

연구실 안전보건과 측정기관의 참여

한국 3M(주) 기술연구소 김경란, CIH

실험실 안전 왜 문제인가?

미국의 경우 U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board 에 따르면 1980 ~ 2002 년 사이에 화학물질 관련 사고 167 건 있었고, 108 의 사망초래 했다. (30% occurred at storage, handling and consumer sites).

1984 년에 India Bhopal 에서 발생한 실험실 화학물질로 인한 사고는 수천명을 사망케 했다.

우리나라에서도 1999 년 9 월 서울대 원자 핵공학과 실험실 폭발사고, 2003 년 5 월 KAIST 실험실 폭발사고, 2003 년 8 월 원자력 연구소 폭발사고 등 연구실에서의 사고가 빈번히 발생하고 있다.

여러 유해인자와 위험의 직업적 노출을 줄이기 위한 노력은 오래 전부터 정부와 여러 연구단체, 기관들에서 있어왔지만, 그러나 이들의 주요한 대상은 산업체에서 근무하고 있는 근로자들 이었고, 실험실과 연구실의 연구원 및 관련 인원에 대해서는 그 관심이 비교적 작았거나, 있다 하더라도 산업체를 대상으로 해 왔던 관리를 확장 적용하는 방식이었다.

그러나, 실험실의 경우는 다양한 물질의 소량 사용과 다수의 용기 사용 등으로 산업체의 대량 사용 및 작은 수의 용기 사용 형식의 관리와는 그 방법이 근본적으로 달라져야 할 필요가 있다.

이러한 고유한 특성을 지닌 실험실의 안전을 확보하기 위해, 1985 Sara Title III 에서는 Community Right to Know Act 를 채택했고, OSHA 에서는 1986 년에 Hazard Communication Standard 를, 그리고 1991 년에는 29 CFR 1910.1450 에 Lab Safety Standard 를 제정했다. 우리나라에서도 연구실 안전환경조성을 위한 법률을 2005 년에 제정하였고, 2006 년부터 이 법률이 시행된다.

실험실 안전과 측정기관의 참여 교육의 목적

본 교육에서는 연구실의 안전환경 조성을 위한 법의 내용을 살펴보고, 측정기관이 참여할 수 있는 부분을 알아보도록 한다. 특히, 측정기관이 실험실 안전 점검 및 정밀 진단을 나갔을 경우 필요한 지식적인 부분을 다루도록 하여, 측정기관이 현 사업체 대상의 서비스에서 연구실로 그 서비스 영역을 확장하는데 도움이 되도록 한다.

연구실 안전환경조성을 위한 법

연구실 안전환경 조성을 위한 법의 입법 취지와 추진 경과는 다음과 같다.

<입법 취지>

n 대학교 및 연구소 실험실에서 각종 재해 빈발

- n 99년 9월 서울대 원자 핵공학과 실험실 폭발사고
- n 03년 5월 KAIST 실험실 폭발사고
- n 03년 8월 원자력 연구소 폭발사고
- n 대학과 연구소의 연구실험실 안전관리 체계 조성과 재해 발생시 사후보상 근거를 마련, 이공계 대학생, 대학원생, 연구원들의 안정적 연구활동 보장

<추진 경과>

- n 2004. 9. 16 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률” 발의 (이상민 의원)
- n 2005년 3. 30 법률 제정, 공포 (법률 제 7425 호) 2006년 4.1 시행)
- n 2005.7.21~22 법률시해에 따른 토론회 및 워크샵 (무주리조트)
- n 2005.12.14~26 시행령(안) 및 시행규칙(안) 부처협의
- n 2005.12.14, 21/2006.1.10,18 시행령(안) 및 시행규칙(안) 설명회 개최(KAIST, 표준연, 서울대, KISTI)
- n 2006.2.1 시행령 및 시행규칙제정을 위한 공청회(교육문화회관)
- n 2006.4.1 시행령 및 시행규칙 공포 및 법 시행
- n 2006.9.11~14 과기부 주관 연구실 환경안전 강조 주간 행사

연구실 안전환경조성을 위한 법은 연구실 종사자의 안전확보 및 보상을 주요 목적으로 하며 주요 내용은 다음과 같다.

<주요내용>

1. 안전관리 의무

- n 연구 주체의 장은 연구실의 안전 유지 및 관리를 철저히 하여 연구실 안전 환경 확보

2. 안전관리규정

- n 안전관리 조직과 직무, 안전 교육 및 연구실 안전관리, 사고조사 및 비상 조치 대책, 연구활동 종사자의 보험가입 등

3. 안전점검

- n 일상점검(매일 1 회), 정기 점검(매년 1 회 이상), 특별안전점검(필요시)
- n 실시 자격 : 일상점검(연구 활동 종사자), 정기 및 특별 안전점검(관련 분야 유자격자 등)

4. 정밀 안전진단

- n 연구실 안전 점검 실시 결과 필요시(유해 화학물질 등을 취급하는 연구실은 2 년마다) 정밀 안전 진단을 실시 하여.
- n 실시 자격 : 관련 분야 유자격자로 안전 업무 경력 3 년 이상인자

5. 연구실 안전관리 체계

- n 과기부내 연구실 안전 심의 위원회 : 지원 시책 수립, 표준화 모델, 교재, 사고 발생 예방 및 대책, 안전 점검 지침
- n 연구주체 : 안전관리 규정, 안전 점검 지침 작성, 안전 점검

6. 연구실 안전 및 유지 관리비의 계상

- n 용도 : 보험료, 교육 훈련, 건강검진, 설비 설치 유지 보수, 보호장비 구입, 안전점검 및 정밀안전진단비
- n 연구과제 수행을 위한 연구비 책정시 연구 과제 인건비 총액의 2% 이내 안전 관련 예산 반영

7. 교육 및 훈련

- n 연구실 사용에 따른 안전성 확보 및 사고 예방에 필요한 교육 훈련을 실시하여야.
- n 교육 훈련은 관련 전문가 및 안전 분야 교수 경력자가 담당
- n 교육 과정은 정기, 채용 시, 연구내용 변경 시, 특수 분야 교육 등으로 구분

8. 건강 검진 실시

- n 치명적인 위험물질 등에 노출 위험이 있는 연구 활동 종사자에 대한 건강검진을 매년 실시

9. 사고 조사

- n 과학기술부 장관은 사고 발생시 재발 장지를 위해 연구주체의 장에게 안전사고 관련 자료 제출을 요구할 수 있으며 필요 시 사고 원인 등을 조사하게 할 수 있음.

10. 벌칙 및 과태료

10.1 벌칙

- n 5년 이하 징역 또는 5천만원 이하의 벌금 : 안전 점검 혹은 정밀 안전 진단 미실시, 교육 훈련 미실시 로 연구실 중대 손괴 야기 하여 공중의 위험을 발생한자,
- n 3년 이상 10년 이하 징역 : 안전 점검 혹은 정밀 안전 진단 미실시, 교육 훈련 미실시 로 사람에게 사상을 이르게 한 자 연구실 중대 손괴 야기 하여 공중의 위험을 발생한자

10.2 과태료

- n 2천만원 이하의 과태료 : 정밀 안전 진단 미실시/ 불 성실 실시
- n 1천만원 이하의 과태료 : 안전 진단 미실시/ 불 성실 실시, 보험가입에 관한 규정 미이행
- n 500만원 이하의 과태료 : 안전관리 규정 게시 또는 비치 규정 미 이행,
- n 400만원 : 안전관리 규정 불성실 이행

이러한 주요 내용 중 측정기관이 참여할 수 있는 부분은 안전점검과 정밀안전진단, 교육 및 훈련, 그리고 건강검진의 부분이다. 이들 부분에 대해 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

<안전점검>

1. 일상점검

- n 기계, 기구, 전기, 약품, 병원체 등의 보관상태 및 보호 장비
관리 실태 등 육안 점검
- n 연구 활동 시작 전 매일 1 회 실시

2. 정기 점검

- n 기계, 기구, 전기, 약품, 병원체 등의 보관상태 및 보호 장비
관리 실태 등을 안전점검기기를 이용하여 실시
- n 매년 1 회 이상

3. 특별 안전 점검

- n 폭발사고, 화재사고 등 연구자의 안전에 치명적인 위협을
야기할 가능성이 있을 것으로 예상되는 경우에 실시하는
점검
- n 연구주체의 장이 필요하다고 인정하는 경우 실시

4. 안전점검 실시자의 자격

- n 일상점검 : 연구 활동 종사자
- n 정기 및 특별 안전 점검
 - n 기계안전 기술사, 화공안전 기술사, 전기안전기술사,
건설안전기술사, 산업위생관리 기술사, 소방 기술사,
가스 기술사, 인간공학기술사
 - n 산업안전기사, 건설안전기사, 산업위생관리기사, 소방
설비 기사, 가스기사, 인간공학기사
 - n 전기 안전관리자
 - n 방화관리자

<정밀 안전 진단>

1. 대상 연구실

- n 유해화학물질 관리법(제 2 조 제 7 호)에 따른 유해 화학물질
취급 연구실
- n 산업안전보건법(제 39 조)의 유해인자 취급 연구실
- n 과학기술부령이 정하는 독성 가스 취급 연구실

2. 실시 빈도 : 2년 마다 1회 이상

3. 실시자격

- n 기계안전기술사, 화공안전기술사, 전기안전기술사,
건설안전기술사, 산업위생관리 기술사, 소방 기술사, 가스
기술사, 인간공학기술사
- n 다음의 자격과 3년 이상의 경력 소유자
 - n 산업안전기사, 건설안전기사, 산업위생관리기사,
소방설비기사, 가스기사 또는 인간공학기사
 - n 전기 안전관리자
 - n 방화관리자

4. 정밀안전진단 대행 전문기관

4.1 기술 인력

- n 기술사 자격 취득 후 1년 이상의 경력을 갖춘 사람 2인
이상
- n 기사 자격 취득 후 3년 이상 , 산업기사 자격 취득 후
5년 이상 경력 사람 3인 이상

4.2 장비

- n 진동, 두께, 정전기 전하량, 경도, 절연 저항, 회전 속도 측정기
- n 표준 압력계
- n 가스 농도, 일산화 탄소 농도, 산소 농도 측정기
- n 수압 시험기
- n 접지 저항 측정기
- n 자외선 가시 광선 분광계
- n 분진 측정시
- n 산업용 내시경
- n 집전식 전위 측정기
- n 풍압 측정계
- n 조도계
- n 열감지기 시험계
- n 연감지기 시험기
- n 기타

<교육 및 훈련>

1. 실시 자격

- n 기계안전 기술사, 화공안전 기술사, 전기안전기술사, 건설안전기술사, 산업위생관리 기술사, 소방 기술사, 가스 기술사, 인간공학기술사

- n 산업안전기사, 건설안전기사, 산업위생관리기사, 소방 설비 기사, 가스기사, 인간공학기사
- n 전기 안전관리자
- n 방화관리자
- n 대학의 조교수 이상의 직에서 안전 분야에 관한 교수 경력이 있는 자

2. 교육 및 훈련의 시간 및 내용

교육과정	교육 대상	교육시간	교육내용
정기	연구 활동 종사자	매월 1 시간 이상	법령, 유해 요인, 안전 연구 활동, MSDS 등
신규	- 신규 채용 연구자 - 채용되지 않은 신규 연구자 (대학생 등)	8 시간 이상 2 시간 이상	법령, 유해 인자, 보호장비, 안전장치 취급, 사고사례 및 예방, 안전 표지, MSDS 등
연구 내용 변경	연구활동 종사자	2 시간 이상	유해 인자, 안전 활동, MSDA 등

<건강검진>

1. 건강검진 대상 물질

- n 치명적인 위험물질 및 바이러스에 노출 위험이 있는 연구자

2. 실시 기관

- n 국민건강보험법에 따른 건강 검진 실시 기관

3. 내용

- n 국민건강보험법에 따른 건강검진
- n 학교 보건법에 따른 신체 검사
- n 산업안전보건법 시행규칙의 일반 건강진단 검사항목을 포함한 건강진단

이제 측정기관이 실험실에 안전 점검 및 정밀진단을 나갔을 경우 알아야 내용을 다루어 보도록 하자.

안전 점검을 실시하는 목적은, 유해물질에 노출되거나 위험한 작업으로부터 학생과 연구자를 보호하고, 건강하고 안전하고 적법한 환경이 제공되고 있는지 확인하며, 실험실 이용자가 안전관리지침을 준수하고 있는지를 점검하고, 실험실에서의 모든 활동이 신중하고 조심스러운지를 확인하는 것이다.

안전점검 및 정밀 진단 시 필수적으로 체크해야 할 항목은 다음과 같다.

- n 실험실 안전관리 관련 문서
- n 일상적인 청소 및 관리상태
- n 개인보호구
- n 화학물질 보관 및 폐액처리

- n 표시와 라벨
- n 흡 후드 관리/사용 상태
- n 가스실린더 보관
- n 응급안전장비
- n 시설 및 설비
- n 안전교육

위에 언급된 실험실의 안전점검 및 정밀 진단시 확인해야 할 내용에 대해 하나씩 살펴보면 다음과 같다.

1. 실험실 안전관리지침 (CHP)

실험실 안전관리를 위해 필요한 문서들에는,

- n 응급상황 대응지침
- n 화재, 유해물질 누출, 설비고장 등 대응
- n 사고보고서 작성 및 보고절차
- n 화학물질 목록
- n 물질안전보건자료 (MSDS)
- n 이 있다.

OSHA 의 경우 유해인자 제어 절차서 (Operational Controls: SOPs)에는 다음의 3 types 이 있다.

1. Generic Standard Operating Procedures

2. Specific Standard Operating Procedures

3. Special Procedures : 사전 승인 필요

우선 Generic Standard Operating Procedures 는 할 것과 하지 말 것의 일반적 내용이 포함되는데, 예를 들면:

- n Ordering, distribution & storage of chemicals
- n Safe use of chemicals
- n Emergency response
- n Laboratory injuries

에 관한 지침이 있다.

다음으로 Specific Standard Operating Procedures 는, 실험실 근무자가 작성하는 것으로 유해 화학물질을 다루는 각 실험절차에 Specific 하게 만들어진다. 이때 특별한 형식이 요구되지는 않고, 실험절차로 시작하는데 다음의 요소들이 추가된다:

- n 보건 & 안전 정보
- n 지정된 제어 방법 (e.g., fume hoods)
- n 개인보호구의 선택 및 사용
- n 오염제거와 폐기물 처리 절차

마지막으로 Special Procedures 는 사전 승인이 요구되는 작업에 대한 절차서로서, 다음의 경우에 필요하다.

- n 특별히 유해한 물질을 취급시 요구됨 :
 - n 발암성 물질 : OSHA, NTP, IARC 목록에 들어있는
 - n 생식 독성 물질 (Reproductive toxins)
 - n 급성 독성과 위험이 있는 물질
- n 교수로부터 승인 득해야.
- n 특별 제어 방법:
 - n 지정된 사용 장소 설정

2. 일상적인 청소 및 관리상태

안전검점 및 정밀안전진단을 나갔을 경우 점검해야 할 항목중에 일상적인 청소 및 관리상태가 있다. 이때 주요하게 확인해야 할 항목으로 다음과 같은 것들이 있다.

- 통로의 확보
- 비상구의 확보
- 실험 후 정리정돈
- 유출된 화학물질의 처리

3. 개인 보호구

개인보호구는 유해물질의 노출이나 위험으로부터 사용자를 보호하기 위해 착용자의 몸에 직접 착용하는 것으로 올바른 선택하고 사용해야 하며,

적절히 관리되어야 한다. 또한 보호구의 제한점에 대해서도 사용자가 숙지하고 있어야 한다.

이를 위해 보호구의 교육이 중요한데, 교육 내용에 포함되어야 할 항목으로 다음과 같은 것들이 있다 :

- i. 언제 개인보호구가 필요한지;
- ii. 어떤 개인보호구가 필요한지;
- iii. 어떻게 적절하게 착용, 탈착, 조절하는지;
- iv. 개인보호구의 제한점;
- v. 적절한 유지 관리 방법, 수명, 폐기 방법

교육 후에는 반드시 문서 기록으로 남겨져 있어야 한다.

실험실에서 주로 사용하는 개인보호구에는 호흡보호구, 실험복, 앞치마, 보호장갑, 보안경, 얼굴가리개 등이 있다. 취급하는 화학물질의 MSDS 에 “노출방지 및 개인보호구” 편에 간단하게 필요한 개인보호구의 종류가 언급되어 있다.

개인보호구는 취급하는 물질의 종류와 성상 및 작업형태에 따라 올바르게 선택하고 사용 및 관리하는 것이 중요하다. 이제 대표적 개인보호구에 대해 좀 더 자세히 알아보도록 한다.

3.1 호흡보호구

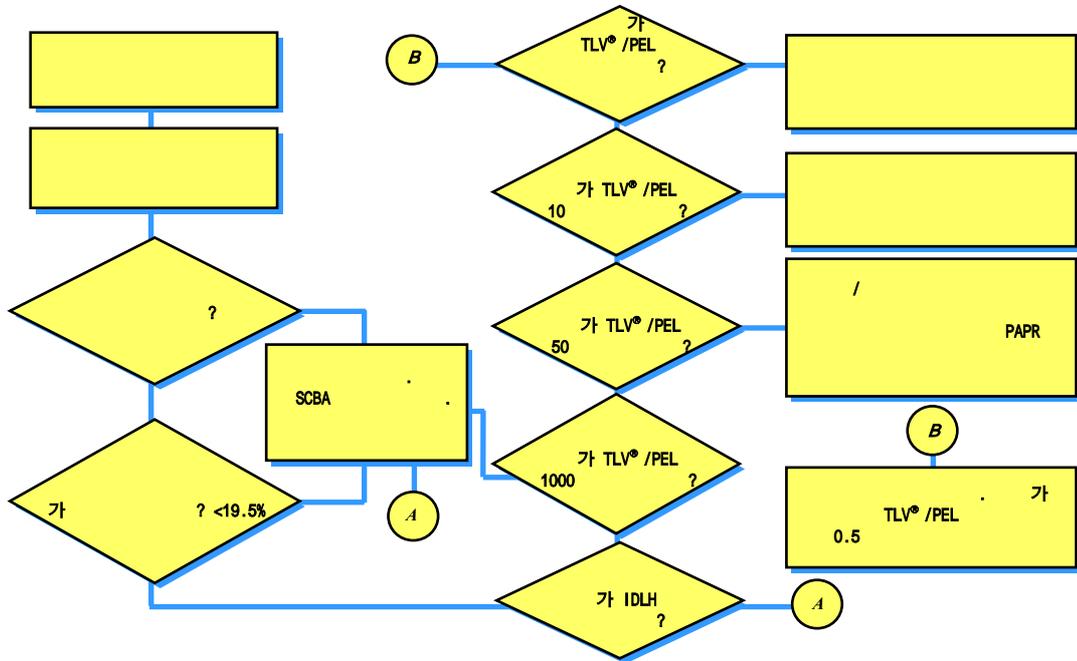
호흡보호구의 종류를 크게 구분하면 공기 정화식과 공기 공급식으로 구분할 수 있다. 공기 정화식 호흡보호구는 다시 일회용과 재사용 혹은 반면형과 전면형 등으로 구분되고, 공기 공급식 호흡보호구는 공기 호스식과 자급식으로 구분된다.

호흡보호구는 화학물질의 물리적 및 화학적 성상에 따라 결정하는데, 가스/증기상 물질은 적절한 정화통이 장착된 방독 마스크 사용한다. 정화통의 종류에는 유기용, 산성용, 암모니아용, 포름알데히드용, 수은용 등이 있다. 입자상(분진, 미스트, 흡) 물질은 필터가 장착된 방진 마스크를 사용하고 있는지를 확인한다.

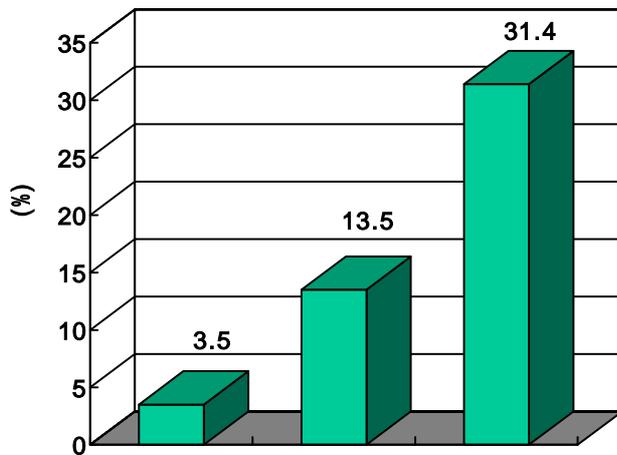
방진과 방독 마스크의 선정 결정 후에는 오염물질의 농도에 따라 면체의 종류를 선택한다. 면체는 모양에 따라 다양한 보호도를 가지게 되는데, 면체별 지정 보호도는 다음과 같다.

- n 음압식 호흡보호구
 - " 반면형 (10)
 - " 전면형 (50)
- n 양압식 호흡보호구
 - " 반면형 (50)
 - " 전면형 (1000)
 - " 헬멧/ 후드 (1000)
 - " 느슨한 형태의 면체 (25)

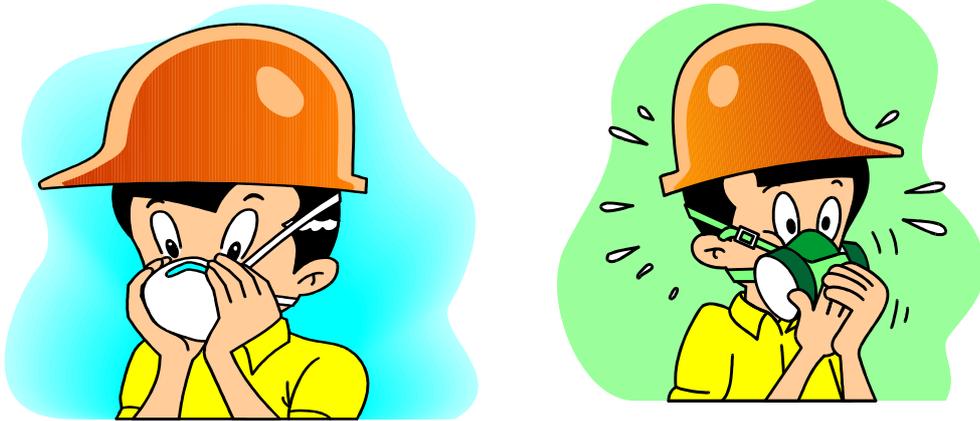
유해물질의 종류와 농도에 따라 마스크가 올바르게 선정되어 있는지를 확인하기 위해서 다음의 그림을 참고할 수 있다.



호흡보호구가 올바르게 선정되어 있는지를 확인한 다음에는 제대로 착용했는지를 확인하는 것이 필요하다. 다음 그림은 안면부여과식 방진마스크의 착용법에 따른 누설율을 보여주고 있는데, 호흡보호구의 올바른 착용방법의 중요성을 일깨워 준다.



호흡 보호구는 매번 착용시 마다 아래 그림과 같이 음압식 혹은 양압식의 자가 밀착검사를 실시하도록 한다.



개별 사용자에게 대한 마스크의 밀착을 객관적으로 확인할 수 있도록 최소한 년 1 회 이상은 아래 그림과 같은 밀착검사가 필요하다.



호흡보호구는 사용 후 수명이 있으므로, 적절한 주기로 새 제품으로 교체해 주어야 한다. 방진마스크의 경우는 호흡 저항이 커지면 필터를 교체해 주고, 방독마스크의 경우는 냄새, 맛, 자극이 느껴지면 새 정화통으로 교체해 주거나 수명예측 software 를 사용하여 교체주기를 설정한다.

재사용 호흡보호구라면 적절한 유지 및 관리가 필요하다. 면체는 주기적으로 세척하는 것이 필요한데 아래의 절차를 따른다.

- n 세척 전에 필터, 정화통, 머리끈, 밸브 등 분리
- n 중성세제와 물로 씻기. 오염제거는 솔을 사용. 건조
- n 부품 검사, 손상된 부품 교체
- n 호흡보호구 조립
- n 비닐백 혹은 밀폐용기에 넣어 깨끗한 곳에 보관

3.2 피부 보호복

화학물질 접촉, 기계적 위험, 생물학적 위험으로부터 피부와 손을 보호하기 위해 보호복 혹은 보호 장갑을 착용한다. 피부 보호는 노출된 국소 피부의 보호 뿐만이 아니라 피부 흡수 후 전신 작용을 나타낼 수 있는 여러 화학물질로부터 인체를 보호하는 데도 중요하다. 예를 들면 PCE 와 같은 많은 유기용제들은 피부 증상 뿐만이 아니라 피부 흡수 후 상기도, 신장, 간장, 중추신경계에 영향을 미치는 전신적 만성 위험을 가지고 있다.

사용하는 물질에 적합한 보호의복과 장갑의 재질과 종류를 선택하는 것이 중요한데, Washington Post 지에 1997년 6월 11일자로 실린 아래의 뉴스를 보면 적절한 재질의 피부 보호 재료를 선택해야 할 중요성을 느낄 수 있다.

Mercury Poisoning Death : Karen Wetterhahn, a cancer researcher at Dartmouth College who was using dimethylmercury to study the effects of toxic metals on human cells, died of mercury poisoning Sunday. She was 48. Wetterhahn was hospitalized in January when tests showed 80 times the lethal dose of mercury in her blood.

화학용 보호 의복 재질에는 다음과 같은 재료들이 주로 사용된다.

보호의복 재료의 종류:

- n Butyl rubber
- n Natural rubber
- n Neoprene
- n Nitrile rubber
- n Polyethylene
- n Polyvinyl Alcohol
- n Teflon
- n Viton
- n 4H

n Barricade

n Tychem

여기서 반드시 명심해야 하는 것은 어느 한가지 재질로 모든 화학물질에 대해 보호할 수 없다는 것이고, 또한 어떠한 좋은 재질도 일정 시간이 경과하면 화학물질이 새어 들어 온다는 것이다. 그 이유는 화학 보호복과 화학물질의 작용 때문인데, 보호복에 파손된 부분이 없는데도 화학물질이 새어 들어오는 현상인 Permeation (투과), 화학물질이 보호복을 녹여, 조직이 느슨해지거나, 부풀어 오르고, 금이 가거나, 딱딱한 현상을 일으키는 Degradation (파손), 보호복에 생긴 구멍(예, 지퍼, 바느질 구멍, 천의 구멍 등)에 의해 화학물질이 이동하는 Penetration (침투)의 3 현상 때문이다.

각 보호복 및 보호 장갑에 특정 화학물질에 견디는 정도를 등급으로 표시하는데 투과저항성에 따라 다음표와 같이 6 등급으로 나눈다. 등급이 높을수록 해당 보호의복이 해당 화학물질에 오랫동안 견딜 수 있음을 의미한다.

Test item (unit)	Performance Class					
	6	5	4	3	2	1
Permeation resistance (min)	>480	>240	>120	>60	>30	>10

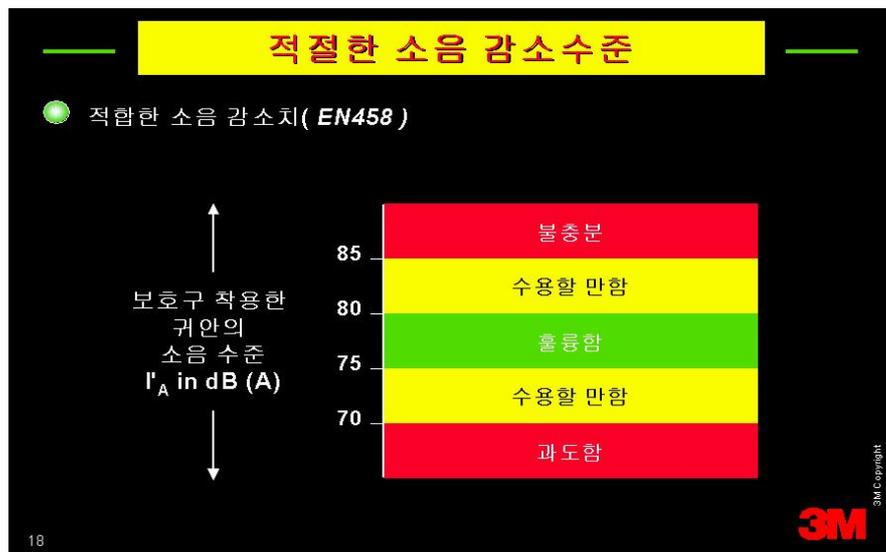
3.3 보안경/ 보안면

보안경과 보안면은 화학물질이 눈과 피부에 튀는 것 방지하기 위해 사용하거나 유해 광선 및 생물학적 유해 인자로부터 눈과 얼굴을 보호하기 위해 사용한다. 일반적으로 Safety glasses, Chemical goggles, Face shield 의 종류로 구분한다.

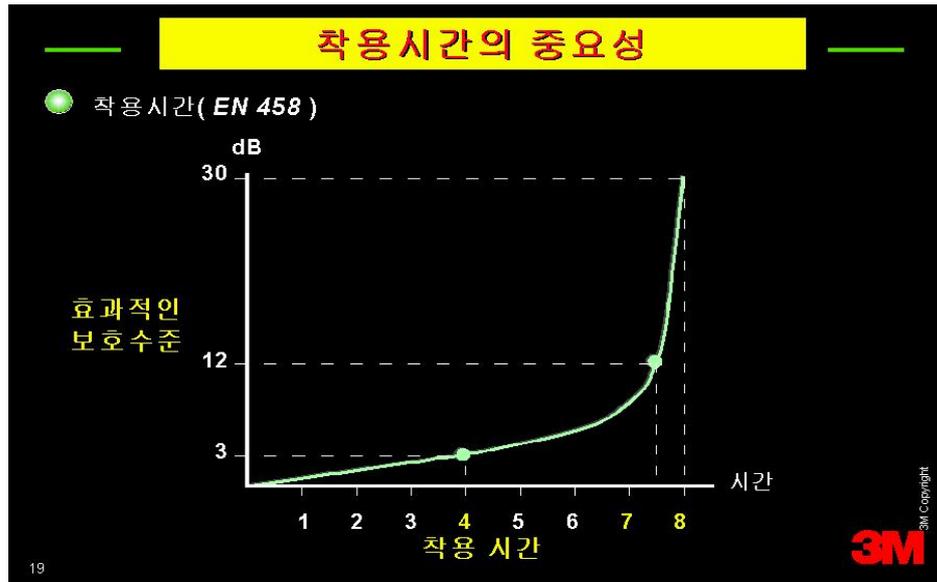
3.4 청력보호구

높은 수준의 소음에 장기간 노출되거나 아주 높은 소음에 단기간 노출되면 소음성 난청을 유발할 수 있다.

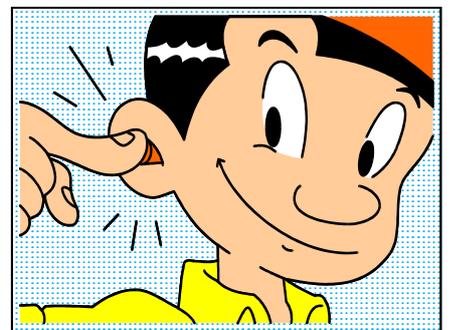
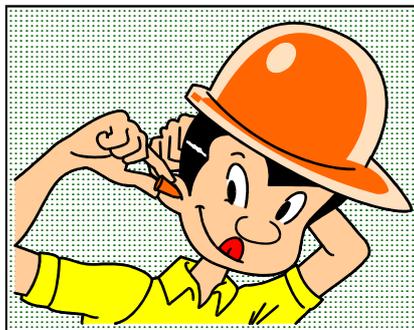
소음에 노출되는 정도를 감소시키기 위해 청력보호구를 사용하는데, 청력보호구는 소음수준에 따라 적절한 소음감소율을 갖는 것을 선택하는 것이 좋다. 가장 적절한 소음 감소 수준은 다음의 그림에서와 같이, 청력보호구를 착용 후 외부 소음의 수준이 75~80 dBA 정도가 되는 것이다.



청력보호구는 높은 소음감소율을 가지는 청력보호구를 단시간 착용하는 것보다 적정 소음감소율을 가지는 청력보호구를 소음에 노출되는 시간내내 착용하는 것이 훨씬 중요함을 아래의 그림에서 알 수 있다.



청력보호구의 종류에는 Disposable Ear plugs, Reusable Ear plugs, Banded type ear plugs, Ear muff 가 있다. 각각의 착용법을 사용설명서를 통해 숙지하는 것이 중요하다. 특히 귀마개의 경우는 올바른 착용법이 소음 차음율에 큰 영향을 미치므로 아래 그림과 같은 방법으로 제대로 착용하는 것이 중요하다.



3.5 실험실별 유해인자와 개인보호구

앞에서는 개별 보호구의 특징 및 올바른 선택과 사용법에 대해 알아보았다.

여기에서는 각 대표 실험실별(화학/화공실험실, 생물/의학 실험실, 물리/공학 실험실)로 유해물질의 종류와 이로 인한 잠재적 건강유해성, 필요한 보호구의 종류와 보호구의 예를 살펴보도록 한다.

3.5.1 화학/화공 실험실

<대표적 유해물질>

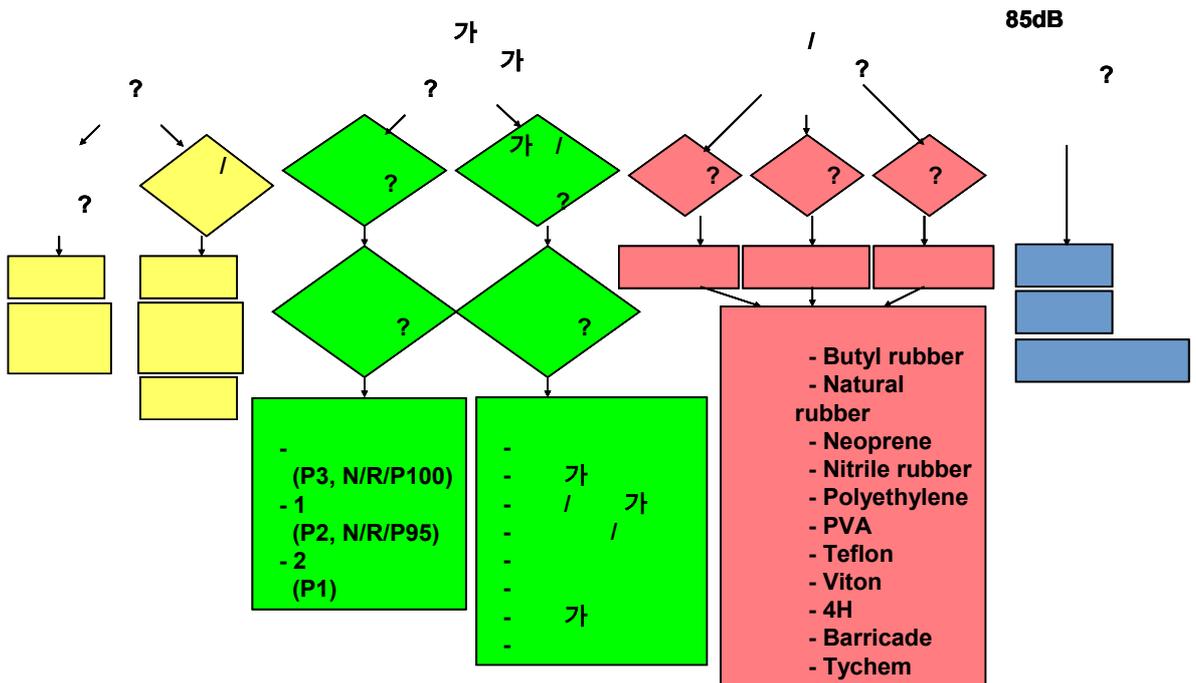
- n 유기 용제
- n 산, 알칼리성 용액
- n 산화 물질
- n 알데히드
- n 촉매
- n 레진
- n Rubber
- n 중금속 입자
- n 플라스틱 monomer, oligomer, polymer

<화학 실험실 유해물질의 건강영향>

- n 피부, 눈, 상기도의 자극 및 손상
- n 마취

- n 간독성
- n 신장독성
- n 혈액독성
- n 폐독성
- n 발암
- n 생식독성
- n 알러지 유발

<화학실험실의 필요 개인 보호구의 목록 결정>



<화학/화공 실험실의 필요 개인 보호구 종류>

- n 호흡보호구 : 방진, 방독

- n 보안면
- n 보안경
- n 보호의복
 - n 장갑, 토시, 앞치마, 실험 가운, 화학용 보호복
- n 청력보호구

<화학실험실용 보호구 리스트 예시>

	- - 가 /	8822K, 9322 8293, 9332 7501/6006/5P71/501 6800/60926	
	/	1720 2790 1631	
	,	Nitri-solve, NSK-24 Best Butyl II Microgard3000, 4000	
		1300/ 1250 1440 1425	
		()	

3.5.2 생물/의학 실험실

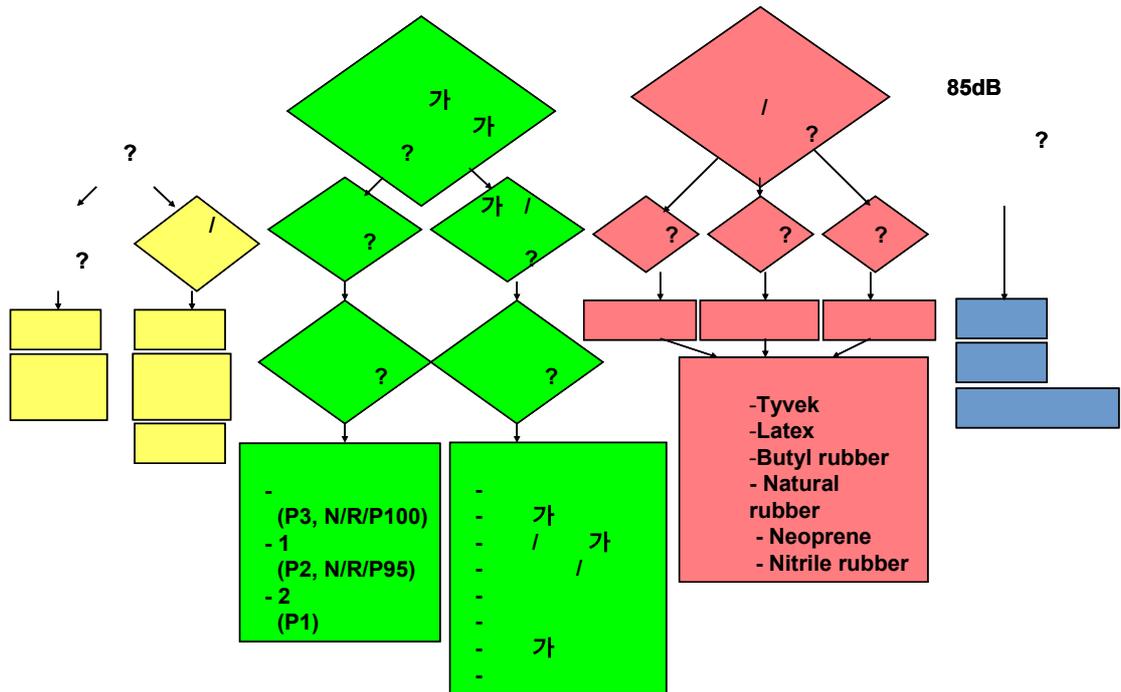
<대표적 유해물질>

- n 박테리아
- n 곰팡이
- n 바이러스
- n 혈중 병원균
- n 곤충
- n 식물
- n 방부제 등 화학물질
- n 액체질소

<생물/의학 실험실 유해물질의 건강영향>

- n 피부, 눈, 상기도의 자극 및 손상
- n 알러지
- n 천식
- n 결핵
- n 병원균의 2 차 감염
- n 마취
- n 간독성
- n 발암
- n 화상/동상

<생물/의학실험실의 필요 개인 보호구의 목록 결정>



<생물/의학 실험실의 필요 개인 보호구 종류>

- n 호흡보호구 : 방진, 방독
- n 보안경
- n 보호의복 : 장갑, 토시, 앞치마, 실험 가운, 입자용 보호복

<생물/의학실험실용 보호구 리스트 예시>

	- - 0.1 가 /	8822K, 9322, 8293, 9332 8577 7501/6006/5P71/501 6800/60926	
	/	1720 2790 1631	
	,	(N-DEX free, Nitricare) Nitrile (Nitrisolve, NSK24) BestButyl II (Microgard 2500, 2000)	
		1300/ 1250 1440 1425	

3.5.3 물리/기계/자동차 공학 실험실

<유해인자의 종류>

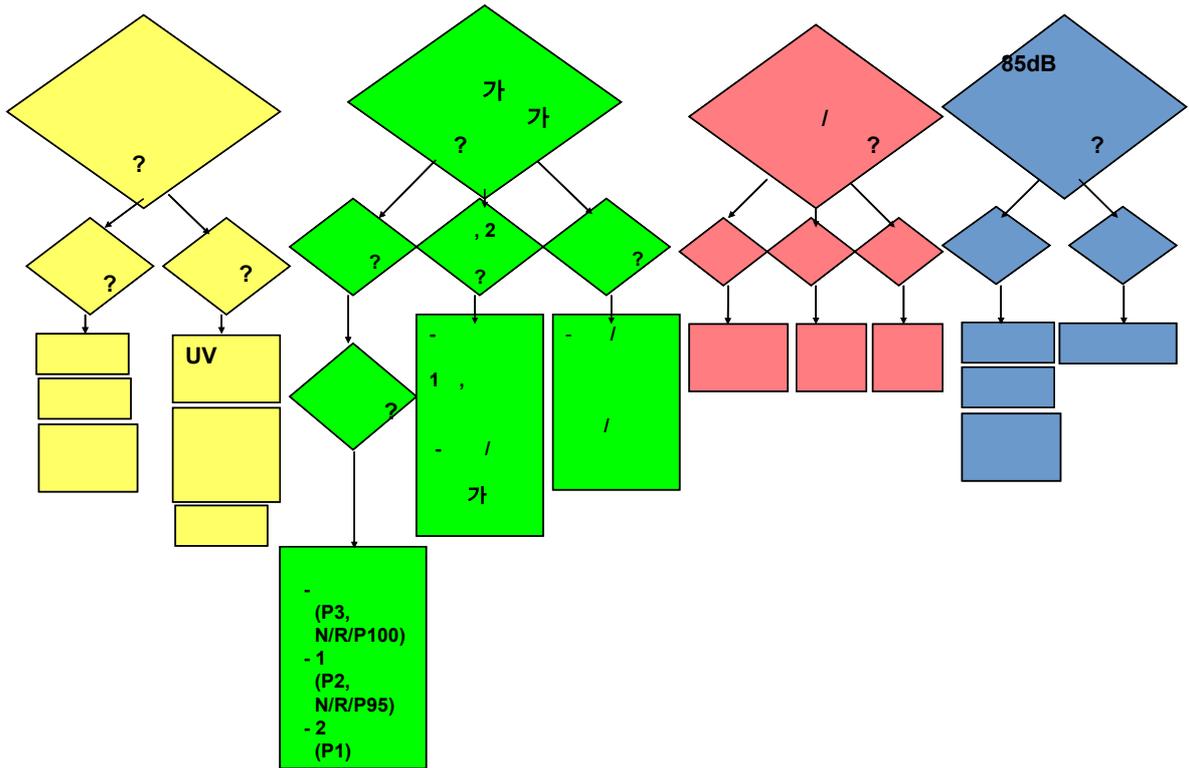
- n 소음
- n 진동
- n 고열
- n 저온
- n 이온화 광선
- n 비이온화 광선
- n 오일 미스트
- n 유기용제
- n 용접흡

<물리/기계/자동차 공학 실험실 유해물질의 건강영향>

- n 소음성 난청
- n 불면증
- n 카팔터닐 증후군
- n 화상, 자상, 창상
- n 결막염, 백내장 등 눈의 손상
- n 피부, 눈, 상기도의 자극 및 손상
- n 용접 흡 열병
- n 발암
- n 비중격 천공

n 천식

<물리/기계/자동차 공학실험실의 필요 개인 보호구의 목록 결정>



<물리/기계/자동차 공학 실험실 필요 개인 보호구 종류>

- n 호흡보호구 : 방진
- n 보안면
- n 용접면
- n 보안경
- n 보호의복
 - n 마모, 자상, 창상 방지용 장갑, 토시, 앞치마, 보호복

n 화상 방지용 장갑 및 의복

n 기계유용 장갑 및 의복

<물리/기계/자동차 실험실용 보호구 리스트 예시>

		8710/ 9310 8822K, 9322, 8577 7501/2097 6800/60928	
		1720 1631 Speedglas 9002D	
	/ /	(ZorBIT), (T-FLEX) (INSULATED NEO GRAB), Microgard 1500, 2000	
		1300/ 1250 1440 1425	
			

4. 화학물질 보관 및 폐액 처리

화학물질의 적절한 보관 및 폐액 처리에 대해 알아보자.

기본적으로 모든 용기(물도)는 항상 분명하게 라벨링이 되어 있어야 한다.

약어를 사용해야 한다면, 실험실 문 안쪽에 “약어의미정의”를 붙혀 놓아야 한다). 가능하다면 별도의 화학물질 보관장소를 마련해 주는 것이 좋다.

다음의 화학물질은 분리 보관하여야 한다.

:45 리터 이상의 인화성 물질

:화학물질/장비와 함께 음식물

:인화성/발화성 물질과 산화성 물질을 함께 보관 하지 않을 것

: 산성과 염기성을 함께 보관 하지 않을 것

유출의 위험이 있는 화학물질은 이중 보관 용기 혹은 이중 보관함에 보관한다. 일반적으로 사용되는 이중 용기는 제조자에게서 제공되는 용기에서 물질을 덜어낸 후 사용하는 용기, 혹은 일차용기가 깨어졌을 경우 내용물을 담고 있을 수 있는 통을 말한다.

화학물질 사용 용기와 저장 캐비닛은 용도에 맞는 구조와 재질 선택하고, 인화성, 폭발성, 부식성, 산성 물질용 등에 따라 구분하여 적절한 것을 사용한다.

화학물질 보관 및 폐액처리의 원칙은 다음과 같다.

- n 화학물질 수령 즉시 날짜를 기입한다
- n 화학물질의 종류와 공존가능성 (compatibility)을 확인
- n 하여 분리 보관한다

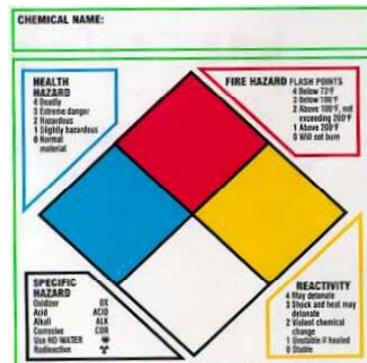
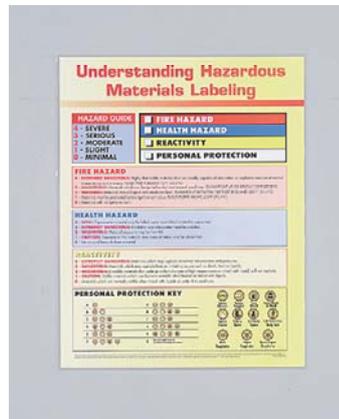
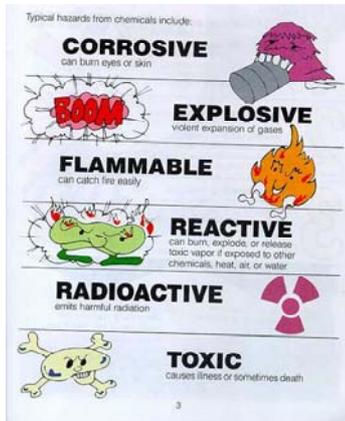
- n 화학물질은 눈높이 아래로 보관하여야 한다.
- n 보관선반은 반드시 턱이 있어야 사고를 예방할 수 있다.
- n 실험실 후드에 화학물질을 보관해서는 안된다.
- n 화학물질 목록표(시약관리대장)를 최신본으로 유지, 관리한다.
- n 폐액은 각 대학의 폐기물 처리정책에 따라 관리한다.

폐화학물질의 부적절한 관리로 인한 결과는 환경부의 벌금 이외에도 너무 많다. 그러므로 폐화학물질은 라벨을 적절하게 하도록 하고 용기는 항상 닫힌 상태를 유지하도록 한다.

5. 표시와 라벨

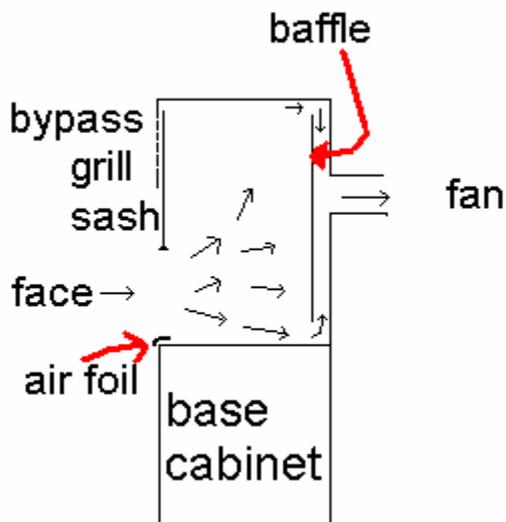
유해 정보(Hazard Communication)를 알려주는 방법으로 가장 중요한 것이 MSDS(물질안전자료, Material safety data sheet)와 Label 이다. MSDS(물질안전자료, Material safety data sheet)와 Label로부터 화학물질 특성, 건강영향, 취급주의 등 내용 숙지하는 것이 중요하다.

아래의 그림은 사용되는 대표적 라벨의 종류를 보여준다. 각 실험실별로 공통적으로 사용할 수 있는, 위험 유해성을 쉽게 알 수 있는 라벨을 모든 화학물질마다 사용하는 것이 좋다.



6. 흡 후드 관리 및 사용 실태

후드는 가벼운 증기와 무거운 증기의 포획(capture)하도록 하는 장치로 포획에 도움을 주기 위해 air foil 이 있고, fan 이 지붕 근처에 위치하며 bypass grill 이 일정한 면속도 유지에 도움 주도록 디자인 되는데, 대표적인 후드의 모양은 아래의 그림과 같다.



후드 종류의 종류에는 글러브 박스, 흡 후드, 페인트 스프레이 부스와 같이 공정 혹은 유해물질을 일부 혹은 전체를 감싸고 있는 Enclosing 후드와, 슬랏 후드, plain-end duct, 푸쉬-풀형 (open surface tanks with push-pull systems)와 같이 유해 인자 발생원의 옆에 위치하는 포집형(Capturing) 후드, 뜨거운 공정 위의 캐노피, 그라인더 후드 와 같이 후드 안으로 들어온 기류만 받는 수동형(Receiving) 후드가 있다.

OSHA LABORATORY STANDARD 의 내용 중 EXPOSURE

CONTROL - FUME HOODS 편에 실험실 후드 사용시 독성이 있거나 휘발성이 있는 물질을 실험실 후드에서 사용하기 전에, 실험실 후드의 성능이 적절한지 확인하고, 알람 장치와 유속 확인 장치를 설치하고, 면속도가 0.4~0.6m/s (80-120 fpm) 정도 되어야 한다고 언급하고 있다. 해야 에 대해 다음의 내용들이 언급되어 있다.

이외에 실험실 후드의 사용의 일반적 원칙은 다음과 같다.

- n 샷시 문은 닫아 둘 것 (2 가지 이유로).
- n 필요하면 airfoil 설치
- n 유량계와 압력계를 설치하고 사용법 알 것
- n 입구에서 15cm 이상 안쪽에서 작업
- n 실험실 문과 창문 = 닫을 것
- n 공기 흐름을 교란시키는 행위 자제
- n 어지러진 물건들 정리 (2 가지 이유).

n 배수구는 물로 적실 것

흡 후드와 스프레이 후드를 종종 구분하지 않고 사용하여 폭발과 화재 등 사고가 일어나거나 후드의 성능을 저하시키는 결과가 일어난다. 흡후드와 스프레이 후드의 특징은 다음과 같다.

n 흡 후드

n 유해 가스와 증기를 포집

n 최소 면속도 : 0.5m/sec (샤시 완전 개방시)

n 스프레이 후드

n 후드 안에서 발생하는 유해 입자상 물질 포집

n 최소 면속도 : 0.8~1 m/sec 이상

n 필터 장착

유독, 불쾌, 가연성 증기, 가스, 분진을 제어하는 흡 후드는 다음 그림과 같은 기본 형태를 가지고 있고, 샤시가 있어 화학물질의 튀, 스프레이, 화재, 소규모 폭발로부터 인체보호를 보호한다. 또한 소규모로 화학물질이 었질러질 때 효과적 제어할 수 있다.

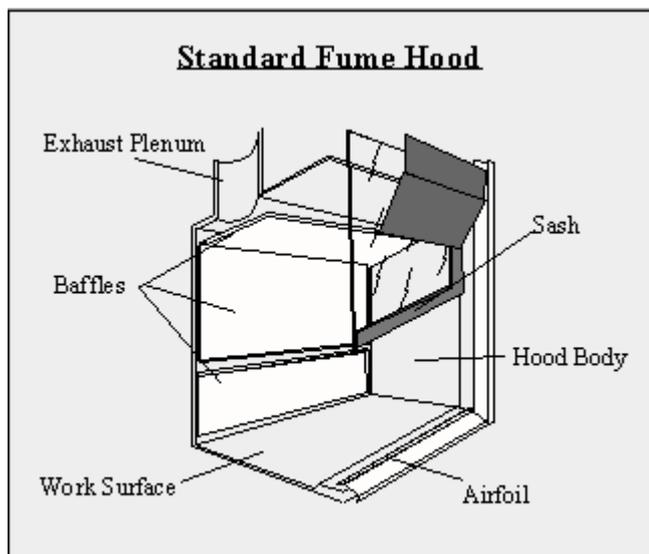


Figure 1 Basic features of a standard fume hood.

흡 후드의 사용시에는 다음과 같은 행동을 하지 않도록 주의한다.

- n 흡 후드에서 스프레이 작업
- n 물질 저장 장소로 사용
- n 화학물질 폐기 용도로 사용
- n 후드 안으로 머리 넣기
- n 샷시나 판넬 제거
- n 콘센트나 다른 스파크 원을 후드 안에 위치

7. 가스 실린더 안전

고압 용기를 안전하게 사용 보관하기 위해서는 다음의 사항을 준수한다.

- 운반, 사용, 저장 중 항상 적절하게 안전성 확보
- 안전하고 평평한 장소에 개별적으로 지지되도록 설치.
- 승인된 체인이나 끈 사용.
- 사용하지 않을 때는 실린더 뚜껑 닫아 둘 것.
- 조절기(regulator)를 항상 사용할 것.
- 카트로 운반시 안전성을 확보하고 뚜껑을 닫을 것
- 용기 안전 실험 유효기간 이전에 용기 반납.
- 가스 실린더 운반 운전은 면허받은 사람만 할 것.
- 산소실린더와 가연성 실린더는 분리
- 통로를 막지 않는다
- 누출 검사 실시

8. 한제(Cryogen) 안전 (예, 액체질소)

한제(Cryogen)를 안전하게 사용하기 위해서는 다음의 사항을 준수한다

- n 위험성 알기.
- n 올바른 개인 보호구 사용
- n 승인된 용기를 사용하여 한제 운반.
- n 액체가 될 수 있는 행동 금지
- n 환기가 잘 되는 장소에서 사용. (O2 monitor 사용 고려.)

대표적 한제인 액체 질소는 무색, 비 인화성 액체이며, -196°C 이상의 온도에서는 무색, 무취, 무미의 가스를 생성한다. 1 volume 의 액체 질소는 682 volumes 의 질소 가스 생성할 수 있다. 이러한 액체질소는 산소 부족 환경에서 사용시 질식의 위험이 있고, 냉동 화상, 동상, 체온 저하를 유발하고, 산소가 풍부한 환경에서 화재를 일으키거나 압력이 축적되어 폭발을 일으킬 수 있다.

액체 질소가 산소를 쉽게 고갈시켜 질식제로 작용될 수 있는 상황을 다음의 두 경우에서 볼 수 있다.

Example 1: 소형 룸

$$L= 5 \text{ m}, W=5 \text{ m}, H= 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Room Volume} = 62.5 \text{ m}^3$$

“ Safe ” Level Oxygen 19.5%

Normal Air – Oxygen 21%

1.5 % of the Room volume of nitrogen gas 필요.

i.e. 0.9375 m³ of nitrogen gas.

액체 질소 1.4 litres 필요.

Example 2: 승강기

L= 2.3 m, W=1.7 m, H= 2.4 m

Room Volume = 9.4 m³

1.5 % of the Room volume of nitrogen gas 필요.

i.e. 0.141 m³ of nitrogen gas.

액체 질소 0.2 litres 필요.

이렇게 위험한 물질이 될 수 있는 한제의 올바른 사용을 위해서는 다음의
일반적 취급 가이드 라인을 숙지하도록 한다.

n 유해성 알기

n 안전 취급 절차 숙지

: use of cold traps and vacuum systems

: pouring without splashing

: cooling of items

n 승인된 보관용기 사용

- n 개인 보호 장비 착용
- n 절연되지 않은 차가운 물질에 직접 접촉 금지
- n confined space 에서 사용 금지 (Lift travel is out)

액체 질소를 취급할 때는 적절한 보호장비를 착용해야 하는데, 다음과 같다.

- n 장갑 : 헐렁한 것, 절연성(insulation) 있는 것
- n 옷 : 전체 cover
 - : 호주머니와 접는 소매끝이 되도록 없을 것
 - : 외부 커버는 재빨리 벗을 수 있는 것
- n 눈 보호 : 보안경은 선호되지 않음.
 - : 털 염려가 있을 때는 보안면 착용 해야.

9. 응급 안전 장비

실험실에서 갖추어야 할 응급 안전 장비에는 다음의 종류가 있다.

- n Eye washer, shower, 소화기 등
- n 화학물질 유출 처리 키트
- n 화재경보, 전화

이들 응급 안전 장비에 대해서는 정기점검 실시하여 응급시 바로 사용할 수 있도록 평상시에 준비해야 하며, 점검일자, 점검자, 다음 점검일시 등을 라벨로 표시해 둔다.

Emergency eye washer & shower 는 접근이 용이하고 가까운 곳에 위치시킨다. 비상눈세척기와 비상 샤워기는 포름알데히드, 자극제, 부식성 물질이 사용되고 될 염려가 있는 곳에서는 반드시 필요하고, 비상 눈세척기는 매주 비상 샤워기는 매년 점검하도록 한다. 비상 눈세척기와 비상샤워기는 접근이 쉽고, 장애물이 없고, 분명하게 라벨링 되어 있어야 한다. 아래의 그림은 비상 눈세척기와 비상 샤워기의 모습이다.



화학물질 유출 처리용 흡착재는 화학물질 흡착재, 유(기름) 흡착재, 산업용(수성 유성 물질 흡착)흡착재의 종류가 있다.

아래 그림은 화학용 흡착재의 사용 참고 이다.



10. 안전 교육

안전 교육은 실험실의 다양한 유해인자의 인식과 올바른 보호를 위한 모든 내용들이 다루어 져야 한다. 반드시 포함되어야 할 내용에는 다음과 같은 것들이 있다.

- n 실험실에 존재하는 위험물질 및 건강상 유해물질
- n 유해화학물질이 존재하거나 누출되는 것을 인지할 수 있는 방법,수단
 - n 노출측정/ 모니터링 기기
 - n 냄새, 눈에 보이는 변화 등
 - n 실험자 스스로 유해요인에 노출되는 것을 예방할 수 있는 방법
- n 작업습관
 - n SOPs
 - n 비상시 행동요령
 - n 개인보호구 선택, 사용 및 관리
- n 문서화된 CHP 의 활용

보다 효과적인 교육을 위해서는 실험실 분야별 맞춤교육을 실시해야 하고, 다음과 같은 맞춤교육의 종류가 있을 수 있다.

- n 실험실 책임자 교육
- n 레이저 안전교육

- n 호흡보호구 사용교육
- n 방사선 안전교육
- n 실험동물 관련 안전교육
- n 병원성 세균/바이러스 취급 안전교육