

한국항공대학교 연구활동 종사자를 위한

# 연구실·협실 안전 교육



한국항공대학교



연구실 안전환경 관리자

## 차 례

제 1장 : 관련 법규/3

제 2장 : 연구실 안전의 개요 및 대학 현황/9

제 3장 : 유해 화합 물질 안전 관리/17

제 4장 : 고압가스 안전 관리/35

제 5장 : 기계·전기,전자 안전 관리/47

제 6장 : 소방 안전/59

제 7장 : 보호구/67

제 8장 : 응급 처치/73

# 제 1장 관련 법규

## 연구·실험실에서의 안전사고 예방을 위한 법적 근거

학교보건법  
1967년 제정(교육부)

산업 안전 보건법  
1981년 제정(노동부)

위험물 안전관리법  
2004년 제정(행자부)

다중이용시설 등의 실내 공기 질 관리법  
1996년 제정(환경부)

학교 안전사고 예방 및  
보상에 관한 법  
2007년 제정(교과부)

연구실 안전 환경 조성에 관한 법률  
(교육과학기술부)  
2005년 03.30 : 제정  
2006년 04.01 : 시행

## 연구실 안전환경 조성에 관한 법률

◆ 법률 명 : 연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제 10446호)

- 제정일 : 2005.03.31
- 적용범위 : 대학, 정부출연 연구기관, 기업 부설연구소
- 대 상 : 연구개발 활동에 종사하는 학생, 교직원, 연구원

◆ 목 적 : 이 법은 대학이나 연구기관 등에 설치된 **과학기술분야 연구실의 안전을 확보함과 동시에 연구실 사고로 인한 피해를 적절하게 보상받을 수 있도록 함으로써, 연구자원을 효율적으로 관리하고, 아울러 과학기술 분야 연구 개발 활동 활성화에 기여함을 목적**으로 하고 있다 (연안법 제 1조)

이 법은 대학 및 연구기관에서 연구활동을 수행하는 학생 및 대학원생, 연구원 등의 **연구활동 종사자**가 쾌적한 연구환경 속에서 연구활동 종사자의 **생명**과 **안전**을 도모하고, **질병예방** 및 각종 사고에 대한 **피해 보상** 등이 적절히 이루어질 수 있도록 하기 위하여 제정된 법률이다.



## 주요내용

### 1. 정의(제2조) -2013.3월 23일 개정

- “연구실 사고”란 연구실에서 연구활동과 관련하여 연구활동 종사자가 부상, 질병, 신체장해, 사망 등 생명 및 신체상의 손해를 입거나 연구시설, 장비 등이 훼손되는 것을 말한다.
- “중대 연구실 사고”란 연구실 사고 중 손해 또는 훼손의 정도가 심한 사고로서 미래창조과학부령으로 정하는 사고를 말한다.

#### 미래창조과학부령으로 정하는 사고

1. 사망 또는 후유 장애 부상자가 1명 이상 발생한 사고
2. 3개월 이상의 요양을 요하는 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 사고
3. 부상자 또는 질병에 걸린 사람이 동시에 5명 이상 발생한 사고
4. 영 제 13조 각호에 따른 연구실의 중대한 결함으로 인한 사고

### 2. 연구주체의 장의 책임(제5조)

- 연구 주체의 장은 연구실의 안전유지 및 관리를 철저히 함으로서 연구실의 안전유지·관리 및 사고예방을 철저히 함으로써 안전환경을 확보할 책임을 진다.

### 3. 안전관리 규정의 작성 및 준수 등 (제 6조)

- 연구실의 안전을 유지 관리하기 위하여 안전관리 규정을 작성하여 각 연구실에 게시 또는 비치하고 연구활동 종사자에게 알려야 한다.
- 연구주체의 장은 연구실 안전환경과 관련된 주요 사항을 협의하기 위하여 연구실 안전관리 위원회를 구성·운영할 수 있다.

#### 4. 연구실 안전환경 관리자의 지정 -2013.3월 23일 개정

- 연구주체의 장은 연구실 안전과 관련한 **기술적인 사항에 대하여 연구주체의 장을 보좌**하거나 각 연구실 안전 관리 담당자에게 **지도 조언**을 하도록 하기 위하여 **연구실 안전환경 관리자**를 지정하여야 하며, 업무는 대통령령으로 정한다.

##### 연구실 안전환경관리자 지정 및 업무 등(동법 시행령 5조)

- ◆ 연구주체의 장은 다음 각호의 기준에 따라 연구실 안전환경 관리자를 지정하여야 한다. 분교 또는 분원이 있는 경우에는 **본교 또는 분원과 별도로** 다음 각호의 기준에 따라 연구실 안전환경 관리자를 지정하여야 한다.
  1. 과학기술 분야 연구활동종사자가 1천명 미만인 경우 : 1명 이상
  2. 과학기술 분야 연구활동종사자가 1천명 이상인 경우 : 2명 이상

연구실 안전환경 관리자의 업무는 다음 각호와 같다.

1. 연구실의 안전점검 및 정밀안전진단의 실시 계획 수립 및 실시
2. 연구실 안전교육 계획 수립 및 실시
3. 연구실 사고 발생의 원인 조사 및 재발 방지를 위한 기술적 지도 조언
4. 연구실 안전환경 및 안전관리 현황에 대한 통계의 유지 관리
5. 법 또는 법에 의한 명령이나 법 제6조 제1항의 안전관리 규정을 위반한 연구활동 종사자에 대한 조치의 건의
6. 그 밖에 법 제6조 제1항의 안전관리 규정 또는 다른 법령에 따른 연구시설의 안전성 확보에 관한 사항

## 5. 안전점검(제8조), 정밀안전진단(제9조)

- 연구실의 기능 및 안전을 위한 유지관리하기 위하여 **일상점검**(매일1회), **정기점검**(매년1회) 특별안전점검(필요 시)을 실시해야 한다.
- 안전점검을 실시한 결과 연구실의 재해 예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정하는 경우 **2년마다 1회 이상 정밀안전 진단**을 실시해야 한다.

## 6. 안전점검 및 정밀안전진단 실시 결과의 보고 및 공표 (제10조)

- 제8조 및 제9조에 따라 안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 연구주체의 장은 지체 없이 **그 결과를 공표**해야 한다. (대학 홈페이지 게재)  
**대학 -> 공과대학 -> 교육지원실 -> 공지사항**
- 연구실의 중대한 결함이 있는 경우 7일 이내 미래창조과학부 장관에게 보고하여야 한다.

### 연구실 의 중대한 결함(동법 시행령 제 13조)

1. “유해화학물질 관리법” 제2조 제8호에 따른 유해화학물질, “산업안전보건법” 제39조에 따른 유해인자, 미래창조과학부령으로 정하는 독성가스 등 유해 위험물질의 누출 또는 관리 부실
2. “전기사업법” 제2조 제16호에 따른 전기 설비의 안전관리 부실
3. 연구개발활동에 사용되는 유해 위험설비의 부식 균열 또는 파손
4. 연구실 시설물의 구조안전에 영향을 미치는 지반침하, 균열, 누수 또는 부식
5. 인체에 심각한 위험을 초래할 수 있는 병원체의 누출

## 7. 보험가입 (제14조)

- 연구활동 종사자의 **상해, 사망**에 대비하여 연구활동 종사자를 **피보험자 및 수익자**로 하는 보험에 가입해야 한다.

교내 연구활동 종사자 및 일반 학생 보험가입 현황			2014년 현재
가입 보험 명	대 상	가입 보험사	보상한도
학생 영업 배상 책임보험	재학생 전원(4,605명)	LIG 손해보험	2억원
연구활동 종사자 보험	과학기술분야 연구활동 종사자(4,143명)	교육 시설 재난 공제회	1억원

## 8. 교육 훈련(제18조)

- 연구활동 종사자는 **반기 별 6시간** 이상 정기 교육을 이수해야 한다. **신규채용자는 8시간** 이상, 연구내용이 변경된 경우 **2시간** 이상의 **안전교육**을 이수해야 한다.
- 연구실 안전환경 관리자는 미래창조과학부령으로 정하는 바에 따라 연구실 안전에 관한 전문 교육을 받아야 한다.

## 제 2장 연구실안전의 개요 및 대학 현황

▪ 과학기술 분야 연구활동 종사자(대학생, 대학원생, 연구원 등)들은 우리가 생각하고 있는 것 보다 훨씬 많은 잠재적 위험요소에 노출되어 있는 것이 현실이다. 즉 산업현장에서는 이미 검증되고 안전이 확보된 재료, 기계, 공정 등을 사용하고 있어 잠재적 위험에 대한 예측 및 관리가 가능하다. 그러나 연구실에서는 새로운 물질, 기계, 재료, 공정 등을 개발하는 과정이므로 잠재된 위험에 대한 예측이 불가능하기 때문에 연구 및 실험실은 결코 안전한 장소라 할 수 없으며, 산업 현장에 비해 일반적이지 않으며, 미지의 위험 요소가 산재해 있다고 할 수 있다.

▪ 일반적으로 제조업, 건설업, 서비스업 등에서 발생하는 사고를 우리는 “산업재해” 칭하며, 우리에게 익숙한 단어이기도 하다. 1981년 “산업안전보건법”이 제정된 이후 국가적 차원에서 체계적인 안전관리 업무를 수행하면서 산업재해는 어느 정도 감소의 효과를 보이고 있다.

▪ 연구활동 종사자들은 스스로 본인의 안전확보를 위해 안전 수칙을 준수하고 잠재적 위험 요소에 대하여 명확하게 이해 하고 있어야 하며, 또한 연구활동 종사자로서 법적 책임이 부과 되게 된다.

## 국내 연구실 주요 사고

발생일자	사고 장소	내 용	인명피해 규모
1999.09.18	서울대 원자핵공학과	알루미늄 분말 제조 중 폭발	사망3명, 부상1명
1999.10.09	서울대 화학과	신경독가스 포스겐 누출	없음
2000.03.03	원광대 무기 화학과	원인미상 실험실 폭발	없음
2003.05.13	KAIST 항공우주학과	풍동 실험실 폭발	사망1, 부상1명
2004.08.27	원자력 연구소	실험장치 유리 파열(청소중)	사망1, 부상1명
2004.10.10	원자력 연구소, 벤처	가연성 가스 분출로 화재	없음
2005.05.04	SK 대덕 기술원	정밀 화학 동 폭발	부상 6명
2006.06.14	서울대 환경 안전원	폐액 수거 중 폭발	부상 1명
2006.09.09	한양대	광전자 재료 연구실 폭발	부상 2명
2010.12.21	호서대	방폭 실험실 폭발	사망 1, 부상 4명

실험실 사고, 2006년 : 14건, 2007년 : 39건, 2008년 : 121건, 2009년 : 171건, 2010년 : 112건 등으로 증가 추세

## 학내 연구실 안전 사고

2012.09.27. 구미 공단, 불산 누출사고(8톤)

2012.10.11. 04:50 : 포항공대 화학 연구동 화재, 1,2층 전소

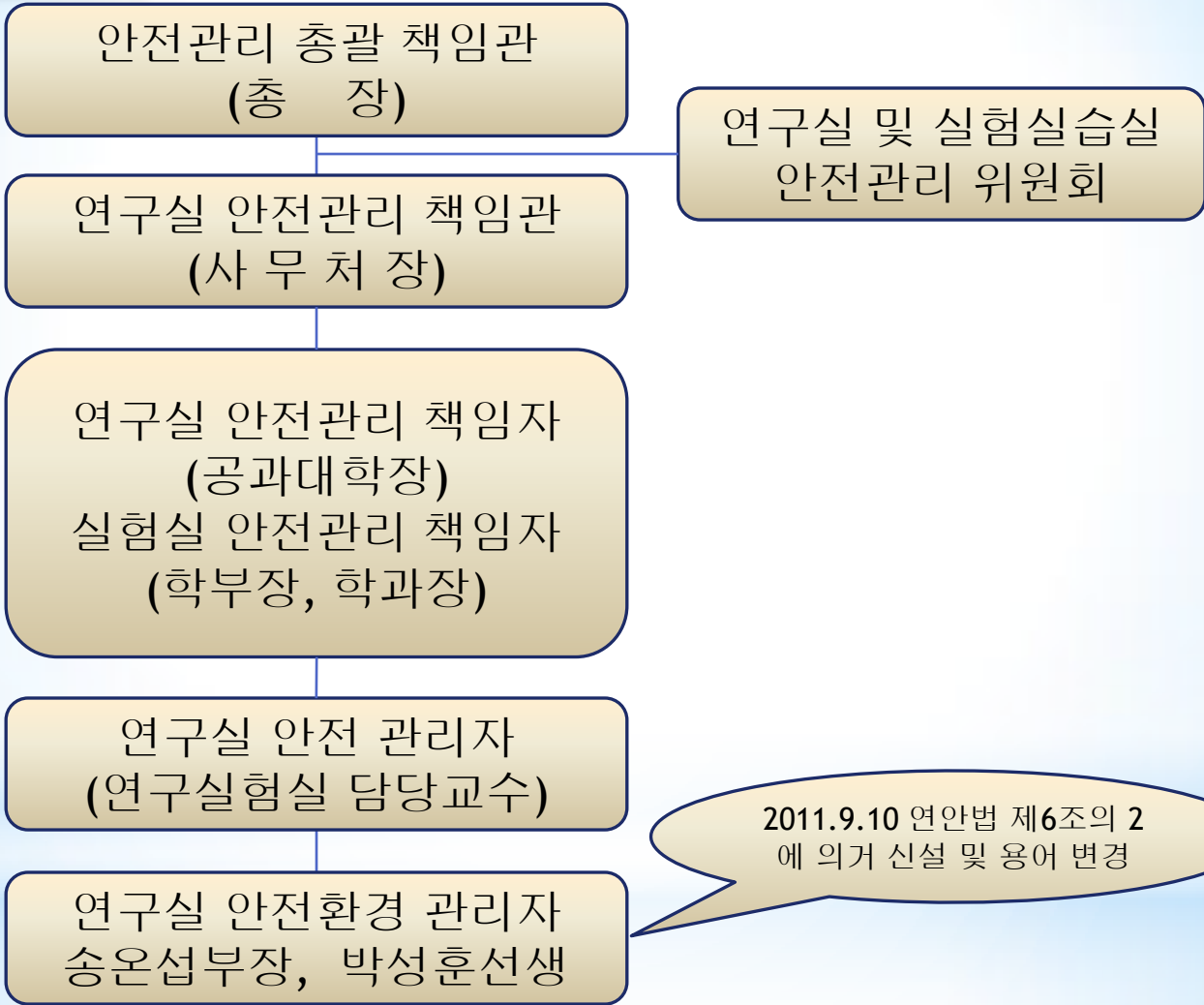
발생일자	사고 유형	장 소	비 고
2010.04.27	화재사고	교수연구실	쓰레기통 발화, 개인연구실의 집기 일부 소실
2010.09.18	화재사고	기10*실험실	히터 과열에 의한 단열재 연소
2012.03.08	장비오염 예방사고	기40*실험실	밀폐된 장비 내부의 수은이 관로를 따라 유동하는 이 상작동 발생 -> 외부 누출 전 장비 폐기 조치 완료.

## 한국항공대학교 안전관리 체계

구 분	내 용
연구주체의 장 안전관리 총괄 책임관	대학, 연구기관 등의 대표자 또는 해당연구실 소유자.(총장)
연구실 안전관리 책임관	대학의 전반적인 연구실 및 실험실습실 안전관리와 대학 시설물의 안전을 위하여 관리 감독하는 자. (사무처장)
연구실 안전관리 책임자	각 대학별 단과 대학 장 또는 학부(과) 장
연구실 안전 관리자	당해 연구실을 직접 관리 감독하는 자로서, 해당 실험실의 담당교수
연구실 안전환경 관리자 전임 : 박성훈 선생 겸임 : 송온섭 부장	안전에 관한 기술적 사항에 대해 연구실 책임자를 보좌하고 연구 활동 종사자에게 지도, 조언 하는 자. (연구실 안전환경 조성에 관한 법률 제6조의 2)
연구 활동 종사자	대학, 연구기관 등에서 과학기술분야 연구개발 활동에 종사하는 자. (학부생, 대학원생, 연구(연구보조)원 등)

대학, 연구실 및 실험.실습실 안전관리 규정 제3조

# 조직도



대학, 연구실 및 실험.실습실 안전관리 규정 제4조



## 2014년도 연구실험실 안전진단 등급 현황

번호	학부(과)	진단 실수	등급별 실험실 수					종합	비고
			1등급	2등급	3등급	4등급	5등급		
1	항공우주 및 기계공학부	34	30	4	-	-	-	1	
2	항공재료공학과	8	5	3	-	-	-	2	
3	항공전자 및 정보통신공학부	26	25	1	-	-	-	1	
4	항공 교통 물류 우주법학부	11	10	1	-	-	-	1	
5	항공운항학과	7	7	-	-	-	-	1	
6	경영학과	3	3	-	-	-	-	1	
7	인문자연학부	8	8	-	-	-	-	1	
8	공통	3	3	-	-	-	-	1	
9	신규사업실험실	4	4	-	-	-	-	1	
계			종합 1등급						

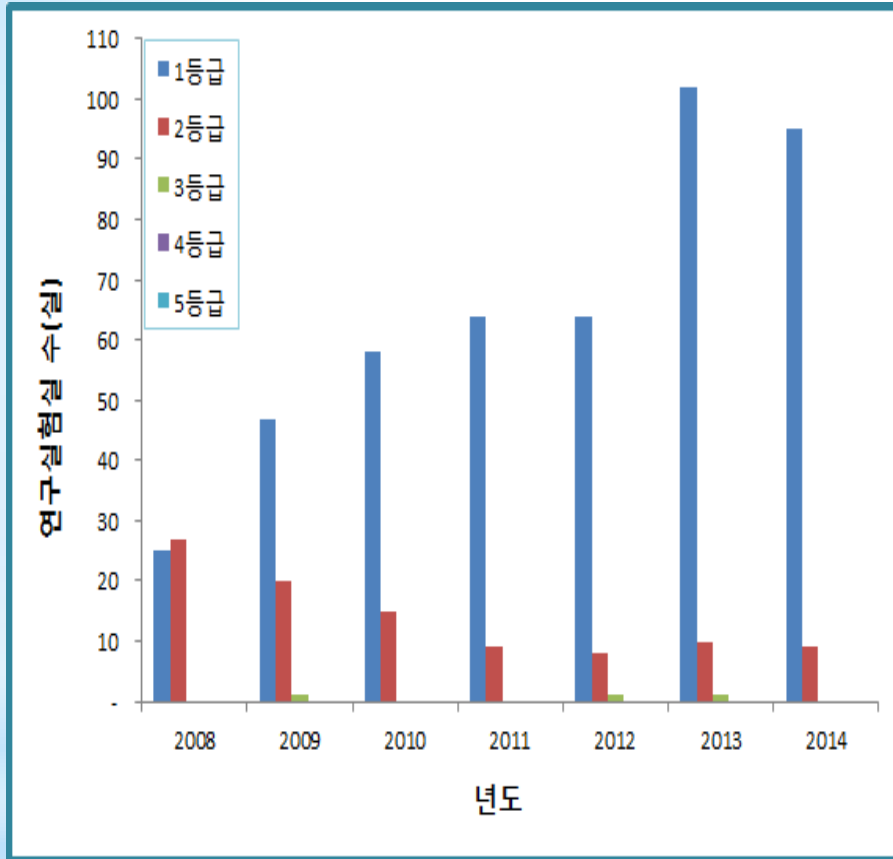
## 2014년도 분야별 등급 개소

등급	소방	전기	기계	가스	위생	화공	종합등급
1 등급	91	84	102	103	104	97	95
2 등급	13	19	2	1	-	5	9
3 등급	-	1	-	-	-	2	-
4 등급	-	-	-	-	-	-	-
5 등급	-	-	-	-	-	-	-
계	104	104	104	104	104	104	104

## 년도 별 안전진단 등급

년도	1등급		2등급		3등급		4등급		5등급		안전진단 실시 실험실 수	비고
	연구실 수	%	연구실 수	%	연구실 수	%	연구실 수	%	연구실 수	%		
2011	64	88	9	12	-	-	-	-	-	-	73	일반
2012	64	88	8	11	1	1	-	-	-	-	73	정밀
2013	102	90	10	9	1	1	-	-	-	-	113	일반
2014	95	91	9	9	-	-	-	-	-	-	104	정밀

## 우리대학 년도 별 안전등급 변화 현황



범 례	
1등급	문제가 없고 안전성이 유지된 상태
2등급	경미한 결함이 발견 되었으나 안전성에 영향이 없으며, 경미한 보수가 필요한 상태
3등급	결함이 2등급보다 취약하고 전체적인 안전에 크게 영향을 미치지 않는으나 일부 보수 및 보강이 필요한 상태
4등급	결함이 심하게 발생하여 긴급보수, 보강이 필요하며, 사용에 제한을 하여야 하는 상태
5등급	심각한 결함이 발생하여 안전상 위험 발생 가능성이 커서 즉시 사용금지하고 개선해야 하는 상태



## 제 3장 유해 화학물질 안전관리

- 대학의 연구·실험실에서는 각종 화공약품을 장기 보관하는 경우가 많으며, 이로 인한 약품의 변질, 반감기에 따른 반응으로 인한 폭발 및 화재, 누출, 오염 등의 안전사고 발생이 상존한다.  
따라서 장기보관 화학약품은 선별하여 주기적으로 폐기 처리하는 것이 중요하며, 정확한 약품의 이력을 확인할 수 없는 약품은 함부로 취급하여서는 안 된다.



### 3-1. 유해화학 물질의 분류 관련법

#### 위험물 법

행정 안전 부

인화성 또는 발화성 등의 성질을 가지는 것으로서 대통령령으로 정하는 것 : 구분 제 1류 ~ 제6류 약 73종

#### 제 1류 위험물



산화성 고체



가연성 물질 접촉금지

공통성질 : 불연성, 산소다량 함유, 무기화합물, 무색결정, 백색분말

대표물질 :  $\text{MClO}_2$ ,  $\text{MClO}_3$ ,  $\text{MBrO}_3$ ,  $\text{MMnO}_4$ ,  $\text{MCr}_2\text{O}_7$

#### 제 2류 위험물



가연성 고체



산화제, 점화 원과 격리

공통성질 : 강력한 환원제, 연소 열 및 연소온도가 높다.

대표물질 : 금속분, 인화성 고체,  $\text{P}_4\text{S}_3$ ,  $\text{P}_2\text{S}_5$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Mg}$  등

#### 제 3류 위험물



자연 발화 및 금수성 물질



물, 점화 원 격리

공통성질 : 공기와 접촉 시 발화, 대부분 물과 반응하여 발화/가연성가스발생

대표물질 :  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{RLi}$ ,  $\text{P}_4$  등 알카리 금속, 유기금속 화합물, 금속수소화물, 금속인화물, 칼슘, 또는 알루미늄의 탄화물 등

제 4류 위험물



인화성 액체



점화원/증기발생억제

공통성질 : 인화성, 증기비중>공기, 액체비중<물

대표물질 : 제1석유류-제4석유류, 특수인화물류, 알코올 류

제 5류 위험물



자기 반응성 물질



점화원 격리

공통성질 : 가연성, 자기 연소성, 가열, 충격, 마찰에 의해 폭발

대표물질 : 유기 과산화 물, 질소 화합물/고체, 액체로서 폭발위험물질 및 가열 분해 위험성 물질

제 6류 위험물



산화성 액체











점화원/가연성, 접촉금지

공통성질 : 부식성, 유독성 강산화제/액체로서 산화성이 있는 물질

대표물질 :  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HNO}_3$  등

## 위험물 일람표

유별 항목	1류	2류	3류	4류	5류	6류	유독물	기타	고압 가스
성질	산화성 고체	가연성 고체	자연발화성 물질 및 금속성물질	인화성 액체	자기반응성 물질	산화성 액체	-	인체 무해	
안전 조건 표지									
색상									
소화 약제	건조사, 물냉각	주수 소화, 건조사	초기 건조사, 질식소화	질식소화, 포 소화약제, 이산화탄소 분말 등	다량의 주수 소화, 화재가 진행시 소화 불능	건조사, 중화제, 사염화탄소 (환기 불량한 곳 사용 금지)			



# 산업안전 보건 법

고용노동부

일반화학물질

MSDS  
(36,000종)

노출기준설정  
(698종)

작업환경측정  
(191종)

관리대상  
(168종)

허가물질  
(14종)

금지물질  
(68종)

법정화학물질

No	웹 사이트	비 고
M S D S	1 <a href="http://www.kosha.net">http://www.kosha.net</a>	안전보건 공단, 화학물질 정보 제공
	2 <a href="http://www.ilpi.com/msds">http://www.ilpi.com/msds</a>	정부기관, 제조업자 및 판매자등이 제공
	3 <a href="http://www.hazard.com">http://www.hazard.com</a>	Osha 규정, Nioshe 등의 D/B 무료제공
	4 <a href="http://www.msdsprovider.net">http://www.msdsprovider.net</a>	화학물질에 대한 정보 제공
	5 <a href="http://www.msdssearch.com">http://www.msdssearch.com</a>	언어별 검색가능
	6 <a href="http://educationservice.kau.ac.kr/page/web/education/rule/rule.jsp">http://educationservice.kau.ac.kr/page/web/education/rule/rule.jsp</a>	한국항공대학교 홈페이지 / 교육지원실 / 실험실 안전관리 규정

MSDS(Material Safety Data Sheets) : 화학물질의 명칭, 성질, 유해 위험성, 응급조치 요령, 취급방법 등을 기록한 자료

# 유해 화학물질 관리 법

환경부

유독물  
유해성이 있는 물질  
지정고시

취급 제한 유독물  
금지물질, 제한 물질  
지정고시

관찰 물질  
유해성이 우려되는 물질  
지정고시

## 3-2. 유해화학물질의 특성별 분류

### 1. 물리적 위험 물질

- ◆ 화재가 발생하기 쉬운 물질
- ◆ 화재의 확산속도가 빠른 물질
- ◆ 화재 및 폭발 원인 물질

위험물 법



폭발성, 산화성, 극산화성, 고산화성, 인화성, 금수성 물질

### 2. 건강 위해 물질

- ◆ 인체의 정상적 생명 활동에 방해가 되는 물질
- ◆ 인체 건강에 위해 또는 장애를 줄 수 있는 물질

산업안전보건법



고독성, 독성, 유해성, 부식성, 자극성, 발암성, 변이성, 자극성

### 3. 환경 위해 물질

- ◆ 환경오염을 유발시키는 물질
- ◆ 대기 보전 법 및 수질 보전 법

유해화학물질관리법



인간의 생활에 지장을 초래하는 물질

### 3-3. 유해화학물질의 특성

1. 쉽게 확산되고 다른 물질과 반응하는 특징이 있다.
2. 증발을 통해 공기 중으로 쉽게 확산된다.
3. 분자량이 작을수록, 점성이 낮을수록 증기압이 높을수록 빠르게 증발된다.
4. 인체 호흡기를 통해 흡입되거나 흡수되며, 2차 폭발 환경을 조성한다.
5. 화학물질간 반응속도는 물질의 농도, 압력, 온도, 촉매 량이 많을수록 빨라진다.

### 3-4. 유해화학물질의 보관

1. Label 부착. (약품명, 위험성, 응급조치방법, 사용자, 구입일자 등)
2. 직사광선을 피하고 냉 암소에 보관.
3. 공존할 수 없는 물질의 혼합 보관 금지.
4. 독극물은 시건 장치가 확보된 곳에 별도 보관.
5. 분실 및 도난시 즉각 보고하고, 유통기한이 지난 약품은 폐기할 것.
6. 유독성, 인화성 약품 및 용액은 가능한 눈높이 아래에 보관.
7. 인화성, 휘발성 물질은 열, 태양 등 점화 원으로 부터 멀리 보관.

### 3-5. 유해화학물질의 취급 요령

#### 유해 화학물질 안전수칙

1. 유독성 화합물을 취급할 경우 반드시 후드 안에서 다루어야 한다.
2. 실험 중 배기후드의 문은 최소 1/3이하로 열린 상태를 유지 할 것.
3. 실험실 별 가연성 액체의 보유량은 15리터를 초과하지 않도록 할 것.
4. 물질안전 보건자료(MSDS)내용을 항상 숙지 할 것.
5. 모든 시약의 용기에는 표식을 전면 부에 부착 할 것.
6. 보관은 성상 별로 보관하고, 사용 후 원래의 보관장소에서 보관한다.
7. 시약을 옮길 경우 안전한 운반장비를 이용하여 운반 한다.
8. 유기/무기물질은 분리 보관하고, 증기를 배출할 수 있는 덕트 시설을 설치 해야 한다.
9. 유독성 화합물은 식료품, 의약품, 시료 등과 혼합 저장을 금지한다.

#### 유해 화학물질 응급처치

1. 유해 화학물질이 눈에 들어갔을 경우 신속히 물로 세척한다.
2. 손상된 부위를 물로 씻어주며 옷은 제거하고 통증이 사라진 후에도 10분 이상 씻어 준다.
3. 눈 손상은 짧은 시간의 노출로 영구적인 실명을 초래할 수도 있으므로 빨리 물로 씻어 주고, 다른 눈으로 오염물질이 들어가지 않도록 주의 한다.
4. 옷을 입은 채 화상 피해를 입었을 경우 찬물로 충분히 옷을 식힌 후 벗긴다.
5. 물집이 생긴 경우 터뜨리지 말고 그냥 두어 자연스럽게 벗겨지도록 한다.

## 연구·실험실 안전 표지

금지표지							
	관계자 외 출입금지	사용금지	금 연	불 사용금지	물체 이동금지	휴대전화 사용금지	
경고표지							
	인화성 물질 경고	발화성 물질 경고	폭발성 물질 경고	급성 독성물질 경고	부식성 물질 경고	방사성 물질 경고	고압전기경고
							
	고온경고	저온경고	발암성, 변이원성, 생식독성 호흡기, 과민성물질 경고	위험 장소 경고	생물학적 위험물	고압가스 주의	
지시표지							
	보안경 착용	방독마스크 착용	방진마스크 착용	안전장갑 착용	안전복 착용		
안내표지							
	응급구호 표지	세안장치	비상샤워기	비상구	소화기		

### 3-6. 폐액 및 폐기물 관리

- 연구·실험실에서 폐액과 관련된 사고가 종종 발생하고 있으며, 일반적으로 폐액을 운반하던 중 또는 폐액 수거 용기 내에서 일정기간이 경과한 후 반응이 시작되어 용기가 파열되는 사고가 발생하고 있다.
- 연구·실험실 내에서는 다양한 종류의 폐기물이 발생되고 있는데 일반 폐기물, 지정폐기물, 의료 폐기물 등으로 나눌 수 있다, 이러한 폐기물 들은 무단으로 폐기할 경우 환경오염은 물론 2차 피해가 발생하수 있어 반드시 지정된 용기에 담아 배출하여야 한다.

#### 지정 폐기물

- 부식 성 폐기물 : 폐 산, 폐 알칼리
- 폐 유
- 폐 유기용제
- 폐 석면
- 폐 유독 물
- 폐 유리 제품 류, 시약 공병 등
- 기타 유해 화합물질

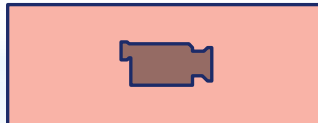


## 화학 약품 취급 안전 수칙

1. 화학약품의 폐기 시에는 약품에 대한 정보를 정확하게 숙지하여 처리과정에서 **혼합이 금지된 약품이** 혼합되는 일이 없도록 해야 한다.
2. 폐액은 **폐 유기용제(할로겐족, 비 할로겐족), 폐산, 폐 알칼리, 폐유, 고체 폐기물** 등으로 **구분**하여 수집하되, 반드시 명세서, 폐액 명, 폐기일자, 수량, 폐기자 등을 명시해야 한다.
3. 수집된 폐기물은 실험실 내에 방치해 두지 말고 적절한 시일 내에 **폐액 처리 의뢰**(교육 지원실) 를 거쳐 배출한다.
4. 폐액 수집 용기는 **플라스틱** 용기를 사용하고 깨지기 쉬운 유리 용기나 부식이 가능한 금속 용기는 사용하지 말아야 한다.
5. **공병 및 유리 제품**의 경우 내용물을 완전히 제거한 후 전용 용기에 담아 폐액 처리 의뢰 시 **함께 수거**될 수 있도록 조치한다.
6. 폐기물 용기 외부에 식별 가능하도록 **폐기물 스티커를 부착**하고, 실험실 명, 폐기물의 특성 및 주의사항 등을 기록한다.
7. 수집된 폐기물을 운반할 경우 **2인 이상**이 개인 **보호구를 착용**하고 안전한 운반구를 이용하여 운반한다



철저한 분리 수거



실험실 폭발 CCTV



공병도 처리절차를 통한 폐기

## 혼합 금지 물질

화합물	공존할 수 없는 화합물
초산	크롬산, 질산, 수산화기를 지닌 화합물, 과염소산, 과산화물, 과망간산염
아세틸렌	염소, 브롬, 구리, 불소, 은, 수은
알칼리	물, 사염화 탄소, 염화 탄화수소, 이산화 탄소, 할로겐
무수 암모니아	수은, 염소, 칼슘 하이포아염소산, 요오드, 브롬, 불화수소 산
질산암모늄	산, 금속분말, 가연성 액체, 염소산 염, 아 질산염, 황, 미세유기 또는 연소성 물질
아닐린	질산, 과산화 수소
브롬	암모니아, 아세틸렌, 부타다이엔, 부탄, 메탄, 프로판, 수소, 소듐 카바이드, 터펜틴, 벤젠, 미세 금속
뷰틸 리튬	물
활성탄소	칼슘 하이포아염소산, 모든 산화제
염소산 염	아모늄 염, 산, 금속분말, 황, 미세 유기 또는 연소성 물질
염소	암모니아, 아세틸렌, 부타다이엔, 부탄, 메탄, 프로판, 수소, 소듐 카바이드, 터펜틴, 벤젠, 미세 금속
이산화 염소	암모니아, 메탄, 포스핀, 황화수소
구리	아세틸렌, 과산화 수소



## 혼합 금지 물질

화합물	공존할 수 없는 화합물
가연성 액체	질산 암모늄, 크롬산, 과산화수소, 질산, 과산화소듐, 할로겐
탄화수소	불소, 염소, 브롬, 크롬산, 과산화 소듐
과산화 수소	구리, 크롬, 철, 대부분의 금속 또는 금속염, 알코올, 아세톤, 유기화합물, 아날린, 나이트로메탄, 가연성 액체, 기체 산화제
요오드	아세틸렌, 수용액 또는 무수 암모니아, 수소
수은	아세틸렌, 폴민산, 암모니아
질산	초산, 아닐린, 크롬산, 시안화수소산, 황화수소, 가연성 기체, 가연성 액체
은	아세틸렌, 옥살산, 타르타르산, 암모늄 화합물
황산	염산포타슘, 과염소산 포타슘, 과망간산 포타슘(또는 소듐, 리튬)
아세톤	진한 질산과 황산의 혼합물
염산	대부분의 금속, 알칼리 또는 활성 금속
질산염	황산
산소	유류, 그리이스, 수소, 가연성 액체, 기체 및 고체
유기 과산화물	유기 또는 무기산, 마찰, 열

### 3-7. 화공 분야 실험실 공통 안전수칙

1. 유해 화학 물질이 눈에 들어갔을 경우 신속히 **아이샤워기** 등을 이용하여 세척한다.
2. 실험 중 배기 후드의 문은 열린 상태가 **1/3**을 넘지 않도록 유지 한다.
3. 물질 안전 보건 자료(**MSDS**)의 내용을 항상 숙지 해야 한다.
4. 모든 시약의 용기는 표식을 **전면** 부에 **부착**한다.
5. 시약은 **특성** 별로 시약 장에 **보관**하고, 사용 후 원래 장소에 보관한다.
6. **발열반응** 화학 실험은 특히 **화재, 폭발** 등에 주의를 기울여야 한다.
7. 시약을 **이동**할 경우는 안전한 **운반구**를 이용하여 이동한다.
8. **유기/무기** 물질은 **분류** **보관**하고, 증기를 흡입할 수 있는 닥트 시설 내에서 취급한다.
9. **인화성** 물질의 취급 장소에는 반드시 **소화기**를 비치해야 한다.
10. **산화제**는 **가연성** 물질과 반드시 **격리** **보관**하여야 한다.
11. 산화제는 건조한 가루 상태에서는 **마찰** 또는 **충격**을 주어서는 안 된다.

# 1. 화학 물질에 의한 화재사고



- 이 사고는 실험실 내부 시약보관용 냉장고에 산화몰리브덴, 부틸리튬, 디아조메탄 등을 장기 보관하던 중 폭발에 의한 화재로 인하여 실험실이 전소된 사고.
- 실험실 내에서 사고 원인 물질은 고체, 액체, 기체, 충격에 의한 폭발성, 인화성 등 매우 다양하게 존재하며, 일부 화공약품은 개봉하지 않았더라도 일정기간이 지나면 **자연 폭발 및 발화**의 성질을 가지고 있는 것도 존재한다.



벤젠 증류 시 폭발사고



후드하단부 시약비치로 화재 폭발 위험 상존, 점화원 제거



일본 경도대 폐액 수거 및 처리 모습



- 일시: 2008.05.09
- 장소: ○○ 대학교 일반화학 실험실
- 개요 : 화학 실험 후 실험에 사용된 소량의 아연 분말을 휴지통에 버려 아연 분말과 공기 중의 수분이 반응하여 자연 발화가 발생한 것으로 추정되는 화재 발생

- 일시: 2008.05.16
- 장소: ○○ 대학교 ○○ 실험실
- 개요 : 금수성 물질인 나트륨이 물과 접촉하면서 사고 발생, 중상1명, 경상 1명



- 일시: 2008.06.00
- 장소: ○○ 대학교 ○○ 실험실
- 개요 : 마그네슘 용융액 누출에 의한 화재 사고





### 3. 폐 액 용기 수거 중 폭발사고



▪ 폐 액 용기 수거 담당 직원이 단독으로 실험실에서 발생한 폐 액 통을 수거하여 이동 중 폭발하여 인체의 얼굴 팔 등에 화학약품에 의한 화상을 입는 사고 발생(S대).

▪ 황산 및 과산화 수소가 혼합된 용기가 이동 중 반응에 의한 가스발생 및 팽창에 따라 내압의 급격한 상승으로 용기가 폭발한 것으로 추정, 이 과정에서 용기 내에 들어 있던 황산 및 과산화 수소 혼합물이 비산 되면서 작업자가 화상을 입는 사고가 발생했다. (2007.02.01)



Good



시약 장 또는 밀폐 형 환기 시약 장을 이용하여 보관

Bad



정리정돈 불량



낙하에 의한 2차 사고 상존



## 제 4장 고압가스 안전관리

- ◆ 대학의 연구·실험실 가스 사고의 원인은 대부분 가스누출, 연구원 및 연구활동 종사자의 **부주의**, **정리정돈**의 불량 등으로 가스가 **누출**되어 일어난다.
- ◆ 가스사고의 형태는 대부분 **폭발**사고이며, 그외 **중독**, **질식** 및 **동상** 등의 가스안전사고가 발생된다. 이러한 사고를 예방하기 위해서는 각종 가스의 특성을 파악하고 폭발 등의 사고가 발생하는 원인을 명확히 숙지하고 있는 것이 중요하다.



## 4-1. 가스사고의 원인

- 대학의 연구·실험실에서 발생하는 가스사고의 원인은 대부분 **가스 누출**에서 기인한다. 즉 **가스누출로 인한 폭발**사고가 대부분이며, 폭발, 중독, 질식 사고 발생시 인명 및 재산 피해가 크기 때문에 **중대사고**로 이어질 가능성이 크다.
- 가스 압력 용기는 대부분 제작 시 용접에 의해 제작 되는 경우가 많기 때문에 수압시험을 비롯한 기밀 시험을 실시한 후 사용해야 하며, 폭발성이 없는 가스를 사용하더라도 높은 압력으로 충전된 **용기의 파열**사고를 유발할 수 있다.

### 가스사고의 대표적 원인 물질

#### 폭발성 가스

아세틸렌, 수소,  
LPG, LNG 등

폭발성 가스의 누출, 착화로 인한 폭발 사고

#### 독성 가스

염소, 염화 수소,  
암모니아 등

누출에 의한 중독 사고 발생

#### 질식 가스

염소

누출로 인한 산소 결핍으로 호흡 곤란에 의한 질식



## 4-2. 가스사고의 특성

- **폭발**은 급속한 압력 또는 **충격파**의 이동을 수반하며, 가스의 급속한 **팽창현상** 또는 급속한 **압력 증가**에 따른 방출의 결과로 **굉음**을 내면서 용기가 **파열**하거나 가스가 **팽창**하는 현상이라 할 수 있다.
- 폭발현상이 발생하면, 가스의 연소에 의해 열의 발생속도가 빠르게 진행됨과 동시에 **2500~5000℃**에 이르는 **비정상적 연소현상**을 일으킨다.

폭발은 기계적 및 화학적 폭발로 분류할 수 있으며, 기계적 폭발은 압력 **용기의 파열**을 의미하고, 화학적 폭발은 급속한 화학반응에 의한 **과압(Overpressure)**으로 인한 **폭발**을 의미한다.

### 폭발의 3대 필수 요소

1. 연료  
(Fuel)



2. 산소 공급원  
(Oxygen)



3. 점화 원  
(Ignition Source)



### 4-3. 가연성 가스의 폭발한계

가스 명	하한 계 (Vol, %)	상한 계 (Vol, %)	가스 명	하한 계 (Vol, %)	상한 계 (Vol, %)
부 탄( $C_4H_{10}$ )	1.8	8.4	수 소( $H_2$ )	4	75
프로판( $C_3H_8$ )	2.1	9.5	황화수소 ( $H_2S$ )	4.3	45
아세틸렌 ( $C_2H_2$ )	2.5	81	메 탄( $CH_4$ )	5	15
에 탄( $C_3H_6$ )	3	12.4	일산화탄소 ( $CO_2$ )	12.5	74

- ◆ 가연성 기체의 경우 공기와 혼합 되었을 때 연소 및 폭발이 가능한 농도범위를 **폭발한계(Explosion Limit)**라 한다.
- ◆ 가연성 기체가 착화하여 폭발하는데 필요한 에너지는 일반적으로 0.3mJ로써 **스파크, 정전기** 등의 아주 작은 에너지도 점화 원이 된다.

## 4-4. 고압가스 관리요령

▪ 연구실 안전관리 분야 중 취약한 분야 중 하나가 고압가스 안전관리 분야이다. 연구·실험실에서 사용하는 고압가스는 원칙적으로 **옥외**에 보관하는 것이 원칙이나, 옥외 저장소 설치의 어려움 등으로 대부분 연구 실험실에 보관 사용중인 실정이다. 또한 연구 실험실에서 **폭발 사고**는 연구원의 부주의에 의해 가스가 **누출** 되어 **착화**, **폭발**하는 사고가 대부분으로 고압가스 사용시 각별한 주의가 필요하다.

### 고압가스 취급 안전수칙

1. 항상 40 °C 이하에서 보존하고 **환기**를 시킬 것.
2. 누출방지를 위하여 보관 시 **밸브 보호용 캡**을 씌울 것.
3. 가연성 가스를 사용시 가압설비와 사용설비의 배관에 **역화 방지 장치**를 설치할 것.
4. 용기 전도를 방지하기 위한 **전도방지 장치**를 설치할 것.
5. 누출에 대비하여 반드시 **가스 누출 감지 경보기**를 설치할 것.
6. **가연성 가스**와 **조연성 가스**는 함께 보관 하지 말 것.
7. 가연성 가스 저장소에는 유효한 **소화기**(분말, CO<sub>2</sub>, 하론) 비치할 것.
8. 가연성 가스 사용시 **절연 호스**나 **고무 호스** 등을 사용하지 말 것.
9. **이동** 시에는 **뉘거나 굴러서는 안되며**, **운반 구**를 이용한다.



가스 운반 구

### 4-5. 각종 가스 용기의 도색기준

구 분	가스 명	Color	구 분	가스 명	Color
가연성 가 스	액화 석유 가스	회 색	기 가 타 스	산 소	녹 색
	수 소	주황색		액화 탄산 가스	청 색
	아세틸렌	황 색		질 소	회 색
독 성 가 스	액화 암모니아	백 색		헬 륨	회 색
	액화 염소	갈 색		기 타	회 색
	그 밖의 가스	회 색			

1. 실험실 내에서 고압가스를 사용할 경우, 가스 용기의 색깔에만 의존해서는 안 되며, 정확하게 위험성을 확인하고 사용해야 한다.
2. 사용 전 가스의 특성을 MSDS를 통하여 확인하고 숙지 할 것.
3. 실내 환기 상태를 확인하고 사용 및 작업 할 것.
4. 가연성 가스는 “연”, 독성 가스는 “독”자를 표시해 둘 것.

Good



밸브 보호 캡 부착



가스누출 경보기 설치



전도 방지 장치 설치

Bad



함께 보관 금지 가스



고무호스 사용사례



절연 호스 사용사례





- 2008.07.29
- 울산 정밀화학센터 2층 화학소재 분석실 폭발
- 개요 : 실험실 테이블 설치, 전기작업 도중 튼 불꽃에 의해 수소폭발, 또는 알곤 및 산소 연쇄폭발 이었거나 테이블 설치 중 ICP/MS 분석기 폭발로 추정된다.
- 피해 현황 : 사망 1명, 중상 2명, 실험실 전소,



- 2009.01.
- Oo 연구소
- 회분식 반응기를 사용하여 물을 용재로 사용하는 중합 실험 중, 반응 초기 단계에서 드레인 라인을 통해 가연성 가스인 1,3-부타디엔과 인화성 액체(아크릴로니트릴)등 반응 내용물이 전량 누출되어 폭발이 발생하였다.
- 피해 현황 : 사망 1명, 부상 1명, 실험실 전소





### 3. 실험실내 가스 폭발사고



- 2010.12.21
- 충남 S대 방폭 실험실
- CNG 버스 폭발사고 원인 규명을 위해 LPG에 산소 주입 중 폭발이 일어났으며, 안전장치 및 개인 보호구를 미착용 중에 발생
- 피해현황 : 사망 교수1명, 부상 4명(한쪽 눈 실명 1명) 발생



파괴된 방폭 실험장치



과산화 수소 분해 실험 중 가스누출 및 폭발 1명 사망, 1명 중상(2003.05)



배관 고정 설치 및 Label 부착 미 사용배관 마감장치 설치 등



- 1984.12.02
- 유니언 카바이드 공장(인도 보팔 시)
- 개요 : 27톤의 독가스인 메틸이소시아네이트 가스가 누출되어 약 50만 명이 독가스에 누출되었으며, 현재까지 약 2만 명이 사망하고, 12만 명이 현 재에도 사고 후유증인 호흡장애와 시각장애로 고통 받고 있음.



- 2011.08.27
- 00 케미컬 기술연구소(경북 구미)
- 신소재 섬유 제조 공정을 시험 운전 중 폭발 이 일어나 화재 발생.
- 신소재 섬유 건조 과정에서 발생하는 가연성 헵탄 유증기가 배출되지 못하고 체류된 상태 에서 원인미상 착화 원에 의해 폭발 및 화재 가 발생한 것으로 추정
- 피해현황 : 사상자 7명, 재산 피해 약100억



## 제 5장 기계·전기,전자 안전관리

- 대학 연구·실험실에서 기계실험사고는 시운전 단계에서 많이 발생하며, 작은 사고에서 중대형 사고 까지 다양하게 발생되고 있다.
- 일반적으로 **안전수칙**을 지키지 않거나 **정리 정돈** 미흡에서 기인하는 경우가 많으며, 잘 정리 되지 않은 실험실의 경우 실험자의 **불안전한 행동**을 **유발**하게 되고 이로 인하여 **사고의 위험**이 **증가**하게 된다.
- 정돈된 연구·실험실의 경우 위험요소를 쉽게 발견할 수 있으며, 휴식 공간 및 이동 공간을 확보할 수 있어, 화재 등 유사시 신속한 조치 및 대피가 가능하다.

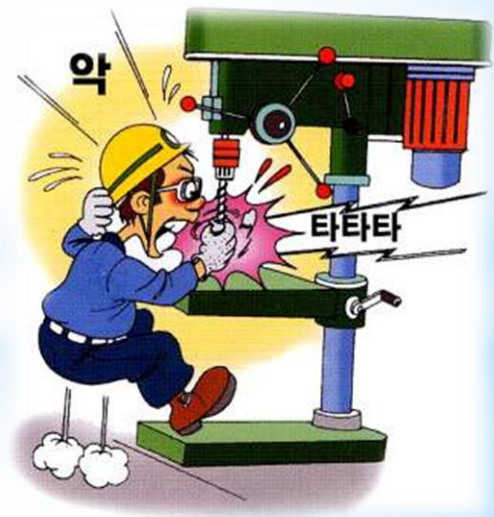


## 5-1. 기계분야 실험실 안전관리

- 개요 : 연구·실험실의 각종 기계나 기구들은 연구원들이 자주 사용하는 것들이 대부분으로 각 실험실 별 **익숙한 장비**를 다루게 됨에 따라 자칫 위험성을 **망각**할 수 있다.
- 이로 인해 사고 발생시 큰 피해를 입을 수 있으며, 언제든지 사고가 일어날 수 있는 요인이 잠재 되어 있다. 따라서 기계기구를 다룰 때에는 한시도 **방심**하여서는 안 된다.

### 자주 발생 되는 사고 유형

1. 운동체와 몸체 사이에 손, 발, 머리 등 신체의 일부가 **끼임** 사고
2. 움직이거나 고정된 물체와 **추돌** 사고
3. 회전체, 고온 및 저온 체, 칼, 송곳, 유리 등 날카로운 물체와 **접촉** 사고
4. 운전중인 기계장비에 장갑, 옷, 머리카락, 장신구 등이 **말림** 사고
5. 기계 부품 및 시험체가 기계로부터 **비산**, 신체에 상해를 입히는 사고





## 기계기구 취급 안전수칙

1. 작업 시작 전 실험실에 **위험 요소**가 없는지 미리 **확인**한다.
2. 모든 장비(기계기구)의 가동은 **안전수칙**을 **확인** 후 사용해야 한다.
3. 만일의 경우를 대비한 **소화기 위치**, **비상 대피로**, **비상연락망**, **비상샤워기**, **아이 샤워기** 등의 위치를 **확인**해야 한다.
4. 기계 기구 주위에 **인화성**, **가연성** 물질을 두지 않는다.
5. 작업 시에는 적합한 복장, **보호구**, **보호장갑** 등을 **착용**해야 한다.
6. 가루가 발생하는 작업, 연마, 연삭 등의 작업 시에는 반드시 **보안경**을 **착용**해야 한다.
7. 기계 기구의 **청소 및 점검** 시에는 반드시 운전을 정지하고, **전원**을 **차단**하고 **잠금 장치**를 한 상태에서 실시한다.
8. 손 또는 사용 공구가 젖었을 때에는 마른 수건으로 잘 닦아낸 후 사용하고, 규격에 맞는 공구를 사용해야 한다.
9. 기계 기구의 운전 중 **정전** 되었다면 즉시 장비 전원 **스위치**를 꺼야 한다.
10. 기계 기구의 운전을 종료할 때는 **작동 스위치** 및 **전원스위치**를 **모두** 꺼야 한다.
11. 회전하는 공작기계를 운전 중에는 **장갑착용**을 **금지**해야 한다.
12. 실험실 내 다른 장비를 **임의**로 **작동**하여서는 안되며, 장비의 가동 시 실험실 습실의 담당교수(안전관리자)의 **안전교육**을 받은 후 사용해야 한다.
13. 위험한 장비의 가동 및 실험은 **단독**으로 사용, 실시하여서는 안되며, **2명 이 상**이 신중하게 사용해야 한다.

## 공작기계 사용시 유의사항

- ◆ 실험실에서 자주 사용하게 되는 탁상용 띠톱, 연삭기 등은 실험대 또는 바닥에 **고정**하여 사용해야 하며, 고정하지 않고 사용할 경우 진동에 의한 협착 및 **2차** 사고를 일으킬 수 있으며, 적절한 **보호구**를 착용해야 한다.

Good



안전 덮개 설치

작업대에 고정

간극 조정 및 드래싱

비산방지 덮개 설치

Bad





## 5-2. 전기 분야 실험실 안전관리

▪ **개요** : 전기 에너지는 사용이 편리하고, 공해가 없어 우리 생활에 광범위하게 사용되고 있으며, 연구·실험실 또한 전기 전자 장비의 증대로 전기 에너지의 사용량이 증대되고 있으나, 다른 실험실에 비하여 상대적으로, 전기전자 실험실은 안전함에 도취 되어 생활하고 있는 것이 현실이다, 용도 및 규격에 맞지 않는 제품 사용으로 인한 감전, 화재, 폭발, 정전기 장애, 누전 등 전기로 기인한 화재 사고가 전기 전자 연구 실험실에서도 빈번하게 발생하고 있어 주의를 하여야 한다.

### 자주 발생 되는 사고 유형

1. 전선, 코드의 용도 및 부적합 규격의 제품 사용으로 인한 화재
2. 피복의 손상으로 인한 충전부위의 노출에 따른 합선
3. 이동 전선 정리 정돈 불량 및 비 접지용 콘센트 사용에 따른 화재
4. 과부하에 따른 개폐기 과열 및 손상에 따른 화재
5. 인 출입선의 고정 상태 불량에 따른 안전사고
6. 손상된 콘센트, 플러그 사용으로 인한 접촉상태 불량에 의한 화재
7. 가동 장비의 과열, 접속 단자의 접속상태 불량, 접지 불량
8. 콘센트부의 먼지, 이물질 누적으로 인한 정전기 및 접속 불량



접지 형 콘센트

## 전기 화재의 원인

1. 단락(합선) : 단락 점에서 발생한 스파크에 의한 화재, 적열된 전선에 의한 화재, 단락 점 이외의 피복이 연소하여 발생하는 화재
2. 누전 : 누전 점, 접지 점에서의 발화한계 이상의 전류로 인한 발화
3. 과전류 : 허용 용량 이상의 전류 통전에 따른 주울 열 발생, 이로 인한 화재
4. 접속 부 과열 : 전선 연결부, 플러그 등의 접속 부 과열에 따른 화재
5. 절연 불량 : 불량 절연물 사용, 절연물의 연소, 단락 등에 따른 화재
6. 스파크 : 스위치, 개폐기 등의 작동 시 스파크에 의한 화재
7. 정전기 : 전하의 방전 현상에 따른 화재



## 전기 안전수칙

1. 전기 스위치 부근에 인화성, 가연성, 용매 등을 보관을 금지할 것.
2. 배선의 용량을 초과하는 전기기구를 사용 금지. (문어발식 금지).
3. 결함이 있는 전기기구(비 접지형 콘센트, 멀티탭 등) 사용해서는 안 된다.
4. 부하 이상의 과도한 전기를 사용하지 말 것.
5. 노후 된 전기 설비 및 전선은 반드시 개 보수 후 사용해야 한다.
6. 배선 및 전선 등 사용 전 피복의 손상 여부를 확인하고 사용할 것.
7. 이동전선의 정리 정돈을 철저히 하여야 한다.
8. 콘센트 플러그 등의 변색, 손상 등을 점검하여 안전하게 사용해야 한다.
9. 전열 장치는 발열체의 변형, 부식상태, 과열 상태 등을 점검 후 사용한다.
10. 조명장치 등 열 발생 기구 주변엔 가연성 물질을 보관하여서는 안 된다.

## 감전 예방 수칙

1. 전기가 몸 안으로 들어오지 못 하도록 한다.
2. 몸에 들어온 전기는 나가지 못 하도록 해야 한다.
3. 접지 및 누전 차단기는 설치 되어 있는지 확인해야 한다.
4. 절연, 방호구 설치 및 보호구를 착용 할 것.

## 감전 위험 인자

1. 통전 전류의 크기
2. 통전 경로(인체 주요부 통과 여부)
3. 통전 시간
4. 경로 저항(인체 저항)

### 통전 전류의 분류

명 칭	전류 세기 [mA]
최소 감지 전류	1
고통한계 전류	7 - 8
이탈 전류	10 - 15
마비 한계 전류	20 - 25
심실 세동 전류	100



### 감전 전류에 따른 생리 현상

통전전류[mA]	생리반응(현상)
1	감지 가능
5	상당한 고통을 느낌
10	견디기 어려운 고통
20	근육수축, 행동불능
30	위험수위 전류
100	치명적 결과 초래



### 5-3. 기계/전기 분야 실험실 공통 안전수칙

1. 공작기계, 측정기기 등을 사용할 때에는 반드시 정해진 **규격의 공구**를 사용해야 한다.
2. 장갑은 **거친 작업 물**을 다룰 때 착용하고 기계 운전시에는 **착용을 금지**한다.
3. 기계가 **운전 중**일 때에는 자리를 **이석**해서는 안 된다.
4. 점검 및 **수리 시**에는 반드시 **정지(메인 전원 차단)**후 수행한다.
5. 기계장치는 **실험 전** 지침서를 충분히 **숙지**한 후 가동한다.
6. 실험 중에는 **작업복, 가운** 등을 착용하고, 슬리퍼, 샌들은 **착용을 금지** 한다.
7. 실험 중 **통행자**에 의해 접촉될 가능성이 있는 설비는 **보호 덮개**를 설치한다.
8. 작업 **완료 후** 실험 장치는 항상 **청결**을 유지 관리 하여야 한다.
9. 공작물은 **이탈 방지**를 위하여 **탈 부착**을 철저히 해야 한다.
10. 회전 물체의 **회전 방향** 쪽에서의 **작업은 금**해야 한다.
11. **극저온 물질 액체 또는 기체**를 다룰 때에는 **화상**에 유의 한다.

- 2004.03.00
- Oo기관 oo실험실
- 실험장치를 개조하기 위하여 피해자가 동료 작업자와 함께 1m 높이의 핸드리프트에 설비 일부를 올려놓고 장비를 조립하던 중, 설비의 무게를 견디지 못하고 지지대가 무너지는(도괴)사고가 발생.



작업 시 붕괴나 전도 등의 안전성을 충분히 검토한 후 표준 작업 절차를 준수해야 하며, 작업 전 작업내용을 완전히 숙지하고 있어야 한다.



- 2008.12.00
- Oo대학교 oo실험실
- 토목 실험 동 지반공학연구실에서 실험 중 철판을 뒤집는 과정에서 오른쪽 새끼손가락이 철판과 바닥 사이에 끼이는 사고가 발생하여, 오른쪽 새끼손가락 끝부분이 골절되는 사고가 발생하였다.

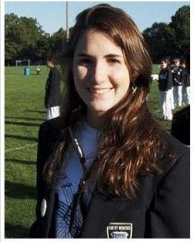
하중이 있는 물건 또는 물체를 이동할 경우 반드시 그 물체의 하중을 견딜 수 있는 기계장치를 이용해야 함에도 불구하고, 무거운 철판을 실험자 2명이 무리하게 뒤집는 과정에서 손가락이 끼이는 사고가 발생함.



## 사고사례

## 2. 협착 사망 사고

### Yale Student Killed In Freak Chemistry Lab



A Yale University senior died in a chemistry lab. According to the report, the student was working on her senior thesis project and was caught in a lathe, a piece of machinery used for shaping wood and metal. She was pulled in, and it took several minutes for emergency responders to reach the scene. She was pronounced dead at the hospital.

Yale's University Secretary Lirio said in a statement to the Yale community, "By all reports, she was a young woman, an outstanding student, a friend and a vibrant member of our community who passed away in the next day to gather to celebrate her life."

The Yale Daily News reports that the investigation is underway, the Occupational Health and Safety Administration (OSHA) opened an investigation into whether federal safety regulations, OSHA sent an investigator to the scene today; the investigation, Fitzgerald said, could take weeks or as long as six months, but he added that it is too early to establish whether students and University employees use the machine shop, the incident falls under OSHA's jurisdiction.

OSHA sent an investigator to the scene today; the investigation, Fitzgerald said, could take weeks or as long as six months, but he added that it is too early to establish whether students and University employees use the machine shop, the incident falls under OSHA's jurisdiction.



- 2011.04.13(02:33시)
- 예일대학교, 스테링 화학연구소 공작실
- 나무선반 작업 중 작업자의 긴 머리가 목공선반에 휘감겨 머리가 선반 쪽으로 끌려 들어가면서 목이 눌러 질식 사망한 것으로 추정

- 2012.04.03(18:20시)
- 네팔, 타밀나두 농업대학교 방사성 동위원소 실험실
- 농 화학을 전공하는 여성 대학원생이 실험실내 곡물 분쇄기에 전통의상 두파타와 사리가 고속 회전하는 벨트에 휘감겨 질식 사망한 것으로 추정



회전하는 공작기계를 취급할 경우 말려 들어 가지 않기 위한 사전 점검을 철저히 해야 한다. 긴 머리의 경우 **헤어 네트 착용, 짧은 소매 착용 또는 전용 작업복 착용, 목걸이 넥타이** 등의 착용을 금지하고, **장갑**을 착용해서는 안되며, **나 홀로** 실험을 금지 해야 한다.



### 3. 드릴 접촉 및 테이블 전기 톱 사고



- 2008.5.28(23:00시)
- 경기 H 대학교, 생산제조 실험실
- 장비 점검 중 기계가 작동하여 손가락 신경이 절단되는 사고 발생, 지간 신경 봉합술 및 국소 피판술을 시행해야 하는 사고 발생

- 2009.12.07(22:00시)
- 대구 M 대학, 석주 조형관
- 미술대학 조소과 여학생이 야간 실습 중 테이블 전기 톱에 장갑이 빨려 들어가 손가락이 절단되는 사고 발생



회전하는 공작기계를 취급할 경우 말려 들어 가지 않기 위한 **사전 점검**을 철저히 해야 하며 **점검 시**에도 **장비의 전원** 뿐만 아니라, **Main 전원**을 **차단**하고 실시해야 한다. 전기 톱과 같이 **고속으로 회전하는** 기계 취급 시에는 **장갑착용**을 **금지**해야 한다.

## 제 6장 소방 안전

- ◆ 연구·실험실에서 취급하는 전기, 약품 등을 이용한 연구활동 종사 중에 발생하는 안전사고는, 대부분 **2차적**으로 **화재**를 **수반**하는 경우가 많고, 연구·실험실에서의 화재는 위험물의 폭발 등 **제3의 중대 사고**로 이어질 가능성이 높다. 따라서 **위험요인**을 사전에 **제거**하고, 평소 화재 발생시 행동요령 및 소화기 사용법과 화재의 유형별 초기 진압 방법을 **숙지**하여, 연구·실험실습실에서 발생할 수 있는 화재로부터 연구 자산 및 인명 피해를 최소화 하여야 한다.

### 화 재

- ◆ **화재**란 사람의 의도에 반하여(방화, 부주의 등) 발생하는 **연소 현상**을 의미 하는 것으로서 인명 피해 및 재산상의 막대한 피해를 유발한다.
- ◆ 연쇄적인 연소가 진행되기 위해서는 **1. 가연성 물질 + 2. 산소 공급원 + 3. 점화원**의 3가지 요소가 필요하며, 추가적으로 **4.연쇄반응**이 없으면 더 이상 연소가 진행 되지 않는다. 이러한 연소의 특성을 이용하여 **4요소** 중 일부를 인위적으로 제어 하여 소화의 방법으로 활용하고 있다.

## 화재의 종류

화재등급	화재 의 특징(연소 물질)
A급 화재(일반)	나무, 종이, 섬유류 등의 화재
B급 화재(유류)	석유류 등 가연성 액체의 유증기 화재
C급 화재(전기)	통전 상태의 전기 시설물 화재
D급 화재(금속)	가연성 금속 및 금속분말의 화재
E급 화재(가스)	가연성 가스 화재
F급 화재(음식물)	동. 식물성 기름 등의 요리 재료 및 기구 화재

## 소 화

- ◆ **소화**란 사람의 의도에 반하여(방화, 부주의 등) 발생하는 **연소 현상**을 **물리적, 화학적** 방법으로, 연소의 3요소를 **분리**하거나, 연쇄반응 인자를 **차단**하는 등, 더 이상에 **연쇄적인 연소**가 진행되지 못하도록 하는 모든 행위를 의미한다.

## 소화의 종류

종 류	방 법
제거 소화	가연성 물질을 연소장소에서 제거하여 불에 확산을 저지
질식 소화	연소 시 필요한 산소의 공급을 차단하여 소화하는 방법
냉각 소화	연소물질의 온도를 인화점 및 발화점 이하로 냉각(살수)소화방법
억제 소화	연소 시 활성 반응을 억제시켜 연쇄반응을 저지하는 방법

## 6-1. 소화기

종 류	특 징
분말소화기	소화에 효과가 있는 분말을 약제로 연소물 표면에 살포하여 연소물에 열분해 반응을 일으켜 생성되는 물질에 의해 소화하는 소화기를 말하며, 내부 구조에 따라 축압식 및 가압식으로 분류 되며, 분말약제의 종류에 따라 분류 하기도 한다.
CO <sub>2</sub> 소화기	CO <sub>2</sub> 가스를 이용한 소화기로 연소물에 공급되는 산소를 차단하여 질식 효과에 의한 소화작용과 증발열에 의한 냉각작용을 하게 되며, 유류나 전기 화재에 주로 사용된다.
하론 소화기	포화 탄화수소 CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 에 할로겐 족 원소인 F, Cl, Br을 수소원자와 치환 시켜 만든 물질로 미 육군 화학연구소의 창안으로 개발되어 피 연소물의 물리, 화학적 변화 없이 사용할 수 있으며, 질소와 함께 액상으로 충전된다.

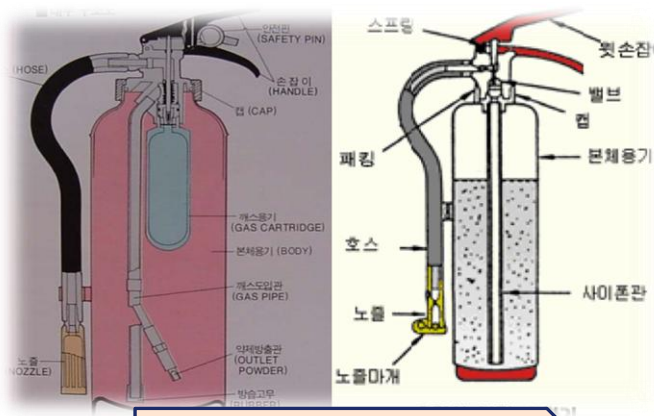
## 분말 소화기



축압식



가압식

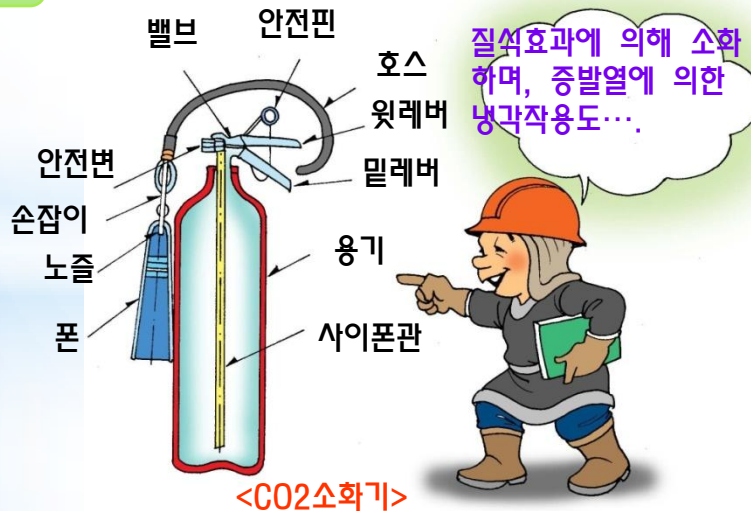


분말소화기 내부 구조



게이지 녹색부분에 있는지 확인

## CO<sub>2</sub> 소화기



<CO2소화기>

## 하론 소화기





## 6-2. 소화기 및 소화전 사용법



- ① 당황하지 말고 침착하게 소화기 손잡이를 잡고 화재 장소로 접근 한다.
- ② 손잡이 옆쪽에 있는 안전핀을 제거 한다.
- ③ 바람을 등지고 분사 노즐 및 호수가 화점을 향하게 한 후 손잡이를 움켜 쥘다.
- ④ 불길의 주위에서부터 빗자루로 쓸듯 골고루 살포한다.

### 소화전

- ◆ 건축물에 화재 발생시 신속한 진화를 위해 건축물 내에 설치하는 고정식 물 소화설비를 말하며, 비교적 큰 화재도 진화가 가능하다.



소화전 개폐  
및 호스 방사

화재 장소  
접 근

소화전 밸브  
개 방

화점에 방사

소화전 밸브  
폐 쇄

사용 후  
건조 보관

### 6-3. 화재 발생시 행동요령

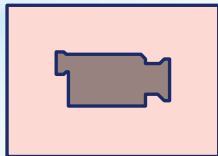
- ① **상황전파** : 화재가 발생하면 신속히 주위에 화재 사실을 알려야 한다.  
**불이야~ 불!**
- ② **신속대피** : 화재가 발생하면 혼자 끄려 하지 말고 **건물 외부**로 신속히 대피해야 한다.
- ③ **화재신고** : 화재발생 **위치**, 화재의 **종류** 등 화재정보를 정확히 **119**에 신고 한다.
- ④ **초기진화** : 화재가 크지 않다고 판단되면, 소화기, 옥내소화전을 이용 **초기 진화**에 주력하되, **벽 천정에 불이 번졌을 경우** 신속히 **대피**하여야 한다.
- ⑤ **연기** 속에서는 **낮은 자세**로 기어서 피난하고, **젖은 수건** 등을 이용하여 **호흡기**를 **보호**한다.
- ⑥ **입고 있는 옷에 불이 붙은 경우** : 바닥에 엎드려 양손으로 얼굴을 가리고 굴러야 하며, 주변 사람은 담요 수건 등을 이용하여 덮어서 진화 한다.
- ⑦ **엘리베이터 이용 대피 금지** : 화재 시 엘리베이터는 연기와 열이 올라오는 통로가 될 수 있으며, 언제든지 화재로 인한 작동이 정지 될 수 있다.
- ⑧ **건물 내 고립된 경우** : 문에서 열기가 느껴지면 문을 열어서는 안되며, 수건 담요, 옷 등을 이용해 연기가 들어오는 것을 차단하고, 고립된 사실을 주변에 알리고 구조를 요청한다.



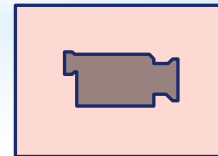
## 나는 지금 재해로 부터 안전한가?

1. 비상 상황 발생시 행동요령을 알고 있는가?
2. 소화기, 옥내 소화전, 휴대용 호흡기 등의 위치를 알고 있는가?
3. 화재 시 피난 가능한 비상구의 위치는 정확히 알고 있는가?
4. 현재 나의 주변에 피난 시 장애물 또는 위험물은 없는가?

5. 당신에 생존율은 몇 %?



화재 전기, 가스 안전사고



재가된 국보 1호



## 제 7장 보호구

▪ **보호구**란 연구·실험실의 사고를 방지 하기 위하여 연구활동 종사자 개개인이 착용하는 장치로서 유해, 위험요인에 따라 발생할 수 있는 사고를 예방하고, 그 영향이나 부상 정도를 경감 시켜 주기 위한 **보호 용구**이다. 그러나 보호구는 인체에 미치는 각종 위험으로 부터 자신을 보호하기 위한 보조 장비임을 잊지 말고 **근원적 안전 확보** 방안을 **강구**하는 것이 중요하다.

### 개인 보호구

**개인 보호구**는 연구·실험실에서 발생하는 각종 사고로 부터 연구활동 종사자의 상해를 방지하고 건강을 지키기 위하여 연구활동종사자 개개인이 착용하는 보호 장구로서 연구활동 종사자에게는 개인의 안전을 보장해 주는 **최소한의 도구**이며, 연구활동 수행 시 **반드시 착용**해야 할 대상이다.

### 보호구 안전수칙

- 제조업자가 제시하는 안전 기준을 따를 것.
- 유해 위험 요인에 알맞은 보호구를 착용할 것.
- 쉽게 사용할 수 있는 위치에 비치 하고, 유통기한을 확인할 것.
- 사용 전 개인 보호구의 파손, 정상 작동여부를 확인할 것.

## 개인 보호구의 종류와 용도

종 류	용 도	적용 실험
보안 경 보안 면	눈과 얼굴 보호 장비 (화학물질이나 유리 파편 등으로 부터 눈과 얼굴 보호)	화학약품 취급 시 절삭, 연삭 작업 시
보호 복	피부 보호 장비 (화학물질 등으로 부터 피부 보호)	가스, 화학약품 취급 시
보호 장갑	손 보호 장비 (화학물질 등으로 부터 손 보호)	화학약품, 발열기구 취급 시 용도에 맞추어 사용
호흡 보호구	호흡기 보호 장비 (가스, 분진 등으로부터 호흡기 보호)	가스, 화학약품 취급 및 분 말 분진 발생 실험 시
청력 보호구	귀 보호 장비 (소음으로 부터 청력 보호)	소음이 심한 실험 시
안전화/안전모	발/머리 보호장비 (낙하, 비레 등으로부터 발,머리 보호)	위험한 기계 및 기구 취급시

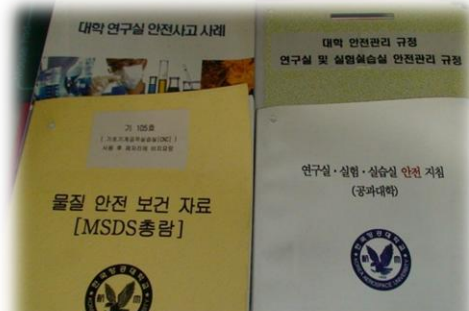
# 개인 보호구의 종류와 용도

<p>보안 경 보안 면</p>				
<p>보 호 장 갑</p>				
<p>방진 마스크 방독 마스크</p>				
<p>실험 복 보호 복</p>				
<p>귀 마개 귀 덮개</p>				

# 교내 연구·실험실 보호구 및 안전표시 안내



**품 명** : 실험실 안전 표시  
**설치 장소** : 전 실험실



**품 명** : 규정, 지침, MSDS총람  
**설치 장소** : 전 실험실



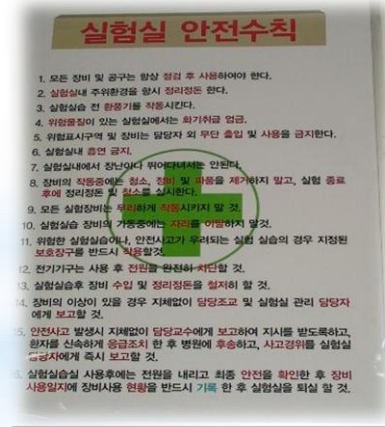
**품 명** : 안전관리 자료함  
**설치 장소** : 전 실험실



**품 명** : 구급함  
**설치 장소** : 전 실험실



**품 명** : 보호구 함  
**설치 장소** : 전 실험실



**품 명** : 실험실 안전 수칙  
**설치 장소** : 전 실험실



**품 명** : 아이샤워기  
**설치 장소** : 해당 실험실



아이샤워기 이용 방법



# 교내 기타 안전 관리 용품 설치 안내



**품 명 :** 안전 보호구함  
**설치장소 :** 기계, 전자관 층별 중앙 로비, 과학관 1층  
**비치 품목 :**

- 비상 의료 용품
- 탈출 대비 용품
- 약품 누출 대비 용품
- 유독약품 누출 대비 용품

**사용방법 :** 해머를 이용 전면 유리 파괴 후 사용

**사용방법**

**품 명 :** 자동 심장 제세동기  
**설치장소 :** 기계, 전자관 1층 중앙 로비 및 본관 1층  
**사용방법 :** 음성 안내에 따라 사용



**품 명 :** 피난 대피 안내도  
**설치 장소 :** 기계, 전자관, 과학관 층별 3곳 설치  
**사용 방법 :** 평소 비상 탈출 대피로를 숙지 할 것.  
**표시 내용 :** 현 위치, 비상 대피로, 소화기 위치. 안전 보호구함 위치, 등 표시



**품 명 :** 비상 샤워기  
**설치 장소 :** 기계, 전자관 층별 화장실, 과학관 1층  
**사용 방법 :** 화학 물질이 피부나 옷에 튀었을 때, 레버를 당겨 살수, 사용 후 원위치



## 제 8장 응급처치

한국항공대학교에서는 학생처 산하 **의료 지원실**을 운영하고 있으며, 전문 의료 상담을 비롯한 질병 및 응급 상황 발생시 신속한 도움을 줄 수 있도록 전문가가 일과 중 **상시 근무**를 수행하고 있으나, 응급환자 발생시 고귀한 생명을 살리기 위한 기본적인 응급 처치 방법을, 개개인이 숙지하고 위급 시 응급처치 및 대응 능력을 갖추고 있어야 한다.

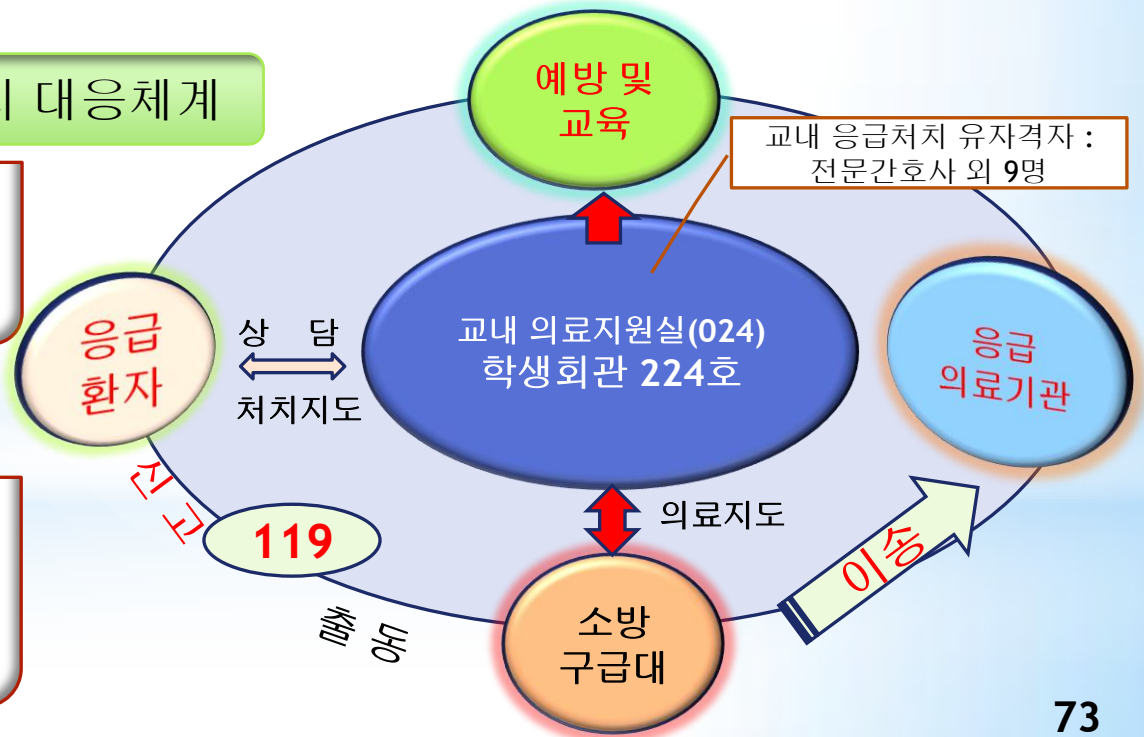
### 교내 응급환자 발생시 대응체계

◆ **심 정지(심장마비):**  
갑작스런 심장 수축의 중단으로 사망에 이르는 과정



#### ◆ 신고할 땐

1. 환자 발생 위치
2. 환자의 수
3. 주변 상황, 환자상태



## 8-1. 생존 가능성을 높이기 위한 열쇠

1. **Early Access** : 빨리 119 신고
2. **Early CPR** : 빨리 심폐소생술 실시
3. **Early Defibrillation** : 빨리 제세동!
4. **Early Advanced Care** : 빨리 전문 심폐 소생술!
5. **Post resuscitation care** : 소생 후 치료

기본 심폐소생술



Chain of Survival

## 8-2. 심폐 소생술(CPR)

### ◆ 심폐 소생술은 왜 해야 하나?

일반적으로 심장이 정지된 환자의 필수 장기(뇌, 심장)로의 **산소 공급**을 유지하여 조직 손상을 최소화 하고, 기능을 최대한 유지할 목적으로 심폐 소생술을 실시한다.



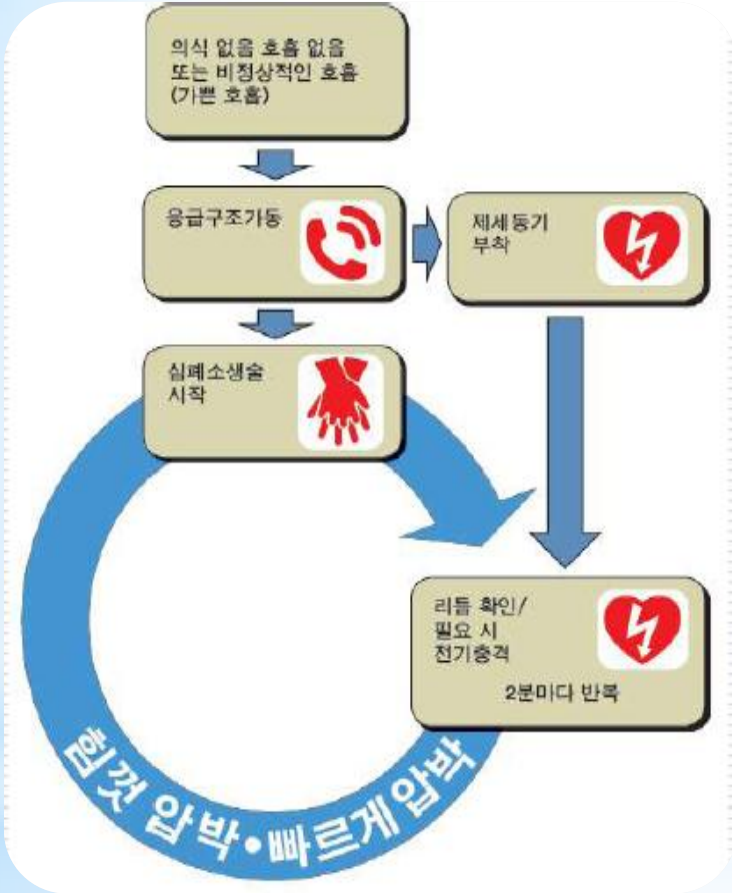
### 심 정지 환자의 방치 시간대별 상태 변화

- ◆ 4분 경과 : 뇌 손상 시작
- ◆ 6분 경과 : 뇌사 진행
- ◆ 10분 경과 : 사망 가능성이 높아진다.

### 대한민국 심폐소생술 현황

- ◆ 목격자에 의한 심폐소생술 실시율 : 1.4%
- ◆ 심 정지 환자의 생존율 : 2.4%

# 심폐소생술 순서



1. 반응 유무 확인(의식 확인)

2. 도움 요청(119신고)

3. 준비 (자세 교정)

4. 흉부 압박 30회(순환 C, Circulation)

5. 기도 확보 및 인공 호흡(2회)

6. 제 세 동(AED)





## 1. 반응 유무 확인(의식 확인)

- 장소가 안전한지 확인
- 어깨를 가볍게 두드리며 큰 소리로 “**여보세요? 괜찮으세요?**”
  - 숨을 쉬는지
  - 경련을 하는지
  - 이상한 호흡을 하는지

**의식 없음, 호흡 없음  
또는 비정상적인 호흡**



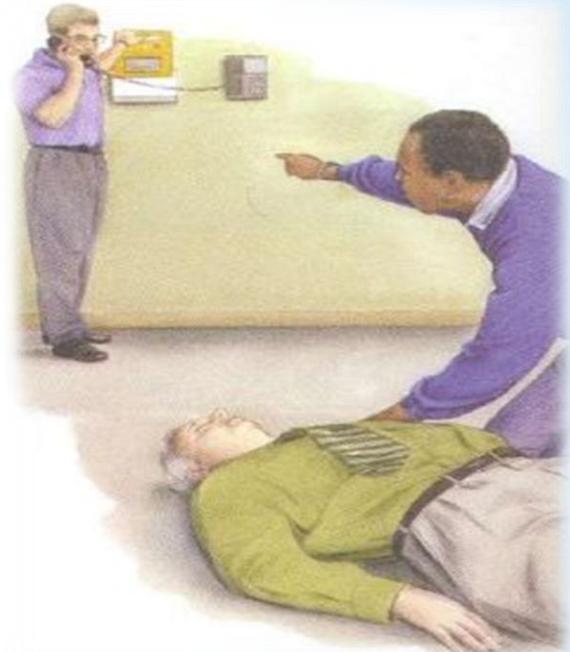
**응급 구조 가동  
(응급 구조 요청)**



## 2. 도움 요청(119신고)

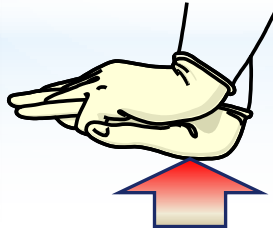
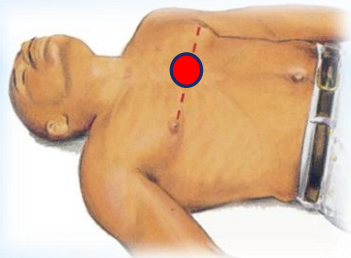


- ◆ 구조자가 2명 이상일 때 : 한 명은 심폐소생술, 한 명은 연락 및 제세동기
- ◆ 도움을 청할 사람이 여러 사람이 보일 때 : “거기 맨 앞에 있는 짧은 머리 예쁜 언니, 빨리 119에 신고해 주시고, AED 가져와 주세요”-> **딱 집어서**
- ◆ 도움 요청할 수 있는 사람이 없다면 : 구조자가 **119 신고**



### 3. 준비 (자세 교정)

- ◆ 딱딱한 표면에 위를 보게 하여 환자를 위치 한다.
- ◆ 환자의 가슴 옆에 무릎을 꿇고 앉는다.
- ◆ 한 손바닥의 손꿈치 중앙을 첫 꼭지 사이의 중간 부분에 올린다.
- ◆ 다른 손은 그 위에 포개 깍지를 끼고 압박한다.



### 4. 흉부 압박 30회(순환 C, Circulation)

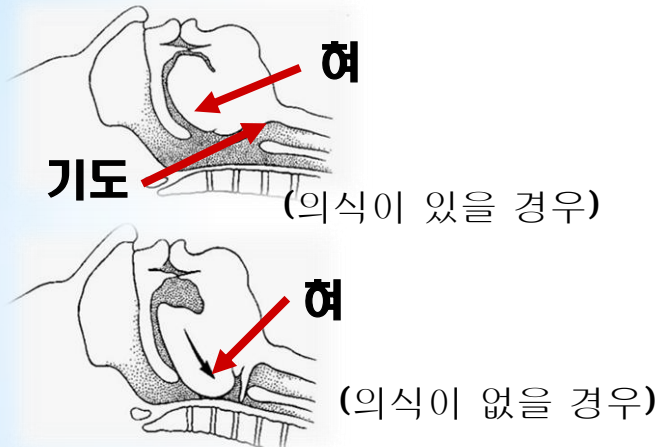
#### 심폐 소생술 시작



- 압박 속도 : 100~120회/분
- 압박 깊이 : 5~6Cm(성인)
- 반복 횟수 : 30회(1주기)



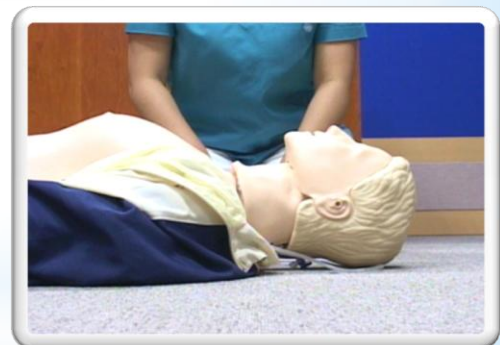
## 5. 기도 확보 및 인공호흡(2회)



기도 확보



- 인공호흡
  - 부드럽게 2회 불어 넣음(흉곽이 상승될 만큼 만, 시간은 1초 정도)
  - 안되거나 못할 경우, 구강이물 등 호흡을 실시할 수 없을 경우: 다음 단계인 흉부 압박으로



인공 호흡

➢ 인공호흡 없이 가슴 압박만으로도 심 정지 환자를 충분히 살릴 수 있습니다.

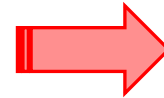
## 6. 제 세동(AED)

◆ **AED(Automated External Defibrillator)** : 급성 심 정지 환자 또는 심장박동 기능을 잃어버린 사람에게, 전기 충격을 주어 심장을 정상 상태로 회복 시켜 주는 기기



1. 전원을 켜다.

음성안내 시작



2. 패드 부착.



3. 심장리듬 분석  
(접촉 금지)



4. 제 세동 실시  
(접촉 금지)



5. 즉시 심폐  
소생술 시작



## 목적자 심폐소생술의 법적인 책임

### ◆ 선한 사마리안 법 - 2008년 제정 :

#### ◆ 응급의료에 관한 법률 제 5조 2항(선의의 응급의료에 대한 면책)

생명이 위급한 응급 환자에게 응급의료 또는 응급처치를 제공하여 발생한 재산상 손해와 사상(死傷)에 대하여, 고의 또는 중대한 과실이 없는 경우, 해당 행위자는 민사 책임과 상해에 대한 형사 책임을 지지 아니하고 사망에 대한 형사 책임은 감면한다.

#### ◆ 내 가족과 친구, 주위 사람들의 심장을 지키자.

◆ 세상에서 가장 행복한 이야기 : 내가, 당신이 할 수 있다는 것.

◆ 세상에서 가장 불행한 이야기 : 주저 한다면, 다시는 볼 수 없다는 것.

◆ 장비에 **Error**를 저지르면 장비가 우리에게 **Terror**를 가하고, 그 결과 우리는 **Horror** 된다.

◆ 사고는 **예고** 없이 찾아오며, **불안정한 상태**와 **불안정한 행동**으로 발생 한다.

◆ Accident prevention is for your future. 100 - 1 = ?



## 질의 응답

### 참고 자료

- ◆ 연구실 안전환경 조성에 관한 법률, 시행령, 시행세칙
- ◆ 연구실 안전 교육 교재, 과학기술부
- ◆ 연구실 안전 환경 관리자 과정 교재, 연구개발인력 교육원
- ◆ 연구실 안전 보건 지침서, 한국과학기술연구원
- ◆ 응급처치, 응급의료 정보센터,
- ◆ 심폐소생술 & AED, 서울대학교, 서울특별시 보라매 병원
- ◆ 연구실 사고사례 및 안전관리, 대학환경안전 협의회
- ◆ 연구실 사고와 보상 및 보험, 교육시설 재난 공제회
- ◆ 전기 전자 실험안전, 충북대 안전공학과 김두현 교수
- ◆ 2011 연구실 안전 핸드북, 과학기술부, 한국연구재단, 한국엔지니어링 협회
- ◆ 연구실 안전사고 사례 집, 과학기술부, 한국연구재단, 한국엔지니어링 협회

지금까지 한국 항공대학교 “연구실 안전 환경 관리자”였습니다.

한국항공대학교 연구활동 종사자를 위한  
**연구·실험실 안전 교육**

---

2012년 11월 일 초판 인쇄  
2014년 11월 일 발행

저자 및 편집자 : 송 온섭  
발행처 : 한국항공대학교 공과대학  
실험·실습 및 교육 지원실

---