

안전분야-연구자료
연구원 2002-15-15
S-RD-I-2002-15-15

실험실의 위험성평가 기법 개발

Development of Hazard Evaluation Techniques in Laboratory

2001. 12.

한국산업안전공단

산업안전보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서는 2001년도 산업안전보건연구 개발사업의 일환으로
수행한 『실험실의 위험성평가 기법 개발』의 최종 보고서
로 제출합니다.

2000년 12월 31일

주 관 연 구 부 서 : 산업안전보건연구원 안전공학연구실
연 구 책 임 자 : 안전공학연구실 선임연구원 이근원

요 약 문

1. 과 제 명 : 실험실의 위험성평가 기법 개발

2. 연구기간 : 2001. 1 - 2001. 12.31

3. 연 구 자 : 이 근 원

4. 연구목적

기술혁신의 급속한 발전과 최첨단 신기술이 고도화됨에 따라 실험실의 수행업무도 복잡·다양해져 새로운 형태의 잠재위험 요소가 증가되고 있다. 실험실에서 사용되는 각종 유해화학물질, 설비, 및 기기사용에 따른 위험성 등 실험실의안전보건에 관한 관심이 고조되고 있다. 그러나, 실험실의 명확한 안전기준이 표준화 되어있지 않고 법적 규정이 없으며 뚜렷한 감독관리 부처도 없는 사각지대에서 실험실 안전에 관한 연구도 미비한 실정이다. 실험실의 사고는 기계·물리적, 화학적 및 생물학적 위험이 있으며, 주로 화재·폭발사고 등 인명손실이 발생되고 있어 실험실 안전성 평가에 대한 필요성이 고조되고 있다. 실험실내에 안전확보를 위한 실행방법에 대한 정보가 부족한 실정이므로, 위험평가는 실험을 위한 안전한 환경을 제공하거나 실험시설의 적정 투자를 위해 위험의 확인과 평가가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 실험실의 잠재위

험을 확인하거나 제어할 수 있는 화학물질 정보전달 체계와 실험실의 공학적 제어방법과 개인보호장비에 대해 고찰하고, 위험조사 방법과 실험실의 위험확인을 위한 개발한 체크리스트 방법을 통한 사례연구를 통해 실험실의 위험성 평가기법을 제시하여 실험실 재해예방에 기여하고자 한다.

5. 연구내용

실험실의 위험평가 기법 개발을 위해 화학물질 잠재위험의 확인과 제어방법과 사례연구를 통한 실험실의 위험평가 기법을 제시하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- 화학물질의 잠재위험 정보전달
- 실험실의 공학적 제어방법과 개인보호장비
- 위험조사 및 위험확인 방법
- 위험확인을 위한 실험실 안전보건 체크리스트 개발
- 위험평가를 위한 평가서 및 위험평가 기준 개발
- 실험실 위험평가 방법론 제시
- 위험확인을 위한 사례연구

6. 활용계획

- (1) 실험실의 안전보건 위험수준 진단평가에 활용
- (2) 실험실 종사자의 안전교육 자료로 활용
- (3) 실험시설의 안전개선이나 대책 수립에 활용
- (4) 실험실 안전인증 평가 도구 개발을 위한 기초 자료로 활용

7. 연구개요

본 연구에서는 실험실의 위험평가 기법 개발을 위해 실험실의 잠재위험을 확인하거나 제어할 수 있는 화학물질 잠재위험 정보전달 체계와 실험실의 공학적 제어방법과 개인보호장비에 대해 관련문헌을 참조하여 고찰하였다. 실험실내의 위험확인을 위한 조사방법과 실험실의 안전보건 위험수준 평가를 위한 체크리스트를 개발하였다.

실험실의 안전관리의 효율화와 투자의 우선순위를 위한 자료를 확보하기 위해 실험실의 위험평가서를 개발하였으며, 실험실에 적용할 수 있는 위험기준을 제시하였다. 위험확인을 위해 K원을 대상으로 사례연구를 수행하였으며, 사례연구는 실험실의 안전보건 위험수준 체크리스트를 사용하였으며, 실험실의 위험 수준을 정량화 할 수 있었다. 본 연구에서 제시한 위험확인과 위험평가 기법을 이용하여 실험실내의 시설개선과 투자를 과학적으로 할 수 있고, 향후 실험실의 안전보건 수준 향상을 위한 안전인증 평가 도구 개발의 기초 자료로 할 수 있을 것으로 사료된다.

8. 중심어 : 실험실 안전, 잠재위험, 위험확인, 위험평가, 실험실체크리스트

<제 목 차 례>

요 약 문	i
제1장 서론	1
1. 연구개발의 필요성 및 목적	1
2. 연구기간	2
3. 연구범위 및 연구방법	2
제2장 실험실 위험평가의 이론적 고찰	4
1. 화학물질의 잠재위험 정보전달	4
가. 화학물질 잠재위험의 정의	4
나. 유입경로	5
다. 노출한계	9
라. 독성정보(Toxicity Information)	3
마. OSHA's 잠재위험 정보전달 기준	16
바. 물질안전보건자료(MSDSs)	17
사. 표시와 라벨(Signs and Labels)	8
2. 보호장치(PROTECTION)	22
가. 공학적 제어 : 설계에 의한 보호	22
나. 보호장비	27
다. 개인보호장비(Personal Protective Equipment, PPE)	73
제3장 위험의 조사와 평가기법	48
1. 개요	48
2. 위험의 조사방법	49
가. 1단계: 준비단계	49
나. 2단계: 예비조사	50

다. 3단계: 현장측정	52
라. 4단계: 분석	52
3. 실험실의 위험평가 방법론	53
가. 위험평가 방법론	53
나. 위험평가 기준	64
 제4장 위험확인을 위한 사례연구	67
1. 개요	67
2. 조사 및 분석방법	69
가. 조사방법	69
나. 분석방법	70
3. 분석결과 및 고찰	71
가. 평가항목별 안전보건 수준	71
나. 실험실별 위험수준	76
 제 5장 결론	80
참고문헌	81
부록. 실험실 안전보건 위험평가 체크리스트	82

〈표 차례〉

<표 2-1> 유해화학 물질에 대한 작업자의 지식	9
<표 2-2> 잠재위험 정보전달 기준(예)	16
<표 2-3> MSDS에 포함되어야 할 사항	18
<표 2-4> 라벨의 정보제공 포함사항	20
<표 2-5> 라벨교체에 따른 주의사항	22
<표 2-6> 특별한 설계가 요구되는 실험실의 확인사항	26
<표 2-7> 일반적 실험실 후드	29
<표 2-8> 후드의 적절한 사용을 위한 체크포인트	33
<표 2-9> 생물학적인 분류(classes of Biological)	38
<표 2-10> 개인보호장비의 안전한 사용을 위한 조언	38
<표 2-11> 눈·안면 보호를 위한 조언	41
<표 2-12> 화학물질 취급에 알맞은 글러브 제조물질	42
<표 2-13> 글러브 사용을 위한 조언	43
<표 2-14> 실험실 보호의 선택요건	44
<표 3-1> 조사 준비시 검토사항	50
<표 3-2> 예비조사 단계에서의 관찰 및 수행사항	52
<표 3-3> 위험평가서의 포함 사항	56
<표 3-4> 위험 평가를 위한 잠재위험 점검표	57
<표 3-5> 안전대책을 포함한 위험평가서 양식	60
<표 3-6> 실험실 안전관리 대책	63
<표 3-7> 위험 가혹도의 분류 (예)	64
<표 3-8> 사고 빈도의 분류 (예)	65
<표 3-9> 위험도의 기준표 (예)	66
<표 4-1> 실험실의 안전보건위험수준 평가를 위한 체크리스트 요약	68
<표 4-2> 실태조사에 선정된 실험실의 개요	70
<표 4-3> 실험실의 안전보건 수준평가 결과값	72

〈그림차례〉

[그림 2-1] 노출량에 따른 독성영향	3
[그림 2-2] 전형적인 작업장 배치	4
[그림 2-3] 전형적인 화학후드	8
[그림 2-4] 일반적 후드	8
[그림 3-1] 실험실의 위험평가 절차	5
[그림 4-1] 평가항목별 안전보건 수준 (1112호)	47
[그림 4-2] 평가항목별 안전보건 수준 (4115호)	47
[그림 4-3] 평가항목별 안전보건 수준 (4117호)	57
[그림 4-4] 평가항목별 안전보건 수준 (5113호)	67
[그림 4-5] 실험실별 안전보건 수준	7
[그림 4-6] 평가항목별 안전보건 수준	8

제1장 서론

1. 연구개발의 필요성 및 목적

산업기술의 발전은 국가경제 성장의 원동력이 되었으며, 우리의 생활수준 향상 및 국가 경쟁력 강화에 크게 기여하여 왔다. 더욱이 기술혁신의 급속한 발전과 최첨단 신기술이 고도화됨에 따라 실험실의 수행업무도 복잡·다양해져 새로운 형태의 잠재위험 요소가 증가되고 있다. 따라서 실험실에서 사용되는 각종 유해화학물질, 설비, 및 기기사용에 따른 위험성 등 실험실의 안전보건에 관한 관심이 고조되고 있다. 더욱이 실험실 종사자들의 안전보건에 대한 관심도도 일반 생산현장과 비교할 때 다양한 위험성이 잠재하고 있음에도 안전의식이 상대적으로 대단히 낮은 상태이다. 기업의 연구소나 국책연구소 등은 산업현장과 비교하여 실험실의 안전관리가 사각 지대화 되어 사고가 발생될 때는 인적·물적인 피해와 국가사회의 비난을 면치 못하게 될 것이다. 따라서 실험실의 안전 확보는 실험자의 안전과 건강보호 차원에서 대단히 중요하며 이에 대한 대책이 필요하다.

그러나, 실험실의 명확한 안전기준이 표준화 되어있지 않고 법적 규정이 없으며 뚜렷한 감독관리 부처도 없는 사각지대에서 실험실 안전에 관한 연구도 미비한 실정이다. 최근 연구소나 대학 등에서 실험실의 안전확보를 위해 나름대로 실험실 안전 정책이나 규정 등에 따라 실험작업을 행하고 있지만, 실험실내에는 많은 잠재위험이 도사리고 있다. 실험실 사고에 대해 관

련기관이나 행정부처에서 근로자에 대한 엄격한 관리를 하지 못한 실정이며 체계적인 실험실의 안전관리가 미흡하다. 실험실의 사고는 기계·물리적, 화학적 및 생물학적 위험이 있으며, 주로 화재·폭발사고 등 인명손실이 발생되고 있어 실험실 안전성 평가에 대한 필요성이 고조되고 있다. 실험실내에 안전확보를 위한 실행방법에 대한 정보가 부족한 실정이므로, 위험평가는 실험을 위한 안전한 환경을 제공하거나 실험시설의 적정 투자를 위해 위험의 확인과 평가가 필요하다.

우리나라에는 실험실 안전에 관한 정책연구나 안전지침 등 일부 문헌에 보고한바 있지만, 선진국가 같이 실험실 안전가이드라인, 안전 매뉴얼 및 위험평가 등 체계적이고 지속적인 연구가 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 실험실의 잠재위험을 확인하거나 제어할 수 있는 화학물질 정보전달 체계와 실험실의 공학적 제어방법과 개인보호장비에 대해 고찰하고, 위험조사 방법과 실험실의 위험확인을 위한 개발한 체크리스트 방법을 통한 사례 연구를 통해 실험실의 위험성 평가 기법을 제시하여 실험실 재해예방에 기여하고자 한다.

2. 연구기간

2001. 1 ~ 2001.12.31

3. 연구범위 및 연구방법

실험실의 잠재위험을 확인하고 평가하기 위해서 실험실의 위험평가에 영향을 미치는 화학물질 잠재위험의 확인과 제어방법에 대한 문헌적 고찰과 사례

연구를 통한 위험성 평가 기법을 제시하고자 연구범위는 다음과 같다.

- 화학물질의 잠재위험 정보전달
- 실험실의 공학적 제어방법과 개인보호장비
- 위험의 조사와 위험확인 방법
- 위험확인을 위한 실험실 안전보건 체크리스트 개발
- 체크리스트를 이용한 사례연구
- 실험실 위험성평가 기법 제시

연구방법은 실험실의 안전과 위험성 평가에 관한 문헌과 논문 검색을 통해 필요한 자료를 정리하여 실험실 위험평가 체크리스트의 개발과 위험평가서를 작성하였다. 사례연구에 사용한 위험평가 체크리스트는 미국 OSHA의 기준을 참조하였으며, 실험실의 위험평가 수준을 조사하기 위해서 K연구소의 실험실을 대상으로 전문가 3명이 평가하였으며, 그 분석은 통계프로그램(SPSS)를 이용하였다.

제2장 실험실 위험평가의 이론적 고찰

1. 화학물질의 잠재위험 정보전달

가. 화학물질 잠재위험의 정의

화학물질이 작업자의 안전보건에 해로운 영향을 유발할 가능성이 있다면 그 물질은 잠재위험이 있는 것이다. 이것은 작업자가 노출된 매시간마다 유해하다는 것을 의미하지는 않는다. “잠재위험”은 화학물질이 다음의 조건 중 어느 하나에 해당하면 그 화학물질은 위험이 있다고 판단한다. 즉, 화학물질이 암유발, 독성, 부식성, 자극성, 감광성(sensitizer), 가연성, 반응성이 있으면 작업자의 건강과 환경을 위협한다.

(1) 보건상 위험

화학물질에 노출되었을 때 신체기관, 조직, 또는 신체의 다른 부위에 대한 피해를 포함한다. 물리적인 위험은 화재나 폭발에 대한 위험을 포함하며, 화학적인 위험은 역반응이나 이상반응에서 발생한다.

(2) 급성노출

급성노출은 잠재위험이 있는 물질에 대한 급성노출은 몇 분, 몇 시간, 또는 몇 일 내에 빠르게 발생한다. 급성보건위험은 단지 한 가지 노출에 의해서 발생하여 즉시 드러나 피부발진(rash), 화상(burns), 또는 염증(irritations), 메스

꺼움(nausea), 현기증(dizziness), 기침(coughing)을 야기할 수 있고 또한 즉시 또는 몇 시간이나 몇 일 내에 사망을 야기시킬 수 있다.

(3) 만성노출

작업자가 낮은 수준의 화학물질의 수준에 노출되었지만 인지하지 못하기 때문에 이런 형태의 노출에서 작업자가 특히 위험해질 수 있다. 몇 달, 몇 해, 심지어는 몇 십년 후에 발생한다. 암 유발물질(carcinogen)에 대한 만성적인 노출은 여러 해 동안, 아마도 신체의 다른 부위로 확산되기 전까지는 발견되지 않을 수도 있는 종양을 유발할 수도 있다. 일부 사람들은 오랜 기간동안 반복해서 노출된 후 또는 한 번의 노출이후에 갑자기 확인될 수 있는 화학물질에 대한 민감도(sensitivity)를 사용한다. 작업자가 화학물질을 취급할 때마다 작업자의 저항력(resistance)은 약해지고, 견딜 수 있는 수준이 점점 더 낮아진다. 결과적으로, 작업자의 참을성(tolerance)은 작업자가 여러 해 동안 경험해 온 “안전한” 수준 이하로 떨어지고 갑자기 과다노출의 증상이 커진다. 심지어 급성노출의 결과와 유사하게 된다.

나. 유입경로

화학물질이 접촉한 이후 한 부위에 대한 상해를 유발할 수도 있고, 다른 부위로 이동할 수도 있다. 일부 화학물질은 하나 이상의 유입경로를 통과하거나 한 가지 이상의 신체기관에 영향을 미친다. 유입경로는 다음과 같이 나눌 수 있다.

(1) 호흡기

가장 일반적인 유입경로이며 작업자가 지속적으로 호흡하기 때문에 항상 오염된 공기를 흡입할 수 있다. 가스, 증기, 연기(fume)는 작업자의 코와 목구

명의 내부에 자극을 미치거나 폐에 접촉할 수 있다. 반응이나 용해로부터 발생하는 고체(solid) 화학물질과 에어로졸(aerosol), 또는 반응이나 용액을 준비하면서 발생하는 미세한 분진 등 취급하면서 발생하는 먼지와 같은 미립자가 호흡될 수 있다. 10 μ m 이상의 분자들은 코털에 의해 걸러진다. 1~5 μ m 사이의 분자들은 목구멍을 지나 내부기관이나 폐로 향하는 공기통로로 이동할 수 있다. 이런 분자들은 점액질이 분비되는 내부의 공기통로에서 걸러진다. 그 점액질은 기침을 할 때 나오거나 삼킨다. 만약 삼키면 모든 오염물질들은 같이 유입된다. 1 μ m 이하의 분자들은 폐의 공기주머니나 폐포(alveoli)에 도달한다.

(2) 피부접촉/흡수

접촉은 고체화학물질과 오염된 안경의 취급으로부터 또, 액체화학물질과 용액(solution)의 튀김(splash)으로부터 발생할 가능성이 있다. 작업자의 피부는 화학물질이 전신에 유입되는 것을 차단하는 역할을 수행하지만, 아세트, 크레졸(cresol), 무기질산(mineral acid)같은 일부 화학물질들은 피부조직(tissue)에서 미립자(molecule)와 반응하고, 건조함(dryness), 자극(irritation), 또는 부분적인 화상(local burn)을 유발할 수 있다. 일부 화학물질들은 피부를 관통해서 알레르기반응을 유발하기도 하고, 심지어는 화학물질에 대한 민감성(sensitivity)을 유발할 수도 있다. 화학물질은 또한 신체부위의 상처를 통해 작업자의 신체에 유입되어 또 다른 잠재위험이 있는 화학물질이 유입될 수 있는 피부차단막(skin barrier)에서 상처나 구멍을 남길 수 있다. 특별히 액체에 용해되는 다른 화학물질은 피부를 관통해서 혈류(bloodstream)에 도달할 수 있다. 여기에서 이 화학물질들은 중앙신경계인 작업자의 신경과 두뇌, 간(liver), 콩팥(kidney), 비장(spleen)같은 조직계(organ system)에 도달할 수 있다. 일부 화학물질은 피부를 관통하여 내부조직(tissue)에 피해를 줄 수 있다.

(3) 주입(Injection)

작업자가 의도적으로 잠재위험이 있는 화학물질을 신체에 주입하지는 않더라도 오염된 주사기(syringe)나 부서진 유리, 또는 다른 날카로운 물체를 취급할 때 우발적으로 발생한다. 피부를 통해서 쉽게 흡수되지 않는 화학물질은 경로를 통해 혈류에 유입되고 다른 기관과 조직에 도달한다. 단지 소량만이 주입되었기 때문에 가장 큰 위험은 가장 위험한 화학물질에서 야기된다. 이런 화학물질은 독성화학물질, 암유발물질(carcinogen), 또 OSHA가 특별히 위험하다고 인정하는 물질들을 포함한다.

(4) 섭취(Ingestion)

모든 실험실 작업자는 음식과 음료, 흡연, 화장하는 것 등이 모두 실험실에서 제한되는 이유이다. 이 사항들은 화학물질로 인해 오염될 수 있다. 연기(fume)나 튀김(splash)이 위의 사항들에 접촉할 수 있기 때문에 작업자의 실험실은 화학물질 근처에 음식과 음료수를 저장하는 것을 제한한다. 심지어 일부 유기용매(organic solvent)는 음식포장지를 관통할 수도 있다. 이것은 또한 손톱을 씹는 것, 책의 페이지를 넘기기 위해 손가락을 핥는 것(licking), 펜이나 연필을 씹는 것(chewing), 가려움(itch)을 긁기 위해 작업자의 손을 입 주위에 가져오는 것, 또는 입으로 pipeting하는 것에 의해 화학물질이 섭취될 수 있다. 대개 소량의 화학물질만이 섭취된다. 부식성물질(caustic material)이 작업자의 목구멍이나 식도(esophagus), 작업자의 소화경로(digestive tract)의 내부에 부분적인 상해를 유발하기에 충분한 양이 섭취되는 것은 그리 많이 발생하는 것은 아니다.(그러나 아직 가능성이 있음) 주입에서의 위험과 마찬가지로, 작업자는 특별히 잠재위험이 있는 물질에 대해서 주의를 기울여야 한다.

(5) 눈 접촉(Eye contact)

눈 조직은 매우 민감하며 만약 상해가 아니라면 대부분의 외부물질에 대한 접촉은 불쾌감을 일으킬 수 있다. 화학물질은 연기, 증기, 가스, 에어로졸(aerosols), 연기, 튀는 액체로부터 또는 미세한 입자나 먼지의 형태로 고체와 같이 작업자의 눈에 도달할 수도 있다. 일단 그곳에서 화학물질들은 화상, dehydrate(탈수)를 일으킬 수도 있고, 상해를 유발하기 위해 눈조직과 반응을 일으킬 수도 있다. 심지어 물리적으로나 화학적으로 가벼운 상해일지라도, 매우 심한 고통을 줄 수 있고, 회복이 매우 느릴 것이다. 부분적 혹은 전체적인 시각장애처럼 일부 상해는 영구적인 피해를 유발한다. 사고가 아무리 미약할지라도 작업자의 눈에 접촉하는 모든 화학물질은 항상 신중하게 취급해야 한다.

<표 2-1> 유해화학 물질에 대한 작업자의 지식

- 작업자는 어떤 화학물질을 취급하고 있는가?
 - 그 화학물질의 잠재위험은 무엇인가?
- 실험실에 작업자가 취급하지 않는 잠재위험이 있는 화학물질이 있는가?
 - 만약 그렇다면, 그 화학물질의 잠재위험은 무엇인가?
- 작업자의 실험실 어디에 물질안전보건자료(MSDSs)가 저장되어 있는가?
- 작업자가 MSDS를 마지막으로 본 때는 언제인가? 어떤 화학물질인가?
- 작업자의 실험실에 화학물질의 잠재위험에 대한 다른 참고문헌이나 정보가 있는가?
- 작업자의 실험실에서 가장 위험한 화학물질은 무엇인가?
 - 왜 그 화학물질이 가장 위험한가?
 - 현재의 양 때문인가?
 - 취급하는 빈도 때문인가?
 - 그 화학물질에서 보건위험은 무엇인가?
- 작업자는 가장 위험한 화학물질을 어떻게 다루고 있는가?

다. 노출한계

잠재위험이 있는 화학물질에 대한 노출은 상해를 유발할 수도 있고 그 양이 많을수록 위험성도 커진다. “어느 수준이 안전한가에 대해 설정된 기준이 있는지, 얼마나 안전한 것이 안전한 것인지?” 등 많은 형태의 노출한계가 있다. 미국 산업위생학회(ACGIH)는 거의 600개의 물질이 TLV(threshold limit values)를 갖는다고 한다. 미국 국립산업안전보건연구소(NIOSH)는 추천하는 노출한계

(Recommended exposure limit, REL)를 갖고 있다. 이 한계는 두 기관에 의해 권고되고 지침서로서 제공되고 있다. OSHA는 450개의 물질에 대해서 허용노출한계(Permissible exposure limit, PEL)를 갖고 있다. OSHA는 규제기관이고 TLV와 REL과는 다르게 PEL은 법적인 효력을 갖고 있다. 다음에서 가장 일반적인 노출한계에 대해 설명하고자 한다.

(1) OSHA의 노출한계

(가) 허용노출한계(PEL)

이것은 시간가중평균(TWA; Time-Weighted Average), 단시간노출한계(STEL; Short-Time Exposure Limit), 또는 최고노출한계(ceiling exposure limit)로서 설명될 수도 있다. 최고한계(ceiling limit)는 TWA노출한계를 초과하지 않아도 순간적으로 초과해서는 안된다. OSHA의 허용노출한계는 법적인 힘을 갖고 있다.

(나) 활동수준(Action Level)

근로자를 보호하기 위한 OSHA의 규정인 노출수준(공기중의 농도)은 다음 장소에 영향을 미친다(29 CFR 1910.1001 - 1047).; 작업장 공기분석, 고용인 교육, 의학적 감시(medical monitoring), 기록유지. 활동수준이상에 대한 노출은 직업적인 노출(occupational exposure)로 명시된다. 활동수준미만의 노출 또한 해로운 것이며 일반적으로 PEL의 절반(1/2)이라고 한다.

(2) ACGIH의 노출한계

(가) TLV(Threshold limit value)

ACGIH는 이 용어를 악영향없이 대부분의 근로자가 일상 및 주간(weekly) 근무를 계획하는 동안에 노출될 수 있는 물질에 대한 공기중의 농도를 표현하

기 위해 사용한다. “근로자”는 건강한 개인을 의미한다. “건강한”이라는 용어는 68kg(150lb)의 남성으로 25세에서 44세 사이를 의미한다. 젊은 사람과 나이든 사람, 병이 있는 사람은 허용오차가 낮아야하고 추가적으로 예방조치가 필요하다. ACGIH는 3가지 방법에서 TLV를 표현한다. TLV-TWA(시간가중평균농도); TLV-STEL(15분 동안의 단기간 노출한계); 최고한도(Ceiling; C), 노출한계로 추천된 ACGIH의 TLV, NIOSH의 REL을 기록하면서 OSHA는 법으로 규정할 수도 있고 하지 않을 수도 있다.

(나) TLV-Ceiling Limit(TLV-C)

항상 짧은 시간이라도, 초과해서는 안되는 최고노출한계 또는 농도이다. ACGIH는 화학물질(Chemical Substances)과 Physical Agents에 대한 노출한계값(Threshold Limit Values)이라는 TLVs로 부르고 있으며 ACGIH에 의해 책을 매년 출판하여 채택하고 있다.

(3) NIOSH 노출한계

(가) 권장노출한계 (Recommended exposure limit, REL)

근로자들에게 상해를 입히지 않는 것으로 예상되는 가장 높은 공기중의 (airborne) 농도를 허용할 수 있다. REL은 보통 10시간의 근무변화를 위해, 시간가중평균(TWA)이나 최고한계로 표현할 수도 있다.

(나) IDLH (Immediately dangerous to life and health)

생명과 보건에 대한 즉각적인 위험으로 탈출할 때 불구증상이나 건강에 대한 유해한 영향없이 30분내에 탈출이 가능한 최대농도. 이 한계는 방독면의 선택을 결정하는데 사용된다.

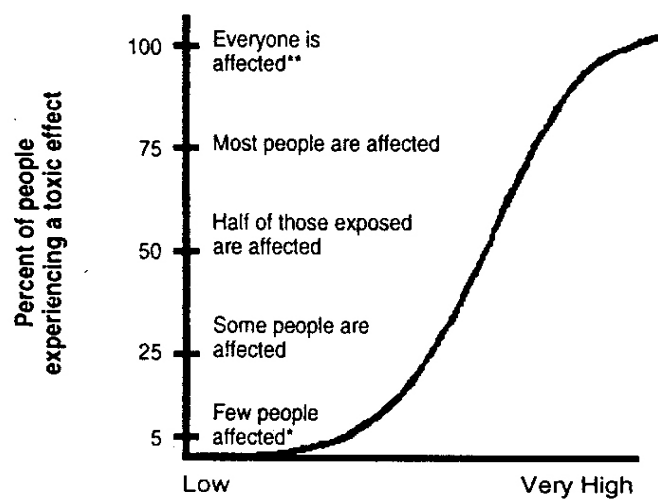
(다) 안전한 수준(Safe levels)

만약 작업자의 실험실에 있는 모든 화학물질이 노출한계에 도달하면 작업자는 안전한가? 노출한계는 엄격한 경계(boundary)가 아니라, 지침서이다. 만약 작업자가 화학물질을 가지고 작업하고 실제 노출수준이 REL, TLV, PEL보다 낮거나 높다면, 이것은 단지 위험성의 암시(indication)를 의미한다. PEL이 합법적인 한계이기 때문에 만약 작업자가 이 한계를 초과한 것이 적발되었다면 OSHA는 작업자에게 벌금을 부과할 것이다. 고려해야 할 또 다른 요소는 모든 사람이 다르다는 것이다. 모든 실험실 근로자가 68kg(150lb)의 25~44세 인 건강한 남성은 아니다. 같은 노출수준에 대해 정확히 같은 방법으로 반응하는 두 사람은 없다. 일부 사람들은 본질적으로 화학물질에 더욱 민감하다. 다른 사람들은 시간이 지남에 따라 민감도가 발달한다. 심지어 한 개인에 대한 저항력(resistant)은 다양하다. 그 요소는 연령, 신체사이즈, 피로수준, 건강상태, 혈압, 흡연자나 비흡연자, 음주량, 성별, 알레르기 등을 포함한다. 일정한 시간에 작업자에게 안전한 수준은 다른 사람들에게는, 또는 다른 시간에 대해 작업자에게 안전하지 않을 수 있다.

(라)상승작용(Synergism)

독성물질이 자체적으로 작용할 때 그 독성물질의 활동보다 더 큰 영향을 미치는 2가지 이상의 독성물질이 결합된 활동이다. 예를 들면, 석면노출과 흡연은 모두 폐암이 원인이 될 수 있다; 그렇지만 흡연자가 석면에 노출되었다면, 폐암의 위험인 두 가지에 모두 노출되어 분류된 위험들을 합한 것보다 훨씬 크다. 현재 화학물질들이 어떻게 상호작용을 하는지 또는 결합되었을 때의 잠재위험은 무엇인지에 대해서 거의 알려지지 않았다. 현재의 건강에 대한 작업자의 최선의 방법은 가능한 한 낮게 작업자의 실제 노출을 유지하고 권유된 한계 이하로 유지하는 것이다. 작업자는 화학물질들이 의도된 방법으로 공학적

제어를 사용하는 적절한 절차를 준수하고, 개인보호장비를 적절하게 사용함으로써 이를 수 있다. 작업자의 고용주는 작업자의 안전을 위한 가이드로서 활동수준이나 다른 알려진 한계를 사용한다. 만약 작업자의 노출이 활동수준을 초과한다고 결정되면, 작업자의 고용주는 적절한 조치를 취할 것이다.



Exposure Dose

*When the exposure dose is low, only the most susceptible individuals are affected

**When the exposure dose is extremely high, most or all people are affected

[그림 2-1] 노출량에 따른 독성영향

라. 독성정보(Toxicity Information)

물질의 잠재위험은 독성, 물질의 취급방법, 노출량, 유입경로, 개개인의 반응

에 따라 다르다. 독성자료는 통제된 실험에서 실험용 동물을 사용하는 많은 화학물질을 위해 결정된다. 동물과 사람의 신진대사는 다르다. 그래서 안전보건 전문가들은 안전한 노출한계를 결정하기 위해 이 정보를 해석할 필요가 있다. 이 정보는 노출의 모든 형태에 특별히, 호흡과는 다른 유입경로의 노출과 같은 PELs과 행동제한(action limits)이 적용될 수 없는 장소에 유용하다. 독성자료는 MSDSs에도 제시된다. 이 정보를 이해하는 것은 화학물질의 잠재위험 정도를 알 수 있도록 한다. 다음에 실험실 작업시 사용되는 독성관련 용어를 간략히 설명하였다.

(1) LC₅₀ (lethal concentration 50)

치명적인 농도로 특정한 시간동안의 동물들을 이용한 실험에서 실험동물 중에 50%가 죽을 것으로 예상되는 대기중의 농도를 말한다.

(2) LC_{Lo} (lethal concentration low)

다소 낮은 치명적인 농도로 인간이나 동물을 사망시킬 수 있는 것으로 보고된 가장 낮은 공기농도이다.

(3) LD₅₀ (lethal dose 50)

50% 치명적인 투여량으로 실험용 동물집단에서 50%가 죽는 1회 투여량으로 호흡을 제외한 유입으로 인한 노출농도이다.

(4) LD_{Lo} (lethal dose low)

다소 낮은 치명적인 투여량으로 인간이나 동물을 사망시킬 수 있는 것으로 보고된 호흡을 제외한 유입에 의한 최소한의 투여량이다.

(5) TC_{Lo} (Toxic concentration low)

다소 낮은 독성농도로 인간에게 독성영향이 발생하거나 인간이나 동물에게 발암성(tumorigenic)이나 생식적인(reproductive) 영향이 발생하는 인간이나 동물이 특정시간동안 노출된 공기중의 최저농도이다.

(6) TD_{Lo} , (Toxic dose low)

다소 낮은 독성 투여량으로 인간에게 독성영향을 미치고, 인간이나 동물에게 발암성이나 생식에 위험을 발생시키는 것으로 보고된 것으로 주어진 기간동안 호흡을 제외한 다른 경로에 의한 최소 투여량이다.

(7) 단위(Units)

노출한계와 독성자료에 대해, 측정단위는 수치값이 실제로 무엇을 의미하는지를 명백히 설명한다. 공기중의(airborne) 위험에 대한 자료는 다음 2가지 방법중 하나로 설명된다. “ mg/m^3 ”는 공기중의 cubic meter당 물질의 milligrams으로 미립자(particulates)의 농도에 사용되는 일반적인 단위이다. “PPM(Parts per million)”의 단위는 공기중의 가스나 증기의 농도에 사용되는 일반적인 단위이다. 이 단위는 ACGIH에 의해 “parts of the substance per million parts of air by volume at 25°C와 1 atm”로 정의되었다. 또한 가스나 증기는 mg/m^3 으로도 자주 표현된다.

독성자료는 일반적으로 호흡을 제외한 피부나 섭취같은 다른 경로에 의해 유입되는 것을 의미하고, 또한 mg/kg 으로도 표현된다. 이 단위는 투여량에 대한 일반적인 단위이고, 실험에 사용된 동물의 무게(kg)당 위험물질의 질량(mg)을 의미한다. 위험이 적은 물질이나 더 높은 투여량을 가질 때 영향을 미치는 물질은 g/kg 으로 나타낸다. 매우 적은 투여량에서 영향을 미치는 독성이 매우 높은 물질은 mg/kg 으로 나타내거나 $\mu g/kg$ 으로 나타낸다.

마. OSHA's 잠재위험 정보전달 기준

OSHA는 모든 작업장에서 취급되는 화학물질에 대해 근로자를 보호하기 위해 잠재위험정보전달기준, 29 CFR 1900.1200을 개발하였다. 이것은 또한 고용주가 근로자에게 근로자가 취급하는 화학물질의 잠재위험을 알려주도록 하기 위한 지침서로 출발하였으며, 실험실에 대한 새로운 기준이 실행된 이후로, 잠재위험 정보전달 기준(Hazard Communication Standard)의 다음과 같은 부분만이 실험실에 적용되고 있다.

<표 2-2> 잠재위험 정보전달 기준(예)

- 작업자의 실험실에 사용되는 모든 화학물질의 저장기에는 라벨이 부착되어야 하고 라벨은 손상되지 않아야 한다.
- 실험실을 위해 구입한 물질안전보건자료(MSDS)를 근로자들이 이용할 수 있어야 한다. MSDS는 화학물질의 잠재위험에 대한 정보를 가지고 있어야 한다.
- 근로자들은 실험실에서 사용되는 잠재위험이 있는 화학물질의 여러 가지 부분에 대한 정보를 얻어야 한다. 이 정보는 잠재위험, 감시방법 (monitoring methods), 예방조치를 포함한다.
- 최종 사용자가 사용하기 위해 실험실에 배치된(sent out) 모든 화학물질은 적합하게 라벨이 부착되어야 하고, 필요한 MSDS를 포함해야 한다.

작업자의 고용주는 작업자의 실험실에서 합성된(synthesized) 어떤 물질에

대한 특정한 상황에 대한 MSDS를 만들도록 요구할 수도 있다. 가끔 실험실은 다른 설비로 분석을 위해 새로운 성분을 보낸다. 이러한 조건에서, MSDS를 보내는 것은 불필요한 것이다. 그렇지만, 만약 다른 조직(organization)이 작업자의 성분을 가지고서 또 다른 성분과 혼합하는 것과 같이 다른 목적으로 사용한다면 작업자의 고용주는 MSDS가 필요한지의 여부를 결정해야 할 것이다. 잠재위험정보전달기준에 따르면, 다른 위치(site)에서 이 물질을 사용하는 근로자는 잠재위험이 무엇이고, 어떠한 사전조치가 필요한 지를 알 권리가 있다.

바. 물질안전보건자료(MSDSs)

잠재위험 정보전달 기준(Hazard Communication Standards)은 작업자의 실험실에서 새로운 화학물질을 구입할 경우나 화학물질을 처음으로 구입하는 경우에는 제조업자나 공급자가 작업자의 고용주에게 MSDS를 보내도록 요구하고 있다. 작업자의 고용주는 작업자가 활용할 수 있는 MSDS를 만들어야 한다. 이 MSDS에는 작업자의 실험실에서 사용될 때 화학물질의 잠재위험에 대한 정보가 포함되어야 하며, MSDS에 포함되어야 할 사항을 <표 2-3>에 나타내었다.

<표 2-3> MSDS에 포함되어야 할 사항

- o 화학물질의 이름과 identity.
- o 유입경로를 포함한 화학물질(또는 혼합물질의 성분)의 잠재위험.
- o 화학물질의 물리적인 특성, 외형, 냄새 등
- o 노출의 증상, 급성 및 만성적인 보건위험
- o 응급조치절차
- o 취급양에 대해 필요한 안전작업기준(practice), 공학적 제어 (engineering control), 보호장비
- o 저장정보
- o 화학적 특성(property) 및 관련된 위험
- o 비호환성(incompatibility)
- o 노출수준 및 독성자료

사. 표시와 라벨(Signs and Labels)

표시 및 라벨은 작업자의 실험실에서 정보를 전달하는(communicate) 가장 일반적인 형태이다. 작업자의 실험실에는 비상구, 비상장치(emergency equipment), 가연성 저장용기(flammable storage), 필수개인보호장비 등에 대해 작업자에게 알려주기 위해 부착된 많은 표시(sign)가 있다. 일부는 특별히 잠재위험이 있는 물질, 방사성 동위원소(radioisotope), 이온화 방사능(ionizing radiation), 전염성 작용제(infectious agents), 발암성 물질(carcinogens) 등의

사용을 위해 설계된 구역을 나타낸다. 작업자가 사용하는 모든 화학물질과 샘플, 용액(solution)은 라벨이 부착되어야 한다. 라벨링은 작업자가 안전하게 작업하기 위해 필요한 정보를 빨리 얻도록 도와준다.

(1) 신체 및 보건위험 기호(Physical and health hazard symbols)

이 표시(sign)는 라벨, 압축가스실린더에 대해 광범위하게 사용된다. 이 기호(symbol)는 화학물질 저장용기 또는 저장구역, 후드, 폐기물 저장용기, 기타 실험실 전체구역에서 작업자에게 위험을 알려주기 위해 주의사항(notice)의 일부로써 보게 된다. 작업자는 단지 이런 위험이나 전체 메시지의 일부로서 기호(symbol)를 나타내는 표시(signs)를 볼 수 있을 것이다.

(2) 라벨(Labels)

화학물질 저장용기에 라벨을 부착하기 위한 기준양식은 없지만, 각 화학물질 제조업자는 색깔코드, 용어표현(wording), 기호(symbol)의 위치를 포함하는 자사 소유의 시스템을 사용한다. 잠재위험정보 전달하기 위해 제조업자는 라벨에 적어도 <표 2-4>와 같은 정보를 제공해야 한다. 제조업자는 보편적인 기호나 기타 일반적으로 이해되는 용어에 의해 규정된다. 자사 소유의 시스템을 만들 수도 있고 일반적으로 사용되는 것을 채택할 수도 있다.

<표 2-4> 라벨의 정보제공 포함사항

- 화학물질 제조업자, 수입업자, 기타 책임있는 관계자(party)의 명칭과 주소
 - 화학물질의 identity 또는 혼합물일 경우, 화학물질들
 - 적당한 잠재위험 경고
- 만약 화학물질이 특정 기준에 의해 규정되었다면 라벨에 대한 경고는 해당 기준의 요구사항에 부합해야 한다.

(3) 실험실에 준비된 라벨

작업자가 취급하는 모든 화학물질과 작업자가 준비한 용액에 대해서, 저장용기에 무슨 물질이 있는지를 기억하는 것은 어렵다. 작업자가 화학물질을 공급자의 저장용기에서 다른 저장용기로 이동시킬 때, 작업자가 만든 라벨은 공급자의 라벨에 대한 모든 정보를 포함하고 있어야 한다. 결국, 동일한 잠재위험을 갖는 동일한 물질이다. 작업자가 했던 모든 일은 그 정보를 옮기는 것이다.

(4) 저장 용액(Stock solutions)

작업자가 준비하는 용액을 라벨링하기 위해 법적으로 요구되는 양식은 없지만, 상식과 작업자의 실험실 정책(policy)은 무슨 정보가 라벨에 사용되는지를 결정한다. 모든 잠재위험을 목록화 할 필요성은 없다. 가능한 긴 라벨은 사용자가 잠재위험을 이해하는데 도움을 주기에 충분한 정보를 포함한다. 저장용액의 잠재위험은 용액이 만들어지는 물질과는 매우 다르다. 그래서 작업자는 라벨에 있는 물질을 목록화하기를 원하지 않을 것이다. 용액의 특별한 위험은 작

업자 자신이 다시 알 수 있도록 작성되어야 한다.

일부 많은 분석업무를 수행하는 실험실은 저장용기에 코드를 부착(attach)하거나 티켓을 batch한다. 코드나 티켓을 준비하는데 사용되는 방법에 대한 문서화된 설명이 쉽게 사용할 수 있다면, 이 용기에 라벨을 부착할 필요는 없다. 전에 만들어지지 않았던 성분에 무슨 잠재위험이 존재하는지를 결정하는 것은 어렵다. 작업자의 고용주는 유사한 성분이나 혼합물에서 알려진 위험에 근거해서 발생가능한 위험을 평가해야 한다. 작업자에게 새로운 물질에 대한 가장 좋은 활용정보를 제공하고, 라벨에 무슨 잠재위험이 포함되어야 하는지를 결정하는 것은 고용주에게 달려 있다.

(5) 손상(damaged) 또는 잘못된(missing) 라벨

라벨은 손상되거나 떨어지거나, 또는 사람들이 낙서할 수도 있다. 이러한 문제들은 즉시 수정하여야 한다. 만약 작업자가 손상된 라벨을 본다면 교체한다. 만약 라벨이 잘못되었다면 작업자가 저장용기에 무엇이 있는지를 알 경우에만 교체한다. 만약 불확실하면, 감독자에게 알려라. 작업자가 준비한 라벨은 원래의 라벨에 있었던 모든 정보를 갖고 있어야 한다. 그 라벨은 화학물질의 명칭, 공급자의 성명과 주소, 그리고 잠재위험을 포함해야 하며, 라벨 교체에 따른 주의사항을 <표 2-5>에 나타내었다.

<표 2-5> 라벨교체에 따른 주의사항

- 간략하게 작성하고 인쇄하라. 라벨은 명백하고 읽기 쉬어야 한다.
- 오래된 라벨에는 새롭거나 다른 정보가 작성되지 않아야 한다. 이것은 단지 라벨을 읽을 수 없고 혼잡하게 만든다.
- 교체라벨은 원래의 라벨을 완전히 덮어야 한다. 원래 라벨을 제거하는 것이 더욱 좋다.
- 교체라벨은 원래의 라벨에 있던 모든 정보를 포함해야 한다.
- 저장용액에 대한 라벨은 적어도 화학물질명, 농도, 뿐만 아니라 존재할 수 있는 심각한 잠재위험까지 포함해야 한다.
- 알려지지 않은 잠재위험을 갖는 새로운 성분에 대해 작업자의 고용주는 잠재위험을 평가하고 작업자에게 라벨에 포함되어야 할 적당한 정보를 지시할 것이다.

2. 보호장치(PROTECTION)

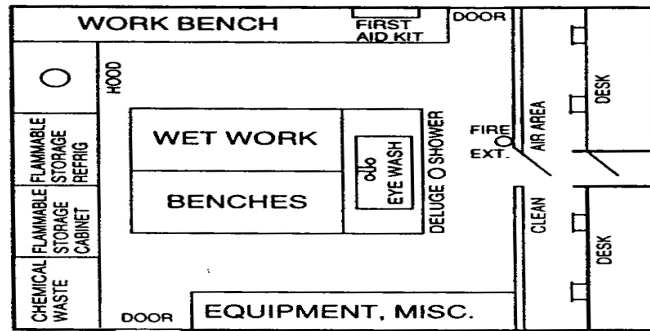
가. 공학적 제어 : 설계에 의한 보호

실험실에서 작업자를 보호하기 위해 실험실을 공학적으로 제어해야 하는데 실험실의 공학적 제어는 작업장의 배치나 보호설비를 갖추는 것이다. 공학적 제어는 작업자를 보호하기 위해 실험실을 설계해야 한다. 어떤 제어기들은 작업장 안에 올바르게 설치되어야 한다. 또한 보호의 용도로 사용되는 방어막이나 후드 같은 특정한 유형의 설비들이 있다.

(1) 실험실 배치

작업자가 안에서 작업하는 실험실은 실제로 작업자가 알고 있는 가장 큰 공학적 제어는 실험실은 안전을 고려해서 만들며 설계되었다. 설계의 핵심은 안전이다. 화학물질을 받아들이고 저장하고, 폐기물을 저장하고, 작업자의 작업을 위한 분리된 구역이다. 소규모 실험실은 하나의 혹은 두 개의 실(공간) 내에서 구역이 지정되었을지도 모르는 반면에, 규모가 큰 실험실들은 위의 각 작업들을 위한 별개의 공간을 가지고 있을 수도 있다. 격리는 한번에 여러 위험에 노출되는 것을 막고, 상반되는 물질의 분리에 도움이 된다. 또한 작업자의 작업장에 불필요한 물질의 혼잡을 줄일수 있다. 사무 혹은 자료입력, 기록 등으로부터 작업대를 분리하는 것은 화학물질의 누출을 최소화한다. 통로의 공간은 작업자가 어떠한 것으로 막지 않는다면 작업자가 자유롭게 움직이기에 충분히 넓어야 한다. 작업자가 걸림이 없이 쉽게 지나갈 수 있다면 걸상이나 의자를 사용하는 것을 허용할 수 있다.

카트, 다른 움직이는 물체는 일시적으로 복도에 들 수는 있으나 빨리 다른 곳으로 이동해야 한다. 큰공간은 화재나 유출에 의해 하나가 막힌 경우에 대비하여 두 개의 비상구를 갖는다. 비상통로는 가능한한 외부로까지 짧고 직선이어야 한다. 비상설비의 접근은 빠르고 쉽게하는 것이 중요하다 그러나 그것만으로는 충분하지 않다. 작업자는 그것들을 재빨리 찾을 수 있게 관찰하는 일이 항상 필요로 한다. 비상구는 조명 신호를 가지고 있고 전력손실의 경우에 비상등이 있다. 모든 비상 설비는 기호로 만들며 분명히 보이는 곳에 설치한다. 작업자는 또한 사람들이 돌아다니는 것을 볼 수 있어야 한다. 작업자의 시야를 가려는 잘 보이지 않는 코너와 장애물들은 충돌을 일으킬 수 있다. 이것들은 만약 누군가 화학물질이나 다른 물질을 이동하고 있다면 특히 위험이 될



[그림 2-2] 전형적인 작업장 배치

수 있다.

(가) 유틸리티

실험실 내의 설비들은 물, 전기, 가스를 포함한다. 절대 전기콘센트에 과부하가 걸리지 않게 하고 가스배관, 수도배관 또는 전선은 변형하지 않는다. 유지·보수 자격자가 이것을 처리한다. 또한, 긴급상황시 재빨리 닫을 수 있게 설비의 차단밸브나 스위치의 위치를 알아두는 것이 중요하다.

(나) 환기시스템

환기시스템은 외부에서 공기를 가져오고 내부의 공기와 혼합하는 것이다. 혼합공기의 일부분은 외부에서 소모된다. 이 공정은 작업자가 조작하는 화학물질로부터의 먼지, 증기, 가스의 농도를 감소시킨다. 또한 박테리아, 바이러스, 불쾌한 악취제거와 같은 공기중의 위험한 것들을 감소시킨다. 배출하기 전에 공기는 건물 전체를 순환한다는 것을 명심해라. 그러므로 작업자는 건물내의 어디에서 그 공기가 끝날지 결코 모르기에 작업장 내에 증기나 공기를 방출해서

는 안 된다.

(다) 경보시스템

모든 실험실은 pull station과 함께 경보시스템을 가져야 한다. 많은 새로운 시스템은 경보기의 트리거(trigger)가 자동으로 연기, 열을 탐지한다. 또한 어떤 것은 화재억제 시스템을 갖는 것도 있다. 일반적 시스템은 물을 사용하는 스프링클러를 갖는다. 또한, 분말약제(dry chemicals), 폼(foam), 이산화탄소(carbon dioxide) 등의 다른 형태도 유용하며 각각은 장점과 단점을 갖는다.

그러나 사람들의 눈, 코, 호흡기 등에 자극을 줄 수 있다. 이산화탄소 또한 불활성이고 일반적으로 화재 발생시 진화하는데 사용된다. 그러나 이것은 질식의 원인이 될 수 있다. 대부분 CO₂시스템은 누출 전에 사람들을 대피시킬 수 있는 시간을 줄 수 있는 진보한 경보시스템이다. 고용주는 실험실에 있는 시스템들에 대해 근로자에게 말해주어야 하고 안전한 대피를 위한 특별한 교육을 해야한다.

(라) 특별한 설계

다음과 같은 위험들을 포함한 작업장을 위해 특별한 설계가 요구되며, 이에 해당되는 시설은 다음과 같으며, 실험실 설계시 특별히 요구되는 사항을 <표 2-6>에 나타내었다.

- 실험동물의 급식, 취급, 보호를 위해 분리된 설비
- 동물배설물, 위험한 혈액, 세포, 조직배양의 처리
- 독극물 실험실, 방사선 실험실, 높은 전염성의 질병이 있는 실험실에서의 누출을 막기 위한 다양한 단계의 봉쇄 대책
- 폭발물이 취급되는 실험실을 위한 과열판과 특수한 배출
- 극도로 위험한 조건을 가진 실험실을 다른 설비로부터의 고립

<표 2-6> 특별한 설계가 요구되는 실험실의 확인사항

- 작업자의 실험실에 특별한 특징이 있나요? 위층, 지하층, 1층이나 특정 설비에서 근무합니까?
- 일상적인 경우와 비상시의 밝은 조명이 있습니까?
- 작업자의 작업장 근처에 가스, 화학물질, 장비, 문제가 생길 수 있는 공정 같은 특정한 위험들이 있습니까?
- 후드나 다른 안전장비들은 어디에 위치해 있습니까? 위험스런 화학물질이나 다른 물질은 어디에 저장하고 있습니까?
- 대피로나 비상구가 작업자의 근처 어디에 있습니까? 다른 경로도 있습니까? 통로는 깨끗합니까?
- 비상시 전기, 수도, 가스나 다른 시설들은 재빨리 끌 수 있습니까?
- 작업자의 실험실에 비치한 경보시스템의 형태는 무엇입니까?
- 도움이 되는 것에 접촉하기 위해 작업자는 특별한 경보시스템, 비공식 감시작용, 전화를 가지고 있습니까?
- 비상경보 폴스테이션(pull station)은 어디에 있는지 아십니까? 적절한 비상전화번호를 알고 있습니까? 혹은 빨리 그것들을 찾을 수 있습니까?
- 다음의 비상설비가 어디에 있는지 아십니까?
소화기, 화학물질 누출시 사용하는 도구, 비상샤워, 응급조치도구, 눈세척실
- 비상설비에 도착하기 쉽습니까? 제거되어야 할 다른 장애물이 있습니까?
- 특정 위험물질을 사용해 작업하거나 누출물 처리를 위한 특별한 보호의가 있습니까?
- 작업자의 실험실에 있는 다른 비상장비의 형태는 무엇입니까?

나. 보호장비

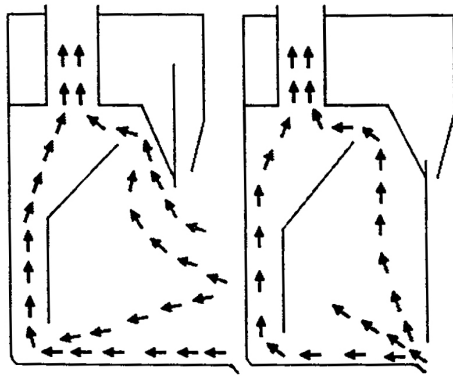
실험작업자의 안전과 건강 보호를 위해 개인보호장비(Personal Protective Equipment)를 실험실에 갖추어야 한다. 개인보호장구는 눈, 얼굴 및 손 등을 보호하기 위한 마스크, 보안경, 장갑 및 보호의류 등이 해당되며, 여기서는 이들을 중심으로 서술하고자 한다.

(1) 후드, 기타 환기 시스템

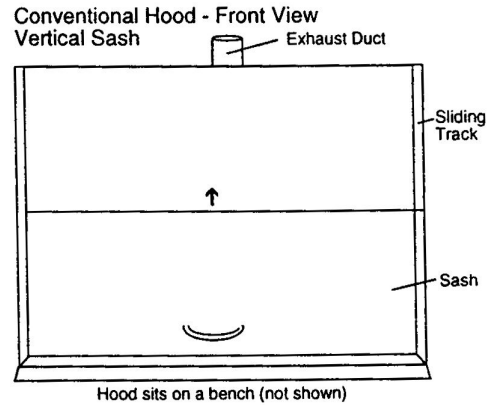
후드는 화학실험실에서 공학적 제어를 위해 사용하는 가장 일반적인 것이다. 기술적 사항에 따라 후드는 많은 명칭을 갖는다; 흡후드(fume hood), 화학후드(chemical hood), 화학흡후드(chemical fume hood), 배출후드(exhaust hood), 실험실험후드(laboratory hood)등이 있다. OSHA는 실험실 내에 공기오염물질의 배출을 방지하면서 화학물질 조작을 허용하기 위해 사용된 폐쇄된 덮개가 있는 실험실 형태의 후드를 설명한다. 실제로 매우 다양한 종류의 후드가 전 작업구역의 큰 반응용기나 장비로부터 증기를 빨아들이도록 설치되어 있으며 산업현장이나 비-실험실에 존재한다.

(2) 후드의 설계 및 작동방법

작업자는 적어도 보다 적합하게 후드를 사용하는 방법의 기본을 알아야 한다. 후드는 다양한 크기가 있다. 그러나 표준너비는 4~6피트이다. 다른 목적을 위한 다른 형태도 있다(표 2-7). 형태에 관계없이 모든 후드는 건물로부터 실험실이나 작업자에게서 떨어져서 후드내의 공기를 유입하고, 오염된 공기를 포함하고, 건물에서 오염된 공기를 제거하도록 설계되었다. 이러한 형태는 심각하다. 만일 그것이 일시적으로 부서지면 작업자는 후드내에 있는 화학물질에



[그림 2-3] 전형적인 화학후드



[그림 2-4] 일반적 후드

노출될 것이다.

(3) 후드의 형태

후드는 챔버(chamber), 표면(face), 및 배출부(exhaust) 등 3가지 기본요소를 가지며, 전형적인 모양을 [그림 2-3, 2-4]에 나타내었다. 챔버(chamber)는 활동장소이다. 저부, 외부가 있고 작업자가 일하는 곳, 작업자의 기계 어디에서나 세울 수 있다. 그것은 3개의 벽과 탑(top)으로 둘러싸여 있고 내면(lining)은 화학물질에 저항성이 있다. 챔버(chamber)는 물, 가스, 전기, 스팀을 위해 연결배선(hookup)을 가질 수 있으며, 대부분의 후드가 가스나 전기를 위해 외부 배선이나 접속관을 갖는다. 특정한 잠재위험을 위해 의도된 일부 후드는 특별한 특징을 갖는다. 방사성 동위원소(radiosotopes), 발암물질(carcinogens), 과염소산(perchloric acid)을 위한 후드는 유출의 누설을 방지하기 위해 단단하게 만들어진 입힘쇠(덧쇠; liners)로 만들어지며 쉽게 정화되어지는 불활성

내층으로 만들어 진다. 또한 그러한 후드는 헹굼장치(rinsing device)를 설치할 수도 있다. 표면(face)이나 챔버(chamber)에 대한 개구부는 단순히 작업자의 작업장에 있는 것이 아니다. 실험실로부터 후드로 공기를 유입시키는 장소에 위치한다.

<표 2-7> 일반적 실험실 후드

형 태	목 적	특 징
일반적	다목적	다양한 액세서리 이용가능
walk-in or Floor	큰장치, 특별한 종류	- 노면의 단계, 크기. - 편리한 큰 장비. - 장치를 설치할 쉬움. - 작동중에 안에 들어갈 수 없음
과염소산	반응성 높고 폭발하기 쉬운 화학물질에 쓰임	- chamber에 내충 있음. - 폭발저항성. - 규칙적 정화를 위한 행군 시스템
방사성동위원소	특별한 물질 취급	- 내충 정화할 수 있음. - 유출 억제하는 내충 있음. - 배출덕트의 특별한 필터
발암물질	특별한 물질 취급	- OSHA에 위임된 속도 범위. - 유출 억제하는 내충. - 내충 정화가능. - 배출덕트의 특별한 필터
방폭	폭발하기 쉬운 가연성 물질	- 저항 물질이 있는 특별한 구조. - spark free fan

표면(face)은 하나 혹은 그 이상의 깨끗한 “문(doors)”나 sash를 갖는다. 어떤 후드에서 sash는 경첩이 달려있고 개방되어 있다. 그러나 트랙에 있는 대부분의 슬라이드(slide)는 표면(face)에서 장착된다. 몸체(sash) 슬라이드는 수평

이거나 수직이다. sash는 후드 내부에 공기를 유지하도록 돕는다. 역류의 위험을 감소하기 위해 가능한 많은 sash를 닫는다. 그러나 일하기 위해 충분한 공간은 남겨둔다. sash는 반응이 끝날 때 다른 작은 사고와 뿔(splatter)으로부터 보호될 수 있다. 오직 폭발 저항성 후드의 sash는 격렬한 반응에 저항할 수 있게 설계됐다. 실험실 차폐물은 추가적 보호가 제공되지만 주의해야 한다. 만일 후드가 그것을 위해 설계되지 않았다면 후드 내 반응은 없을 것이다

배출시스템은 중요하다. 배출시스템은 작업자에게서 공기를 멀리 보낸다. 배출덕트는 챔버(chamber)의 정상에 위치한다. 흡 등의 유해한 수준으로 발전하는 것을 방지하며 후드 안쪽을 통한 흐름을 이끌어낸다. 이것은 후드 안쪽을 통해 흐르는 흐름 또는 공기 패턴을 이끌어내며, 연기의 해로운 수준이 증가하는 것을 방지한다. 덕트에 있는 고성능의 팬이나 송풍기는 공기를 흡입하는 일을 한다. 송풍기의 가장 효율적인 위치는 건물의 지붕 위나 단지 공기를 흡입하는 것을 필요로 하는 곳이면 된다. 만일 송풍기가 후드근처에 위치한다면 그것은 지붕 덕트 내의 공기 힘보다 더 많은 일을 할 것이다. 덕트는 화학적 저항물질로 만들어졌다. 그러나 덕트는 부식에 의해 위험해질 수 있다. 덕트는 종종 지붕에서 외부로 나가기 전에 건물내에서 가동될 수 있다. 만일 덕트가 벽이나 천장에 있다면 누출된 구멍은 무시될 수 있다. 만일 누출된 구멍이 의심되면 덕트는 일상적으로 조사해야 한다.

가장 간단한 배출 시스템은 외부 공기에 곧바로 배출하는 것이다. 공기중의 잠재위험은 대기 중에 안전한 단계로 희석되어진다. 후드는 방사성동위원소, 발암물질, 환경에서 이 잠재위험의 누출을 방지하기 위한 다른 장치, 집진기, 필터, 트랩을 갖는 다른 심각한 잠재위험의 사용을 위해 설계되었다. 폭발하기 쉽거나 가연성 화학물질을 취급하기 위한 후드는 스파크가 일어나지 않는 팬을 갖아야 한다.

챔버(chamber)에서 난류는 불규칙한 공기 흐름에 의존한다. 그리고 이것은 역류를 위한 기회를 증가한다. 내부 방해물은 공기 흐름을 분할한다. 이것은 챔버(chamber)를 통한 균일한 공기 흐름을 유지하기 위해 난류를 감소시킨다. 새로운 후드는 공기포일(air foil), 슬릿(slit), sash 위에 있는 bypass가 있다. 이것은 면속도(face velocity)를 일정하게 유지시킨다.

후드 관리는 규칙보다 좀더 많은 권고사항과 표준방법이 있기 때문에 복잡하다. 배출덕트, 송풍기 관리, 검사는 전문가에게 위임한다. 필터는 검사하거나 교체할 수 있다. 후드의 검사는 전문가에 의해 매년 검사를 할 수 있다. 실험 작업자가 교육받지 않는 한 검사를 할 수 없다. 적당한 검사는 공기흐름 결정과 표면(face)의 속도 측정을 포함한다. 검사자는 후드에 표면속도와 검사일을 포함한 표를 부착할 수 있다. 작업자는 매일 작업자의 후드를 사용하기 전에 내부(chamber)나 표면(face)을 검사할 수 있다. 방해물, 에어포일, bypass같은 장애물은 없을 것이라 확신한다. 만일 작업자가 이것을 발견하면 차단을 위해 배출덕트를 체크해야 한다. 후드가 공기를 흡입하는 것을 확신한다. 송풍기가 작동하는 소리에 의해 송풍기가 작동한다고 추측하지 마라. 송풍기는 똑같은 소리를 낸다해도 팬은 아주 많이 부식되었을 수 있기 때문이다. 덕트 내의 누설된 곳은 후드의 속력을 감소시킬 수 있다. 작은 기술을 이용해 흡입하는 것을 느낄 수 있는데 sash나 표면(face)에 작은 종이를 넣어라. 그리고 난 후 sash를 열거나 닫고 움직임을 위한 페이퍼를 봐라. 만일 그것이 chamber내에서 퍼덕거리면 작업자는 후드가 공기를 흡입하는 것을 알 수 있을 것이다. 그러나 이 실험은 단지 후드가 공기를 흡입하는 것만을 알 수 있지 얼마나 잘하는지는 알 수 없다. 안전한 표면속도로 작동될 때 많은 의견들이 있다. 대부분 후드의 목적에(화학물질에 따른 형태나 양)에 의존한다. 좀더 센 표면속도의 안전한 후드는 부분적으로 사실이다. 좀 더 센 속력은 후드 내 공기흡입을 더

잘할 수 있고 역류를 제거할 수 있다. OSHA에서는 면속도를 최소 125fpm(38m/min)에서 150fpm(46m/min)을 권고하고 있다..

(3) 적당한 후드 사용

만일 작업자가 적절한 후드를 사용하지 않는다면 역류로부터 화학물질에 노출될 수 있다. 후드에서의 대부분의 공통된 오용은 저장공간처럼 후드를 사용하는 것이다. 내부(chamber)의 어떤 것도 난류를 만들지 않는다. 대부분 난류의 원인은 역류이다. 명백하게 작업자는 후드에 포함된 물질을 필요로 한다. 그러나 이것을 최소화하기는 어렵다. 만일 이 물질이 공기 중에 있는 잠재위험을 발생시키지 않고, 또 이 물질이 후드에 있어야 할 기계장치의 부분이 아니면 거기에 속하지 않아야 한다. 작업자를 비롯한 후드의 앞에 있는 모든 것은 공기흐름의 장애물로서의 역할을 할 수 있다. 후드의 근처에 저장되어 있는 규모가 큰 물체는 치워야 한다. 실험실이나 후드 정면에서 공기형태의 갑작스런 변화는 역류를 발생할 수 있다. 후드는 절대로 환기 닥트나 열린 창문, 문 근처에 위치해서는 안 된다. 다른 형태의 환기관리는 공기중의 화학물질로부터 방호를 위해 이용한다. 그 화학물질을 주의하여 사용하고, 제조자의 지시를 따라야 한다.

<표 2-8> 후드의 적절한 사용을 위한 체크포인트

- 사용하기 전에 매일 후드 검사한다.
- 노출을 피하고 후드에 머리를 넣지 말고 작동되는 동안 walk-in 후드내에 들어가지 마라
- 후드 앞에서 바람은 피한다. 창문이나 문은 닫아둔다. 실험실 내·외에서 갑자기 문을 열지 말고 후드 근처에서 갑작스런 움직임을 피해라
- 만일 환기 시스템이 기능불량이라면 후드의 작동을 멈춰라
- 단지 의도된 목적으로 후드를 사용해라; conventional hood내에 방사성동위원소(radioisotopes), 과염소산(perchloric), 폭발성이 아닐 것
- 공기 중에 있는 화학물질의 위험수준을 일반화시키는(generate) 모든 활동에 대해 후드를 사용해라; 가스, 증기, 분진, 에어로졸
- air foil과 조절장치의 구멍으로부터 모든 물체를 떨어뜨려 놓는다.
- 모든 물체는 chamber내에서 적어도 6인치를 유지할 것
- 작업자가 최고의 표면속도와 최소노출로 안전하게 작업하고자 할 때는 sash를 가장 작은 구멍에 조절한다.
- 후드가 작동중이고 위험하지 않을 경우에는 sash를 닫아놓는다. 하부(base)에서 교란물질(disturb material)이 초과된 구멍을 막기 위해 약 1인치 정도 열어두어라.
- 후드는 저장을 위한 것이 아니다. 선반 위, 캐비닛이나 다른 장소에 있는 불필요한 물질을 치워라.
- 열, 화염, 스파크의 원인이 될 수 있는 곳이나 뜨거운 금속판(plate) 근처의 가연성 용제(solvent)를 두지 말 것
- 다른 문제나 모호한(suspected) 문제는 즉시 보고하라
- 적합하게 작동하지 않는 후드는 사용하지 마라
- 만일 다른 보호장치가 필요하다면 실험실 차폐물(shield)을 사용해라
- sash와 조절장치(baffle)를 제거하지 마라. 만약 공간상에 문제가 있으면 큰 후드를 사용해라
- 많은 양의 가연성액체가 증발되지 않게 하라. 폐기물의 적당한 처리; 적당한 trap을 갖는 증류, 증발 등

독립저장식(self-contained) 후드는 ‘전통적인 후드’에서 외부로 배출되지 않는다는 것을 제외하고는 모든 특징을 갖는다. 배출은 활성탄 필터나 다른 집진(collecting)장치를 관통하고 실험실내에서 재순환한다. 이 후드는 배출덕트가 외부에서 작동하지 않을 때 사용된다. 이것은 설계의도인 화학물질의 양과 형태를 위해서만 사용되기 때문에 필터의 수용량을 초과하지 않아야 한다.

스포츠(spot)환기시스템은 새로운 실험실에 많이 설치되고 있다. 이것은 작은 배출덕트이고 배출구는 작업의자에 설치되어 있다. 그것은 작업자의 가슴부분이나 의자에 위치하고 주방 스토브 위의 배출구와 비슷해 보인다. 스포트(spot)환기는 공기 중에 남아있는 약간의 화학물질로부터 작업자를 보호하고 작업장으로부터 떨어져 있는 유해한 증기를 흡입한다. 그것은 후드를 대체하기 위한 의도는 아니고 독성화학물질을 위해 사용되지도 않는다.

캐노피 후드(Canopy hood)나 receiving후드는 원자흡수, 방사분광 광도계 같은 화염 발생장비를 위한 배출구 위에 멈춘다. 그것은 실험물질의 분해 생산물의 낮은 단계나 일산화탄소를 포함한 배출을 이동하기 위한 장비 위에 설치된다. 입구가 의자 표면 위의 높은 부분에 있기 때문에 이 후드는 증기후드나 스포트(spot)환기같이 사용되지 않는다.

글로브 박스는 생물학적 안전 캐비닛(biological safety cabinet) 3등급에서 고려된다. 그러나 일부는 화학물질 취급을 위해 설계된다. 글로브 박스는 완전히 폐쇄되어 있고, parts per billion(ppb)에서 노출한계를 갖는 매우 위험한 화학물질을 취급하기에 좋다. 글로브 박스는 또한 대기의 통제가 필요한 화학물질을 위해 의도되었다; 산소반응이나 높은 습도에서 분해된 것이다. 유입(intake)이나 배출덕트는 대기를 조절하기 위해 사용된 가압 가스의 연결이 가능하다. 물질은 공기차단 내부(chamber)를 통해서 내부에 위치하고 글로브박스에 밀봉(seal)된 장갑이나 소매(sleeve)를 통해 조작된다. <표 3-4>에 있는

생물학적 글로브 박스는 극도로 위험한 생물학적 물질을 위해 사용된다. 글로브 박스는 특히 생물학적 잠재위험을 위해 사용될 때 음압(negative pressure) (실험실내의 대기압보다 낮은 압력)에 있을 수 있다. 글로브 박스는 송풍기와 연결된 배출덕트를 갖는다. 특별한 절차가 사용되어야 한다. 모든 물질은 공기 차단장치를 통해 내부에 유입되어야 한다. 글로브 박스가 사용될 때 작업자는 조밀한 압력을 예방하기 위해 천천히 주의하여 글러브에 작업자의 손을 넣어야 한다. 배출을 통한 박스내의 공기는 제거된다. 그렇지만 작업자는 봉합(seal)된 부분을 파손시킬 수 있거나 패널의 외부로 분출시킬 수 있다.

(4) 생물학적안전캐비닛(Biological Safety Cabinets, BSC)

생물학적안전캐비닛(BSC)은 공기 중의 에어로졸을 포함하는 박테리아나 바이러스로부터 작업자를 보호한다. 외부에 있는 후드와 비슷하다. 어떤 것은 일정한 상태하의 화학물질 취급을 위해 사용되지만 이것은 조심해야 한다. 작업자의 상급자와 함께 체크하고 BSC이 작업자가 취급하는 화학물질에 안전하다는 것을 알 수 있다.

BSC는 다른 후드와는 좀 다르게 작동되고 설계되어 있으며 구성되어 있다. 어떤 형태는 0.3 μ m 보다 작은 공기중의 입자가 99.97%에 이를 수 있게 움직임이 가능한 고효율성의 공기 미립자(High efficiency particulate air, HEPA)필터를 사용한다. 이 필터는 화학물질의 fume, 먼지, 증기에 대해서는 쓸모가 없다. 어떤 BSC는 후드보다 표면속도가 더 낮다. 대부분의 경우 chamber내의 공기를 재순환 시킨다.

생물학적안전캐비닛(BSC)은 공기중의 생물학적 잠재위험의 다른 단계를 위한 여러 가지 설계를 이용할 수 있다. 미국 국립위생재단(National Sanitation Foundation, NSF)는 생물학적 안전 캐비닛의 분류를 <표 2-9>와 같이 3 등급

으로 나누었다.

<표 2-9> 생물학적인 분류(classes of Biological)

분류	재순환 공기(%)	전형적인 면속도 (fpm)	특징
class I	0%	75 ~ 100	오염으로부터 작업자보호, 어떤 단위는 실험실내에서 배출
class II A	70%	80 ~ 100	공기중의 화학물질을 위한 것이 아님, 필터는 내부를 청결하게 함, 어떤 단위는 실험실내에서 배출
class II B ₁	30%	80 ~ 100	필터는 내부를 청결, 화학물질을 위한 것은 아님
class II B ₂	0%	80 ~ 100	공기 재순환 없음, 어떤 단위 실험실내에서 배출, 적당한 필터를 갖거나 외부로 배출하기 위한 화학물질을 위해 사용
class II B ₃	70%	100	공기중의 화학물질을 위한 것은 아님, 모든 단위 외부에서 배출
class III	0%	n/a	밀봉된 슬리브와 글러브를 통해 작동, 글러브박스, air tight

어떤 BSC는 chamber내에서 취급되는 물질의 오염을 예방한다. 이 단위는 화학물질을 위해 사용되지는 않는다. 송풍기는 캐비닛에 설치한다. 공기는 송풍기를 통과하기 전에 필터를 통과한다. 어떤 것은 배출덕트 밖으로 힘이 작용하는 동안 chamber내의 공기와 섞이거나 재순환한다. 화학물질은 필터를 통과하고 송풍기내의 팬을 부식시킬 수 있다. 또한 chamber내에 집중되거나 재순환할 수 있다.

흡(fume)후드와 비슷한 BSC는 일상적으로 검사해야 한다. 표면속도는 분기

별로 결정해야 한다. 면속도 결정방법은 다른 후드와 차이가 있는데 그 이유는 설계에 차이가 있기 때문이다. 오용된 후드를 위한 잠재적인 위험성은 BSC에서 응용된다. 마찬가지로 후드에 대한 표준 절차와 예방책은 BSC를 응용하여 사용한다.

(5) 안전실드(safety shield)

안전실드는 내구성이 있고 투명한 중합체로 만들어진 방호물이다. 그것은 격렬한 반응, 유출이 일어날 때 의자의 정상부에 위치한다. 어떤 보호구는 방사선 노출에 대해 보호하기 위해 설계됐다. 보호구는 진공집합체나 추가보호를 위한 후드의 앞에 위치한다. 폭발 저항성 후드는 같은 물질의 sash가 있다. 실드는 기술적관리의 한 형태이나 보호안경이나 안면 보호구 같은 개인보호장비나 후드를 위한 대체품은 아니다. 액체나 파편은 보호구 주변이나 그 위에서 이동되어야 한다. 작동을 위해 보호구 주변에 있으면 작업자의 손과 팔은 보호되지 못할 것이다.

다. 개인보호장비(Personal Protective Equipment, PPE)

작업자의 신체에 도달하는 잠재위험으로부터 마지막 방호벽은 개인보호장비(PPE)이다. 보호의는 내부로 들어온 화학물질의 잠재위험으로부터 작업자를 보호할 수 있게 설계된 다양한 형태의 것이 있다. 개인보호장비는 작업자에게 안전과 건강을 보호할 수 있으나, 모든 화학물질을 완전히 방호할 수 없다. 개인보호장비는 이런 것들을 어느 정도 제한할 수는 있다. 작업자는 작업자의 고용주가 무엇을 해야하는지 알아야 한다. 작업자의 고용주는 다음사항을 수행해야 한다.

- 위험스런 물질로부터 보호하기 위해 필요한 개인보호장비의 형태가 무엇인

지를 결정

- 적당한 개인보호장비 제공
- 개인보호장비의 청결, 수선, 유지
- 필요한 교육 제공

<표 2-10> 개인보호장비의 안전한 사용을 위한 조언

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">○ 단 하나의 개인보호장비 사용금지; 그것은 기술관리, 안전예방책, 다른 방호수단과 결합해서 사용해야 한다. 작업자는 같은 시간에 두 개 이상의 개인보호장비를 착용해야 한다.○ 특별한 잠재위험을 위해 설계된 적당한 개인보호장비 사용. 잘못된 개인보호장비의 사용은 개인보호장비를 사용하지 않는 것과 같은 결과를 가져올 수 있다○ 개인보호장비의 사용법과 관리법을 숙지해라○ 잠재위험에 노출된 상태라면 그 상황에 맞는 개인보호장비를 입어라 |
|---|

(1) 눈·안면보호구

작업자의 눈이 얼마나 아름다운지 누군가 작업자에게 말한 적이 있는가? 나는 여기에서 비전문적인 어떤 것을 제안할 수는 없다. 내가 의미하는게 무엇인가? 눈은 작업자 주변에 무엇이 있는지 작업자에게 인식시키는 훌륭한 기관이다. 또한 매우 복잡하고 민감하며 자극이나 상처받기 쉽다. 먼지나 다른 물질이 작업자의 눈을 상처낼 수 있고, 화학물질은 쉽게 화상을 입힐 수 있다. 여러 눈의 상해는 한쪽 또는 양쪽 눈의 부분적 또는 전체적인 시력상실 같은 영구적인 손상을 야기시킨다.

(가) 눈·안면보호구의 사용을 위해 필요한 실험실의 일반적 잠재위험

1) 화학물질의 튜(chemical splash)

액체가 통과할 수 있는 공간이 없거나 조금 있고 작업자의 얼굴에 편안하게 고정할 수 있는 보호안경이 필요하다. eyecup 보호안경은 과거의 pilot 보호안경과 비슷한데 이것은 두 개의 렌즈가 있다. 각 렌즈는 눈 위에 확실하게 고정한다. 그것은 이상하게 보일 수 있으나 작업자의 눈에 화학물질이 접촉하는 것을 방지한다. 부드러운 구조의 보호안경은 매우 효과적이다. 많은 형태가 규정된(prescription) 안경 위에 고정하기 충분하게 넓다. 구부리기 쉬운 구조는 좋은 상태가 되는데 왜냐하면 작업자의 얼굴 윤곽에 맞게 조정할 수 있기 때문이다. 보호안경은 증기(fogging)를 제거할 수 있도록 환기가 필요하다. 튜김방지(splash-resistant) 보호안경은 내부로부터 나오는 것을 방지하기 위해 열린 구멍 위에 캡이나 후드를 갖는 것을 필요로 한다. 적당한 튜김가야드(splash guard)가 없는 부적당한 보호안경의 사용은 위험하다. 화학물질이 작업자의 눈 근처에 있는 보호안경 안으로 스며들 수 있기 때문이다.

2) 부유미립자

부유 미립자는 주로 반응이 끝난 후에 유리제품에서 발생된다. 대부분의 측면 방호물이나 보호안경으로는 방호할 수 있다. 의무가 약하고 위험이 적은 작업에 대해서 측면 방호물을 갖는 모든 허가된 보호안경을 사용해야 한다. 화학물질의 누출에 적합한 보호안경은 부유미립자를 받아들일 수 있어야 하고 유리미립자와 혼합될 수도 있는 화학물질이 있는 상황에서 우선되어야 한다.

3) 산, 염기(base), 다른 부식성 물질

승인된 보호안경은 대부분의 화학물질에 대해 적절한 방호를 제공하지만 노출된 작업자의 얼굴에 남아있다. 보호안경만으로는 접촉을 통해 연소할 위험이 있는 화학물질로부터 작업자를 보호할 수 없다. 안면보호구는 작업자의 얼굴 전체를 방호한다. 어떤 형태는 목을 보호하기 위해 가슴까지 오는 것도 있다. 안면보호구는 두께, 크기, 재질로 분류된다. 그것은 셀 수 있는 모든 부분이나 부유 미립자에까지도 보호할 수 있다. 그것은 작업자의 얼굴이나 가슴의 끝부분 사이에 있는 공간이나 틈을 가질 수 있으나 그것으로 작업자의 눈에 영향을 끼치지 않는다. 작업자는 안면보호구 사용시 보호안경을 써야한다. 보호안경이나 보호구를 사용할 때는 스며드는 화학물질에 대해 적절한 방호를 할 수 있게 고려해야 한다. 어떤 새로운 안면보호구는 안면보호구내에 보호안경을 부착해 놓은 것도 있다. 작업자의 관리자나 제조자는 만일 추가적인 방호 없이 안전하게 사용하기 위한다면 작업자에게 말을 해야 할 것이다.

4) 기타 잠재위험

특별한 방호장치를 필요로 하는 실험실에는 일반적이지 않은 잠재위험이 있다. 레이저 작업에서는 레이저에 의해 발생하는 빛의 파장을 막을 수 있는 렌즈를 가진 보호안경을 필요로 한다. 용해된 금속과 고온의 oven을 취급하는 작업은 고온에 견디는(temperature-resistant) 안면보호구가 필요하다. 용접이나 토치, 밝은 화염의 사용은 색깔이 있는 렌즈를 가진 보호구나 보호안경이 필요하다. 모든 적외선이나 강렬한 빛, 자외선의 형태들을 여과하는 것에는 여러 다른 색을 칠한다. 관리자나 제조자는 눈이나 안면보호구의 형태를 결정하기 위해 조사를 한다.

<표 2-11> 눈·안면 보호를 위한 조언

- 잠재위험에 노출될 때 허가된 눈·안면개인보호구를 항상 사용
- 단지 의도된 목적을 위해서만 눈·안면개인 보호구를 사용
- 항상 사용하기 전에 눈·안면개인보호구 검사
- 분쇄, 흐릿함, 심하게 긁힘, 변색, 화학물질이 부식하는 특징이 보이는 것 같은 위험한 상황이 보이는 렌즈나 보호안경은 절대 사용 금지
- 보호안경 없이 안면보호구 사용 금지
- 적당한 눈 ·안면 보호구를 확인하고 호흡기 같은 다른 개인보호구와 충돌하지 마라
- 보호하기 위한 안경류는 항상 청결해야 하고 제조자의 검사에 따라 소독해야 한다. 보존된 렌즈를 훼손할 수 있는 용제나 걸끄러운 세제를 사용해선 안 된다.
- 만일 작업자가 규정렌즈를 오래 사용하고 싶다면 다른 것과 충돌이 없는 적당한 개인보호구나 작업자의 개인보호구에 포함하는 것을 확인해라.

(2) 손보호구 - 보호장갑

화학물질 취급을 위해 이용할 수 있는 보호장갑의 형태는 다양하다. 보호장갑은 나일론, 고무, 부틸 고무같은 물질로 수 많은 형태의 장갑을 만든다. 민감한 알레르기성 피부를 위해 항상 저자극성 글러브를 만든다. 일회용 글러브도 있고 재사용 글러브도 있다. 재사용 글러브는 내구성이 좋다. 일회용 글러브는 정화가 불가능한 상황이나 작업을 위해 만들어졌다. 이것은 재활용 글러브같이 내구성이 좋지않다. 작업자는 주기적으로 작업자의 일회용 글러브를 검사하고 만일 그것이 위험한 징후를 보이면 교체해야한다.

<표 2-12> 화학물질 취급에 알맞은 글러브 제조물질

화학물질	글러브 제조 물질
초산, 아세톤, 암모니아	부틸고무
벤젠	폴리비닐알코올
부틸알코올	부틸고무
클로로포름	폴리비닐알코올
크롬산용액, 에틸알코올	부틸고무
에틸에테르	폴리비닐알코올
포름알데히드	부틸고무
n-헥산	니트릴고무, 폴리비닐알코올
염산, 메탄올, 질산, 메틸에테르, 케톤	부틸고무
석유 에테르	니트릴고무
프로필 알코올	부틸고무
수산화나트륨	네오프렌

<표 2-13> 글러브 사용을 위한 조언

- 작업자에게 필요한 글러브인지를 확인해라. 일회용 또는 재사용하는 모든 글러브는 두께나 내구성에 변화를 줘라.
- 모든 화학물질 취급으로부터 작업자를 보호할 수 있는 물질로 만들어진 글러브를 선택해라. 만일 이것이 불가능하다면 가장 위험한 물질로부터 작업자를 보호할 수 있는 글러브를 선택해라.
- 모든 글러브를 사용하기 전에 결점을 조사해라.
- 일회용 글러브는 재사용 및 세척을 금한다. 작업이 모두 끝나거나 만일 글러브에 이상이 있다면 즉시 버려라. 그것은 사용하기에 충분한 내구성이 없다.
- 재사용 전과 이동 후 재사용 글러브를 청소하고 정화시켜라. 오염된 글러브의 위험스런 물질을 없애기 위함이다.
- 글러브 이동 후에 손을 씻어라. 어떤 화학물질은 글러브 속으로 흡수되어 작업자의 손에 접촉할 수 있기 때문이다. 작업자의 손은 글러브를 이동하는 동안 취급한 글러브로부터 오염될 수 있다.

(3) 보호의 또는 다른 의복

일상복은 일상적으로 취급하는 화학물질로부터 작업자를 보호하기에는 충분하다. 작업자의 고용주는 작업복이나 실험실에서 입기 위해 필요한 외투를 가지고 있어야 한다. 이것은 작업자의 옷에 화학물질이 접촉할 수 있을 때 권할 만한 것이다. 특정한 상황은 특별한 보호장치를 필요로 한다. 작업자의 옷은 개인적 보호장비와 같이 실질적으로 작업자를 보호한다. 옷은 화학물질, 극한 온도, 다른 물질이 작업자의 신체와 접촉하는 것을 막기 위한 방호물이다. 상

황에 맞지 않는 복장을 한다면 그것은 옷을 입지 않는 것보다 더 나쁠 수 있다. 작업자의 옷은 가능한 작업자의 신체를 많이 덮는 것이 좋다. 그러나 항상 옷은 화학물질 침투에 대한 저항성이 있는 재질로 만들어진 것이어야 한다. 작업복과 실험실 외투는 작업자의 피부뿐만 아니라 작업자의 옷 위를 덮기 때문에 이상적이다.

<표 2-14> 실험실 보호의의 선택요건

- 옷은 헐렁해서는 안 된다. 헐렁한 옷은 불꽃이나 화학물질이 들어올 수 있다.
- 넥타이는 꼭 조여질 수 있고 흔들리는 보석은 실험실에서 착용하면 안 된다.
- 옷은 가능한 피부를 많이 덮는 것이 좋다. 소매없는 옷이나 짧은 치마는 피하는 것이 좋다.
- 셔츠나 블라우스는 작업자가 구부리거나 손을 뻗을 때 작업자의 몸으로부터 떨어지지 않고 벌어지지 않아야 한다.
- 옷은 화학물질에 저항성 있는 재질로 만들어야 한다. 면이나 울같은 자연적인 섬유는 내구성이 좋다. 합성섬유는 유기용제나 무기질산에 희석되거나 용해할 수 있으므로 피한다.
- 실험실 외투나 작업복은 모든 절차에 적당하다. 그것은 실험실에 일반적으로 사용되는 화학물질의 형태로부터 보호할 수 있다.
- 만일 실험실이나 화학 물질 취급 장소를 옮기면 이것도 같이 옮겨라. 이것은 다른 지역으로의 오염을 감소시킨다.

신발류. 작업자는 서거나 걷기에 편한 신발을 필요로 한다. 작업자의 옷처

럼 신발도 새거나 깨진 유리같은 일반적인 잠재위험으로부터 작업자의 발을 보호할 수 있다. 샌달(sandal)이나 발가락이 노출된 신을 신어서는 안되며, 안정성을 위해 작업자의 신은 낮은 굽이어야 한다.

기타 의복. 소매나 앞치마는 일반 실험실보다 좀 심각한 화학물질 잠재위험이 있는 곳에 이상적이다. 그것은 위험스러운 화학물질 약간의 부식으로부터 작업자를 보호한다. 이런 것을 선택할 때 작업자가 취급하는 화학물질에 대해 안정적인 재질로 만들어진 의복인가를 확인하기 위해 MSDS를 체크한다. 만일 작업자가 독성화학물질, 발암물질, 돌연변이 유발요인 같은 것을 취급한다면 작업자의 고용주는 작업복이나 다른 보호의복을 근로자가 입는 것을 필요로 할 것이다. 작업자는 작업자가 취급하는 화학물질이 다른 실험실로 옮겨지면 이 의복들도 항상 같이 옮겨야 한다.

(4) 호흡용 보호마스크(Respiratory Protection)

실험실에 호흡용 마스크가 항상 필요한 것은 아니다. 그러나 실험작업자는 비상상태나 후드가 사용되지 않을 때 호흡용 마스크가 필요하다. 그것은 작업자가 이용할 수 있는 모든 기술관리를 이용한 때 최후의 보호수단이다. 개인적 보호장비의 형태는 접근한계 하의 노출단계를 감소시킬 수 없다. 적절한 호흡용 마스크가 필요하다면 작업자의 고용주는 적당한 형태를 결정하고 작업자에게 적합한 교육을 해야한다. OSHA의 기준에 따르면 호흡용 마스크가 필요한 경우는 다음과 같이 대기 중의 잠재위험의 갖는 것을 말한다.

- 휘발성액체로부터 위험한 가스나 증기 같은 오염물질
- 대기 중에 떠도는 미립자나 에어로졸: 먼지, 증기, 미스트
- 위험스런 가스나 미립자의 혼합
- 산소가 화학물질 반응이나 연소에 의해 소모되는 산소결핍상태

호흡용 마스크의 종류는 일반적으로 잠재위험을 제거하기 위한 수단으로써 공기를 여과하거나 정화한다. 여기서는 공기정화 마스크의 경우만 기술하였다. 공기정화(air-purifying) 마스크는 다양한 형태가 있다. 직접 작업자는 적당히 정화된 공기로 숨을 쉴 수 있고, 다른 형태는 공기 중의 잠재위험을 제거하기 위해 카트리지를 사용한다. 카트리는 여러 화학물질을 여과하기 위해 설계되었다. 물론 이것은 하나의 카트리지보다 많은 것을 통해 강제로 공기를 넣기 위한 수단이다. 이것은 저항성이 있고 방독면을 통해 숨을 쉴 수 있게 고려되어 졌다. 전력지원(power-assisted) 공기정화방독면은 카트리지를 통해 공기가 들어가도록 배터리로 작동되는 펌프가 있다. 이것은 카트리지를 통과해 숨쉬기 쉽게 하기 위해 만들었다. 펌프는 방독면내의 잠재위험을 방호하기 위해 방독면 내의 압력이 공기보다 높게 한 양압을 갖는다. 공기정화 마스크는 대기 중의 산소가 없을 때 쓸모가 없다. 만일 작업자가 산소가 부족한 지역에 있으면 공기정화 마스크는 쓸 필요가 없다.

공기공급 마스크는 공기 정화 방독면에 의해 위험스런 화학물질이 이동할 수 없거나 산소성분이 적은 지역에서 쓰인다. 공기 공급 마스크는 기본적인 2 가지 형태가 있다.

① 호흡장치내장형(SCBA)

등에 장착한 여과통은 호흡할 수 있는 공기를 공급한다. 이것은 매우 무거울 수 있고 방해가 될 수 있다. 이상적으로는 30분동안 공기를 공급할 수 있고, 실제로 압박감, 작업자의 신체조건, 피로상태에 따라 적어도 15분 이상은 보유하고 있다. 작업자는 위험스런 대기에서 견딜 수 있는 시간이 한정된다.

② 공기선(Air line) 마스크

이 형태는 작업자가 숨쉴 수 있는 공기를 주입하기 위한 공기선을 사용한다. 공기선의 길이는 작업자의 이동에 제한을 줄 수 있고 내부의 압력을 피하

기 위해 주의를 요한다. 어떤 것은 공기를 공급하는 펌프를 감시하고 펌프를 설치한 곳에 대한 주의를 요하는 것도 있다.

모든 마스크의 착용은 공기 중에 떠도는 잠재위험으로부터 방호하기 위해 코나 입 위에 편안하게 착용한다. 만일 작업자가 안경을 쓴다면 작업자에게 적당한 마스크가 필요하다. 어떤 것은 안경 위에 착용할 수 없는 것이 있다. 마스크는 단지 안전한 공기호흡을 제공한다. 작업자는 방독면과 다른 개인보호 장비와 결합하는 것이 필요하다. 전면마스크는 입과 코 뿐만 아니라 눈까지도 덮는다. 그리고 이것은 공기 중에 부유하는 잠재위험으로부터 얼굴과 눈을 보호할 수 있다.

제3장 위험의 조사와 평가기법

1. 개요

잠재위험은 사람, 재산, 환경에 해를 야기시키는 잠재성을 가진 생물학적, 화학적 물리적 상태이다. 그들은 장치나 물질의 위험 둘 다를 포함할 수 있다. 만일 잠재위험이 예상하지 않은 상황, 신뢰할 수 없는 물리적 시스템, 혹은 무책임한 행위와 결합한다면, 그것이 위험을 가져올 수 있다. 안전보건 프로그램에서 관리의 책무(위임)의 복잡성과 정도, 근로자의 참여는 실험실에 존재하는 잠재위험도와 위험도에 근거되어 져야 한다. 그러므로, 잠재위험과 위험의 정확하고 완전한 확인은 안전보건문제의 효율적인 관리를 위해서 필수적이다.

작업의 특성과 다루는 물질의 다양성 때문에 잠재위험성은 실험실마다 다양하다. 따라서, 위험분석과 잠재위험의 예견, 인식, 평가 및 제어를 위해 다방면의 접근을 위해 실험실에 대해 신중해야 한다. 효과적인 위험분석 없이 실험실 작업자가 어떤 위험이 존재하는데 대해 근로자의 노출을 최소화하기 위해 어떤 위험의 제어와 훈련이 필요한지를 알지 못한다. 여기서는 소개하는 위험분석 기법은 미국 산업안전보건청(OSHA's)에서 제시한 “작업장 안전보건프로그램관리의 가이드라인 (Guidelines on Workplace Safety and Health Program Management)”에 근거를 두고 있다.

OSHA의 가이드라인의 주요 요소는 잠재위험과 모든 위험을 이해하고 인식하기 위해 그 단계에 필요한 정보와 함께 사용되어야 하고 제공되는 몇몇

접근법은 다음과 같다.

- o 포괄적인 베이스라인 조사와 주기적인 update 조사
- o 변화분석
- o 직무위험분석(Job Hazard Analysis)
- o 안전보건점검
- o 위험 보고
- o 사고 재해 조사
- o 부상과 질병의 경향 분석

2. 위험의 조사방법

위험을 확인하기 위해서 기본(1차) 조사와 정기적인 조사가 기본이다. 기본 조사는 실험실에서 위험의 목록이나 잠재위험을 확인하기 위해 사용된다. 부가적으로 주기적인 조사는 이전에 발견된 위험을 제어하거나 새로운 위험을 확인하기 위해 나중에 수행된다. 또한, 정기적인 조사는 새로운 것이나 분명하지 않는 위험에 대해 높은 잠재성을 가진 실험시설에서 더 깊은 분석이 수행되어진다. 이러한 조사는 위험을 검토하고 확인하기 위해 실험시설에서 위험을 인식할 수 있는 경험과 전문가가 수행한다. 위험조사를 행할 때 4단계로 나누어 조사하고, 그 상세한 내용은 다음과 같다.

가. 1단계: 준비단계

충분한 준비는 위험조사의 성공을 위해 필수적이다. 조사의 시작전에 팀은 실험실의 기능(operation)에 대해 잘 알고 있어야 하고, 고위험이 있는 조작이나 지역을 확인하여 더 자세한 평가가 필요하다. 조사팀은 다양한 법규의 요구

사항을 이해해야 하고, 조사에 앞서 기타 해당되는 요구사항(내부 정책)과 함께 최근의 해당되는 법규를 알아야 한다, 이 작업은 법규가 개정되었거나 새로운 법규가 공포되었으므로 1차 조사나 정기적인 조사전에 수행되어야 한다.

평가팀은 실험실 기능에 분명한 이해를 가졌다면, 관계되는 모든 문서를 검토해야 한다. 그것은 실험실에 직면하는 잠재적인 위험을 평가할 수 있다. 조사팀은 위험의 확인을 통해서 효율성을 고려하여 조사전략을 개발하기 위해서 이러한 정보를 사용해야 한다. 준비단계에서 확인 및 검토사항을 요약하여 <표 3-1>에 나타내었다.

<표 3-1> 조사 준비시 검토사항

구분	확인 및 검토사항
확인사항	- o 실험실의 총괄적인 기능 - o 해당되는 모든 안전보건 법규 - o 기타 모든 요구사항(내부정책, 가이드라인 등) - o 고위험 조작, 화학약품 혹은 시약
검토	- o 물질안전보건자료 및 안전보건정보 문서 - o 사용량과 사용주기 등을 포함하는 화학적, 물리적 생물학적 시약 혹은 약품의 목록 - o 산업위생 모니터링 기록 (공기샘플링, 환기, 방사성 등) - o 사고나 재해조사 기록 - o 기존의 조사에서 밝혀진 사실
개발	o 조사전략 (조사의 설계, 팀원의 구성, 조사형태 등)

나. 2단계: 예비조사

일단 조사준비와 완성되고 잠재위험이 확인되었다면, 조사팀은 다음과 같은

예비조사를 수행해야 한다.

- 준비단계에서 도출된 결론과 이행정도를 비교 검토한다.
- 준비단계에서 예상하지 않았던 쉽게 인식할 수 있는 위험을 확인한다.
- 위험제어의 효율성을 평가한다.
- 현장측정(다)단계에 필요한 세부적인 검토사항을 결정한다.

예비조사동안 팀은 준비단계에서 수립되었던 원래의 설계에서부터 조사의 포커서나 방향이 변경될지 모르는 어떠한 새로운 정보를 받아들일 준비가 되어야 한다. 팀원은 작업자가 수행하는 일상업무와 특별업무를 검토하고 관찰해야 하고, 장비나 환기시스템을 포함한 시설을 검토하고, 화학물질의 노출의 분명한 표시를 기록해야 한다. 노출표시의 예는 공기중의 분진, 연기, 미스트, 에어로졸; 분진, 액체, 오일의 표면축적; 용제나 가스로부터의 냄새, 이상한 맛과, 화상, 코나 목의 자극 등을 포함한다.

조사자들이 예비조사를 수행함에 따라, 그들은 현장조사(다)에 관계되는 문서화된 다음의 사항을 확인해야 한다.

- 잠재적이 노출을 가진 업무나 조作的 설명
- 업무나 조作的 원리의 설명(즉, 화학의 열, 반복운동업무 등)
- 이러한 업무나 조작에 대한 제어에 관계되는 설명
- 잠재적인 노출이 있는 조작성간이나 주기
- 잠재적으로 노출된 작업자의 수

비록 실험실의 조사가 짧은 시간이지만, 실에서 기술, 관리, 작업실무 제어를 포함한 위험제어의 효율성은 실제업무의 관찰과 예비조사에서 쉽게 평가될 수 있다. 평가되어야 하는 문제점은 제한되는 것이 아니고, 환기시스템, 호흡보호구, 보호의, 방사선차폐, 교육훈련, 작업실무, 표준운전절차, 그리고 문서화된 프로그램 및 기록유지 등이 포함된다. 예비조사에서 관찰 및 수행사항은 다음

과 같다.

<표 3-2> 예비조사 단계에서의 관찰 및 수행사항

구분	관찰 및 수행사항
관찰	○ 업무와 조작 ○ 수용하는 안전보건관행의 이행 ○ 공학적인 제어 ○ 노출(분진, 냄새, 누출 등)의 분명한 표시
수행	○ 기본적인 위험제어평가(실험실 흡후드에 대한 면속도 측정)

다. 3단계: 현장측정

일단 예비조사가 완성된다면, 공기샘프링, 방사선모니터링, 화학적 모니터링과 같은 산업위생이나 필요한 평가를 따를지를 결정하기 위해 충분한 정보를 얻어야 한다. 예로서, 만일 평가팀이 허용한계이상으로 노출된 작업자에 대해 잠재위험성이 있다고 결론을 내린다면, 잠재적 노출을 더 정확하게 확인하기 위해서는 모니터링을 수행해야 한다. 현장 측정에서 필요하다면 직무위험분석(Job Hazard Analysis)을 수행해야 한다.

라. 4단계: 분석

조사의 마지막 분석단계는 앞의 1 - 3단계에서 얻은 정보의 평가에 관련이 있다. 조사에서 직면한 위험에 관한 정성적인 것과 정량적인 발견은 기술적 혹은 행정적 제어, 관리시스템의 개선과 함께 작업관행(개인보호장비, 개선된 환

기장치)의 필요한 목록을 개발하기 위해 사용되어야 한다. 조사로부터 얻은 정보는 다른 위험기법과 함께 통합해서 사용할 수 있다. 예로서, 예비조사에서 기록된 관찰은 일상점검을 위한 체크리스트를 개발하기 위해 사용할 수 있다. 분석단계에서 수행해야 할 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 단계 1 ~ 3단계로부터 얻은 자료를 검토하고 분석한다.
- 교육과 기술 혹은 행정적 제어를 위한 위험의 목록을 개발한다.
- 다른 위험요소와 사실을 통합한다.

분석이 수행된 후, 평가팀은 실험작업자와 함께 실험실에서 확인된 안전보건 관심사항을 검토해야 한다.

3. 실험실의 위험평가 방법론

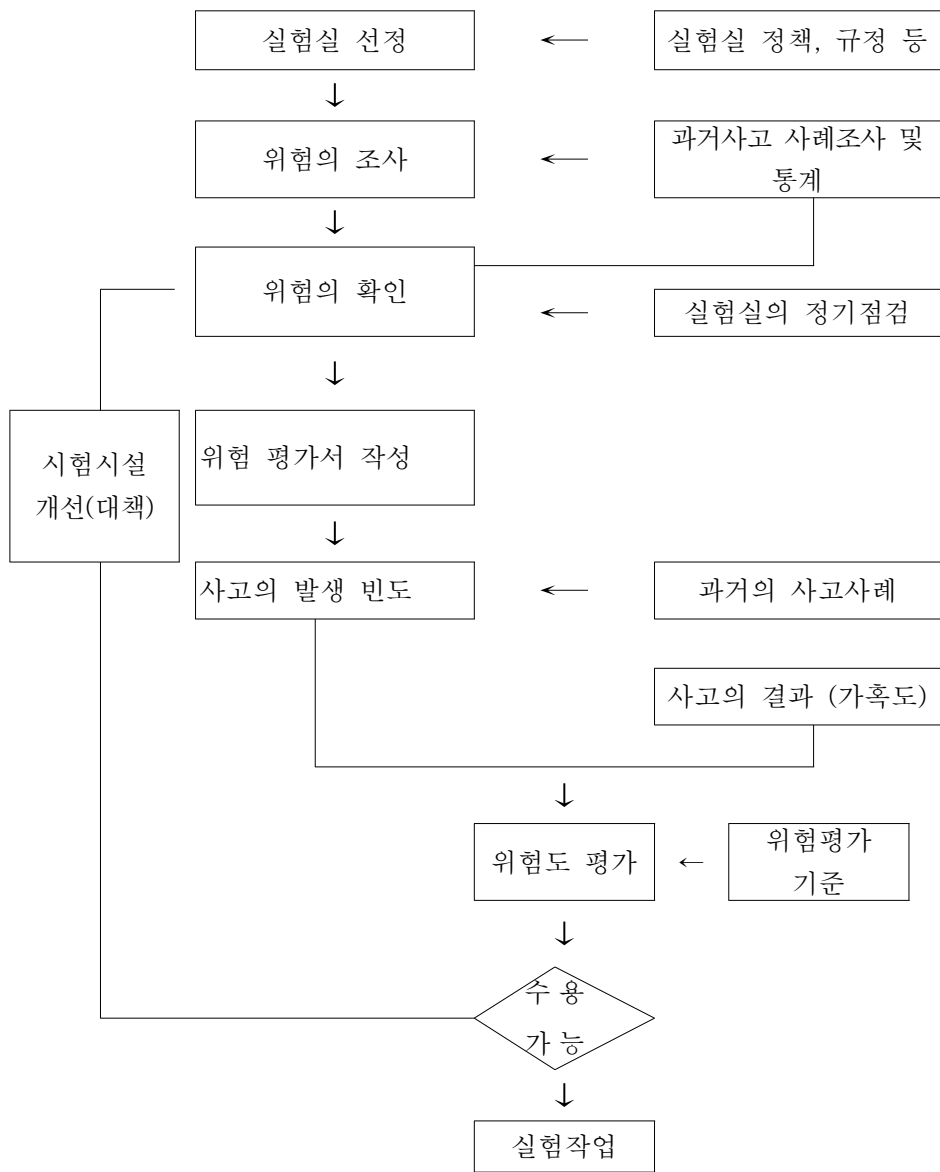
가. 위험평가 방법론

실험실내에서의 위험평가는 실험을 위한 안전한 환경을 제공하고 작업자를 보호하기 위해 위험을 확인과 평가가 필요하다. 그러나 국내 산업안전보건법에 실험실안전에 관한 관련법규 명시되어 있지 않고 실험실 사고시 책임의 소재가 명확하지 못하다. 그것은 관련기관이나 연구기관에 소속된 전문가의 판단이나 자율관리에 맡기고 있다. 그러나 체계적이고 과학적인 실험실의 안전관리와 시설투자를 위해서 위험의 확인을 통한 위험평가를 실시하여야 한다. 실험실의 위험평가 절차를 [그림 3-1]에 나타내었다. [그림 3-1]에서 보는 바와 같

이 실험실에서 안전한 실험작업을 위해 실험실의 정책이나, 규정 등을 통해 실험실을 선정하고, 해당 실험실에 과거의 사고사례나 통계 및 점검을 통해 위험의 조사와 확인을 해야 한다. 위험의 확인 후에 위험평가서를 작성해야 한다. 위험 평가서의 작성은 실험실내에 소속된 사람이 작성해야 한다. 보통 실험실내의 위험평가를 수행하기 위하여 연구책임자가 연구자에게 지시할 수 있고, 위험평가의 최종적인 책임은 연구실의 연구책임자에게 있다. 위험평가를 위한 점검표에 과거의 사고사례나 인명이나 재산손실을 추정하여 사고의 발생빈도와 사고의 결과(가혹도)를 기록하고 위험도를 평가한다. 위험평가 기준에 따라 위험도가 수용가능한지의 여부를 확인하여 실험시설을 개선하거나 실험작업을 행할 수 있다.

위험평가 수행을 위해 먼저 실험실의 위험수준의 평가가 선행되어야 한다. 실험실내 위험수준 평가를 위해 본 연구에서는 미국 OSHA의 실험실 체크리스트를 참조하여 우리 실정에 맞게 실험실의 안전보건 위험수준 체크리스트를 개발하였다. 이 체크리스트는 부록 1에 나타내었으며, 실험실 안전보건 체크리스트는 실험실 작업관행, 실험실관리 및 개인보호장비 등 14개 항목으로 이루어져 있다. 이는 다음 4장의 사례연구에서 활용하였으며, 이들 체크리스트에서 발견된 위험수준에 따라 상세한 위험평가를 실시해야 한다.

여기서는 위험평가서에 포함되어야 할 내용과 위험평가 기준을 제시하고 본 연구에서 개발된 위험평가서를 중심으로 설명하고자 한다. 위험 평가서는 다음과 같이 세 가지로 나누었으며, 이들 내용을 기술하면 다음과 같다.



[그림 3-1] 실험실의 위험평가 절차

(1) 위험 평가서

이것은 작업구역, 수행하는 작업행태, 관련된 공정과 화학물질, 유해나 위험의 존재여부, 안전관리 시설의 설치여부나 설치 필요성 등의 일반적인 설명이 포함된다. 평가서에서 어떤 작업장에 존재하는 타당한 위험들을 고려하는 것이 중요하다. 이 평가서에 확인되는 각 위험은 아래와 같은 내용이 위험평가 기준표에 표시되어야 한다. 이 평가서는 분기별로 수정 보완되거나 중요한 변경이 있을 때 작성이 필요하다. 위험 평가서에는 <표 3-4>과 같은 일반사항이 포함되어야 한다. <표3-4>는 위험평가를 위해 실험실내 잠재위험 점검표를 나타낸 것으로 해당되는 위험요소에 대해 체크한다. 해당되는 위험요소가 무엇인지를 설명하고, 위험의 결과에 따른 위험 가혹도와 사고의 빈도를 기록하여 위험도를 평가한다

<표 3-3> 위험평가서의 포함 사항

구분	내용
실험 구역 및 작업자	- 실험실명 - 실험실의 책임자 - 실험실내의 작업자 - 평가 일자 - 평가서 작성자
작업 설명	- 실험실명 (유기실험실, 기기분석실, 반응공학실 등) - 작업설명 (유기합성, 기-액평형 측정, 실험장치의 제작 등) - 사용기술 (증류, 원심분리, 그라인딩 등) - 화합물의 분류 (유기용제, 에어졸 등)
실험실의 위험 물질 요약	☐ 화학적위험 ☐ 생물학적 위험 ☐ 기계적 위험 ☐ 물질의 물리적 특성 ☐ 물리적 위험 ☐ 분진위험

<표 3-4> 위험 평가를 위한 잠재위험 점검표

화학적 위험	설명	위험의 가혹도	사고의 빈도	위험도
☒ 독성 ☐ 부식성 ☒ 고도 인화성 ☐ 고 반응성 ☐ 대용량 ☐ 기타				
생물학적 위험				
☐ 조직, 혈액 혹은 분비액 ☐ 위험한 병원균 ☐ 실험동물 ☐ 유전자 조작 ☐ 기타				
분진 위험				
☐ 일반 분진 ☐ 기타				
물질의 물리적 성질				
☐ 벌크 고체 혹은 비휘발성 액체 ☐ 분진성 고체 혹은 휘발성 액체 ☐ 고 휘발성 액체 혹은 액화 가스 ☒ 증기, 가스, 에어로졸 ☐ 기타				

(표 3-4의 계속)

물리적 위험	설명	위험의 가혹도	사과의 빈도	위험도
☐ 소음 ☐ 빛 ☒ 전기 ☐ 극한 온도 ☐ 화재/폭발 ☐ 비전리 방사선 ☒ 작업장 설계 ☐ 기타				
기계적 위험				
☐ 금속, 목재작업 기계 ☐ 고속 기계 ☒ 고압/진공 장치 ☐ 기타				

(2) 위험평가내용

위험평가서에서 실험실내에서 해당되는 위험도를 평가한 후, 위험평가 기준에 따라 수용할 수 없는 경우 위험감소를 위한 안전대책 등을 기록한다. <표 3-5>은 안전대책을 포함한 위험평가서의 양식이다. 실험실내에 안전대책, 즉 제어대책을 수립한 후 다시 위험평가서를 작성해야 하며 거기에 따른 위험도를 평가해야 한다. 그 세부내용을 요약하면 다음과 같다.

- 화학적 위험 (독성, 부식성, 인화성, 반응성 등)
- 생물학적 위험 (혈액 샘플, 실험동물, 유전자 조작 등)
- 기계적 위험 (고속기계, 금속기계, 고압 및 진공 장치)
- 물질의 물리적 성질 (벌크고체, 비 휘발성 혹은 휘발성 액체, 액화 가스, 증기, 에어졸 등)
- 물리적 위험 (소음 및 진동, 전기, 고온, 화재, 폭발 등)
- 분진 위험 (가연성 분진, 기타)

<표 3-5> 안전대책을 포함한 위험평가서 양식

화학적 위험	안전대책	위험의 가혹도	사고의 빈도	위험도
● 독성 ○ 부식성 ● 고도 인화성 ○ 고 반응성 ○ 대용량 ○ 기타				
생물학적 위험				
○ 조직, 혈액 혹은 분비액 ○ 위험한 병원균 ○ 실험동물 ○ 유전자 조작 ○ 기타				
분진 위험				
○ 일반 분진 ○ 기타				
물질의 물리적 성질				
○ 벌크 고체 혹은 비휘발성 액체 ○ 분진성 고체 혹은 휘발성 액체 ○ 고 휘발성 액체 혹은 액화 가스 ● 증기, 가스, 에어로졸 ○ 기타				

(표 계속)

물리적 위험	안전대책	위험의 가혹도	사과의 빈도	위험도
☐ 소음 ☐ 빛 ☒ 전기 ☐ 극한 온도 ☐ 화재/폭발 ☐ 비전리 방사선 ☒ 작업장 설계 ☐ 기타				
기계적 위험				
☐ 금속, 목재작업 기계 ☐ 고속 기계 ☒ 고압/진공 장치 ☐ 기타				

(3) 안전대책

위험평가를 통해서 시설에 안전대책(투자)이 필요한지를 평가하기 위해 실험실내에 안전관리 시설이 설치되어 있거나 설치가 필요한 부분에 대해 해당되는 안전관리 사항을 표시해야 한다. 본 연구에서는 실험실의 안전관리를 위해 실험시설의 관리에 대해 <표 3-6>와 같이 1차, 2차 및 3차의 안전관리 대책으로 구분하였다. 1차 관리는 주로 실험실의 안전시설이나 장비에 관한 사항이며, 2차 관리는 보호구에 관한 사항이며, 3차 관리는 물질의 저장·취급

및 응급처치 관한 사항으로 구성되어 있다. 실험실 안전관리 대책에 포함내용은 실험실 사용에 관한 지시서와 1차, 2차 및 3차의 안전관리 대책에서 필요성 여부를 기재해야 한다. 마지막으로 해당 실험실의 책임자가 확인하고 서명해야 한다. 그 중 실험실 사용에 관한 지시서는 다음 내용이 포함되어야 한다.

- 관련법규 혹은 실무규정
- 생산자 혹은 공급자 지시서
- 물질안전보건 자료 (MSDS) 등

<표 3-6> 실험실 안전관리 대책

구분	설치	설치필요	안전시설 혹은 장비	설명
1차 관리	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ●	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	그로버 상자 밀폐장치 fume cupboard 안전 캐비닛 화기작업 구역 추출후드(Extractor hood) 분진 집진 기타	
2차 관리	○ ○ ○ ○ ○ ●	○ ○ ○ ○ ○ ○	눈 보호 장갑 보호의 호흡보호구 건강 감시 기타	
3차 관리	● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	특별한저장 물질안전자료 누출처리 소화기 폐기물 처리 안전샤워 특별한 응급처치 기타	

※ 평가시 실험실의 시설에 대해 안전시설 혹은 안전장비의 설치가 필요하거나 설치가 되어 있는지를 표시하시오.

나. 위험평가 기준

실험자의 안전과 건강에 위배되는 잠재위험을 발생하는 모든 조작, 운전 및 불충분한 관리조치는 위험평가 기준에 이용 할 수 있다. 위험평가 기준은 정상 상태에서 주어진 실험실내에 실험자의 위험을 정량화하고 올바른 작업을 행하기 위한 우선 순위를 할당하기 위해 사용되어 진다. 위험도는 일어 날 수 있는 빈도와 위험 가혹도의 결합에 의해 계산 할 수 있다. 일반적으로 위험도의 값이 클수록 위험도가 크다.

(1) 위험 가혹도

이것은 확인된 위험의 결과로 인해 일어 날 수 있는 상해도와 직업병에 의한 기대되는 결과의 평가로서 위험가혹도로 부르고 있다. 여기서는 4단계로 나누었으며 그 내용은 다음과 같다.

<표 3-7> 위험 가혹도의 분류 (예)

구분	내 용
4	사망이나 영구불구
3	부분적으로 불구이거나 3개월 이상의 불구
2	응급조치나 경미한 의학적 치료
2	상해나 질병이 없는 경우

(2) 사고 빈도

이것은 사고의 결과로 위험에 대한 가능성의 평가이다. 이것은 5단계로 구분 하였으며 그 내용은 다음과 같다.

<표 3-8> 사고 빈도의 분류 (예)

구분	내 용
5	항상 일어날 수 있는 경우
4	전에 사고가 일어 났던 경우
3	일어 날 가능성이 강한 경우
2	과거에 사고가 일어 났던 것을 알고 있을 경우
1	가능성이 없는 경우

위의 두 가지를 조합하여 위험평가 기준을 쉽게 확인하기 위해 위험도의 기준표를 만들면 다음과 같다. 이 기준은 위험이 확인된 상황에서 반영되어야 한다.

<표 3-9> 위험도의 기준표 (예)

구 분		위험 가혹도			
		4	3	2	1
빈 도	5	20	15	10	5
	4	16	12	8	4
	3	12	9	6	3
	2	8	6	4	2
	1	4	3	2	1

실험실의 위험평가는 <표3-9>의 위험도의 기준표에 의해서 연구관련 기관이나 기업 등의 사내의 규정(가이드라인)에 따라 앞에서 언급한 3가지의 위험

평가서를 작성하여 실험실내의 위험도를 결정해야 한다. 예로서 위험도가 10 이상의 경우, 실험실의 위험도의 기준에 따라 위험을 수용할 수 없을 때 <표 3-6>에서 언급한 바와 같이 실험실내에 안전시설이나 개인보호장비 등의 시설 개선을 위한 투자를 행하여야 한다. 특히 우리나라의 기업내 연구소나 국책연구기관 및 대학의 연구실 등에서 다량의 화학물질과 다양한 실험 연구가 진행되고 있기 때문에 항상 위험이 상존하고 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 실험실의 위험평가 방법론에 따라 위험평가를 수행 하므로써 사전에 실험실 사고를 예방할 수 있을 것이다. 또한 관련 법규 등을 통해 엄격한 관리도 필요하겠지만 무엇보다 실험실을 소유한 관련기관이나 연구소 등에서 스스로의 위험평가를 통해서 안전을 확보해야 되겠다.

제4장 위험확인을 위한 사례연구

1. 개요

실험실의 위험평가를 위해 먼저 실험실의 안전보건상태의 위험확인을 해야 하고, 실험실의 위험수준을 평가해야 한다. 이를 위해 K연구원을 대상으로 원내 실험실의 안전보건 실태조사를 통하여 실험실의 위험(안전보건)수준을 확인하고자 하였다. 실험실별로 위험수준을 평가하여 실험실에 잠재되어 있는 위험과 안전관리 실태를 파악하여, 안전관리 방안을 도출하고, 개선방안을 제시하고, 위험실의 위험평가에 적용하여 실험실 사고를 사전에 예방하고자 한다.

본 연구에서는 실험실의 위험수준 평가를 위해 실험실안전보건 체크리스트를 OSHA의 기준에 따라 우리실정에 맞게 개발하였으며, 이를 부록에 나타내었다. 실험실 안전보건 체크리스트는 실험실 작업관행, 실험실관리 및 개인 보호장비 등 14개 항목으로 이루어져 있으며 이를 요약하여 <표 4-1>에 나타내었다.

<표 4-1> 실험실의 안전보건위험수준 평가를 위한 체크리스트 요약

평가항목	주요 내용	문항수	가중치
실험실 작업관행	○ 실험실내 흡식물 규칙 및 보관상태 ○ 피펫의 사용 및 위험물질의 사용장소 ○ 실험실 작업후 오염 및 주사기 관리 등	7	5%
실험실 관리	○ 실험실 물품의 정리정돈 상태 ○ 전선의 상태 및 접지 상태 ○ 출입구 통로 확보 및 작업표면의 상태	9	10%
동물취급 및 생물학적 위험	○ 게시 및 출입제한 사항 ○ 병원체의 보관과 처분 방법 ○ 생물학적안전캐비닛의 점검 상태	5	비해당
개인보호장비	○ 개인보호장비의 사용 및 관리상태 ○ 방사선 물질에 대한 보호장구 ○ 일회용 보호장구의 재사용 및 보관 등	11	7.5%
위험정보 전달	○ 화학물질의 위험경고 등 라벨부착 ○ 약품보관 냉장고의 표식과 보관 물질의 일치 유무 ○ MSDS의 이용(전산망) 가능여부	4	5%
화학약품 보관	○ 물질의 보관 방법 및 점화원 격리여부 ○ 불명 화학약품의 보관유무 ○ 약품의 안전운반 장비의 이용가능 여부	6	10%
가연성 액체의 보관과 취급	○ 가연성 액체의 보관 및 격리여부 ○ 안전칸의 라벨 부착유무 등	8	10%
압축가스 실린더	○ 체인 및 마개설치 유무 ○ 가스 실린더의 보관방법 ○ 가스배관의 라벨 표시 및 상태	9	10%

(표 4-1 계속)

폐기물 취급과 처리	○ 유해 폐기물의 폐기 및 보관방법 ○ 폐기물 보관용기의 적정 라벨부착 여부 ○ 폐기물의 성상에 따른 분리보관 상태 등	9	10%
실험실의 일반적 시설과 특징	○ 실험실 비품의 특징(내성, 견고성 등) ○ 통제구역 출입자 기록 보유 유무 등	5	5%
피난/비상 대피 수단	○ 비상구 혹은 비상통로의 적정표시 ○ 방화문, 화재경보기 설치 유무 ○ 비상연락 전화번호 부착 유무	5	5%
환기장치	○ 화기장치의 적정 설치 및 작동 상태 ○ 후드의 높이에 따른 면속도 및 제한 조건 표시 여부	7	10%
안전장비	○ 안전사위 및 세안설비 설치유무 및 작동 상태 ○ 화재감지장치, 연기경보기, 소화전 등 표시부의 작동상태 ○ 응급처치 도구, 세정 및 중화제 등의 이용 용이성	8	7.5%
표시와 표지	○ 경고 및 금연 등 표시의 적절성 ○ 방사선 및 생물학적 위험성 표시유무	4	5

2. 조사 및 분석방법

가. 조사방법

본 연구에서는 실험실의 위험실태를 조사하여 위험수준을 평가하기 위해 화

학관련 11개 실험실을 선정하였으며, 그 실험실의 소요면적(7.21m²)은 동일하며 호수와 실험실명을 <표 4-2>에 나타내었다. 각 실험실에 대해 동일한 체크리스트를 이용하여 같은 항목에 대하여 3명의 전문가가 각 항목의 실험실 실태를 조사하였다. 전문가의 전공은 기계분야 1명, 화공분야 2명으로 구성되어 있으며, 특히 화공분야 전문가 1명은 K연구원에 근무하는 안전관리자 이었다. 실험실의 위험확인을 위해 1개소 실험실당 실태조사의 소요시간은 약30분 정도이었으며, 조사시 정확한 자료를 얻기 위해 필요시 실험실에 근무하는 근무자에게 필요한 사항을 인터뷰하였다.

<표 4-2> 실태조사에 선정된 실험실의 개요

호실	실험실명	호실	실험실명
1112호	에어로졸 및 재료공정실	4115호	생물화학공학실
1609호	촉매공학실	4117호	생물공정실
3110호	고분자공학실	5108호	고분자재료실
3115호	환경촉매실	5111호	분리기술실
4110호	구조유체실	5113호	생물 및 환경공학실
4113호	분자 및 계면공학실		

나. 분석방법

실험실의 위험평가 수준 조사를 위한 실험실 안전보건 체크리스트는 5점 척도로서 각 평가 항목에 대해 3등급으로 구분하여 위험수준에 영향을 크게 미치는 항목에 대해서 가중치를 주었다(표 참조). 실험실의 위험수준을 평가하기 위한 분석은 같은 항목에 대해 3명에 의해 조사한 실험실 실태의 각 항목

을 데이터를 엑셀 파일에 입력하여 worksheet 파일로 만들어 통계프로그램 (SPSS)을 이용하여 분석하였다. 각 항목 및 실험실별 총점은 500만점 기준으로 정량화 하였다.

3. 분석결과 및 고찰

가. 평가항목별 안전보건 수준

실험실별 안전보건 위험수준을 평가하기 위하여 각 평가항목의 총 평균점, 항목별 점수, 최소 및 최대점수 및 표준편차 등 자세한 평가결과 값을 <표 4-3>에 나타내었다. <표 4-3>은 실험실의 안전보건 위험수준을 나타낸 것으로 500점 만점기준으로 평가하였으며 300점 이상을 얻은 실험실이 위험수준이 양호한 것으로 평가하였다. <표 4-3>에서 보는 바와 같이 모든 실험실의 공통사항은 위험정보전달 체계와 안전장비 부분에서는 개선할 사항이 유사한 것으로 나타났으며, 평가점수에서 300점 이하인 것이 개선이 필요한 사항이다.

각 호실별 평가항목별 안전보건수준 실태를 평가하였으며, 그룹별로 대표적인 실험실인 1112호의 경우만 [그림 4-1]에 나타내었다. 그림 3은 1112호의 안전보건 수준을 나타낸 것이며, 300점 이하의 점수를 얻은 것은 환기장치로 용제 캐비닛에 상부배기 후드가 설치되어 있지 않으며, 후드내에 다량의 약품을 보관하고 있었다. 또한, 각 후드에 화학약품에 따른 제어속도를 표시하지 않는 것으로 나타났다.

<표 4-3> 실험실의 안전보건 수준 평가 결과값

(기준:500점 만점)

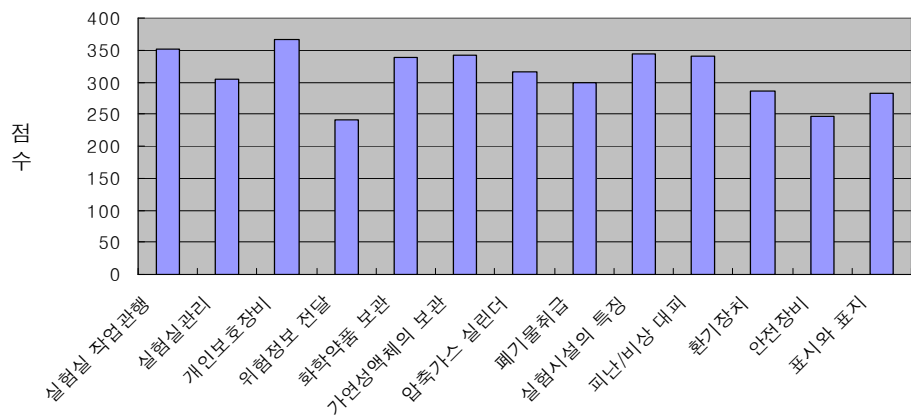
구분	점수	호실	실험실 작업관행	실험실 관리	개인보호 장비	위험정보 전달	화학약품 보관	가연성액 체의보관
1	313	1112	352	304	367	242	339	342
2	300	1609	300	296	320	217	322	296
3	299	3110	343	263	317	225	278	300
4	309	3115	367	367	353	208	311	290
5	280	4110	281	274	330	250	283	279
6	294	4113	310	267	317	208	294	300
7	287	4115	338	237	293	208	267	279
8	294	4117	314	267	307	200	278	283
9	302	5108	333	278	307	217	278	279
10	285	5111	291	241	287	225	272	283
11	277	5113	329	215	283	217	233	275
Mean	295		323	273	316	220	287	291
Std. Dev.	0.1149		0.2802	0.4023	0.2605	0.1503	0.289	0.1883
Minimum	277		281	215	283	200	233	275
Maximum	313		367	367	367	250	339	342

(표 4-3의 계속)

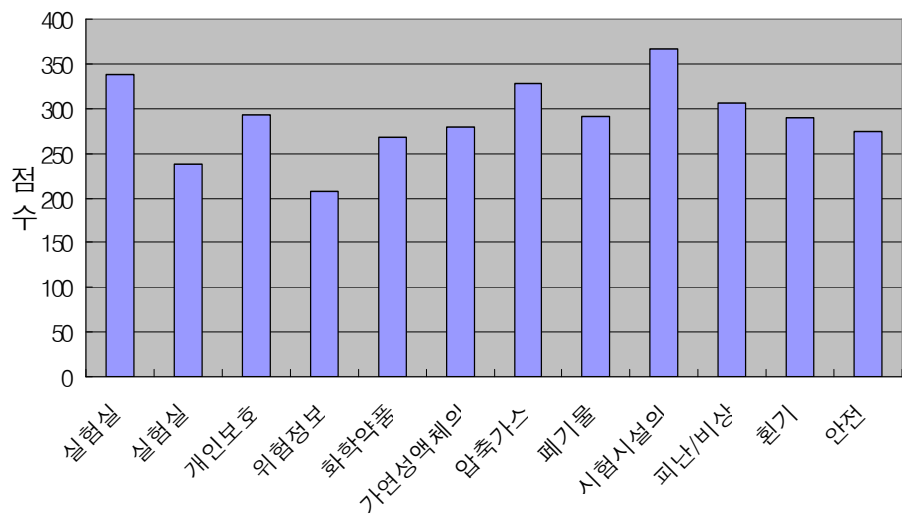
구분	압축가스 실린더	폐기물 처리	실험시설의 특징	피난/비상 대피	환기 장치	안전 장비	표지와 표시
1112호	315	300	344	340	286	246	283
1609호	363	325	356	233	314	204	283
3110호	365	271	356	293	310	267	317
3115호	309	283	389	280	300	252	317
4110호	311	254	344	260	286	231	250
4113호	356	275	367	273	319	254	250
4115호	328	292	367	307	290	275	283
4117호	346	288	356	307	314	258	300
5108호	378	308	356	273	314	273	317
5111호	331	292	356	273	300	263	300
5113호	328	288	356	280	305	242	283
Mean	339	287	356	284	303	251	289
Std. Dev.	0.2372	0.1892	0.1226	0.2787	0.1206	0.2048	0.2389
Minimum	309	254	344	233	286	204	250
Maximum	378	325	389	340	319	275	317

[그림 4-2]는 4115호실을 나타낸 것으로 실험실 작업관행, 압축가스 실린더 및 실험실의 특징을 제외하고는 전반적으로 실험실 안전관리가 미흡한 것으로 나타났다. 특히, 실험실 관리에서 미흡한 것으로 판단되며, 실험실의 정리정돈 상태나 일부 전선은 비 접지형을 콘센트를 사용하고 있으며, 선반위 무거운 (2lb) 약품을 보관하고 있었다. 기타 미흡한 사항은 타 실험실과 비슷한 경향을 보였으며, 이들의 개선이 필요하다. 그 외의 항목에서는 자율적인 개선이 필요하다

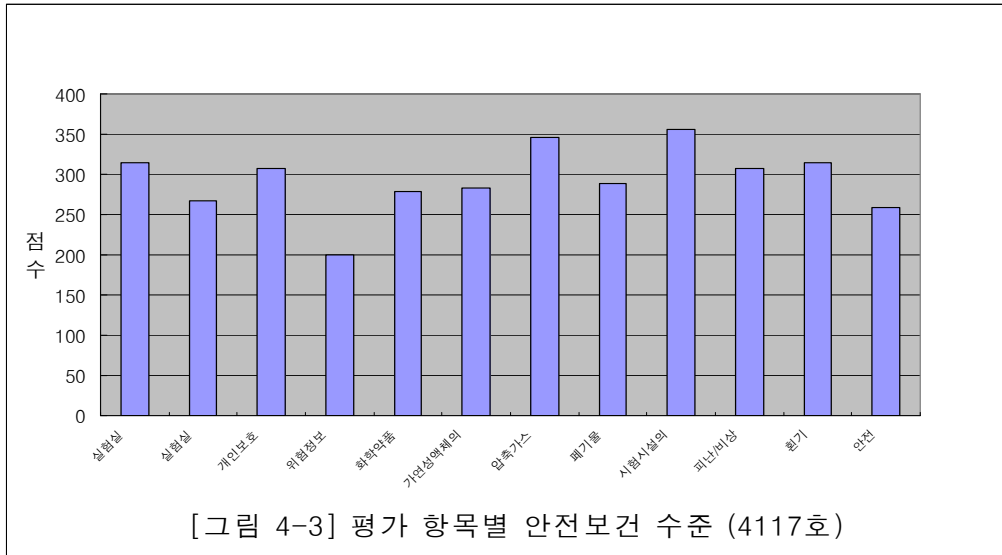
[그림 4-3]은 4117호실을 나타낸 것으로 실험실관리, 화학약품 및 가연성액체의 보관 및 폐기물취급 등이 미흡한 것으로 나타났다. 실험실 관리에서는 출



[그림 4-1] 평가항목별 안전보건 수준 (1112호)

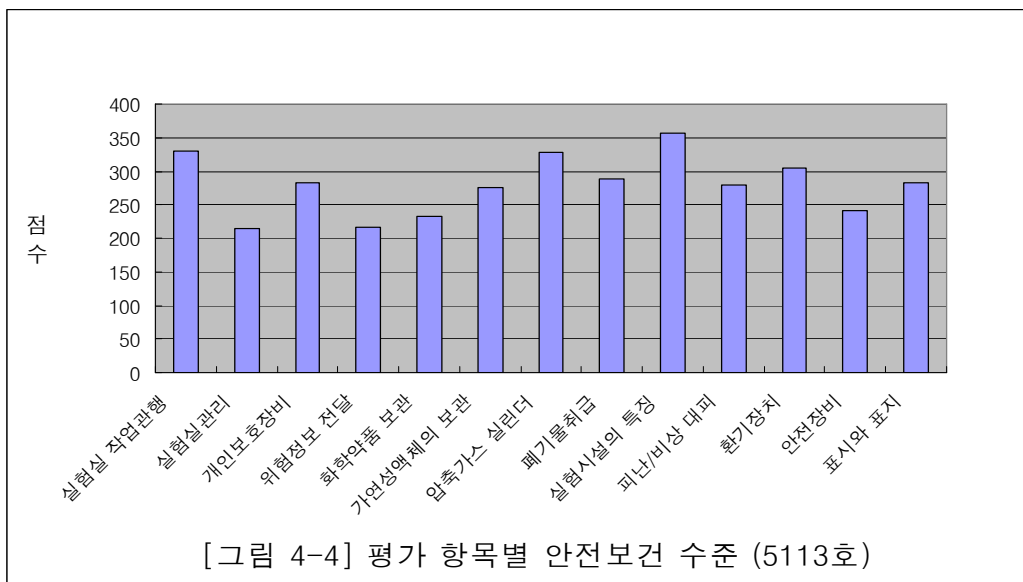


[그림 4-2] 평가 항목별 안전보건 수준 (4115호)



입 통로나 출구에 물품의 방치로 통로가 미확보 되어 있으며, 선반위 물품을 보관하고 있었다. 약품운반 장비가 없거나 불필요하고 장기간 사용하지 않는 약품을 보관하고 있었다. 폐기물 취급과 처리에서는 주사기 등을 일반 폐기물과 함께 폐기하고 있었으며, 유해폐기물통에 라벨이 미부착 되어 있었다.

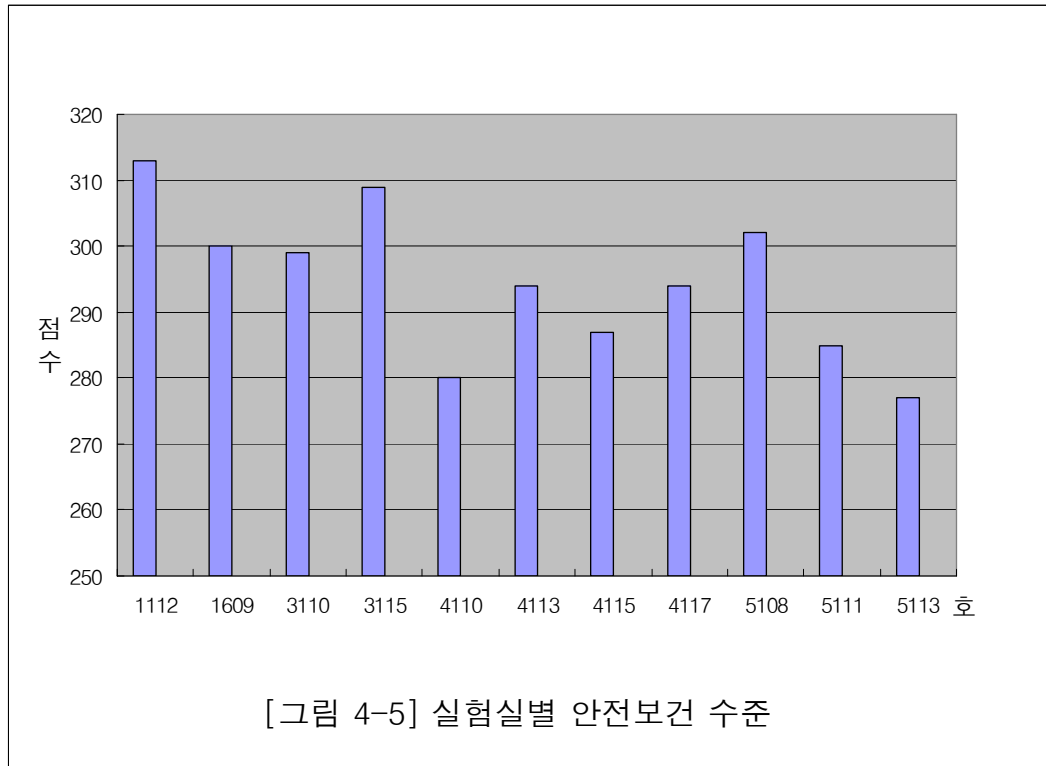
[그림 4-4]는 5113호실을 나타낸 것이며, 실험실 작업관행, 압축가스 실린더 및 실험시설의 특징을 제외하고는 모든 항목에서 실험실의 안전보건 수준이 미흡한 것으로 나타났다. 그러나, 실험실 작업관행에 원생들이 실험실내 커피 포트 및 1회용 부탄가스 등을 사용하고 있었으며, 실험실내 음료보관용 냉장고를 보관하고 있었다. 이에 대한 개선이 요구되어 진다.



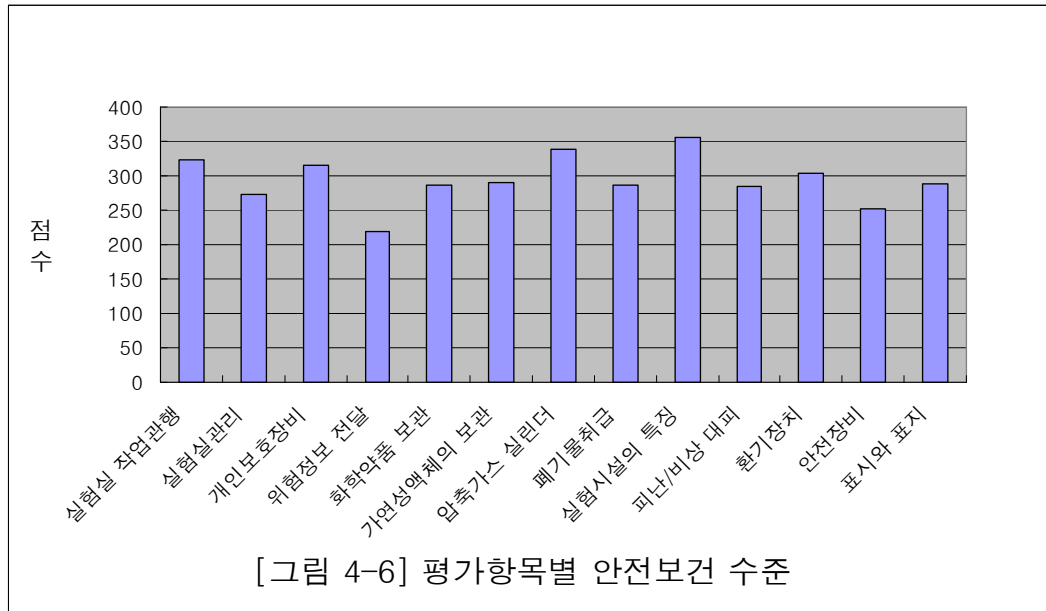
나. 실험실별 위험수준

본 연구에서는 실험실의 위험수준을 호실별로 비교하기 위해 평가한 위험수준의 점수는 본 연구팀이 위험의 확인을 위해 정량한 것이다. [그림 4-5]는 실험실의 안전보건 위험수준을 나타낸 것으로 500점 만점기준으로 평가하였으며 300점 이상을 얻은 실험실이 위험수준이 양호한 것으로 평가하였다. 여기에 해당하는 화학관련 실험실이 1112호, 1609호, 3115호 및 5108호실이었다. 그 다음 그룹에 해당하는 실험실은 3110호, 4113호, 4115호, 4117호, 및 5111호실이 해당되었다. 실험실 중 위험평가가 시급한 실험실은 4110호 및 5113호가 해당되었다.

[그림4-6]는 평가항목별 실험실의 안전보건 위험수준을 나타내었다. [그림



4-6]에서 보는바와 같이 개선이 시급한 항목은 위험정보 전달과 안전장비 부분이었다. 위험정보 전달 체계는 화학물질을 취급·저장하고 있는 모든 실험실에 해당되는 것으로, 실험자가 물질의 잠재위험성을 확인할 수 있는 물질안전보건자료(MSDS)가 비치되어 있지 않고, 특히 원내 전산망을 통한 MSDS 자료가 완비되어 있지 않아 항상 쉽게 이용가능 하지 않는 것으로 나타났다. 이를 위해 K원내 물질안전보건자료를 모든 실험자가 쉽게 열람 및 이용가능 할 수 있도록 데이터베이스를 구축하는 것을 고려하는 것이 좋을 것으로 사료된



다. 또한, 화학약품의 냉장보관 표식이 내부의 화학물질과 일치하지 않거나 표시되어 있지 않았다. 안전장비 체계는 안전사위 시설은 각 층마다 설치되어 있으나 세안장비는 모든 실험실에 구비되어 있지 않았다. 또한, 안전장비 시설에 표지가 쉽게 볼 수 있도록 부착되어 있지 않거나

장해물이 놓여 있었다. 화재감지장치가 부족하거나 설치되어 있지 않는 실험실이 있었으며, 응급처치 도구가 명확히 눈에 띄지 않았다. 화학약품을 많이 취급하는 실험실별로 세안장치를 구비하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

다음으로 개선이 필요한 사항은 실험실 관리로서 실험실과 물품보관구역이 정리정돈이 되어 있지 않고, 특히 실험실 캐비넷이나 선반 등에 보관된 물품이 많았다. 화학약품 및 가연성액체의 보관과 취급에서는 약품의 운반시 안전운전

장비가 부족하며, 불필요하거나 사용하지 않는 약품들을 보관하고 있었다. 따라서 유통기한이 지났거나 사용하지 않는 약품은 안전하게 처리하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 폐기물 취급시 액상폐기물을 적절하게 분류하지 못하고 하나 혹은 두 개의 폐액처리통에 수거하고 위탁처리하고 있는 실정이다. 화학물질의 종류별로 5개 정도로 액상폐기물을 분리해서 수거토록 하고, 매주 1회 정도는 원내에서 수거하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 또한, 폐액통에 적절한 라벨을 부착하여 폐기물 위탁 처리시 올바르게 처리할 수 있도록 유도해야 할 것이다. 피난/비상대피와 안전표지는 쉽게 눈에 띄일 수 있도록 명확히 표시해야 하며, 출입문 등에 물품을 방치하므로 위험발생시 신속한 대피가 어려우므로 비상통로의 공간을 확보해야 될 것으로 판단된다.

위험확인을 위해 K연구원을 대상으로 사례연구를 수행하였으며, 실험실의 위험 수준을 정량화 할 수 있었다. 여기서 확인된 위험수준에 의해 사내 기준 이하의 실험실에 대해 세부적인 위험평가를 실시할 수 있으며, 본 연구에서는 위험의 노출로 인한 사고결과와 빈도자료를 구할 수 없어 위험평가를 수행하지 않았다.

앞에서 살펴본 바와 같이 실험실의 위험수준은 실험실의 위험분석을 위한 자료로 활용할 수 있으며, 정량화 된 위험평가를 통해 실험시설의 개선이나 투자방안을 도출하기 위해 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 각 실험실 혹은 학과별로 위험도를 평가하여 실험실의 안전시설의 투자와 실험실의 안전 인정평가 기준의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 위험평가를 통해 체계적이고 통합적인 실험실 안전관리 시스템 구축이 가능하리라 사료되며, 이에 대한 연구가 지적으로 수행되어야 할 것이다.

제 5장 결론

실험실의 위험평가 기법 개발을 위해 실험실의 잠재위험을 확인하거나 제어할 수 있는 화학물질 잠재위험 정보전달 체계와 실험실의 공학적 제어방법과 개인보호장비에 대해 관련문헌을 참조하여 고찰하였다. 실험실내의 위험확인을 위한 조사방법과 실험실의 안전보건 위험수준 평가를 위한 체크리스트를 개발하였다.

실험실의 안전관리의 효율화와 투자의 우선순위를 위한 자료를 확보하기 위해 실험실의 위험평가서를 개발하였으며, 위험평가 내용은 화학적 위험, 생물학적 위험, 기계적 위험, 물질의 물리적 성질, 물리적 위험 및 분진위험의 평가하도록 제시하였다. 위험평가를 통한 위험도를 활용하여 실험실의 안전대책 수립을 위한 필요성 여부를 제시하였다. 또한, 실험실에 적용할 수 있는 위험기준을 제시하였다.

위험확인을 위해 K연구원을 대상으로 사례연구를 수행하였으며, 사례연구는 실험실의 안전보건 위험수준 체크리스트를 사용하였으며, 실험실의 위험수준을 정량화 할 수 있었다. 여기서 확인된 위험수준에 의해 사내 기준이하의 실험실에 대해 세부적인 위험평가를 실시할 수 있으며, 이들 위험확인을 통해 실험실 시설에 대한 투자나 실험실 개선을 유도할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구에서 제시한 위험확인과 위험평가 기법을 이용하여 실험실내의 시설 개선과 투자를 과학적으로 할 수 있고, 향후 실험실의 안전보건 수준 향상을 위한 안전인증 평가 도구 개발의 기초 자료로 할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Paul Mercier, "Laboratory Safety Pocket Handbook", Genium Publishing Corporation, NY, 1996.
2. R. Scott Stricoff and Douglas B. Walters, "Handbook of Laboratory Health and Safety", 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1995.
3. 김두환, 이근원, 연구실의 환경 및 안전성 확보를 위한 정책 연구, 한국과학재단, 2000.
4. Robert J. Alaimo and W.H. Breazeale, "Safety in Academic Chemistry laboratories", American Chemical Society, Washington, D.C., 1995.
5. Ngoc B. Le *et al.*, Laboratory Safety Design Criteria, Plant/Operation Progress, Vol.7, No.2, pp.87 - 94, 1988.
6. Sharon L. Campbell, A Guide for Laboratory Safety Inspection, Professional Safety, pp.22 - 28, November, 1984.

<부 록>

실험실 안전보건 위험평가 체크리스트

부록. 실험실 안전보건 위험평가 체크리스트

위험평가 체크리스트

※ 이 체크리스트는 일반적인 실험실의 안전보건 위험수준을 평가하는 표로서 개발된 것이며, 각각의 실험실의 위험요소나 특성에 맞는 점검표를 사용해야 합니다. 해당 항목에 체크√혹은 ○표를 하시기 바랍니다.

점검날짜		점검자	(서명)
장소(호수와건물)			
점검책임자/ 실험실 책임자			

실험실 작업 관행	실태	comments
1. 금연, 음식과 음료 규칙을 준수한다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다
		비해당
	1	2
2. 음식과 음료는 실험 작업지역, 냉장고에 저장혹은 보관하지 않거나 실험실 조작에 사용되는 유리제품에도 보관하지 않는다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다
		비해당
	1	2
3. 피펫은 기계적인 수단(방법)에 의해서 실행 되어진다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다
		비해당
	1	2
4. 위험한 물질은 실험실의 후드에서 사용하거나 또는 지정 장소에서 사용한다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다
		비해당
	1	2

5. 실험실 표면은 작업이 끝난 후나 생존에 적합한 물질의 유출 후 살균소독 하거나 오염된 것을 제거한다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다					비해당	
	1	2	3	4	5	9		
6. 주입기는 바늘을 채워둔다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다					비해당	
	1	2	3	4	5	9		
7. 개인보호구의 필요항목이 빠져 있다.	전혀 그렇지않다	매우 그렇다					비해당	
	1	2	3	4	5	9		

실험실 관리	실태	comments																
1. 실험실과 보관구역은 어수선하지 않고 잘 정돈되어 있다. (의자 위, 창문틀, 바닥포함)	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
2. 통로와 출구는 장애물이 없다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
3. 작업 표면은 오염으로부터 보호된다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
4. 누출(spill) 등 더러움이 없다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
5. 전기줄과 전선은 양호한 상태다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
6. 도구와 장비는 좋은 수리 상태이고, 전기적으로 접지되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
7. 캐비넷 위나 선반은 보관된 품목이 없다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
8. 무거운 물건은 낮은 선반에 넣어 두었다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
9. 유리제품은 균열이나 날카로운 모서리 다른 결점으로부터 안전하다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												

동물취급/생물학적위험	실태	comments																
1. 동물 사육장이나 취급지역을 포함한 병원체를 사용한 지역은 정확히 게시하고 출입 제한이 따른다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
2. 생물학적 인자를 사용하는 실험이 진행 중일 때는 실험실 접근은 제한한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
3. 작업 표면은 오염 후에 소독한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
4. 병원체의 보관과 처분의 경우 적당한 절차에 따른다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
5. 생물안전캐비닛(BSCs)는 적어도 해마다 점검하고 확인한다. *최종점검날짜 _____	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
※ 기타 사항																		

개인 보호 장비	실태	comments																								
1. 보호 장갑은 이용 가능하고 관련이 있는 위험에 적당하다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
2. 눈 보호를 위해 보안면이나 보안경을 이용할 수 있고 사용되고 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
3. 실험복 등을 이용할 수 있고 사용되고 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
4. 실험실 의복은 실험실 안에서만 입어야 하고 실험실이 아닌 구역에 들어가기 전에 벗어야 한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
5. 방사성 물질이 사용될 때는, 직원들에게 노출되는 것이 가능한 적도록 하기 위해 보호의류와 보호물이 사용된다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
6. 마스크는 위험원 존재에 근거하여 선택되고 필요할 때 제공한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
7. 마스크는 올바르게 사용되고, 편리하게, 깨끗하고, 위생적인 장소에 보관한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					
8. 마스크는 주기적으로 세척하고, 바르게 소독한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9																					

9. 일회용 보호의류는 실험실이나 작업구역 외부에서 착용하지 않는다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당								
	1	2	3	4	5	9			
10. 이전에 사용되었던 일회용 보호의류는 재사용 하지 않는다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당								
	1	2	3	4	5	9			
11. 일회용이 아닌 물품들은(예를 들어 실험복)은 그것들이 세척될 때까지 뚜껑이 덮인 용기에 보관된다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당								
	1	2	3	4	5	9			
※ 기타 사항									

위험정보 전달	실태	comments																
1. 1차와 2차 화학약품 용기가 적절한 위험 경고와 만료일을 확인하는 라벨이 붙어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
2. 보관장소(예를 들어 냉장고)와 실험실에 있는 표식은 내부의 위험물과 일치한다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
3. 물질안전보건자료(MSDS)는 사용하는 모든 화학약품이나 저장되는 곳에서 이용 가능하다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
4. 전산망을 통한 MSDS 자료 접근은 완비되어 있으며 모든 실험실에서 언제나 쉽게 이용 가능하다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
※ 기타 사항																		

화학약품 보관	실태	comments																		
1. 서로 맞지 않는 물질들은 적절하게 격리되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="4">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
2. 휘발성의 액체는 열, 태양, 그리고 다른 점화원으로 부터 떨어져있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당																			

가연성 액체의 보관과 취급	실태	comments																																								
1. 가연성 액체는 점화원으로부터 떨어져서 보관되고 사용된다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
2. 많은 양의 가연성 액체는 허가된 보관 캐비닛에 필요한 양만큼 보관되거나 정해진 가연성 액체 보관실에 보관된다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
3. 가연성 액체를 보관하는 캐비닛은 적절하게 라벨이 붙어 있다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
4. 가연성 액체는 다른 위험한 물질들(예를 들어, 산, 염기, 산화제, 가연물 등)로부터 격리되어 있다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
5. 냉장이나 냉동을 필요로 하는 가연성 액체는"실험실 안전"혹은"방폭안전"이라고 라벨이 붙은 냉장고나 냉동고에 있다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
6. 유리나 플라스틱 용기에 담겨 개방된 선반에 보관되어 있는 가연성 물질은 허용량 이내에 있다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
7. 적은 양의 가연성 액체를 취급하기 위해 쓰이는 안전 캔은 적절하게 라벨이 붙어 있다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			
8. 용제 폐기물 캔은 적절하게 라벨이 붙어 있다.	<table><tr><td colspan="2">전혀</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">매우</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="2">그렇지않다</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">그렇다</td><td colspan="2">비해당</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr></table>	전혀				매우				그렇지않다				그렇다		비해당																			1	2	3	4	5		9	
전혀				매우																																						
그렇지않다				그렇다		비해당																																				
	1	2	3	4	5		9																																			

압축 가스 실린더	실태	comments																
1. 가스 실린더는 적절하게 체인이 걸려 있거나 안전하게 되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
2. 실린더 마개는 실린더를 옮기는 중이거나 사용중이 아닐 때 제자리에 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
3. 가스 실린더는 과도한 열에서부터 떨어져서 보관되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
4. 연료가스는 산소실린더로부터 적어도 6m 이상 떨어져 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
5. 가스실린더는 그것의 내용물에 따라 적절하게 표시되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
6. 짝 차 있는 실린더와 빈 실린더는 따로 보관되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
7. 빈 가스 실린더는 그대로 라벨이 붙어있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
8. 가스라인, 배관, 분기관 등은 그것들의 내용물에 일치하게 라벨이 붙어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
9. 호스와 배관은 양호한 상태이며, 흠이나 일시적으로 덧댄 것이 없다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												

폐기물 취급과 처리	실태	comments																
1. 남은 화학약품은 현장의 요구조건에 따라 알맞게 처리되고 있다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
2. 유해한 폐기물은 하수도에 버려지지 않는다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
3. 유해 폐기물은 규정조건보다 오래동안 축적하지(두지) 않는다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
4. 고상 폐기물과 액상 폐기물이 분리되어 있다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
5. 생물학적 폐기물은 적절하게 생물학적 위험성을 표시하는 라벨이 붙은 용기에 처리되고 있다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
6. 주사기와 다른 날카로운 것들은 밀봉하고 찢어지지 않는 용기에 처리되고 있다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
7. 어떤 화학약품도 싱크대나 배수관에 버리지 않는다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
8. 폐기물질은 마루위나 구석 혹은 선반이나 탁자 아래에 쌓아두는 것이 허용되지 않는다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												
9. 유해 폐기물을 담은 용기는 적절하게 라벨이 붙어 있고(부식성, 독성, 반응성, 가연성) 날짜가 기입되어 있다.	전혀매우 그렇지않다그렇다비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>									1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9												

일반적 시설과 실험실의 특징	실태	comments																
1. 작업대의 표면과 작업구역이 물, 화학약품, 열에 내성이 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td>9</td></tr></table>									1	2	3	4	5			9	
1	2	3	4	5			9											
2. 실험실 비품이 단단하고 견고하다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td>9</td></tr></table>									1	2	3	4	5			9	
1	2	3	4	5			9											
3. 각각의 실험실에는 손을 씻기 위한 싱크대가 구비되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td>9</td></tr></table>									1	2	3	4	5			9	
1	2	3	4	5			9											
4. 대형 냉장고, 냉동고, 인큐베이터 등이 있는 곳에는, 문의 빗장이 풀릴 수 있으며 안에서는 문이 열릴 수 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td>9</td></tr></table>									1	2	3	4	5			9	
1	2	3	4	5			9											
5. 각각의 통제구역은 출입하는 모든 직원들의 기록을 보유하고 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td>9</td></tr></table>									1	2	3	4	5			9	
1	2	3	4	5			9											
※ 기타 사항																		

피난/비상 대피 수단	실 태	comments																
1. 출구는 명확히 표시되어 있으며, 쉽게 눈에 띈다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
2. 모든 방화문은 저절로 닫히며, 닫혀 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
3. 화재 경보기는 필요한 곳에 설치 되어있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
4. 전화기에는 비상연락 번호가 붙어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
5. 비상 대피 통로는 각각의 실험실 혹은 작업구역에 명확히 표시되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9													
※ 기타 사항																		

환기 장치	실태	comments																	
1. 일반적 환기장치는 모든 규정과 현장요건을 충족시킨다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
2. 국소 배기 환기 장치는 필요한 곳에 설치되어 (갖추어져) 있다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
3. 후드는 정상적인 작동 상태에 있다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
4. 게이지, 모니터, 경보기는 적절하게 작동하고 있다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
5. 흡 후드는 작동높이, 평균면속도, 사용을 위한 어떤 제한조건이 표시되어 있다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
6. 후드는 화학약품과 비품 등으로 어지럽혀져 있지 않다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
7. 모든 용제 캐비닛에는 배기 환기장치가 갖추어져 있다.	전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td colspan="3">9</td> </tr> </table>										1	2	3	4	5	9			
1	2	3	4	5	9														
※ 기타 사항																			

안전 장비	실태	comments																		
1. 안전 샤워시설과 세안장비는 위험한 화학약품이 사용되거나 보관되는 곳에 위치해 있거나, 가까이 근접해 있다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
2. 안전 샤워시설과 세안장비는 명확히 라벨이 붙어 있으며, 이들 구역에는 장애물이 제거되어 있다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
3. 세안과 안전 샤워시설은 정상적인 작동상태에 있다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
4. 이용하기 쉽고 눈에 잘 보이는 곳에 적절한 개수의 화재담요가 있다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
5. 화재감지 및 연기경보기, 스프링클러시스템, 등 램프가 정상적인 작동상태에 있다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
6. 응급처치 도구가 쉽게 이용 가능하며, 명확히 눈에 띈다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
7. 유출 오염/세정 물질은 쉽게 이용 가능하며, 명확히 눈에 띈다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															
8. 산을 분거나 다루어지는 곳에 중화제가 있다.	전혀 매우 그렇지않다 그렇다 비해당 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										1	2	3	4	5	9				
1	2	3	4	5	9															

표시와 표지	실태	comments																								
1. 경고 표시와 라벨(예를 들어 발암물질, 돌연변이유발요인)은 필요한 (예를 들어 화학물질이 사용하거나 보관되는 곳) 곳에 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9																				
2. “금연” 표시는 금지된 구역에 표시되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9																				
3. “주의-방사능 물질” 사인은 모든 인정된 실험실의 출입문에 표시되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9																				
4. 일반적으로 생물학적 위험성을 나타내는 상징들은 생물학적 위험이 있는 실험실과 동물실의 출입문에 표시되어 있으며, 오염될 가능성이 있는 물질과 비품에 표시되어 있다.	전혀 그렇지않다 매우 그렇다 비해당 <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td></td></tr></table>																	1	2	3	4	5		9		
1	2	3	4	5		9																				
※ 종합의견																										

안내문

본 연구보고서에 기재된 내용은 연구책임자의
개인적 견해이며, 우리 공단의 공식견해가 아
님을 알려드립니다.

한국산업안전공단 이사장

실험실의 위험성평가 기법 개발

(안전분야-연구자료 연구원 2002-15-15)

발 행 일 : 2001. 12. 31

발 행 인 : 원 장 정 호 근

연구책임자 : 선임연구원 이 근 원

발 행 처 : 한국산업안전공단 안전보건연구원

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : 032) 510-0812

F A X : 032) 518-0867

인 쇄 : 성 문 사(2268-0520)