜을 포함한다.) 다. 석유납사 라. 석유벤진 마. 석유에테르 바. 코올타르납사(솔벤트납사를 포함한다.) 사. 테레핀유
----------------------------------	---

[illegible]

<표 6>

품명	
재해확대방지조치	
누설 · 비산하였을 때 ① ② ③ ④	
주변 화재 때 ① ② ③	
인화 · 발화하였을 때 ① ② ③	
구급처치 ① ② ③ ④	
특기 사항	

제 4 장 화학물질 종합환경안전 자율관리계획 실시 기준(Responsible Care 기준)

1. 목 적

이 기준은 환경안전에 관한 KISCO 기본방침(안)에 기반으로 화학물질을 제조하고 취급하는 사업장(이하, 사업자라 한다.)의 화학물질 종합환경안전 자율관리(이하, RESPONSIBLE CARE라 한다.)를 실시할 때, 기본사항을 정하여 화학물질의 종합안전관리를 촉진하는 것에 의해 근로자의 안전 및 건강에 병행하여 환경보호가 보다 확보되는 사회의 실현구축이 그 목적이다.

2. 적 용

이 기준 및 기준에 기초로 정한 개별사항의 실시에 관한 지침은 Responsible Care를 실시할 사업장에게 적용한다.

3. 정 의

이 기준에 있어,

- (1) 환경안전이란 환경보호, 보안방재, 산업안전보건, 화학품안전 전반을 포함한다.
- (2) 종합환경안전관리란 화학물질의 개발로부터 제조, 유통, 사용, 최종소비를

경유하여 폐기에 이르기까지 모든 Life Cycle에 있어 환경안전을 확보하기 위하여 적절하게 관리하는 것을 말한다.

(3) 화학제품이란 화학물질로 특히 사업활동의 목적으로 생산·판매하는 것을 말한다.

(4) HAZARD는 개개 화학물질이 있는 환경안전의 확보에 영향을 주는 고유의 성질을 말한다. HAZARD ASSESSMENT는 안전성시험등을 실시하는 것에 따라서 과학적인 위험의 정도를 해석·평가하는 것을 말한다.

(5) 리스크란 위험평가의 결과에 가해지는 당해 화학물질의 제조·취급조건, 사람의 폭로, 환경에의 배출 및 환경중에서 거동등의 목표조건 용도등의 사용조건을 고려한 경우에 현실에서 생겨 얻은 위해를 말한다. 리스크 아세스먼트란 위기의 정도를 해석·평가한 것을 말한다.

4. 종합안전관리

가. 경영방침 및 목표의 설정

사업자는 레스폰시블 케어를 실시하기 위한 사업활동 전반을 평가하고 경영방침을 밝히도록 하는 것으로 화학물질의 종합안전관리에 관한 경영상의 목표 및 시책을 명시하고 전체 근로자에게 그 중요성을 확인시킨다.

나. 체제 정비

(1) 실시체제

사업자는 레스폰시블 케어의 실시담당 임원을 임명하고 사내 횡단적인 추진본부

위원회 또는 담당부문을 설치하여 혹은 담당책임자를 임명하는 등 실시체제 정비를 행한다.

(2) 감사체제

사업자는 레스폰시블케아의 실시상황을 감사하기 위하여 사내체제를 정비하고 년 1회이상 내부감사를 실시한다.

(3) 교육체제

사업자는 전 근로자에 대한 교육체제를 정비하고 실시계획의 주지 및 화학물질의 종합안전관리 향상을 도모하기 위한 필요한 지식, 실무등에 관하여 업무내용에 따라 적절한 교육을 행한다.

다. 실시계획 및 실시보고서

(1) 실시계획의 책정

(가) 사업자는 경영방침에 따라 설정한 목표와 시책을 실시하기 위하여 장기계획과 이것에 따른 구체적으로 실행하기 위한 년도계획을 책정한다.

(나) 사업자는 실시계획의 책정시 다음사항을 존중하여 실현에 노력한다.

- 1) 국내·외 동향에도 배려하고 과학적인 사실 및 과학적 방법론을 기초로 하여서 활동한다.
- 2) 환경안전에 관한 국제적 수준을 확보한다.
- 3) 화학물질의 종합안전관리가 과거보다 현재, 현재보다 장래에 조금이라도 향상하도록 하는 계획적, 계속적으로 실시한다.

(2) 실시보고서의 작성

사업주는 년도계획의 실시상황을 파악하고 실시결과를 해석·평가하여 실시보고서를 작성한다. 또 실시보고서는 감사대상으로 한다.

5. 사업활동의 환경안전 확보

가. 공통사항

이 공통사항은 6 및 7에서도 적용한다.

(1) 안전성 정보의 정비 및 제공

사업자는 사업활동에 관한 화학물질의 위험평가 및 위기평가를 실시하기 위한 정보의 수집, 충실을 도모토록 하고 화학제품에 대한 위험평가의 결과에 기반한 MSDS를 작성하고 당해 화학제품의 취급사업자에게 교부한다. 또 안전성 정보의 충실을 도모하기 위해서 시험의 실시에 노력한다.

위험평가 실시할 때 적용법령에 따라 국제적인 규칙등의 적합성도 충분히 고려한다.

(2) 화학물질의 적정관리

사업자는 사업활동에 관한 화학물질 위험성평가 결과를 활용하고 당해 화학물질의 제조,취급에 관한 위기평가를 실시하여 그 결과에 따라서 위기가 허용되는 수준을 초과치 않도록 적절히 관리한다.

또, 수준을 초과하는 경우에는 적극적으로 유효실행성 있는 위기 저감대책을 실시한다. 수준을 초과하는 것이 없는 경우는 가능한 위기저감에 노력한다.

(3) 안전성정보 관리

사업주는 사업활동에 관한 화학물질의 위험평가에 관한 데이터, 사람에 폭로에

관한 데이터 및 환경에 배출, 기타 테스폰시블케아 실시상황을 파악하기 위하여 정보를 정리하고 항상 최신정보가 활용가능토록 적절하게 관리한다.

나. 개별사항

(1) 제조취급에 있어서 환경안전의 확보

(가) 제조취급

사업자는 종업원과 시민안전 및 건강환경을 보호하기 위하여 설비의 관리, 운전 기술의 향상 및 사고대책의 정비등에 노력하고 제조취급시의 환경안전을 확보한다.

(나) 품질보증

사업주는 화학제품의 환경안전을 고려하여 제품을 설계,제조하고 그 품질을 유지하고 보증한다. 또 환경안전의 확보를 위한 필요한 경우에는 제조 또는 사용·정지·제품회수·기타 필요한 자주적 시정조치등을 강구한다.

(2) 물류에 있어서 환경안전 확보

(가) 수송 및 저장

사업주는 종업원과 시민의 안전 및 건강환경을 보호하기 위하여 화학제품의 물류에 관한 차륜 및 저장설비관리, 수송 및 저장기술을 향상과 병행해서 사고대책의 정비에 노력하고 물류시 환경안전을 확보한다.

(나) 용기 및 표시

사업주는 화학제품의 수송,저장에 사용되는 용기 및 포장에 관한 보다 안전한 것을 사용하도록 노력하고 적절한 표시를 행한다.

(3) 사용에 있어 환경안전 확보

사업주는 공급선의 사업주에 있어 화학약품의 사용상황등 정보파악에 노력한다. 위기평가결과를 활용해서 필요에 따라 자주적인 리스크 저감대책을 실시하도록 하고, 각 관계자의 사용상황에 있어 생긴 문제해결을 도모하기 위한 관계자를 지원한다.

(4) 폐기에 있어 환경안전의 확보

사업자는 사업활동에 따라 산업폐기물의 감량화, 재자원화, 적정처치를 실시하도록 하고 일반폐기물에 대해서도 고려하여 환경안전의 확보에 노력한다.

6. 연구개발 및 신규사업에 있어서 환경안전의 확보

가. 연구개발에 있어 환경안전의 확보

사업자는 화학물질의 연구개발단계로 부터 전 라이프사이클에 환경안전 확보를 고려하고 보다 종합안전관리에 적합한 화학물질을 개발한다.

환경에 배출, 사람에 폭로를 최소한으로 하고 생산기술개발등의 환경안전대책 기술개발에 노력한다.

나. 신규사업에 있어 환경안전 확보

사업자는 신규사업을 계획할 때는 환경안전확보에 관한 사항을 우선적으로 고려한다.

7. 국제사업에 있어 환경안전 확보

가. 해외사업에 있어 환경안전 확보

사업주는 해외에 있어 사업을 행할때 현지상황등을 미리 충분히 조사하여 그 기준에 기반한 사업환경안전 확보에 적극적으로 대응한다.

나. 기술이전에 있어 환경안전 확보

사업주는 해외에 기술이전을 할때 당해 기술에 따른 사업활동이 상대국에 있어 환경안전확보에 투자를 고려하고 상대국 환경안전확보에 맞는 기술이전에 적극적으로 노력한다.

다. 화학제품의 국제거래에 있어 환경안전 확보

사업주는 화학제품의 국제거래시 당해제품에 관한 국제적인 규칙, 수속등을 준수하도록 하고 당해 제품에 관한 안전성 정보제공을 포함한 상대국의 환경안전확보를 지원한다.

8. 사회로 부터 신뢰향상

사업주는 레스폰시블케아 실시에 대해서 적극적인 사회와 대화하는데 따라 사업활동에 관한 환경안전확보에 대해서 이해와 신뢰를 보다 한층 향상시키는데 노력해야 한다.

제 5 장 생산경영(PRODUCT STEWARDSHIP)의 관리실무코드

1. 목적과 적용범위

생산경영의 관리실무 코드는 건강, 안전, 환경보호를 위해 제품의 디자인, 제조, 판매, 유통, 사용, 리사클링 및 폐기처리등과 같이 필요부분의 것들로 구성되어 있다.

본 코드는 생산경영의 실무에 있어서 지속적인 개선을 위한 평가방법만이 아닌 지침서의 역할도 할 수 있다. 본 코드의 적용범위는 제품수명의 전 단계에 걸쳐서 평가된다. 본 코드의 실제적용은 각 담당자에 분담되어 행하여지는데, 제품에 관계되는 모든 사람은 생산하는 제품이 환경안전에 기여하고 있는가 하는 사회적 관심이 집중되어 있다는 것에 주의할 필요가 있다. 모든 고용자에게는 안전한 직장을 제공할 책임이 있으며, 제품을 사용하거나 취급하는 모든 사람은 안전 및 환경보호를 위한 실무를 준수해야만 한다. 본 코드는 각 회사가 제품, 고객 및 업무에 본 코드를 효과적으로 적용하기 위하여 자주적인 판단과 분별을 행하여야만 한다.

2. 레스폰시블 케아(Responsible Care) 및 지도원칙과의 관계

본 코드의 실시는 레스폰시블 케아(Responsible Care)로 다음에 열거하는 몇가지의 지도원칙을 달성하는데 도움이 된다.

- (1) 기존 및 신규의 모든 제품과 프로세스에 대해서 기획을 할때 건강, 안전

및 환경의 검토를 우선할 것.

(2) 안전하게 제조, 수송, 사용을 하고 폐기할 수 있는 제품을 개발하고 생산할 것.

(3) 제품, 프로세스 및 폐기물이 건강, 안전 및 환경에 미치는 영향에 관한 조사를 행하고 또는 지원함으로써 지식을 확대할 것.

(4) 화학제품의 안전한 사용, 수송, 및 폐기에 대해서 고객에게 조언할 것.

(5) 당국, 근로자, 고객 및 일반인에게 화학물질에 관계하는 건강 또는 환경상의 위험성에 관한 정보를 신속하게 통지하고 보호대책을 권고할 것

(6) 화학물질을 제조, 취급, 사용, 수송 또는 폐기하는 자와 경험을 공유하고 원조를 구하는데 따라 레스폰시블 케어(Responsible Care)의 원칙 및 실시를 보급할 것.

3. 미국 화학품제조자협회(CMA) 및 유럽화학공업연맹(CEFIC)의 생산경영지침

생산경영이라는 것은 『사용자에게 있어서 사용·관리상황을 파악하고, 환경·안전확보에 배려를 기한다.』라고 하는 관리수법이다. 구체적으로는 화학제품의 제조, 사용, 취급 등에 있어서 환경·안전을 확보하기 위해 관계사업자에게 필요한 데이터/정보를 제공하고, 관리능력에 따라 협력, 지원한다. 여기서는 참고자료로서 CMA 및 CEFIC의 지침을 첨부한다. 또한, 이들 단체의 기준·지침류는 다음과 같다.

가. CMA

CMA는 1988년에 레스폰시블 케아의 자주관리활동을 개시하였다. CMA의 기준·지침류의 구성은 KISCO의 것과 기본적으로 달라, 다음 6가지의 관리실무코드와 이에 수반하는 참고자료로 구성되어 있다.

- ① COMMUNITY AWARENESS AND EMERGENCY RESPONSE CODE
- ② POLLUTION PREVENTION CODE
- ③ DISTRIBUTION CODE
- ④ PROCESS SAFETY CODE
- ⑤ WASTE AND RELEASE REDUCTION CODE
- ⑥ PRODUCT STEWARDSHIP CODE

나. CEFIC

CEFIC는 유럽연맹(EU) 가맹 각 국에 소재하는 화학공업협회를 회원으로 하는 협의체이며, CEFIC자신은 레스폰시블 케아의 관리코드를 갖고 있지 않다. 그 역할의 하나는 유럽 각국에 공통하는 테마에 관한 가이드라인 류를 책정하여 각국 협회에 제공하는 것이다.

다음의 가이드라인은 지금까지 책정된 예이다.

- ① THE PROTECTION OF THE ENVIRONMENT
- ② WASTE MINIMIZATION
- ③ OCCUPATIONAL HEALTH MANAGEMENT

④ TRANSFER OF TECHNOLOGY(SAFETY HEALTH ENVIRONMENT ASPECTS)

⑤ ENVIRONMENTAL REPORTING FOR THE EUROPEAN CHEMICAL INDUSTRY

⑥ PRODUCT STEWARDSHIP

4. 관리실무

각 회사는 다음의 생산경영(Product Stewardship)의 순서 및 지속적으로 이를 추진한다.

가. 관리자의 리더쉽과 공약

(1) 리더쉽

방침문서, 적극적 참가, 및 의사소통으로 부터 상급관리자의 리더쉽을 의식적으로 나타낸다.

(2) 설명책임과 실적의 측정

조직전체에서 생산경영(Product Stewardship)의 실행목표와 책임을 확립한다. 그리고 이 목표에 대한 실적을 측정한다.

(3) 자원

생산경영(Product Stewardship)의 실무를 실행하고 유지하기 위해 필요한 자원 배분을 약속한다.

나. 정보와 특성화

(1) 건강, 안전 및 환경의 정보

건강, 안전 및 환경에 대한 위험과 신규 및 기존의 제품에 대해서 무리없이 예견할 수 있는 폭로에 관한 정보를 정비하고 유지한다.

(2) 제품 리스크의 특성화

신규 및 기존의 제품에 대해서 건강, 안전 및 환경에 대한 위험 및 무리없이 예견할 수 있는 폭로에 관한 정보를 이용하여 그 리스크를 특성화한다. 또한 재평가를 개시할 순서를 확립한다.

다. 리스크 관리

(1) 리스크의 관리시스템

제품 리스크에 적합한 건강, 안전 및 환경에 대한 리스크의 관리행동을 정하고, 문서화하여 실행할 시스템을 확립한다.

(2) 제품과 프로세스의 설계 및 개선

제품 및 프로세스를 설계, 개발, 개선할 때에 에너지와 자원의 이용을 포함하여 건강, 안전 및 환경에의 영향의 검토를 중점적으로 행하게 하는 시스템을 확립하고 유지한다.

(3) 근로자교육과 제품사용의 피드백

제품의 적절한 취급, 리사이클링, 사용 및 폐기등에 제품의 종래 용도에 관하여, 업무역할에 기초해서 근로자를 교육하고 훈련한다.

(4) 하청 제조업자

계약에 기초한 운영에 관하여 건강, 안전 및 환경보호를 위하여 적절한 실무를 채용하는 하청 제조업자를 택하던가 또는 이러한 실무를 실행하는 것을 지원하기 위해 하청 제조업자에게 협력한다. 하청 제조업자의 실적을 정기적으로 검토한다.

(5) 공급업자

공급업자에 대해 그들 제품에 관한 적절한 건강, 안전 및 환경의 정보와 지침서를 제공하도록 요구한다. 레스폰시블 케어(Responsible Care)에 포함되어 있는 건강, 안전 및 환경의 원칙에 대한 충실도를 조달의 결정에 있어 조건으로 한다.

(6) 유통업자

건강, 안전 및 환경의 정보를 유통업자에게 제공한다. 적절한 사용, 취급, 리사이클링, 폐기 및 하청업자에의 적절한 정보전달을 촉진하기 위해 제품리스크에 따라 물류업자를 선택해 협력하고, 정기적으로 검토한다.

(7) 고객 및 기타 직접적인 제품수령자

직접적인 제품수령자에게 건강, 안전 및 환경의 정보를 제공한다. 적절한 사용, 취급, 리사이클링, 폐기 및 하청업자에의 적절한 정보전달을 촉진하기 위해 제품리스크에 따라 협력한다. 회사가 제품에 관련하는 부적당한 실무를 인정할 때에는 이러한 실무를 개선하기 위해 직접적인 제품수령자에게 협력한다. 그리고 회사의 독자판단으로 개선이 불분명할 때에, 회사는 제품판매의 정지까지를 포함하여 대책을 강구하여야 한다.

라. 기타 관리실무 코드와의 관계

본 코드는 현행 및 장래의 관리실무 코드를 보완하고 이것과 함께 실행되어야만 한다.

【생산경영 관리실무코드】

(1) 관리실무 1

리이더쉽 : 방침문서, 적극적 참가 및 의사소통으로 부터 상급관리자의 리더쉽을 의식적으로 나타낸다.

이 관리실무의 목적은 생산경영 코드(Product Stewardship Code)에 대해 추진력을 부여하는 일이다. 이를 위해 상급관리자는 최초에 생산경영에 관한 회사의 견해를 반영한 방침을 채용해야만 한다. 이 방침에서는 생산경영이 사내에서 어떻게 실행되고 있는가에 대해서 상급관리자가 기대하는 점을 명확히 나타내어야 한다.

효과적이기 위해서는 생산경영이 품질 및 안전과 같이 회사방침에 포함되어야만 한다는 것을 강조해야만 한다. 공약은 진행중인 장기적 회사의 운영, 업무의 일부라는 것을 명확히 할 필요가 있다. 만일 새로운 방침이 업무수행의 변경을 요구하는 경우는 행동의 변경이 기대된다는 것을 명확히 한다. 어느 회사에서는 개별적인 생산경영의 방침문서가 유효할지도 모른다. 또 다른 회사에서는 생산경영을 채용한 넓은 범위의 건강, 안전, 환경(H,S & E)의 방침이 보다 적절할지도 모른다. 그러나, 방침만으로는 충분하지가 않다. 방침의 내용은 상급관리자가 정한 목표를 계속적으로 재확인하는 행동과 태도에 의해 보완되어야 한다. 상급관리자는 생산경영과의 지지를 조직을 통하여 다음 단계의 관리자에게 전달하고, 실천을 장려할 책임이 있다(관리실무 2 및 3은 눈에 보이는 신호, 예를 들면 목표,실적평가, 및 자원할당에 초점을 맞춘다.).

(2) 관리실무 2

설명책임과 실적의 측정 : 조직전체에서 생산경영(Product Stewardship)의 실

행목표와 책임을 확립한다. 그리고 이 목표에 대한 실적을 측정한다.

상급관리자가 생산경영의 중요성을 전달할 수 있는 주요방법은 업무의 입안과 개개의 실적입안 때에 이것을 우선적인 것으로 하도록 정하는 것이다. 그 목적은 명확하고 달성가능하며 또한 측정가능한 목표로부터 계속적인 개선을 요구하는 순서를 만드는 일이다. 이와 같이 개개의 책임은 일관성이 있어야만 한다.

(3) 관리실무 3

자원 : 생산경영(Product Stewardship)의 실무를 실행하고 유지하기 위해 필요한 자원배분을 약속한다.

인적 및 재정적인 자원의 약속은 관리자가 생산경영의 실무에 대한 공약을 분명히 할 수 있는 중요한 요소이며, 여러 실행조치에 있어 없어서는 안될 구성요소이다. 물론 자원은 회사마다 다르지만 자원의 약속은 생산경영의 실행계획과 일관성이 있어, 계속적인 개선을 유지하는데 충분하여야 한다.

(4) 관리실무 4

건강, 안전 및 환경의 정보 : 건강, 안전 및 환경에 대한 위험과 신규 및 기존의 제품에 대해서 무리없이 예견할 수 있는 폭로에 관한 정보를 정비하고 유지한다.

관리실무(1)이 생산경영 코드에 대한 추진력인 것과 같이 관리실무(4)는 그 기초이다. 관리실무(4)의 목적은 인간 및 환경에 대한 위험과 예측가능한 지식베이스를 정비, 유지하는 일이다. 회사는 관리실무(4)로 부터 제품의 리스크를 특성화할 시스템[관리실무(5)] 및 그 리스크를 관리하는 방법을 만들어내는 시스템[관리실무(6)]을 지지할 정보를 모은다.

어느 회사는 처음부터 정보를 만들어서 지식베이스를 확립하였을 것이고, 또 어느 회사는 입수할 수 있는 정보만을 모아 정리하였을 것이다. 그러나 모든 회사

는 관련제품정보를 수집하고, 기존정보가 정확하고 최신이며 완전한가를 결정하기 위해 평가를 기다리는 것이 중요하다.

정보원에는 건강, 안전 및 환경의 영향에 대한 공표, 미공표 및 사내에서 만들어진 과학적 정보가 포함되어 있을 것이다. 일반적으로 정보의 종류에는 동물 또는 사람에의 독성, 생태독성 및 폭로와 환경영향에 작용하는 화학적, 물리적 성질이 포함되어 있다. 대부분의 경우 폭로정보는 직접 입수할 수 없지만, 제품의 용도정보로부터 추정할 수 있다.

제품의 취급, 사용 및 연구, 개발, 제조, 수송, 저장, 포장과 폐기에 있어서 예상할 수 있는 정보는 여러가지 수단에 의해 얻을 수가 있다. 여기에는 고객 및 기타 제품수령자의 조사, 기술적인 리뷰 또는 고객의 방문 및 판매, 시장개발요원의 보고되는 관찰이 포함된다.

(5) 관리실무 5

제품 리스크의 특성화 : 신규 및 기존의 제품에 대해서 건강, 안전 및 환경에 대한 위험 및 무리없이 예견할 수 있는 폭로에 관한 정보를 이용하여 그 리스크를 특성화한다. 또한 재평가를 개시할 순서를 확립한다.

이 실무에는 두가지 목적이 있다. 첫째는, 관리실무(4)에서 수집된 정보를 이용하여 제품의 리스크를 완전히 이해하는 것이다. 이 특성화는 정량적 또는 정성적이다. 두 번째는 새로운 정보의 입수 또는 정기적, 계획적인 검토에 의해 재평가를 시스템을 확립하는 것이다. 제품의 리스크는 용도 및 폭로의 차이로 서로 각기 다를 수 있다.

재평가의 시간 프레임은 제품마다 다르며, 이와같은 재평가에는 새로운 위험성 또는 폭로데이터, 판명된 중요 신규용도, 잘못 사용된 정보, 시장을 나타내는 판매량의 증가등이 포함될 것이다.

(6) 관리실무 6

리스크의 관리시스템 : 제품 리스크에 적합한 건강, 안전 및 환경에 대한 리스크의 관리행동을 정하고, 문서화하여 실행할 시스템을 확립한다.

관리실무(6)의 목적은 리스크관리행동의 확정과 실행을 위한 시스템을 확립하는 것이다. 화학물질의 생산과 사용에 관련하는 리스크는 각 사가 제품의 리스크에 관한 기초정보를 갖고[관리실무(4)], 그것을 특성화하여[관리실무(5)], 일련의 리스크관리행동을 실행[관리실무(7)부터 (12)]하면 관리, 제어할 수 있다. 이와같은 리스크관리행동은 제품에 관한 기술적, 윤리적, 사회적 및 영업적 제 문제에 대하여 중점책의 결과이다. 결과로서 취하여진 행동은 MSDS제공, 재조합, 재포장, 시장으로부터의 제품의 수거까지의 범위에 포함된다.

다음의 관리실무(7) 부터 (12)의 관리실무는 충분히 토론할 필요가 있으며, 특별히 강조할 필요가 있는 사회운영의 영역이다.

(7) 관리실무 7

제품과 프로세스의 설계 및 개선 : 제품 및 프로세스를 설계, 개발, 개선할 때에 에너지와 자원의 이용을 포함하여 건강, 안전 및 환경에의 영향의 검토를 중점적으로 행하게 하는 시스템을 확립하고 유지한다.

제품의 라이프사이클을 통하여 건강, 안전 및 환경에 대한 영향을 확인하는 시스템에 의해 제품 및 프로세스를 설계하는 것(또는 기존의 제품 및 프로세스를 재설계하는 것)은 관리실무5에 정하여진 제품리스크를 관리하는 가장 유효한 방법중 하나이다. 이 실무의 목적은 환경에 영향을 주는 발생원의 제거, 재사용, 리사이클링, 폐기 등의 달성이다. 발생원의 제거에는 장치, 기술의 수정, 프로세스 및 순서의 변경, 제품의 재조합과 설계, 원료의 교체, 보수, 훈련, 재고관리의 개선등이 포함된다. 또한 이 실무는 적절한 에너지와 천연자원의 이용의 필요성에도 부합

되고 있다.

제품의 전 라이프사이클을 통하여 건강, 안전 및 환경상의 성질은 그 제품의 구상과 설계단계에서부터 주의가 요구된다. 재평가는 제품 및 프로세스의 변화가 예측될 때에는 언제라도 행하여야 한다. 건강, 안전 및 환경에 영향을 미칠 염려가 있는 전 기능분야의 근로자로부터의 관찰 및 공헌도도 검토에 포함되어야만 한다. 이러한 기능분야에는 연구, 개발, 제조, 유통, 판매, 시장조사 및 규제직원이 포함된다.

(8) 관리실무 8

근로자교육과 제품사용의 피드 백 : 제품의 적절한 취급, 리사이클링, 사용 및 폐기 등에 제품의 종래 용도에 관하여, 업무역할에 기초해서 근로자를 교육하고 훈련한다.

이 실무에는 두가지 부분이 있다. 첫째는, 제품에 관계하는 모든 근로자가 제품과 포장의 위험성, 적절한 사용, 취급, 재사용, 리사이클링 및 폐기방법을 이해하기 위하여 필요한 훈련과 교육을 받도록 보장하는 일이다. 두번째는 리스크관리방법을 변경시킬 염려가 있는 모든 신규정보를 리스크특성화의 프로세스에 포함하도록 보장하는 일이다[관리실무(5)].

근로자의 훈련과 교육은 각 업무의 특성에 따라 실시한다. 예를 들면, 시장개발과 판매담당의 근로자는, 고객이 제품을 어떻게 사용하는가를 알수 있는 위치이므로 제품의 위험성 등에 대하여 알고 있어야만 한다. 따라서, 이러한 근로자는 제품의 불량확인 및 건강, 안전, 환경에 미치는 영향에 대하여 확인할 필요가 있으며, 고객의 의견과 직감을 주의 깊게 다루어야만 한다.

안전, 건강 및 환경에 관한 정보는 리스크특성화의 프로세스에 시기가 좋게 피드백되는 것이 필요불가결하다[관리실무(4)와 (5)]. 이러한 피드백은 리스크관리행

동을 변경시킬 수도 있다.

(9) 관리실무 9

하청 제조업자 : 계약에 기초한 운영에 관하여 건강, 안전 및 환경보호를 위하여 적절한 실무를 채용하는 하청제조업자를 택하던가 또는 이러한 실무를 실행하는 것을 지원하기 위해 하청제조업자에게 협력한다. 하청제조업자의 실적을 정기적으로 검토한다.

이 관리실무의 목적은 계약하의 특정운영에 대한 건강, 안전 및 환경상의 실무를 갖는 하청제조업자의 이용을 장려하는 것이다. 회사에는 하청제조업자의 능력을 심사하고 적절한 취급, 사용, 폐기를 촉진할 충분한 지도로 종업원의 기능을 보완시킬 책임이 있다. 만일, 하청제조업자가 적절한 관리를 행하는 것을 거부하면 회사는 그들과의 거래를 중지하는 것도 검토해야 한다.

회사제품의 검토정도는 제품의 리스크정도에 따라 다르며, 협력에는 상세한 H, S & E제품 정보를 제공하는 것, 제품 취급방법, 폐기물의 최소화 및 관리에 관한 기술지원, 하청제조업자의 시설을 가능한 한 방문하는 것등이 포함된다. 이러한 행동은 각 하청제조업자 및 운영자에 따라 다르다. 하청제조업자에게는 회사의 감독정도가 크므로 유통업자 및 고객에 비하여 밀접한 관여가 적절할 것이다.

이 관리실무는 관리실무(10) 및 (11)과 함께 경영관리코드의 중요한 사의 동기를 제공한다. 실무실행의 장기적결과는 그밖의 사의 동기의 관리실무와 같이 보다 나은 건강, 안전 및 환경의 달성의 원칙에 이르러야만 한다.

(10) 관리실무 10

공급업자 : 공급업자에 대해 그들 제품에 관한 적절한 건강, 안전 및 환경의 정보와 지침서를 제공하도록 요구한다. 책임관리감독(Responsible Care)에 포함되어 있는 건강, 안전 및 환경의 원칙에 대한 충실도를 조달의 결정에 있어 조건으로

한다.

이 관리실무의 목적은 경영관리의 실무를 공급업자에게까지 넓히는 것이다. 적절한 건강, 안전 및 환경의 요소가 제품교환을 포함하여 조달 프로세스의 불가결한 부분이어야 한다. 이 관리실무는 어느 회사에 있어서는 구입, 제조, 건강 및 손실방지기능의 범위내에서 협력에 의해 공급업자가 보다 안전한 환경에 어느 정도 공헌할 수 있는가를 결정하는 것으로 이해될 수 있다. 그밖의 회사는 건강, 안전 및 환경에의 배려를 공급업자의 능력의 일부로 보던가, 계약결정의 요소로 볼 수도 있다. 공급업자는 건강, 안전 및 환경에 관한 계획과 목표를 상세하게 기술해야만 한다.

이 관리실무는 관리실무(9) 및 (11)과 함께 경영관리코드의 중요한 사의 동기를 제공한다. 실무실행의 장기적결과는 그밖의 사의 동기의 관리실무와 같이 보다 나은 건강, 안전 및 환경의 달성의 원칙에 이르러야만 한다.

(11) 관리실무 11

유통업자 : 건강, 안전 및 환경의 정보를 유통업자에게 제공한다. 적절한 사용, 취급, 리사이클링, 폐기 및 하청업자에의 적절한 정보전달을 촉진하기 위해 제품리스크에 따라 물류업자를 선택하여 협력하고, 정기적으로 검토한다.

이 관리실무의 목적은 유통업자에게 제품에 관련된 적절한 건강, 안전 및 환경의 실무를 확립하고 실행하는 것을 장려하는 것이다. 이것은 유통업자의 운영중 국내, 외국대상과 저장면에 관한 코드의 관리실무(4),(6)과 함께 실행되어야만 한다. 경영관리코드의 중점은 취급, 리사이클링, 폐기, 저장, 사용, 폐기물의 최소화 및 관리에 관한 적절한 수준을 유통업자가 달성하도록 돕는 것이다.

유통업자와의 검토정도는 제품의 리스크정도에 따라 다르며, 그 리스크는 물류 코드로 강제되는 정기적 실적검토의 빈도를 구하는 계기가 된다. 이들 검토를 전

강, 안전 및 환경의 실적을 향상시켜 축적된 지식을 발전시키는 방향으로 이용할 수 있다. 유통업자와는 본래의 제품을 재포장하는 것으로부터, 그것을 재조합하고 새로운 건강, 안전 및 환경상의 특성을 지닌 제품으로 하는 것까지 광범위한 기능을 수행하고 있다. 적절한 정보전달이라는 것은 H, S & E정보가 유통업자를 통하여 전달되기를 기대하지만, 유통업자에 의해 행하여진 제품의 변경은 제품과 함께 제공된 본래의 정보가 신속히 적응하지는 않는다는 것을 의미한다. 이러한 경우, 유통업자는 최신의 H, S & E정보를 반영하여 제공할 필요가 있다.

(12) 관리실무 12

고객 및 기타 직접적인 제품수령자 : 직접적인 제품수령자에게 건강, 안전 및 환경의 정보를 제공한다. 적절한 사용취급, 리사이클링, 폐기 및 하청업자에의 적절한 정보전달을 촉진하기 위해 제품리스크에 따라 협력한다. 회사가 제품에 관련하는 부적당한 실무를 인정할 때에는, 이러한 실무를 개선하기 위해 직접적인 제품수령자에게 협력한다. 그리고, 회사의 독자판단으로 개선이 불분명할 때에, 회사는 제품판매의 정지까지를 포함하여 대책을 강구하여야 한다.

이 관리실무의 목적은 제품에 관련된 적절한 건강, 안전 및 환경의 실무를 확립하는 것을 고객에게 장려하는 것이다. 그 중점은 고객에게 정보를 제공하는 것이지만, 제품의 리스크가 요구하는 경우에는 기타의 보조책이 적절할 것이다. 이 관리실무는 이러한 노력이 실패하면 회사는 적절한 행동을 취하도록 인정하고 있다. 가능한 행동에는 회사의 독자판단에 있어서 고객에게 문제의 제품을 판매하지 않는 것도 포함되어 있다.

제품의 리스크에 따라 대처정도는 다르며, 활동에는 이전에 제공한 건강, 안전 및 환경의 정보의 보강, 추가등이 있다. 최저라도 건강, 안전 및 환경의 보호를 강화하는 지식을 포함하여야 한다. 적절한 정보전달이라는 것은 H, S & E정보가

고객에게 전달되기를 기대하지만, 고객에 의해 행하여진 제품의 변경은 제품과 함께 제공된 본래의 정보가 신속히 적중하지는 않는다는 것을 의미한다. 이러한 경우 고객은 최신의 H, S & E정보를 반영하여 제공할 필요가 있다.

관리실무(9), (10) 및 (11)과 함께 그 관리실무는 경영관리코드의 중요한 사의 동기를 제공한다. 이 관리실무의 장기적결과는 그 밖의 사의 동기의 관리실무와 같이 보다 나은 건강, 안전 및 환경의 달성의 원칙에 이르러야만 한다.

5. 제품경영(Product Stewardship)의 질의응답 기록

다음 질의응답은 제품경영 관리실무코드의 간단한 설명하기 위해서 기획되었다.

(1) 제품경영(Product Stewardship)은 건강, 안전 및 환경의 전통적인 실무와 어떻게 다른가 ?

제품경영(Product Stewardship)의 현재의 개념은 미국 화학공업에서 개발된 여러가지 프로그램으로부터 자연적으로 파생된 것이다. 이들 실무와 프로그램은 제품의 안전, 제품의 건전성, 제품책임을 포함한 여러가지 다른 명칭으로 행하여지고 있다. 보다 전통적인 건강, 안전 및 환경(H, S & E) 프로그램 및 실무는 규제 준수문제에 초점을 맞추는 경향이 있다. 제품경영(Product Stewardship)은 제품의 적절한 사용, 취급, 리사이클링 및 폐기를 어떻게 발전시키는가에 대해서 고객과의 대화와 같은 개념을 포함하는 것에 초점을 맞추고 있다. 이것은 설계와 최초의 제조에서부터 유통, 판매 및 최종적인 폐기까지 회사운영의 각 국면에 대한 건강, 안전 및 환경상의 배려의 포괄적인 종합화이다. 이 코드는 회사운영의 거의 모든 분야에서 영향을 줄 것이다.

(2) 우리는 실행의 적절한 때를 어떻게 알 수 있는가 ? 바꾸어 말하면, 어

느 정도의 개선이 필요한가 ?

이 문제는 동일한 것으로 모두 실행 프로세스에 명확히 나타나 있다. 제품경영 코드는 책임관리감독(Responsible Care)의 코드와 함께 지속적인 프로세스에 기초하고 있다. 각 회사는 기준선을 정하고 나서 코드의 장소에 향하여 어떠한 스텝이 필요한가를 정할 필요가 있다. 일단 코드의 장소에 이르게 되면, 관리실무는 지속적인 개선에 기여할 수 있는 어떤 추가활동이 있는가를 결정하기 위한 매년 검토되어야만 한다. 제품경영(Product Stewardship)의 가이드에는 많은 활동예가 있다.

(3) 유통업자는 왜 물류코드와 제품경영코드로 판단하는가 ?

물류코드는 제품경영코드에 앞서 제정된 것으로, 제품이 제조업자로부터 최종 사용자에게까지 이동할 때의 수송, 저장, 취급에 초점을 맞추고 있다. 제품경영코드는 이러한 활동을 넘고 있다. 그것은 건강, 안전 및 환경(H, S & E)정보의 사용자에게의 전달, 리사이클링과 폐기 및 유통업자는 고객과 어떠한 관계에 있는가 하는 유통업자의 운영의 추가국면에 초점을 맞추고 있다.

(4) 제품경영코드는 국제적인 운영에 적용되는가 ? 이것은 다른 나라로부터 공급업자에게 어떻게 적용되는가 ?

CMA제품 경영코드는 회원회사의 운영과 미국 국내에만 공식적으로 적용된다. 이들 코드는 국내적으로 사용되므로 외국의 공급업자는 미국의 공급업자와 같이 취급되어야 한다. 그러나 여기서 주의할 것은 책임관리감독(Responsible Care)의 활동은 세계적으로 많이 이용되고 있고, 1992년 1월까지 많은 나라가 책임관리감독의 기초인 원칙을 채용하였던가, 채용을 검토하고 있다. 또한 많은 다국적기업이 세계적으로 책임관리감독 활동을 자주적으로 실행하고 있다.

**(5) 고객, 유통업자 및 그 밖의 제 삼자에게 어떤 종류의 정보를 제공해야
만 하는가 ? 이런 정보는 어떻게 제공할 수 있는가 ?**

건강, 안전 및 환경(H, S & E)을 보호하는 데에 도움이 되는 정보를 제공해야만 한다. 회사는 MSDS와 라벨의 정보와 함께 팜플렛트, 비디오, 지도연구회 또는 강습회, 훈련 프로그램 및 실시방문을 통하여 추가정보의 제공을 선택할 수 있다. 적절한 행동과 의지전달 매체는 각 사에 따라 또한 제품의 리스크에 따라 다르다.

(6) 제품경영코드는 다른 책임관리감독코드와 어떤 관계에 있는가 ?

제품경영코드는 모든 코드중 가장 포괄적이다. 제품경영코드는 물류코드와 같이 제3자를 대상으로 한다. 코드의 주요부분은 공급업자, 유통업자, 하청제조업자 및 고객과의 관계에 초점을 맞추고 있다. 또 하나의 부분은 건강, 안전 및 환경(H, S & E)의 정보수집과 특성화를 대상으로 하고 있다. 이들 실무는 근로자의 건강, 안전 및 물류코드와 일치하고 있다. 그리고, 하청제조업자의 실무는 오염방지코드와 겹쳐 있다.

(7) 고객의 사찰을 행하도록 요구되는가 ?

고객의 사찰은 요구되지 않는다. 사찰 또는 다른 적절한 리스크관리행동은 회사에 의해 결정된다.

(8) 용어의 “협력한다”는 무엇을 의미하는가 ?

적절한 제조, 취급, 사용, 리사이클링 및 폐기의 책임은 연쇄중의 당사자에 있지만, 제품경영의 개념에는 요구된 경우 또는 필요성이 분명한 경우에 지원하는 것이 포함되어 있다. “협력한다”는 것에는 건강, 안전 및 환경(H, S & E)의 상세한 제품정보의 제공, 제품취급에 관한 기술지원 또는 시설방문이 포함되어 있다. 제

품에 수반하는 리스크는 각각의 경우에 대한 적절한 대응을 결정하는 데에 도움이 된다. 그리고 대응은 관계하는 회사로부터 각 경우에 행하여지는 판단에 따른다.

(9) 평가의 적절한 측정단위는 무엇인가(즉 업무단위, 제품계열, 설비장소) ?

제품경영코드는 회사의 시설보다도 회사제품에 관련하는 활동에 초점이 모아지므로 난문을 초래한다. 다른 코드에 의해 사용되는 전통적인 측정단위는 적용할 수 없다. 또한 관리실무에 대하여 자기평가를 행할 때, 각 회사에 권장되는 일률적인 측정은 없다. 각 회사는 각각의 특유한 상황에 대하여 가장 유효한 것을 결정하게 된다. 어떤 회사는 다른 회사가 제품계열 또는 업무단위를 선택하여도 각 제품을 평가하는 것을 선택할지도 모른다.

가장 중요한 것은 각 사가 측정단위를 선택하여 매년 일관하여 측정해야만 한다. 자기평가 프로세스는 코드실무에 대한 회사의 년간의 진보를 측정하는 것을 목적으로 하고 또 결과는 절대적이 아니므로 평가는 측정단위에 관계없이 계속하여 수년간 측정된 회사의 진보에만 관계가 있다.

(10) 코드는 상거래의 어디에까지 적용되는가? 이것은 최초의 판매점부터인가, 그것을 넘은 시점부터인가 ?

제품경영코드는 제품수명의 모든 단계를 포함하고 있다. 이것은 오용, 취급의 잘못, 제품에 의해 인간 또는 환경에 유해할 염려가 있는 그 밖의 활동을 방지하는 데에 도움이 되므로, 필요로 되는 한의 많은 상거래 연쇄를 포함하도록 되어 있다. 제품경영은 성공하기 위하여 협력적인 노력이 있어야만 되므로 용어의 “지원한다”가 중요하다. 관리실무의 중점은 유통업자, 고객 및 그 밖의 직접 제품수령자 또는 밀접한 사업관계가 있는 자에 관한 사항이다. 책임은 연쇄의 다음 당사자가 제품경영을 실시하고, 그 하청업자에게도 같은 것을 하도록 권하는 것이다.

여 백

제 6 장 제품경영(Product Stewardship)

제품에 적용되는 레스폰시블케아 지도원칙

유럽화학공업협회(CEFIC)는 브뤼셀에 본부를 두고, 유럽 각국의 화학공업협회를 대표하는 조직이다. CEFIC는 200만 이상을 고용하고, 세계의 화학품생산액의 약 30%를 점하는 산업을 대표하고 있다.

“레스폰시블 케아”는 화학공업의 세계적인 자주적 행동이다.

“레스폰시블 케아”는 실적의 모든 국면에서 계속적인 개선을 증명하고, 모든 근로자를 참여시켜, 프로그램의 실행에 관계하는 구입업자, 공급업자, 지역사회 및 그 밖의 관련하는 단체와 협력하며, 회사에 의한 사회적 공약이다.

“레스폰시블 케아”는 오랜 세월에 걸쳐 화학공업협회 및 화학회사에서 기존의 실무, 관행 및 자료를 보완하고 있다.

“레스폰시블 케아”는 화학산업이 사회에 있어서 선망받는 것으로서 그 지위를 얻기 위하여 공약과 의사소통해야만 한다는 것에 대해 상당한 성과를 거두고 있다.

목차

머리말

제품경영과 레스폰시블 케아

정의

목적, 범위 및 운용

경영자의 리더쉽

리스크 관리

정보전달

협력

실행

생산 경영과 총체적 품질관리

1. 머리말

유럽의 화학산업은 보다 안전하고 환경영향이 적은 신규 제품에 대한 고객과 일반의 요구를 만족시키면서 그 제품이 미치는 건강, 안전 및 환경상의 위험요소를 감소시키려는 노력을 계속하고 있다. CEFIC는 생산경영의 이러한 목적달성을 향한 중요한 과정만이 아니고 지속적인 개발에 대한 실제적인 공헌을 하고 있다고 생각한다.

생산경영은 제품수명의 모든 단계를 거쳐서 건강, 안전 및 환경상의 위험에 직면하고 있고, 또한 공급의 연쇄에 있어서 화학제품을 디자인하여 개발, 제조, 취급 또는 사용하는 모든 당사자의 관심사이어야만 한다. 그것은 제품이 안전한 수송, 사용, 리사이클링 및 폐기에 대한 협력을 촉진하는 것과 함께 공급업자의 실적 및 고객과의 상호관계와 같은 중요한 상황을 연결시키는 유효한 수단이기도 하다.

어떤 회사의 제품경영 협력은 그 회사의 독창성이며 그 조직, 자원, 필요성 및 제품의 성질에 책임을 가질 필요가 있다. 이 중 마지막사항이 특히 중요하며 제품 리스크의 전체적인 평가는 합의된 목표와 목적에 일치시키는 데에 필요한 지원의 정보를 나타내고 있다. 이러한 유연성을 맞추기 위해서는 회사와 제품분야의 그룹은 그들 자신의 목적에 맞는 프로그램을 작성할 필요가 있을 것이다. 이상과 같이 열거한 모든 항목은 합의된 원칙에 기초하여야만 하며 특정한 요구를 만족시키도록 조정되어야 한다.

이상과 같은 관점으로부터 유효한 정보전달 프로세스를 동반하는 위험성평가 및 리스크 관리프로세스는 보다 조직적인 어프로치가 특히 강조될 필요가 있다. 더욱이 리스크 감소에 따른 이익과 그것을 달성하는데 필요한 비용의 균형을 맞추어야만 한다. 제품의 사용에 수반하는 리스크의 허용정도라는 개념은 화학제품의

건전하고도 비용 효과적인 관리상 불가결하다.

이 문서는 제품의 경영의 범위, 목적 및 중요한 원칙에 특정하고 있다. 또한 이와같은 원칙이 기존의 관리시스템에 어떻게 통합될 수 있는가에 대한 방법도 제시하고 있다. 각 국의 공업협회, 제품부문 및 회사는 실행에 관한 적절한 조언을 행할 때 이들 원칙을 고려해야만 할 것이다.

2. 생산경영과 레스폰시블 케아

생산경영은 레스폰시블 케아의 중요한 구성요소이다. 그것은 법규제의 요건, 사회의 기대 및 기존의 실무, 관행을 배려하면서 제품의 건전, 안전 및 환경관리의 모든 국면에 분명한 초점을 맞추는 것이다. 따라서 생산경영은 레스폰시블 케아 원칙중의 몇가지 실무의 개선을 촉진시킨다고 할 수 있다.

가. 정 의

생산경영은 다음과 같이 정의한다.

『제품의 라이프사이클을 통하여 그 건전, 안전 및 환경의 제 국면의 책임있는 윤리적 관리. 다시 말하면, 제품에 적용되는 레스폰시블 케아이다.』

나. 목적, 범위 및 적용

생산경영의 목적은 인간의 건강에 대한 상해와 환경에 대한 손해를 다음에 열거하는 계속적이며 비용효과적인 프로세스에 의해 방지할 수 있다.

- (1) 제품의 제조, 포장, 유통, 취급, 사용 및 폐기에 수반하는 실제적이고도 잠재적인 리스크의 감소.

(2) 제품디자인, 평가실무, 조언, 교육, 의지소통 및 구입업자 지원의 개선, 생산경영은 제품의 라이프사이클의 모든 단계를 포함한다. 여기에는 최초의 착상, 디자인, 연구와 개발, 제조, 저장, 유통, 사용, 리사이클 및 폐기가 포함된다. 이것은 안전하고, 환경적으로 건전한 실무를 행하기 위해 경영자, 근로자, 계약업자와 구입업자 및 원료의 공급등과 같은 사용단계를 거쳐 최종적인 운명까지의 공급연쇄에 관계되는 그 밖의 모든 당사자의 협력이 필요하다. 생산경영의 유효한 프로그램을 확립하는 4가지의 기본요소가 있다.

- 경영자의 리더쉽
- 리스크 관리
- 정보전달
- 협력

이러한 요구와 활동에 임할 때에 관계되는 원칙은 다음의 각 절에서 정의되어 설명되어진다. 각각의 제품 또는 제품그룹이 초래하는 리스크정도가 이들 원칙이 어느 정도 실제로 적용되는가를 나타낼 것이다.

1) 경영자의 리더쉽

생산경영의 개념은 완전히 회사이념에 일체화되어야만 한다. 따라서, 이 개념은 모든 운영요소라는 것을 명확히 하여야 한다. 이것은 레스폰시블 케어의 지도원칙에 불가결하게 포함되며, 지속적인 개선을 유지한다는 공약과 함께 건강, 안전 및 환경상의 문제를 회사의 최고 우선사항중에 포함시키도록 하는 내용이다.

상급관리자에 의한 유효공약이 없으면, 생산경영의 원칙에 어울리는 훌륭한 성공은 있을 수 없다. 더욱이 그 프로그램은 근로자, 구입업자 및 공약의 눈에도 신뢰성이 없을 것이다.

◆ 원칙

- ① 생산경영 정책을 확립하고, 의사소통을 기할 것.
- ② 생산경영의 유효한 실행을 위한 관리시스템을 만들 것.
- ③ 생산경영에 관계되는 실적의 지속적 개선을 위하여 현실적으로 도달 가능한 목표를 정하고, 이들 목표에 대한 실제의 실적을 측정할 것.
- ④ 생산경영에 원칙을 세계적으로 적용할 것.
- ⑤ 생산경영 시스템을 유지하고, 이들 원칙에 일치하도록 정기적으로 재평가를 확실히 실시할 것.

2) 리스크 관리

리스크 관리에는 제품의 건강, 안전 및 환경상의 위험성에 대한 폭넓은 이해를 필요로 하고, 그와 같은 리스크의 방지와 감소에 적절한 수단을 취하는 것이 포함된다. 관리시스템은 제품의 라이프사이클의 각 단계에서 주로 위험성의 확인과 폭로의 추정에 의해 실제의 리스크와 잠재리스크를 가능한 한 확인하고, 문서화하여 평가하는 것이 적절히 행하여져야 한다. 이와 같은 리스크의 강도와 그것이 초래하는 결과에 대한 지식의 판단을 행하는 데에 적절한 우선순위를 주는 것이 근로자, 계약업자, 사용자와 일반대중 및 환경을 보호하는 적절한 조치로서의 관리정책결정에 중요하다 하겠다.

◆ 원칙

- ① 건강, 안전 및 환경영향을 최소화 하도록 노력하면서, 구입업자의 요구를 ② 만족시키도록 제품을 디자인하고 개발, 수정하는 것.
- ③ 제품의 의도된 용도로부터 발생할 수 있는 리스크를 평가하고, 그 평가를 정기적으로 경신할 것.
- ④ 신규 및 기존의 제품으로부터의 건강, 안전 및 환경상의 위험성과 손

쉽게 예상되는 폭로에 관한 정보를 구축하고 유지할 것.

- ⑤ 기술적, 경제적으로 실행가능할 때는 폐기물의 최소화와 배출의 감소를 위해 그리고 제품의 재이용, 회수, 리사이클 및 폐기를 위한 공정을 개발하고, 지속적으로 개선할 것.
- ⑥ 제품의 리스크를 제어 또는 최소화할 수 있는 적절한 조치를 개발하고 실시할 것.

3) 정보전달

근로자, 구입업자 또는 계약업자가 제품으로부터 야기되는 리스크를 어느 정도 충분히 이해하였는가, 또한 권고하고 있는 경고내용과 안전한 취급을 위한 조언에 따르도록 얼마만큼 동기부여하고 있는가에 따라 생산경영 프로그램의 성공을 매우 잘 측정할 수 있으므로, 유효한 정보전달 프로세스는 모든 생산경영 프로그램에 있어서 중요 구성요소라고 할 수 있다. 이를 위해 제품의 라이프사이클, 즉 제조, 수송, 사용 또는 폐기의 특정단계에 있는 제품상황을 반영하는 것을 목적으로 하여 적절한 교육과 훈련계획에 의해 지지된 폭넓고 정확하며 간결한 건강, 안전 및 환경에 관한 제품정보의 준비가 필요하다.

근로자는 생산경영을 추진할 때에 중요한 역할을 한다. 따라서, 경영자에게는 프로그램의 모든 적절한 국면에서 근로자를 참가시켜, 근로자 자신들의 참가를 이 해시키고, 예상되는 이익을 인식하는 것을 가능하게 하는 중요한 역할이 있다.

◆ 원 칙

- ① 제품의 안전한 저장, 취급, 사용 및 폐기에 대하여 구입업자와 유통업자에게 정보를 제공할 것.
- ② 제품의 안전한 취급, 사용 및 폐기에 대하여 근로자를 일의 기능에 기초하여 교육하고 훈련할 것.

- ③ 원재료 및 공급원자로부터 얻어진 제품의 안전한 저장, 취급 및 폐기에 관한 정보를 요구하는 것. 가능하면, 사용 및 발생할 수 있는 오용에 관한 보고를 포함하여 회사의 안전, 건강 및 환경상의 기준에 공급업자가 맞추도록 돕기위한 정보를 교환할 것.
- ④ 제품의 예상되는 리스크 및 잠재적인 영향에 관한 공중 및 지역사회의 고민을 적극적으로 검토할 것.

4) 협력

화학제품의 공급업자와 그 구입업자, 운송업자, 유통업자, 대리점 및 기타 공급연쇄에 관계하는 자 사이의 유효한 협력구축은 생산경영의 중요한 측면이다. 그것은 모든 당사자에게 그들 활동에 적절한 리스크 관리의 절차를 실시하는 것으로 스스로의 책임을 지게하여 적절한 건강, 안전 및 환경에 관한 정보와 경고적 조언의 준비를 하게 한다. 더욱이 협력에 대하여는 지역사회와의 협력관계를 만드는 것도 유효한 생산경영 프로그램의 주요한 일면으로 인식되고 있다.

이상으로 협력의 궁극 목적은 제품 라이프사이클에 관계하는 모든사람에게 생산경영의 잠재적기여에 관한 인식을 확대하는 일이라 하겠다.

◆ 원칙

- ① 원재료, 제품 및 서비스가 적절한 경우, 구매방침에 이러한 것들의 검토를 포함하여 일반적으로 받아들일 수 있는 건강, 안전 및 환경상의 기준을 만족하도록 공급업자와 협력한다.
- ② 건강, 안전 및 환경상의 기준을 계속적으로 개선하도록 계약업자를 선택하여 협력할 것.
- ③ 제품의 안전한 저장, 사용, 취급 및 폐기를 장려하도록 구입업자, 판매업자 및 기타 사용자와 협력할 것.

- ④ 제품의 구입업자의 사용 및 오용에 관한 보고를 적극적으로 수용할 것. 그들의 경험을 토대로 배우고 그것이 적절하다고 한다면, 제품 디자인·정보·조언 등을 개정할 것.
- ⑤ 제품의 리스크 및 그것의 유효한 관리에 대한 정보를 교환하고 작성하기 위해 기업과의 연결등을 이용할 것.
- ⑥ 과학적·경제적·실제적인 논의에 있어, 균형있는 판단을 촉진하기 위해서는 화학제품의 리스크관리의 여러가지 국면에 대해 국제기관, 국내당국 및 지방 규제당국과의 토의에 적극적으로 참가할 것.

다. 실행

연구와 개발, 제조, 유통, 판매, 시장개발은 수많은 회사에서 각각 서로 관련성 없이 이루어지고 있다. 따라서, 생산경영에 관계하는 자는 수직적인 일보다도 수평적인 일을 맡게 된다. 그들은 현재의 업무 또는 책임에 대하여 그다지 생각하지 않았을 부문에서 일할 사람들의 참가를 유도하기 위해 일련의 다른 규범과 함께 제품개발, 생산, 영업, 법률 및 건강, 안전 및 환경부문의 사람들과 협력할 필요가 있다.

라. 생산경영과 총체적 품질관리

총체적 품질(토탈 퀄리티)은 우리가 무엇을 하여도 계속적으로 개선의 수행을 요구할 때에 중요한 관리수단의 하나이다. 생산경영의 주요목적이 제품의 라이프사이클의 모든 단계에서 계속적으로 비용효과적인 리스크 감소 프로그램으로부터 건강 및 환경보호를 개선하는 것이므로 품질의 질차이용은 이러한 목표에 합치하도록 노력할 때에 필요로 되는 관리시스템 개발에 유용한 기초가 된다.

여 백

제 2 편 위험물의 위험성평가 시험방법 및 평가기준

여 백

서론

1. 목 적

위험물을 운송하는 경우, 국제적으로는 IMO(국제 해사기관)에 의한 권고(IMDG code)가 각국 정부에 대해 사실상의 영향력을 갖고 있으며, 세계 각국은 「위험물 선박우송 및 저장규칙」에 그 운송기준이 정하여져 있다. 더욱이 육·해·공 각 수송모드를 일원적으로 집약한 위험물운송에 대해서는 기본적인 통일기준을 국제 연합(UN) 위험물 수송전문가 회합이 권고(이하, UN권고라 한다.)하고 있다. 이것은 서로 밀접한 관련을 갖고, 각국의 안전규칙에 대한 조정효과를 기하고 있다고 말할 수 있다.

그러나, 각각의 위험물 리스트에 기재되어 있지 않은 위험물 즉, 미지물질에 대한 판정기준에 대해서는 UN권고에 일부 규정되어 있는 것 외 및 종합적인 평가 기준과 그 구체적인 시험방법의 상세한 사항등이 현재 정하여져 있지 않다. 그러므로 신규물질이나 미지물질에 대한 명확한 판정기준을 얻는 것이 필요하다.

선박으로 운송되는 신규 또는 미지물질의 위험성평가를 위한 시험방법을 여기에 소개하여 미지물질의 물성 미파악으로 인한 중대재해예방에 활용하고자 한다.

2. 「미지물질」에 대한 위험성 분류

위 항에서 설명한 IMDG code 외의 모든 물질의 위험성을 Class 1(폭발성 물질)부터 Class 8(부식성 물질)에 이르는 8가지 분류 및 이들 분류에 속하지 않는 Class 9(혼합위험물질)로 분류하고 있다.

이중 Class 1(폭발물) 및 Class 7(방사선 물질)에 대해서는 각각 국제연합과 국제원자력기구(IAEA)에서 상세한 기준이 규정되어 있기 때문에 이것을 제하고 다음의 6가지 분류를 실험에 기초하여 검토하였다.

가. 기본물성 : 고체/액체/기체의 판정

나. 고압가스 : 연소·폭발성에 대한 판정

다. 인화성 액체 : 인화점 측정을 위한 시험방법

라. 가연성 물질류 : 가연성 고체, 자연발화성물질 및 물과 반응하여 발화할 가능성이 있는 물질 또는 위험한 인화성가스를 발생하는 물질의 판정

마. 산화성 물질류 : 산화성물질 및 유기과산화물의 판정

바. 독물, 부식성 물질 및 변이원성 물질 : 고체·액체·기체의 급성독성 및 세포수준에서의 독성판정

3. 시험법의 특징

상기 항 분류에 의한 미지물의 위험판정평가하는데 있어 특히 시험의

① 재현성

② 용이성

③ 안전성

등의 3가지에 유의하고, 각 분류에 속한 위험물의 특수성에 따른 시험법을 선정하여 종래 방법의 개량 또는 새롭게 장치, 수법을 개발하기도 했다.

또한, 위험성평가 수법은 원칙적으로 선별시험과 이것에 이은 상세시험으로 구성하기로 하였다. 전단계의 선별시험이라는 것은 위험성의 유무 판정을 중심으로 하는 시험법이며, 상세시험이라는 것은 선별시험 결과 「위험성 없음」으로 판정되지 않은 물질에 대하여 그 위험성의 상세한 평가를 행하기 위한 것이다.

제 1 장 기본 물성

1. 기체-액체 성상판단의 선별시험

가. 시험법 명칭

증류시험

나. 시험할 성질

비점, 초유점이(初溜点)이 30℃를 넘는 물질을 액체로 한다.

다. 시험

(1) 장 치

(가) 증류 플라스크 : 경질 유리제품 100ml(분류구 [分留球]부착된 것)

(나) 플라스크 지지판 : 석면판(石綿板), 증양구의 직경 38mm

(다) 온도계 : 석유류 시험용 유리제 온도계(눈금범위 -2~+52℃)를 이용한다. 그 밖에 메스실린더, 응축기, 어댑터등은 모두 화학제품의 증류 시험방법을 따른다.

(2) 시 료

액체시료·상온에서 명백하게 기체시료 및 고체시료는 대상에서 제외

(3) 시험순서

(가) 시료, 증류 플라스크, 메스실린더 등을 미리 10~15° 로 해 놓는다.

(나) 시료 100ml를 메스실린더로 정확히 재고, 이것을 자기편(磁器片)또는 유리모세관(boiling chips) 수개를 넣은 증류 플라스크에 주입한다.

(다) 모든 장치를 조립한다.

(라) 시료를 측정할 메스실린더는 씻지않은 채로 수취기로서 연결하고, 어댑터와 메스실린더와의 사이를 탈지면등으로 뚜껑을 하고, 메스실린더 100ml의 표선까지 10~15℃로 유지한 욕조에 넣는다.

(마) 증류 플라스크를 가열하고, 10분간 유출을 시작하여 이후 매분 4~5ml의 유출속도로 유출되도록 조절하면서 증류를 행한다.

(라) 초유점이 30℃를 넘는 것이 분명한 시료는 그 단계에서 시험을 중지한다. 또, 30℃미만에서 유출을 시작하고 있어도 5%점(용량)이 30℃를 넘는 것이 분명한 시료도 그 단계에서 시험을 중지해도 좋다.

(마) 시험중의 대기압으로 부터 비점의 보정을 행한다.

(4) 결과의 판정

초유점 또는 5%점이 30℃를 넘는 물질을 액체로 한다. 그외의 시료는 상세시험으로서의 증기압시험을 상세시험에 의해 행하고 그 결과에 의해 판단한다.

2. 기체-액체 상태판단의 상세시험

가. 시험법의 명칭

증기압 시험[리이드 법(法)]

나. 시험할 성질

38℃에서의 증기압이 2kg/cm²이상인 물질을 기체로 한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 시료실 : JIS K 2258(원유 및 연료유 증기압 시험방법)의 [그림 2(b)]에 나타낸 입구 2개의 시료실을 이용한다.

(나) 압력계 : [그림 2(b)]에 나타낸 부르동관 압력계로 <표 1>의 것을 이용한다.

<표 1> 압력계의 눈금

증기압 측정범위 Kgf/cm ² (kpa)	눈금 범위 Kgf/cm ² (kpa)	눈금 숫자 Kgf/cm ² (kpa)	세분 눈금 Kgf/cm ² (Kpa)
0.7(68.65)~2.5(245.17)	0~3(294.20)	0.5(49.03)마다	0.02(1.96)
2.1(205.94)~3.9(382.46)	0~4.5(441.30)	0.5(49.03)마다	0.02(1.96)

(다) 상기 시험기의 상세 및 상기이외의 시험기에 대해서는 JIS K 2258의 2.2에 정하는 곳에 있다.

(2) 시료

가의 방법으로 기체-액체의 판별을 할 수 없었던 액체시료

(3) 시험 순서

(가) 시료압력이 대기압보다 높아질 수 있는 온도로 시료용기를 유지한

다. 단, 38℃이상으로 해서는 안된다. 시료용기는 원유 및 석유제품 시료채집방법에 규정하는 밀폐형 용기로 용량은 600㎖이상이고, 시료압력에 충분히 견디어낼 수 있는 것을 이용한다.

(나) 압력계를 공기실에 설치하고 $38 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 로 유지한 수조속에 수직으로 넣고 10분이상 유지하고, 그리고 실내에서 준비를 행한다.

(다) 시료실의 2개밸브를 열고 냉각수조에 완전히 넣고 0~4℃로 되기까지 넣어둔다.

(라) 시료용기의 출구밸브에 얼음으로 냉각한 코일을 접속하고 시료실을 냉각수조로 부터 꺼내 입구밸브를 냉각코일에 연결한다.

(마) 시료실의 배출밸브를 닫고 시료용기의 출구밸브를 연다. 시료실의 배기밸브를 약간 열고 시료압력을 이용하여 시료를 시료실에 서서히 넣어 가득 채운다. 그리고 시료를 200㎖이상 넘치게 한다. 모든 밸브를 닫고 시료실 및 냉각코일을 시료용기로 부터 떼어 놓는다(입구가 2개 있는 시료실에서 채취 곤란한 시료는 입구가 1개인 시료실을 이용한다.).

(바) 시험기의 조립은 신속히 행한다(25초이내). 공기실은 이 시점에서 38℃의 수조로부터 꺼내든가, 실온에서 준비한 경우는 초기온도를 기록한다.

(사) 증기압 봄베를 기울여 시료실의 시료를 공기실에 유입시키고 기울인 채로 증기압 봄베를 상하로 격렬하게 흔들고 본래대로 한 다음 $38 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 의 수조에 넣는다.

(아) 수조에 5분간 방치후 압력계를 가볍게 치고 압력계의 눈금을 읽은 다음 증기압 봄베를 수조로부터 꺼내 기울인 채로 격렬하게 흔들고 본래

방향대로 하여 신속히 수조속에 넣는다. 2분이상 간격으로 이 조작을 적어도 5회 반복하고 연속 2회의 읽기가 일정하게 될 때까지 측정을 행한다.

(자) 압력계 수치를 기록하고 수은 마노미터의 눈금으로 보정하고, 이것을 리이드 증기압으로 한다. 단 (나)의 실온에서 준비한 경우는 이것을 계산용 수은 마노미터의 눈금으로 기록하고 계산 및 보정하여 증기압을 구한다.

라. 결과의 판정

38℃에서의 증기압이 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 시료는 기체로 하고, $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 미만의 시료는 액체로 한다.

3. 액체-고체 상태판단의 선별시험 1

가. 시험법 명칭

고체선별법

나. 시험할 성질

유동성 · 유동성이 없는 것을 고체로 한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 냉장고 : 시료를 5℃전후로 냉각시킬 수 있는 것.

(나) 욕조 : 20℃±0.5℃로 유지되는 것.

(다) 비색관(比色管) : 용량 50ml의 것.

(라) 용기 : 용량 1000ml이하의 투명용기

(2) 시료

가에서 기체로 판정된 것 이외의 액상시료 또는 고체성 시료

(3) 시험순서

(가) 시료가 액상의 경우는 비색관에 시료 약 50ml를 취하고, 5℃전후의 냉장고에 1시간이상 넣어두고 시험에 사용한다.

(나) 시료가 고형상의 경우는 용량 1000ml이하의 투명용기에 넣는다. 이와같은 상태에서 용기에 옮겨 놓을 수 없는 경우는 가능한 한 낮은 온도에서 시료를 용해하여 옮기고, 완전히 응고하기를 기다리고 나서 시험에 이용한다. 이 경우 필요한 경우에는 냉장고를 이용하던가 얼음물 등으로 강제 냉각시킨다.

(다) 미리 약 20℃로 해 놓은 욕조에 시료를 투입한다. 다음에 수조온도를 20℃±0.5℃로 조절하고 이 온도에서 30분이상 방치한다.

(라) 시료용기를 욕조로부터 꺼내고 즉시 5초간 용기를 수평으로 쓰러트리 시료표면을 관찰한다.

라. 결과의 판정

시료표면에 유동을 인정할 수 없는 경우는 그 시료를 고체로 한다. 따라서 용기를 욕조로부터 꺼낸 경우 시료가 분상(粉狀), 입상(粒狀), 소괴상(小塊狀)(페렛狀, 판상(板狀), 플레이크狀 등을 포함한다.)인 경우는 용기를 쓰러트려 볼 것까지는 없고 고체로 해도 상관없다.

4. 기체-액체 성상판단의 선별시험 2

가. 시험법의 명칭

액체 선별법

나. 시험할 성질

점도. 점도의 간이측정법으로 부터 액체-고체의 판별을 행한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 욕조 : $20 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 수 있는 것.

(나) 비색관 : 용량 50ml의 것.

(2) 시료

액상시료 · 앞의 3.에서 고체로 판정된 것을 제외한다.

(3) 시험순서

(가) 점도가 다른 폴리이소부틸렌을 혼합하여 20℃에서 2,680 cSt($\pm$ 4%)의 점도를 갖는 점도표준을 만들고 이것을 이용하던가 또는 물을 준비한다.

(나) 점도표준 또는 물 50ml를 비색관에 취하고 $20\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 수조에 넣어 30분이상 방치한다.

(다) 시료는 이미 20℃로 유지하고 있는 경우를 제외하고 $20\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 수조에 넣어 30분이상 방치한다.

(라) 시료의 온도조절중에 용해하기 시작한 경우는 시료가 완전히 용해하기까지 욕조에 넣어둔 채로 둔다.

(마) 점도표준 또는 물과 시료를 욕조로부터 꺼내 흔들거나 기울여서 양자의 유동성을 비교한다.

라. 결과의 판정

물과 동등 또는 그 이하의 점성을 갖는다고 판단되는 시료는 액체로 한다.

이것으로 판정할 수 없는 시료는 다음의 5.에 의해 판정을 행한다.

5. 액체-고체 상태판단의 선별시험 3

가. 시험법의 명칭

가드너 홀드 법

나. 시험할 성질

점도·점도의 간이 측정법으로 부터 액체-고체의 판별을 행한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 욕조 : $20 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 수 있는 것.

(나) 가드너 홀드 시료관(試料管)

(다) 점도표준 : 4. 다, (3) 가)의 것.

(라) 스톱 워치

(2) 시료

다 및 라에서 고체-액체의 판별이 되지 않았던 액상시료

(3) 시험순서

(가) 시료와 점도표준을 가드너 홀드시료관의 각각 아래 표시선까지 넣고, 적당한 크기의 코르크 못을 상부 표시선의 위치까지 삽입한다.

(나) $20 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 수조에 넣고 15분이상 방치한다. 기포의 크기에 변화가 있으면 시료의 높이를 조절하고 가능한 한 쌍방의 기포크기를 일치시킨다.

(다) 양 시료관을 실험대 위에서 수직으로 유지한 다음 동시에 쓰러뜨렸다가 세워 기포가 나무못으로 부터 떨어져 시료관의 바닥에 닿아 편평해

지기 되기까지의 시간을 측정한다.

(라) 짙은색, 불투명 시료등 가드너 홀드법을 사용할 수 없는 시료는 상세시험에 의해 판정을 행한다.

※주(注) : 이 방법 대신에 DIN Cup 또는 Ford Cup 4를 이용하여 시험을 행하여도 좋다. 단, 이 경우의 시험방법은 아래에 의거한 것으로 하며, 고체-액체의 점도 한계값(20℃에 있어서 DIN Cup에서는 10분, Ford Cup 4에서는 690초)과 $\pm 30\%$ 이내의 값을 나타내는 시료는 상세시험에 의해 판정을 행한다.

DIN 53211 Prüfung vor Austrichstoffeh : Bestimmung der Auslaufzeit mit dem Auslaufbecher

JIS K 5402 도로용 Ford Cup

라. 결과의 판정

점도 표준으로 부터 기포상승 시간이 긴 시료는 고체, 짧은 시료는 액체로 한다. 단, 시료의 기포상승 시간이 점도표준시간의 $\pm 30\%$ 이내의 경우는 상세시험을 행하고 판정을 행한다.

6. 액체-고체상태 판단의 상세시험

가. 시험법의 명칭

동점도(動粘度) 시험

나. 시험할 성질

동점도. 20℃에서 2,680cSt를 넘는 시료를 고체로 한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 점도계 : KIS K 2283(원료 및 석유제품의 동점도 시험방법 및 석유제품 점도지수 산출방법)에 규정하는 캐논 펜스케 불투명 액체용 점도계의 500번의 것을 사용한다.

(나) 온도계 : 석유류시험용 유리제 온도계를 이용한다.

(다) 상기 이외의 시험기는 JIS K 2283의 3.2에 정하는 규정에 따른다. 또한, 규정온도를 유지하기 위하여 필요하다면 적당한 저온순환조를 병용한다.

(2) 시료

3~5항의 선별시험으로 고체-액체의 판별되지 않았던 액상시료.

(3) 시험순서(기호는 [그림 1] 참조)

(가) 점도계를 세워 관 N의 입구를 20℃전후로 한 시료중에 넣고 관 L로부터 흡인하여 시료를 구 D에 채워 표시선 G까지 끌어올린다. 다음에 이 점도계를 본래의 방향으로 돌리고 관 N의 바깥쪽 시료를 닦아 내고 길이 50~75mm의 고무관을 잘라낸다. 시료가 모세관 R을 따라 흘러내리고 구 A의 용량의 약 $\frac{1}{2}$ 에 달하면 핀치 콕크등으로 고무관을 봉하고 시료가 흘러내리지 않도록 한다.

(나) 점도계를 항온수조에 수직으로 설치하고 점도계내의 시료가 시험온도에 이르기까지(약 20분) 항온수조중에 방치한다.

(다) 펀치 콕크등의 고정기구를 벗기고 시료를 자연적으로 흘러내리게 한다.

(라) 표시선 E부터 표시선 F까지[측시구(測時球) C] 유출하는 데에 필요한 시간을 0.1초까지 읽고, 다음에 표시선 F부터 표시선 I까지[측시구 J] 유출하는 데에 요하는 시간을 같은 방법으로 읽는다.

(마) 각각의 측정값을 이용하여 다음 식에 의해 동점도를 산출하고 2개 값의 평균치를 그 시료의 점도로 한다.

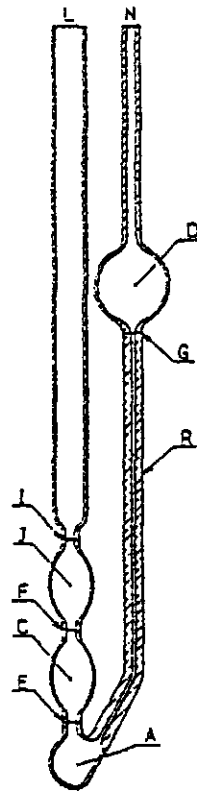
$$\nu = C \times t$$

여기서 ν : 동점도(cSt) [mm^2/s^2]

C : 점도계 정수(cSt) [mm^2/s^2]

t : 유출시간(s)

(바) 또한 시료가 비 뉴튼액체의 경우는 상기 방법을 이용하면 측정마다 값이 크고 편차가 생기기도 하며, 또한 측정 불가능하기도 한 경우가 있다. 그러한 경우는 부록 필드식 회전점도계에서 점도(cP)를 측정하고 별도로 비중을 측정하여 이 두값으로 부터 동점도를 산출한다.



- A : 하부시료구(球)
- C, J : 측시구(測時球)
- D : 상부시료구(球)
- E, F, I : 측시표선(測時標線)
- G : 시료채취표선
- L : 관
- N : 상부통기관
- R : 모세관

[그림 1] 캐논 펜스케 불투명 액체용 점도계

라. 결과의 판정

얻어진 동점도가 2,680cSt를 넘는 시료는 고체로 하고 2,680cSt이하의 시료는 액체로 한다.

제 2 장 기체물질의 연소 · 폭발성

1. 시험 목적

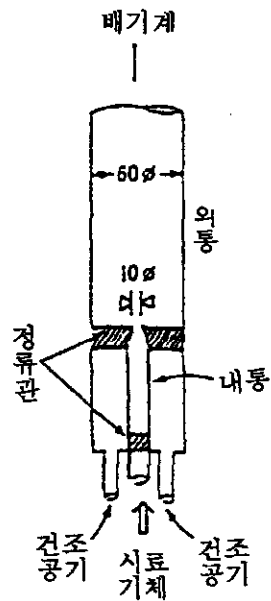
이 시험은 기본 물성시험법에 정하여진 상태 판단시험에 있어서 기체로 인정된 위험성을 알지 못하는 단일물질 또는 혼합물질이 가연성인가 어떤가를 판정하기 위하여 행하는 것이다.

2. 시험장치

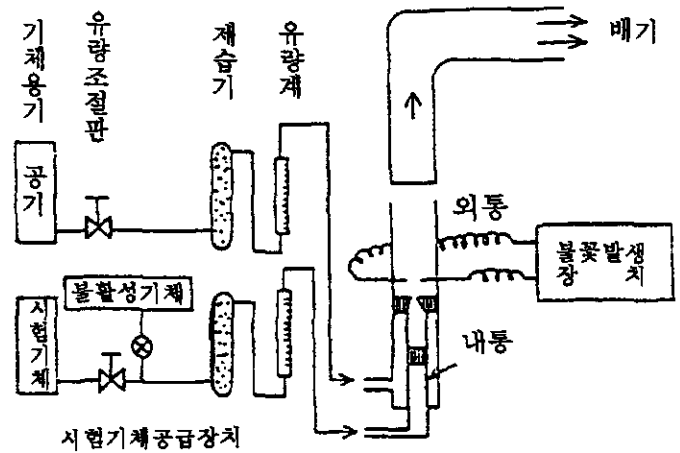
시험에 사용하는 장치는 혼합연소장치, 시험기체 공급장치 및 점화장치로 구성된다. 혼합연소장치는 시험기체와 공기를 혼합, 점화하기 위하여 이용한다. 이것은 [그림 2]에 나타낸 것과 같은 2중의 금속원통으로 구성되어 있으며 내통에는 시험기체를 외통에는 공기를 흘려보낸다. 내통의 상부는 노즐상으로 하고 그 선단의 내경은 10mm, 외통의 내경은 60mm로 한다. 또 내외통 모두 내부에 정류판(整流板)을 설치한다.

시험기체 공급장치는 상온의 공시(供試)기체와 건조공기를 일정의 유속을 갖고 각각 내통 및 외통에 공급하는 역할을 한다. 여기에는 [그림 3]에 나타낸 것과 같이 기체용기, 유량조절 밸브, 유량계, 제습기, 불활성 기체용기 및 그것을 연결하는 금속배관을 포함한다. 점화장치로서는 필요한 에너지를 갖는 방전불꽃(방전 계속 시간 1ms정도)이 발생할 수 있는 저전압 펄스형의 용량 불꽃발생장치를 이용한다. 전극의 선단은 침상(針狀), 전극간의 거리는 3mm, 전극의 위치는 내통의 중심축상

10mm 및 20mm의 높이로 한다.



[그림 2] 기체혼합 연소장치



[그림3] 시험장치의 배치

3. 시험순서

우선 시험기체용 배관내의 공기를 불활성 기체로 치환한다. 다음에 시험기체 및 공기를 흐르게 하고 그 유속을 유량조절 밸브와 유량계로 부터 원통출구의 위치에 있어서 1cm/s가 되도록 조정한다. 양자의 흐름이 정상이 된후 20mJ의 방전 에너지를 갖는 불꽃을 높이 20mm의 전극위치에서 내어 착화유무를 육안으로 판정

한다. 단, 이 경우의 착화라고 하는 것은 화염이 내통상에 안정화된 상태를 말한다. 같은 조건에서 이 조작을 3회 행하고 3회 모두 착화가 일어나지 않는 경우에는 공기유속은 1cm/s인 채로 하고 시험기체의 유속을 3cm/s 및 5cm/s로 올려서 같은 순서에 의해 착화유무를 조사한다. 또한, 이렇게 하여도 착화가 일어나지 않는 경우에는 전극의 위치를 10mm로 변경하고 다시한번 앞의 경우와 동일한 순대로 반복한다.

시험기체가 내통(內筒)상에서 공기에 접촉하는 것만으로 착화하는 경우에는 그 이후의 순서는 행하지 않는다.

4. 결과의 판정

상기의 시험순서로 부터 일회라도 착화가 일어난 시험기체는 가연성을 갖는 것으로 판단한다.

제 3 장 인화성 액체

1. 인화성의 선별시험

가. 시험법의 명칭

인화 · 비인화 시험

나. 시험할 성질

인화성·인화점이 61℃를 넘는 액체를 인화성 액체류의 대상으로 부터 제외한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 시험기 : JIS K 2265(원유 및 석유제품 인화점 시험방법)에 규정하는 태그 밀폐식 인화점 시험기를 이용한다.

(나) 세척액 : 물과 에틸렌 글리콜과의 등량 혼합액을 이용한다.

(다) 온도계 : JIS K 7410(석유류 시험용 유리제 온도계)에 규정하는 30(PMF)을 이용한다.

(2) 시료

액체시료

(3) 시험순서

(가) 시험기를 바람의 영향을 받지않는 실내에서 수평하고 안정한 책상 위에 놓는다.

(나) 메스실린더를 이용하여 시료 $50 \pm 0.5\text{ml}$ 를 재고 전량을 시료컵에 넣는다. 시료표면의 기포를 제거하고 뚜껑을 씌운다.

(다) 시험불꽃을 점화하고 화염크기를 표준구에 맞춘다.

(라) 시료온도가 30초간에 0.5°C 의 비율로 상승하도록 가스버너, 알콜램프 또는 전열기로 가열한다.

(마) 시료온도가 61°C 에 달하면* 개폐기를 작동하고 시험불꽃을 1초간 제거하여 인화유무를 관찰한다.

(바) 측정은 매회 새로운 시료를 이용하여 2회 행한다.

* 시험의 대기압이 760mmHg 와 10mmHg 이상 다른 경우는 다음식에 의해 보정한 온도로 측정을 행한다.

$$F_c = 61 - 0.033(760 - P)$$

여기서 F_c : 보정시험 온도

P : 대기압(mmHg)

라. 결과의 판정

2회의 측정중 1회이라도 명백한 인화가 인정된 경우는 인화성이 있다고 판정하고 상세시험을 행한다.

2. 인화성의 상세시험 1

가. 시험법의 명칭

인화성 시험(태그 밀폐식, 통상법)

나. 시험할 성질

인화점(인화점이 0℃이상의 것) 인화성 최종확인과 세분류를 위한 데이터를 얻는다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 시험기 : 앞절의 다(1)의 시험기와 동일

(나) 세척액 : 시료의 인화점이 13℃이상의 경우는 물 또는 물과 에틸렌글리콜과의 등량혼합액, 13℃미만의 경우는 물과 에틸렌글리콜과의 등량혼합액을 사용한다.

(다) 온도계 : <표 2>에 나타낸 것을 이용한다.

<표 3> 온도계(JIS B 7410)

시료의 인화점	4℃미만	4℃이상, 49℃이상	49℃를 넘는것
온도계 번호 및 온도계기호	50(TAG)	50(TAG) 또는 30(PMF)	30(PMF)

(2) 시료

제1절의 선별시험에서 인화성이 있다고 판정된 시료중 인화점이 0℃이상의 것. 단, 도료, 접착제등의 점성물질은 평형법에 의한다. 이 경우의 시험기는 본 규정의 것을 사용하고 방법은 아래의 문헌을 참고로 한다.

ASTM D 3941 Standard Test Method for Finite Closed-Cup Flash Point of Liquids by the Equilibrium Method

(3) 시험순서

(가) 시험기를 바람의 영향이 받지않은 실내에서 수평하고 안정한 책상 위에 놓는다.

(나) 세척액 온도는 시료의 인화점보다 적어도 10℃ 낮게 해 놓는다.

(다) 시료 및 페스실린더도 20~30℃의 범위든가 또는 인화점보다 10℃ 낮은 온도중 어느 한쪽의 낮은 온도로 미리 냉각시켜 두고 시료의 교환도 인화점보다 적어도 10℃ 낮은 온도에서 행한다.

(라) 페스실린더를 이용하여 시료 50±0.5ml를 재고 전량을 액수조에 셋트한 시료컵에 넣고 표면의 기포를 제거한 다음 뚜껑을 닫아 온도계를 꽂아 넣는다.

(마) 시험불꽃을 점화하고 불꽃의 크기를 표준구(標準球)에 맞춘다.

(바) 시료온도가 60±6초간에 1℃의 비율로 상승하도록 액수조의 가열을 조절한다.

(사) 시료온도가 예기 인화점의 5℃아래까지 이르면 개폐기를 작동하고 시험 화염을 1초간 제거하여 인화의 유무를 관찰한다.

(아) 이후 온도계의 눈금이 0.5℃ 상승할 때마다 (사)의 조작을 행한다.

(자) 명백한 인화를 인정하였다면 그 온도를 측정온도로서 기록하고 직접 가열을 중지한다.

(차) 시험시의 대기압이 760mmHg(101.32 kPa)의 경우는 측정인화점을 인화점으로 하고 그 이외의 경우는 기압보정한 값을 인화점으로 한다.

측정 인화점의 보정은 다음 식에 의해 행한다.

$$F_c = F + 0.033(760 - P)$$

$$[F_c = F + 0.25(101.32 - P)]$$

여기서 F_c : 보정 인화점 (℃)

F : 측정 인화점 (℃)

P : 대기압 (mmHg) [kPa]

(4) 결과의 판정

얻어진 인화점이 61℃를 넘는 경우는 그 물질을 인화성 액체로부터 제외한다. 그 이외의 물질 인화점은 위규칙(危規則) 제2조에 규정하는 세분류를 행하기 위한 데이터로 한다.

3. 인화성의 상세시험 2

가. 시험법의 명칭

인화점 시험(태그 밀폐식, 저온법)

나. 시험할 성질

인화점(인화점이 0℃미만의 것). 세분류를 위한 데이터를 얻는다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 시험기 : 앞의 제1절과 동일

(나) 세척액 : 물과 에틸렌 글리콜과의 동량 혼합액을 이용한다.

(다) 온도계 : JIS K 7410에 규정하는 39(AP)를 이용하는데 이 온도계에는 블록 튀어나온 부분이 없으므로 실리콘 튜브를 잘라 꼭 맞게 넣는 등의 방법으로 시험기의 적당한 위치에 고정하도록 한다.

(2) 시료

제1절의 선별시험에서 인화성 있음으로 판정된 시료중 인화점이 0℃미만의 것. 단, 도료, 점성물질은 평형법에 의한다.

이 경우의 시험기는 본 규정의 것을 이용하고 방법은 아래 문헌에 의한다.

ASTM D 3941 Standard Test Method for Finite Closed-Cup Flash Point of Liquids by the Equilibrium Method.

(3) 시험 순서

(가) 시험기를 바람의 영향이 없는 실내에서 수평하고 안정한 책상위에 놓는다.

(나) 세척액을 온도계가 꽂혀 있는 고무마개 부착된 500ml 플라스크에 넣고 드라이 아이스와 아세톤등의 한제(寒劑)를 넣은 욕조에 넣고 약

-30℃로 냉각한다. 이때 세척액속에 아세톤 및 일산화탄소(CO)가 혼합되지 않도록 세심한 주의를 기울인다.

(다) 시료도 나.의 방법에 의해 약 -23℃까지 냉각한다. 만일, 시료가 응고하는 경우는 응고하지 않는 최저온도까지 냉각한다.

(라) 메스실린더를 사용하지 않고 시료를 직접 시료컵에 넣을 수 있도록 미리 시료를 50㎖ 넣은 때의 액면위치를 조사하고 적당한 방법으로 그 위치를 알수 있도록 해 놓는다.

(마) 뚜껑 및 시료컵을 적당한 크기로 자른 내한성의 플라스틱 시트위에 놓고 필요하다면 적당한 본동을 가해 싸서 그 중앙부를 한제(寒劑)를 넣은 욕조에 넣어 냉각한다. 이때 한제가 포장속에 들어가지 않도록 주의한다.

(바) 세척액을 세척액욕조에 넣고 세척액욕조에 넣어둔 시료컵에 시료 50㎖를 취해 표면의 기포를 제거하여 뚜껑을 씌어 온도계를 세트한다.

(사) 시험불꽃을 점화하고 불꽃의 크기를 표준구에 맞춘다.

(아) 시료온도가 60 ± 6 초 동안에 1℃의 비율로 상승하도록 액욕(液浴)의 가열을 조절한다.

(자) 시료온도가 예기 인화점의 5℃ 밑까지 이르면 개폐기^{주)}를 작동하고 시험불꽃을 1초동안 제거하여 인화유무를 관찰한다. 예기 인화점이 -18℃미만의 경우는 -23℃에 달한 시점에서 이러한 조작을 행한다.

주) 개폐기가 얼어붙어 움직이지 않을 염려가 있으므로 미리 고진공 그리스를 밀폐기의 매끄러운 부분에 발라 놓으면 된다.

(차) 이후 온도계의 눈금이 1℃ 상승할 때마다 (자)의 조작을 행한다.

(카) 명백한 인화 를 인정하면 그 온도를 측정온도로서 기록하고 즉시 가열을 중지한다.

(타) 시험시의 대기압이 760mmHg(101.32 kPa)의 경우는 측정 인화점을 인화점으로 하는데 그 이외의 경우는 제2절 시험순서(차)에 의해 기압보정한 값을 인화점으로 한다. 또한 인화점이 -18℃미만의 경우의 인화점은 「-18℃미만」으로 한다.

(파) 그 밖의 자세한 사항은 ASTM D 1310의 7.1에 준한다.

(4) 결과의 판정

얻어진 인화점은 위규칙 제2조에 규정하는 세분류를 행하기 위한 데이터로 활용한다.

제 4 장 가연성 물질류

1. 가연성 고체

가. 격렬한 열분해 위험성

(1) 시험법의 명칭

압력용기 시험

(2) 시험할 성질

급속외부 가열에 의한 분해의 격렬함(세기)

(3) 시험

(가) 장치

압력용기시험장치(Pressure Vessel Tester, PVT)는 압력용기, 가열로 및 전압계가 부착된 변압기로 구성되며 압력용기의 외관도 및 단면도를 [그림 4]에 가열로의 단면도를 [그림 5]에 나타냈다.

압력용기는 내용적 220ml의 SUS 316 스테레스 강제용기로 상부에 파열판을 측면에 오리피스판을 장착하도록 되어 있다. 파열판은 직경 53mm, 두께 0.1mm의 알루미늄 원판으로 내경 36mm, 외경 52mm 두께 2mm의 내열고무(viton)패킹으로 양측을 강하게 누르고 그 위에 뚜껑을 놓아 워 너트로 조이도록 되어 있다.

파열판의 내압은 상온에서 $6.0 \pm 0.5 \text{ kg/cm}^2$ 로 양쪽에 있는 개구부에는 오리피스판을 설치하도록 되어 있다. 오리피스판은 직경 32.7mm, 두께 2mm로 다음의 오리피스 직경이 준비되어 있다.

1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18 및 20mm. 측면 개구부에는 내경 29mm, 외경 33mm, 두께 1mm의 내열고무(viton)를 설치하고, 그 위에 너트로 오리피스판을 설치하여 조인다. 시료용기는 알루미늄제의 컵으로 내경 31mm, 외경 33mm, 높이 33mm, 높이 41mm이다. 시료용기의 단면도를 [그림 6]에 나타냈다.

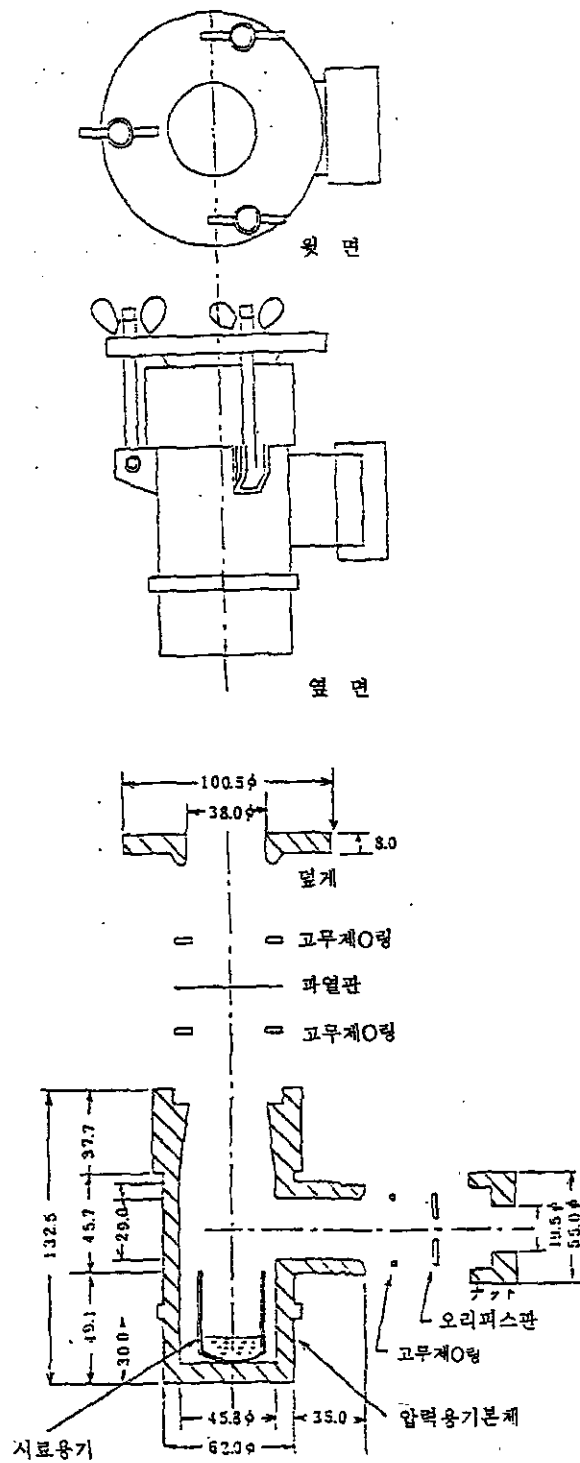
가열로의 전열히터의 총 저항은 8.4 옴(ohm)으로 공급된 전력은 1KW용량의 가변전압 조정기로 조절된다. 전압은 가변전압 조정기의 출력측에 설치한 전압계로 측정된다. 5g의 실리콘 오일을 이용한 때의 승온곡선을 [그림 7]에 나타냈다. 73V의 전압으로 0.5~0.7℃/s의 승온속도가 얻어진다.

(나) 시료

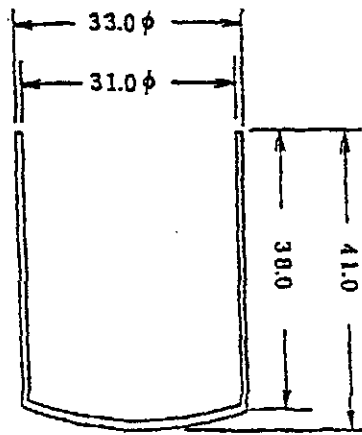
통상 5g의 액체 또는 고체분말을 이용한다. 새로운 성질이 불분명한 물질에 대해서 시험할 때에는 1g정도로 시험하여 모습을 본다.

(다) 시험 순서

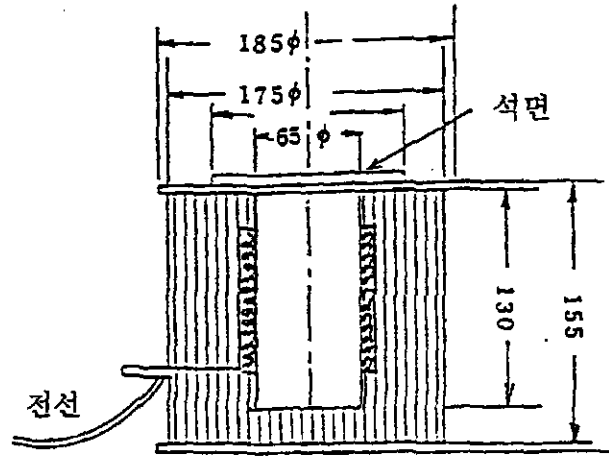
파열판의 온도상승을 막기 위하여 상부에 물을 뿌린다. 전압계를 가변전압 조정기의 출력측에 설치하여 적어도 실험의 30분전에 가열부의 스위치를 넣어 전압이 73V가 되도록 가변전압 조정기를 조절한다. 통상시험에서는 물질 5g을 정확히 알미늄컵으로 측정하여 압력용기 속에 넣는다. 파열판, 적당한 직경의 오리피스판 및 너트로 조인다. 압력용기를 가열로의 위에 삽입하고 그 시간을 기록한다. 시료가 분해하면 그 시간을 기록하고 용기를 보호장갑을 끼고 가열로에서 내려 놓는다. 파열판이 파열하지 않은 경우 보다 작은 오리피스 경을 이용하여 파열판이 파열할 때까지 실험을 반복한다. 파열판이 파열하면 3회의 연속실험에서 1회라도 파열하지 않을 때까지 오리피스 경을 1회씩 크게하여 실험을 계속한다. 3회 연속 중 1회이상 파열판이 파열하는 최대 그리피스 경을 PVLD로서 구한다.



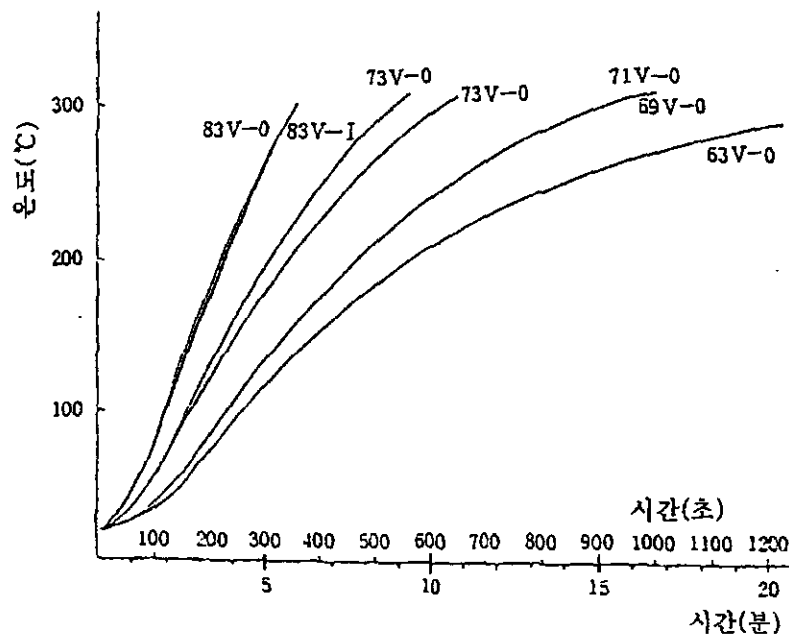
[그림 4] 압력용기의 외관(상)과 단면도(하)



[그림 5] 전열히터의 단면도



[그림 6] 시료용기



[그림 7] 압력용기의 가열속도

시료용기에 5g의 실리콘 유(油)를 넣고 그 온도를 측정한다.

O : 옥외에서 측정, I : 옥내에서 측정

(4) 결과의 판정

	열분해 위험성
$10\text{mm} \leq \text{PVLD}$	격렬함
$3.5\text{mm} \leq \text{PVLD} < 10\text{mm}$	대
$1.0\text{mm} \leq \text{PVLD} < 3.5\text{mm}$	중
$\text{PVLD} < 1.0\text{mm}$	소

나. 폭굉 전파성

(1) 시험법 명칭

50/60 철관시험

(2) 시험할 성질

폭굉 전파성

(3) 시험

(가) 장치[그림 8]

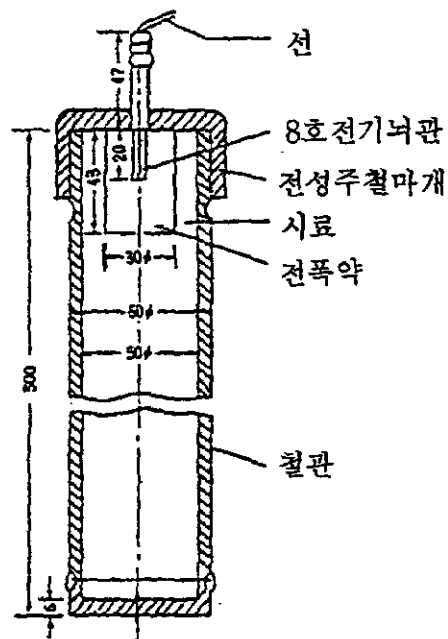
1) 철관

두께 5mm, 내경 50mm, 길이 500mm의 압력배관용 탄소강(JIS G 4354)을 이용한다. 밑면은 두께 6mm의 철판으로 용접한다. 상부는 나사가 잘려 있고 전성(展性)의 주철(鑄鐵)제의 뚜껑에 나사를 끼워 넣을 수 있게 하였다. 이 뚜껑에는 7.5mm의 구멍을 뚫고 뇌관(JIS K 4807)을 삽입할 수 있도록 하였다.

2) 전폭약

전폭약은 RDX 95%와 왁스 5%로 되어있는 고성능 혼합폭약으로 1500kg/cm²의 압력으로 압축성형된 것이다. 이 전폭약의 직경은 30mm, 높이 40mm로 윗면의 중앙

에는 뇌관을 설치하기 위한 직경 7mm, 깊이 20mm의 구멍이 뚫려 있다.



[그림 8] 50/60 철관시험장치

(나) 시료

액체 또는 고체분말시료

(다) 시험순서

철관에 분말상의 시료를 충전하고 나서 전폭약을 중앙에 놓는다. 시료의 흔적을 남기지 않기 위해서 관의 나사부를 주의깊게 닦아내고 6.8mm 직경의 목봉(木棒)을 제거하면 뇌관을 점화직전에 용이하게 장착할 수 있다. 전폭약(傳爆藥)은 나사

구멍이 있는 뚜껑의 구멍을 통해 가느다란 침금(針金)으로 고정한다. 시험직전에 전기뇌관을 나서 뚜껑의 구멍에 삽입한다. 철제관은 폭발실험 기구속에 모래를 이용하여 수직으로 세운다. 뇌관의 각선(脚線)과 발파모선과의 결선을 행한다. 다음에 발파모선과 발파기를 결선하고 위험구역에 사람이 없는 것을 확인하고 나서 기폭한다.

(4) 결과의 판정

50g의 전폭약으로 완전히 폭발하였는가 부분적으로 전폭하였는가, 또는 전혀 전폭하지 않았는가를 판정한다.

완폭(YES) = 관 전체의 파괴 또는 관의 상·하단을 따라 파괴

반폭(Partial) = 관의 전부는 파괴되지 않고 불활성 물질의 경우보다 1.5배이상의 길이가 파괴

불폭(No) = 불활성 물질의 경우보다 1.5배이상의 길이만 파괴

다. 충격감도, 격렬한 폭연의 전폭성 및 폭발위력

(1) 시험법의 명칭

개량 MK III 탄동 구포시험

(가) 충격감도를 위한 소형 갱시험

(나) 충격감도를 위한 가변 기폭제시험

(다) 격렬한 폭연전폭 및 폭발위력을 위한 가변시료량 시험

(2) 시험할 성질

충격감도, 격렬한 폭연의 전폭성 및 폭발위력

(3) 시험

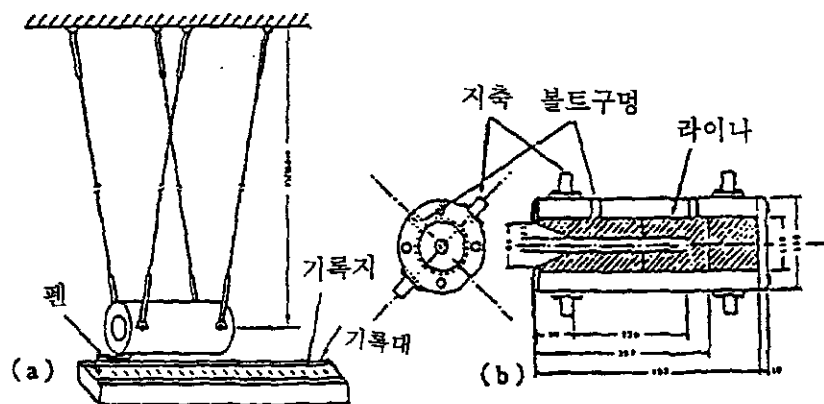
(가) 장치

개량 MK III 탄동구포의 외관 및 단면도를 [그림 9]에 나타냈다. 시료용기 일식 및 투사물은 직경 25mm, 길이 229mm, 출구가 원추형으로 열려있는 구포의 구멍에 눌러져 있다. 구포는 외경 188mm, 길이 457mm로 4개의 스텐레스 강의 와이어에 묶여져 있어 자유진동이 되도록 하였다. 전 중량은 약 110kg으로 현수길이는 2,080mm이다.

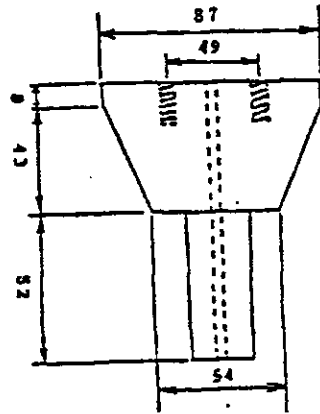
연강으로 만들어진 투사물의 단면도를 [그림 10]에 나타냈다. 가변기폭제 시험의 시험재료 일식 및 그 부품을 [그림 11]에 나타냈다. 유리제 샘플관은 10 또는 15ml의 시판품이다. 관의 크기는 시료의 비중에 의해 선택한다. 소형 겹시험 및 가변 시료시험의 시험시료 일식을 각각 [그림 12] 및 [그림 13]에 나타냈다.

(나) 시료

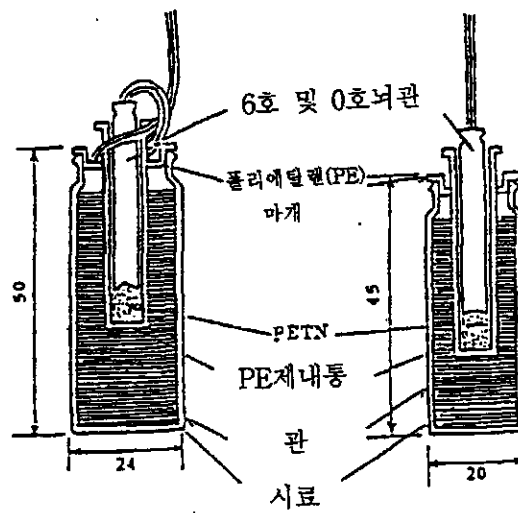
사용할 뇌관은 시판의 0호 또는 6호의 전기뇌관이다. PETN은 순수한 건조결정으로 JIS 840체를 전부 통과한 것이다.



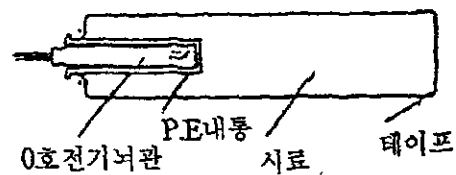
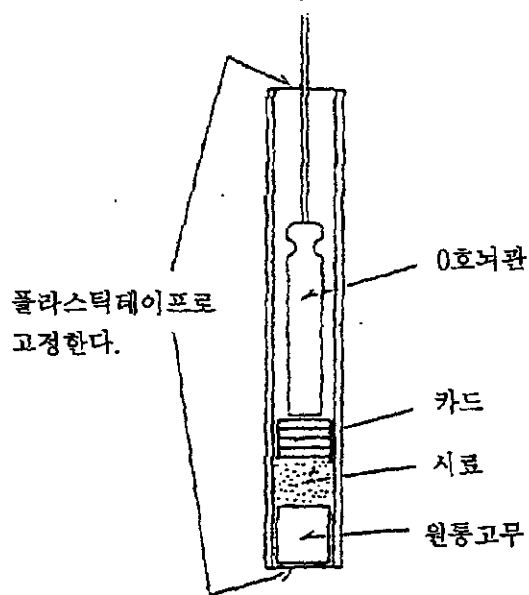
[그림 9] MK III 탄동구포의 외관(a) 및 단면도(b)



[그림 10] 투사물 단면도



[그림 11] 가변기폭제 시험용시료 일식 및 그 부품



[그림 12] 소형 갭 시험용시료 일식 [그림 13] 가변시료량 시험용 시료일식

(다) 시험순서

1) 고체 고감도 물질의 충격감도를 위한 소형 갭시험

원통고무를 유리관에 삽입하고 유리관의 한쪽을 셀로테이프로 고정한다. 1.0g의 시료를 이 유리관에 넣고 두께 2mm의 폴리에틸렌카드 4매를 셀로테이프로 감아 시료위에 넣어 가볍게 눌러 붙인다. 다음에 0号 너관을 삽입하고 끝쪽이 카드와 접촉하도록 염화비닐관으로 고정한다. 시험시료 일식을 구포의 구멍에 삽입하고 투사물을 포구에 장착한다. 펜을 펜 홀더에 장착하고 모든 장비로 구포가 정지한 지점에서 기록자에 기준선을 기입한다. 너관 각선을 점화회로에 결선하고 점화한다. 전자의 흔들림을 기록지상에 기록된 결과부터 읽어 들인다.

2) 고체 또는 액체의 충격감도를 위한 가변기폭제시험

이 시험은 소형 갱시험에서 시험물질에 대해 고감도로 판정된 경우에는 행하지 않는다. 5.0g의 시료를 10 또는 15ml시험관에 넣는다. 이 물질의 비중이 큰 때는 물질의 폴리에틸렌 내통사이에 간극이 생기지 않도록 10ml시험관을 이용한다. 시료를 넣는 관에 구멍이 뚫린 폴리에틸렌 뚜껑을 씌운다.

내통을 뚜껑의 구멍을 통하여 시료관속의 물질중에 꽂아 넣는다. 0호 뇌관을 이 내통에 삽입하고 뇌관 각선을 내통에 감아붙여 고정한다. 시료일식을 구포내에 삽입하고 투사물을 구포공 입구에 장착한다. 1)과 같은 순서로 점화하여 결과를 기록한다.

구포의 흔들림 폭이 20mm미만의 때는 6호 뇌관+0.68g PETN의 기폭제를 이용하여 재시험을 행한다. 여기에서 순수 흔들림 폭이라고 하는 것은 물질+기폭제에 의한 진동폭과 기폭제만에 의한 진동폭의 차다.

3) 격렬한 폭연의 전폭가능성과 정적(靜的) 폭발위력을 위한 가변시료량 시험

이 시험은 가변기폭제시험에서 감도 있음으로 판정된 것에 대해서만 행한다. 시험해야 할 물질 10, 20 및 30g을 정확히 재어 각 물질을 23ml경의 폴리에틸렌 통에 넣는다. 0.6g의 PETN을 폴리에틸렌 통에 넣고 이 내통을 폴리에틸렌 통속의 피시험물질중에 삽입한다. 통의 개방끝을 절연테이프를 이용하며 [그림 12]와 같이 닫는다. 6호뇌관을 내통에 삽입하고 시료일식을 구포공에 삽입하여 투사물을 입구에 장착한다. 그리고 점화하여 구포 흔들림폭을 측정한다.

(4) 결과의 판정

(가) 충격감도

1) 상당히 높다 :

- 소형 갱시험에서 1.0g의 시료를 이용하여 8mm갱에서 4mm이상의 순수 흔들림폭 또는 분해생성물의 연기가 관측된 경우(고체시료)
- 가변기폭제시험에서 5.0g의 시료를 이용하여 0호 뇌관 하나에 의한 기폭으로 20mm이상의 순수 흔들림폭 또는 분해생성물의 연기가 관측된 경우(액체시료)

2) 상당히 높지는 않다 :

시험결과가 위의 범위 밖

3) 감도 있음 :

가변기폭제시험에서 5.0g의 시료를 이용하여 0호 뇌관 단독 또는 +0.6g PETN에 의한 기폭으로 20mm이상의 순수흔들림 폭을 보이는 경우.

4) 감도 둔함 :

가변기폭제시험에서 5.0g의 시료를 이용하여 6호 뇌관+0.6g PETN에 의한 기폭으로 20mm이상의 순수흔들림 폭을 보이지 않는 경우

(나) 격렬한 폭연의 전폭성

1) 격렬한 폭연의 전폭성(±) :

MK III 탄동 구포를 이용한 가변 시료량시험에서 30g시료를 이용한 경우의 순수 구포흔들림 폭이 20g 시료를 이용한 경우의 그것보다 20% 이상 크기, 또 20g 시료를 이용한 때의 그것이 10g 시료를 이용한 때의 그것보다 40%이상 큰 경우.

2) 폭굉 전파(+) :

BAM 50/60 철편 기폭시험에서 철편이 파편이 되는 경우.

3) 불폭 (-) :

상기 어느쪽도 일어나지 않은 경우, 단 둔감물질에 대해서는 탄동진자

시험에서 확인할 필요가 있다.

(다) 폭발 위력

전폭할 물질에 대해서 폭발위력(PE)는 다음과 같이 정의된다.

$$PE = \frac{d_{30}^s - d_{10}^s}{d_{30}^{REF} - d_{10}^{REF}} \times 100(\%)$$

여기서, d_{10}^s 및 d_{30}^s 은 각각 10g 및 30g 시료에 대한 흔들림 폭으로 d_{10}^{REF} 및 d_{30}^{REF} 은 각각 10g 및 30g 기준 물질에 대한 흔들림 폭.

판정 : BPO 의 50% $\leq$ PE : 낮지 않다.

PE < BPO 의 50% : 낮다.

라. 착화성

(1) 시험법 명칭

소 가스염 착화성시험

(2) 시험할 성질

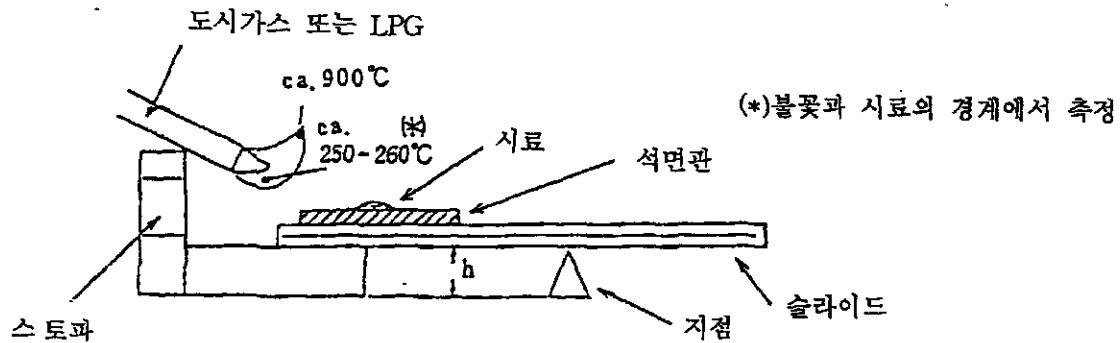
고체의 화염에 의한 성질

(3) 시험

(가) 장 치

시험장치를 [그림 14]에 나타냈다.

스토퍼는 연강의 두꺼운 판 2매를 조합한 것이다. 슬라이드를 수평으로 유지하기 위하여 적절한 위치에 지지점을 설치한다. 슬라이드로서는 길이 1m, 폭 12cm 의 목제판을 이용하여 시료를 올려 놓기 위한 12~13cm 각의 석면판을 놓는다.



[그림 14] 소가스염 착화실험장치

버너불꽃의 크기를 조절하여 화염과 시료의 접촉면적이 1~2cm²가 되도록 한다. 열전대로 측정하여 보면 화염의 상부는 약 900°C, 화염과 시료가 접촉하는 계면에서 10초이하의 가열로 약 250~260°C의 온도가 얻어진다.

(나) 시료

수송할 입도의 시료에 대해서 검토한다.

(다) 시험순서

시험순서는 다음과 같다.

- 1) 시료의 종류, 형상등에 따른 적당량(3mL을 표준으로 한다.)을 채취하고 석면판의 위에 놓는다.
- 2) 석면판을 [그림 14]와 같이 후퇴상태에서 있는 슬라이드에 올려 놓는다.
- 3) 버너불꽃의 소정의 크기로 안정하여 있음을 확인하고 나서 슬라이드를

스토퍼에 닿을 때까지 전진시켜 시료를 불꽃에 접촉시킨다.

- 4) 10초간 방지후 슬라이드를 후퇴시켜 시료를 불꽃으로 부터 제거하면 착화, 불착화의 횟수를 보고한다.

(4) 결과의 판정

6회의 시험에서 1회라도 아래 기술중, 윗쪽의 결과가 얻어지면 그것을 최종결과로 한다.

1초 이내에 착화 : 이착화성(易着火性) +	◎
1~10초에 착화 : 착화성 +	○
10초내에 착화하지만 화염을 제거하면 소화 : 자기 소멸성(+)	△
10초 지나도 비착화 : 난착화성 -	×

마. 고체의 연소 위험성

(1) 시험법 명칭

IMO 연속(燃速)시험

(2) 시험할 성질

고체연소의 격렬함

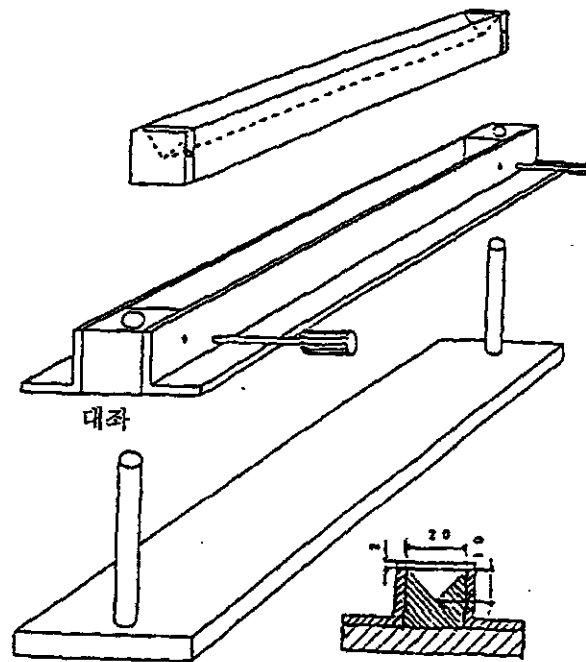
(3) 시험

(가) 장치

[그림 15]의 형을 이용하여 전장 250mm, 폭 14mm의 프리즘 형태의 시료의 퇴적(堆積)을 만든다.

(나) 시료

실제로 수송할 입도의 물질을 그대로 이용한다.



[그림 15] IMO 연속시험

(다) 시험 순서

- 1) 틀받침대위의 형틀에 혼합물을 다소 산(山)형태가 되도록 넣는다.
- 2) 형틀과 틀받침대 20mm의 높이로 부터 고체표면상에 떨어뜨린다.
- 3) 형틀을 틀받침대로 부터 벗겨내어 혼합물의 면이 편평하게 되기까지 작은 롤러를 형틀의 종방향으로 눌러 사용한다.
- 4) 형틀 위에 불연성이며 비전폭성의 판을 놓고 상하를 똑바로 세워 형틀을 제거한다.
- 5) 시료 퇴적은 드래프트속에 넣고 공기흐름은 퇴적의 길이방향으로 수직이 되도록 한다. 적당한 공기유속은 0.13~0.4m/sec이다.

- 6) 퇴적의 일단에 화염의 선단 또는 적열 백금선을 15초 이내 접촉시킨다.
반응력이 120mm진행한 뒤 거기에서 부터 100mm진행하는 동안의 시간을 기록한다.
- 7) 이 시험은 매회 세탁하고 상온의 판을 사용하여 한시료에 대해 6회 측정을 행한다.

(4) 결과의 판정

연소 위험성 小 : 연소속도 < 2.0mm/sec
 大 : 연소속도 $\geq$ 2.0mm/sec

바. 불안정물질의 안정성

(1) 시험법 명칭

BAM 축열 저장시험

(2) 시험할 성질

불안정 물질의 저장중에 있어서 축열자기가속분해성

(3) 시험

(가) 장치

1) 장치의 구성

시험실, 항온조, 듀와(dewar)병 및 온도기록장치 등으로 구성된다.

2) 시험실

화염과 압력상승에 견딜수 있는 특별실에서 행한다. 압력개방의 개구부가 있는 것이 좋다. 기록계와 온도조절기는 별도의 실험실에 둔다. 폭발할 가능성이 있는 물질에는 특별배려가 필요하다.

3) 항온조

공기순환 항온조로, 듀와 병속의 불활성액체의 온도조절이 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 정도의 온도 억제 가능하고, 항온조의 문은 내압의 상승하면 열려지도록 한다. 분해생성물과 공기혼합물의 폭발을 막기 위해서 방폭형 구조가 필요하다.

4) 듀와 병

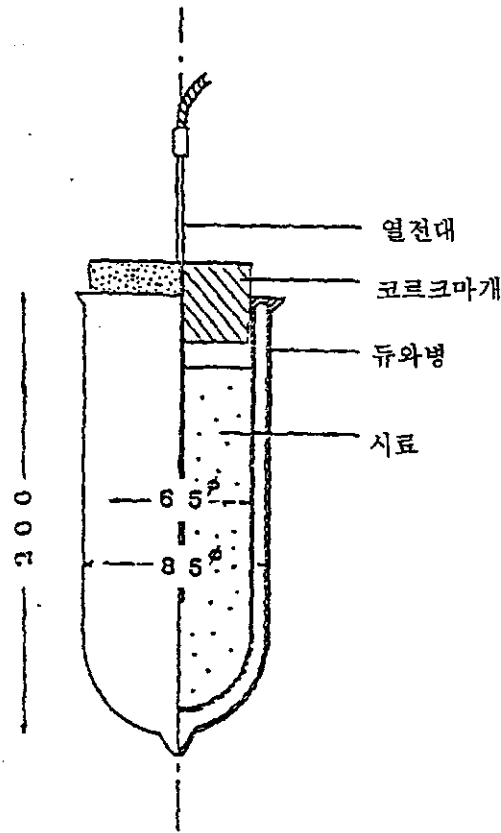
0.5ℓ의 듀와 병을 사용한다. 0.4ℓ의 부탈산 디메틸의 냉각반감기가 5시간이상 일것. 듀와 병의 내외(内外)에 열전대를 설치한다. 듀와 병의 구조를 [그림 16]에 나타냈다.

(나) 시료

수송되는 입도의 것을 사용한다.

(다) 시험 순서

- 1) 항온조의 온도를 설정시험온도로 한다.
- 2) 0.5ℓ의 듀와 병에 0.4ℓ의 피시험물질을 넣는다. 고체의 경우에는 적당하게 밀어 넣는다.
- 3) 시료의 중량을 측정하여 기록한다.
- 4) 열전대를 삽입하고 접점이 듀와 병의 밑바닥으로 부터 60mm지점에 오도록 한다.
- 5) 듀와 병을 항온조에 넣고 온도기록계를 접속하고 항온조를 닫는다.
- 6) 시료 및 항온조의 온도를 기록한다.
- 7) 시료와 항온조 온도가 같게 된 시간을 기록한다.
- 8) 항온조 온도이상으로 온도상승이 인정되지 않는 경우에는 7일간 시험을 계속한다.



[그림 16] BAM 축열 저장시험용 듀와 병

- 9) 7일동안 시료온도가 항온조 온도를 넘으면 최고분해 온도를 넘을 때까지 시험을 계속하고 최고온도를 기록한다.
- 10) 시료가 항온조 온도에 이르고 나서 최고 분해온도가 될 때까지의 시간을 측정하고 기록한다.
- 11) 1주일간 자기가속분해온도(SADT)가 일어나는 최저 저장온도 및 1주일동안 온도상승이 측정되기까지 새로운 시료로 저장시험을 계속한다.

(4) 결과의 판정

SADT $\leq$ 55℃ : 온도제어 필요

SADT $>$ 55℃ : 온도제어 불필요

사. 불안정 물질의 자기 발연성

(1) 시험법 명칭

SC-DSC 시험

(2) 시험할 성질

불안정물질(화약류, 가연성고체, 산화제, 유기과산화물, 유해성물질, 기타)의 분해열 및 분해개시온도

(3) 시험

(가) 장치

1) DSC 장치

시험의 DSC 장치를 사용한다.

2) 밀봉셀(SC)

예를 들면, [그림 17]에 나타낸 스텐레스제 밀봉셀을 이용한다.

3) 시험조건

승온온도 : 10℃/min

측정감도 : $\pm 50\text{mJ/s}$

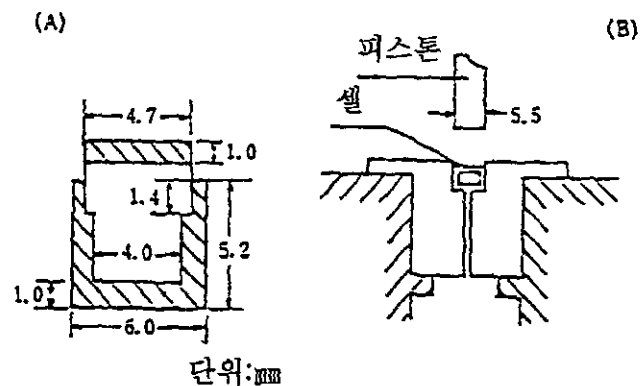
최고온도 : 420℃

사용가스 : N₂ 40ml/min

시료량 : 1mg~10mg

표준시료 : 납, 인디움, 초산칼륨, 과염소산칼륨

면적측정 : 플라니 메터를 이용한다.



[그림 17] 밀봉셀(A)과 밀봉법(B)

(나) 시료

믹자사발로 미립화하여 사용한다.

(다) 시험 순서

시료의 조제와 DSC 조작을 다음과 같은 순서로 행한다.

- 1) 시료셀 뚜껑의 무게를 측정한다.
- 2) 셀에 1~3mg의 시료를 넣고 전체무게를 측정한다.
- 3) 셀에 뚜껑을 닫아 [그림 17(B)]에 나타냈듯이 밀봉기의 구멍에 세트한다.
- 4) 밀봉기의 절구에서 강하게 셀의 뚜껑을 쳐서 밀봉한다.

- 5) 밀봉된 셀을 시료측 셀 홀더위에 놓고 뚜껑달린 빈 셀을 표준측 셀 홀더에 놓는다.
- 6) 승온속도 10℃/min으로 DSC 조작을 행한다.
- 7) DSC곡선이 얻어지면 DSC조작을 멈추고 셀의 무게를 측정하여 누설이 없는 것을 확인한다.
- 8) 기록된 DSC곡선으로 부터 발열량(QDSC), 분해개시온도등을 읽어들이다. 발열량은 DSC곡선과 베이스 라인으로 둘러싸인 부분의 면적에 비례한다. 이 관계식은 다음 식으로 나타내어진다.

$$M \cdot \Delta H = KA$$

여기서, M : 시료의 질량(mg)

ΔH : 시료의 단위 질량당 에너지 변화율(mcal/mg)

K : 장치 정수 (mcal/mcal)

A : 피크면적(mcal)

단, mcal은 측정 차트의 면적으로 부터 얻어진 열량을 나타낸다. 장치정수는 다음과 같이하여 구한다. 순수한 납, 인디움, 초산칼륨, 과염소산칼륨의 용해곡선을 측정한다. 다음에 이들 용해열의 문헌치를 이용하여 온도와 장치정수의 관계를 구한다. 분해개시 온도에서의 장치정수를 산출하고 위 식에 이 값을 이용한다.

(4) 결과의 판정

QDSC > 0.0 발열분해의 가능성이 있다.

QDSC ≥ 0.3kcal/g 폭발 또는 격렬한 열분해의 가능성이 있다.

DSC 분해개시온도 ≤ 115℃ SADT(자가가속분해온도)가 55℃이하의 가능성이 있다.

2. 자연발화성 물질

가. 시험법 명칭

자연 발화성 물질 시험

나. 시험할 성질

자연발화성 물질이라 생각되는 물질중 공기에 접촉하면 발화 또는 연소를 시작하는 것은 자연발화성 물질의 포장등급 I로 분류하고 그 이외의 물질에 대해서 본 시험을 행한다.

다. 시험

(1) 장치

장치는 항온조, 시료용기 및 온도측정부로 구성된다. 개요를 [그림 18]에 나타냈다.

(가) 항온조

항온조내온도를 $140 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 제어할 수 있는 내용적이 9ℓ 이상의 열풍순환식 항온조를 준비한다.

(나) 시료용기

300mesh/in의 스텐레스제 금속망으로 한변이 5 또는 10cm의 상부가 열린 입방체(시료용기)를 제작하고 동일방법으로 28mesh의 스텐레스 금망을 이용하여 시료용 입방체보다 다소 크게 시료용기가 내측에 들어갈 수 있는 용기 커버를 만들어 그 속에 삽입한다. 순환하고 있는 공기의 영향을 피하기 위해 그 외측에 15×15

×25cm의 28mesh의 스텐레스 금망을 설치한다.

(다) 온도 측정

시료용기의 중심 및 그 부근의 항온조 내부에 직경 0.3mm의 크롬·알루미늄 열전대를 설치하고, 온도를 측정함과 동시에 연속적으로 기록한다.

(2) 시료

시료는 형상이 분말 또는 과립상이라면 그대로, 덩어리 상태라면 10mesh의 체를 통과하는 정도로 분쇄한다.

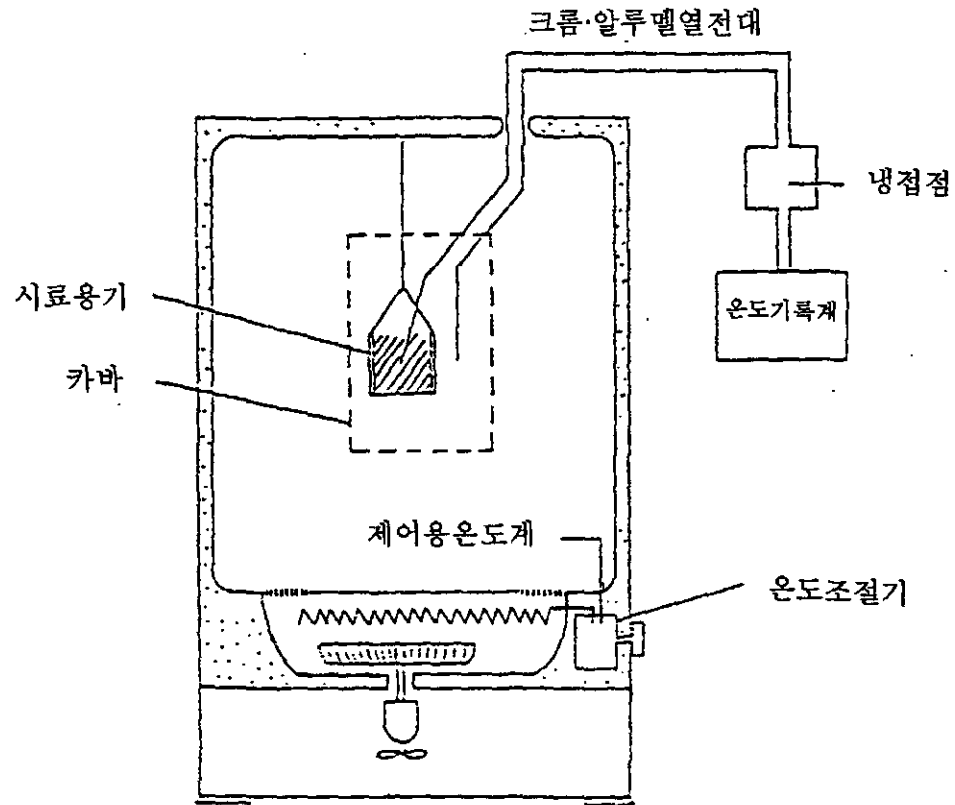
(3) 시험 순서

시료를 시료용기에 가득 넣는다. 수회 조용히 쳐서 만일 시료가 줄어들면 가득 차도록 채운다. 반대로 산(山)모양의 상태로 시료가 과다한 경우는 얇은 판으로 용기의 윗부분 끝선까지 오도록 한다. 이 용기를 시료용기 커버에 넣어 항온조의 중앙부에 매단다. 항온조 온도를 140℃까지 상승시켜 12시간 유지하면서 시료 및 항온조의 온도를 연속적으로 기록한다.

시험은 우선 한변이 10cm의 용기에 대해서 3회 행하고 그 중의 한변이라도 자연 발화했다고 판정되면 다음에 한변이 5cm의 용기에 대해서도 동일시험을 행한다.

라. 결과의 판정

12시간 동안에 시료온도가 200℃를 넘으면 시료에 자연발화성이 있다고 하고, 한변이 10cm의 용기만으로 이 조건을 만족할 때는 그 물질을 포장등급 III으로, 그리고 한변이 5cm라도 자연발화성이 인정될 때는, 그 물질을 포장등급 II로 한다.



[그림 18] 자연발화성 물질 시험장치

3. 물과 작용하여 인화성가스를 발생하는 물질

가. 시험법의 명칭

물과 작용하여 인화성가스를 발생하는 물질 시험법

나. 시험할 성질

수중에 시료를 투입하는 것에 의해 발생하는 인화성가스량을 많고 적음으로 위험성을 평가한다.

다. 시험

(1) 장치

꼭지가 부착되어 있는 삼각플라스크를 준비하고 상부를 가스뷰렛과 연결한다. 수준측정용의 유리관을 준비하고 플라스크 꼭지와 사이에 플라스틱 튜브로 잇는다. 플라스크를 일정온도로 유지할 수 있는 수조에 넣어 이것을 자석교반자 위에 놓는다. 장치의 개요는 [그림 19]와 같다.

(2) 시료

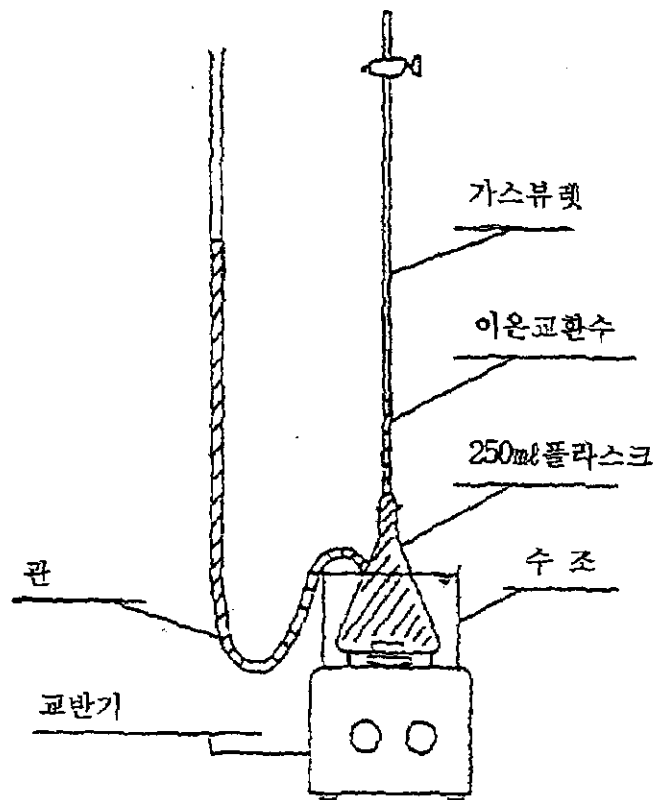
시료가 분말 또는 과립상이면 그대로, 덩어리 상태라면 10mesh의 체를 통과할 수 있도록 분쇄한다.

(3) 시험 순서

250ml의 삼각플라스크에 시료 적당량(1~25g)을 정확하고 신속히 측정하여 넣고 미리 45℃로 가온해 놓은 이온교환수를 장치에 채운다. 플라스크를 45℃의 수조에 넣고 가스뷰렛의 눈금을 0에 맞추고 자석교반자를 이용하여 내부를 교반한다. 24시간마다 2개의 수주(水柱)수면을 맞추어 대기압으로 하고 가스뷰렛의 눈금을 읽어 기록한다. 이것을 2주간에 걸쳐서 반복한다. 필요에 따라 가끔 가스배출을 행하여 가스뷰렛의 눈금을 0으로 돌린다.

라. 결과의 판정

하루동안의 최대가스 발생량이 500ml/g이상으로 1분간의 가스발생량이 500ml/g 미만이면 포장등급 II로 한다. 하루 동안의 최대 가스발생량이 500ml/kg이상으로 500ml/g미만 및 1주일 동안의 평균 발생속도가 200ml/kg이상으로 200ml/g미만이면 포장등급 III으로 한다.



[그림 19] 물과의 반응성 시험장치

제 5 장 산화성 물질류

1. 산화성 물질

가. 시험법의 명칭

산화성물질 시험

나. 시험할 성질

가연성물질을 산화연소시키는 성질을 이용하여 연소의 빠르기로 위험성을 평가한다.

다. 시험

(1) 장치

(가) 연소 용기

구경 $36\pm 1\text{mm}$, 높이 $40\pm 1\text{mm}$ 로 용량 30ml의 니켈제 관을 준비한다.

(나) 점화용 연료

점화용 연료에는 순도 97%이상의 메탄을 사용한다.

(다) 점화장치

시료의 점화에는 ISO의 에어믹스 버너를 사용하고 화염의 길이를 13mm로 한다.

(2) 시료

시료는 형상이 분말 및 과립상이라면 그대로 덩어리 상태라면 분쇄하여 20mesh의 체로 통과한 것을 사용한다. 시료는 65℃에서 12시간 건조시켜 그후 사용직전까지 실리카겔을 넣은 데시케터내에 2시간이상 놓아둔다. 단, 용점이 65℃전후의 물질에 대해서는 진공으로 한 데시케터내에 12시간 보존후 시험에 이용한다.

가연물로서는 동물사육용 소프트칩을 준비하고 이것을 분쇄하여 10mesh의 체를 통과시킨다(이하, 가연물이라고 한다.).

이것을 층두께 25mm이하로 하고 105℃에서 4시간 건조시켜 사용전에 데시케터내에 2시간이상 놓아둔다.

(3) 시험 순서

(가) 시험 장소

시험은 드래프트등 환기장치가 설치된 장소에서 행하며 용기를 놓는 테이블은 불연재로 한다. 또, 주위의 연소물의 비산을 방지하기 위해 불연재등으로 두른다. 시험장소의 분위기는 대기압에서 온도 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 상대습도 $50\% \pm 10\%$ 로 한다. 본 시험은 습도의 영향을 특히 강하게 받으므로 시험장소의 온도 및 습도의 조정은 중요하다.

(나) 시험 방법

1) 고체 산화성물질

조정한 시료와 가연물은 산화성물질 50-가연물 50 및 산화성물질 80-가연성물질 20(모두 중량%, 이하 동일)의 비율로 혼합한다. 혼합은 최초 양자를 비이커 내에서 충분히 교반한 후 비이커에서 비이커로 적어도 5회 이동시켜 혼합한다. 혼합한 시료를 용기에 산모양으로 넣어 얇은 판으로 이 혼합물이 용기의 윗부분의 상한이 수평이 되도록 한다.

이 혼합작업중에 혼합물이 수분을 흡수하지 않도록 충분히 배려한다. 혼합물이

들어있는 용기를 신속히 시험장소로 옮기고, 점화용 버너불꽃을 시료의 윗부분에 접촉시켜 착화가 일어나게 하여 착화한 때부터의 연소시간을 스톱워치로 측정한다.

2) 액체 산화성물질

조정한 가연물을 용기에 산모양으로 넣고 얇은 판으로 윗부분이 수평이 되도록 한다. 가연물이 들어있는 용기를 시험장소에 놓고 액체 산화성물질을 주사기로 가연물내에 주입한다. 이 때의 혼합비율도 고체의 경우와 동일하다. 액체 산화성물질이 가연물에 침투하면 점화용 버너로 점화하고 연소시간을 측정한다.

(가) 연소시간의 결정

시험은 각각의 혼합비율에 대해서 3회씩 행하고, 3회의 연소시간이 짧고 혼합물이 연소한 경우의 값을 그 시료의 연소시간으로 한다. 단, 산화성물질 80-가연물 20의 비율 혼합물이 전부 연소하지 않는 경우는 산화성물질 90-가연물 10의 비율 혼합물을 조정하고 동일한 연소시험을 행한다.

라. 결과의 판정

시험의 결과, 연소하지 않는 것 및 무염(無炎)연소밖에 보이지 않는 것은 산화성물질로 부터 제외하고 발염(發炎)연소 또는 발염연소 및 무염연소의 양쪽을 나타내는 것을 평가대상으로 한다. 연소시간의 길이에 의해 산화성물질의 포장등급을 다음과 같이 분류한다.

포장등급 I : 연소시간이 5초이하

포장등급 II : 연소시간이 30초이하

포장등급 III : 연소시간의 210초이하

2. 유기과산화물

시험법은 가연성 고체의 시험법과 대부분 공통이다. 그러나, 유기과산화물에는 액체가 있으므로 그러한 경우의 추가 시험이 필요하다. 추가해야 할 시험법으로는 인화점시험과 듀와 병 연소속도시험이 있다.

인화점에 대해서는 제3장에 이미 설명되어 있다.

가. 시험법 명칭

폭연(deflagration)시험

나. 시험할 성질

유기과산화물 연소의 격렬함 위험성

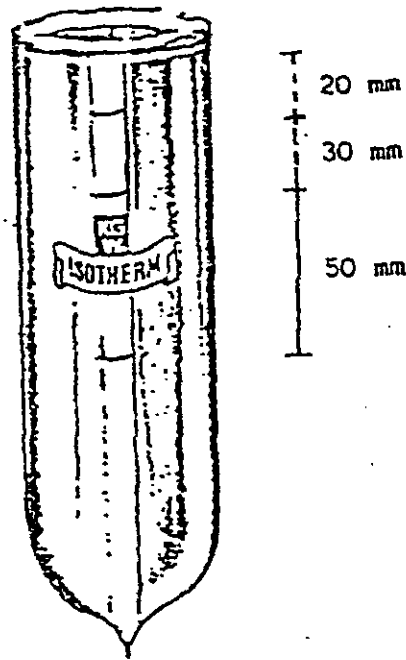
공기로부터의 산소공급없이 유기과산화물을 통해서의 폭연(분해전면의 음속이하의 전파)을 조사한다.

다. 시험

(1) 장치

반대측에 2개의 투시용 슬릿이 있는 듀와 병[그림 20]을 이용한다. 폭연속도의 측정을 1초의 정도(精度)로 행한다.

듀와 병의 용적은 약 300ml, 내경 $48 \pm 1\text{mm}$, 외경 60mm, 길이 180~200mm이다. 이 듀와 병속에 265ml의 물을 넣고 코르크로 뚜껑을 하여 측정한 냉각 반감기는 5시간 이상이 필요하다.



[그림 20] 슬릿이 있는 듀와 병

듀와 병의 상부로부터 50mm와 100mm의 지점에 각인을 새긴다. 500mm의 각인으로부터 100mm의 각인 지점까지의 폭연면이 진행되는 시간을 측정하여 속도를 산출한다. 정도 0.1℃의 유리온도계를 이용하여 점화전의 물질온도를 측정한다. 물질 점화를 위해 불꽃길이가 20mm이상의 가스불꽃을 이용한다. 이 시험은 폭발안전 드래프트 내 또는 환기가 좋은 방에서 행한다.

배기판의 용량은 분해가스가 공기와 폭발혼합가스를 만들지 않도록 충분히 큰 것으로 한다. 관찰자와 듀와 병사이에는 안정하고 내폭형의 유리로 된 차폐물을 두어야 한다. 안전을 위해 듀와 병의 시험전에 파이렉스관에 의한 예비시험을 행하는 것이 필요하다. 이때의 파이렉스관의 직경은 듀와 병의 그것보다 상당히 작게 해야 한다. 최초 14mm경 다음에 28mm경을 이용하는 것이 권장된다. 만일, 예비시험에서 폭연속도가 5mm/s이상의 때는, 이 물질이 빠른 폭연물질로 하고 주 시험은 안전의 견지로부터 행하지 않아도 된다.

(2) 시료

저장되는 물질의 상태에 대해서 행한다.

(3) 시험 순서

듀와 병과 물질을 비상(非常)온도로 한다. 이 비상온도는 오렌지북 제3판(1984) 11.3.11에 정의되어 있다. 물질이 안정하고 비상온도가 50℃이상의 때는 50℃에서 시험한다. 입상물질의 때는 겉보기 비중이 실제 수송될 때의 값과 동일하게 되도록 듀와 병에 채운다. 액체는 부어넣고 페이스트상의 물질은 시료중에 공기 포켓이 생기지 않도록 채운다. 충전높이는 듀와 병의 상부로부터 20mm의 지점까지 하고 중량과 온도를 측정한다. 듀와 병을 유리로 된 차폐물을 갖춘 드래프트 또는 환기가 되는 방에 두고 물질의 상부면을 버너로 가열한다. 착화가 확인된 때 또는 착화없이 20초간 가열했을 때에 가스버너를 제거한다. 이 화염은 폭연의 전파에 본질적인 것은 아니지만 안전때문에 화염은 끄지 않는다. 반응대가 아크 사이를 통과하는 시간을 측정한다. 만일, 반응이 아래의 아크(표시)에 도달하기 전에 멈추었다면 이 물질은 폭연 비전파성이라고 생각할 수 있다. 이러한 시험은 2회 행하고 짧은 쪽의 시간을 폭연속도의 계산에 이용한다.

라. 결과의 판정

폭연 속도 $\geq 5.0\text{mm/s}$: 전파, 빠르다

$0.3\text{mm/s} \leq \text{폭연속도} < 5.0\text{mm/s}$: 전파, 느리다.

폭연 속도 $< 0.30\text{mm/s}$: 전파안함

제 6 장 독물과 부식성물질 및 변이원성 물질

1. 고체 · 액체 · 기체의 급성독성

(생물학적 방법에 의한 고체수준에서의 독성 · 부식성 시험)

가. 시험법의 명칭

(1) 고체의 급성독성시험

(2) 액체의 급성독성시험

(3) 기체의 급성독성시험

나. 시험의 목적

실험동물에 피검물질을 1회 투여(경구, 경피 ; 1회 투여 또는 1회 도포, 경기도 ; 1시간 폭로)하여 중독증상을 관찰하고 생사에 의해 급성독성과 부식성을 평가하는 것이 목적이다.

다. 시험

(1) 실험동물

(가) 동물 종 및 성

균일계의 마우스 · 래트의 2종류에 대해서 암컷 및 수컷을 이용한다.

(나) 주령(週齡)

마우스·래트는 6주령 전후의 것으로 각 시험군의 실험동물 체중을 암·수컷 별로 동일한 것으로 한다.

(다) 동물수

선별시험에서는 1피검 물질에 대해서 마우스와 래트의 암컷·수컷 각각 3마리로 합계 12마리를 이용한다. 또 중간시험 및 상세시험에서는 마우스와 래트의 암컷 및 수컷 각각 5마리 이상을 사용한다.

단, 마우스·래트의 사육관리에 주의하고 예비사육에서 발육이 나쁜 것과 털 및 색이 나쁜 경우는 시험에 사용해서는 안된다.

(2) 시료(피검물질)

(가) 투여 방법

액체 및 고체는 실험동물(래트와 마우스)에 강제 경구투여하고, 기체에서는 래트와 마우스에 1시간 흡입시킨다.

피검물질은 가능하면 물과 식용유를 사용하여 용액으로 하고, 경구 투여제로서 투여한다. 이것이 불가능한 경우에는 적당한 현탁화제, 유화제 또는 다른 적당한 용매를 이용하여 경구 투여제로 한다. 단, 이 경우 현탁화제만을 투여하는 대조군을 둔다.

(나) 용량

1) 고체·액체

선별시험에서는 피검물질을 규정량으로서 투여한다. 이 규정량은 실험동물체중(kg)당, 피검물질중량(mg)으로 하고, 고체에서는 1000mg/kg, 액체에서는 2000mg/kg을 확실히 경구투여한다.

선별시험에서 사망예가 있던 피검물질에서는 중간시험 또는 상세시험을 실시하고, LD₅₀(반수 치사량 : median lethal dose)치를 구하는데 충분한 투여량 군에서 시험을 실시한다.

2) 기체

선별시험에서는 흡입실의 기체농도를 5,000ppm으로 하고, 실험동물을 1시간동안 전신폭로·흡입시킨다. 또 선별시험에서 사망예가 있던 피검기체에 대해서는 상세시험으로 LC₅₀(반수 치사농도 : median lethal concentration)치를 구하는데 충분한 기체(폭로·흡입)농도 군에서 시험을 실시한다.

(3) 시험순서

선별시험에서는 피검물질이 고체 또는 액체인 경우 주사통에 규정량의 경구투여제(피검물질이 고체에서는 1,000mg/kg, 액체에서는 2,000mg/kg을 함유하는 투여제)를 래트·마우스에 강제 경구투여한다. 또 피검물질이 기체에서는 시험에 적합한 기체흡입 폭로장치를 사용하여 래트·마우스를 흡입·폭로실에 넣고 실내에서의 피검 기체농도를 5,000ppm으로 하여 1시간 흡입폭로한다. 투여 및 폭로한 마우스·래트 모두 증독증상이 인정되지 않을 때까지의 시간(원칙으로서 2주간 이상) 관찰을 행한다. 만일, 선별시험에서 증독 및 점막의 부식에 의한 사망예가 없는 경우는 그 이후의 독성시험은 실시하지 않는다. 그러나 한 예라도 사망예가 있는 경우는 LD₅₀ 또는 LC₅₀치를 구하는 중간시험 및 상세시험 그리고 피부의 부식성시험을 실시한다.

라. 결과의 판정

선별에서 사망예가 없는 피검물질에 대해서는 독성에 대하여는 규제하지 않는

것으로 한다. 그러나 사망예가 있는 피검물질에 대해서는 중간시험 및 상세시험을 실시하고 액체, 고체에서는 경구 및 경피에 의한 LD₅₀(mg/kg)치로, 기체에서는 실험동물의 1시간흡입에 의한 LD₅₀(ppm 또는 ml/m')에 의해 국제연합 위험물수송 전문가 화합이 설치한 기준을 참고로 한 <표 3>으로부터 결정한다.

<표 4> 미지 피검물질의 급성독성에 의한 위험성(class 6.1)의 평가기준

Group	고체 및 액체		기체
	경구에 의한 LD ₅₀ (mg/kg)	경피에 의한 LD ₅₀ (mg/kg)	경기도(흡입)에 의한 LC ₅₀ (ppm.ml/kg) 20℃ 1시간흡입
I	≤5	≤40	≤1,000
II	>5-≤50	>40-≤200	>1,000-≤3,000
III	고체 : >50-≤200 액체 : >50-≤500	>200-≤1,000	>3,000-≤5,000

2. 생물학적 방법에 의한 세포수준에서의 독성

가. 시험법의 명칭

Ames Test

나. 시험할 성질

생물학적 시험법에 의해 검출되는 물질의 독성은 물질의 폭로 및 체내섭취에 수반하여 급성으로 출현하는 것과 만성의 경과를 거쳐 출현하는 것으로 나뉘어진다.

급성독성과 만성독성에는 그 상해와 증상이 나타나는 방법과 폭로되는 신체부위도 다르다. 또 물질이 독성을 나타내는 농도와 양도 다르다.

일반적으로 만성독성은 급성독성이 인정되지 않는 저농도 또는 소량의 독성물질에 의해 발병된다. 최근, 여러가지 세포 레벨에서의 시험관내 독성시험법이 개발되어 실제로 이용되고 있는데 그 대부분은 만성독성, 발암성 및 유전독성의 유무를 판정하는 것이 목적이다.

발암성은 특히 많은 공업화 물질이나 자연계의 천연물에서 발견되고 있어 물질의 만성독성의 가장 중요한 부분을 점하고 있다. 유전독성은 염색체 이상등의 이상으로서 직접 관찰할 수 있는 것 이외에 자손의 대에 이르러 나타나는 유전적 결함을 일으키는 것으로서 최근 주목을 모으고 있다. 이러한 발암성 및 유전독성을 직접 시험하는 방법으로서 동물에 피검물질을 여러가지 양으로 투여해 장기간의 실험관찰을 행하고 암의 발생, 기형, 태아사망의 발생유무를 판정할 수 있다. 그러나 이 방법은 수년에 걸친 실험과 막대한 경비를 필요로 하고 실제상 곤란을 수반하는 일이 많으므로 단기간에 행할 수 없다. 그래도 안전한 시험법이 개발되고 있다. 한편, 발암메카니즘의 분자생물학적 연구와 세포수준의 유전학의 진전에 의해 미생물에 돌연변이를 일으키는 성질(변이원성)과 세포에 염색체 이상을 일으키는 성질은 발암성 및 유전독성과 깊은 관련성을 보이고 있는 것으로 밝혀졌다. 그래서 미생물과 배양세포를 이용한 변이원성 및 염색체 이상을 검출하는 시험관내 시험법이 개발되어 실용화 되기에 이르렀다. 이들 세포수준에 있어서 단기간 시험법에 의해 물질의 발암성을 예측하고, 발암성 물질로서 선별하는 것이 행하여지고 있다. 이러한 방법을 단기간에 결과가 얻어지는 것만이 아니고, 발암성의 검출감도가 우수해 실제로 동물에 암을 일으키는가 어떤가 조사된 동물실험으로 부터 얻어진 결과와 잘 일치한다.

이러한 시험관내 시험법에 공통하는 문제점은 피검물질이 섭취되고 나서 체내에 대사되어 화학구조가 변화한 경우이다. 대사에 의한 화학구조 변화의 결과 생긴 중간 대사물 및 대사종말 산물이 본래의 피검물질은 변이원성을 보이지 않는 경우라도 변이원성 및 발암성을 보이는 일이 많다. 이와 같은 피검물질도 발암성 물질로서 취급해야만 한다. 그러므로 피검물질을 미리 동물에 투여하고 동물의 간장과 뇨등으로 부터 중간대사물을 추출하고 나서 변이원성 시험을 행하거나 간의 마이크로솜효소의 추출액과 피검물질을 반응시켜서 시험을 행하는 것이 일반적으로 시행되어지고 있다.

다. 시험

(1) 시험설비

무균조작이 가능한 전용 시험실에 이하의 장치를 갖추고 있다.

- 크린 벤치
- 약액 자동분주장치
- 자동 배지 멸균 보온장치
- 사례 자동무균분주장치
- 자동 사례적상(積上)장치
- 배양장치
- 코로나 카운터
- 건열 멸균기(오토 클레이프)
- 냉각 고속분리기
- 냉장 · 냉동기기
- 그 밖에 실험에 필요한 소모품 · 기구류

(2) 시료

종흔(腫痕)유발성, 최기형성(催奇形性) 및 유전독성을 보이는 물질은 유전자에 돌연변이를 일으키고 염색체에 이상을 일으켜 DNA유전자에 손상을 주는 활성이 있다고 잘 알려져 있다. 세포레벨의 독성시험법에서는 미생물과 동물세포를 이용하여 이러한 활성을 검출하는 것에 의해 그 물질의 종흔유발성, 최기형성 및 유전독성을 평가하는 것이다.

(3) 시험 순서

(가) 대사활성화 법

이 방법은 시험관내의 물질대사를 행하고 대사 생성물질을 생기게 하기 위하여 개발된 것으로 변이원생 또는 발암성의 검지능을 높인 것이므로 가능한 한 대사활성화법을 사용하는 것이 바람직하다. 대사 활성화법으로는 「S 9 Mix」를 이용하여 행하는 것을 말한다.

(나) 사용 균주

균주(菌株)로서는 TA100, TA98, TA1535, TA1537, TA1538 외에 대장균 WP₂ uvrA가 있는데, 본 시험에서는 가장 검출감도가 높은 TA100, TA98의 2가지 균주를 사용하기로 한다.

(다) 검체 농도

미리 적절농도 범위를 6단계 이상의 농도($\mu\text{g}/\text{plate}$)로 실시하는 것이 좋다.

(라) 대조 시험

용매대조, S 9 Mix를 필요로 하는 양성대조 및 필요로 하지않는 양성대조를 시험마다 실시한다.

(마) 사용 플레이트 수

검체농도마다 2배이상의 플레이트를 사용한다.

(바) 여기에서 제시한 제 조건에 따라 일반적으로 Ames test에서는 대조의 2배이상의 집락수(集落數)가 인정되지 않는 경우는 음성으로 하는데 양적반응 관계를 명기해야만 한다.

(대사활성화에 따르지 않는 경우)

(대사활성화에 의한 경우)

① 검체의 분주(分注)

0.1ml 넣는다.

②

0.1M Na인산완충액
(PH7.4) 0.5ml를 넣는다

M 9Mix
0.5ml를 가한다.

(이하 양방법 모두 동일조작)

③ 테스트 균주

균현탁액 0.1ml를 가한다.
전일에 배양된 균량 1×10^9 생균수/ml

④ 프레이유베이션

30℃에서 30분간
프레이유베이션 한다.

⑤ 연 한천용액

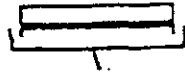
45℃로 보온되어있는 연 한천용액 2ml를
가한다.

⑥ 중 층(重層)



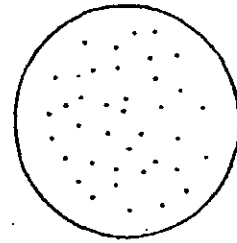
미리 준비된 최소 글루코스 한천 배지(寒天培地)에 연한천(軟寒天)을 흘려 균일하게 퍼지게 한다.

⑦ 배 양



배란기에 넣어 37℃에서 48시간 배양한다.

⑧ 복귀 돌연변이로부터 생긴 콜로니의 수를 센다.



라. 결과의 판정

우선, 무균시험에서 잡균이 검출되지 않을 것. 용매대조, 양성대조에 있어서 집락수(集落數)가 기대치의 범위내에 들어 있을 것등이 결과판정을 행하기 위한 조건임을 말할 필요도 없다<표 4>. Ames테스트에 숙달된 기술을 가진자가 행한 경우 이 기대치의 범위내에 들어 있을 것이며 Ames테스트는 완성도가 높은 안정한 결과가 얻어지는 시험이라 할 수 있다. 이들 무균시험과 대조실험의 결과가 기대치의 범위로부터 벗어나는 경우는 시험법의 정확히 이루어지지 않았음을 나타내며, 그 원인을 밝혀내고 기대치의 범위내에 들어가 있는 것을 확인하고 나서 피검 물질의 시험을 행할 수 있다. 기대치부터 벗어나는 원인으로서는 여러가지 원인이 생각되어지는데 피험물질 용액 및 S 9 분획에의 잡균혼입, 테스트균주중에 자연복귀 변이균이 증가하고 있는 것, S 9 분획의 활성이 낮음, 실험방법의 미숙에 의한 잘못, 각종 배지(培地)의 감균의 불완전등이 주된 원인으로서는 나타난다.

<표 5> Ames 테스트의 무균시험 및 대조실험에 있어서 기대치의 범위

	사용균수	페트리 혈에 대한 평균집락수
I. 무균시험		
a. 피험물질 용액(각 농도)	-	0
b. S 9 Mix	-	0
II. 용매 대조 (용매의 종류를 불문하고)		
	TA 100	100~150
	TA 98	15~ 25
III. 양성 대조 :		
a. 대사 활성화법을 사용하지 않는 경우		
AF ₂ (0.01 μ g/페트리혈)	TA 100	400~500
AF ₂ (0.1 μ g/페트리혈)	TA 98	450~550
b. 대사 활성화법을 사용한 경우*		
2AA(0.3 μ g/페트리혈)	TA 100	550~650
2AA(0.3 μ g/페트리혈)	TA 98	350~450

* 이상의 기대치는 프레인큐베이션 법에 의한 것이다. 플레이트법에서는 III. b의 값이 양균주 모두 약 2배의 집락(集落)이 출현한다.

피험물질의 결과해석으로서는

- (a) 피험물질의 시험가능한 농도범위내의 모든 농도에서의 복귀변이균집락수가 용매대조실험의 평균 집락수의 2배이상 있고,

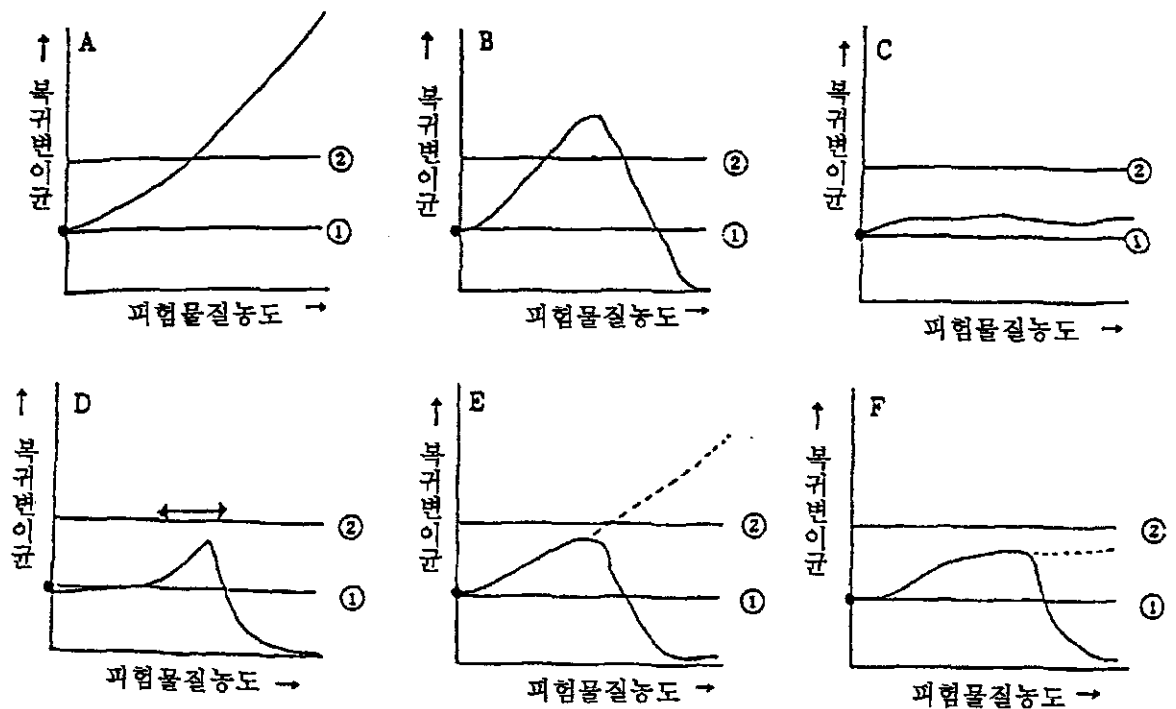
(b) 피험물질의 농도에 대해서 적어도 2점 이상의 농도에서 농도가 높아지면 출현 집락수가 증가한다. 즉, 양적인 영향관계를 나타내는 것.

등의 모든 경우가 만족되는 경우[그림 21] A 및 B는 피험물질의 변이원성이 양성이라고 판단된다. 피험물질의 단위량(μg 또는 μmole)당의 복귀변이균 집락수의 많음은 변이원성의 강도를 나타내며 어떤 범위내에서 물질의 종혼유발성과 관련을 보인다고 알려져 있다. 그러나 변이원성의 강도가 직접 종혼유발성의 강도를 나타내는 것이 아니라는 것은 발암기구의 해석부터 논쟁을 불러일으키고 있다.

따라서, 이상의 (a), (b) 2가지 조건으로 부터 변이원성이 양성으로 판정된 경우 그 물질이 위험성을 가질 가능성이 있다고 판단되며, 위험물로서의 취급에 준하여 다루어야 할 평가정보로서 고려되는 것이 타당하다. 반대로, 용매대조 실험의 값에 대하여 피험물질이 시험되는 전 농도영역에 있어서 복귀변이균 집락수가 1.8배 이하인 경우[그림 21]는 그 물질의 변이원성이 음성이라고 판단된다. 그러나 일반적으로 양성이라고 판정하는 것보다도 음성으로 판정하는 것은 매우 신중하게 결정해야만 한다. 다른 테스트균주를 이용하여 Ames테스트를 반복하거나 나중에 설명하는 소핵시험의 결과를 참조하여 최종적으로 판단해야만 한다. 또 TA 100과 TA 98을 이용한 Ames테스트의 결과가 분명히 양성인가 음성인가 판단하기 어려운 경우가 있다. 실제로 Ames테스트를 시행하면 이와 같은 결과를 나타내는 경우가 많다. 피험물질의 농도의 일정범위내 또는 전범위에 걸쳐서 용매대조의 집락수에 대해서 2배를 넘지 않지만 1.8배를 넘어 테이터의 2차 범위를 고려하면 양성인가 음성인가를 판정하기 어려운 경우가 된다. 이와 같은 결과를 보이는 경우 가장 주의해야 되는 것은 피험물질의 독성이 S 9 Mix의 대사활성화 반응을 제거하거나, 테스트균주의 증식을 억제하기 때문에 겉보기 상복귀(上復歸)변이 집락수가 낮게 관찰되는 경우이다.

양적 영향곡선	판 정	독 성
A	양성	없음
B	양성	있음
C	음성	없음
D	(양성 의심)*	있음
E	양성의심이 강함	있음
F	양성 의심	있음

D의 경우는 화살표부분에서 농도폭을 좁고 세세하게 잡아 재실험을 행한 다음 평가해야 된다.



[그림 21] Ames 테스트에 있어서 양적 영향곡선 모델

- ① 은 용매대조에 있어서 양적 영향곡선 모델
- ② 는 ①의 2배수준

피험물질의 독성이 나타나고, 데이터에 영향을 주는가 판정하는 방법으로서

- a. 피험물질 농도의 대수(對數)를 횡축에, 각 농도점에서 나타난 복귀 변이균 집락수를 종축에 잡고 양적 영향곡선을 그려보면, 어느 농도점까지는 집락수가 증가하고 그 이상의 농도점에서는 집락수가 반대로 감소하는데 고농도역에서는 용매 대조실험으로 부터 얻어진 집락수보다도 낮은 값이 된다[그림 21. D].
- b. 피험물질 고농도역의 페트리혈을 현미경으로 관찰하면 복귀변이를 일으킨 균의 통상크기의 집락만이 아니고, 복귀변이를 일으키지 않은 균의 미소집락의 수도 용매대조의 페트리혈에 비해 훨씬 감소하고 있다.

[그림 21. D] 실험적으로는 피험물질의 존재하에서 테스트균의 생균수가 감소하는가에 의해 확인하는 것도 가능하지만 이 실험은 원리의 단순함에 비해 의외로 번잡한 기술을 필요로 하며, 담당실험자의 세균학 실험법에 대한 숙련도가 요구된다. 일반적으로는 상기 (a), (b) 2가지의 관찰로 피험물질의 독성에 대한 영향의 가능성이 생각되는 경우는 독성의 영향이 미치지 않는 범위에서 최고의 농도, 즉 상기 (a)에서 그런 양적 영향곡선에서 집락수가 감소하기 시작하는 경계의 농도 부근[그림 21] (D의 횡화살표 부분)에서 좁은 농도폭으로 농도를 바꿔 재실험을 한다. 그리고 그 실험결과를 다시 양적 영향곡선에 나타내면 어느 농도점에서 집락수의 산을 그리게 된다. 이 산의 정점에서 용매대조에서 얻은 집락수의 2배를 넘으면 이 물질의 변이원성이 양성인 것으로 판정된다. 최초에 행한 실험과 농도폭을 좁게잡아 행한 재실험을 통하여 복귀변이균 집락수의 최고치가 용매대조로 부터 얻은 집락수의 2배를 넘지않는 경우라도 재실험의 데이터에서 얻은 정확한 양적 영향곡선상에서 직선부분의 상승기울기를 연장선[그림 21] E의 점선이 명백

히 용매대조 집락수의 2배를 넘는 경우는 변이원성일 가능성이 매우 높다고 판정된다. 피험물질의 농도폭을 좁게 잡은 재실험에 있어서도 분명한 상승 기울기를 보이는 직선부분을 갖지 않고, 게다가 출현 집락수의 최고치가 용매대조 집락수의 2배를 넘지않는 경우[그림 21. F]는 음성으로 판정된다. 그러나 어느 경우라도 테스트균주를 바꾸어 Ames테스트를 행하거나 다른 변이원성시험도 행하여 그 결과를 종합함으로써 최종판단을 내리는 것이 중요하다.

제 3 편 화학실험실 안전

여 백

제 1 장 안전을 위한 시스템

1. 안전의 기본

가. 화학실험실에 있어서 안전의 기본

화학물질에는 여러 가지 위험이 내재하고 있으므로, 많은 화학물질을 취급하는 화학실험에는 어느 정도의 위험이 수반된다. 따라서, 적절한 대책을 행하여 실험을 안전하게 행하는 것이 모든 화학실험의 기본이 된다.

이를 위해서는 화학실험에 관련하는 모든 것 즉, 화학물질, 장치, 기구 및 조작이 미리 실험자의 관리하에 있어야만 한다. 사고와 재해는 화학물질과 반응 프로세스를 제어할 수 없게 되었을 때에 일어난다. 또, 실험후의 폐기물의 문제도 신중히 취급해야만 한다. 고교 이하의 학교 및 전문학교 또는, 대학교양과정에서의 실험은 교육을 주목적으로 하고 있어, 적어도 지도하는 사람에게는 손에 익은 실험일 것이다. 따라서, 실험은 지도자의 관리하에 두고, 위험에 대한 배려에 대해서도 당연히 조치가 취해 있으므로 사고가 발생하지 않아야 한다. 그럼에도 불구하고 현실적으로는 사고가 다발하고 있고, 사고건수가 많다. 대학에서의 졸업실험 및 대학원에서의 연구실험은, 실험자가 그 때까지의 화학일반 및 화학실험에 대해서 일관된 교육을 받아 오고 있지만, 화학물질의 성질 및 그 취급에 대해서 실험자의 지식이 미치지 않는 것이 있기 때문에, 위험을 초래하는 일이 있다. 또한 당연히 실험할 기회가 늘고 그 규모도 크게 되며 가혹한 조건하(압력, 온도 등)에서 물질을 취급하도록 되므로, 위험성이 한층 증대하게 된다. 이때문에, 화학물질의 성능 및 취급법에 대해서 기본적인 지식을 갖는 것, 미지의 화학물질을 접하게

되면, 곧 그것을 조사하려 하는 태도가 화학실험을 안전하게 행하기 위해서는 불가결하며, 이것은 교육실험의 단계로부터 점진적으로, 그리고 확실하게 몸에 익혀야만 되는 것이다. 사고가 일단 발생하여 불행하게도 인신사고가 된다면 설령 책임의 소재가 명확하게 되어 보상금이 지불된다고 하여도 가해자, 피해자 모두가 받은 심신의 상처는 보상받을 수 없는 것이다. 화학실험을 행하는 자는, 화재·폭발만이 아니고, 상해 및 중독을 일으킬 가능성도 있다는 것을 잘 인식해야만 한다. 본 지침서는 화학실험을 안전하게 행하고 소기의 목적을 이루는 데에 필요한 안전에 대한 지식을 갖추기 위해 만들어진 것으로, 우선 통독하여 실험에는 어떠한 지식이 필요한가 하는 것을 우선 알고난 후에 본 지침서를 옆에 두고 행하려고 하는 화학실험에 관련하는 사항을 참조하는 것이 좋다.

나. 실험계획과 실험중의 안전지침

(1) 화학 실험전의 안전 계획

화학실험은 강의를 듣는 것보다 재미있다고들 한다. 그러나, 단지 실험을 행하는 것만으로는 의미가 없으며 교재에 쓰여있는 것을 그대로 기계적으로 행하는 것만으로는 창조적인 활동을 하고 있다고 말하기 어렵다. 또, 실험이라는 것은 항상 잘 된다고도 할 수 없다. 그러한 때에는 어디에 원인이 있었는가를 잘 생각하여 다시 실험하는 수밖에 없다. 생각하고, 실험하고, 솔직하게 남의 의견을 잘 듣고 경험을 축적해야 한다. 실험이 실패할 때에 사고로 이어지기 쉬우며 돌이키기 어려운 것이 있으므로, 가능한한 피해야만 한다. 실험은 자기가 의도하는 점을 신속히 이루기 위하여 행하는 것이지, 신변을 위험에 처하도록 하려는 것은 아니다. 안전하게 실험을 끝내는 것이야말로 성공인 것이다. 이를 위해, 안전하게 실험을

행하기 위한 계획을 세우는 것이 중요하다. 여기서는 실험에 임하기 전에 알아두어야 할 것에 대하여 서술하기로 한다.

(가) 실험복장

실험의 성공과 안전은 실험 복장으로부터 시작된다. 이것은 또 마음가짐의 문제이기도 하다. 그다지 호느적거리지 않는 실험복 및 작업복을 올바르게 착용하지 않으면 안된다. 실험자의 소매는 꼭 매어두며, 잠깐 실험하는 정도라던가, 덥다든지, 귀찮다고 하여 평상복을 입어서는 안된다. 동작중에 복장의 일부가 실험대 위, 특히 화염이나 모터에 접촉되지 않도록 조심하지 않으면, 벡타이가 불에 붙거나, 모터의 회전축에 말려드는 것과 같은 일이 일어날 수 있다. 또한, 너무 긴 머리도 이와 같은 상황이 일어날 수가 있다. 실험실에서는 보호 안경을 미리 쓰는 습관을 붙이는 것이 좋다.

(나) 실험대의 정리

정돈된 실험을 정연하고도 엄밀하게 행하지 않으면, 좋은 결과가 얻어지지 않는다. 따라서, 실험대와 그 주변을 청결하고 깨끗이 해 놓는 것이 당연히 필요하게 된다. 또한, 기구 및 시약을 확실히 정리하고 분류해야만 한다. 이것이 혼란스러우면 실험이 불가능하다. 당장에 사용하지 않는 것까지 많이 놓여져 있고, 난잡하며 먼지투성이의 실험대를 사용하고 있는 경우는 보기 좋은 실험이 될 수 없다. 청결은 또한 실험기구에 대해서도 반드시 필요하며, 깨끗하게 세정되어, 잘 건조된 유리기구류를 사용하지 않으면 실험시에 실패하는 경우가 많다. 게다가 그 원인이 판명되기까지 상당한 시간과 수고를 요하는 일이 있다. 때에 따라서는 부착되어 있는 잔류물질에 의해 불안정물질이 생겨, 분해·폭발을 일으키는 경우도 있다. 사용후에 기구를 깨끗하게 해놓지 않아, 잔류한 물질에 의해 큰 사고에 이른 예도 많다.

(다) 실험기자재 및 시약류의 준비

실험을 실시하기 전에, 그 의미, 목적, 방법을 잘 이해하고 여기에 필요한 자재 및 기기를 모두 주의깊게 점검하고 준비한다. 이와 같은 것은 어떠한 실험에도 필요하다. 기제는 완전한 것을 선택하여, 실험도중에 부서지거나, 부족하여 곤란한 일이 생기지 않도록 배려한다. 시약에 대해서는 특별한 주의가 필요하다. 시약용기에 붙어있는 라벨을 무조건 믿고, 전혀 확인도 없이 갑자기 사용하는 것은 위험하다. 잘못 및 실수에 의한 시약의 잘못된 사용은 위험하며, 사고로 이어진다. 사용한 시약의 량도 중요하며, 실험 전에 충분히 확인해 놓을 필요가 있다.

(라) 지도자가 주의하는 것을 지키자

초심자는 실험에 관한 한, 지도자가 나타내는 주의를 절대로 지킬 필요가 있다. 그러한, 주의에는 실험자가 모를 때에도 위험에 대한 배려가 되어 있는 경우가 많고, 또한 공동실험을 전체적으로 원활하게 진행하여 무리가 없는 방법이 가능하도록 배려되어 있다. 사고를 내지 않고 싶다면, 어쨌든 지도자가 주의하는 것을 지키는 것이 현명하다. 이것은 연구실험의 초보단계에까지 필요한 마음가짐이다. 자기마음대로 쓸데없는 일을 하게 되면 생각지 못한 실수를 저지르게 된다. 실제로 장난치다가 사고를 일으키는 일이 많다. 지도자는 실험을 가르치는 교육자임과 동시에 안전을 지키는 보호자이기도 하다. 그러나, 실험자는 자기의 실험에 대한 책임이 있다는 것을 분명히 자각해야만 한다.

(마) 무리한 실험을 하지 말 것

화학실험에서는 충분히 익숙해지기 전까지는, 사고력, 주의력, 체력 등을 대부분 100%로 소모하며 행하는 경우가 많다. 그 때문에, 열중하고 있을 때면 자기도 모르게 상당히 피로해지기 마련이다. 예를 들면, 만나질 연습실험을 하고 집에 돌아가 보면 피곤하여 의욕이 상실되는 경우가 있을 수 있다. 또한, 인간이라면 그 날

은 웬지 피곤한 느낌으로 실험할 마음이 생기지 않는 경우도 있을 것이다. 이러한 때에 무리해서 강행하여도, 몸이 따르지 않던가, 실패하기 쉽기 때문에 결국 하지 않는 편보다 못할 수도 있다. 더구나, 위험을 수반하는 실험의 경우에는 무리한 실험을 원칙적으로 하지 않는 것이 좋다. 이러한 때에 사고를 일으키기 쉽기 때문이다. 실험자의 건강상태 저하와, 이에 따른 정신활동의 저하가, 실험활동에 어느 정도 영향을 주는가 하는 문제는 개념적으로는 상상할 수 있어도, 그 실태를 알기란 어렵다. 그러나, 지치거나, 마음이 동요하거나, 아주 더울 때에는 평소의 경우라면 당연히 하지 않을 실수를 무의식적으로 범하는 일이 있을 수 있다. 가능하면, 기분이 상쾌한 상태에서 실험에 임하는 것이 바람직하다. 실험에도, 급하면 돌아가라는 말이 있다. 화학실험은 물품의 제조가 아니다. 실험을 빨리 많이 하는 것, 또는 경쟁의식을 갖고 하는 것등은 능률 향상 및 연구성과와는 직접적인 관계가 없다. 실험의 성과는 행하는 시간에 정비례하는 것이 아니다.

(바) 혼자서 실험을 해서는 안된다

적어도 초보자인 경우는, 혼자서 화학실험을 하면 위험하다. 그다지 위험성이 없는 실험을 할 때에도 해당된다. 연구자가 되어 익숙해져도 앞에서 설명한 것과 같이 무리를 하거나, 서둘러 할 때, 단독실험은 위험하다. 야간에 남아 혼자서 하는 것은 가장 금기사항이다. 초심자에 대해서는, 지도자가 이것을 분명히 지시할 필요가 있다. 사고가 일어난 경우, 사고를 일으킨 당사자는 대개 의식불명인 경우가 많으므로, 응급처치를 하는 것은 주위 사람들이 대부분이다. 가끔 혼자서 있을 때에, 설령 작은 사고가 일어나도 즉시 적절한 조치를 취할 수 없고, 당황하여 사고가 보다 커지는 일이 있다. 심한 부상을 당하거나, 불에 휩싸이거나, 아니면 중독으로 쓰러지면, 그대로 사망할 가능성이 있다. 사고대책을 위한 협력은 화학실험에 있어서 아주 중요하다는 것을 인식해야 한다.

대개, 혼자서 실험을 하는 경우는 실험을 서둘러서 당황하던가, 무리하게 힘을 가하는 경우가 많아, 그다지 보통의 정신상태라고 할 수 없다. 따라서, 무리하여 지치게 되면 위험하다. 휴일 및 밤늦게까지 혼자서 실험하는 것이 근면하고 훌륭하게 보일 수도 있지만, 결코 그렇지 않다.

(사) 위험의 성질과 정도를 알자

만일 우리가 여러 가지 면에서 위험성이 있는 모든 화합물의 성질과 위험 정도를 알고 있으면, 안심할 수 있을 것이다. 화학반응에서, 어느 경우에 어떠한 위험이 있는가를 많이 아는 것은 마음 든든한 일이다. 또한, 유리의 종류와 유리기구의 취급에 습관이 들어, 어떻게 하면 부서지는가 알고 있으면 안전하다. 이와 같은 것은 가압, 감압, 열, 광선, 전기 등의 취급까지 포함하여, 이른바 “화학실험의 상식”으로 불리어진다. 그러나, 이것을 모두 “위험”이라는 입장에서부터 체계적으로 공부할 기회는 없다. 이 때문에, 반응성의 경우는 쉽지가 않다. 이와 같은 책을 읽고 지도자 및 선배의 조언을 청하여, 당면하는 실험의 위험도를 예측하고 주의하여 실험을 하는 방법밖에 없다. 모르는 것을 배우는 것은 결코 부끄러운 것이 아니다. 여기서 유의해야 할 것은 초학자는 화학방정식을 절대시하는 경향이 있다. 방정식은 최초와 결과의 일부밖에 나타내지 못하며, 도중의 반응경과에 대해서는 아무런 정보를 주지 못하다는 것을 충분히 인식할 필요가 있다.

위험성 중 화재에 대해서는, 화학실험이 화재 및 폭발을 일으키기 쉬운 물질을 사용하고, 게다가 가스버너 등 화원이 되는 것을 일상적으로 사용하고 있으므로 매우 발생하기 쉽다. 따라서, 실험을 안전하게 행하기 위해서는, 미리 물질에 적합한 안전한 가열원을 선택하여 처음부터 발화위험이 없도록 하여야 한다. 용기 내의 가연성액체 등의 연소는 용이하게 처리할 수 있지만, 부근에 가연물이 대량으로 놓여져 있어, 불이 붙으면 소화하기가 매우 힘들다. 이러한 의미에서 실험대

의 정리, 정돈이 필요하다. 용기 내에서 연소하고 있는 것을 운반하려다가 바닥에 떨어뜨리거나, 소화제를 강하게 방사하여 전도시키는 경우는 오히려 위험하게 된다. 화재는 급격하게 확대되어 제압할 수 없게 되어 버린다.

한편, 유해물질에 대하여도, 그 자리에서 중독 되어 영향을 주는 물질이라면 누구라도 주의하게 되지만, 곧장 결과를 알 수 없는 것에 대해서는 의외로 무서워하지 않게 마련이다. 장기적 흡입에 의한 만성중독의 위험도 당연히 고려해야 한다.

(아) 사고대책의 방법을 알자

이미 설명하였듯이 초심자가 실험을 시작할 때, 그 대부분은 화재 및 중독의 염려는 하지 않는다. 소화를 위한 소화기의 종류 및 보관 장소에 신경을 쓰지 않으며, 비상출구의 장소도 모르는 경우가 많다. 다소의 악취 가스가 나와도 아무렇지 않게 생각한다. 통풍의 가감, 환기 등의 상태에도 그다지 신경을 쓰지 않는다. 자기자신들의 몸을 지키는 것에 대해서는, 지도자 및 관리자의 주의가 필요하지만, 스스로 확인해 놓는 것이 요구된다. 만일 사고가 일어났을 때에는, 어떠한 상태로 되는가, 어떤 형태로 주위에 파급되는가, 어떤 방법으로 피난하는가, 화재는 주변의 소화기로 소화할 수 있는가 등을 자기 나름대로 생각해 두는 것이 중요하다. 몸은 의외로 잘 기억되어 있어, 아차 하는 순간에 반사적으로 행동할 수 있다. 이것이 생사를 가름하는 경우도 있다. 사고가 불행하게도 일어났다고 한다면, 큰 소리로 내어 도움을 청하고, 자신을 안전한 상태에 놓이게 한 다음, 다음의 조치를 강구해야 한다. 이러한 방법에 대해서도 지도자로부터 지시를 받아 놓으면 좋다.

(2) 실험중의 안전지침

다음에 실제로 실험을 하고 있을 때의 안전에 관한 주의사항을 설명하기로 한다. 한마디로 실험이라곤 하지만, 여러가지이므로 주의와 대책도 각각 당연히 다

르지만, 어떠한 경우라도 공통인 실험중의 안전지침으로서 아래의 7개 항목을 들 수 있다.

(가) 실험의 의미와 성질을 알자

앞에서 논하였듯이, 화학실험에서는 실험을 행하는 의미와 성질을 잘 이해하고 있지 않으면 안된다. 학생실험과 같은 경우, 잘 알고 있어 성공할 수 있는 성질의 것인데도 무언가 문제가 발생하는 것은 역시 이 문제의 중요함을 말하고 있는 것이다. 그리고, 일반적으로 유기화학실험을 행하는 경우가 가장 성가시다. 반응장치, 반응 스케일, 시약의 취급법과 첨가법, 반응시키는 법, 시약의 취급법, 유해물의 발생, 부반응의 발생등 요소는 상당히 복잡하다. 특히, 발열반응을 행하는 경우가 위험하므로 특별한 주의를 요한다.

(나) 기구, 장치의 조립에 유의

화학실험에는 유리기구가 필요하다. 특히, 반응을 위한 기구는 더욱 그러하다. 그러므로, 일반 실험기구에 사용되는 유리의 종류와 성질 및 좋은 유리 기구와 나쁜 유리기구를 식별하는 것은 초심자에게도 필요하다. 또한, 유리관 및 온도계 등을 이용하여, 측정장치와 반응장치를 조립할 때의 주의 및 사용할 마개를 고무마개로 할 것인가, 코르크 마개로 할 것인가 등의 사소한 것들은 지도서만으로 알 수 없는 경우가 있다. 사용할 기구를 주의해서 정리하고, 완전한 장치를 만들지 않으면, 실험 중에 뜻하지 않은 장애가 일어나 난처하게 되는 경우가 있어 위험하다. 특히, 반응 플라스크에 있는 작은 상처는 그냥 넘겨버리기 쉬우므로 조심한다.

실험에 적합한 기구의 선택 방법은 지도서 내에 모든 사항이 포함되어 있을 리가 없으므로, 스스로 생각하거나 상담하여 정하도록 한다. 합성실험 등에서 액이 계속 가해져 최대량이 되어도 괜찮은가, 또는 심하게 섞어 저어도 괜찮은가, 특히

격렬한 반응이 일어나는 경우는 발포하는 경우도 고려해야 한다. 증류의 추출에도 용기의 크기를 선택해야 한다.

다음에 장치 전체의 조립은 우선 그 안정성에 주의한다. 과하게 섞어 저울 필요가 있는 경우는 그 진동으로 크램프 등이 느슨해지거나, 전체가 쓰러지지 않도록 한다. 또, 유리 기구류에 변형 응력이 가해지지 않도록 하지 않으면, 실험 중에 부서지는 경우가 있으므로 주의해야 한다. 가압 및 감압 실험은, 취급 주의를 잘 숙지해 놓지 않으면 위험하다. 보통의 실험에서는 일어나지 않는 사고가 일어나기 때문이다. 실험장치는 한군데라도 불완전하면 실패하며, 위험하다는 것을 알아두어야 한다.

(다) 침착하고 성실하게

실험은 어떠한 경우에도 침착하고 성실하게 임해야 한다. 화학실험은 침착하고 성실한 인간에게 적합하다. 급하게 서두르거나 당황하면 자주 실패하게 된다. 이것은 초심자보다도 다소 능숙한 사람에게 필요한 것이다. 실험에 습관이 들면 그 요점과 방법을 자연스럽게 알 수 있게 되어, 필요 없는 일에 신경질적으로 되거나 시간을 다투어 하는 일이 없어진다. 그러나, 이것은 실험에서 손을 떼는 것과는 별개의 문제이다. 손을 떼다고 하는 것은, 귀찮아하거나 실험을 알본다는 증거이다. 이 때문에 다소 익숙해진 다음에 일어나는 사고는 의외로 많다. 손을 떼는 원인중 하나는 건강상태의 불량을 들 수 있다. 본인은 진지하게 할 의사가 있는데도 몸이 불편하여 실험을 적당히 하는 경우가 있으므로 평소 건강에 유의할 필요가 있다. 또한, 몸의 상태가 너무 좋지 않는 경우는 실험을 중지해야 한다. 실험 중에는 옆에서 실험경과를 잘 관찰해야만 한다. 특히, 반응을 시키고 있을 때에는 옆에서 잘 관찰하지 않으면 실패한다. 다른 사람과 이야기 나누는 것도 좋지 않다. 일반적으로 반응의 상황을 관찰하는 경우, 플라스크를 위에서 들여다보

거나, 드래프트에 머리를 넣고 보는 것도 위험이다.

(라) 다른 사람의 실험에도 신경을 쓰자

화학실험실은 학문의 장소이며, 공동의 장소이다. 실험자는 항상 정확한 에티켓을 지켜, 가능한 한 팀워크를 살려야 한다. 혼자서 하고 있을 때에는 아무 일도 없이 끝난 것 같지만, 여러 명이 하고 있기 때문에 일어나는 사고가 있다. 유독가스, 악취가스를 방출하고도 아무렇지 않게 있거나, 인화성물질을 취급하고 있는데도 버너에 불을 붙이고, 부주의로 주위에 물을 뿌리는 것은 모두 좋지 않다. 유화수소를 발생시키며 실험하고 있거나, 실험자가 냄새난다고 생각하면서 그 사이에 중독 되어 쓰러진 웃지 못할 예도 있다.

(마) 가열과 냉각의 상식

가열과 냉각은, 화학실험에 빈번하게 이용되는 일상의 조작이다. 여기에도, 의외로 생각이 미치지 못해 실패하는 맹점이 있다. 가열하는 경우의 근본적인 원칙으로서 다음의 4가지를 들 수 있다. ① 급격하게 가열해서는 안된다. ② 필요한 만큼의 최소한도로 가열한다. ③ 적절한 장치와 방법으로 가열한다. ④ 일반적으로 밀폐된 장치를 가열해서는 안된다. 가열하는 경우는 대상이 유리기구인 경우가 많다. 그것은 경질유리라도 급격히 가열하면 파손하여 실험이 되지 않는 일이 있다. 반응을 시키는 경우의 가열은, 완만하게 하여야 한다. 무턱대고 강하게 가열하면 반응의 제어가 되지 않아 과열의 위험이 있다. 또한, 불필요한 부분을 너무 가열하여도 하나도 좋을 것이 없다. 밀폐된 반응장치를 가열하면, 파열한다. 이 경우는 오토크레이프 등과 같이, 그에 상당한 장치가 필요하다. 유리 튜를 가열할 때에는, 그 부분에 액적이 붙어 있지 않는 것(충분히 건조하여 있음)을 확인할 필요가 있다. 실험이 시작되고나서 장치가 부서지는 것은 위험하다. 실험에서 행하는 냉각에는 증기를 냉각하여 액체로 하기 위한 것과 물질 자체를 냉각하는

경우 등 두 가지가 있다. 냉각의 목적을 잊고, 상식대로 행하지 않으면 위험하다. 전자에서는, 증류시의 냉각, 반응시의 환류 등이 주된 것이다. 이 경우, 냉각기가 너무 작아 증기가 충분히 냉각되지 않고 방출되지 않도록 하는 것과, 냉각기에 적량의 물이 흐르는 것을 확인하지 않으면 위험하다.

(바) 폐기물의 처리

화학실험실에서는 의외로 위험이 잠재하고 있어, 대개의 실험실에서는 쓰레기상자와 실제의 폐기물을 버리는 용기가 따로 준비되어 있다. 폐기물은 위험성에 의한 구분에 따라 지정된 용기에 반드시 넣는다. 용기가 가득 차게 되면 이제까지 지정된 장소에서 적당한 처리를 하여 무해 화시켜야만 한다. 약품을 실험에 사용한 후, 유해성을 없애기까지 실험자의 책임이라고 생각하지 않으면 안된다.

(사) 책임을 갖고 실험 후 폐기 처리한다.

하나의 실험을 끝낸 후, 그 뒤 폐기 처리하는 것은 상식이다. 또한, 하루의 실험을 끝내면 폐기처리하고 돌아가도록 한다. 이 경우는, 안전을 확인하는 것이 중요하다. 이것은 “청결, 정돈, 분류”와 “주도면밀한 준비”의 마음가짐에 그대로 이어지는 것이다. 실험을 도중에서 끝내고 돌아갈 때에, 주의해야만 할 것은 냉각수이다. 환류, 증류 등의 냉각수를 흐르는 채로 두면, 야간에 수압 등이 상승하여 고무관이 벗겨져 홍수가 되는 경우가 있다. 아스피레이터를 계속 틀어 두는 것도 곤란하다. 물을 사용한 다음에 잠그지 않아 생기는 홍수는 의외로 많다. 실험에 사용한 가스, 전기사용의 뒤처리를 잘 하고 돌아가는 것이 상식이다. 가스에는 버너 자신, 가스관을 연결한 콕크, 방전체의 밸브등 2단계의 점검이 있다는 것을 알 필요가 있다. 이것을 잊으면 안된다. 전기기구도 대개 3단계로 나눌 수 있다. 실험 뒤의 처리는 본래 실험자의 책임이다.

다. 화학실험실의 관리

화학실험실의 안전관리에 대해서는, 실험실 내외의 양면으로 생각해야만 한다. 실험실내부에 관한 사항은, 실험자를 둘러싸고 있는 실험실 환경의 안전문제이며, 실험 계획 및 안전설비와 깊은 관련이 있다. 실험실과 외부의 관계에 대해서는, 실험실로부터 배출된 물질이 외부 환경에 미치는 영향, 폭발, 화재, 상해 등의 사고발생시에 있어서 외부와의 파급과 협력체제의 문제, 더욱이 실험실에서의 침입 및 약품의 반출 금지에 이르기까지, 보안에 관한 문제를 포함하고 있다.

(1) 실험실 환경의 관리

고교 이하의 학교에서의 실험 및 대학에서의 실험에서는 약품의 종류 및 그 양은 대체로 결정되어 있어 실험계획의 단계에서 충분히 배려하면, 관리는 비교적 용이하다. 그 반면, 하나의 실험대에 교대 실험자가 있고, 실험기술이 미숙한 자가 많기 때문에 지도자의 적절한 지시, 관리가 중요하게 된다. 대학에서 학생의 졸업실험 및 대학원, 연구소등에서의 화학관계 실험은, 상기교육실험과는 다른 안전관리가 필요하다. 그것은 이미 미지의 위험성을 포함한 조작이 행하여지고 있기 때문이다. 일반적으로, 취급하는 양이 적어도, 물질의 종류는 많아 그 위험성도 복잡하다. 하나의 물질이 발화, 폭발성을 갖는 것과 동시에 신체에 대한 유해성도 무시할 수 없는 경우가 많다. 또한, 연구실험에서는, 온도, 압력 등이 통상의 것보다 현저하게 가혹한 조건하에서 물질을 취급하는 일이 많다. 고온, 고압의 위험성의 극한에 가까운 조건하에서 물질은 생각지도 못한 반응을 일으키는 일이 있어, 제어할 수 없는 상태로 되는 경우가 있다는 것을 고려해야만 한다.

(가) 환기

화학실험실의 환경을 지키는 가장 중요한 조건의 하나로서 환기가 있다. 근본적으로는 건축 단계부터 환기 등의 안전을 배려할 필요가 있다. 현실적으로는 실험실에서 가능한 한, 이상적인 환기를 행하여, 양호한 환경을 얻도록 노력하는 데에 머무르는 일이 많다. 환기에는, 방 전체의 환기(일반환기)와 국소환기가 있다. 전자에는 창·의 개방에 의한 자연환기 이외에 천장 또는 바닥 근처에 환기팬을 설치하는 강제환기법이 있는데, 공기중의 유해물 농도를 낮게 하는 효과밖에 없다. 실험의 종류 및 취급하는 물질의 독성 정도에 따르면, 후자의 배기 및 후드를 사용하는 국소환기에 의해야만 한다. 이것이 불완전하면, 유해물질이 방 전체를 오염시킨다. 이상적인 것은, 실험대 그 자체를 배기 형식으로 하는 것이 바람직하다. 적어도, 대 실험실에는 수개의 배기장치가 있어야만 한다.

실험실에 따라서는 창가에 수개의 환기팬을 설치하여 강제환기를 하고 있는 것을 많이 볼 수 있는데, 이것은 공기의 통풍구를 만들어 놓지 않으면, 방의 공기를 섞는 것에 불과하다. 또한, 실험자의 얼굴 쪽으로 향하여 배기시키므로 이상적이라고 하기 어려우며, 그다지 과신하지 않는 것이 좋다. 일반 고교의 화학실험에서는 수십 인의 실험자에 대하여 배기장치는 대개 한 개이며, 그다지 효과적으로 이용되지 못하고 있다. 예를 들면, 양이온 분석 실험에서는 유화수소의 발생장치는 배기장치 내에 놓지만, 증발 건조고체 및 유화수소를 제거하기 위한 가열은 아무런 배기장치도 없는 실험대에서 행하는 상황에 있다. 그래서, 배기장치를 사용하면서, 방 전체의 환기를 행하는 방법이 실시되고 있다. 이것은 좋을 것 같지만, 배기장치의 기능을 저하시키고, 때에 따라서는 배기장치로부터 실험실내에 유독가스가 역류하는 일이 있어 역효과를 초래한다. 배기장치 근처에 있는 실험자는 오염된 공기를 마시게 되므로 중독 증상이 나타나는 일이 있다. 이와 같이, 전체의 환기에 의존할 수밖에 없는 실험실에서는, 실험 내용 및 유해물질의 생성량으로부터

터 약품사용량을 제한한다던가, 각 실험마다 흡수제를 사용하는 등의 방법이 필요할 것이다. 유화수소 대신에 티오아세트아미드를 사용하거나 염소의 성질을 조사하는 실험에서 염소의 포집 및 발생용기의 세정까지를 실외에서 행하는 등의 방법을 강구하면 좋다. 많은 유해물질에는 특유의 냄새가 있어, 이것을 느끼는 한계치는 허용농도보다 작으므로, 실험실을 냄새가 나지 않도록 하는 것도 하나의 방법이다. 단, 염소, 사염화탄소, 포스젠, 벤젠 등은 냄새를 느끼는 농도보다 허용농도가 작으므로 주의가 필요하다.

실험실의 설계가 잘 되어 있고, 설비가 아무리 좋아도, 그것이 정상적으로 유지되지 않으면 아무것도 되지 않는다. 점검, 보수 등을 정기적으로 행하고, 그 보수에 신경을 써야만 한다.

시약저장고와 같이, 사람의 출입이 적은, 그러나 용적이 작은 방은 전체환기를 위해 환기팬을 설치하는 것이 좋다. 실내에 폭발한계내 농도의 가연성 증기가 생길 위험이 있는 경우는, 환기팬, 모터 등은 반드시 방폭형으로 해야 한다.

(나) 바닥

실험실의 바닥종류는 목조바닥, 몰타르 칠, 도자기제 타일, 및 아스팔트, 리노륨, 플라스틱 등의 시트 타일이 있다. 목조바닥은 따뜻한 느낌이 있으며, 비용도 비교적 싸지만, 방수, 방화, 내약품성 등에서 성능이 뒤진다. 낡은 목조바닥에는 금속수은이 바닥의 틈으로 들어가, 실험자의 건강을 해치는 예가 있다. 몰타르 칠 및 그 밖의 바닥은 대체로 적당하다고 할 수 있다. 몰타르 칠은 균열이 생기기 쉽다. 또한, 도자기제 타일과 같이 너무 단단하여 감각상 다소 문제가 있다. 바닥에 유리기구를 떨어뜨리면 확실히 부서진다. 아스팔트 계는 내유성이 떨어진다. 리노륨계는 내열성, 내유성에 우수하지만, 다소 알칼리성에 약하다. 비닐계는 내유성, 내알칼리성이 우수하지만 열에 약한 결점이 있다.

실험자 신체에서의 정전기의 발생, 축적은 바닥 및 대기가 건조한 경우에 자주 보이는 위험이다. 특히, 플라스틱 바닥의 경우는 옷의 종류에 따라 대전이 현저하다. 새 건물에서는 수도관의 대부분이 비닐 관인데, 접지 하는 것이 부적당하다. 한편, 가스 배관은 금속으로 여기에 접지 하는 것은 대단히 위험하다. 젖은 바닥은 미끄러지기 쉬우며, 내수성의 바닥재료에서는 그러한 것이 한층 심하다. 유리 기구 및 시약을 든 채, 넘어지는 예도 있다.

(다) 실험대 등의 배치원칙

실험내용 및 작업자의 수, 그 실험기량에 의해 능률 좋게 실험할 수 있도록 고려해야 한다. 작업능률이 좋다고 하는 것은, 그대로 안전성으로 이어지는 문제이다. 거기에는 실험실의 평면 계획, 가구 및 설비의 배치를 포함하고 있다. 실험실은 충분히 넓어야만 하며, 좁은 공간에 많은 물건이나 사람이 있는 것은 사고의 원인이 되기 쉽다. 또한, 불시에 재해가 확대될 수 있다. 실험대, 연구책상, 약품 및 기구의 수납 선반, 안전설비, 통로, 출입구 등을 적정하게 배치하는 것이야말로 안전인 것이다. 실험대 상호간, 실험대와 저장선반, 연구용 사이의 통로는 120cm 이상의 충분한 폭이 필요하다. 또한, 피난을 위해 이들 통로는 2개소 이상 있는 출입구의 어느 한쪽에 통하도록 되어 있어야만 한다. 출입구 근처에는 충분히 넓은 공간이 있어 방해물이 놓여 있지 않도록 한다. 여는 방향은 반드시 피난 방향, 즉 안에서 밖으로 한다. 실험실의 시약저장은 가능한 한 소량으로 한다. 그러나, 저장 공간은 충분히 잡아 놓을 필요가 있다. 고교 이하의 학교에서는, 시약 저장 공간이 설계시에 전혀 고려되어 있지 않은 것 같은 준비실, 실험실을 볼 수 있다. 좁은 장소에 시약을 쌓아 놓는 등 매우 위험하다. 시약은 적어도 선반 전면에 5 cm 이상의 고정판을 설치하고 벽 등에 이것을 고정해야 한다.

(4) 화기관리

화학실험실에서는 반드시라고 해도 좋을 정도로 가스 버너를 사용한다. 가연성가스나 액체가 근처에 있으면 즉각 화재폭발로 이어질 위험한 화기이다. 실제로 간접적이라도 인화성액체를 가스버너로 가열하는 것이 드물지는 않다. 사고가 일어나지 않는 것은, 가끔 위험물이 용기 중에 안전하게 수납되어 있던가, 가스 및 증기의 누설이 있어도 극히 미량이기 때문에 발화하는 농도가 되어 있지 않기 때문이며, 결코 실험실이 안전하다는 것이 아니다. 따라서, 실험실에 있어서 화기관리는 매우 중요한 것이다. 화기는 버너에 한하지 않고, 전기히터, 전기건조기, 전기로, 난방기, 브러시형의 소형모터 등 여러 가지를 들 수 있다. 화학실험실에서는 금연해야 한다. 다른 큰 화원의 사용을 허가해 놓으면서 담배를 금지하여도 무의미하다고 생각할 지 모르지만, 그렇지는 않다. 위에서 나열한 화기는 사용할 수 밖에 없는 것으로 인정하고 있는 것이며, 실험에 불필요한 담배는 인정할 필요가 없다. 또한, 상기의 화기는 사용장소가 고정되어 있으므로 관리가 용이하지만, 담배는 이동 화원으로서 관리가 매우 곤란하다. 실험실에 여분의 위험을 들고 오는 것은 당연히 금지해야 할 것이다.

(5) 급수·배수

배수관은 경질염화비닐이 많이 사용되고 있는데, 여기에는 결코 수온을 흘려서는 안된다. 수온증기에 의한 영향이 있을 염려가 있다. 납관의 경우는 동염 및 은염에도 침식된다. 배수관은 오랜 시간 동안 사용하면 강도가 저하하거나 부식하기도 하여 막히기 때문에 교환할 수 밖에 없다. 피트를 설치하여 배관부를 알 수 있도록 해 놓는 것이 편리하다.

바닥에 물을 흘리거나, 단수 때에 콘덴서의 수도 콕크를 닫아 두는 것을 잊어버려 수도가 공급되면 수압이 상승하여 고무가 벗겨져서 물이 넘쳐 흐르는 것은 자주 있는 일이다. 이 때문에 바닥에 배수공을 설치해 놓으면 좋다. 이 경우, 배

수구에의 경사에 주의하여야 하며 전기 배관과 접하고 있지 않은지를 확인할 필요가 있다.

(2) 보안관리체제

사고방지의 지식을 아무리 갖추어도, 또한 충분한 주의를 기울여도 실험자의 주의 및 노력에는 한도가 있어, 개인적인 응급법에는 한계가 있기 마련이다. 조직 차원에서의 안전대책을 세운 운영을 하지 않으면 실험실의 안전은 충분히 유지되지 않는다. 최근, 공해방지의 관점에서 폐기물 처리와 관련하여 많은 연구소와 대학에서 관리체제가 정비되고 있다. 실험실의 통상적인 관리에 있어서 안전은 공통된 것이지만, 실험실에서의 일은 별개이므로 조직화되어 있는 곳이 적은 실정이다.

라. 응급조치

(1) 호흡정지

환자가 바닥에 의식을 잃고 호흡이 정지된 경우 당장 인공호흡을 해야 하는데 구강대 구강법이 가장 효과가 있다. 주변의 도움을 청하기 전에 환자를 먼저 소생시키도록 노력해야 한다.

(2) 심한 출혈

심한 출혈을 할 때에는 패드나 천으로 눌러서 지혈할 수 있다. 천은 깨끗할수록 좋지만 위급할 때에는 의류를 잘라 사용하도록 한다. 쇼크를 피하기 위해서 상처부위를 감싸고 즉시 응급실에 연락하여 응급요원을 부르도록 한다. 환자는 편안하게 누이고, 피가 흐르는 부위는 신체의 다른 부분보다 높게 하고 계속 누르

고 있도록 하며 지혈대는 쓰지 않는다.

(3) 화상

경미한 화상은 얼음이나 냉수로 화상부위를 식히도록 한다. 옷에 불이 붙었을 경우에는 환자를 마루에 누워 구르게 하거나 근처에 소방담요가 있다면 덮어싸도록 하고 절대로 비상샤워로 가기 위해 뛰게 해서는 안된다. 불을 끄기 위해서 사람을 향해서 소화기를 사용하면 안된다. 불을 끈 후에는 화학물질에 오염된 옷을 벗고 비상샤워기에서 샤워를 하도록 한다. 상처부위를 씻고 열을 없애기 위해서 수돗물에 상처 부위를 담그도록 한다. 그리고 상처부위를 깨끗이 하고 얼음주머니로 상처부위를 적시고 충격을 받지 않도록 감싸준다.

(4) 화학물질에 의한 화상

화학물질이 묻거나 화상을 입었을 경우에는 즉각 물로 씻도록 한다. 화학물질에 의하여 오염된 모든 의류는 제거하고 물로써 씻어내도록 한다. 눈에 들어갔을 경우에는 흐르는 물에 15분이상 깨끗이 씻고, 즉각 도움을 청하도록 한다. 몸에 묻었을 경우에도 수돗물에 15분 이상 씻어내고 전문의의 도움을 받도록 한다. 많은 부분이 묻었다면 구급차를 부르도록 한다. 위급한 경우에는 비상샤워기, 수도 등을 이용한다. 보안경을 끼고 있었을 때 화학물질이 튀었다면, 시약이 묻은 부위는 깨끗이 세척하고 사용하도록 한다.

(5) 외상

외상쇼크의 경우 일반적인 증상은 춥고 한기를 느끼며 창백하고 혼수상태로 된다. 재해의 성격이 분명하지 않다면 환자를 따뜻하게 하여 편안하게 눕힌 뒤 응급실에 연락하여 환자를 병원으로 이송시키도록 한다.

2. 실험실의 안전설비

가. 방재설비

(1) 건물

실험실 및 약품저장소에서, 건물은 내진내화구조로 해야 한다. 그러한 의미에서, 철근 또는 철골구조 콘크리트조가 적당하다. 콘크리트 블록조의 건물은 여기에 비하면 강도는 떨어지지만 일반 소규모의 시약저장소 등에서는 적합하다.

화학실험실은 적어도 간이내화구조로 하는 것이 좋고, 될 수 있으면 내화구조로 하는 것이 좋다. 즉, 철근 콘크리트조, 철골철근 콘크리트조, 콘크리트 블록조로 하는 것이 좋다. 외벽이 내화구조, 지붕이 불연재료이거나, 기둥 및 지붕이 불연재료, 벽 및 바닥이 불연 또는 준불연재료로 만들어진 것을 간이내화구조라고 하는데, 내장에 대하여는 아무런 제한이 없다. 이 구조는 주위의 연소에 대하여는 상당히 보호되어 있는데, 건물자체에서 화재가 발생한 경우에는 연소가 확대되기 쉬운 구조이다. 화학실험실은 내부에서 불을 낼 위험이 있으므로 내화구조로 하는 것이 좋다.

화재가 발생하였을 경우, 건물의 일부로 그치게 하고 전체가 연소되지 않도록 하기 위하여, 건물에는 방화구획을 설치할 필요가 있다. 방화구획은 수평방향과 수직방향 모두 생각해야만 한다. 수직방향에는 바닥슬라브를 내화구조로 할 것, 또 계단이 재해확대에 커다란 역할을 하므로, 이것을 방화로 등에서 건물의 다른 부분으로부터 격리하는 것이 좋다. 창으로 화염이 분출되고, 위층으로 연소하는 것을 방지하기 위하여 설치하는 것이 보다 유리하다. 실험실은 건축기준법에서 규정되어 있는 방화구획의 기준을 상회하는 방화구획을 만드는 것이 바람직하다. 즉, 각 실의 격벽은 반드시 내화구조로 하고, 다른 방으로 연소하지 않도록 방화구

획을 만들어야만 한다. 만일의 화재·폭발에 대비하여 출입구는 반드시 2개소를 설치한다. 실내로부터 복도, 또한 옥외에의 흐름 중에서, 어디엔가 1개소라도 흐름을 멈추게 하는 곳이 있으면, 그것은 안전한 피난로라고 할 수 없다. 즉, 실험실의 문은 밖에서 열 수 있게 하고, 복도 및 통로가 좁게 되지 않도록 한다. 학교에서는 건물의 끝쪽을 실험실에 사용하고 있는 경우가 많은데, 피난로가 갖추어지지 않은 것이 많으므로 주의할 필요가 있다. 좁은 길이 되는 경우는 비상계단, 피난사다리 등을 준비하는 등의 배려가 필요하다.

(2) 실험실내의 안전 및 방재설비

(가) 세안기

통상의 실험활동에 있어서, 시약액이 튀 수가 있으므로 세안이 필요한 경우가 많다. 특히, 미숙한 실험자가 많이 활동하는 실험실에서는, 세안을 손쉽게 할 수 있도록 해 놓는 것이 필요하다. 세안기가 있으면 이상적이지만 없을 경우에는 수도꼭지의 입구를 위로 향하게 하여도 좋다. 그러나, 이 때에는 유량을 적게 하지 않으면 수압 때문에 눈에 자극을 주므로 주의해야 한다.

(나) 안전샤워

시약액을 신체에 대량으로 맞은 경우나 의복에 불이 붙은 경우를 위해 안전샤워를 설치해야 할 것이다. 비상용으로서 실험실의 구석 및 복도 등에 갖추어 놓고 필요한 때에 끌어다 쓸 수 있도록 하는 것이 급할 때에 도움이 된다. 비상용이므로 배수에 대해서는 특히 완전하지 않아도 지장이 없다.

(다) 방폭전기 기기

가연성가스 및 인화성액체의 취급장소에서는 약간의 전기불꽃이 점화원이 되어 화재나 폭발을 일으키는 일이 있다. 또한, 가연성고체 분진이 존재하는 장소에서도 동일한 위험이 있다. 이들 가스, 증기위험장소 및 분진위험장소에서 사용하는 전기기기는 불꽃을 발하여도 점화원이 되지 않도록 만들어진 것이어야 한다. 일반적으로 실험실에서 사용되는 전기기기는 다음의 점에서 위험성이 있으며, 위에서 설명한 가연성가스 및 증기와 접촉하는 장소에서는 위험한 점화원이 될 위험이 있으므로 방폭형으로 해야 한다.

- ① 정상적인 운전조작 중에 불꽃을 발하는 것 : 개폐기, 제어기, 정류자, 슬립 링 등.
- ② 과부하 전류가 생길 때에 불꽃 또는 아크를 발생할 위험이 있는 것 : 휴즈 차단기, 과부하계전기 등.
- ③ 일반적으로는 불꽃을 발할 위험이 없지만, 고장 또는 파손이 일어 났을 때에 불꽃을 발하는 것 : 모터 또는 변압기의 권선, 마그네트 코일, 전등 등
- ④ 일반적으로 고온이 되어, 여기에 접하는 가스 또는 증기의 발화온도에 달할 위험이 있는 것 : 일부 전등, 저항기 등

(라) 소화기

소화기에 충전되어 있는 소화제의 성질은 다음과 같다.

- ① 물 : 어디에나 풍부하게 있고, 냉각 능력이 큰 우수한 소화제이다. 더우기 독성은 전혀 없다. 극소량의 용제가 연소하고 있는 정도라면 대량의 물을 뿌리면 소화할 수 있다. 석유스토브의 화재에도 대량의 물이 매우 유효하다. 그러나, 물은 파손이 크고 저온에 약한 결점이 있다.
- ② 산-알카리 : 소화기로부터 물을 방사하기 위한 것으로, 성질은 물과 거의

동일하다. 약액에 의한 부식의 위험이 있지만, 물보다는 저온에 강하다.

- ③ 강화액 : 물에 무기염을 가한 것으로, 물보다 한층 효과가 크다. 저온에도 비교적 강하다.
- ④ 거품 : 물도 거품상으로 하면 유면을 피복할 수 있고, 소화가 가능하다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 비중이 작고, 유동성이 커야 하고 고온 안정성 등이 요구된다. 소화기용은 화확포라 불리는 것으로, 소화시 다음의 반응으로 거품을 만든다.



보존성이 떨어지고, 매년 약액을 교환할 필요가 있다. 소화후의 오염이 크다고 하는 것이 결점이다.

- ⑤ 이산화탄소 : 액화탄산의 형태로 충전되어 있어, 소화에 있어서는 회석작용과 냉각작용이 모두 작용한다. 무색, 무취의 기체가 소화한 뒤에는 아무것도 잔류하지 않으며, 주위 물건을 더럽힐 위험은 없다. 실험실의 소규모 액체화재, 전기화재에 적합하다. 그러나, 통풍이 좋은 장소에서는 효과가 저하된다. 또한, 밀폐된 곳에 방사할 때에는 인간의 질식을 고려해야만 한다.
- ⑥ 할로겐화물 : 이 소화제는 비점이 낮고 증발하기 쉽다. 증기는 불연성으로 무겁고, 게다가 강력한 화학적 연소억제작용을 갖고 있다. 소화 능력은 크고, 소화후의 더러움도 없다. 저온시에도 사용가능하며, 전기화재도 잘 소화시킨다. 그러나, 밀폐장소에서의 사용은 피하는 것이 좋다. 알칼리 금속화재에는 적합하지 않다. 오히려 폭발적 반응을 나타내며 위험하다. 가연성액체 화재 등의 실험실에 적합한 소화제이다.

⑦ 분말 : 드라이케미컬이라고도 하며, 현재 사용되고 있는 것은, 탄산수소나트륨, 또는 칼륨, 인산 이수소암모늄 미분말이다. 전의 두가지는 가연성 액체 화재용이며, 후자는 일반화재에도 사용할 수 있다. 소화효력이 크며, 봄베로부터 분출한 가연성가스의 화재도 뒤로부터 가스에 실리듯이 방사하면 쉽게 소화할 수 있다. 전기화재에도 사용 가능하다. 그러나, 방사 후 분말에 의한 오염이 있어 방치하면 공기중의 수분 때문에 끈적거리게 되어 금속의 부식을 촉진한다. 이 소화제는 냉각효과가 없으므로, 용기 등이 고열로 되면, 액체연료화재를 소화하여도 재연소할 가능성이 있다.

일반적으로 소화에 있어서 화재의 크기에 맞는 능력을 갖는 소화량을 사용해야 하며 소화기술의 문제도 있으므로, 실험실에서는 큰 소화량을 준비해야 한다. 화재가 커서 가지고 있는 1대의 소화기로 소화할 수 없을 때에는, 가능한 한 많은 소화기를 모아 한 번에 방사해야 한다. 면밀하게 방사하여도 효과는 기대할 수 없다. 소화할 수 있는 것까지 소화할 수 없는 경우도 있다. 소화는 훈련이 중요하며, 사용법을 전혀 모르면 소화기가 있어도 전혀 도움이 되지 않는다. 포말소화기의약품교환시기 등을 이용하여 훈련을 하면 좋다.

나. 시약 저장시설

실험실에서 취급하는 용제, 시약류는 대부분이 발화성, 인화성, 폭발성, 부식성, 유독성 등의 위험성을 갖고 있다. 소방법에서는 그 위험성에 따라 위험물을 분류하여 그 양을 규제하고 있다. 특수인화물은 에테르, 이유화탄소 및 코로지온 외에 20℃에서 액상이라도 착화온도가 100℃ 이하인 것, 또는 인화점이 -20℃ 이하에서 비점이 40℃ 이하의 것(상기 이외에 아세트알데히드, 산화프로필렌, 알킬알미늄 등)이 있다. 이와 동일한 것으로 알콜류가 있다. 지정수량을 넘어 저장하는 경우

는 소방법의 규정에 따라 위험물저장고에 보관하고, 위험물취급 담당자에게 관리하도록 해야한다. 각 실험실에는 지정수량의 0.2배 미만으로 유지하도록 한다. 제일류 강산화성고체는 다른 종류 어느것 보다는 혼합폭발의 위험이 있다. 그러므로, 다른 것과는 나누어 보관하지 않으면 안된다. 일반적으로 다른 종류와의 혼합은 위험하며, 저장, 운반모두 혼합을 피하여 행하는 것이 중요하다. 연구실 및 실험실에는 적게 나뉘어진 시약이 선반에 놓여져 있는데, 이 경우도 각종의 약품이 혼재하지 않도록 분류를 강구하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 무기물질은 음이온별, 유기물은 관능기별로 정리하던가, 또는, 가나다 순으로 정리해 놓으면 산화성물질이 자연스럽게 되어 정돈하기 좋다.

제 2 장 발화성 및 금수성물질

1. 발화성 물질

발화성 물질이라는 것은, 공기에 접촉하면 자연적으로 발화하는 알킬알루미늄 및 발화온도가 낮기 때문에 실온의 공기중에서 발화하는 황인과 같은 것을 가리킨다. 이 물질의 대부분은 물과의 접촉에 의해서도 발화하므로 금수성물질이기도 하다. 발화성물질을 안전하게 저장하고 취급하기 위해서는 다음의 주의사항을 지켜야 한다.

- ① 공기와 직접 접촉시키지 않도록 한다. 이를 위해 알킬알루미늄과 같이, 불활성가스 분위기에 계속 놓아 두던가, 황인과 같이 수중에 저장하는 등의 수단을 취할 필요가 있다
- ② 물질에 따라서는 위에서 설명한 것과 같이, 물과 반응하는 것이 많으므로, 이 성질을 갖는 것들은 물과의 접촉을 피할 필요가 있다.
- ③ 저장할 때에는 다른 물질과 격리한다.
- ④ 반응을 행할 때에는 계외에 누설되는 일이 없도록 한다.
- ⑤ 손 등에 접촉하면 화상을 일으키므로 절대 피부에 접촉하지 않도록 한다.

2. 금수성물질

금수성물질은 다음 4가지 중 어느 한쪽의 성질을 갖고 있다.

- ① 물과 만나면 가연성가스를 발생하면서 반응열을 내어 곧 발화하는 것. 예를 들면, 금속나트륨은 물을 만나면 수소를 발생하여 곧 발화하고, 이어서

나트륨 자신이 연소한다. 이것은 공기중의 수분과도 반응하므로 석유중에 보관한다.

② 물과 만나면 가연성가스를 발생하고, 동시에 발열하지만, 발화에는 이르지 않는 것. 예를 들면, 칼슘카바이드는 아세틸렌가스를 발생하지만 보통은 발화하지 않는다.

③ 물을 만나면, 유독가스를 발생하는 것. 예를 들면, 인화 칼슘은 물을 만나면, 유독 호스편을 내는데, 이것은 공기와 접촉하면 발화한다.

④ 물을 만나면 발열하지만, 가스도 내지 않고, 자신도 발화하지 않는 것. 예를 들면, 생석회는 물을 발열하는 것만이다. 단, 부근에 유기물 등이 있으면, 열의 축적에 의해 발화시키는 것도 있다.

금수성물질은 안전을 위해서는 직접 물에 접촉하지 않도록 하는 것이 절대 필요하며, 저장·수송에 있어서는 공기중의 수분과의 반응도 생각하여 나트륨과 같이 석유 중에 넣어, 다른 시약류와 격리하는 등의 방법을 취해야 한다.

3. 기타 발화성물질

가. 발화 조건

물질이 실온 또는 고온의 분위기에서 자연발열하고, 그 열이 물질내부에 축적되어 온도가 상승하므로, 결국 발화에 이르는 현상을 자연발화(spontaneous ignition), 또는 열발화(thermal ignition)라고 한다. 비록 처음에는 미세한 발열이라도 열이 공기중으로 달아나지 못하고 축적이 되면, 온도는 상승하고, 이 때문에 발열속도는 빨라져 온도상승이 반복되어 발화점 이상으로 이르게 된다. 따라서, 보통으로는 생각할 수 없는 물질이라도 자연발화 또는 열발화를 일으키는 경우가

있다. 산화반응, 분해반응 등으로 발열하는 물질은 어느 것이라도 원리적으로는 이와 같은 가능성을 갖는다고 생각해야 한다.

자연(열)발화에 관하여, 물질이 발화하는가의 한계는, Frank-Kamenetskii에 의해 다음과 같이 주어진다.

$$\delta_c = \frac{QAa^2E}{\lambda RT_a^2} \exp\left(-\frac{E}{RT_a}\right) \quad (2.6)$$

여기서 δ_c 는 한계 매개변수로, 시료가 무한원통일 때 2.00을 취한다. 또한, Q는 반응열, A는 반응 빈도인자, E는 활성화에너지, λ 는 열전도열, R은 기체정수, T_a 는 분위기온도, 그리고 a는 시료의 반경이다.

따라서, 반응열, 반응 빈도인자가 클수록, 또한 열전도열이 작을수록 발화하기 쉽다는 것을 알 수 있다. 시료 크기의 제곱에 비례한다. 활성화에너지와 분위기온도는 지수항 쪽이 영향을 주므로, 전자는 작고, 후자는 높을수록 발화하기 쉬운 것을 알 수 있다. 물질이 일정하다면, 다음은 시료 사이즈와 분위기온도로 발화하는가가 결정되며, 시료크기가 주어지면, 한계발화점을 구할 수 있다. 이와 같이 어떤 온도에서 물질이 발화하는가 하지 않는가는, 물질의 성질 외에 시료량으로 정하여지므로, 소량의 시료를 사용하여 발화하지 않았다고 하여 실제 크기에서도 발화하지 않는다고 할 수가 없다. 시료량을 충분히 검토하여 판정해야 한다.

이와 같은 자연발화는, 분해열, 산화열, 흡착열, 발효열, 중합열 등에 의해 일어난다.

나. 분해열로 발화하는 물질

분해열로 발화하는 물질의 전형으로서 초산면(니트로셀룰로오스)이 있다. 이것

은 셀룰로이드 및 락카 등에 사용되고 있다. 초산면은 실온에서 어느 정도의 속도로 끊임없이 자연분해하고 있다. 이때의 분해속도는 물질의 정제정도에 의해 크게 좌우되어, 정제가 불충분하여, 산이나 알칼리와 같은 불순물이 잔존하면 분해속도가 빨라지고 햇빛이나 열을 받으면 더욱 촉진된다. 그러나, 아무리 정제하여도 어느 정도 이하로는 분해를 억제시킬 수 없다.

분해는 우선 산화질소의 생성으로부터 시작된다. 이것은 공기중의 산소로 자동산화되어 이산화질소로 되고, 이것이 계속 분해를 촉진한다. 한편, 공기중에는 수분도 존재하므로 이것에 의한 가수분해가 일어나, 초산을 생성시킨다. 앞의 이산화질소도 이 수분으로 초산 및 아초산이 되어, 이것이 초산면을 보다 더 분해시킨다. 이 반응은 발열이므로 온도는 상승하고, 이 때문에 분해는 점점 빨라지게 된다. 자연분해, 자동산화, 가수분해, 생성된 산에 의한 자동촉매작용이 평행하게 일어나, 열이 축적하여서 발화·폭발에 이르는 일도 있다.

자연분해는 초산에스테르에 있어서, 일반적으로 보여지는 성질이며, 다가 알콜에서는 탄소결합이 긴 것일수록 현저하다. 니트로글리콜, 니트로글리세린, 니트로에리슬리트, 니트로멘니트 순으로 분해되기 쉽다. 또한, 니트로셀룰로오스보다는 니트로스타치 쪽이 분해되기 쉽다. 그러나, 사초산펜타에리트리트는 그 중심의 탄소 원자에 4개의 알콜이 연결된 구조 때문에 매우 안정하다.

초산에스테르에서 분해하기 쉽게 된 것은 산화질소가 발생하기 쉽게 되어 있으므로, 가온하여 분해를 촉진하고, 발생하는 산화질소를 검지하여, 분해정도를 확인해 두는 것이 좋다. 이 방법은 초산에스테르에 한하지 않고, 분해하여 산화질소를 발생하는 것들의 저장시 안전을 기하는데 유용하다.

그 밖에, 자연분해에 의한 위험성을 갖는 것으로서 유기과산화물을 들 수 있다.

다. 산화열로 발화하는 물질

산화열에 의해 자연발화를 일으키는 것으로서 유지류가 있다. 이것은 불포화결합의 산화에 의한 것으로, 아마니유 및 키리유와 같은 건성유는 그 속에 불포화지방산글리세리드를 포함하여, 이것이 산화하는 것에 의해 발열, 발화한다.

일반적으로, 유지류의 산화 난이는 요소가(유지 100g이 흡수하는 요소의 그램수)로 나타낸다. 요소가 100이하를 불건성유, 100~130을 반건성유, 130이상을 건성유라고 한다. 당연 요소가가 높은 것일수록 산화하기 쉽다. 원면, 건초 등의 발화도 불포화유지의 산화에 의한 것이 많다.

석탄도 공기중에서 오랫동안 방치하면, 후민질의 산화에 의해 발열하고, 발화하는 일이 있다. 또, 석탄중에 포함되는 유산철이 우선 산화를 받게 되어도 일어날 수 있다. 따라서, 석탄의 자연발화는 채탄후 곧 발생하기 쉽고, 피상보다 분체상의 것이 위험하며, 약간의 수분이 존재하면 석탄의 산화를 촉진한다.

기타, 천연고무, 라텍스, 합성고무 등 고무류도 분자중에 불포화이중결합을 많이 갖는 고분자화합물이기 때문에 유지류와 같이 산화된다.

라. 흡착열로 발화하는 물질

활성탄과 같이 표면활성을 갖는 물질은, 다른 물질을 물리 및 화학흡착하고, 이때 흡착열을 생기게 한다. 특히, 유기물증기를 산소와 함께 흡착하면, 산화반응이 활발하게 행하여져 발열하고, 축열을 위한 조건이 갖추어지면 발화에 이른다. 최근에는 유해물질의 배출을 방지하기 위해, 배기가스를 활성탄 등을 통하여 처리하는 일이 많은데, 이러한 배려가 필요하다. 특히, 배기가스 중의 유기물농도가 높을 때가 위험하다.

마. 기타

기타, 자연발화의 원인이 되는 것으로서, 중합열과 발효열이 있다. 초산비닐과 같은 모노머를, 중합금지제 없이, 또는 있어도 장기간에 걸쳐 방치해 두면, 중합열 때문에 압력이 상승하고, 용기를 파괴하여, 내용물을 넘치게 하거나, 때에 따라서는 발화를 일으키게 하기도 한다. 중합반응은 발열반응이므로 주의할 필요가 있다. 초산비닐 이외에도 아크릴니트릴, 이소푸렌, 부타디엔, 액화시아화수소, 스티렌, 비닐아세틸렌, 아크릴산에스테르, 메타크릴산에스테르 등이 이러한 종류의 위험성을 갖는다. 또한, 폴리우레탄폼도 제조 직후 충분히 냉각하지 않으면, 중합열 때문에 발화하는 사례가 가끔 있다.

발효열은 우선 미생물 및 효소의 작용에 의해 생기는데, 이 과정에서 생성한 반응성이 더 큰 분해생성물이 산화되어 온도상승이 계속됨으로써 발화에 이르게 된다. 짬뽕 및 풀 등이 그 대표적인 예이다.

자연발화를 방지하기 위해서는 발화가 일어나는 조건이 만족되지 않도록 하면 된다. 즉, 발생한 열이 방산할 수 없도록 대량으로 저장하거나 밀폐장소에 저장하지 말고 분위기 온도를 높게 하지 않는 것이 필요하다.

제 3 장 가연성 물질

1. 가연성가스

가연성가스는 조성조건이 만족되어, 점화원이 존재하면 곧 발화하고, 연소 또는 폭발을 일으킨다. 연소라는 것은 다량의 열과 빛의 발생을 수반하는 현상이며, 폭발은 현상적으로 연소와 완전히 동일하지만, 압력발생을 동반하는 것이다. 실험실에서 가끔 사용되는 가연성가스로서는, 도시가스, 수소, 메탄, LPG, 아세톤 등이 있다.

이들 가연성가스의 연소방식은 예혼합 연소와 확산 연소의 2가지가 있다. 예혼합 연소는 미리 연료가스와 공기(산소)가 혼합하고 있는 계의 연소이며, 통상 사용하고 있을 때의 분젠 버너의 연소가 이것에 해당된다. 한편, 확산 연소의 연료-공기혼합은 버너 입구로부터 연료가 공기중에 나온 후에 행하여진 연소를 가르킨다. 분젠 버너는 공기 취출입구에서 폐쇄되었을 때의 연소이다.

예혼합연소에 있어서, 연소파는 상당히 큰 속도로 진행한다. 긴 관에서의 가스 연소속도는 0.1~10 m/s정도로, 메탄-공기 혼합가스(CH_4 약10%)는 0.35 m/s, 수소-공기혼합가스(H_2 약70%)는 9 m/s이다. 그러나, 결보기의 화염전파속도는 연소가스의 팽창을 수반하기 때문에 가장 빠르고, 수 m/s~수십 m/s가 된다. 예혼합가스의 또 하나의 위험성은 상기의 연소파의 진행과정에서 어느 지점에서 급하게 폭굉으로 전이하는 일이며, 이때의 화염속도는 2000 m/s에 이른다. 연소 개시후, 폭굉발생까지의 거리를 폭굉 유도거리라고 부르며, 일반적으로 정상연소속도가 클수록, 압력이 높을수록, 또 관경이 가늘수록 이 거리는 짧아진다. 밀폐된 용기내부에서는, 예혼합가스가 착화하면 연소파가 생성되고, 그것이 급격하게 전파하여

혼합가스는 극히 단시간내에 연소하며, 이때 발생한 연소열때문에 연소가스는 팽창하여, 약 7~8배의 압력을 주게 된다. 이것이 혼합가스의 폭발로, 이 압력에 견디어낼 수 없을 때에 용기는 파괴된다. 이때, 폭발이 일어나면, 충격파때문에 가장 높은 압력을 주게 된다.

이와 같이, 미리 공기와 혼합된 가연성가스에 의한 폭발은, 밀폐된 반응용기, 플래스크, 석유드럼통, 드럼통등의 내부에서 일어나며, 또 실험실내에서 새어나온 가스가 실내공기와 혼합하여 폭발한계내의 혼합기를 만들 때는 실내전체의 폭발이 일어나 큰 피해를 주는 경우가 있다. 방에 누설된 도시가스나 LPG가 폭발하여 큰 피해를 주는 것이 여기에 해당된다. 폭발도 긴 관속에서만 일어난다고는 할 수 없으므로, 실내 및 실외에 있어서 대량의 가스가 누설하였을 때에는 충분히 발생할 가능성이 있다. 폭발파의 전파속도는 음속을 넘으므로 파가 진행되는 전면은 충격파에 의해 멀리 떨어진 장소까지 피해를 미친다.

용기내부에서는 폭발한계내의 예혼합가스를 만들지 않도록 하며, 가연성가스를 안전하게 취급하는 과정에서 가장 중요한 사항중의 하나이므로 실험을 시작하기 전에 충분히 주의할 필요가 있다. 부득이 한 경우에는, 화염관리 및 온도관리를 특히 철저히 하여야 한다. 또한, 실내에 대량의 가스가 누설하여, 체류되어 있는 것도 커다란 위험으로 이어지므로, 가스통의 관리에 주의함과 동시에, 가스누설 검지기를 설치하여 신속히 누설을 검지하는 등의 대책을 세우는 것이 바람직하다. 이때 도시가스나 수소와 같이 가벼운 가스는 실내의 상부 및 천정밑에, LPG와 같은 무거운 가스는 실내의 하부, 바닥 및 통로에 체류하므로 유의해야 한다.

한편, 확산연소는 가스통에서 가스가 분출하여 점화될 때와 같은 경우이다. 이때에는 분출화염이 다른 가연물을 연소시키지 않는 상태에 있으면 특히 당황할 필요는 없다. 그 밖에 화염이 이동할 염려가 없으면, 그대로 연소시켜버리면 된다.

액화석유가스는 가연성가스와 인화성액체 양쪽의 위험성을 갖는다.

2. 가연성 액체

가. 착화 위험성

가연성 액체의 온도가 인화점 이상이라면, 여기에 화기를 가까이 하면 착화하고, 화염을 내며 연소한다. 따라서, 그 액체의 인화점이 낮을수록 착화하기 쉽다. 실온에서 인화하는 가연성 액체를, 특히 인화성 액체로서 구별하여 주의하도록 한다. 실온에서 인화하지 않는 가연성 액체라도, 인화점 이상의 온도에 있으면, 인화성 액체와 전혀 다를 바 없는 인화의 위험성이 있다. 일단, 착화하면 연소위력은 동일하며, 인화성 및 가연성액체의 구별은 없다.

또한, 인화점이 높은 가연성 액체라도 이것을 형질 등에 흡수되어 있는 경우는 소화염으로 용이하게 점화한다. 예를 들면, 등유를 비이커에 넣고, 이것을 소화염으로 착화시키려는 것은 쉽지 않으며, 액의 표면온도가 인화점 이상이 되기까지 가열해야 하지만, 섬유에 적신 것은 곧 착화한다. 석유스토브의 심에 착화하는 것도 이러한 예이다. 더우기 고인화점의 가연성 액체는 액상에서 착화하지 않는 경우라도, 이것을 분무상으로 하면 손쉽게 착화한다. 이와 같이, 작은 화염과 같은 나화가 있는 경우에는 가연성액체 자체의 인화점만이 아니고, 물리적인 상태에도 유의하여 위험성을 고려해야 한다.

가연성 액체는 특히 화원을 가하지 않아도, 다른 가연성물질과 같이 발화온도 이상으로 가열되면 발화한다. 발화온도가 낮은 물질은 증기배관 및 가열된 금속 표면에 접촉하는 것도 위험하다. 가연성 액체의 가열시에는 당연히 직화는 피해야만 한다. 증기가열과 같은 간접가열이 바람직하다. 그러나, 실험실에서는 이와

같은 것은 곤란하므로 어쩔수 없이, 불꽃을 사용하는 경우는 유욕이나 탕욕 등 가능한 한 간접적으로 행하여야 된다. 이때, 가열에 의해 생성한 증기가 계외로 누설되어, 불꽃이 있는 곳까지 흐르면 즉시 착화할 위험이 있다. 일반적으로 가연성 액체증기는 공기보다 무거우므로 비이커 등에 넣어 가열하면, 발생한 증기가 강하여 인화한다. 밀폐용기내에서 폭발이 일어나기 위해서는 그 공간부에서 폭발한계내의 증기가 존재하여야만 한다. 폭발하한계에 대응하는 것이 인화점(하부)이며, 상한에 대응하는 것이 상부인화점이다. 이것은 용기내의 가연성 액체온도가 인화점과 상부인화점 사이라면, 그 공간부에는 폭발한계내의 증기가 존재하는 것을 의미한다.

밀폐용기내의 액체를 메탄올이라고 한다면, 폭발하한은 7.3%, 상한은 36%이므로, 각각 증기압으로서 55.48 및 273.6mmHg가 얻어진다. 한편, 메탄올의 Antoine 식의 정의로서 $A=8.82624$, $B=-2018.53$ 그리고 $C=273.56$ 이 얻어지므로 양인화점으로서 11.5°C 이상 42.4°C 이하의 온도에서 용기내에 폭발성혼합기가 형성되어 매우 위험하게 된다.

석유드럼통의 뚜껑에 구멍을 2개 뚫어 내용물을 덜어내고, 사용한 구멍을 막으려고 파라핀을 녹이기 위해 버너를 사용하다가 드럼통이 폭발하여 사망하거나 큰 부상을 입는 경우가 있다. 내용물을 모두 배출하여도 용기벽에 남아 있던 잔류액의 증발에 의해 폭발성혼합기를 생성하는 경우도 있으므로 주의해야 한다. 석유드럼통 1개를 폭발시키기 위해서 필요한 가솔린의 양은 불과 1~2ml이면 충분하다.

나. 화염의 크기

가연성 액체는 착화하게 되면 일반적으로 황등색의 불꽃을 내며 연소하고, 벤젠

과 같은 방향족은 상당한 양의 그을음을 발생시킨다. 연소의 격렬함을 나타내는 지표로서 연소속도가 있는데, 이것은 단위시간당의 연소량으로 나타내며 일반적으로는 액체연소의 경우 액면강하속도로 표현하는 일이 많다. 용기 직경이 작을 때는 액면강하속도가 빠르지만, 용기직경의 증가에 따라 감소하며, 직경이 10~20cm에서 최저치가 되고 직경이 1 m이상이 되면 거의 일정하게 된다.

이와 같이 연소속도는 연소하고 있는 액면의 크기에 따라 변화하는데, 어느 정도 규모 이상이 되면 일정하게 되는 것이 가연성 액체연소의 특징이다. 비이커에 들어 있는 가연성 액체의 연소는 그대로 방치하여 두면 자연진화가 가능하며 전혀 위험이 없다. 가장 위험한 것은 당황하여 연소하고 있는 비이커를 기울이거나 이동시키다가 바닥이나 책상 등에 떨어뜨려 주위 물건으로 연소가 확대되는 경우이다. 이와 같은 경우는 당황하지 말고 비이커의 뚜껑을 닫거나, 적당한 소화제를 천천히 방사하면 간단히 소화가 된다.

또한, 가연성액체연소의 위험성은 연소면의 크기로 결정된다는 것에 주의해야 된다. 가연성액체의 연소시에 물을 이용하는 것은 유면을 확대시켜 화재규모를 크게 할 위험이 있어 적당하지 않다고 알려져 있는데, 매우 소량인 가연성액체의 연소(Spill fire)에는 충분한 양의 물을 뿌리면 매우 유효하다. 석유스토브가 전도하여 화재가 된 경우도 물이 가장 유효하며, 양동이에 가득찬 물을 침착하게 뿌리면 거의 대부분은 소화 할 수 있다. 분말소화제는 뜨거워진 석유스토브의 본체를 냉각시킬 수 없으므로 소화는 기대할 수 없다.

3. 가연성고체

유황, 셀룰로스, 석탄, 목재, 파라핀, 나프탈렌, 생고무, 수지, 섬유 등 일부 무기

물과 유기물의 고체 모두가 이 분류에 포함된다. 가열하면 기화 또는 분해하여 가연성가스를 생성하며, 폭발하한농도에 달하게 되면 화원에 의해 인화하던가, 또는 발화점까지 달하여 연소를 개시한다. 따라서, 이 경우도 확산연소의 형태를 취하며, 발화점 이하로 물질을 냉각하던가, 공기를 차단하면 원리적으로 연소를 억제할 수 있다. 공기가 부족한 환경에서 연소하게 되면 불완전연소를 일으켜 일산화탄소를 발생시키게 되어 위험하며, 분해가스 중에는 유독가스가 포함되어 연기와 함께 주의가 요구된다. 한편, 밀폐된 방에서 완전연소를 시키게 되면, 산소결핍을 초래하여 일산화탄소가 발생하기도 한다.

이와 같이, 가연성고체는 여러 가지 위험성이 존재하며, 같은 물질이라도 피상보다 분말상의 형태가 연소하기가 쉬운데, 이는 분말상의 형태가 산소와의 접촉면적이 보다 크기 때문이다. 가연성고체가 분진형태로 공기중에 분산하고 있어, 그 농도가 어느 한계내에 있을 때, 적당한 점화원이 존재하면 착화하여 분진폭발을 일으킨다. 분진폭발을 일으키는 물질은 가연성고체 모두가 포함되며, 가연성가스와 같이 폭발한계내에 있으면 폭발을 일으킨다.

이와 같이 상이 다른 혼합계폭발을 불균일계 폭발이라고 한다. 분진폭발의 폭발한계측정은 가스의 경우와 비교하여 곤란하지만, 하한치로서는 25~45ml/l, 상한치로서는 80mg/l정도가 된다. 또한, 분진폭발을 일으키는 에너지도 가스폭발에 비하여 100배정도 클 필요가 있다. 연소 때와 같이 분진폭발한계도 입자크기 및 형태의 영향을 받아, 큰 것일수록 착화하기 어렵다. 그리고, 입자가 작을수록 폭발의 형태에 가깝다. 가연성가스의 취급에는 누구나 상당한 주의를 기울이지만, 분진이라면 무신경이 되기 쉬우므로 충분한 주의가 필요하다. 실험실에서도 분진이 생성하기 쉬운 장소에서는 분진용의 방폭전기기기의 사용이 필요하다. 또한, 액체가연물의 미스트도 분진폭발과 같은 거동을 보이므로 주의하여야 한다.

제 4 장 산화성 물질

1. 종류와 특징

산화성물질은 화학적 활성이 풍부하며 다른 물질과 쉽게 반응하여 종종 위험한 상태를 생기게 하여, 화재 및 폭발의 원인이 된다. 액체 및 고체의 산화성 물질은 가열, 마찰, 충격 등에 의해 산소를 방출하면서 분해하고, 동시에 대량의 열을 발생하므로 위험하다. 방출된 산소에 의한 연소를 포함하는 산화반응도 또한 대량의 열을 방출한다.

산화성 물질로서는 산소, 오존, 불소, 염소와 같은 기체물질, 과산화수소, 차아염소산염수용액, 초산과 같은 액체산화제 및 염소산염, 과염소산염, 아염소산염, 금속 및 유기과산화물, 초산염 및 아초산염, 과망간산염 및 이크롬산염 등이 있다. 혼합위험은 산화성 물질을 기체, 액체 및 고체로 나누어 대책을 세워야 한다.

2. 위험성

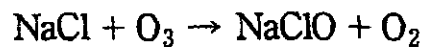
가. 산소 및 오존

염소는 강력한 산화제이며, 모든 물질의 연소를 지지하여 준다. 분위기 산소농도가 높아지면, 지금까지 연소하지 않은 것까지 용이하게 발화연소하게 되어 공기 중에서는 연소정도 밖에 일으키지 않는 것도 순산소중에서는 폭발적으로 연소한다.

액체산소는 산소를 -180°C 이하로 냉각액화한 것으로, 산소를 농축한 것이기 때

문에 위험성 또한 높다. 액체산소에 연료유, 식물유, 그리이스, 종이, 섬유, 페인트 등이 혼합되면, 사소한 일로도 폭발적연소가 일어난다. 액체공기를 장시간 방치하면, 점점 질소분이 감소하고, 산소성분이 많아져 액체공기는 액체산소와 거의 대부분 동등의 위험성을 가지므로 주의를 요한다.

오존(O₃)은 그 화학식으로부터 예상할 수 있듯이, 산소보다도 훨씬 강력한 산화제이다. 이보다도 산화력이 강한 것으로서는 불소와 그 산화물OF₂(이불화산소)만이 있다. 오존은 예를 들면, 염화나트륨에 작용하여 차아염소산나트륨과 산소를 만든다.



오존은 또한 무기 및 유기화합물과 반응하여 오존니드를 만든다. 특히 후자가 위험하며, 격렬한 폭발을 일으킨다.

나. 불소

불소는 청색을 두른 황색의 가스로 매우 강한 반응성을 가지며, 실온에서 많은 산화되기 쉬운 물질과 격렬하게 반응하고, 때로는 이것을 발화시킨다. 목재 및 플라스틱과 같은 물질도 불소중에서 연소한다. 암모니아는 불소와 접촉하면, 발화하여 폭발한다. 할로젠화탄화수소, 액체탄화수소, 할로젠화수소와의 접촉에 의해서도 폭발이 일어난다. 액체불소가 되면, 물과 접촉하여도 격렬한 폭발을 일으킨다.

다. 염소

염소는 황녹색의 가스 또는 황색의 액체로, 불소만큼은 아니지만, 화학적으로 강

한 활성을 가지고 있다. 염소자신은 가연성은 아니지만, 연소를 지지한다. 금속 및 비금속분말은 염소와 만나면 격렬하게 연소한다. 탄화수소, 에테르, 암모니아 및 수소와 염소의 혼합물은 햇빛에 놓이게 되면 자연발화한다. 암모니아와의 반응은 가스가 파듯하게 되던가, 염소가 많다면,



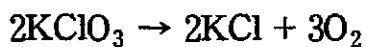
의 반응에 의해 일어나며, 생성된 불안정한 삼염화질소에 의해 폭발한다.

라. 염소산소, 과염소산염, 아염소산염 및 차아염소산염

이것들은 일반적으로 옥시클로르염소라고 하는데, HCl_3 , HClO_4 , HClO_2 및 HClO 의 염이다. 어느 것이나 강력한 산화제이다.

(1) 염소산염

대표적인 것은, 염소산칼륨으로 370°C 에서 용해하고 400°C 에서 다음식에 따라, 1 mol당 10.85 kcal의 열을 방출하면서 분해한다.



따라서, 유기물과 공존하면 발화하기 쉽고, 특히 유황, 인 및 활성탄과의 혼합물은 사소한 마찰 등으로 쉽게 발화한다.

또한 암모니움, 인, 실리콘의 금속분말 등과의 혼합물은 폭발적으로 발화하는 경우가 있다. 염소산칼륨은 농염산과 혼합하면, 염소를 생성하고,



농유산과 만나면 폭발적으로 반응하여 불안정하고 유독한 이산화염소를 발생

다.



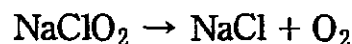
발생한 이산화염소의 산화력은 강력하며, 그 자신 폭발성을 갖는다. 공기에서 15%이하로 얹게 한 것이 펄프 등의 표백에 이용된다. 이 그룹에 포함되는 염소산 나트륨은 강력한 산화력을 이용하여 제초제 등에 사용된다.

(2) 과염소산

대표적 화합물인 염소산칼륨은 상당히 안정한 물질이지만, 370℃에서 용해하고, 400℃이상으로 가열하면, 발열하면서 분해하고 산소를 방출한다. 기타 위험성으로서는 염소산염과 동일하다. 과염소산은 60~72%용액이 시판되고 있어, 유기물과의 혼합물은 강한 폭발성을 갖는다. 과염소산은 탈수제와 접촉하면 무수물로 되어 실온에서 분해하고 유기물이 있으면 폭발한다. 과염소산은 분석시약으로서도 이용되고 있는데, 강력한 산화제로 배기장치에서 사용되고 있는 금속재료에 침투하여 수소를 발생시키고, 그것에 의한 폭발사고가 해외에서 자주 일어나고 있다.

(3) 아염소산

대표적 화합물인 아염소산나트륨은 충격에 의해 폭발한다. 무수물의 경우, 350℃에서 발열을 수반하는 분해를 행하여 산소를 방출하는데, 통상은 물을 포함하고 있기 때문에 보다 낮은 온도(120~130℃)에서 분해한다. 이 물질은 또한 80% 수용액으로서 표백에 이용된다.



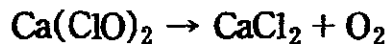
금속분말과의 혼합물은 폭발성이 된다. 또한, 유황화합물 등을 혼합하면 폭발한다.



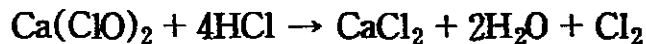
산과 만나면 폭발성의 이산화염소를 낸다. 아염소산은 충격에 민감하므로 분말로 할 수 없으며, 105℃에서 가열하면 폭발한다.

(4) 차아염소산

차아염소산칼슘을 약 70% 포함하는 것이 시판되고 있고 강한 산화력을 이용하여 표백, 음료수의 살균, 시안화물의 제거 등에 이용되고 있다. 이 물질은 약 180℃에서 발열적분해를 하고 산소를 방출한다.



발열량은 20~30 kcal/mol이며, 물이 공존하면 분해온도는 낮아진다. 분해온도가 낮으므로 유기물과의 접촉은 절대로 피해야만 된다. 이 물질은 또한 염산과 혼합하면 유해한 염소를 방출한다.

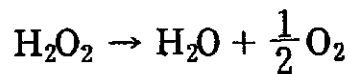


같은 그룹에 속하는 것으로서, 차아염소산나트륨이 있는데, 무수물은 열과 만나면 폭발적으로 분해한다. 보통 4~12%의 수용액으로서 시판되고 있다. 이것은 제일급 아민과 반응하면, 폭발성의 N-모노 및 디크로로아민을 생성하고, 에틸렌이민과 반응하여 폭발성의 1-클로르에틸렌이민을 만든다. 또한, 메탄올과 반응하여 폭발성의 차아염소산메틸을 생성한다. 이 물질에 의한 폭발이 수 많이 일어나고 있다.

마. 과산화물

(1) 과산화수소

시판하는 과산화물 중, 가장 자주 사용되는 것이 과산화수소(H_2O_2)이다. 과산화수소는 본질적으로 불안정하며 분해하여 산소를 방출한다. 이 반응은 또한 강한 발열반응(발열량 23 kcal/mol)이다.

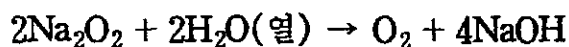
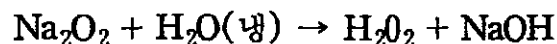


단, 농도가 30%이하인 것의 분해는 보통 매우 완만하다. 농도가 30%를 넘는 경우에는 분해가 빨라지므로 소량의 피로린산나트륨($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)과 같은 안정제를 가한다. 과산화수소는 강, 철, 크롬 등의 금속에서 오염되어 격렬하게 분해한다. 예를 들면, 동은 용액중에 1ppm이하 밖에 없어도 분해를 촉진하고 발열시켜 70℃의 온도에서는 1시간에 20%정도 분해시킨다. 철이라면 10ppm에서 같은 정도의 효과를 낸다. 알카리의 혼입도 분해를 촉진한다.

과산화수소는 농도가 높아짐에 따라 위험성은 증가하여 50%를 넘으면 착화원이 없어도 가연물을 발화시킬 수가 있다. 과산화수소는 산화능력이 크므로 유기물과 접촉하면 발화한다. 알콜, 아세톤, 글리세린 등과의 혼합액은 특히 위험하며, 폭발마저 일으킨다. 과산화수소는 인체에 접촉하게 되면 화상을 일으킨다. 만일, 이것이 눈에 들어가면 실명할 수도 있다.

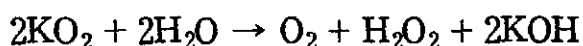
(2) 금속과산화물

대표적인 물질로 과산화나트륨(Na_2O_2)이 있다. 과산화나트륨은 냉수와 접촉하면 과산화수소를 방출하고, 열탕과 접촉하면 산소를 방출한다.



따라서, 공기중의 수분도 주의해야 한다. 종이, 나무 등과 접촉하면 발화한다. 알루미늄, 마그네슘, 납 분말과의 혼합물은 공기중의 수분으로 발화한다. 에탄올, 글리세린, 초산과 혼합하면 발화 또는 폭발에 이르게 된다. 이때, 이산화탄소가 공존하면 더욱 위험하다.

기타 금속과산화물도 비슷한 성질을 갖는데, 초산화칼륨(KO_2)은 보다 격렬하여, 이 물질은 물과 만나면 산소와 과산화수소를 발생시킨다.



초산화칼륨은 작은 마찰 및 충격으로도 분해하며, 알콜 및 등유와 같은 탄화수소와 접촉하게 되면 격렬하게 폭발한다. 초산화칼륨에 충격을 주어 폭발한 예도 있다. 초산화칼륨은 칼륨을 순산소 중에 놓으면 생기는데, 공기중에서 칼륨으로부터도 흔적 정도는 생긴다. 또한 나트륨, 칼륨합금의 저장 중에도 생긴다.

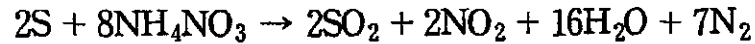
바. 초산염 및 아초산염

(1) 초산염

일반화학식은 MNO_3 이다. 여기에서는 유산염 중에서 가장 위험한 화합물로서 초산암모니움을 예로 든다. 이 물질은 백색 결정으로 170°C 에서 용해하고, 210°C 에서 분해한다. 안정한 것 같지만, 폭발성을 가지고 있다. 고온으로 가열하면, 분해하는 경우도 있는데, 최종적으로는 다음과 같은 격렬한 분해를 보인다.

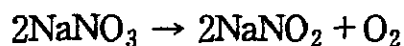


유기물과의 혼합물은 보다 격렬한 폭발성을 나타내는데, 금속분, 목탄, 유황 등과 접촉하면 폭발한다.



초산암모늄은 용해후 분해할 때는 NO₂가, 불안정한 분해를 하면 NO, NO₂ 등이, 일반적으로 분해하면 질소산화물을 생성하는데, 이것은 인체에 매우 유해하다.

기타 초산염도 열을 받으면 분해하고, 산소를 방출한다. 초산나트륨에서는



초산은 및 초산염도 다음과 같이 분해한다.



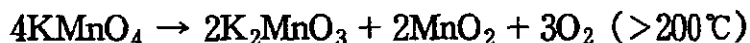
모두 유기물과의 접촉, 혼합은 위험하다.

(2) 아초산염

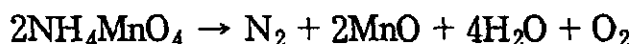
일반화학식은 MNO₂이다. 초산염보다는 위험성이 낮다고 되어 있지만, 유기물과의 혼합은 역시 위험하다. 아초산염에서 가장 위험한 것은 아초산암모늄(NH₄NO₂)으로 고체의 경우와 농축용액인 경우에 60~70℃에서 폭발한다.

사. 과망간산염

일반화학식은 KMnO₄이다. 과망간산염은 유기화합물과 건조상태, 수용액 등 어떠한 상태에서도 혼합하면 폭발할 위험이 있는 대표적 화합물이다. 과망간산칼륨(KMnO₄)은 흑자색 주상의 결정으로 다음과 같이 분해하다.

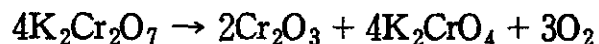


이 때 방출된 산소가 연소를 일으킨다. 기타 암모늄염은 특히 위험하며, 60℃ 이상에서 충격에 민감하여 가열하면 폭발적으로 분해한다.

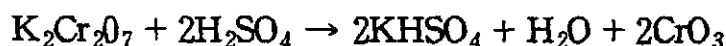


아. 크롬산염

일반 화학식은 $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 이다. 대표적 화합물인 중크롬산칼륨은 황등색의 결정에서 열분해에 의해 산소를 방출한다.



그러나, 이 물질은 산화제 중에서는 비교적 완만한 편으로 포화액에 농유산을 가하여 세정액인 크롬혼산을 만들 수가 있다.



이때 생기는 CrO_3 는 삼산화크롬, 또는 무수크롬산이라고 하는 적색의 고체로서 강한 산화력을 가지고 있으며, 250℃에서 분해하여 산소를 낸다. 무수크롬산에 아세톤이나 알콜이 접촉하면 곧 발화한다.

비교적 완만한 산화제인 이크롬산염 중에서도 이크롬산암모늄만은 특별한 주의를 필요로 한다. 이 물질은 열과 만나면 다음과 같이 분해한다.



초산은 강한 산이지만, 동시에 강산화제이기도 하다. 초산은 목재, 목모, 기타 셀룰로오스 제품과 만나면 발화시키는 힘을 갖고 있다. 또한, 테레핀유, 초산, 아세톤, 에탄올, 아닐린 등은 열초산과 혼합하면, 자연적으로 발화하거나 폭발하기도 한다.

3. 안전한 취급법

산화성물질을 취급할 때의 안전대책으로서 다음 사항을 들수 있다.

- ① 가열, 충격, 마찰을 피한다.
- ② 유기물을 비롯한 가연물 및 강산과의 접촉을 피한다. 아무래도 혼합시켜야만 할 때에는 약한 산화제를 이용하여 농도를 얇게 하고, 온도를 낮게 한다. 산화성물질이라도 고체산화성물질과 강산인 액체산화성물질과는 절대로 혼합하지 않도록 주의한다. 혼합하면 즉시 폭발하는 경우가 매우 많다.
- ③ 직사일광을 피하고 열원으로부터 멀리한다.
- ④ 용기의 파기에 주의하고, 내용물을 누출시키지 않도록 한다.

제 5 장 폭발성물질 및 혼합위험

1. 폭발과 폭발성물질의 분류

폭발성물질에는 그 자체만으로 폭발하는 폭발성화합물과 2종이나 그 이상의 혼합물에서 폭발성을 나타내는 폭발성혼합물이 있다. 폭발성화합물은 다음 2가지 조건을 만족하는 것으로 볼 수 있다. 하나는, 그 분해열이 발열로 어느 정도 이상 크며, 다른 하나는 그보다 높지 않은 온도에서 분해를 시작하는 것이다. 이와 같은 조건을 만족하는 물질은 특유의 관능기를 갖고 있는 것이 많다. 니트로화합물, 니트로소화합물, 디아조화합물, 아지화물, 유기과산화물, 할로젠산유도체 등에는 폭발성의 물질이 많다.

폭발성혼합물은 다음 조건을 만족하는 것으로 볼 수 있다. 하나는 혼합물의 반응열이 발열에서 어느 정도 이상 큰 것이며, 다른 하나는 그 혼합물이 잘 혼합되어 있어 반응개시온도가 그보다 높지 않은 것이다. 폭발성혼합물의 대표적 예는 산화제와 연료 또는 환원제의 혼합물이다. 사염화탄소와 금속나트륨을 혼합하면 폭발한다. 할로젠화탄화수소와 경금속과의 혼합물은 혼합비율에 의해 폭발성혼합물로 보는 편이 타당하다. 염화암모늄과 아초산나트륨의 혼합물도 가열하면 폭발적으로 반응한다. 암모늄염은 보통 비교적 안정한 화합물로 생각되고 있지만, 아초산염, 중크롬산염, 과망간산염 등의 화합물과 혼합하면 불안정한 폭발성화합물로 되는 경우가 있다. 폭발성혼합물은 취급자가 모르는 사이에 생성될 가능성이 있으므로 충분한 경계가 필요하다.

2. 폭발성화합물

가. 니트로화합물

피크린산($C_6H_2(NO_2)_3OH$)은 방향족니트로화합물의 하나이다. 또한, 폭약 및 염료로서 사용되며, 현재에도 중간체나 시약으로서 사용되고 있다. 주의하여 취급하면 그다지 위험하지는 않지만, 강한 충격이나 타격, 마찰에 의해 폭굉을 일으키거나 발화하기도 한다. 이것이 납과 화합하여 납염이 되면, 보다 작은 에너지에서도 발화, 폭발하게 된다. 피크린산납은 피크린산 자체보다 감도가 높으며, 철과 같은 다른 중금속과의 염도 피크린산 자체보다 민감하다.

피크린산납과 구조가 유사한 화합물로 트리시네트($PbC_6H(NO_2)_3O_2$)가 있다. 이 화합물은 기폭제로서 사용되고 있다. 기폭제는 가열 및 타격에서 확실하게 폭발하는 물질이며, 이 화합물은 전기불꽃에 대하여 민감하다. 트리니트로페놀, 디니트로페놀 및 유사화합물은 중금속염을 생성하지 않도록 유의하는 것이 안전면에서 중요하다.

트리니트로톨루엔 및 트리니트로벤젠도 방향족니트로화합물이지만, 피크린산보다 둔감하며, 중금속과 위험한 염을 만드는 일은 없다. 그러나, 용해한 화합물은 보다 민감하여 여기에 다른 물질이 혼합되면 자연발화로 이어지는 경우가 있다. 용해 트리니트로톨루엔에 칼륨을 투입하면 폭발한다.

니트로메탄은 용매로서 이용되고 있으며, 보통조건에서는 폭발시키는 것이 어렵지만 강한 충격을 주면 폭발하여 트리니트로톨루엔과 같은 정도의 파괴력을 나타낸다. 니트로메탄에 한하지 않고 제일급 및 제이급 지방족니트로화합물을 알칼리성으로 하면 아시니트로화합물의 염으로 되어 보다 민감하게 된다.



니트로메탄의 취급이나 수송중에 폭발사고가 다소 발생되고 있는데, 위에서 설명하였듯이 민감한 물질의 생성과 그것의 농축에 기인하고 있는 것으로 생각되고 있다. 니트로벤젠 및 니트로톨루엔과 같이 분자중에서 니트로기의 비율이 작은 니트로화합물은 자체로는 폭발하지 않는다. 그러나, 부주의하게 증류를 최후까지 행하면, 혼입하여 있던 폭발성물질이 농축되어 폭발한 예가 있다. 니트로톨루엔에서도 불안정한 α -니트로톨루엔(페닐니트로메탄)은 증류중에 튀어 오르는 일이다.

나. 초산에스테르

초산에스테르는 알콜의 니트로화 또는 할로젠화알킬과 초산염과의 반응에서 만들어진다. 초산메틸은 강력한 폭발물이지만, 합성반응의 중간체로서 이용되고 있다.

초산에틸은 폭발물로서의 위력은 초산메틸에 비하여 작다. 그러나, 초산에틸도 문헌에 기재되어 있는 방법으로 합성중에 사고가 발생한 경우도 있다. 유초혼산중에 에탄올을 적하하여 니트로화하는 방법에서 갑자기 반응혼합물이 튀어 올라 실험자의 얼굴에 상해를 입힌 예도 있다. 이산화질소가 공존하면, 산화적 부반응이 일어난다. 이 반응은 자촉매적(autocatalytic)반응이며 반응생성물에 의해 반응이 촉진된다. 메탄올은 이와 같은 부반응을 비교적 일으키기 어렵지만 에탄올은 일으키기 쉽다고 알려져 있다.

에탄올과 30%초산과의 혼합물이 저장중에 튀어 오른 예가 있는데, 그 원인은 에탄올과 초산과의 자촉매적인 산화반응이 수주간의 유도기간 후에 일어났기 때문

이라고 생각되고 있다. 이와 같은 물질의 장기저장은 가능하면 피하고, 어쩔수 없이 필요한 경우는 안전대책을 마련해야 한다.

니트로셀룰로오스도 초산에스테르의 한 종류이지만, 화약, 폭약, 셀룰로이드, 락커 등의 원료로서 사용되어 왔다. 질소량이 적은 것은 불을 붙여 천천히 연소할 뿐이지만, 질소량이 큰 것은 폭발하여 주위에 피해를 준다. 니트로셀룰로오스의 자연발화에 기인한다고 생각되는 재해사례는 많이 알려져 있다. 화약고내의 무연 화약이 자연발화하여 주위의 화약과 폭약을 폭발시켜 대사고가 되었다고 추정되는 사례, 락커용의 니트로셀룰로오스가 드럼통내에 저장되어 있다가 자연발화하여 주위에 있던 니트로셀룰로오스 및 유기과산화물에 착화하여 폭발을 일으켜 소화에 임하였던 수많은 인명을 앗아간 재해도 있다. 연구소의 창고에 보관되어 있던 셀룰로이드가 자연발화한 예도 몇가지 알려져 있다.

니트로셀룰로오스의 자연발화에는 초산에스테르의 자연분해에서 발생하는 일산화질소 및 이것이 공기와 반응하여 생기는 이산화질소가 중요한 역할을 하고 있다고 알려져 있다. 이산화질소는 물과 반응하여 초산, 아초산을 생성하고, 이들 강산이 분해를 촉진하여 어느 시기에 급속하게 분해가 진행하여 발화한다. 이와 같은 분해는 산의 존재에 의해 촉진된다. 이 때문에 니트로셀룰로오스의 제조에 있어서 정제단계에서 남아 있던 산을 제거하는 공정이 포함되어 있다.

니트로셀룰로오스로부터 만들어지는 무연화약에는 디페닐아민과 같은 안정제가 가하여져 있는 것이 있다. 이것은 니트로셀룰로오스의 자연분해에서 발생하는 산화질소를 고정하고, 자촉매분해를 억제하기 때문이다. 이 안정제가 유효한 동안은 자연발화가 일어나지 않는다. 안정제의 유효성분이 남아 있는 것은 용매추출물을 박층크로마토그래프로 조사하여 확인할 수 있다. 초산에스테르를 완전 밀폐상태에서 장기간 저장하는 것은 자연발화의 원인인 자촉매분해를 촉진할 위험이 있어

권장되지 않는다.

다. 디아조화합물

디아조화합물은 비교적 저온에서 분해를 보이는 불안정물질이다. 그 성질을 이용하여 중합개시제, 감광재료, 기폭제 등에 이용되고 있다. 디아조디니트로레졸린을 유리필터로 여과하고 철제의 스파출라로 접촉하자 폭발한 일이 있다. 양은 주의하여 소량밖에 취급하지 않았으므로 여과제의 신테라유리만이 분쇄되어 멈추었으며, 다행히 부상자는 없었지만, 폭발성물질을 유리필터로 여과해서는 안된다. 피크린산정도의 폭발물에서도 강하게 누르면 폭발한다.

라. 아지화물

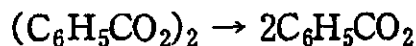
아지화물은 시약류, 진공중착제, 질소발생제 등으로서 이용되고 있다. 아지화나트륨(NaN_3)은 400°C 정도의 온도에서 분해하는데, 분해는 비교적 완만하며, 분해열도 그다지 크지 않다. 단독으로는 별로 위험하지는 않지만, 할로젠화물, 산, 산화제가 소량 혼합되면, 위험성은 현저하게 증대된다. 아지화바륨(BaN_3)이 되면, 250°C 정도에서 격렬하게 분해한다. 그러나, 분해열이 110 cal/g 정도이므로 소량으로 취급하는 한, 특히 위험하다고는 할 수 없다. 그러나, 이것을 사염화탄소와 같은 염소화합물과 혼합하면, 반응열이 증대하고 감도가 민감하게 되어 위험성이 현저하게 증대한다. 아지화바륨을 사염화탄소 중에서 처리하려고 하다 폭발한 사고예가 알려져 있다. 알칼리토류염이나 할로젠화물과 혼합해서는 안된다. 마찰 및 타격으로 소량 유리된 금속이 할로젠과 결합하고 발열하여 주위의 아지화물 분해를 촉진하여 쉽게 폭발반응으로 이르게 한다. 아지화납의 발열량은 332 cal/g 으로 크

며, 소량이라도 가열하면 확실하게 폭발한다. 이것은 기폭제로서 사용되며, 기폭제적인 성질을 갖는 폭발물은 소량씩 취급하여야 한다.

다. 유기과산화물

유기과산화물은 R-O-O-R'의 구조를 갖는 하나의 분자 중에 유기물과 산화성 물질의 양자를 갖고 있으므로, 본질적으로 화재·폭발위험성을 지니고 있다. 불안정하고 분해하기 쉬운 것으로서 과초산, 큐멘히드로페르옥시드, 에틸메틸케톤페르옥시드 등이 있는데, 대표적 물질은 과산화벤조일(BPO)이다.

BPO는 건조상태에서는 백색의 과립으로 고도의 가연성 물질이다. 융점(103~105℃)이상으로 가열하면, 돌연 폭발적으로 분해한다.

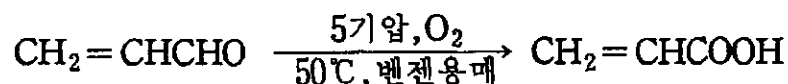


고분자합성의 개시제로서 자주 사용되는데, 보통은 안전 때문에 페스트상, 용액상의 것이 이용된다. 건조상태의 것이 위험하고, 결정을 꺼낼 때 특히 폭발위험이 있다. 이때, 따뜻하게 데운 클로르포름을 이용하는 것보다는, 차가운 클로르포름 용액으로부터 메탄올을 이용하여 침전을 만드는 것이 안전하다. BPO는 고온, 고압하에서 사염화탄소 및 에틸렌과 작용하여 격렬한 폭발을 한다. 기타 농유산, 농초산, 중합촉진제, 금속분, 아민유와 혼합하면 폭발하는 경우가 있다.

유기과산화물은 그 불안정성을 이용하여 중합개시제로서 공업적으로 이용된다. 또한, 대기중의 화학반응에서 생성하는 것도 있다. 광화학스모그에서 생성하는 PAN(과초산아세틸, AcONO_2) 및 에테르의 공기산화에서 생성하는 과산화물 등이 이러한 예이다. 유기과산화물 중에는 타격, 마찰, 가열 등으로 폭발하는 것이 상당히 있다. 폭발하지 않을 때에도 격렬하게 연소하는 것도 있다. 따라서, 실험실

에서 취급하는 경우에는 가능한 한 소량씩 취급하는 것이 바람직하다. 또한, 회석하여 이용할 수 있으면, 위험성은 보다 작게 된다. 단, 휘발성 용매에서 회석하여 방치하고, 유기과산화물이 농축되거나 석출되면 오히려 위험성이 증대된다.

에테르는 공기중에서 산소와 반응하여 유기과산화물을 만들기 쉽다. 장기간 저장된 에테르에는 유기과산화물을 포함하여 그것이 용기로부터 출입할 때, 용기의 입구에 잔류하고 에테르가 증발하여 석출되면 마찰에 의해 발화, 폭발에 이르는 일이 있다. 테트라히드로프렌, 이소프로필에테르 등의 병뚜껑을 열었을 때에 폭발이 일어난 예도 있다. 실험실의 에테르는 병이 아닌 캔통에 저장하는 것이 권장되고 있다. 이소프로필렌, 이소펜틸에테르 및 무수에테르는 6개월, 에틸 및 기타 에테르는 1년이상 저장하지 않도록 권장하고 있다. 증류할 때는, 과산화물의 존재를 조사하고, 이것을 분해하고나서 실시할 필요가 있다. 아크로레인의 액상 산소 산화의 실험에서도 수회의 폭발이 관측되고 있다.



스텐레스강제 오토크레이프 중에서 교반하에 행하여지는 반응의 진행은 산소가스의 압력이 원활하게 감소해 가는 것으로 나타낸다. 산소호흡이 정지하고 나서 교반을 멈춘 사이에 폭발하여 압력계의 유리가 창유리에 박혔다. 반응중간체로서 생성한 유기과산화물이 교반을 교반을 멈춘 뒤에 액면 상방의 오토크레이프 내벽에 석출하고, 이것이 자연발화한 것이라고 추정된다.

용매를 벤젠으로부터 사염화탄소로 교체하였지만, 역시 산화반응 종료후의 정지 중에 압력계를 파괴할 정도의 폭발이 일어났다. 아크로레인의 액상공기 산화반응에서는 압력계를 파괴시키는데 충분한 폭발위력을 갖는 유기과산화물을 생성하고, 그것이 자연폭발할 가능성이 높은 것을 알고, 액상산화로부터 기상접촉산화로 변

경하여 성과를 올렸다.

바. 단량체

유기고분자화합물의 원료가 되는 단량체는 그것 자체로는 보통 폭발할 정도의 에너지를 갖지 않는다. 그러나, 산화에틸렌 및 아세틸렌은 가압하에서 폭발적인 분해를 한다. 보통의 단량체에서도 중합열에 의해 용매를 돌비시켜 뿜어 올리거나 용기를 파열시키기도 한다.

아크릴산을 농유산과 축매점 탈수제로서 메탄올을 이용하여 에스테르화하면, 고수율로 아크릴산메틸이 얻어진다. 이 반응의 실험중에 돌연 반응혼합물이 뿜어 올려졌고, 반응혼합물이 실험자의 얼굴에 묻었다. 이 폭발반응은 아크릴산메틸의 중합반응과 반응열에 의한 돌비로 생각되어진다. 에너지적으로는 폭발하기에 불충분한 계라도 돌비하는 데에 충분한 반응열을 가지고 있으면 중대한 사고로 이어질 가능성을 갖고 있다.

3. 폭발성혼합물

가. 초산염과 가연물과의 혼합물

초산염과 가연물과의 혼합물은 화약류로서 사용되고 있는 것으로부터 알 수 있듯이 조건에 의해 폭발할 가능성을 가지고 있다. 초산암모니움은 비료로서 사용되어 또한 폭약의 원료로서 이용되고 있다. 순수한 초산암모니움은 가열하면, 300℃ 이상에서 발열분해한다. 그러나, 순수한 보통의 시약을 폭발시키는 것은 상당히 곤란하다. 그러나, 특수한 조건에서 만들어진 저비중의 초산암모니움은 비교적

용이하게 폭발시킬 수가 있다. 초산암모니움에 가연물이 혼합되면 분해온도는 내려가고 발열량은 증대하여 폭발의 위험성이 증가한다.

초산칼륨 및 초산나트륨 등은 자체로는 발열분해하지 않는다. 그러나, 가연물과 혼합되면, 폭발성을 갖게 된다. 초산칼륨, 유황 및 목탄 분말의 혼합물은 흑색화약으로 알려져 있다. 이 혼합물은 비교적 착화하기 쉽고, 또한 한 번 불이 붙으면 매우 격렬하게 폭연한다. 다량으로 취급하는 것과 밀폐한 용기에 넣어 사용하는 것 등은 매우 위험하다. 초산은 공학적으로 흔히 열매체로서 이용되고 있는데, 초산칼륨과 초산나트륨, 초산나트륨과 아초산나트륨 등의 혼합물이 자주 사용되고 있다. 이것을 이용하여 유기물과 가열하는 경우 잘못 혼입하여 연소한 예가 많다.

나. 할로젠산염과 그 혼합물

과염소산암모니움은 로켓추진약, 폭약카릿트 등의 원료로서 사용되고 있다. 유기물과의 혼합물은 착화하면 격렬하게 연소하는데, 조성에 의해서 폭발한다. 염소산칼륨은 그 자체라도 500℃이상의 고온에서 산소를 발생하여 분해하는데, 가연물과의 혼합물은 폭발성이 된다. 유황과의 혼합물은 분해온도가 200℃부근에까지 내려간다. 따라서, 이 혼합물은 상당히 위험하다고 보아야 한다. 염소산칼륨-유황-알루미늄, 염소산칼륨-적인 등의 혼합물은 마찰감도가 매우 예민한 것이 알려져 있다. 이들 조성물은 화학원료로서 이용되어 왔다. 염소산염혼합물은 위험성이 높아, 대신에 과염소산염의 사용이 장려되어 왔다. 과염소산칼륨과 유황과의 혼합물 분해온도는 약 380℃로 염소산칼륨과 유황과의 혼합물보다 안정하다.

아염소산 및 차아염소산염의 단독으로의 분해온도는 상당히 낮다. 이들 산화제와 가연물과의 혼합물 발화온도는 더욱 낮다. 이들 산화제와 가연물을 혼합시키지 않도록 주의가 필요하다.

다. 알루미늄 및 마그네슘과 함유산소화합물의 혼합물

알루미늄 및 마그네슘과 같이 산소와 반응하여 고열을 발생하는 경금속과 함유산소화합물과의 혼합물은 가열하면 폭발적으로 반응한다.

$Al + Fe_2O_3$, $Al + Na_2SO_4$, $Mg + ZnO$, $Al + Na_2CO_3$ 등은 그 예이다.

4. 혼합위험

여기서는 2종이상의 물질이 혼합하여 발화 또한 폭발하는 예에 대해서 설명한다.

가. 사염화탄소와 알칼리금속

사염화탄소에 금속나트륨을 투입하여 격렬한 폭발을 일으킨 예가 몇가지 알려져 있다. 할로젠화탄화수소와 알칼리금속과의 혼합물은 폭발을 일으키기 위한 충분한 반응열을 가지고 있다.

나. 농초산, 무수크롬산, 과망간산칼륨, 아염소산, 차아염소산과 가연물

상기 산화제와 어떤 종의 가연물은 접촉한 것만으로 발화한다. 예를 들면, 농초산과 아닐린과는 혼합되면 곧 발화하여 격렬하게 연소한다. 나프탈렌, 안트라센, 글리세린, 에탄올 등을 무수크롬산과 혼합하면 곧 발화한다. 소량의 과망간산칼륨 분말에 에틸렌글리콜을 적하하면 발화한다. 차아염소산칼륨과 글리세린과는 혼합되면 수분후에 격렬하게 연소한다.

다. 과망간산칼륨, 할로젠산염류와 산

과망간산칼륨을 농유산 중에 가하여 폭발한 예가 알려져 있다. 할로젠산염류의 대부분은 강산을 부으면 발화한다. 그래서, 가솔린 및 톨루엔과 같은 인화성액체가 있으면 보다 격렬하게 폭발적인 연소가 일어난다.

라. 암모늄염과 몇가지 산화제

몇가지 산소산의 암모늄염은 매우 불안정하므로 다른 안정한 암모늄염과 혼합하면, 불안정하게 되어 폭발적인 분해를 일으키는 경우가 있다. 그와 같은 산소산염으로는 아초산염, 염소산염, 과망간산염 등이 알려져 있다.

마. 농유산 및 발연유산과 물 알카리

무수유산과 물과의 당량혼합물은 약 300 cal/g의 반응열을 가지며 폭발할 충분한 에너지를 가지고 있다. 대량의 유산과 물을 한번에 섞으면 뜨거운 산이 비산하여 큰 사고로 이어진다. 진한 유산과 알카리를 같이 진열해 두어서는 안된다.

바. 금속과 산

조건과 조합에 의해 수소를 발생하고, 인화, 폭발하는 일이 있다.

제 6 장 방사성 물질

1. 방사성 물질의 이용

실험에 있어서 방사선 및 방사성 동위원소(radioisotopes, RI)의 이용 중 중요한 것은 다음과 같다.

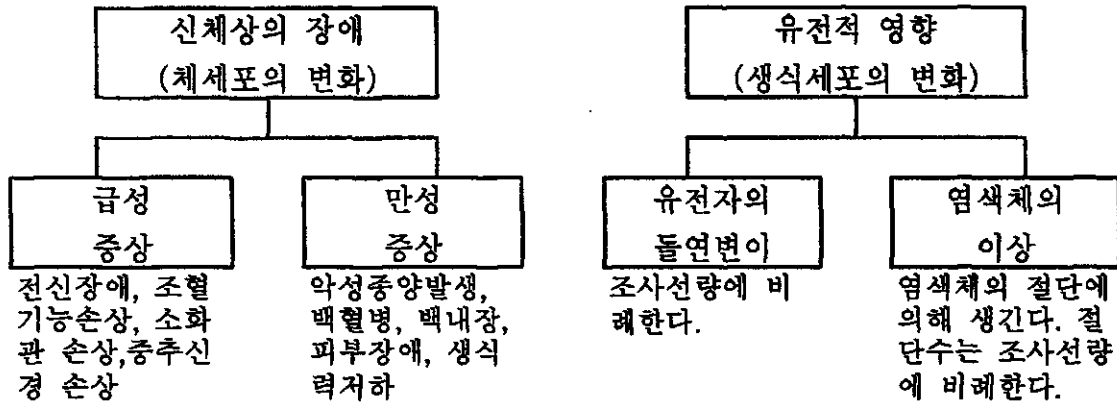
- ① 화학연구 : 트래서에 의한 화학반응기구의 해명, 방사화분석, 메스바우어스펙트로메터
- ② 공업계측 : 가스크로마토그래프에 의한 검출기, 중성자수분계, γ 선래디오그래피
- ③ 조사 : 방사선중합, 살균, 발아방지, 방사선분해, 품질개량

RI에서 방출된 방사선은 인체에 적지않은 영향을 미치기 때문에, 그 취급은 법령에 의해 엄격하게 규제되고 있다. 여기서는 RI의 취급에 있어 꼭 알아 두어야 할 사항에 대해서만 간단하게 기술한다. 실제로 사용할 때에는 이 방면의 전문서를 통하여 충분한 지식을 갖춘 후에 이용하는 것이 좋다.

2. 방사성 물질의 위험

RI 중 밀봉된 방사선원은 잘못하여 체내에 흡수되어, 주변을 오염시킬 위험이 있다. 밀봉되지 않은 RI는 입, 호흡기 및 피부를 거쳐 체내에 들어와 과실에 의해 주위를 오염시킬 위험이 있으므로, 그 취급에는 상당한 제약이 부과되어 있다. 특히 체내에 흡입되면, 그 강한 전리작용에 의해 방사성장해를 일으키는 Sr 및 α 선 방출핵종은 그 사용상의 규제가 엄격하다. RI의 인체에 대한 영향은 [그림 6-1]

에 나타내었다.



[그림 6-1] 방사선의 인체에 대한 영향

3. RI를 취급할 때의 기본적인 주의

방사선에 의한 체외피폭을 최소화하는 것, RI의 체내섭취를 없애는 노력이 기본이다. 이를 위해서는 RI를 가능한 한 작은 공간으로 유지하고 필요한 양 이상의 RI를 사용하지 않아야 되며 RI의 관리를 충분히 하는 것이 필요하다.

가. 실험전

- ① 방사성물질취급상의 지식 및 실험기술을 충분히 몸에 익힌다.
- ② 면밀한 실험계획을 세우고 가능한 한 위험성이 작은 RI를 필요한 최소량만을 사용한다.
- ③ 실험의 단계를 생각하고, 어느 정도의 시간과 피폭할 위험이 있는가를 추정하고 오염방지의 수단을 고려한다.

- ④ 방사성물질을 사용하지 않은 cold run을 행하여, 실험순서를 익힌다.
- ⑤ 실험복, 고무장갑, 필름뱃지, 선량계, 서베이메터, 납블록, 원격조작용구 등 필요한 방호용구를 갖춘다. 사용할 RI의 검출에 적합한 서베이메터류를 준비한다.
- ⑥ 미리 혈액검사를 포함한 건강진단을 행하고, 개인의 정상치를 알아둔다.
- ⑦ 사고시의 처치, 연락방법을 계획하여 둔다.

나. 실험중

- ① RI실험실용의 실험의를 착용한다.
- ② 필름뱃지 또는 다른 피폭선량측정용계기를 붙인 서베이메터는 근처에 놓아 둔다.
- ③ 실험실내에서 음식, 껌, 화장 등은 하지 않는다.
- ④ RI실험실에 필요 없는 것은 놓지 않는다.
- ⑤ 오염의 위험이 많은 실험은 후드 또는 글로브박스 내에서 행한다.
- ⑥ 실험대 및 후드에는 폴리에틸렌, 노지를 깔아, 용액을 흘려도 실험실이 오염되지 않도록 하고, 또한 오염을 간단하게 제거할 수 있도록 한다.
- ⑦ 가능한 한 습식조작을 행하도록 한다.
- ⑧ 용액의 분취 등은 안전피펫 및 주사기 등으로 행한다.
- ⑨ 실험중에는 고무장갑 및 폴리에틸렌 장갑을 착용한다.
- ⑩ 오염유무를 실험중에 자주 검사한다.
- ⑪ RI의 운반, 보존은 2중용기에 넣어 흡수제를 채워넣어, 용기가 부서져도 오염이 확산되지 않도록 한다.
- ⑫ RI가 들어있는 용기 및 장소에는 누구라도 알 수 있듯이 방사능을 표시한

표식을 하여, RI의 종류, 수량을 표시해 둔다.

⑬ 오염의 제거 및 폐액처리를 완전하게 행한다.

⑭ 부상을 당하였을 때는 즉시 물로 씻는다.

다. 실험후

① 신체 및 의복이 오염되지 않았는가 검사한다. 오염된 의복은 관리구역내에서 가지고 나가지 않는다.

② 실험대 및 바닥 등의 오염을 조사하고, 발견하면 오염제거를 완전히 행한다.

③ 오염을 확산시키지 않기 위해서, 실험에 사용한 기구는 완전하게 세염한 뒤 실외로 반출한다.

④ 체내오염의 위험이 없으면, 신티그램 및 요검사 등에 의해 조사한다.

⑤ 동물실험 및 의료에 RI를 이용하였을 때는, 사체 및 환자의 호기, 땀, 소변, 변 등의 배설물 오염관리 및 사후처리를 주의하여 행한다.

사고 및 위험시의 조치로서는

① 밀봉선원이 파괴된 경우는 적당한 재료 및 용기를 이용하여 선원을 밀봉상태로하고, 주변이 오염되지 않도록 한다. 납블록 등을 이용하여 방사선을 차폐하거나 관리구역을 설치하여 주변 사람이 출입하지 않도록 하는 것도 중요하다.

② 밀봉되지 않은 RI로 주변이 오염된 경우는 오염이 확산되지 않도록 한다. 용액은 흡습성의 종이 등으로 덮고, 분말은 공간에 날리지 않도록 습한 노지 등으로 덮는다. 지면 및 목재 책상 등에 용액을 흘렸을 때는, 오염부분을 제거해야만 한다.

③ RI를 경구침입 또는 흡수한 때는 손을 목에 넣어 위 속의 이물질을 토하게 한다. 식염수 및 물을 마시게 하여 여러번 토하게 하여 물로 씻어내게 한다.

④ RI가 없어지거나 분실된 경우, 신속하게 경찰서에 신고한다.

⑤ 지진, 화재 등으로 방사선장해가 발생하였을 때는, 소화, 피난, 오염확산방지, RI의 이동 등 응급조치를 취하고, 또한 필요한 긴급작업을 행한다.

긴급작업시에는 안전의 유지, 통보, 오염 확대방지, 단독작업의 금지 원칙 등을 반드시 지키는 것이 중요하다.

제 7 장 점화원

1. 불꽃

실험실에서 가장 많은 불꽃은 아마도 가스버너일 것이다. 가스버너는 연료의 종류가 무엇이든 화염온도가 1200℃ 이상 되므로 점화원이 된다. 알콜램프에서도 사정은 동일하다. 가연성액체를 증류할 때 등, 가스버너를 자주 사용하는데, 본질적으로 위험하다. 증류에 의해 나온 증기가 버너가 있는 곳까지 흐르면, 곧 화재로 이어지므로 증기가 흐르는 방향을 고려할 필요가 있다. 완전밀폐계로 하든가, 간접가열을 행하는 등의 방법을 취해야만 한다. 전열기의 니크롬선을 커버로 씌어 전열선이 보이지 않아 안전하다고 생각하는 것은 위험하다. 가연성가스와 증기는 눈에 보이지 않은 간극으로 들어와 발화가 될 수도 있다.

성냥 및 라이터의 불도 불꽃이다. 가연성가스 및 증기 또는 발화성, 분해성물질의 부근에서 사용하지 않는다. 이러한 의미에서 부주의한 실험실에서는 피해야만 한다. 기타 불꽃으로서는, 난방용의 가스 스토브, 전기 스토브, 석유 스토브 등이 있다. 실험장소로부터 떨어져 있다고 하여, 안심하고 사용하고 있다가 가연성가스나 증기가 흘러들어와 착화하는 일도 있다. 이와 같은 위험이 있는 장소에서는 불꽃은 일절 금지하고, 난방이 필요하다면 온풍 또는 스팀난방으로 전환해야 한다. 유기 가스 및 증기는 공기보다 무거우므로 바닥을 따라 낮게 흐르는 경향이 있다. 가스콘로, 탕비기, 전기건조기 및 화로 등도 불꽃의 분류에 속한다.

2. 전기불꽃

전기불꽃은 매우 효율이 좋은 점화원으로, 불과 0.3 mJ 정도의 에너지로, 보통의 가연성가스를 발화시킬 수가 있다. 전기불꽃은 곳곳에 있어, 스위치, 카본 브러쉬 타입의 모터, 릴레이, 서모스타터, 압전소자 등이 발생원이다. 구체적으로 들어 보면, 날형 스위치, 조명 스위치, 풀스위치, 냉장고, 가스콘로 등이 있다. 가연성가스 및 휘발성 액체를 많이 취급하는 장소에서는, 방폭형 전기설비를 사용해야 한다. 용제를 통상의 냉장고에 보관하고 있다가 내부에서 발화·폭발이 일어난 예가 많이 있다. 이와 같은 목적으로 사용하는 냉장고는 당연히 방폭형으로 해야 한다.

전기불꽃의 또 하나의 형태로서 정전기 방전이 있다. 이종의 물질이 접촉하면, 반드시 전위차가 생겨 유동에 의해 그 면적이 증대하고 전위차도 또한 커진다. 탄화수소계의 액체를 유동시키거나 분사 또는 플라스틱 분말을 수송할 때, 정전기가 일어나, 방전에 의해 화재 및 폭발을 일으킬 가능성이 있다.

3. 충격과 마찰

충격이나 마찰도 또한 폭발성물질 및 가연성혼합기의 점화원이 될 수 있다. 이들의 본질은 국부적인 고온에 있다. 즉, 일반적으로 고체의 표면에는 미세한 요철로 인해 다수의 작은 돌기가 있다. 따라서, 두 개의 고체표면이 접촉이 되면, 접촉면적이 매우 작은 돌기부의 정점에서 접촉하게 되고, 이 부분에 에너지가 집중한다. 그 때문에 접촉점에 국부적인 고온이 생겨, 이것이 점화원이 된다.

충격에서의 또 하나의 요인으로 분체에 충격을 가하면 분체는 용해하여 유체가 된다. 유체내부에는 기포가 있으므로, 충격에 의한 단열압축으로 기포의 국부가열이 일어나 용이하게 발화점에 달해 그 결과 폭발 및 발화가 일어난다.

단열압축에 의한 발화는 디젤엔진에 이용되고 있다. 공기를 예로 들면, $\gamma=1.4$,

$P_1=1\text{atm}$, $T_1=293\text{K}(20^\circ\text{C})$ 로 하여, 여러 압축비에서의 P_2 및 T_2 를 계산하면 <표 7-1>과 같이 되어 쉽게 상당한 온도상승이 보이는 것을 알 수 있다.

<표 7-1> 공기의 단열압축에 의한 압력 및 온도의 상승($P_1=1\text{atm}$, $T_1=293\text{K}$)

V_1/V_2	$P_2(\text{atm})$	$T_2(^\circ\text{C})$
1	1.0	20
2	2.6	120
3	4.7	181
5	9.5	283
10	25.0	462
15	44.2	594
20	66.0	697

4. 열에 의한 발화

가연성가스 및 증기를 포함한 물질은 위에서 설명한 것과 같이 점화원이 없어도 발화 및 폭발에 이르는 일이 있다. 결국, 특정 점화원이 없어도 물질은 자신의 발화점까지 가열되면 발화한다. 열원으로부터 방사 및 스팀배관의 가열에 의한 발화도 그 하나이며, 오토크레이프 등에서 고온으로 가열된 가연물이 외부로 분출하여 발화하는 것도 여기에 속한다. 또 하나는 자연발화라고 하는 것으로, 물질의 산화, 분해, 흡습 및 미생물의 발효에 의한 발열이 축적된 결과, 물질의 온도가 발화점 이상으로 되어 발화한다. 대상이 되는 물질이 이와 같은 성질을 갖고 있는가는 주로 물질의 화학적성질에 의해 결정되는데, 실제조건에서 발화에 이르는가는 물질의 반응속도, 반응열이 중요한 인자이다. 시료의 크기도 또한 중요한 인자가 된다.

제 8 장 전기적 위험

전기는 실험실 내에서 사용하는 중 부주의하면 부상이나 죽음을 초래할 수도 있다. 직류에서 남자는 2 mA에서 뜨끔거림을 느낄 수 있고 이탈 전류값은 30 mA이다. 교류 60 Hz에서의 각각의 값은 0.5, 10 mA이다. 여자는 전류의 영향이 더욱 예민하여 대략 남자의 ⅔ 정도에서 같은 영향을 받는다. 높은 전류는 호흡을 곤란하게 하고 심실세동을 일으키며 궁극적으로는 심장을 멈추게 한다. 만일 전기적 위험이 의심된다면 즉시 전원을 끄고 자격이 있는 사람이 원인을 확인하도록 한다. 뜻하지 않게 전원을 투입하지 않도록 전원공급을 중단시킨 후 전기작업을 하여야 한다.

1. 전기장비 작업규칙

- ① 장비를 검사하기 전에 회로의 스위치를 끄거나 장비의 플러그를 뽑아서 전원을 끈다. 안전스위치를 끌 때는 가죽이나 면으로 된 절연장갑을 착용하고 오른손을 사용하며, 얼굴을 상자를 향하지 않게 하고 손잡이를 내린다.
- ② 전기장치를 작업할 때 공구나 비품의 손잡이는 부전도체로 된 것을 사용한다.
- ③ 전기장치의 전기가 흐르는 부분은 절연을 한다.
- ④ 전원에 연결된 회로배선은 임의로 변경하지 않는다.
- ⑤ 작업공간은 항상 청결하게 유지한다.
- ⑥ 플러그를 전원에 연결한 채 회로변경 작업을 하지 않는다.
- ⑦ 회로가 확실하게 연결되어 있지 않으면 플러그를 전원에 꼽지 않는다.
- ⑧ 젖은 손이나 물건으로 회로에 접촉하면 안된다.

- ⑨ 젖은 전지는 부도체 재질 위에 놓는다.
- ⑩ 전기장비에 연결된 접지선의 접속을 확인한다.
- ⑪ 기계의 휴즈가 끊어졌을 경우에는 그보다 용량이 더 큰 휴즈로 교환하면 안된다.
- ⑫ 연결 코드선은 최소한으로 가능한 짧게 사용한다.
- ⑬ 전기장비 근처에서는 가연성 용재를 사용하지 않는다.
- ⑭ 다중콘센트는 가능한한 사용하지 않도록 한다. 만일 추가콘센트가 필요하다면 전기담당부서에 의뢰해서 설치해야 한다.
- ⑮ 전기배전반의 진입로와 스위치 앞에는 장애물이 없도록 하고 청결하게 유지해야 한다.

2. 정전기와 불꽃의 위험

전기불꽃은 가연성 액체를 사용하는 구역에서 폭발을 일으킬 수 있다. 그러므로 전기설비와 용기는 적당한 접지를 할 필요가 있다. 보통 전기불꽃의 일어날 가능성이 있는 경우는 다음과 같다.

- ① 회로에 전압이 걸려 있을 때 전기회로를 끊거나 잇을 때
- ② 금속 탱크와 용기
- ③ 플라스틱 랩 앞치마
- ④ 금속 클램프, 꼭지 혹은 철사와 부도체 호스를 사용할 때
- ⑤ 고압가스용기가 가스를 방출할 때

3. 전기안전 점검 사항

가. 배선

- ① 전선, 코드의 용도 및 규격이 부하에 적합한지를 살핀다.
- ② 피복의 손상여부와 충전부위가 노출되지 않았는지 점검한다.
- ③ 이동전선의 정리·정돈여부를 점검한다.

나. 개폐기

- ① 개폐기의 과열, 손상 및 변색여부
- ② 배전반, 개폐기(스위치)함 앞의 장애물 존재여부
- ③ 인·출입선의 고정상태
- ④ 사용장소 및 장비(부하)명의 부착여부

다. 콘센트

- ① 콘센트·프리그의 손상여부
- ② 콘센트·프리그의 고정 및 접속상태
- ③ 콘센트·프리그의 과열 및 변색여부

라. 전동기

- ① 전동기의 과열여부
- ② 단자부분의 접속상태
- ③ 이상한 진동, 소음의 존재 및 접지상태

마. 전열장치

- ① 발열체의 변형, 손상, 부식 상태
- ② 단자부분의 변색 및 접속상태
- ③ 발열체 주변의 가연성 물질의 존재여부

바. 조명장치

- ① 조명기구의 파손 및 탈락여부
- ② 이상한 소음 및 진동의 존재여부
- ③ 백열구나 열발생 조명기구 주변의 가연물 존재여부

제 9 장 실험기구 및 장치

1. 실험기구

화학실험에 빈번하게 사용되는 유리제기구, 금속제기구 외에 최근에는 플라스틱제의 기구류를 사용되는 일이 많아졌다. 유리, 금속 및 플라스틱 각 재료는 접촉하는 시약에 대하여 가하는 열에 대하여, 또는 움직이는 힘에 대하여 각각의 성질을 가지고 있다. 따라서, 기구를 안전하게 취급하기 위해서는, 실험자가 기구의 재질에 관하여 충분한 지식을 가지고 있는 것이 중요하다. 그러나, 더욱 중요한 것은, 기구에는 형상이 있고 설령 같은 재료라도 형상이 바뀌면, 성능도 상당히 변한다는 사실이다. 화학자들은 각각의 실험에 적합하도록 각종 형상의 기구를 고안하였다. 따라서, 어떤 기구를 통상 사용되고 있는 용도 외로 사용하여, 안전사용범위를 넘어 위험하게 될 수도 있다. 감압종류의 받침기구에 바닥이 둥근형태의 플래스크가 아닌 바닥이 편평한 플래스크를 사용하는 것이 위험한 것과 같이, 적재적소에 실험기구를 사용하도록 주의해야 한다. 단일 재료로 기구가 만들어져 있다고 하여, 내열성이 일정하다고 기대할 수 없다. 기구 형상에 의해서도 그 강도는 다르다. 예를 들면, 유리제의 둥근바닥 플래스크는 열에 대하여 다소 약하지만, 기계적충격 등에는 강하다. 또한, 기구는 사용하고 있는 중에 서서히 약품에 침투되어 가는 것이므로 최초에는 일정한 강도를 지니고 있어도 오랜 시간을 거치는 동안 강도의 일정함은 없어진다. 예를 들면, 비이커의 밑바닥은 교반봉과의 접촉 및 기타 기구에 의한 마모 때문에 상처를 입기 쉽다. 동일 제품이라도 사용빈도가 달라도 유리제품의 견고함은 표면의 마모, 상태 등으로 판단할 수 있다.

한편, 유리제품은 새 제품이라도 눈에 보이지 않는 다소의 변형을 가지고 있어,

,가열에 대하여 불안정하므로 반복가열의 경력을 갖는 것은 오히려 기계적으로 안정한 경우도 있다. 소형실험장치의 게이지글래스 등은 이러한 예이다.

또한, 유리표면에 사용이나 세정 등의 취급중에 받는 눈에 보이지 않은 세세한 균열 및 상처가 성장하여 파괴의 원인이 되는 일도 있다. 열에 의한 손상은 두꺼운 유리제품의 경우, 특히 주의를 요한다.

가. 화학실험용기구

화학실험용기구는 지금까지 유리체가 주요품목이었지만, 최근 스테레스 및 플라스틱 제품도 사용하게 되었다. 각 재질의 장점과 단점을 파악하고, 실험의 성질, 목적에 적합한 사양을 선택하면 된다. 용기류는 너무 작은 것보다는 다소 큰 것이 안전하다.

(1) 비이커류

5ml 정도의 것으로부터 10ℓ 정도의 크기까지 있다. 재질은 경질유리체, 플라스틱체, 자기체 또는 스테레스체 등이 있다. 용량의 각선이 들어 있는 것이라도 눈대중 정도로 이해하면 된다. 입구가 넓기 때문에 액체의 취출, 운반, 혼합, 반응, 증발 등에 사용된다. 유기용매 등을 비이커 류에 넣을 때는 크리이프현상(액이 벽면을 따라 상승하여 외측으로 나오는 것) 및 증발에 의한 일산에 주의해야 한다. 커다란 비이커에 액체를 넣으면 무거워져 실험대에 놓을 때에 충격으로 균열이 생기는 일도 있다.

(2) 플라스크류

플래스크는 50ml로부터 5ℓ 정도의 크기로, 플라스틱제의 것도 있으며, 주요 반응 용기로서 사용된다. 삼각 플래스크는 밑바닥이 편평하므로 안정하여, 액체시료용 기로서 적합하다. 또한, 자기교반기에 의한 교반 때에도 교반자를 잘 회전시킬 수가 있으므로 반응기로서도 이용된다. 삼각플래스크는 압력 및 열적 변형에는 약하므로 상압증류 및 여과 받침기에는 사용할 수 있지만, 직화에 의한 가열 및 감압조작에 사용해서는 안된다.

(3) 증류플래스크

증류에 사용되는 플래스크는 목적에 따라 여러가지 형상의 것이 제작되었다. 가지 부착은 상압증류용에, 크라제인, 후텐은 감압증류용으로서 조립하기 쉽고, 잔류분배의 동반이 적다는 장점이 있다.

(4) 냉각관(콘덴서)

냉각관에는 증류 등으로 증기를 냉각응축하여 분리하는 증류용과, 가열반응으로 증발하는 반응용매를 응축환류하는 환류용 등이 있다. 냉각관(콘덴서)은 증기의 응축온도가 130℃이상의 것은 공냉식, 그 이하의 것은 수냉식을 이용한다. 냉각관의 냉각응축능력에는 한계가 있어, 여러가지 사이즈가 있으므로 적당한 것을 선택하여 능력을 넘지 않도록 주의할 필요가 있다.

(5) 시험관류와 시험관 설치

시험관은 소량의 물질을 나누어, 가볍게 시험을 해 보는 데에 이용하거나 컬럼 크로마토그래프의 각 프랙션의 수납기로, 또는 소용량의 것은 시료보존 등에도 사

용한다. 시험관조립에 세워서 사용한다. 시험관설치는 목제로부터 스텐레스제, 플라스틱으로 코팅한 철제, 베크라이트제 등이 있다.

(6) 병류

액체 및 고체 약품을 보관, 저장, 운반하는 데에 적당한 용기이다. 입구의 크기는 가는 입구, 넓은 입구 등이 있다. 유리제 외에, 폴리에틸렌제의 것이 있다. 유리제의 커다란 병은 밑바닥에 충격을 주지 않도록 하지 않으면, 바닥에 균열이 가는 경우가 있으므로, 특히 저장운반에는 폴리에틸렌제의 평각, 중형의 20ℓ 용기가 사용되고 있다.

(7) 건조용 기구류

물로 세척한 기구를 자연건조시키기 위해서는 선반에 걸쳐 놓으면 된다. 최근 플라스틱제의 실험기구가 많아지게 되어 건조시킬 경우, 가열건조는 온도가 너무 올라가 위험하다. 몇사람의 실험자가 있는 실험실에서는 설정온도가 변하는 경우도 있어, 정온 온도중의 표찰을 내어 놓으면 좋다. 먼지가 들어가지 않도록 공기를, 천으로 필터를 한 상자 속에 소형선풍기를 사용하면 플라스틱기구류에 상처를 주지 않고 건조시킬 수 있다. 전기정온건조기는 금속제의 상자를 밑바닥의 전열선으로 가열하는 것으로, 온도는 바이메탈에 의한 전류의 단속으로 조절한다. 유리기구 및 금속기구의 건조 외에 약품의 건조도 가능하지만, 부식성가스 및 인화성가스가 발생하는 것에는 사용할 수 없다. 수분의 건조는 110℃정도로 설정해 놓으면 충분하다.

(8) 액체계량기구류

용량10ml~1ℓ의 원주에 등간격 눈금을 붙인 것이 메스실린더로, 유리제, 폴리프로피렌제, 염화비닐제의 것이 시판되고 있다. 직경이 작은 것은, 그 만큼 높이가 크므로 불안정하게 되어, 유리제의 것은 넘어져 깨지는 일이 많다. 소량용이라고 하여도 플라스틱제의 것은, 그 눈금으로 계량하는 것은 단지 참고로 하는 것이 무난하다. 메틀글래스는 일정농도의 시약용액의 조제 등에 사용된다. 처음에 눈금 가득히 용매를 넣어 버리면, 전체를 균일하게 하는 것이 힘들다. 홀피펫은 일정량의 액체를 채취하는 데에 이용하며, 관상단부를 입으로 빨아 액을 빨아올리는 것인데, 증기압이 높은 것이나 유해한 액체는 피펫을 사용하는 편이 안전하다. 홀피펫 등 선단의 세세한 것은 사용중에 수납기에 닿거나 구부러지기 쉬우므로 주의한다.

(9) 교반기구류

능률적으로 교반이 행하여지도록 여러가지 교반봉이 고안되어 왔다. 이것은 보통 모터로 회전시킨다. 용기 입구의 크기에 따라 교반봉의 선단부분 형상이 좌우된다. 회전중은 원심력으로 넓혀지는 선단부분이 있는데, 액의 점도가 높으면 그다지 유효하지 않다. 자석교반기는 자석을 회전시켜, 용액중의 교반자를 회전시키는 방식으로 점도 제한을 받는다. 혼합기는 상하진동을기계적으로 발생시켜, 그것에 분액누두를 고정시켜 두면, 용액은 손으로 행하는 것보다 장시간 격렬하게 섞을 수가 있으므로 추출에 사용된다.

(10) 가열용기구류

가열은 가스일버너나 전기히터 중에서 행하여진다. 이것을 열원으로서 열매체를 이용하여 가열하는 방법이 있다. 유기용매 등 인화성의 것에는 전기가열기구가 이용되는데, 충분히 안전한 것을 선택할 필요가 있다.

(11) 지지대류

실험에 사용하는 기구를 원하는 위치에 고정하는 것은 안전조작으로 이어진다. 크램프와 유리용기 사이에 고무벨트 등을 이용하면, 너무 조여 깨져버리는 것을 다소 막을 수가 있다. 스탠드링은 분액누두의 지지에 사용된다.

2. 실험장치

화학실험에 이용되는 기구 및 장치에 우선 요구되는 것은 기계적강도이다. 장치가 약하면 실험할 수 없기 때문이다. 다음에 필요한 것은 내열성으로, 많은 화학반응이 고온에서 행하여지므로 당연한 요구조건이다. 세번째는 내식성으로, 장치가 놓여져 있는 분위기 및 약품에 침투되는 곳에서는 오래 견뎌지 못한다. 이 세가지는, 예를 들면 고온이 되면 기계적강도 및 내식성이 떨어지는 등 서로 관련이 있어, 어느 하나가 없어도 실험에 지장을 미친다.

가. 기계적강도

화학실험용의 기구 및 장치의 기계적강도는 그것을 구성하고 있는 각 재료에 기본적으로 의존하고, 그것이 어떠한 기계적강도에 우수해 있는가, 또는 열등해 있는가를 아는 것은 실험을 안전하게 진행하는 데에 있어서 중요한 것이다. 재해사례를 들어보자. 갈색의 삼각 플라스크가 손앞에 있지 않고, 약품이 넣어져 보내 온 갈색병이 눈에 띄어 그것을 차광 교반이 필요한 반응용기로 대용하였다. 철합금의 교반자(이전엔 유리로 커버해 놓았는데, 그 때는 이미 파손하여 보호되어 있지 않은 것.)를 유기용매라서 부식의 염려는 없어서, 자석교반기로 밤낮으로 교반을

행하도록 하고 귀가하였다. 다음날, 실험실에 와 보고 큰 일이 일어난 것을 알았다. 병 바닥에 구멍이 뚫리고 이미 용매는 일산하고 있었고, 용매에 녹인 시약은 교반기상의 측면에 걸쳐 흘러 고착하였다. 교반기의 모터에서도 상태가 나쁘고 스파크라도 났다면 화재로 이어지는 않았을 것이다. 시약포장병은 실험용기에 사용되는 화케이산유리와 달리 부드러운 소다유리가 사용되어 있었으므로 경도가 높은 철합금제의 교반자 회전으로 병바닥은 미끄러움이 덜 해졌다. 테프론 가공 교반자였다면, 마모도 적었을 것이다. 또한, 차광 때문에 갈색 포장병을 대용한 것이 알루미늄호일 등을 삼각플래스크에 커버하여 사용했어도 좋았었다. 이 사례에서는 재료의 경도가 문제였다. 그러나, 경도가 높다고 해서 좋은 것은 아니다. 100ml용량의 유리제 메스실린더와 폴리프로피렌제의 그것을 쓰러뜨렸을 때, 전자는 두부가 걸려 버리던가 균열이 생기지만, 후자는 문제가 없다. 사용하지 않을 때, 메스실린더는 횡으로 하여 놓도록 주의해도 지키지 않으면, 전도, 파괴가 가끔 일어난다. 값은 양쪽 모두 동일하지만, 부드럽고 충격에 대하여 강하며, 따라서 전도에 의한 파괴도 없으므로 유리용기를 취급할 때의 파괴라고 하는 불안은 해소된다. 플라스틱이 유리 및 금속과 일선을 긋는 특징은 역시 유연성일 것이다. 그러나, 이 유연성도 그것이 발휘되는 온도를 고려하지 않으면 아무런 쓸모가 없다.

기계적 강도에는 내마모성, 내충격성, 유연성 등이 있는데, 이 외에 예를 들면, 고속액체크로마토그래피에 사용되는 컬럼은 내압성이 요구되며, 기밀을 유지하는 팻킹재는 내압축성이 요구된다.

실험을 행할 때, 기계적 강도에 착안하여 다음 사항에 유의한다.

- ① 행하려는 화학실험은 어떠한 종류의 기계적 강도가 요구되는가를 예상한다.
- ② 사용하는 기구, 장치를 기계적강도의 입장으로 보아, 기계적강도가 떨어지

는 기구를 사용해야 할 때는 보호, 보강, 방어 등 적절한 조치를 강구한다. 유리관은 직접 사용하여, 크램프로 고정하지 말고 부드러운 고무 등으로 고정한다.

③ 온도가 변화하면 기계적 강도도 변화하는 것에 유의해야 한다. 예를 들면, 스텐레스강 SUS 304는 실온으로부터 800℃로 온도가 변하면, 인장강도는 약 1/5로 줄어 버리며, 허용응력은 1/20로 된다.

④ 사용하는 약품에 따라 기계적 강도는 변화를 받는다. 예를 들면, 스플링이 약품에 의해 부식마모하여 그 기능이 열화된다.

나. 내열성

화학실험에 사용하는 기구류는 실온이외의 온도에서 사용되는 일이 많으므로, 미리 재질의 내열성에 대해 알아 두어야만 한다. 그러나, 더욱 주의해야 할 것은 기구가 가열되어 약하게 되는 고온성 및 냉각되어 물러지는 저온성이 있다는 사실이다. 기구는 그것이 만들어져 있는 재료 단독으로 시험될 때와 기구로서 형태를 갖고 있을 때, 또는 시약이 존재할 때의 내열성은 동일하지 않다는 것에 유념해야 한다.

(1) 스텐레스 등의 내열성

스텐레스등의 SUS304의 용해 온도는 1400~1430℃이므로 통상의 실험온도에는 약품에 침투되지 않는 한 충분히 견디어 낼 수 있다. 그러나, 단독의 가열과는 달리, 약품의 존재하에서의 가열로 되면 상태는 변하므로 주의해야 한다. 초산이 존재할 때, 그 농도가 20%정도까지일 때 내열성을 나타내는 가열온도는 150℃전후,

40~70%에서는 120℃전후, 100%에서는 40℃로 떨어진다.

실험을 행할 때, 내열성에 착안하여 다음 사항에 주의한다.

- ① 앞으로 행하려고 하는 실험은 어떠한 온도범위로 행할 것인가를 예상해 본다.
- ② 내열성의 관점에서 사용하는 기구 및 장치를 열적으로 약한 곳은 없는가 검토한다.
- ③ 사용할 약품이 존재하여도 기구, 장치의 내열성은 만족되는가를 본다.

(2) 유리의 내열성

실온으로부터 고온에 유리를 가열할 때, 이상팽창이 시작된다. 이때의 온도를 전이점이라고 한다. 전이점까지 유리는 탄성체로 점도는 $10^{16} \sim 10^{13}P$ (P는 Poise)이다. 더욱 가열온도를 올리면, Na^+ 황색염이 나오기 시작한다. 점도가 $10^{11} \sim 10^{10}P$ 정도되는 온도를 연화점이라고 한다. 연화점을 넘으면 온도상승이 적어도 점도는 강하한다. 점도가 $10^8 \sim 10^6P$ 일때 유리세공이 가장 적합하다.

$10^5 \sim 10^3P$ 의 온도범위에서는 규산염이 석출하여 불투명하게 된다. 이러한 현상을 실투라고 한다. 더욱 온도를 올리면 석출된 결정은 녹아 점도는 10^3 (글리세린)~ 10^2 (물)가 된다.

실리카유리는 고온 및 급열, 급냉에도 견디어 낼 수 있다. 선팽창률이 작으므로 적열한 것을 물에 넣어도 갈라지지 않는다. 그러나, 화케이산 유리는 부서져버리며, 물론 소다유리 등은 다소 가열한 정도에서 물에 넣어도 부서진다. 유리용기에는 두꺼운 부분과 얇은 부분이 있어 가열하면, 열의 불량도체인 것과 선팽창률이 큰 것등에서 변형이 생겨 부서지기 쉽다. 따라서, 서서히 가열하는 것이 바람직하다.

(3) 플라스틱류의 내열성

유리 및 금속에 비해 플라스틱재료의 사용가능한 온도범위는 매우 한정되어 있다. 플라스틱에는 가열소성과 열경화성의 2종류가 있다. 전자는 가열, 냉각에 의해 연화, 경화를 반복할 수 있지만, 후자는 한번 가열하여 경화하면 다시 연화하지 않는다. 열경화성수지는 일반적으로 내열성이 열가소성수지보다도 좋다.

<표 9-1> 각종 플라스틱의 내열온도

열경화성	내열온도(℃)	열가소성	내열온도(℃)
페놀수지	120~180	스틸롤 수지	60~80
에폭시수지	120~170	폴리염화비닐	60~80
메라민수지	120~200	폴리에틸렌	80~120
요소수지	130~140	나일론	80~150
		불소수지	180~290

다. 부식의 점검

부식의 원인 및 그 진행방법은 매우 복잡하므로, 여러가지 면에서 대처해야만 한다.

- ① 기구의 내식성을 미리 알아 둔다. 기구 구입 때에 사용해서는 안되는 시약류가 안전사용온도범위 등과 함께 취급설명서에 기재되어 있다. 기재가 없으면 제조업자에게 문의하거나, 사용하고 있는 재질에 대한 편람 등을 참고로 판단한다.
- ② 부식성환경에 기구를 놓지 않도록 한다. 실험중에는 어쩔수 없지만 실험이 끝나면, 장치의 먼지 및 때를 청소하고 깨끗한 장소로 옮겨 가능한 한

빨리 세척해 둔다. 부주의한 실험으로 실험중에 흘리거나 날리어 약품을 닦아 두지 않으면, 설령 소량이라도 부식의 원인이 된다.

③ 부식성의 환경을 만들지 않도록 주의한다. 실험장치를 조립할 때에 부식성의 기체가 발생해도 충분히 포집되도록 방법을 강구하거나 배기장치내에 장치를 설치하기도 한다. 시약병의 개방, 형태 및 크기의 부적당, 그리고 파손 등으로 인하여 병에서 약품이 새거나, 습기로 시약이 분해하여 부식성가스가 발생하는 일도 많다. 환기팬 및 통기공이 불완전한 것도 환경의 부식성을 높이는 일이 된다.

④ 부식을 방지한다. 금속 등의 표면 방식은 도장에 의해 상당히 달성된다. 부식성환경에서 기구를 사용해야만 하는 경우, 부식성의 박막을 전체 또는 필요한 부분을 피복하는 것은 부식 방지에 도움이 된다.

⑤ 부식 장소의 발견에 힘쓴다. 화학실험실에서는 이미 몇가지의 형태로 부식이 발생하고, 진행하고 있다고 생각하여야 한다. 급격한 부식은 눈에 띄어 주의를 환기시키지만, 서서히 일어나는 부식에는 부주의로 일어난 경우가 많다. 눈이 자주 가는 곳은 부식이 그다지 진행하지 않는 중에 대책을 강구할 수 있지만, 장치 대부분의 장소에서는 눈이 자주 가지 않으므로 수리할 수 없는 곳까지 부식이 진행해 버리는 것이 자주 있다. 부식은 금속에 한한 것은 아니다. 수냉용고무관, 가스용고무관, 전선의 피복 등도 노화하고 있는 데도 알아 차리지 못하고 있으면, 물 누설, 가스 누설, 누전 등에 의한 사고를 일으키게 된다.

(1) 스테레스강의 부식성

연동은 알칼리 및 유기용제링에는 통상 침투하지 않지만, 산류에는 부식되기 쉽

다. 연동에 침투시킨 초산의 농도를 점차로 올리면서 환경의 산화성을 증가시키면, 어떤 값 이상에서 급격히 부식이 정지한다. 이때, 연동은 부동태가 되었다고 한다. 연동을 크롬과 합금하면, 환경의 산화성이 그다지 강하지 않아도 부동태화한다. 이 합금에 니켈을 가하면 더욱 부동태화가 쉽게 일어나게 되어, 많은 산에 대하여 내식성을 보인다. 이것이 니켈-크롬스텐레스 강이다. 산화성이 아닌 산 및 부동태를 국부적으로 부수는 성분(예를 들면, 염소 이온)에 대하여 내식성은 떨어진다.

(2) 유리의 부식성

유리는 대부분의 산에 사용할 수 있지만, 불화수소산에는 침투된다. 또한, 알칼리성의 약품에도 침투된다.

(3) 플라스틱의 부식성

스텐레스강 및 유리가 유기용매계에 강한 것과 대조적으로 플라스틱류는 100℃ 이하의 온도에서는 무기용매계에 강하다. 테프론은 다른 어느 고분자보다도 내식성에서 우수하지만, 고온, 고압의 불소화합물 및 용해알칼리금속에는 사용할 수 없다. 스텐레스강, 유리, 플라스틱의 내식성 비교를 <표 9-2>에 나타내었다. 내식성이 우수하다고 하여도 모든 산, 알칼리 및 유기용매에 대하여 일률적이지 않는 것을 이 표는 나타내고 있다.

<표 9-2> 각종 재료의 내약품성

재료 약품	스테인레스강 SUS304 100℃	납 100℃	경질유리 100℃	폴리염화비닐 (경질) 65℃	폴리에틸렌 52℃	불소수지 100℃	천연고무 (연질) 70℃
염산(35%)	C	C	B	A	A	A	B
유산(70%)	C	B	A	A	B	A	C
초산(40%)	B	C	A	A	B	A	C
암모니아수(28%)	B	B	C	A	A	A	A
수산화나트륨(25%)	A	B	C	A	A	A	A
아세톤	A	A	A	C	C	A	A
에틸알콜	A	A	A	B	B	A	A
벤젠	A	A	A	C	C	A	C
사염화탄소	A	A	A	C	C	A	C
초산에틸	A	A	A	C	C	A	C

1년간 부식도(mm) ; A:0.05이하, 사용가; B:0.05~0.1, 조건부 사용가; C:0.1이상, 사용불가

화재·폭발의 안전대책에 관한 기술지침
연구보고서(화안연 96-4-12)

발 행 일 : 1996. 12. 31

발 행 인 : 원 장 이 한 훈

연구수행자 : 수석 연구원 김 두 환

선임 연구원 김 관 응

선임 연구원 조 지 훈

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업 안전 연구원

화공 안전 연구실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : 032) 510-0844~7
