

CONTENTS



CHAPTER 1

연구실 안전의 필요성



1. 당신은 안전한 연구자 입니까? 2
2. 왜 연구실 안전을 지켜야 하나요? 6
3. 아는 게 힘! 아는 만큼 안전해진다. 13

CHAPTER 2

연구활동종사자의 역할, 책임 그리고 권리



1. 연구실 안전법 소개 22
2. 연구활동종사자의 역할, 책임 그리고 권리 32

CHAPTER 3

주요 연구분야별 안전 유의사항



1. 일반 안전 37
2. 기계 안전 39
3. 전기 안전 42
4. 화공 안전 46
5. 소방 안전 53
6. 가스 안전 56
7. 생물 안전 59
8. 안전사고 발생 시 비상대응 가이드 63

CHAPTER

4

안전점검 시 주요 위반사례



1. 일반안전 지적사항	74
2. 기계안전 지적사항	77
3. 전기안전 지적사항	78
4. 화공안전 지적사항	79
5. 소방안전 지적사항	81
6. 가스안전 지적사항	82
7. 생물안전 지적사항	83



부록

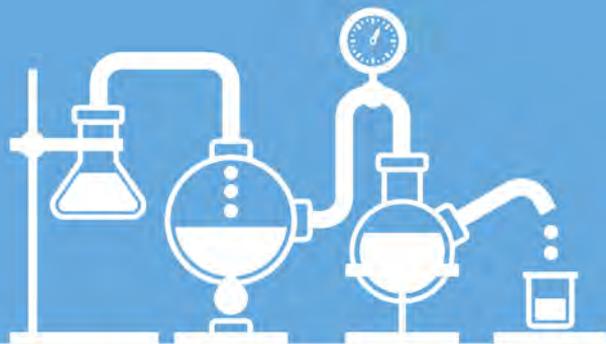
부록 1 신규 연구활동종사자 안전교육 사례	87
부록 2 연구실 안전관련 용어	90



참고자료

연구실 안전 표준 교재

신규 연구활동종사자편





CHAPTER

1

연구실 안전의 필요성

1. 당신은 안전한 연구자 입니까?
2. 왜 연구실 안전을 지켜야 하나요?
3. 아는 게 힘! 아는 만큼 안전해진다.



1 CHAPTER New Persons Engaged in Research Activities

연구실 안전의 필요성



1. 당신은 안전한 연구자 입니까?

안전에 대한 올바른 판단과 정확한 실천은 매우 어려운 일입니다.

오래전부터 계속되어져 온 연구실 전통과 풍토에 대한 답은 종종 심각한 안전의 위협요인이 되기도 합니다. 연구실 기본규칙과 선배로부터 후배에게 명확한 이유에 대한 설명 없이 전달되어 “이정도면 괜찮다.”식의 안전의식을 가지게 하는 경우가 많습니다.

예를 들어 여름에 반바지, 슬리퍼 차림으로 실험실을 드나드는 것 정도는 괜찮다고 생각하는 선배의 행동은 후배들로 하여금 동일한 수준의 안전의식을 가지게 하여 안전수칙 미준수의 분위기를 만듭니다. 시간이 지나 그 후배가 다시 선배가 되었을 때는 당연히 ‘반바지에 슬리퍼’ 복장은 여름에 편하고 지금껏 사고가 나지 않았으므로 괜찮다는 생각을 가지게 합니다. 이러한 방식은 다른 후배에게도 영향을 주어 ‘안전을 철저히 지키면 귀찮고 오히려 손해가 될 때가 있다’라는 생각이 연구실의 좋지 않은 풍토로 자리잡게 되어 오히려 안전을 지키려고 하는 사람이 유별난 것으로 여겨지고, 안전을 지키자는 목소리가 잠식되는 결과를 낳기도 합니다. 이에 안전점검이 나올 때만 규정을 준수한

실험복장으로 갈아입고, 실험실도 깨끗이 정리정돈함으로써 안전을 지키는 척 하고, 실질적으로는 안전은 귀찮은 것으로만 인식하는 결과 속이 다른 안전문화가 자리잡게 되는 특이한 형태를 지니게 되기도 합니다.

연구를 시작하는 단계인 신규 연구활동종사자들은 앞으로 보이지 않는 다양한 안전상의 문제들을 접하며 양심과 윤리에 대해 많은 고민을 하게 될 것입니다.

그러나 대부분의 연구실 안전사고는 철저한 안전수칙 준수를 통해 예방가능하고, 사고가 나더라도 피해를 경미하게 축소할 수 있습니다. 이는 다음 페이지에 아인슈타인의 논리를 이용해서 얻은 결론인 “모든 안전사고는 예방가능하다.”는 것과 일치합니다.

다음 장에 제시될 연구실 사고 사례를 통해 안타까움을 공유하며, 예방가능했던 순간이 무엇이었는지를 함께 고민해 봅시다.

그리고 스스로에게 질문을 던져 봅시다.

당신은 안전한 연구자 입니까?
주위에 위험을 방치하고 있는 상황은 없나요?
진정으로 “Safety First”의 마음을 가지고 연구에 임하고 있나요?

위 질문에 대한 당신의 답이 생사를 좌우합니다.

다음 장의 사고들이 결코 나와 내 주위에서 일어나지 말라는 법은 없습니다.

자기자신은 물론이고 주위 동료들의 소중한 생명과 재산을 담보로 안일한 안전의식 및 부족한 안전지식과 더불어 도박을 하는 우를 결코 범하지 않길 당부 드립니다.



Do not gamble with the lives of you and your colleagues.

(당신과 당신 동료의 생명을 두고 도박을 하지 마세요.)

아인슈타인 이야기

안전사고는 존재할 수 없다.

인류역사상 가장 위대한 과학자 중 한명인 알버트 아인슈타인의 명언들 가운데 한 가지 사례입니다.

학생이었던 아인슈타인이 무신론자인 교수의 강의시간 중 악이 존재한다면 모든 것을 창조한 신이 악도 만들었고, 그렇다면 악을 창조한 신도 악이라고 하며 역설적으로 신이 존재하지 않음을 주장하던 교수에게 아래와 같은 주장을 근거로 신은 존재한다는 것을 설명하고 있습니다.



Albert Einstein says...

“악은 단지 신의 부재로 인해 생겨나는 것이지 실제 존재하지 않는다. 단지 사람들이 신의 부재를 묘사하기 위해 지어낸 단어이다.”

“Evil is simply the absence of God. It is a word that man has created to describe the absence of God.”

이것은 추위가 열이 없을 때를 묘사하기 위해 지어진 단어이고, 어둠이 빛이 없을 때를 묘사하기 위해 지어진 단어인 것과 같다.

“It’s like the cold that comes when there is no heat or the darkness that comes when there is no light.”

빛과 열은 존재하고 과학적으로 정의 가능하지만, **어둠과 추위**는 그 자체로 정의되지 않고, 각각 빛과 열이 없을 때를 묘사하기 위해 사람들이 지어낸 단어라고 합니다.

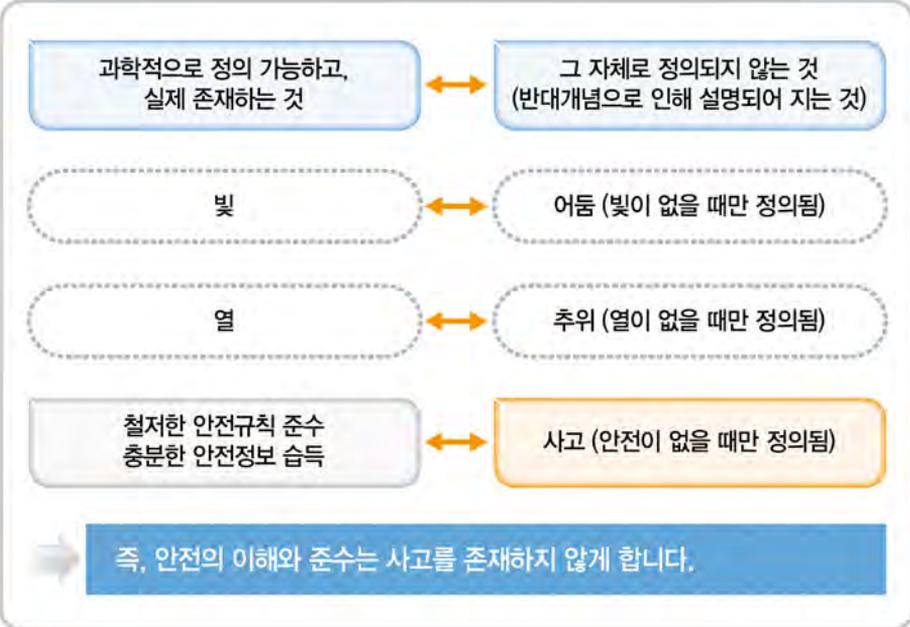
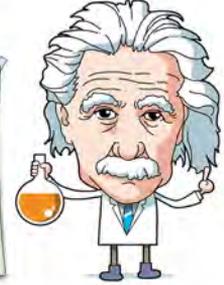
그렇습니다.

어둠은 빛이 없을 때만 설명되어질 수 있고, 추위도 열이 없을 때만 설명되어질 수 있습니다.

연구실 사고도 마찬가지입니다.

통계적으로 90%이상의 사고가 사람들의 실수나 안일함 때문에 발생한 인재(man-made calamity, 人災)임을 고려할 때 대부분의 사고는 안전관리에 관해 잘 몰랐거나, 안전수칙을 준수하지 않아 발생합니다.

신규 연구활동종사자 여러분!
반드시 기억하십시오. 대부분의 사고는 예방가능합니다.
아이슈타인의 예화처럼 철저한 안전준수가 있는 곳에서는 사고는 결코 존재하지 않습니다.



As falling love must be “Zero Hate”, safety must be “Zero Harm”.

(사랑에 빠지면 증오가 사라지는 것처럼, 안전이 지켜진다면 재해는 있을 수 없다.)

- Dave Collins의 명언 인용 수정 -

2. 왜 연구실 안전을 지켜야 하나요?

안전이란 “불안전한 상태 및 행동을 제거하여 사고가 없는, 마음이 평온하고 몸을 온전한 상태로 만드는 것”을 의미합니다. 즉 불안정한 상태 및 행동이 사고의 원인이 되는데, 연구실 특히 대학연구실은 아래와 같은 이유에서 매우 취약한 조건입니다.

연구실 안전관리의 취약 요소

- [연구특성] 새로운 것을 다루고, 산업체와 달리 해당분야에 숙련되지 않은 학생연구원이 많음.
- [안전의식] 연구실 안전관리를 연구활동과 별개로 인식 팽배 (안전불감형 인재(人災))
- [정보공유] 안전사고, 통계 정보 공유 및 활용이 원활하지 않음.
- [예산투자] 연구과제 예산에 맞게 실험연구를 수행으로 충분한 안전관리 예산투자 어려움

기관별 연구실 사고발생 현황('17.8.31. 기준)

(단위: 건)

구분	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	계
합계	112	175	215	270	142	914

출처: 과학기술정보통신부

그리고 대부분의 사고가 앞서 기술한 바와 같이 예방가능하고, 피해범위 특히 인명피해를 줄일 수 있었던 사건들이었기에 더더욱 안타깝게 여겨집니다. 다음의 세 가지 연구실 사고사례를 통해 왜 연구실 안전을 지켜야 하는지 그 필요성에 대해 자세히 알아보시다.

다음의 국내외 연구실 사고사례들을 통해 연구실 안전의 필요성에 대해 알아보겠습니다. 안타깝지만, 대부분의 사고가 앞서 기술한 바와 같이 예방가능하고, 피해범위 특히 인명피해를 줄일 수 있었던 사건들입니다.

사례 1 OO대학교 공과대학 고압가스 폭발사고

■ 사고 개요

일 시	2013년 8월 6일(화), 10시 30분경	
장 소	부산광역시 OO대학교 공과대학 실험실	
사고 유형	고압가스 폭발사고	
피해규모	인명피해	사망 1명
	재산피해	실험장비 다수 파손



■ 사고 경위

- 1) 원통형의 암석반응실험용 장비(고압셀)를 실험실로부터 의뢰받아 제작한 협력업체에서 장비를 설치하고 테스트를 하던 중 폭발.
- 2) 압력을 올리는 과정에서 장비로부터 이탈된 덮개가 협력업체 작업자의 이마와 가슴을 타격하였으며, 작업자를 급히 인근병원 응급실로 이송하였으나 치료 중 사망함. 시운전에 참여하였던 두 명의 학생은 별다른 부상을 입지 않음.

■ 사고 원인 및 예방대책

- 1) 원인 : 작업자가 실험장비 설치 후 안전성 테스트를 위해 실험장비 내부에 이산화탄소를 주입하던 중 고압에 의해 장비 덮개가 파열된 것으로 추정.
- 2) 예방대책
 - ① 위험 기계·기구 구입 및 설치 시에는 공인시험성적서와 주요 부품 및 재료에 대한 성적서를 함께 제출 받아 확인할 것.
 - ② 제작을 요청할 경우 요청자는 제작사양서와 관련도면에 안전 위해 요소를 기입 할 것.

명심해야 할 사항

- 1) 고압실험은 폭발 위험이 있었던 만큼 고압셀의 공인내압시험, 과압방지장치, 작업자 보호조치 등이 이루어졌다면 인명피해를 예방·축소 가능한 사고였습니다.
- 2) 실험시 긴급적 공인인증된 규격 실험장치를 사용하되, 연구 특성상 새로운 장치를 제작할 경우 안전상 위해요소는 없는지 면밀히 검토하고, 안전담당부서 전문가 상담 및 안전성 검증시험 등을 통해 안전한 장치임을 확인하고 실험에 임해야 합니다.
- 3) 제작업체 작업자에게도 안전상 위해요소를 미리 고지하고, 사고 위험이 높은 실험은 사고가 나더라도 인명피해를 최소화할 수 있도록 적절한 방호조치를 실시하거나 건물 외부 등 안전한 곳에서 위험요소로부터 격리되어 실험할 수 있도록 하여야 합니다.



If the proper safety rules were known and followed, the results could be different.

(올바른 안전수칙을 알고 지켰더라면, 결과는 달라졌을 것입니다.)

사례 2 OO대학교 황산 화상 사고

■ 사고 개요

일 시	2014년 5월 12일, 15시경	
장 소	대구광역시 OO대학교 자연자원대학 실험실	
사고 유형	황산 누출사고	
피해규모	인명피해	4명 화상(입원 3명, 통원 1명)
	재산피해	-



그림 1-1 사고 발생 후 피해자 부상

■ 사고 경위

- 1) 조별 실험을 위해 황산용액(0.1N H_2SO_4)을 제조하던 중, 실험자가 황산병 뚜껑을 닫다가 실험대에서 황산병을 떨어뜨림.
- 2) 실험복을 착용하였으나 다리가 노출된 복장으로 있었던 실험조원 4명이 다리에 화상을 입음.
- 3) 다친 부위를 즉시 흐르는 물에 씻게 한 후, 인근 병원에서 응급조치를 하였고, 곧 바로 화상 전문 병원으로 옮겨 치료를 받음.
- 4) 대학 내 안전담당부서에서 사고 실험실을 통제한 후, 화학물질 누출 대응키트를 이용하여 잔류 황산 제거 작업을 실시하여 처리함.

■ 사고 원인 및 예방대책

- 1) 원인 : 안전관리 미흡으로 실험자가 황산병 취급을 부주의하게 하였고, 특히 개인보호구 미착용 등 부적절한 복장으로 실험함.
- 2) 예방대책
 - ① 화학물질을 취급하는 실험·실습은 철저한 안전교육을 실시한 후 진행.
 - ② 올바른 실험복장(반바지, 치마, 슬리퍼 착용금지, 피부 노출을 최소화하는 실험복)과 개인보호장비(보안경, 안전장갑 등)를 착용한 상태에서 실험.
 - ③ 산, 알칼리 등 인체 유해 화학약품에 의한 피부 오염사고 시 응급조치 방법 숙지 필요.
 - 비상사위기, 세안장치, 구급함 등 응급장비의 위치와 사용법, 비상시 대처법, MSDS 등을 사전에 숙지할 것.
 - 신발, 옷 등에 묻은 경우 신속히 탈의하여 피부로의 오염 전이를 차단할 것.
 - 피부에 묻은 경우 즉시 오염 부위를 다량의 흐르는 물로 15분 이상 세척할 것.

명심해야 할 사항

- 1) 본 사고는 유해화학물질을 취급하는 실험임에도 불구하고, 부적절한 복장 상태인 반바지, 치마를 입고 실험을 하여 황산 유출시 화상을 당한 사고로써, 개인보호장비 및 안전한 실험복장의 중요성을 확인한 사고였습니다.
특히 연구실책임자의 안전관리 및 실험자의 안전규정 준수가 철저히 이루어졌다면 인명피해를 예방·축소 가능했기에 더욱 안타까운 사고입니다.
- 2) 위험물질을 취급할 경우 최대한 주의를 기울이고, 사람이기에 실수로 황산병을 떨어뜨릴 수 있습니다. 이러한 실수를 항상 염두에 두고 인명피해를 최소화할 수 있도록 적절한 자기방호조치를 실시하여야 합니다.



Don't learn safety by your accident.

(당신의 사고로부터 안전을 배우지 마세요.)

사례 3 국내 OO대학원 고압가스 폭발사고

■ 사고 개요

일 시	2003년 5월 13일, 14시 30분경	
장 소	대전광역시 OO대학교 공과대학 실험실	
사고 유형	고압가스 폭발사고	
피해규모	인명피해	사망 1명, 중상 1명
	재산피해	실험장비 및 내부 대다수 손상



그림 1-2 사고 발생 후 실험실 현장

■ 사고 경위

- 1) 연구실 내 가스저장 용기에 대한 부적절한 관리로 인해 가스용기로부터 새어 나온 가스가 폭발물로 작용함.
- 2) 연구실의 박사과정 학생 2인이 실험에 사용할 질소 가스통을 찾던 중 실험실 통로를 막고 있던 가스통을 운반하던 중 스파크로 인해 폭발 사고가 발생.

■ 사고 원인 및 예방대책

- 1) 원인 : 과산화수소 촉매반응실험을 진행하는 과정에서 가스통에서 방출된 혼합가스가 폭발물로 작용하여 사고 발생.

2) 예방대책

- ① 문제가 될 수 있는 가스통들을 건물 밖 고압가스 캐비닛으로 옮기고 모든 가스통들을 고정시킴.
- ② 충전기한이 종료된 가스 용기 및 사용하지 않으면서 보관 중인 가스 용기는 즉시 반납 또는 불용처리 할 것 (장기간 보관으로 인해 가스 밸브가 느슨해질 우려가 있음)
- ③ 가스용기 처음 사용 시 사전에 관련 안전 교육을 받고 사용할 것 (지도교수 또는 전문가의 도움 요청)
- ④ 제작을 요청할 경우 요청자는 제작사양서와 관련도면에 안전 위해 요소를 기입할 것.

명심해야 할 사항

- 1) 본 사고로 인해 연구실 안전불감증의 심각성이 여실히 드러났습니다. 대학원생들을 대상으로 한 주기적인 교육과 사고 발생 시 응급대처, 대피경로 훈련 등의 안전 활동이 강화되었으며, 2005년 '연구실 안전환경 조성에 관한 법률'이 제정되는 계기가 되었습니다.
- 2) 장기간 사용하지 않는 용기를 공급업체에 반납하였다면 위험요소가 완전 제거되면서 사고를 예방할 수 있었고, 고압가스와 같이 위험성이 큰 실험물품은 용기 취급 기준을 철저히 준수하여 안전을 확보한 상태에서 실험에 임해야 합니다.
- 3) 과산화수소 등 반응성이 높은 가연성 물질 혹은 유해위험물질을 사용하는 경우 사전유해인자위험분석을 연구시작전에 꼭 실시하여 위험요소를 차단 혹은 최소화 하고, 안전전문가 및 지도교수 입회하여 연구를 수행하여 다중적 방법으로 안전사고 발생위험을 줄여야 합니다.



Success comes after safety!
 Never let accident taking your **FUTURE!**

(성공은 안전이 있는 후에 따라옵니다. 사고가 당신의 미래를 빼앗아가게 하지 마세요.)

3. 아는 게 힘! 아는 만큼 안전해 진다.

본 장에서는 안전관련 기초이론을 이해함으로써 연구실 내에 일어날 수 있는 다양한 위험 상황들에 대해 대처하고, 더 안전하게 연구할 수 있는 방법을 알아보려고 합니다.

Knowledge is Power for Safety!

(1) 하인리히 법칙(Heinrich's Law)

- 1920년대에 미국 한 여행 보험 회사의 관리자이자 안전기사였던 허버트 하인리히 (Herbert W. Heinrich)가 75,000여건의 산업재해를 분석한 결과 1:29:300 법칙을 발견하였습니다.
- 1회의 중상해 사고가 발생했을 경우, 그 전에 같은 원인으로 29회의 경상해 사고가 있었고, 또 운 좋게 상해는 피했지만 같은 성격의 무상해 사고(아차사고¹⁾)가 300회 발생하였습니다.
- 또 이와 같은 사고의 원인을 분석한 결과 작업자의 불안정한 행동이 93%, 장치, 환경 등의 불안정한 상태가 83%의 비중을 차지하였고, 이 두 가지 원인이 복합적으로 기인하는 경우가 79%로 대부분을 차지하였습니다.



1) 연구활동중종사자의 부주의나 설비 결함 등으로 사고가 일어날 뻔 하였으나 직접적인 사고로는 이어지지 않은 상황

연구실 안전관리 시사점 (1)

- 중대 사고는 반드시 그 전에 전조현상으로 수많은 아차사고들이 발생합니다. 상해를 입지 않더라도 위험을 인지하거나 아차사고를 경험했을 때, 연구실 안전책임자 및 동료 연구자들에게 알린다면 중대 사고를 100% 예방할 수 있습니다.
- 연구에 임하기 전 사고 발생요인을 주의 깊게 살피고, 아차사고를 민감하게 인지하여 안전관리를 위한 교훈으로 삼아야 합니다.



An accident is just the tip of the iceberg,
a sign of a much larger problem below the surface.

(사고는 마치 훨씬 더 많은 문제들이 그 표면아래에 있는 빙산의 일각과 같다.)

- Don Brown -



(2) 하인리히의 도미노 이론(Domino Theory of Heinrich)

- 하인리히의 1 : 29 : 300 법칙에서 알 수 있듯이 중대사고에는 반드시 징후가 있고, 그 징후들을 무시할 때 돌이킬 수 없는 재앙으로 나타날 수 있습니다. 그것은 마치 도미노와 같으며, 연속으로 쓰러져가는 도미노의 중간 블럭을 제거하는 행위가 있어야만 이러한 재앙을 방지할 수 있다는 법칙입니다.
- 사회환경, 연구조직 및 책임자의 결함은 불안정한 상태 혹은 불안정한 행동을 만듦으로써 사고의 기초 원인이 되고, 불안정한 상태와 행동은 보호 조치(Fail Safe, Fool Proof²⁾ 등)가 취해지지 않았을 경우 사고로 이어지며 그 사고는 초동조치가 이루어지지 않을 경우 중상해 사고로 이어지게 됩니다. 그러나 안전관리 활동을 강화함으로써 도미노 블록 중 하나 이상을 제거할 수 있고, 이는 중대 사고를 향해 그 다음 단계로 넘어가는 연쇄과정을 막을 수 있습니다.



2) Fail Safe, Fool Proof : 과실방지장치, 안전도 증강장치, 상세 설명 부록 2 참조

연구실 안전관리 시사점 (2)

- 하인리히의 도미노 이론에 따르면, 안전관리 활동을 강화함으로써 불안정한 상태와 불안정한 행동의 블록을 제거할 수 있어 중대사고를 예방할 수 있습니다.
- 제거할 수 있는 도미노 블록은 여러 개가 되면 될수록 더 사고 예방의 효과가 커집니다.
- 실험에 임하기 전 사고로 이어지는 도미노 블록이 몇 개인지 확인하고, 가급적 많은 블록들을 제거할 수 있도록 노력하십시오.



A chain is only as long as the weakest link.

(체인은 가장 약한 연결부의 수명만큼 오래 간다.)

최소율의 법칙 : 다른 부분이 다 잘 되어 있더라도, 안전 상 가장 취약한 한부분이 사고발생 여부와 안전수준을 결정한다.

이 최소율의 법칙에 따르면, 가장 낮은 나무조각에 의해 전체 물 높이가 결정되듯이, 안전상 취약부가 어디인지를 발견하고 개선하여야 안전의 전체적 수준을 올릴 수 있습니다.



미니멈 법칙
가장 약한 고리가
쇠사슬 전체의 힘을 결정한다

(3) 안전확보를 위한 우선순위

연구실 내 안전을 확보하기 위해서는 위험 대상이 있을 경우 그 위험 대상을 전면 제거하는 것이 가장 좋습니다. 그것이 어려울 경우 위험을 회피하는 방법이 좋으며, 이 또한 어려울 경우 연구활동종사자를 보호할 수 있는 조치를 취해야 합니다.

마지막으로 사고가 날 경우를 대비하여 사고확대를 방지하기 위한 조치를 취하는 것이 좋습니다.

① 위험제거 > ② 위험회피 > ③ 자기방호 > ④ 사고확대방지

① 위험제거 : 가장 근원적으로 해결가능한 안전관리 방법으로써 위험원 자체를 제거

예1) 실험실 내에 몇 년간 사용하지 않고, 유통기간이 지난 시약이 있다면 적절한 시약처리 방법을 통해 **시약을 폐기한다.**

예2) 실험실 내에 사용이 끝난 고압가스가 있다면 가스공급업체를 통해 **반납한다.**

② 위험회피 : 위험원의 제거가 불가능할 경우 위험원을 시·공간적으로 회피

예1) 가연성 물질을 취급하는 연구를 수행할 때, 근처에서 배관공사를 위해 용접작업을 실시하고 있는 경우 그 시간을 **피하여 실험한다.**

③ 자기방호 : 위험회피가 불가능할 경우, 자기자신을 위험으로부터 보호할 수 있는 보호구, 방호벽 등으로 방호

예1) 뜨거운 기구를 다루는 경우 내열장갑 착용 후 실험한다.

예2) 폭발성이 있는 물질을 다루는 경우, 최악의 경우를 가정하여 폭발이 일어났을 때, **자기방호가 가능하도록** 원거리 조작 혹은 방폭벽(방호벽) 설치를 통해 인명피해가 나지 않도록 실험한다.

④ 사고확대방지 : 사고 발생 이후 피해가 확대되지 않도록 초동대처 요령 등의 학습 필요

예1) 연구실 내 화재 발생시 **초동대처**가 가능하도록 소화기 및 소화전 위치를 파악하고 사용법을 익혀둔다.

실습과제 1

앞서 살펴본 안전관련 기초이론들 중 “안전관리 우선순위”의 원칙에 따라 본인이 속한 연구실을 대상으로 어떻게 적용될 수 있는지 실습을 해봅시다.

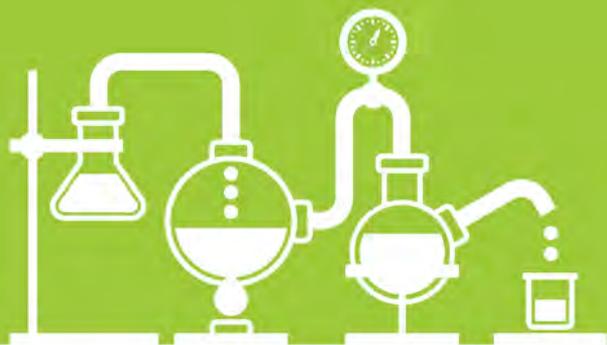


항목	적용 대상	적용가능한 개선안
① 위험제거	예) 새로운 가스연료의 연소실험	예) 가스 연소실험은 위험하므로 전산해석 등 실험을 대체할 수 있는 방법이 있는지 고민한다.
② 위험회피	예) 새로운 가스연료의 연소실험	예) 가스 연소실험을 연구실 내에서 하기 어려운 상황일 경우 외부 전문기관에 위탁의뢰할 수 있는 곳이 있는지 알아본다.
③ 자기방호	예) 새로운 가스연료의 연소실험	예) 연구실 내에서 연소실험을 수행할 경우 제어실을 별도로 구비하여 연소실험이 수행되는 곳과 격리한다.
④ 사고확대방지	예) 새로운 가스연료의 연소실험	예) 가스검지기를 설치하여 가스 누출시 확인 가능토록 하고, 가스배관에 역화방지기를 설치하여 연소실내 화염이 배관을 통해 역화되지 않도록 하며, 폭발/화재발생시 초동대처를 위한 훈련을 정기적으로 실시한다.

항목	적용 대상	적용가능한 개선안
① 위험제거		
② 위험회피		
③ 자기방호		
④ 사고확대방지		

연구실 안전 표준 교재

신규 연구활동종사자자편





CHAPTER

2

연구활동종사자의 역할, 책임 그리고 권리

1. 연구실 안전법 소개
2. 연구활동종사자의 역할, 책임 그리고 권리



CHAPTER 2 New Persons Engaged in Research Activities

2 연구활동종사자의 역할, 책임 그리고 권리

본 장에서는 연구활동종사자로서 연구실 안전을 위해 수행하여야할 역할과 책임을 소개하고, 사고예방을 위해 어떠한 안전관리활동을 하여야 하는지 충분히 이해함과 동시에 연구활동종사자가 보호받아야할 권리에 대해 알아보려고 합니다.

1. 연구실 안전법 소개

연구실 안전과 관련된 국내법으로는 아래와 같은 다양한 법들이 있습니다. 이 중 연구분야 및 취급 물질·설비에 따라 연구수행시 적용되는 법은 각기 다를 수 있으며, 반드시 적법한 절차대로 연구를 수행하여야 합니다. 혹시나 적법하지 않은 방법으로 연구 수행할 경우 사고 발생 시 인명, 재산상의 피해와 함께 법에 의한 처벌을 받을 수 있음을 명심해야 합니다. 더불어 본 법률에서는 여러분들이 안전을 위한 조치 및 점검, 사고보상을 위한 보험, 건강검진 등 안전보건을 위해 요구할 수 있는 권리를 보장하고 있기에 잘 알아 두는 것이 좋겠죠?



- (1) 연구실 안전
 - 연구실안전환경조성에 관한 법률
 - 산업안전보건법 등
- (2) 위험물, 화학물질 안전
 - 위험물안전관리법
 - 화학물질관리법 등
- (3) 환경 안전
 - 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률
 - 폐기물관리법
 - 상하수도법
 - 대기환경보전법 등
- (4) 소방 안전
 - 건축법
 - 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법 등
- (5) 전기 및 설비 안전
 - 전기사업법
 - 도시가스사업법
 - 고압가스안전관리법
 - 액화석유가스의 안전관리 및 사업법
 - 에너지이용 합리화법 등
- (6) 생물안전
 - 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률
 - 생명공학육성법
 - 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률
 - 화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률
 - 가축전염병 예방법
 - 수산생물질병 관리법
 - 생명윤리 및 안전에 관한 법률
 - 생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률
 - 동물보호법
 - 실험동물에 관한 법률 등

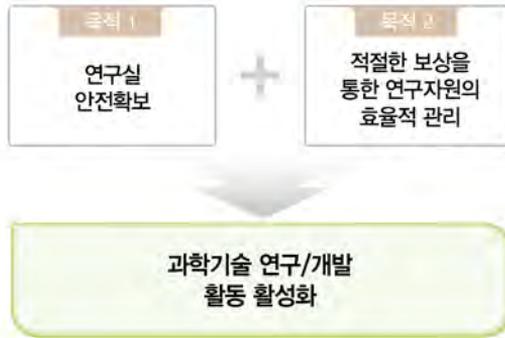
'연구실 안전환경 조성에 관한 법률(이하 연구실안전법)은 아래와 같은 법률 체계를 가지고 있고, 연구활동에 신규로 종사하게 되는 여러분들이 반드시 알아야 할 사항들을 규정하고 있습니다. 자세한 법령 내용은 국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr/>)를 참고할 수 있으며, 연구활동중사자와 관계된 내용을 요약해서 살펴보고자 합니다.

〈연구실 안전환경 조성에 관한 법률 체계〉

구분	제정	법률명	관할	위반 구속력
법률	국회	연구실 안전환경 조성에 관한 법률	법원	
시행령	대통령	연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령		
시행규칙	과학기술 정보통신부	연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙		
행정규칙 (고시, 훈령, 예규 등)	과학기술 정보통신부	<ul style="list-style-type: none"> 연구실 사고에 대한 보상기준 (고시) 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침 (고시) 안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정 (고시) 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 실태조사 등의 검토기준 및 절차 등에 관한 고시 (고시) 연구실 안전 및 유지관리비의 사용내역서 작성에 관한 세부기준 (고시) 연구실 사고조사반 구성 및 운영규정 (훈령) 연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침 (고시) 	행정청	행정명령 (과태료, 업무 정지 등)

① 법의 목적 (제1조)

이 법은 대학이나 연구기관 등에 설치된 과학기술분야 연구실의 안전을 확보함과 동시에 연구실 사고로 인한 피해를 적절하게 보상받을 수 있도록 함으로써 연구자원을 효율적으로 관리하고 나아가 과학기술 연구·개발활동 활성화에 기여함을 목적으로 함.

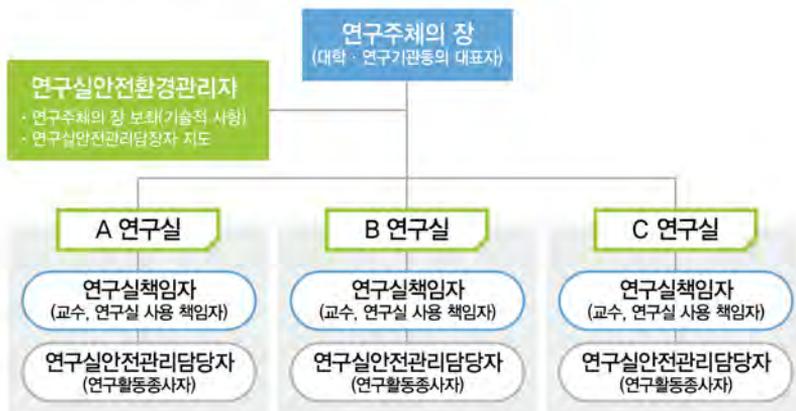


② 적용범위 (제3조)

대학·연구기관 등이 연구개발활동을 수행하기 위하여 설치한 연구실

③ 연구실책임자의 지정·운영 및 연구실안전관리담당자의 지정 (제5조의2)

연구실 안전관리 체계는 아래와 같고, 연구주체의 장은 연구실 사고예방 및 연구활동종사자의 안전 확보를 위하여 연구실책임자를 지정하고, 연구실책임자는 해당 연구실의 안전관리 업무를 효율적으로 수행하기 위하여 연구활동종사자 중에서 연구실안전관리담당자를 지정한다.



④ 연구활동종사자 교육·훈련 시간 (제18조)

교육 과정	교육 대상	교육 시간 및 시기	교육 내용
신규 교육 · 훈련	신규로 채용된 연구활동종사자 (근로자)	<ul style="list-style-type: none"> 4시간 이상 (채용 후 6개월 이내) 정밀안전진단 대상 연구실은 8시간 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 연구실안전법에 관한 사항 연구실 유해인자에 관한 사항 보호장비 및 안전장치 취급과 사용에 관한 사항 연구실 사고사례 및 사고예방 대책에 관한 사항 안전표지에 관한 사항
	대학생, 대학원생 등 연구개발활동에 참여하는 연구활동종사자	<ul style="list-style-type: none"> 2시간 이상 (연구개발활동 참여 후 3개월 이내) 	<ul style="list-style-type: none"> 물질안전보건자료에 관한 사항 사전유해인자위험분석에 관한 사항 그 밖에 연구실 안전관리에 관한 사항
정기 교육 · 훈련	연구활동종사자	<ul style="list-style-type: none"> 반기별 3시간 이상 정밀안전진단 대상 연구실은 반기별 6시간 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 연구실안전법에 관한 사항 연구실 유해인자에 관한 사항 안전한 연구개발활동에 관한 사항 물질안전보건자료에 관한 사항 사전유해인자위험분석에 관한 사항 그 밖에 연구실 안전관리에 관한 사항
특별 안전 교육 · 훈련	연구실사고 발생시 혹은 우려시 (연구주체의 장이 판단)	2시간 이상	<ul style="list-style-type: none"> 연구실 유해인자에 관한 사항 안전한 연구개발 활동에 관한 사항 물질안전보건자료에 관한 사항 그 밖에 연구실 안전관리에 관한 사항

비고

1. "근로자"란 「근로기준법」 제2조제1항제1호에 따른 근로자를 말한다.
2. 연구활동종사자 신규교육을 받은 사람에 대해서는 해당 반기의 정기교육을 면제할 수 있다.
3. 연구활동종사자 정기교육은 사이버교육의 형태로 실시할 수 있다. 이 경우 평가를 실시하여 100점을 만점으로 60점 이상 득점한 사람에 한정하여 교육이수를 인정한다.

⑤ 연구실 안전점검 (제8조 및 제9조)

- 연구주체의 장은 연구실의 기능 및 안전을 유지관리하기 위하여 안전점검지침에 따라 소관 연구실에 관한 안전점검을 실시
- 연구주체의 장은 안전점검을 실시한 결과 연구실의 재해예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에 정밀안전진단을 실시

구분	점검 대상	점검 주기	점검 항목 및 방법
일상점검	전 연구실	매일 1회	연구개발활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리상태 등을 육안으로 점검
정기점검	전 연구실	매년 1회 이상	연구개발활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리상태 등을 안전점검기기를 이용하여 실시 하는 세부적인 점검
정밀안전 진단	유해, 위험 작업 연구실	2년에 1회 이상	<ul style="list-style-type: none"> - 유해·위험물질별 노출도 평가에 관한 사항 - 유해·위험물질별 취급 및 관리에 관한 사항 - 유해·위험물질별 사전 영향 평가·분석에 관한 사항
특별안전 점검	특수 위험 연구실	필요시	폭발사고·화재사고 등 연구활동중사자의 안전에 치명적인 위험을 야기할 가능성이 있을 것으로 예상되는 경우에 실시

⑥ 사전유해인자위험분석에 관한 사항 (제5조의2)

연구실책임자가 자체적으로 해당 연구실의 “사전유해인자위험분석”을 실시하도록 법적 규정을 마련하였다. 사전유해인자위험분석이란 연구개발활동 시작 전 유해인자를 미리 분석하는 일련의 과정으로 과학기술정보통신부고시로 제정되었다.

- 수행절차



• 대상 연구실

- 「화학물질관리법」 제2조제7호에 따른 유해화학물질
- 「산업안전보건법」 제39조에 따른 유해인자
- 「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제2조제1항제2호에 따른 독성가스

⑦ 보험가입 (제14조)

연구주체의 장은 연구활동종사자의 상해·사망에 대비하여 연구활동종사자를 피보험자 및 수익자로 하는 보험에 아래와 같은 보상금액 이상으로 가입해야 한다.

- 요양급여: 최고한도(5천만 원 이상으로 한다)의 범위에서 실제 부담한 의료비
- 장해급여: 후유장해 등급별로 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시하는 금액
- 입원급여: 입원 1일 당 5만 원
- 유족급여: 2억 원
- 장의비: 1천만 원

Y연구기관의 보험가입 내역

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| • 보상범위 : 연구 실험·실습 중 상해 보상 | • 보상내용 |
| • 보험기간 : 연구활동 시작일로부터 보장 | - 사망, 후유장해(1급) : 1억 |
| • 보험금 신청 접수 절차 | - 의료비 : 1천만 원 |
| : 피보험자 → 대학 → 안전담당부서 → 보험사 | - 자기부담금 없음 |



여러분에게는 연구활동으로 인한 불의의 사고시 보험금 지급을 통한 금전적 보상을 받을 권리가 있습니다. 그래도 사고 후 처리 보다 **사고 전 예방이 무엇보다 중요한 거 아니죠?**

⑧ 건강검진 (제18조)

연구주체의 장은 인체에 치명적인 위험물질 및 바이러스 등에 노출될 위험성이 있는 연구활동종사자에 대하여 정기적인 건강검진을 실시해야 한다.

- 검진 종류 : 일반건강검진 및 특수건강검진
- 검진 대상 : 화학적, 물리적 유해인자 취급 연구활동종사자
- 유해인자 : 178종 (산업안전보건법 및 연안법 시행규칙 제10조)
- 검진 주기
 - 일반건강검진: 1회/년 이상
 - 특수건강검진: 산업안전보건법 시행규칙 별표12의3에 따름
- 일반건강검진 필수 검진 항목
 - 문진과 진찰
 - 혈압, 혈액 및 요(尿) 검사
 - 신장, 체중, 시력 및 청력 측정
 - 흉부방사선 촬영

실습과제 2

귀하의 연구기관에 대해 연구실 안전관리 체계를 그려보세요.

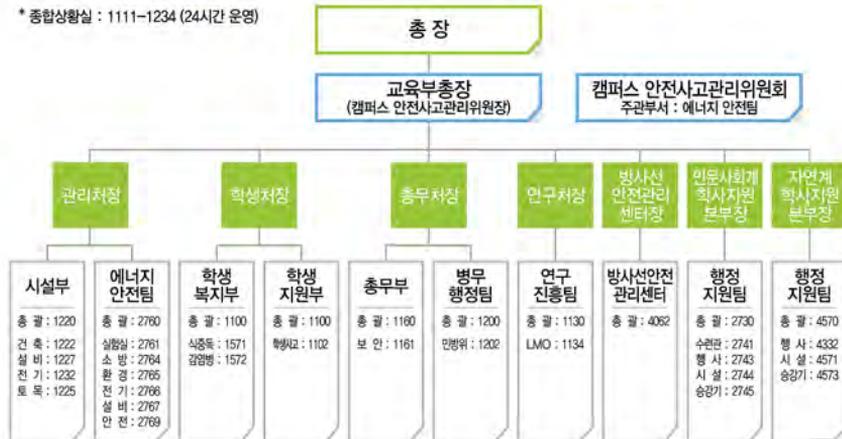
(예시1)



(예시2)

캠퍼스 안전사고관리 조직도 및 비상연락망

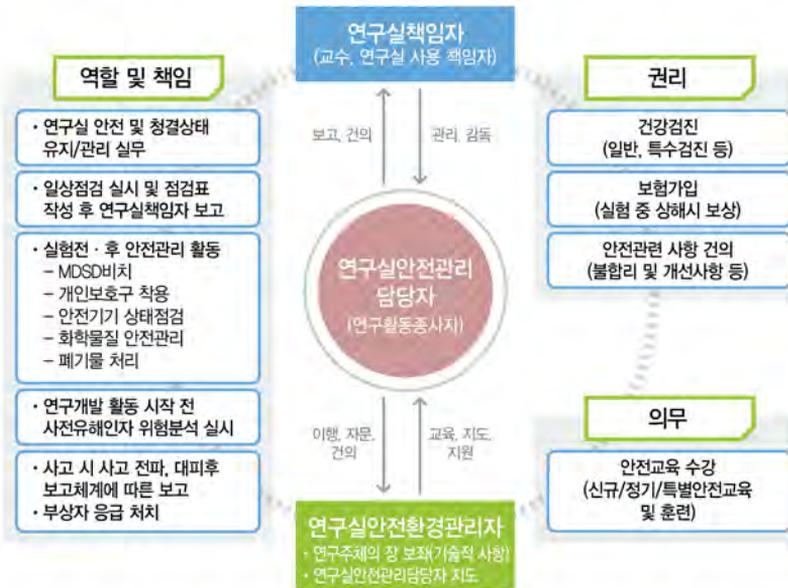
* 종합상황실 : 1111-1234 (24시간 운영)



MEMO

2. 연구활동증서자의 역할, 책임 그리고 권리

앞서 『연구실안전환경조성에 관한 법률』에서 살펴본 바와 같이 연구활동증서자는 연구실안전관리담당자로서 연구실 안전에 관한 실무담당 역할을 수행하는 한편 권리와 의무를 가지는데, 이를 요약하면 아래의 그림과 같습니다.



여기서 한 가지 주목할 사항은 연구활동을 수행하는 실무담당자이기 때문에 자기가 수행하고 있는 연구의 특징과 위험사항을 누구보다도 잘 알고 있습니다. 사고 위험성이 있는 경우 연구실책임자 혹은 연구실안전환경관리자와 상의하고, 개선사항에 대해 건의하며, 기술적 지원이 필요할 경우 연구실안전환경관리자에게 요청할 수 있는 의사소통통로를 적극 활용하는 자세가 필요합니다.



사고 위험성이 발견되면, 실험을 중단하고(STOP),
안전을 위한 의사소통을 통해 안전환경개선 후 연구에 임하십시오.

연구실 안전 표준 교재

신규 연구활동종사자자편





CHAPTER

3

주요 연구분야별 안전 유의사항

1. 기계 안전
2. 전기 안전
3. 화공 안전
4. 가스 안전
5. 소방 안전
6. 가스 안전
7. 생물 안전
8. 안전사고 발생 시 비상대응 가이드



3 CHAPTER New Persons Engaged in Research Activities

주요 연구분야별 안전 유의사항

본 장에서는 각 연구분야별로 필요한 안전관리 핵심 유의사항을 요약하여 설명하고 있습니다. 여러분 각자에게 필요한 분야를 유심하게 살펴보기 바랍니다.

연구분야	유해물질의 종류	인체 영향
화학/화공	<ul style="list-style-type: none"> • 유기 용매 • 산 및 알칼리성 용액 • 산화 물질 • 촉매 물질 • 레진 • 중금속 입자 • 기타 화학물질 	<ul style="list-style-type: none"> • 화학물질에 장기적인 노출로 인한 암 발생 • 부식성 및 급성독성 물질 노출로 인한 건강 피해 • 간, 신장 등 신체 장기에 악영향 및 장애 야기 • 남성 및 여성의 불임 야기
생물/의학	<ul style="list-style-type: none"> • 박테리아, 곰팡이 • 바이러스, 혈중 병원균 • 방부제 등의 물질 • 액체질소 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 화학물질 노출에 의한 1차적 부작용 • 병원균 등의 2차 감염으로 인한 염증 유발 • 피부, 눈, 상기도의 자극 및 손상
물리/기계	<ul style="list-style-type: none"> • 소음, 진동 • 고열, 저온 • 광선, 레이저 • 오일 용매 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 소음에 의한 난청이나 용접 흄 열병 유발 • 공작 기계 사용 중 자상, 창상 또는 절단 등의 부상 발생 • 불면증, 기팔 터널 증후군, 화상, 결막염, 백내장 발생

1. 일반 안전

연구실에서의 활동 중 안전에 대한 최종적인 책임은 연구활동종사자 스스로에게 있으며, 여러 가지 위험 예방 조치 및 안전교육이 제공된다 하더라도 연구활동종사자가 이를 어기거나 받아들이지 않고 행동을 하게 되면 사고를 방지할 수 없습니다. 또한, 이러한 연구활동종사자의 불안정한 행동 및 사고 발생은 연구 성과를 달성하는 측면에서도 적절하지 않습니다. 따라서 스스로의 안전을 지키고 원활한 연구 활동을 하기 위하여 안전 규칙을 준수하여야 합니다.

가. 일반사고의 주 원인

연구실 사고의 대부분은 위험물 취급의 부주의에서 발생되고 있으며, 연구활동종사자의 불안정한 자세나 동작에서 기인됩니다. 또한 구급약품함, 보호구함 및 보호구, 일상점검 일지 등의 미비치가 주 원인이며, 연구실 내에서 취침 및 취사, 흡연을 하는 행위도 사고 발생의 원인이 될 수 있습니다.

나. 일반사고의 대표적인 위험점

일반안전사고의 경우 경미한 보수로 해결되는 경우가 대부분이며 그 위험점은 아래와 같습니다.

구급약품함 미비치	<ul style="list-style-type: none"> 실험실에서 발생 가능한 창상, 찰과상 등에 대한 위험 발생 시 간단한 응급 조치가 필요한 위험점 발생. 또한 실험 시 초자기구 및 시약 등으로 인하여 재해 발생 시 응급으로 사용할 수 있는 구급약품함 설치가 필요함.
보호구함 및 보호구 미비치	<ul style="list-style-type: none"> 각 연구실에 따라 방독면, 방진마스크, 방독마스크, 보안경, 보호 장갑 등의 특성에 맞는 보호구가 필요함.
일상점검일지 및 안전관리규정 미비치	<ul style="list-style-type: none"> 실험실별 상황에 맞는 일상점검일지 및 안전관리 규정을 설치하여, 실험 전 육안으로 확인 후 기록해야함. 불량한 항목 발견 시 빨리 조치를 취하여 안전 확보가 필요함.
연구실 내 취침 및 취사	<ul style="list-style-type: none"> 연구실 냉장고 및 냉동고에 음식물을 함께 보관하거나 취식을 하는 경우 유해 물질로 인한 사고 발생 우려가 있음. 연구실 또는 실험실에서 취침을 하는 경우, 24시간 가동되는 기기에서 사고 발생 시 인명 피해 우려가 있음.

다. 일반안전 수칙

일반안전수칙

- (1) 조속하게 실험실 내의 사정을 파악하도록 노력한다.
- (2) 맡겨진 기계, 기구, 실험장비의 성능을 빨리 이해하도록 한다.
- (3) 복장은 단정히 하고 보호구를 정확하게 착용한다.
- (4) 안전하기 않은 실험과 사고 우려가 있는 위험 요소에 대한 조사는 필수적이다.
- (5) 시설 및 실험기구는 점검 후 사용한다.
- (6) 실험실 내 주위환경을 항상 정리한다.
- (7) 실험실 내에서 장난을 하거나 뛰어다녀서는 안 된다.
- (8) 실험기기 가동 중 기기에 대한 청소, 정비 및 칩 등을 제거하지 않는다.
- (9) 사전 승인이 없는 화기 취급은 하지 않는다.
- (10) 인화물질 또는 폭발물이 있는 장소에서는 화기 취급을 하지 않는다.
- (11) 담배는 흡연장소에서만 피워야 한다.
- (12) 위험표시 구역은 담당자 외 무단 출입을 금한다.
- (13) 작업 내용을 모르는 기계의 경우 함부로 손대지 않는다.
- (14) 물건을 적재할 때는 큰 것부터 작은 것으로, 무거운 것부터 가벼운 것으로 한다.

라. 일반안전관련 참고자료 및 웹사이트

- 표준 연구실 안전, 과학기술부, 2006
- 대학 실험실 안전모델 개발 연구, 교육인적자원부, 2007
- 연구실 안전보건 지침서, KIST, 2008
- 연구실안전사고사례집, 교육과학기술부, 2011
- 연구실 정기점검 항목 및 개선방법 매뉴얼, 연구실안전지원센터, 2012
- 연구활동중증사자를 위한 연구실 안전, 교육과학기술부, 한국연구재단, 2012
- 실험실 안전 실전 가이드, 과학기술정보통신부, 2014

2. 기계 안전

연구실에서 사용되는 기계·기구들은 실험용으로 직접 설계·제작 하는 경우가 많아서 산업용 기계보다 불안정한 요소들이 많습니다. 또한 새로운 기계를 다루는 연구자의 경험 부족이나 연구비 예산부족으로 인해 안전성에 대한 충분한 고려와 반영이 이루어지지 않은 상태에서 작업이 이루어지기 때문에 더욱 높은 위험성이 도사리고 있습니다.

가. 기계사고의 주 원인

연구실에서 발생하는 기계사고의 주 원인은 8가지로 요약될 수 있는데, 4M(Man, Machine, Media, Management)기준에 따라 분류하며 아래와 같습니다.

분류	주 원인	개선방향
Machine	기계가 실험용, 개발용으로 제작되어 안전성이 떨어진다.	설계, 제작시 안전성 강화
Media	기계의 사용 방식이 자주 바뀌거나 사용하는 시간이 짧다.	안전수칙 강화 및 이행철저
Man	기계의 사용자가 경험과 기술이 부족한 학생이다.	실험전·후 숙련공 지도
Man	기계의 담당자가 자주 바뀌어 기술이 축적되기 어렵다.	담당자 인수인계 철저
Management	연구실 환경이 복잡하며 여러가지 기계가 한곳에 보관된다.	안전환경 개선 강화
Machine	기계 자체의 결함으로 인한 사고 발생한다.	제품인증(S마크 인증 등), 안전인증 제품 사용
Management	방호장치의 고장, 미설치 등으로 인한 사고 발생한다.	안전수칙 강화 및 이행철저
Man	보호구 미착용으로 인한 사고 발생한다.	안전수칙 강화 및 이행철저

나. 기계의 대표적인 위험점

협착점(끼임점)	<ul style="list-style-type: none"> 왕복운동을 하는 동작 부분과 움직임이 없는 고정부분 사이에서 형성 예: 프레스, 전단기, 성형기, 조형기, 절곡기 등
물림점	<ul style="list-style-type: none"> 회전하는 두 개의 회전체에 손, 작업복 등이 물려 들어가는 위험점. 회전체가 서로 반대 방향으로 맞물려 회전되는 경우 위험점 발생 예: 롤러와 롤러의 물림, 기어와 기어의 물림 등
접선물림점	<ul style="list-style-type: none"> 회전하는 부분의 접선 방향으로 물려 들어갈 위험이 존재 예: 벨트와 풀리, 체인과 스프로킷 등이 맞물리는 부분
절단점	<ul style="list-style-type: none"> 회전하는 운동부분 자체의 위험이나 운동하는 기계부분 자체의 위험에서 초래 예: 띠톱 부분, 밀링 커터 부분 등

다. 기계안전 일반수칙

연구실에서 기계·기구 사용시 공통적으로 적용될 수 있는 일반적인 안전수칙은 아래와 같고, 기계별 안전수칙은 기계 제작사가 공급하는 안전매뉴얼을 사용하며, 국가연구안전관리본부에서 제작한 연구실 안전 표준 교재 및 관련 사이트들을 참고할 수 있습니다.

기계안전 일반수칙

- (1) 혼자 실험하지 않는다.
- (2) 기계를 작동시킨 채 자리를 비우지 않는다.
- (3) 안전한 사용법 및 안전관리 매뉴얼을 숙지한 후 사용한다.
- (4) 보호구를 올바르게 착용한다.
- (5) 기계에 적합한 방호장치가 설치되어 있고 작동이 유효한지 확인한다.
- (6) 기계에 이상이 없는지 수시로 확인한다.
- (7) 기계, 공구 등을 제조 당시의 목적 외의 용도로 사용하도록 해서는 아니 된다.
- (8) 피곤할 때는 휴식을 취하며 바른 작업자세로 주기적인 스트레칭을 실시한다.
- (9) 실험 전 안전점검, 실험 후 정리정돈을 실시한다.
- (10) 안전통로를 확보한다.

라. 기계안전관련 참고자료 및 웹사이트

유해위험관리기법 및 프로그램 개발, 안전보건공단, 2010
 연구실 정기점검 항목 및 개선방법 매뉴얼, 연구실안전지원센터, 2012
 기계설비별 안전작업 매뉴얼, 영남권 연구실안전지원센터, 2013
 연구실안전사고사례집, 교육과학기술부, 2011
 작업장에서의 정리정돈, 안전보건공단, 2011
 원심탈수기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 저속분쇄기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 교류아크용접기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 전단기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 전동드릴 안전작업, 안전보건공단, 2012
 휴대용 연삭기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 방전기공기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 금속절단기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 선반 안전작업, 안전보건공단, 2012
 밀링 안전작업, 안전보건공단, 2012
 탁상용드릴기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 밴드쏘우 안전작업, 안전보건공단, 2012
 머시닝센터 안전작업, 안전보건공단, 2012
 연삭기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 자동조형기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 공기압축기 안전작업, 안전보건공단, 2012
 현장작업자를 위한 수공구작업 안전, 안전보건공단, 2013
 현장작업자를 위한 프레스작업 안전, 안전보건공단, 2013
 [작업전 안전점검 OPL_설비별] 선반, 안전보건공단, 2015
 [작업전 안전점검 OPL_설비별] 탁상용연삭기, 안전보건공단, 2015
 [작업전 안전점검 OPL_설비별] 프레스, 안전보건공단, 2015
 [작업전 안전점검 OPL_설비별] 휴대용 연삭기, 안전보건공단, 2015
 [작업전 안전점검 OPL_설비별] 전단기, 안전보건공단, 2015
 [일터에서의 안전보건 OPL] 원심기 및 분쇄기, 안전보건공단, 2015
 [작업전 안전점검 OPL_설비별] 교류아크용접기, 안전보건공단, 2015
 연구실 안전 표준 교재, 기계 안전, 국가연구안전관리본부, 2016

3. 전기 안전

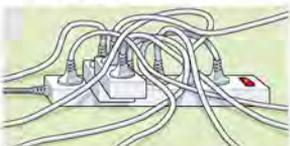
대학 및 연구기관의 연구실에는 각종 계측 장비, 기계 장치, 전산 장비, 개별 난방기, 간이조명시설 등 전기를 동력원으로 하는 기기들이 곳곳에 산재되어 있습니다. 또한 연구실 내부에는 각종 실험·실습을 위하여 설치된 실험 기기들을 24시간 내내 작동시키는 경우가 많습니다. 그러므로 연구활동종사자는 연구실 내 전기·안전 분야에 대한 기초적인 지식과 주의 사항을 숙지하여 빈번히 발생하는 전기 화재 및 폭발 사고를 미연에 방지할 수 있도록 올바른 전기 안전 지식을 습득 할 필요가 있습니다.

가. 전기안전사고의 주 원인

연구실 전기 재해는 연구개발 활동을 위하여 설치한 전기시설, 장비, 연구실험실, 연구재료 등으로 인해 연구활동종사자가 전기 에너지에 노출되어 발생하는 인명 상해 및 재산 손해를 말합니다. 이러한 전기 에너지의 노출은 감전, 화재, 폭발을 초래하는데, 이를 요약설명하면 아래와 같습니다.

분류	설명
전격 재해	<ul style="list-style-type: none"> - 전기나 정전기에 접촉되어 사망, 실신을 비롯하여 화상, 열상 등의 상해를 입는 감전 사고 - 충격으로 인해 2차적으로 발생하는 추락(떨어짐), 전도 (넘어짐) 등으로 인한 인명 상해도 포함
전기 화재	전기 에너지가 점화원으로 작용하여 가연성 물질이나 건축물, 시설물 등에 화재로 발생하는 사고
전기 폭발	폭발성 가스나 인화성 물질에 전기 에너지가 점화원으로 작용하여 발생하는 폭발 및 전기 설비 자체의 폭발 사고

연구실 전기안전 사고의 주된 원인별 개선방법을 정리하면 아래와 같습니다.

분류	주 원인	개선방법
<p>단락, 혼축, 반단선</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 외력으로 인한 절연피복의 파손 • 국부 발열에 의한 절연열화의 진행 • 외부 열에 의한 절연 파괴 	<ul style="list-style-type: none"> • 이동전선의 관리 철저 • 전선 인출부의 보강 • 규격전선의 사용 • 전원 스위치 차단 후 점검·보수
<p>누전</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 누전 차단기의 접지선이 파손 • 누전이 차단기의 설치 위치보다 전단에서 누전 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 배선기기 충전부 및 절연물과 다른 금속체(건물 구조재·수도관·가스관 등) 이격 조치 • 습윤 장소의 전기시설을 위한 방습 조치 • 절연 효율을 위한 전선 접속부에 접속기구 또는 테이프 사용 • 누전 경보기 및 누전 차단기 설치 • 미사용 시 전원 차단 • 배선피복 손상의 유무, 배선과 건조재와의 거리, 접지의 배선의 정기 점검 • 절연저항 정기 측정
<p>과전류</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 허용 전류 및 경계 전압·전류·시간 등의 값 초과 • 문어발식 배선 	<ul style="list-style-type: none"> • 적정용량의 퓨즈, 배선용 차단기 사용 • 문어발식 배선 사용 금지 • 접속 불량여부 등 정기 점검 • 고장 혹은 누전 전기 기기 사용 금지
<p>접촉 불량</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 진동에 의한 접속 단자부 나사 풀림 • 접촉면의 부식 • 개폐기 접촉부 및 플러그의 변형 	<ul style="list-style-type: none"> • 접속부나 배선기구 조임 부분의 철저한 전기공사 시공 • 전기설비 발열부의 철저한 점검 실시
<p>과열</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 전기기구의 과열 <ul style="list-style-type: none"> - 통전된 채로의 장시간 방치 - 취급·보수불량 • 전기배선의 과열 <ul style="list-style-type: none"> - 과전류로 인한 발열량 증가 - 접속불량에 의한 접촉저항 증가 • 전동기의 과열 <ul style="list-style-type: none"> - 먼지·먼진·분진 등의 부착에 의한 통풍 냉각 방해 - 과부하에서 장시간 운전 - 베어링 급유 불충분으로 인한 마찰 	<ul style="list-style-type: none"> • 가열부 주위에 가연성 물질의 방치 금지 • 정기적인 기구, 전동기 내외부 청소 • 낙하 방지, 열원과의 거리 확보 • 접속부 부근의 배선에 대한 피복의 손상 및 과열 주의 • 온도 이상 상승시 자동 전원차단장치 설치 • 충분한 용량의 배선, 코드 사용 • 본래의 용도 이외의 목적으로의 사용 금지

특히 실험실에서 자주 사용하는 핫플레이트 및 건조기 등의 발열기기는 전기, 화재, 화재사고의 잦은 원인이 됩니다. 이를 사용하는 연구자들은 사용기기의 주의사항을 각별히 준수하여 사용하기 바라며, 여기서는 자주 사용되는 발열기기의 예로서, 핫플레이트에 대해 아래와 같이 안전수칙을 살펴보고자 합니다.

핫플레이트 사용시 안전수칙

(1) 실험 전

- 세라믹 상판이 깨지거나 금이 간 곳은 없는지 살핀다.
(오래된 핫플레이트는 내부로 화학물질이 스며들 경우 폭발 위험이 있음.)
- 건조나 가열할 물체가 넘어지거나 미끄러지지 않도록 주의한다.
- 자력식 핫플레이트나 교반기를 함께 사용하는 경우, 신용카드, 교통카드, 전자시계와 같은 물체를 가까이 두지 않도록 한다.

(2) 실험 중

- 밀폐되어 있는 용기를 가열해서는 안 된다.
- 건조시키면 분말이 되는 물질은 공기 중으로 확산되지 않도록 주의한다.
- 실험 도중 세라믹 상판이 깨지면 즉시 전원을 차단하고 실험을 중지한다.

(3) 실험 후

- 핫플레이트의 전원을 끈 후에도 잔열이 남아 있으므로 접촉하지 않도록 주의한다.

(4) 기타사항

- 핫플레이트는 종류와 제품이 다양하므로 구매 시에 안전성과 기술력이 입증된 제품 (국내 인증 KC, 해외 인증 CE·CB·PSE 등)을 사용하는 것이 좋다.
- 핫플레이트는 잔열이 확인되지 않아 접촉으로 인한 화상이 빈번하므로, 잔열 확인 램프가 부착된 것을 사용하는 것이 좋다.

나. 전기안전 일반수칙

전기안전 일반수칙

- (1) 전기 기기 및 배선 등의 모든 충전부는 노출시키지 않는다.
- (2) 전기 기기 사용 시에는 필히 접지를 시킨다.
- (3) 누전 차단기를 설치하여 감전사고 시의 재해를 방지한다.
- (4) 관리자의 허가 없이 함부로 전기 기기의 스위치를 조작하지 않는다.
- (5) 젖은 손으로 전기 기기를 만지지 않고, 습윤장소에서 전자기기를 다룰 시 절연화를 착용한다.
- (6) 개폐기에는 반드시 정격 퓨즈를 사용하고, 동선/철선 등을 사용하지 않는다.
- (7) 불량하거나 고장난 전기 제품은 사용하지 않는다.
- (8) 배선용 전선은 중간에 연결한 접속 부분이 있는 것을 사용하지 않는다.
- (9) 습윤 장소에서의 배선은 가능한 피하피부득이한 경우에는 금속관 배선, 합성수지관 배선 등을 특수한 배선을 선정·시공한다.
- (10) 코드는 가급적 짧게 사용하되, 연장하고자 할 경우에는 임의로 꼬아서 접속하지 않고 반드시 코드 커넥터를 활용한다.
- (11) 코드를 못이나 스테이플 등으로 박아 고정시켜 배선하면, 피복이 손상되어 단락되거나 선이 짓눌리고 구부러져 심선이 단선될 위험이 있으므로 하지 않는다.
- (12) 전기 용량을 고려하여 적정 굵기 전선을 갖는 배선기구를 사용하고, 문어발식으로 많은 기구를 꽂아 사용하는 것을 금한다.
- (13) 덮개가 달린 콘센트를 설치하고 사용하지 않는 콘센트는 커버로 막아놓는다.
- (14) 한 달에 한 번 누전차단기를 점검한다.

다. 전기안전관련 참고자료 및 웹사이트

연구실 안전 표준 교재, 전기·전자 안전, 국가연구안전관리본부, 2015
 한국전기안전공사 블로그: blog.naver.com/kescomiri
 정전기 재해 및 안전대책, 한국산업안전보건공단, 2002
 정전기 재해 예방, 안영준, 한국산업안전보건공단, 2006
 전기 안전: 정전기 방지대책, 한국산업안전보건공단, 2009
 대학화재사고 분석 및 실험·실습실 안전사고 사례집, 교육시설재난공제회, 2010
 연구실안전사고사례집, 교육과학기술부, 2011

4. 화공안전

과학기술과 산업이 발전함에 따라 연구실에서 사용되는 화학물질의 사용량의 증가는 물론 새로운 화학물질의 사용으로 화학물질관련 안전관리의 중요성은 더욱 증대되고 있습니다. 특히 수행하는 연구에 따라 취급하는 유해 화학물질은 매우 다양할 수 있기 때문에 각 물질에 관한 정보의 제공이 필수적입니다.

이러한 정보는 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet, MSDS)를 통해 연구자 혹은 근로자의 알 권리를 보장하고 있는데, 이에 관해 자세히 알아보하고자 합니다.

가. MSDS(물질안전보건자료)란?

- 근로자(연구자)의 알 권리(Worker's Right-to-Know)를 보장하기 위한 제도
- 자신이 취급하는 화학물질의 유해성·위험성에 대한 정보를 알게 됨으로써 직업병이나 사고로부터 스스로를 보호하도록 하고 있음
- 화학물질의 명칭, 유해성·위험성, 물리화학적 특성, 누출 사고시의 대처방법 등을 설명해 주는 자료로서 화학제품의 안전한 사용을 위한 정보 자료로 정의
- 산업안전보건법 제41조 규정에 따라 화학물질을 제조, 수입, 사용, 저장, 운반하고자 하는 자는 MSDS를 반드시 작성, 비치 또는 게시
- 화학물질을 양도 또는 제공하는 자가 MSDS 작성하여 제공



화학물질을 사용할 때는 꼭 구입처로부터 MSDS 및 안전관련 유의사항을 전달받아 내용을 충분히 숙지한 후 사용해야 합니다.

나. 화학물질 취급 시 안전 수칙

- 화학물질 저장/취급 장소에서 적절한 규격의 보호구 착용

구분	보호구 및 시설명	그림
호흡 보호구	<ul style="list-style-type: none"> • 공기공급식 호흡 보호구 • 필터 형 마스크 • 수동식 공기정화식 마스크 • 전동 공기정화식 마스크 • 수술용 마스크와 분진 마스크 	
피부 보호구	<ul style="list-style-type: none"> • 장갑 (일반적으로 폴리에틸렌, 라텍스 등을 사용) • 초저온용, 내화학 장갑 (특수 화학실험/화재 실험용) • 실험복 (면 가운, 위생복, 일회용 실험복 등) • 신발보호구 	
안구 및 안면 보호	<ul style="list-style-type: none"> • 보안경 • 보안면 	
안전설비	<ul style="list-style-type: none"> • 비상사위기 • 안구세정기 • 흡후드 • 시약장(일반형, 밀폐형, 배기형) 	

◆ 화학물질 취급 시 적절한 보호구 사용법 예시

- 보안경

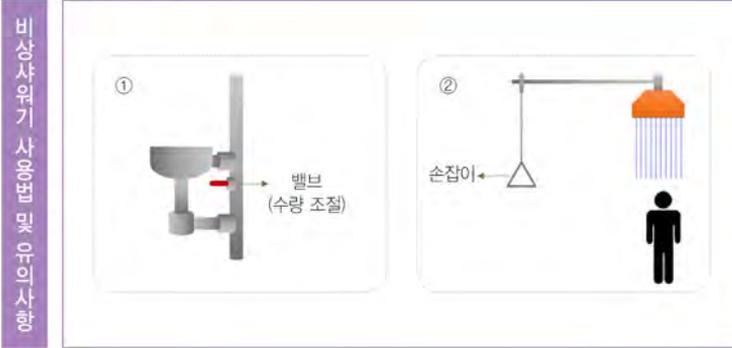
- ① 일반적인 안경을 착용하는 방법과 동일하지만, 고글형의 경우 끈 길이 조정하여 착용
- ② 기존 안경 착용시에는 고글형만 사용 가능(안경 위에 착용)
- ③ 안경형의 경우, 도수가 있는 것으로 제작 가능(이 때 렌즈는 반드시 플라스틱 재질일 것)
- ④ 렌즈 및 일반안경은 원칙적으로 착용 금지



- 비상샤워기

- ① 최초 사용 시 밸브를 열고 손잡이를 잡아당김
- ② 깨끗한 물임을 확인 후 온몸에 물이 충분히 흐르도록 샤워를 함 (화재 사고시)
- ③ 화학물질이 쏟아진 경우, 접촉 가능성을 낮추기 위해 화학물질이 묻은 옷을 벗고 샤워를 진행

④ 사용 후 밸브 잠금



- 세안기

- ① 화학물질이 눈에 튀었을 때 세안기를 사용
- ② (A) 부위를 돌리거나 누르고 난 후 3초간 물을 흘려보냄 (장시간 미사용시 배관등의 이물질 제거 목적)
- ③ 깨끗한 물임을 확인한 후 흐르는 물에 천천히 얼굴을 가까이 하여 귀쪽에서 눈쪽으로 15분이상 눈 세척
- ④ 사용 후 밸브 잠금



- 화학물질에 대한 노출 최소화
 - 실험복 착용 및 무릎 아래까지 노출을 방지할 수 있는 두꺼운 하의 착용
 - 발가락이 노출되는 신발, 샌들, 끈으로 엮은 신발 착용 불가
- 화학물질의 GHS/MSDS를 반드시 숙지
 - 물리화학적 성질과 위험성(예: 부식성, 인화성, 반응성, 독성 등) 인식
 - 특히 처음 다루거나 익숙하지 않은 화학물질 취급시 안전관련 사항에 대해 공급자 등 전문가 확인 필요
- 위험 물질 취급 실험 수행 시 안전관리자 또는 연구실책임자의 사전 승인 필요
- 연구종료 후 얼굴과 손, 팔 등을 비누로 세척
- 분리 보관
 - 독극물은 다른 시약과 별도로 잠금장치가 되어있는 보관함에 보관
 - 이종의 화학물질 보관시 칸막이나 바닥 구획선 등으로 구분하고 서로 간격을 두어 보관
- 밀봉 저장
 - 화학물질의 모든 뚜껑은 확실히 밀봉해 누출되지 않도록 함
 - 특히 강산성 용액은 공기 중의 수분과 반응해 치명적 증기를 생성하므로 유의를 요함
- 관리 책임자 및 담당자 지정
 - 시약 보관함은 시약마다 식별 표시를 해서 관리하며, 입고하거나 사용할 때 시약관리대장에 기록·관리
 - 관리담당자는 저장 보관시설 내 유해화학물질의 사용량을 정확히 파악해 재고량과 대장에 기록된 잔여량이 일치하도록 함

다. 화학물질 안전관련 참고자료 및 웹사이트

- 국가과학기술인력개발원, 연구실 안전 표준 교재 - 화학·가스 안전편
(http://www.kird.re.kr/front/portal/pr/PublishData.jsp?sv={e2}xjJn_lmKA0InZaVyiW Ka3ctdGg==)
- 국내외 MSDS 정보 제공 사이트
 - 산업안전보건공단 정보마당 : <http://msds.kosha.or.kr/>
 - MSDS 포털 사이트 : <http://lpi.com/msds/>
 - MSDS Solutions 3E company : <http://www.msds.com/>
 - PubChem US National Institutes of Health : <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
 - Sigma, Aldrich(Chemical Manufacturers and Suppliers) : <http://www.sigmaaldrich.com/>
 - Japan Advanced Information Center of Safety and Health : <http://www.jaish.gr.jp/>
 - Canada' National Occupational Health and Safety Resource : <http://ccinfoweb.ccohs.ca/msds/search.html>
- 물리적 위험성(폭발성 물질 등) 관련 정보
 - 소방방재청 위험물 정보(<http://hazmat.nema.go.kr/index.jsp>)
 - HSDB(<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>)
 - ILO-ICSC (<http://www.ilo.org/public/elglish/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/index.htm>)
- 건강 유해성(급성독성 물질 등) 관련 정보
 - 경제협력개발기구(OECD) SIDS (<http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/oecd/sids/sidspub.html>)
 - 유럽화학물질관리청(ECBA) IUCLID (<http://www.ecb.jrc.ec.Europa.eu/esis/>)
 - 미국국립의학도서관(NIM) HSDB (<http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>)
 - 국제발암성연구소(IARC) Monographs Site(<http://monographs.iarc.fr/>)
- 환경 유해성(수생 환경 유해성 물질) 관련 정보
 - WHO IPCS(<http://www.inchem.org/pages/ehc.html>)
 - ECOTOX(http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query/html)
 - ECB IUCLID(<http://ecb.jrc.ec.Europa.eu/esis/>)

5. 소방 안전

소방안전 사고의 경우 화학 관련 연구실에서 발생 가능성이 가장 높으나, 누전 등 다른 요인에 의해서도 발생할 수 있으며, 주로 기기과열과 화학약품으로 인한 사고가 대부분입니다. 특히 화학약품으로 인한 화재 발생의 경우 폭발 사고로 이어질 수 있어 심각한 인명 및 재산피해가 발생할 수 있습니다. 따라서 연구실 내에서 각별한 주의가 필요하고, 소화설비의 정확한 사용법을 숙지하는 것이 필요합니다. 연구실책임자 또는 안전관리자는 화재 발생 가능성이 있는 연구실 별로 적절한 종류의 소화기를 구입하여 설치해야 하며, 소화기는 사용 목적에 맞도록 정확히 구분되어 사용되어야 합니다.

화재물질별 소화기의 종류

소화기 종류	화재 종류	화재물질의 예
A형	일반적 연소물질	사무, 섬유, 종이, 고무, 플라스틱
B형	연소되는 액체	오일, 윤활유, 타르, 페인트, 래커(Lacquer), 가스
C형	가압된 전기장치	소화시키는 재료의 전도성이 중요
D형	연소되는 금속들	마그네슘, 티타늄, 지르콘, 리튬, 나트륨, 칼륨

가. 소방안전사고의 주 원인

연구실 화재 사고의 주 원인은 화학약품과 전열기기의 과부하에 의한 사고입니다. 하나의 콘센트에 너무 많은 전기 기구를 연결하여 사용하는 것은 매우 위험하며, 전선이 책상이나 의자, 무거운 물건 등에 눌리지 않도록 주의해야 합니다. 또한 개인전열기의 사용, 취사 등의 행위도 화재사고 발생의 원인이 될 수 있습니다.

화재 시 행동 요령

- 1단계 주위 사람들에게 화재 사실을 알리고, 초기 소화 작업을 진행한다 (소화기 등 사용)
- 2단계 화재 경보기 단추를 누르고, 119와 상황실에 신고한다
- 3단계 출입문을 닫아 화재 및 연기 확산을 예방한다
- 4단계 안전한 장소로 대피한다

엘리베이터 사용 절대 금지

분말식 소화기 사용법 (PASS)

1. 화재장소로 소화기 가져간다. ☆ 소화기 종류 확인
2. (Pull) 소화기 안전핀 뽑는다. ☆ 상하단 레버를 세게 잡지 말 것
3. 바람을 뒤로하고 선다. ☆ 탈출로 확보 필요
4. (Aim) 화원을 향해 호스 노즐을 잡고
5. (Squeeze) 손잡이를 힘껏 움켜쥐어서 소화액 분사
6. (Swipe) 빗자루 쓸 듯이
7. 완전 진화될 때 까지... 끝날 때 까지 끝난 게 아니다.



나. 소방안전 일반수칙

소방안전 일반수칙

- (1) 사고에 대비하여 실험에 임할 때는 안전수칙을 준수하고, 반드시 적합한 개인보호구를 착용하여 최후의 보호막으로 사용한다.
- (2) 소화기, 소화전, 화재경보기 및 개인보호구의 위치와 사용법을 숙지한다.
- (3) 사고 발생 시 비상대피로 및 비상연락처를 확인한다.
- (4) 화상을 입은 경우 상처부위를 씻고 깨끗한 물(찬물)에 상처 부위를 담그도록 한다.
- (5) 옷에 불이 붙으면 손으로 눈과 얼굴을 가리고 바닥에 구르거나 소방 담요로 화염을 덮어야 한다.
- (6) 전기화재 방지를 위해 전기기구를 사용하지 않을 때에는 스위치를 끄고 플러그를 뽑아 둔다.
- (7) 실험실 내 가스불을 켜기 전에 창문을 열어 실내를 환기시킨다.
- (8) 가스 연소 시에는 파란 불꽃이 되도록 공기 조절기를 조절하여 사용한다.
- (9) 화재 발생 시 초기진화가 매우 중요하며, 소화기, 소화전, 소화기구 등 소화 설비를 활용하여 초기에 진화하도록 노력한다.
- (10) 큰 소리로 주위에 화재 발생을 알리고, 화재경보기를 작동시킨다.
- (11) 불이 나면 절대로 혼자 진압하려 하지 말고 건물 외부로 신속히 대피해야 한다.
- (12) 화재 신고 시 화재가 발생한 위치를 정확하게 알려주고, 화재의 종류 등 화재 정보를 알려주어야 한다.
- (13) 평소 피난훈련 및 피난유도 훈련을 실시한다.
- (14) 연기가 가득한 곳을 지날 때에는 최대한 낮은 자세로 대피한다(이런 경우, 맑은 공기는 바닥에서 30~60cm 사이에 떠 있으므로 배로 기어나가서는 안 됨)

다. 소방안전관련 참고자료 및 웹사이트

표준 연구실 안전, 과학기술부, 2006

연구실 안전보건 지침서, KIST, 2008

연구실 정기점검 항목 및 개선방법 매뉴얼, 연구실안전지원센터, 2012

연구활동종사자를 위한 연구실 안전, 교육과학기술부, 한국연구재단, 2012

연구실 안전수칙자료-1, 소방안전

(<http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=allegstage&logNo=220469767979&parentCategoryNo=&categoryNo=&viewDate=&isShowPopularPosts=false&from=postView>)

6. 가스 안전

연구실에서는 미숙련 연구자를 포함한 다수의 연구자가 다양한 종류의 가스를 소량 취급하는 경우가 많습니다. 가스의 보관, 운반, 용기파손, 설치불량, 부주의 등으로 인해 치명적인 가스사고(폭발, 중독, 질식, 화상 등)가 발생할 수 있습니다. 특히, 가스는 누출시 확산속도가 빠르고, 무색·무취인 것들이 대부분이기에 연구실 내에서 각별한 주의가 요해지고, 관계 법령³⁾에 대한 검토도 반드시 필요합니다.

분류	설명
폭발	폭발성 가스(아세틸렌, 수소, LPG, LNG, 암모니아 등)가 누출 후 발화되어 발생
가스 중독	독성 가스(염소, 염화수소, 일산화탄소, 아황산가스, 암모니아, 포스젠 등)의 누출로 발생
질식	질식성 가스(이산화탄소 등)의 다량 누출로 인하여 공기 중 산소가 부족하여 질식사고 발생
저온 화상	저온액화가스(액화질소 등) 대기 증으로 방출 후 신체 접촉 시 초저온으로 인한 화상사고 발생

* 액화질소의 올바른 취급 방법

- 신체를 보호할 수 있는 옷을 입습니다(안면 보호대 및 보안경 장착).
- 초저온액체용기를 사용하여 내부 압력이 없이 작업이 가능하게 합니다.
- 절대로 용기가 넘치도록 충전하지 않습니다.
- 폐기 시 폐쇄된 공간이나 사람의 출입이 있는 곳에 버리지 않고, 외부의 안전한 곳에서 손상 없이 증발할 수 있도록 해야합니다(포장도로 위 ×, 자갈이나 맨 흙바닥 ○).

3) 가스관련 법 : 고압가스 안전관리법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법, 도시가스사업법 등

가. 가스사고의 주 원인

가스 사고는 가스 배관 및 밸브의 노후·파손과 설치상태 불량, 연소기구의 관리 미비, 불량 가스용품 등으로 인한 사고가 대부분이며 가장 주된 원인은 사용자의 취급 부주의이다. 연구실 내에서 가스 사고가 일어나는 주요한 원인은 다음과 같다.

분류	주 원인	개선방향
Machine	가스 실린더 설치 미비, 가스 배관 및 밸브의 노후·파손과 설치상태 불량	설계, 제작시 안전성 강화 안전점검 강화 및 설비개선
Media	가스저장용기 및 공급기구의 관리 및 보관상의 문제	안전수칙 강화 및 이행철저
Man	가스 사용상의 문제	실험전·후 교육 철저 및 실습
Media	환기가 좋지 않은 장소에서의 작업	안전환경 개선
Management	부실한 안전 교육과 감독	안전환경 개선 및 책임자 교육

나. 가스안전 일반수칙

가스안전 일반수칙

- (1) 고압가스 용기의 라벨을 확인하여 가스의 종류를 확인하고 GHS/MSDS를 읽어 가스의 특성과 누출 시 필요한 사항을 숙지한다.
- (2) 고압가스 용기는 반드시 고정 장치 또는 쇠파스를 이용하여 벽이나 기둥에 단단히 고정해야 한다.
- (3) 사용하지 않은 용기와 사용 중인 용기, 빈 용기는 구별하여 보관한다.
- (4) 가스 용기를 사용하지 않을 때는 밸브를 잠그고, 넘어지면서 밸브 목에 손상을 입게 되면 피해가 증가할 수 있으므로 보관 시에는 반드시 캡을 씌우도록 한다.
- (5) 고압가스 용기는 반드시 40℃ 이하에서 보관하고 환기가 잘되는 곳에서 사용한다.
- (6) 가스를 교체할 때는 약간의 압력이 남아 있어 공기가 들어가지 않도록 교체하도록 하며, 누출이 없는지 확인하고 교체 후에는 반드시 캡을 씌우도록 한다.
- (7) 가스 사용 전 누출 검사와 압력조절기의 정상적 작동 여부를 확인 한다.

- (8) 인화성 가스의 고압가스는 역화방지장치를 반드시 설치하여 불꽃이 연료 또는 조연제인 산소로 유입되는 것을 차단하여 폭발 사고를 방지해야 한다.
- (9) 압력 조절기의 밸브를 갑자기 열게 되면 가스 흐름이 빨라져 마찰열 또는 정전기로 인한 사고의 위험이 있으므로 주의한다.
- (10) 가연성, 조연성, 독성 가스는 혼합 시 폭발의 가능성이 있으므로 항상 따로 저장하거나 방호벽을 세워 3m 이상 떨어뜨려 저장해야 한다.
- (11) 가스 저장 장소에는 다른 물질, 특히 부식성 물질, 기름과 LPG 같은 인화성 물질, 점화원 등은 함께 보관하지 않도록 한다.
- (12) 발화성(Pyrophoric) 독성 물질의 가스 용기는 환기가 잘되는 장소에 구분하여 보관하거나 가스 용기 캐비닛에 보관하고 지정된 사람만 접근하도록 한다.
- (13) 가스 용기의 검사 여부, 충전 기한을 체크하고, 충전 기한이 지났거나 임박하였을 경우, 가스의 사용을 중지하고 제조사에 연락하여 수거하도록 한다.
- (14) 고압가스 용기를 이송할 때는 항상 방호 장갑, 보안경, 안전화를 착용하고 지정된 이동 장비를 이용한다.
- (15) 인화성 물질을 이송하는 경우 소화기, 화재 방지 장비, 개인 안전장비 등을 구비하고 이송한다.
- (16) 이송하기 전에 반드시 압력 조절기를 떼고 밸브를 잠그고 캡을 씌워 다른 물체와의 충격으로부터 보호한다.
- (17) 압력 조절기의 사용 전에는 반드시 각 부품 및 파트의 기능과 올바른 사용법을 숙지하고, 가스 용기와 압력 조절기를 연결할 시에는 올바른 기구를 사용하도록 한다. 가연성 가스와 일반 가스 용기의 나사선은 반대 방향으로 만들어져 있으므로, 이 또한 숙지하여 연결 시 주의 하도록 한다.

다. 가스안전관련 참고자료 및 웹사이트

한국가스안전공사 홈페이지(<http://www.kgs.or.kr/kgsmain/index.do>)
 가스안전교육원 홈페이지(<http://www.kgs.or.kr/kgsmain/index.do>)
 보호구 착용 및 사용방법, 산업안전보건공단, 2004
 표준 연구실 안전, 과학기술부, 2006
 연구실 안전보건 지침서, KIST, 2008
 연구실 안전관리 매뉴얼, 교육과학기술부, 2008
 국내외 연구·실험실 사고사례 모음, 교육과학기술부, 2011
 연구실 안전 사고 사례집, 교육과학기술부, 2012
 산업안전보건매뉴얼, 교육부 및 한국직업능력개발원, 2013
 연구실 안전 표준 교재, 화학·가스 안전, 국가과학기술인력개발원, 2015

7. 생물 안전

최근, 생명공학산업의 발전과 융·복합 연구 등으로 연구활동은 매우 복잡·다양하고 지속적으로 증가하고 있습니다.

생물이용 연구실은 '유전자변형생물체(Living Modified Organism, LMO)', '고위험병원체', '생물작용제', '독소' 등을 이용하여 실험을 실시하는 연구실이며, 아래와 같은 관련 법령에 따른 생물안전 준수 및 연구시설 신고·허가 등의 절차를 따라야 합니다.

〈생물이용 연구실의 안전관리 관련법〉

분류	해당 법률	약칭
연구실 안전	연구실 안전환경 조성에 관한 법률	연구실안전법
	유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률	LMO법
생물안전 및 보안	생명공학육성법	-
	감염병의 예방 및 관리에 관한 법률	감염병예방법
	화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률	생화학무기법
	가축전염병 예방법	-
	수산생물질병 관리법	-
	농수산생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률	농수산생명자원법
	해양생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률	해양생명자원법
	생명윤리	생명윤리 및 안전에 관한 법률
동물윤리	동물보호법	-
	실험동물에 관한 법률	-
생명자원	생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률	생명연구자원법
폐기물	폐기물관리법	-
기타	대외무역법	-
	산업안전보건법	-

또한 생물이용 연구를 하는 연구실은 생물체의 위험정도와 연구내용에 따라 생물안전 등급이 정해지며, 각 등급별로 설치·운영 되어야 합니다.

등급	대상	신고/허가
1등급	<ul style="list-style-type: none"> 건강한 성인에게는 질병을 일으키기 아니하는 것으로 알려진 유전자변형 생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 환경에 대한 위해를 일으키지 아니하는 것으로 알려진 유전자변형 생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 	신고
2등급	<ul style="list-style-type: none"> 사람에게 발병하더라도 치료가 용이한 질병을 일으킬 수 있는 유전자 변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 환경에 방출되더라도 위험이 경미하고 치유가 용이한 유전자변형 생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 	신고
3등급	<ul style="list-style-type: none"> 사람에게 발병하였을 경우 증세가 심각할 수 있으나 치료가 가능한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 환경에 방출되었을 경우 위험이 상당할 수 있으나 치유가 가능한 유전자 변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 	허가
4등급	<ul style="list-style-type: none"> 사람에게 발병하였을 경우 증세가 치명적이며 치료가 어려운 유전자변형 생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 환경에 방출되었을 경우 위험이 막대하고 치유가 곤란한 유전자변형 생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험 시설 	허가

시험·연구용 LMO의 표시

■ LMO법률 제24조(표시), 통합고시 제2-10조 (표시)
LMO를 개발·생산 또는 수입하는 자는 LMO 또는 용기나 포장, 수입송장에 다음의 사항을 표시해야 함.

① LMO의 명칭·종류·용도 및 특성

- 명칭 : B6SJL-Tg (SOD1*G93A)
1Gur/JStock#002726
- 종류 : MICE
- 용도 : 시험·연구용



〈유전자변형생물체 표시〉

② LMO의 안전한 취급을 위한 주의사항

- 별도의 운송수단으로 격리하여 운송할 것
- 외부인 및 환경에 노출되지 않도록 유의할 것
- 취급 시 안전보호구 착용할 것
- 관계자 외 취급금지

③ LMO의 개발자 또는 생산자, 수출자 및 수입자의 성명, 주소 및 전화번호

- 수출자: Jackson Lab, USA 1-800-422-6423
- 수입자: 000바이오 000-000-0000

④ LMO에 해당하는 사실

- 경상생물체와 다르게 특정 gene을 변화시킨 유전자 변형 생물체임

⑤ 환경 방출로 사용되는 LMO 해당 여부

- 해당없음. (시험 연구용으로 연구시설 내에서 사용됨)

가. 생물이용 연구실 안전 일반수칙

생물이용 연구시설은 연구대상 및 연구규모에 따라 일반적인 생물이용 연구시설(일반 이용 연구시설), 대량배양 연구시설, 동물이용 연구시설, 식물이용 연구시설, 곤충이용 연구시설 등으로 나눌 수 있습니다. 본 교재에서는 생물이용 연구시설의 일반적인 안전수칙에 대해 기술하고, 각 시설별 상세 안전관리 정보는 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률, 유전자재조합실험지침, 시험·연구용 LMO 정보시스템 등을 참조하시기 바랍니다.

생물안전은 생물 취급에 적합한 실험 시설, 둘째, 대상 생물과 해당 연구의 위해도 평가 능력, 마지막으로 적절한 생물안전관리 방안을 마련하여 실시함으로써 생물이용 연구실 감염 및 사고를 예방하여 안전하게 연구활동을 수행할 수 있습니다. 생물이용 연구활동의 안전수칙을 정리하면 아래와 같습니다.

생물안전 일반수칙

- (1) 생물안전관련 법규 및 안전수칙을 엄격히 준수하는 것을 기본으로 한다.
- (2) 병원성 미생물 또는 감염성 물질을 취급하는 연구활동종사자는 그 위험성에 대하여 충분히 숙지하고 있어야 한다.
- (3) 생물체를 안전하게 취급하기 위한 준수사항 및 실험기법 등에 대해 생물안전 교육·훈련을 받아야 한다.
- (4) 연구실 내에서 실험복 등 적절한 개인보호구를 착용하고, 일반구역 이동시 탈의한다.
- (5) 연구실 내에서 음식섭취, 식품보존, 흡연, 화장 등을 금지한다.
- (6) LMO 연구시설은 승인받은 자만 출입한다.
- (7) LMO 연구시설에는 고압멸균기를 설치한다.
- (8) 고형폐기물, 실험폐수를 멸균할 수 있는 설비를 설치하여 폐기물, 폐수의 생물학적 활성을 제거해야 한다.
- (9) 감염성 물질 취급 및 병원체 조작은 반드시 생물안전작업대 내에서 수행해야 한다.
- (10) 생물실험 관련장비를 사용하는 사람은 사용법 및 적절한 기술을 습득하고 있어야 한다.
- (11) 유전자변형생물체 등을 보관할 때에는 보관 관리대장을 반드시 작성하되, 입고 및 분양 종류, 수량, 날짜, 담당자, 재고량 등을 정확히 파악하여 기록하고 정기적으로 보관 관리대장과 보관물을 검사하여 기록이 정확히 작성되었는지 확인한다.

나. 생물이용 연구실 안전관련 참고자료 및 웹사이트

시험·연구용 LMO 정보시스템(<https://www.lmosafety.or.kr>)

연구실안전교육시스템(<http://edu.labs.go.kr>)

건국대학교 실험실 생물안전 관리 지침서

국내·외 실험실사고사례 모음, 과학기술정보통신부, 2015

시험·연구용 LMO 비상조치메뉴얼, 2014

연구실 안전 표준 교재, 생물 안전, 국가연구안전관리본부, 2017

8. 안전사고 발생 시 비상대응 가이드

연구실 사고 발생 시 적절한 대응이 미흡하여 그 피해를 줄일 수 있음에도 불구하고 연구활동종사자들의 생명 및 연구시설·장비 등 재산 피해가 막대하게 발생하는 사례가 많습니다. 각 사례별 사고대응 가이드를 숙지하고, 훈련하여 그 피해를 줄일 수 있습니다.

과학기술정보통신부에서 배포한 "연구실 사고대응 매뉴얼(2014.09)"에 따르면 연구실 사고 발생 시 대응 단계별 수행업무는 아래와 같습니다. 연구활동종사자는 사고시 보통 현장에서 최초발견하게 되는데, 사고대응과 보고에 있어서 직접적인 역할을 하게 됩니다. 자신의 연구분야에 해당하는 비상대응 가이드를 상세히 확인하고, 사고시 당황하지 않고 대응할 수 있도록 평상시 훈련을 통해 몸에 체득되도록 합니다.

진행 단계	수행 업무	업무 수행
연구실 사고 발생		
사고보고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최초발견자→연구실책임자→안전담당부서 (연구실안전환경관리자)→연구주체의장 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구실 안전관계자
사고대응	<ul style="list-style-type: none"> ○ 필요 시 연구실사고대책본부 구성 ○ 사고피해 확대 방지 조치 ○ 연구실책임자에 의한 응급조치 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구실 안전관계자
사고조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고원인 규명 및 사고로 인한 인명 및 재산 피해 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전담당부서
재발방지 대책 수립·시행	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구실안전환경관리자는 사고방지 대책 수립 후 연구주체의장에게 보고 ○ 연구실책임자는 재발방지대책 시행 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전담당부서 ○ 연구실책임자
사후관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재발방지 대책시행 여부 확인 및 사고 분석 결과를 바탕으로 향후 안전관리 추진계획에 반영 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구주체의 장 ○ 안전담당부서

연구실내에서 화재, 폭발, 부상 등의 사고 발생 시 기본 응급처치 후 인근 병원으로 이송하여 치료하도록 하여야 하는데, 그 상황별 응급처치 가이드는 아래와 같습니다.

연구실 사고 응급처치 가이드

- (1) 옷에 불이 붙었을 때 : 당황하여 뛰지 말고 불 붙은 옷을 벗거나, 바닥에 구르거나, 담요나 실험복을 덮어 불을 끈다. 얼굴 부근의 불이 아닐 경우 화학화재용 소화기를 사용하여도 좋고, 물에 섞이지 않는 유기용매에 의한 불이 아닐 경우에는 비상사위기로 사위 실시
- (2) 불에 의한 화상을 입었을 때 : 흐르는 찬물로 화상부위를 15분 이상 식혀주고 인근 병원으로 이송하여 치료
- (3) 화학물질에 의한 화상을 입었을 때 : 즉시 물로 씻거나 비상사위기로 15분 이상 샤워를 하고 인근 병원으로 이송하여 치료 (의복에 묻었을 경우 탈의 후 샤워)
- (4) 눈에 화학물질이 들어갔을 때 : 즉시 세안기를 이용하여 15분 이상 씻은 후 인근 병원으로 이송하여 치료
- (5) 유독한 기체를 흡입하였을 때 : 즉시, 통풍이 잘되는 곳으로 옮겨, 앉거나 누워서 깊게 호흡을 한다. 다량의 기체 흡입 시 즉시 인근병원으로 이송하여 치료
- (6) 베었을 때 : 에탄올로 소독하고, 깨끗한 붕대나 천을 사용하여 지혈시킨 후 인근 병원으로 이송하여 치료
- (7) 화재·폭발이 발생하였을 때 : 연구실에서 모든 학생을 대피시키고, 부상자는 인근 병원으로 이송하여 치료받게 하고, 화재 발생 시에는 근처 소화기로 초기진화하고, 큰 화재는 신속하게 119에 연락

가. 일반안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 화상

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동중사자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 안전보건표지 부착 및 준수 • 개인보호구 착용 후 실험
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 해당실험장치 작동 중지 후, 사고 상황을 파악하고 부상자를 안전한 장소로 옮겨 적절한 응급조치 시행 • 화학물질이 액체가 아닌 고형물질인 경우 물로 씻어내기 전에 털어 냄 • 가벼운 화상의 경우 화상부위를 찬물에 담그거나 물에 적신 차가운 천을 대어 통증을 감소 • 심한 화상인 경우 깨끗한 물에 적신 헝겊으로 상처부위를 덮어 냉각하고 감염 방지 등 응급조치 후 병원 이송 조치 • 화상부위나 물집은 건드리지 말고 2차 감염을 막기 위해 상처 부위를 거즈로 덮음
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

(2) 상처 및 출혈

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동중사자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 안전보건표지 부착 및 준수 • 개인보호구 착용 후 실험
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮겨 적절한 응급조치 시행 • 베인 경우 상처 소독보다 지혈에 신경 쓰고 작은 상처는 1회용 밴드로 감아주며, 큰 상처의 경우 봉대를 감은 후 상처 부위를 심장보다 높은 곳에 위치 • 피부가 까진 경우 소독하기 전에 흐르는 깨끗한 물로 씻고 소독액 사용 • 멍이 든 부위를 얼음주머니나 찬물로 찜질을 하고 시간이 지나 다친 부위를 움직이지 못하면 골절이나 염좌가 의심되므로 병원진료 실시 • 지혈 등 응급조치 시행
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

나. 기계안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 끼임(협착) 및 절단

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동중증사자)
사고 예방 · 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 기계 안전장치 설치(방호덮개, 비상정지 장치 등) • 기계별 방호조치 수립 • 기계사용 시 적정 개인보호구 착용
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 안전이 확보된 범위 내에서 사고 발견 즉시 사고기계의 작동 중지(전원 차단) • 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행 • 손가락이나 발가락 등이 잘렸을 때 출혈이 심하므로 상처에 깨끗한 천이나 거즈를 두툼하게 댄 후 단단히 매어서 지혈 조치 • 절단된 손가락이나 발가락은 깨끗이 씻은 후 비닐에 싼 채로 얼음을 채운 비닐봉지에 젖지 않도록 넣어 빨리 접합전문병원에서 수술을 받을 수 있도록 조치
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련 · 시행



다. 전기안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 감전

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동종사자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> 고전압 및 감전 안전보건표지 부착 젖은 손으로 전기기기 취급 금지 전기기기의 수리는 전문가에게 의뢰 비규격 및 안전인증 미취득 전기제품 사용 금지 개인보호구 보유 및 실험형태에 따라 반드시 착용 전기관련 실험시에 안전거리 확보 전기기기 사용 시에는 필히 접지
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> 절연장갑 착용 후 해당 전기기기 전원 신속히 차단 구호자의 2차 감전을 방지하기 위해 절연봉(마른 나무막대, 플라스틱 막대 등)을 이용하여 부상자를 구호하고 부상자와 신체접촉이 되지 않도록 주의 부상자의 상태(의식, 호흡, 맥박, 출혈 유무) 확인 후 응급처치(심폐소생술) 필요 시 병원에 신고
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

(2) 전기 화재

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동종사자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> 용량을 초과하는 문어발식 멀티콘센트 사용 금지 전기기기의 수리는 전문가에게 의뢰 비규격 및 안전인증 미 취득 전기제품 사용 금지 전열기 근처에 가연물 방치 금지 전기기기 사용 시에는 필히 접지
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고발생 전기기기의 전원을 신속히 차단 연기에 의한 피해자나 화재에 의한 화상자 발생 시 응급처치 화재 발생 시 해당기기에 물을 뿌리면 감전 위험 있으므로 물 분사 금지 소화기는 가능한 C급 소화기 사용하여 초기 진화 필요 시 유관기관(소방서, 병원 등)에 신고
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

라. 화공안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 화학물질 누출·접촉

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동증서자)
사고 예방 · 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> MSDS/GHS 비치 및 교육 화학물질 성상별 분류 보관
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> 주변 연구활동증서자들에게 사고 전파 안전담당부서(필요 시 소방서, 병원)에 약품 누출 발생사고 상황 신고(위치, 약품 종류 및 양, 부상자 유·무 등) 유해물질에 노출된 부상자의 노출된 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어줌 금수성물질이나 인등 물과 반응하는 물질이 묻었을 경우 물로 세척 금지 위험성이 높지 않다고 판단되면, 안전담당부서와 함께 경화 및 폐기작업 실시
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

(2) 화학물질 화재·폭발

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동증서자)
사고 예방 · 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> MSDS/GHS 비치 및 교육 화학물질 성상별 분류 보관 폭발 대비 대피소 지정
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> 주변 연구활동증서자들에게 사고 전파 위험성이 높지 않다고 판단되면, 초기진화 실시 2차 재해에 대비하여 현장에서 멀리 떨어진 안전한 장소에서 물 분무 금수성 물질이 있는 경우 물과의 반응성을 고려하여 화재 진압 실시 유해가스 또는 연소생성물의 흡입 방지를 위한 개인보호구 착용 유해물질에 노출된 부상자의 노출된 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어줌 초기진화가 힘든 경우 지정대피소로 신속히 대피
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

마. 소방안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 긴급 대피 요령

구분	연구활동종사자 대응 활동
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 실험실 물품 정리 시 정리정돈을 철저히 하고 발화위험 물질은 따로 분리하여 정리 • 정기적인 소방 교육 및 훈련을 통해 소방시설 철저히 완비
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 복도에 설치된 소화전 발신기 작동 및 주변 사람들에게 사고 전파 • 안전관리담당 부서에 화재 발생 통보(안전팀 또는 통합상황실 등) • 초기 진화 실패 시 화재가 발생한 연구실의 문을 닫고 안전하게 대피(연구실책임자에게 사고 사실 보고) • 가능한 낮은 자세로 손수건 등으로 입과 코를 막고 불길의 반대편으로 대피함 • 실험 중 옷에 불이 붙었을 때에는 복도에 있는 비상사위시설을 이용하거나 가슴 앞에 팔을 모으고 바닥에 엎드려서 천천히 몸을 굴러 진화하도록 함 • 소화할 자신이 없을 때에는 소화를 시도하지 말고 우선 신고하고 대피부터 함
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련 · 시행

(2) 화재 사고 시 행동 요령

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동종사자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 화재 발생의 경우를 대비하여 비상탈출훈련 실시 및 비상구, 소화기 위치를 사전에 파악 • 소화기 종류 및 사용 요령을 사전에 교육
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 화재 발견자는 큰 소리로 화재를 알리고 비상경보벨을 작동시켜 주위에 화재 사실을 알림(119에 전화) • 화재가 발생한 방의 문을 닫고 건물 내 인원을 안전하게 대피시킴 • 비상구 등 개구부를 통하여 대피할 때에는 반드시 문을 닫고 대피하여 화재와 연기의 확산을 지연시켜야 함 • 초기 화재 시 화재의 종류를 파악하고 소화기와 소화전을 이용하여 화재를 진압함 • 부상자가 있을 경우, 산소를 충분히 공급하는 등의 응급조치 후 구급차를 이용하여 병원으로 후송
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련 · 시행

바. 가스안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 가연성 가스 누출·폭발

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동증서자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> 가연성 가스용기는 통풍이 잘 되는 옥외저장소에 설치 가연성가스 검지기 설치 및 관리 가스용기 고정장치 설치 상시 가스누출 검사 실시
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> 가스누출 사실 전파 및 건물 내에 체류 중인 사람이 대피할 수 있도록 알림 안전이 확보되는 범위 내에서 사고확대 방지를 위하여 밸브차단 및 환기 등 적절한 조치 취함 누출규모가 커서 대응이 불가능할 경우 즉시 대피
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

(2) 독성가스 누출

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동증서자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> 독성가스용기는 옥외저장소 또는 실린더캐비닛 내 설치 독성가스 특성을 고려한 호흡용 보호구 비치 및 사용 관리 독성가스 검지기 및 중화제독장치 설치 및 관리 상시 가스누출 검사 실시
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> 가스누출 사실 전파 및 건물 내에 체류 중인 사람이 대피할 수 있도록 알림 사고 적응성 개인보호구(방독면 등)를 신속하게 착용 안전이 확보되는 범위 내에서 사고확대 방지를 위하여 밸브차단 유독기체 흡입 부상자의 경우 통풍이 잘 되는 곳으로 옮기고 안정을 취하게 함 누출규모가 커서 대응이 불가능할 경우 즉시 대피 대피 시에는 출입문 및 방화문을 닫아 피해 확산 방지
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행

사. 생물안전분야 사고 발생시 비상대응 가이드

(1) 병원체 유출

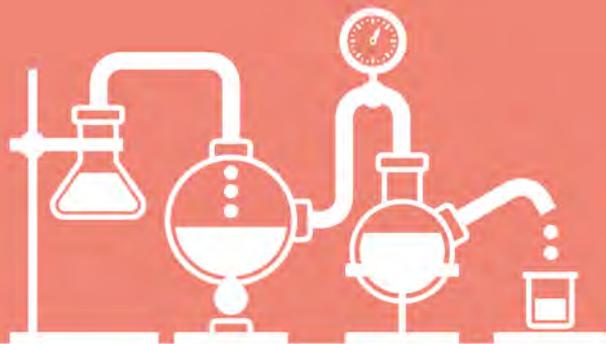
구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동종사자)
사고 예방 대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 연구실책임자 및 연구활동종사자 정기안전교육 이수 • 연구실은 승인 받은 자만 출입하고 출입문은 항상 닫아둠 • 연구실 별 생물사고 대응 도구(biological spill kit) 구비 • 병원체 특성별 병원 연계체계 구축 • 자체 생물안전위원회에서 위해성 평가를 완료한 생물실험체, 병원체, LMO에 한하여 실험
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 부상자의 오염된 보호구는 즉시 탈의하여 멸균봉투에 넣고 오염부위를 세척 한 뒤 소독제 등으로 오염 부위 소독 • 부상자 발생 시 부상 부위 및 2차 감염 가능성 확인 후 기관 내 보건담당자에게 알리고, 필요시 소방서 신고 • 흡수지로 오염부위를 덮은 뒤 그 위에 소독제를 충분히 부어 오염의 확산을 방지한 뒤 퇴실 • 2차 피해 우려 시 접근금지 표시를 하여 2차 유출확대 방지
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 오염된 연구실 탈 오염 처리 및 오염 확산 방지 처리 • 생물안전사고 부상자의 2차 획득 감염사고 관찰, 진단 및 치료 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련 · 시행

(2) 동물 물림, 바늘 등에 의한 부상

구분	해당 연구실 (연구실책임자, 연구활동종사자)
사고 예방 대비 단계	“병원체 유출”과 동일
사고 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 즉시 실험을 멈추고 부상 부위에 식염수나 비상약 소독제로 소독하고 출혈 시 지혈 • 실험종인 동물을 케이지에 넣어 보관하거나 병원체를 밀봉하고 부상자의 소독 및 지혈 등을 지원 • 생물 안전관리자, 동물실관리자 등에게 경위를 설명하여 사고 대응 지시를 받음
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈 • 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응 • 피해복구 및 재발방지 대책마련 · 시행

연구실 안전 표준 교재

신규 연구활동종사자자편





CHAPTER

4

안전점검 시 주요 위반사례

1. 일반안전 지적사항
2. 기계안전 지적사항
3. 전기안전 지적사항
4. 화공안전 지적사항
5. 소방안전 지적사항
6. 가스안전 지적사항
7. 생물안전 지적사항



4 안전점검 시 주요 위반사례

본 장에서는 안전점검 시 자주 지적되는 사례들을 공유함으로써 선제적으로 여러분의 안전관리 수준을 높을 수 있는 기회를 가져보고자 합니다. 여러분의 실험실에서 아래와 같은 지적이 나올만한 상황은 없는지 생각해 보시고, 있다면 개선할 수 있도록 실천에 옮기십시오.



안전을 내일로 미루는 순간 오늘 사고가 발생합니다.

1. 일반안전 지적사항

사진	지적사항	개선방향	비고
	일상점검일지 작성 미흡	<ul style="list-style-type: none"> 표준양식을 기초로 한 일상 점검일지 작성 안전책임자 (교수) 담당자 서명 보관 (도장금지) 	

사진	지적사항	개선방향	비고
	<p>실험실안전수칙 및 비상연락처 비치 미비</p>	<ul style="list-style-type: none"> 실험실 안쪽 연구원들 및 출입자가 제일 잘 볼 수 있는 자리 부착 	
	<p>실험실안전수칙 및 비상연락처 비치 미비</p>	<ul style="list-style-type: none"> 연구실 안전출입증 패용 (신분증 뒷면) 	
	<p>실험실 내 간이침대 보관</p>	<ul style="list-style-type: none"> 실험실 내 간이침대 및 소파 제거 	
	<p>실험실 내 음식물 섭취</p>	<ul style="list-style-type: none"> 음식물 섭취금지 실험실 내 커피, 음료, 다과 등 음식물제거 (세미나실, 휴게실 사용) 	
	<p>개인보호구 보관 미흡</p>	<ul style="list-style-type: none"> 실험복 벗은 후 정리 (옷장) 실험 후 보호구 (장갑) 폐기 장갑 착용 실외 이동 금지 	

사진	지적사항	개선방향	비고
	<p>실험복 미착용</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 실험 중 실험복 착용 • 이어폰 착용 금지 • 앞이 막힌 슬리퍼 혹은 기계작업시 안전화 착용 • 공동기기실 출입 시 실험복 착용 	
	<p>선반 위의 기구 낙하위험</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 선반 위 소모품 시약 등 보관금지 	
	<p>비상사위기 아래 적치물 보관</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 비상사위기 아래 적치물 제거 	
	<p>실험실 정리정돈 불량</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 출입구 비상대피로는 깨끗하게 정리되어 있어야 함 	
	<p>시약 냉장고 음식물 혼재</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 시약 냉장고 내 음식물 보관 금지 • 실험실 내 음식물 보관용 냉장고 설치 금지 	
	<p>실험 중 연구원의 부재로 건조기 사고 발생</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 실험실 전체에 특별안전 수칙 제작 및 부착 • 해당연도 연구실 정기안전 점검 시 관련사고 예방을 위한 현장지도 	

2. 기계안전 지적사항

사진	지적사항	개선방향	비고
	롤러 방호장치 미설치	<ul style="list-style-type: none"> • 롤러 덮개 등 방호장치 설치 및 롤러 물림점 차단 	
	연삭기 안전간격 미흡	<ul style="list-style-type: none"> • 연삭기 날의 위치 조절을 통해 안전간격 확보 	
	안전구획 미표시	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 실험기기 및 테이블 간의 간격 유지 및 실험 구획, 안전구획 구분 	
	노후 실험장비 미교체	<ul style="list-style-type: none"> • 노후 상태 확인 후 파손 및 부상에 대한 위험 방지 	<ul style="list-style-type: none"> • 사용기한, 점검 기한, 소모품 교체 주기 등 확인 필요

3. 전기안전 지적사항

사진	지적사항	개선방향	비고
	<p>비접지형 멀티콘센트 사용</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 누전발생 시 인명피해 예방을 위해 접지콘센트 사용 	
	<p>전선 정리상태 불량</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 사람의 이동에 따른 다칠 우려와 물리적 손상이 발생할 우려가 있어 물딩을 사용하여 배선 정리 실시 	
	<p>전기합선으로 인한 화재</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 실험실 소방설비 및 실험실 안전점검 실시 • 연구실 안전교육 강화 	

4. 화공안전 지적사항

사진	지적사항	개선방향	비고
	흡후드 내 시약 다량 보관	<ul style="list-style-type: none"> • 흡후드 정리 (시약 쌓아두지 말 것) • 흡후드 아래 적치물 제거 	
	오래된 시약 장기 보관	<ul style="list-style-type: none"> • 시약폐기 	
	인화성 시약보관 불량	<ul style="list-style-type: none"> • 안전캐비닛에 보관 	
	시약선반낙하방지장치 미설치	<ul style="list-style-type: none"> • 낙하방지장치 설치 	
	실험폐수 정리 상태 불량	<ul style="list-style-type: none"> • 성상라벨 부착 (산, 알칼리, 유기계, 무기계) • 폐수처리의뢰전표 부착 	
	인화성캐비닛 내 부식성 시약 보관	<ul style="list-style-type: none"> • 인화성캐비닛 안에는 인화성 물질만 보관 • 비고의 부식성 시약은 분리 보관함 	

사진	지적사항	개선방향	비고
	<p>보유시약목록 작성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 시약관리프로그램에 입력 • 입력 후 출력물 바인더 보관 	
	<p>흡후드 관리상태 미흡</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 후드 정리 및 청소 	

5. 소방안전 지적사항

사진	지적사항	개선방향	비고
	소화전 및 분전반 앞 적치물	<ul style="list-style-type: none"> • 해당위치 적치물 제거 	
	개인전열기구 사용	<ul style="list-style-type: none"> • 개인전열기구 제거 	
	소화기 충압상태 불량	<ul style="list-style-type: none"> • 소화기 압력상태 정상 범위에 있는 지 확인 • 정상범위가 아닌 경우 교체 	
	복도에 실험기기 비치, 대피로 확보 곤란	<ul style="list-style-type: none"> • 복도에 배치된 실험기구 정리/적치물 제거로 대피로 확보 	

6. 가스안전 지적사항

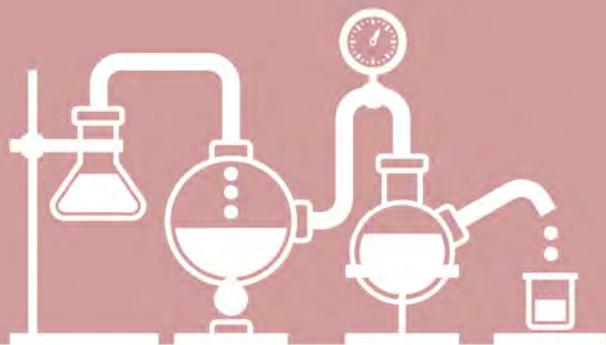
사진	지적사항	개선방향	비고
	<p>미사용 고압가스 보호캡 미설치</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 보호캡 설치 	
	<p>가스충전기한 경과</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 납품업체 반납, 교환, 폐기 	
	<p>전도방지장치 미설치</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 고정장치 설치 	
	<p>고압가스용기 벤딩상태 불량</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cable Tie 및 Clamp 사용 고정 	

7. 생물안전 지적사항

사진	지적사항	개선방향	비고
	의료폐기물 사용 개시 연월일 표기 미흡	<ul style="list-style-type: none"> 의료폐기물 전용 용기에 최초로 투입한 날을 기입하여 보관기간 준수 	
	실험실 내 화분 비치 금지	<ul style="list-style-type: none"> 화분 제거 	
	손상성 폐기물 박스 사용개시일 미기입	<ul style="list-style-type: none"> 사용개시일 및 기입사항 기입 	
	의료폐기물 덮개 미설치	<ul style="list-style-type: none"> 의료폐기물 덮개설치 및 도형 표시 	
	의료폐기물 일반폐기물 혼재	<ul style="list-style-type: none"> 의료폐기물 박스 안에 일반 폐기물 혼재 금지 	

연구실 안전 표준 교재

신규 연구활동종사자자편





부록

부록 1. 신규 연구활동종사자 안전교육 사례

부록 2. 연구실 안전관련 용어





부록 1

**신규 연구활동종사자
안전교육 사례**

※ 본 내용은 타 기관에서 신규 연구활동종사자를 대상으로 활용하고 있는 자료입니다.

연구실안전법 대상 기관은 신규 연구활동종사자를 위한 교육을 실시해야 합니다. 신규 연구활동종사자에게 효율적이고 실질적인 안전교육을 제공하기 위해 미국과 국내 대학에서 활용하고 있는 오리엔테이션 체크리스트를 소개하고자 합니다.

미국에서는 lab safety orientation, Site Safety orientation 등으로 불리우고 있고, KAIST에서 2015년 3월부터 시행 중인 ‘연구실 안전 신규교육 체크리스트’는 연구실 책임자 또는 연구실안전관리담당자 등이 신규 연구활동종사자와 체크리스트를 함께 작성해가며 교육을 하거나 연구실 안전교육 수강 후 필수사항에 대한 이해를 확인하기 위해 활용되기도 합니다.

본 체크리스트는 신규자가 기본적으로, 실질적으로 알아야하는 안전관리 사항에 관해 체크할 수 있도록 구성되어 있습니다. 기관의 특징이나 상황에 맞추어 체크리스트를 변형하여 활용 하시기 바랍니다.

개인별로 확인한 체크리스트는 안전관련부서에서 종합관리하거나, 각 연구실별 랩 세이프티 바인더에 철을 해 두실 수도 있습니다.

- ◎ 교육진행자 : 연구실책임자, 지도교수 또는 연구실 랩대표(선임급 연구원)
- ◎ 교육 대상 : 신규 연구활동종사자

관련내용을 숙지 후 확인란에 '✓' 표시를 하시고 해당사항이 없을 경우 해당없음에 '✓' 표시를 하여 주시기 바랍니다.

연구실 안전 오리엔테이션 체크리스트

1. 작성자 인적사항

학과명 / 부서명 :	건물명 / 호실 :
이름 :	학번 / 개인번호 :
시행일자(MM-DD) :	지도교수 / 연구실책임자 :

2. 오리엔테이션 체크리스트

확인	해당 없음	① 비상대응절차
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. 소화기, 소화전 및 소방알람 스위치의 위치(소화기: _____, 소화전 및 소방알람: _____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. 실험실에서 가장 가까운 비상대피로 및 차상위 대피로 숙지 여부
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. 비상 대피장소(Emergency Assembly Area) 위치 및 번호(_____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. 비상시 대응절차 및 방재센터 전화번호(- - or _____) 숙지 여부
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. 비상시대응가이드(Emergency Guide)의 내용 숙지여부 및 위치(_____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. 비상약품 및 구급함의 위치(_____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. 비상사위 및 아이워셔 사용법 숙지 및 위치(_____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. 케미컬 흡착포 및 스피릿의 사용법 숙지 및 위치(_____)

확인	해당 없음	② 연구실 안전관리
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. 실험실안전관리시스템의 구성원 등록여부 및 사용요령 숙지
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. 안전교육 이수기준 및 이수요령 숙지(온라인안전교육 및 집합교육)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. 일상점검 작성요령(실험실안전관리시스템 온라인 등록)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. 연구실 안전관리 핸드북 숙지여부 및 위치(_____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. 화학물질(가스, 위험물 등), 생물학적물질 등 법적 규제여부 확인(수입·사용신고, 지정수량 등)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. 물질안전보건자료(MSDS) 숙지여부 및 보관위치(_____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. 안전표지 부착여부(실험실 안전정보표지판, 화학물질 경고표지, 위험기계 안전표지 등)

확인	해당 없음	③ 개인보호구
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. 실험실 복장 준수(실험가운, 보안경, 발등이 덮히는 신발 착용 등)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. 실험복(Lab coat) 타입 및 사이즈(Type: <input type="checkbox"/> 일반 <input type="checkbox"/> 방염 / Size: _____)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. 개인보호구(보안경, 보호장갑 등) 착용요령 숙지 및 보관장소(_____)
확인	해당 없음	④ 연구실 폐기물 처리
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. 연구실 폐기물 처리 매뉴얼 숙지여부
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. 화학폐기물 및 의료폐기물 배출요령 및 신청요령 숙지여부
확인	해당 없음	⑤ 기타사항
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. 주요장비(홍후드, 진공챔버, 오븐, 원심분리기, 레이저, 크레인 등) 사용법 및 안전절차 숙지
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. 기타 실험실 안전에 필요한 사항



부록 2 연구실 안전관련 용어

- **가수전류**: 통전 전류가 감지전류의 한계를 넘게 되면 고통을 느끼게 되지만, 그 고통을 참을 수 있으며, 생명에 위험이 없는 한계의 전류. 이탈전류, 고통전류라고도 한다.
- **가연성 가스**: 가연성 가스는 산소 또는 공기와 혼합하여, 점화하면 빛과 열을 방출하는 기체를 일컫는다. 그 종류가 매우 다양하며 대표적인 가연성 가스로는 메탄, 에탄, 프로판, 수소 등이 있다. 가연성 가스는 상온, 상압 상태에서 가스 상태이지만, 때때로 가압하면 액체가 되는 것이 있다(예: 에탄, 프로판 등). 또는 하한 폭발 한계(Lower explosive limit)가 10% 이하이거나 하한과 상한 폭발 한계의 차이가 20% 이상인 가스를 말한다. 예) 메탄, 에탄, 프로판, 수소 등
- **감전 회로**: 인체가 감전되어 형성되는 전기회로.
- **감전**: 인체의 일부 또는 전체에 전류가 흐르는 현상.
- **계기용 변성기**: 고전압·대전류의 계측 등에서 계기와 전기회로 사이에 삽입하여 계측하기 쉽게 하기 위한 장치.
- **공칭전압**: 실제 전압과는 꼭 일치하지 않는 경우 공칭하고 있는 전압.
- **과부하**: 과부하 기기 또는 장치가 감당하는 정상 값을 초과한 부하.
- **교류**: 위상차를 갖는 전기.
- **기능절연**: 기기의 본래의 기능에 필요한 절연.
- **기중 방전**: 기체 중에서의 방전.

- ㉔ **냉동액화가스**: 냉동액화가스란 실온에서 0.2MPa(약 2기압) 또는 35℃에서 0.2MPa(약 2기압)인 가스를 말하며, 보통 임계점이 실온 이상이다. 고압 용기 내에서 액화하여, 그 온도에 상당하는 증기압을 띄고 있게 된다. 고압가스는 고압이기 때문에 용기의 파열, 가스 분출 등 사고를 일으킬 가능성이 존재하며, 때때로 가스 폭발, 인화, 중독, 질식 등의 재해 원인이 되므로 고압가스 단속법의 적용을 받도록 되어 있다. 예) 이산화탄소, 암모니아, 염소, LPG(Liquefied petroleum gas) 등
- ㉕ **누전 차단기**: 전동기계기구가 접속되어 있는 전로에서 누전에 의한 감전위험을 방지하기 위해 사용되는 기기.
- ㉖ **단락**: 고장 또는 과실에 의해서 전로에 의해서 선 사이의 전기저항이 작아진 상태 또는 전혀 없는 상태에서 접촉한 이상상태.
- ㉗ **단락회로**: 전기 회로에서 어느 두 점 간에 매우 전기 저항이 작은 도체로 접속된 상태.
- ㉘ **독성 가스**: 암모니아 · 일산화탄소 · 이황화탄소 · 불소 · 염소 · 벤젠 · 염화수소 · 모노실란 · 디실란 · 디보레인 · 세렌화수소 · 포스핀 등 및 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용 농도가 100만분의 5000 이하인 것.

약어	전차용어	의미
TLV-TWA (허용 농도)	Threshold Limit Value-Time Weighted Average (Allowable concentration)	평균 하루 근로 8시간 작업장에서 일할 때 부작용으로 느끼지 않는 유해물질 농도
LD50	Lethal Dose fifty	경구 유입 절반 치사 물질량
TDLO	Toxic Dose Low	경구 유입 최저 중독 물질량
LDLO	Lethal Dose Low	경구 유입 최저 치사 물질량
LC50	Lethal Concentration fifty	4시간 흡입 시 절반 치사 물질량
TCL0	Toxic Concentration fifty	공기 유입 최저 중독 물질량
LL0	Lethal Concentration Low	공기 유입 최저 치사 치사량

- ㉙ **리액턴스**: 전기 회로에서 직류 전류를 방해하는 것은 저항뿐이지만 교류 전류는 방향 및 양이 시시각각으로 변화하기 때문에 저항 이외에 전류를 방해하는 저항 성분이 있다. 이 저항 성분을 리액턴스라 함.
- ㉚ **모재**: 모재 용접 또는 가스 절단의 소재가 되는 금속.

- **몰드**: 부품 등을 수지 속에 메워 넣고 굳인 것.
- **무부하**: 부하가 걸리지 않은 상태.
- **무부하손**: 전동기의 경우에는 무부하 상태에서 정격전압, 정격 주파수하에서 정격속도로 운전한 경우의 전동기의 입력을 말함. 즉, 이 값은 철손, 기계손, 여자 전류에 의한 손실의 합.
- **반단선**: 선로의 심선이 단선상태로 되어 있으나 불시로 접속되는 상태의 장애.
- **배전**: 배전 변전소에서 고압 배전선, 변압기, 저압 배전 선로를 거쳐 인입선에 이르는 전선로.
- **배전용 변압기**: 전력회사의 배전선에서 사용되는 변압기로, 전압을 내려 수요가에게 공급하기 쉬운 전압으로 변환하기 위한 변압기.
- **변류기**: 교류의 큰 전류에서 그것에 비례하는 작은 전류를 얻는 장치.
- **보호절연**: 기기의 절연파괴에 의한 감전에 대해 보호를 확실하게 하도록 기능절연에 설치한 독립된 절연.
- **부식성 가스**: 부식성 가스는 접촉하는 물질을 부식시키는 성질을 가진다. 예) 염소, 불소, 아황산가스, 황화수소, 암모니아, 염화수소, 산화에틸렌 등
- **부싱**: 금속관 부속품의 하나로, 관 끝에 두어 전선의 인입, 인출을 하는 경우 전선의 절연물을 다치지 않게 하기 위하여 사용하는 것.
- **부하**: 전기적·기계적 에너지를 발생하는 장치의 출력에너지를 소비하는 것
- **불수전류**: 인체에 통전전류가 증가하여 그 전류 값에서는 직접 생명에 위험은 없지만 통전경로의 근육이 경련을 일으키며, 신경이 마비되어 신체운동이 자유롭지 않게 되어 스스로 전원에서 이탈할 수 없게 되는 값의 전류. 교착전류라고도 함.
- **불연성 가스**: 불연성 가스란 자체로 연소하지도 다른 물질을 태우지도 않는 가스를 말한다. 즉, 연소와 무관한 가스를 일컫는다. 예) 아르곤, 헬륨, 질소 등
- **브러시 방전**: 스트리머(Streamer)라는 선상방전이 반복하는 것으로서 코로나방전의 일종.
- **비독성 가스**: 비독성 가스란 특정 농도를 초과하여 존재하여도 인체에 유해하지 않는 가스를 말한다. 예) 산소, 수소 등

- ㉔ **사고**: 사람이나 물건에 손상을 야기하는 예상하지 못한 사건과 현상 등.
- ㉕ **사고대응**: 사고 발생 시 응급처치, 사고피해의 확대 방지, 사고현장 보존 등을 위한 일련의 활동
- ㉖ **사고조사**: 사고 원인 규명과 사고로 인한 피해를 산정하기 위하여 자료의 수집, 관계자등에 대한 질문, 현장 확인 등을 행하는 일련의 행동.
- ㉗ **사전유해인자위험분석**: 연구개발활동 시작 전 유해인자를 미리 분석하는 것.
- ㉘ **생물안전관리자**: 기관 내 생물안전 준수사항 이행을 감독하고 생물 안전 교육·훈련과 안전점검을 실시하며, 생물안전사고조사 및 보고, 생물안전에 관한 정보를 수집하고 이를 제공하는 자.
- ㉙ **수지상**: 여러 가닥으로 뺨어 나뭇가지와 같이 된 형상.
- ㉚ **스트리머**: 꽤 빠른 속도로 연속하여 동작하는 자기 테이프 장치.
- ㉛ **스퍼터**: 용접 중에 비산하는 슬래그나 금속 알갱이.
- ㉜ **슬리브**: 회전축 등을 둘러싸도록 축(軸) 외주에 끼워서 사용되는 비교적 긴 통형의 부품을 말하며, 당해 축 등의 회전체에 접촉되거나 말려들거나 해서 위험한 상태를 방지하기 위해 사용됨.
- ㉝ **실험**: 도구, 장치, 원료, 물질, 에너지 등을 이용하며 어떠한 물건이나 현상에 변화를 일으키게 하며 관찰하는 일로서 과학적 또는 기술적인 원인 규명이나 결과도출을 하기 위한 모든 작업을 말함.
- ㉞ **실험실**: 장치 등이 설치된 연구실 등 실험을 하기 위한 목적으로 구획된 모든 장소를 말함.
- ㉟ **심실세동전류**: 통전 전류를 다시 증가해서 심장에 흐르는 전류가 어떤 값에 도달하여 심장이 경련을 일으 키며, 정상 맥동(脈動)이 뛰지 않게 되어 혈액을 내보내는 심실에 세동을 일으키는 전류.
- ㊱ **아크**: 2개의 서로 다른 전극사이에 있는 기체가 통전 매개체로 전환되어 이루어지는 전기적 방전.
- ㊲ **안전 전압**: 감전이 되어도 사람의 몸에 영향을 주지 않는 전압.

- **안전점검:** 경험과 기술을 갖춘 자가 육안 또는 점검기구 등에 의하여 검사를 실시함으로써 연구실에 내재되어 있는 위험요인을 조사하는 행위를 말함.
- **압축가스:** 압축가스는 실온 또는 35℃에서 게이지 압력이 1MPa(약 10기압)이 넘는 가스를 말한다. 이 가스들은 임계점(Critical temperature)이 보통 실온 이하이며, 압축되어도 액화되지 않고 가스 상으로 존재한다. 예) 산소, 질소, 수소 등
- **연구실:** 대학·연구기관 등이 과학기술분야 연구개발활동을 위하여 시설·장비·연구재료 등을 갖추어 설치한 실험실·실습실·실험준비실을 말함.
- **연구실사고:** 연구실에서 연구활동과 관련하여 연구활동종사자가 부상·질병·신체장애·사망 등 생명 및 신체상의 손해를 입거나 연구실의 시설·장비 등이 훼손되는 것을 말함.
- **연구실안전관리담당자:** 각 연구실책임자가 연구활동종사자 중 지정할 수 있으며, 연구실책임자를 보좌하여 해당 연구실에서의 안전관리 및 사고예방 업무를 수행하는 자.
- **연구실안전환경관리자:** 연구실 안전과 관련된 기술적인 사항에 대해 연구주체의 장을 보좌하고 연구실 안전관리담당자를 지도하는 자.
- **연구실책임자:** 연구실의 연구 장비와 연구실에 소속되어 있거나 연구실 관련 연구 활동에 참여하고 있는 연구활동종사자에 대해 관리감독 및 안전 등에 책임을 지고 있는 자.
- **연구주체의 장:** 대학, 연구기관 등의 대표자 또는 해당 연구실의 소유자.
- **연구활동종사자:** 대학, 연구기관 등에서 연구 활동에 참여하여 과학기술분야의 연구개발, 실험 활동에 종사하는 연구원, 대학생, 대학원생 및 연구보조원을 총칭하는 말.
- **열화:** 재료가 열, 빛, 방사선, 산소, 오존, 물, 미생물 등의 작용을 받아 그 성능과 기능 등의 특성이 경시적으로 떨어지는 현상.
- **영상 변류기:** 비교적 낮은 송전전류의 접지보호를 위하여 사용하는 변류기로 각 조에 대하여 공통의 자로를 자기적으로 평형하고 있어 중성점접지 등에서 접지계전기의 오동작을 막는 누전 차단기의 일종.
- **영상전류:** 대지의 임피던스에 의해서 나타나는 전압.

- ㉔ **옴의 법칙(Ohm's law):** 전류의 세기는 두 점 사이의 전위차(電位差)에 비례하고, 전기저항에 반비례한다는 법칙.
- ㉕ **용접봉 홀더:** 용접봉의 끝을 꼭 물고, 용접 전류를 용접 케이블에서 용접봉에 전달하는 기구.
- ㉖ **용해 가스:** 용해가스란 압축되거나 액화되었을 때 폭발할 수 있는 기체로 잘 용해되는 용매에 녹여 사용하는 가스를 말한다. 예) 아세틸렌(아세틸렌은 15℃에서 약간의 양압을 나타낸다)
- ㉗ **위험:** 인적 재해, 물적 손실, 환경적 피해 또는 이들 요소가 혼재된 잠재적 요소 및 상황.
- ㉘ **유해인자:** 화학적·물리적 위험요인 등 사고를 발생시킬 가능성이 있는 인자.
- ㉙ **이착:** 다른 기관끼리 붙어 있되 완전히 융합되지 않아 쉽게 분리되는 것.
- ㉚ **인덕턴스:** 회로에 흐르는 전류의 변화에 의해 전자기유도로 생기는 역기전력의 비율을 나타내는 양. 단위는 헨리(H).
- ㉛ **인체 저항:** 감전회로에서 인체의 신체조건 및 환경에 따라 바뀌는 저항.
- ㉜ **인체 통전전류:** 인체가 감전되어 형성된 감전회로를 통해 흐르는 전류.
- ㉝ **임계점:** 아무리 압력을 가하여도 액화되지 않는 온도
- ㉞ **임피던스:** 교류(AC)회로에서 전류가 흐르기 어려운 정도.
- ㉟ **자계:** 운동하는 전하에 대하여 전자기력이 미치는 공간 영역.
- ㊀ **장해:** 부상 또는 질병이 존재하더라도 치료에 의해서 더 이상의 효과를 거둘 수 없는 상태에서 남아 있는 정신적·육체적인 훼손상태.
- ㊁ **전격:** 강한 전류를 갑자기 몸에 느꼈을 때의 충격.
- ㊂ **전격방지장치:** 아크 용접에 있어서, 아크가 튀지 않을 때에는 용접기의 2차 무부하 전압을 낮추어 전격을 방지하는 장치.
- ㊃ **전계:** 대전체가 존재하는 공간 각 점의 전기적 상태를 나타내는 양.
- ㊄ **전기용량:** 물체가 전하를 축적하는 능력을 나타내는 물리량. 전기 용량 또는 정전용량이라고도 함.

- 전기저항: 물체에 전류가 통과하기 어려운 정도를 나타내는 수치. 단위는 옴(Ω)으로 표시.
- 전기절연: 전기 또는 열을 통하지 않게 하는 것.
- 전동기: 전류가 흐르는 도체가 자기장 속에서 받는 힘을 이용하여 전기 에너지를 역학적 에너지로 바꾸는 장치.
- 전부하 운전: 기기, 장치 등을 정격 출력으로 운전 하는 것.
- 전압: 전위간의 차이를 전위차. 단위는 볼트(V)로 표시.
- 전압선: 전기가 흐르고 있는 상태 또는 전기가 살아있는 전압선.
- 전위 경도: 전계에서 2점 간의 전위차를 그 거리로 나눈 것. 전계의 세기를 나타냄.
- 전위: 전기장 내에서 단위전하가 갖는 위치에너지. 단위는 볼트(V)로 표시.
- 전하: 전기의 양. 단위는 쿨롱(C)로 표시.
- 절연: 전기기계기구, 전선 등에 전기가 통하는 경우에, 도전부분의 주변을 부도체를 사용해 차폐, 격리하는 것.
- 절연저항: 직류 전압을 인가했을 때 발생하는 전류에 대하여, 그 절연물에 의해서 주어지는 저항 값.
- 절연파괴: 절연체에 가해지는 전압의 크기가 어느 정도 이상에 달했을 때, 그 절연 저항이 곧 열화 하여 비교적 큰 전류를 통하게 되는 현상.
- 접지: 전기회로나 전기 기기의 일부를 대지와 도선으로 연결하여 기기의 전위를 대지의 전위와 같은 0으로 유지하는 것. 어스라고도 함.
- 접촉 전압: 접지선에 고장 전류가 흘러서 접지점을 최고로 하는 동심원상의 전위 경도가 생길 때의 접지점과 그 근처에 서 있는 인간 등과의 사이의 전위차.
- 정밀안전진단: 연구실에서 발생할 수 있는 재해를 예방하기 위하여 잠재적 위험성의 발견과 그 개선대책의 수립을 목적으로 대통령령이 정하는 기준 또는 자격을 갖춘 자가 실시하는 조사·평가를 말함.
- 제전기: 공기이온을 이용하여 정전기를 중화시키는 기계.
- 조연성 가스: 조연성 가스는 인화성 가스를 비롯하여 연료가 연소되는데 필요한 가스를

말한다. 예) 공기, 산소, 염소 등

- ㉓ **조영재**: 건물의 기둥이나 벽.
- ㉔ **중대 연구실사고**: 연구실사고 중 손해 또는 훼손의 정도가 심한 사고로서 과학기술정보통신부령으로 정하는 사고를 말함.
- ㉕ **중성선**: 다상(多相)교류의 전원 중성점에서 꺼낸 전선. 일반적으로 이끌어낸 끝에 접지됨.
- ㉖ **지락**: 전로와 대지와의 사이에 절연이 이상하게 저하해서 아크 또는 도전성 물질에 의해서 교락되었기 때문에, 전로 또는 기기의 외부에 위험한 전압이 나타나거나, 전류가 흐르는 현상. 일반적으로 「누전」이라고 함.
- ㉗ **지락전류**: 전로와 대지사이에 절연성이 낮아져서 전로 또는 기계기구 케이스에 위험한 전압 또는 전류가 흐르는 상태에서의 전류.
- ㉘ **지락전류**: 절연되어 있는 충전부가 어떤 원인에 의하여 대지와 접촉되어 사고가 발생하는 것.
- ㉙ **최소감지전류**: 인체에 통전되었을 경우에 그 통전을 인간이 감지할 수 있는 최소의 전류.
- ㉚ **축수**: 회전 운동이나 직선 운동을 하는 굴대를 받치는 기구.
- ㉛ **출화**: 점화원과 그 주변에 있는 가연물(착화물)이 결부되어 일어나는 화재.
- ㉜ **충전부**: 전압이 걸려있는 부분.
- ㉝ **코로나 방전**: 한 쪽이나 양 쪽의 전극이 뾰족한 모양일 때 극 부분의 전기장이 강해져 방전이 일어나는 현상
- ㉞ **통전전류**: 도체를 통해 흐르는 전류.
- ㉟ **펄스상**: 아주 짧은 시간 동안에 큰 진폭을 내는 전압이나 전류 또는 파동이 나타나는 현상.
- ㊱ **폭발한계**: 가연가스가 공기와 혼합된 경우 폭발하는 특정 온도의 범위. 이 온도의 범위 이하나 이상에 서는 폭발하지 않음.
- ㊲ **흔촉**: 전기 회로에 있어서 심선이 다른 심선과 접촉하는 현상.

- Fail Safe(안전도 증강장치): 기계나 그 부품에 고장이나 기능 불량에 생겨도 사고가 발생하지 않도록 2중, 3중의 통제를 가하는 안전대책. 예를 들어, 어떤 작업자가 작업을 할 때 정상적 매뉴얼이 아닌 임의적으로 작업을 할 경우, 바로 사고로 이어지지 않도록 하는 설계 또는 구조.
- Fool Proof(과실방지장치): 인간이 기계 등의 취급 및 조작을 잘못하여도 그것이 바로 사고나 재해로 연결되는 일이 없도록 한 인간 위주로의 설계 장치, 또는 인간이 실수하기 어렵거나 방지하도록 고안된 설계 방법 (구조나 기능 등) (예: 회전 기기의 보호커버, 긴급차단장치의 2단 조작 정지버튼 등)



참고자료

1. 가스안전교육원 홈페이지(<http://www.kgs.or.kr/edu/index.do>)
2. 건국대학교 실험실 생물안전 관리 지침서
3. 공기압축기 안전작업, 안전보건공단, 2012
4. 교류아크용접기 안전작업, 안전보건공단, 2012
5. 연구실안전교육시스템(<http://edu.labs.go.kr/MainHome.do?cmd=indexMain>)
6. 국내·외 실험실사고사례 모음, 과학기술정보통신부, 2015
7. 국내외 연구·실험실 사고사례 모음, 교육과학기술부, 2011
8. 금속절단기 안전작업, 안전보건공단, 2012
9. 기계설비별 안전작업 매뉴얼, 영남권 연구실안전지원센터, 2013
10. 대학화재사고 분석 및 실험·실습실 안전사고 사례집, 교육시설재난공제회, 2010
11. 머시닝센터 안전작업, 안전보건공단, 2012
12. 밀링 안전작업, 안전보건공단, 2012
13. 방전가공기 안전작업, 안전보건공단, 2012
14. 밴드쏘우 안전작업, 안전보건공단, 2012
15. 보호구 착용 및 사용방법, 산업안전보건공단, 2004
16. 산업안전보건매뉴얼, 교육부 및 한국직업능력개발원, 2013
17. 선반 안전작업, 안전보건공단, 2012

18. 시험·연구용 LMO 비상조치매뉴얼, 2014
19. 연구실 사고대응 매뉴얼, 과학기술정보통신부(2014.10)
20. 연구실 안전 표준 교재, 기계 안전, 국가연구안전관리본부, 2016
21. 연구실 안전 표준 교재, 생물 안전, 국가연구안전관리본부, 2017
22. 연구실 안전 표준 교재, 실험 전·후, KIRD 국가과학기술인력개발원, 2015
23. 연구실 안전 표준 교재, 전기·전자 안전, KIRD 국가과학기술인력개발원, 2015
24. 연구실 안전 표준 교재, 화학·가스 안전, KIRD 국가과학기술인력개발원, 2015
25. 연구실 안전관리 매뉴얼, 교육과학기술부, 2008
26. 연구실 안전보건 지침서, KIST, 2008
27. 연구실 안전사고 사례집, 교육과학기술부, 2012
28. 연구실 안전수칙자료-1. 소방안전 1. (<http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=allegstage&logNo=220469767979&parentCategoryNo=&categoryNo=&viewDate=&isShowPopularPosts=false&from=postView>)
29. 연구실 정기점검 항목 및 개선방법 매뉴얼, 연구실안전지원센터, 2012
30. 연구실안전법 해설집, 과학기술정보통신부, 2016
31. 연구실안전사고사례집, 교육과학기술부, 2011
32. 연구활동중서자를 위한 연구실 안전, KIRD 국가과학기술인력개발원, 2012
33. 연삭기 안전작업, 안전보건공단, 2012
34. 원심탈수기 안전작업, 안전보건공단, 2012
35. 유해위험관리기법 및 프로그램 개발, 안전보건공단, 2010
36. 자동조형기 안전작업, 안전보건공단, 2012
37. 작업장에서의 정리정돈, 안전보건공단, 2011
38. 저속분쇄기 안전작업, 안전보건공단, 2012
39. 전기 안전: 정전기 방지대책, 한국산업안전보건공단, 2009
40. 전단기 안전작업, 안전보건공단, 2012
41. 전동드릴 안전작업, 안전보건공단, 2012
42. 정전기 재해 및 안전대책, 한국산업안전보건공단, 2002
43. 정전기 재해 예방, 안영준, 한국산업안전보건공단, 2006
44. 탁상용드릴기 안전작업, 안전보건공단, 2012
45. 표준 연구실 안전, 과학기술부, 2006

46. 한국가스안전공사 홈페이지(<http://www.kgs.or.kr/kgsmain/index.do>)
47. 한국전기안전공사 블로그: blog.naver.com/kescomiri
48. 현장작업자를 위한 수공구작업 안전, 안전보건공단, 2013
49. 휴대용 연삭기 안전작업, 안전보건공단, 2012



연구실 안전 표준 교재

신규 연구활동종사자를 위한 연구실 안전관리

발행일 2017년 11월 30일

발행처 국가연구안전관리본부

웹사이트 www.labs.go.kr | edu.labs.go.kr

디자인/인쇄 (주)드림디앤디 (TEL. 02-2268-6940)

이 책은 국가연구안전관리본부에 소유권이 있습니다.

국가연구안전관리본부의 승인 없이 상업적인 목적으로 사용하거나 판매할 수 없으며 무단복제와 전제를 금합니다.



신규 연구활동종사자를 위한
연구실 안전관리



국가연구안전관리본부
National Research Safety Headquarters

(28116) 충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 30 한국생명공학연구원
www.labs.go.kr | edu.labs.go.kr