"안전한 **대학 연구실**, 미래를 위한 **산실**"

대학 실험·실습실 사고 통계 및 예방 가이드

2021. 12

교육부

KOIES 한국교육시설안전원
Korea Institute of Educational Facility Safety

들어가며

지난 2015년부터 과학기술분야 연구실의 안전한 연구환경 조성을 목적으로 '연구실 안전환경 조성에 관한 법률(연구실안전법)'이 시행되어, 실험·실습실 안전사고를 줄이기 위해 다양한 연구실 안전환경 구축 사업과 인증제 등이 시행되었고, 이에 따라 안전 사각지대에 놓여있던 연구활동종사자의 안전을 확보할 수 있게 되었습니다.

그러나. 현재 대학의 실험·실습실은 과학기술의 고도화 및 복잡화에 따라 다양한 재료와 물질, 장비 및 기구 등을 취급하고 있어 연구실 사고피해 역시 대형화·다양화되고 있습니다. 대학의 실험·실습실은 일반 산업현장과 달리 획일적인 공정이 아닌 새로운 시도와 개선 등으로 연구환경이 수시로 변하기 때문에 일반 산업현장보다 더욱 잠재적인 위험에 노출되어 있습니다.

또한, 다양한 종류의 화학물질을 취급함에 따라 연구자는 유해한 물질에 쉽게 노출될 수 있고, 화재 및 폭발 등의 여러 가지 안전사고 발생 가능성이 증가하고 있지만, 이에 대한 위험성 인식 및 관리가 미흡한 실정입니다.

이에 따라, 대학의 실험·실습실 사고 예방을 위한 기본 안전 수칙과 예방대책 제시를 위해 '대학 실험·실습실 사고통계 및 예방대책 안내서'를 작성하였습니다.

이를 통해 안전관리 담당자들의 인식 제고와 함께 연구활동종사자가 더욱 안전한 환경에서 실험·실습 활동을 수행할 수 있는 기회를 제공하여, 가치 있는 연구 결과를 창출하는 데 도움이 되길 바라며, 더 나아가 우리나라 과학기술 및 예체능 분야의 발전에 근간이 될 수 있기를 기대합니다.

목 차

Ⅰ 사고통계 및 예방대책 개요 ····· 1

1. 배경 및 목적 ····· 2
2. 구성 ····· 2
3. 용어의 정의 ····· 3
4. 주의사항 ····· 4

Ⅱ 대학 실험·실습실 유해·위험 요인 ····· 5

1. 화학적 위해·위험 요인 ····· 6
2. 물리적·전기적 유해·위험 요인 ····· 11
3. 생물학적 유해·위험 요인 ····· 12
4. 기계적 유해·위험 요인 ····· 14
5. 실험기구 및 장치의 위험성 ····· 16
6. 작업 방법과 조건 ····· 17

Ⅲ 대학 실험·실습실 사고 통계 ····· 19

1. 연도별 사고 발생 현황 ····· 20
2. 월별 사고 발생 현황 ····· 21
3. 요일별 사고 발생 현황 ····· 22
4. 학과별 사고 발생 현황 ····· 23
5. 실험·실습실 사고 발생 형태 ····· 24
6. 상해 부위별 사고발생 현황 ····· 25
7. 실험·실습실 상해 유형별 사고발생 현황 ····· 26
8. 실험·실습실 사고 원인별 사고발생 현황 ····· 27

Ⅳ 대학 실험·실습실 사고사례 및 예방대책 ····· 29

1. 이공계 실험·실습실 패해 유형별 사고 사례 ····· 30
2. 비이공계 실험·실습실 피해 유형별 사고 사례 ····· 42
3. 대학 실험·실습실 사고 예방대책 ····· 46

Ⅴ 부 록 ····· 59

1. 실험기구별 사용 시 주의사항 ····· 60
2. 개인보호구 선정 및 관리 방법 ····· 62

I

사고통계 및 예방대책 개요

1 배경 및 목적

2 구성

3 용어의 정의

4 주의사항

I 사고통계 및 예방대책 개요

1 배경 및 목적

- 대학(교)의 실험·실습실의 고도화·복잡화가 이루어짐에 따라, 연구실 사고·피해 역시 대형화·다양화되는 추세이며, 이로 인해 관계부처에서는 대학 실험·실습실의 안전에 대한 대책 마련이 이루어지고 있다.
- 본 자료는 최근 5년(2016~2020) 동안의 대학 실험·실습실의 사고·피해 현황 분석을 통해 대학 실험·실습실 사고에 대한 기초정보를 제공하고자 하며,
- 대학 실험·실습실의 사고 현황을 분석하여 종합적인 안전관리 대책 마련의 기초자료로 활용하고 사고에 대한 경각심을 고취하여 실험·실습실 사고를 예방하고자 한다.

2 구성

- 본 가이드는 대학 실험·실습실에 대한 개요, 유해·위험 요인, 사고통계, 사고사례, 예방대책에 대한 사항을 이공계와 비이공계로 구분하여 작성하였으며,
- 본 가이드에 활용한 정보는 한국교육시설안전원의 연구실안전공제(2016~2020) 데이터베이스를 활용하였다.
- 본 가이드에서는 1장 사고통계 및 예방대책 개요를 수록하였고 2장부터 5장까지 분야별 유해·위험요인, 실험·실습실 사고 발생 현황, 유형별 사고사례 및 예방대책을 수록하였다.

3 용어의 정의

3.1 용어정리

- 이공계 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」제2조(정의)에 해당하는 연구실(실험실·실습실·실험준비실)
- 비이공계 및 기타 : 이공계 실험·실습실을 제외한 실험·실습실
- 연구실 : 대학·연구기관 등이 연구활동을 위하여 시설·장비·연구재료 등을 갖추어 설치한 실험실·실습실·실험준비실

3.2 사고형태 분류

- 유해광선, 유해물질노출접촉, 추락/전도, 충돌접촉, 폭발, 협착, 화재

가. 유해광선 : 빛 에너지가 전파되어 발생하는 사고
나. 유해물질노출접촉 : 유해 위험물질에 노출, 접촉 또는 흡입하였거나 독성동물에 쏘이거나 물린 경우
다. 추락/전도 : 사람이 높은 장소에서 떨어지는 것 / 구르거나 넘어짐 또는 미러끄러진 경우 물체가 전도 전복된 경우
라. 충돌접촉 : 자신의 움직임, 동작으로 인해 기인물에 접촉 또는 물체가 고정부에서 이탈하지 않은 상태로 접촉 충돌
마. 폭발 : 물질의 화학, 물리적 변화로 열, 폭음, 폭발 압력 등이 동반하여 발생하는 경우
바. 협착 : 운동 중인 물체 사이의 협착, 회전부와 고정체 사이의 끼임, 회전체 사이에 물리거나 감긴 경우
사. 화재 : 가연물에 점화원이 강해져 비의도적으로 불이 난 경우(방화도 화재에 포함)

3.3 사고유형 분류

- 골절 및 신경손상, 안과질환, 염좌 및 타박상, 찰과상/창상, 화상

가. 골절 및 신경손상 : 뼈가 부러진 상해 및 신경에 손상이 간 경우 등
나. 안과질환 : 시력 감퇴 또는 실명 등
다. 염좌 및 타박상 : 갑작스러운 충격이나 운동으로 근막이나 인대가 상하거나 타박상으로 피하 조직이나 장기가 상한 상처 등
라. 찰과상 : 스치거나 문질려서 살갗이 벗어진 상처 등
마. 창상 : 칼, 창, 총검 따위에 다친 상처 등
바. 화상 : 불이나 뜨거운 물, 화학물질 등에 의해 피부 및 조직이 손상된 경우
사. 기타 : 물림, 감염, 접질림, 쓰러짐, 감전 등

3.4 학과별 분류

- 대학 알리미 상에서 통계 목적으로 사용되고 있는 학과정보를 기반으로 이공계/비이공계로 구분 (2021.2.26.)

  가. 이공계 : 공학계열, 자연과학계열, 의학계열

  나. 비이공계 : 예체능계열, 인문사회계열

  ※ 이공계, 비이공계 학과분류는 학과정보 기준에 따라 변동될 수 있음

4 주의사항

- 본 자료는 한국교육시설안전원 연구실안전공제 데이터를 근거로 작성하였다.
- 본 자료는 2021년 4월 기준으로 작성되었으며 현재 진행 중인 사고에 대하여는 반영하지 않아 실제 건수와는 차이가 발생할 수 있다.
- 대학 실험·실습실 사고는 사고 발생일 기준으로 작성하였다.
- 모든 자료의 수치는 세부 항목과 합계를 각각 절사한 값으로 세부 항목의 합이 합계와 일치하지 않을 수 있다.
- 한국교육시설안전원의 허락 없이 무단 복제, 전송, 배포 등을 할 수 없다.
- 본 자료의 기술된 내용은 법령에서 정한 기준이 아닌 대학 실험·실습실의 사고 발생을 저감하기 위한 참고자료로 활용해야 한다.
- 자료의 활용은 사용자의 판단과 책임하에 이루어져야 한다.

II

대학 실험·실습실 유해·위험 요인

1 화학적 위해·위험 요인
2 물리적·전기적 유해·위험 요인
3 생물학적 유해·위험 요인
4 기계적 유해·위험 요인
5 실험기구 및 장치의 위험성
6 작업 방법과 조건

Ⅱ 대학 실험·실습실 유해·위험 요인

1 화학적 위해·위험 요인

- 실험·실습실에서 사용하는 유해 물질은 특정하기 어려우며 같은 실험실에서도 실험과제에 따라 사용하는 유해 물질이 대부분 다를 수 있으므로 유해 위험성을 파악하여야 한다.

〈표 1〉 화학적 위해·위험 요인의 종류와 특성

종류	특성	예	경고 표시
폭발성 물질	가열·마찰·충격 또는 다른 화학물질과의 접촉으로 인하여 산소나 산화제 공급 없이 폭발	• 질산에스테르류, 니트로화합물, 니트로소화합물, 아조화합물, 디아조화합물, 하이드라진 및 그 유도체, 유기과산화물 등	
자연 발화성 물질	스스로 발화하거나 발화가 용이한 것, 또는 물과 접촉하여 발화하고 가연성 가스를 발생시키는 물질	• 황, 철분, 금속분, 마그네슘, 인화성 고체 등 • 자연 발화성 및 금수성물질: 칼륨, 나트륨, 알킬알루미늄, 알킬리튬, 황인, 알칼리금속 등	
산화성 물질	산화력이 강하고 가열·충격 및 다른 화학물질과의 접촉으로 인하여 격렬히 분해·반응하는 물질	• 염소산 및 염류, 과염소산 및 그 염류, 과산화수소 및 무기과산화물, 아염소산 및 그 염류, 불소산염류, 초산 및 그 염류, 요오드산염류, 과망간산염류, 중크롬산 및 그 염류 등	
인화성 물질	대기압에서 인화점이 65℃ 이하인 가연성 액체	• 인화점 -30℃ 이하: 에틸에테르, 가솔린, 아세트알데하이드, 산화프로필렌 등 • 인화점 -30℃ 이하~0℃: 노르말헥산, 산화에틸렌, 아세톤, 메틸에틸케톤 등 • 인화점 0℃~30℃: 메틸알코올, 에틸알코올, 크시렌, 아세트산 등 • 인화점 30℃~65℃: 등유, 경유, 에탄, 프로판, 부탄, 기타(15℃, 1기압에서 기체 상태인 가연성 가스)	

종류	특성	예	경고 표시
가연성 가스	폭발한계 농도의 하한이 10% 이하 또는 상한과 하한의 차이가 20% 이상인 가스	• 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 기타(15℃, 1기압에서 기체 상태인 가연성 가스)	
부식성 물질	금속 등을 쉽게 부식시키거나, 인체와 접촉하면 심한 상해를 입히는 물질	• 부식성 산류: 농도 20% 이상인 염산, 질산, 황산 등 농도 60% 이상인 인산, 아세트산, 불산 등 • 부식성 염기류: 농도 40% 이상인 수산화나트륨, 수산화칼륨 등	
급성 독성 물질	다음 조건의 동물실험 독성치를 나타내는 물질	• LD50(경구, 쥐): 300mg/kg 이하 • LD50(경피, 쥐 또는 토끼):1,000mg/kg 이하 • LC50(쥐, 4시간 흡입): 2,500ppm 이하	

1.1 유해·위험 물질별 위험성

가. 폭발성 물질

- 자기반응성 물질(self-reactive Substances)로 외부로부터 공기 중의 산소공급 없이도 가열, 충격 등에 의해 발열 분해를 일으켜 급속한 가스의 발생이나 연소 폭발을 일으킨다.
- 비교적 저온에서 열분해가 일어나는 것이 많은 까닭에 불안전한 위험성이 높은 물질이다.
- 모두 가연성 물질이고 자체 분자 내에서 연소할 수 있고, 분해할 때는 단시간 내에 이루어지며, 분해 생성물은 CO, CO2, H2O, NO2 등 다량의 가스를 발생한다.

나. 발화성 물질

- 자연 발화성 물질 및 물과 반응하여 가연성 가스를 발생하는 물질이다.
- 칼륨, 나트륨, 알킬알루미늄과 알킬리튬은 물보다 가볍고 나머지 물질은 물보다 무겁고, 모두 물에 대하여 위험한 반응을 초래하는 물질이다.
- 일부 물질은 공기 중에 누출되면 자연발화를 일으킴. 일부 물질은 물과의 접촉에 의해 발화한다.
- 가열되거나 강산성 물질 또는 강산류와의 접촉에 의해 위험성이 현저히 증가한다.

다. 산화성 물질

- 물질을 착화, 연소시킨다.
- 과산화수소를 제외하고 강산성 물질이며 수용액도 강산 작용을 한다.
- 과산화수소를 제외하고 분해하여 유독성 가스를 발생하며 부식성이 강하여 피부에 침투한다.
- 증기 또한 유독하여 피부 접촉 시 점막을 강하게 부식시킨다.
- 소화 용수도 산성으로 변하므로 소화 작업 시에는 방호의 및 공기호흡기 등의 보호장구를 착용해야 한다.

라. 인화성 액체

- 인화점을 가진 액체이고, 화기 등에 의한 위험성이 높다.
- 인화성 액체의 연소는 폭발성 화합물의 연소와는 달리 스스로 분자 속의 산소에 의한 자기연소를 일으키는 연소 형태가 아니라 액체 표면으로부터 발생하는 증기와 공기와 혼합가스의 연소이다.
- 인화성 액체에서 발생하는 인화성 증기는 공기보다 비중이 커서 가연성 증기는 낮은 장소에 체류하고 멀리 흘러감. 따라서 화재가 났을 경우에 확산하는 위험이 있다.
- 일반적으로 전기부도체로 정전기의 축전이 쉽고, 정전기의 방전에 따라서 인화할 수 있다.

마. 가연성 가스

- 가연성 가스는 공기 또는 산소와 혼합하여 어느 농도 범위에 있을 때 착화하면 가스폭발을 일으킨다. 이농도 범위를 혼합가스 폭발범위라 한다.
- 최근 화학 기술의 발달에 따라 가연성 가스가 고압 상태에 제조, 저장·사용되고 있어서 이와 같은 고압 가스의 경우 위험성은 다시 커지게 된다.
- 가스용기의 파열, 고압가스의 누출 등에 의해 혼합가스의 폭발, 누출 가스의 인화에 의한 가스 화재 등이 있다.

바. 부식성 물질

- 직접 또는 간접적으로 재료를 침해하는 물질을 부식성 물질이라 한다.
- 부식 작용은 강산, 강염기뿐만이 아니라 트리클로르초산, 초산, 개미산, 페놀, 크레졸(크레졸비누는 아님), 할로겐 등에서 강하게 나타난다.
- 질산은, 클로로설폰산처럼 생체조직과 반응하여 질산, 황산을 발생하여 조직파괴 작용을 나타내는 것이 있다.

사. 급성독성물질

- 유입된 독성물질의 특성을 평가하기 위하여 용량과 독성반응의 상관관계를 나타내는 지표로 반수치사량을 뜻하는 엘디50(LD50: Lethal Dose 50%)과 반수치사농도인 엘시50(LC50: Lethal Concentration 50%)을 사용하는데, LD50은 '일정한 조건에서 실험동물에 독성물질을 투여할 경우 실험동물의 50%가 죽는 양'을 말하며 LC50은 양 대신 '농도'로 표시한다.

1.2 사고빈도가 높은 사고 다발 물질

가. 수산화나트륨

- 위험성 : 수산화나트륨은 열분해 시 독성 가스를 방출하며, 물이나 산과 섞여 용해되면 다량의 열을 발생한다. 금속과 접촉하면 인화성 가스가 발생한다.
- 누출물과 나무, 종이, 기름 등의 가연성 물질이 접촉하지 않도록 한다.

나. 암모니아

- 위험성 : 암모니아는 물에 용해되기 쉬워서 부식성 액체를 형성한다. 또한 약염기로서 산과 격렬히 반응하고 인화성 가스나 수소를 발생시킨다. 암모니아와 혼합하면 안 되는 물질로는 산, 가연성 물질, 금속, 산화제, 금속염, 할로겐, 아민, 환원제, 사이안화물, 염기 등이 있다.
- 화재 시 자극적이고 부식성이 강한 독성 기체를 방출하므로, 양압 호흡 기구와 전신 보호구를 착용한다. 화재진압용 실험복은 암모니아 누출 시에는 비효율적이므로 화재 발생 시에만 착용한다.

다. 염화수소

- 위험성 : 염화수소는 물과 격렬히 반응하여 다량의 열과 독성, 부식성, 가연성 기체를 방출한다. 비가연성 물질이지만 열에 의해 분해 되어 부식성 또는 독성 증기가 발생한다. 인화성 및 환원물질, 강산화제, 강염기성 물질과 혼합해서는 안 된다.
- 가스가 누출되었을 때는 저지대를 피하고 바람을 등진다.

라. 질산

- 위험성 : 질산은 흡습성이 강하고 발연성이 심하며, 햇빛을 받으면 일부 분해된다. 가열하면 고독성의 기체를 방출한다.
- 화재 시 발생하는 가스는 매우 유독하므로 소화 시에 주의해야 하며 양압 호흡 기구를 착용한다.

마. 포름알데히드

- 위험성 : 용기는 가열되면 폭발할 수 있으며, 과산화물, 이산화질소와 폭발적으로 반응한다. 강산화제, 알칼리, 산, 페놀과 혼합하면 위험하다.
- 기타 주의사항 : 화재 시에는 자극적이고 부식성이 강한 독성 기체를 방출한다. 포름알데히드 증기는 공기와 섞여 폭발성이 있는 혼합물을 형성하거나 바닥을 따라 점화원에 도달해 역화(flash back)될 수 있다.

바. 톨루엔

- 위험성 : 산화제와 격렬하게 반응하며, 반응 시 화재와 폭발의 위험이 있다. 열 분해될 때 자극적이고 독성이 있는 기체를 방출한다.
- 톨루엔으로 인한 화재 발생 시 증기는 공기보다 무겁기 때문에 바닥에 가라앉은 뒤에 하수구, 지하 등에 모이게 되므로 저지대를 피한다.

사. 황산

- 위험성 : 염기, 가연성 물질, 산화제, 환원제, 물과 반응 시에 화재 및 폭발의 위험이 있다.
- 황산 자체 또는 연소생성물을 흡입해서는 안 된다. 실험복을 착용하지 않은 상태에서 손상된 용기나 누출물을 만지지 않는다

1.3 실험실 주요 화학물질 독성 및 주의사항

가. 아세톤

- 초자기구 세척에 사용하는 아세톤은 인화성이 강한 휘발성 액체로 증기가 화재를 일으킬 가능성이 있으며, 피부와 눈, 호흡기 계통에 자극을 유발하거나 중추신경계에 영향을 줄 수 있다. 질산, 황산 등과 같은 산류, 산화성 물질, 클로로폼과 혼합해서는 안 된다.

나. 디클로로메탄

- 디클로로메탄은 염화메틸렌, 이염화메탄이라고도 부르는 무색의 비가연성·휘발성 액체이다. 디클로로메탄은 산화제(과염소산염, 과산화물, 과망간산염, 염소산염, 질산염, 염소, 브로민, 플루오린), 강산(염산, 황산, 질산), 화학적 활성 금속(나트륨, 칼륨, 마그네슘, 아연), 알칼리금속, 알루미늄, 리튬, 산화질소 등과 격렬하게 반응하는 특성을 보인다. 습기와 공기, 열로부터 떨어진 서늘하고 건조한 곳에 단단히 밀폐하여 보관한다.

다. 아세트산 에틸

- 에틸아세테이트라고도 부르는 아세트산 에틸은 무색투명한 액체다. 화재 및 폭발 위험성이 크기 때문에 강산화제(브로민, 염소, 질산염), 강알칼리(수산화나트륨, 수산화칼륨), 강산(황산, 염산, 질산), 가연성 물질과 아세트산 에틸을 혼합해서는 안 된다. 흡입했을 경우 기도를 유지하고 포켓 마스크(구강을 통한 인공호흡에 쓰이는 마스크)를 이용해 구조 호흡을 한다.

라. 메탄올

- 무색이며 알코올 냄새가 나며 화재와 폭발의 위험성이 크다. 할로겐 탄소화합물, 가연성 물질, 금속, 산화제, 할로겐, 금속카바이드, 염기, 산, 아민과 혼합해서는 안 된다. 또한 10mL 정도의 적은 양으로도 시신경 장애를 일으킬 수 있어서 눈에 들어가지 않도록 특별히 주의한다.
- 흡입했을 경우 기도를 유지하고 포켓 마스크를 이용해 구조 호흡을 한다. 피부에 닿았을 때는 20분 이상 다량의 흐르는 물이나 중성세제로 씻는다. 입을 통해 체내로 들어갔을 때는 구강호흡을 하지 않는다.

마. 노말헥산

- 노말헥산은 무색이며 가솔린 냄새가 나는 휘발성 강한 액체이다. 오랫동안 접촉하면 신경장애를 유발한다. 노말헥산의 냄새는 노출 기준을 초과해도 잘 맡지 못할 수 있으므로 특히 주의해야 한다. 또한 인화성이 매우 강해서 스파크에 의해 쉽게 발화한다.

2 물리적·전기적 유해·위험 요인

2.1 자기장의 위험

- 강한 자기장은 다음과 같은 위험을 불러올 수 있다.
  - 발사체로서의 위험
  - 외과 수술에서 삽입(이식)의 위치
  - 전기적, 역학적 삽입(이식) 장치들의 정지

2.2 극저온의 위험

- 액체나 가스로서의 헬륨과 질소는 다음과 같은 위험이 있다.
  - 액체 또는 냉각 가스는 극저온 화상의 원인이 될 수 있다. 액체의 극저온과 이로 인한 냉각 증기는 심각한 동상이나 저온 화상을 일으킬 수 있다.
  - 극저온 액체를 채우는 동안은 과산화 액체가 만들어지는데 이는 가연성 물질에 떨어질 때 화재의 위험이 있다.

2.3 레이져의 위험

- 레이져(laser)는 세포 조직에 해로운 생물학적 영향을 줄 수 있다. 레이저 방사 파장이 충분히 짧을 때 (적외선 또는 자외선 영역 스팩트럼) 광화학 효과들은 위험하다.
- 일부 레이저는 매우 짧은 시간에 망막에 손상을 가할 수 있을 정도로 가시광선을 집중시킨다.

2.4 전리방사선

- 전리방사선은 외부에 방사선원(감마선과 중성자선)에 의하여눈과 피부에 영향을 미친다. 내부노출은 흡입, 섭취되거나 피부를 통해 흡수된 방서성 물질(알파선)에 의하여 내부 조직에 영향을 줄 수 있다.

가. 직접작용 : 전리방서선에 의하여 세포의 생명과 기능에 결정적 역할을 하는 DNA분자의 손상이 일어난다.

나. 간접작용 : 전리방사선에 의해 생성된 라디칼(free radical)등 화학적 부산물이 DNA를 공격하여 손상을 입는 경우를 간접작용이라고 한다.

2.5 전기적 위험요인

- 전기적 요인에 의한 위험요인은 과부하 전류, 단락(합선), 누전, 반단선, 전기아크, 절연열화 및 접속부 과열 등이 있다.

가. 누전

- 감전 사고를 야기한 대부분의 전기기계 기구는 그 상태가 불량하다.
- 절연저항을 측정하여 전기기계 기구의 누전 유무 측정(불시에 누전이 되더라도 인명을 보호하는 수단이 접지)해야 한다.

나. 접지

- 이동형 전기기계 기구의 접지
  - 이동형 전기기계 기구는 보편적으로 접지형 Plug와 접지형 콘센트로 접지를 실시 한다.
- 누전차단기
  - 누전차단기란 누전 사고 시 공급전원을 신속히 차단하는 장치로써 전원 측의 과전류보호장치가 감지하지 못하는 아주 작은 전류에서 동작하여 인체를 감전으로부터 보호한다.
  - 감전 보호 목적의 누전차단기의 정격은 30mA, 0.03초이다.
  - 누전차단기는 작은 전류에서 복잡하게 동작하기 때문에 오동작 등에 주의한다.
  - 접지로 감전을 예방하는 것이 기본 하며, 접지 후 물기가 있는 곳 등에 누전차단기를 추가한다.

3 생물학적 유해·위험 요인

- 생물학적 유해·위험요인에는 바이러스, 박테리아, 기생충, 곰팡이 등이 포함되며, 흡입, 피부나 눈 접촉, 동물에 의한 전염, 사고성 주입 등의 경로를 통해 인체에 침투할 수 있다.

〈표 2〉 생물학적 위험요인의 세부 내용

구분	세부 내용	예시
제 1 위험군(RG 1)	• 건강한 성인에게서는 질병을 일으키지 않는 생물체	E.coli
제 2 위험군(RG 2)	• 사람에게 질병을 일으킬 수 있는 생물체이거나 증세가 심각하지 않고 예방과 치료가 용이한 경우	Vivrio cholerae 장관 병원성 E.coli Hepatitis virus Measles virus
제 3 위험군(RG 3)	• 사람에게 심각하고 때로 치명적인 질병을 일으킬 수 있는 생물체이지만 예방과 치료가 가능한 경우	Bacillus anthracis Brucella abortus Yersinia pestis SARS virus Yellow fever virus
제 4 위험군(RG 4)	• 사람에게 심각하고 때로 치명적인 질병을 일으킬 수 있는 생물체이며 예방과 치료가 거의 어려운 경우	Ebola virus Marburg virus Lassa virus Hendra-like virus

3.1 감염경로

가. 공기감염 : 비말감염

나. 접촉감염 : 일반 매개물 감염, 동물 매개 감염

3.2 생물학적 안전

- 생물학적 위험으로부터 연구실을 안전하게 유지하기 위해서는 적절한 위생계획을 세우고 위험 요소를 효과적으로 차단해야 한다.

가. 1단계 : 감염물질에 대한 노출로부터 생물학적 기술과 적절한 안전 장비를 사용하여 연구활동종사자와 연구실을 보호.

나. 2단계 : 시설 설계와 운영체계 상에서 외부환경을 보호하는 것. 연구활동종사자와 관계자들의 위험물질에 대한 노출을 줄이고, 내부적으로 위험물질의 외부환경으로 누출을 막는 것.

다. 3단계 : 연구실에서의 실천 활동과 기술, 안전 장비와 시설 통제를 통한 차단.

3.3 연구실험실 관리

- 연구실은 깨끗하고 위생적으로 유지하고 모든 장비 환경과 작업표면은 적절하게 청결하며, 피 또는 전염성 물질과의 접촉 후에는 소독해야 한다.

가. 작업대에 피, 전염성 물질이 유출되어 오염이 확인된다면, 표면은 적절한 소독약으로 청소한다.

나. 플라스틱 포장지, 알루미늄 포일 또는 뒷면이 방수되는 흡수성 종이와 같은 보호용 덮개가 장비와 작업표면을 보호하는 데 사용될 수 있다.

다. 피, 전염성 물질로 오염될지도 모르는 장비는 사용 또는 수송에 앞서 주기적으로 점검하고 필요하다면 소독이 필요하다.

라. 피, 전염성 물질로 오염될 수 있는 가능성을 지닌 모든 박스, 통, 캔류는 재사용 될 시 정기적으로 조사, 청소 및 소독한다.

마. 오염 가능성이 있는 깨진 유리 제품은 손으로 직접 집어서는 안 된다. 브러시, 먼지 팬, 집게, 면봉, 핀셋과 같은 수단을 사용하여 청소한다.

3.4 전염성 폐기물 처리

가. 유리 조각, 수술용 칼, 주사 바늘 등의 폐기물은 살균한 다음 지정된 용기에 폐기한다. 이 용기에는 분명한 표시가 되어야 한다.

나. 피하 주사기와 바늘은 사용 후에 재생하거나 다시 사용할 수 없도록 부수어서 폐기한다.

다. 폐기물의 살균은 실험실에서만 실시한다. 소각할 재료도 자격을 갖춘 사람에 의해 안전한 방법으로 소각로에 운반될 수 있도록 비닐 백과 같은 것에 담아 두어야 하며, 소각은 확실하게 이루어져야 한다.

라. 특히 매우 위험한 병원미생물은 공기여과장치가 부착된 안전한 캐비닛에서 취급하는 것이 바람직하다.

4 기계적 유해·위험 요인

4.1 연삭기

가. 연삭기 안전

- 연삭기의 종류에 적합하고 숫돌 파손에 견딜 수 있는 강도 높은 숫돌 덮개를 부착한 후 작업한다.
- 숫돌 덮개는 연삭기의 종류에 따라 적당한 노출 각도를 가져야 한다.
- 풀랜지 외경은 숫돌외경의 1/3 이상으로 한다.
- 칩 비산방지판을 부착하여 사용한다.
- 연삭기 사용 시 작업 시작 전 1분 이상, 연삭숫돌 교체 시 3분 이상 시운전을 하고, 연삭숫돌의 최고 사용회전 속도를 초과하지 않도록 한다.

나. 연삭기 작업 수칙

- 사용 전 연삭숫돌을 점검하여 탁음, 균열이 있는 것은 사용하여서는 안 된다.
- 가공물은 급격한 충격을 피하고 서서히 접촉 시키면서 작업한다.
- 연삭작업은 숫돌의 측면을 사용하여서는 안 된다.
- 연삭 작업 시에는 보안경, 방진마스크를 사용한다.

4.2 사출성형기

가. 위험요소

- 슬라이더 작동 시 금형에 신체 끼임, 성형기의 수리, 점검 시 다른 연구활동종사자의 스위치 오조작으로 인한 신체 끼임, 히터 전원선에 의한 감전위험, 히터와 같은 고열부에 화상 위험 등이 있다.

나. 사출성형기 안전

- 문(덮개)이 열린 상태에서 슬라이드가 작동되면 관리자에게 보고하고 수리한 후 작업한다.
- 히터와 같은 고열부에 덮개를 설치하여 신체가 접촉하지 않도록 한다.
- 운전을 순간 정지시킬 수 있는 급정지용 누름버튼 스위치를 확인한다.

4.3 공작기계

가. 위험요소

- 가공 소재의 칩 및 냉각유 등의 비산 위험, 긴 가공물의 경우 원심력에 의해 휘어짐, 척 또는 척에 물린 가공물에 연구활동종사자가 접촉할 경우 면장갑, 실험복의 말림 위험, 수공구 등이 회전하는 척에 떨어질 경우 맞음 위험 등이 있다.

나. 안전작업

- 선반에는 칩이나 냉각유의 비산을 방지하기 위해 칩 비산방지판을 부착한다.
- 긴 돌출부를 가진 가공물의 경우에는 방호가드를 사용한다.
- 실험복은 단정하게 착용하고 손에 밀착이 잘되는 가죽장갑 등과 같이 손이 말려 들어갈 위험이 없는 장갑을 사용한다.
- 수공구 등은 주축대 위에 보관하지 말고 별도의 보관함에 비치한다.
- 절삭작업중에는 보안경을 착용한다.
- 바이트는 가급적 짧고 단단히 고정한다.
- 긴 물체를 가공할 때는 방진구를 사용한다.

4.4 밀링

가. 위험요소

- 칩이 눈에 튀임, 연구활동종사자의 소매가 날에 말릴 위험 등이 있다.

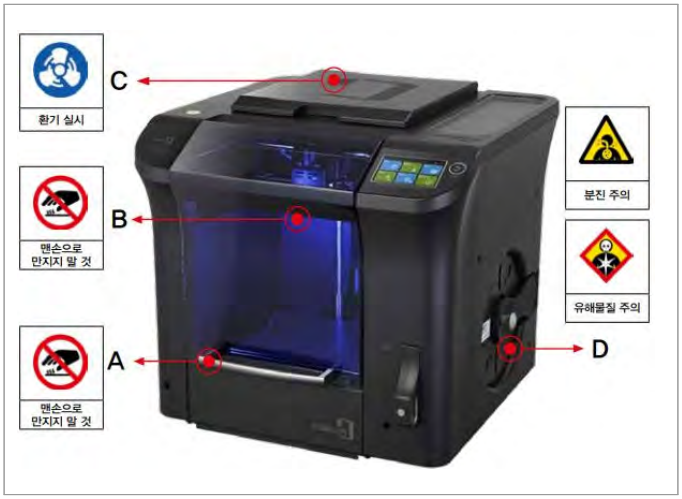
나. 안전작업

- 밀링커터의 상부 암에는 가공물에 적합한 덮개를 부착한다.
- 칩을 제거할 때는 브러시를 사용한다.
- 정면커터 작업 시 칩이 튀어나오므로 칩 커버 설치 또는 보안경을 착용한다.
- 가공물은 테이블 또는 바이스에 안전하게 고정한 후 작업한다.

4.5 3D 프린터

가. 구조와 안전

- 3D 프린터는 2D 프린터가 글자나 그림을 인쇄하듯, 입력한 도면을 바탕으로 3차원의 입체 출력물을 만드는 기자재이다. 3D 프린터를 사용할 때는 유해 물질 흡입 방지를 위해 밀폐형(챔버형)을 사용해야 한다.



나. 안전작업

- A베드 : 3D 프린터 작동 시에는 베드의 온도가 재료에 따라 100℃까지 올라가므로 맨손으로 만지면 화상의 위험이 있다.
- B(노출익스트루터) : 노즐은 필라멘트에 따라 190~240℃까지 가열되어 동작하므로 동작 중이나 동작 후 손으로 만지면 화상의 위험이 있다. 특히 동작 전 온도가 서서히 올라가는 시점에도 온도가 높으므로 노즐과 익스트루더를 맨손으로 만지지 않는다.
- C(개폐장치) : 밀폐형(챔버형) 3D 프린터의 개폐장치는 작동 중에 열게 되면 필라멘트에서 발생하는 유해물질이 외부로 유출되어 사용자가 흡입할 위험이 있다.
- D(공기필터) : 공기필터는 3D 프린터 작동 시에 필라멘트가 녹으며 발생하는 유해물질을필터링 하는 기능을 하므로 주기적으로 점검해야 한다. 공기필터의 성능이 떨어지면 필라멘트의 유해물질이 그대로 밖으로 나와 사용자가 흡입하게 되는 위험이 있다.

5 실험기구 및 장치의 위험성

5.1 화학실험용 기구

- 실험에 빈번하게 사용되는 유리제 기구, 금속제 기구 및 플라스틱제 기구류는 안전하게 취급하지 않으면 사고와 손상을 유발할 수 있다.
- 유기용매 등을 비커류에 넣을 때는 크리이프 현상(액이 벽면을 따라 상승하여 외측으로 나오는 것) 및 증발에 의한 비산에 주의해야 한다.
- 삼각 플라스크는 압력 및 변형에는 약하므로 상압증류 및 여과 받침기에는 사용할 수 있지만, 직화에 의한 가열 및 감압조작에 사용해서는 안 된다.
- 냉각관(콘덴서)의 냉각·응축 응력에는 한계가 있어, 적당한 것을 선택하여 능력을 넘지 않도록 주의해야 한다.
- 액체 및 고체 약품을 보관, 저장, 운반하는 병류는 밑바닥에 충격을 주지 않도록 주의해야 한다.
- 플라스틱제의 실험기구를 건조할 경우, 건조온도에 의한 화상 위험이 있다.
- 실험에 사용하는 기구를 고정할 경우 크램프와 유리용기 사이에 고무벨트 등을 이용하면, 너무 조여 깨져버리는 것을 방지할 수 있다.

5.2 실험 장치

- 화학실험에 이용되는 기구 및 장치는 기계적강도, 내열성, 내식성을 갖춘 것을 사용해야 한다.
- 실험할 때, 기계적강도에 착안하여 다음 사항에 유의한다.
  - 행하려는 화학실험은 어떠한 종류와 기계적강도가 요구되는가를 예상해 본다.

- 기계적강도가 떨어지는 기구를 사용해야 할 때는 보호, 보강, 방어 등 적절한 조치를 생각한다.
- 온도가 변하면 기계적강도도 변하는 것에 유의해야 한다.
- 사용하는 약품에 따라 기계적강도가 변한다.

6 작업 방법과 조건

- 인력 운반 작업 : 바르지 못한 작업 자세로 중량물을 인력으로 다룰 때 부상이나 염좌 등 근골격계질환이 발생할 수 있다.
- 부적절한 작업 자세 : 실험에 따라서 무리한 힘을 가하거나 허리를 숙이고 비틀며, 팔을 뻗치는 등의 부적절한 작업 자세와 반복 동작으로 인해 목, 허리, 어깨 등에 통증이 발생할 수 있다.
- 과중한 업무와 스트레스 : 실험의 특성에 따라서 고도의 긴장으로 스트레스를 받음

III

대학 실험·실습실 사고 통계

1 연도별 사고 발생 현황

2 월별 사고 발생 현황

3 요일별 사고 발생 현황

4 학과별 사고 발생 현황

5 실험·실습실 사고 발생 형태

6 상해 부위별 사고발생 현황

7 실험·실습실 상해 유형별 사고발생 현황

8 실험·실습실 사고 원인별 사고발생 현황

Ⅲ 대학 실험·실습실 사고 통계

1 연도별 사고 발생 현황

- 최근 5년간 대학 이공계열의 실험·실습실 사고 발생 현황은 2018년도에 313건으로 가장 많이 발생하였으며, 평균 254건의 사고가 발생하는 것으로 나타났다.
- 최근 5년간 비이공계열의 실험·실습실 사고 발생 현황은 2019년도에 29건으로 가장 많이 발생하였으며, 평균 17건의 사고가 발생하는 것으로 나타났다.
- 비이공계열의 사고 발생비율은 총 사고 발생 건수 중 약 7% 정도가 차지하는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 연도별 실험·실습실 사고 발생 현황

(단위 : 건수)

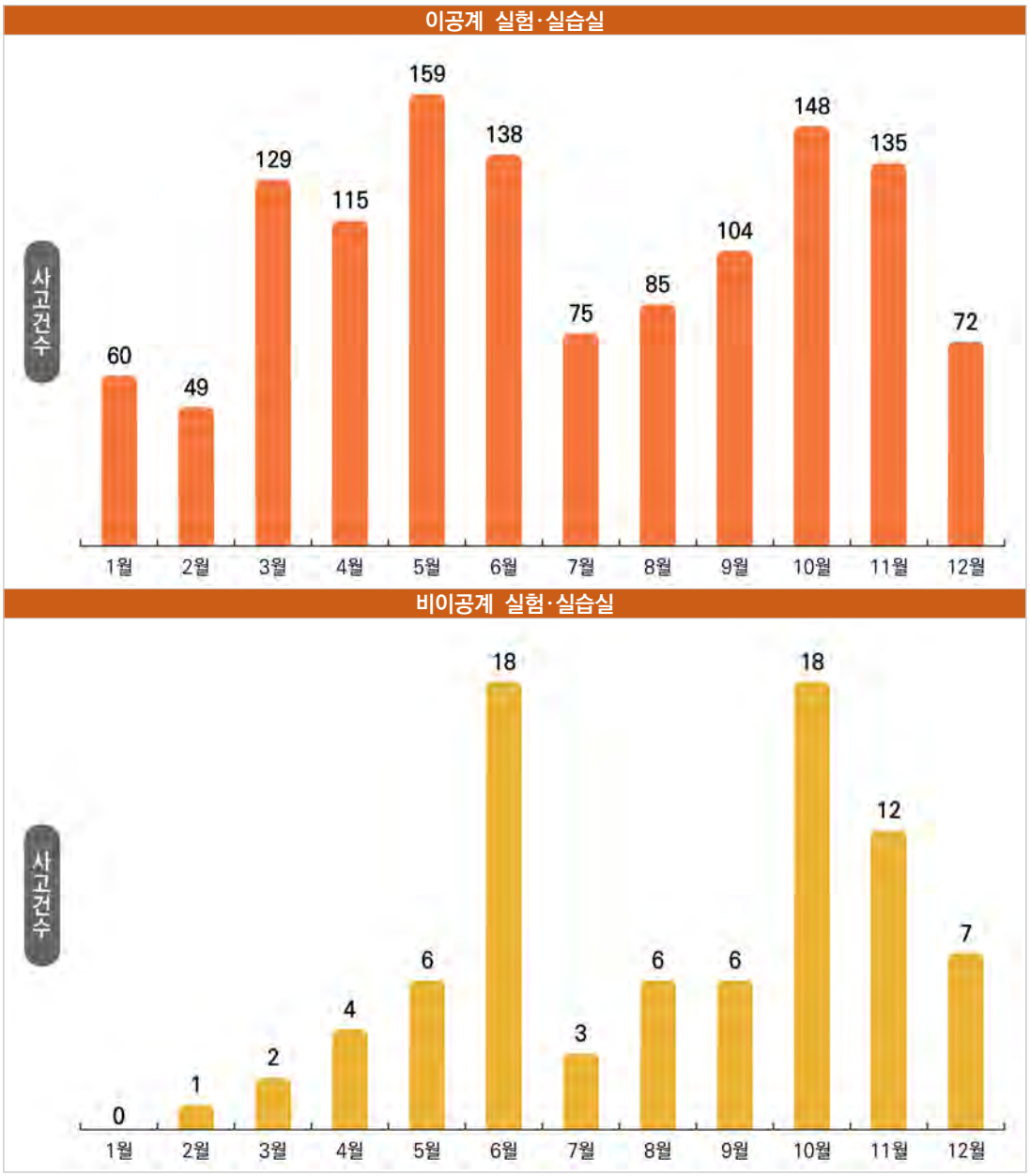
구분	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	합계	평균
이공계	244	286	313	286	140	1,269	254
비이공계	13	16	14	29	11	83	17

[그림 2-1] 최근 5년간 연도별 실험·실습실 사고 발생 현황

※ 2020년도 사고 건수는 사고조사 및 요양급여 지급이 완료된(2021.4월 기준) 건으로 실제 데이터와는 차이가 발생할 수 있음.
※ 사고데이터는 한국교육시설 안전원 연구실안전공제 자료이며, 실제 전체 데이터와는 차이가 발생할 수 있음.

2 월별 사고 발생 현황

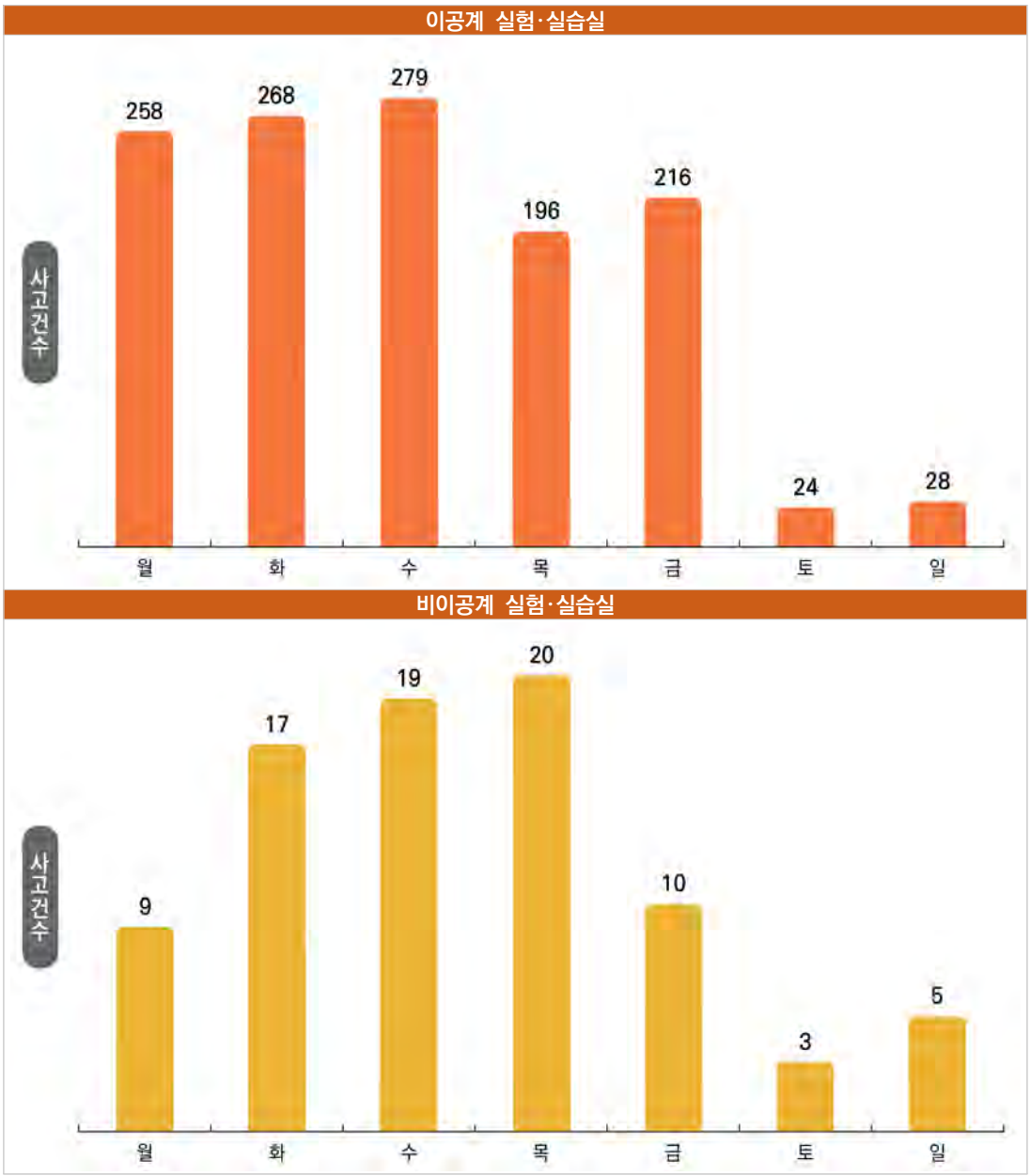
- 최근 5년간 대학 이공계열의 월별 실험·실습실 사고 발생 현황은 5월~6월에 각각 159건, 138건이 발생하였고, 10월~11월에 각각 148건, 135건이 발생한 것으로 나타났다.
- 최근 5년간 비이공계열의 월별 실험·실습실 사고 발생 현황은 6월과 10월에 각각 18건으로 나타났으며, 11월 12건, 12월 7건이 발생한 것으로 조사되었다.



[그림 2-2] 최근 5년간 실험·실습실 월별 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

3 요일별 사고 발생 현황

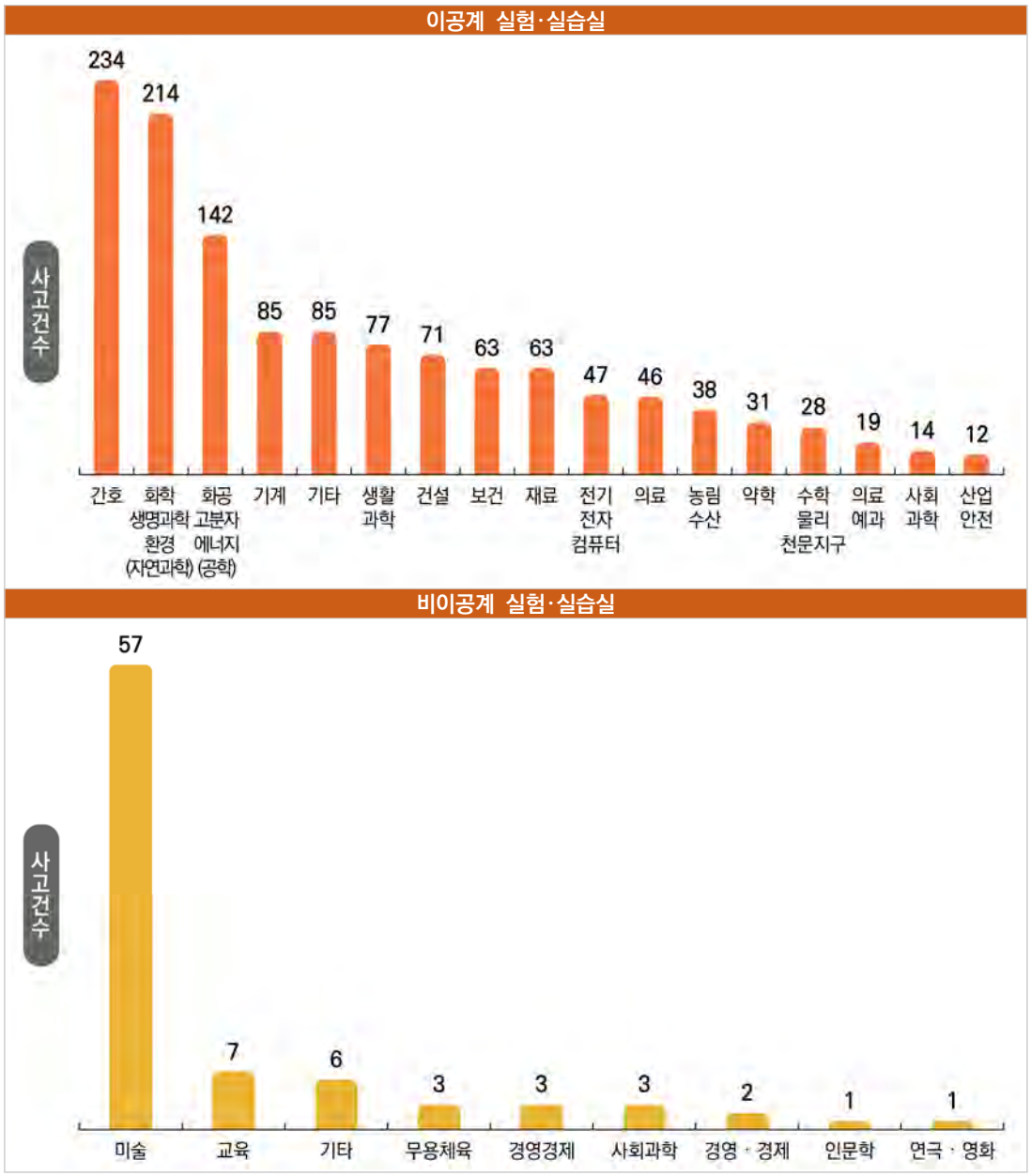
- 최근 5년간 대학 이공계열의 요일별 실험·실습실 사고 발생 현황으로는 수요일(279건), 화요일(268건), 월요일(258건)에 주로 발생하였고 월요일~수요일에 사고가 가장 자주 발생한 것으로 나타났다.
- 최근 5년간 비이공계열의 요일별 실험·실습실 사고 발생 현황은 목요일(20건), 수요일(19건), 화요일(17건)으로 화요일에서 목요일 사이에 사고가 자주 일어난 것으로 나타났다.



[그림 2-3] 실험·실습실 요일별 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

4 학과별 사고 발생 현황

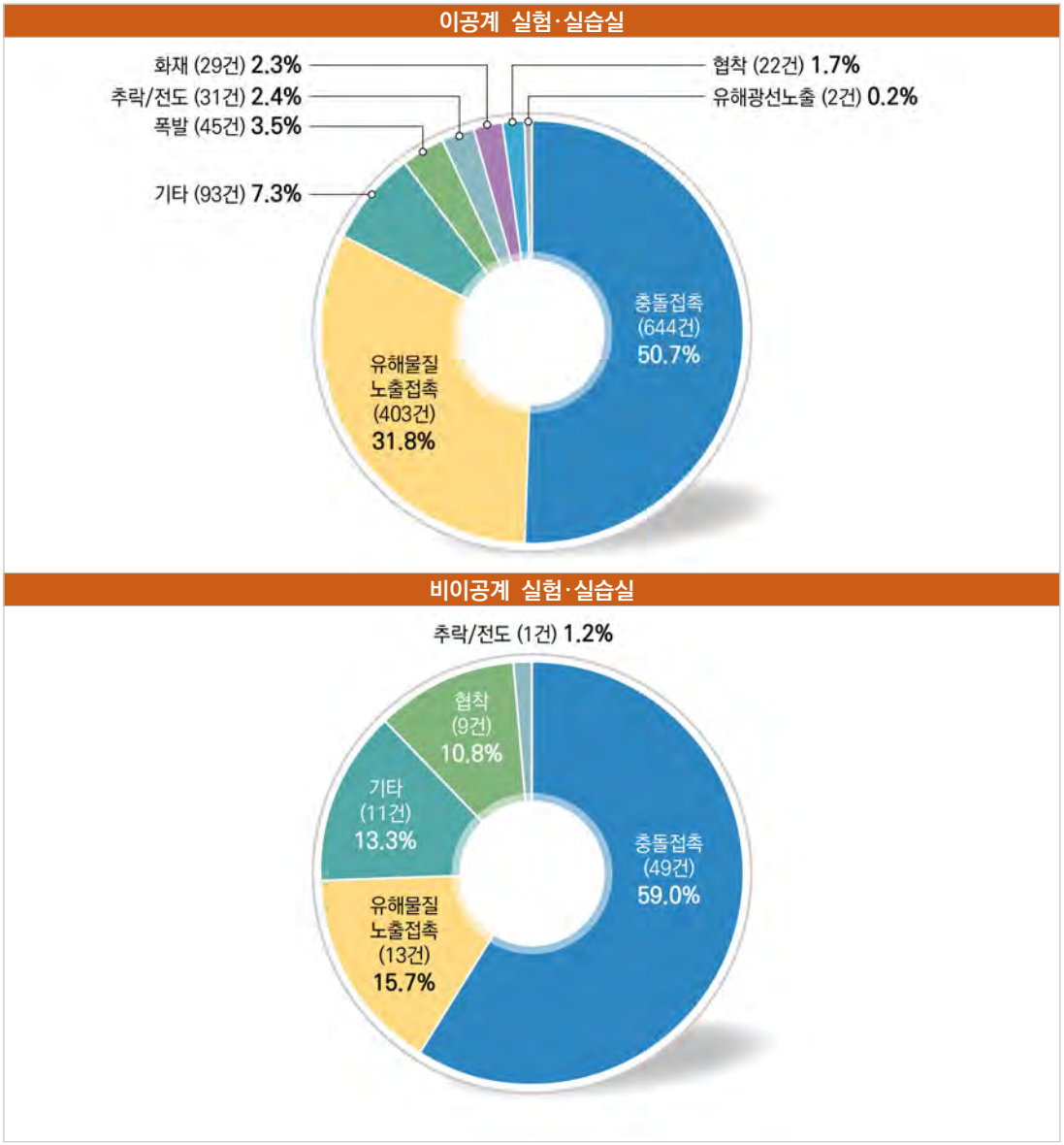
- 최근 5년간 대학 이공계열의 학과별 실험·실습실 사고 발생 현황은 간호학 계열에서 234건으로 사고가 자주 발생하였으며, 화학·생명과학·환경(자연과학)분야 214건, 화학·고분자·에너지(공학)분야가 142건이 발생하였다.
- 이공계열은 간호, 화학·생명과학·환경·고분자·에너지 분야에서 총 590건의 사고가 발생하였으며 총사고의 46%를 차지하는 것으로 나타났다.
- 비이공계열의 사고 발생 현황은 미술분야의 사고가 총 57건으로 전체사고의 69%를 차지하는 것으로 나타났다.



[그림 2-4] 실험·실습실 학과별 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

5 실험·실습실 사고 발생 형태

- 최근 5년간 대학 이공계열의 실험·실습실 사고 발생형태로는 충돌접촉에 의한 사고가 644건, 유해물질노출접촉이 403건으로 가장 많이 발생하였으며, 충돌접촉과 유해물질노출접촉 사고가 총사고의 약 83%를 차지하는 것으로 나타났다.
- 최근 5년간 비이공계열의 실험·실습실 사고 발생 현황은 충돌접촉 49건, 유해물질노출접촉 13건으로 총사고의 약 75%를 차지하는 것으로 나타났다.

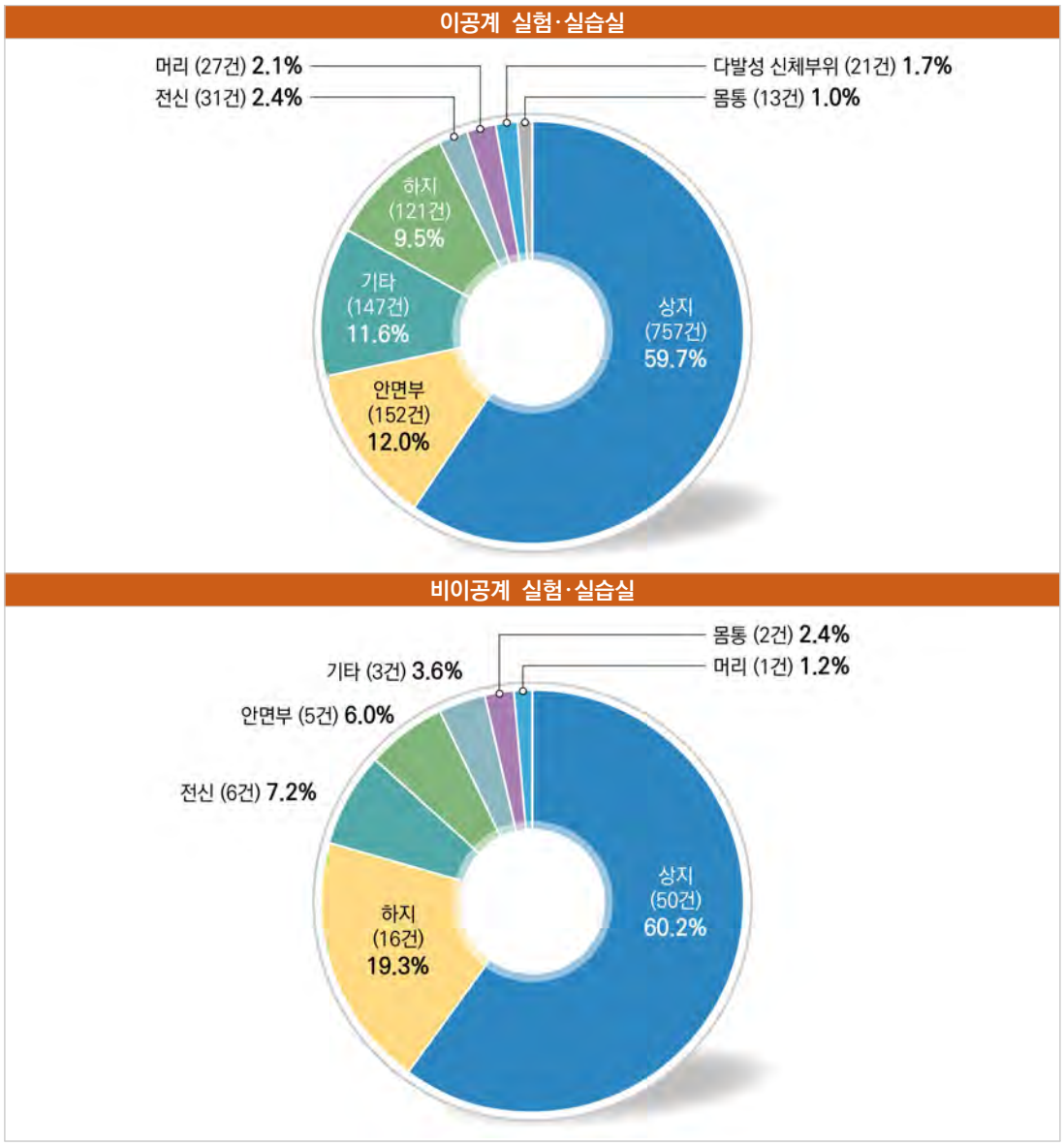


[그림 2-5] 실험·실습실 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

※ 충돌접촉 : 자신의 움직임, 동작으로 인해 기인물에 접촉 또는 물체가 고정부에서 이탈하지 않은 상태로 접촉 충돌
※ 유해물질노출접촉 : 유해 위험물질에 노출, 접촉 또는 흡입하였거나 독성동물에 쏘이거나 물린 경우

6 상해 부위별 사고발생 현황

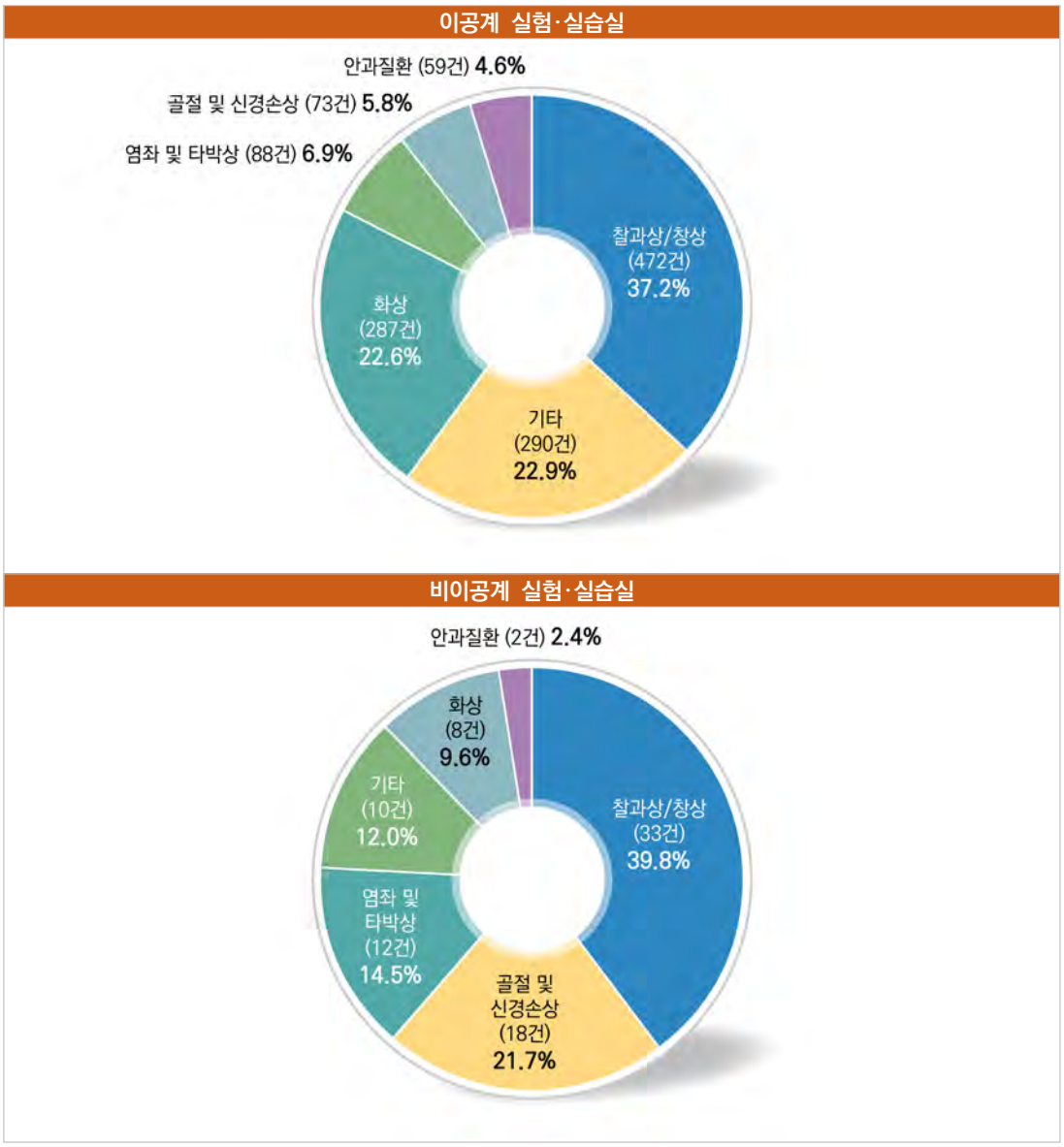
- 대학 이공계열의 실험·실습실 사고의 상해부위로는 상지부분의 사고가 757건, 안면부의 사고가 152건으로 총 사고의 60%, 12%를 차지하는 것으로 나타났다.
- 비이공계열의 실험·실습실 사고의 상해부위 역시 상지 50건, 안면부 16건으로 총사고의 60%, 19%를 차지하는 것으로 나타났다.



[그림 2-6] 실험·실습실 상해 부위별 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

7 실험·실습실 상해 유형별 사고발생 현황

- 대학 이공계열의 실험·실습실 사고 상해 유형으로는 찰과상/창상이 472건으로 가장 많이 발생하였으며, 기타 사고도 290건으로 전체 상해의 약 23%를 차지하는 것으로 나타났다.
- 비이공계열의 실험·실습실 사고 상해 유형으로는 찰과상/창상 33건, 골절 및 신경손상 18건, 염좌 및 타박상 12건으로 다양한 유형의 상해를 입는 것으로 나타났다.

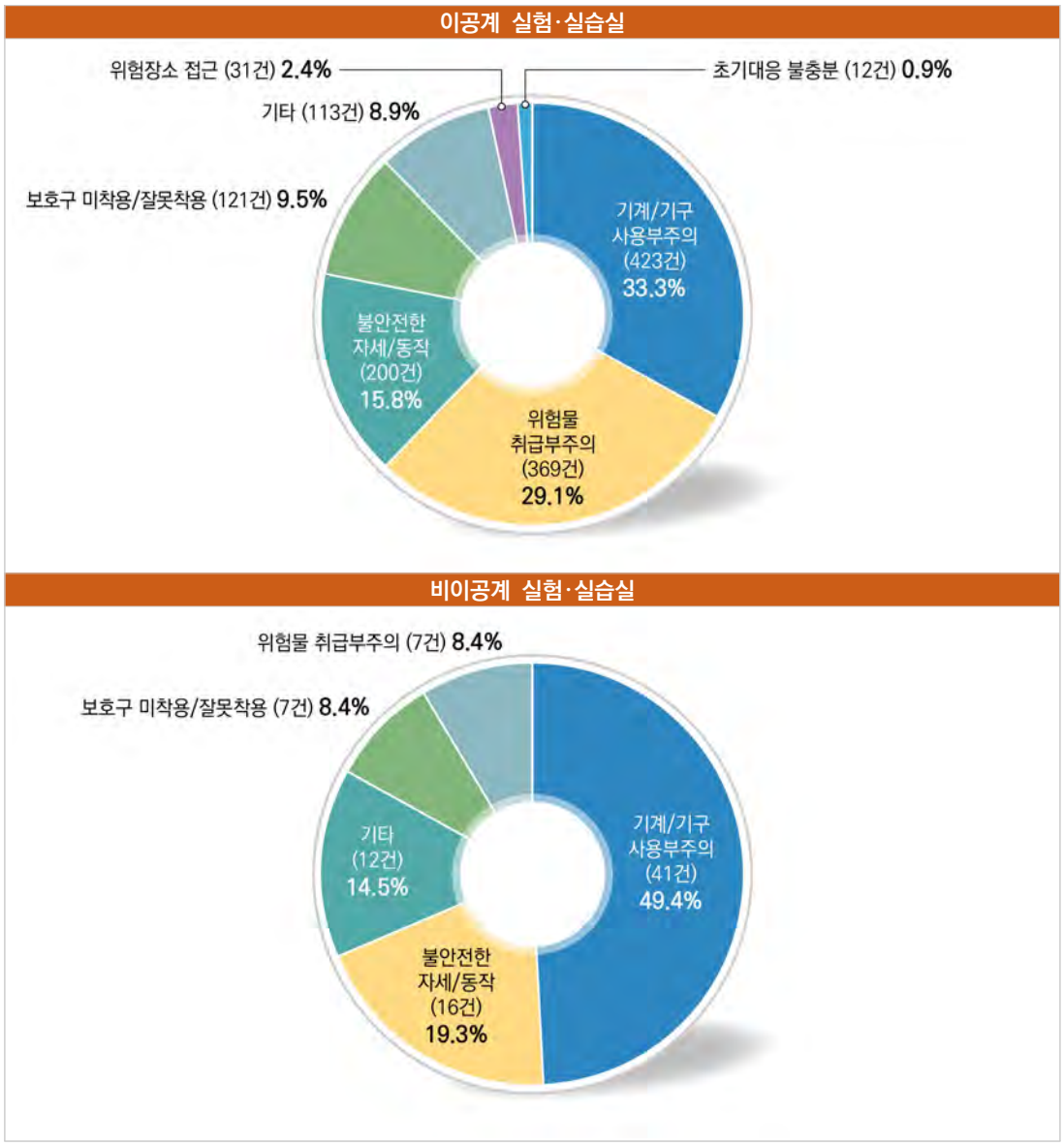


[그림 2-7] 실험·실습실 상해 유형별 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

※ 기타: 물림, 감염, 접질림, 쓰러짐, 감전 등

8 실험·실습실 사고 원인별 사고발생 현황

- 대학 이공계열의 실험·실습실 사고 원인으로는 기계/기구 사용부주의 423건, 위험물 취급부주의 369건, 불안전한 자세/동작 200건, 보호구 미착용/잘못착용 121건으로 나타났다.
- 비이공계열의 실험·실습실 사고 원인으로는 기계/기구 사용부주의 41건, 불안전한 자세/동작 16건, 보호구 미착용/잘못착용 7건 등으로 나타났다.



[그림 2-8] 실험·실습실 원인별 사고 발생 현황(이공계/비이공계)

Ⅳ

대학 실험·실습실 사고사례 및 예방대책

1 이공계 실험·실습실 패해 유형별 사고 사례

2 비이공계 실험·실습실 피해 유형별 사고 사례

3 대학 실험·실습실 사고 예방대책

IV 대학 실험·실습실 사고사례 및 예방대책

1 이공계 실험·실습실 패해 유형별 사고 사례

1.1 안과질환

사고개요	학과명	기관시스템공학과		
	사고일시	2016년4월22일/21:00	연구실 유형	기계/물리
			피해장소	운용 실험·실습실
	발생형태	유해광선노출	사고원인	보호구 미착용
	상해유형	안과질환	상해부위	안면부
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 이산화티타늄 살균실험 중 양쪽 눈에 강한 자외선에 의한 각막 손상			
사고예방 대책	- 실험·실습 중에는 위험물질의 취급요령 및 특성을 파악하여 안전사고에 대비 - 자외선을 차단하고 안면부를 보호할 수 있는 개인 보호장비 착용 - 실험·실습 시 안전 주의사항에 대한 교육실시			
주요 대책	☞ 전기안전(p47) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

1.2 화상

가. 유해물질노출접촉(안면부)

사고개요	학과명	의학과		
	사고일시	2016년1월22일/18:00	연구실 유형	의학/생물
			피해장소	의학관 실험실
	발생형태	유해물질노출접촉	사고원인	불안전한 자세/동작
	상해유형	화상	상해부위	안면부
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 선반에 비치된 액상폐기물(약염산 추정/약 20 리터)을 폐기하기 위해 운반하던 중 무게를 이기지 못하고 폐기물통을 떨어뜨려 보관통 파손되었고 폐기물이 튀어 화상을 입음			
사고예방 대책	- 실험·실습실 폐기물 취급 시 주의사항 및 취급요령에 대한 교육 실시 - 폐기물을 이동할 시에는 깨지지 않는 이송 용기를 사용 - 위험물질 취급 시 안전보호구 착용			
주요 대책	☞ 화학안전(p50) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

나. 유해물질노출접촉(다발성신체부위)

사고개요	학과명	작업치료학과		
	사고일시	2016년6월24일/09:00	연구실 유형	기타
			피해장소	임상 실습실
	발생형태	유해물질노출접촉	사고원인	기타
	상해유형	화상	상해부위	다발성신체부위
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 전기포트를 들고 폐쇄병동에 들어갔을 때 환자가 양팔로 끌어안으며 잡아당겨서 끓는 물을 자신의 얼굴, 목, 발에 쏟아 발에 화상 입었음			
사고예방 대책	- 위험이 발생할 수 있는 시설에 들어갈 때 위험요인을 확인한 후 실험·실습 실시 - 위험물질 운반 시 반드시 선반 등의 운반 용기에 넣어 운반			
주요 대책	☞ 일반(p46), 화학안전(p50) 참조			

1.3 골절 및 신경손상

가. 추락/전도(보호구 미착용)

사고개요	학과명	건축공학과		
	사고일시	2020년3월9일/16:00	연구실 유형	건축/환경
			피해장소	구조실험실
	발생형태	추락/전도	사고원인	보호구 미착용
	상해유형	골절 및 신경손상	상해부위	하지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 구조실험실에서 철근콘크리트 보의 전달실험 종료 후 해체를 위하여 UTM(만능구조시험기) 하부 베이스에서 실험체를 호이스트 슬링벨트에 걸어 크레인으로 양중작업을 시도하는 중 철근콘크리트 보가 옆으로 전도되면서 학생의 다리로 낙하하여 정강이 하부의 복합골절 및 오른쪽 머리 찰과상의 피해를입는 사고가 발생			
사고예방 대책	- 기계의 작동은 작업자의 위치를 확인하고 안전장치의 이상 여부를 확인 - 실험체 및 기계 등은 일상점검을 통해 안전상태를 체크 - 실험 중에는 항시 안전보호구를 착용하여 사고에 대비(안전모, 안전화 등)			
주요 대책	☞ 일반(p46), 기계안전(p48) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

나. 추락/전도(불안전한 자세/동작)

사고개요	학과명	광전소재연구단		
	사고일시	2017년10월14일/20:00	연구실 유형	전기/전자
			피해장소	전기 실험실
	발생형태	추락/전도	사고원인	불안전한 자세/동작
	상해유형	골절 및 신경손상	상해부위	하지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 실험에 필요한 부품을 들고 L6 연구동 쪽으로 이동하는 도중에 무게중심을 잃고 미끄러졌고 무릎 뒤틀림을 느끼고 뚝 소리가 들렸음. 이후 무릎 전체가 심하게 부어 MRI 촬영 결과 전방십자인대 파열이라는 소견을 들음			
사고예방 대책	- 중량물을 옮길 때는 2인 이상 및 보조기구를 활용 - 중량물을 옮길 때는 무릎 굽혀펴기 등 올바른 자세를 유지하고 무리하지 않는다. - 주변 정리정돈 생활화			
주요 대책	☞ 일반(p46), 기계안전(p48) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

다. 추락/전도(기계/기구 사용부주의)

사고개요	학과명	생명과학과		
	사고일시	2017년10월27일/10:00	연구실 유형	의학/생물
			피해장소	생명과학 실험실
	발생형태	추락/전도	사고원인	기계/기구 사용부주의
	상해유형	골절 및 신경손상	상해부위	하지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 학생이 실험에 사용할 플레이트 세척 도중 들고 있던 DW가 담긴 유리그릇이 바닥으로 떨어져 발목 옆으로 낙하 유리 파편에 의해 발목 내 동맥을 파열			
사고예방 대책	- 실험·실습 시 항상 기계 기구의 사용 방법 및 안전 수칙을 확인 - 안전 수칙 준수 및 실험 방법, 절차 등 교육 실시 - 실험·실습 시 개인보호구 착용 생활화 - 실험·실습 시 주변 위험인자 확인 필수			
주요 대책	☞ 일반(p46), 화학안전(p50) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

라. 추락/전도(충돌접촉)

사고개요	학과명	재료공학과		
	사고일시	2016년6월1일/16:00	연구실 유형	기계/물리
			피해장소	금속성형 실험실
	발생형태	충돌접촉	사고원인	기계/기구 사용부주의
	상해유형	골절 및 신경손상	상해부위	상지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 두께 0.8mm의 고강도 알루미늄 합금(7075합금)의 판재 미세조직관찰을 위한 시편 절단 중 사고가 발생. - 사고 발생 전 소형시편을 절단하기 위하여 방호커버를 제거하였으며 1, 2, 3면을 절단 후 4면을 절단하려는 과정에서 예상치 못한 상태에서 전단기 날이 작동하여 좌측 제2수지 원위지골부가 절단.			
사고예방 대책	- 담당이 아닌 기계는 움직이거나 손대지 않는다. - 기계/기구 사용 시 반드시 사용 방법을 숙지 후 실험해야 한다. - 기계의 작동은 각 작업자의 위치를 확인하고 안전장치의 이상 여부를 확인한 다음 작동한다. - 기계에 이상이 있을경우 책임자에게 즉시 보고한다. - 기계/기구를 사용할 경우 반드시 개인보호장비를 착용한다.			
주요 대책	☞ 일반(p46) 및 기계안전(p48) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

1.4 폭발

가. 화상(위험물 취급부주의)

사고개요	학과명	기계공학과		
	사고일시	2018년9월18일/18:00	연구실 유형	기계/물리
			피해장소	공학 실험실
	발생형태	폭발	사고원인	위험물 취급부주의
	상해유형	화상	상해부위	다발성 신체부위
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 폐시약 수거함에 버리는 순간 화학반응으로 추정되는 폭발 발생 - 발목 및 발의 심재성 2도 및 3도 화상 하지부 2도 화상 상지부 2도 화상			
사고예방 대책	- 실험·실습 전 위험물질 취급요령 및 주의사항 등에 대하여 사전 교육 실시 - 실험 시약 및 용액을 처리할 경우 반드시 용액의 성상과 폐기방법을 확인하고 처리할 것 - 위험물질은 성상, 화재, 폭발, 중독 등의 위험성을 조사한 후 취급 - 위험물질 취급 시 안전보호구 착용			
주요 대책	☞ 화학안전(p50) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

나. 골절 및 신경손상(위험물 취급부주의)

사고개요	학과명	화학융합소재과		
	사고일시	2016년3월22일/14:00	연구실 유형	화학/화공
			피해장소	고기능고분자 연구실
	발생형태	폭발	사고원인	위험물 취급부주의
	상해유형	골절 및 신경손상	상해부위	상지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- vapor trap을 rotary evaporator 장비에서 분리하여 맞은편 후드로 이동하고 vapor trap내에 형성된 정체불명의 물질을 제거하기 위해 spatular를 투입하였고 예측하지 못한 폭발이 발생			
사고예방 대책	- 실험·실습 전 위험물질 취급요령 및 주의사항 등에 대하여 안전교육 실시 - 기계/기구 사용 시 반드시 사용 방법을 숙지 후 실험 - 기계/기구를 사용할 경우 반드시 개인보호장비를 착용			
주요 대책	☞ 기계안전(p48), 가스안전(p49) 참조			

1.5 협착

가. 골절 및 신경손상(기계/기구 사용부주의)

<table>
<tr><td rowspan="6">사고개요</td><td>학과명</td><td colspan="3">실내건축과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사고일시</td><td rowspan="2">2016년6월8일/16:00</td><td>연구실 유형</td><td>건축/환경</td></tr>
<tr><td>피해장소</td><td>건축 실험실</td></tr>
<tr><td>발생형태</td><td>협착</td><td>사고원인</td><td>기계/기구 사용부주의</td></tr>
<tr><td>상해유형</td><td>골절 및 신경손상</td><td>상해부위</td><td>상지</td></tr>
<tr><td>피해규모</td><td colspan="3">(단위: 만원)
100 300 900 1200 1500 1800 4500</td></tr>
<tr><td>사고경위</td><td colspan="4">- 가구제작 제품기획 실습수업 시간에 수압 대패장비를 이용하여 작업하던 중 오른손 중지(손가락 한 마디) 및 약지(손가락 반 마디)가 기계 톱날에 의해 으스러짐.
 </td></tr>
<tr><td>사고예방 대책</td><td colspan="4">- 실험·실습 기구에 대한 올바른 사용 방법 및 안전교육 실시
- 기계/기구를 사용할 경우 반드시 안전보호구를 착용
- 실험·실습 전 사고 발생 시 대처 방법 등을 인지하고 실험·실습에 임함</td></tr>
<tr><td>주요 대책</td><td colspan="4">☞ 일반(p46), 기계안전(p48) 및 목공 작업 시 대책(p56) 참조</td></tr>
</table>

나. 골절 및 신경손상(기계/기구 사용부주의)

사고개요	학과명	건축공학과		
	사고일시	2018년1월25일/16:00	연구실 유형	건축/환경
			피해장소	건축구조 실험실
	발생형태	협착	사고원인	기계/기구 사용부주의
	상해유형	골절 및 신경손상	상해부위	상지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 건축구조 실험실에서 졸업논문 작성 등 연구의 목적으로 건축재료시공 실험에 참여하던 중 트윈 샤프트 믹서의 정지 버튼을 작동시키고 청소를 하였으나, 믹서가 의도치 않게 작동되어 우측 검지가 믹서 날에 순간 압착 			
사고예방 대책	- 실험·실습 전 위험물질 취급요령 및 주의사항 등에 대하여 안전교육 실시 - 기계/기구 사용 시 반드시 사용 방법을 숙지 후 실험 - 기계/기구를 사용할 경우 반드시 개인보호장비를 착용			
주요 대책	☞ 기계안전(p48) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

1.6 화재

가. 화상(위험물 취급부주의)

사고개요	학과명	생명공학과		
	사고일시	2016년4월12일/19:00	연구실 유형	의학/생물
			피해장소	바이러스면역학 실험실
	발생형태	화재	사고원인	위험물 취급부주의
	상해유형	화상	상해부위	하지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 대장균을 다루는 실험도 중 알콜램프가 바닥으로 떨어져 99% pure ethanol이 머리와 바지에 묻어 불이 옮겨붙음. 			
사고예방 대책	- 화상을 입은 경우 응급조치 방법 숙지 - 사고발생에 대비한 안전예방 교육 실시 - 실험·실습실 내 화재발생 시 소화 및 대피요령 게시 - 정기적인 소방훈련 실시			
주요 대책	☞ 일반(p46), 화학안전(p50) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

2 비이공계 실험·실습실 피해 유형별 사고 사례

2.1 유해물질노출접촉

가. 가스 중독(유해물질노출접촉)

사고개요	학과명	도예차문화과		
	사고일시	2019년10월15일/24:00	연구실 유형	공예
			피해장소	도예관 가마실
	발생형태	유해물질노출접촉	사고원인	기타
	상해유형	기타	상해부위	전신
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 도예관 가마실에서 졸업작품전을 위한 가스가마 소성을 진행하던 중 가스 중독 현상이 의심되어 응급실 이송 및 혈액 및 고압산소 치료실시			
사고예방 대책	- 위험한 장소에서 실험·실습을 진행 할 경우 안전사항에 대한 충분한 교육 후 실시 - 위험한 장소에서 실험·실습을 진행할 경우 반드시 안전보호구를 착용 - 실험·실습 전 사고 발생 시 대처 방법 등을 인지하고 실험·실습에 임함			
주요 대책	☞ 가스안전(p49), 비이공계 기본 안전 수칙(p54) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

나. 피부발진(유해물질노출접촉)

사고개요	학과명	디자인학부		
	사고일시	2019년9월27일/16:00	연구실 유형	미술
			피해장소	기타
	발생형태	유해물질노출접촉	사고원인	기타
	상해유형	기타	상해부위	전신
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 옻과 접촉과 호흡으로 얼굴, 팔, 배에 피부발진이 발생 - 붉게 부어올라 눈이 안 떠지고 손목이 안 굽어지는 상태여서 통원치료를 실시하였으나, 양팔과(팔꿈치 아래 전면과 손등) 배에 흉터가 크게 남아 후유장해 진단			
사고예방 대책	- 위험한 장소에서 실험·실습을 진행 할 경우 안전사항에 대한 충분한 교육 후 실시 - 안전사고에 대비한 대처방법 교육 실시 - 비상약품 및 안전보호구 착용			
주요 대책	☞ 일반안전(p46) 및 보호구 선정 방법(p62) 참조			

2.2 협착

사고개요	학과명	금속디자인학과		
	사고일시	2017년6월15일/15:00	연구실 유형	미술
			피해장소	대공실
	발생형태	협착	사고원인	기계/기구 사용부주의
	상해유형	찰과상/창상 (신경손상)	상해부위	상지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 장신구 금속 디자인학과 대공실에서 롤러프린팅 작업을 하던 중 롤러에 금속이 들어가면서 그사이에 손이 껴 왼손 두 번째 손가락에서부터 손바닥 4/3 정도를 깊이 베이고 두 번째 손가락은 힘줄과 인대가 끊어지는 사고를 당함			
사고예방 대책	- 담당이 아닌 기계는 움직이거나 손대지 않는다. - 기계/기구 사용 시 반드시 사용 방법을 숙지 후 실험해야 한다. - 기계의 작동은 각 작업자의 위치를 확인하고 안전장치의 이상 여부를 확인한 다음 작동한다. - 기계에 이상이 있을경우 책임자에게 즉시 보고한다. - 기계/기구를 사용할경우 반드시 개인보호장비를 착용한다.			
주요 대책	☞ 기계안전(p48), 공구 취급시(p55) 보호구 선정 방법(p62) 참조			

2.3 추락/전도

사고개요	학과명	미술학과		
	사고일시	2017년8월22일	연구실 유형	미술
			피해장소	철조실기실
	발생형태	추락/전도	사고원인	기계/기구 사용부주의
	상해유형	염좌 및 타박상	상해부위	하지
	피해규모	(단위: 만원) 100 300 900 1200 1500 1800 4500		
사고경위	- 예술체육대학 실습동에 위치한 철조실기실에서 공모전에 출품하기 위한 조형물을 만들던 중 조형물(가로 4M 세로 6M 높이 4M)의 위치를 옮기기 위한 크레인을 들어 올리다가 조형물이 그대로 사고 학생에게 떨어지면서 양쪽 발목인대 등에 부상 발생함			
사고예방 대책	- 추락에 대비한 안전모 및 안전보호장구 착용 - 위험 장소에서 실험·실습을 진행할 경우 위험요소 파악 및 안전조치 철저 - 기계/기구 사용 시 반드시 사용 방법을 숙지 후 진행 - 안전사고에 대비한 대처방법 교육 실시			
주요 대책	☞ 기계안전(p48) 및 목공 작업 시(p56) 보호구 선정 방법(p62) 참조			

3 대학 실험·실습실 사고 예방대책

3.1 사고 예방을 위한 기본 안전 수칙

- 사고에 대비하여 실험에 임할 때는 안전 수칙을 준수하고, 반드시 적합한 보호구를 사용한다. (콘택트렌즈·반바지·치마·슬리퍼·하이힐 등 착용 금지)
- 위험성이 있는 실험을 할 때는 2명이 수행하여 사고 시 대처할 수 있도록 한다. 혼자서 할 때는 문을 열어 주변의 다른 사람에게 연락될 수 있게 한다.
- 실험할 때 최소한의 화학약품을 사용하여 사고의 가능성을 줄이며 확산을 방지하고, 실험 시 폐기물의 최소화에 노력한다.
- 가스용기는 고정하고, 사용 후 중간 밸브 및 주 밸브를 잠근다. 가스용기에 개폐 여부를 알리는 표지를 걸어 놓는다. 가스 누출을 알리는 가스 검출기를 부착한다.
- 유독성, 인화성 물질을 다루는 실험은 반드시 후드 안에서 하도록 한다.
- 전기 부속품은 규격품을 사용하고, 코드의 복잡한 연결이나 과부하에 주의한다.
- 실험실의 폐기물 수거, 관리, 처리는 대학에서 정한 절차에 따른다.
- 소화기, 소화전, 화재경보기 및 개인보호구의 위치와 사용법을 잘 알아 둔다.
- 사고 발생 시 대처 방법, 비상대피로 및 비상 연락처를 알아 둔다.
- 실험실에서 음식물 섭취를 금하고 시약용 냉장고에 음식물을 보관하지 않는다.

3.2 분야별 기초 사고 예방대책

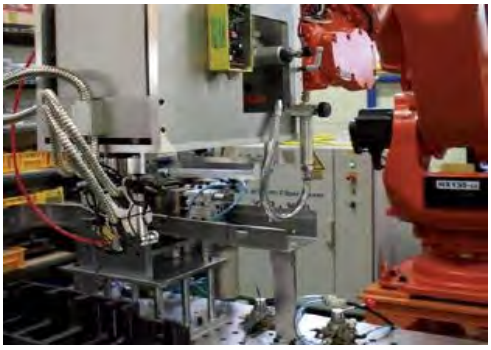
가. 일반 안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 연구 공간과 실험공간 미분리로 인한 화학물질 및 병원체 등 노출 • 연구실 내 취식, 음용 및 취침 행위로 인한 화학물질 및 병원체 혼입 위험 • 연구실 내 정리 정돈 불량으로 인해 넘어지거나 미끄러지는 등의 위험 발생
사고예방 대책	▸ 연구 공간과 실험공간을 분리하여 연구개발 활동 실시 ▸ 연구실 내 취식, 음용 및 취침 행위 금지 ▸ 연구실 내에 연구활동종사자가 통행하는 안전한 통로를 마련하고 연구실 바닥 등을 안전하고 청결한 상태로 유지

나. 전기안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 전기로(Electric Furnace) 시편 취급 시 고온으로 인한 화상 위험 • 오토클레이브, 항온항습기 등 전기기기 사용 중 감전 위험 • 이차전지 조립 시 충전된 전지 접촉에 의한 전기화상 위험
사고예방 대책	▸ 모든 전기·전자 기기는 정격전류에 알맞은 전선과 해당 전선을 보호하는 차단기를 사용 ▸ 배선의 연결부위는 반드시 절연테이프 이상의 절연내력을 갖는 절연물로 피복해야 함 ▸ 전기 스위치 부근에 인화성, 가연성 용매 등을 놓아서는 안 됨 ▸ 고압 이상의 회로를 다룰 때 절연장갑을 반드시 착용 ▸ 하나의 전원코드에 문어발식 접속으로 인한 과부하를 피해야 함 ▸ 고온 발생장치에 '고온 주의' 안내 표지 부착 ▸ 진공 오븐, 오토클레이브, 항온항습기 등 전기기기 등에는 반드시 접지 실시 ▸ 충전된 전지 간 절연 조치 및 '접촉금지' 안전표지 부착 ▸ 전원회로의 단락강도가 높은 경우(단락전류 100A 이상)에는 아크 보호장구를 갖추도록 한다. ▸ 고압부의 접근은 반드시 전원장치를 차단하고, 충분한 방전이 되었음을 검전기로 방전 완료를 확인한 후 접근한다.
관련 사진	

다. 기계안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 장비 오동작, 연구 중 부주의 등으로 인한 협착 위험 • 절단면에 의한 찔림, 베임 등 상해 위험 • 고온 물질(윤활유, 시료 등) 비산으로 인한 화상 위험
사고예방 대책	▸ 작업 방법, 절차 및 기기 사용법 숙지 ▸ 기계의 이상 유무를 철저히 점검하고 고장 중인 기계는 “고장”, “사용 못 함” 등의 표지를 붙여야 함 ▸ 기계가 운전되고 있는 상태에서는 기계 옆을 떠나지 않아야 함 ▸ 정전으로 인하여 기계작동이 중지되었을 때 반드시 “정지” 스위치를 넣어야 함 ▸ 원칙적으로 구동 중인 기계 부분에 직접 접촉하는 것은 피하고, 작동 중인 기계에 주유하면 위험하므로 금지해야 함 ▸ 기계를 정지시킬 때 완전히 정지될 때까지는 손대지 말아야 하며 기계의 타력을 손이나 공구, 기타 물건으로 정지시키려 하지 말아야 함 ▸ 기계 기구에 대한 적절한 방호장치 설치 ▸ 옷소매, 머리카락 등 끼임이 발생할 수 있는 경우, 토시 및 머리망 등 착용 ▸ 기계기구 취급 시 적절한 개인보호구 착용 ▸ 고온 발생장치 주변 ‘화상 주의’ 등 안전표지 부착
관련 사진	

라. 가스안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 가스 배관 및 가스설비 연결부에서의 가스 누출로 인한 가스폭발 및 화재 위험 • 연구 장비 오작동으로 인한 이상 과압 발생 위험 • 밀폐된 공간에 불연성 가스 누출로 인한 질식 위험 • 독성 가스 누출로 인한 중독 위험
사고예방 대책	▸ 용기는 직사광선을 피하고 통풍이 가능한 곳에 세워서 보관하여야 하고, 40℃ 이하여야 함 ▸ 가스용기는 사용 여부를 표기 ▸ 충전용기와 빈용기를 구분 보관하여야 하며, 다른 용기와 함께 보관하지 않아야 한다. 유효시간과 압력 시험 합격을 확인하고 사용 ▸ 가스용기의 전도 방지를 위하여 안전하게 고정(브라켓 또는 안전벨트) ▸ 조연성(산소, 이산화질소 등) 및 가연성 가스(아세틸렌, LPG, 수소 등) 주위에는 화기 및 물질을 가까이 두지 말아야 함 ▸ 실내 가스 저장소 내 전기시설은 방폭 및 정전기 제거시설을 갖추고 있어야 함 ▸ 가스가 고속으로 분출되면 그 전면에 충격파가 생겨 고온이 되고 다시 이 기류가 배관으로 충돌하면 더욱 온도가 올라가 폭발할 수 있으므로 산소 밸브를 열 때 천천히 열어야 함 ▸ 가스라인은 주 1회 이상 누출 시험을 실시 ▸ 가스용기를 이동할 경우 가스용기 밸브는 닫힌 상태여야 하고, 조정기를 분리한 후에는 가스용기의 캡을 씌워서 이동 ▸ 연구실 내에서 단거리 수평 이동 시킬 때는 가스용기를 양손으로 기울여 잡고, 한 손으로는 가스용기의 캡을, 다른 한 손으로는 가스용기의 중앙부를 지지하면서 용기 밑의 둘레로 굴려서 옮기도록 함 ▸ 가스의 종류에 따라 적절한 경고 표지를 부착 ▸ 가스의 종류별로 격리하고 구분하여 적재 ▸ 퇴실 전·후 가스 밸브의 개·폐 여부를 반드시 확인 ▸ 가연성 및 독성 가스는 사용하는 연구실은 가스 누출을 감지할 수 있는 가스 누출 경보장치 설치 ▸ 연구 장비의 과압 발생 여부를 확인할 수 있도록 압력센서를 설치하고 상시 모니터링할 것 ▸ 밀폐된 공간에서 액체질소, 이산화탄소 등 다량의 불연성 가스를 취급-보관하는 경우 산소농도측정기 설치 ▸ 독성 가스 용기는 실린더 캐비닛에 보관하고 중화 제독장치, 자동 차단밸브 등 안전설비를 갖추고 사용
관련 사진	

마. 화학안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 누출된 화학물질에 의한 호흡기 및 피부 접촉 위험 • 화학물질을 옮기는 과정에서의 파손 및 누출 위험 • 상호 반응성이 있는 화학물질의 혼합에 의한 반응 위험 • 리튬, 칼륨, 나트륨 등 금수성 물질의 자연발화
사고예방 대책	▸ 유해화학물질을 취급하는 실험 중에는 반드시 적절한 개인보호구 착용 ▸ 실험실 내에서는 긴바지를 착용 ▸ 실험실에서 나갈 때는 비누로 손을 씻어야 함 ▸ 실험 폐액을 싱크대에 버리지 않도록 한다. ▸ 실험실에서 사용하는 모든 화학물질에 대한 물질안전보건자료(MSDS)를 구비하고 내용을 항시 숙지한다. ▸ 화학물질을 옮길 때는 반드시 이동용 캐리어를 사용하고 적절한 개인보호구를 착용할 것 ▸ 시약은 시약 전용 시약장에 보관하도록 하며, 환기설비와 연결되도록 함 ▸ 서로 접촉되었을 때 화재·폭발의 원인이 될 수 있는 물질은 별도로 분리 보관 ▸ 화학물질을 폐기할 때는 상호 반응성이 있는지 확인하고 폐산, 폐알칼리, 폐 유기용제 등 종류별로 분리 배출할 것 ▸ 화학물질 흘림 또는 누출 시 대응 절차 및 수거 용품을 구비하도록 하며, 실험 중에 쏟은 모든 화학물질은 즉시 닦아내도록 한다. ▸ 금수성 물질 실험 시 반드시 불활성 분위기(예, 글로브 박스 내)에서 실험 진행 ▸ 부식성 물질을 취급할 경우 흄후드 등 국소 배기장치 내에서 실험하며, 흄후의 새시의 개방 높이는 15cm 이하를 유지할 것
관련 사진	

구 분	세부 내용
기타 사항	[산·알칼리성 화합물] ① 산성·알칼리성 화합물은 함께 두지 말고 격리하여 보관 ② 산성·알칼리성 시약을 취급할 경우 화상에 주의 ③ 산성·알칼리성 화합물은 연구실 바닥과 가까운 낮은 곳에 보관 ④ 산성·알칼리성 시약의 희석용액을 제조할 경우 발열에 주의하며 물에 산과 알칼리를 소량씩 첨가하여 희석 ⑤ 강산과 강염기는 공기 중 수분과 반응하여 치명적 증기를 생성시키므로 사용하지 않을 때는 뚜껑을 닫음 ⑥ 산성·알칼리성 시약을 운반할 때는 깨지지 않는 이송 용기 사용을 원칙 ⑦ 산성·알칼리성 시약은 부식성이 있는 금속성 용기에 저장하는 것을 금지 ⑧ 산이나 연기가 눈이나 피부에 묻었을 때 즉시 세안 장치나 비상 샤워기로 씻어내고 도움을 요청 [가연성(인화성) 화학물질] ① 가연성(인화성) 화학물질은 전용 저장캐비닛에 보관. ② 환기설비가 갖추어진 시약장이라도 건물 내부에 가연성 물질을 보관할 경우 500L를 초과하지 않도록 함 ③ 개별 저장캐비닛에 보관하는 가연성 및 휘발성 화학물질은 250L를 초과하지 않도록 함 ④ 유리용기로 된 화학약품의 저장은 가능한 캐비닛 선반의 가장 아래쪽에 보관 ⑤ 가스, 증기, 분진 액체 등 가연성이나 폭발성 물질의 취급 기기의 설비 또는 기기 주변의 전기설비는 방폭형의 것을 사용

바. 생물안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 주사기를 이용한 세균, 바이러스 취급 시 부주의로 인한 찔림 감염 위험 • 폐기물 처리 시 생물학적 활성 미제거로 인한 오염 위험 • 에어로졸 발생으로 인한 실내공기 오염 위험
사고예방 대책	▸ 실험실 주 출입문은 항상 닫아둔다. ▸ 실험 수행 시, 실험복은 항상 착용하고 실험 위해도 등급에 따라 적합한 개인보호구를 선택하여 착용 ▸ 출입문 앞에 생물안전 표지(유전자변형생물체명, 안전관리등급, 시설관리자의 이름과 연락처 등)를 부착 ▸ 동물실험은 동물실험실 및 지정된 구역에서만 수행 ▸ 주사기 등 날카로운 도구를 사용 취급하는 실험의 경우는 안전한 방법으로 사용 ▸ 주사기 바늘에 캡(뚜껑)을 다시 씌우지 않음 ▸ 일회용 주사기의 바늘은 손으로 제거하지 않으며, 구부리는 행위 등 손으로 조작을 하지 않음 ▸ 실험이 끝난 후에는 생물안전 작업대 및 실험대를 정리·소독하고 실험 중 오염사고가 발생한 경우, 즉시 관리자에게 보고하고 소독 등의 적절한 조치 실시 ▸ 실험 종료 후, 그리고 실험실을 나올 때는 반드시 손을 씻음 ▸ 지정된 실험구역에서는 음식 섭취, 식품 보존, 흡연, 화장 행위 등을 금함 ▸ 기관 내에서 병원성 미생물 및 감염성 물질 등을 이동할 때는 이중 밀폐 포장하고 견고한 운반 용기에 담아 안전하게 운반 ▸ 주사바늘 등 손상성폐기물을 취급 할 경우 감염되지 않도록 각별히 주의 ▸ 유전자변형생물체(LMO) 등은 생물학적 활성을 제거하여 의료폐기물로 처리 ▸ 생물학적 활성을 제거하기 위해서는 고압증기멸균, 자외선 살균소독, 화학적 처리 등 적절한 방법을 사용
관련 사진	

사. 소방안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 먼지 등 가연성 물질이 멀티콘센트 주변에 축적되어 트래킹 현상에 의한 화재 위험 • 상호 반응성이 있는 화학물질 혼합에 따른 화재 위험 • 알칼리 금속류 폐기 시 일반쓰레기로 배출하면서 공기 중 수증기와의 접촉으로 발생한 인화성 가스로 인한 화재 위험
사고예방 대책	▸ 멀티콘센트 주변을 항상 정리하여 플러그 부분에 먼지 등으로 열이 축적되지 않도록 관리 ▸ 물질안전보건자료(MSDS)를 확인하여 물질간 반응성을 확인한 후 취급 및 폐기 ▸ 소화기 및 소화전 등 소방설비의 적절한 사용법 및 대처 방법을 반복적으로 교육 및 실습 ▸ 알칼리 금속류 등을 배출할 경우 금속을 등유, 미네랄오일 등을 채운 후 용기를 밀폐하여 폐기약으로 처리
관련 사진	

아. 산업위생 안전

구 분	세부 내용
사고발생 위험요인	• 유해화학물질의 단기간 노출로 인한 급성질환 발생 위험 • 유해화학물질의 지속적인 노출로 인한 만성질환 발생 위험 • 유해화학물질 흡입, 섭취, 피부 접촉에 의한 자극, 화상 등의 위험
사고예방 대책	▸ 유해화학물질 개봉, 취급 및 저장에 유의하여 사용 ▸ 국소배기장치가 설치된 곳에서 사용 및 공기 수준을 노출 기준 이하로 관리 ▸ 고온에서 분해되어 독성 가스가 생성할 수 있는 경우, 흄후드 등 국소배기장치 설치된 장소에서 실험할 것 ▸ 유해화학물질을 취급하는 연구실에는 세안 설비와 비상 샤워기를 설치하고 주기적으로 작동상태를 점검할 것
관련 사진	

3.3 비이공계 사고예방 대책 (미술, 공연, 체육)

- 일반적으로 대학 현장의 실험·실습실은 이공계와 비이공계로 구분되어 있지만, 비이공계 실험·실습실에서 다루는 기자재들은 몇몇 특정 용도의 기자재를 제외하고는 이공계, 비이공계로 뚜렷하게 구분이 되어 있지 않음
- 따라서 대학의 실험·실습실 안전에 대한 예방대책은 이공계열과 공통으로 적용되는 항목과 비이공계에 적용되는 분야로 분리하여 대책을 마련함이 바람직함

가. 사고예방을 위한 기본 안전수칙

- 화학약품 취급 시
  - 모든 용기에는 "위험물 사용 승인 필증"을 부착하여야 한다.
  - 화학약품을 사용하기 전에 용기 및 포장에 표시된 경고 표지의 유해 위험 정보를 확인하고 사용하여야 한다.
  - 화학약품은 가능한 실험에 필요한 최소의 양을 사용하여야 한다.
  - 약품 라벨이 없는 용기의 약품은 사용하지 않는다.
  - 절대로 맛 또는 냄새 맡는 행위를 금하고, 입에 닿지 않도록 한다.
  - 화학약품과 직접적인 신체접촉을 피하도록 한다.

- 기계·기구 작업 시
  - 사용 전 반드시 안전관리 책임자에게 지시사항과 허락을 받도록 한다.
  - 전기접속 및 고정 볼트의 상태를 사용하기 전에 반드시 점검하도록 한다.
  - 기계·기구에는 긴급연락처와 규격 명세표를 부착한다.
  - 기계·기구는 협소한 장소에 설치하지 않도록 한다.
  - 실험·실습 시 간편한 복장을 착용하고 슬리퍼나 샌들 등은 신지 않는다.
  - 보호안경이나 보호구를 착용하고 기계·기구를 다루도록 한다.
  - 기계 가동 전에 기름 주입상태와 각종 레버를 점검한다.
  - 처음 가동 시는 저속으로 시험 운전한 후 작동한다.
  - 주위에 화기 물질의 유무를 확인한다.
  - 기계·기구를 다루는 중에는 타인과 잡담 및 흡연하지 않는다.
  - 기계·기구 동작 시 이상이 발생하면, 즉시 스위치를 끈다.
  - 기계·기구 작업 종료 시는 상태를 점검한다.
  - 기계·기구의 이상 유무를 철저히 점검하고 고장 중인 기계·기구는 "고장", "사용 못 함" 등의 표지를 붙여야 한다.
  - 기계·기구는 항상 잘 손질되어 있어야 하며 청소 혹은 점검, 수리할 때는 반드시 기계·기구를 정지시키고 행하여야 한다.
  - 정전으로 인하여 기계·기구 작동이 중지되었을 때 반드시 "정지"시켰다가 다시 스위치를 넣어 사용해야 한다.

- 작동 중인 기계에 주유하면 위험하므로 금해야 한다.
- 기계를 정지시킬 때 완전히 정지될 때까지는 손대지 말아야 하며 기계의 타력(여력)을 손이나 공구, 기타 물건으로 정지시키려 하지 말아야 한다.
- 회전 물체의 방향 쪽에서는 작업을 금해야 한다.
- 실습 시작 전에 안전 보호장치의 이상 유무를 항상 확인해야 한다.

• 공구 취급 시

- 작업에 적절한 것을 용도에 맞추어 사용해야 한다.
- 사용 전에 점검하고 불안전한 것은 사용치 말아야 한다.
- 신중히 취급하고 사용 중에 파손되면 즉시 교환해야 한다.
- 공구는 항상 일정한 장소에 보관하도록 한다.
- 공구를 가지고 장난치거나 불필요한 행동을 하지 않도록 지도한다.
- 손 또는 공구가 젖어 있을 때는 잘 닦아낸 후 사용해야 한다.

• 페인팅 및 스프레이 작업 시

- 도장작업 시에는 도장복, 마스크 등 보호구를 갖춘 후 작업을 실시한다.
- 페인트 등 인화성 물질이 묻은 옷을 입고 화기 있는 곳에 접근을 지양한다.
- 작업장 주변의 발화성 물질을 제거하고 흡연하지 않는다.
- 전기 스위치 근처에 인화성 물질을 두지 않는다.
- 사용 중인 신나 및 페인트 등은 반드시 철제 보관함 등 안전한 장소에 보관하고 화기엄금 표시와 소화기를 비치한다.
- 스프레이건 작업 시에는 배기장치를 하고 안전보호장구를 착용한다.
- 사용 도료의 인화성, 유독성 등의 성질을 인지해야 한다.
- 위험물 취급요령을 숙지해야 한다.
- 도장작업 후 빈 용기, 기름걸레 등의 모든 작업 자재를 안전하게 청소한다.

[그림 3-1] 비이공계 페인팅 및 스프레이 작업]

나. 분야별 주의해야 할 안전수칙

(1) 미술 분야

- 목공 작업 시
  - 사용 전 반드시 안전관리 책임자에게 지시사항과 허락을 받도록 한다.
  - 목공 기계, 공구(톱, 끌, 대패 등)는 보관장소를 마련하여 관리해야 한다.
  - 날카로운 공구를 사용하고 난 뒤에는 손을 다치지 않도록 날을 헝겊으로 싸서 두도록 한다.
  - 작은 나무를 기계톱으로 자를 때에는 손으로 잡지 말고 목판 같은 보조구를 사용해야 한다.
  - 나무를 자를 때 톱에서 이상한 소리가 나면 즉시 세워야 하며 잘 들지 않는 톱은 사용치 말아야 한다.
  - 나무를 자를 때 자르는 방향으로 서지 말고 옆으로 서야 한다.
  - 기계톱 사용할 때는 보안경과 앞치마를 반드시 착용해야 한다.
  - 불필요한 목재는 크기별로 일정한 장소에 쌓아 두고 화재를 대비하여 소화기를 주변에 비치하여야 한다.
  - 톱밥, 쓰레기, 나무 등은 자주 쓸어내어 화재의 위험을 방지한다.

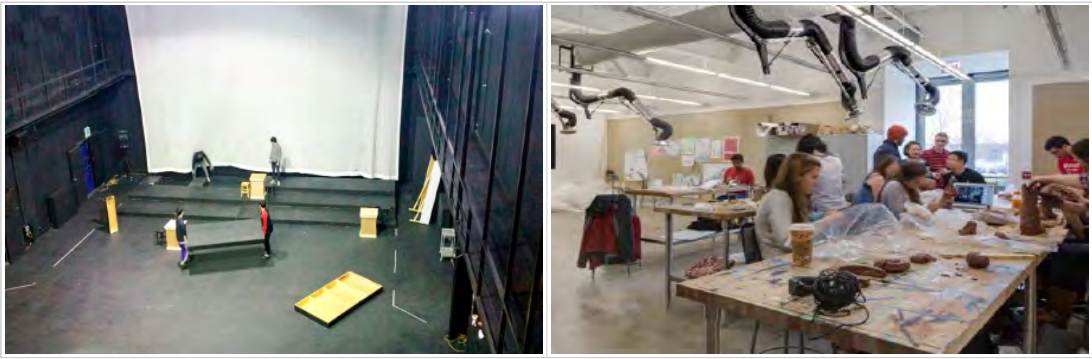
- 용접 및 절단 작업 시
  - 용접 절단 및 화염을 사용하는 작업 시는 언제 어느 곳을 막론하고 소화기를 준비해 놓고 작업에 임해야 한다.
  - 용접 시는 지정된 헬멧과 차광안경을 착용해야 하며 용접 장갑과 용접 앞치마를 착용하고 의복은 구멍이 있거나 유류 등 인화물질이 묻은 것을 착용해서는 안 된다.
  - 밀폐된 장소에서는 환기장치가 충분히 되었는가를 확인하고 용접작업이나 절단 작업을 해야 한다.
  - 가스절단기나 용접기는 사용법을 충분히 숙지하거나 사용법에 익숙한 자만이 취급하도록 한다.
  - 용접 도선의 취급 방법은 접지도선을 용접할 물건에 접촉하고 다른 도선을 전극봉 꼭지에 접촉하는 순서로 해야 한다.
  - 좁고 제한된 공간 속에서 가열된 부분의 열로 화구에 다시 불을 붙이는 것은 위험하므로 외부에서 점화하여 작업을 시작해야 한다.
  - 아세틸렌은 1.3㎏/㎠G 이상의 압력으로 사용해서는 안 된다.
  - 용접기구를 사용하기 전에 조절기와 호스가 단단하게 연결되어 있는가를 항상 확인해야 한다.
  - 수분 이상 작업을 중단할 때는 조절기 내의 가스 압력을 제거해야 한다.
  - 실린더를 수직으로 세워둘 때는 쓰러지지 않도록 묶어두어야 한다.
  - 산소나 아세틸렌 실린더는 전류가 통하고 있는 전선이나 전기기구의 접지선과의 접촉을 방지하기 위하여 주의해야 한다.
  - 아세틸렌 실린더를 저장하거나 사용할 때는 아세틸렌이 새어 나가는 것을 피하기 위해 항상 밸브 끝을 위로 가게 하여 저장하거나 사용한다.

[그림3-2. 비이공계 목공 및 절단 작업]

(2) 공연 분야

- 무대 사용자 준수사항
  - 공연장 내 또는 주변에서는 절대 흡연하지 않는다.
  - 작업시간은 무대 담당자의 안전 여부가 확인된 후에 시작한다.
  - 모든 작업 및 시설물 사용은 안전담당자와 협의, 진행하여야 한다.
  - 무대에 반입, 반출되는 모든 물품은 담당 직원의 사전 허가를 받아야 한다.
  - 안전담당자 외는 각종 기계. 장비에 손을 대지 말아야 한다.
  - 화재/비상시에는 안내방송 및 안내 표지판에 따라 행동하여야 한다.
  - 무대에서는 화약류, 유류, 물, 가스류 등 위험물을 사용할 수 없다.
  - 전기사용 및 설치 시에는 관련 면허소지자가 설치하여야 하며 전기 안전담당자의 입회하에 사용한다.
  - 음주, 흡연, 오락행위(운동 및 도박) 등은 할 수 없다.
  - 무대에서는 껌을 씹거나, 음식물을 먹을 수 없다.
  - 공연이 끝난 후 사용한 장비 및 물품은 원상복구와 무대 장치는 안전담당자 책임하에 수거 및 철수해야 한다.
  - 무대 작업 시 구두 또는 슬리퍼를 신을 수 없다. (운동화를 착용) 파. 최종 퇴실자는 안전 여부를 확인하고 화재에 유의해야 한다.

- 무대 시설 작업 시 안전 수칙
  - 무대 기구를 안전하게 사용하기 위해서는 사용 방법을 주최자와 사전에 합의하고 예비 점검을 하여 안전한지를 확인하는 등 이상 사태에 대비하여 운용해야 한다.
  - 무대 기구의 운전 조작에 있어서는 연출 의도를 이해하고 안전을 확인하여 확실하게 조작한다.



[그림3-3. 비이공계 공연 및 무대 시설 작업]

(3) 체육분야

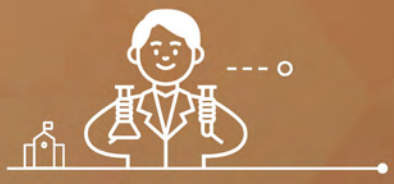
- 체육분야 안전 수칙
  - 매 실습 시 실습실 환경을 확인하고 안전 수칙을 준수하며, 안전사고와 관련된 문제 발견 시 바로 보고 한다.
  - 실습실 내에서 음주 및 흡연하지 않는다.
  - 안전사고와 관련하여 출입구와 대피로를 확인한다.

- 실습실에서는 숙식을 금지한다.
- 실습실에서는 청결 및 정리 정돈을 유지한다.
- 실습 기자재 사용의 제한사항은 반드시 준수한다.
- 각 실습 종목에 맞는 복장을 착용한다.
- 실습 시 귀걸이, 목걸이, 시계 등 액세서리를 착용하지 않도록 한다.
- 실습 전 실습실 최초 입실자는 조명을 점등하고 공기를 환기시킨다.
- 실습 전 준비운동을 충분히 실시한다.
- 실습 중 안전사고 발생 시 실습 담당 교수 및 강사의 지시를 잘 따른다.
- 실습 중 개인의 몸 상태가 아프거나, 힘들 때, 움직임이 제한될 때 담당 교수 및 강사가 자신의 상태를 알려야 한다.
- 실습 후 사용한 실습 기자재 및 교보재는 정리 정돈한다.
- 실습 후 실습실 최종 퇴실자는 내부 조명을 소등 한다.

[그림3-4. 비이공계 체육 및 무용 분야 실습실]

V

부 록



1 실험기구별 사용 시 주의사항

2 개인보호구 선정 및 관리 방법

V

부 록

1 실험기구별 사용 시 주의사항

실험실에서는 핫플레이트, 분젠 버너 등과 같은 다양한 가열 기구들을 사용한다. 안전한 실험을 위해서는 이러한 실험장비들의 특성을 파악하고, 주의 사항을 반드시 지켜야 한다.

1.1 핫플레이트

핫플레이트의 코드 선이 구부러져서 핫플레이트 열판에 닿으면 화재 사고가 발생할 수 있으므로 주의가 필요하다. 핫플레이트는 항상 실험 테이블의 한가운데에 놓아 코드 선이 위험에 노출되지 않게 한다. 핫플레이트는 사용하고 난 후에도 한동안 열이 남아있기 때문에 열이 완전히 식을 때까지 안전한 위치에 놓아둔다.

1.2 분젠 버너

사용 시 유입되는 가스의 공급량이 적은 상태에서 공기의 공급량이 늘어나게 되면 불꽃이 분젠 버너의 원통 안에서 연소할 수 있으므로 특별히 주의해야 한다. 버너를 점화할 때는 의류와 같은 화기성 물질을 주변에 두지 않는다. 또한 머리카락이 불꽃에 닿지 않도록 주의해야 한다.

1.3 가열 맨틀

둥근 플라스크를 가열하거나, 각종 용기 등의 가열과 보온용으로 사용한다. 가열 맨틀은 온도가 천천히 올라가기 때문에 주의를 기울여서 전압을 조정한다.

가열 맨틀에 물이 묻으면 내부의 미세한 열선이 끊어질 수도 있으므로 물이 묻은 가열 맨틀은 충분히 건조한 뒤에 사용한다. 장갑을 끼고 마스크를 쓰고 다룬다.

1.4 분별 깔때기

휘발성이 큰 용매를 사용할 때는 증기가 빠져나갈 수 있도록 분별 깔때기의 뚜껑을 열고 압력을 낮추어 사용한다. 후드 안에서 배출하는 것이 가장 이상적이며, 가연성이 있는 실험장 비나 사람을 향해 배출하지 말아야 한다.

또한, 분별 깔때기를 흔든 다음에는 반드시 콕을 열어서 압력을 낮추어 주고, 분별 깔때기를 수직으로 세워놓을 때는 항상 뚜껑을 열어둔다.

1.5 원심분리기

처음 작동할 때는 원심분리기의 뚜껑을 반드시 닫는다. 원심분리기가 흔들리면 즉시 작동을 멈추고 균형이 맞는지 확인한다. 정기적으로 로터와 버켓을 청소하고, 챔버 내부가 오염되었을 때는 로터를 분리한 후 세척한다. 원심분리기는 강알칼리의 실험실용 세척액, 세슘, 은 등에 의해 부식될 수 있다.

1.6 자외선램프

자외선은 눈이나 피부에 유해하므로 램프가 작동할 때는 직접 쳐다보아서는 안 된다. 자외선을 흡수하는 보안경을 착용한 뒤에 램프를 사용하고, 피부가 자외선에 직접 노출되지 않도록 주의한다.

1.7 가열 수조

가열 수조는 온도에 따라 물, 오일, 모래 등을 사용한다. 온도가 자동으로 조절되는 간접 전기가 열기구는 스위치를 켜고 끌 때 스파크가 생겨 화재의 위험성이 높아지지만, 가열 수조를 사용하면 안정성을 높일 수 있다.

1.8 진공펌프

진공펌프는 용매를 증발시키기 위한 실험에서 증발 수율을 높이기 위해 사용한다. 또한 흡입 및 여과용으로 사용하기도 한다. 진공펌프 안에 유리 조각이나 유기용매 등이 유입되지 않도록 한다. 진공펌프의 기름을 정기적으로 교환하며, 묵은 기름을 완전히 제거한 상태에서 교환한다.

2 개인보호구 선정 및 관리 방법

- 개인보호구는 재해의 방지를 위하여 연구활동종사자가 착용하고, 실험하는 것으로서 위험과 유해에 따라 일어나는 재해를 예방하고, 그 영향이나 부상의 정도를 경감하기 위한 것이다. 따라서 연구활동종사자들에게는 개인의 안전을 보장해 주는 최소한의 도구로서 의미가 있으며, 연구실 출입 및 연구수행 시 반드시 착용해야 한다.

2.1 개인보호구의 안전 수칙

가. 제조업자가 제시한 안전 기준을 따른다.
나. 연구활동 시의 유해 · 위험요인에 알맞은 보호구를 착용한다.
다. 개인보호구는 쉽게 사용할 수 있는 위치에 비치한다.
라. 사용 전 개인보호구의 유통기한을 확인한다.
마. 사용 전 개인보호구의 파손 여부를 확인한다.

2.2. 개인보호구의 구비요건

가. 착용하여 작업하기 쉬워야 한다.
나. 유해·위험물로부터 보호 성능이 충분하여야 한다.
다. 사용되는 재료는 작업자에게 해로운 영향을 주지 않아야 한다.
라. 마무리가 양호하여야 한다.
마. 외관이나 디자인이 양호하여야 한다.

2.3. 개인보호구 관리사항

가. 목적 및 적용 범위를 명시한다.

나. 관리부서를 지정하되 통상적으로 안전환경관리자가 소속되어 있는 부서로 한다.

다. 지급 대상을 정한다. 이때 작업환경 측정 결과는 보호구 지급 대상의 참고자료가 될 수 있다.

라. 지급수량과 지급주기를 정하되 지급 수량은 해당 연구활동종사자의 수에 맞게 지급하여 전용으로 사용하게 하며 지급주기는 연구 특성과 연구환경의 정도, 보호구별 특성에 따라 연구실 실정에 적합하게 정한다.

마. 관리부서는 보호구의 지급 및 교체에 관한 관리대장을 작성하여야 하고 관리대장에는 사용유해·위험 요소도 함께 적으면 좋다.

바. 사용자가 지켜야 할 준수사항을 명시하도록 한다.

사. 취급책임자를 지정하도록 한다.

2.4. 개인보호구의 종류

[개인보호구의 종류와 용도]

종류	용도
눈 및 안면보호구(보안경, 보안면)	눈을 보호하는 것으로 화학약품 취급 시 착용
보호복	피부를 보호하는 것으로 연구실 출입 시나 가스/화학약품 취급 시 착용
보호 장갑	손을 보호하기 위한 것으로 화학약품 취급 시 착용
호흡용 보호구	유독가스, 분진 등으로부터 호흡기를 보호하기 위한 것
방음보호구(귀마개, 귀덮개)	소음 등으로부터 청력을 보호하기 위한 것
안전모 및 안전화	물체의 낙하 등으로부터 머리나 발을 보호하는 것으로 위험한 기계 기구를 취급 시 사용

[개인보호구]

가. 눈 및 안면보호구

1) 차광보안경

- 눈에 해로운 자외선·가시광선·적외선이 발생하는 장소에서 유해 광선으로부터 눈을 보호하기 위한 수단으로 사용되는 것으로 아크용접, 가스용접, 열 절단, 기타 유해 광선이 발생하는 작업에 사용한다.

2) 용접 보안면

- 일반적으로 안면보호구로 분류하고 있으나 구조상 눈을 보호하는 기능도 갖는다. 사용 구분은 아크 및 가스용접, 절단 작업 시에 발생하는 유해 광선으로부터 눈을 보호하고 용접 시 발생하는 열에 의한 얼굴 및 목 부분의 열상이나 가열된 용재 등의 파편에 의한 화상의 위험으로부터 연구활동종사자를 보호하기 위해 사용한다.

3) 일반보안 면

- 용접 보안면과는 달리 면체 전체가 전부 투시 가능한 것으로 주로 일반작업 및 점용접 작업 시에 발생하는 각종 비산물과 유해한 액체로부터 안면, 목 부위를 보호하기 위한 것이다. 또한 유해한 광선으로부터 눈을 보호하기 위해 단독으로 착용하거나 보안경 위에 겹쳐 착용한다.

[보안경의 구비조건]

- 보안경은 모양에 따라 특정한 위험에 대해서 적절한 보호를 할 수 있어야 한다.
- 가볍고 시야가 넓어 착용했을 때 편안해야 한다.
- 보안경은 안경테의 각도와 길이를 조절할 수 있는 것이면 더욱 좋다.
- 견고하게 고정되어 착용자가 움직이더라도 쉽게 벗겨지거나 움직이지 않아야 한다.
- 내구성이 있어야 한다.
- 차광보안경과 보안면은 용접작업의 차광번호에 적합해야 한다.
- 착용자가 시력이 나쁠 경우 시력에 맞는 도수 렌즈를 지급한다.
- 필요시 복합기능을 갖춘 보안경을 지급한다.

[눈 및 안면보호구의 사용 및 관리 방법]

- 차광보안경은 용접, 용단 작업 등에 적합한 차광번호를 선정하여 지급한다.
- 가볍고 시야가 넓어야 한다.
- 착용이 편안하고 내구성이 있어야 한다.
- 측사광 등이 있는 경우 측판이 부착되었거나 고글형을 사용한다.
- 시력이 정상이 아닌 경우 도수 렌즈를 지급한다.
- 사용 중 렌즈에 흠, 더러움, 깨짐이 있는지 점검하여 교체한다.
- 기존 안경이나 안전모에 착용하여 사용할 수 있는 것도 있다.

나. 방음보호구

1) 소음수준 작업내용 개인의 상태에 따라 적합한 보호구를 선정한다.
2) 오염되지 않도록 보관 및 사용하고, 특히 귀마개 착용 시 더러운 손으로 만지거나 이물질이 귀에 들어가지 않도록 주의한다.
3) 귀마개는 불쾌감이나 통증이 적은 재료로 만든 것을 선정, 고무 재질보다는 스펀지 재질이 비교적 좋다.
4) 귀마개는 소모성 재료로 필요하면 누구나 언제든지 교체 사용할 수 있도록 연구실 내에 비치 관리한다.
5) 소음의 정도에 따라 착용해야 할 보호구가 각각 다르므로, 소음수준이 85~115dB일 때는 귀마개 또는 귀덮개, 110~120dB이 넘을 때는 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용한다.
6) 활동이 많은 연구인 경우에는 귀마개, 활동이 적은 경우에는 귀덮개를 착용한다.
7) 중이염 등 귀에 이상이 있을 때는 귀덮개를 착용한다.
8) 귀마개 중 EP-2형은 고음만을 차단하므로 대화가 필요한 작업에 착용한다.
9) 귀마개의 재질이 고무인 것보다는 스펀지가 귀에 통증을 적게 준다.

다. 호흡용 보호구

[호흡용 보호구의 보호 방식과 형태]

분류	공기 정화식		공기 공급식	
종류	수동식	전동식	송기식	공기용식
안면부 등의 형태	전면형, 반면형		전면형, 반면형 페이스실드, 후드	전면형
보호구	방진마스크, 방독마스크	전동팬 부착 방진마스크, 방독마스크	송기 마스크, 산소호흡기	공기호흡기

[방진마스크 사용 및 관리 방법]

- 작업 시 항상 착용토록 하고 사용 전에 배기밸브, 흡기밸브의 기능과 공기누설 여부 등을 점검하여야 한다.
- 안면부를 얼굴에 밀착시켜야 한다.
- 여과재는 건조한 상태에서 사용한다.
- 필터는 수시로 분진을 제거하여 사용하고 필터가 습하거나 흡·배기 저항이 클 때는 교체하여야 한다.
- 알레르기성 습진 발생 시 세안 후 붕산수 도포 하여야 한다.
- 흡기밸브, 배기밸브는 청결하게 유지, 안면부를 손질 시에는 중성세제를 사용한다.
- 용접 흄이나 미스트가 발생하는 장소에서는 분진포집효율이 높은 흄용 방진마스크를 사용하여야 한다.
- 고무 등의 부분은 기름이나 유기용제에 약하므로 접촉을 피하고 자외선에도 약하므로 직사광선을 피해야 한다.

[방독마스크 사용 및 관리 방법]

- 정화통의 파과 시간(정화통 내의 정화제가 제독 능력을 상실하여 유해 가스를 그대로 통과시키기까지의 시간을 말한다)을 준수하여야 한다.
- 대상물질의 농도에 적합한 형식을 선택하여야 한다.
- 유해 물질의 종류, 농도가 불분명한 장소, 작업강도가 매우 큰 작업, 산소결핍의 우려가 있는 장소에는 송기 마스크를 사용하여야 한다.
- 사용 전에 흡·배기 상태, 유효시간, 가스 종류와 농도, 정화통의 적합성 등을 점검하여야 한다.
- 정화통의 유효시간이 불분명 시에는 새로운 정화통으로 교체하여야 한다.
- 정화통은 여유 있게 확보하여야 한다.

[송기 마스크 사용 및 관리 방법]

- 신선한 공기를 공급하여야 한다.
- 폐력흡인형 호스마스크는 안면부내에 음압이 되어 흡기, 배기밸브를 통해 누설되어 유해 물질이 침입할 우려가 있으므로 위험도가 높은 장소에서의 사용을 피한다.
- 수동 송풍기 형은 장시간 작업 시 2명 이상 교대하면서 작업한다.
- 공급되는 공기의 압력을 1.75kg/㎠ 이하로 조절하며, 여러 사람이 동시에 사용할 때는 압력 조절에 유의한다.
- 전동송풍기형 호스마스크는 장시간 사용할 때 여과재의 통기 저항이 증가하므로 여과재를 정기적으로 점검하여 청소 또는 교환해 준다.
- 동력을 이용하여 공기를 공급할 때는 전원이 차단될 것을 대비하여 비상 전원에서 연결하고 제 3자가 손대지 못하도록 표시하여야 한다.
- 공기호흡기 또는 개방식인 경우에는 실린더 내의 공기 잔량을 점검하여 그에 맞게 대처하여야 한다.

라. 보호복 및 보호 장갑

1) 화학용 보호복 사용 시 주의사항은 다음과 같다.

- 보호복 재료는 화학물질의 침투나 투과에 대한 충분한 보호 성능을 갖추어야 한다.
- 연결부위는 재료와 동등한 성능을 보유하도록 접착 등의 방법으로 보호하여야 한다.
- 화학물질에 따른 재료의 보호 성능이 다르므로 해당 작업내용 및 취급물질에 맞는 보호복을 선택하여야 한다.

2) 전기용 안전 장갑 사용 시 주의사항은 다음과 같다.

- 이음매가 없고 균질한 것이어야 한다.
- 사용 시 안전 장갑의 사용범위를 확인하여야 한다.
- 전기용 안전 장갑이 작업 시 쉽게 파손되지 않도록 바깥쪽에 가죽장갑을 착용하여야 한다.
- 사용 전 반드시 공기 테스트를 통하여 점검해야 한다.

- 고무는 열, 빛 등에 의해 쉽게 노화되므로 열 및 직사광선을 피하여 보관하여야 한다.
- 6개월마다 1회씩 규정된 방법으로 절연성능을 점검하고 그 결과를 기록하여야 한다.

마. 안전모와 안전화

1) 안전모의 사용 및 관리 방법은 다음과 같다.

- 작업내용에 적합한 안전모 종류를 지급하고 착용하여야 한다.
- 옥외작업자에게는 흰색의 FRP 또는 PC 수지로 된 것을 지급한다.
- 디자인과 색상이 미려한 것을 지급한다.
- 중량이 가벼운 것을 지급한다.
- 안전모 착용 시 반드시 턱끈을 바르게 하고 위반자에 대한 지도·감독을 철저히 하여야 한다.
- 자신의 머리 크기에 맞도록 머리 고정대를 조절하여야 한다.
- 충격을 받은 안전모나 변형된 것은 폐기하여야 한다.
- 모체에 구멍을 내지 않도록 하여야 한다.
- 착장제는 최소한 1개월에 한 번 60℃의 물에 비누나 세척제를 사용하여 세탁하여야 하며, 합성수지의 안전모는 스팀과 뜨거운 물을 사용해서는 안 된다.
- 모체가 페인트, 기름 등으로 오염된 경우는 유기용제를 사용해야 하지만 강도에 영향이 없어야 한다.
- 플라스틱 등 합성수지는 자외선 등에 의해 균열 및 강도 저하 등 노화가 진행되므로 안전모의 탄성 감소, 색상변화, 균열 발생 시 교체해 주어야 한다. 또한 노화를 방지하기 위하여 보관에 주의해야 한다.

2) 안전화의 사용 및 관리 방법은 다음과 같다.

- 작업내용이나 목적에 적합한 것을 선정하여 지급한다.
- 가볍고, 땀 발산에 효과가 있어야 한다.
- 디자인이나 색상이 좋아야 한다.
- 목이 긴 안전화는 신고 벗는 데 편한 구조여야 한다.
- 바닥이 미끄러운 곳에는 창의 마찰력이 큰 안전화를 사용하여야 한다.
- 우레탄 소재(Pu) 안전화는 고무에 비해 열과 기름에 약하므로 기름을 취급하거나 고열 등 화기 취급 작업장에서는 사용을 피해야 한다.
- 정전화를 신고 충전부에 접촉하지 않아야 한다.
- 끈을 단단히 매고 꺾어 신지 말아야 하며, 발에 맞는 것을 착용하여야 한다.

[안전화의 종류]

종류	기능
가죽제 안전화	물체의 낙하·충격 및 날카로운 것에 대한 찔림 방지
고무제 안전화	기본기능 및 방수, 내화학성
정전화	기본기능 및 정전기의 인체 대전 방지
절연화 및 절연장화	기본기능 및 감전 방지

[참고문헌]

- 대학 실험실 안전환경 구축 가이드(교육부, 교육시설재난공제회, 2015)
- 실험실 안전 실전 가이드(한국화학연구원, 미래창조과학부, 2014)
- 실험실 연구원 직업건강 가이드 라인(안전보건공단, 2016)
- 학교내 무한상상실 안전 매뉴얼(교육부, 한국과학창의재단, 2020)
- 대학 예체능분야 실험·실습실 안전관리 가이드(교육부, 교육시설재난공제회, 2017)
- 연구실 사고대응 매뉴얼(미래창조과학부, 2014)
- 연구실 사고 응급처치 매뉴얼(교육시설재난공제회, 2012)
- 박교식, 연구실 사고분류 체계 개발(한국안전학회지, 제31권 제5호, 2016)
- 실험실에서의 핵심 안전보건 관리(고용노동부, 안전보건공단, 2015-교육미디어-764, 781)
- 실험실 안전(안전보건공단, 2012-교육미디어-977)
- 실험실연구원 직업건강가이드(고용노동부, 안전보건공단, 2016-직업건강-737)
- 화학물질 보관 및 폐기(국가연구안전관리본부 표준교안)
- 연구실 안전 표준교재 화학안전(과학기술정보통신부, 국가연구안전관리본부, 2014)
- 연구실 유형별 안전수칙(고려대학교)

대학 실험·실습실 사고 통계 및 예방 가이드

2021년 12월 17일 인쇄
2021년 12월 17일 발간

발간인 한국교육시설안전원 이사장

발간처 한국교육시설안전원 안전지원센터
서울특별시 영등포구 국회대로62길 25
전화 : 02-781-0100(代)

검 토 이근원 교수(아주대학교)
서진환 교수(서울과학기술대학교)
황 원 책임기술원(한국과학기술원)

홈페이지 http://www.koies.or.kr

사전 승인 없이 보고서 내용의 무단복제를 금함.

간행물발간번호 2021-교육-안전지원센터-04