

국내외 연구·실험실 사고사례 모음



교육과학기술부
MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGY



서울대학교 환경안전원
Institute of Environmental Protection & Safety, SNU

머 리 말

국내외 연구·실험실 사고사례 모음은 교육과학기술부에서 주관하는 “연구실안전 전문센터 육성 시범사업”의 연구 내용 중 유사 사고 재발방지 체계구축을 위하여 국내외 대학과 연구기관에서 발생한 사고사례를 정리한 것입니다.

사고사례는 교육과학기술부 연구실안전정보망과 사고 관련 사이트에 게재되어 있는 내용을 참고하여 사고 개요, 사고 경위, 사고 원인, 요구되는 개선사항 등을 정리하여 수록하였습니다. 본 자료는 <http://ieps.snu.ac.kr>에서 다운받아 활용 가능 합니다.

본 사고사례집이 대학, 연구기관의 안전관리 담당자 및 연구활동종사자들이 안전한 연구환경을 확보하고, 연구활동종사자를 보호하는데 도움이 되기를 기대합니다.

2009. 4

서울대학교 환경안전원

I. 국내 연구·실험실 사고사례

1. 폭발사고

1-1. 가스 폭발사고

- ▷ 수소가스에 의한 반응기 폭발사고 3
- ▷ 가스 누출에 의한 폭발사고 5
- ▷ ○○정밀화학지원센터 실험실 폭발사고 7
- ▷ 반응기 가스 폭발사고 9

1-2. 유기용매 폭발사고

- ▷ 실험장비 설치 중 폭발사고 11
- ▷ 실험실 청소 중 폭발사고 13
- ▷ 중학교 실험실 폭발사고 15
- ▷ 옥시염화인과 물과의 반응에 의한 폭발사고 17

1-3. 시약/분진 폭발사고

- ▷ 시약누출에 의한 폭발사고 19
- ▷ 산화성 고체 물질에 의한 폭발사고 21

2. 화재사고

2-1. 전기/과열 화재사고

- ▷ 진공펌프 과열에 의한 화재사고 23
- ▷ 멀티콘센트 과열에 의한 연구실 화재사고 25
- ▷ 지구화학실험실 화재사고 27
- ▷ 전기 과부하에 의한 연구실험실 화재사고 29
- ▷ 중탕용 히터 과열사고 31

2-2. 화학약품 화재사고

- ▷ 건조기 내부 화재사고 33
- ▷ 진공펌프 실린더 세척 중 화재사고 35
- ▷ 나트륨과 물의 반응에 의한 화재사고 37

▷ 아연 분말에 의한 실험실 화재	39
▷ 마그네슘에 의한 실험실 화재	41
▷ 전기스파크에 의한 실험실 화재사고	43
▷ 칼륨에 의한 연구실험실 화재사고	45

3. 유해물질사고

3-1. 유해물질 접촉사고

▷ 황산 용기 파손에 의한 화상사고	47
▷ 옥시염화물 용기 파손에 의한 화상사고	49

4. 그 밖의 사고

▷ 작업 중 충돌사고	51
▷ 장비 조립 중 도괴에 의한 사고	53

II. 국외 연구·실험실 사고사례

1. 폭발사고

1-1. 가스 폭발사고

▷ 미국 텍사스 원유 정제소 폭발사고	57
▷ 미국 오하이오주립대학 A&M 화학실험실 폭발사고	59
▷ 미국 매사추세츠공과대학 가스 폭발사고	61
▷ 미국 로체스터대학교 광파이프 폭발사고	63
▷ 캐나다 토론토 프로판 공장 폭발사고	65

1-2. 유기용매 폭발사고

▷ 미국 매사추세츠공과대학 폭발사고	67
▷ 미국 매사추세츠공과대학 실험실 폐수통 폭발사고	69
▷ 미국 매사추세츠공과대학 폭발사고	71
▷ 미국 페더럴웨이고등학교 실험실 폭발사고	73
▷ 미국 헌팅턴비치고등학교 폭발사고	75

▷ 뉴질랜드 사우스랜드 에덴데일 공장 폭발사고	77
▷ 미국 메사추세츠주 제약실험실 폭발사고	79

1-3. 시약/분진 폭발사고

▷ 미국 조지아주 Imperial Sugar 社 분진폭발사고	81
▷ 미국 워싱턴주 화학실험실 폭발사고	83
▷ 미국 위스콘신주 에탄올 공장 폭발사고	85

2. 화재사고

2-1. 화학약품 화재사고

▷ 미국 매사추세츠공과대학 화재사고	87
▷ 미국 오하이오주립대학 화재사고	89
▷ 미국 캘리포니아대학교 화재사고	91

3. 유해물질사고

3-1. 유해물질 접촉사고

▷ 미국 사우스플로리다대학교 유해물질 접촉에 의한 화상사고	93
▷ 미국 네브래스카대학교 학생 화상사고	95

3-2. 유해물질 흡입사고

▷ 미국 캘리포니아주립대학 유해가스 흡입사고	97
▷ 미국 프린스턴대학교 영재교육반 유해물질 흡입사고	99

3-3. 바이러스 감염사고

▷ 러시아 벡터주 연구센터 바이러스 감염사고	101
▷ 미국 텍사스대학교 오스틴캠퍼스 오염사고	103
▷ 미국 예일대학교 바이러스 연구소 감염사고	105

4. 그 밖의 사고

▷ 미국 브룩헤이븐 국립시험소 방사능 유출사고	107
▷ 미국 클리브랜드주립대학 실험실 감전사고	109
▷ 미국 사우스플로리다대학교 실험실 충돌사고	111

I . 국내 연구·실험실 사고사례

【폭 발 사 고】	3
【화 재 사 고】	23
【유해물질 사 고】	47
【그 밖 의 사 고】	51

수소가스에 의한 반응기 폭발사고

2002년 1월 21일, 대전 ○○기관 실험실에서 연구팀이 항생제 중간체 합성 실험을 하던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 가스 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2002년 1월 21일, 17시 45분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관
- 라. 피해 현황 : 부상 1명, 유리반응기(200L) 파손

2. 사고 경위

2002년 1월 21일 17시 45분경, 대전에 위치한 ○○기관 연구팀이 항생제 중간체합성 실험을 하던 중 잔류된 수소가스에 의해 폭발이 발생하였고, 그 사고로 1명이 찰과상을 입었다.

3. 사고 원인

항생제 중간체의 합성실험에 사용되는 수소가스는 폭발의 위험성이 아주 높은 데도 불구하고 완전히 제거되었음을 충분히 확인하지 않고 서둘러 다음 공정에 돌입함으로써 잔류한(추정) 수소에 의해 사고가 발생하였다.



4. 요구되는 개선 사항

가. 폭발 위험성이 있는 합성 반응은 충분한 불활성 실험환경 유지 및 감지기에 의한 확인 등 보다 과학적인 실험방법이 강구되어야 한다.

나. 피해보상 대책 강구

- ▷ 위험성이 수반되는 외부수탁(공동연구 포함) 과제에 대하여 사고로 인한 물적·인적 손실의 피해 보상범위를 명확히 하여 문서화 할 것

다. 안전교육 실시

- ▷ 실험 안전수칙 준수
- ▷ 실험에 적합한 안전장치 설치
- ▷ 사고에 대비한 보호대책 강구
- ▷ 실험특성에 따른 안전교육 철저 시행
- ▷ 위험성이 수반되는 반응은 연구책임자와 충분한 상의 후 진행
- ▷ 야간 실험시 사고대처를 위하여 2인 이상 실험(나홀로 실험 절대금지)
- ▷ 실험에 적합한 안전보호구 착용(안전화, 보안경, 보호의, 보호장갑 등)

가스 누출에 의한 폭발사고

2003년 5월, 대전 ○○기관 연소공학실험실에서 과산화수소 분해 실험을 하던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 가스 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2003년 5월 ○일, 14시 54분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 연소공학실험실
- 라. 피해 현황 : 사망 1명, 중상 1명

2. 사고 경위

2003년 5월 ○일 14시 54분경, 대전에 위치한 ○○기관 연소공학실험실에서 연구원이 과산화수소 분해 실험에 필요한 질소가스를 원활하게 이동하기 위해 혼합가스(수소 27%, 공기 73%) 용기의 위치를 변경하려고 시도하던 중 가스가 누출되면서 원인 모를 점화원에 가스용기가 폭발하였다. 이 사고로 1명이 사망하고 1명이 중상을 입었다.

3. 사고 원인

오랫동안 사용하지 않고 보관 중이던 가스용기의 밸브 부분이 파손된 것을 실험자가 모르는 상황에서 용기의 상태 확인을 소홀히 하였다. 또한 실험실 내 사물이 정리, 정돈되어 있지 않아서 이동시 방해가 되어 사고의 위험을 더욱 높였다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험 전과 후에 가스 등을 포함한 실험장비의 점검을 철저히 하고 필요시 적절한 조치를 할 것
- 나. 실험에 방해가 되지 않도록 하고, 위험요소를 쉽게 인지할 수 있도록 지속적으로 실험시설 주변 정리를 할 것



○○정밀화학지원센터 실험실 폭발사고

2008년 7월 29일, 울산 ○○정밀화학지원센터 무기재료분석실에서 연구원이 유기물 분석 실험을 하던 중 일어난 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

가. 사고 유형 : 가스 폭발사고

나. 사고 일시 : 2008년 7월 29일, 17시 15분경

다. 사고 장소 : 울산 ○○정밀화학지원센터 무기재료분석실

라. 피해 현황 : 사망 1명, 부상 2명

2. 사고 경위

2008년 7월 29일 17시 15분경, 울산에 위치한 ○○정밀화학센터 2층 무기재료분석실에서 연구원이 시료를 분석하던 중 분석기에 연결된 혼합가스(Ar 80%, O₂ 20%) 용기가 폭발하여 1명이 사망하고, 2명이 부상을 입었다.

3. 사고원인

유도결합플라즈마-질량분석기(ICP-MS)를 사용하여 유기물을 분석하던 중 파형이 불안정하게 나타나자 혼합가스(Ar 80%, O₂ 20%)가 문제일 것으로 판단하고 교체 사용할 새 혼합가스를 분석 테이블 옆에 두고 잠시 자리를 비운 사이 분석기에 연결된 혼합가스 용기가 폭발하였다.



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 가스가 누출되기 쉬운 밸브, 연결부 틈새 등은 정기적으로 누출검사 실시하고, 가스 용기는 반드시 고정시켜 사용, 저장함으로써 2차 사고를 예방한다.
- 나. 인화성 가스(수소, 아세틸렌 등)와 조연성 가스(산소 등)는 반드시 격리시켜 사용, 보관한다.
- 다. 가스 용기는 환기가 잘 되는 장소나 별도의 환기장치가 설비된 가스 캐비닛에 설치하고, 밀폐된 공간에서 장시간 사용하지 않도록 주의한다.

반응기 가스 폭발사고

2009년 1월 8일, 대전 ○○연구소에서 라텍스 중합실험 도중 일어난 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 가스 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 1월 8일
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○연구소
- 라. 피해 현황 : 사망 1명, 중상 1명, 1억7,700만원의 재산피해

2. 사고 경위

2009년 1월 8일, 대전에 위치한 ○○연구소 실험실에서 연구원이 라텍스중합실험을 하기 위해 반응기에 1,3-부타디엔, 아크릴로니트릴 등을 주입하던 중 폭발에 의한 화재가 발생하였다. 이 사고로 소방차 28대와 소방대원 70여 명이 긴급 출동하여 30여분 만에 진화하였으나, 연구원 2명이 각각 3도의 중화상을 입고 병원으로 긴급 이송, 치료 도중 1명은 사망하였다.

3. 사고 원인

라텍스중합실험을 위해 반응기에 주입했던 반응물(1,3-부타디엔, 아크릴로니트릴 등)이 드레인 밸브의 완전 미폐쇄 또는 연결부 틈새 등으로 유출되면서 사고 발생(추정)



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 인화성 가스(수소, 아세틸렌 등)와 조연성 가스(산소 등) 용기는 반드시 격리시켜 사용, 보관한다.
- 나. 가스용기는 반드시 고정하여 2차 사고를 예방한다.
- 다. 가스용기의 안전장치, 밸브, 배출구, 밸브 나사선 등과 같이 누출이 일어날 수 있는 곳을 정기적으로 점검한다.

실험장비 설치 중 폭발사고

1999년 10월, 대전 ○○기관 신소재응용연구실에서 섬유강화플라스틱 제조장비 가동 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망 (www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

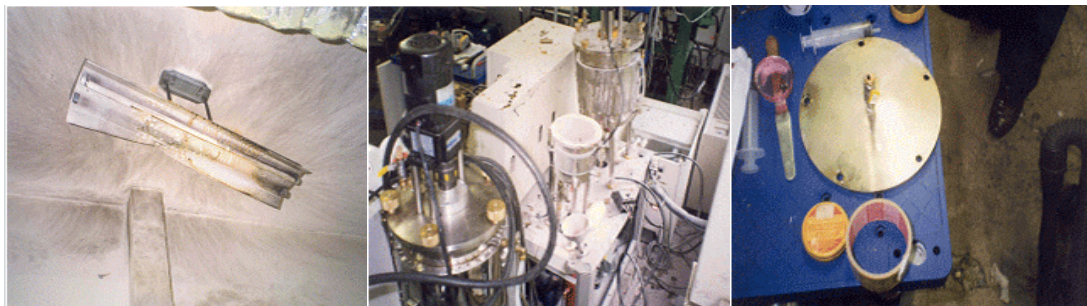
- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 1999년 10월 ○일, 16시경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 신소재응용연구실
- 라. 피해 현황 : 화상(2도) 1명, 부상 1명

2. 사고 경위

1999년 10월, 대전에 위치한 ○○기관의 신소재응용연구실에서 1개월 전에 운반한 섬유강화플라스틱(FRP) 제조 장비를 가동하기 위해 액체 상태의 MEKP(Methyl Ethyl Ketone Peroxide)를 충전하는 과정에서 폭발이 일어나 1명은 눈 밑 안면부에 2도 화상을 입고, 다른 1명은 청각에 손상을 입었다.

3. 사고 원인

80℃ 이상에서 분해, 발화하는 사용물질(MEKP)에 대한 특성을 충분히 숙지하지 못하였고, 실험장비 설치 전 압력 및 온도 상승 등의 위험요소에 대한 사전 안전성 검토가 부족하였다.



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험에 사용되는 장비는 사용 전에 전도, 충돌, 비레, 협착, 감전, 폭발, 파열 및 화재 등의 위험요소에 대한 안전성 평가를 실시한다.
- 나. 촉매제 등 실험에 사용하는 물질에 대하여 MSDS를 충분히 숙지한다.
- 다. 실험 시작 전 충분한 의견 및 정보 교환을 하고, 적절한 방호장치와 보호구 착용 등 안전성을 확보한 후 실험을 실시한다.

실험실 청소 중 폭발사고

2002년 1월, 대전 ○○기관 실험실에서 오래된 시약을 폐기하던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2002년 1월 ○일, 15시 28분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 경위

2002년 1월 ○일 15시 28분경, 대전에 위치한 ○○기관 내 실험실에서 대청소를 하던 중 오래된 시약을 20ℓ 플라스틱 용기에 폐기하는 과정에서 폭발이 일어나 1명이 눈과 이마 부위에 화상을 입었다.

3. 사고 원인

폐기대상 물질에 대한 특성을 정확히 파악하지 못한 상태에서, “산폐액과의 접촉을 피해야 함”이라는 경고표시를 무시하고 반응하지 않을 것이라는 안일한 생각으로 폐액을 동일한 용기에 폐기하였기 때문이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 청소전에 대상물질에 대한 정보(MSDS)를 숙지할 필요가 있다.
- 나. 졸업, 휴학 등으로 실험이 종료되었을 때 잔류 시약 및 미사용 시약의 정산보고를 정착시켜 잘못된 방법으로 사용·폐기하지 않도록 한다.

다. 평상시 불필요한 화학물질을 실험실 내부에 방치하지 않는 등 정리정돈을 생활화하여 청결하고 쾌적한 연구 환경을 조성한다.



중학교 실험실 폭발사고

2006년 5월 30일, 광양 ○○중학교에서 학생들이 ‘화학약품에 따라 불꽃 색깔이 다르게 보이는 실험’을 하던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2006년 5월 30일, 14시경
- 다. 사고 장소 : 광양 ○○중학교
- 라. 피해 현황 : 화상 10명

2. 사고 경위

2006년 5월 30일 14시경, 광양에 위치한 ○○중학교 실험실에서 이 학교 학생 35명이 화학약품에 따라 불꽃 색깔이 다르게 보이는 실험을 하던 중 불꽃반응을 활발하게 하기 위하여 메탄올을 붓던 중 폭발하여 학생 10명이 화상을 입는 사고가 발생하였다. 이 사고로 2명은 안면부와 상반신 등 신체 40% 가량에 3도 중화상을 입었고, 또 다른 2명은 얼굴 부위에 1도 화상을, 나머지 6명은 경미한 부상을 입고 병원에서 치료를 받았다.

3. 사고 원인

도교육청과 광양교육청에서 이 사고에 대한 진상조사를 실시한 결과, 실험을 진행하던 교사가 불꽃이 꺼진 줄 알고 메탄올 용기를 기울이면서 메탄올이 유출됐으며 이 과정에서 보이지 않은 불꽃이 메탄올에 옮겨 붙으면서 폭발이 일어난 것으로 밝혀졌다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 화학물질 취급 시에는 물질안전보건자료(MSDS)를 통하여 취급하는

물질의 화학적 특징, 위험성, 취급 및 저장법, 개인보호구 등에 대한 안전정보를 사전에 숙지한 후 실험을 실시한다.

나. 화재, 폭발의 위험이 있는 실험의 경우 내산성, 내화성이 있는 보호장갑, 안면보호구 및 실험복을 착용한 상태에서 실험을 실시한다.

옥시염화인과 물과의 반응에 의한 폭발사고

2006년 9월 9일, 서울 ○○대학교 공학관실험실에서 실험자가 옥시염화인을 폐기하던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2006년 9월 9일, 12시 10분경
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학교 공학관 실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 1명, 병원치료 8명

2. 사고 경위

2006년 9월 9일 12시 10분경, 서울 ○○대학교 공학관 실험실에서 유리병에 담겨있던 옥시염화인(phosphorus oxychloride)을 폐수통에 폐기하던 중 부주의로 바닥에 있던 물과 접촉하게 되어 염소가스가 발생하였다. 이 사고로 1명이 좌측상지 심부 2도 화상을 입었고, 인접한 실험실에 있던 8명이 염소가스 흡입으로 병원 치료를 받았다.

3. 사고 원인

폐액처리시 깔때기와 같은 적절한 보조도구를 사용하지 않은 상태에서 유리병으로 된 폐액 용기가 파손되면서 옥시염화인이 바닥의 물과 접촉되면서 화학반응을 일으켰다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 폐액관리 철저
 - ▷ 폐액용기는 열, 충격, 압력, 화학반응 등에 견딜 수 있는 재질로 된 용



기를 사용

- ▷ 폐액을 용기에 담을 경우, 폐액용기 외부에 흘리지 않도록 주의하여야 하며, 깔때기와 같은 보조 도구를 사용
- ▷ 폐액용기에 성분 등을 표기하거나, 육안으로 구별할 수 있도록 하여 혼합에 의한 화학적 반응 위험성을 최소화

나. 실험실 관리 철저

- ▷ 실험실 바닥 청소를 위하여 물을 사용할 경우, 청소 후 물기가 완전히 마른 상태에서 실험 재개
- ▷ 배수시설이 없는 실험실의 경우 가급적 물을 이용한 바닥 청소는 삼가

다. 개인보호구 착용

- ▷ 실험 중 발생 할 수 있는 화재, 폭발, 피부접촉 등의 사고에 대비하여, 손보호구·안면보호구·실험복 등의 개인보호 장비를 착용한 상태에서 실험

시약누출에 의한 폭발사고

2005년 1월 12일, 대전에 위치한 ○○기관 연구실에서 응고 상태의 DMSO(dimethylsulfoxide)를 녹이던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2005년 1월 12일, 10시 39분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관
- 라. 피해 현황 : 화상(2도) 1명

2. 사고 경위

2005년 1월 12일 10시 39분경, 대전에 위치한 ○○기관 연구실에서 응고 상태의 DMSO(dimethylsulfoxide)를 후드 내 핫플레이트(hot plate) 위에서 용기 뚜껑을 닫은 상태로 열을 가해 녹이던 중 시약병이 폭발하면서 화재가 발생(추정)하였다. 이 사고로 1명이 2도 화상을 입었다.

3. 사고 원인

용기 뚜껑을 닫은 상태에서 가열함으로써 시약병 내 공기와 유기 증기의 압력이 증가하여 폭발이 일어났으며, 폭발과 함께 배출된 유기용매가 화기(핫플레이트)와 접촉하여 화재가 발생한 것이다.



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 어느점이 낮은 시약을 녹일 때에는 중탕기(water bath)를 이용하여 마개가 열린 상태에서 서서히 열원을 공급
- 나. 흡후드 안전 창을 최대한 닫아 만일의 사고에 대비
- 다. 실험 전 사용되는 시약의 특성 숙지
- 라. 흡후드 내 시약보관 금지
- 마. 실험에 적절한 안전보호구(보안경, 마스크 등) 사용
- 바. 위험성이 수반되는 반응은 연구책임자와 충분히 상의 후 진행하고, 나홀로 실험 금지

산화성 고체 물질에 의한 폭발사고

2009년 2월 19일, 대전 ○○연구원에서 무기나노 복합체를 만들기 위한 준비 작업을 하던 중 일어난 폭발사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 2월 19일, 09시 58분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○연구원
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 경위

2009년 2월 19일 09시 58분경, 대전에 위치한 ○○연구원에서 무기나노 복합체를 만들기 위한 사전 준비를 위해 연구원이 실험실 밖에서 질산칼륨(KNO_3) 및 과염소산칼륨(KClO_4)을 취급하던 중 폭발사고가 발생하였다. 이 사고로 연구원 1명이 손, 다리 부위에 외상 및 화상을 입었다.

3. 사고 원인

원래는 질산칼륨과 과염소산칼륨이 분말 형태의 물질이었으나, 실험실 내에 장기간 보관 중이었기 때문에 수분 등으로 인하여 괴상 형태로 변질되어서, 연구원이 막자사발과 막자를 이용하여 분쇄하던 중 충격에 의해 폭발한 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 화학물질 보관을 위한 별도의 저장 공간 마련 및 장기보관 금지

- ▷ 화학물질을 성상별로 분류하여 보관
- ▷ 화학물질의 위험성, 반응성 등을 감안하여 환기, 온도, 습도 등이 고려된 별도의 저장공간 마련
- ▷ 화학물질에도 유효기한이 있으므로 계획성 있게 구매·사용하고, 장기간 보관을 삼가할 것
- ▷ 변형 또는 변질이 의심되는 화학물질은 임의로 변경 사용하지 말고, 폐기할 것

나. 실험 전 화학물질의 위험성 파악

- ▷ 실험 전 사용 물질에 대한 정보를 인지할 수 있도록, 참고문헌, MSDS 등을 통하여 위험성에 대하여 인지하고 안전한 사용법을 숙지한 후 사용
- ▷ 위험성 파악에 따라 적절한 개인보호구를 착용한 후 사용

다. 위험물질 취급 주의

- ▷ 특정 위험요소를 내포하고 있는 위험물질에 대하여 잠재적 위험성을 알아내고, 안전성 확보를 위한 MSDS 비치와 물질특성, 위험성 등 물질정보 숙지 후 실시하며, 취급 및 처리 시 주의



진공펌프 과열에 의한 화재사고

2000년 7월, 대전 ○○기관 열역학및에너지실험실에서 있었던 진공펌프 과열에 의한 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망 (www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 전기/과열 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2000년 7월 ○일, 20시 59분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 열역학및에너지실험실
- 라. 피해 현황 : 실험장치 전소 및 실험실 내부 집기류 일부 소실

2. 사고 경위

2000년 7월 ○일 20시 59분경, 대전에 위치한 열역학및에너지실험실에서 고압반응계, 진공펌프, 온도측정기 등으로 구성된 실험 장치를 연구원이 가동시켜 놓고 외출한 상태에서 진공펌프의 과열로 추정되는 화재가 발생하여, 실험장치 전소 및 실험실 내부 집기류 일부가 소실되었다.

3. 사고 원인

먼지를 포함한 가연성 물질이 장비 주변에 산재한 상태에서, 실험자가 장비를 가동시키고 장시간 외출하는 동안 장비가 과열되면서 화재가 발생하였다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 실험장비 가동 중에는 자리 이석을 삼가하고, 장비의 가동상태를 수시로 확인 한다.

나. 일상점검 및 정리정돈을 생활화하여 쾌적한 실험 환경을 유지한다.



멀티콘센트 과열에 의한 연구실 화재사고

2002년 9월, 대전 ○○기관 전문용어언어공학연구실에서 있었던 멀티콘센트 과열에 의한 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 전기/과열 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2002년 9월 ○일, 08시 40분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 전문용어언어공학연구실
- 라. 피해 현황 : TV모니터, VTR 및 연구실내 집기류 일부 소실

2. 사고 경위

2002년 9월 ○일 08시 40분경, 대전에 위치한 ○○기관 전문용어언어공학 연구실에서 한 개의 멀티콘센트(220V, 6구)에 다양한 전기제품(TV 1대, VTR 2대, 모뎀 3대)을 연결하여 장기간 사용하던 중 멀티콘센트 과열로 화재가 발생하여 TV모니터 및 연구실내 집기류 일부가 소실된 사고가 발생하였다.

3. 사고 원인

실험실 정리정돈과 청소 부족에 따른 먼지 등 가연성 물질이 멀티콘센트 주변에 축적되어 열 발산을 방해하고, 열을 흡수함으로써 화재 발생 가능성이 높은 상태에서, 멀티콘센트에 여러 개의 전기제품을 장기간 연결하여 사용했기 때문에 플러그 부분의 열거움 및 과부하 등의 이유로 주변 가연물에 인화되어 화재가 발생하였다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 자칫 소홀히 할 수 있는 멀티콘센트 점검을 철저히 하고 문어발식 배선을 금지한다.
- 나. (멀티)콘센트 주변을 항상 정리하여 플러그 부분에 먼지 등으로 열이 축적되지 않도록 한다.



지구화학실험실 화재사고

2008년 2월 13일, 서울 ○○대학교 지구화학실험실에서 산증류 실험 종료 후 일어난 화재사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 전기/과열 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 2월 13일, 21시 20분경
- 다. 사고 장소 : ○○대학교 자연과학대학 지구화학실험실
- 라. 피해 현황 : 후드(1대) 소실, 천장 붕괴, 아래층 일부 피해

2. 사고 경위

2008년 2월 13일 오후 21시 20분경, 서울에 위치한 ○○대학교 자연과학대학 지구화학실험실에서 화재사고가 발생했다. 그날 실험실에서는 산증류 실험을 진행 중이었는데 테플론 재질의 용기에 코팅된 전열선을 감아 약 60~70도 정도로 가열하여 산을 증발시키고 다시 식혀서 깨끗한 산을 얻는 실험이었다. 이는 오랜 시간이 소요되어 오전에 실험을 시작하여 퇴근 전에 실험을 중지하였다가 익일 오전에 실험을 재개하는 방식으로 운영하였는데 사고가 일어난 첫째 날에 오후 15~16시에 실험을 시작하여 19시경 중지한 후 실험실 문을 모두 잠그고 나왔다. 21시 20분경 화재경보기가 울려서 한 학생이 실험실을 확인하였으나 이미 연기가 실험실을 채운 상태였고, 다른 연구실에 있던 학생이 119에 신고하고 사람들은 모두 3층으로 대피하였으며 20여분 만에 소방대원과 경찰에 의해 사고가 정리되었다.

3. 사고 원인

산 증류 실험을 위해 전열선을 장시간 사용하는 과정에서 자체 제작한 전열선이 과열되면서 절연체가 파괴되고, 이로 인하여 합선되어 발화 함

4. 요구되는 개선 사항

가. 발화장치, 전열기기 등 사고의 위험이 상대적으로 높은 실험기기는 정기적으로 상태를 점검하고, 가동 시 실험자의 현장 이탈 금지

나. 실험을 종료하고 퇴실할 때에는 유해물질 방치 여부 확인 및 기기 작동 여부 확인 등 실험 정리를 철저히 할 것



전기 과부하에 의한 연구실험실 화재사고

2008년 7월 8일, 대구 ○○대학교 연구실험실에서 있었던 환기설비 전기 과부하에 의한 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 전기/과열 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 7월 8일, 13시 40분경
- 다. 사고 장소 : 대구 ○○대학교 연구실험실
- 라. 피해 현황 : 연구실험실 내부 소실 등 900여만 원의 재산피해

2. 사고 경위

2008년 7월 8일 13시 40분경, 대구에 위치한 ○○대학교 연구실험실에서 클린룸 천정에 설치된 환기설비 전원부의 과부하(추정)로 화재가 발생하였다.

3. 사고 원인

화재가 발생한 클린룸은 학교 차원의 인·허가 절차 없이 설치되어 전기시설이 불량(용량, 전선 상태, 연결 상태 등)한 상태에서 장시간 환기설비 작동에 의한 과부하가 원인이 되어 화재가 발생하였다.



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험실 내 별도로 설치하는 시설 및 장비는 반드시 담당기관(시설과 등)의 인·허가를 득한 후 설치, 사용한다.
- 나. 특히, 전기설비는 화재의 직접적인 원인이 될 수 있으므로, 사용 전 반드시 담당기관(시설과 등)에 문의 후 사용한다.

중탕용 히터 과열사고

2009년 2월 15일, 서울 ○○대학원 중앙실험실에서 초자기구를 산세척하던 중 일어난 화재사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 전기/과열 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 2월 15일, 17시경
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학원 중앙실험실
- 라. 피해 현황 : 산세척용 수조 1개 소실

2. 사고 경위

2009년 2월 15일 17시경, 서울에 위치한 ○○대학원 중앙실험실에서 수은 실험에 사용되는 초자기구들을 수조(폴리에틸렌 재질)에 넣고 산 세척하기 위해 히터를 작동시킨 후 장시간 방치되면서 과열된 히터(가열기)에 의해 수조가 녹아내렸고, 학생으로부터 이 사실을 전해들은 경비원이 소방서에 즉시 신고하고, 소방차가 도착하기 전 직접 진화하였다.

3. 사고 원인

실험자의 부주의로 예정된 중탕 시간을 초과하면서 중탕기 내 물이 모두 증발하고 과열된 히터에 폴리에틸렌 재질의 수조가 녹아내린 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 전열기기 가동 시 실험자의 현장 이탈을 금지한다.
- 나. 실험실별로 발생 가능한 화재의 종류에 따라 적절한 제품의 소화기를 구비하여 지정된 위치에 보관하고, 모든 실험자는 소화기의 위치와

사용법을 반드시 숙지한다.



< 화 재 의 종 류 >

구분	화재종류	색상	적응
A급 화재	일반화재	백색	보통의 가연물 즉, 나무, 종이, 면직물과 같이 주로 자연 섬유로 구성되는 물질을 포함하며 이것들이 타는 화재 (재가 남는 화재)
B급 화재	유류 및 가스화재	황색	가솔린, 등유, 알콜, 요리 기름같이 타는 동안 흐를 수 있 는 물질과 가연성 기체들을 포함하여 이것들이 타는 화재
C급 화재	전기화재	청색	전류가 흐르는 전기시설물, 전기용품 등이 타는 화재
D급 화재	금속화재	무색	마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 나트륨, 칼륨을 포함하여 이들이 타는 화재

※ 참조 : 서울대학교 기초교육원, 환경안전원 “나의 처음 실험안전 길잡이”

건조기 내부 화재사고

2002년 1월, 대전 ○○기관 실험실에서 토양 정화 실험을 하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2002년 1월 ○일, 23시 52분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 실험실
- 라. 피해 현황 : 건조기(dry oven) 내부 소실

2. 사고 경위

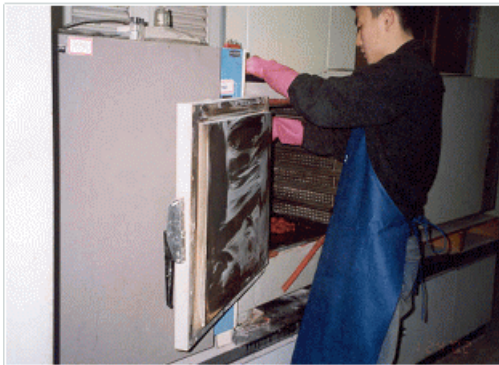
2002년 1월 ○일 23시 52분경, 대전에 위치한 ○○기관 내 실험실에서 토양을 인위적으로 오염시켰다가 다시 정화하는 실험을 하기 위하여 시료(흙)를 아세톤으로 녹인 후 후드 내에서 1차 건조시키고, 건조기로 2차 건조하는 과정에서 화재가 발생하여 건조기 내부가 소실되었다.

3. 사고 원인

1차 건조 과정에서 증발되지 않은 아세톤이 시료에 잔류 할 가능성이 높음에도 불구하고 확인 작업이 부족했으며, 잔류 아세톤을 고려하지 않고 건조기의 온도를 설정했거나 또는 온도조절장치의 고장으로 내부 온도가 상승되어 발생한 아세톤 증기로 인해 화재가 발생하였다. 뿐만 아니라, 평소 건조기를 정기적으로 점검하지 않았고, 가동 중 실험자가 자리를 이탈하거나, 기기의 온도 확인을 하지 않았기 때문이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험시에는 단계별 안전성 여부를 충분히 확인하는 절차를 거친 후 다음 단계를 진행 한다.
- 나. 실험물질에 대한 정확한 정보를 숙지하고 온도 설정 등 제반사항에 만전을 기하여 사고의 위험을 줄인다.
- 다. 건조기는 사고의 위험이 상대적으로 높은 기기이므로 장비 가동 중에는 자리를 비우지 않고, 수시로 온도를 확인 한다.



진공펌프 실린더 세척 중 화재사고

2005년 9월 15일, 대전 ○○기관 생명화학실험실에서 진공펌프 실린더 내부 청소를 하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2005년 9월 15일, 17시 20분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 생명화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 2명

2. 사고 경위

2005년 9월 15일 17시 20분경, 대전에 위치한 ○○기관 생명화학실험실에서 진공펌프 실린더 내부를 노말헥산(n-Hexane)을 이용하여 세척을 하던 중 전원을 넣는 순간 화재가 발생하여 2명이 화상을 입었다.

3. 사고 원인

진공펌프 실린더 내부를 세척하기 위해 끓는점이 낮은 노말헥산을 사용하여 점화원에 의한 발화 가능성이 높은 상태에서, 보호구 미착용 등의 안전수칙 미준수로 인하여 인명피해까지 발생한 것이다.



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 진공펌프 세척에는 톨루엔, MC(methylene chloride) 등 보다 안정된

물질을 사용하고, 밀폐된 공간에서 진공펌프 가동 및 오일 교환을 금지 한다.

나. 반드시 실린더 마개를 결속한 후 진공펌프를 운전(또는 세척)하고, 적절한 안전보호구 착용 및 보호 대책을 강구한다.

나트륨과 물의 반응에 의한 화재사고

2008년 5월 16일, 서울 ○○대학교 화학실험실에서 톨루엔을 건조하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 5월 16일, 18시 25분경
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학교 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 2명, 실험기기 소실 등 400만원의 재산피해(추정)

2. 사고 경위

2008년 5월 16일 18시 25분경, 서울에 위치한 ○○대학교 화학실험실에서 톨루엔(toluene) 건조과정 중 증류 후 초자기에 남은 나트륨(Na)을 실험자가 폐기하지 않은 상태에서 물과 접촉하여 화재가 발생하였다.

3. 사고 원인

- 가. 실험 전 안전성 확보를 위한 주의사항을 주지시키지 않음(MSDS 미비치)
- 나. 폐기물 처리 미숙 및 처리 시설 미흡
 - ▷ 고인화성인 나트륨을 폐기할 때에는 상당한 주의가 필요하나, 경험이 적은 연구활동종사자의 처리 미숙으로 화재 발생
 - ▷ 화학폐기물 처리용 수집용기와 일반쓰레기 처리용 수집용기를 실험실 출입문 부근에 함께 비치한 관계로 화재가 더욱 확산

4. 요구되는 개선 사항

가. 폐액관리 철저

- ▷ 폐액용기는 열, 충격, 압력, 화학반응 등에 견딜 수 있는 재질로 된 용기 사용
- ▷ 폐액을 용기에 담을 경우, 폐액용기 외부에 흘리지 않도록 주의하여야 하며, 깔때기와 같은 보조 도구를 사용하도록 함
- ▷ 폐액용기에 성분 등을 표기하거나, 육안으로 구별할 수 있도록 하여 물질별 혼합에 의한 화학적 반응 위험성이 없도록 하여야 함
- ▷ 화학폐기물 처리장소와 일상폐기물 처리 장소는 별도로 구분을 두고, 장소가 협소할 경우에는 일반폐기물 처리 장소를 실험실 밖에 마련

나. 실험실 안전교육 실시

- ▷ 집체교육 및 실험실별 위험에 맞게 안전교육 실시
- ▷ 해당 교육 미이수자의 실험 수행 금지 등 실험실 안전교육 의무화가 필요함
- ▷ 해당 실험 사용 물질의 위험성 및 안전한 처리방법을 주지시키고, 연구책임자의 승인 없이 실험하는 관행 개선

다. 화학물질 자료 숙지 및 개인보호구 착용

- ▷ 물질의 반응성을 확인하여 금수성 물질의 경우 물과 접촉하지 않도록 하는 등 안전을 위한 물질정보 숙지
- ▷ 화재, 폭발, 피부접촉 등의 사고에 대비하여, 손보호구·안면보호구·실험복 등을 착용한 후 실험에 임하도록 함
- ▷ 미숙달자에 의한 실험 수행이 이루어질 경우를 대비하여 실험 및 폐기 과정에 대한 매뉴얼 등 지침을 마련하고, 실험에 적합한 보호구와 폐기 등 후처리에 적합한 보호구를 구분하여 착용

아연 분말에 의한 실험실 화재

2008년 5월 9일, 대전 ○○대학교에서 ‘구리로부터 금의 제조’라는 실험을 하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 5월 9일, 04시 55분경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○대학교
- 라. 피해 현황 : 출입문 및 벽전선 소손 등 약 1천만원 재산 피해

2. 사고 경위

사고 발생 하루 전인 2008년 5월 8일 오전에 대전에 위치한 ○○대학교에서 화재사고가 발생하였다. 학부학생들이 ‘구리로부터 금의 제조’라는 실험을 진행하고 아연 분말(pyrophoric) 질량을 측정 후 실험실 정리정돈 과정에서 휴지통에 버려진 소량의 아연분말이 공기 중의 수증기와 장시간 반응하여 발화한 것으로 추정된다. 이 사고로 인명피해는 없으나, 출입문과 벽전선이 소손되는 등 약 1천여 만 원의 재산 피해가 발생했다.

3. 사고 원인

폐기 대상 시약을 성분 및 특성에 따라 희석, 용해, 분해 등 적절한 방법으로 분류, 배출해야 함에도 불구하고, 고인화성의 아연 분말이 일반 쓰레기와 함께 버려짐으로써 공기 중 수증기와의 접촉으로 발생한 인화성 가스로 인해 화재가 발생(추정)한 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 학부생의 일반적 실험실습이 단순하고 많은 물질의 화학약품을 다루지 않는다 할지라도, 실험에 사용되는 물질의 위험성과 안전하게 사용하기 위한 방법 등을 포함하는 안전교육을 실시한다.
- 나. 실험에 사용된 시약 등 폐기물은 안전상 문제가 없는 적절한 방법을 통하여 성분별, 특성별로 분류, 배출 한다.
- 다. 실험에 사용된 휴지 등 시약이 묻은 폐기물의 경우 일반쓰레기가 아닌 실험 폐기물로 간주하고, 주의하여 분류, 배출 한다.
- 라. 특정 위험요소를 내포하고 있는 위험물질에 대하여 잠재적 위험성을 알아내고, 안전성 확보를 위한 MSDS를 실험실 내에 비치하고, 이를 통하여 물질 정보를 숙지한 후 실험을 실시하며, 취급 및 처리에 각별히 주의한다.

마그네슘에 의한 실험실 화재

2008년 6월 26일, 서울 ○○대학교 실험실에서 마그네슘을 이용한 경량 합금 실험을 하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 6월 26일, 20시경
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학교
- 라. 피해 현황 : 화상 1명, 주변기기 일부 소손

2. 사고 경위

2008년 6월 26일 20시경, 서울에 위치한 ○○대학교에서 마그네슘(Mg)을 이용해 경량합금에 관한 실험을 수행하던 중 담당 연구원의 작업 미숙으로 마그네슘 용융액 누출에 의한 소규모 화재가 발생하여, Mold 파손, 시험편 비산 및 주변 전기 케이블의 소손이 발생했으며, 대학원생 1명이 안면 1도, 손 2도 화상을 입었다.

3. 사고 원인

마그네슘 용융/합금 실험은 600~700℃ 범위의 온도 조건에서 수행하는 실험으로 전기로를 이용해 마그네슘 용융액을 제조하며, 화재발생을 예방하기 위해 SF₆ 등 불활성기체(inert gas)를 사용한다.

이 과정에서 해당 실험에 경험과 지식이 풍부한 관리감독자가 없는 상태에서 실험수행 능력이 부족하고, 안전교육도 받지 않은 실험자의 미숙한 용융액 처리로 인하여 화재가 발생한 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험에 대한 전문성이 부족한 신입생의 안전을 확보하기 위하여 신입생을 상대로 안전교육을 실시하고, 미수료자 관리를 통하여 실험수행에 따른 안전성을 확보한다.
- 나. 실험자는 화재, 폭발의 위험이 있는 실험의 경우 화재와 폭발이 발생하지 않도록 하는 것이 가장 좋은 예방대책이지만, 사고발생에 따른 인적 피해를 최소화하기 위하여, 내산성, 내화성이 있는 손보호구와 안면보호구를 착용하고, 또한 피부노출을 최소화 할 수 있도록 실험복을 착용한 후 실험한다.
- 다. 특정 위험요소를 내포하고 있는 실험에 대하여 잠재적 위험성을 알아내고, 안전성 확보를 위한 표준 안전 절차 또는 표준 안전 매뉴얼을 작성하여 교육을 실시하고 반드시 절차를 준수한다.

전기스파크에 의한 실험실 화재사고

2008년 7월 23일, 서울 ○○대학교 실험실에서 나노섬유 제조 실험을 하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 7월 23일, 19시 42분경
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학교
- 라. 피해 현황 : 실험기기 일부 소손 등 10만원 재산피해

2. 사고 경위

2008년 7월 23일 19시 42분경, 서울에 위치한 ○○대학교에서 대학원생 2명이 나노섬유를 만드는 실험을 하던 중 나노섬유를 메탄올(Methanol)에 침지시킨 후 이를 걷어내는 과정에서 메탄올 용기와 주사기 사이에 형성된 고전압(10~20kV)에 의해 스파크(Spark)에 화재가 발생하였으나, 전원 차단과 할론 및 분말소화기를 이용하여 자체 진화와 동시에 화재 신고를 하였다.

3. 사고 원인

- 가. 부스 내 메탄올의 연소범위가 형성된 상태에서 메탄올에 침지된 나노섬유를 걷어낼 때 고전압이 형성된 부위와 접촉하면서 발생한 전기스파크에 의해 화재가 발생하였다.
- 나. 고전압에 의한 전위차 발생과 스파크가 일어나는 등 점화원이 항상 내재되어 있으나, 가연성물질을 사용함에 있어 안전교육과 안전표시

부착이 미흡하였다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 오랜 시간동안 반복적으로 진행되어 온 실험에 대한 안전의식 고취와 부주의 예방을 위하여 실험실 안전교육을 실시하고 미이수자 관리를 통하여 실험수행에 따른 안전성을 확보한다.

나. 실험기기 안전성평가 인·허가제도 실시

▷ 실험실 내에 시설 및 장비의 임의 설치, 사용 시 반드시 기관의 책임 있는 부서의 인·허가를 얻는다.

▷ 새로운 실험기기의 도입 및 제작, 개조 시 기관의 책임 있는 안전담당 부서에 안전성평가를 받고 사용허가를 받은 후 사용한다.

다. 특정 위험요소를 내포하고 있는 실험에 대하여 잠재적 위험성을 알아내고, 안전성 확보를 위한 표준 안전 절차 또는 표준 안전 매뉴얼을 작성하여 교육을 실시하고 반드시 절차를 준수한다.



칼륨에 의한 연구실험실 화재사고

2008년 7월 4일, 서울 ○○대학교 과학관 실험실에서 EtOK(에탄올과 칼륨의 혼합물)을 제조하던 중 일어난 화재사고를 교육과학기술부 연구실 안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 7월 4일, 10시 50분경
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학교 과학관 실험실
- 라. 피해 현황 : 화상(2도) 1명

2. 사고 경위

2008년 7월 4일 10시 50분경, 서울에 위치한 ○○대학교 과학관 실험실에서 유기용매인 EtOK(에탄올과 칼륨의 혼합물)을 제조하기 위해 실험자가 흡후드 내에서 작업하던 중 화재가 발생하였다. 이 사고로 실험자는 2도 화상을 입었지만 소화기(CO₂)를 이용한 초기 진화로 화재의 확산을 방지하였다.

3. 사고 원인

- 가. 흡후드 내부에서 에탄올과 칼륨을 혼합하던 중 금수성의 칼륨에 의해 화재가 발생하였다.
- 나. 실험자는 반복되는 실험이어서 별다른 주의를 기울이지 않았고, 해당 실험에 대한 해박한 지식을 가진 관리



감독자가 없는 상태에서 실험을 실시하였다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 연구실 안전관리 시스템 보완

- ▷ 위험성이 높다고 판단되는 실험은 안전측면이 고려된 표준 수행절차를 해당 연구실 자체적으로 수립하여 이행한다.
- ▷ 실험 수행 전 지도교수의 철저한 일상 교육 및 주요 위험 요소를 내포한 실험단계에는 지도교수 등 실험수행에 해박한 지식을 가진 연구원 입회하에서 수행한다.
- ▷ 소화기의 적절한 사용법 등 자주 발생하는 경미한 사고들에 대한 적절한 대처방법을 평소 반복적으로 교육 및 실습을 실시한다.

나. 연구실 실험환경 개선

- ▷ 실험을 위한 흡 후드의 정기점검은 이루어지고 있으나, 환기 성능검사 등 장비를 이용한 보다 정확한 검사가 필요하다.
- ▷ 실험실에서 수행되는 실험의 잠재 위험 분석을 과학적인 접근방법을 활용해 확인하고, 확인된 잠재위험의 제거 또는 위험성을 낮출 수 있는 적절한 개인보호구 확보 및 착용이 필요하다.

황산 용기 파손에 의한 화상사고

2003년 12월, 대전 ○○기관에서 금 정련 실험을 하던 중 일어난 화상 사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유해물질 접촉사고
- 나. 사고 일시 : 2003년 12월 ○일, 19시경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 경위

2003년 12월 ○일 19시경, 대전에 위치한 ○○기관에서 금 정련을 위해 가열 중이던 반응기에 진한 황산을 주입하는 과정에서 교반모터에 황산이 담긴 용기가 부딪쳐 깨지면서 좌측 두 번째 손가락이 화상을 입었다.

3. 사고 원인

실험자가 반응기에 강산인 황산을 주입하면서, 보호장갑을 미착용한 상태에서 피펫 등의 보조 실험도구를 사용하지 않고, 황산시약병을 반응기에 기울여 주입하는 불안전한 행동이 사고를 초래하였다.



4. 요구되는 개선 사항

가. 실험 안전에 관련된 전반적인 교육과 실험기구 사용법 및 주의 사항 등 전문적인 교육을 병행하여 실시함으로써 사고를 미연에 예방한다.

나. 실험 시 개인보호구 착용

- ▷ 실험 중 발생 할 수 있는 화재, 폭발, 피부접촉 등의 사고에 대비하여, 손보호구·안면보호구·실험복 등의 개인보호 장비를 착용한 상태에서 실험

옥시염화물 용기 파손에 의한 화상사고

2006년 9월 9일, 서울 ○○대학교 실험실에서 연구원이 물로 인-옥시염화물을 중화시키던 중 일어난 화상 사고를 정리하였음

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유해물질 접촉사고
- 나. 사고 일시 : 2006년 9월 9일
- 다. 사고 장소 : 서울 ○○대학교 신소재공학과
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 경위

2006년 9월 9일, 서울에 위치한 ○○대학교 신소재공학과 5층 실험실에서 연구원이 물로 인-옥시염화물[Phosphorous(III) oxychloride, OPCl_3]을 중화시키던 중 유리용기가 파손되면서 가스가 유출되는 사고가 발생하였다. 이 사고로 연구원은 얼굴과 팔에 화상을 입었고, 같은 층에 있던 학생 7명이 경미한 두통을 호소하였다.

3. 사고 원인

연구원이 물과의 반응성이 매우 높은 인-옥시염화물(OPCl_3)을 중화시키던 중 정해진 양보다 많은 양의 물이 주입되면서 격렬한 발열반응과 함께 밀폐된 유리용기가 파열.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험실에 비치된 물질안전보건자료(MSDS)를 활용하여 화학물질의 특성과 취급 방법 등에 대한 안전정보를 사전에 숙지한 후 취급 할 것
- 나. 화학물질에도 유통기한이 있으므로 계획성 있게 구매·사용하고, 장기

간 보관을 삼가 할 것

다. 안전교육을 통해 실험 시 개인보호장비를 착용한 상태에서, 실험실안전지침을 준수하도록 할 것



물질안전보건자료
(Material Safety Data Sheet)



개정 일자 : 2006. 06. 16

5. 폭발 화재시 대처방법

화재 및 폭발 위험: 화재 위험은 무시할 수 있음. 용기가 열에 노출되면 파열되거나 폭발할 수도 있음.

소화제: 이산화 탄소, 입자상 분말 소화약제, 건조 모래

대형 화재: 방호조치된 장소 또는 안전 거리가 확보된 곳에서 물을 뿌려야 함.

소방: 소화제로 물을 사용하지 말 것. 용기 내부에 물을 넣지 말 것.

위험없이 할 수 있으면 용기를 화재지역으로 부터 이동시킬 것.

진화가 된 후에도 상당 시간 동안 물분무로 용기를 냉각시킬 것. 탱크의 양

끝에는 접근하지 말 것. 주변화재에 적용한 소화제를 사용할 것. 물질에 직접

물이 접촉되지 않도록 할 것. 대형 화재: 미세한 물 분무로 대량 살수할 것.

물 분무를 사용하여 증기의 발생을 감소시킬 것. 진화가 된 후에도 상당 시간 동안

작업 중 충돌사고

2004년 1월 29일, 대전 ○○기관 장비제작실에서 절연테이핑 부스 작업 도중 발생한 충돌사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 충돌사고
- 나. 사고 일시 : 2004년 1월 29일, 10시경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 특수설비동 장비제작실
- 라. 피해 현황 : 경상 1명

2. 사고 경위

2004년 1월 29일 10시경, 대전에 위치한 ○○기관의 특수설비동 장비제작실에서 작업자가 절연테이핑 부스 안 볼트를 조이던 중 렌치가 마스터 거더(girder)에 부딪히면서 왼손 중지 첫째 마디를 다쳤다.

3. 사고 원인

- 가. 작업자의 안전교육 부족
 - ▷ 거더 고정, 안전 보호망 설치 등 작업 전 안전조치 미흡
 - ▷ 설비 수리 작업 시 안전관리 소홀
 - ▷ 공구 사용요령에 대한 안일한 대처
 - ▷ 보호 수갑 등 안전보호구 미착용
- 나. 작업장의 정리정돈 및 청결상태 부족
 - ▷ 작업공간에서의 안전 공간 확보 미흡
 - ▷ 손잡이 부분이 잘 미끄러지는 재질로 된 공구 사용
 - ▷ 작업장 정리정돈 및 청결상태 부족

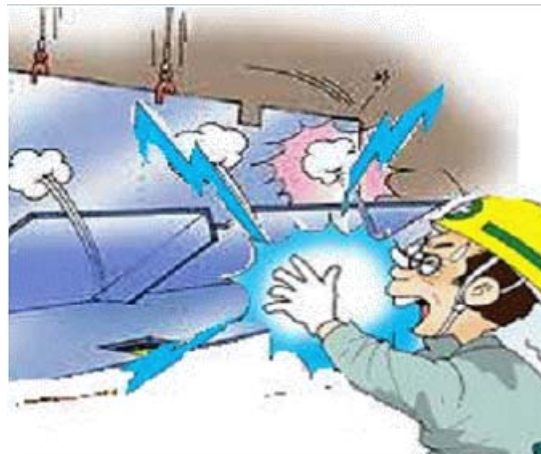
4. 요구되는 개선 사항

가. 안전교육 철저

- ▷ 정기적으로 안전교육을 실시
- ▷ 공구 사용요령 및 적합한 공구 선정 교육
- ▷ 개인 안전보호구 착용 교육

나. 작업장의 정리정돈 및 청소 등을 통하여 완벽한 작업환경 상태 유지

다. 작업자는 충분한 스트레칭으로 몸 상태를 최상으로 유지하고, 작업전
작업내용을 완전히 숙지할 것



장비 조립 중 도괴에 의한 사고

2004년 3월 22일, 대전 ○○기관 실험실에서 실험 장비를 조립하던 중 일어난 도괴사고를 교육과학기술부 연구실안전정보망(www.labs.or.kr) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 도괴사고
- 나. 사고 일시 : 2004년 3월 22일, 17시경
- 다. 사고 장소 : 대전 ○○기관 특수설비동 실험실
- 라. 피해 현황 : 중상 1명

2. 사고 경위

2004년 3월 22일 17시경, 대전에 위치한 ○○기관의 실험실에서 실험 장치를 개조하기 위하여 약 1m 높이의 핸드리프트에 설비 일부를 올려놓고 장비를 조립하던 중 설비의 무게(약 200kg)를 견디지 못한 지지대가 무너지면서 실험장치 부품이 작업자의 다리에 떨어져 종아리 근육이 파열되었다.

3. 사고 원인

- 가. 표준작업(설비의 조립순서) 절차 미준수
- 나. 작업 전 공구상태 및 위치 확인 미흡
- 다. 작업 후 작업장 정리정돈 상태 불량

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 안전교육을 통하여 작업자의 안전의식을 고취하고, 작업자는 작업 전 작업내용을 완전히 숙지한 상태에서 표준작업 절차를 준수한다.

나. 작업장 주변을 정리, 정돈하여 안전공간을 확보한다.

다. 작업자의 충분한 스트레칭으로 작업자의 몸 상태를 최상으로 유지하여 돌발 상황 발생시 적절히 대처할 수 있도록 대비한다.



Ⅱ. 국외 연구·실험실 사고사례

【폭 발 사 고】	57
【화 재 사 고】	87
【유해물질 사 고】	93
【그 밖 의 사 고】	107

미국 텍사스 원유 정제소 폭발사고

2005년 3월 25일, 미국 텍사스에 위치한 BP사 원유 정제소에서 있었던 수소가스 공급선 교체 실수에 의한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

가. 사고 유형 : 가스 폭발사고

나. 사고 일시 : 2005년 3월 25일, 13시 20분

다. 사고 장소 : 미국 텍사스 BP(British Petroleum)사 원유 정제소

라. 피해 현황 : 사망 15명, 부상 170명 이상

2. 사고 경위

2005년 3월 25일 13시 20분경, 미국 텍사스에 위치한 BP사 원유 정제소에서 엄청난 굉음과 함께 폭발이 일어나 다수의 사망자가 발생하였다. 또한 화재 진압에 상당한 시간이 걸렸으며, 주보건당국은 두통이나 어지럼증을 유발하는 나프타, 발암물질인 칼시노젠 등이 다량 방출되어 이로 인한 피해도 상당히 클 것으로 보았다.

3. 사고 원인

사고가 일어나기 며칠 전 작업인부가 수소가스 공급선 교체 작업을 하면서 실수로 내열성이 우수한 크로뮴(Cr) 합금이 아닌 탄소강 파이프를 교체하였던 것이 열을 이겨내지 못하고 폭발한 것으로, 사고 현장이 원유정제소인 관계로 연쇄적으로 대형 화재가 일어나 사태를 더욱 악화시켰다.



4. 요구되는 개선 사항

텍사스에 위치한 BP사 원유정제소는 미국 하루 소비량의 3%에 해당하는 433,000배럴의 원유를 하루에 처리하는 대형정제소로서, 약 1,800명의 노동자가 근무하고 있다.

문제는 BP사가 이번 사고뿐만 아니라 이미 수차례나 관련규정을 지키지 않아 사고를 발생시켰고, 벌금을 받아왔다는 것이다. BP사는 1992년, 1994년, 2000년 등 여러 차례 규정을 지키지 않아 발생한 사고에 대해 벌금을 직업안전위생관리국(OSHA)으로부터 받아왔으며, 2008년에도 2005년에 일어난 사고의 피해보상을 해줘야 하는 실정이다.

안전교육을 충실히 받고 보다 세심한 주의를 기울였다면 사소한 실수에서 출발하는 사고의 대부분을 막을 수 있었을 것이다.

또한, 이번과 같은 대형 사고는 주변 환경뿐만 아니라, 경제 상황에 상당한 영향을 끼칠 수 있기 때문에 관리당국은 보다 규제를 강화하고 공장 측도 스스로 안전관리를 최우선으로 해야 할 것이다.

미국 오하이오주립대학 A&M 화학실험실 폭발사고

2006년 1월 12일, 미국 오하이오주립대학 A&M 화학실험실에서 있었던 손상된 벽으로 누출된 가스의 화학반응에 의한 폭발사고를 실험실안전연구소(www.labsafetyinstitute.org) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 가스 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2006년 1월 12일, 03시
- 다. 사고 장소 : 미국 오하이오주립대학 A&M 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 없음

2. 사고 경위

2006년 1월 12일 03시경, 미국 오하이오주립대학 A&M(Agricultural and Mechanical college) 화학실험실에서 실린더를 수리하면서 천장에 생긴 작은 구멍이 다른 여러 실린더의 중량 때문에 벽이 손상되면서 더욱 커지게 되었고, 이 부위로 누출된 여러 기체들이 화학반응을 일으켜 폭발이 일어난(추정) 것이다.

3. 사고 원인

기체폭발은 가연성 기체(증기)와 공기의 혼합물이 점화 또는 압축되어 폭발하는 현상으로, 이 사고는 정황적으로 볼 때 실린더 속의 기체가 적당한 폭발범위의 상태로 누출되어 일어난 것으로 추정된다.

또한 보통 상태에서는 잘 폭발하지 않는 고체나 액체도 미세한 분말 상태로 공기 속에 현탁(emulsin)해 있으면 점화에 의해서 격렬하게 연소하

여 폭발하는 경우가 있는데 화학 실험실에 있던 물질에 의한 연쇄적인 반응도 무시할 수 없을 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

사고 발생 가능성이 있는 실험실을 방치했다는 점과 사고 발생 당시 안전요원이 근처에 있었음에도 불구하고 적절한 조치가 부재한 점이 문제점으로 지적될 수 있다. 물론 실험실 천장 내부의 구조까지 일반 대학원생들이 알기는 힘들었겠지만 실린더에 문제가 발생할 수 있다는 것은 알고 있었으므로 적어도 반응성이 큰 화학 물질들은 따로 보관하는 등의 주의를 기울였어야 할 것이다.

또한 근본적으로 실험실 사용자는 실험실의 주요 구조 및 위급 상황에서의 대처 방법을 숙지해야 할 것이며, 실험실의 보이지 않는 곳은 간과되기 쉬우면서도 위험할 수 있으므로 주기적으로 점검할 필요가 있다. 만약 문제가 생겼을 때는 그에 알맞은 조치를 취해야 하는데 이번 기체폭발사고의 경우에는 폭발억제제를 가하거나 폭발을 돕는 분진 등을 사전에 차단하는 방법 등이 있다.

미국 매사추세츠공과대학 가스 폭발사고

2006년 5월 9일, 미국 매사추세츠공과대학 재료공학실험실에서 있었던 폭발성 가스 누출에 의한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

가. 사고 유형 : 가스 폭발사고

나. 사고 일시 : 2006년 5월 9일

다. 사고 장소 : 미국 매사추세츠공과대학(MIT) 재료공학실험실

라. 피해 현황 : 없음

2. 사고 경위

2006년 5월 9일 미국 매사추세츠공과대학 재료공학실험실에서 밸브를 느슨하게 잠근 용기에서 실란(silane) 가스가 누출 되었으나, 한 대학원생이 공기 중에서 스파크가 생기는 것을 목격하고 소방서에 신고하였다.

3. 사고 원인

실란(Silane)과 같은 폭발성 가스는 철저한 관리와 더불어 적합한 안전장치가 추가적으로 필요함에도 불구하고, 민감하지 못한 경보기를 설치하여 자칫 대형사고로 이어질 수 있었다.



4. 요구되는 개선 사항

가. 폭발성, 인화성 가스와 같은 위험성 높은 가스는 반드시 적합한 가스 누출감지기를 설치하고, 가스가 누출되기 쉬운 부위(밸브, 연결부 틈새 등)는 정기적으로 점검을 실시

- 나. 인화성 가스와 조연성 가스는 반드시 격리, 고정시켜 사용, 보관
- 다. 가스 용기는 환기가 잘 되는 장소 또는 별도의 환기장치가 설비된 가스 캐비닛에 보관, 사용
- 라. 밀폐된 공간에서 장시간 사용을 삼가

미국 로체스터대학교 광파이프 폭발사고

2008년 8월 6일, 미국 로체스터대학교 레이저에너지학실험실에서 있었던 실험자의 장비 조작 미숙에 의한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

가. 사고 유형 : 가스 폭발사고

나. 사고 일시 : 2008년 8월 6일

다. 사고 장소 : 미국 로체스터대학교 레이저에너지학실험실

라. 피해 현황 : 중상 1명

2. 사고 경위

2008년 8월 6일 미국 로체스터대학교 레이저에너지학실험실에서 사용방법이 상당히 까다로운 광파이프를 교육도 받지 않은 상태에서 사용하다 기체 압력의 문제로 폭발이 일어났다. 이 사고로 1명이 중상을 입어 병원으로 후송되었다.

직업안전위생관리국(Occupational Safety and Health Administration)은 이와 같은 실험 안전 규칙 위반에 대해 로체스터대학교에 벌금 56,700달러를 부과하였다.

3. 사고 원인

가. 광파이프는 오메가레이저를 이용한 기구로 사용 방법이 상당히 까다롭고, 기체 압력에 영향을 많이 받기 때문에 사용방법과 안전교육이 사전에 반드시 선행되었어야 했다.

나. 실험기구에 대해 전문적이지 못한 인력을 투입하였고, 처음부터 기구 설치에 문제가 있어 사고가 언제든지 일어날 수 있는 상황이었다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험 안전에 관련된 전반적인 교육과 실험기구 사용과 같은 전문적인 교육을 병행하여 실시함으로써 사고를 미연에 예방한다.
- 나. 실험기구를 설치하고 관리하는데 전문 인력을 투입하여 실험기구로 인한 사고를 예방한다.



캐나다 토론토 프로판 공장 폭발사고

2008년 12월 10일, 캐나다 토론토에 있는 프로판 공장에서 발생한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 가스 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 12월 10일
- 다. 사고 장소 : 캐나다 토론토 프로판 공장
- 라. 피해 현황 : 사망 1명, 실종 1명

2. 사고 경위

캐나다 토론토에 위치한 프로판 공장에서 2008년 12월 10일 새벽에 폭발이 일어나 화재진압을 벌이던 소방대원 각각 1명씩 사망, 실종됐다. 경찰은 유독가스로 인한 피해의 확산을 막기 위해 사고가 난 공장에서 3km 이내에 거주하고 있는 주민 12,000명에게 지역 대피소로 대피하도록 지시했으며, 고속도로와 지하철 노선 일부를 폐쇄하였다.

3. 사고 원인

사고의 직접적인 원인은 아직 밝혀지지 않은 상태이다. 다만, 프로판 가스는 인화성이 크기 때문에 약간의 충격이나 스파크가 주어진다면 충분히 폭발할 수 있다. 실제로 자동차가 프로판 공장에 충돌하여 폭발이 일어나거나 공장의 내부 기계적인 문제에 의해 폭발이 일어나는 경우가 종종 있다. 프로판의 경우 농도가 2.1~9.5%인 상태에서 점화원이 있다면 폭발이 일어날 수 있다.

4. 요구되는 개선 사항

폭발로 인한 유독가스 유출 정도가 심하지는 않은 것으로 조사되긴 했지만 폭발 자체가 상당히 강했기 때문에 12,500명의 주민이 대피해야 했다. 이와 같이 한 곳에서의 폭발이 주변 지역에 엄청난 피해를 줄 수 있기 때문에 프로판과 같은 폭발위험이 높은 물질을 다루는 곳에서는 각별한 주의를 갖고 안전교육과 규정을 반드시 따라야 한다.

가정용 프로판 가스의 경우 압력을 잘 조절시켜 특별한 이상이 없다면 폭발이 일어나지 않을 뿐만 아니라, 부취제(附臭劑)를 첨가하기 때문에 0.1%만 방출되어도 쉽게 인지할 수 있다. 하지만 공업용으로 프로판 가스의 경우 그 압력을 맞추기도 어려울뿐더러 사소한 충격에도 반응할 가능성이 있기 때문에 안전장치를 보다 강화하고 지속적으로 점검할 필요가 있다.



미국 매사추세츠공과대학 폭발사고

1988년 4월 12일, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 알코올 폐기 도중 일어난 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 1988년 4월 12일, 22시경
- 다. 사고 장소 : 미국 매사추세츠공과대학(MIT) 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 3명

2. 사고 경위

1988년 4월 12일 22시경, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 실험 중이던 한 대학원생이 알코올을 처리하기 위해 폐수통에 담는 순간 폭발과 함께 화재가 발생하여 근처에 있던 대학원생 3명이 화상을 입었다.

3. 사고 원인

실험자가 밤늦게까지 실험을 하여 피곤한 상태에서 라벨이 닳아 구분이 불분명한 폐수통에 별다른 주의를 기울이지 않아 알코올을 잘못 폐기함으로써 발생한 사고이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험과정에서 발생한 폐액, 폐수를 특성별로 분리 폐기 할 수 있도록 폐수통 표시를 명확히 한다.
- 나. 폐수통 안에서 화학폭발반응이 일어나더라도 최대한 화학물질이 새어

나오지 않도록 내구성이 강한 폐수통으로 교체한다.



미국 매사추세츠공과대학 실험실 폐수통 폭발사고

1993년 9월 28일, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 있었던 폐수의 화학반응에 의한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 1993년 9월 28일
- 다. 사고 장소 : 미국 매사추세츠공과대학(MIT) 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 없음

2. 사고 경위

1993년 9월 28일, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 아무도 없는 상태에서 폐수통에 있던 폐수가 화학반응을 일으켜 가벼운 폭발이 일어나 부근에 있던 시약이 누출 되었다.

옆 실험실에 있던 학생의 신고로 출동한 안전관리원들이 보호 장비를 철저히 갖춘 상태에서 누출된 시약을 확인하고, 그에 적합한 표준 처리 절차에 따라 정리를 하였다.

3. 사고 원인

실험 과정에서 발생하는 폐액을 특성별로 철저히 분리, 폐기해야 함에도 불구하고 반응이 일어날 수 있는 폐액을 혼합하여 폐기함으로써 폭발이 일어났고, 더구나 폐수통과 가까운 위치에 여러 시약들을 보관하여 더욱 위험한 상황을 초래하였다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 폐수 관리 강화

- ▷ 폐수통 내구성 강화
- ▷ 반응 가능한 폐수는 분리하여 폐기
- ▷ 안전성이 확보되는 지점에 폐수통
이 위치 할 것.



나. 안전교육 내용은 기본적인 안전수칙 뿐만 아니라, 사고 발생 시 대처 방법 등을 포함.

미국 매사추세츠공과대학 폭발사고

1995년 7월 26일, 미국 매사추세츠공과대학에서 1-Trimethylsilylethyne 증류 실험 도중 발생한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 1995년 7월 26일, 11시경
- 다. 사고 장소 : 미국 매사추세츠공과대학(MIT) 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 경위

1995년 7월 26일 11시경, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 대학원생 1명이 1-Trimethylsilylethyne를 후드 안에서 증류시키는 실험을 하던 중 과열된 플라스크가 폭발하였다. 이 사고로 대학원생은 얼굴에 화상을 입어 병원에서 치료를 받았고, 폭발이 일어난 건물의 학생 200여명은 응급 시 표준대처방법에 따라 안전한 장소로 대피하였다.

3. 사고 원인

실험자가 해당 실험에 적합한 안전보호 장비를 착용하지 않고, 사고 발생 가능성을 염두에 두지 않은 안일한 상태에서 위험물질(1-Trimethylsilylethyne)을 부주의하게 취급하였기 때문에 발생한 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 안전교육 강화

- ▷ 사고 발생 시 대처 상황에 대한 교육은 잘 되어있어 사고 건물에서 대피시키는 등의 처리는 적절했으나 보다 근본적으로 사고를 예방하기 위해서는 실험자 개개인의 철저한 안전의식이 필요하다.
- ▷ 사고는 시간과 장소에 관계없이 갑작스럽게 일어날 수 있다는 사실을 교육한다.

나. 사고 발생시 피해를 최소화 할 수 있도록 적절한 보호 장비 착용



미국 페더럴웨이고등학교 실험실 폭발사고

2004년 1월 30일, 미국 시애틀주 페더럴웨이고등학교에서 화학 실험 도중 일어난 폭발사고를 실험실안전연구원(www.labsafetyinstitute.org) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2004년 1월 30일, 13시 30분경
- 다. 사고 장소 : 미국 시애틀주 페더럴웨이고등학교 실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 및 부상 4명

2. 사고 경위

2004년 1월 30일 13시 30분경, 미국 시애틀주에 위치한 페더럴웨이고등학교 실험실에서 20~25명의 학생들이 선생님과 함께 화학실험을 하던 중 메탄올을 비커에 담아 점화하는 과정에서 쉽게 점화되지 않아 추가로 메탄올을 넣자 폭발이 일어났다. 이 사고로 선생님을 포함한 4명의 학생이 화상 및 부상을 입었다.

3. 사고 원인

- 가. 교내 안전장치 부재
 - ▷ 비록 실험과정 상에 특별한 문제가 없었다 할지라도 메탄올은 폭발성 물질이기 때문에 안전보호 장비를 갖추고 점화시켰어야 하는데 이 학교에는 그런 시설이 없었음
 - ▷ 실험실 내에 적당한 소화 기구가 없어 피해가 가중됨

나. 실험 안전교육 및 지원 열악

- ▷ 실험 안전에 좀 더 신경 쓰고 지원을 아끼지 않았더라면 조기에 막을 수 있는 사고였음

4. 요구되는 개선 사항

가. 개인 보호구 및 안전장치 사용

- ▷ 사고발생에 따른 인적 피해를 최소화하기 위하여, 내산성, 내화성이 있는 손보호구와 안면보호구를 착용한다.
- ▷ 피부노출을 최소화 할 수 있도록 실험복을 착용한 후 실험한다.

나. 실험실 안전 교육 및 재정적 지원

- ▷ 사고 예방 및 사고 후의 대처방법에 대한 교육을 강화한다.
- ▷ 실험실에 대한 재정 확충으로 사고를 미연에 방지한다.

미국 헌팅턴비치고등학교 폭발사고

2005년 6월, 미국 헌팅턴비치고등학교 화학실험실에서 메틸알코올을 취급하던 중 일어난 폭발사고를 실험실안전연구원(www.labsafetyinstitute.org) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2005년 6월 ○일, 07시 30분경
- 다. 사고 장소 : 미국 헌팅턴비치고등학교 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 2명

2. 사고 경위

2005년 6월 ○일 07시 30분경, 미국 헌팅턴비치고등학교 화학실험실에서 실험에 사용하던 메틸알코올이 폭발하여 가까이에 있던 두 학생이 얼굴을 포함한 전신에 각각 3도와 2도의 심한 화상을 입었다. 특히 부상당한 학생들은 실험용 고글을 착용하지 않아서 시력에도 손상을 입었다.

3. 사고 원인

인화성이 매우 강한 메틸알코올을 보호 장비도 없이 부주의하게 취급하였기 때문에 폭발이 발생하였고, 사고 후 대처방법을 몰라 부상을 더욱 악화시켰다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 실험 시 사용되는 화학약품의 성질 및 사용방법 사전 조사

- ▷ 실험 전 위험물질 취급 방법을 숙지한다.
- ▷ 화학약품에 자세한 지침사항을 표시한다.

나. 실험 안전 수칙 교육 및 준수

- ▷ 폭발에 대비해 고글과 같이 필수적인 장비 착용을 의무화한다.
- ▷ 지속적인 안전 교육을 통해 사고를 예방한다.
- ▷ 사고 발생 시 당황하지 않고 대처하도록 교육한다.

뉴질랜드 사우스랜드 에덴데일 공장 폭발사고

2009년 1월 17일, 뉴질랜드 폰테라에 있는 에덴데일 공장에서 있었던 잘못된 용기에 염소계 표백제(Reflux 800)를 넣어 일어난 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유기용매 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 1월 17일, 18시 50분
- 다. 사고 장소 : 뉴질랜드 사우스랜드 에덴데일 공장
- 라. 피해 현황 : 부상 및 유독가스 흡입 7명

2. 사고 경위

2009년 1월 17일 18시 50분경, 뉴질랜드 사우스랜드에 위치한 폰테라 에덴데일 공장에서 염소계 표백제인 Reflux 800을 잘못된 용기에 넣어 폭발사고가 발생하였다. 폭발 및 유독가스 유출로 7명이 치료를 받았고, 주변에 있던 사람들도 오염물질 탈착을 위해 치료를 받았다.

3. 사고 원인

염소계 표백제 중 하나인 Reflux 800을 잘못된 용기에 넣어서 일어난 화학폭발로 주성분은 차아염소산나트륨(NaOCl)이다. 차아염소산나트륨은 가수분해에 의해서 차아염소산(HOCl)이 되며, 이 차아염소산은 매우 산화력이 강해서 염산과 섞이면, 염소 가스를 발생시킨다.



이러한 강한 산화력 때문에 표백·살균의 효과를 갖긴 하지만 염산과 같은 산과 반응하게 될 경우 강렬하게 반응하여 폭발할 수 있을 뿐만 아니라

유독성인 염소가 방출된다.

4. 요구되는 개선 사항

이번 사고로 아주 많은 인명 피해나 재산 피해는 없었다고 할지라도 유독가스에 의한 오염과 주변 지역의 산업 발전을 저해하는 등 전체적으로 보았을 때는 큰 피해를 낳았다.

따라서 이번과 같은 사고가 재발하지 않기 위해서는 안전에 관한 규정을 강화하고 그에 걸맞은 교육을 행하여 실수를 방지하도록 해야 할 것이다. 이번 사고의 경우 잘못된 용기에 화학물질을 넣는 실수로 인해 발생한 것이므로 이에 관한 규정을 강화하고 조치를 취할 필요가 있다. 예컨대, 화학물질 및 폐수통의 명칭을 잘 보이도록 철저히 관리할 뿐만 아니라, 화학반응이 일어나더라도 견딜 수 있는 폐수통을 제작하고, 폭발이 일어났을 경우 빠른 대처로 확산을 막을 수 있는 시설을 갖추어야 할 것이다.



미국 메사추세츠주 제약실험실 폭발사고

2005년 3월 22일, 미국 매사추세츠주 레민스터에 있는 ○○제약 실험실에서 있었던 화학물질의 잘못된 혼합에 의한 폭발사고를 실험실안전연구원(www.labsafetyinstitute.org) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2005년 3월 22일, 16시 15분경
- 다. 사고 장소 : 미국 매사추세츠주 레민스터 제약실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 1명, 건물 붕괴

2. 사고 경위

2005년 3월 22일, 미국 메사추세츠주 레민스터에 위치한 ○○제약 실험실에서 잘못된 화학물질의 혼합에 의한 폭발사고가 발생하였다. 이 실험실은 탄소화합물을 다루는 곳으로 관계당국은 이번 폭발이 실수에 의한 사고라고 표명하였다. 하지만 폭발은 건물의 기반 구조를 흔들 정도였으며, 이번 폭발로 그 건물에서 일하던 한 연구원은 손에 화상을 입었고, 인근의 가구 10세대는 안전한 곳으로 피난을 가야했다. 이번 사고는 1997년 폭발이 일어난 이후 같은 장소에서 재발한 것으로 직업안전위생관리국(OSHA, Occupational Safety and Health Administration)은 1,500달러의 손해배상금을 청구했다.

3. 사고 원인

- 가. 잘못된 화학물질의 혼합
 - ▷ 연구원들의 실수를 예방하기 위한 눈에 띄는 표지물 부재

- ▷ 그 자체로는 위험하지 않지만 화학반응을 일으킬 경우 폭발이나 강한 열을 발생시킬 수 있는 위험 물질에 대한 인식 부재
- 나. 과거에 비슷한 사고가 있었음에도 불구하고 안전교육이 미흡하여 같은 장소에서 유사한 사고가 발생

4. 요구되는 개선 사항

가. 위험 물질 취급 주의

- ▷ 특정 위험요소를 내포하고 있는 위험물질에 대하여 잠재적 위험성을 알아냄
- ▷ 안전성 확보를 위한 MSDS 비치
- ▷ 취급전 MSDS를 통한 물질 특성, 위험성 등의 물질 정보를 숙지

나. 실험 안전 교육 강화

- ▷ 실험에 사용되는 물질의 위험성과 안전하게 사용하기 위한 방법 등에 대하여 안전교육을 실시

미국 조지아주 Imperial Sugar 社 분진폭발사고

2008년 2월 7일, 미국 조지아주에 있는 Imperial Sugar 社에서 있었던 설탕 분진에 의한 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 분진 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 2월 7일, 14시경
- 다. 사고 장소 : 미국 조지아주 Imperial Sugar 社
- 라. 피해 현황 : 사망 13명, 부상 40명

2. 사고 경위

2008년 2월 7일, 미국 조지아주에 위치한 Imperail Sugar 공장에서 분진 폭발사고가 발생하여 13명이 사망하고, 40명이 부상당하는 사고가 발생하였다.

부상자 대부분은 인근 메모리얼 병원으로 후송되었으며, 관계자에 따르면 “병원에 실려 온 환자 대부분 양손 전체에 80~90%의 심각한 화상을 입었다”고 증언했고, 당시 공장에 있던 근로자들은 “공장 3층에서 큰 폭발음이 들렸으며 이후 모든 근로자가 3층에서 1층으로 대피하기 시작하면서 혼란이 일어나 더 큰 인명피해가 일어났다”고 했다.

Imperial Sugar 社は 이번 사고가 폭발성 설탕 분진에 의한 폭발임을 인정하였고, 미국 산업안전보건청에서는 해당 공장 2개소에 대해 약 500만 달러와 377만 달러의 벌금을 각각 부과하였으며, 앞으로의 사고 재발을 방지하기 위해 규제를 더욱 강화할 예정이다.

3. 사고 원인

2008년 7월 25일 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration)에서는 Imperial Sugar 社에 대해 3차 최종 사고조사를 실시한 결과 분진폭발이 발생한 작업장에 다량의 폭발성 설탕 분진이 쌓여있음을 확인했으며, 회사 측에서는 이에 대해 아무런 조치도 취하지 않았음을 인정하였다.

설탕은 탄소, 수소, 산소로 구성되어 있는데, 가늘게 분쇄한 뒤 산소를 충분히 공급받는 조건이 주어진다면 쉽게 탄다. 미세한 설탕가루들은 공기 중에 흩어져 있는 산소와 접촉하는 표면적이 커져 잘 타게 되므로 작은 불씨에도 반응할 수 있는데 이와 같은 경우의 폭발을 ‘분진폭발’이라고 한다.



미국 워싱턴주 화학실험실 폭발사고

2009년 1월 9일, 미국 워싱턴주에 있는 한 화학실험실에서 메탐페타민 제조 실험을 하던 중 일어난 폭발사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 1월 9일
- 다. 사고 장소 : 미국 워싱턴주 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 중상 1명

2. 사고 내용

2009년 1월 9일 아침, 미국 워싱턴주의 한 화학실험실에서 화학폭발이 일어나 1명이 중상을 입고 병원에 후송되는 사고가 발생하였다. 그 실험실은 메탐페타민(Methamphetamine)이라는 매우 위험한 화학약품을 다루는 실험실로서 피해자는 당시 아침 일찍 출근하여 실험을 준비하고 있었다. 사고의 원인은 정확히 밝혀지지 않았지만 사고를 정리한 후 원인을 분석해본 결과 피해자의 외투와 소매에 피가 흘러있는 것으로 보아 화학폭발로 인한 상해로 판단할 수 있으며, 메탐페타민을 만드는 과정에서의 오류로 인해 다른 물질과 반응하여 폭발이 일어난 것으로 보고 있다.

3. 사고 원인

- 가. 메탐페타민이라는 위험 물질을 다루는 만큼 각별히 주의해서 관리했어야 하나 그러지 못하여 폭발을 일으킨 것으로 추정됨
- 나. 실험 안전 장비를 제대로 장착하지 않아 부상의 정도가 더욱 커짐

4. 요구되는 개선 사항

가. 주기적으로 안전교육을 실시

나. 자신한테는 사고가 일어나지 않을 거란 안일한 생각을 버리고 큰 부상을 막기 위해 실험시에는 적합한 안전 장비를 착용



미국 위스콘신주 에탄올 공장 폭발사고

2009년 1월 19일, 미국 위스콘신주 먼로에 있는 에탄올 공장에서 있었던 스파크에 의한 폭발사고를 미국 The Journal-standard 신문 기사를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 분진 폭발사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 1월 19일, 14시 30분
- 다. 사고 장소 : 미국 위스콘신주 에탄올 공장
- 라. 피해 현황 : 100,000달러의 재산피해

2. 사고 경위

2009년 1월 19일 14시 30분경, 미국 위스콘신주 먼로에 위치한 에탄올 공장에서 연료 냉각기에서 발생한 스파크에 의한 폭발사고가 발생하였다. 영하 5도의 추운 날씨 속에서 화재 발생 8시간 만에 진화하였고, 별다른 인명 피해 없었으나, 100,000달러의 재산피해가 발생하였다.

3. 사고 원인

이 사고는 동물사료로 사용되는 옥수수 단백질이 주요원인으로 밝혀졌다. 이 사료는 저장고에 보관되기 전에 열을 가하고, 건조하는 과정을 거치며, 연료 냉각기를 통과하게 된다. 옥수수 단백질은 알코올 성분이 빠져 나간 상태이기 때문에 폭발 가능성이 비교적 적긴 하지만 여전히 폭발 위험성을 가지고 있다.

공장 직원이 건조기를 가동하기 위해 점화기를 작동시키려 했으나 잘 되지 않다가 4~5분 후에 폭발이 발생하였는데 날씨로 인해 사료가 지나치게

게 건조해져서 기체 상태로 점화기가 있는 곳까지 높은 밀도로 확산되었고 이로 인해 폭발이 일어난 것으로 추정된다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 이 사고는 비교적 재빠른 대처로 피해를 최소화한 것으로 보인다. 공장주인 Gary Kramer는 연료 냉각기 부근에서 폭발이 발생하긴 했지만 인화성이 매우 큰 에탄올이 있는 공장까지는 화재가 확산되지 않았을 뿐만 아니라 비교적 초기에 화재를 진압하였기 때문에 심하게 손상된 환풍기를 새로 놓는 데 100,000달러 외에는 특별한 피해액이 없을 것으로 보았다. 그는 미국연방방재협회(NFPA, National Fire Protection Association)의 식품처리공장에서의 분진폭발사고 예방 규정사항을 잘 지켜 피해를 최소화할 수 있었던 것으로 평가받았다.

나. 분진폭발사고를 방지하고 사고 시 피해를 축소하기 위해 아래의 방법 중 상황에 맞는 방법을 선택하여 사용하면 더욱 효과적이다.

- ▷ 산소농도 감소
- ▷ 비활성가루 혼합
- ▷ 비활성기체에 의한 희석
- ▷ 점화원 배제
- ▷ 폭발억제 설비 사용



미국 매사추세츠공과대학 화재사고

1998년 10월 23일, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 헥산이 담긴 시약병을 운반하던 중 일어난 화재사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 1998년 10월 23일, 13시 15분경
- 다. 사고 장소 : 미국 매사추세츠공과대학(MIT) 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 실험실 일부 소실

2. 사고 경위

1998년 10월 23일 13시 15분경, 미국 매사추세츠공과대학 화학실험실에서 대학원생이 약 1ℓ의 헥산이 담긴 시약통을 운반하던 중 떨어뜨렸다. 재빨리 인화성 물질을 잘 흡수하는 가루를 뿌려 헥산의 유출을 막으려 했으나, 그 양이 부족하여 흡수되지 않고 남은 헥산에 의해 화재가 발생했다.

3. 사고 원인

- 가. 헥산이 유출되어도 점화원이 없었으면 화재는 발생하지 않았을 것이나, 헥산이 유출된 곳 부근에 있던 드라이 오븐이 점화원이 되어 화재가 발생하였다.
- 나. 헥산과 같은 인화성 물질이 유출되었을 경우를 대비하여 각 실험실에는 그와 같은 물질을 잘 흡수하는 가루를 상비하여 놓긴 했지만 그 양이 부족하여 이번과 같이 많은 양이 유출되었을 경우에는 제대로 대처할 수 없었다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 인화성 물질의 운반 경로를 철저히 관리

나. 인화성 물질이 유출되더라도 화재로 이어지는 것을 방지할 수 있는
물질을 확보하여 적절한 장소에 비치



미국 오하이오주립대학 화재사고

2005년 4월 8일, 미국 오하이오주립대학 Newman-Wolfrom 실험실에서 **헥산** 폐기 도중 일어난 화재사고를 실험실안전연구원(www.labsafetyinstitute.org) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2005년 4월 8일
- 다. 사고 장소 : 미국 오하이오주립대학 Newman-Wolfrom 실험실
- 라. 피해 현황 : 유해증기 흡입 11명

2. 사고 경위

2005년 4월 8일 저녁, 미국 오하이오주립대학 Robert S. Coleman 교수의 Newman-Wolfrom 실험실에서 대학원생들이 실험정리를 위해 헥산을 폐수통에 폐기하던 도중 폭발이 일어나 많은 양의 헥산이 바닥에 쏟아졌으며, 이어서 5분 후에 화재가 발생하여 실험실 전체가 모든 연구 자료와 함께 소실되었다.

화재 진압은 한 시간 이상 지속되었으나, 신속하게 대처하여 중상을 입은 사람은 없었지만 사고 현장 가까이 있었던 대학원생 및 소방관은 유해증기를 흡입하여 치료를 받았다.

3. 사고 원인

헥산은 그 유기용제 증기가 지속적으로 휘산(volatilization)되고, 체류·누적되며, 정전기나 스위치 스파크와 같은 점화요인이 있을 때에는 화재·폭발의 위험이 높은 인화성 물질이다.

실험실 책임자인 Coleman 교수의 말에 따르면 핵산이 바닥에 쏟아진 상황에서 그 즉시 환기를 시키고 모든 전기장치를 차단하지 못한 것이 이번 사고의 직접적인 원인이지만, 누군가가 편의를 위해 폐수통 위치를 평소와 다른 곳으로 옮긴 것이 보다 근본적인 화재의 원인이라고 했다. 즉, 사고 당시 핵산을 담은 폐수통을 누군가가 다른 선반으로 위치를 바꾸었기 때문에 그 안의 화학 약품과 핵산이 반응하여 폭발을 일으키고 핵산이 바닥에 쏟아져 화재를 유발했다는 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

이번 사고는 총 피해액이 이삼십만 달러로 추정되는 큰 규모의 화재 사고였다. 보다 유감스러운 일은 오하이오 주를 포함한 미국 대부분의 주가 직업안전위생관리국(OSHA, Occupational Safety & Health Administration)의 실험실 안전 법규를 채택하고 준수하도록 요구받음에도 불구하고 높은 빈도로 사고가 발생한다는 것이다.

실험실 안전 관리 전문가인 James A. Kaufman에 따르면 학교 실험실에서 사고 빈도가 일반 화학 기업체보다 10~50배 가량 높다고 언급하였으며, Coleman 교수는 학문 기관의 경우 모든 실험안전 법규를 지키기에는 과다한 비용이 따른다고 주장하였다.

물론 이번 사고의 경우 대학원생들이 긴급 상황 시 대처방법을 알고 있어서 큰 부상을 입은 사람은 없었지만 충분히 예방될 수 있는 사고였기 때문에 안전 교육 및 재정적 지원의 중요성이 부각된다. 따라서 같은 계통의 물질이더라도 공존할 수 없는 물질은 동일한 용기에 폐기하지 않도록 하고, 폐수통에 저장된 화학물질 간의 반응에 의한 용기 폭발사고를 방지하기 위하여 안전한 폐수통을 제작하도록 지원할 필요가 있다.

또한 배출기관별로 기상이나 전기 등의 외부 환경의 영향을 받지 않는 폐수통 저장 창고를 확보하도록 하고, 방제물품을 구입하여 사고 발생 후 위험물질의 확산을 막도록 해야 할 것이다.

미국 캘리포니아대학교 화재사고

2008년 12월 29일, 미국 캘리포니아대학교 로스앤젤레스캠퍼스 화학실험실에서 펜탄에 녹아있던 t-butyl lithium을 주사기로 회수하던 중 일어난 화재사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 화학약품 화재사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 12월 29일
- 다. 사고 장소 : 미국 캘리포니아대학교 로스앤젤레스 캠퍼스 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 사망 1명

2. 사고 내용

2008년 12월 29일, 미국 캘리포니아대학교 로스앤젤레스캠퍼스(UCLA; University of California at Los Angeles)에서 대학원생이 펜탄에 녹아있던 t-butyl lithium를 회수하기 위해 주사기로 흡입하던 중 화재가 발생하였다. 반응성이 매우 크고, 인화성이 높은 t-butyl lithium은 공기 중에서 자발적으로 폭발하는 성질이 있는데, 그 대학원생이 실수로 주사기를 끝까지 흡입시킴으로써 t-butyl lithium과 공기가 혼합되면서 순식간에 폭발과 함께 옷에 불이 붙어 결국 사망한 것이다. 이 사고에 대해 직업안전위생관리국(OSHA)은 대학원생이 실험실에서 혼자 실험을 하도록 방치한 것과 인력 부족으로 화학 약품의 사용법에 대해 충분히 숙지시키지 않은 채 실험하도록 한 것, 그리고 대학원생이 실험 당시 안전 보호 장비를 제대로 착용하고 있지 않아 사망에까지 이르게 한 것 등의 실험 안전 수칙 위반에 대해 250,000달러의 벌금을 청구하였다.

3. 사고 원인

- 가. 공기에 접촉하기만 해도 화재를 일으키는 t-butyl lithium을 다루는 실험이었음에도 불구하고 이에 대한 위험성을 제대로 알지 못하고 부주의하게 실험
- 나. 실험복을 입지 않은 채 불에 잘 타는 스웨터를 입고 실험하여 사망에 까지 이름

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험 안전 교육 강화
 - ▷ 유해물질을 다루는 실험 시 동료와 같이 실험하도록 함
 - ▷ lithium 화합물은 오래될수록 반응하기 쉬우므로 필요한 양 만큼만 사용함
 - ▷ 사고 발생을 대비하여 마련한 응급 처치약과 샤워실이 없는 곳에서는 유해물질을 다루지 못하도록 함
- 나. 실험복과 실험에 적합한 개인 안전 보호 장비를 착용한 상태에서 실험할 것

미국 사우스플로리다대학교 유해물질 접촉에 의한 화상사고

2008년 11월 26일, 미국 사우스플로리다대학교 화학실험실에서 실험을 하던 대학원생의 얼굴에 유해물질이 접촉하여 일어난 화상사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유해물질 접촉사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 11월 26일
- 다. 사고 장소 : 미국 사우스플로리다대학교 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 내용

2008년 11월 26일 오후 미국 사우스플로리다대학교(University of South Florida) 화학실험실에서 대학원생이 실험에 필요한 부틸아민을 얻기 위해 콘테이너를 여는 순간 부틸아민이 얼굴에 튀어 화상을 입었다. 사고 처리 담당자에 따르면 부틸아민은 부식제로서 쓰이고, 인화성이 강하여 다른 물질과의 혼합 또는 접촉에 격렬하게 반응하기 쉽고, 화재까지 일으킬 수 있는 물질이다. 이번 사고는 콘테이너 안에 있던 부틸아민이 소량의 외부 물질과 반응하여 뚜껑을 열자 순간적으로 튀어 오른 것으로 추정된다. 피해자는 가까운 곳에서 응급 조치를 받고 곧바로 병원에 후송되어 심각한 부상은 막을 수 있었다.

3. 사고 원인

- 가. 반응성이 큰 물질이 들어 있는 콘테이너에 외부물질이 들어가서, 반응

을 일으켜 부틸아민이 튀어 오른 것으로 추정됨

나. 단순히 부틸아민을 옮기는 작업이라 생각하여 별다른 보호 장비 없이 실험을 수행함

4. 요구되는 개선 사항

가. 유해물질이 대량으로 저장되어 있는 컨테이너에서 소량 추출할 때에는 안전 보호 장비를 착용

나. 취급전 화학약품의 특성과 취급방법을 숙지

다. 반응성이 큰 화학약품은 격리시켜 보관하고 유효기간이 지난 것은 절차에 따라 폐기



미국 네브래스카대학교 학생 화상사고

2009년 1월, 미국 네브래스카대학교 오마하캠퍼스 화학실험실에서 황산이 담긴 시약병을 실험자의 부주의로 파손하여 일어난 화상사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유해물질 접촉사고
- 나. 사고 일시 : 2009년 1월 27일
- 다. 사고 장소 : 미국 네브래스카대학교 오마하캠퍼스 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 화상 1명

2. 사고 내용

2009년 1월 28일, 미국 네브래스카대학교 오마하캠퍼스 화학실험실에서 학생이 실험 준비를 위해 산을 옮기던 중 황산이 가득 담긴 병을 손으로 잡다가 병이 깨지면서 황산이 다리에 쏟아져 화상을 입는 사고가 발생하였다. 사고 직후 화상 부위를 씻기고 산을 중화할 수 있는 파우더를 바르는 등 담당 교수의 지도에 따라 신속하게 조치를 취하였지만, 2도 화상을 입고 병원에서 치료를 받아야 했다.

3. 사고 원인

실험자가 보호 장갑과 실험복을 착용한 상태에서 강산인 황산을 조심해서 다루어야 했으나 그러하지 못했고, 황산과 같은 위험 물질을 담은 시약병은 강한 충격에도 쉽게 깨지지 않도록 제작되어야 함에도 불구하고 쉽게 파손되었기 때문에 사고가 발생한 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험 안전교육 강화하여 순간적인 실수가 큰 사고로 이어질 수 있음을 경각시킨다.
- 나. 실험자는 위험물질에 대한 불필요한 노출을 최대한 줄일 수 있는 보호기구 및 안전 보호구를 충분히 확보하여 사용한다.



미국 캘리포니아주립대학 유해가스 흡입사고

2008년 5월 13일, 미국 캘리포니아주립대학 화학실험실에서 있었던 식품공업용 초산나트륨 흡입사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유해물질 흡입사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 5월 13일
- 다. 사고 장소 : 미국 캘리포니아주립대학 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 유해가스 흡입 2명

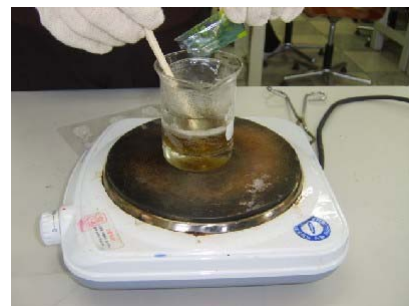
2. 사고 경위

2008년 5월 12일, 미국 캘리포니아주립대학 화학실험실에서는 식품공업용 초산나트륨을 물중탕으로 끓이는 과정이 포함된 실험을 하였다.

실험 종료 후 Hot plate를 완전히 끄지 않은 상태에서 퇴실, 가열된 식품공업용 초산나트륨이 기화되어 실험실 전체에 유출되었으며, 다음날 아침 청소를 하기 위해 실험실 문을 열던 청소관리인 두 명이 이 유해가스를 흡입하는 사고가 발생하였다.

3. 사고 원인

이 사고는 유해물질 방치, 사용 기자재 작동 상태 미확인 등 실험 종료 후 실험정리를 안일하게 하였기 때문이다.



4. 요구되는 개선 사항

- 가. 실험 후에도 사고가 발생할 수 있다는 사실을 교육시켜 실험 종료 후 실험정리를 꼼꼼하게 하도록 한다.
- 나. Hot plate와 같이 온도를 높일 수 있는 기화장치는 철저히 관리한다.

미국 프린스턴대학교 영재교육반 유해물질 흡입사고

2008년 8월 8일, 미국 뉴저지주에 위치한 프린스턴대학교 화학실험실에서 있었던 유해물질 흡입사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 유해물질 흡입사고
- 나. 사고 일시 : 2008년 8월 8일, 15시경
- 다. 사고 장소 : 미국 프린스턴대학교 화학실험실
- 라. 피해 현황 : 중상 1명

2. 사고 내용

2008년 8월 8일 15시경, 미국 뉴저지주에 위치한 프린스턴대학교 화학실험실에서 아이스크림을 만드는 실험하고 있던 여름학교 영재반(SIG; Summer Institute for the Gifted) 학생 중 한 명이 선부르게 이를 먹다가 액체질소가 흡입되어 내장이 파열되는 사고가 발생하였다. 액체 질소는 액화점이 -196°C 이기 때문에 일반적으로 아이스크림을 만들기 위해 급냉각 시킬 때 간편하게 쓰이는데, 액체질소를 섭취할 경우 액체질소는 체내에서 온도유지가 되지 않아 기화되고 이때 부피가 급격히 팽창된다. 따라서 이 학생은 다량의 액체질소를 이미 섭취 하였기 때문에 내장이 파열되는 중상을 입은 것이다.

3. 사고 원인

5명의 감독관이 있었음에도 불구하고, 별도의 안전교육을 실시하지 않고 실험을 시작함으로써 실험을 하는 어린이들이 액체 질소의 위험성을 모

르는 상태에서 위험한 행동을 하였다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 실험 초보자를 대상으로 위험물질의 취급법 및 주의사항을 교육시켜 이로 인한 사고를 미연에 예방한다.

나. 실험 관리자는 발생 가능한 안전사고를 사전에 철저히 점검하여 차단한다.



러시아 벡터주 연구센터 바이러스 감염사고

2004년 5월 5일, 러시아 벡터주 연구센터에서 연구원이 에볼라 바이러스에 감염된 사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 바이러스 감염사고
- 나. 사고 일시 : 2004년 5월 5일
- 다. 사고 장소 : 러시아 벡터주 연구센터
- 라. 피해 현황 : 사망 1명

2. 사고 경위

2004년 5월 5일, 러시아 벡터(vektor)주에 위치한 ○○연구센터에서 에볼라 바이러스(ebola virus)를 연구하던 연구원이 에볼라 바이러스가 들어 있는 주사기에 찔려 감염되어 병원에서 치료를 받았으나 20일이 지난 5월 25일 사망하는 사고가 발생하였다.

이 연구원은 연구 도중 실수로 주사기를 자신에게 찔려 바이러스에 감염되었고, 치료법이 알려지지 않은 위험성 있는 연구였기 때문에 상태가 악화되다가 결국 사망하였다고는 하지만 WHO 세계보건기구에서는 벡터주 연구센터가 신속하게 감염여부를 보고하고 아프리카에서 에볼라 바이러스 치료를 전문으로 해온 의사에게 치료를 받았더라면 죽음으로까지 이어지지는 않았을 것이라 밝히고, 이에 대한 책임회피를 비판하였다.

3. 사고 원인

- 가. 연구원의 실수 및 보호 장비 미흡

▷ 치명적인 질병을 일으키는 바이러스를 연구하는 만큼 각별한 주의

를 기울여야 했으나 부주의하여 주사기에 찔림

▷ 또한 연구원은 이런 상황을 대비하는 보호장비를 미착용

나. 연구센터에서는 감염된 연구원의 치료를 위해 전념을 다하지 않고 오히려 책임을 회피하기 위해 부상 정도가 심각하지 않은 것으로 보고

4. 요구되는 개선 사항

가. 실험 안전 교육 강화 및 보호 장비 의무화

▷ 실험안전교육을 강화하여 실수로 발생할 수 있는 사고를 최소화한다.

▷ 보호 장비를 의무화하여 보다 안전하게 실험할 수 있는 환경을 마련한다.

나. 실험 성과는 연구자가 안전할 때 극대화될 수 있는 것임을 알고 실험 상태 및 사고 현황 등에 대한 정확한 보고로 사고의 확산을 막을 필요가 있다.



< 에볼라 바이러스 >

미국 텍사스대학교 오스틴캠퍼스 오염사고

2006년 4월 12일, 미국 텍사스대학교 오스틴캠퍼스에서 원심분리기 고장으로 누출된 조류독감 바이러스에 생물실험실이 오염된 사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 바이러스 오염사고
- 나. 사고 일시 : 2006년 4월 12일, 14시 15분
- 다. 사고 장소 : 미국 텍사스대학교 오스틴캠퍼스 생물실험실
- 라. 피해 현황 : 보고되지 않음

2. 사고 내용

2006년 4월 12일 14시 15분, 텍사스대학교 오스틴캠퍼스(University of Texas at Austin) 생물실험실에서 원심분리기 고장으로 조류독감 바이러스가 유출되어 실험실이 오염되는 사고가 발생하였다. 조류독감 바이러스 순종뿐만 아니라 실험을 통해 H5N1과 H3N2를 유전적 교차로 합친 것에 함께 오염되어 문제가 심각해질 수 있었으나 대학 측에서는 바이러스 확산을 막기 위해 재빠른 조치를 취하여 인명 피해 없이 사고를 진압했다고 밝혔다. 하지만 Sunshine project라는 NGO(생화학적 무기 사용에 반대하는 비정부기구)에서는 대학 측의 불분명한 점검과 진술을 문제 삼고 바이러스에 의한 실험실뿐만 아니라 주변에 있는 사람들까지 피해를 볼 수도 있다고 밝혔다.

3. 사고 원인

- 가. 실험 자체에 대해서는 주의를 기울였으나, 실험에 사용되는 장비는 소홀하게 관리하였다.

나. 대학에서는 대학의 이미지 추락을 막고자 책임 회피에만 급급해 정확한 보도를 하지 않았을 뿐만 아니라 피해 확산을 차단하기 위한 특별 조치도 취하지 않았다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 당시 조류독감 바이러스가 대유행하는 것은 아니었지만, 치료법이 뚜렷하게 나오지 않은 상태에서 연구하는 만큼 실험할 때의 각별한 주의뿐만 아니라 바이러스를 다루는 장비에도 충분한 안전점검이 있어야 함

나. 사고 발생 시 사고의 확산을 차단하고, 조기 수습을 위해서는 객관적이고 정확한 상황 보고와 이에 따른 신속한 대책 마련 필요.



미국 예일대학교 바이러스 연구소 감염사고

1994년 8월, 미국 코네티컷주에 있는 예일대학교에서 연구원이 사비아 바이러스에 감염된 사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 분류 : 바이러스 감염사고
- 나. 사고 일시 : 1994년 8월
- 다. 사고 장소 : 미국 코네티컷주 예일대학교 바이러스 연구소
- 라. 피해 현황 : 바이러스 감염 1명, 병원 진료 80명

2. 사고 내용

1994년 8월 초, 미국 예일대학교 바이러스 연구소에서 바이러스 감염사고가 발생하여 1명이 병원에서 치료를 받았다. 또한 그와 접촉이 있었던 5명은 철저한 관리를 받았고, 같은 건물에 있던 75명의 연구원들은 검진을 받아야했다. 사고의 발단은 정확하게 밝혀지지 않았지만 실수에 의해 흘러나온 바이러스에 접촉했기 때문인 것으로 보인다. 감염된 바이러스는 사비아 바이러스(Sabia virus)로 희귀하면서도 감염되었을 때 상당히 위험할 수 있다. 대학 측은 이내 곧 잘못을 시인하고 감염된 연구원의 상태를 밝혔으며, 연구를 일시 중단하고 바이러스 연구소를 포함한 각종 실험실에서 일어날 수 있는 사고를 예방하기 위해 실험 안전 교육을 강화할 것임을 밝혔다.

3. 사고 원인

위험성 높은 사비아 바이러스를 취급함에도 불구하고 실험자가 부주의 했고, 주기적으로 바이러스 유출에 대한 점검이 없었다. 또한 유출되었더라

도 실험자가 안전 장비를 착용한 상태였다면 바이러스에 감염되지는 않았을 것이다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 취급하는 바이러스의 특성과 실험 시 주의사항을 교육, 홍보를 통해 충분히 숙지시킴으로써 유사 사고가 발생하지 않도록 한다.

나. 실험 시에는 적절한 보호용 장비를 착용하여 사고 발생시 감염 가능성을 줄인다.



미국 브룩헤이븐 국립시험소 방사능 유출사고

1994년 4월, 미국 브룩헤이븐 국립시험소에서 원인이 불명확한 화재 때문에 일어난 방사능 유출사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 방사능 유출사고
- 나. 사고 일시 : 1994년 4월 1일
- 다. 사고 장소 : 미국 브룩헤이븐 국립시험소
- 라. 피해 현황 : 방사선 피폭 7명

2. 사고 경위

1994년 4월 1일 이른 아침, 미국 브룩헤이븐(Brookhaven) 국립시험소에서 원자로 가동 후 얼마 지나지 않아 원인이 불명확한 화재가 발생하여 7명이 방사선에 피폭되는 사고가 발생하였다.

약간의 연기가 나는 정도의 화재였기 때문에 건물 밖의 일반인들에게까지 피해를 줄 정도는 아니라고 관계당국은 밝혔지만, 우라늄이 상당량 농축되어 있는 아침에 발생했기 때문에 방사능에 의한 피해가 예상되는 상황이다.

3. 사고 원인

원자로에서 일어나는 전체적인 핵반응에 대한 감시 및 관리는 지속적으로 있어왔지만, 반면 기계 자체에 대한 점검은 가동 이래로 거의 없는 실정이었고, 그 자체로도 커다란 위험성을 가지기 때문에 인근 주민들에게 민감한 시설임에도 불구하고 허술한 감시체계로 화재 발생을 뒤늦게 알았다.

4. 요구되는 개선 사항

가. 원자로에 대한 주기적이고 철저한 점검

- ▷ 체르노빌 사고에서 알 수 있듯이 방사능 유출로 인한 사고는 매우 심각한 피해를 일으킬 수 있으므로 각별한 주의가 필요하다.
- ▷ 외부 충격에 의한 사고가 발생하더라도 방사성 물질의 외부 유출을 막을 수 있는 안전장치가 필요하다.

나. 안전교육을 강화하여 사소한 실수가 돌이키기 힘든 사회적 피해를 줄 수 있다는 경각심을 갖게 하여 안전에 최선을 다하도록 한다.

미국 클리브랜드주립대학 실험실 감전사고

2005년 8월 16일, 미국 클리브랜드주립대학에서 전기플러그 꽂던 중 일어난 감전사고를 실험실안전연구원(www.labsafetyinstitute.org) 자료를 참고하여 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 감전사고
- 나. 사고 일시 : 2005년 8월 16일
- 다. 사고 장소 : 미국 클리브랜드주립대학
- 라. 피해 현황 : 사망 1명

2. 사고 경위

2005년 8월 16일, 미국 클리브랜드 주립대학에서 감전사고가 발생하였다. 학교 측 대변인의 말에 따르면 사고 현장에는 Tarun K. Mal 생물학 교수 혼자만 있었으며 그는 전기플러그를 꽂으려다가 감전이 되었고, 학생들이 그를 발견하고 병원에 데려갔을 때는 이미 전기 충격이 심해서 소생시킬 수 없었다고 한다.

3. 사고 원인

이 사고는 직접적인 목격자가 없기 때문에 그 원인을 정확하게 밝히진 못했지만 전기기구를 조심해서 다루지 않은 교수의 실수와 오래된 기구의 불안정성 때문인 것으로 보고 있다.

인체에 전류가 흐름으로써 발생하는 감전의 일반적인 원인을 살펴보면 다음과 같다.

- ▷ 전기회로 또는 누전되고 있는 물체와 접촉해서 감전되는 경우

- ▷ 공기처럼 원래는 절연물이던 것이 절연이 파괴되어 방전됨으로써 감전되는 경우
- ▷ 정전유도에 의해 콘덴서 또는 같은 성질을 갖는 물체에 전압이 발생하고, 이에 접촉해서 감전되는 경우
- ▷ 전자유도에 의해 안테나 또는 안테나와 같은 특성을 지닌 물체에 접촉해서 감전되는 경우

4. 요구되는 개선 사항

가. 전기기구를 다룸에 있어서 사용자의 주의

- ▷ 지속적인 교육으로 자칫 큰 사고로 이어질 수 있는 사고를 예방한다.
- ▷ 전기기구 주변 정리 및 과부하가 걸리지 않도록 한다.

나. 국제전기표준회의(IEC, International Electrotechnical Commission) 규격에 기초를 둔 감전보호에 관한 일본공업규격(JIS, Japanese Industrial Standards)을 준수한다.

미국 사우스플로리다대학교 실험실 충돌사고

2006년 11월, 미국 사우스플로리다대학교 실험실에서 있었던 기계 조작 도중 일어난 충돌사고를 정리하였음.

1. 사고 개요

- 가. 사고 유형 : 기계 충돌사고
- 나. 사고 일시 : 2006년 11월 17일
- 다. 사고 장소 : 미국 사우스플로리다대학교
- 라. 피해 현황 : 부상 1명

2. 사고 경위

2006년 11월 17일, 미국 사우스플로리다(South Florida)대학교 실험실에서 작업자가 나무나 금속을 절단하여 모양을 내는 기계를 다루던 중 실수로 조종을 잘못하여 속도조절이 어려워지면서 이를 감당하지 못하고 기계와 충돌(추정)하는 사고가 발생하였다.

3. 사고 원인

- 가. 작업자의 안전의식 부족
 - ▷ 안전 보호망 설치 등 작업 전 안전조치 미흡
 - ▷ 작업 시 안전관리 소홀
 - ▷ 공구 사용요령에 대한 안일한 대처
- 나. 작업장의 정리정돈 및 청결상태 부족
 - ▷ 작업공간에서의 안전 공간 확보 미흡
 - ▷ 작업장 정리정돈 및 청결상태 부족

4. 요구되는 개선 사항

가. 안전교육 철저

- ▷ 작업자의 정기교육을 매월 실시하여 작업자의 안전의식 고취
- ▷ 작업 전 작업내용을 완전히 숙지한 후 작업투입으로 돌발 상황 대처
- ▷ 개인 안전보호구 착용 교육

나. 작업장 설비관리 철저

- ▷ 작업장 내의 설비 보수 및 수리를 통하여 완벽한 작업장 상태 지속 유지
- ▷ 작업장의 정리정돈 및 청소 등을 통하여 작업환경개선

- 발 행 일 : 2009. 5. 30.
- 발 행 처 : 서울대학교 환경안전원
- 발 행 인 : 정 진 호
- 자료편집 : 강 태 웅·손 병 권