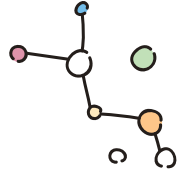




연구실안전 특화 국가전문자격

연구실안전관리사 학습가이드



가 목적

- 본 학습가이드는 연구실안전관리사가 되고자 하는 자 또는 관련 직무 내용을 알고자 할 때 참고할 수 있는 자료를 제공하는 데에 그 목적이 있습니다.

나 주요내용

- 본 학습가이드는 연구실안전관리사의 지식 및 소양을 갖추 수 있도록 자격시험 학습에 도움을 주기 위한 내용으로 구성되었습니다.
- 연구실 안전관리 법령을 비롯하여 화학·가스, 기계·물리, 생물, 전기·소방 등 연구실 안전관리를 위해 필요한 일반 개념, 이론 및 안전기준 등을 담았으며 학습 시 참고자료로 활용 할 수 있도록 작성되었습니다.
- 주요과목은 「연구실안전법 시행령」 별표11에 따른 ‘연구실안전관리사 시험 과목 및 범위’를 참고하여 작성 되었습니다.

연구실안전관리사 시험 과목 및 범위

구분	시험과목	시험범위
제1차 시험	연구실 안전 관련 법령	• 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」등 안전 관련 법령
	연구실 안전관리 이론 및 체계	• 연구활동 및 연구실 안전의 특성 이해 • 연구실 안전관리 시스템 구축·이행 역량 • 연구실 유해·위험 요인 파악과 사전유해인자위험분석 방법 • 연구실 안전교육 • 연구실사고 대응 및 관리
	연구실 화학·가스 안전관리	• 화학·가스 안전관리 일반 • 연구실 내 화학물질 관련 폐기물 안전관리 • 연구실 내 화학물질 누출 및 폭발 방지 대책 • 화학 시설(설비) 설치·운영 및 관리
	연구실 기계·물리 안전관리	• 기계 안전관리 일반 • 연구실 내 위험기계·기구 및 연구장비 안전관리 • 연구실 내 레이저, 방사선 등 물리적 위험요인에 대한 안전관리
	연구실 생물 안전관리	• 생물(유전자변형생물체 포함) 안전관리 일반 • 연구실 내 생물체 관련 폐기물 안전관리 • 연구실 내 생물체 누출 및 감염 방지 대책 • 생물 시설(설비) 설치·운영 및 관리
	연구실 전기·소방 안전관리	• 전기 및 소방 안전관리 일반 • 연구실 내 화재, 감전, 정전기 예방 및 방폭·소화 대책 • 전기·소방 시설(설비) 설치·운영 및 관리
	연구활동종사자 보건·위생 관리 및 인간공학적인 안전관리	• 보건·위생 관리와 인간공학적인 안전관리 일반 • 연구활동종사자 질환 및 휴먼에러(Human error) 예방·관리 • 안전 보호구 및 연구환경 관리 • 환기 시설(설비) 설치·운영 및 관리

구분	시험과목	시험범위
제2차 시험	연구실 안전관리 실무	<ul style="list-style-type: none"> 연구실 안전 관련 법령, 연구실 화학·가스 안전관리, 연구실 기계·물리 안전관리, 연구실 생물 안전관리, 연구실 전기·소방 안전관리, 연구활동종사자 보건·위생 관리에 관한 사항

다 이용시 유의사항

- 본 학습가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료이며, 학습가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있으므로 연구실 안전교육 표준교재 외 다양한 교재들을 참고하시어 학습하여 주시기 바랍니다.
- 본 학습가이드는 발간시점에 개정이 완료된 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 및 동법 시행령, 시행규칙 및 관련 고시를 기반으로 작성된 것으로 법령 개정 현황에 따라 그 내용이 변경될 수 있습니다.
- 아울러, 본 학습 가이드 상에는 안내·설명되지 않았으나 연구실 안전과 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 유의하여 주시기 바랍니다.
- 본 학습가이드의 분량은 자격시험 출제 분량과 일치하지 않습니다. 즉, 학습가이드에서 많은 분량을 차지하고 있다고 해서 시험에서 많은 문항이 출제되는 것이 아니므로 유의하여 주시기 바랍니다.

라 저작권

- 본 학습가이드는 과학기술정보통신부의 연구실안전환경구축사업에 따라 한국생명공학연구원 국가연구안전관리 본부의 위탁과제를 통해 **한국생산성본부(KPC)에서 발간하였습니다.** 학습가이드에 대한 소유권은 발간기관에 있으며, 무단으로 전재·복재하거나 상업적인 목적으로 사용하는 것을 금합니다.

마 정정신고

- 본 학습가이드를 이용하면서 다음과 같이 수정이 필요한 사항이 발견된 경우에는 연구실안전관리사 홈페이지 (safelab.kpc.or.kr)의 공지사항을 참고하여 신고하여 주시기 바랍니다.
 - 연구실안전법 등 관련 규정의 개정으로 내용 수정이 필요한 경우
 - 기술된 내용이 보편타당하지 않거나, 객관적 사실과 다른 경우
 - 오타자 및 앞뒤 문맥이 맞지 않아 내용과 의미 전달이 곤란한 경우

※ 주의: 본 학습가이드 내용에는 오류, 누락 및 관련 규정 미반영 사항 등이 있을 수 있으므로 의심이 가는 부분은 반드시 정확성 여부를 확인하시기 바랍니다.

contents

연구실안전 특화 국가전문자격

연구실안전관리사 학습가이드

PART 1

연구실 안전관련 법령 6

연구실 안전환경 조성에 관한 법률 및 유관법령	7
------------------------------	---

PART 2

연구실 안전관리 이론 및 체계 84

연구활동 및 연구실안전의 특성 이해	85
연구실 안전관리 시스템 구축·이행 역량	102
연구실 유해·위험요인 파악 및 사전유해인자위험 분석 방법	117
연구실 안전교육	140
연구실사고 대응 및 관리	148

PART 3

연구실 화학·가스 안전관리 172

화학·가스 안전관리 일반	173
연구실 내 화학물질 관련 폐기물 안전관리	197
연구실 내 화학물질 누출 및 폭발 방지 대책	207
화학 시설(설비) 설치·운영 및 관리	241

PART 4

연구실 기계·물리 안전관리 246

기계 안전관리 일반	247
연구실 내 위험기계·기구 및 연구장비 안전관리	259
연구실 내 레이저, 방사선 등 물리적 위험요인에 대한 안전관리	280

PART 6

연구실 전기·소방 안전관리 364

소방 및 전기 안전관리 일반	365
연구실 내 화재, 감전, 정전기 예방 및 방폭·소화 대책	389
소방, 전기 시설(설비) 설치·운영 및 관리	397

PART 5

연구실 생물안전관리 288

생물(LMO 포함) 안전관리 일반	289
생물시설(설비) 설치·운영 및 관리	325
연구실 내 생물체 관련 폐기물 안전관리	333
연구실 내 생물체 누출 및 감염 방지 대책	348

PART 7

연구활동종사자 보건·위생관리 및 인간공학적 안전관리 406

보건·위생관리 및 인간공학적 안전관리 일반	407
연구활동종사자 질환 및 인적과실(Human error) 예방·관리	426
안전 보호구 및 연구환경 관리	441
환기 시설(설비) 설치·운영 및 관리	461

2022 연구실안전관리사 예시문항 483



연구실안전관련 법령

PART

1



1.1.

연구실 안전환경 조성에 관한 법률 및 유관법령

1.1.1. 법에 관한 사항

1.1.2. 시행령에 관한 사항

1.1.3. 시행규칙에 관한 사항

1.1.4. 관련고시 및 유관법령에 관한 사항



1.1.1. 법에 관한 사항

KEYWORD 연구실 안전환경 조성에 관한 법률, 연구실 안전환경 기반 조성, 연구실안전심의위원회, 연구실책임자, 연구실안전환경관리자, 연구실안전관리위원회, 안전관리규정, 안전점검, 정밀안전진단, 연구실사고, 사전유해 인자위험분석, 건강검진, 연구실사고, 연구실안전관리사, 안전관리우수연구실 인증제

개요 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」의 주요 내용을 정확히 이해하고 파악한다.

1 학습내용

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」의 주요 내용

목적

- 연구실안전법 제1조 목적 조항(대학 및 연구기관 등에 설치된 과학기술분야 연구실의 안전을 확보하고, 연구실사고로 인한 피해를 적절하게 보상하여 연구활동종사자의 건강과 생명을 보호하며, 안전한 연구환경을 조성하여 연구활동 활성화에 기여함)
- 특히 2020년 법률 전부개정(제17350호)을 통해 연구활동종사자의 건강과 생명 보호의 중요성이 강조

법령체계 및 연혁

- 법 제정 배경
 - 이공계대학 연구실에서 안전사고가 빈발하는 등 연구활동종사자들이 열악한 연구환경에서 연구활동을 수행하고 있는바, 일반 산업현장과 상이한 위험에 노출되어 있는 과학기술관련 연구실의 특성에 맞는 안전관리 체계를 수립하는 동시에 산업재해로 인정받지 못하거나 충분한 보상을 받을 수 없는 연구실 사고 피해에 대한 보상방법을 마련함으로써 국가관리 차원에서 안전한 연구실 실험환경의 조성을 위한 법적·제도적 토대를 세우기 위함.
- 법률 체계

구분	제정	법률명
법률	국회	연구실 안전환경 조성에 관한 법률(제8장 제46조로 구성)
시행령	대통령	연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령
시행규칙	과학기술정보통신부	연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙

구분	제정	법률명
행정규칙 (고시, 훈령, 예규 등)	고시	<ul style="list-style-type: none"> • 연구실사고에 대한 보상기준 • 연구실 안전 및 유지관리비의 사용내역서 작성에 관한 세부기준 • 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침 • 안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정 • 연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침 • 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 실태조사 등의 검토기준 및 절차 등에 관한 고시 • 연구실 안전환경 조성 관련 위탁업무 수행기관 지정 • 연구실 설치운영에 관한 기준
	훈령	<ul style="list-style-type: none"> • 연구실 사고조사반 구성 및 운영규정 • 연구실안전심의위원회 운영규정

• 법률 연혁

- 연구실에서 중대재해가 지속 발생함에 따라 열린우리당의 이상민 의원 등 22명의 국회의원이 공동으로 연구실 안전환경 조성에 관한 법률을 발의하였다. 2005년 3월 2일 법률(안)을 심의 의결함으로써 연구자 보호를 할 수 있는 법률적 제도적 기반을 마련하게 되었으며, 2006년 4월 1일 시행하여 연구자들이 안심하고 연구할 수 있는 환경을 지속적으로 구축해나가고 있다.

일시	개정연혁	주요내용
2005.3.31 (시행 2006.4.1)	법률 제7425호 제정	연구실안전법 제정
2008.2.29 (시행 2008.2.29)	제1차 (타)일부개정 법률 제8852호	정부조직법 개정에 따라 “과학기술부”를 “교육과학기술부”로 개정
2010.3.17 (시행 2010.3.17)	제2차 일부개정 법률 제10088호	법률 제24조(양벌규정)에서 법인 또는 개인이 해당업무에 관하여 관리감독상의 주의 의무를 다한 경우에는 처벌하지 아니함으로써 책임주의 원칙이 관철되도록 하였음
2011.3.9 (시행 2011.6.10)	제3차 (타)일부개정 법률 제10445호	법률 제2조제1호마목 중 “기술개발촉진법 제7조제1항제2호의 규정”을 “기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한법률」 제14조제1항제2호”로 개정
2011.3.9 (시행 2011.9.10)	제4차 일부개정 법률 제10446호	<ul style="list-style-type: none"> • 연구실사고와 중대연구실사고의 정의 신설(법률 제2조제1호) • 연구실 안전관리 실태조사 신설(법률 제4조제3항) • 연구실 안전환경관리자 지정 신설(법률 제6조의2) • 연구실 사고보고 신설(법률 제15조의2) • 대학 연구기관 등의 지원 조항 신설(법률 제18조의2) 등

일시	개정연혁	주요내용
2011.7.21 (시행 2011.10.22)	제5차 일부개정 법률 제10874호	중한 결과가 발생한 위반행위를 한 자에게 과태료와 형벌을 중복적으로 부과하는 것은 동일한 위반행위에 대한 중복평가로 헌법상 이중처벌금지의 기본정신에 배치되므로 동일한 행위에 과태료와 형벌을 중복하여 부과되지 아니하도록 법률 제25조(과태료)를 개정하여 법률 제22조에 따라 이미 벌칙을 부과 받은 경우 과태료 부과대상에서 제외하도록 함
2013.3.23 (시행 2013.3.23)	제6차 일부개정 법률 제11690호	정부조직법 개정에 따라 “교육과학기술부”를 “미래창조과학부”로 개정
2014.12.30 (시행 2015.7.1)	제7차 일부개정 법률 제12873호	<ul style="list-style-type: none"> • 기능대학 추가(법률 제2조제1호) • 연구실 정의 명확화(법률 제2조제2호) • 용어의 정의 추가(법률 제2조제3호의2부터 제3호의4까지, 제9호 및 제10호 신설) • 정부의 책무 항목 추가(법률 제4조) • 연구실안전심의위원회 설치 신설(법률 제4조의3) • 연구실안전관리의 정보화 신설(법률 제4조의4) • 연구주체의 장의 책임(법률 제5조) • 연구실책임자의 지정·운영 신설(법률 제5조의2) • 안전관리규정에 포함되는 항목 추가(법률 제6조) • 안전관리 우수연구실 인증 신설(법률 제6조의3) • 안전점검 및 정밀안전진단 지침에 유해·위험물질에 관한 사항 포함 (법률 제7조제1항) • 안전점검 및 정밀안전진단 대행기관의 등록 신설 (법률 제10조의2) • 사고 발생 시 공표의무 부과(법률 제15조의2) • 권역별연구안전지원센터의 지정·운영 신설(법률 제18조의3) • 보험 관련 자료의 제출 신설(법률 제19조의2) • 과태료 항목 추가(법률 제25조)
2016.3.22. (시행 2016.9.23)	제8차 (타)일부개정 법률 제14079호	기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 일부개정
2017.7.26. (시행 2017.7.26)	제9차 (타)일부개정 법률 제14839호	정부조직법 개정에 따라 “미래창조과학부”를 “과학기술정보통신부”로 개정
2018.4.7. (시행 2018.10.18)	제10차 일부개정 법률 제15563호	연구실안전환경관리자 대리자 지정, 미지정 시 과태료 부과항 마련

일시	개정연혁	주요내용
2020.6.9. (시행 2020.12.10) (연구실안전관리사 관련, 시행 2022.6.10)	제11차 전부개정 법률 제17350호	<ul style="list-style-type: none"> • 법·구조 체계 정비 • 연구활동종사자 건강 보호의 중요성을 감안하여 목적 규정 정비(제1조) • ‘연구활동’ 및 ‘연구실안전관리사’에 대한 정의 신설 및 법 대상 정비(제2조) • 국가의 책무에 ‘안전문화의 확산’ 등 추가(제4조) • 연구실 안전정보 공표제도 도입(제8조) • 보호구 비치 및 착용 지도 등 연구실책임자 책무 강화(제9조) • 연구실안전환경관리사 및 대리자 선임기준 개선(제10조) • 연구실안전관리위원회의 구성·운영 의무화(제11조) • 점검·진단 대행기관에 대한 행정처분 기준 개선 및 기술인력 교육 의무화(제17조) • 건강검진 실시결과에 따라 임시건강검진 등 안전조치 이행 근거 마련(제21조) • 안전조치 내용 구체화 및 긴급 조치를 취한 연구활동종사자 보호규정 마련(제25조) • 연구실 안전관리 전문인력 육성을 위한 전문자격 제도 마련(제34조부터 제38조까지)
2021.8.10. (시행 2022.1.1).	제12차 일부개정 법률 제18374호	<ul style="list-style-type: none"> • 보험 보상금액 부족분에 대한 연구주체의 장의 치료비 지원기준 마련(제26조제3항)
2021.8.17. (시행 2022.2.18).	제13차 (타)일부개정 법률 제18425호	<ul style="list-style-type: none"> • 근로자직업능력 개발법 개정에 따라 “근로자직업능력 개발법”을 “국민 평생 직업능력 개발법”으로 개정

정의(제2조)

- 대학·연구기관등에 포함되는 구체적인 기관의 범위
 - 가. 「고등교육법」 제2조에 따른 대학·산업대학·교육대학·전문대학·방송대학·통신대학·방송통신대학·사이버대학 및 기술대학, 같은 법 제29조에 따른 대학원, 같은 법 제30조에 따른 대학원대학, 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제33조에 따른 대학원대학, 「국민 평생 직업능력 개발법」 제39조에 따른 기능대학, 「한국과학기술원법」에 따른 한국과학기술원, 「광주과학기술원법」에 따른 광주과학기술원, 「대구경북과학기술원법」에 따른 대구경북과학기술원 및 「울산과학기술원법」에 따른 울산과학기술원
 - 나. 국·공립연구기관
 - 다. 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」의 적용을 받는 연구기관
 - 라. 「특정연구기관 육성법」의 적용을 받는 특정연구기관
 - 마. 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조제1항제2호에 따른 기업부설연구소 및 연구개발전담부서
 - 바. 「민법」 또는 다른 법률에 따라 설립된 과학기술분야의 법인인 연구기관

- 연구실 및 연구활동 개념이 포괄하는 범주
 - 연구실 : 대학·연구기관등이 연구활동을 위하여 시설·장비·연구재료 등을 갖추어 설치한 실험실·실습실·실험준비실
 - 연구활동 : 과학기술분야의 지식을 축적하거나 새로운 적용방법을 찾아내기 위하여 축적된 지식을 활용하는 체계적이고 창조적인 활동(실험·실습 등을 포함한다)
- 연구주체의 장, 연구실안전환경관리자, 연구실책임자, 연구실안전관리담당자, 연구활동종사자, 연구실안전관리사 등 관련 주체의 구별
 - 연구주체의 장 : 대학·연구기관등의 대표자 또는 해당 연구실의 소유자
 - 연구실안전환경관리자 : 각 대학·연구기관등에서 연구실 안전과 관련한 기술적인 사항에 대하여 연구주체의 장을 보좌하고 연구실책임자 등 연구활동종사자에게 조언·지도하는 업무를 수행하는 사람
 - 연구실책임자 : 연구실 소속 연구활동종사자를 직접 지도·관리·감독하는 연구활동종사자
 - 연구실안전관리담당자 : 각 연구실에서 안전관리 및 연구실사고 예방 업무를 수행하는 연구활동종사자
 - 연구활동종사자 : 연구활동에 종사하는 사람으로서 각 대학·연구기관 등에 소속된 연구원·대학생·대학원생 및 연구보조원 등을 말함
 - 연구실안전관리사 : 연구실안전관리사 자격시험에 합격하여 자격증을 발급받은 사람
- 안전점검과 정밀안전진단의 개념 정의와 양자간의 차이
 - 안전점검 : 연구실 안전관리에 관한 경험과 기술을 갖춘 자가 육안 또는 점검기구 등을 활용하여 연구실에 내재된 유해인자를 조사하는 행위
 - 정밀안전진단 : 연구실사고를 예방하기 위하여 잠재적 위험성의 발견과 그 개선대책의 수립을 목적으로 실시하는 조사·평가를 말한다.
- 연구실사고와 중대연구실사고의 개념 정의와 양자간의 차이
 - 연구실사고 : 연구실에서 연구활동과 관련하여 연구활동종사자가 부상·질병·신체장해·사망 등 생명 및 신체상의 손해를 입거나 연구실의 시설·장비 등이 훼손되는 것
 - 중대연구실 사고 : 연구실사고 중 손해 또는 훼손의 정도가 심한 사고로서 사망사고 등 과학기술정보통신부령으로 정하는 사고
- 유해인자의 개념 정의
 - 유해인자 : 화학적·물리적·생물학적 위험요인 등 연구실사고를 발생시키거나 연구활동종사자의 건강을 저해할 가능성이 있는 인자

적용범위(제3조)

- 연구실안전법이 원칙적으로 적용되는 연구실의 범위
- 연구실안전법이 예외적으로 적용되지 않는 연구실의 범위(구체적 내용은 대통령령 참조)

책무

- 국가가 수행해야 할 시책 사항의 구체적 내용(법 제4조제1항부터 제4항까지의 규정)과 교육부장관이 수행하여야 하는 의무(법 제4조제5항)를 구별하여 파악
- 국가의 책무와 구별하여 연구주체의 장이 수행하여야 하는 책무사항(법 제5조제1항부터 제5조제3항까지의 규정), 연구실책임자 및 연구활동종사자가 부담하는 책무(법 제5조제4항 및 제5항)를 각각 구별하여 파악

기본계획(제6조)

- 연구실 안전환경 조성 기본계획의 수립주체, 수립주기 체크
- 기본계획의 수립 및 변경에 있어서 연구실안전심의위원회의 심의를 거쳐 확정
- 기본계획에 필수적으로 포함되어야 할 사항 확인
 1. 연구실 안전환경 조성을 위한 발전목표 및 정책의 기본방향
 2. 연구실 안전관리 기술 고도화 및 연구실사고 예방을 위한 연구개발
 3. 연구실 유형별 안전관리 표준화 모델 개발
 4. 연구실 안전교육 교재의 개발·보급 및 안전교육 실시
 5. 연구실 안전관리의 정보화 추진
 6. 안전관리 우수연구실 인증제 운영
 7. 연구실의 안전환경 조성 및 개선을 위한 사업 추진
 8. 연구안전 지원체계 구축·개선
 9. 연구활동종사자의 안전 및 건강 증진
 10. 그 밖에 연구실사고 예방 및 안전환경 조성에 관한 중요사항

연구실안전심의위원회(제7조)

- 연구실안전심의위원회를 설치·운영하는 주체는 과학기술정보통신부장관
- 연구실안전심의위원회의 심의 사항 확인
 1. 기본계획 수립·시행에 관한 사항
 2. 연구실 안전환경 조성에 관한 주요정책의 총괄·조정에 관한 사항
 3. 연구실사고 예방 및 대응에 관한 사항
 4. 연구실 안전점검 및 정밀안전진단 지침에 관한 사항
 5. 그 밖에 연구실 안전환경 조성에 관하여 위원장이 회의에 부치는 사항
- 연구실안전심의위원회의 구성 위원 수 / 위원장(과학기술정보통신부차관) 및 위원의 구성에 관한 사항

연구실 안전관리의 정보화(제8조)

- 연구실안전정보의 개념 / 연구실안전정보의 수집 목적(연구실 안전환경 조성 및 연구실사고 예방)
- 연구실안전정보시스템의 구축 및 운영 주체 : 과학기술정보통신부장관
- 연구실안전정보시스템의 운영 주체 : 법 제30조에 따라 지정된 권역별연구안전지원센터
- 연구실안전정보시스템은 「재난 및 안전관리 기본법」 제66조의9제2항에 따른 안전정보통합관리시스템과 연계하여 운영하여야 함
- 과학기술정보통신부장관은 연구실안전정보시스템 구축을 위하여 관계 중앙행정기관의 장 및 연구주체의 장에게 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있음
- 과학기술정보통신부장관은 연구실안전정보시스템을 통하여 대학·연구기관등의 연구실안전정보를 매년 1회 이상 공표할 수 있음

연구실책임자 지정·운영(제9조)

- 연구실책임자의 지정 권한은 연구주체의 장에게 있음
- 연구실책임자는 연구실사고예방 및 연구활동종사자의 안전을 도모함
- 연구실책임자는 해당 연구실의 안전관리 업무를 효율적으로 수행하기 위하여 연구실안전관리담당자를 지정할 수 있으며 이 경우 연구실안전관리담당자는 해당 연구실의 연구활동종사자로 함
- 연구실책임자의 의무 사항(연구활동종사자를 대상으로 한 연구실 유해인자 교육 실시 의무 / 연구실에 연구활동에 적합한 보호구를 비치하고 연구활동종사자로 하여금 이를 착용하게 하여야 할 의무)

연구실안전환경관리자의 지정(제10조)

- 연구주체의 장이 연구실안전환경관리자를 지정할 때의 기준 체크(법 제10조제1항 각 호)
- 대학·연구기관등의 분교 또는 분원이 있는 경우 연구실안전환경관리자 별도 지정에 대한 규정(별도 지정에 대한 예외 요건 확인 필요)
- 연구실안전환경관리자의 자격 요건(법 제10조제3항)
- 연구실안전환경관리자의 직무 대행 사유(법 제10조제4항) 및 직무대행 기간 제한(제10조제5항)

연구실안전관리위원회(제11조)

- 연구실안전관리위원회의 구성·운영 주체 : 연구주체의 장
- 연구실안전관리위원회에서 협의하여야 할 사항(법 제11조제2항 각 호)

- 연구실안전관리위원회를 구성할 경우에는 해당 대학·연구기관등의 연구활동종사자가 전체 연구실안전관리위원회 위원의 2분의 1 이상이어야 함
- 연구주체의 장은 정당한 활동을 수행한 연구실안전관리위원회 위원에 대하여 불이익한 처우를 하는 것이 금지됨

안전관리규정(제12조)

- 연구주체의 장은 연구실의 안전관리를 위하여 안전관리규정을 작성하여 각 연구실에 게시 또는 비치하고, 이를 연구활동종사자에게 알려야 할 의무가 있음
- 안전관리규정에 포함되어야 할 사항(법 제12조제1항 각 호)
- 연구주체의 장과 연구활동종사자는 안전관리규정을 성실히 준수하여야 함
- 안전관리규정을 작성하여야 할 연구실의 종류·규모는 과학기술정보통신부령으로 정하도록 위임

안전점검 및 정밀안전진단 지침

- 과학기술정보통신부장관은 대통령령으로 정하는 기준에 따라 연구실의 안전점검 및 정밀안전진단의 실시내용·방법·절차 등에 관한 안전점검지침 및 정밀안전진단지침을 작성하여 이를 관보에 고시하여야 함(법 제13조 제1항)
- 정밀안전진단지침에 포함되어야 할 사항(법 제13조제1항 각 호)
- 과학기술정보통신부장관은 지침을 작성하는 경우 관계 중앙행정기관의 장과 사전협의를 해야 함
- 연구주체의 장은 연구실의 안전관리를 위하여 안전점검지침에 따라 소관 연구실에 대하여 안전점검을 실시하여야 함(법 제14조제1항)
- 연구주체의 장은 안전점검을 실시하는 경우 법 제17조에 따라 등록된 대행기관으로 하여금 이를 대행하게 할 수 있음(법 제14조제2항)
- 연구주체의 장이 정밀안전진단지침에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 하는 경우(법 제15조제1항 각 호)
- 연구주체의 장은 유해인자를 취급하는 등 위험한 작업을 수행하는 연구실에 대하여 정기적으로 정밀안전진단을 실시하여야 함(법 제15조제2항)
- 연구주체의 장은 정밀안전진단을 실시하는 경우 법 제17조에 따라 등록된 대행기관으로 하여금 대행하게 할 수 있음(법 제15조제3항)
- 연구주체의 장은 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 경우 그 결과를 지체 없이 공표하여야 함
- 연구주체의 장은 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 결과 연구실에 유해인자가 누출되는 등 대통령령으로 정하는 중대한 결함이 있는 경우에는 그 결함이 있음을 안 날부터 7일 이내에 과학기술정보통신부장관에게 보고하여야 함(법 제16조)
- 과학기술정보통신부장관이 보고받은 이후의 후속조치 사항(법 제16조제3항 및 제4항)

- 안전점검 및 정밀안전진단을 대행하려는 사람은 과학기술정보통신부장관에게 등록하여야 함(법 제17조제1항)
- 안전점검 및 정밀안전진단 대행기관(이하 “대행기관”)은 등록한 사항을 변경하고자 할 경우 과학기술정보통신부장관에게 변경등록을 하여야 함(법 제17조제2항)
- 과학기술정보통신부장관이 대행기관으로 등록한 자에 대하여 등록취소/업무정지/시정명령을 하는 사유(법 제17조제4항 각 호)
- 과학기술정보통신부장관은 대행기관의 등록을 취소하려면 청문을 하여야 함(법 제17조제5항)
- 과학기술정보통신부장관은 대행기관에 대하여 필요한 자료의 제출을 명하거나, 관계 공무원(법 제41조제2항에 따라 위탁받은 업무에 종사하는 기관의 임직원을 포함)으로 하여금 관련 서류나 장비를 조사하게 할 수 있음(법 제17조제6항)
- 대행기관을 운영하는 사람은 등록된 기술인력에 대하여 교육을 받도록 하여야 함(법 제17조제7항)
- 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전점검지침 및 정밀안전진단지침에 따라 성실하게 그 업무를 수행하여야 할 의무가 있음(법 제18조)

사전유해인자위험분석(제19조)

- 사전유해인자위험분석의 의미 : 연구활동 시작 전에 유해인자를 미리 분석하는 것
- 사전유해인자위험분석의 실시 주체 : 연구실책임자
- 연구실책임자는 사전유해인자위험분석 결과를 연구주체의 장에게 보고하여야 함

교육·훈련(제20조)

- 연구주체의 장은 연구실의 안전관리에 관한 정보를 연구활동종사자에게 제공하여야 함
- 연구주체의 장은 연구활동종사자에 대하여 연구실사고 예방 및 대응에 필요한 교육·훈련을 실시하여야 함
- 지정된 연구실안전환경관리자는 연구실 안전에 관한 전문교육을 받아야 함(법 제20조제3항)
- 연구주체의 장은 지정된 연구실안전환경관리자가 전문교육을 이수하도록 하여야 함(법 제20조제4항)

건강검진(제21조)

- 연구주체의 장은 유해인자에 노출될 위험성이 있는 연구활동종사자에 대하여 정기적으로 건강검진을 실시하여야 함
- 과학기술정보통신부장관은 연구활동종사자의 건강을 보호하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 연구주체의 장에게 특정 연구활동종사자에 대한 임시건강검진의 실시나 연구장소의 변경, 연구시간의 단축 등 필요한 조치를 명할 수 있음
- 연구활동종사자는 건강검진 및 임시건강검진 등을 받아야 함(법 제21조제3항)

- 연구주체의 장은 건강검진 및 임신건강검진 결과를 연구활동종사자의 건강 보호 외의 목적으로 사용하는 것이 금지됨(법 제21조제4항)
- 건강검진·임신건강검진의 대상, 실시기준, 검진 항목 및 예외 사유는 과학기술정보통신부령으로 정함

비용의 부담(제22조)

- 안전점검 및 정밀안전진단에 소요되는 비용은 해당 대학·연구기관등이 부담(법 제22조제1항)
- 연구주체의 장은 대통령령으로 정하는 바에 따라 매년 소관 연구실에 필요한 안전 관련 예산을 배정·집행하여야 함
- 연구주체의 장은 연구과제 수행을 위한 연구비를 책정할 때 일정 비율 이상을 안전 관련 예산에 배정하여야 함
- 연구주체의 장은 안전 관련 예산을 다른 목적으로 사용해서는 아니됨(법 제22조제4항)
- 안전 관련 예산의 배정비율은 과학기술정보통신부령으로 정함(법 제22조제5항)

연구실사고 보고 및 조사의 실시(제23조, 제24조)

- 연구주체의 장은 연구실사고가 발생한 경우에는 과학기술정보통신부령으로 정하는 절차 및 방법에 따라 과학기술정보통신부장관에게 보고하고 이를 공표하여야 함
- 과학기술정보통신부장관은 연구실사고가 발생한 경우 그 재발 방지를 위하여 연구주체의 장에게 관련 자료의 제출을 요청할 수 있음
- 과학기술정보통신부장관은 제출받은 자료를 검토한 결과 추가 조사가 필요하다고 인정되는 경우에는 연구실사고가 발생한 연구실에 대하여 대통령령으로 정하는 절차 및 방법에 따라 관련 전문가에게 경위 및 원인 등을 조사하게 할 수 있음
- 과학기술정보통신부장관은 제출된 자료와 조사 결과에 관한 기록을 유지·관리하여야 할 의무가 있음

연구실 사용제한(제25조)

- 연구주체의 장은 안전점검 및 정밀안전진단의 실시 결과 또는 연구실사고 조사 결과에 따라 연구활동종사자 또는 공중의 안전을 위하여 긴급한 조치가 필요하다고 판단되는 경우 연구실 사용제한 등의 조치를 하나 이상 취하여야 함(법 제25조제1항)
- 연구주체의 장이 하나 이상 취하여야 하는 연구실 사용제한 등 개별 조치의 세부 내용(법 제25조제1항 각 호)
- 연구활동종사자가 직접 법 제25조제1항에 따른 조치를 취할 수 있는 경우 및 사후 보고의무(법 제25조제2항)
- 연구주체의 장은 직접 조치를 취한 연구활동종사자에 대하여 그 조치의 결과를 이유로 신분상 또는 경제상의 불이익을 주어서는 아니 됨(법 제25조제3항)
- 조치가 있는 경우 연구주체의 장은 그 사실을 과학기술정보통신부장관에게 즉시 보고하여야 하며 이 경우 과학기술정보통신부장관은 이를 공고하여야 함(법 제25조제4항)

보험가입 등(제26조, 제27조)

- 연구주체의 장은 대통령령으로 정하는 기준에 따라 연구활동종사자의 상해·사망에 대비하여 연구활동종사자를 피보험자 및 수익자로 하는 보험에 가입하여야 함(법 제26조제1항)
- 연구주체의 장은 보험에 가입하는 경우 매년 대통령령으로 정하는 기준에 따라 보험가입에 필요한 비용을 예산에 계상하여야 함(법 제26조제2항)
- 연구주체의 장은 연구활동종사자가 보험에 따라 지급받은 보험금으로 치료비를 부담하기에 부족하다고 인정하는 경우 대통령령으로 정하는 기준에 따라 해당 연구활동종사자에게 치료비를 지원할 수 있음(법 제26조제3항)
- 과학기술정보통신부장관은 법 제26조에 따라 연구주체의 장이 가입한 보험회사 및 연구주체의 장에 대하여 보험가입 현황, 연구실사고 보상 및 치료비 지원에 관한 사항 등 과학기술정보통신부령으로 정하는 자료를 제출하도록 할 수 있음

안전관리 우수연구실 인증제(제28조)

- 과학기술정보통신부장관은 연구실의 안전관리 역량을 강화하고 표준모형을 발굴·확산하기 위하여 안전관리 우수연구실 인증을 할 수 있음
- 인증을 받으려는 연구주체의 장은 과학기술정보통신부장관에게 인증을 신청하여야 함
- 과학기술정보통신부장관에 의한 인증 취소 사유(법 제28조제3항 각 호)

대학·연구기관등에 대한 지원(제29조)

- 국가가 연구실의 안전환경 조성에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있는 기관 또는 단체 등의 범위(법 제29조제1항)
- 그 밖의 지원대상의 범위, 지원방법 및 절차는 대통령령으로 정함

권역별연구안전지원센터(제30조)

- 과학기술정보통신부장관은 효율적인 연구실 안전관리 및 연구실사고에 대한 신속한 대응을 위하여 권역별연구안전지원센터를 지정할 수 있음(의무사항은 아님)

검사(제31조)

- 과학기술정보통신부장관은 관계 공무원(법 제41조제2항에 따라 위탁받은 업무에 종사하는 기관의 임직원을 포함)으로 하여금 대학·연구기관등의 연구실 안전관리 현황과 관련 서류 등을 검사하게 할 수 있음

- 과학기술정보통신부장관은 검사를 하는 경우에는 연구주체의 장에게 검사의 목적, 필요성 및 범위 등을 사전에 통보하여야 하며 다만, 연구실사고 발생 등 긴급을 요하거나 사전 통보 시 증거인멸의 우려가 있어 검사 목적을 달성할 수 없다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니함
- 연구주체의 장은 검사에 적극 협조하여야 하며, 정당한 사유 없이 이를 거부하거나 방해 또는 기피하여서는 아니됨
- 법 제24조 및 제31조에 따라 관계공무원이 연구실사고 조사를 실시하거나 관련 서류를 검사하는 경우 관계 공무원 또는 관련 전문가는 그 권한을 표시하는 증표를 지니고 이를 관계인에게 내보여야 함
- 증표의 서식에 관하여 필요한 사항은 과학기술정보통신부령으로 정함

시정명령(제33조)

- 과학기술정보통신부장관이 연구주체의 장에게 일정한 기간을 정하여 시정을 명하거나 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있는 권한의 발동 사유(법 제33조제1항 각 호)
- 시정명령을 받은 사람은 그 기간 내에 시정조치를 하고, 그 결과를 과학기술정보통신부장관에게 보고하여야 함

연구실안전관리사(제34조부터 제38조)

- 연구실안전관리사의 자격 및 시험에 관한 사항(법 제34조)
- 연구실안전관리사는 발급받은 자격증을 다른 사람에게 빌려주거나 다른 사람에게 자기의 이름으로 연구실안전관리사의 직무를 하게 하여서는 아니 됨
- 자격을 취득한 연구실안전관리사가 아닌 사람은 연구실안전관리사 또는 이와 유사한 명칭을 사용하여서는 아니 됨
- 연구실안전관리사의 직무내용(법 제35조 각 호)
- 연구실안전관리사의 결격사유(법 제36조 각 호)
- 과학기술정보통신부장관은 안전관리사시험에서 부정한 행위를 한 응시자에 대하여는 그 시험을 정지 또는 무효로 하고, 그 처분을 한 날부터 2년간 안전관리사시험 응시자격을 정지함
- 연구실안전관리사 자격의 취소·정지처분(제38조제1항 각 호)
- 과학기술정보통신부장관은 연구실안전관리사의 자격을 취소하거나 정지하려면 청문을 하여야 함
- 자격의 취소 또는 정지에 관한 세부기준은 처분의 사유와 법률 위반의 정도 등을 고려하여 대통령령으로 정함

신고(제39조)

- 연구활동종사자는 연구실에서 연구실안전법 또는 동 법에 따른 명령을 위반한 사실이 발생한 경우 그 사실을 과학기술정보통신부장관에게 신고할 수 있음
- 연구주체의 장은 신고를 이유로 해당 연구활동종사자 에 대하여 불리한 처우를 하여서는 아니 됨

비밀 유지(제40조)

- 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시하는 사람은 업무상 알게 된 비밀을 제3자에게 제공 또는 도용하거나 목적 외의 용도로 사용하여서는 아니 되며, 다만, 연구실의 안전관리를 위하여 과학기술정보통신부장관이 필요하다고 인정할 때에는 예외가 인정됨(법 제40조제1항)
- 자격을 취득한 연구실안전관리사는 그 직무상 알게 된 비밀을 누설하거나 도용하여서는 아니 됨

권한·업무의 위임 및 위탁(제41조)

- 과학기술정보통신부장관의 권한을 관계 중앙행정기관의 장에게 위임할 수 있는 경우(대통령령 참조)
- 과학기술정보통신부장관의 권한을 권역별연구안전지원센터에게 위탁할 수 있는 경우(법 제41조제2항)

벌칙 적용에서 공무원 의제(제42조)

- 법 제7조에 따른 심의위원회의 위원 중 공무원이 아닌 사람 및 과학기술정보통신부장관이 법 제41조제2항에 따라 위탁한 업무에 종사하는 권역별연구안전지원센터의 임직원은 「형법」 제129조부터 제132조까지의 규정을 적용할 때에는 공무원으로 봄

벌칙(제43조, 제44조)

- 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금 부과 대상(법 제43조제1항)
- 3년 이상 10년 이하의 징역 부과 대상(법 제43조제2항)
- 1년 이하의 징역이나 1천만원 이하의 벌금 부과 대상(법 제44조)

양벌규정(제45조)

- 법인의 대표자나 법인 또는 개인의 대리인, 사용인, 그 밖의 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 법 제43조제1항 또는 법 제44조의 위반행위를 하면 그 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에게도 해당 조문의 벌금형을 과(科)하며 다만, 법인 또는 개인이 그 위반행위를 방지하기 위하여 해당 업무에 관하여 상당한 주의와 감독을 게을리하지 아니한 경우에는 그러하지 아니함
- 법인의 대표자나 법인 또는 개인의 대리인, 사용인, 그 밖의 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 법 제43조제2항의 위반행위를 하면 그 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에게도 1억원 이하의 벌금형을 과하며, 다만, 법인 또는 개인이 그 위반행위를 방지하기 위하여 해당 업무에 관하여 상당한 주의와 감독을 게을리하지 아니한 경우에는 그러하지 아니함

과태료(제46조)

- 2천만원 이하의 과태료 부과 대상 행위(법 제46조제1항 각 호)
- 1천만원 이하의 과태료 부과 대상 행위(법 제46조제2항 각 호)
- 500만원 이하의 과태료 부과 대상 행위(법 제46조제3항 각 호)
- 과태료는 대통령령으로 정하는 바 따라 과학기술정보통신부장관이 부과·징수함

1.1.2. 시행령에 관한 사항

KEYWORD 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령, 연구실 안전환경 실태조사, 연구실안전심의위원회, 연구실안전정보시스템, 안전점검지침, 정밀안전진단지침, 사전유해인자위험분석, 사고조사반, 보험가입 등

개요 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령」에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령」의 주요 내용을 정확히 이해하고 파악한다.

1 학습내용

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령」의 주요 내용

적용범위

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」(이하 “법”) 제3조 단서에 따라 법의 전부 또는 일부를 적용하지 않는 연구실과 그 연구실에 적용하지 않는 법 규정의 범위 : 연구실안전법시행령(이하 “영”) 제2조 및 별표 1

연구실 안전환경 등에 대한 실태조사

- 과학기술정보통신부장관은 법 제4조제4항에 따라 2년마다 연구실 안전환경 및 안전관리 현황 등에 대한 실태조사를 실시하며, 다만 필요한 경우에는 수시로 실태조사를 할 수 있음(영 제3조제1항)
- 실태조사에 포함되어야 하는 사항(영 제3조제2항)
- 과학기술정보통신부장관은 실태조사를 하려는 경우에는 해당 연구주체의 장에게 조사의 취지 및 내용, 조사 일시 등이 포함된 조사계획을 미리 통보해야 함(영 제3조제3항)

연구실 안전환경 조성 기본계획의 수립·시행 등

- 과학기술정보통신부장관은 법 제6조제1항에 따른 연구실 안전환경 조성 기본계획(이하 “기본계획”)을 수립하기 위하여 필요한 경우 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장에게 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있음(영 제4조제1항)
- 과학기술정보통신부장관은 기본계획의 수립 시 관계 중앙행정기관의 장, 지방자치단체의 장, 연구실 안전과 관련이 있는 기관 또는 단체 등의 의견을 수렴할 수 있음(영 제4조제2항)
- 과학기술정보통신부장관은 기본계획이 확정되면 지체 없이 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장에게 통보해야 함(영 제4조제3항)

연구실안전심의위원회의 구성 및 운영

- 연구실안전심의위원회(이하 “심의위원회”)의 위원 위촉 또는 임명 자격 요건(영 제5조제1항 각 호)
- 심의위원회 위원장(이하 “위원장”)은 심의위원회를 대표하고, 심의위원회의 사무를 총괄(영 제5조제2항)
- 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때에는 위원장이 미리 지명한 위원이 그 직무를 대행(영 제5조제3항)
- 위촉된 심의위원회 위원의 임기는 3년으로 하며, 한 차례만 연임할 수 있음(영 제5조제4항)
- 심의위원회의 회의의 구분 및 개최 시기(영 제5조제5항)
- 심의위원회의 회의의 개의정족수 및 의결정족수(영 제5조제6항)
- 심의위원회의 활동을 지원하고 사무를 처리하기 위하여 심의위원회에 간사 1명을 두며, 간사는 과학기술정보통신부장관이 과학기술정보통신부 소속 공무원 중에서 지명함(영 제5조제7항)
- 심의위원회의 구성 및 운영에 관한 세부적인 사항은 과학기술정보통신부장관이 정함(영 제5조제8항)

연구실안전정보시스템의 구축·운영 등

- 과학기술정보통신부장관이 구축하는 법 제8조제2항에 따른 연구실안전정보시스템(이하 “안전정보시스템”)에 포함되어야 하는 정보(영 제6조제1항 각 호)
- 과학기술정보통신부장관은 연구주체의 장, 법 제17조에 따라 등록된 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관의 장 및 법 제30조에 따라 지정된 권역별연구안전지원센터의 장 등에게 영 제6조제1항 각 호의 정보에 관한 자료를 제출하거나 안전정보시스템에 입력하도록 요청할 수 있음(영 제6조제2항)
- 과학기술정보통신부장관은 제출받거나 안전정보시스템에 입력된 정보의 신뢰성과 객관성을 확보하기 위하여 그 정보에 대한 확인 및 점검을 해야 함(영 제6조제3항)
- 연구주체의 장 및 법 제30조에 따라 지정된 권역별연구안전지원센터의 장 등이 법 및 이 영에 따라 수시로 또는 정기적으로 과학기술정보통신부장관에게 제출·보고해야 하는 사항을 안전정보시스템에 입력한 경우에는 법 및 이 영에 따른 제출·보고 의무를 이행한 것으로 간주하되, 법 제16조제2항에 따른 연구실의 중대한 결함 보고와 법 제25조제4항에 따른 연구실 사용제한 조치 등의 보고는 안전정보시스템에 입력한 경우에도 의무를 이행한 것으로 보지 않음(영 제6조제4항)

연구실책임자의 지정

- 연구실책임자의 지정 요건(영 제7조제1호부터 제3호까지의 규정)
- 연구주체의 장은 법 제9조제1항에 따라 영 제7조 각 호의 요건을 모두 갖춘 사람 1명을 연구실책임자로 지정해야 함(영 제7조)

연구실안전환경관리자 지정 및 업무 등

- 연구주체의 장은 해당 대학·연구기관등의 상시 연구활동종사자가 300명 이상이거나 연구활동종사자(상시 연구활동종사자를 포함한다)가 1,000명 이상인 경우에는 법 제10조제1항에 따라 지정된 연구실안전환경관리자 중 1명 이상에게 제4항에 따른 업무만을 전담하도록 해야 함(영 제8조제1항)
- 법 제10조제2항 단서에서 “분교 또는 분원의 연구활동종사자 총 인원이 10명 미만에 해당하는 등 대통령령으로 정하는 경우”의 의미 : 영 제8조제2항 각 호
- 법 제10조제3항에 따라 연구실안전환경관리자가 될 수 있는 사람 : 영 제8조 및 별표 2에 해당하는 사람
- 연구실안전환경관리자의 업무(영 제8조제4항 제1호부터 제6호)
- 법 제10조제4항에 따라 연구실안전환경관리자의 직무를 대행하는 대리자의 자격 요건(영 제8조제5항 각 호)
- 연구주체의 장은 연구실안전환경관리자를 지정하거나 변경한 경우에는 그 날부터 14일 이내에 과학기술정보통신부장관에게 그 내용을 제출해야 함(영 제8조제6항)

안전점검 및 정밀안전진단 지침의 작성

- 과학기술정보통신부장관이 법 제13조제1항에 따라 작성하는 안전점검지침 및 정밀안전진단지침에 포함되어야 하는 사항 : 영 제9조제1호부터 제6호까지의 사항

안전점검의 실시 등

- 법 제14조제1항에 따라 실시하는 안전점검의 종류 및 실시시기 : 영 제10조제1항제1호부터 제3호
- 연구주체의 장이 법 제14조제1항에 따라 직접 영 제10조제1항 각 호에 따른 안전점검을 실시하는 경우 갖추어야 하는 인적 자격 요건 및 물적 장비 요건 : 별표 4

정밀안전진단의 실시 등

- 연구주체의 장이 법 제15조제1항 및 제2항에 따라 직접 정밀안전진단을 실시하는 경우 갖추어야 하는 인적 자격 요건 및 물적 장비 요건 : 별표 5
- 법 제15조제2항에 따라 정기적으로 정밀안전진단을 실시해야 하는 연구실의 종류 : 영 제11조제2항 각 호
- 영 제11조제2항에 따른 연구실은 2년마다 1회 이상 정기적으로 정밀안전진단을 실시해야 함(영 제11조제3항)

안전점검 및 정밀안전진단 실시 결과의 점검·활용 등

- 과학기술정보통신부장관은 연구주체의 장이 법 제16조제1항에 따라 공표한 안전점검 또는 정밀안전진단 실시

- 결과를 확인하고 안전점검 또는 정밀안전진단이 적정하게 실시되었는지를 점검할 수 있음(영 제12조제1항)
- 과학기술정보통신부장관은 영 제3조제1항에 따른 실태조사 및 영 제12조제1항에 따른 점검 결과 등을 검토하여 연구실의 안전관리가 우수한 대학·연구기관등에 대해서는 연구실의 안전 및 유지·관리에 드는 비용 등을 지원할 수 있음(영 제12조제2항)
- 검토의 기준 및 절차 등 비용 지원에 필요한 세부적인 사항은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시(영 제12조제3항)

연구실의 중대한 결함

- 법 제16조제2항에서 “연구실에 유해인자가 누출되는 등 대통령령으로 정하는 중대한 결함이 있는 경우”의 의미 : 영 제13조제1호부터 제5호까지의 사유

안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관의 등록 등

- 법 제17조제1항에 따라 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관으로 등록하려는 자가 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 하는 첨부 서류 : 영 제14조제1항 각 호
- 법 제17조제1항에 따라 안전점검 대행기관으로 등록하려는 자는 별표 6에 따른 등록요건을 갖춰야 하고, 정밀안전진단 대행기관으로 등록하려는 자는 별표 7에 따른 등록요건을 갖춰야 하며 이 경우 안전점검 대행기관 및 정밀안전진단 대행기관으로 모두 등록하려는 자가 별표 6 및 별표 7의 등록요건 중 중복되는 요건을 갖춘 경우에는 각각의 등록요건을 갖춘 것으로 간주함(영 제14조제1항, 제2항)
- 과학기술정보통신부장관은 등록신청자가 영 제14조제2항에 따른 등록요건을 갖추었다고 인정하는 경우에는 과학기술정보통신부령으로 정하는 등록증을 발급하고, 대행기관 등록대장에 그 내용을 기록·관리해야 함(영 제14조제3항)
- 안전점검 및 정밀안전진단 대행기관(이하 “대행기관”)이 법 제17조제2항에 따라 등록된 사항을 변경하려는 경우에는 변경사유가 발생한 날부터 20일 이내에 과학기술정보통신부령으로 정하는 변경등록신청서를 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 하며 이때 함께 제출하는 첨부서류는 등록증과 변경사항을 증명하는 서류임(영 제14조제4항)
- 변경등록을 신청한 경우 변경된 등록증의 발급 및 대행기관 등록대장의 기록·관리에 관하여는 영 제14조제3항을 준용(영 제14조제5항)
- 법 제17조제4항에 따른 대행기관에 대한 등록취소, 업무정지 또는 시정명령에 관한 처분기준 : 별표 8
- 대행기관을 운영하는 사람은 법 제17조제7항에 따라 등록된 기술인력으로 하여금 법 제30조에 따른 권역별연구안전지원센터에서 실시하는 교육을 받도록 해야 하는바, 그 교육의 종류 및 내용은 영 제14조제7항 제1호 및 제2호 참조

- 대행기관의 등록 및 변경등록의 절차·방법, 기술인력에 대한 교육 시간 및 내용과 그 밖에 필요한 사항은 과학기술정보통신부령으로 정함(영 제14조제8항)

사전유해인자위험분석

- 연구실책임자는 법 제19조제1항에 따라 실시해야 하는 사전유해인자위험분석의 순서 및 내용 : 영 제15조제1항제1호부터 제4호까지의 사항
- 연구활동과 관련하여 주요 변경사항이 발생하거나 연구실책임자가 필요하다고 인정하는 경우에는 제1항에 따른 사전유해인자위험분석을 추가적으로 실시해야 함(영 제15조제2항)
- 사전유해인자위험분석의 절차 및 방법 등에 관한 세부적인 사항은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시(영 제15조제3항)

연구활동종사자 등에 대한 교육·훈련

- 연구주체의 장이 법 제20조제2항에 따라 교육·훈련을 실시하는 경우 교육·훈련을 담당하도록 해야 하는 사람의 자격 요건(영 제16조제1항 각 호)
- 연구주체의 장이 법 제20조제2항에 따라 연구활동종사자에게 실시해야 하는 교육·훈련의 구분(영 제16조제2항 각 호)
- 연구주체의 장이 법 제20조제3항 및 제4항에 따라 연구실안전환경관리자로 하여금 이수하도록 하여야 하는 전문교육의 내용(영 제16조제3항 각 호)
- 교육·훈련의 시간 및 내용과 그 밖에 필요한 사항은 과학기술정보통신부령으로 정함(영 제16조제4항)

연구실의 안전 및 유지·관리비의 계상

- 연구주체의 장이 법 제22조제2항에 따라 매년 연구실 안전 및 유지·관리비로 예산에 계상해야 하는 비용의 사용 용도 : 영 제17조제1항 각 호
- 연구주체의 장은 계상된 연구실 안전 및 유지·관리비를 사용한 경우에는 그 명세서를 작성해야 함(영 제17조제2항)
- 사용 명세서 작성에 필요한 세부기준은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시함(영 제17조제3항)
- 연구주체의 장은 매년 4월 30일까지 계상한 해당 연도 연구실 안전 및 유지·관리비의 내용과 제2항에 따른 전년도 사용 명세서를 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 함(영 제17조제4항)

사고조사반의 구성 및 운영

- 사고조사반은 영제18조제1항 각 호의 자격에 해당하는 자로 구성함
- 사고조사반의 책임자는 영 제18조제1항 각 호의 사람 중에서 과학기술정보통신부장관이 지명하거나 위촉함(영 제18조제2항)
- 사고조사반의 책임자는 연구실사고 조사가 끝났을 때에는 지체 없이 연구실사고 조사보고서를 작성하여 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 함(영 제18조제3항)
- 과학기술정보통신부장관은 연구실사고 조사에 참여한 사람에게 예산의 범위에서 그 조사에 필요한 여비 및 수당을 지급할 수 있음(영 제18조제4항)
- 사고조사반의 구성 및 운영에 필요한 사항은 과학기술정보통신부장관이 정함(영 제18조제5항)

보험가입 등

- 연구주체의 장이 법 제26조제1항에 따라 가입해야 하는 보험이 모두 충족하여야 하는 기준 : 영 제19조제1항 각 호
- 법 제26조에 따른 보험가입 대상에서 제외되는, 연구활동종사자에 대하여 영 제19조제1항에 따른 기준을 충족하는 보상이 이루어지는 법률의 종류 : 영 제19조제2항 각 호
- 과학기술정보통신부장관은 연구주체의 장이 법 제26조제1항에 따라 보험에 가입했을 때에는 과학기술정보통신부령으로 정하는 바에 따라 가입 내용을 제출하도록 요청할 수 있으며, 다만, 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」 제14조의2제2항에 따라 기업부설연구소 또는 연구개발전담부서 인정을 신청할 때 법 제26조제1항에 따른 보험가입에 관한 사항이 포함된 경우에는 그 신청으로 제출을 갈음할 수 있음(영 제19조제3항)
- 연구주체의 장은 법 제26조제2항에 따라 보험가입에 필요한 비용을 예산에 계상할 때에는 가입하는 보험의 종류, 피보험자·수익자의 수 및 보상금액 등을 고려해야 함(영 제19조제4항)
- 법 제26조제3항에서 “대통령령으로 정하는 기준”의 의미 : 영 제19조제5항 각 호
- 연구주체의 장이 법 제26조제3항에 따라 연구활동종사자에게 치료비를 지원하려는 경우에는 영 제19조제5항에 따른 기준을 고려하여 치료비 지원 대상·범위 등에 관한 구체적인 기준 및 절차를 정하고, 그에 따라 지원해야 함(영 제19조제6항)

안전관리 우수연구실 인증제의 운영

- 법 제28조제1항에 따른 안전관리 우수연구실 인증(이하 “인증”)을 받으려는 연구주체의 장은 과학기술정보통신부령으로 정하는 인증신청서를 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 함(영 제20조제1항)
- 법 제28조제4항에 따른 인증 기준 : 영 제20조제2항 각 호
- 인증신청을 받은 과학기술정보통신부장관은 해당 연구실이 인증 기준에 적합한지를 확인하기 위하여 연구실 안전 분야 전문가 등으로 구성된 인증심의회위원회의 심의를 거쳐 인증 여부를 결정함(영 제20조제3항)

- 인증심의위원회의 구성 및 운영에 필요한 사항은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시(영 제20조제4항)
- 과학기술정보통신부장관은 제3항에 따른 인증심의위원회의 심의 결과 해당 연구실이 인증 기준에 적합한 경우에는 과학기술정보통신부령으로 정하는 인증서를 발급해야 함(영 제20조제5항)
- 인증의 유효기간은 인증을 받은 날부터 2년으로 함(영 제20조제6항)
- 인증을 받은 연구실이 인증의 유효기간이 지나기 전에 다시 인증을 받으려는 경우에는 유효기간 만료일 60일 전까지 과학기술정보통신부장관에게 인증을 신청해야 함(영 제20조제7항)
- 인증 기준, 절차 및 방법 등에 관한 세부적인 사항은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시(영 제20조제8항)
- 영 제20조제5항에 따라 인증을 받은 연구실은 과학기술정보통신부령으로 정하는 인증표시를 해당 연구실에 게시하거나 해당 연구실의 홍보 등에 사용할 수 있음(영 제21조)

지원대상의 범위

- 과학기술정보통신부장관이 법 제29조에 따라 같은 조 제1항 각 호의 기관 또는 법인·단체 등에 대하여 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있는 연구 또는 사업 등의 범위 : 영 제22조제1항 각 호
- 지원대상의 구체적인 항목, 지원 방법 및 절차 등에 관한 세부적인 사항은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시(영 제22조제2항)

권역별연구안전지원센터의 지정·운영 등

- 법 제30조제1항에 따른 권역별연구안전지원센터(이하 “센터”)로 지정받으려는 자는 과학기술정보통신부령으로 정하는 지정신청서에 일정한 서류(영 제23조제1항 각 호)를 첨부하여 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 함(영 제23조제1항)
- 센터로 지정받으려는 자의 지정 요건 : 영 제23조제2항 및 별표 9
- 과학기술정보통신부장관은 법 제30조제1항에 따라 센터를 지정한 경우에는 해당 기관에 그 사실을 통보하고, 인터넷 홈페이지 및 안전정보시스템 등을 통하여 게시해야 함(영 제20조제3항)
- 센터가 수행할 수 있는 구체적인 업무 : 영 제23조제4항 각 호
- 과학기술정보통신부장관은 센터가 업무를 수행하는 데에 필요한 예산 등을 지원할 수 있음(영 제20조제5항)
- 센터는 해당 연도의 사업계획과 전년도 사업 추진 실적을 과학기술정보통신부장관에게 매년 제출해야 함(영 제20조제6항)

업무의 위탁

- 법 제41조제2항제7호에서 “대통령령으로 정하는 업무”의 의미 : 영 제24조제1항 각 호

-
- 과학기술정보통신부장관은 법 제41조제2항에 따라 업무를 위탁한 경우에는 업무를 위탁받은 기관과 위탁업무의 내용 등을 고시해야 함(영 제24조제2항)

규제의 재검토

- 과학기술정보통신부장관은 영 제2조에 따른 법 규정의 적용범위에 대하여 2020년 1월 1일을 기준으로 3년마다(매 3년이 되는 해의 1월 1일 전까지를 말함) 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야함(영 제25조)

과태료 부과 기준

- 법 제46조제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 과태료의 부과기준 : 영 제26조 및 별표 10

1.1.3. 시행규칙에 관한 사항

KEYWORD 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙, 중대연구실사고, 보호구, 대행기관, 건강검진, 보험급여, 안전관리 우수연구실

개요 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙의 주요내용을 정확히 이해한다.

1

학습내용

- 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙의 주요 내용

중대연구실사고

- 연구실안전법(이하 “법”) 제2조제13호에서 “사망사고 등 과학기술정보통신부령으로 정하는 사고”의 의미 (시행규칙(이하 “규칙”) 제2조 제1호부터 제4호)

보호구의 비치 등

- 연구실책임자가 법 제9조제4항에 따라 연구실에 비치하고 연구활동종사자로 하여금 착용하게 해야 하는 보호구의 종류(규칙 제3조 및 별표1)

연구실안전환경관리자 지정 내용 제출

- 연구주체의 장이 영 제8조제6항에 따라 연구실안전환경관리자를 지정하거나 변경한 경우에 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 하는 첨부서류(규칙 제4조제1호부터 제3호까지의 규정)
- 연구실안전환경관리자 지정 보고서(규칙 별지 제1호서식)

연구실안전관리위원회의 구성 및 운영

- 연구실안전관리위원회의 구성 인원 수(위원장 1명을 포함한 15명 이내의 위원)(규칙 제5조제1항)
- 연구실안전관리위원회의 위원 범위(규칙 제5조제2항 각 호)
- 연구실안전관리위원회의 위원장 선출방식 : 위원 중 호선(규칙 제5조제3항)
- 연구실안전관리위원회 회의 구분 및 개최 시기 또는 횟수(규칙 제5조제4항)
- 연구실안전관리위원회 회의의 개의정족수 및 의결정족수(규칙 제5조제5항)

- 위원회의 위원장은 위원회에서 의결된 내용 등 회의 결과를 게시 또는 그 밖의 적절한 방법으로 연구활동 종사자에게 신속하게 알려야 함(규칙 제5조제6항)
- 규칙에서 규정한 사항 외에 위원회 운영에 필요한 사항은 위원회의 의결을 거쳐 위원회의 위원장이 정함(규칙 제5조제7항)

안전관리규정의 작성

- 연구주체의 장은 법 제12조제1항에 따른 안전관리규정을 산업안전·가스 및 원자력 분야 등의 다른 법령에서 정하는 안전관리에 관한 규정과 통합하여 작성할 수 있음(규칙 제6조제1항)
- 법 제12조제3항에 따라 연구주체의 장이 안전관리규정을 작성해야 하는 연구실의 종류·규모는 대학·연구기관 등에 설치된 각 연구실의 연구활동종사자를 합한 인원이 10명 이상인 경우로 함(규칙 제6조제2항)

정기적인 정밀안전진단의 실시

- 영 제11조제2항제3호 및 제13조제1호에서 “과학기술정보통신부령으로 정하는 독성가스”란 각각 「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제2조제1항제2호에 따른 독성가스를 말함(규칙 제7조)

안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관의 등록신청 등

- 영 제14조제1항에 따른 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관 등록신청서 : 규칙 제8조제1항 및 별지 제2호서식 참조
- 영 제14조제3항에 따른 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관 등록증 : 규칙 제8조제2항 및 별지 제3호서식 참조
- 영 제14조제3항에 따른 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관 등록대장 : 규칙 제8조제3항 및 별지 제4호서식 참조
- 영 제14조제4항에 따른 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관 변경등록신청서 : 규칙 제8조제4항 및 별지 제5호서식 참조
- 영 제14조제1항 또는 제4항에 따른 등록신청서 또는 변경등록신청서를 제출받은 과학기술정보통신부장관은 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 사업자등록증과 법인 등기사항증명서를 확인해야 하며, 다만, 신청인이 사업자등록증의 확인에 동의하지 않는 경우에는 그 사본을 첨부하도록 해야 함(규칙 제8조제5항)

안전점검 및 정밀안전진단 대행기관 기술인력에 대한 교육

- 영 제14조제7항에 따른 안전점검 및 정밀안전진단 대행기관의 기술인력에 대한 교육의 시간 및 내용 : 규칙 제9조 및 별표 2 참조(규칙 제9조)

연구활동종사자 등에 대한 교육·훈련

- 연구주체의 장이 영 제16조제2항에 따라 연구활동종사자에 대하여 실시해야 하는 교육·훈련의 시간 및 내용 : 규칙 제10조제1항 및 별표 3 참조
- 영 제16조제3항에 따라 연구실안전환경관리자가 이수해야 하는 전문교육의 시간 및 내용 : 규칙 제10조제2항 및 별표 4 참조
- 교육·훈련을 이수한 연구활동종사자가 요청하는 경우 연구주체의 장이 발급해야 하는 연구실 안전 교육·훈련 이수확인서 : 규칙 제10조제3항 및 별지 제5호의2서식 참조

건강검진의 실시

- 연구주체의 장은 법 제21조제1항에 따라 「산업안전보건법 시행령」 제87조에 따른 유해물질 및 같은 법 시행규칙 별표 22에 따른 유해인자를 취급하는 연구활동종사자에 대하여 일반건강검진을 실시해야 함(규칙 제11조제1항)
- 「국민건강보험법」에 따른 건강검진기관 또는 「산업안전보건법」에 따른 특수건강진단기관에서 1년에 1회 이상 실시해야 하는 일반건강검진에 포함되어야 하는 검사(규칙 제11조제2항 각 호)
- 연구활동종사자가 일반건강검진을 받은 것으로 간주되는 검진, 검사 또는 진단의 종류(규칙 제11조제3항 각 호)
- 연구주체의 장은 법 제21조제1항에 따라 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 22에 따른 유해인자를 취급하는 연구활동종사자에 대하여 특수건강검진을 실시해야 하며, 다만, 「산업안전보건법 시행규칙」 제146조에 따른 임시 작업과 단시간 작업을 수행하는 연구활동종사자(발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질을 취급하는 연구활동종사자는 제외한다)에 대해서는 특수건강검진을 실시하지 않을 수 있음(규칙 제11조제4항)
- 특수건강검진은 「산업안전보건법」에 따른 특수건강진단기관에서 같은 법 시행규칙 별표 23에 따른 특수건강진단의 시기 및 주기에 따라 같은 법 시행규칙 별표 24에 따른 제1차 검사항목을 포함하여 실시해야 함(규칙 제11조제5항)
- 특수건강검진의 결과 건강수준의 평가가 곤란하거나 질병이 의심되는 사람에 대해서는 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 24에 따른 제2차 검사항목 중 건강검진 담당 의사가 필요하다고 인정하는 항목에 대하여 추가적인 검사를 할 수 있음(규칙 제11조제6항)

임시건강검진의 실시

- 과학기술정보통신부장관이 법 제21조제2항에 따라 연구주체의 장에게 임시건강검진의 실시를 명할 수 있는 사유 및 임시건강검진의 실시대상이 되는 연구활동종사자(규칙 제12조제1항 각 호)
- 임시건강검진의 검사항목(규칙 제12조제2항 각 호)
- 임시건강검진의 대상자 중 건강검진기관의 의사로부터 임시건강검진이 필요하지 않다는 소견을 받은 연구활동종사자는 임시건강검진을 받지 않을 수 있음(규칙 제12조제3항)

안전 관련 예산의 배정

- 연구주체의 장(법 제2조제1호가목부터 라목까지의 기관인 경우만 해당)은 법 제22조제3항에 따라 연구과제 수행을 위한 연구비를 책정할 때 그 연구과제 인건비 총액의 1퍼센트 이상에 해당하는 금액을 안전 관련 예산으로 배정해야 함(규칙 제13조)

중대연구실사고 등의 보고 및 공표

- 연구주체의 장이 법 제23조에 따라 제2조 각 호에 따른 중대연구실사고가 발생한 경우에 지체 없이 과학기술정보통신부장관에게 전화, 팩스, 전자우편이나 그 밖의 적절한 방법으로 보고해야 하는 사항(규칙 제14조제1항 각 호)
- 법 제23조에 따라 연구활동종사자가 의료기관에서 3일 이상의 치료가 필요한 생명 및 신체상의 손해를 입은 연구실사고가 발생한 경우 사고가 발생한 날부터 1개월 이내에 연구주체의 장이 작성하여 과학기술정보통신부장관에게 보고하여야 하는 연구실사고 조사표 : (규칙 제14조제2항 및 별지 제6호서식의 연구실사고 조사표)
- 연구주체의 장은 과학기술정보통신부장관에게 보고한 연구실사고의 발생 현황을 대학·연구기관등 또는 연구실의 인터넷 홈페이지나 게시판 등에 공표해야 함(규칙 제14조제3항)

보험

- 영 제19조제1항제2호에 따른 보험급여별 보상금액 기준(규칙 제15조제1항 각 호)
- 요양급여는 연구활동종사자가 연구실사고로 발생한 부상 또는 질병 등으로 인하여 의료비를 실제로 부담한 경우에 지급하며 다만, 긴급하거나 그 밖의 부득이한 사유가 있을 때에는 해당 연구활동종사자의 청구를 받아 요양급여를 미리 지급할 수 있음(규칙 제15조제2항)
- 장애급여는 연구활동종사자가 연구실사고로 후유장애가 발생한 경우에 지급(규칙 제15조제3항)
- 입원급여는 연구활동종사자가 연구실사고로 발생한 부상 또는 질병 등으로 인하여 의료기관에 입원을 한 경우에 입원일부터 계산하여 실제 입원일수에 따라 지급하되 다만, 입원일수가 3일 이내이면 지급하지 않을 수 있고, 입원일수가 30일 이상인 경우에는 최소한 30일에 해당하는 금액은 지급해야 함(규칙 제15조제4항)
- 유족급여는 연구활동종사자가 연구실사고로 인하여 사망한 경우에 지급(규칙 제15조제5항)
- 장의비는 연구활동종사자가 연구실사고로 인하여 사망한 경우에 그 장례를 지낸 사람에게 지급(규칙 제15조제6항)
- 연구활동종사자에게 두 종류 이상의 보험급여를 지급해야 하는 경우 지급기준(규칙 제15조제7항 각 호)
- 보험급여의 범위 및 지급에 관한 세부적인 사항은 과학기술정보통신부장관이 정하여 고시함(규칙 제15조제8항)
- 연구주체의 장은 영 제19조제3항 본문에 따라 보험가입 내용의 제출을 요청받은 경우에는 매년 4월 30일까지 별지 제7호서식의 보험가입 보고서에 보험증서 사본을 첨부하여 과학기술정보통신부장관에게 제출함(규칙

제16조)

- 법 제27조에서 “보험가입 현황, 연구실사고 보상에 관한 사항 등 과학기술정보통신부령으로 정하는 자료”: 규칙 제17조제1호부터 제3호까지 규정

안전관리 우수연구실 인증신청 등

- 영 제20조제1항 및 제7항에 따라 안전관리 우수연구실 인증을 받으려는 연구주체의 장은 별지 제8호서식의 인증신청서에 일정한 서류(규칙 제18조제1항 각 호)를 첨부하여 과학기술정보통신부장관에게 제출해야 함(규칙 제18조제1항)
- 인증신청서를 제출받은 과학기술정보통신부장관은 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 사업자등록증과 법인 등기사항증명서를 확인해야 하며 다만, 신청인이 사업자등록증의 확인에 동의하지 않는 경우에는 그 사본을 첨부하도록 해야 함(규칙 제18조제2항)
- 영 제20조제5항에 따른 인증서는 규칙 제18조제3항 및 별지 제9호서식 / 영 제21조에 따른 인증표시는 규칙 제18조제4항 및 별표 5 참조

권역별연구안전지원센터의 지정신청

- 영 제23조에 따른 권역별연구안전지원센터 지정신청서 : 규칙 제19조 및 별지 제10호서식 참조

증표

- 법 제24조제2항 및 영 제18조제1항에 따른 사고조사반원증: 별지 제11호서식(규칙 제20조)
- 법 제31조에 따른 검사원증: 별지 제12호서식(규칙 제20조)

규제의 재검토

- 과학기술정보통신부장관은 규칙 제11조에 따른 연구활동종사자의 건강검진 실시에 대하여 2020년 1월 1일을 기준으로 3년마다(매 3년이 되는 해의 1월 1일 전까지를 말함) 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 해야 함(규칙 제21조)

1.1.4. 관련고시 및 유관법령에 관한 사항

KEYWORD 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 관련 고시 등 행정규칙, 우수연구실 인증제, 연구실사고 보상기준, 사전유해인자위험분석, 연구실 안전 및 유지관리비, 안전점검 및 정밀안전진단, 산업안전보건법, 고압가스안전관리법, 액화석유가스의 안전관리 및 사업법, 도시가스사업법, 원자력안전법, 유전자변형생물체법, 감염병예방법

개요 연구실안전법과 관련된 행정규칙 및 유관법령에 관한 사항에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 관련 고시 등 행정규칙에 대한 이해

- ② 산업안전보건법에 대한 이해
- ③ 고압가스안전관리법 등에 대한 이해
- ④ 원자력안전법에 대한 이해
- ⑤ 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률에 대한 이해
- ⑥ 감염병예방법에 대한 이해

1

학습내용

- 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 관련 고시 등 행정규칙의 주요 내용

연구실안전심의위원회 운영규정(훈령)

- 심의위원회의 위원장은 과학기술정보통신부 차관이 되며, 위원장을 포함한 당연직 위원 5명과 과학기술정보통신부 장관이 위촉하는 민간위원 10명 이내로 심의위원회를 구성(제2조제1항)
- 민간위원은 연구실 안전 분야의 대학 부교수급 또는 연구기관 책임연구원급 이상으로 이 분야에 학식과 경험이 풍부한 사람 중에서 산업계·학계·연구계 및 성별을 고려하여 위촉(제2조제3항)
- 심의위원회 기능으로서 심의하는 사항(제3조제1호부터 제6호)
- 민간위원의 임기는 3년으로 하며, 한 차례만 연임할 수 있고 민간위원이 결원 시 새로 위촉한 위원의 임기는 전임위원의 잔여임기로 함(제4조)
- 위원장 및 위원 위촉 후보자는 직무윤리 사전진단서(별지 제1호 서식)를 작성하여야 하며, 과학기술정보통신부 장관은 사전진단 결과에 따라 후보자별로 위원으로서 직무 적합성 여부를 확인한 후에 위촉하여야 함(제5조제1항)
- 위원장 및 위원을 신규 위촉하는 경우에는 위원회 업무와 관련된 공정한 직무 수행을 위하여 직무윤리 서약서(별지 제2호 서식)를 작성하게 하여야 함(제5조제2항)
- 위원이 회의 소집 통보를 받았을 때에는 특별한 사유가 없는 한 심의위원회에 출석하여야 하며 다만, 당연직 위원이 심의위원회에 출석할 수 없는 사유가 있는 경우에는 해당 중앙행정기관의 소속 공무원을 대리 참석하게 할 수 있음(제6조제1항)

- 위원은 심의위원회의 활동으로 알게 된 사항이나 비밀 등을 자신의 이익을 위해 이용하거나 누설하지 않아야 하며, 이해관계자에게 향응, 금품 또는 그 밖에 이익을 요구하는 행위를 하지 않아야 함(제6조제2항 및 제3항)
- 위원이 심의위원회의 심의안건과 직접적인 이해관계가 있다고 인정되는 경우에는 해당 안건의 심의에서 제척(除斥)되며 안건의 당사자는 위원에게 공정한 심의를 기대하기 어려운 사정이 있는 경우에는 위원회에 해당 위원에 대한 기피 신청을 할 수 있으며, 위원회는 기피 신청이 타당하다고 인정하는 경우에는 기피의 결정을 하여야 함 (제7조제2항)
- 위원은 제척 내지 기피의 사유에 해당하면 스스로 해당 안건의 심의를 회피하여야 하며 심의위원회의 회피에 관한 사항을 준수하여야 함(제6조제4항 및 제7조제3항)
- 과학기술정보통신부장관은 위원이 임기 전 이라도 해당위원을 해임 또는 해촉할 수 있는 사유(제8조제1호부터 제5호)
- 위원장은 위원회의 심의사항과 관련하여 필요하다고 인정될 때에는 관계인을 출석시켜 의견을 듣거나 외부의 전문가 등으로부터 자문을 구할 수 있음(제9조)
- 위원장은 심의위원회의 회의를 소집하며 그 의장이 되며 심의위원회의 회의는 정기회의와 임시회의로 구분하며, 정기회의는 연 2회 개최함을 원칙으로 함(제10조제2항)
- 임시회의는 필요에 의하여 이루어지는 회의를 말하며 위원장이 소집할 수 있는바 그 사유는 재적위원의 3분의 1 이상이의 소집요구가 있는 경우, 위원장이 필요하다고 판단하는 경우임(제10조제3항)
- 심의위원회 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고 출석위원 과반수의 찬성으로 의결하며 위원장이 필요하다고 인정하는 경우에는 의안을 서면(전자문서를 포함)으로 의결할 수 있음(제10조제4항 및 제5항)
- 위원장은 회의록 공개요청이 있을 경우 개인 식별 (이름, 소속 등)에 관한 사항을 제외하고는 공개하도록 하되 일정한 비공개사유가 있으면 회의의 내용을 공개하지 않을 수 있음(제11조)
- 회의결과의 비공개 사유(제11조제1호부터 제4호)
- 간사는 심의 회의시마다 회의록으로 작성·보관하여야 하는바, 회의록에 포함하여야 할 사항(제12조제1호부터 제7호)
- 심의위원회 회의에 출석한 위원에게 예산의 범위에서 수당과 여비를 지급할 수 있으며 다만, 정부위원이 소관 업무와 직접적으로 관련되어 출석하는 경우에는 지급하지 않음(제13조제1항)
- 해당 심의안건과 관련이 있는 자 또는 전문가를 회의에 출석시키거나 관련 전문가 또는 관계기관·단체 등에 조사와 연구를 의뢰할 때에는 필요한 경비를 지급할 수 있음(제13조제2항)

연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침(고시)

- 동 지침은 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 제13조 및 제14조, 제15조에 따라 연구주체의 장이 실시하여야 할 연구실의 안전점검 및 정밀안전진단의 실시 내용·방법·절차 등에 관한 필요한 사항을 규정함을 목적으로 함(제1조)

- “일상점검”이라 함은 연구활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리상태 등을 직접 눈으로 실시하는 점검으로서 연구활동을 시작하기 전에 매일 실시하는 조사 행위를 말함(제2조제1항제1호)
- “정기점검”이라 함은 연구활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리상태 등을 안전점검기기를 이용하여 연구실에 내재되어 있는 위험요인을 찾아내어 적절한 조치를 취하고자 실시하는 정기적인 조사 행위를 말함(제2조제1항제2호)
- “특별안전점검”이라 함은 폭발사고·화재사고 등 연구활동종사자의 안전에 치명적인 위험을 일으킬 가능성이 있을 것으로 예상되는 경우에 실시하는 조사 행위를 말함(제2조제1항제3호)
- “정밀안전진단”이라 함은 연구실에서 발생할 수 있는 재해를 예방하기 위하여 잠재적 위험성의 발견과 그 개선대책의 수립을 목적으로 일정 기준 또는 자격을 갖춘 자가 실시하는 조사·평가를 말함(제2조제1항제4호)
- “노출도평가”라 함은 연구실 유해인자의 노출로 인한 유해성을 분석하여 개선대책을 수립하기 위해 연구활동 종사자 또는 연구실에 대하여 노출도 측정계획을 수립한 후 시료를 채취하여 분석·평가하는 것을 말함(제2조제1항제5호)
- “실시자”라 함은 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 제17조에 따라 등록된 안전점검 또는 정밀안전진단 대행기관, 같은 법 시행령 별표 4 및 별표 5에 따른 안전점검 또는 정밀안전진단의 직접 실시 요건을 갖춘 연구주체의 장을 말함(제2조제1항제6호)
- 연구주체의 장은 연구시설물의 설계도면, 연구실 배치도, 안전설비·유해인자의 목록, 보호구 및 연구활동종사자 배치현황 등의 자료와 ① 안전관리계획서, 안전점검 및 정밀안전진단 결과보고서, 안전시설 보수·보완공사 관련자료, ② 유해인자 취급 및 관리대장, 물질안전보건자료(MSDS)(단, MSDS는 기관 홈페이지에 링크한 경우 기록유지(게시 및 비치)한 것으로 같음) ③ 보호구 목록 및 관리대장, ④ 기계기구·설비·장비·안전방호장치 명세서 및 이력카드를 정리·유지하여야 함(제3조)
- 연구주체의 장은 연구실에 잠재되어 있는 위험 요인의 도출과 적절한 안전 조치를 취하기 위하여 ① 안전점검 및 정밀안전진단의 실시 일정 및 예산, ② 안전점검 및 정밀안전진단 대상 연구실 목록, ③ 점검·진단의 자체 실시 또는 위탁실시(대행기관) 여부, ④ 점검·진단의 항목, 분야별 기술인력 및 장비, ⑤ 그 밖에 안전점검 및 정밀안전진단에 필요한 사항을 포함한 안전점검 및 정밀안전진단 실시 계획을 수립·시행하여야 함(제4조)
- 실시자는 연구실 안전점검 및 정밀안전진단을 실시할 때에는 ① 해당 연구실 특성에 맞는 보호구 항시 착용 및 공공안전 확보·유지, ② 법 제18조에 따른 성실한 점검·진단 수행, ③ 영 별표 4(자체점검 시), 영 별표 5(자체진단 시), 영 별표 6(위탁점검 시), 영 별표 7(위탁진단 시)에 따른 분야별 기술인력과 장비, ④ 법 제40조에 따른 비밀 유지, ⑤ 그 밖에 연구실내의 안전관리 규정준수 등을 준수하여야 함(제5조제1항)
- 연구실책임자, 연구활동종사자는 원활한 점검·진단이 실시되도록 ① 연구실 개방 및 입회, ② 연구실내 유해인자, 연구활동에 관한 기술적인 사항 안내, ③ 그 밖에 실시자가 필요로 하는 사항에 적극 협조하여야 함(제5조제2항)
- 안전점검 및 정밀안전진단에 사용하는 장비는 소요성능 및 측정의 정밀·정확도를 유지하도록 관리하여야 하며

「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의하여 점검·교정을 받아야 함. / 점검·교정 주기 : 별표 1(제5조 제3항)

- 연구실책임자는 연구활동종사자가 매일(영 별표3에 따른 저위험연구실은 매주 1회 이상) 연구활동 시작 전 일상점검을 실시하고 그 결과를 기록·유지하도록 하여야 함. 이 때, 연구실책임자는 법 제9조제2항에 따라 연구실안전관리담당자를 지정하여 점검을 하도록 할 수 있음(제6조제1항)
- 일상점검을 실시하는 자는 사고 및 위험 가능성이 있는 사항 발견 즉시 해당 연구실책임자에게 보고하고 필요한 조치를 취하여야 함(제6조제2항)
- 연구실책임자는 일상점검 결과기록 및 미비사항을 매일 확인 조치하고, 지시사항을 점검일지에 기록하여야 함. 다만, 연구실책임자가 휴가·질병 또는 출장 등의 사유로 불가피하게 연구실에 부재한 경우에는 예외로 할 수 있음(제6조제3항)
- 일상점검 실시 내용(양식) : 별표 2(단, 연구실 특성에 맞게 점검 항목을 추가·수정할 수 있음(제6조제4항))
- 연구주체의 장은 안전점검 장비를 이용하여 매년 1회 이상 정기적으로 소관 연구실에 대해 점검을 실시하여야 함. 다만 영 제10조제1항제2호에 따라 ① 영 별표3에 따른 저위험 연구실, ② 법 제28조에 따른 안전관리 우수연구실 인증을 받은 연구실(이 경우 정기점검 면제기한은 인증 유효기간의 만료일이 속하는 연도의 12월 31일까지)의 경우에는 정기점검을 면제함(제7조제1항)
- 정기점검 실시자는 정기점검을 실시할 시 ① 영 별표 4(자체점검 시) 또는 영 별표 6(위탁점검 시)의 기술인력과 점검장비를 갖추고 그 측정값을 점검결과에 기입하여야 하며, ② 해당 연구실의 위험요인에 적합한 보호구를 착용한 후, 그 보호구는 사용 후 최적 상태가 유지되도록 보관하고, ③ 별표 3에 따른 정기점검의 실시내용에 따라 점검하여야 함(제7조제2항)
- 연구주체의 장은 연구 중단으로 연구실이 폐쇄되어 1년 이상 방치된 연구실의 경우 연구를 재개하기 전에 연구실의 기기·시설물 전반에 대해 정기점검에 준하는 점검을 해당 연구실책임자와 함께 실시하고, 점검결과에 따라 적절한 안전조치를 취한 후 연구를 재개하도록 하여야 함(제7조제3항)
- 연구주체의 장은 폭발사고·화재사고 등 연구활동종사자의 안전에 치명적인 위험을 일으킬 가능성이 있는 경우 영 별표4(자체점검 시) 또는 영 별표6(위탁점검 시)의 분야별 기술인력과 장비를 갖추어 특별안전점검을 실시하여야 함(제8조제1항)
- 특별안전점검은 정기점검에 준하여 실시하여야 함. / 실시내용 : 별표 3(제8조제2항)
- 영 제11조제2항에 따라 ① 「화학물질관리법」 제2조제7호에 따른 유해화학물질, ② 「산업안전보건법」 제104조에 따른 유해인자, ③ 「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제2조제1항제2호에 따른 독성가스 취급하는 연구실은 정기적으로 정밀안전진단을 실시하여야함(제9조)
- 연구주체의 장은 정밀안전진단 대상 연구실에 대하여 2년마다 1회 이상 정기적으로 정밀안전진단을 실시하여야 함. 이 때 정밀안전진단을 실시한 연구실에 대해서는 정기점검을 추가로 실시하지 아니할 수 있음(제10조제1항)
- 정밀안전진단 실시자는 영 별표5 또는 영 별표7의 분야별 기술인력과 진단장비를 갖추어 정밀안전진단을 실시하고 측정·분석한 내용을 결과보고서에 기입하여야 함(제10조제2항)

- 정밀안전진단은 외관을 직접 눈으로 점검하거나 점검장비를 사용하여 연구실 내·외의 안전보건과 관련된 사항을 진단·평가 하여야 함(제11조)
- 정밀안전진단은 ① 정기점검 실시 내용, ② 유해인자별 노출도평가의 적정성, ③ 유해인자별 취급 및 관리의 적정성, ④ 연구실 사전유해인자위험분석의 적정성을 포함하여 실시하여야 함 / 실시내용 : 별표 4(제11조제2항)
- 연구주체의 장은 정밀안전진단 실시 대상 연구실에 대하여 노출도평가 실시계획을 수립하여야 하며 노출도평가 대상 연구실의 선정기준은 ① 연구실책임자가 사전유해인자위험분석 결과에 근거하여 노출도평가를 요청한 경우, ② 연구활동종사자가 연구활동을 수행하는 중에 CMR물질, 가스, 증기, 미스트, 흠, 분진, 소음, 고온 등 유해인자를 인지하여 노출도평가를 요청할 경우, ③ 정밀안전진단 실시 결과 노출도평가의 필요성이 전문가(실시자)에 의해 제기된 경우, ④ 중대 연구실사고나 질환이 발생하였거나 발생할 위험이 있다고 인정되어 과학기술정보통신부장관의 명령을 받은 경우, ⑤ 그 밖에 연구주체의 장, 연구실안전환경관리자 등에 의해 노출도평가의 필요성이 제기된 경우와 같음(제12조제1항)
- 노출도평가 실시에 필요한 기술적인 사항은 국제적으로 공인된 측정방법과 「산업안전보건법」 제125조(작업환경측정) 제8항에 따라 고용노동부령으로 정하는 측정방법에 준하여 실시할 수 있고, 「산업안전보건법」 제125조에 따라 작업환경측정을 실시한 연구실은 노출도평가를 실시한 것으로 봄(제12조제2항)
- 노출도평가는 「산업안전보건법」 시행령 제95조에 따라 작업환경측정기관의 요건이 충족된 기관 또는 동등한 요건을 충족한 기관이 측정하여야 함. 다만, 시료채취는 노출도평가를 실시하여야 하는 기관 또는 법 제17조에 따른 대행기관에 소속된 자로서 산업위생관리산업기사 이상의 자격을 가진 자가 할 수 있음(제12조제3항)
- 노출도평가는 연구실의 노출 특성을 고려하여 노출이 가장 심할 것으로 우려되는 연구활동 시점에 실시하여야 함(제12조제4항)
- 연구주체의 장은 노출도평가 실시 결과를 연구활동종사자에게 알려야 하며, 노출기준 초과시 감소대책 수립, 연구활동종사자 건강진단의 실시 등 적절한 조치를 하여야 함(제12조제5항)
- 노출도평가 대상 연구실 선정 및 노출기준 초과 여부를 판단할 때에는 고용노동부고시 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」에 준하여 실시하여야 함(제12조제6항)
- 정밀안전진단 실시자는 노출도평가의 적정 실시 여부, 노출도평가 결과 개선조치 여부 등에 대해 평가하여야 하고, 노출도평가가 추가로 필요하다고 판단되는 연구실은 연구주체의 장에게 그 필요성을 알리고 결과보고서에 기재하여야 함(제12조제7항)
- 연구실책임자는 해당 연구실에 보관·사용 중인 유해인자의 특성 및 취급 주의사항에 대해 연구활동종사자에게 교육을 실시하여야 하고, 그 안전에 관한 책임을 짐(제13조제1항)
- 연구활동종사자는 유해인자의 특성에 맞게 취급·관리하여야 함(제13조제2항)
- 연구실책임자는 정밀안전진단 실시 대상 연구실의 안전확보를 위하여 연구실의 위험기계, 시설물, 화학물질 등 유해인자에 대한 ① 물질명(장비명), ② 보관장소, ③ 현재보유량, ④ 취급 유의사항, ⑤ 그 밖에 연구실책임자가 필요하다고 판단한 사항을 포함한 취급 및 관리대장을 작성하여야 함(제13조제3항)
- 유해인자에 대한 취급 및 관리대장은 유해인자의 구입, 사용, 폐기 등 변경사유가 발생한 경우 보완하여야 함. /

양식 : 별표 5.(제13조제4항)

- 작성된 유해인자에 대한 취급 및 관리대장은 각 연구실에 게시 또는 비치하고, 이를 연구활동종사자에게 알려야 함(제13조제5항)
- 정밀안전진단 실시자는 유해인자의 취급·관리 및 관리대장의 적정성에 대해 평가하고, 결과보고서에 기재하여야 함(제13조제6항)
- 연구실책임자는 법 제19조 및 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침」에 따라 연구실 사전유해인자 위험분석을 실시하여 유해인자별 위험분석을 실시하고 안전계획 및 비상조치계획을 수립하여야 함(제14조제1항)
- 정밀안전진단 실시자는 해당 연구실의 모든 연구활동(실험/실습을 포함한다) 및 유해인자에 대하여 사전유해인자 위험분석을 적정하게 실시하였는지를 확인·평가하여야 하고, 결과보고서에 사전유해인자위험분석 결과의 유효성 여부와 후속조치 이행여부 등의 내용을 포함하여야 함(제14조제2항 및 제3항)
- 정기점검, 특별안전점검 및 정밀안전진단결과와 보고서는 연구실 내 결함에 대한 증빙 및 분석 등을 명확히 하기 위하여 현장사진, 점검장비 측정값 등 근거자료를 기록하고 문제점과 개선대책을 제시하여야 함 / 결과보고서 양식 : 별표 6(제15조)
- 정기점검, 특별안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 자는 그 점검 또는 진단 결과를 종합하여 연구실 안전등급 평가기준을 준수하여 등급을 부여하고, 그 결과를 연구주체의 장에게 알려야 함 / 연구실 안전등급 평가기준 : 별표 7(제16조제1항 및 제2항)
- 연구주체의 장은 점검 또는 진단의 실시 결과 ① 영 제13조의 중대한 결함이 있는 경우에는 그 결함이 있음을 인정한 날부터 7일 이내 과학기술정보통신부장관에게 보고하고 안전상의 조치를 취하여야 하고, ② 안전등급 평가결과 4등급 또는 5등급 연구실의 경우에는 사용제한·금지 또는 철거 등의 안전조치를 이행하고 과학기술 정보통신부장관에게 즉시 보고 조치를 하여야 함(제16조제3항)
- 연구주체의 장은 정기점검, 특별안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 날로부터 3개월 이내에 그 결함사항에 대한 보수·보강 등의 필요한 조치에 착수하여야 하며, 특별한 사유가 없는 한 착수한 날부터 1년 이내에 이를 완료하여야 함(제16조제4항)
- 연구주체의 장은 안전점검 및 정밀안전진단 실시 결과를 지체 없이 게시판, 사보, 홈페이지 등을 통해 공표하여 연구활동종사자들에게 알려야 함(제16조제5항)
- ① 일상점검표는 1년, ② 정기점검, 특별안전점검, 정밀안전진단 결과보고서, 노출도평가 결과보고서는 3년 이상 보존·관리하여야 함.(단, 보존기간의 기산일은 보고서가 작성된 다음연도의 첫날로 함)(제17조)
- 과학기술정보통신부장관은 「행정규제기본법」 및 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 7월 1일을 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제18조)

연구실 설치·운영에 관한 기준(고시)

- 이 고시는 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 제5조제2항에 따라 연구주체의 장이 과학기술분야 연구실의 안전관리를 위해 준수하여야 할 설치·운영과 관련된 기준을 규정함을 목적으로 함(제1조)
- “고위험연구실”이란 연구개발활동 중 연구활동종사자의 건강에 위험을 초래할 수 있는 유해인자를 취급하는 연구실을 의미하며 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령 제11조제2항에 해당하는 연구실을 말함(제2조제1항제1호)
- “저위험연구실”이란 연구개발활동 중 유해인자를 취급하지 않아 사고발생 위험성이 현저하게 낮은 연구실을 의미하며 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령 별표 3의 조건을 충족하는 연구실을 말함(제2조제1항제2호)
- “중위험연구실”이란 고위험연구실 및 저위험연구실에 해당하지 않는 연구실을 말함(제2조제1항제3호)
- 연구실 설치·운영기준 및 고위험·중위험·저위험 연구실에 대한 적용기준 : 별표 1(제3조)
- 과학기술정보통신부장관은 「행정규제기본법」 및 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2023년 1월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제4조)
- 이 고시는 고시 후 2년이 경과한 날(2023.1.1.)부터 시행함(부칙 제1조)
- [별표1]의 1. 주요구조부 중 연구·실험공간과 사무공간 분리는 시행일 이후 신축·구축·구조변경(리모델링 등)되는 연구실부터 적용함(부칙 제2조)

안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 실태조사 등의 검토기준 및 절차 등에 관한 고시(고시)

- 동 규정은 연구주체의 장이 보고한 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 실태조사 등을 검토하기 위한 기준과 절차 등에 대하여 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」(이하 “법”) 시행령 제12조제3항에 따라 필요한 사항을 규정함을 목적으로 함(제1조)
- 검토대상으로는 ① 법 제16조제1항에 따라 연구주체의 장이 공표한 최근 2년간의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과, ② 과학기술정보통신부장관이 직접 또는 전문가를 활용하여 실시한 최근 2년간의 실태조사 결과, ③ 기타 과학기술정보통신부장관이 필요하다고 인정한 사항이 있음(제2조)
- 검토대상에 대해 검토하는 기준은 ① 법 제13조에 따라 과학기술정보통신부장관이 고시한 연구실 안전점검지침 및 정밀안전진단지침에 의해 안전점검 및 정밀안전진단을 적합하게 실시하여야 함(제3조제1호), ② 제3조제1호에 의해 실시한 안전점검 및 정밀안전진단의 종합 등급이 1등급이어야 함, ③ 안전관리 조직 체계가 적절하게 구성되어 효율적으로 운영되어야 함, ④ 안전관리규정이 적절하게 규정되고 운영되어야 함, ⑤ 연구실 안전 및 유지관리비가 적절하게 계상·운영되어야 함, ⑥ 연구활동종사자에 대해 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙 제10조에 따른 교육·훈련을 실시하여야 함, ⑦ 기타 과학기술정보통신부장관이 필요하다고

인정한 사항이 있음(제3조)

- 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 실태조사 등의 검토 절차는 첫째, 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과 접수 및 검토, 둘째, 안전점검 및 정밀안전진단이 적합하게 실시되고, 종합 등급이 1등급인 연구실을 대상으로 제3조의 검토기준에 적합한지를 확인하기 위한 검토 및 조사, 셋째, 결과 종합 검토가 있음(제4조)
- 과학기술정보통신부장관은 검토결과와 그 결과에 따른 우수 대학·연구기관등에 대한 연구실의 안전 및 유지관리에 소요되는 비용 등을 지원할 수 있음(제5조)
- 과학기술정보통신부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 1월 1일 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말함)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제6조)

연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침(고시)

- 동 고시는「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」(이하 “법”) 제19조 및 같은 법 시행령 제15조에 따라 연구실 책임자가 스스로 연구실의 유해인자에 대한 실태를 파악하고 이에 대한 사고 예방 등을 위하여 필요한 사항을 정하여 연구실 및 연구활동종사자를 보호하고 연구개발 활성화에 기여함을 목적으로 함(제1조)
- “사전유해인자위험분석”이란 연구활동 시작 전 유해인자를 미리 분석하는 것으로 연구실책임자가 해당 연구실의 유해인자를 조사·발굴하고 사고예방 등을 위하여 필요한 대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 말함(제2조제1항제1호)
- “유해인자”란 화학적·물리적 위험요인 등 사고를 발생시킬 가능성이 있는 인자를 말함(제2조제1항제2호)
- “연구활동”이란 과학기술분야 연구실에서 수행하는 연구, 실험, 실습 등을 수행하는 모든 행위를 말함(제2조제1항제3호)
- “개인보호구 선정”이란 유해인자에 의해 발생할 수 있는 사고를 예방하고 사고 발생 시 연구활동종사자를 보호하기 위하여 적절한 보호구를 선정하는 것을 말함(제2조제1항제4호)
- “연구개발활동안전분석(Research & Development Safety Analysis, R&DSA)”이란 연구활동을 주요 단계로 구분하여 각 단계별 유해인자를 파악하고 유해인자의 제거, 최소화 및 사고를 예방하기 위한 대책을 마련하는 기법을 말함(제2조제1항제5호)
- 이 고시는 연구활동에 ① 「화학물질관리법」제2조제7호에 따른 유해화학물질, ② 「산업안전보건법」제104조에 따른 유해인자, ③ 「고압가스 안전관리법 시행규칙」제2조제1항제2호에 따른 독성가스를 취급하는 모든 연구실에 대하여 적용함(제3조)
- 과학기술정보통신부장관(이하 “장관”)은 연구실의 사전유해인자위험분석이 효과적으로 추진되도록 하기 위하여 ① 사전유해인자위험분석 제도의 개선·홍보, ② 사전유해인자위험분석 기법의 연구·개발, ③ 사전유해인자 위험분석 실시 지원을 위한 정보관리시스템 구축, ④ 그 밖에 사전유해인자위험분석에 관한 정책의 수립 및 추진의 사항을 마련하여야 하며, 이 사항 중 필요한 사항에 대해 권한을 위임 받은 기관 또는 연구실 안전 관련 사업을 수행하는 기관에게 하여금 수행하게 할 수 있음(제4조)

- 사전유해인자위험분석은 연구활동 시작 전에 실시하며, 연구활동과 관련된 주요 변경사항 발생 또는 연구실 책임자가 필요하다고 인정할 경우 추가적으로 실시하여야 함(제5조)
- 연구실책임자는 ① 연구실 안전현황 분석, ② 연구활동별 유해인자 위험분석, ③ 연구실 안전계획 수립, ④ 비상조치계획 수립의 과정으로 이루어지는 사전유해인자위험분석을 실시하여야 함(제6조제1항)
- 연구실책임자는 사전유해인자위험분석에 해당 연구실의 연구활동종사자 및 안전관련 전문가의 의견을 반영할 수 있음(제6조제2항)
- 연구실책임자는 ① 기계·기구·설비 등의 사양서, ② 물질안전보건자료(MSDS), ③ 연구·실험·실습 등의 연구내용, 방법(기계·기구 등 사용법 포함), 사용되는 물질 등에 관한 정보, ④ 안전 확보를 위해 필요한 보호구 및 안전설비에 관한 정보, ⑤ 그 밖에 사전유해인자위험분석에 참고가 되는 자료 등의 자료 및 정보의 전부 또는 일부를 활용하여 연구실 안전현황을 분석하고, 그 결과를 별지 제1호서식에 따라 작성하여야 함(제7조제2항)
- 연구실책임자는 고시 제7조에 따라 파악한 해당 연구실의 연구활동별(실험·실습/연구과제별) 유해인자에 대해 위험분석을 실시하고, 그 결과를 별지 제2호서식에 따라 작성하여야 함(제8조제1항)
- 연구실책임자는 고시 제7조에 따라 파악한 해당 연구실의 유해인자를 포함한 연구(실험·실습/연구과제별)에 대해 연구개발활동안전분석(Research & Development Safety Analysis, R&DSA)을 실시하고, 그 결과를 별지 제3호서식에 따라 작성하여야 함(제8조제2항)
- 연구실책임자는 고시 제8조에 따른 연구활동별 유해인자 위험분석 실시 후 유해인자에 대한 안전한 취급 및 보관 등을 위한 조치, 폐기방법, 안전설비 및 개인보호구 활용 방안 등을 연구실 안전계획에 포함시켜야 함(제9조)
- 연구실책임자는 화재, 누출, 폭발 등의 비상사태가 발생했을 경우에 대한 대응 방법, 처리 절차 등을 비상조치 계획에 포함시켜야 함(제10조)
- 연구실책임자는 고시 제7조 및 제8조에 따른 사전유해인자위험분석 결과를 연구활동 시작 전에 연구주체의 장에게 보고하여야 함(제11조제2항)
- 연구주체의 장은 연구실책임자가 작성한 사전유해인자위험분석 보고서를 종합하여 확인 후 이를 체계적으로 관리할 수 있도록 별지 제4호서식에 따라 문서번호를 매겨 관리·보관하고, 사고발생 시 보고서 중 유해인자의 위치가 표시된 배치도 등 필요한 부분에 대해 사고대응기관에 즉시 제공하여야 함(제12조제1항)
- 연구주체의 장은 연구실책임자가 작성한 사전유해인자위험분석 보고서를 검토하여 필요할 경우 조치를 취하고 이에 대한 결과를 기록·보존할 수 있음(제12조제2항)
- 연구실책임자는 사전유해인자위험분석 보고서를 연구실 출입문 등 해당 연구실의 연구활동종사자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시할 수 있음(제12조제3항)
- 이 고시는 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2021년 7월 1일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말함)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제13조)

연구실 안전 및 유지관리비의 사용내역서 작성에 관한 세부기준(고시)

- 이 기준은 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」(이하 “법”) 제22조에 따라 연구주체의 장이 확보한 연구실의 안전환경 및 유지관리에 필요한 예산의 사용내역서 작성에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 함(제1조)
- 연구주체의 장은 다음 연도 사업계획 수립시 연구실의 안전환경 및 유지관리에 필요한 예산을 반영하고 별지의 사용내역서를 작성하여야 함(제2조)
- 보험료 사용내역의 작성사항 : 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령(이하 “영”) 제19조 제1항에 따른 보상내용과 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙(이하 “규칙”) 제15조에 따른 보상금액을 보장하는 보험료(제3조제1호)
- 안전관련 자료의 확보·전파 비용 및 교육·훈련비 등 안전문화 확산 관련 사용내역의 작성사항 : ① 규칙 제10조 제2항 등에 따른 연구실안전환경관리자 및 연구실안전관리담당자에 대한 교육 비용, ② 규칙 제10조제1항에 따른 연구활동종사자에 대한 안전교육 비용(정기, 신규채용, 연구내용 변경시), ③ 연구실 안전수칙·교육교재·안전관련 도서·학술지 등 연구실 안전관리에 필요한 자료 등의 구입·제작 비용 및 그 홍보·전파 등의 비용, ④ 연구실 안전 관련 행사비 및 포상비(제3조제2호)
- 건강검진 사용내역의 작성사항 : 규칙 제11조에 따른 위험물질 및 바이러스 등에 노출될 위험이 있는 연구실 안전환경관리자 및 연구활동종사자에 대한 일반건강검진 및 특수건강검진 비용(제3조제3호)
- 설비의 설치·유지 및 보수 관련 사용내역의 작성사항 : ① 연구실의 안전환경을 유지·관리하기 위한 시설·설비의 설치·유지 및 보수 비용. 다만, 연구실험장치의 교체, 시설공사 및 개조비용 등은 제외, ② 연구실 안전환경을 위한 시설·설비의 재배치에 필요한 비용(제3조제4호)
- 보호장비 구입 관련 사용내역의 작성사항 : ① 연구실험의 특성에 적합한 연구활동종사자 및 연구실안전환경 관리자 등의 각종 개인 보호구 및 각종 안전장비의 구매 비용, ② 구급약품 구입에 필요한 비용, ③ 보호장비의 유지관리 및 보수에 필요한 비용, ④ 안전관리 활동에 따른 개인용 작업복 구매에 필요한 비용(제3조제5호)
- 안전점검 및 정밀안전진단 관련 사용내역의 작성사항 : ① 법 제14조에 의한 안전점검의 준비·실시에 필요한 비용 및 점검측정장비구입 비용, ② 법 제15조에 의한 정밀안전진단의 준비·실시에 필요한 비용 및 진단측정 장비구입 비용(제3조제6호)
- 지적사항 환경개선비 관련 사용내역의 작성사항 : 법 제14조 및 제15조에 따른 안전점검·정밀안전진단 결과 주요 지적사항(점검·진단사항)을 개선하기 위한 비용 및 개선대책의 조치에 필요한 비용(제3조제7호)
- 강사료 및 전문가 활용비 관련 사용내역의 작성사항 : ① 연구실 안전교육과 관련된 안전전문가 초빙 시 필요한 강사료와 전문가 활용 및 자문에 필요한 비용, ② 연구실 사고 발생 시 발생원인 조사 및 분석 비용(제3조제8호)
- 수수료 관련 사용내역의 작성사항 : 실험실 지정폐기물 및 실험실 폐수 처리에 따른 연구실 안전을 위한 모든 수수료 및 그에 따라 필요한 비용(제3조제9호)
- 여비 및 회의비 관련 사용내역의 작성사항 : 연구실안전환경관리자와 연구실책임자 등이 안전관리 활동과 관련된 출장 등과 연구실 안전관리위원회를 개최하는 데에 필요한 비용(제3조제10호)

- 설비 안전검사비 관련 사용내역의 작성사항 : 위험기계·기구 및 실험설비의 안전검사 비용(제3조제11호)
- 사고조사 비용 및 출장비 관련 사용내역의 작성사항 : 연구실 사고 발생 시 발생원인 조사·분석 비용 및 사고조사에 필요한 출장비(제3조제12호)
- 사전유해인자위험분석 비용 관련 사용내역의 작성사항 : 사전유해인자위험분석에 따른 전문가 활용 등에 필요한 비용(제3조제13호)
- 연구실안전환경관리자 인건비 관련 사용내역의 작성사항 : 법 제10조제1항에 따른 연구실안전환경관리자의 최소 지정 기준을 초과하여 지정된 자로서 영 제8조제4항에 따른 연구실안전관리 업무를 전담으로 수행하는 연구실안전환경관리자의 인건비(제3조제14호)
- 안전관리 시스템 관련 사용내역의 작성사항 : 연구실 안전관리 시스템의 구축·유지 및 관리에 필요한 비용(제3조제15호)
- 기타 연구실 안전을 위해 사용된 비용도 포함(제3조제16호)
- 과학기술정보통신부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 7월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말함)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제4조)

연구실 사고조사반 구성 및 운영규정(훈령)

- 이 규정은「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」제24조 및 같은 법 시행령 제18조에 따라 연구실에서 발생한 안전사고의 사고경위 및 원인 조사 등을 위한 사고조사반의 구성 및 운영에 관하여 필요한 사항을 정함을 목적으로 함(제1조)
- 사고조사반은 ① 연구실 안전과 관련한 업무를 수행하는 관계 공무원, ② 국가기술자격 법령에 따른 기계안전기술사·화공안전기술사·전기안전기술사·산업위생관리기술사·소방기술사·가스기술사 또는 인간공학기술사의 자격을 취득한 사람, ③ 연구주체의 장이 추천하는 안전분야 전문가, ④ 그 밖에 사고조사에 필요한 경험과 학식이 풍부한 전문가 중에서 과학기술정보통신부장관이 지명 또는 위촉한 사람으로 구성함(제2조제1항)
- 규정 제2조제1항 제2호 내지 제4호의 규정에 의한 조사반원으로 구성된 사고조사반 인력풀을 15명 내외로 구성하고 조사반원의 임기는 2년으로 하되 연임할 수 있음(제2조제2항)
- 과학기술정보통신부장관은 조사반원을 위촉하는 경우 사전에 별지 서식의 위촉동의서를 받아야 하며 위촉된 조사반원에 대해서는 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」시행규칙 별지 제8호 서식에 의한 사고조사반원증을 발급함(제2조제3항)
- 과학기술정보통신부장관은 사고 경위 및 원인에 대한 조사가 필요하다고 인정되는 안전사고 발생 시 사고원인, 규모 및 발생지역 등 그 특성을 고려하여 제2조에 따라 지명 또는 위촉된 조사반원 중 5명 내외로 해당 사고를 조사하기 위한 사고조사반을 구성함(제3조제1항)
- 해당 사고조사반이 구성되는 경우 과학기술정보통신부장관은 그 해당 사고조사반원 중에서 책임자(이하 “조사반장”)를 지명 또는 위촉할 수 있으며, 이에 따라 조사반장이 지명 또는 위촉되는 경우를 제외하고

조사반장은 과학기술정보통신부의 연구실 안전관리를 담당하는 부서의 장이 됨(제3조제2항)

- 사고조사반은 ① 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」이행여부 등 사고원인 및 사고경위 조사, ② 연구실 사용제한 등 긴급한 조치 필요여부 등의 검토, ③ 그 밖에 과학기술정보통신부장관이 조사를 요청한 사항의 업무를 수행함(제4조)
- 사고조사반은 발생한 연구실 안전사고에 대한 사고조사를 실시하는 경우 그 권한을 표시하는 사고조사반원증을 관계인에게 제시하여야 함(제5조제1항)
- 조사반장은 사고조사가 효율적이고 신속히 수행될 수 있도록 해당 조사반원에게 임무를 주고 조사업무를 총괄함(제5조제2항)
- 조사반장은 현장 도착 후 즉시 사고 원인 및 피해내용, 연구실 사용제한 등 긴급한 조치의 필요여부 등에 대해 과학기술정보통신부에 우선 유·무선으로 보고하여야 함(제5조제3항)
- 조사반장은 사고조사가 종료된 경우 지체 없이 아래 ① 조사 일시, ② 해당 사고조사반 구성, ③ 사고개요, ④ 조사내용 및 결과(사고현장 사진 포함), ⑤ 문제점, ⑥ 복구 시 반영 필요사항 등 개선대책, ⑦ 결론 및 건의사항의 내용이 포함된 사고조사보고서를 작성하여 과학기술정보통신부장관에게 제출하여야 함(제6조)
- 공무원 이외의 조사반원에 대한 여비는 「공무원여비규정」 별표 1의 제2호에 준하여 지급하며, 과학기술정보통신부장관은 조사반원에 대해 엔지니어링 사업대가 기준 등을 참고하여 수당을 지급할 수 있고 조사차량 및 조사장비 임차비, 비디오 및 사진촬영, 보고서 작성 등에 필요한 경비를 별도로 지급할 수 있음(제7조)
- 조사반원은 사고조사 과정에서 업무상 알게 된 정보를 외부에 제공하고자 하는 경우 사전에 과학기술정보통신부장관과 협의하여야 함(제8조)
- 과학기술정보통신부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 7월 1일 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말함)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제9조)

안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정(고시)

- 이 고시는 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」(이하 “법”) 제28조, 같은 법 시행령(이하 “령”) 제20조 및 제21조에 따라 안전관리 우수연구실 인증제를 운영하기 위하여 필요한 사항을 정함을 목적으로 함(제1조)
- 안전관리 우수연구실 인증제(이하 “인증”) 운영과 관련하여 법령으로 정한 것을 제외하고는 이 규정에 따름(제2조)
- “안전관리 우수연구실 인증제”란 정부가 연구실의 자율적인 안전관리 역량을 강화하고 표준모델을 발굴·확산하기 위하여 인증기준을 설정하고 심사를 통하여 이를 달성한 연구실에 안전관리가 우수한 연구실로 인증하는 것을 말함(제3조제1호)
- “인증심사”란 인증신청 연구실에 대한 인증의 적합 여부를 판단하기 위하여 서류심사와 현장심사를 포함한 모든 활동과 절차를 말함(제3조제2호)

- “인증심사위원”이란 인증심사를 공정하게 수행하기 위하여 연구실 안전보전에 관한 전문지식과 경험이 풍부한 사람으로서 인증심사를 직접 수행하는 사람을 말함(제3조제3호)
- “인증심의”란 제3호의 인증심사위원이 제2호에 따라 실시한 인증심사 결과에 대하여 산·학·연 전문가 등으로 구성된 인증심의위원회에서 검토·의결하는 절차를 말함(제3조제4호)
- “재인증”이란 영 제20조제5항에 따라 인증을 받은 연구실이 인증의 유효기간이 지나기 전에 다시 인증을 받는 것을 말함(제3조제5호)
- 과학기술정보통신부장관은 법 제28조제2항 및 같은 법 영 제20조제1항에 부합하는 연구실이 인증을 신청한 경우에 이 고시 제9조에 따라 해당 연구실을 심사하여 인증할 수 있음(제4조)
- 과학기술정보통신부장관은 인증 사업을 심의하기 위하여 연구실 안전관련 업무와 관련한 산·학·연 전문가 등 15명 이내의 위원으로 구성되는 인증심의위원회(이하 “위원회”)를 구성·운영하여야 함(제5조제1항)
- 위원장은 과학기술정보통신부장관이 위원 중에서 선임하며 위원의 임기는 2년으로 하되 연임할 수 있고 다만, 본인이 희망하거나 기타 부득이한 사유가 있는 경우에는 임기만료 이전에 해촉할 수 있음(제5조제2항 및 제3항)
- 위원은 임기가 만료된 경우에도 후임자가 위촉될 때까지 그 직무를 수행할 수 있음(제5조제4항)
- 위원회는 ① 인증기준에 관한 사항, ② 인증심사 결과 조정 및 인증 여부 결정에 관한 사항, ③ 인증취소 여부 결정에 관한 사항, ④ 그 밖에 과학기술정보통신부장관 또는 위원회의 위원장이 회의에 부치는 사항을 심의·의결함(제5조제5항)
- 위원회는 스스로의 기능을 수행하기 위하여 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결함(제5조제6항)
- 위원회의 사무를 처리할 간사를 두며, 간사는 과학기술정보통신부장관이 소속 공무원 중에서 지명(제5조제7항)
- 위원은 ① 위원 본인과 직접적인 이해관계가 있는 경우(제1호), ② 위원 본인과 친족관계에 있거나 있었던 사람과 관련된 경우, ③ 위원 본인이 속한 기관이 인증심의 대상인 경우이거나, 위원이 직접 인증과 관련한 자문, 컨설팅 등을 수행하는 등 이해관계가 있는 경우(제3호), ④ 제1호부터 제3호까지의 규정에 준하는 경우로서 그 밖에 위원이 안전과 직접적인 이해관계가 있다고 위원장이 인정하는 경우(제4호)에 해당 사항의 심의·의결에 관여할 수 없음(제5조의2제1항)
- 안전의 당사자는 위원에게 공정한 심사를 기대하기 어려운 사정이 있는 경우에는 위원회에 그 이유를 구체적으로 적어 서면으로 소명하고 해당 위원에 대한 기피를 신청할 수 있음(제5조의2제2항)
- 위원 본인이 제척 또는 기피의 사유에 해당하는 경우에는 스스로 해당 안전의 심의·의결을 회피할 수 있음(제5조의2제3항)
- 과학기술정보통신부장관은 매년 인증사업 시행계획을 수립하고 공고하여야 함(제6조)
- 법 제28조제1항에 따른 인증을 받으려는 자는 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙(이하 “규칙”) 별지 제8호 서식에 따른 안전관리 우수연구실 인증·재인증 신청서를 첨부하여 과학기술정보통신부장관에게 제출하여야 하며, 이때 첨부해야 할 서류로는 ① 기업부설연구소 또는 연구개발전담부서의 경우 인정서 사본, ② 연구활동중사자 현황, ③ 연구과제 수행 현황, ④ 연구장비, 안전설비 및 위험물질 보유 현황, ⑤ 연구실 배치도,

- ⑥ 기타 인증심사에 필요한 서류가 있음(제7조)
- 과학기술정보통신부장관은 인증심사를 위하여 연구실 안전보건 분야의 학식과 경험이 풍부한 산·학·연 등의 관련 전문가 중에서 일정한 자격을 갖춘 사람을 선발하여 인증심사위원 인력풀을 구성·운영하여야 하는바, 이러한 자격에 대해서는 규정 제8조제1항 각 호
 - 과학기술정보통신부장관은 인증심사위원이 ① 심사 시 부정·부실 심사를 초래하여 인증에 중대한 지장을 초래한 경우, ② 인증심사위원의 활동에 영향을 줄 수 있는 상업적, 재정적 또는 그 밖의 압력이나 이해상충 요소가 발생한 경우, ③ 심사와 관련하여 해당 기관 또는 연구실로부터 금품 또는 향응을 제공받은 경우에 2년의 범위에서 해당 인증심사위원의 선정을 배제함(제8조제2항)
 - 과학기술정보통신부장관은 규정 제7조에 따라 인증 또는 재인증을 신청한 자에 대하여 제출한 서류를 확인하고, 필요한 경우에는 서류의 보완을 요구할 수 있으며 확인 결과 적합한 것이 인정되면 과학기술정보통신부장관은 신청 연구실에 대하여 현장심사를 실시하여야 하며, 이 경우 신청 연구실에 인증 심사일 등 인증심사와 관련된 사항을 사전에 통보하여야 함(제9조제1항 및 제2항)
 - 인증심사를 수행하기 위하여 규정 제8조제1항에 따른 인증심사위원 인력풀 중에서 신청 연구실 특성에 맞는 인증심사위원으로 3인 이상의 인증심사반을 구성하여 심사함(제9조제3항)
 - 인증심사반에 의한 인증심사에 있어서 심사분야별 인증심사 기준 : ① 제1호 연구실 안전환경시스템 분야 12개 항목 : 별표 1 / ② 제2호 연구실 안전환경활동 분야 13개 항목 : 별표 1 / ③ 제3호 연구실 안전환경 관계자의 안전의식도 분야 4개 항목 : 별표 1 (제9조제4항)
 - 재인증 심사의 경우 제3호 연구실 안전환경 관계자의 안전의식도 분야 4개 항목 중 2년 전 인증심사 때와 동일한 관계자에 한하여 심사를 생략할 수 있음 (제9조제4항 단서)
 - 인증심사반이 인증심사를 실시하는 경우 따라야 하는 심사방법 : ① 별표 1에 따른 인증심사 기준 적용, ② 인증 운영매뉴얼, 절차서 등에 대한 문서자료 및 현황 조사, ③ 연구실 현장의 안전환경 활동 확인, ④ 연구주체의 장 및 연구실책임자 등의 면담, 인터뷰 등의 방법(제9조제5항)
 - 인증심사반은 인증심사를 마친 후 별지 제1호서식에 따른 인증심사 결과서를 작성하여야 함(제9조제6항)
 - 과학기술정보통신부장관은 규정 제9조제4항에 따른 인증심사 결과 인증기준에 적합하다고 판단되는 경우 규정 제9조제6항에 따라 인증심사 결과서를 작성한 날부터 90일 이내에 제5조에 따른 위원회의 심의·의결을 거쳐 인증 여부를 결정하여야 함(제10조제1항)
 - 인증 또는 재인증을 신청한 자가 인증을 받으려면 별표 1에 따른 필수 이행항목에 적합 판정을 받고, 각 분야별로 100분의 80이상을 득점한 경우에 한하여 인증 결정을 할 수 있음(제10조제2항)
 - 과학기술정보통신부장관은 규정 제10조에 따라 인증 또는 재인증을 하는 경우에 규칙 별지 제9호서식의 안전관리 우수연구실 인증서를 발급하여야 함(제11조제1항)
 - 인증서를 발급받은 자는 별지 제2호서식의 안전관리 우수연구실 인증패를 제작하여 해당 연구실에 게시하여야 함(제11조제2항)
 - 규정 제11조 제1항에 따라 인증서를 발급받은 자가 법 제28조 제3항에 따른 인증 취소 사유에 해당하는 경우에는

- 그 날부터 7일 이내에 해당 인증서를 과학기술정보통신부장관에게 반환하여야 함(제12조)
- 규정 제11조에 따라 인증서를 발급받은 자가 ① 인증서의 기재사항의 변경, ② 인증서의 분실 또는 훼손에 해당하는 경우에는 그 날부터 1개월 이내에 과학기술정보통신부장관에게 별지 제3호서식에 따라 인증서 기재사항 변경 및 재발급 신청을 하여야 함(제13조제1항)
 - 인증서 기재사항 변경 및 재발급 신청을 받은 과학기술정보통신부장관은 변경 및 재발급 내용에 대한 증빙서류를 확인하고 처리하여야 함(제13조제2항)
 - 인증의 유효기간은 인증일로 부터 2년으로 하며 규정 제11조에 따라 인증서를 발급받은 자는 인증유효기간의 만료일의 60일 전까지 규칙 별지 제8호 서식에 따라 재인증을 신청할 수 있음(제14조제1항, 제2항)
 - 재인증 신청을 받은 과학기술정보통신부장관은 규정 제8조에 따라 인증심사반을 구성하여 규정 제9조에 따른 인증심사를 실시하여야 하며, 심사 결과 재인증이 적합한 경우에는 제11조에 따라 인증서를 발급하여야 함(제14조제3항)
 - 과학기술정보통신부장관은 인증과 관련한 회의에 참석한 위원회 및 인증심사위원에게 예산의 범위에서 수당과 여비를 지급할 수 있음(제15조)
 - 인증심사위원에게는 방문조사 활동에 필요한 현지활동비를 지급할 수 있음(제16조)
 - 과학기술정보통신부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2021년 7월 1일 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말함)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제17조)

연구실 안전환경 조성 관련 위탁업무 수행기관 지정(고시)

- 위탁받는 기관 : 한국생명공학연구원 국가연구안전관리본부(권역별연구안전지원센터)(제1호)
- 위탁업무의 내용 : ① 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다.) 제4조제1항 및 제2항에 따른 연구실 안전환경 확보·조성을 위한 연구개발 및 필요 시책 수립 지원에 관한 업무, ② 법 제4조제4항에 따른 실태조사, ③ 법 제8조제2항에 따른 연구실안전정보시스템 구축·운영에 관한 업무, ④ 법 제17조에 따른 안전점검 및 정밀안전진단 대행기관의 등록·관리 및 지원에 관한 업무, ⑤ 법 제20조제2항·제3항에 따른 연구실 안전관리에 관한 교육·훈련 및 전문교육의 기획·운영에 관한 업무, ⑥ 법 제24조에 따른 연구실사고 조사 및 조사 결과의 기록 유지·관리 지원에 관한 업무, ⑦ 법 제28조에 따른 안전관리 우수연구실 인증제 운영 지원에 관한 업무, ⑧ 법 제29조에 따른 지원 업무, ⑨ 법 제31조에 따른 검사 지원에 관한 업무, ⑩ 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령」 제8조제6항에 따른 연구실안전환경관리자 지정 내용 제출의 접수(제2호)

연구실사고에 대한 보상기준(고시)

- 이 기준은 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙」(이하 “규칙”이라 한다) 제15조에 따른 보험급여의 범위 및 지급에 필요한 사항을 정함을 목적으로 함(제1조)

- 규칙 제15조제2항에 따라 연구활동종사자가 연구실사고로 인하여 부상·질병 등의 손해를 입은 경우 실제 발생한 의료비에서 본인이 실제로 부담하여야 하는 의료비를 요양급여로 지급하며 요양급여의 최고한도를 설정할 때에는 20억원 이상으로 함. 이에 따른 의료비의 범위는 ① 진찰·검사, ② 약제 또는 진료재료의 지급, ③ 처치, 수술, 그 밖의 치료, ④ 재활치료, ⑤ 입원, ⑥ 간호 및 간병, ⑦ 호송, ⑧ 의지(義肢)·의치(義齒), 안경·보청기 등 보장구의 처방 및 구입임(제2조제1항 및 제2항)
- 의료비는 의학적 소견에 따라 치료를 위해 필요한 범위에서 보상하며, 항목별 지급기준은 ① 진찰, 검사, 처치, 수술(성형수술을 포함한다), 응급 및 재활치료 등은 치료에 소요되는 비용을 지급, ② 한방치료는 침과 뜸 등 「국민건강보험법」에 따른 요양급여에 해당하는 비용만 지급, ③ 약제비는 처방전에 의한 경우에만 지급, ④ 입원료는 대중적인 일반병실의 입원료를 지급하며 다만, 전신 화상자, 세균감염을 예방하기 위하여 격리가 필요한 환자, 심한 정신질환자 등 의사의 소견에 따라 부득이 상급병실(입원실에 5인 이하가 입원할 수 있는 병실을 말한다)에 입원하였을 때(병실 사정이나 환자 및 보호자의 요청에 의한 경우는 제외)에는 그 병실의 입원료를 지급, ⑤ 의지(義肢)·의치(義齒)·안경·보청기 등 보장구는 처방 및 구입의 경우에 드는 비용은 「국민건강보험법」 제51조제2항을 준용하여 지급, ⑥ 치아 보철비는 도재전장관[도재전장관, 사기 재료로 이 빛깔이 나도록 만든 인공치아(人工齒牙)]에 드는 비용을 지급하며 다만, 기존의 치아 보철물이 외상으로 손상되거나 파괴되어 사용할 수 없게 된 경우에는 원상회복에 드는 비용을 지급함(제2조제3항)
- 규칙 제15조제3항에 따라 연구활동종사자가 연구실사고로 인하여 후유장해가 생긴 경우에는 별표 1에 따른 후유장해등급별 보상금액 이상을 지급(제3조)
- 규칙 제15조제4항에 따른 입원급여는 연구활동종사자가 연구실사고로 인한 부상, 질병 등의 손해를 치료하기 위해 의료기관에 입원을 한 경우에 입원 1일당 5만원 이상을 정액 보상하며 다만, 입원급여의 지급기간을 설정할 때에는 '4일 이상 30일 이내'를 최소로 함. 입원급여는 규칙 제2조에 따른 요양급여와 별개로 지급함(제4조)
- 규칙 제15조제5항에 따라 연구활동종사자가 연구실사고로 인하여 사망한 경우(「민법」 제27조에 따른 실종의 신고를 받은 경우를 포함) 일시금으로 지급하며, 1인당 2억원 이상을 지급(제5조)
- 규칙 제15조제6항에 따라 장제를 실제로 지낸 자(법인을 포함)에게 지급하며, 1인당 1천만원 이상을 지급하고, 장의비는 규칙 제5조의 유족급여와 별개로 지급(제6조)
- 과학기술정보통신부장관은 「행정규제기본법」 및 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 7월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말함)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 함(제7조)

2

학습내용

- 산업안전보건법의 주요 내용

목적

- 산업 안전 및 보건에 관한 기준을 확립하고 그 책임의 소재를 명확하게 하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 노무를 제공하는 사람의 안전 및 보건을 유지·증진함을 목적으로 함(제1조)

주요 용어

- “산업재해”란 노무를 제공하는 사람이 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업 또는 그 밖의 업무로 인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 걸리는 것을 말함(제2조제1호)
- “중대재해”란 산업재해 중 사망 등 재해 정도가 심하거나 다수의 재해자가 발생한 경우로서 고용노동부령으로 정하는 재해를 말함(제2조제2호)
- “근로자”란 「근로기준법」 제2조제1항제1호에 따른 근로자를, “사업주”란 근로자를 사용하여 사업을 하는 자를 말함(제2조제3호)
- “안전보건진단”이란 산업재해를 예방하기 위하여 잠재적 위험성을 발견하고 그 개선대책을 수립할 목적으로 조사·평가하는 것을 말함(제2조제12호)
- “작업환경측정”이란 작업환경 실태를 파악하기 위하여 해당 근로자 또는 작업장에 대하여 사업주가 유해인자에 대한 측정계획을 수립한 후 시료(試料)를 채취하고 분석·평가하는 것을 말함(제2조제13호)

사업주·근로자의 의무

- 근로자는 이 법과 이 법에 따른 명령으로 정하는 산업재해 예방을 위한 기준을 지켜야 하며, 사업주 또는 「근로기준법」 제101조에 따른 근로감독관, 공단 등 관계인이 실시하는 산업재해 예방에 관한 조치에 따라야 할 의무가 있음(제6조)
- 사업주(특수형태근로종사자로부터 노무를 제공받는 자와 물건의 수거·배달 등을 중개하는 자를 포함)는 ① 이 법과 이 법에 따른 명령으로 정하는 산업재해 예방을 위한 기준, ② 근로자의 신체적 피로와 정신적 스트레스 등을 줄일 수 있는 쾌적한 작업환경의 조성 및 근로조건 개선, ③ 해당 사업장의 안전 및 보건에 관한 정보를 근로자에게 제공과 같은 사항을 이행함으로써 근로자(특수형태근로종사자와 물건의 수거·배달 등을 하는 사람을 포함)의 안전 및 건강을 유지·증진시키고 국가의 산업재해 예방정책을 따라야 할 의무가 있음(제5조)

안전보건관리책임자

- 사업주는 사업장을 실질적으로 총괄하여 관리하는 사람에게 해당 사업장과 관련하여 ① 사업장의 산업재해 예방 계획의 수립에 관한 사항, ② 법 제25조 및 제26조에 따른 안전보건관리규정의 작성 및 변경에 관한 사항, ③ 법 제29조에 따른 안전보건교육에 관한 사항, ④ 작업환경측정 등 작업환경의 점검 및 개선에 관한 사항, ⑤ 법 제129조부터 제132조까지에 따른 근로자의 건강진단 등 건강관리에 관한 사항, ⑥ 산업재해의 원인 조사 및 재발 방지대책 수립에 관한 사항, ⑦ 산업재해에 관한 통계의 기록 및 유지에 관한 사항, ⑧ 안전장치 및 보호구 구입 시 적격품 여부 확인에 관한 사항, ⑨ 그 밖에 근로자의 유해·위험 방지조치에 관한 사항으로서 고용노동부령으로 정하는 사항의 업무를 총괄하여 관리하도록 하여야 하며(제15조제1항), 한편으로 이러한 업무를 총괄하여 관리하는 사람을 안전보건관리책임자라고 하며 안전관리자와 보건관리자를 지휘·감독하는 권한을 부여하고 있음(제15조제2항)

관리감독자·안전관리자·보건관리자

- 관리감독자는 사업장의 생산과 관련되는 업무와 그 소속 직원을 직접 지휘·감독하는 직위에 있는 사람으로서 산업 안전 및 보건에 관한 업무 등을 수행하며(제16조), 안전관리자는 안전에 관한 기술적인 사항에 관하여 사업주 또는 안전보건관리책임자를 보좌하고 관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 사람(제17조), 보건관리자는 보건에 관한 기술적인 사항에 관하여 사업주 또는 안전보건관리책임자를 보좌하고 관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 사람을 각각 말함(제18조)
- 보건관리자는 사업주가 사업장에 두는 자로서 법 제15조제1항 각 호의 사항 중 보건에 관한 기술적인 사항에 관하여 사업주 또는 안전보건관리책임자를 보좌하고 관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 사람을 말함(제18조제1항)

안전보건관리담당자

- 사업주는 사업장에 안전 및 보건에 관하여 사업주를 보좌하고 관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 사람(이하 “안전보건관리담당자”라 한다)을 두어야 함. 다만, 안전관리자 또는 보건관리자가 있거나 이를 두어야 하는 경우에는 예외가 인정됨(제19조)

안전관리자 등의 지도·조언

- 사업주, 안전보건관리책임자 및 관리감독자는 안전관리자, 보건관리자, 안전보건관리담당자, 안전관리전문기관 또는 보건관리전문기관(해당 업무를 위탁받은 경우에 한정)이 법 제15조제1항 각 호의 사항 중 안전 또는 보건에 관한 기술적인 사항에 관하여 지도·조언하는 경우에는 이에 상응하는 적절한 조치를 하여야 함(제20조)

안전보건관리규정

- 사업주는 사업장의 안전 및 보건을 유지하기 위하여 안전 및 보건에 관한 관리조직과 그 직무에 관한 사항, 안전보건교육에 관한 사항, 작업장의 안전 및 보건 관리에 관한 사항, 사고 조사 및 대책 수립에 관한 사항, 그 밖에 안전 및 보건에 관한 사항이 포함된 안전보건관리규정을 작성하여야 하며, 사업주와 근로자는 이러한 안전보건관리규정을 준수해야 함(제25조)
- 사업주는 안전보건관리규정을 작성하거나 변경할 때에는 산업안전보건위원회의 심의·의결을 거쳐야 하며, 다만, 산업안전보건위원회가 설치되어 있지 아니한 사업장의 경우에는 근로자대표의 동의를 받아야 함 / 사업주와 근로자는 안전보건관리규정을 지켜야 함(제26조)

안전보건교육

- 사업주는 소속 근로자에게 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 정기적으로 안전보건교육을 하여야 함(제29조 제1항)
- 사업주는 근로자를 채용할 때와 작업내용을 변경할 때에는 그 근로자에게 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 해당 작업에 필요한 안전보건교육을 하여야 함(제29조제2항)
- 사업주는 근로자를 유해하거나 위험한 작업에 채용하거나 그 작업으로 작업내용을 변경할 때에는 안전보건교육 외에 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 유해하거나 위험한 작업에 필요한 안전보건교육을 추가로 하여야 함(제29조제3항)
- 안전보건관리책임자 등에 대한 직무교육(법 제32조)

〈표-1〉 「산업안전보건법」상 안전보건관리책임자 등에 대한 직무교육 규정 내용(제32조)

제32조(안전보건관리책임자 등에 대한 직무교육) ① 사업주(제5호의 경우는 같은 호 각 목에 따른 기관의 장을 말한다)는 다음 각 호에 해당하는 사람에게 제33조에 따른 안전보건교육기관에서 직무와 관련한 안전보건교육을 이수하도록 하여야 한다. 다만, 다음 각 호에 해당하는 사람이 다른 법령에 따라 안전 및 보건에 관한 교육을 받는 등 고용노동부령으로 정하는 경우에는 안전보건교육의 전부 또는 일부를 하지 아니할 수 있다.

1. 안전보건관리책임자
2. 안전관리자
3. 보건관리자
4. 안전보건관리담당자
5. 다음 각 목의 기관에서 안전과 보건에 관련된 업무에 종사하는 사람
 - 가. 안전관리전문기관
 - 나. 보건관리전문기관
 - 다. 제74조에 따라 지정받은 건설재해예방전문지도기관
 - 라. 제96조에 따라 지정받은 안전검사기관

- 마. 제100조에 따라 지정받은 자율안전검사기관
 바. 제120조에 따라 지정받은 석면조사기관
 ② 제1항 각 호 외의 부분 본문에 따른 안전보건교육의 시간·내용 및 방법, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다.

유해·위험방지 조치

- 사업주는 「산업안전보건법」과 이 법에 따른 명령의 요지 및 안전보건관리규정을 각 사업장의 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시하거나 갖추어 두어 근로자에게 널리 알려야 함(제34조)
- 사업주는 건설물, 기계·기구·설비, 원재료, 가스, 증기, 분진, 근로자의 작업행동 또는 그 밖의 업무로 인한 유해·위험 요인을 찾아내어 부상 및 질병으로 이어질 수 있는 위험성의 크기가 허용 가능한 범위인지를 평가하여야 하고, 그 결과에 따라 이 법과 이 법에 따른 명령에 따른 조치를 하여야 하며, 근로자에 대한 위험 또는 건강장해를 방지하기 위하여 필요한 경우에는 추가적인 조치를 하여야 할 의무가 있음(제36조)
- 사업주는 유해하거나 위험한 장소·시설·물질에 대한 경고, 비상시에 대처하기 위한 지시·안내 또는 그 밖에 근로자의 안전 및 보건 의식을 고취하기 위한 사항 등을 그림, 기호 및 글자 등으로 나타낸 표지를 말하는 안전보건표지를 근로자가 쉽게 알아 볼 수 있도록 설치하거나 붙여야 함(제37조)
- 사업주는 기계·기구, 그 밖의 설비에 의한 위험, 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험, 전기, 열, 그 밖의 에너지에 의한 위험 중에 해당하는 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 함(제38조)

〈표-2〉 「산업안전보건법」에 따른 안전조치 규정내용(제38조)

- 제38조(안전조치) ① 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
1. 기계·기구, 그 밖의 설비에 의한 위험
 2. 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험
 3. 전기, 열, 그 밖의 에너지에 의한 위험
- ② 사업주는 굴착, 채석, 하역, 벌목, 운송, 조작, 운반, 해체, 중량물 취급, 그 밖의 작업을 할 때 불량한 작업방법 등에 의한 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- ③ 사업주는 근로자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 장소에서 작업을 할 때 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.
1. 근로자가 추락할 위험이 있는 장소
 2. 토사·구축물 등이 붕괴할 우려가 있는 장소
 3. 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 장소
 4. 천재지변으로 인한 위험이 발생할 우려가 있는 장소
- ④ 사업주가 제1항부터 제3항까지의 규정에 따라 하여야 하는 조치(이하 “안전조치”라 한다)에 관한 구체적인 사항은 고용노동부령으로 정한다.

- 사업주는 굴착, 채석, 하역, 벌목, 운송, 조작, 운반, 해체, 중량물 취급, 그 밖의 작업을 할 때 불량한 작업방법 등에 의한 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 함(제38조제2항)
- 사업주는 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 다음의 조치(이하 “보건조치”)를 할 수 있음(제39조)

〈표-3〉 「산업안전보건법」에 따른 보건조치 주요 용어(제39조)

구분	보건조치 내용
1	원재료·가스·증기·분진·흙(fume, 열이나 화학반응에 의하여 형성된 고체증기가 응축되어 생긴 미세 입자를 말한다)·미스트(mist, 공기 중에 떠다니는 작은 액체방울을 말한다)·산소결핍·병원체 등에 의한 건강장해
2	방사선·유해광선·고온·저온·초음파·소음·진동·이상기압 등에 의한 건강장해
3	사업장에서 배출되는 기체·액체 또는 찌꺼기 등에 의한 건강장해
4	계측감시(計測監視), 컴퓨터 단말기 조작, 정밀공작(精密工作) 등의 작업에 의한 건강장해
5	단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해
6	환기·채광·조명·보온·방습·청결 등의 적정기준을 유지하지 아니하여 발생하는 건강장해

- 근로자는 법 제38조(안전조치) 및 법 제39조(보건조치)에 따라 사업주가 한 조치로서 고용노동부령으로 정하는 조치 사항을 지켜야 할 의무가 있음(제40조)
- 사업주는 ① 대통령령으로 정하는 사업의 종류 및 규모에 해당하는 사업으로서 해당 제품의 생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물·기계·기구 및 설비 등 전부를 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경하려는 경우, ② 유해하거나 위험한 작업 또는 장소에서 사용하거나 건강장해를 방지하기 위하여 사용하는 기계·기구 및 설비로서 대통령령으로 정하는 기계·기구 및 설비를 설치·이전하거나 그 주요 구조부분을 변경하려는 경우, ③ 대통령령으로 정하는 크기, 높이 등에 해당하는 건설공사를 착공하려는 경우 중의 어느 하나에 해당하는 때에는 「산업안전보건법」 또는 이 법에 따른 명령에서 정하는 유해·위험 방지에 관한 사항을 적은 계획서를 의미하는 유해위험방지계획서를 작성하여 고용노동부장관에게 제출하고 심사를 받아야 함(제42조)
- 사업주는 사업장에 대통령령으로 정하는 유해하거나 위험한 설비가 있는 경우 그 설비로부터의 위험물질 누출, 화재 및 폭발 등으로 인하여 사업장 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근 지역에 피해를 줄 수 있는 사고로서 대통령령으로 정하는 사고를 의미하는 중대산업사고를 예방하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 공정안전보고서를 작성하고 고용노동부장관에게 제출하여 심사를 받아야 하며 이 경우 공정안전보고서의 내용이 중대산업사고를 예방하기 위하여 적합하다고 통보받기 전에는 관련된 유해하거나 위험한 설비를 가동하는 것이 금지됨(제44조)
- 고용노동부장관은 추락·붕괴, 화재·폭발, 유해하거나 위험한 물질의 누출 등 산업재해 발생의 위험이 현저히 높은 사업장의 사업주에게 안전보건진단기관이 실시하는 안전보건진단을 받을 것을 명할 수 있고 이러한 명령을 받은 사업주는 안전보건진단기관에 안전보건진단을 의뢰하여야 하며 안전보건진단에 적극 협조하여야 함(제47조)

- 고용노동부장관은 ① 산업재해율이 같은 업종의 규모별 평균 산업재해율보다 높은 사업장, ② 사업주가 필요한 안전조치 또는 보건조치를 이행하지 아니하여 중대재해가 발생한 사업장, ③ 대통령령으로 정하는 수 이상의 직업성 질병자가 발생한 사업장, ④ 법 제106조에 따른 유해인자의 노출기준을 초과한 사업장으로서 산업재해 예방을 위하여 종합적인 개선조치를 할 필요가 있다고 인정되는 사업장의 사업주에게 안전보건개선계획을 수립하여 시행할 것을 명할 수 있음(제49조)
- 사업주는 산업재해가 발생할 급박한 위험이 있을 때에는 즉시 작업을 중지시키고 근로자를 작업장소에서 대피시키는 등 안전 및 보건에 관하여 필요한 조치를 하여야 함(제51조)
- 근로자는 산업재해가 발생할 급박한 위험이 있는 경우에는 작업을 중지하고 대피할 수 있음(제52조)
- 고용노동부장관은 사업주가 사업장의 건설물 또는 그 부속건설물 및 기계·기구·설비·원재료(이하 “기계·설비등”이라 한다)에 대하여 안전 및 보건에 관하여 고용노동부령으로 정하는 필요한 조치를 하지 아니하여 근로자에게 현저한 유해·위험이 초래될 우려가 있다고 판단될 때에는 해당 기계·설비등에 대하여 사용중지·대체·제거 또는 시설의 개선, 그 밖에 안전 및 보건에 관하여 고용노동부령으로 정하는 필요한 조치(이하 “시정조치”라 한다)를 명할 수 있음(제53조)
- 사업주는 중대재해가 발생하였을 때에는 즉시 해당 작업을 중지시키고 근로자를 작업장소에서 대피시키는 등 안전 및 보건에 관하여 필요한 조치를 하여야 하며, 중대재해가 발생한 사실을 알게 된 경우에는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 지체 없이 고용노동부장관에게 보고하여야 함(제54조)
- 고용노동부장관은 중대재해가 발생하였을 때 중대재해가 발생한 해당 작업, 중대재해가 발생한 작업과 동일한 작업으로 인하여 해당 사업장에 산업재해가 다시 발생할 급박한 위험이 있다고 판단되는 경우에는 그 작업의 중지를 명할 수 있으며 중대재해가 발생하였을 때에는 그 원인 규명 또는 산업재해 예방대책 수립을 위하여 그 발생 원인을 조사할 수 있음(제55조·제56조)

유해·위험물질에 대한 조치

- 고용노동부장관은 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 근로자에게 건강장해를 일으키는 화학물질 및 물리적 인자 등을 의미하는 유해인자의 유해성·위험성 분류기준을 마련하여야 함(제104조)
- 고용노동부장관은 유해인자가 근로자의 건강에 미치는 유해성·위험성을 평가하고 그 결과를 관보 등에 공표할 수 있으며, 평가 결과 등을 고려하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 유해성·위험성 수준별로 유해인자를 구분하여 관리하여야 함(제105조)
- 고용노동부장관은 유해성·위험성 평가 결과 등 고용노동부령으로 정하는 사항을 고려하여 유해인자의 노출 기준을 정하여 고시하여야 함(제106조)
- 사업주는 발암성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령령으로 정하는 유해인자는 작업장 내의 그 노출 농도를 고용노동부령으로 정하는 허용기준 이하로 유지하여야 하며, 다만, ① 유해인자를 취급하거나 정화·배출하는 시설 및 설비의 설치나 개선이 현존하는 기술로 가능하지 아니한 경우, ② 천재지변 등으로 시설과 설비에 중대한 결함이 발생한 경우, ③ 고용노동부령으로 정하는 임시 작업과 단시간

작업의 경우 등에 대해서는 예외가 인정됨(제107조)

- 신규화학물질을 제조하거나 수입하려는 자는 이러한 신규화학물질에 의한 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 신규화학물질의 유해성·위험성을 조사하고 그 조사보고서를 고용노동부장관에게 제출하여야 하며, 유해성·위험성을 조사한 결과 해당 신규화학물질에 의한 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하는 경우 이를 즉시 시행하여야 함(제108조)
- 화학물질 또는 이를 포함한 혼합물로서 법 제104조에 따른 분류기준에 해당하는 것을 의미하는 물질안전보건자료대상물질을 제조하거나 수입하려는 자는 물질안전보건자료를 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 작성하여 고용노동부장관에게 제출하여야 함(제110조)
- 물질안전보건자료대상물질을 양도하거나 제공하는 자는 고용노동부령으로 정하는 방법에 따라 이를 담은 용기 및 포장에 경고표시를 하여야 하며, 사업주는 사업장에서 사용하는 물질안전보건자료대상물질을 담은 용기에 고용노동부령으로 정하는 방법에 따라 경고표시를 하여야 할 의무가 있음(제115조)

근로자 보건관리

- 사업주는 유해인자로부터 근로자의 건강을 보호하고 쾌적한 작업환경을 조성하기 위하여 인체에 해로운 작업을 하는 작업장으로서 고용노동부령으로 정하는 작업장에 대하여 고용노동부령으로 정하는 자격을 가진 자로 하여금 작업환경측정을 하도록 하여야 함(제125조제1항)
- 고용노동부장관은 법 제125조제1항 및 제2항에 따른 작업환경측정 결과에 대하여 그 신뢰성을 평가할 수 있으며, 사업주와 근로자는 고용노동부장관이 제1항에 따른 신뢰성을 평가할 때에는 적극적으로 협조하여야 함(제127조)
- 고용노동부장관은 작업장의 유해인자로부터 근로자의 건강을 보호하고 작업환경관리방법 등에 관한 전문연구를 촉진하기 위하여 유해인자별·업종별 작업환경전문연구기관을 지정하여 예산의 범위에서 필요한 지원을 할 수 있음(제128조)
- 사업주는 상시 사용하는 근로자의 건강관리를 위하여 건강진단(이하 “일반건강진단”이라 함)을 실시하여야 하며, 다만, 사업주가 고용노동부령으로 정하는 건강진단을 실시한 경우에는 그 건강진단을 받은 근로자에 대하여 일반건강진단을 실시한 것으로 간주함(제129조제1항)
- 사업주는 법 제135조제1항에 따른 특수건강진단기관 또는 「건강검진기본법」 제3조제2호에 따른 건강검진기관(이하 “건강진단기관”이라 한다)에서 일반건강진단을 실시하여야 함(제129조제2항)
- 사업주는 ① 고용노동부령으로 정하는 유해인자에 노출되는 업무(이하 “특수건강진단대상업무”라 한다)에 종사하는 근로자, ② 법 제130조제1항제1호, 법 제130조제3항 및 제131조에 따른 건강진단 실시 결과 직업병 소견이 있는 근로자로 판정받아 작업 전환을 하거나 작업 장소를 변경하여 해당 판정의 원인이 된 특수건강진단 대상업무에 종사하지 아니하는 사람으로서 해당 유해인자에 대한 건강진단이 필요하다는 「의료법」 제2조에 따른 의사의 소견이 있는 근로자의 건강관리를 위하여 건강진단(이하 “특수건강진단”이라 함)을 실시하여야 함(제130조제1항)

- 사업주가 고용노동부령으로 정하는 건강진단을 실시한 경우에는 그 건강진단을 받은 근로자에 대하여 해당 유해인자에 대한 특수건강진단을 실시한 것으로 간주함(제130조제1항 단서)
- 사업주는 특수건강진단대상업무에 종사할 근로자의 배치 예정 업무에 대한 적합성 평가를 위하여 건강진단(이하 “배치전건강진단”이라 함)을 실시하여야 함(제130조제2항)
- 사업주는 특수건강진단대상업무에 따른 유해인자로 인한 것이라고 의심되는 건강장애 증상을 보이거나 의학적 소견이 있는 근로자 중 보건관리자 등이 사업주에게 건강진단 실시를 건의하는 등 고용노동부령으로 정하는 근로자에 대하여 건강진단(이하 “수시건강진단”이라 함)을 실시하여야 함(제130조제3항)
- 고용노동부장관은 같은 유해인자에 노출되는 근로자들에게 유사한 질병의 증상이 발생한 경우 등 고용노동부령으로 정하는 경우에는 근로자의 건강을 보호하기 위하여 사업주에게 특정 근로자에 대한 건강진단(이하 “임시건강진단”이라 함)의 실시나 작업전환, 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있음(제131조)
- 사업주는 법 제129조부터 법 제131조까지의 규정에 따른 건강진단을 실시하는 경우 근로자대표가 요구하면 근로자대표를 참석시켜야 함(제132조제1항)
- 사업주는 산업안전보건위원회 또는 근로자대표가 요구할 때에는 직접 또는 법 제129조부터 제131조까지의 규정에 따른 건강진단을 한 건강진단기관에 건강진단 결과에 대하여 설명하도록 하여야 함(다만, 개별 근로자의 건강진단 결과는 본인의 동의 없이 공개해서는 아니 됨)(제132조제2항)
- 사업주는 법 제129조부터 제131조까지의 규정에 따른 건강진단의 결과를 근로자의 건강 보호 및 유지 외의 목적으로 사용해서는 아니 됨(제132조제3항)
- 사업주는 법 제129조부터 제131조까지의 규정 또는 다른 법령에 따른 건강진단의 결과 근로자의 건강을 유지하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 작업장소 변경, 작업 전환, 근로시간 단축, 야간근로(오후 10시부터 다음 날 오전 6시까지 사이의 근로를 말함)의 제한, 작업환경측정 또는 시설·설비의 설치·개선 등 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 적절한 조치를 하여야 함(제132조제4항)
- 법 제132조제4항에 따라 적절한 조치를 하여야 하는 사업주로서 고용노동부령으로 정하는 사업주는 그 조치 결과를 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 제출하여야 함(제132조제5항)
- 근로자는 법 제129조부터 제131조까지의 규정에 따라 사업주가 실시하는 건강진단을 받아야 함(다만, 사업주가 지정한 건강진단기관이 아닌 건강진단기관으로부터 이에 상응하는 건강진단을 받아 그 결과를 증명하는 서류를 사업주에게 제출하는 경우에는 사업주가 실시하는 건강진단을 받은 것으로 봄)(제133조)
- 건강진단기관은 법 제129조부터 제131조까지의 규정에 따른 건강진단을 실시한 때에는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 결과를 근로자 및 사업주에게 통보하고 고용노동부장관에게 보고하여야 함(제134조제1항)
- 법 제129조제1항 단서에 따라 건강진단을 실시한 기관은 사업주가 근로자의 건강보호를 위하여 그 결과를 요청하는 경우 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 결과를 사업주에게 통보하여야 함(제134조제2항)
- 고용노동부장관은 고용노동부령으로 정하는 건강장애가 발생할 우려가 있는 업무에 종사하였거나 종사하고 있는 사람 중 고용노동부령으로 정하는 요건을 갖춘 사람의 직업병 조기발견 및 지속적인 건강관리를 위하여 건강관리카드를 발급하여야 함(제137조제1항)

- 건강관리카드를 발급받은 사람이 「산업재해보상보험법」 제41조에 따라 요양급여를 신청하는 경우에는 건강관리카드를 제출함으로써 해당 재해에 관한 의학적 소견을 적은 서류의 제출을 대신할 수 있음(제137조제2항)
- 건강관리카드를 발급받은 사람은 그 건강관리카드를 타인에게 양도하거나 대여해서는 아니 됨(제137조제3항)
- 건강관리카드를 발급받은 사람 중 건강관리카드를 발급받은 업무에 종사하지 아니하는 사람은 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 특수건강진단에 준하는 건강진단을 받을 수 있음(제137조제4항)
- 사업주는 감염병, 정신질환 또는 근로로 인하여 병세가 크게 악화될 우려가 있는 질병으로서 고용노동부령으로 정하는 질병에 걸린 사람에게는 「의료법」 제2조에 따른 의사의 진단에 따라 근로를 금지하거나 제한하여야 하며, 근로가 금지되거나 제한된 근로자가 건강을 회복하였을 때에는 지체 없이 근로를 할 수 있도록 하여야 함(제138조)
- 사업주는 유해하거나 위험한 작업으로서 높은 기압에서 하는 작업 등 대통령령으로 정하는 작업에 종사하는 근로자에게는 1일 6시간, 1주 34시간을 초과하여 근로하게 해서는 아니 됨(제139조제1항)
- 사업주는 대통령령으로 정하는 유해하거나 위험한 작업에 종사하는 근로자에게 필요한 안전조치 및 보건조치 외에 작업과 휴식의 적절한 배분 및 근로시간과 관련된 근로조건의 개선을 통하여 근로자의 건강 보호를 위한 조치를 하여야 함(제139조제2항)
- 사업주는 유해하거나 위험한 작업으로서 상당한 지식이나 숙련도가 요구되는 고용노동부령으로 정하는 작업의 경우 그 작업에 필요한 자격·면허·경험 또는 기능을 가진 근로자가 아닌 사람에게 그 작업을 하게 해서는 아니 됨(제140조)
- 고용노동부장관은 직업성 질환의 진단 및 예방, 발생 원인의 규명을 위하여 필요하다고 인정할 때에는 근로자의 질환과 작업장의 유해요인의 상관관계에 관한 역학조사(이하 “역학조사”라 함)를 할 수 있음(이 경우 사업주 또는 근로자대표, 그 밖에 고용노동부령으로 정하는 사람이 요구할 때 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 역학조사에 참석하게 할 수 있음)(제141조제1항)
- 사업주 및 근로자는 고용노동부장관이 역학조사를 실시하는 경우 적극 협조하여야 하며, 정당한 사유 없이 역학조사를 거부·방해하거나 기피해서는 아니 됨(제141조제2항)
- 누구든지 역학조사 참석이 허용된 사람의 역학조사 참석을 거부하거나 방해해서는 아니 됨(제141조제3항)
- 역학조사에 참석하는 사람은 역학조사 참석과정에서 알게 된 비밀을 누설하거나 도용해서는 아니 됨(제141조제4항)
- 고용노동부장관은 역학조사를 위하여 필요하면 법 제129조부터 제131조까지의 규정에 따른 근로자의 건강진단 결과, 「국민건강보험법」에 따른 요양급여기록 및 건강검진 결과, 「고용보험법」에 따른 고용정보, 「암관리법」에 따른 질병정보 및 사망원인 정보 등을 관련 기관에 요청할 수 있으며 이 경우 자료의 제출을 요청받은 기관은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 함(제141조제5항)

3

학습내용

- 고압가스안전관리법 등의 주요 내용

「고압가스 안전관리법」 목적

- 고압가스의 제조·저장·판매·운반·사용과 고압가스의 용기·냉동기·특정설비 등의 제조와 검사 등에 관한 사항 및 가스안전에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 고압가스 등으로 인한 위해(危害)를 방지하고 공공의 안전을 확보함을 목적으로 함(제1조)

「고압가스 안전관리법」 주요 용어 / 적용범위

- 「고압가스 안전관리법」에서 사용되는 핵심적 용어(저장소, 용기, 저장탱크, 냉동기, 안전설비, 정밀안전진단 등)의 의미(제3조)
- 「고압가스 안전관리법」의 적용을 받거나 또는 제외되는 고압가스의 종류와 범위(제2조)
- 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」과 「도시가스사업법」에서 규정한 사항에 대하여는 「고압가스안전관리법」을 적용하지 아니하며, 고압가스제조자와 고압가스판매자가 고압가스를 판매하는 경우에는 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제10조(부산물인 석유제품의 판매업에 관한 사항은 제외)를 적용하지 아니함(제37조)

고압가스의 제조허가 등

- 원칙적으로 고압가스를 제조(용기 또는 차량에 고정된 탱크에 충전하는 것을 포함)하려는 자는 그 제조소마다 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장(구청장은 자치구의 구청장을 말하며, 이하 “시장·군수 또는 구청장”이라 함)의 허가를 받아야 함(제4조제1항)
- 고압가스제조업의 신고대상(제4조제2항 및 영 제4조)
- 용기·냉동기 또는 특정설비(이하 “용기등”이라 한다)를 제조하려는 자, 고압가스의 수입을 업(業)으로 하려는 자, 고압가스 운반차량을 이용하여 고압가스를 운반하려는 자는 시장·군수 또는 구청장에게 등록하여야 함(제5조, 제5조의3, 제5조의4)

고압가스 안전관리를 위한 각종 의무

- 고압가스의 제조허가를 받거나 제조신고를 한 자(이하 “고압가스제조자”라 한다) 또는 고압가스의 판매허가를 받은 자(이하 “고압가스판매자”라 한다)가 고압가스를 수요자에게 공급할 때에는 그 수요자의 시설에 대하여 안전점검을 하여야 하며, 수요자에게 위해 예방에 필요한 사항을 계도하여야 함(제10조제1항)

- 고압가스제조자나 고압가스판매자는 안전점검을 한 결과 수요자의 시설 중 개선되어야 할 사항이 있다고 판단되면 그 수요자에게 그 시설을 개선하도록 하여야 하며, 고압가스의 수요자가 그 시설을 개선하지 아니하면 그 수요자에 대한 고압가스의 공급을 중지하고 지체 없이 그 사실을 시장·군수 또는 구청장에게 신고하여야 하고 이러한 신고를 받은 시장·군수 또는 구청장은 고압가스의 수요자에게 그 시설의 개선을 명하여야 함(제10조 제2항부터 제4항)
- 사업자등은 그 사업의 개시(開始)나 저장소의 사용 전에 고압가스의 제조·저장·판매의 시설 또는 용기등의 제조시설의 안전유지에 관하여 산업통상자원부령으로 정하는 사항을 포함한 안전관리규정을 정하고 이를 허가관청·신고관청 또는 등록관청에 제출하여야 함(제11조)
- ① 「석유 및 석유대체연료 사업법」에 따른 석유정제사업자의 고압가스시설로서 저장능력이 100톤 이상인 것, 또는 ② 석유화학공업자 또는 지원사업을 하는 자의 고압가스시설로서 1일 처리능력이 1만 세제곱미터 이상 또는 저장능력이 100톤 이상인 것, 또는 ③ 「비료관리법」에 따른 비료생산업자의 고압가스시설로서 1일 처리능력이 10만 세제곱미터 이상 또는 저장능력이 100톤 이상인 시설을 보유한 사업자등은 경영방침, 조직관리, 자료·정보관리, 시설관리, 종업원 안전교육 등 전체 경영활동에서 안전을 우선으로 하고 이를 통하여 종합적으로 안전이 확보될 수 있도록 하기 위하여 필요한 사항을 안전관리규정에 포함시켜야 함. 또한 이에 해당하는 사업자등은 산업통상자원부령으로 정하는 시설에 대하여 안전성 평가를 하고 안전성향상계획을 작성하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 허가관청에 제출하거나 사무소에 갖추어 두어야 함(제13조의2)
- 안전관리규정을 제출한 자와 그 종사자는 안전관리규정을 지키고, 그 실시기록을 작성·보존하여야 할 의무가 있으며 허가관청·신고관청 또는 등록관청은 사업자등 및 그 종사자가 이러한 안전관리규정을 지키고 있는지를 확인하고 이를 평가하여야 함(제11조제5항, 제6항)
- 고압가스제조자가 고압가스를 용기에 충전하려면 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 미리 용기의 안전을 점검한 후 점검기준에 맞는 용기에 충전하여야 하며, 또한 고압가스제조자나 고압가스판매자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 용기를 안전하게 유지·관리하여야 할 의무가 있음(제13조)
- 사업자등과 같은 법 제20조제4항에 따른 특정고압가스 사용신고자는 그 시설 및 용기등의 안전 확보와 위해 방지에 관한 직무를 수행하게 하기 위하여 사업 개시 전이나 특정고압가스의 사용 전에 안전관리자를 선임하여야 함(제15조)
- 법 제4조에 따른 허가를 받거나 신고를 한 자 또는 법 제5조의3에 따른 등록을 한 자가 고압가스의 제조·저장·판매 또는 수입시설의 설치공사나 변경공사를 할 때에는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 그 공사의 공정별(工程別)로 허가관청이나 신고관청의 중간검사를 받아야 함(제16조)
- 법 제4조에 따른 허가를 받은 자(고압가스판매자 중 용기에 의한 고압가스판매자는 제외한다)나 신고를 한 자 또는 법 제5조의3에 따라 등록을 한 자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 정기적으로 또는 수시로 허가관청·신고관청 또는 등록관청의 검사를 받아야 함(제16조의2)
- 고압가스제조자는 고압가스제조시설로서 산업통상자원부령으로 정하는 종류와 규모에 해당되는 노후시설에 대하여 가스안전관리 전문기관으로서 대통령령으로 정하는 기관으로부터 4년의 범위에서 산업통상자원부령으로 정하는 기간마다 정밀안전검진을 정기적으로 받아야 할 의무가 있음(제16조의3)

- 산업통상자원부장관은 고압가스의 적절한 품질을 확보하기 위하여 필요한 경우 냉매로 사용되는 가스 등 대통령령으로 정하는 종류의 고압가스에 대한 품질기준을 정할 수 있는데, 이에 따라 「고압가스의 품질기준과 품질검사방법 등에 관한 고시(산업통상자원부고시 제2017-68호, 2017. 5. 23., 일부개정)」가 시행되고 있음(제18조의2)
- 고압가스제조자 및 고압가스 수입자는 고압가스를 판매하거나 인도하려는 경우 고압가스가 법 제18조의 2제1항에 따른 품질기준에 맞는지 확인하기 위하여 대통령령으로 정하는 고압가스 품질검사기관으로부터 품질검사를 받아야 함(제18조의3)
- 수소·산소·액화암모니아·아세틸렌·액화염소·천연가스·압축모노실란·압축디보레인·액화알진, 그 밖에 대통령령으로 정하는 고압가스(이하 “특정고압가스”라 한다)를 사용하려는 자로서 일정규모 이상의 저장능력을 가진 자 등 산업통상자원부령으로 정하는 자는 특정고압가스를 사용하기 전에 미리 시장·군수 또는 구청장에게 신고하여야 함(제20조제1항)
- 특정고압가스 사용신고자가 특정고압가스의 사용시설의 설치나 변경공사를 완공하면 그 시설의 사용 전에 신고를 받은 관청의 완성검사를 받아야 하며, 정기적으로 신고를 받은 관청의 정기검사를 받아야 함(제20조제4항)
- 고압가스를 양도·양수·운반 또는 휴대할 때에는 산업통상자원부령으로 정하는 기준에 따라야 하며, 허가관청이나 경찰서장은 이러한 기준에 위반된 고압가스의 양도·양수·운반·휴대를 금지 또는 제한하거나 고압가스를 임시 영치할 수 있음(제22조)

고압가스 안전사고 관련 대비와 후속조치

- 허가관청·신고관청 또는 사용신고관청은 고압가스의 제조·저장·판매·사용의 시설이나 용기등(이하 이 항에서 “시설등”이라 한다)으로 인하여 위해가 발생하거나 발생할 우려가 있다고 인정하면 그 시설등의 이전·사용정지 또는 제한을 명하거나 그 시설등의 안에 있는 고압가스의 폐기를 명할 수 있으며, 그 시설등을 봉인할 수 있음(제24조제2항)
- 사업자등, 특정고압가스 사용신고자 또는 용기등을 수입한 자는 고압가스의 사고로 인한 타인의 생명·신체나 재산상의 손해를 보상하기 위하여 보험에 가입하여야 함(제25조)
- 사업자등과 특정고압가스 사용신고자는 그의 시설이나 제품과 관련하여 ① 사람이 사망한 사고, ② 사람이 부상당하거나 중독된 사고, ③ 가스누출에 의한 폭발 또는 화재사고, ④ 가스시설이 손괴되거나 가스누출로 인하여 인명대피나 공급중단이 발생한 사고, ⑤ 그 밖에 가스시설이 손괴(損壞)되거나 가스가 누출된 사고로서 산업통상자원부령으로 정하는 사고가 발생하면 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 즉시 한국가스안전공사에 통보하여야 하며, 통보를 받은 한국가스안전공사는 이를 시장·군수 또는 구청장에게 보고하여야 하고 이러한 통보를 받은 한국가스안전공사는 사고재발 방지와 그 밖의 가스사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하면 그 원인과 경위 등 사고에 관한 조사를 할 수 있음(제26조)
- 산업통상자원부장관은 중대한 가스사고의 조사를 위하여 필요하다고 인정되는 때에는 가스사고조사위원회를 구성·운영할 수 있는바, 위원회는 중대한 가스사고의 조사를 마친 때에는 사고의 재발 방지를 위한 대책을 산업통상자원부장관, 허가관청, 신고관청, 등록관청 또는 사용신고관청에 권고 또는 건의할 수 있음(제26조의2)

「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 목적

- 액화석유가스의 수출입·충전·저장·판매·사용 및 가스용품의 안전 관리에 관한 사항을 정하여 공공의 안전을 확보하고 액화석유가스사업을 합리적으로 조정하여 액화석유가스를 적정히 공급·사용하게 함을 목적으로 함(제1조)

「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 주요 용어 / 다른 법률과의 관계

- 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」에서 사용되는 핵심적 용어(액화석유가스, 정밀안전진단 등)의 의미(제2조)
- 액화석유가스에 관하여 이 법에서 규정하지 아니한 사항에 대하여는 「고압가스 안전관리법」과 「도시가스사업법」을 적용하며, 액화석유가스 충전사업자, 액화석유가스 판매사업자가 액화석유가스를 판매하는 경우에는 석유판매업의 등록 등에 관한 사항을 규정하고 있는 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제10조를 적용하지 않음(제4조)

액화석유가스사업 등에 대한 규제

- 액화석유가스 충전사업, 가스용품 제조사업 또는 액화석유가스 집단공급사업을 하려는 자는 그 사업소마다 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수 또는 구청장(구청장은 자치구의 구청장을 말하며, 이하 “시장·군수·구청장”이라 한다)의 허가를 받아야 함(제5조제1항)
- 액화석유가스 판매사업을 하려는 자는 판매소마다 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 하며, 이 경우 허가를 받은 액화석유가스 판매사업자가 액화석유가스를 용기로 판매하는 경우에는 그 허가를 받은 지역의 특별자치시·특별자치도·시·군·구(구는 자치구를 말하며, 이하 “시·군·구”라 한다)를 관할구역으로 하는 특별시·광역시·특별자치시·도 또는 특별자치도(이하 “시·도”라 한다) 지역에서만 판매할 수 있음(제5조제2항)
- 액화석유가스 저장소를 설치하려는 자는 그 저장소마다 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 하며, 허가받은 사항 중 산업통상자원부령으로 정하는 중요한 사항을 변경하려면 시장·군수·구청장의 변경허가를 받아야 함. 다만, 허가받은 사항 중 산업통상자원부령으로 정하는 경미한 사항을 변경하려면 그 사항을 신고하여야 함(제8조)
- 액화석유가스 사업자등은 ① 사업이나 액화석유가스 저장소의 사용을 시작하거나 폐업하려는 경우, ② 사업이나 액화석유가스 저장소의 사용을 일정 기간 중단하거나 중단 후 이를 재개하려는 경우에 해당하는 경우에는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 허가관청 또는 등록관청에게 신고하여야 함(제11조)
- 액화석유가스 충전사업자는 액화석유가스를 용기에 충전하는 경우에는 그 용기에 충전량 및 그 사업자의 상호를 표시하여야 하며, 이러한 표시를 위하여 충전량을 계량(計量)할 때에는 산업통상자원부령으로 정하는 허용 오차를 넘지 아니하도록 하여야 함. 또한 액화석유가스 판매사업자는 이러한 표시를 훼손하거나 용기에 충전된 액화석유가스의 양을 줄이는 것이 금지됨(제23조)
- 액화석유가스 충전사업자는 액화석유가스를 자동차에 고정된 용기에 충전하는 경우 산업통상자원부령으로

정하는 허용오차를 벗어나 정량에 미달되게 공급해서는 아니 되며, 또한 액화석유가스를 자동차에 고정된 용기에 충전하는 경우 정량에 미달되게 공급하려는 목적으로 영업시설을 설치·개조하거나 그 설치·개조한 영업시설을 양수·임차하여 사용하는 행위를 하여서는 안 됨(제23조의2)

액화석유가스의 안전관리

- 액화석유가스 충전사업자, 액화석유가스 집단공급사업자 및 액화석유가스 판매사업자(이하 “가스공급자”라 한다)가 액화석유가스를 수요자(액화석유가스 사업자등은 제외)에게 공급할 때에는 그 수요자의 시설에 대하여 안전 점검을 하고, 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 수요자에게 위해를 예방하는 데에 필요한 사항을 지도하여야 함(제30조제1항)
- 가스공급자는 안전 점검을 한 결과, 수요자의 시설이 법 제44조제1항에 따른 시설기준과 기술기준에 맞지 아니하다고 판단되면 그 수요자에게 해당 시설을 개선하도록 권고하여야 하며, 이러한 시설 개선 권고를 받고도 액화석유가스의 수요자가 시설을 개선하지 아니하면 가스 공급 차단 등 위해를 예방하기 위한 조치를 하고, 지체 없이 그 사실을 그 수요자가 소재하는 지역의 시장·군수·구청장에게 신고하여야 함(제30조제2항)
- 가스공급자는 안전관리규정에 따른 가스사용시설의 안전관리업무를 효율적으로 수행하기 위하여 그 업무의 일부를 대행하게 할 경우에는 산업통상자원부령으로 정하는 자격을 갖춘 자인 가스사용시설 안전관리업무 대행자로 하여금 그 업무의 일부를 대행하게 할 수 있음(제30조의2)
- 액화석유가스 사업자등(액화석유가스 위탁운송사업자는 제외)은 그 시설 및 용기·가스용품 등의 안전 유지에 관하여 산업통상자원부령으로 정하는 사항을 포함한 안전관리규정을 정하고 사업을 시작할 때에 그 안전관리규정을 허가관청에 제출하여야 함(제31조제1항)
- 액화석유가스 충전사업자 또는 액화석유가스 저장자로서 각각 액화석유가스의 저장능력이 1천톤 이상인 저장시설을 보유한 액화석유가스 사업자등은 경영 방침, 조직 관리, 자료·정보 관리, 시설 관리, 종업원 안전교육 등 경영 활동 전반에서 안전을 우선으로 하고, 이를 통하여 종합적으로 안전을 확보할 수 있도록 필요한 사항을 안전관리규정에 포함시켜야 함(제31조제2항)
- 안전관리규정을 제출한 자(가스사용시설 안전관리업무 대행자를 포함)와 그 종사자는 안전관리규정을 지키고, 그 실시 기록을 작성하고 보존하여야 하며, 허가관청은 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 액화석유가스 사업자등과 그 종사자가 이러한 안전관리규정을 지키고 있는지를 확인하고 평가하여야 함(제31조 제5항 및 제6항)
- 액화석유가스 사업자등(액화석유가스 위탁운송사업자는 제외)은 액화석유가스의 충전시설, 집단공급시설, 판매시설, 영업소시설, 저장시설 또는 가스용품 제조시설을 법 제5조제4항 및 제6항이나 법 제8조제3항에 따른 시설기준과 기술기준에 맞도록 유지하여야 함(제32조)
- 액화석유가스 사업자등과 액화석유가스 특정사용자는 그 시설·용기·가스용품 등의 안전 확보와 위해 방지에 관한 직무를 수행하게 하기 위하여 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 사업을 시작하거나 액화석유가스를 사용하기 전에 안전관리자를 선임하여야 함(제34조)
- 안전관리자를 선임한 자는 ① 안전관리자가 여행·질병이나 그 밖의 사유로 일시적으로 그 직무를 수행할 수 없는

경우, ② 안전관리자의 해임 또는 퇴직과 동시에 다른 안전관리자가 선임되지 아니한 경우에 해당하는 경우에는 대리자를 지정하여 일시적으로 안전관리자의 직무를 대행하게 하여야 함(제34조제3항)

- 액화석유가스 충전사업자, 액화석유가스 집단공급사업자(액화석유가스 배관망공급사업자는 제외), 액화석유가스 판매사업자 및 액화석유가스 저장자는 액화석유가스의 충전시설, 집단공급시설, 판매시설, 저장시설의 설치공사 또는 변경공사 중 시설을 지하에 매설하는 공사 등 산업통상자원부령으로 정하는 공사를 할 때에는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 그 공사의 공정별(工程別)로 허가관청의 안전성 확인을 받아야 함(제36조)
- 액화석유가스 충전사업자, 액화석유가스 저장자 및 액화석유가스 배관망공급사업자는 ① 저장설비(지하 암반 동굴식 저장탱크는 제외한다)의 저장능력의 총합계가 1천 톤 이상인 사업소, 저장소 또는 제조소에 설치된 시설로서 최초로 완성검사 증명서 또는 시공감리증명서를 받은 날부터 15년이 지난 시설, ② 액화석유가스 배관망공급사업자의 제조소 밖에 설치된 배관 중 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조제1호에 따른 도시지역에 설치된 최고사용압력이 0.01메가파스칼 이상인 본관 및 공급관(사용자공급관은 제외한다)으로서 최초로 시공감리증명서를 받은 날부터 20년이 지난 배관에 대하여 한국가스안전공사가 실시하는 정밀안전진단 및 안전성평가를 정기적으로 받아야 함(제38조)
- 산업통상자원부장관은 가스용품의 안전성 확보를 위하여 필요하다고 인정할 때에는 가스용품의 종류를 지정하여 가스용품 제조사업자에게 「산업표준화법」 제15조에 따른 인증을 받아 그 가스용품을 판매하게 할 수 있음(제40조)
- 액화석유가스 사업자등과 시공자 및 액화석유가스 특정사용자(액화석유가스를 자동차의 연료로 사용하는 자는 제외한다)의 안전 관리에 관계되는 업무를 하는 자는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)가 실시하는 교육을 받아야 하며, 그가 고용하고 있는 자 중에서 이러한 교육을 받아야 하는 자에게 안전교육을 받게 하여야 할 의무가 있음(제41조)

액화석유가스 안전 사고 대응

- 액화석유가스 사업자등과 액화석유가스 특정사용자는 그의 시설이나 제품과 관련하여 ① 사람이 사망한 사고, ② 사람이 부상당하거나 중독된 사고, ③ 가스누출에 의한 폭발 또는 화재 사고, ④ 가스시설이 손괴되거나 가스누출로 인하여 인명대피나 공급중단이 발생한 사고, ⑤ 그 밖에 가스시설이 손괴되거나 가스가 누출된 사고로서 산업통상자원부령으로 정하는 사고가 발생하면 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 즉시 한국가스안전공사에 알려야 하며, 한국가스안전공사는 통보받은 내용을 허가관청, 등록관청 또는 시장·군수·구청장에게 보고하여야 함(제56조제1항)
- 액화석유가스 사업자등과 액화석유가스 특정사용자로부터 통보를 받은 한국가스안전공사는 사고 재발 방지와 그 밖에 가스사고 예방을 위하여 필요하다고 인정할 때에는 그 원인과 경위 등 사고에 관한 조사를 할 수 있음(제56조제2항)
- 액화석유가스 사업자등, 가스용품을 수입한 자, 액화석유가스시설의 시공자와 액화석유가스 특정사용자는 사고로 인한 타인의 생명·신체나 재산상의 손해를 보상하기 위하여 보험에 가입하여야 할 의무가 있음(제57조)

「도시가스사업법」 목적

- 도시가스사업을 합리적으로 조정·육성하여 사용자의 이익을 보호하고 도시가스사업의 건전한 발전을 도모하며, 가스공급시설과 가스사용시설의 설치·유지 및 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 공공의 안전을 확보함을 목적으로 함(제1조)

「도시가스사업법」 주요 용어 / 다른 법률과의 관계

- 「도시가스사업법」에서 사용되는 핵심적 용어(도시가스, 도시가스사업, 도시가스사업자, 나프타부생가스·바이오가스제조사업, 정밀안전진단 등)의 의미(제2조)
- 가스공급시설이나 가스사용시설에 관하여 이 법에서 규정하지 아니한 사항에 대하여는 「고압가스 안전관리법」과 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」을 적용하며, 도시가스사업자가 도시가스를 판매하는 경우에는 석유 판매업의 등록 등 진입규제의 법적 근거인 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제10조를 적용하지 않음(제46조)

도시가스 안전관리

- 도시가스사업자는 그 사업 개시 전에 가스공급시설과 가스사용시설의 안전유지에 관한 안전관리규정을 정하여 한국가스안전공사의 의견서와 함께 산업통상자원부장관, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장에게 제출하여야 함(제26조제1항)
- 안전관리규정에는 경영방침, 조직관리, 자료·정보관리, 시설관리 등 전체 경영활동에서 안전을 우선으로 하고 이를 통하여 종합적으로 안전이 확보될 수 있도록 하기 위하여 필요한 사항을 포함하여야 함(제26조제2항)
- 도시가스사업자 및 가스사용시설 안전관리업무 대행자와 그 각각의 종사자는 안전관리규정을 지키고 그 실시기록을 작성·보존하여야 함(제26조제4항)
- 산업통상자원부장관, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 도시가스사업자 및 가스사용시설 안전관리업무 대행자와 그 각각의 종사자가 안전관리규정을 지키고 있는지를 확인하고 이를 평가하여야 함(제26조제5항)
- 도시가스사업자 또는 특정가스사용시설의 사용자는 가스공급시설이나 특정가스사용시설을 법 제12조제2항에 따른 시설별 시설기준과 기술기준에 적합하도록 유지하여야 할 의무가 있음(제26조의2)
- 일반도시가스사업자는 안전관리규정에 따른 가스사용시설의 안전관리업무를 효율적으로 수행하기 위하여 그 업무의 일부를 대행하게 할 경우에는 산업통상자원부령으로 정하는 자격을 갖춘 가스사용시설 안전관리업무 대행자로 하여금 그 업무를 대행하게 하여야 함(제28조제1항)
- 가스사용자가 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」에 따른 액화석유가스의 사용시설을 가스사용시설로 변경하여 도시가스를 사용하려는 경우 일반도시가스사업자, 시공자 및 가스사용자는 액화석유가스의 사용시설에 대하여 액화석유가스의 용기 및 부대설비의 철거 등 산업통상자원부령으로 정하는 안전조치를 하여야 함(제28조의2)

- 도시가스배관이 설치된 건축물을 증축·개축·대수선·철거 공사를 하려는 경우 그 공사의 시행자는 도시가스를 공급하고 있는 도시가스사업자에게 해당 공사를 시작하기 7일 전까지 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 공사의 일시·내용 등을 포함한 공사계획을 알려 주어야 함(제28조의3제1항)
- 건축물 공사의 시행자와 해당 도시가스사업자는 가스배관시설 및 가스사용시설에 대하여 가스차단밸브 잠금조치, 배관 내의 잔류가스 제거 등 산업통상자원부령으로 정하는 안전조치를 하여야 함(제28조의3제2항)
- 도시가스사업자 및 건축물의 소유자, 특정가스사용시설의 관리업무를 위탁한 경우에는 그 시설관리업무를 위탁받은 자, 시장·군수·구청장이 주소 또는 거소의 불명, 그 밖의 사유로 부득이 특정가스사용시설의 사용자가 안전관리자를 선임하기 어렵다고 인정하는 경우에는 건축물의 임차인 또는 점유자 중 어느 하나에 해당하는 특정가스사용시설의 사용자는 가스공급시설이나 특정가스사용시설의 안전 유지 및 운용에 관한 직무를 수행하게 하기 위하여 사업 개시 또는 사용 전에 안전관리자를 선임하여야 함. 이 경우 「산업안전보건법」 제17조에 따라 선임된 안전관리자는 이 법에 따라 선임된 안전관리자로 간주함(제29조제1항)
- 안전관리자를 선임한 자는 안전관리자가 여행·질병이나 그 밖의 사유로 일시적으로 그 직무를 수행할 수 없는 경우 또는 안전관리자의 해임 또는 퇴직과 동시에 다른 안전관리자가 선임되지 아니한 경우가 발생하면 대리자를 지정하여 일시적으로 안전관리자의 직무를 대행하게 하여야 함(제29조제2항)
- 도시가스사업자, 시공자 및 특정가스사용시설의 사용자의 안전관리에 관계되는 업무를 행하는 자는 산업통상자원부장관, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 실시하는 안전교육을 받아야 함(제30조제1항)
- 도시가스사업자, 시공자 및 특정가스사용시설의 사용자는 그가 고용하고 있는 자 중 제1항에 따른 안전교육 대상자에게 안전교육을 받게 하여야 함(제30조제2항)

도시가스 사고 관련 대응

- 도시가스사업자는 가스공급시설 및 그가 공급하는 가스의 사용시설과 관련하여 ① 사람이 사망한 사고, ② 사람이 부상당하거나 중독된 사고, ③ 가스누출에 의한 폭발 또는 화재사고, ④ 가스시설이 손괴되거나 가스누출로 인하여 인명대피나 공급중단이 발생한 사고, ⑤ 그 밖에 가스시설이 손괴되거나 가스가 누출된 사고로서 산업통상자원부령으로 정하는 사고가 발생하면 즉시 한국가스안전공사에 통보하여야 하며, 통보를 받은 한국가스안전공사는 이를 산업통상자원부장관, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장에게 보고하여야 함(제41조 제3항)
- 도시가스사업자로부터 통보를 받은 한국가스안전공사는 사고재발 방지나 그 밖의 도시가스사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하면 그 원인·경위 등 사고에 관한 조사를 할 수 있음(제41조제4항)
- 도시가스사업자, 산업통상자원부령으로 정하는 특정가스사용시설의 사용자 및 시공자는 그가 공급·사용하는 도시가스의 사고 또는 가스시설의 시공에 따른 사고로 인하여 발생한 타인의 생명·신체 또는 재산상의 손해를 보상하기 위하여 보험에 가입하여야 할 의무가 있음(제43조)
- 산업통상자원부장관 또는 시·도지사는 도시가스사업자에게 가스사용시설의 안전 유지를 위하여 퓨즈 콕, 가스누출 자동차단장치 등 가스안전 장치의 보급을 권고하고 필요한 지원을 할 수 있으며(제43조의2제1항), 또한

가스공급시설의 안전성 향상과 사고 예방을 위하여 검사 또는 안전관리수준평가 결과 낮은 가스공급시설을 과다하게 보유하고 있거나 대형 도시가스사고의 우려가 있는 도시가스사업자나 그 밖에 대통령령으로 정하는 도시가스사업자에게 가스공급시설의 유지·관리에 필요한 투자를 권고하고 필요한 지원을 할 수 있음(제43조의3)

4

학습내용

- 원자력안전법의 주요 내용

목적

- 동 법률은 원자력의 연구·개발·생산·이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 함(제1조)

주요 용어

- 「원자력안전법」에서 사용되는 핵심적 용어(원자력, 핵물질, 핵연료물질, 핵원료물질, 방사성물질, 방사성동위원소, 방사선, 원자로, 방사선발생장치, 정련, 변환, 가공, 사용후핵연료처리, 방사선관리구역, 국제규제물자, 방사성 폐기물, 피폭방사선량, 원자력이용시설, 방사선투과검사, 사고관리 등)의 의미(제2조)

원자로 및 관계시설의 건설·운영

- 발전용원자로 및 관계시설을 건설하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하는데, 이러한 허가를 받으려는 자는 허가신청서에 방사선환경영향평가서, 예비안전성 분석보고서, 건설에 관한 품질보증계획서, 발전용원자로 및 관계시설의 해체계획서와 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제10조제1항 및 제2항)
- 위원회는 발전용원자로 및 관계시설을 건설하려는 자가 건설허가신청 전에 부지에 관한 사전 승인을 신청하면 이를 검토한 후에 승인할 수 있으며, 이러한 부지에 관한 승인을 받은 자는 총리령으로 정하는 범위에서 공사를 할 수 있음(제10조제3항 및 제4항)
- 법 제10조제1항에 따라 허가를 받은 자(이하 “발전용원자로설치자”라 한다)는 대통령령으로 정하는 바에 따라 국제규제물자 중 핵물질(이하 “특정핵물질”이라 한다)의 계량관리규정을 정하여 특정핵물질의 사용개시 전에 위원회의 승인을 받아야 함(제15조)
- 허가신청서를 제출한 자 또는 발전용원자로설치자가 안전관련설비에 대하여 ① 안전관련설비의 설계에 관한 사항(건설과 관련된 설계를 포함), ② 안전관련설비의 제작에 관한 사항, ③ 안전관련설비의 성능검증에 관한 사항 중 하나에 해당하는 계약(도급을 받는 자의 하도급거래를 포함)을 체결한 때에는 계약을 체결한 날부터 30일

- 이내에 총리령으로 정하는 바에 따라 위원회에 신고하여야 함(제15조의2)
- 발전용원자로설치자, 공급자 및 성능검증기관은 발전용원자로 및 관계시설의 건설, 특정핵물질의 계량관리에 관한 사항을 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 검사를 받아야 하며, 이러한 검사결과 법 제11조에 따른 허가기준에 미달될 때나 법 제10조제2항에 따른 허가신청서의 첨부서류에 기재된 내용과 일치하지 아니하거나 제15조에 따른 계량관리규정에 위반될 때에는 발전용원자로설치자, 공급자 및 성능검증기관에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있음(제16조)
 - 발전용원자로 및 관계시설을 운영하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하는데, 이러한 허가를 받으려는 자는 허가신청서에 발전용원자로 및 관계시설에 관한 운영기술지침서, 최종안전성 분석보고서, 사고관리계획서(중대사고관리계획을 포함), 운전에 관한 품질보증계획서, 방사선환경영향평가서(법 제10조제2항에 따라 제출된 방사선환경영향평가서와 달라진 부분만 해당), 발전용원자로 및 관계시설의 해체계획서(법 제10조제2항에 따라 제출된 해체계획서와 달라진 부분만 해당), 액체 및 기체 상태의 방사성물질등의 배출계획서[부지별, 기간별, 핵종군(核種群)별 배출총량을 포함] 및 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제20조제1항 및 제2항)
 - 허가를 받은 발전용원자로운영자, 공급자 및 성능검증기관은 발전용원자로 및 관계시설의 운영, 특정핵물질의 계량관리에 관한 사항을 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 검사를 받아야 하며, 이러한 검사결과 법 제21조에 따른 허가기준에 미달되거나 제26조제1항에 따른 조치가 부족할 때, 법 제20조제2항에 따른 허가신청서의 첨부서류에 기재된 내용과 일치하지 아니하거나 제29조에서 준용하는 제15조에 따른 계량관리규정에 위반될 때에는 위원회가 발전용원자로운영자, 공급자 및 성능검증기관에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있음(제22조)
 - 발전용원자로운영자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 발전용원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가하고, 그 결과를 위원회에 제출하여야 하며, 이러한 주기적 안전성평가결과 또는 그에 따른 안전조치가 부족하다고 인정하면 위원회는 발전용원자로운영자에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있음(제23조)
 - 발전용원자로운영자가 발전용원자로 및 관계시설을 운영할 때에는 인체·물체 및 공공의 안전을 위하여 ① 피폭방사선량 등에 관한 조치, ② 원자로의 안전운전에 관한 조치, ③ 원자로시설의 자체점검에 관한 조치, ④ 원자로시설의 가동 중 점검 및 시험에 관한 조치, ⑤ 그 밖에 발전용원자로 및 관계시설의 안전에 관한 조치로서 대통령령으로 정하는 조치를 위원회규칙으로 정하는 바에 따라 하여야 함(제26조제1항)
 - 발전용원자로운영자는 원자로마다 원자로조종감독자면허를 받은 사람 및 원자로조종사면허를 받은 사람 각 1명 이상을 늘 원자로의 운전업무에 종사하게 하여야 하며, 또한 핵연료물질취급감독자면허를 받은 사람 및 방사선취급감독자면허를 받은 사람 각 1명 이상을 원자로 및 관계시설에서의 핵물질 및 방사선안전관리를 위한 업무에 종사하게 하여야 함(제26조제3항 및 제4항)
 - 연구용 또는 교육용의 원자로 및 관계시설을 건설하려는 자는 그 종류별로 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하며, 이러한 허가를 받으려는 자는 그 허가의 종류별로 허가신청서에 방사선환경영향평가서, 예비안전성분석보고서, 건설에 관한 품질보증계획서, 연구용 또는 교육용 원자로 및 관계시설의 해체계획서와 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제30조)

- 연구용 또는 교육용 원자로 및 관계시설을 운영하려는 자는 그 종류별로 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하며, 그 허가의 종류별로 허가신청서에 운영기술지침서, 최종안전성분석보고서, 운전에 관한 품질보증계획서, 방사선환경영향평가서(법 제30조제2항에 따라 제출된 방사선환경영향평가서와 달라진 부분만 해당), 연구용 또는 교육용 원자로 및 관계시설의 해체계획서(제30조제2항에 따라 제출된 해체계획서와 달라진 부분만 해당한다) 및 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제30조의2)

핵연료주기사업 및 핵물질사용 등

- 핵원료물질 또는 핵연료물질의 정련사업 또는 가공사업(변환사업을 포함한다)을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하며, 사용후핵연료처리사업을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 주무부장관의 지정을 받아야 하고, 이 경우 주무부장관은 지정 시 위원회와 협의하여야 함(제35조)
- 핵원료물질 또는 핵연료물질의 정련사업 또는 가공사업의 허가를 받으려는 자는 위원회에, 사용후핵연료처리사업의 지정을 받으려는 자는 주무부장관에게 각각 그 허가 또는 지정 신청서에 방사선환경영향평가서, 안전관리규정, 설계 및 공사 방법에 관한 설명서, 사업의 운영에 관한 품질보증계획서 및 해당 시설의 해체계획서와 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 제출하여야 함(제35제3항)
- 핵연료주기사업자가 그 시설을 운영할 때에는 인체·물체 및 공공의 안전을 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 안전조치를 하여야 하며, 핵연료주기사업자 및 그 종업원은 법 제35조제3항에 따른 안전관리규정을 준수하여야 함(제40조)
- ① 발전용원자로설치자·발전용원자로운영자 또는 연구용원자로등설치자·연구용원자로등운영자가 핵연료물질을 그 허가받은 사업에 사용하는 경우, ② 핵연료주기사업자가 핵연료물질을 그 허가 또는 지정받은 사업에 사용하는 경우를 제외하고는, 핵연료물질을 사용 또는 소지하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하며(제45조), 허가를 받으려는 자는 허가신청서에 안전관리규정과 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제45조)
- 핵연료물질의 사용 등 허가기준으로는 ① 총리령으로 정하는 핵연료물질의 사용 또는 소지에 필요한 기술능력을 확보하고 있을 것, ② 사용시설·분배시설·저장시설·보관시설·처리시설 및 배출시설(이하 “사용시설등”이라 한다)의 위치·구조 및 설비가 위원회규칙으로 정하는 기술기준에 적합하여 방사성물질등에 따른 인체·물체 및 공공의 재해방지에 지장이 없을 것, ③ 핵연료물질의 사용 또는 소지로 인하여 발생하는 방사성물질등으로부터 국민의 건강 및 환경상의 위해를 방지하기 위하여 대통령령으로 정하는 기준에 적합할 것, ④ 대통령령으로 정하는 장비 및 인력을 확보할 것(제46조)
- 핵연료물질사용자는 핵연료물질의 사용 또는 소지, 특정핵물질의 계량관리에 관한 사항을 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 검사를 받아야 하며, 검사결과 법 제46조에 따른 허가기준 및 법 제50조제1항에 따른 기술기준에 미달될 때 또는 법 제45조제2항에 따른 허가신청서의 첨부서류에 기재된 내용과 일치하지 아니하거나 법 제51조에서 준용하는 법 제15조에 따른 계량관리규정에 위반될 때에는 위원회가 핵연료물질사용자에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있음(제47조)

- 핵연료물질사용자는 ① 핵연료물질 또는 그에 따라 오염된 물질의 사업소 안에서의 사용·분배·저장·운반·보관·처리 및 배출, ② 핵연료물질 또는 그에 따라 오염된 물질의 사용시설 등의 사항에 관하여 위원회규칙으로 정하는 기술기준을 준수하여야 함(제50조제1항)
- 위원회는 해당 사업소 안에서의 핵연료물질 또는 그에 따라 오염된 물질의 사용·분배·저장·운반·보관·처리 또는 배출이 기술기준에 적합하지 아니하다고 인정하면 핵연료물질사용자에게 해당 시설의 수리·개선·이전 또는 사용의 정지, 취급방법의 변경과 그 밖의 안전에 필요한 조치를 명할 수 있음(제50조제2항)
- 핵연료물질사용자 및 그 종업원은 법 제45조제2항에 따른 안전관리규정을 준수하여야 할 의무가 있음
- ① 발전용원자로설치자·발전용원자로운영자·연구용원자로등설치자·연구용원자로등운영자 또는 핵연료주기 사업자가 핵연료물질을 그 허가 또는 지정받은 사업에 사용하는 경우, ② 총리령으로 정하는 종류 및 수량의 핵연료물질을 사용하는 경우를 제외하고, 핵연료물질을 사용하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회에 신고하여야 함(제52조제1항)
- 핵연료물질사용자는 위원회규칙으로 정하는 기술기준에 따라 핵연료물질을 사용하여야 하며, 핵연료물질의 사용에 관한 사항을 총리령으로 정하는 바에 따라 기록하여 이를 공장 또는 사업소마다 비치하여야 할 의무가 있음(제52조제2항 및 제4항)

방사성동위원소 및 방사선발생장치

- 방사성동위원소 또는 방사선발생장치(이하 “방사성동위원소등”이라 한다)를 생산·판매·사용(소지·취급을 포함) 또는 이동사용하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하며, 허가신청서에 안전성분석보고서, 품질보증계획서, 방사선안전보고서 및 안전관리규정과 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제53조제1항, 제3항)
- 총리령으로 정하는 용도 또는 수량 이하의 밀봉된 방사성동위원소 또는 총리령으로 정하는 용도 또는 용량 이하의 방사선발생장치를 사용 또는 이동사용하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회에 신고하여야 함(제53조제2항)
- 허가사용자 및 신고사용자는 방사선안전관리자를 선임하여 방사성동위원소등의 사용개시 전에 이를 위원회에 신고하여야 하는바, 이러한 방사선안전관리자는 방사선 안전관리와 관련하여 ① 법 제53조제3항의 안전관리규정 및 법 제59조제1항의 기술기준의 준수여부 점검, ② 방사선작업종사자 또는 방사선관리구역에 출입하는 자에 대한 법 제91조에 따른 방사선장해방지조치, 허가사용자 및 신고사용자에 대한 방사선 안전관리에 관한 조치 권고, 그 밖에 방사선 안전관리를 위하여 필요한 조치 등의 업무를 수행하게 됨(제53조의2)
- 허가사용자·신고사용자 및 업무대행자는 총리령으로 정하는 바에 따라 방사성동위원소등의 생산·사용·이동사용·분배·저장·운반·보관·처리·배출·판매 또는 업무대행 등에 관한 사항을 기록하여 이를 공장 또는 사업소마다 비치하여야 하며(제58조), 특히 허가사용자 및 신고사용자는 ① 방사성동위원소 또는 그에 따라 오염된 물질이나 방사선발생장치의 생산시설·사용시설등의 위치·구조 및 설비, ② 방사성동위원소 또는 그에 따라 오염된 물질이나 방사선발생장치의 사업소 안에서의 생산·사용·분배·저장·운반·보관·처리 및 배출, ③

방사성동위원소등의 이동사용 및 판매 등의 사항에 관하여 위원회규칙으로 정하는 기술기준을 준수하여야 함(제59조)

- 방사선투과검사를 위하여 법 제53조에 따라 방사성동위원소등을 이동사용하는 경우 방사선투과검사를 의뢰한 발주자는 자신의 사업장에서 방사성동위원소등을 이동사용하는 방사선작업종사자가 과도한 방사선에 노출되지 아니하도록 위원회규칙으로 정하는 바에 따라 안전한 작업환경을 제공하여야 함(제59조의2)

폐기 및 운반

- 방사성폐기물의 저장·처리·처분 시설 및 그 부속시설(이하 “방사성폐기물관리시설등”이라 한다)을 건설·운영하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 하며, 허가신청서에 방사선환경영향평가서, 안전성분석보고서, 안전관리규정, 건설 및 운영에 관한 품질보증계획서와 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부하여 위원회에 제출하여야 함(제63조)
- 방사성폐기물관리시설등건설·운영자는 방사성폐기물관리시설등의 설치·운영, 방사성폐기물의 저장·처리·처분, 특정핵물질의 계량관리에 관한 사항을 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 검사를 받아야 하며(제65조), 방사성폐기물관리시설등의 안전성을 주기적으로 평가하고, 그 결과를 위원회에 제출하여야 함(제65조의2)
- 방사성폐기물관리시설등건설·운영자가 방사성폐기물관리시설등을 운영할 때에는 인체·물체 및 공공의 안전을 위하여 ① 피폭방사선량 등에 관한 조치, ② 방사성폐기물 안전관리에 관한 조치, ③ 방사성폐기물관리시설등의 자체점검에 관한 조치, ④ 방사성폐기물관리시설등의 안전운전에 관한 조치, ⑤ 그 밖에 방사성폐기물관리시설등의 안전에 관한 조치로서 대통령령으로 정하는 조치를 취하여야 함(제68조제1항)
- 방사성폐기물관리시설등건설·운영자 및 그 종업원은 법 제63조제2항에 따른 안전관리규정을 준수하여야 함(제68조제2항)
- 발전용원자로설치자·발전용원자로운영자·연구용원자로등설치자·연구용원자로등운영자·핵연료주기사업자·핵연료물질사용자·핵원료물질사용자·허가사용자·신고사용자·업무대행자 및 방사성폐기물관리시설등건설·운영자가 총리령으로 정하는 수량의 방사성물질등을 해당 사업소 밖의 장소나 외국으로부터 국내의 해당 사업소로 운반하려는 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회에 신고하여야 함(제71조)
- 원자력관계사업자 또는 원자력관계사업자로부터 방사성물질등의 운반을 위탁받은 자는 방사성물질등의 운반 또는 포장 중에 발생할 수 있는 사고에 대비하여 총리령으로 정하는 바에 따라 비상대응계획을 수립·시행하여야 하며, 원자력관계사업자 또는 원자력관계사업자로부터 방사성물질등의 운반을 위탁받은 자는 방사성물질등의 운반 또는 포장 중 방사성물질등의 누설·화재와 그 밖의 사고가 발생한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 필요한 안전조치를 취하고 지체 없이 이를 위원회에 보고하여야 함(제74조)

5

학습내용

- 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률의 주요 내용

유전자변형생물체법 목적

- 「바이오안전성에 관한 카르타헤나 의정서」의 시행에 필요한 사항과 유전자변형생물체의 개발·생산·수입·수출·유통 등에 관한 안전성의 확보를 위하여 필요한 사항을 정함으로써 유전자변형생물체로 인한 국민의 건강과 생물다양성의 보전 및 지속적인 이용에 미치는 위해(危害)를 사전에 방지하고 국민생활의 향상 및 국제협력을 증진함을 목적으로 함(제1조)

유전자변형생물체법 주요 용어 / 다른 법률과의 관계

- 유전자변형생물체법에서 사용되는 핵심적 용어(생물체, 유전자변형생물체, 후대교배종, 환경 방출등)의 의미(제2조)
- 인체용 의약품으로 사용되는 유전자변형생물체에 대하여는 유전자변형생물체법을 적용하지 않으며, 유전자변형 생물체를 수출입등을 할 때에 그 취급 및 안전관리에 관하여 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우 외에는 유전자변형생물체법으로 정하는 바에 따름(제3조 및 제4조)

유전자변형생물체의 수출입등 및 안전관리

- ① 법 제8조에 따라 신규 유전자변형생물체를 수입하려는 자, ② 법 제12조에 따라 신규 유전자변형생물체를 생산하려는 자, ③ 법 제22조의4에 따라 신규 유전자변형생물체를 이용하려는 자는 각각 법 제8조, 제12조 및 제22조의4에 따른 승인을 받기 전까지 대통령령으로 정하는 위해성심사에 필요한 자료를 갖추어 대통령령으로 정하는 바에 따라 관계 중앙행정기관의 장으로부터 위해성심사를 받아야 함(제7조의2)
- 신규 유전자변형생물체를 개발한 자는 개발된 신규 유전자변형생물체에 대하여 위해성심사 이전에 관계 중앙행정기관의 장으로부터 위해성심사를 받을 수 있으며 이 경우 관계 중앙행정기관의 장은 신규 유전자변형 생물체를 수입, 생산 또는 이용하려는 자가 받는 위해성심사를 대통령령으로 정하는 바에 따라 약식으로 하거나 면제할 수 있음
- 유전자변형생물체를 수입하려는 자는 관계 중앙행정기관의 장의 승인을 받아야 하며, 한편 환경 방출로 사용되는 유전자변형생물체를 수입하려는 자는 국가책임기관의 장을 거쳐 관계 중앙행정기관의 장에게 수입승인을 신청하여야 함(제8조)
- 법 제8조에 대한 예외로서 시험·연구용으로 사용하거나 박람회·전시회에 출품하기 위하여 유전자변형생물체를 수입하려는 자는 관계 중앙행정기관의 장에게 신고하여야 함(제9조)

- 시험·연구용 등의 유전자변형생물체의 수입에 대해서는 원칙적으로 신고제이지만 다음에 해당하는 유전자변형 생물체의 경우에는 승인을 받아야 함

〈표-4〉 승인대상이 되는 시험·연구용 등의 유전자변형생물체

구분	내용	근거
1	분류학에 의한 종(種)의 이름까지 명시되어 있지 아니하고 인체병원성 여부가 밝혀지지 아니한 미생물을 이용하여 얻어진 유전자변형생물체	법 제9조제1 항제1호
2	척추동물에 대하여 보건복지부장관이 고시하는 단백질 독소를 생산할 능력을 가진 유전자변형생물체	법 제9조제1 항제2호
3	의도적으로 도입된 약제내성 유전자를 가진 유전자변형생물체. 다만, 보건복지부장관이 고시하는 약제내성 유전자를 가진 유전자변형생물체는 제외한다.	법 제9조제1 항제3호
4	국민보건상 국가관리가 필요하다고 보건복지부장관이 고시하는 병원성미생물을 이용하여 얻어진 유전자변형생물체	법 제9조제1 항제4호

- 관계 중앙행정기관의 장은 첫째, 국민의 건강과 생물다양성의 보전 및 지속적인 이용에 위해를 미치거나 미칠 우려가 있다고 인정하는 유전자변형생물체(제1호), 둘째, 제1호에 해당하는 유전자변형생물체와 교배하여 생산된 생물체(제2호), 셋째, 국내 생물다양성의 가치와 관련하여 사회·경제적으로 부정적인 영향을 미치거나 미칠 우려가 있다고 인정하는 유전자변형생물체의 수입이나 생산을 금지하거나 제한할 수 있음(제14조)
- 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하여 실험을 하는 시설(이하 “연구시설”이라 한다)을 설치·운영 하려는 자는 연구시설의 안전관리 등급별로 관계 중앙행정기관의 장의 허가를 받거나 관계 중앙행정기관의 장에게 신고하여야 함(제22조제1항)
- 연구시설의 설치·운영허가를 받은 자는 허가받은 사항을 변경하려면 변경허가를 받아야 하고, 신고한 자는 신고한 사항을 변경하려면 변경신고를 하여야 하며, 허가를 받거나 신고를 한 자는 연구시설을 폐쇄하는 경우 그 내용을 관계 중앙행정기관의 장에게 신고하여야 함
- 연구시설의 설치·운영 허가를 받거나 신고를 한 자는 연구시설의 안전관리 등급에 따라 대통령령으로 정하는 준수사항을 지켜야 함(제22조제6항)
- 연구시설의 설치·운영 허가를 받거나 신고를 한 자는 대통령령으로 정하는 위해 가능성이 큰 유전자변형생물체를 개발·실험하려는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장의 승인을 받아야 함(제22조의2)
- 유전자변형생물체의 수출입등을 하는 자는 유전자변형생물체를 취급하거나 관리할 때에 밀폐운송 등 취급관리 기준을 지켜야 하는바, 이에 관한 상세한 사항은 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 통합고시」(환경부고시 제2021-107호, 2021. 6. 9., 일부개정)에서 규율하고 있음
- 유전자변형생물체의 수출입등을 하는 자와 연구시설을 설치·운영하는 자는 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 유전자변형생물체의 수출입등 및 연구시설의 관리·운영에 관한 기록을 작성하여 보관하여야 함(제26조)
- 관계 중앙행정기관의 장은 국내에 유통되는 유전자변형생물체가 국민 건강과 환경에 미치는 영향을 파악하기

위하여 필요하다고 인정하면 연구시설·생산공정이용시설·사업장·보관장소 및 그 주변지역 등을 조사할 수 있음

- 관계 중앙행정기관의 장은 소관 유전자변형생물체로 인하여 국민의 건강과 생물다양성의 보전 및 지속적인 이용에 중대한 부정적인 영향이 발생하거나 발생할 우려가 있다고 인정되면 대통령령으로 정하는 바에 따라 지체 없이 필요한 조치를 하여야 함(제27조)
- 유전자변형생물체에 대한 정보를 취급하는 관계 중앙행정기관, 국가책임기관, 위해성평가기관, 위해성심사 대행기관 및 바이오안전성정보센터(이하 "정보취급기관"이라 한다)의 장은 유전자변형생물체의 정보가 도난·누출 또는 훼손되지 아니하도록 정보 보호에 필요한 조치를 마련하여야 함(제28조)

6

학습내용

- 감염병예방법의 주요 내용

감염병예방법 목적

- 국민 건강에 위해(危害)가 되는 감염병의 발생과 유행을 방지하고, 그 예방 및 관리를 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 국민 건강의 증진 및 유지에 이바지함을 목적으로 함

감염병예방법 주요 용어 / 다른 법률과의 관계

- 감염병예방법에서 사용되는 핵심적 용어(감염병, 제1급감염병, 제2급감염병, 제3급감염병, 제4급감염병, 기생충감염병, 세계보건기구 감시대상 감염병, 인수공통감염병, 병원체보유자, 감염병의심자, 감시, 표본감시, 역학조사, 예방접종 후 이상반응, 고위험병원체, 관리대상 해외 신종감염병, 의료·방역 물품 등)의 의미
- 감염병의 예방 및 관리에 관하여는 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 감염병예방법에 따름(제3조)

신고 및 보고

- 의사, 치과 의사 또는 한의사는 ① 감염병환자등을 진단하거나 그 사체를 검안(檢案)한 경우, ② 예방접종 후 이상반응자를 진단하거나 그 사체를 검안한 경우, ③ 감염병환자등이 제1급감염병부터 제3급감염병까지에 해당하는 감염병으로 사망한 경우, ④ 감염병환자로 의심되는 사람이 감염병병원체 검사를 거부하는 경우에 해당하는 사실(법 제16조제6항에 따라 표본감시 대상이 되는 제4급감염병으로 인한 경우는 제외)이 있으면 소속 의료기관의 장에게 보고하여야 하고, 해당 환자 및 그 동거인에게 질병관리청장이 정하는 감염 방지 방법 등을

지도하여야 함(제11조)

- 보고를 받은 의료기관의 장 및 감염병병원체 확인기관의 장은 제1급감염병의 경우에는 즉시, 제2급감염병 및 제3급감염병의 경우에는 24시간 이내에, 제4급감염병의 경우에는 7일 이내에 질병관리청장 또는 관할 보건소장에게 신고하여야 함
- ① 일반가정에서는 세대를 같이하는 세대주. 다만, 세대주가 부재 중인 경우에는 그 세대원, ② 학교, 사회복지 시설, 병원, 관공서, 회사, 공연장, 예배장소, 선박·항공기·열차 등 운송수단, 각종 사무소·사업소, 음식점, 숙박업소 또는 그 밖에 여러 사람이 모이는 장소로서 보건복지부령으로 정하는 장소의 관리인, 경영자 또는 대표자, ③ 「약사법」에 따른 약사·한약사 및 약국개설자는 제1급감염병부터 제3급감염병까지에 해당하는 감염병 중 보건복지부령으로 정하는 감염병이 발생한 경우에는 의사, 치과의사 또는 한의사의 진단이나 검안을 요구하거나 해당 주소지를 관할하는 보건소장에게 신고하여야 함
- 신고의무자가 아니더라도 감염병환자등 또는 감염병으로 인한 사망자로 의심되는 사람을 발견하면 보건소장에게 알려야 함
- 「가축전염병예방법」 제11조제1항제2호에 따라 신고를 받은 국립가축방역기관장, 신고대상 가축의 소재지를 관할하는 시장·군수·구청장 또는 시·도 가축방역기관의 장은 같은 법에 따른 가축전염병 중 탄저, 고병원성 조류인플루엔자, 광견병, 그 밖에 대통령령으로 정하는 인수공통감염병의 경우에는 즉시 질병관리청장에게 통보하여야 함(제14조)
- 보건소장은 관할구역에 거주하는 감염병환자등에 관하여 제11조 및 제12조에 따른 신고를 받았을 때에는 보건복지부령으로 정하는 바에 따라 기록하고 그 명부(전자문서를 포함한다)를 관리하여야 함

감염병감시 및 역학조사

- 질병관리청장은 감염병의 표본감시를 위하여 질병의 특성과 지역을 고려하여 「보건의료기본법」에 따른 보건의료기관이나 그 밖의 기관 또는 단체를 감염병 표본감시기관으로 지정할 수 있음
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 제1항에 따라 지정받은 감염병 표본감시기관(이하 “표본감시기관”이라 한다)의 장에게 감염병의 표본감시와 관련하여 필요한 자료의 제출을 요구하거나 감염병의 예방·관리에 필요한 협조를 요청할 수 있다. 이 경우 표본감시기관은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 수집한 정보 중 국민 건강에 관한 중요한 정보를 관련 기관·단체·시설 또는 국민들에게 제공하여야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 표본감시활동에 필요한 경비를 표본감시기관에 지원할 수 있음
- 질병관리청장은 감염병이 발생하거나 유행할 가능성이 있어 관련 정보를 확보할 긴급한 필요가 있다고 인정하는 경우 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관 중 대통령령으로 정하는 공공기관의 장에게 정보 제공을 요구할 수 있으며 이 경우 정보 제공을 요구받은 기관의 장은 정당한 사유가 없는 한 이에 따라야 함

- 질병관리청, 국립검역소, 「보건환경연구원법」 제2조에 따른 보건환경연구원, 「지역보건법」 제10조에 따른 보건소, 「의료법」 제3조에 따른 의료기관 중 진단검사의학과 전문의가 상근(常勤)하는 기관, 「고등교육법」 제4조에 따라 설립된 의과대학 중 진단검사의학과가 개설된 의과대학, 「결핵예방법」 제21조에 따라 설립된 대한결핵협회(결핵환자의 병원체를 확인하는 경우만 해당), 「민법」 제32조에 따라 한센병환자 등의 치료·재활을 지원할 목적으로 설립된 기관(한센병환자의 병원체를 확인하는 경우만 해당), 인체에서 채취한 검사물에 대한 검사를 국가, 지방자치단체, 의료기관 등으로부터 위탁받아 처리하는 기관 중 진단검사의학과 전문의가 상근하는 기관(이하 “감염병병원체 확인기관”이라 함)은 실험실 검사 등을 통하여 감염병병원체를 확인할 수 있음(제16조의2)
- 질병관리청장 및 시·도지사는 감염병의 관리 및 감염 실태와 내성균 실태를 파악하기 위하여 실태조사를 실시하고, 그 결과를 공표하여야 함(제17조제1항)
- 질병관리청장 및 시·도지사는 조사를 위하여 의료기관 등 관계 기관·법인 및 단체의 장에게 필요한 자료의 제출 또는 의견의 진술을 요청할 수 있으며 이 경우 요청을 받은 자는 정당한 사유가 없으면 이에 협조하여야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병이 발생하여 유행할 우려가 있거나, 감염병 여부가 불분명하나 발병원인을 조사할 필요가 있다고 인정하면 지체 없이 역학조사를 하여야 하고, 그 결과에 관한 정보를 필요한 범위에서 해당 의료기관에 제공하여야 하며 다만, 지역 확산 방지 등을 위하여 필요한 경우 다른 의료기관에 제공하여야 함(제18조제1항)
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 역학조사를 하기 위하여 역학조사반을 각각 설치하여야 함
- 누구든지 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 실시하는 역학조사에서 ① 정당한 사유 없이 역학조사를 거부·방해 또는 회피하는 행위, ② 거짓으로 진술하거나 거짓 자료를 제출하는 행위, ③ 고의적으로 사실을 누락·은폐하는 행위를 해서는 아니 됨(제18조제3항)
- 「의료법」에 따른 의료인 또는 의료기관의 장은 감염병 또는 알 수 없는 원인으로 인한 질병이 발생하였거나 발생할 것이 우려되는 경우 질병관리청장 또는 시·도지사에게 역학조사를 실시할 것을 요청할 수 있음
- 질병관리청장은 국민 건강에 중대한 위협을 미칠 우려가 있는 감염병으로 사망한 것으로 의심이 되어 시체를 해부(解剖)하지 아니하고는 감염병 여부의 진단과 사망의 원인규명을 할 수 없다고 인정하면 그 시체의 해부를 명할 수 있음(제20조)
- 해부를 하려면 미리 「장사 등에 관한 법률」 제2조제16호에 따른 연고자(선순위자가 없는 경우에는 그 다음 순위자를 말한다. 이하 “연고자”라 함)의 동의를 받아야 하며 다만, 소재불명 및 연락두절 등 미리 연고자의 동의를 받기 어려운 특별한 사정이 있고 해부가 늦어질 경우 감염병 예방과 국민 건강의 보호라는 목적을 달성하기 어렵다고 판단되는 경우에는 연고자의 동의를 받지 아니하고 해부를 명할 수 있음
- 해부는 사망자가 걸린 것으로 의심되는 감염병의 종류별로 질병관리청장이 정하여 고시한 생물학적 안전 등급을 갖춘 시설에서 실시하여야 함
- 질병관리청장은 감염병 전문의, 해부학, 병리학 또는 법의학에 전공한 사람을 해부를 담당하는 의사로 지정하여 해부를 하여야 함

고위험병원체

- 감염병환자, 식품, 동식물, 그 밖의 환경 등으로부터 고위험병원체를 분리한 자는 지체 없이 고위험병원체의 명칭, 분리된 검체명, 분리 일자 등을 질병관리청장에게 신고하여야 함(제21조제1항)
- 고위험병원체를 분양·이동받으려는 자는 사전에 고위험병원체의 명칭, 분양 및 이동계획 등을 질병관리청장에게 신고하여야 하며, 고위험병원체를 이동하려는 자는 사전에 고위험병원체의 명칭과 이동계획 등을 질병관리청장에게 신고하여야 함(제21조제2항 및 제3항)
- 고위험병원체를 보유·관리하는 자는 매년 고위험병원체 보유현황에 대한 기록을 작성하여 질병관리청장에게 제출하여야 함
- 감염병의 진단 및 학술 연구 등을 목적으로 고위험병원체를 국내로 반입하려는 자는 ① 법 제23조제1항에 따른 고위험병원체 취급시설을 설치·운영할 것, ② 고위험병원체의 안전한 수송 및 비상조치 계획을 수립할 것, ③ 보건복지부령으로 정하는 요건을 갖춘 고위험병원체 전담관리자를 둘 것의 요건을 갖추어 질병관리청장의 허가를 받아야 함(제22조)
- 고위험병원체를 검사, 보유, 관리 및 이동하려는 자는 그 검사, 보유, 관리 및 이동에 필요한 시설(이하 “고위험병원체 취급시설”이라 한다)을 설치·운영하여야 하며, 이러한 고위험병원체 취급시설을 설치·운영하려는 자는 고위험병원체 취급시설의 안전관리 등급별로 질병관리청장의 허가를 받거나 질병관리청장에게 신고하여야 함(제23조). 이러한 허가를 받거나 신고한 자는 고위험병원체 취급시설의 안전관리 등급에 따라 대통령령으로 정하는 안전관리 준수사항을 지켜야 함
- 감염병의 진단 및 학술연구 등을 목적으로 생물테러감염병을 일으키는 병원체 중 보건복지부령으로 정하는 병원체(이하 “생물테러감염병병원체”라 한다)를 보유하고자 하는 자는 사전에 질병관리청장의 허가를 받아야 하며, 다만, 감염병의사환자로부터 생물테러감염병병원체를 분리한 후 보유하는 경우 등 대통령령으로 정하는 부득이한 사정으로 사전에 허가를 받을 수 없는 경우에는 보유 즉시 허가를 받아야 함(제23조의3제1항)
- 고위험병원체는 ① 「고등교육법」 제2조제4호에 따른 전문대학 이상의 대학에서 보건의로 또는 생물 관련 분야를 전공하고 졸업한 사람 또는 이와 동등한 학력을 가진 사람, ② 「고등교육법」 제2조제4호에 따른 전문대학 이상의 대학을 졸업한 사람 또는 이와 동등 이상의 학력을 가진 사람으로서 보건의로 또는 생물 관련 분야 외의 분야를 전공하고 2년 이상의 보건의로 또는 생물 관련 분야의 경력이 있는 사람, ③ 「초·중등교육법」 제2조제3호에 따른 고등학교·고등기술학교를 졸업한 사람 또는 이와 동등 이상의 학력을 가진 사람으로서 4년 이상의 보건의로 또는 생물 관련 분야의 경력이 있는 사람만 취급할 수 있으며, 이에 해당하지 않는 사람에게 누구든지 고위험병원체를 취급하도록 하여서는 안 됨(제23조의4)
- 고위험병원체를 취급하는 사람은 고위험병원체의 안전한 취급을 위하여 매년 필요한 교육을 받아야 하며, 질병관리청장은 이러한 교육을 보건복지부령으로 정하는 전문 기관 또는 단체에 위탁할 수 있음

감염 전파의 차단 조치

- 보건복지부장관 및 질병관리청장은 감염병의 확산 또는 해외 신종감염병의 국내 유입으로 인한 재난상황에 대처하기 위하여 위원회의 심의를 거쳐 감염병 위기관리대책(이하 “감염병 위기관리대책”이라 한다)을 수립·시행하여야 함
- 감염병 위기관리대책에는 ① 재난상황 발생 및 해외 신종감염병 유입에 대한 대응체계 및 기관별 역할, ② 재난 및 위기상황의 판단, 위기경보 결정 및 관리체계, ③ 감염병위기 시 동원하여야 할 의료인 등 전문인력, 시설, 의료기관의 명부 작성, ④ 의료·방역 물품의 비축방안 및 조달방안, ⑤ 재난 및 위기상황별 국민행동요령, 동원 대상 인력, 시설, 기관에 대한 교육 및 도상연습 등 실제 상황대비 훈련, ⑥ 감염취약계층에 대한 유형별 보호조치 방안 및 사회복지시설의 유형별·전파상황별 대응방안, ⑦ 그 밖에 재난상황 및 위기상황 극복을 위하여 필요하다고 보건복지부장관 및 질병관리청장이 인정하는 사항이 포함되어야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 및 시장·군수·구청장은 국민의 건강에 위해가 되는 감염병 확산으로 인하여 「재난 및 안전관리 기본법」 제38조제2항에 따른 주의 이상의 위기경보가 발령되면 감염병 환자의 이동경로, 이동수단, 진료의료기관 및 접촉자 현황, 감염병의 지역별·연령대별 발생 및 검사 현황 등 국민들이 감염병 예방을 위하여 알아야 하는 정보를 정보통신망 게재 또는 보도자료 배포 등의 방법으로 신속히 공개하여야 하며 다만, 성별, 나이, 그 밖에 감염병 예방과 관계없다고 판단되는 정보로서 대통령령으로 정하는 정보는 제외하여야 함
- 누구든지 감염병에 관하여 「재난 및 안전관리 기본법」 제38조제2항에 따른 주의 이상의 예보 또는 경보가 발령된 후에는 의료인에 대하여 의료기관 내원(內院)이력 및 진료이력 등 감염 여부 확인에 필요한 사실에 관하여 거짓 진술, 거짓 자료를 제출하거나 고의적으로 사실을 누락·은폐하여서는 아니 됨
- 보건복지부장관, 질병관리청장 또는 시·도지사는 보건복지부령으로 정하는 바에 따라 「의료법」 제3조에 따른 의료기관을 감염병관리기관으로 지정하여야 함
- 시장·군수·구청장은 보건복지부령으로 정하는 바에 따라 「의료법」에 따른 의료기관을 감염병관리기관으로 지정할 수 있음
- 지정받은 의료기관(이하 “감염병관리기관”이라 한다)의 장은 감염병을 예방하고 감염병환자들을 진료하는 시설(이하 “감염병관리시설”이라 한다)을 설치하여야 함. 이 경우 보건복지부령으로 정하는 일정규모 이상의 감염병관리기관에는 감염병의 전파를 막기 위하여 전실(前室) 및 음압시설(陰壓施設) 등을 갖춘 1인 병실을 보건복지부령으로 정하는 기준에 따라 설치하여야 함
- 보건복지부장관, 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병환자가 대량으로 발생하거나 법 제36조에 따라 지정된 감염병관리기관만으로 감염병환자들을 모두 수용하기 어려운 경우에는 ① 법 제36조에 따라 지정된 감염병관리기관이 아닌 의료기관을 일정 기간 동안 감염병관리기관으로 지정, ② 격리소·요양소 또는 진료소의 설치·운영의 조치를 할 수 있음
- 감염병관리기관은 정당한 사유 없이 감염병환자들의 입소(入所)를 거부할 수 없음
- 감염병관리시설 및 법 제37조에 따른 격리소·요양소 또는 진료소의 설치 및 관리방법 등에 관하여 필요한 사항은 보건복지부령으로 정함

- 시·도지사는 감염병 발생 또는 유행 시 감염병의심자를 격리하기 위한 시설(이하 “감염병의심자 격리시설”이라 한다)을 지정하여야 하며 다만, 「의료법」 제3조에 따른 의료기관은 감염병의심자 격리시설로 지정할 수 없음
- 질병관리청장 또는 시·도지사는 감염병의심자가 대량으로 발생하거나 지정된 감염병의심자 격리시설만으로 감염병의심자를 모두 수용하기 어려운 경우에는 감염병의심자 격리시설로 지정되지 아니한 시설을 일정기간 동안 감염병의심자 격리시설로 지정할 수 있음
- 질병관리청장은 생물테러감염병 및 그 밖의 감염병의 대유행에 대하여 기존의 백신이나 의약품으로 대처하기 어렵다고 판단되는 경우 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」에도 불구하고 위원회의 심의를 거쳐 개발 중인 백신이나 의약품의 구매 및 공급에 필요한 계약을 할 수 있음
- 공무원이 개발 중인 백신이나 의약품의 구매 및 공급에 필요한 계약 및 계약 이행과 관련된 업무를 적극적으로 처리한 결과에 대하여 그의 행위에 고의나 중대한 과실이 없는 경우에는 「국가공무원법」 등 관계법령에 따른 징계 또는 문책 등 책임을 묻지 아니함
- 감염병 중 특히 전파 위험이 높은 감염병으로서 제1급감염병 및 질병관리청장이 고시한 감염병에 걸린 감염병 환자등은 감염병관리기관, 감염병전문병원 및 감염병관리시설을 갖춘 의료기관(이하 “감염병관리기관등”이라 한다)에서 입원치료를 받아야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 ① 법 제41조제1항에도 불구하고 의사가 자가치료 또는 시설치료가 가능하다고 판단하는 사람, ② 법 제41조제1항에 따른 입원치료 대상자가 아닌 사람, ③ 감염병 의심자에게 자가(自家)치료, 법 제37조제1항제2호에 따라 설치·운영하는 시설에서의 치료(이하 “시설치료”라 한다) 또는 의료기관 입원치료를 하게 할 수 있음
- 보건복지부장관, 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 ① 중증도의 변경이 있는 경우 ② 의사가 입원치료의 필요성이 없다고 판단하는 경우, ③ 격리병상이 부족한 경우 등 질병관리청장이 전원등의 조치가 필요하다고 인정하는 경우 법 제41조제1항 또는 제2항에 따라 치료 중인 사람을 다른 감염병관리기관등이나 감염병관리기관등이 아닌 의료기관으로 전원(轉院)하거나, 자가 또는 법 제37조제1항제2호에 따라 설치·운영하는 시설로 이송(이하 “전원등”이라 한다)하여 치료받게 할 수 있음
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 해당 공무원으로 하여금 제1급감염병, 제2급감염병 중 결핵, 홍역, 콜레라, 장티푸스, 파라티푸스, 세균성기질, 장출혈성대장균감염증, A형간염, 수막구균 감염증, 폴리오, 성홍열 또는 질병관리청장이 정하는 감염병, 제3급감염병 중 질병관리청장이 정하는 감염병, 세계보건기구 감시대상 감염병에 해당하는 감염병환자등이 있다고 인정되는 주거시설, 선박·항공기·열차 등 운송수단 또는 그 밖의 장소에 들어가 필요한 조사나 진찰을 하게 할 수 있으며, 그 진찰 결과 감염병환자등으로 인정될 때에는 동행하여 치료받게 하거나 입원시킬 수 있음
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 제1급감염병이 발생한 경우 해당 공무원으로 하여금 감염병의심자에게 ① 자가(自家) 또는 시설에 격리, ② 법 제42조제2항제1호에 따른 격리에 필요한 이동수단의 제한, ③ 유선·무선 통신, 정보통신기술을 활용한 기기 등을 이용한 감염병의 증상 유무 확인이나 위치정보의 수집. 이 경우 위치정보의 수집은 제1호에 따라 격리된 사람으로 한정, ④ 감염 여부 검사 등의 조치를 하게 할 수 있음. 이 경우 해당 공무원은 감염병 증상 유무를 확인하기 위하여 필요한 조사나 진찰을 할 수 있음

- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 조사나 진찰 결과 감염병환자등으로 인정된 사람에 대해서는 해당 공무원과 동행하여 치료받게 하거나 입원시킬 수 있음
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 법 제42조제1항·제2항에 따른 조사·진찰이나 법 제13조제2항에 따른 검사를 거부하는 사람(이하 이 조에서 “조사거부자”라 한다)에 대해서는 해당 공무원으로 하여금 감염병관리기관에 동행하여 필요한 조사나 진찰을 받게 하여야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병환자등이 법 제41조에 따른 입원치료가 필요한 경우에는 그 사실을 입원치료 대상자와 그 보호자에게 통지하여야 함
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 보건복지부령으로 정하는 바에 따라 ① 감염병환자등의 가족 또는 그 동거인, ② 감염병 발생지역에 거주하는 사람 또는 그 지역에 출입하는 사람으로서 감염병에 감염되었을 것으로 의심되는 사람, ③ 감염병환자등과 접촉하여 감염병에 감염되었을 것으로 의심되는 사람에게 건강진단을 받거나 감염병 예방에 필요한 예방접종을 받게 하는 등의 조치를 할 수 있음
- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병이 유행하면 감염병 전파를 막기 위하여 ① 감염병환자등이 있는 장소나 감염병병원체에 오염되었다고 인정되는 장소에 대한 조치(일시적 폐쇄, 일반 공중의 출입금지, 해당 장소 내 이동제한, 그 밖에 통행차단을 위하여 필요한 조치), ② 의료기관에 대한 업무 정지, ③ 감염병의심자를 적당한 장소에 일정한 기간 입원 또는 격리시키는 것, ④ 감염병병원체에 오염되었거나 오염되었다고 의심되는 물건을 사용·접수·이동하거나 버리는 행위 또는 해당 물건의 세척을 금지하거나 태우거나 폐기처분하는 것, ⑤ 감염병병원체에 오염된 장소에 대한 소독이나 그 밖에 필요한 조치를 명하는 것, ⑥ 일정한 장소에서 세탁하는 것을 막거나 오물을 일정한 장소에서 처리하도록 명하는 것 등의 모든 조치를 하거나 그에 필요한 일부 조치를 하여야 함

예방 조치

- 질병관리청장, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병을 예방하기 위하여 취할 수 있는 감염병 예방조치의 내용(법 제49조제1항 제1호부터 제14호까지의 사항)
- 보건복지부장관, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 호흡기와 관련된 감염병으로부터 저소득층과 사회복지 시설을 이용하는 어린이, 노인, 장애인 및 기타 보건복지부령으로 정하는 대상(이하 “감염취약계층”이라 함)을 보호하기 위하여 「재난 및 안전관리 기본법」 제38조제2항에 따른 주의 이상의 위기경보가 발령된 경우 감염취약계층에게 의료·방역 물품(「약사법」에 따른 의약외품으로 한정) 지급 등 필요한 조치를 취할 수 있음
- 의료업에 종사하는 의료인(「의료법」 제2조에 따른 의료인 중 의사·치과의사·한의사만 해당한다. 이하 이 조에서 같다)은 감염병과 관련하여 「재난 및 안전관리 기본법」 제38조제2항에 따른 심각 단계 이상의 위기경보가 발령된 때에는 환자, 의료인 및 의료기관 등을 감염의 위험에서 보호하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우 「의료법」 제33조제1항에도 불구하고 보건복지부장관이 정하는 범위에서 유선·무선·화상통신, 컴퓨터 등 정보통신기술을 활용하여 의료기관 외부에 있는 환자에게 건강 또는 질병의 지속적 관찰, 진단, 상담 및 처방을 할 수 있음
- 특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병을 예방하기 위하여 청소나 소독을 실시하거나 쥐, 위생해충

등의 구제조치(이하 “소독”이라 함)를 하여야 한다. 이 경우 소독은 사람의 건강과 자연에 유해한 영향을 최소화하여 안전하게 실시하여야 함

방역관, 역학조사관, 검역위원 및 예방위원 등

- 질병관리청장 및 시·도지사는 감염병 예방 및 방역에 관한 업무를 담당하는 방역관을 소속 공무원 중에서 임명하며 다만, 감염병 예방 및 방역에 관한 업무를 처리하기 위하여 필요한 경우에는 시장·군수·구청장이 방역관을 소속 공무원 중에서 임명할 수 있음
- 방역관은 감염병의 국내 유입 또는 유행이 예견되어 긴급한 대처가 필요한 경우 법 제4조제2항제1호 및 제2호에 따른 업무를 수행하기 위하여 통행의 제한 및 주민의 대피, 감염병의 매개가 되는 음식물·물건 등의 폐기·소각, 의료인 등 감염병 관리인력에 대한 임무부여 및 방역물자의 배치 등 감염병 발생지역의 현장에 대한 조치권한을 가짐
- 감염병 발생지역을 관할하는 「국가경찰과 자치경찰의 조직 및 운영에 관한 법률」 제12조 및 제13조에 따른 경찰관서 및 「소방기본법」 제3조에 따른 소방관서의 장, 「지역보건법」 제10조에 따른 보건소의 장 등 관계 공무원 및 그 지역 내의 법인·단체·개인은 정당한 사유가 없으면 제3항에 따른 방역관의 조치에 협조하여야 함
- 감염병 역학조사에 관한 사무를 처리하기 위하여 질병관리청 소속 공무원으로 100명 이상, 시·도 소속 공무원으로 각각 2명 이상의 역학조사관을 두어야 함. 이 경우 시·도 역학조사관 중 1명 이상은 「의료법」 제2조제1항에 따른 의료인 중 의사로 임명하여야 함
- 시장·군수·구청장은 역학조사에 관한 사무를 처리하기 위하여 필요한 경우 소속 공무원으로 역학조사관을 둘 수 있고 다만, 인구수 등을 고려하여 보건복지부령으로 정하는 기준을 충족하는 시·군·구의 장은 소속 공무원으로 1명 이상의 역학조사관을 두어야 함
- 질병관리청장 또는 시·도지사는 감염병의 유입 또는 유행이 우려되거나 이미 발생한 경우 기간을 정하여 「의료법」 제2조제1항의 의료인에게 법 제36조 및 제37조에 따라 감염병관리기관으로 지정된 의료기관 또는 법 제8조의2에 따라 설립되거나 지정된 감염병전문병원 또는 감염병연구병원에서 방역업무에 종사하도록 명할 수 있음
- 시·도지사는 감염병을 예방하기 위하여 필요하면 검역위원을 두고 검역에 관한 사무를 담당하게 하며, 특별히 필요하면 운송수단 등을 검역하게 할 수 있으며, 검역위원은 이러한 사무나 검역을 수행하기 위하여 운송수단 등에 무상으로 승선하거나 승차할 수 있음
- 특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장은 감염병이 유행하거나 유행할 우려가 있으면 특별자치도 또는 시·군·구(자치구를 말함)에 감염병 예방 사무를 담당하는 예방위원을 둘 수 있음

연구실 안전관리 이론 및 체계

PART

2 ✖



- ※ 본 과목에서는 아래 법령에 대해 세부적으로 다루고 있으며 학습자 편의를 위해 위의 세 법령의 참고문헌 표기법은 [법령명, 00조]로 표기함.
- 연구실 안전환경 조성에 관한 법률, 법률 제18425호 (2021. 8. 17., 타법개정)
 - 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령, 대통령령 제 32286호 (2021. 12. 31., 일부개정)
 - 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙, 과학기술정보통신부령 제 85호 (2021. 12. 31., 일부개정)

2.1. 연구활동 및 연구실안전의 특성 이해

2.1.1. 연구실안전의 기본 개념

2.1.2. 인간의 특성과 안전

2.1.3. 연구실 안전관리의 기초



2.1.1. 연구실안전의 기본 개념

KEYWORD 연구활동, 연구활동종사자

개요 연구실안전의 기본 개념에 대하여 학습한다. 또한, 연구실안전이라는 구체적인 목표를 달성하기 위해서 연구활동 및 연구활동종사자의 특성을 이해하고, 타 업무와 어떤 점이 다른지 연구활동의 종류에 대하여 숙지한다.

- 학습목표**
- ① 연구활동의 기본 개념에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 연구활동 및 연구활동종사자의 특성을 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구활동의 기본개념에 대하여 설명할 수 있다.

연구활동 개념

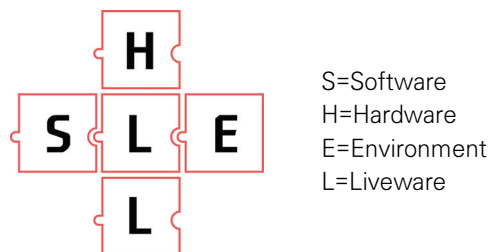
• 정의

- 연구활동이란 “과학기술분야의 지식을 축적하거나 새로운 적용방법을 찾아내기 위하여 축적된 지식을 활용하는 체계적이고 창조적인 활동(실험·실습 등을 포함)”을 말한다.

• 연구활동의 대상과 범위

- 연구활동을 둘러싼 모든 요소가 연구활동의 범위에 포함된다. 통상 사고조사를 하는 경우 사고요인을 분류할 때 다음과 같은 요인들을 검토하게 되는데, 이는 모두 연구활동의 대상이기 때문이다.

- ① Hardware : 기계, 설비, 장치, 도구 등 유형적인 요소를 말한다.
- ② Software : 컴퓨터의 소프트웨어는 물론, 시스템 내의 작업지시, 정보교환 등 구성 요소 간 영향을 주고받는 모든 무형적인 요소들을 말한다.
- ③ Environment : 의도하는 결과를 얻기 위한 환경적 요소들을 말한다. 특히 화학이나 생물학, 의학 분야에서는 어떤 상황에 놓이느냐에 따라 연구 결과를 얻을 수 있기도 하고 결과가 달라질 수도 있으므로 중요한 요소이다.
- ④ Liveware : 연구활동종사자 본인은 물론, 소속된 집단의 주변 구성원들의 인적 요인, 나아가 인간관계를 포함하는 상호작용까지도 포함된다.



〈그림-1〉 시스템 구성 요소를 나타내는 SHELL model (Hawkins, 1987)

연구활동 주요형태

- 기초연구(Basic Research)
 - 어떤 특정한 응용이나 사용을 계획하지 않고 현상들이나 관찰 가능한 사실들의 근본 원리에 대한 새로운 지식을 얻기 위해 행해진 실험적 또는 이론적 연구활동을 의미한다. 그러므로, 기초연구는 통상 가설, 이론 또는 법칙을 정립하고 시험하기 위한 목적으로 속성, 구조 및 연관성을 분석하는 것을 뜻한다.
 - 만약 특정 목적을 향하여 연구 방향이 설정되어 있다면 그것은 목적 기초연구(Oriented Basic Research)라고 한다.
 - 이에 비해 순수 기초연구(pure basic research)는 경제사회적 편익을 추구하거나, 연구 결과를 실제 문제에 적용하거나, 또는 연구 결과의 응용을 위한 관련 부문으로의 이전 없이 지식의 진보를 위해서만 수행되는 연구를 말한다.
- 응용연구(Applied Research)
 - 기초연구의 결과 얻어진 지식을 이용하여 주로 특수한 실용적인 목적과 목표하에 새로운 과학적 지식을 획득하기 위하여 행해지는 독창적인 연구이다. 즉, 기초연구로 얻은 지식을 응용하여 신제품, 신재료, 신공정의 기본을 만들어 내는 연구 및 새로운 용도를 개척하는 연구이다.
 - 따라서, 응용연구는 연구 결과를 제품, 운용, 방법 및 시스템에 응용할 수 있음을 증명하는 것을 목적으로 한다. 결과적으로 응용연구는 연구 아이디어에 운영 가능한 형태를 제공하며, 도출된 지식이나 정보는 종종 지식재산권을 통해 보호되거나 비공개 상태로 유지될 수 있다.
- 개발연구(Experimental Development)
 - 기초연구, 응용연구 및 실제 경험으로부터 얻어진 지식을 이용하여 새로운 재료, 공정, 제품 장치를 생산하거나, 이미 생산 또는 설치된 것을 실질적으로 개선함으로써 추가 지식을 생산하기 위한 체계적인 활동을 의미한다.
 - 즉, 생산을 전제로 기초연구, 응용연구의 결과 또는 기존의 지식을 이용하여 신제품, 신재료, 신공정을 확립하는 기술 활동이다.

2

학습내용

- 연구활동 및 연구활동종사자의 특성을 설명할 수 있다.

연구활동의 특성

- 연구활동의 특성
 - 생산목적이 아닌 연구 또는 개발을 통해 새로운 성과를 추구한다.
 - 연구목적에 위하여 연구 방법이나 업무순서가 바뀌기도 한다.
 - 연구활동종사자가 연구 장치 자체를 디자인하거나 변경할 수 있다.
 - 다양한 종류의 물질을 소량씩 사용하고 보관한다.
 - 물질 자체의 위험성은 물론, 다른 물질이나 환경과의 반응 위험이 공존한다.

※ 연구실 및 사업장 특성 비교

	연구실	사업장
특성	<ul style="list-style-type: none"> • 다품종 소량의 유해물질 취급 • 새로운 장치·물질 및 공정 연구개발, 융·복합 연구 활성화 등에 따른 신규 유해인자의 지속적 등장 → 위험의 범위 및 크기 예측 곤란 • 소규모 공간에서 다수의 연구활동종사자가 기구, 장비, 물질 등 취급 	<ul style="list-style-type: none"> • 소품종 다량의 유해물질 취급 • 개발이 완료된 물질 및 공정 이용 → 위험의 범위 및 크기 예측 가능 • 상대적으로 대규모 공간에서 근로자가 기구, 장비, 물질 등 취급

연구활동종사자 특성

- 연구활동종사자의 특성
 - 매슬로우에 따르면 '안전의 욕구'는 매우 기본적인 욕구이며, '연구 의욕'은 존경 욕구나 자아실현 욕구에 해당한다.



〈그림-2〉 매슬로우의 욕구위계설

- ① 연구활동종사자는 연구환경이 안전하다는 것을 전제로 연구 의욕을 앞세우는 경우가 많고,
- ② 때에 따라 연구성과가 우선시되거나 집단규범(Group Norm)에 휩쓸려, 연구 결과의 부정적 측면이나 연구과정 중의 위험성을 소홀히 하는 경우가 발생하기 쉽다.
 ※ 예를 들어, 소년 시절 에디슨이 흔들리는 기차에서 실험을 계속해서 화재가 발생했다든지, 퀴리 부인이 방사선 피해 등을 불가피한 선택으로 여기는 등의 사례이다.
- ③ 연구관련 전문 지식을 많이 보유하고 있으나 안전관련 지식은 미흡한 경우가 많다.

참고자료

- The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities – Frascati Manual, Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, OECD, 2015.
- 정근하, 도계훈, 최한림(2013). 과학기술 기획 및 정책 관련 주요용어의 개념정립 연구. 서울: 한국과학기술 기획평가원.
- 기획재정부(2020). 시사경제용어사전. 검색일자: 2022년 1월 15일 검색, <https://www.moef.go.kr/sisa/dictionary/detail?idx=206>

2.1.2. 인간의 특성과 안전

KEYWORD 안전심리, 불안전행동, 휴먼에러, 집단규범 및 집단사고

개요 모든 인간의 행동은 심리적 움직임의 결과이다. 따라서, 불안전행동을 이해하기 위하여 그 선행단계인 안전 관련 인간심리와 인간의 특성 등을 숙지한다.

학습목표 ① 연구활동종사자의 안전심리 특성에 대하여 설명할 수 있다.

② 인간의 불안전행동, 휴먼에러 등을 설명할 수 있다.

③ 인간의 행동에 영향을 미치는 집단규범의 영향을 설명할 수 있다.

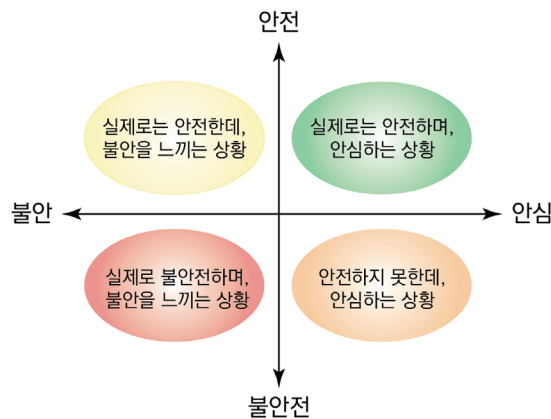
1 학습내용

- 연구활동종사자의 안전심리 특성에 대하여 설명할 수 있다.

안전심리

- ‘안전’과 ‘안심’의 차이

– 안전과 안심은 같은 것이 아니다. 안전은 기준을 가지고 평가되는 객관적 상태이지만, 안심은 개개인의 주관적 판단에 불과하다.



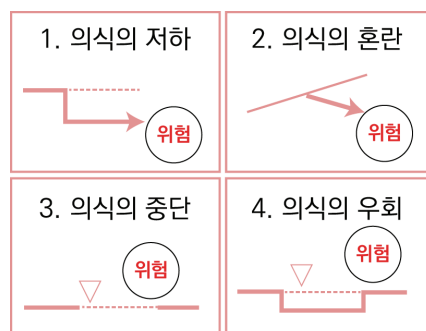
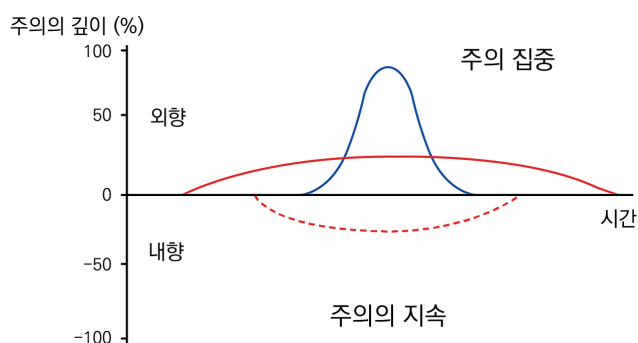
- 간결성의 원리

– 인간은 입력되는 정보를 단순화, 간결화하여 판단하는 경향이 있다.

– 인지편향(cognitive bias) - 근거 없이 입력정보를 왜곡하여 판단하는 전략을 말한다.

- 주의(Attention)

- 주의의 선택성 - 한 곳에 집중하면 다른 곳에는 소홀해진다.
- 주의의 방향성 - 한쪽 방향에 집중하면 다른 방향에서 입력되는 정보는 받아들이기 곤란하다.
- 주의의 범위 - 시각적으로는 청각적으로는 주의가 깊어지면 범위가 줄어든다.
- 주의의 변동성 - 주의집중의 정도는 시간에 따라 변화한다.
- 주의의 단속성 - 주의집중의 깊이가 깊을수록 오래 지속될 수 없다.



- 부주의의 원인 - 부주의는 원인이 아니라 결과이다.

- 의식의 중단 - 의식에 흐름에 단절이 생기고, 공백이 나타나는 현상
- 의식의 우회 - 의식의 흐름 중 다른 생각을 하게 되는 현상
- 의식수준의 저하 - 심신이 피로하거나, 단조로운 작업을 할 때 나타나는 각성수준의 저하
- 의식의 혼란 - 외적 자극에 문제가 있어서 유발되는 의식의 분산
- 의식의 과잉 - 지나친 의욕에 의하여 생기는 과도한 집중 현상.

- 착오요인

- 조작과정 착오: 작업자의 기능 미숙, 작업 경험 부족
- 판단과정 착오: 능력 부족, 정보 부족, 자기합리화, 과신
- 인지과정 착오: 생리, 심리적 능력의 한계, 정보량 저장의 한계, 감각 차단현상(단조로운 업무, 반복 작업), 정서 불안정 요인(불안, 공포, 과로, 수면 부족 등)
- 재해누발 소질 요인(proneness): 성격적, 정신적 결함, 신체적 결함

2

학습내용

- 인간의 불안전행동, 휴먼에러 등을 설명할 수 있다.

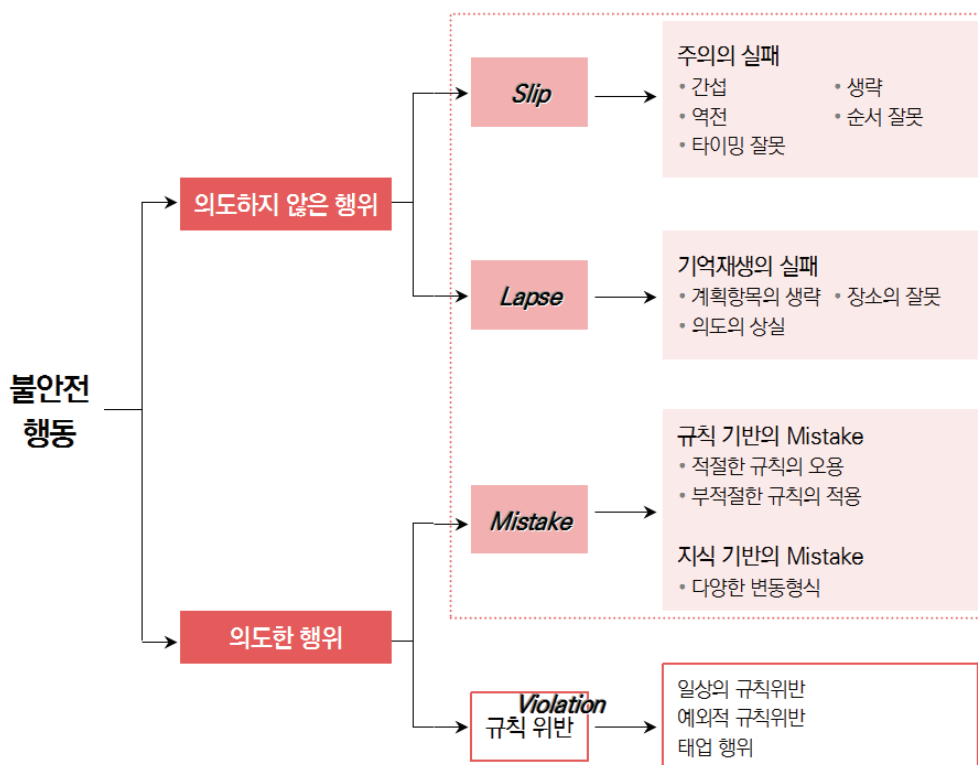
불안전행동

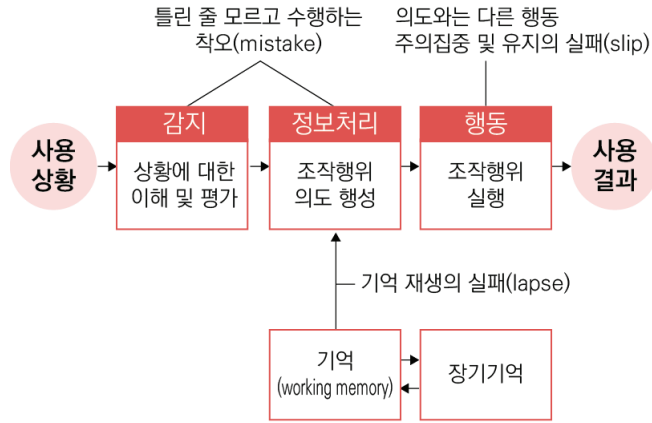
- 인간의 행동
 - 인간의 행위(Behaviour)는 인간이 지니고 있는 조건, 즉 개체로서의 특성(Personality)과 주변 환경(Environment)과의 함수이다(K.Lewin).
 - $B = f(P, E)$
 - B 는 행위, P 는 연령, 경험, 심신상태, 지능, 개성 등의 인간의 심리적, 생리적 요인, E 는 물리적 환경, 인간관계, 작업특성, 작업환경, 관리적 배경 등 심리적 주변 환경
- 불안전행동의 원인
 - 몰라서 - 지식부족
 - 알기는 알지만 서툴러서 - 기능미숙
 - 알기는 알지만 하고 싶지 않아서 - 태도불량
 - 하고 싶지만 할 수 없어서 - 휴먼에러

휴먼에러

- 휴먼에러의 정의
 - 업무를 수행하는 도중 미리 정해진 기능을 완수하지 못하기 때문에 발생하는, 시스템의 기능을 열화시킬 가능성이 있는 인간의 작업요소
- 휴먼에러의 분류
 - 행위 결과에 따른 분류 - 생략과오 omission error, 실행과오 commission error, 시간적 과오 timing error, 순서적 과오 sequential error, 불필요 과오 extraneous error
 - 인지행동과정에서의 분류 - 감지 및 인식 에러 input error, 정보처리 에러 information processing error, 의사결정 에러 decision making error, 행동 에러 output error, 정보피드백 에러 feedback error
 - 정보처리수준에서의 분류 - 반사조작수준에서의 과오, 규칙수준에서의 과오, 지식수준에서의 과오
 - 정보처리과정에서의 분류 - 주의집중 및 유지의 과오 slip, 기억재생 과오 lapse, 판단 과오 mistake
- 정보처리과정 중 휴먼에러의 주요 요인
 - 재해 유발소질 요인(accident proneness) : 성격적, 정신적 결함, 신체적 결함

- 인지과정 과오: 생리, 심리적 능력의 한계, 작업정보저장 (working memory)의 한계, 감각 차단현상 (단조로운 업무, 반복 작업), 정서불안정 요인(불안, 공포, 과로, 수면부족 등)
- 판단과정 과오 : 능력 부족, 정보 부족, 정보 처리상의 한계용량(channel capacity), 자기합리화, 과신
- 조작과정 과오: 작업자의 기능 미숙, 작업 경험 부족
- 휴먼에러의 주요 심리적 요인(내적 요인)
 - 그 일에 대한 지식이 부족할 때
 - 일할 의욕이 결여되어 있을 때 (도덕성이 결여된 경우는 위반에 해당)
 - 서두르거나 절박한 상황에 놓여 있을 때
 - 무엇인가의 체험으로 습관적이 되어 있을 때
 - 스트레스가 심할 때
- 휴먼에러의 주요 물리적 요인(외적 요인)
 - 기계설비가 양립성(compatibility)에 위배될 때
 - 일이 단조로울 때
 - 일이 너무 복잡할 때
 - 일의 생산성이 너무 강조될 때
 - 자극이 너무 많을 때
 - 동일 현상의 것이 나란히 있을 때





mistake : 상황해석을 잘못하거나 틀린목표를 착각하여 행하는 경우
 Slip : 상황(목표) 해석은 제대로 했으나 의도와는 다른 행동을 하는 경우
 Lapse : 기억 속에 있는 내용을 적시에 재생하지 못하는 실패

• 인간의 의식수준과 행동의 신뢰성

- 인간의 의식은 항상 일정 수준에 머물러 있는 것이 아니라 상황에 따라, 혹은 시간에 따라 변화하는데, 일반적으로 뇌파의 형태에 따라 다음과 같은 5단계 모형이 널리 알려져 있다.

단계 (Phase)	뇌파패턴	의식의 상태 (mode)	주의의 작용	생리적 상태	신뢰성
0	δ 파	무의식, 실신	제로	수면, 뇌발작	0
I	θ 파	subnormal, 의식이 둔한 상태	활발하지 않음 (inactive)	피로, 단조, 졸림, 취중	0.9 이하
II	α 파	normal, 편안한 상태(relaxed)	수동적임 (passive)	안정상태, 휴식 시, 정상작업 시	0.99~0.99999
III	β 파	normal, 명석한 상태(clear)	활발함, 적극적 (active)	적극적 활동 시	0.999999 이상
IV	β 파, 간질파	hypernormal, 흥분 상태(과긴장)	일점에 응집, 판단 정지	긴급방위반응, 당황 → 패닉	0.9 이하

- 0 단계는 의식을 잃은 상태이므로 작업수행과는 관계가 없다.
- I 단계는 과로했을 때나 야간작업을 했을 때 볼 수 있는 의식수준으로 부주의 상태가 강해서 휴먼에러가 빈발한다. 이 단계는 휴식 시나 단순 반복 작업을 장시간 지속할 때도 여기에 해당한다.
- II 단계는 의식이 가장 안정된 상태이나, 작업을 수행하기에는 미처 준비되지 못한 상태이다. 숙면을 취하고 깨어난 상태를 가리킨다.

- III 단계는 적극적인 활동 시의 명쾌한 의식으로 대뇌가 활발히 움직이므로 주위의 범위도 넓고, 과오를 일으키는 일도 거의 없다.
- IV 단계는 과도 긴장 시나 감정 흥분 시의 의식 수준으로 대뇌의 활동력은 높지만 주의가 눈앞의 한 곳에 집중되고 냉정함이 결여되어 판단은 둔화한다.
- 휴먼에러의 가능성은 IV단계일 때 최대이고 다음으로 I 단계, II 단계의 순이며, III 단계에서 과오 가능성이 최소가 된다.
- 안전을 유지하기 위해 작업 중에는 항상 긴장하면 된다고 말할 수 있으나, 이 단계는 오래 지속될 수 없고, 오히려 무리하게 계속하면 피로해지기 때문에 의식 수준이 I 단계로 떨어진다.

3

학습내용

- 인간의 행동에 영향을 미치는 집단규범의 영향을 설명할 수 있다.

집단사고(Groupthink)

- 동료집단 (Peero Group)
 - 인간의 행동에 가장 크게 영향을 미치는 외적 요인은 동료집단의 영향이다. (H.W.Heinrich).
 - 동료집단의 눈치를 의식해 자신의 행동을 바꾸는 현상을 동조현상(conformity)이라고 한다.
- 집단규범 (Group Norm)
 - 소속 집단이 가진 생각이나 개념을 말한다.
- 집단사고 (Groupthink)
 - 응집력이 강한 사람들로 구성된 집단 내에서 의사결정 시 객관적이고 비판적인 생각을 하지 않아 획일적인 방향성만을 가지게 되는 현상
 - 위와 같은 이유로, 한 집단이 안전을 소홀히 하거나 불안전 행동을 대수롭지 않게 여기는 분위기가 형성되면, 그렇지 않은 사람들도 집단 분위기에 휩쓸려 안전을 소홀히 하기 쉬워진다.

참고자료

- 기도형, 박재희, 이경태, 최경임, 송영웅(2020). 산업안전보건관리자를 위한 인간공학, 제4판, 한경사.
- 목연수, 장성록(2002). 산업심리학, 다솜출판사.
- 신창섭, 박재학, 임현교, 김두현, 원정훈, 최영보, 정국삼, 이병곤(2015). 안전공학개론. 동화기술.

2.1.3. 연구실 안전관리의 기초

KEYWORD 연구실 안전관리 조직, 연구실 안전관리 규정, 연구실 안전관리 계획

개요 연구실 사고 예방을 위한 연구실 안전관리 조직, 안전관리 규정, 안전관리 계획 등 연구실 안전관리의 기초적 내용에 대하여 학습한다.

학습목표 ① 안전관리 조직의 기본형태에 대하여 설명할 수 있다.

② 연구실 안전관리 규정에 대하여 설명할 수 있다.

③ 연구실 안전관리 계획의 구성내용에 대하여 설명할 수 있다.

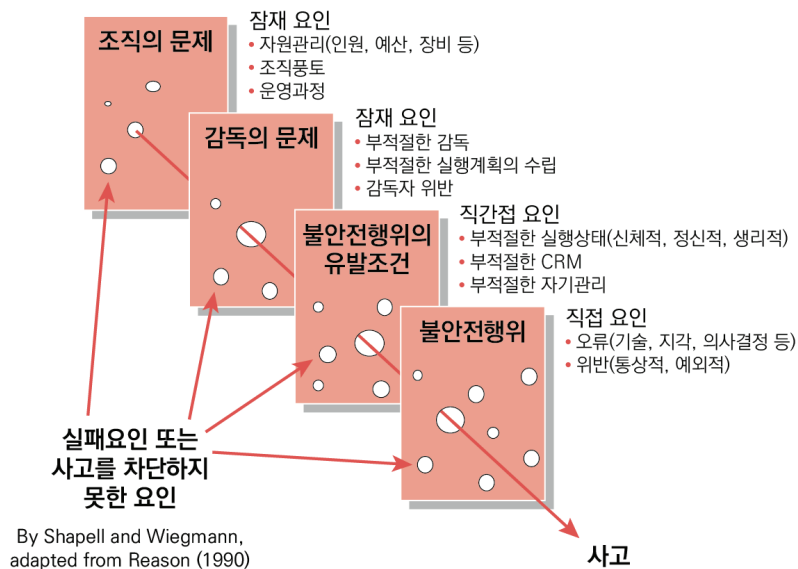
1 학습내용

- 연구실안전관리 조직의 형태와 기능에 대하여 이해한다.

안전관리 조직

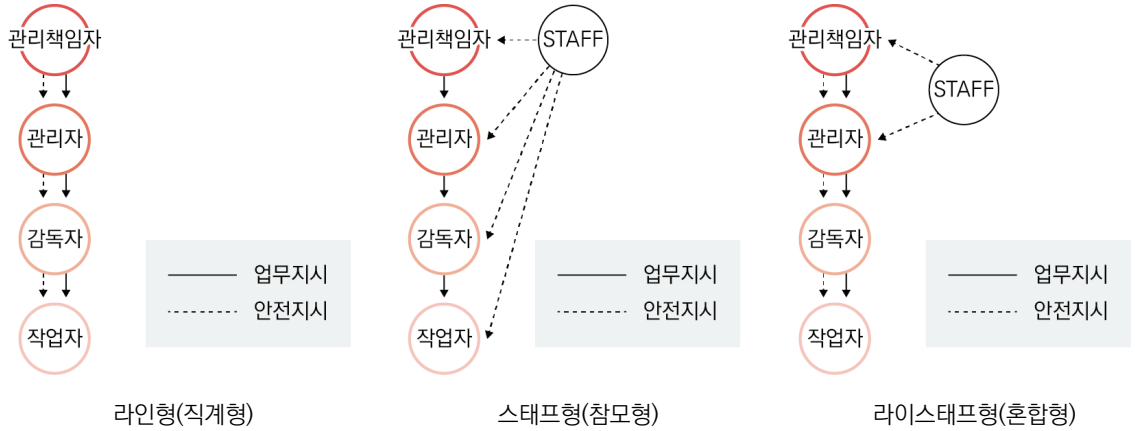
- 효과적인 안전관리 조직의 필요성

- 그림에서 보듯 사고가 발생하는 근본적인 문제는 조직에서부터 비롯되며(organizational influences), 가장 효과적인 방법도 안전관리를 효율적으로 시행하기 위한 효과적 조직의 구성에서부터 시작된다.
- 조직의 잠재적인 요인 다음으로 검토되어야 하는 것은 불안정한 관리감독(supervision)의 문제이다.
- 그다음에는 불안전행동의 전제조건(preconditions for unsafe acts)이 문제가 된다.
- 마지막으로, 직접적인 불안전행동(unsafe acts)이 문제가 된다.
- 그림에서 구멍은 각각의 사고 예방 활동이 정상적으로 기능하지 못하는 실패 요인을 가리킨다.
- 각각의 사고 예방 활동은 제각각 회전하는 치즈 낱장으로 상징되는데, 평소에는 구멍들이 겹쳐지지 않기 때문에 좀처럼 사고는 발생하지 않는다. 그러나, 공교롭게 우연한 기회에 구멍들이 하나의 방향으로 정렬하게 되면 사고가 발생한다.



〈그림-3〉 Swiss Cheese Model (Reason, 1990)

- 법안전관리 조직의 목적
 - 활용 가능한 자원이나 인력, 활동을 체계화하여 사고 예방이라는 궁극적 목적달성에 효율적으로 집중될 수 있도록 체제를 구축하는 것이다.
- 안전관리 조직의 기본방향
 - 조직 구성원의 전원 참여
 - 각 계층 간의 중형적·기능적 유대
 - 조직기능의 충분한 발휘
- 안전관리 조직의 기본형태
 - 기본적으로 직계형 조직, 참모형 조직, 혼합형 조직이 있으며, 이외에 기능형 조직이 있다.
 - 연구실안전관리사는 기본적으로 참모(staff)의 기능을 담당한다.
 - 연구조직의 규모나 특성에 따라 적합한 형태가 다르다. 따라서 적합한 형태를 선택할 필요가 있다.

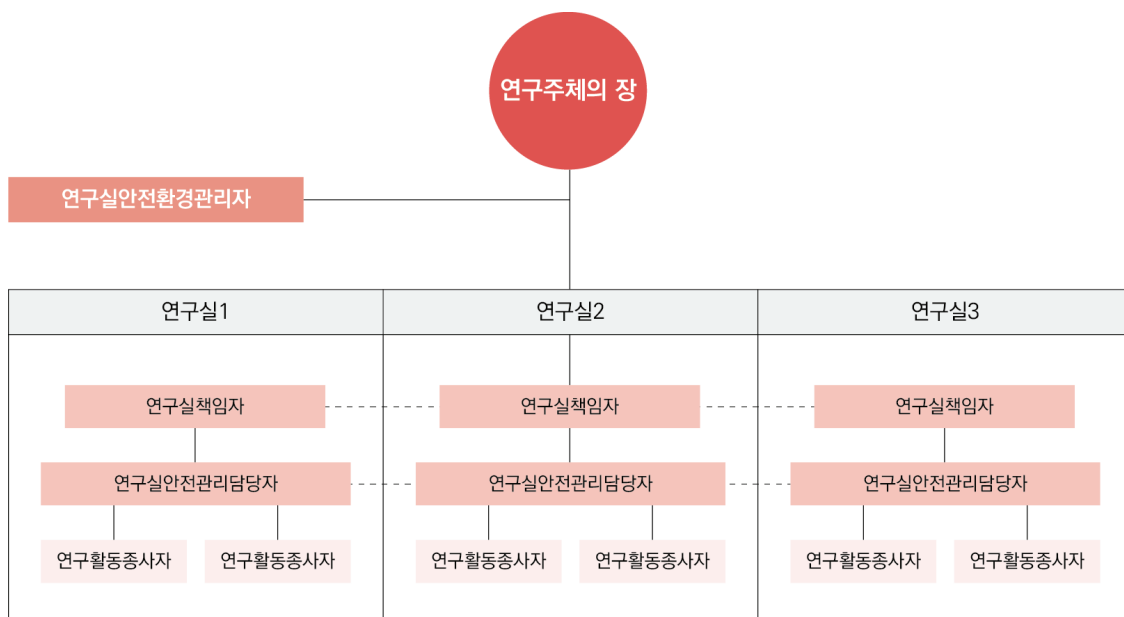


〈그림〉 안전관리 조직의 기본형태

〈표-5〉 안전관리 조직 기본형태의 장단점 비교

구분	라인형 or 직계형	스태프형 or 참모형	라인스태프형 or 혼합형
내용	<ul style="list-style-type: none"> 안전관리의 모든 것을 생산조직을 통해 행하는 관리방식 생산과 안전을 동시에 지시하는 형태 	<ul style="list-style-type: none"> 안전관리 전담 스태프를 두고 계획, 조사, 검토 등을 행하는 방식 스태프가 방안을 모색하고 경영자의 조언, 자문역할 	<ul style="list-style-type: none"> 라인형과 스태프형의 장점을 취한 형태 스태프는 안전을 계획, 평가, 조사하고 라인을 통해 안전대책 및 기술전달
장점	<ul style="list-style-type: none"> 명령 및 지시가 신속 정확하다. 안전대책의 실시가 신속하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 안전정보 수집이 빠르고 용이 안전지식 및 기술축적 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 스태프에 의해 입안된 것을 경영자가 명령하여 신속 정확 안전정보 수집 신속 및 용이 안전지식 및 기술축적 용이
단점	<ul style="list-style-type: none"> 안전정보가 불충분하다. 라인에 과도한 책임 부여 	<ul style="list-style-type: none"> 안전과 생산을 별개로 취급 생산부문은 안전에 대한 책임 및 권한이 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> 명령계통과 조언, 권고적참여의 혼돈 우려 스태프의 월권행위 우려 라인이 스태프에 미의존 or 미활용
규모	100명 이하의 소규모	100~1000명 중규모	1000명 이상 대규모

- 법정 연구실안전관리 조직
 - 일반적으로 연구실 안전관리 조직은 그림과 같은 형태를 갖게 된다.
 - 이외에 연구실안전관리위원회를 설치하는 것이 바람직하다.



연구실 안전관리 조직

- 법정 연구실안전관리 조직의 구성
 - 연구주체의 장 : 대학·연구기관 등의 대표자 또는 해당 연구실의 소유자
 - 연구실안전환경관리자 : 연구실 안전과 관련한 기술적인 사항에 대하여 연구주체의 장을 보좌하고 연구실안전관리 담당자를 지도하는 자
 - 연구실책임자 : 연구실 소속 연구활동종사자를 직접 지도·관리·감독하는 연구활동종사자
 - 연구실안전관리담당자 : 각 연구실에서 안전관리 및 사고예방 업무를 수행하는 자
 - 연구활동종사자 : 대학·연구기관 등에서 과학기술분야 연구활동에 종사하는 연구원·대학생·대학원생 및 연구보조원 등
- 기업부설연구소의 연구개발인력
 - 연구전담요원 : 연구개발업무 이외에 다른 업무를 겸직하지 않고 연구개발과제를 직접 수행하는 사람
 - 연구보조원 : 연구전담요원의 자격을 보유하지 않은 사람으로서 기업부설연구소, 연구개발 전담 부서 안에 근무하면서 연구개발과제의 수행을 보조하는 사람
 - 연구관리직원 : 연구전담요원이나 연구보조원이 아닌 사람으로서 기업부설연구소, 연구개발 전담 부서 안에 근무하면서 연구활동과 관련된 행정업무 및 관리업무를 담당하는 사람

2

학습내용

- 안전관리 규정의 의미와 형태에 대하여 이해하고, 연구실안전관리 규정에 대하여 이해한다.

연구실안전관리규정

- 정의
 - 효과적인 안전관리를 위하여 조직 내 구성원들의 계층 간, 조직 간의 책임과 역할이 명확히 이행되도록 방법과 절차를 규정한 문건
- 연구실안전관리규정을 작성해야 하는 연구실의 종류 및 규모
 - 대학·연구기관 등에 설치된 각 연구실의 연구활동종사자를 합한 인원이 10명 이상인 경우
- 연구실안전관리규정의 유형
 - 안전관리규정
 - 안전관리수칙
 - 안전관리매뉴얼
 - 기타 조직 내 안전기준, 지침, 표준 등
- 안전관리규정의 일반적 내용
 - 총칙
 - 안전관리 조직체계과 직무
 - 연구실안전환경관리자 및 연구실책임자의 권한과 책임
 - 안전교육
 - 안전관리업무
 - 사고조사 및 대책 수립
 - 보칙
- 안전관리규정 작성 시 주의사항
 - 단순한 법 적용보다는 각 조직의 실정에 맞도록 작성한다.
 - 조직 내 모든 안전관리활동이 안전관리 규정을 중심으로 전개되도록 작성한다.
 - 단순히 책임자를 지정하는 것이 아니라, 책임자의 업무 내용을 중심으로 작성한다.
 - 조직 구성원의 자발적 참여를 이끌어 낼 수 있도록 작성한다.
- 법정 안전관리규정 내용
 1. 안전관리 조직체계 및 그 직무에 관한 사항

-
2. 연구실안전환경관리자, 연구실책임자의 권한과 책임 및 연구실안전관리담당자의 지정에 관한 사항
 3. 주기적 안전교육의 실시에 관한 사항
 4. 연구실 안전표식의 설치 또는 부착
 5. 연구실사고 또는 중대 연구실사고 발생 시 긴급대처방안과 행동요령에 관한 사항
 6. 사고조사 및 후속대책수립에 관한 사항
 7. 연구실 안전관리비 계상 및 사용에 관한 사항
 8. 연구실 유형별 안전관리에 관한 사항
 9. 그 밖의 안전관리에 관한 사항
- 법정 연구실안전관리규정을 작성하는 경우의 주의사항
 - 산업안전·가스 및 원자력 분야 등의 다른 법령에서 정하는 안전관리에 관한 규정과 통합하여 작성할 수 있다.

2. 2. 연구실 안전관리 시스템 구축·이행 역량

2.2.1. 연구실 안전관리 시스템 정의 및 실행계획(Plan)

2.2.2. 연구실 안전관리 시스템 실행 및 운영(Do)

2.2.3. 연구실 안전관리 시스템 점검 및 시정조치(Check)

2.2.4. 연구실 안전관리 시스템 검토 및 개선(Action)



2.2.1. 연구실 안전관리 시스템 정의 및 실행계획(Plan)

KEYWORD 연구실 안전관리 시스템(P-D-C-A), 안전환경 목표 및 추진계획 수립, 운영법규 및 방침

개요 연구실 안전관리 시스템의 개요와 실행계획 수립 방법 등을 숙지한다.

- 학습목표**
- ① 시스템 정의와 P-D-C-A 사이클에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 연구실 안전관리 시스템 정의, 목적 및 기대효과에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 연구실 안전관리 실행계획 수립 방법에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 시스템 정의와 P-D-C-A 사이클에 대하여 설명할 수 있다.

시스템 및 P-D-C-A 사이클 정의

- 안전분야에서의 시스템 정의
 - 복수 개의 구성요소들이 어떤 공통적인 목적을 위해 상호긴밀하고 유기적인 관계를 가지고 정해진 운용조건 하에서 기능하는 것이다.(인간-기계 시스템, 신경계, 순환계, 근골격계, P-D-C-A 사이클)
- P-D-C-A 사이클 정의
 - P-D-C-A 사이클이란 Plan, Do, Check, Act의 약자로 계획(P)을 세우고, 실행(D)하고, 평가(C)하고, 개선(A)한다는 의미로 사업 활동에서 생산 및 품질 등을 관리하는 방법이며, 1950년대 W. Edwards Deming에 의해 개발되었다.

2 학습내용

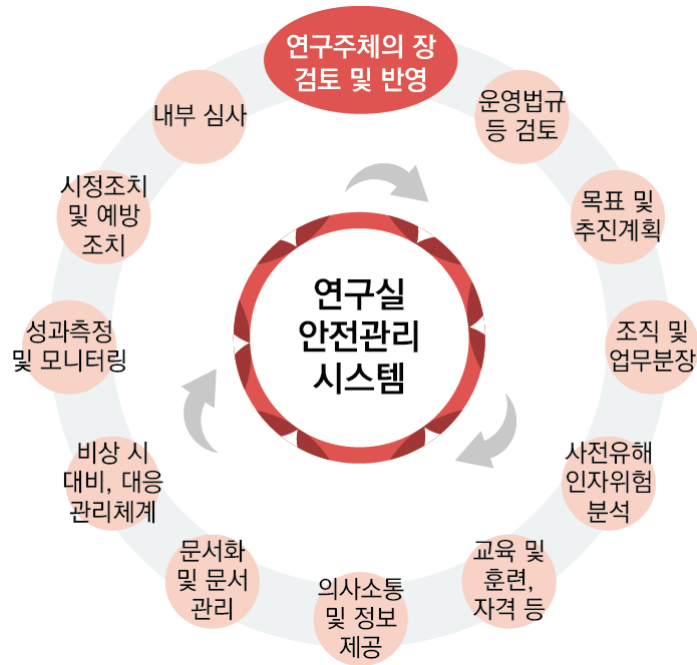
- 연구실 안전관리 시스템의 정의, 목적 및 기대효과에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 안전관리 시스템(P-D-C-A) 정의

- 연구실 안전관리 시스템 정의
 - 연구주체의 장(또는 연구실책임자)이 안전환경방침을 선언하고 이를 반영한 연구실 안전관리 실행계획을 수립(Plan)하여 이를 실행 및 운영(Do), 점검 및 시정조치(Check)하며 그 결과를 연구주체의 장(또는

연구실책임자)이 검토하고 개선(Action)하는 등 P-D-C-A 순환(환류)과정을 통하여 지속적인 개선이 이루어지도록 하는 체계적이고 자율적인 연구실 안전관리 활동을 말한다.

※ 기관의 규모, 풍토(조직문화), 연구개발 환경 등에 따라 연구실 안전관리 시스템 운영 주체를 연구주체의 장 또는 연구실책임자로 선정하여 자율적으로 운영할 수 있다.



〈그림-4〉 연구실 안전관리 시스템 순환과정(예시)

연구실 안전관리 시스템(P-D-C-A) 목적 및 기대효과

- 연구실 안전관리 시스템(P-D-C-A) 목적
 - 연구실 안전관리 시스템을 구축하여 위험요인에 노출된 연구활동종사자와 이해관계자에 대한 위험을 제거 하거나 최소화하여 연구실 안전환경 수준을 지속적으로 개선하고 향상시키는 것을 목적으로 함.
- 연구실 안전관리 시스템(P-D-C-A) 기대효과
 - 연구실(기관)에서 자율적으로 연구실 안전관리 시스템을 구축하고 지속적으로 실행·유지·보수함으로써 연구실 사고예방과 안전한 연구환경 조성을 기대.

3

학습내용

- 연구실 안전관리 시스템 실행계획 수립 방법에 대하여 설명할 수 있다.

실행계획 수립

- 실행계획 수립
 - 계획(Plan) 단계에서는 연구실 안전관리 문제 파악을 위한 자료의 수집(관련법령, 사전유해인자위험분석 등) 및 분석을 하고, 개선 계획의 개발 및 평가를 위한 기준을 설정하는 활동을 한다.

운영법규 검토 및 안전환경방침 등 마련

- 연구실책임자는 국·내외 관련 규정 등을 검토하여 연구실의 운영법규, 안전규정 및 안전환경방침을 정하여야 하며, 이 법규, 규정 및 방침에는 연구주체의 장의 정책과 목표, 성과개선에 대한 의지가 분명히 제시되고 모든 연구실 구성원에게 공표 되어야 한다.
 - (운영법규) 연구실과 연구 활동에 적용되는 모든 법률, 규제 및 기타 이해관계자들의 요구사항을 파악하여 등록, 운영·관리해야 하며, 법규에서 요구하는 사항을 준수하여야 한다.
 - (안전환경방침) 조직의 안전환경을 위협하는 유해위험의 특성과 조직규모 등을 고려한 안전환경방침을 마련해야 한다. 안전한 연구환경 조성을 위한 지속적 개선 및 실행의지가 반영된 안전환경방침을 수립·공표하고, 연구실 안전관리 시스템 세부계획에 반영되도록 한다.
 - 연구실책임자는 등록된 운영법규, 안전규정 및 안전환경방침을 연구활동종사자에게 이해되고 준수 되도록 교육 하여야 한다.
 - 연구실 안전관리 시스템 요소에 반영하고 이에 적합하게 업무를 수행하여야 한다.
 - 연구실책임자는 연구실 운영법규, 안전규정 및 운영방침이 연구실에 적합한지 정기적으로 확인하여야 하며, 최신의 것으로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

연간 연구실 안전환경 목표 및 추진계획 수립

- 연구실책임자는 기관의 목표에 부합하게 연간 안전환경 구축활동 목표를 수립하고 구체적인 세부 추진계획을 마련·시행하여야 한다.
 - 목표 수립할 때에는 아래의 사항이 반영·검토 되어야 한다.
 - ① 연구실 안전환경 방침
 - ② 사전유해인자위험분석 결과

- ③ 운영법규 및 안전규정
 - ④ 연구실 안전환경 활동상의 필수적 사항(교육, 훈련, 성과측정, 내부심사)
 - ⑤ 해당 연구실 구성원이 동의한 그 밖의 요구사항 등
- 연구실 안전관리 시스템 상의 목표를 달성하기 위한 활동 추진계획에는 아래의 사항이 반영·검토 되어야 한다.
- ① 연구실의 규모·업무 특성 및 연구개발 활동 특성
 - ② 연구실의 전체목표 및 세부목표와 이를 추진하고자 하는 책임자 지정
 - ③ 목표달성을 위한 안전환경 구축활동 계획(수단·방법·일정 등)
 - ④ 목표별 성과지표 등
- 연구실책임자는 안전환경 목표 및 추진계획을 최소 연 1회 이상 검토하고 연구실의 운영 변경 또는 새로운 계획의 추가사유가 발생할 때에는 수정하여야 한다.

참고자료

- 산업표준심의회 KS Q ISO 45001:2018
- 안전보건경영시스템 인증업무 처리규칙, 한국산업안전보건공단, 2019.
- 「안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정(과학기술정보통신부고시 제2021-107호)」
- Sun, Jing (The University of Electro-Communications) ; Tsubaki, Michiko (The University of Electro-Communications) ; Matsui, Masayuki, A Study of the PDCA and CAPD Economic Designs of the x Control Chart, Korean Institute of Industrial Engineers, Volume 6 Issue 1 / Pages.11-21 / 2007.

2.2.2. 연구실 안전관리 시스템 실행 및 운영(Do)

KEYWORD 조직 및 업무분장, 교육 및 훈련, 의사소통 및 정보제공, 문서관리, 사고관리체계

개요 연구실 안전관리 시스템의 실행 및 운영 방법을 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 안전관리 시스템 실행 및 운영을 설명할 수 있다.

- ② 연구실 안전관리 시스템의 조직 및 업무분장 방법을 설명할 수 있다.
- ③ 연구실 안전교육 및 훈련, 자격사항 등을 설명할 수 있다.
- ④ 연구실 안전에 관한 의사소통 및 정보제공 방법을 설명할 수 있다.
- ⑤ 체계적인 연구실 안전관리 시스템 문서관리 방법을 설명할 수 있다.
- ⑥ 비상시를 대비한 사고대응 매뉴얼 등 사고관리체계 구축 방법을 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실 안전관리 시스템 실행 및 운영을 설명할 수 있다.

실행 및 운영(Do)

- 실행 및 운영(Do)
 - 실행(Do) 단계는 연구실 안전환경 방침과 목표를 실제로 프로세스에 적용하여 수행하는 단계로서 수립된 계획을 이행하는 과정에서 발생하는 변화가 있었는지를 파악하고, 체계적으로 문서화 하는 활동이다.

2

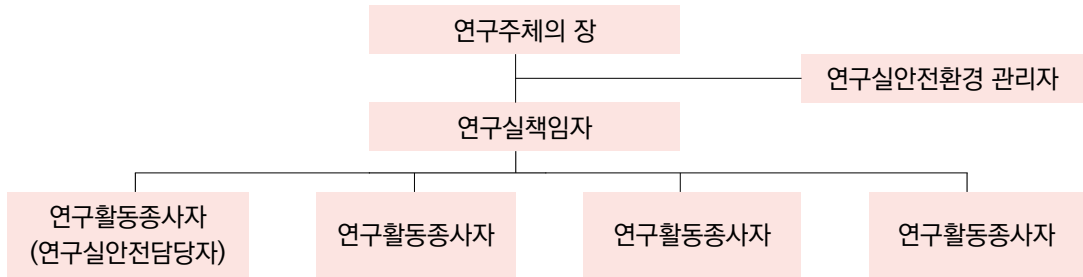
학습내용

- 연구실 안전관리 시스템의 조직 및 업무분장 방법을 설명할 수 있다.

조직 및 업무분장

- 조직 및 업무분장
 - 목적 : 연구실 안전관리 시스템을 효과적으로 운영하기 위하여 조직의 역할, 책임 및 권한을 정하는데 목적이 있다.
 - 연구주체의장은 공표한 안전환경방침, 목표 등을 달성할 수 있도록 연구실 안전관리 시스템이 올바르게 실행 및 운영되고 있는가에 대하여 주기적으로 점검·확인하여야 한다.

- 연구실 안전관리 시스템 업무를 효율적으로 수행하기 위하여 세부 계획별로 담당자를 정하고 그의 역할, 책임과 권한을 문서화 하여 연구실 구성원에게 공유하여야 한다.
- 연구주체의 장은 연구실 안전관리 시스템의 실행·운영과 개선에 필요한 자원(인적·물적)을 제공하여야 하며, 이를 실행하기 위하여 연구실구성원에게 교육, 훈련 등을 실시하여야 한다.



〈그림-5〉 연구실 안전관리 조직도(예시)

3

학습내용

- 연구실 안전교육 및 훈련, 자격사항 등을 설명할 수 있다.

교육 및 훈련, 자격 등

- 연구실 안전교육 및 훈련, 자격사항
 - 목적 : 연구활동종사자에게 적절한 연구실안전 교육·훈련을 실시하여 위험요인 및 업무수행에 필요한 지식을 사전에 습득하도록 함으로써 효율적으로 업무를 수행하고 연구실 사고를 예방하는데 그 목적이 있다.
 - 연구주체의장과 연구실책임자는 연구활동종사자가 연구실 안전환경유지 관련 업무수행에 필요한 능력 습득을 위해 아래의 사항을 반영한 교육·훈련 계획을 수립하여야 하며, 지원 하여야 한다.
 - ① 연구실 특성과 환경 등을 반영
 - ② 연구실에 해당하는 안전관련 법령 사항
 - ③ 사전유해인자위험분석에 따른 연구실내 유해·위험요인에 관한 사항
 - ④ 연구실 사고사례 및 사고예방 대책에 관한 사항(비상대응 교육·훈련)
 - ⑤ 물질안전보건자료(MSDS) 및 안전표지에 관한 사항
 - ⑥ 보호장비 및 안전장치 취급과 사용에 관한 사항
 - ⑦ 그 밖에 연구실 안전관리에 관한 사항 등
 - 연구실안전법령 교육이수시간을 준수한 안전교육·훈련 관리 기준을 수립·이행하고 그 실적을 보유하여야 한다.

4

학습내용

- 연구실 안전에 관한 의사소통 및 정보제공 방법을 설명할 수 있다.

의사소통 및 정보제공

- 의사소통 및 정보제공

- 목적 : 연구실 안전환경방침 및 연간 연구실 안전환경 목표(추진계획)에 대한 연구실 내·외 이해 관계자의 의사소통 과정을 정하고 실시함으로써 연구실 안전관리 시스템을 효과적으로 추진하도록 하는데 목적이 있다.
- 연구실책임자는 연구실 안전관리 시스템 확립을 위하여 연구실 구성원과 이해관계자가 연구실 안전환경 활동에 참여하고 의사소통 및 필요한 정보를 제공할 수 있도록 다음 사항을 포함하여 절차를 수립하여야 한다.
 - ① 안전환경 조성을 위한 정보의 종류 및 제공방법(연구실 회의, 세미나, 전문가 자문 등)
 - ② 연구실 안전 관련 내·외부 문서(공문, 공지, 이메일 등) 접수처리 및 회신
 - ③ 연구실 안전 문제 및 활동에 대한 연구활동종사자의 참여(견해, 개선 아이디어, 관심사항 등)와 검토 회신
 - ④ 그 밖에 연구실 안전관리에 관한 사항 등

5

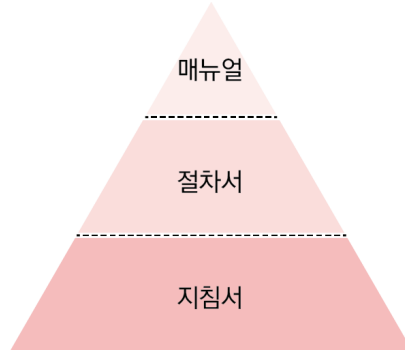
학습내용

- 체계적인 연구실 안전관리 시스템 문서관리 방법을 설명할 수 있다.

문서화 및 문서관리

- 문서화 및 문서관리

- 목적 : 연구실의 표준과 운영 절차를 체계적으로 정함으로써 연구실 안전관리 시스템의 체계화와 효율적인 업무수행을 목적으로 한다.
- 연구실 안전관리 시스템의 성공적인 현장 정착을 위해 안전환경 구축·개선 활동과 관련된 사항 등을 문서화 하여야 한다.
 - ① 연구실 안전관리 시스템 관련 사항은 규정화(매뉴얼, 절차서, 지침서 등) 하여 체계적인 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.



〈그림-6〉 연구실 안전관리 시스템 문서 표준 분류체계 (예시)

〈표-6〉 연구실 안전관리 시스템 문서 표준 번호부여 방법 (예시)

<p>예시) 기관명 - □□□□□□ - □□ - □□</p> <p style="text-align: center;">① ② ③ ④</p> <p>① 기관명</p> <p>② 해당 연구실</p> <p>③ 분류명 : 표준 분류 CODE (표 참조)</p> <p>④ 일련번호: 두 자리 숫자(01-99)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>분류명</th> <th>약호/기호</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">매뉴얼</td> <td>연구실안전</td> <td>SL</td> </tr> <tr> <td>연구실환경</td> <td>SE</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">절차서</td> <td>연구실안전</td> <td>연안</td> </tr> <tr> <td>연구실환경</td> <td>연환</td> </tr> </tbody> </table>	구분	분류명	약호/기호	매뉴얼	연구실안전	SL	연구실환경	SE	절차서	연구실안전	연안	연구실환경	연환
구분	분류명	약호/기호												
매뉴얼	연구실안전	SL												
	연구실환경	SE												
절차서	연구실안전	연안												
	연구실환경	연환												

- ② 문서의 생산 및 등록(제·개정 포함), 배포, 폐기 등에 대한 기준을 규정화하여 체계적으로 관리하여야 한다.
- ③ 문서는 연구실 환경 변화 및 관련 규정·기준 개정 사항 등을 반영하여 항상 최신으로 관리(현행화)하고 정기적으로 검토하여야 한다.

6

학습내용

- 비상시를 대비한 사고대응 매뉴얼 등 사고관리체계 구축 방법을 설명할 수 있다.

비상시 대비·대응 관리 체계

- 비상 시 대비·대응 관리 체계

- 목적 : 연구실내에서 연구활동 과정 중, 예상되지 않는 연구실사고 및 천재지변 등으로 인해 발생하는 사고에 대비하여 즉각, 대응할 수 있는 계획을 수립하고, 지속적인 훈련을 실시하도록 함으로써 연구실사고 발생시 사고로 인한 피해를 최소화하는 데 목적이 있다.

- 연구실책임자는 연구실에서 발생할 수 있는 최악의 상황을 가정한 비상사태별 대응 시나리오 및 대책 등 아래의 사항을 포함한 비상조치계획(매뉴얼)을 작성하고 정기적으로 교육·훈련을 실시하여야 한다.
 - ① 연구실 특성(보유 유해인자(금수성·독성·폭발성 물질 보유 등), 연구실 위치(고층, 지하층 등) 등)
 - ② 사고발생 시 비상조치를 위한 연구실 구성원의 역할 및 수행절차
 - ③ 사고발생 시 각 부서·관련기관과의 비상연락체계
 - ④ 비상 시 대피절차와 재해자에 대한 구조·응급조치 절차
 - ⑤ 비상조치계획에 따른 연간 연구실 교육·훈련 계획 및 훈련실시 결과서(사진자료 첨부)
- 비상사태 대응 훈련 후에는 성과를 평가하여 필요 시 비상조치계획을 개정·보완하여야 한다.
- 연구실 사고 기록을 작성·관리하여야 하며, 사고 발생 시 대책을 수립하여 이행하여야 한다.

참고자료

- 산업표준심의회 KS Q ISO 45001:2018
- 한국산업안전보건공단(2019). 안전보건경영시스템 인증업무 처리규칙
- 「안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정(과학기술정보통신부고시 제2021-107호)」, 2021. 12. 31., 일부개정
- Sun, Jing (The University of Electro-Communications) ; Tsubaki, Michiko (The University of Electro-Communications) ; Matsui, Masayuki, A Study of the PDCA and CAPD Economic Designs of the x Control Chart, Korean Institute of Industrial Engineers, Volume 6 Issue 1 / Pages.11-21 / 2007.

2.2.3. 연구실 안전관리 시스템 점검 및 시정조치(Check)

KEYWORD 성과측정, 모니터링, 시정조치, 예방조치, 내부심사

개요 연구실 안전관리 시스템의 점검 및 시정조치 과정 등을 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 안전관리 시스템 점검 및 시정조치를 설명할 수 있다.

② 연구실 안전관리 시스템의 성과측정 및 모니터링 방법을 설명할 수 있다.

③ 연구실 안전관리 시스템의 시정 및 예방조치 방법을 설명할 수 있다.

④ 연구실 안전관리 시스템 내부심사 실시방법을 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 안전관리 시스템 점검 및 시정조치를 설명할 수 있다.

점검 및 시정조치

- 점검 및 시정조치
 - 점검 및 시정조치(Check) 단계는 실행(Do) 단계에서 수행되는 일련의 과정을 모니터링하여, 계획(Plan) 단계에서 수립된 목표와 긴밀히 연계되어 수행되고 있는가를 평가하고 분석하는 단계로서 계획 단계에서 설정된 목표와 실행 단계에서의 실제결과 간의 차이를 확인하고 평가를 실시하는 활동이다.

2 학습내용

- 연구실 안전관리 시스템의 성과측정 및 모니터링 방법을 설명할 수 있다.

성과측정 및 모니터링

- 성과측정 및 모니터링
 - 목적 : 연구실 안전관리 시스템의 업무를 수행하기 위하여 연구실안전과 관련하여 중요한 영향을 끼칠 수 있는 특성을 지속적으로 감시하고, 측정·관리함으로써 안전환경방침, 목표 및 세부목표를 달성하도록 하는데 그 목적이 있다.
 - 연구실책임자는 정기적으로 성과를 측정하기 위해 연구실 성과측정 및 모니터링 계획을 수립하고 실행하여야 한다.

- ① 안전환경방침에 따른 연구실 안전환경 목표 및 추진계획이 계획대로 달성되고 있는가를 주기적으로 측정
- ② 안전환경방침에 따른 연구실 안전환경 목표 및 추진계획을 달성하기 위해 안전환경 구축·개선 활동 계획 및 실적의 적정성과 이행여부 확인
- ③ 연구실 안전에 필요한 절차서와 연구실 안전 활동 일치성 여부의 확인
- ④ 연구실 적용법규 및 준수여부 평가
- ⑤ 연구실 안전예산 대비 집행 실적 확인

3 학습내용

- 연구실 안전관리 시스템의 시정 및 예방조치 방법을 설명할 수 있다.

시정조치 및 예방조치

- 시정조치 및 예방조치
 - 목적 : 연구실 성과측정 및 모니터링 결과 부적합사항, 내·외부 심사결과 지적사항, 운영검토보고 지시사항, 기타 불안전 사항 등 연구실 안전관리 시스템 운영에 문제점이 발생하였을 경우 시정 및 예방조치 함으로서 문제점을 해결하여 연구실의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.
 - 연구실책임자는 연구실 안전관리 시스템 운영과정에서 발생하는 부적합 사항, 내·외부 심사결과(정기점검, 정밀안전진단, 내부심사 등), 운영검토 보고결과 등 연구실의 불안전 요소에 대해 신속하게 시정 및 예방조치를 실시하여야 한다.
 - ① 성과측정 결과에 따라 시정 및 예방조치 실행 전, 원인분석을 실시하여 연구실 맞춤형 계획을 마련한다.
 - ② 성과측정 결과 및 사전유해인자위험분석 결과 등을 반영하여 적합한 절차에 따라 시정 및 예방 조치를 실시하여야 한다.
 - ③ 시정조치 및 예방조치 실행 후 적합성 여부를 평가하고 변경사항은 기록 및 관리하여야 한다.
 - 연구주체의 장은 시정 및 예방조치 사항에 있어 필요한 예산 등의 지원을 하여야 한다.

4 학습내용

- 연구실 안전관리 시스템 내부심사 실시방법을 설명할 수 있다.

내부심사

• 내부심사

- 목적 : 내부심사를 통해 정기적으로 연구실 안전관리 시스템의 적합성과 유효성을 평가하여 부적절한 부분을 개선하여 연구실 안전관리 시스템의 신뢰성을 높이고자 하는데 그 목적이 있다.
- 연구실책임자는 연구실 안전환경 구축·개선 활동이 연구실 안전관리 시스템에 따라 적합하게 실행·유지·관리되고 있는지를 확인하기 위하여 1년에 1회 이상 내부심사를 실시한다.

① 내부심사 계획서 마련

- ▶ 심사종류
- ▶ 심사의 목적 및 범위
- ▶ 심사의 대상 및 일정
- ▶ 심사팀 구성

② 내부심사 심사팀은 연구실안전환경관리자 및 해당 연구실과 이해관계가 없는 인원에 의해 수행되어야 한다.

③ 내부심사 실시할 때에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ▶ 연구실 안전관리 시스템의 적합성
- ▶ 연구실 안전관리 시스템을 통해 제시된 연간 연구실 안전 목표의 달성여부
- ▶ 사전유해인자위험분석 및 성과측정 결과 등에 따른 개선·시정조치 등의 이행내용

④ 내부 심사결과는 보고서로 작성하여 연구주체의장 및 해당 연구실 연구활동종사자 등에게 전달하고, 시정조치는 요구사항대로 신속히 이행되어야 한다.

- 내부 심사결과 연구실 안전관리 시스템의 개정이 필요할 때는 개선하여야 한다.

참고자료

- 산업표준심의회 KS Q ISO 45001:2018
- 한국산업안전보건공단(2019). 안전보건경영시스템 인증업무 처리규칙
- 「안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정(과학기술정보통신부고시 제2021-107호)」 2021. 12. 31., 일부개정
- Sun, Jing (The University of Electro-Communications) ; Tsubaki, Michiko (The University of Electro-Communications) ; Matsui, Masayuki, A Study of the PDCA and CAPD Economic Designs of the x Control Chart, Korean Institute of Industrial Engineers, Volume 6 Issue 1 / Pages.11-21 / 2007.

2.2.4. 연구실 안전관리 시스템 검토 및 개선(Action)

KEYWORD 경영자 검토, 시스템개선, 사후조치

개요 연구실 안전관리 시스템의 검토 및 개선 방법 등에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 안전관리 시스템 검토 및 개선을 설명할 수 있다.

② 연구실 안전관리 시스템의 경영자 검토 및 개선방법을 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 안전관리 시스템의 검토 및 개선을 설명할 수 있다.

검토 및 개선

- 검토 및 개선
 - 검토 및 개선(Action) 단계는 평가(Check) 단계에서의 평가 및 분석을 통해 피드백을 도출하는 단계로서, 연간 목표(세부목표) 결과가 성공적이지 못하다면 안전관리 계획을 수정하고, 프로세스를 재검토하여 새로운 계획을 수립할 때 반영하는 단계이다.

2 학습내용

- 연구실 안전관리 시스템의 경영자 검토 및 개선방법을 설명할 수 있다.

연구주체의 장 검토 및 반영

- 연구주체의 장의 검토 및 반영
 - 목적 : 연구주체의장(경영자)이 연구실 안전관리 시스템 전반에 관하여 검토하고 그 결과를 시스템에 반영하여 연구실 안전관리 시스템이 지속적인 적합성, 적절성, 유효성을 보증하는데 목적이 있다.
 - 연구주체의장(경영자)은 연구실 안전관리 시스템 운영결과에 대한 검토를 실시하여야 한다.
 - 연구주체의장 검토 자료에는 다음 사항을 포함한다.
 - ① 연구실 안전관리 시스템의 전반적인 성과 및 내부심사 결과
 - ② 안전환경방침, 연구실 안전환경 연간 추진계획 및 추진실적

- ③ 내부심사 지적사항 및 시정결과
 - ④ 연구실 안전점검 또는 정밀안전진단 관련 고시에 따른 실시 계획 및 결과
 - ⑤ 사전유해인자위험분석 결과 및 개선조치사항
 - ⑥ 기타 이해 관계자의 제안 및 요구사항 등
- 연구주체의 장 검토 결과 지시된 사항은 사후조치 및 관리되어야 한다.

참고자료

- 산업표준심의회 KS Q ISO 45001:2018
- 안전보건경영시스템 인증업무 처리규칙, 한국산업안전보건공단, 2019.
- 「안전관리 우수연구실 인증제 운영에 관한 규정(과학기술정보통신부고시 제2021-107호)」
- Sun, Jing (The University of Electro-Communications) ; Tsubaki, Michiko (The University of Electro-Communications) ; Matsui, Masayuki, A Study of the PDCA and CAPD Economic Designs of the x Control Chart, Korean Institute of Industrial Engineers, Volume 6 Issue 1 / Pages.11-21 / 2007. 등

2. 3. 연구실 유해·위험요인 파악 및 사전유해인자위험분석 방법

2.3.1. 연구실 유해·위험요인 조사·분석 및 감소대책 수립 관련 이론

2.3.2. 연구실 위험성 평가 기법

2.3.3. 연구실 사전유해인자위험분석



2.3.1. 연구실 유해·위험요인 조사·분석 및 감소대책 수립 관련 이론

KEYWORD 4M, 물적·인적 유해·위험요인, 불안정한 행동, 위험감소대책

개요 연구실 사고를 발생시킬 가능성이 있는 연구실 유해·위험요인을 이해하고 감소대책을 수립할 수 있도록 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 유해·위험요인 조사·분석을 위한 이론을 설명할 수 있다.

② 물적(화학물질, 가스, 생물체, 물리적 요인 등) 및 인적 유해·위험요인을 구분 및 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 유해·위험요인 조사·분석을 위한 이론을 설명할 수 있다.

유해·위험 요인 분석 관련 이론

- 4M의 원칙

- 사고 원인분석 및 대책 수립 시, 빠짐없이 전체를 분석하면서도 상호 중복되지 않도록 하기 위해 사고요인을 4가지 분야로 구분하여 분석하고, 각 요인별로 대응되는 대책수립을 실시하도록 하는 원칙을 뜻한다.
- 이때 4분야는 Man(사람), Machine(기계), Media(방법), Management(관리)이고, 첫 글자를 따서 "4M"이라고 명명한다. 특히 사고원인 및 위험요인 도출 시 유의할 사항은 MECE-1방식을 적용하여 상호 중복되지 않도록 하되 빠짐없이 모든 위험요인이 도출될 수 있도록 하여야 한다.

요인	설명
인적 요인 (Man)	<ul style="list-style-type: none"> • 기술적 원인: 자격 혹은 면허의 유무, 숙련도 및 경험도, 직종 • 심리적 원인: 우울, 망각, 고민, 집착, 착오, 억측 등 • 생리적 원인: 피로, 수면부족, 음주·숙취, 고령, 신체기능저하 • 관계적 원인: 연구실내 인간관계, 리더십 부족, 대화부족, 팀워크 결여 ⇒ 위험요인 제거 및 경감 설계, 자기관리적 측면에서 위험감소대책 수립
설비적 요인 (Machine)	<ul style="list-style-type: none"> • 연구장비 및 시설의 설계·제작 결함 • 방호장치의 불량 • 품질수준 및 표준화 미흡 • 청소, 정비, 점검의 미흡 ⇒ 적절한 개인보호구 착용, 흡후드 및 시약보관장의 사용 및 화학물질 노출 대응을 위한 비상 샤워기, 세안기 등

_1 MECE(Mutually Exclusive, Collectively Exhaustive) 상호배제와 전체포괄

요인	설명
작업적 요인 (Media)	<ul style="list-style-type: none"> • 연구관련 정보의 미흡 • 연구방법, 실험 자세·동작·태도의 부적합 • 연구공간의 부족 및 연구환경의 부적합 ⇒ 물질안전보건자료(MSDS)의 비치·숙지 및 안전한 취급방법, 자세, 환경조건 등
관리적 요인 (Management)	<ul style="list-style-type: none"> • 연구실 안전관리 조직의 결함 • 연구실안전환경관리자 혹은 연구실책임자의 관리 소홀 • 규정, 매뉴얼, 표준행동절차서의 미비치 혹은 부적절한 관리 ⇒ 안전교육, 적합한 규정, 매뉴얼, 절차서의 구비 및 위험물질 취급 시 유의사항에 대한 철저한 이행 감독 등

- 4M 분석기법은 사고 혹은 재해 발생 후 원인 분석 시에 주로 적용되지만, 사전유해인자위험분석을 실시할 때도 4M의 원칙을 적용할 경우, 사고 요인을 빠짐없이 분석할 수 있어 매우 효과적이고 유용한 기법이다.

• 불안정한 행동의 심리적·생리적 원인 관련 이론

- 불안정한 행동의 원인은 심리적 원인, 생리적 원인, 물적원인, 작업적 원인으로 구분하여 설명할 수 있다. 연구실책임자는 이러한 불안정한 행동의 원인을 잘 파악하고, 연구실 내 발생 가능한 원인들을 규명하여, 연구실 안전사고 예방을 위해 교육, 관리, 설비, 관계, 시스템 등의 측면에서 개선할 수 있는 방안을 강구한다.

(1) 장면(場面)행동

- ▶ 장면행동은 돌발적으로 위기적 상황이 발생하면 그것에 집중하여 그 외의 상황을 분별하지 못하고, 특정 방향으로 강한 욕구가 있으면 그 방향에만 몰두하여 하는 행동을 뜻하고, 한 곳에만 집중한다는 의미에서 “주의의 1점 집중 행동”이라고 명명하기도 한다.
- ▶ 장면행동이 발생할 수 있는 상황들에 대해서 위험예지활동 및 사전유해인자위험분석을 통해 돌발적 위험에 대처할 수 있는 올바른 방법을 익히고, 위험한 대상에는 접근하지 못하도록 울타리, 방호막 등으로 방호하는 등의 조치를 해야 한다.

(2) 주연(周緣)행동(주변적 동작)

- ▶ 주연행동 혹은 주변적 동작은 특정 작업을 하는 동안 습관적 동작으로 의식의 한쪽 구석에서 다른 행위를 하는 경우를 뜻한다.
- ▶ 주연행동을 예방하기 위해서는 연구에 집중할 수 있도록 연구활동 전 사전교육 및 철저한 안전중심의 실험절차의 수립·이행이 필요하고, 연구활동 시 사전유해인자위험분석을 통해 주연행동이 일어날 수 있는 상황에 대해 미리 인지하고, 안전보건표지 등을 통해 무의식적인 행동이 습관적으로 사고로 이어지지 않도록 예방한다.

(3) 지름길 반응과 생략행위

- ▶ 지름길 반응행동이란, 정해진 길이 있는데도 불구하고 되도록 가까운 길을 걸어서 빨리 목적지에 도달하려고 하는 행동을 뜻한다. 이는 규정된 길로 걸으면 돌아가는 것으로 인식되고 헛수고이기에

안전사고가 발생하지 않는 선에서 연구활동종사자가 스스로가 허용하여 규정된 통로를 미준수하거나, 실험 절차, 안전수칙 등을 생략하는 행위라 할 수 있다.

- ▶ 이를 예방하기 위해서는 연구실책임자의 리더십 매우 중요하다. 왜냐하면 지름길 반응과 생략행위는 “귀찮다”라는 생각에서 정해진 규칙과 절차를 준수하지 않는 행위이기에, 규칙을 준수하고자 하는 준법정신과 도덕성의 회복이 우선적으로 필요하고, 연구실의 준법 분위기와 안전 문화를 조성함에는 연구실책임자의 관심과 솔선수범에서 비롯되기 때문이다.

(4) 억측 판단

- ▶ 억측 판단 행동이란 연구활동종사자가 주관적 판단과 희망적 관찰에 기인하여 “이 정도면 충분하겠지”라고 생각하고 안전 유무를 확인하지 않고 행동하는 경우를 뜻한다.
- ▶ 억측판단으로 인한 사고를 예방하기 위해서는 정확하고 충분한 정보를 입수하여야 하고, 안전한 연구활동이라고 확신이 들 때까지는 실행에 옮기지 않는 신중함이 필요하다. 또한 연구활동종사자가 연구활동에 임할 때, 개인의 선입견적인 주관적 판단보다는 객관적인 데이터나 안전 전문가 의견을 따라 연구활동을 실시하여야 한다.

(5) 착시(Illusion)와 착오

- ▶ 착시는 동일한 형상의 물리적 구조를 지각(Perception)적으로 오감(시각, 청각, 촉각, 후각, 미각)이 다르게 인식하는 현상을 뜻한다. 인간의 오감 중 안전과 관계가 큰 감각은 시각, 청각, 촉각이다.
- ▶ 우리가 감각하는 것과 실제 현상은 어떠한 환경에 놓였느냐와 또 그것을 어떠한 과정에 따라 인간이 수용하느냐에 따라 달라질 수 있다.
- ▶ 그러나 이러한 착시는 연구의 정확도를 떨어뜨릴 수 있고, 실제 연구실 안전사고의 원인이 될 수 있으므로, 연구활동 중 착오가 발생하지 않도록 연구실 환경을 개선하고, 정확한 소통을 해야 한다.
- ▶ 즉, 헛갈리거나 착오가 일어날 수 있는 배치는 지양하고, 연구실을 정리 정돈하며, 선택의 실수를 일으키기 쉬운 경우 계통에 따라 색깔, 위치, 크기를 착오가 발생하지 않는 것으로 개선해야 한다.

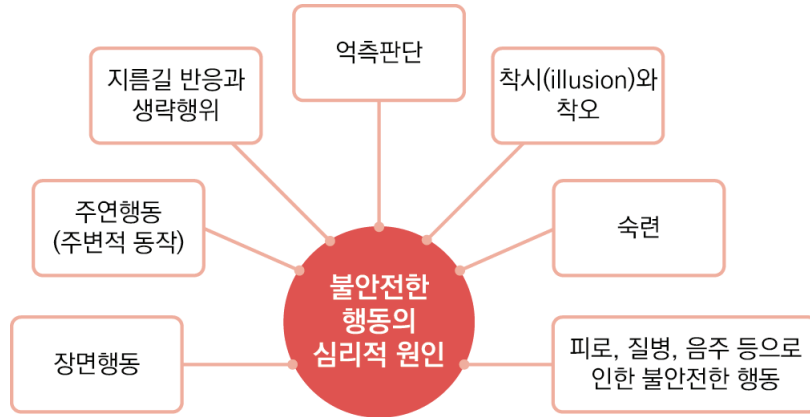
(6) 숙련

- ▶ 원숭이도 나무에서 떨어진다든 속담이 있듯이 사고의 원인이 되는 불안정한 행동은 미숙련자 뿐 아니라 숙련자에게서도 일어날 수 있다. 숙련된 연구활동종사자는 연구절차를 일련의 행동으로서 무의식적이고 자동적으로 진행하는 경우가 많기 때문에, 경각심이 부족하여 긴장하지 않고 연구를 하기에 익숙해지는 것이 지나쳐서 실수가 일어날 수 있다.
- ▶ 숙련으로 인한 사고발생을 예방하기 위해서는 숙련된 연구활동종사자가 침착하고 겸손한 마음을 가질 수 있도록 연구실책임자가 중심이 되어 소통하고, 교육하며, 실험 전 긴장감을 가지고, 안전수칙을 반드시 준수할 수 있도록 안전의식을 개선하여야 한다.

(7) 피로, 질병, 음주 등으로 인한 불안정한 행동

- ▶ 피로는 단순한 육체적 피로뿐 아니라 정신적 피로까지도 포함하여 넓은 범위에서 몸이나 정신이 지친 상태를 의미한다.

- ▶ 피로, 질병, 음주 등으로 인한 불안정한 행동을 예방하기 위해서 연구실책임자는 실험 전 연구활동 종사자의 건강 상태를 확인하고, 피로가 크다고 판단되거나 유증상자의 경우 연구활동에서 배제하거나 휴식을 취할 수 있도록 조치해야 한다. 이 과정에서 연구활동종사자가 자신의 몸 상태를 충분히 표현할 수 있는 소통의 분위기를 만들어야 한다.



2 학습내용

- 물적(화학물질, 가스, 생물체, 물리적 요인 등) 및 인적 유해·위험요인을 구분 및 설명할 수 있다.

물적 유해·위험요인

- 물적 유해·위험요인의 종류
 - 화학물질 : 폭발성, 인화성, 물 반응성, 산화성, 발화성, 자기반응성, 금속부식성, 유기과산화물 등
 - 가스 : 가연성 가스, 산화성 가스, 독성가스, 압축가스, 액화가스, 고압가스, 기타 가스
 - 생물체 : 고위험병원체, 고위험병원체를 제외한 제3, 4위험군, 유전자변형생물체(미생물, 동물, 식물 포함)
 - 물리적 유해인자 : 소음, 진동, 방사선, 이상기온·기압, 분진, 전기, 레이저, 위험기계·기구 등

인적 유해·위험요인

- 인적 유해·위험요인의 종류와 사례
 - 개인의 선천적·후천적 요인(기질, 신경질환, 감각능력의 결함, 체력 저하, 지식 및 기능의 부족 등)과 부주의 및 피로와 스트레스 등을 의미한다. 여기서 각종 부주의에는 지시의 무시, 위험장소에서의 접근, 안전장치의 점검 소홀, 각종 공구나 복장 및 보호구의 취급 부주의, 불안정한 자세나 동작 등

참고자료

- 김병석(2018). 산업안전관리론. 형설출판사.
- 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침(과학기술정보통신부고시 제2021-109호)」
- 연구실책임자를 위한 안전관리 이론, 과학기술정보통신부 · 한국생명공학연구원 · 국가연구안전관리본부, 2021.
- Sun, Jing (The University of Electro-Communications) ; Tsubaki, Michiko (The University of Electro-Communications) ; Matsui, Masayuki, A Study of the PDCA and CAPD Economic Designs of the x Control Chart, Korean Institute of Industrial Engineers, Volume 6 Issue 1 / Pages.11-21 / 2007.

2.3.2. 연구실 위험성 평가 기법

KEYWORD 위험성 평가 개념, 연구실 유해위험 분석 기법, 개선대책

개요 연구실 내 유해·위험에 대한 위험성을 평가하는 기법을 이해하고, 위험성에 저감대책을 수립하는 방법을 이해할 수 있다.

학습목표 ① 연구실 내 위험성평가 의의 및 절차를 설명할 수 있다.

② 연구실의 유해위험을 발굴하고 위험성을 평가할 수 있다.

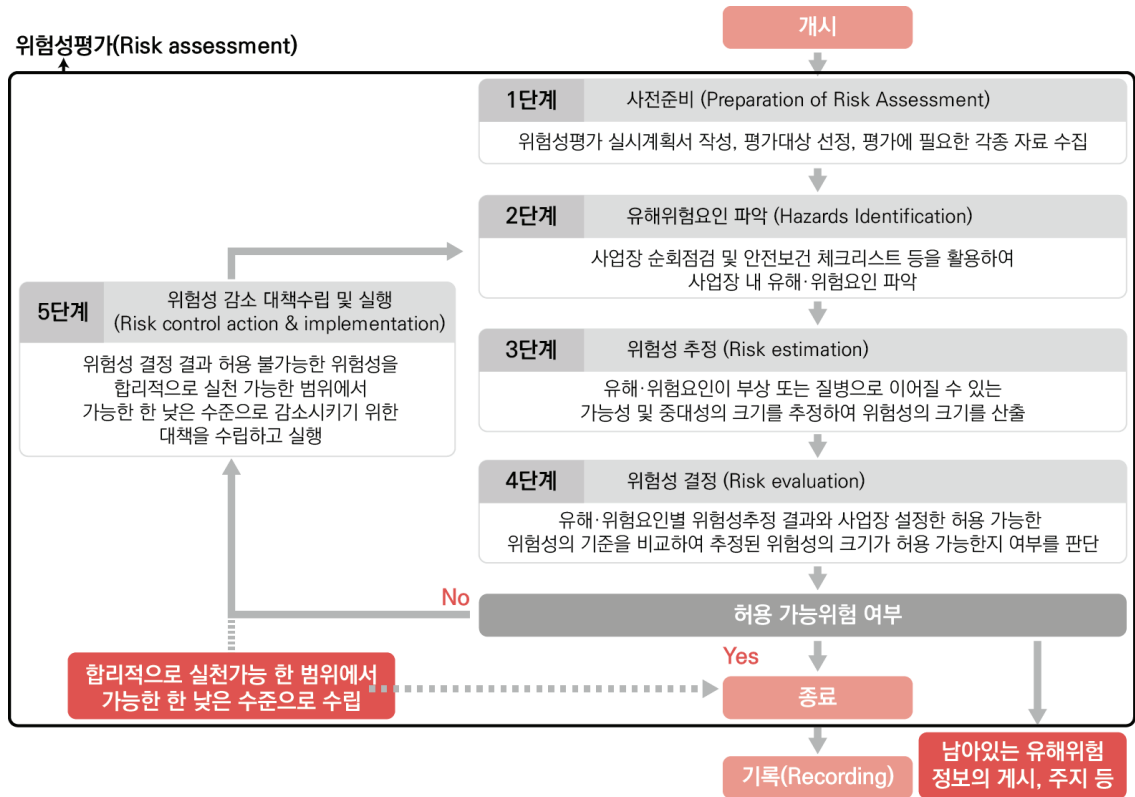
1

학습내용

- 연구실 내 위험성평가 의의 및 절차를 설명할 수 있다.

위험성 평가 개요

- 위험성평가 의의
 - 유해·위험요인을 파악하고 해당 유해·위험요인에 의한 부상 또는 질병의 발생 가능성(빈도)과 중대성(강도)을 추정·결정하고 감소대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 말한다.
- 위험성평가 절차
 - 평가대상의 선정 등 사전준비
 - 근로자의 작업과 관계되는 유해·위험요인 파악
 - 파악된 유해·위험요인별 위험성 추정
 - 추정한 위험성이 허용 가능한 위험성인지 여부의 결정
 - 위험성 감소대책의 수립 및 실행
 - 위험성평가 실시내용 및 결과에 관한 기록



〈그림-7〉 위험성평가(Risk assessment)

2 학습내용

- 연구실의 유해위험 분석 기법을 이해하고 연구실 내 유해위험요인을 발굴 할 수 있다.

유해·위험요인 분석 기법

- FTA(Fault Tree Analysis), ETA(Event Tree Analysis), THERP(Technic of Human Error Rate Prediction), HAZOP(Hazard and Operability studie) 등

결함수(FTA) 분석

- FTA(Fault Tree Analysis) 정의
 - Fault Tree Analysis의 약자로서 결함수법, 결함관련 수법, 고장의 나무 해석법 등으로 명칭
 - 1962년 미국 벨전화연구소의 H.A.Waston에 의해 균용으로 고안되어 개발되었으며 연역적 방법으로

추론하는 방법

※ 연역적방법 : 사건의 결과(사고)로부터 시작해 원인이나 조건을 찾아나가는 순서로 이뤄지는 분석방법

- FTA는 시스템의 고장 상태를 먼저 선정하고 그 고장의 요인을 순차 하위 레벨로 전개하여 가면서 해석을 진행하여 나가는 하향식(top-down)방법으로 고장 발생의 인간관계를 AND Gate나 OR Gate를 사용하여 논리표(Logic Diagram)의 형으로 나타내는 시스템 안전 해석 방법
- FTA의 작성시기
 - 연구실 기계기구 및 설비를 설치 가동할 경우
 - 위험 내지는 고장의 우려가 있거나 그러한 사유가 발생하였을 경우
 - 재해가 발생하였을 경우
- FTA 특징
 - 정량적, 연역적(Top-down) 분석 방법
 - ※ 정량적 평가 : 중간 및 정상(TOP) 사상에 대한 확률을 차례로 계산하여 논리적, 정량적인 결과를 도출하는 방법
 - AND, OR 게이트, 이벤트, 부호 등의 그래픽 기호를 사용하여 설비나 공정의 위험성을 트리 구조로 표현
- FTA의 일반적 절차
 - 1단계 : 해석의 대상이 되는 시스템 및 기구의 구성, 기능, 작동을 조사하고 조작 방법을 파악한다.
 - 2단계 : 정상사상(TOP)을 설정한다.
 - 3단계 : 정상사상(TOP)에 관련된 1차 요인을 정상사상(TOP) 아래에 열거한다.
 - 4단계 : 정상사상(TOP)과 1차 요인을 논리기호로 연결한다.
 - 5단계 : 1차 요인마다 2차 요인을 열거하고 서로 논리기호로 연결한다.
 - 6단계 : 5단계에서와 같이 3차, 4차, ..., n차 요인을 열거하고 각각 상위의 요인과 논리기호로 연결하여 FT도를 완성한다.
 - 7단계 : Boole 대수*를 이용하여 FT도를 간소화한다.
 - * 어떤 명제의 참과 거짓을 이진수 1과 0에 대응시켜 명제와 명제간의 관계를 수학적으로 표현하는 방식
 - 8단계 : 각 요인에 발생 확률을 배당한다. 이 때 기본사항, 비전개사상 모두에 발생확률이 배당되는지를 반드시 확인한다.
 - 9단계 : 논리기호(논리게이트)에 의거, 정상사상(TOP)의 발생확률을 계산한다.
 - 10단계 : 톱 사상의 발생 확률 시 요구 수준 이하인가를 확인한다. 요구수준에 비달하면 대책을 강구한다.

• FTA의 작성사항 및 고려사항

① 정상사상(TOP) 설정	<ul style="list-style-type: none"> • 위험도를 고려하여 해석할 재해 결정 • 재해 발생 확률의 목표 값 수립 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>※ 정상사상(TOP)의 선정 시 고려사항</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사상이 명확히 정의되어야 하고 평가될 수 있어야 함. - 가능한 한 다수의 하위 레벨 사상을 포함하는 사상이어야 함. - 설계상 기술상 대처 가능한 사상이어야 함. </div>
② 대상 공정, 프로세스 특성 파악	<ul style="list-style-type: none"> • 해석하려는 연구·실험 과정과 작업 내용 파악 • 재해 관련 설비 배치, 지침서 등 준비 • 예상 재해의 사례/통계 폭넓은 조사 • 재해 관련 실수의 원인 및 영향 조사
③ FT도 작성	<ul style="list-style-type: none"> • FTA분석을 위해서는 FT가 작성되어야 하며, 사건(사상) 기호와 논리 기호(논리게이트)로 구분 • 정상 사상의 1차 요인 분석 • 정상-1차 요인관계를 논리기호(논리게이트)로 연결 • 1차 원인에 대한 2차 요인(결함) 분석 • 1,2차 요인관계를 논리기호(논리게이트)로 연결 • 원인 관계를 더 이상 분해할 수 없는 기본 사상까지 반복 분석 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>※ 1차 요인의 선정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1차 요인은 정상사상이 발생하는 직접원인 중 하나로서 서로 독립적인 사상이므로 1차 요인 중 하나 또는 둘 이상이 그 기능을 다하지 않으면 정상사상이 발생 - 1차 요인은 시스템이나 기기의 기본 기능을 달성하기 위해 필요한 기본적인 요인을 가리키며, 부수 기능을 달성하기 위해 필요한 요인은 포함하지 않으나, 환경 조건까지 포함한 모든 요인을 고려 </div>
④ FT 구조 해석	<ul style="list-style-type: none"> • 작성 FT를 수학적처리로 간소화 • 최소 컷 세트, 최소 패스 세트를 구분 • 정상 사상에 영향주는 사상 파악
⑤ FT 정량화	<ul style="list-style-type: none"> • 기본 사상 기반 발생빈도 확률 계산 • 과거 발생률과 현격한 차이 시 재검토
⑥ 해석 결과의 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 재해 발생 확률이 허용 가능한 위험수준을 초과할 경우 감소 대책 수립

ETA

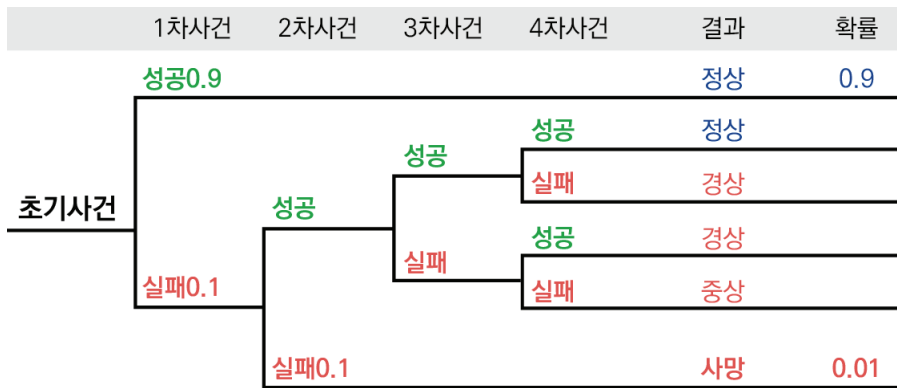
• ETA(Event Tree Analysis) 정의

- ETA는 FTA와 유사하게 시스템이나 기기의 인간관계를 도시하여 검토하는데에 사용하는 방법으로 사상 계통분석, 사상의 나무 해석, 사상의 수목 분석 등으로 표현됨

- ETA 특징
 - 확률적 분석이 가능한 정량적 분석방법(정상 또는 고장), 원인으로부터 결과를 찾아나가는 귀납적 분석 방법
 - 사상의 안전도를 사용하는 연속된 사건들의 시스템 모델의 하나이다.
 - 재해의 확대 요인의 분석(나무가지가 갈라지는 형태)에 적합하다.
 - ETA의 작성은 좌에서 우로 진행한다.
 - 각 사상의 확률의 합은 1.0이다.

- ETA 절차
 - 초기사건(Initiation event)이 발생했다고 가정한 후 후속 사건이 성공(success) 혹은 실패(fail)했는지를 가정하고, 이를 최종 결과가 나타날 때까지 계속적으로 분지해나가는 방식으로 작성
 - ※ 시스템 정의 및 분석범위 결정 ▶ 사고 시나리오 파악 ▶ 시작 사상(IE) 파악 ▶ 중간 사상 파악 ▶ ET 작성 ▶ 확률 계산 ▶ 결과 리스크 파악 및 평가 ▶ 리스크 경감을 위한 설계 수정방안 제안 ▶ ETA 문서화

• ET(Event Tree) 분석 프로세스



THERP

- THERP(Technique for Human Error Rate Prediction) 정의
 - 인간과오(human error)율 예측 기법으로, 시스템에 있어서 휴먼에러를 정량적으로 평가하기 위해서 개발
 - 최초의 인간신뢰도 분석(HRA; Human Reliability Analysis) 도구
- THERP 특징
 - 시스템에 있어서 인간의 과오를 정량적으로 평가하기 위하여 개발된 기법
 - 인간의 동작이 시스템에 미치는 영향을 그래프적으로 나타낸 방법
 - 기본적으로 ETA가 변형된 기법으로 루프(loop : 고리), 바이패스(bypass)를 가질 수 있고 man-machine system의 국부적인 상세분석에 적합

- THERP 수행방법
 - 인간이 수행하는 작업을 상호배반(Exclusive)사건으로 나누어 ETA와 비슷하게 사건나무를 작성하고, 각 작업의 성공 혹은 실패 확률을 부여하여 각 경로의 확률 계산

HAZOP

- HAZOP 정의
 - 연구·실험 절차 상에 존재하는 위험요인과 연구·실험 과정의 효율을 떨어뜨릴 수 있는 운전상의 문제점을 찾아내어 그 원인을 제거하는 방법
 - 위험성과 운전성을 정해진 규칙과 설계도면에 의하여 체계적으로 분석 및 평가하는 방법으로 가이드워드(Guide word)를 사용하여 브레인스토밍(Brain Storming) 방법으로 진행되는 위험성평가의 일종
- HAZOP 분석 시 사용되는 용어 정리
 - 설계 의도(Design Intention) : 설계자가 바라고 있는 운전 조건
 - 검토 구간(Node Description) : 위험성평가를 하고자 하는 설비 구간
 - 위험요인 : 인적, 물적 손실 및 환경피해를 일으키는 요인(요소)또는 이들 요인이 혼재된 잠재적 위험요인으로 실제 사고(손실)로 전환되기 위해서는 기계적 고장, 시스템의 상태, 작업자의 실수 등 물리, 화학적, 생물학적, 심리적, 행동적 요인이 존재
 - 변수(Parameter) : 유량, 압력, 온도, Level 등 물리 량이나 공정의 흐름 조건을 나타내는 변수
 - 가이드 워드(Guide word) : High, Low, No, Reverse 등 변수의 질이나 양을 표현하는 간단한 용어

※ 가이드 워드(연속실험)

- ① 없음(NO, NOT, NONE) : 설계의도에 완전히 반하여 변수의 양이 없는 상태
- ② 증가(High) : 변수가 양적으로 증가되는 상태
- ③ 역류(Reverse) : 설계의도와 정반대로 나타나는 상태
- ④ 부가(As well As) : 설계의도 외에 다른 변수가 부가되는 상태
- ⑤ 부분(Parts Of) : 설계의도 대로 완전히 이루어지지 않는 상태
- ⑥ 기타(Other than) : 설계의도 대로 설치되지 않거나, 운전이 유지되지 않는 상태

- 이탈(Deviation) : 가이드 워드(Guide word) 및 변수(Parameter)가 조합되어 유체 흐름의 정지 또는 과잉상태와 같이 설계 의도를 벗어난 상태로, 공정변수와 가이드워드의 조합으로 이끌어 냄

이탈
(Deviation)

=

공정변수
(Process Parameter)

×

가이드워드
(Guide Words)

※ 이탈(Deviation) 종류

- ① 시간 생략(No Time) : 사건 또는 조치가 이루어지지 않음
- ② 시간 지연(More Time) : 허용범위(시간, 조건) 보다 늦게 시작함
- ③ 역행조작(Action backwards) : 전 단계 단위공정으로 역행함
- ④ 조작 생략(Action left out) : 조작을 생략함
- ⑤ 부분 조작(Part of action missed) : 한 단계 조작 내에서 하나의 부수조치 생략됨
- ⑥ 다른 조작(Extraction included) : 한 단계 조작 중 불필요한 다른 단계의 조작을 행함
- ⑦ 기타 오 조작(Wrong action taken) : 예측 불가능한 기타 오 조작
- ⑧ 시간 단축(Less Time) : 조작 또는 행위가 예상보다 짧게 지속됨
- ⑨ 조작 지연(Action too late) : 허용범위(시간, 조건)보다 늦게 시작함
- ⑩ 조기조작(Action too early) : 허용범위(시간, 조건)보다 일찍 시작함

- 원인(Cause) : 이탈이 일어나는 이유
- 결과(Consequence) : 이탈이 일어남으로써 발생하는 상태

• HAZOP Work & Action Sheets

Hazop (Hazard and Operability) Work Sheets

Project Name	Node No.		Node #1	Date			
Node Description					Unit P&ID No.		
Design Intention							
공정 흐름							
운전 조건	Flow	Level	Temperature	Pressure			
물질	산화성/인화성/독성/질식성				Detector		
장치(Tank, Reactor)							
동력기계 및 배관							
기타							
공정변수 (Parameter)	가이드워드 (Guide Words)	원인 (Cause)	결과/위험성 (Consequences)	현재안전조치 (Safeguards)	Risk Ranking S(4) / F(4) / R	개선 권고 사항	Action No.
Flow	Less	1. ~~~~	1-1. ~~~~ 1-2. ~~~~ 1-3. ~~~~	1-1-1. ~~~~ 1-1-2. ~~~~ 1-1-3. ~~~~			

• HAZOP 수행절차

- 검토할 도면의 선택
- Node의 선택 및 필요한 부분 Marking
- 설계 목적의 확실한 정의
- 연구·실험의 변수 선택
- Guide Word의 선택

- 원인 규명
- 결과 예측
- 결과의 심각성을 평가
- 가능성 또는 심각성을 줄이기 위한 기존의 보완책 평가
- 사고 가능성의 평가
- 위험도 서열의 기록
- HAZOP 분석 시 검토조건
 - 두 개 이상의 기기가 동시에 고장하는 사고는 검토할 수 없음
 - 안전장치의 이탈은 없으며 안전장치는 항상 작동함
 - Operator는 공정에 대한 충분한 이해와 숙련도가 있고, 비상상황 발생 시 적절한 조치가 가능
 - 장치들은 설계 및 제작의 사양에 맞게 제작되었다고 간주함
- HAZOP 분석기법 사용 시 효과
 - 연구실 설치 시 설계단계부터 안전하고 경제적인 연구실을 설치함으로써 향후 위험이나 개선사항을 발견했을 때 발생할 수 있는 비용 절감
 - 새로운 연구·실험 절차에 대한 안전과 실행 방법에 대한 체계적인 검토 가능
 - 설계 시 재질, Interlock System, 계기 및 장치 등의 적절성 검토 가능
 - 법적 요구조건 충족 및 선진국의 안전제도 도입 등

참고자료

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제18425호)」 제11조, 제16조, 제22조, 제25조 등
- 「사업장 위험성평가에 관한 지침(고용노동부고시 제2020-53호)」등

2.3.3. 연구실 사전유해인자위험분석

KEYWORD 사전유해인자위험분석, 안전현황, 유해인자별 위험분석, 안전계획, 비상조치계획

개요 연구실책임자는 연구활동 시작 전에 유해인자를 미리 분석하고 결과를 연구주체의 장에게 보고하여야 하므로 사전유해인자위험분석을 실시하는 절차 및 방법을 숙지하고 보고서를 작성할 수 있어야 한다.

- 학습목표**
- ① 연구실 사전유해인자위험분석을 실시하는 절차를 설명할 수 있다.
 - ② 연구실 안전현황을 분석방법, 연구활동별 유해인자 위험분석 방법, 보고서 작성방법을 설명할 수 있다.
 - ③ 연구실 안전계획 수립과 비상조치계획을 수립하고 보고서를 작성할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 사전유해인자위험분석에 대해 설명할 수 있다.

사전유해인자위험분석 개요

- 개요
 - 연구실에서 발생하는 사고를 사전에 예방하고 사고발생 시 신속한 사고대응을 위해 연구실 책임자가 연구활동 시작 전 해당 연구실의 유해인자를 조사·발굴하고 이에 적합한 안전계획 및 비상조치계획 등을 수립·실행하는 일련의 과정을 말한다.
- 적용 대상
 - 「화학물질관리법」에 따른 유해화학물질
 - 「산업안전보건법」에 따른 유해인자
 - 「고압가스안전관리법」에 따른 독성가스
- 사전유해인자위험분석 절차
 - 연구실 안전현황 분석
 - 연구활동별(실험·실습/연구과제별) 유해인자 위험분석
 - 안전계획 및 비상조치계획 수립

① 연구실 안전현황 분석

- 연구실책임자는 다음 각 호의 자료 및 정보의 전부 또는 일부를 활용하여 연구실 안전현황을 분석하여야 한다.
 1. 기계·기구·설비 등의 사양서
 2. 물질안전보건자료(MSDS)
 3. 연구·실험·실습 등의 연구내용, 방법(기계·기구 등 사용법 포함), 사용되는 물질 등에 관한 정보
 4. 안전 확보를 위해 필요한 보호구 및 안전설비에 관한 정보
 5. 그 밖에 사전유해인자위험분석에 참고가 되는 자료 등

② 연구활동별 유해인자 위험분석

- 연구실책임자는 연구실 안전현황 분석 결과에 따라 파악한 해당 연구실의 연구활동별(실험·실습/연구과제별) 유해인자에 대해 위험분석 및 연구개발활동안전분석(Research & Development Safety Analysis, R&DSA)을 실시하여야 한다.

③ 연구실 안전계획

- 연구실책임자는 제8조에 따른 연구활동별 유해인자 위험분석 실시 후 유해인자에 대한 안전한 취급 및 보관 등을 위한 조치, 폐기방법, 안전설비 및 개인보호구 활용 방안 등을 연구실 안전계획에 포함시켜야 한다.

④ 비상조치계획

- 연구실책임자는 화재, 누출, 폭발 등의 비상사태가 발생했을 경우에 대한 대응 방법, 처리 절차 등을 비상조치 계획에 포함시켜야 한다.

• 사전유해인자위험분석 결과보고

- 연구실책임자는 사전유해인자위험분석 실시 결과를 연구활동 시작 전에 연구주체의 장에게 보고하여야 한다.

2

학습내용

- 연구실 안전현황 분석에 대하여 설명할 수 있다.

연구실안전현황

• 일반 사항

- 연구실안전현황에는 연구실의 현황을 파악할 수 있도록 기관명, 연구실 개요, 비상연락처, 연구활동종사자 현황, 주요기자재 등을 포함

• 작성항목

- 기관명, 기관구분, 연구실개요, 비상연락처, 연구실 내 수행 중인 연구활동명, 개인보호구 현황 및 수량, 안전장비 및 설비 보유현황 등

<(예시) 연구실 안전현황표>

<p>■ 연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침 [별지 제1호서식]</p> <h2 style="text-align: center;">연구실 안전현황표</h2> <p style="text-align: right;">(보존기간 : 연구종료일로부터 3년)</p>						
①	기관명	○○대학교		구분	<input checked="" type="checkbox"/> 대학 <input type="checkbox"/> 연구 기관 <input type="checkbox"/> 기업부설(연) <input type="checkbox"/> 기타	
②	연구실명	대기오염실험실				
	연구실 위치	E26동 4층 1호				
	연구 분야 (복수선택 가능)	<input type="checkbox"/> 화학/화공 <input type="checkbox"/> 기계/물리 <input type="checkbox"/> 전기/전자 <input type="checkbox"/> 의학/생물 <input checked="" type="checkbox"/> 건축/환경 <input type="checkbox"/> 에너지/자원 <input type="checkbox"/> 기타				
	연구실책임자명	백○○	연락처(e-mail 포함)	010-○○○○-0000 (_____@____.ac.kr)		
	연구실안전관리 담당자명	김○○	연락처(e-mail 포함)	010-○○○○-0000 (_____@____.ac.kr)		
③	비상연락처	연구실안전환경관리자 : 000-0000-0000 병원 : 000-0000-0000 사고처리기관(소방서 등) : 000-0000-0000 기타 :				
④	연구실 수행 연구개발활동명 (실험/연구과제명)	1. 도시 및 산단지역 HAPs 모니터링(I) 2. 염색산단 등 도심산단 유해대기오염물질 정도관리 3. 대기오염공정시험법(염화수소 : 티오시안산 제이수은법)				
⑤	연구활동종사자 현황	연번	이름(성별 표시)	직위(교수/연구원/학생 등)		
		1	백○○(남)	교수		
		2	백○○(여)	대학원생		
		3	김○○(여)	대학원생		
		4	박○○(남)	대학원생		
⑥	주요기자재 현황	연번	기자재명 (연구기구·기계·장비)	규격(수량)	활용 용도	비고
		1	건조기	1대	초자 건조	물품번호 : 06454400000 모델명 : F0600M
		2	흡후드	1대	국소배기	물품번호 : 05027 모델명 : EP-4B-2

연구실 유해인자						
7	화학물질	- 보유물질 -				
		<input type="checkbox"/> 폭발성 물질 <input checked="" type="checkbox"/> 금속부식성 물질 <input type="checkbox"/> 자기반응성 물질	<input type="checkbox"/> 물 반응성 물질 <input checked="" type="checkbox"/> 인화성 물질 <input type="checkbox"/> 유기과산화물	<input type="checkbox"/> 발화성 물질 <input checked="" type="checkbox"/> 산화성 물질		
8	가스	- 보유물질 -				
		<input checked="" type="checkbox"/> 가연성(또는 인화성) 가스 <input type="checkbox"/> 압축가스 <input type="checkbox"/> 기타(가스명) :	<input type="checkbox"/> 산화성가스 <input type="checkbox"/> 액화가스	<input type="checkbox"/> 독성가스 <input type="checkbox"/> 고압가스		
9	생물체	- 보유 생물체 -				
		<input type="checkbox"/> 고위험병원체 <input type="checkbox"/> 고위험병원체를 제외한 제3 위험군 <input type="checkbox"/> 고위험병원체를 제외한 제4 위험군 <input type="checkbox"/> 유전자변형생물체(미생물, 동물, 식물 포함)				
10	물리적 유해인자	<input type="checkbox"/> 소음 <input type="checkbox"/> 이상기압 <input type="checkbox"/> 위험기계·기구	<input checked="" type="checkbox"/> 이상기온 <input type="checkbox"/> 레이저 <input type="checkbox"/> 기타()	<input checked="" type="checkbox"/> 전기 <input type="checkbox"/> 방사선	<input type="checkbox"/> 진동 <input type="checkbox"/> 분진	
11	24시간 가동여부	<input type="checkbox"/> 가동 <input checked="" type="checkbox"/> 미가동	정전 시 비상 발전설비 등 보유 여부		<input type="checkbox"/> 보유 <input checked="" type="checkbox"/> 미보유	
개인보호구 현황 및 수량						
12	보안경/고글/보안면	14/6/9	안전화/내화학장화/절연장화	14/6/9	귀마개/귀덮개	3/4
	레이저 보안경	11	안전장갑	5	실험실 가운	9
	안전모/머리커버	1	방진/방독/송기마스크	34/28/-	보호복	3
	기타					
안전장비 및 설비 보유현황						
13	<input checked="" type="checkbox"/> 세안설비(Eye washer) <input checked="" type="checkbox"/> 비상샤워시설 <input checked="" type="checkbox"/> 흡후드 <input checked="" type="checkbox"/> 국소배기장치 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(고압전기 외 16건)	<input checked="" type="checkbox"/> 가스누출경보장치 <input type="checkbox"/> 자동차단밸브(AVS) <input type="checkbox"/> 중화제독장치(Scrubber) <input type="checkbox"/> 가스실린더캐비닛	<input type="checkbox"/> 케미컬누출대응킷 <input type="checkbox"/> 유(油)흡착포 <input checked="" type="checkbox"/> 안전폐액통 <input type="checkbox"/> 레이저 방호장치	<input checked="" type="checkbox"/> 시약보관캐비닛 <input type="checkbox"/> 글러브 박스 <input type="checkbox"/> 불산치료제(CGG) <input checked="" type="checkbox"/> 소화기		
연구실 배치현황						
14	배치도	주요 유해인자 위험설비 사진				
						

1. 기관명 및 구분 : 연구실 소속되어 있는 기관 및 유형
2. 연구실 개요 : 연구실명, 위치, 분야, 책임자, 안전관리담당자 설정
3. 비상연락처 : 사고발생시 대처가 가능한 기관 내부 및 외부 비상연락처
4. 연구실 수행 연구활동명 : 연구실에서 수행하는 모든 실험 또는 연구과제
5. 연구활동종사자 현황 : 연구실에서 연구활동을 수행하는 모든 연구활동종사자
6. 주요기자재 현황 : 보유하고 있는 대표적인 연구기구·기계·장비
7. 화학물질 : 산업안전보건법에 따른 작업환경측정물질, 허가대상물질 등
화학물질관리법에 따른 유독물, 취급제한물질, 사고대비물질 등
8. 가스 : 연구실에서 사용 또는 보관중인 모든 가스
9. 생물체 : 연구실에서 사용 또는 보관중인 고위험병원체와 제3, 4위험군, LMO
10. 물리적유해인자 : 연구실에서 사용 또는 발생하는 유해인자
11. 24시간 가동여부 및 정전 시 비상발전설비 보유여부 : 가동여부 확인
12. 개인보호구 현황 및 수량 : 연구실에서 보유 또는 사용하고 있는 모든 개인보호구
13. 안전장비 및 설비 보유현황 : 연구실 내에 설치되어 있거나 사고발생시 사용가능한 안전장비 및 설비
14. 연구실 배치현황 : 연구실 내부현황을 파악할 수 있는 배치도(물질, 생물체, 기계·기구 표시)

3

학습내용

- 연구활동별 유해인자 위험분석에 대하여 설명할 수 있다.

유해인자별 위험분석

- 일반 사항
 - 연구활동별 유해인자 위험분석은 연구실에서 수행하는 실험 및 연구과제별로 작성하며 화학, 가스, 생물체, 물리적 유해인자의 기본정보를 입력하고 필요한 보호구 포함
- 작성사항
 - 유해인자의 명칭, 보유수량, 위험분석 및 필요보호구 등

1. 연구명 및 연구기간 : 실험명 또는 연구과제명, 연구과제 기간
2. 연구 주요내용 : 과제의 목적과 주요내용
3. 연구활동종사자 : 해당실험 참여하는 모든 연구활동종사자
4. 유해인자 : 해당실험시 취급하는 화학물질, 가스, 생물체, 물리적 유해인자의 기본정보(CAS NO, GHS 등급, 위험분석 등)

4 학습내용

- 연구활동안전분석(R&DSA)에 대하여 설명할 수 있다.

유해인자별 위험분석

- 일반 사항
 - 연구활동안전분석(Research & Development Safety Analysis, R&DSA)은 각 실험절차별 위험분석, 안전계획, 비상조치계획을 포함
 - 유해인자에 대한 안전한 취급 및 보관 등을 위한 조치, 폐기방법, 안전설비 및 개인보호구 활용 방안 등이 포함된 연구실 안전계획 작성 방법
 - 화재, 누출, 폭발 등의 비상사태에 대한 대응 방법, 처리 절차 등을 포함한 비상조치계획 작성 방법
- 작성항목
 - 유해인자의 명칭, 보유수량, 위험분석 및 필요보호구 등



<(예시) 연구활동안전분석(R&DSA) 보고서>

■ 연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침 [별지 제3호서식]

연구개발활동안전분석(R&DSA) 보고서

(보존기간 : 연구종료일로부터 3년)

1 연구목적 도시 및 산단지역의 유해대기오염물질(HAPs) 측정 및 분석

순서	2 연구·실험 절차	3 위험분석	4 안전계획	5 비상조치계획
1	<p>실험 전 세척된 초자기구를 120℃에서 30분 동안 건조 및 운반</p>  	<ul style="list-style-type: none"> • 초자기구에 잔류한 화학물질에 의해 화재가 날 수 있다. [화학 화재·폭발] • 전기기기에 감전될 수 있다. [감전] • 전기화재가 발생할 수 있다. [전기화재] • 건조 중 문을 열 경우 120℃의 고온에 의한 화상을 입을 수 있다. [화상] 	<ul style="list-style-type: none"> • 기기에 넣기 전 초자기구에 화학물질이 남아 있지 않도록 깨끗이 세척한다. • 전기기기 사용 시에는 필히 접지한다. • 전원부가 물에 닿지 않도록 주의하며, 젖은 손으로 기기를 다루지 않는다. • 용량을 초과하는 문어 발식 멀티콘센트 사용을 금지한다. • 전열기 근처에 가연물을 방치하지 않는다. • 온도가 떨어지지 않은 상태에서는 열지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 화학물질 화재발생 시 소화기로 초기진화 실시 및 2차 재해에 대비하여 안전한 지정된 장소로 대피한다. • 연기를 흡입한 경우 곧바로 신선한 공기를 마시게 한다. • 화재 발생사고 상황신고(위치, 약품 종류 및 양, 부상자 유·무 등) - 재난신고(119) • 감전사고 발생 시 2차 감전을 방지하기 위해 감전 부상자와 신체접촉이 안 되도록 주의하며 나무 꼬는 플라스틱 막대를 이용해 부상자를 구호한다. • 부상자의 상태(의식, 호흡, 맥박, 출혈 등)를 살피고 심폐소생술 등 응급처치를 한다. • 감전사고 상황신고(부상자 유·무 등) • 전기화재 발생 시 간전 위험 있으므로 물 분사를 금지하며, C급 소화기를 사용하여 초기 진화한다. • 연기를 흡입한 경우 곧바로 신선한 공기를 마시게 한다. • 화재 발생사고 상황신고(위치, 부상자 유·무 등) - 재난신고(119) • 화상을 입은 경우 깨끗한 물에 적신 헝겊으로 상처부위를 냉각하고 감염방지 응급처치를 한다. - 화상환자 : ○○병원(○○○○, ○○ ○○)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1. 연구목적 : 해당 실험 또는 연구과제 수행 목적
2. 연구·실험절차 : 실험 또는 연구과제 내용을 수행방법, 사용물질, 사용 기구 등을 구분하여 절차 수립
3. 위험분석 : 시험에 사용하는 화학물질, 가스, 생물체 등에 의한 위험 및 물리적 유해인자에 대한 위험분석
4. 안전계획 : 실험 절차 중에서 발생될 사고를 방지하기 위한 관리방법
5. 비상조치계획 : 신속하게 대응하기 위한 비상조치계획(사고대응, 대피방안 등)

참고자료

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제18425호)」 제19조(사전유해인자위험분석의 실시).
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령(대통령령 제32286호)」 제15조(사전유해인자위험분석).
- 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침(과학기술정보통신부고시 제2021-109호)」 등
- 사전유해인자위험분석 보고서 작성 가이드북(Ver.3). 과학기술정보통신부·한국생명공학연구원·국가연구안전관리본부, 2020.

2. 4. 연구실 안전교육

2.4.1. 연구실 안전교육 및 훈련 이론

2.4.2. 법정 안전교육



2.4.1. 연구실 안전교육 및 훈련 이론

KEYWORD 안전교육, 안전교육종류, 안전교육방법, 안전교육효과의 평가

개요 안전교육의 기본내용을 이해하고, 교육 및 훈련의 기본 요령 및 연구실 안전사고의 효과적 예방을 위한 교육 및 훈련 방법에 대하여 숙지한다.

- 학습목표**
- ① 연구실 안전교육 및 훈련의 목적과 기본개념에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 연구실 안전교육 및 훈련의 방법에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 연구실 안전교육효과의 평가를 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실 안전교육 및 훈련의 목적과 기본개념에 대하여 설명할 수 있다.

안전교육 일반

- 안전교육의 목적
 - 근로자를 산업재해로부터 보호하고 재해의 발생으로 인한 직간접적인 경제적 손실을 예방
 - 지식, 기능, 태도의 향상으로 생산방법 개선
 - 안심감, 기업에 대한 신뢰감 부여
 - 생산성 및 품질향상에 기여
- 안전교육의 필요성
 - 생산기술의 급속한 변화
 - 새로운 위험요인의 등장
 - 망각을 예방하고, 위험에 대한 대응능력 수준을 유지

안전교육 종류

- 안전교육의 종류 및 진행순서
 - 안전교육은 교육 목적에 따라 다음의 순서로 진행된다.

종 류	교육내용
제1단계 지식교육	<ul style="list-style-type: none"> • 재해발생의 원리 이해 • 법규, 규정, 기준, 수칙의 습득 • 잠재 위험요소의 이해
제2단계 기능교육	<ul style="list-style-type: none"> • 작업방법, 취급 및 조작행위를 몸으로 숙달시킨다.
제3단계 태도교육	<ul style="list-style-type: none"> • 표준작업방법의 이행 • 안전수칙 및 규칙의 실행 • 동기부여

- 지식 → 기능 → 태도의 순서로 되풀이 하면서 특히 태도교육에 역점을 둔다.
- 정기적 실시가 효과적이다.

안전교육의 원칙

• 안전교육의 8원칙

- (1) 상대방의 입장에서 : 피교육자 중심의 교육
- (2) 동기부여 : 알려고 하는 의욕
- (3) 쉬운 것에서 점차 어려운 것으로 : 사전능력 파악 후
- (4) 반복 : 무의식 행동까지 반복
- (5) 한 번에 한 가지씩 : 순서대로
- (6) 오감의 활용 (시각 : 60%, 청각 : 20%, 촉각 : 15%, 미각 : 3%, 후각 : 2%)
- (7) 인상의 강화
 - ① 사진제시, 견학, 보조자료 활용, 사고사례
 - ② 중점 재강조, 그룹토의, 의견청취, 속담, 격언연결
- (8) 기능적인 이해

효과 : 강한 기억, 자기중심, 자기만족 억제, 일에 적극성, 응급능력

2

학습내용

- 연구실 안전교육 및 훈련의 방법을 설명할 수 있다.

안전교육 방법

- 교육 유형
 - 집체교육 (Off the Job Training; Off-JT) - 계층별, 직능별 집합교육을 말한다. 주로 이론적 교육이 실시되며 체계적이다. 그러나, 현장감이 없고 구체성이 결여되는 단점이 있다.
 - 현장교육 (On the Job Training; OJT) - 현장위주의 실습교육을 말한다. 현장감을 가지고 교육생의 수준에 맞게 진행할 수 있으나, 사전 준비가 충분하지 않으면 즉흥적이고, 교육하는 사람의 개인성향에 좌우되기 쉽다는 단점이 있다.
 - 교육지원활동 - 인터넷 강의, 통신 교육 등 자발적 학습을 지원하는 활동을 말한다. 학습 시간을 임의로 조정할 수 있으므로 편의성은 있으나, 학습하는 사람의 의지가 부족하면 교육효과를 기대하기 어렵다는 단점이 있다.
- 교육 기법의 장단점

교육기법	장점	단점
강의	<ul style="list-style-type: none"> • 시간의 계획과 통제가 용이하다. • 많은 것을 동시에 하기가 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 하향식이며 권위주의적이다.
실습	<ul style="list-style-type: none"> • 흥미를 일으킨다. • 요점 파악이 쉽고 습득이 빠르다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 장소선정이 어렵다. • 학습과 업무수행과의 구별이 어렵다. • 실수나 과오의 위험이 있다.
시청각교육	<ul style="list-style-type: none"> • 흥미가 있고 학습 동기가 유발된다. • 학습의 속도가 빠르다. • 인상적으로 잘 기억할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 작성에 잔일과 경비가 든다. • 이동에 불편하다. • 적절한 교재의 확보가 어렵다.
토의법	<ul style="list-style-type: none"> • 민주적, 협력적이다. • 적극적인 사고가 유발된다. • 주제 테마에 의해 동기가 유발된다. • 지식 경험을 자유롭게 교환할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 참가자의 질에 좌우된다. • 지도자로서 적재 경험자를 구하기 어렵다. • 많은 사람을 동시에 상대할 수 있다.
사례연구	<ul style="list-style-type: none"> • 학습 동기를 유발할 수 있다. • 현실적인 문제의 학습이 가능하다. • 생각하는 학습 교류가 가능하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 적절한 사례의 확보가 곤란하다. • 원칙 및 규칙의 체계적 습득이 힘들다.

- 교육 진행 시의 4단계 과정
 - 일반적인 교육은 다음의 순서로 진행한다.
 - 1단계. 도입 - 왜 배워야 하는가? 강의·교재
 - 2단계. 제시 (설명) - 무엇을, 어떻게 하여야 하는가? 교육 내용을 전달하고 제시한다.
 - 3단계. 적용 (응용) - (어떤 업무를, 어떤 방법으로) 할 수 있도록 하기 위해 시범이나 실습을 통해 구체적 방법을 이해시킨다.
 - 4단계. 확인 (총괄) - (교육내용을 정리하여) 해야 하는 사항은? 이해시키고 습관화하도록 한다.

3

학습내용

- 연구실 안전교육효과의 평가를 설명할 수 있다.

안전교육 효과의 평가

- 안전교육의 평가
 - 교육을 실시했다고 해서 반드시 교육효과가 나타나는 것은 아니다.
 - 안전심리학적 측면에서 가장 중요한 것은 ‘안전동기부여(Safety Motivation)’이다.
 - 지식이나 기능은 시험이나 실습을 통해 확인할 수 있다.
 - 그러나 태도교육은 시험이나 실습을 통해 확인할 수 없다.
 - 그러므로 장기간에 걸쳐 행동이나 태도의 변화가 일어나는지를 모니터링 할 필요가 있다.
 - 각 교육목적별 적절한 평가방법은 다음 표와 같다.

〈표-7〉 안전교육효과에 대한 적절한 평가방법

평가항목	평가방법	관찰에 의한 방법			시험에 의한 방법		
		관찰법	면접법	결과평가	질문법	평정법	시험법
지식		○	○		○	●	●
기능		○		●		○	●
태도		●	●			○	○

2.4.2. 법정 안전교육

KEYWORD 법정 안전교육 목적, 종류, 교육대상, 교육시간, 교육내용 등

개요 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 등 관계법규에서 규정하고 있는 법정 교육의 종류와 대상, 교육내용 및 시간, 그리고 실시방법 등에 대하여 숙지한다.

학습목표 ① 법정 연구실 안전교육 및 훈련에 대한 목적 및 교육내용 등을 설명할 수 있다.

1 학습내용

법정 연구실 안전교육의 목적

• 목적

- 안전교육의 근본 목적은 연구실 안전관리 역량 및 안전의식, 비상대응능력을 제고시키는 데 있다.
- 연구실 안전환경 조성에 관한 법률은 다음과 같은 내용을 규정하고 있다.
 - ▶ 연구주체의 장은 연구실 안전관리에 관한 정보를 연구활동 종사자에게 제공하여야 한다.
 - ▶ 연구주체의 장은 연구실 사고예방 및 대응에 필요한 내용을 교육하여야 한다.

법정 연구실 안전교육의 종류, 대상, 시간

• 법정 안전교육 종류

- (1) 연구활동종사자 교육
 - 신규교육 훈련, 정기교육 훈련, 특별안전 교육훈련
- (2) 연구실안전환경관리자 전문교육
 - 신규교육, 보수교육

• 법정 안전교육의 대상 및 교육시간

교육 과정	교육 대상		교육 시간
1. 신규 교육·훈련	근로자	가. 영 제11조제2항에 따른 연구실에 신규로 채용된 연구활동종사자	8시간 이상 (채용 후 6개월 이내)
		나. 영 제11조제2항에 따른 연구실이 아닌 연구실에 신규로 채용된	4시간 이상 (채용 후 6개월 이내)
	근로자가 아닌 사람	다. 대학생, 대학원생 등 연구활동에 참여하는 연구활동종사자	2시간 이상 (연구활동 참여 후 3개월 이내)
2. 정기 교육·훈련	가. 영 별표 3에 따른 저위험연구실의 연구활동종사자		연간 3시간 이상
	나. 영 제11조제2항에 따른 연구실의 연구활동종사자		반기별 6시간 이상
	다. 가목 및 나목에서 규정한 연구실이 아닌 연구실의 연구활동종사자		반기별 3시간 이상
3. 특별안전 교육·훈련	연구실사고가 발생했거나 발생할 우려가 있다고 연구주체의 장이 인정하는 연구실의 연구활동종사자		2시간 이상
전문교육	연구실안전환경관리자 전문교육 (신규교육/보수교육)		18시간 / 12시간

법정 연구실 안전교육의 내용

• 법정 안전교육내용

- 연구실 안전환경 조성 관련 법령에 관한 사항
- 연구실 유해인자에 관한 사항
- 보호장비 및 안전장치 취급과 사용에 관한 사항
- 연구실사고 사례, 사고 예방 및 대처에 관한 사항
- 안전표지에 관한 사항
- 물질안전보건자료에 관한 사항
- 사전유해인자위험분석에 관한 사항
- 그 밖의 연구실 안전관리에 관한 사항

• 연구분야별 안전교육 내용

- 법정 안전교육 수행기관에서 시행되는 연구활동 분야별 구체적인 교육내용은 다음 표와 같다.

〈표-8〉 연구실 안전교육 수행기관 안전교육과정의 종류

1. 기계 안전	13. 방사성 안전
2. 전기 안전	14. 안전보호구
3. 화공 안전(화학물질)	15. GHS, 안전표지(라벨), 표어, 포스터
4. 가스 안전	16. 안전수칙
5. 응급처치	17. 인간심리 및 사고심리
6. 정리정돈	18. 인간공학
7. 가스안전 사고사례	19. 실험실안전보건 실태
8. 화공안전 사고사례(화학 물질)	20. 직업병 및 안전보건위생
9. 위험 기계기구 장비취급 안전	21. MSDS(물질안전보건자료), 위험물
10. 위험 전기기구 장비취급 안전	22. 미생물, 실험동물 취급
11. 실험실안전	23. LMO, GMO안전
12. 화재, 소방 안전	24. 기타 생활안전 등

참고자료

- 연구실 안전환경 조성에 관한 법령집. 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2021.
- 기업부설연구소 및 연구개발전담부서에서 꼭 알아야 할 연구실안전법, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부·수도권연구안전센터, 2021.

2. 5. 연구실사고 대응 및 관리

2.5.1. 연구실 사고의 특성 이론

2.5.2. 연구실사고 대응절차

2.5.3. 연구실사고 보고 및 원인조사 방법

2.5.4. 위험저감원칙의 이해 및 재발방지대책 수립 및 시행



2.5.1. 연구실 사고의 특성 이론

KEYWORD 사고의 개념, 사고의 특성, 사고발생과정, 사고 유형, 사고의 원인, 사고조사

개요 연구실사고를 예방하기 위하여 먼저 일반적인 사고의 개념을 이해한다. 사고의 개념, 사고의 발생과정, 사고의 유형 및 사고원인 조사 요령 등을 학습함으로써 연구실사고가 갖는 특성을 이해하도록 한다.

학습목표 ① 사고의 기본적 개념과 특성을 설명할 수 있다.

② 사고의 발생하는 과정과 영향요인들을 설명할 수 있다.

③ 사고의 유형에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 사고의 기본적 개념과 특성을 설명할 수 있다.

사고 정의 및 특징

- 사고의 정의

- 물체, 물질, 사람 또는 복사(radiation)의 작용 혹은 반작용으로 인하여 사람에게 상해를 초래하거나 초래할 가능성이 있는 (the probability thereof), 계획되지도 않고 제어되지도 않은 사상 (H.W.Heinrich)
- 피해가 크냐 작으냐 하는 것은 사고 여부를 판단하는 기준이 아닌데 그 이유는 재발하였을 경우 피해 정도가 다를 수 있기 때문이다. 이것을 피해의 '우연성'이라고 한다. 따라서 겉으로 보기에 피해가 무시할 만하다 하더라도 이미 사고는 발생한 것으로 판단하고 대응하여야 한다.

- 사고의 특성

- 모든 유해인자(hazard)가 위험(danger)으로 변화하는 데에는 자극(stimulus)이 필요하다. 이 자극은 내부 자극일 수도 있고, 외부 자극일 수도 있는데, 이것을 촉발 사상(initiating event)이라고 한다.
- 위험 상태라고 해서 바로 사고로 이어지지는 않는다. 위험을 사고로 발전시키는 사상(event)을 직접 원인(immediate cause)이라고 한다.

2

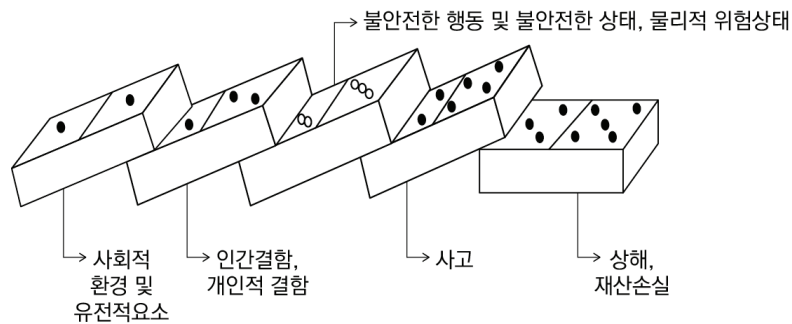
학습내용

- 사고의 발생하는 과정과 영향요인들을 설명할 수 있다.

사고발생과정

• 사고연쇄이론

- 사고는 일련의 요인들이 차례로 영향을 주게 되어 발생하는 것이기 때문에 중간 요인을 차단할 수 있다면 사고는 예방할 수 있다.
- 사고를 예방하는 데 가장 효과적인 방법은 불안전행동과 불안전상태를 차단하는 것이다.
- 고전적 사고연쇄이론 - 그 발단은 유전적이거나 사회적 환경이다.
- 수정된 사고연쇄이론 - 사고의 발생은 관리의 실패로부터 시작된다.



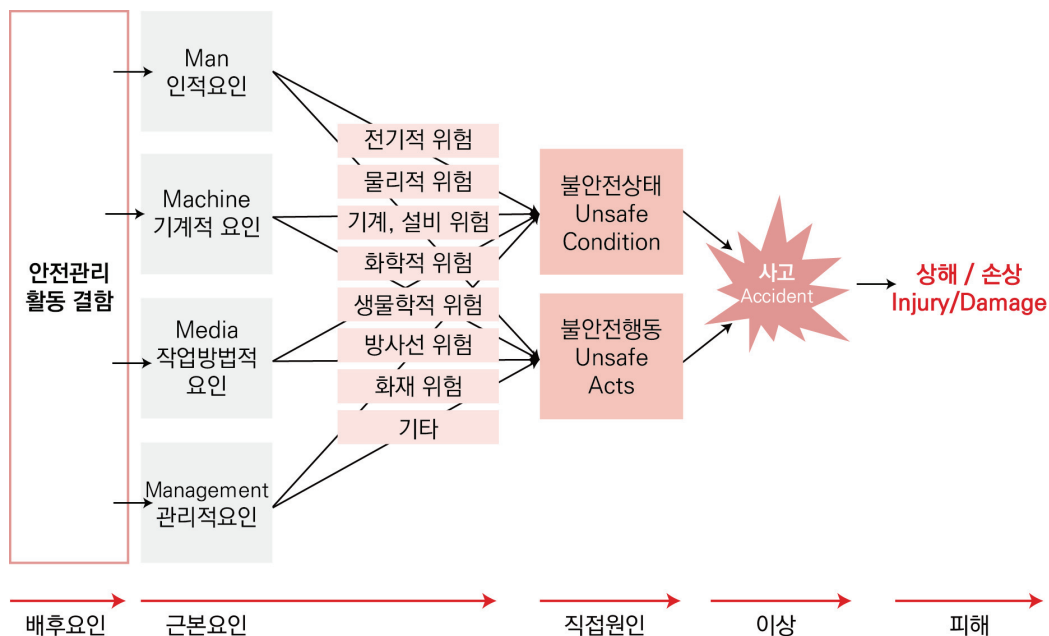
〈그림-8〉 고전적 사고연쇄이론 (H.W.Heinrich)



〈그림-9〉 수정된 사고연쇄이론 (F. Bird Jr.)

• 연구실사고의 발생과정

- 연구실 사고는 안전관리활동의 결함에서부터 시작된다.
- 사고를 예방하는 데 가장 효과적인 방법은 불안전행동과 불안전상태를 차단하는 것이다.
- 불안전행동을 예방하는 데에는 인간에 대한 이해가 필수적이다. 따라서 산업 및 조직심리학, 인간공학 등의 연구가 필요하다.
- 불안전상태를 예방하는 데에는 각 위험요인에 대한 이해가 필수적이어서 과학기술 전반에 대한 이해가 필요하다.



3 학습내용

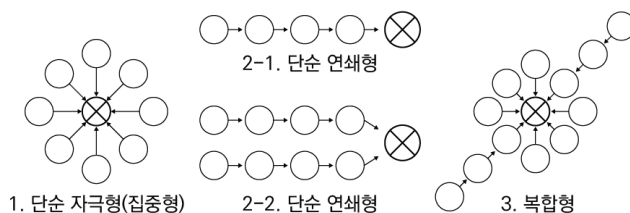
- 사고의 유형에 대하여 설명할 수 있다.

사고의 유형

- 조직 관련성 여부에 따른 분류
 - 조직 사고 (Organizational Accident)
 - 개인 사고 (Personal Accident)
- 에너지와의 충돌 및 접촉 형태에 따른 분류 (사고발생형태)
 - 에너지 폭주형 - 폭발, 파열, 무너짐, 떨어짐 등
 - 에너지 활동 구역에 사람이 침입하여 발생하는 유형 - 끼임, 감전, 화상 등
 - 에너지와의 충돌 - 부딪힘
 - 유해물에 의한 재해 - 산소결핍증, 질식 등

- 사고요인의 관계에 따른 분류

- 단순자극형 (집중형)
- 연쇄형
- 복합형



2.5.2. 연구실사고 대응절차

KEYWORD 연구실 사고 정의, 보고절차, 대응 절차 등

개요 연구실 사고 발생 시 신속한 대응은 사고 피해를 감소시키므로 사고 대응 절차에 대해 이해하여야 한다.

- 학습목표**
- ① 연구실사고 정의 및 사고별 사고대응 절차를 설명할 수 있다.
 - ② 연구분야별 연구실사고 발생 시 대응방안 및 행동요령을 숙지할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실사고 정의 및 사고별 사고대응 절차를 설명할 수 있다.

연구실사고 정의 및 구분

• 연구실사고 정의

- 연구실에서 연구활동과 관련하여 연구활동종사자가 부상·질병·신체장애·사망 등 생명 및 신체 상의 손해를 입거나 연구실의 시설·장비 등이 훼손되는 것을 말한다.

(1) 중대 연구실사고 : 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙」제2조(중대연구실사고의 정의)에 따른 연구실사고 중 손해 또는 훼손의 정도가 심한 사고

- ▶ 사망자 또는 과학기술정보통신부장관이 고시하는 후유장애(부상 또는 질병 등의 치료가 완료된 후 그 부상 또는 질병 등이 원인이 되어 신체적 또는 정신적 장애가 발생한 것을 말한다. 이하 같다) 1급부터 9급까지에 해당하는 부상자가 1명 이상 발생한 사고
- ▶ 3개월 이상의 요양이 필요한 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 사고
- ▶ 법 제16조제2항 및 시행령 제13조에 따른 연구실의 중대한 결함으로 인한 사고

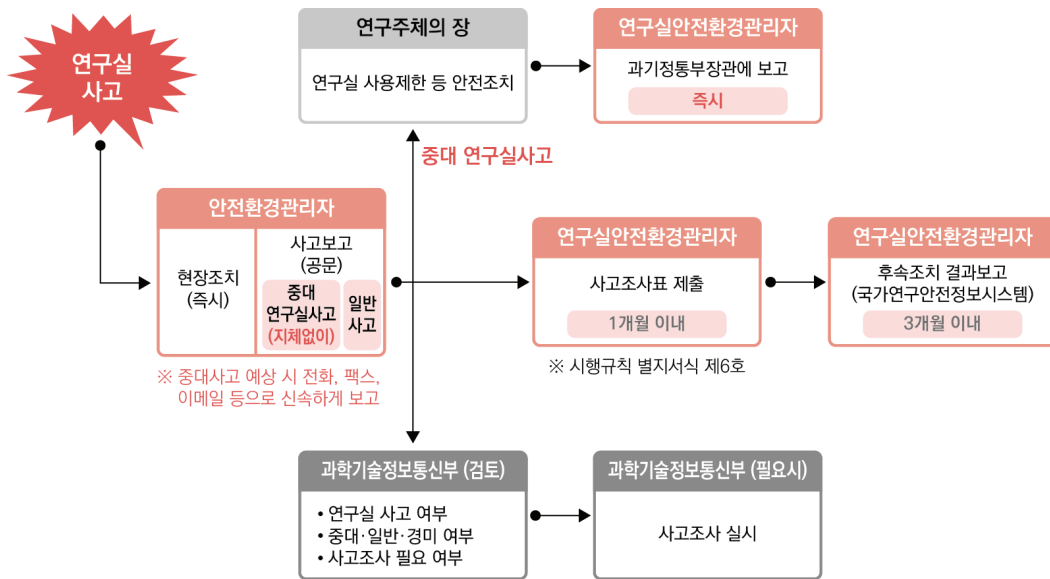
(2) 일반 연구실사고 : 중대 연구실사고를 제외한 사고 중 의료기관에서 3일 이상의 치료가 필요한 생명 및 신체상의 손해를 입은 연구실사고가 발생한 사고

(3) 그 밖의 연구실사고 : 인적·물적 피해가 매우 경미한 사고로 과학기술정보통신부장관에게 보고하지 않아도 되는 사고

• 연구실사고 보고 절차

(1) 중대 연구실사고 발생 시 : 사고발생 시 지체 없이 과학기술정보통신부장관에게 전화, 팩스, 전자우편이나 그 밖의 적절한 방법으로 보고해야 한다. 다만, 천재지변 등 부득이한 사유가 발생한 경우에는 그 사유가 없어진 때에 지체 없이 보고해야 한다.

(2) 일반 연구실사고 발생 시 : 사고 발생일로부터 1개월 이내에 연구실사고 조사표를 작성하여 과학기술정보통신부장관에게 보고해야 한다.



• 연구실사고조사 항목 및 작성방법

- 사고조사표 작성 항목 : 기관명, 주소, 사고 발생 원인 및 발생경위, 피해현황(인적 피해, 물적 피해), 조치 현황 및 향후 계획, 재발방지대책 등

연구실사고 조사표														
※ 뒤쪽의 작성방법을 읽고 작성해 주시기 바라며, []에는 해당하는 곳에 <input checked="" type="checkbox"/> 표시를 합니다.												(앞쪽)		
기관명				기관 유형	[] 대 학 [] 기업부설(연)	[] 연구기관 [] 그 밖의 기관								
주소														
사고 발생 원인 및 발생 경위 ¹⁾	사고일시	년 월 일 시												
	사고장소	학과(부서)명: 연구실명: (연구 분야 :)												
	연구활동 내용	연구활동 수행 인원, 취급 물질·기계·설비, 수행 중이던 연구활동의 개요 등 기록												
	사고 발생 당시 상황	불안전한 연구실 환경, 사고자나 동료 연구자의 불안전한 행동 등 기록												
피해 현황	인적 피해	성명	성별	출생 연도	신분 ²⁾	상해 부위	상해 유형 ³⁾	상해·질병 코드 ⁴⁾	치료 (예상) 기간	상해·질병 완치 여부	후유 장애 여부 (1~14급)	보상 여부	보상 금액	
		①												
		②												
		③												
		④												
	⑤													
※ 인적 피해가 5명을 초과하는 경우, '인적 피해 현황' 부분만 별지로 추가 작성해 주시기 바랍니다.														
물적 피해	피해물품					피해금액			약 백만원					

조치 현황 및 향후 계획	보고 시점까지 내부보고 등 조치 현황 및 향후 계획(치료 및 복구 등) 기록	
재발 방지 대책	(상세계획은 별첨)	
연구실 안전관리 현황	점검·진단	[] 실시(실시일:) [] 미실시(사유:)
	보험가입	[] 가입(가입일:) [] 미가입(사유:)
	안전교육	[] 실시(실시일:) [] 미실시(사유:)
별첨	재발 방지 대책 상세 계획 사고장소 현장 및 피해 사진 등	
관계자 확인 (년 월 일)	연구주체의 장	(서명 또는 인)
	연구실안전환경관리자	(서명 또는 인)
	연구실책임자	(서명 또는 인)

– 연구실사고조사표 작성방법

작성항목	작성방법
① 사고 발생 원인 및 발생 경위	연구실사고 원인을 상세히 분석할 수 있도록 사고일시(년, 월, 일, 시(24시 기준)), 사고 발생 장소, 사고 발생 당시 수행 중이던 연구활동 내용(연구활동 수행 인원, 취급 물질·기계·설비, 수행 중이던 연구활동의 개요 등), 사고 발생 당시 상황[불안정한 연구실 환경(기기 노후, 안전장치·설비 미설치 등), 사고자나 동료 연구자의 불안정한 행동(예시: 보호구 미착용, 넘어짐 등) 등을 상세히 적는다.
② 신분 작성	<ul style="list-style-type: none"> 기관 유형이 “대학”인 경우에는 교수, 연구원, 대학원생(석사·박사), 대학생(학사, 전문학사)에 해당하면 그 명칭을 적고, 그 밖의 신분에 해당할 경우에는 그 상세 명칭을 적습니다. 기관 유형이 “연구기관”인 경우에는 연구자(근로자 신분을 지닌 사람), ② 학생 연구원에 해당하면 그 명칭을 적고, 그 밖의 신분에 해당할 경우에는 그 상세 명칭을 적습니다. 기관 유형이 “기업부설연구소”인 경우에는 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」에 따라 한국산업기술진흥협회(KOITA)에 신고된 신고서를 기준으로 전담연구원, 연구보조원, 학생연구원에 해당하면 그 명칭을 적고, 그 밖의 신분에 해당할 경우에는 그 상세 명칭을 적는다.
③ 상해 유형의 구분	<ul style="list-style-type: none"> ① 골절: 뼈가 부러진 상태 ② 탈구: 뼈마디가 빠져 어긋난 상태 ③ 찰과상: 스킨거나 문질려서 살갓이 벗겨진 상처 ④ 찢림: 칼, 주사기 등에 찢린 상처 ⑤ 타박상: 받히거나 넘어지거나 하여 피부 표면에는 손상이 없으나 피하조직이나 내장이 손상된 상태 ⑥ 베임: 칼 따위의 날카로운 것에 베인 상처 ⑦ 이물: 체외에서 체내로 들어오거나 또는 체내에서 발생하여 조직과 익숙해지지 않은 물질이 체내에 있는 상태

작성항목	작성방법
	⑧ 난청: 청각기관의 장애로 청력이 약해지거나 들을 수 없는 상태 ⑨ 화상: 불이나 뜨거운 열에 데어서 상함 또는 그 상처 ⑩ 동상: 심한 추위로 피부가 얼어서 상함 또는 그 상처 ⑪ 전기상: 감전이나 전기 스파크 등에 의한 상함 또는 그 상처 ⑫ 부식: 알칼리류, 산류, 금속 염류 따위의 부식독에 의하여 신체에 손상이 일어난 상태 ⑬ 중독: 음식이나 내용·외용 약물 및 유해물질의 독성으로 인해 신체에 기능 장애를 일으키는 상태 ⑭ 질식: 생체 또는 그 조직에서 갖가지 이유로 산소의 결핍, 이산화탄소의 과잉으로 일어나는 상태 ⑮ 감염: 병원체가 몸 안에 들어가 증식하는 상태 ⑯ 물림: 짐승, 독사 등에 물려 상처를 입음 또는 그 상처 ⑰ 긁힘: 동물에 긁혀서 생긴 상처 ⑱ 염좌: 인대 등이 늘어나거나 부분적으로 찢어져 생긴 손상 ⑳ 절단: 예리한 도구 등으로 인하여 잘린 상처 ㉑ 그 밖의 유형: ① ~ ⑩ 항목으로 분류를 할 수 없을 경우에는 그 상해의 명칭을 적는다.
④ 상해·질병 코드	진단서에 표기된 상해·질병 코드(질병분류기호 등)를 적는다.

2

학습내용

- 연구분야별 연구실사고 발생 시 대응방안 및 행동요령을 숙지할 수 있다.

연구분야별 사고 대응방안 및 행동요령

- 비상대응 매뉴얼 작성과 사고 유형별 행동절차(국가연구안전정보시스템 홈페이지)
- 화학사고, 가스사고, 전기사고, 생물사고, 기계사고, 기타

분야	구분(번호)	사고유형
화학	1-1	화학물질 누출·접촉
	1-2	화학물질 화재·폭발
가스	2-1	가연성 가스 누출·폭발
	2-2	독성 가스 누출
전기	3-1	감전
	3-2	전기화재

분야	구분(번호)	사고유형
생물	4-1	병원성 물질 유출
	4-2	동물 물림, 바늘 등에 의한 부상
	4-3	생물안전작업대(BSC) 내 유출
기계	5-1	끼임 및 절단
기타	6-1	화상
	6-2	상처 및 출혈
	6-3	유해광선 접촉

※ 화학분야 사고유형

1-1. 화학물질 누출·접촉

※ 사고 상황 → 황산이 들어 있는 시약병을 옮기는 과정에서 병을 바닥에 떨어뜨려 용기가 파손되고 황산액이 바닥에 누출되어 있는 상태

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 연구활동종사자들에게 사고 전파 • 행정관리과에 약품 누출 발생사고 상황 신고(위치, 약품 종류 및 양, 부상자 유·무 등) • 유해물질에 노출된 부상자의 노출된 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어줌 • 금속성물질이나 인등 물과 반응하는 물질이 묻었을 경우 물로 세척 금지 • 위험성이 높지 않다고 판단되면, 행정관리과와 함께 정화 및 폐기작업 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 누출물질에 대한 MSDS/GHS 및 대응 장비 확보 • 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 • 개인보호구 착용 후 사고처리(흡착제, 흡착포, 흡착웬스, 중화제 등 사용) • 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송

1-2. 화학물질 화재·폭발

※ 사고 상황 ① → 실험 중 톨루엔(유기화합물 등) 들어 있던 용기 내 압력 증가로 용기가 파열되면서 톨루엔(유기화합물 등)이 비산 되어 화재 발생

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> 주변 연구활동종사자들에게 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 	<ul style="list-style-type: none"> 방송을 통한 사고전파로 신속한 대피 유도 호흡이 없는 부상자 발생 시 심폐소생술 실시 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 필요시 전기 및 가스설비 공급 차단 사고물질의 누설, 유출방지가 곤란한 경우 주변의 연소방지를 중점적으로 실시 유해화학물질의 확산, 비산 및 용기의 파손, 전도 방지 등 조치 강구 소화를 하는 경우 중화, 희석 등 재해조치를 병행 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송

※ 사고 상황 ② → 폐액용기를 들고 운반 하는 중 폐액 용기 파열로 운반자가 화상을 입는 사고 발생

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> 주변 연구활동종사자들에게 사고 전파 안전담당부서(필요시 소방서, 병원)에 사고 상황 신고(위치, 폐액 종류 및 양, 부상자 유·무 등) 부상자의 폐액 접촉 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어줌 위험성이 높지 않다고 판단되면, 안전담당부서와 함께 정화작업 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 누출물질에 대한 MSDS/GHS 및 대응 장비 확보 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 개인보호구 착용 후 사고처리(흡착제, 흡착포, 흡착웬스, 중화제 등 사용) 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송

※ 가스분야 사고유형

2-1. 가연성 가스 누출·폭발

※ 사고 상황 → 실험 중 분석 장비(GC:가스크로마토그래피)에 연결되어 있는 가스 배관 이음부에서 가연성 가스(수소)가 누출되고 있는 상황

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 가스누출 사실 전파 및 건물 내에 체류 중인 사람이 대피할 수 있도록 알람 • 안전이 확보되는 범위 내에서 사고확대 방지를 위하여 밸브차단 및 환기 등 적절한 조치 취함 • 누출규모가 커서 대응이 불가능할 경우 즉시 대피 	<ul style="list-style-type: none"> • 방송을 통한 사고전파로 신속한 대피 유도 • 가스농도측정기를 이용해 누출 가스 농도 측정 • 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 • 필요 시 전기 및 가스설비 공급 차단 • 대량누출의 경우 폭발로 이어지지 않도록 점화원 제거(밸브 차단, 주변 점화원 제거, 충격 등 금지) • 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송

2-2. 독성가스 누출

※ 사고 상황 → 독성가스 보관 실린더캐비닛에서 독성가스(알진·디보레인·세렌화수소·포스핀 등) 누출로 경보음이 작동 함

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	안전담당 부서 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 가스누출 사실 전파 및 건물 내에 체류 중인 사람이 대피할 수 있도록 알람 • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 방송을 통한 사고전파로 신속한 대피 유도 • 가스농도측정기를 이용해 누출 가스 농도 측정 • 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 • 부상자 발생 시 응급조치 및 병원으로 이송 조치 • 적정 개인보호구(방독면 등) 착용 후 가스 설비 누출 원인 제거 • 필요시 소방서 및 한국가스안전공사(1544-4500)에 신고

※ 전기분야 사고유형

3-1. 감전

※ 사고 상황 → 누전차단기의 작동 불량인 상태에서 절연불량의 전기기기(또는 전선피복의 노출부) 접촉으로 감전

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<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)를 확인하여 심폐소생술 등 응급처치 • 필요 시 병원에 이송 조치 	<ul style="list-style-type: none"> • 사고현장 주변 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 • 의식이 있는 부상자는 담요, 외투 등을 덮어서 따뜻하게 유지 • 의식이 없는 부상자는 기도를 확보하고 호흡유무를 체크하여 심폐소생술(CPR) 혹은 자동체외제세동기(AED) 실시 • 부상자 병원으로 이송 조치 • 전원 재투입 전에 접지 확보 및 각 기기별 절연 진단을 실시하여 사고 원인 제거 재차 확인

※ 자동체외제세동기(AED, Automated External Defibrillator) : 급성 심정지 환자, 또는 심장박동 기능을 잃어버린 사람에게 전기충격을 주어 심장을 정상 상태로 회복시키는 기기

※ 심폐소생술(CPR, Cardiopulmonary Resuscitation) : 심장과 폐의 활동이 멈추었을 때 실시하는 응급처치

3-2. 전기 화재

※ 사고 상황 → 많은 플러그가 꽂혀 있어 정격용량을 초과하여 사용하고 있는 멀티콘센트의 과열(또는 단락, 스파크, 접촉불량, 누전 등)로 화재 발생

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<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 가능하면 C급 소화기 사용하여 초기 진화 • 필요 시 유관기관(소방서, 병원 등)에 신고 	<ul style="list-style-type: none"> • 사고현장 주변 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정 • 사고 발생 지점 전기배선 상위단의 분전반 전원 차단 • 연기 질식 환자에 대비한 신선한 공기 확보 및 안전한 장소로 유도 및 안정 • 전원 재투입 전에 접지 확보 및 각 기기별 절연진단을 실시하여 사고 원인 제거 재차 확인 • 화상 및 질식 전문병원으로 신속하게 이동 조치

※ 기타 사고유형

4-1. 화상

※ 사고 상황 → 고온, 고압반응 실험을 하던 중 고온의 기름(200℃)이 안면부 및 손등에 튀는 화상 사고 발생

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 해당실험장치 작동 중지 • 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행 • 화학물질이 액체가 아닌 고형물질인 경우 물로 씻기 전에 털어 냄 • 가벼운 화상의 경우 화상부위를 찬물에 담그거나 물에 적신 차가운 천을 대어 통증 감소 • 심한 화상인 경우 깨끗한 물에 적신 헝겊으로 상처부위를 덮어 냉각하고 감염 방지 등 응급조치 후 병원 이송 조치 • 화상부위나 물질은 건드리지 말고 2차 감염을 막기 위해 상처부위를 거즈로 덮음 	<ul style="list-style-type: none"> • 2차 사고가 발생하지 않도록 전원 차단 여부 추가 확인 • 부상자를 병원으로 이송 조치 • 전원 재투입 전에 기계별 안전상태 확보 및 사고 원인 제거 재차 확인

4-2. 상처 및 출혈

※ 사고 상황 → 비이커 운반 중 비이커가 깨짐으로 인한 베임

※ 사고 상황 → 이동 중 설치된 실험기기와의 충돌에 의한 출혈

※ 사고 상황 → 낙하하는 실험장비에 의해 명든 상처 발생

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행 • 베인 경우 상처 소독보다 지혈에 신경 쓰고 작은 상처는 1회용 밴드로 감아주고 큰 상처의 경우 붕대를 감은 후 상처부위를 심장보다 높은 곳에 위치 • 피부가 까진 경우 소독하기 전에 흐르는 깨끗한 물로 씻고 소독액 사용 • 멍이든 부위를 얼음주머니나 찬물로 찜질을 하고 시간이 지나 다친부위를 움직이지 못하면 골절이나 염좌가 의심되므로 병원진료 실시 • 지혈 등 응급조치 시행 	<ul style="list-style-type: none"> • 필요 시 부상자를 병원으로 이송 조치

4-3. 동상

※ 사고 상황 → 초저온 냉동고 근처에서 실험 중 옆에 있던 연구자가 발을 헛디뎠다 냉동고 내부 집기류를 잡아 동상 사고 발생

구분	해당 연구실 (연구실 책임자, 연구활동종사자)	행정관리과 (연구실 안전환경관리자)
사고 대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행 (냉동고 집기류와 신체 접촉시 떨어지지 않을 경우 40도의 따뜻한 물로 흘리며 자연스럽게 떨어지게 한다. 절대로 강제로 때어내면 안되며, 헤어드라이기는 건조한 바람이 불어서 신체가 건조해 지므로 사용해서는 안된다.) • 피부가 짓무르거나 상처가 있는 경우 소독하기 전에 흐르는 깨끗한 물로 씻고 소독액 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 필요 시 부상자를 병원으로 이송 조치

참고자료

- “국가연구안전정보시스템”, 비상대응매뉴얼, 검색일자: 2022년 1월 20일,
https://www.labs.go.kr/modedg/contentsView.do?ucont_id=CTX000013&menu_nix=3T4G90CD

2.5.3. 연구실사고 보고 및 원인조사 방법

KEYWORD 사고조사 분석방법, 사고조사반, 조사 절차

개요 연구실사고 재발방지를 위해 사고조사를 실시하여야 하므로 사고조사 분석방법, 사고조사반의 구성 및 운영, 사고조사 시 유의사항에 대해 이해하여야 한다.

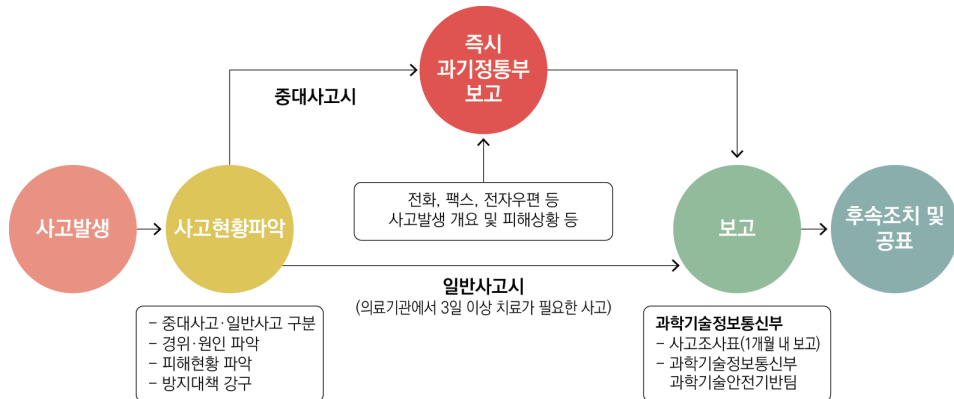
학습목표 ① 사고조사 분석방법을 이해하고, 사고조사반의 구성 및 운영 방법을 설명할 수 있다.
 ② 사고조사 시 유의사항과 법적인 사고조사 절차를 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실사고 보고 및 사고조사 절차에 대하여 설명할 수 있다.

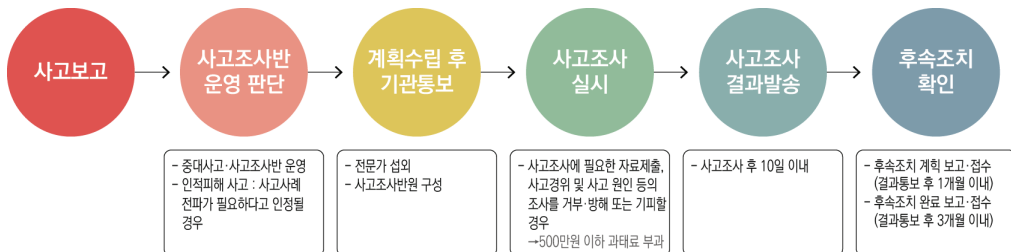
연구실사고 보고 절차

- 사고보고의 절차 및 보고 내용, 사고발생현황 공포, 연구실사고 범위, 중대연구실사고 기준



사고조사 절차

- 사고조사 절차



2

학습내용

- 사고조사 분석방법에 대하여 설명할 수 있다.

사고조사

- 사고조사의 목적
 - 당해 사고의 원인 규명을 통한 동종(同種) 및 유사(類似) 사고의 재발 방지
 - 관리 조직상 사고 영향요인의 규명
- 사고조사 방향
 - 해당 사고에 대한 객관적인 원인 규명을 한다.
 - 책임추궁보다 동종사고의 재발 방지를 우선시한다.
 - 생산성 저해 요인을 없애야 한다.
 - 관리·조직상의 장애요인을 색출한다.
- 사고조사 방법
 - 시간 경과에 따른 사고전개과정 분석 (Accident Dynamics)
 - ETA, FTA 등 수학적 분석 방법
 - 특성요인도
 - 통계적 분석 방법
- 사고조사항목
 - 일반적인 사항 - 성명, 성별, 경력, 직종, 작업내용 및 순서, 협동작업 여부 등
 - 사고의 전개과정 (accident scenario) - 5W1H 원칙 준수
 - 기인물 (initiating object) - 사고의 발단이 된 기계, 장치, 기타의 물(物) 또는 환경
 - 가해물 (harmed object) - 직접 위해를 준 기계, 장치, 물체, 물질, 또는 환경
 - 직접원인 (direct cause)
 - ▶ 불안전행동 ... 인적 원인
 - ▶ 불안전상태 ... 물적 원인
 - 간접원인 (indirect cause)
 - ▶ 기술적 결함 (Engineering 측면)
 - ▶ 교육적 결함 (Education 측면)
 - ▶ 관리적 결함 (Enforcement 측면)
 - 사고결과 및 피해, 증상에 관한 사항 - 상해 유형, 성질, 특성, 부위, 정도 등

- 사고조사 절차
 - 제 1 단계 ... 사실확인
 - 제 2 단계 ... 직접 원인과 문제점의 확인
 - 제 3 단계 ... 기본원인과 근본적 원인의 결정
 - ▶ 이때에는 Ask "Why" 5 Times 원칙을 활용한다. 5W 관련 항목을 찾으라는 것이 아니라, 사고전개를 거슬러 가장 배후에 있는 근본적인 원인을 찾으라는 의미이다. 이 방법은 일본 토요타 자동차회사의 품질관리 활동에서 불량품의 근본 원인을 찾으려 한 데에서 유래한다.
 - 제 4 단계 ... 대책수립
- 사고조사 시의 유의사항
 - 조기 착수 : 현장이 보존된 상태에서 가능한 한 빨리 착수한다. 현장은 가급적 조사가 끝날 때까지 보존한다.
 - 사실 수집 : 목격자나 현장 책임자의 도움을 얻어 당시 상황에 대한 설명을 듣는다. 가능한 한 피해자의 설명을 듣는다. 사진이나 도면을 작성하고 기록한다.
 - 정확성 및 객관성 - 냉정하게 객관적으로 판단하도록 한다.

3

학습내용

- 사고조사반의 구성 및 운영에 대하여 설명할 수 있다.

사고조사반

- 사고조사반의 구성 법적 요건
 1. 연구실 안전과 관련한 업무를 수행하는 관계 공무원
 2. 국가기술자격 법령에 따른 기계안전기술사·화공안전기술사·전기안전기술사·산업위생관리기술사·소방기술사·가스기술사 또는 인간공학기술사의 자격을 취득한 사람
 3. 연구주체의 장이 추천하는 안전분야 전문가
 4. 그 밖에 사고조사에 필요한 경험과 학식이 풍부한 전문가
- 사고조사반의 구성원과 임기 기간
 - 사고조사반 인력풀을 15명 내외로 구성하고 조사반원의 임기는 2년으로 하되 연임 가능
- 사고조사반의 기능
 1. 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」이행여부 등 사고원인 및 사고경위 조사

2. 연구실 사용제한 등 긴급한 조치 필요여부 등의 검토
 3. 그 밖에 과학기술정보통신부장관이 조사를 요청한 사항
- 사고조사반의 조사 실시
 1. 사고조사반은 발생한 연구실 안전사고에 대한 사고조사를 실시하는 경우 그 권한을 표시하는 사고조사반원증을 관계인에게 제시하여야 한다.
 2. 조사반장은 사고조사가 효율적이고 신속히 수행될 수 있도록 해당 조사반원에게 임무를 주고 조사업무를 총괄한다.
 3. 조사반장은 현장 도착 후 즉시 사고 원인 및 피해내용, 연구실 사용제한 등 긴급한 조치의 필요여부 등에 대해 과학기술정보통신부에 우선 유·무선으로 보고하여야 한다.
 - 사고조사반의 보고서 제출
 - 조사반장은 사고조사가 종료된 경우 지체 없이 아래 각 호의 내용이 포함된 사고조사보고서를 작성하여 과학기술정보통신부장관에게 제출하여야 한다.
 1. 조사 일시
 2. 해당 사고조사반 구성
 3. 사고개요
 4. 조사내용 및 결과(사고현장 사진 포함)
 5. 문제점
 6. 복구 시 반영 필요사항 등 개선대책
 7. 결론 및 건의사항

참고자료

- 김병석(2010). 산업재해분석론, 형설출판사. <https://doi.org/10.978.89472/47290>
- 「연구실 사고조사반 구성 및 운영규정(과학기술정보통신부훈령 제186호)」
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제18425호)」 제24조(연구실사고 조사의 실시)
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령(대통령령 제32286호)」 제18조(사고조사반의 구성 및 운영).

2.5.4. 위험저감원칙의 이해 및 재발방지대책 수립 및 시행

KEYWORD 위험저감원칙, 재발방지대책

개요 연구실사고 조사 및 보고의 궁극적인 목적은 연구실사고의 재발방지대책 수립이므로 재발방지대책을 수립 및 시행할 수 있는 이론, 사고예방 원칙 및 위험감소대책 방안을 숙지한다.

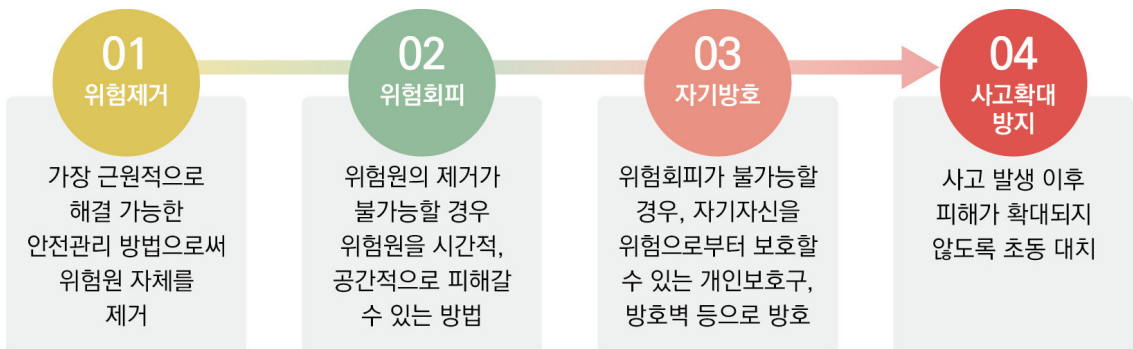
- 학습목표**
- ① 연구실 위험감소 대책 수립 및 실행을 위한 이론을 설명할 수 있다.
 - ② 연구실사고 재발방지를 위한 사고예방 원칙 및 위험 감소대책을 설명할 수 있다.

1 학습내용

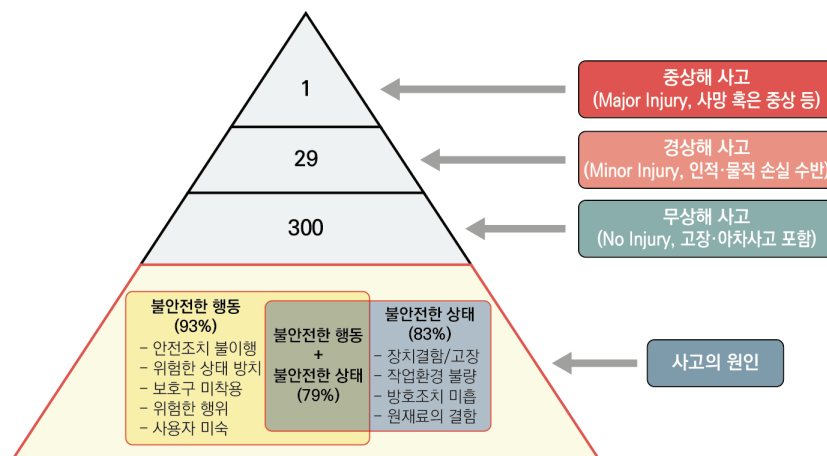
- 연구실 위험감소대책 수립 및 실행을 위한 이론을 설명할 수 있다.

위험감소대책 수립 관련 이론

- 위험성 감소대책 수립 및 실행 개념
 - 위험성 결정 결과 허용 불가능한 위험성을 합리적으로 실천 가능한 범위에서 가능한 한 낮은 수준으로 감소시키기 위한 대책을 수립하고 실행하는 것을 말함
- 위험성 감소 대책 수립 및 실행 프로세스
 - 위험성 크기 추정 → 감소대책의 우선도 결정 → 우선도에 따라 개선 실시 → 실시 결과 평가 → 평가 결과에 따라 재개선 실시
- 유해·위험요인 감소 대책의 우선순위 도출기법
 - 본 안전관리 기법은 사고원인 혹은 위험요인 발견 시 어떠한 순서로 위험감소대책을 수립하면 좋은지에 대한 답을 줄 수 있는 기법이다. 안전사고 예방 및 재발 방지 대책 수립 시 안전확보를 위한 우선순위는 “① 위험제거”→“② 위험회피”→“③ 자기방호”→“④ 사고 확대 방지”의 순으로 제시하고, 적용 가능한 방법 중 가장 우선순위가 높은 방법에 적용하는 것이 추천된다.



- 안전조치는 실험실 상황별로 다양하게 적용될 수 있기에 연구활동종사자는 물론 연구실안전환경관리자와 협업하여 위험요인감소 대책을 마련하여야 한다.
- 사고확대방지 조치는 사고 발생 시 인명피해를 최소화 할 수 있는 마지막 대책으로 철저한 교육과 훈련을 통해 위험상황 속에서도 당황하지 않고 정확히 대처할 수 있도록 연구활동종사자에게 내재화되어 있어야 한다.
- 불안정한 행동 개선을 통한 사고방지 대책 수립 기법
 - 하인리히에 의하면 불안정한 행동 및 불안정한 상태가 사고의 직접적 원인이 되는데, 그 비율을 분석해 보면, 불안정한 행동에 의한 사고는 93%, 불안정한 상태에 의한 사고는 83%에 해당되며, 그 중 불안정한 행동과 불안정한 상태에 공통적인 원인이 79%에 해당된다. 즉, 불안정한 행동만이 원인인 경우는 단지 14%이고, 불안정한 상태만이 원인인 경우는 4%에 불과하기에, 대부분 사고에 있어 불안정한 행동이 직간접적 원인이 됨을 알 수 있다. 그러므로, 불안정한 행동을 중심으로 집중적 예방 및 사고방지 대책을 수립함이 필요하다는 결론을 얻을 수 있다.



〈그림-10〉 하인리히 법칙 중 사고 원인 - 불안정한 행동 및 불안정한 상태

- 불안정한 행동은 지식의 부족(알지 못한다), 기능의 미숙(할 수 없다), 태도 불량 혹은 의욕부진(하지 않는다), 인적 특성(다양한 특성의 휴먼에러)에 의한 과오로 분류될 수 있으며 이 중 기능의 미숙 및 지식의 부족은 교육에 의해 이성적으로 개선될 수 있으나, 태도의 불량 및 의욕 부진, 인적 특성은 잠재적인 것으로 이성적 교육에 앞서 해결되어야 한다.
- 4M중 Man 관점에서의 불안정한 행동과 이에 따른 사고방지 대책을 다음과 같이 7가지 항목으로 구분하여 제시할 수 있다.

4M중 Man 관점에서의 불안정한 행동과 이에 따른 사고방지 대책

- ① 안전활동에 대한 동기부여
- ② 안전 리더십과 팀워크 형성
- ③ 효과적 커뮤니케이션
- ④ 인간관계의 개선(②, ③번 항목과 관련됨)
- ⑤ 연구활동종사자의 생활 지도(고민, 피로, 수면부족, 알코올, 질병, 무기력, 노령화 등)
- ⑥ 인적오류 예방기법의 적용(Ex. 실험순서 혼동의 우려가 있는 경우 지적(指摘) 확인 후 실험)
- ⑦ 위험예지(사전유해인자위험분석, 위험예지훈련, 위험성평가)

2

학습내용

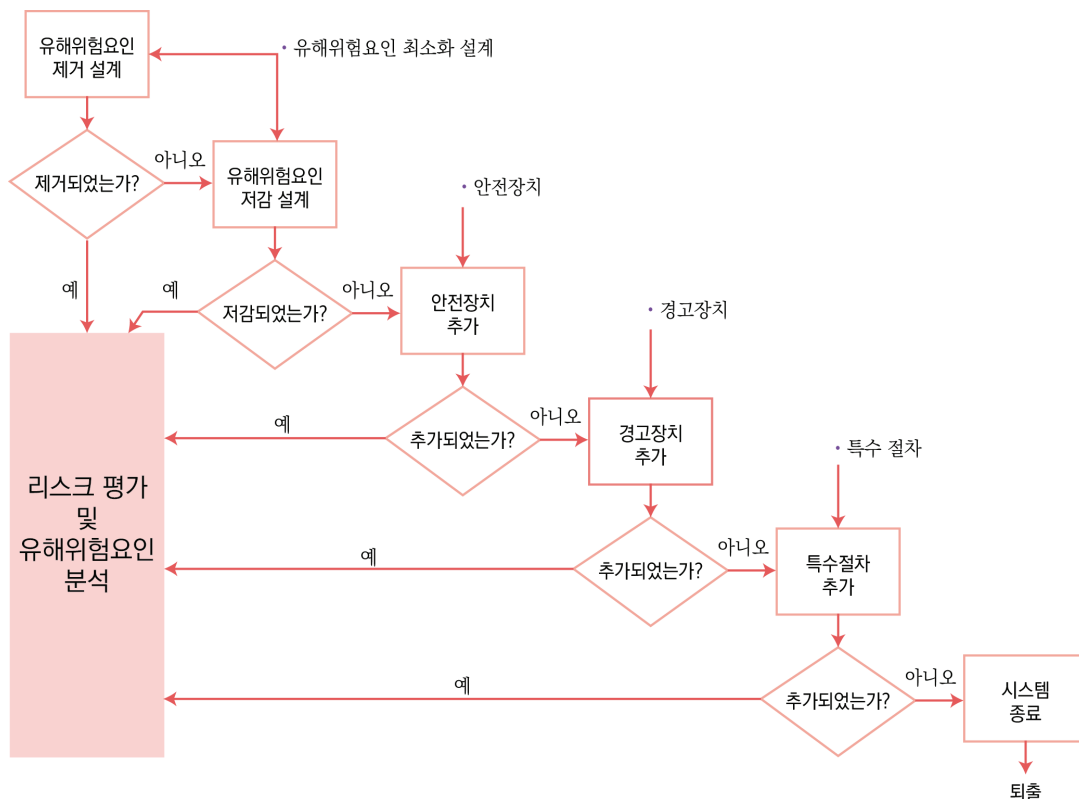
- 연구실사고 재발방지를 위한 사고예방 원칙 및 위험 감소대책을 설명할 수 있다.

연구실사고의 재발방지를 위한 사고예방 원칙 및 위험 감소대책

- 사고예방대책 수립시의 원칙 (시스템안전우선순위 System Safety Precedence, 유해인자저감우선순위 Hazard Reduction Precedence)
 - 어떤 시스템이든지 시스템 측면에서 검토하고 종합적인 대책을 수립하되, 다음의 절차를 따라야 한다.

단계 구분		내용
1단계	유해인자의 제거 또는 최소화 설계	연구활동을 둘러싼 시스템을 대상으로, 위험이 최소화되도록 설계하여야 한다. 이때에는 먼저 위험요인을 제거하는 방안을 검토하고, 불가피하면 위험요인이 최소가 되도록 위험성 저감 설계
2단계	안전장치 (공학적 대책)	설계단계에서 해결하지 못한 유해인자가 있다면 그 요인을 대상으로 환기장치 설치 등(공학적 대책)의 안전장치를 추가한다.
3단계	경고장치 (관리적 대책)	안전장치로도 대응하지 못한 유해인자가 있다면 그 요인을 대상으로 경고장치를 추가하여 연구활동종사자가 자신이 하는 연구활동 중의 위험요인과 대응 방법을 사전에 알고 대응하도록 한다. 여기에는 자동경보장치는 물론 사용설명서, 작업절차서, 경고 표시, 픽토그램(그림문자) 등이 모두 포함된다.
4단계	특수절차	이상의 조치로도 충분하지 않으면 개인보호구, 해당 위험요인에 대한 사전 교육 및 훈련을 추가한다.

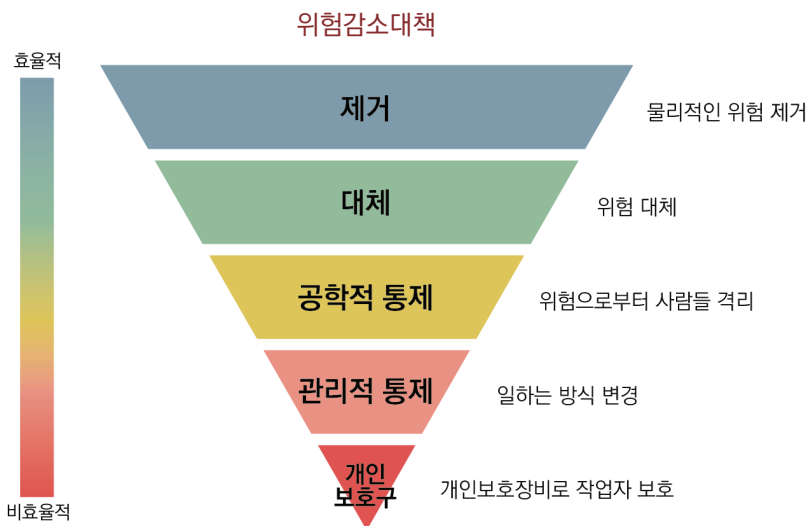
- ※ 이상의 대응책으로도 안전 확보를 장담할 수 없다면, 업무수행 시에 연구실책임자가 직접 연구 수행 시 감독하거나 지도하여야 한다.



〈그림-11〉 시스템안전 우선순위 (Roland, 1983)

• Hierarchy of Controls(위험감소대책)

- NIOSH에서는 직업 재해에 대한 위험 노출을 제어하는 것은 작업자를 보호하는 기본적인 방법으로, Hierarchy of Controls를 활용하여 설명한다.



- 다음 그림과 같이 위쪽에 해당하는 제어 방법이 가장 효과적이며, 아래쪽으로 내려갈수록 비효율적이다. 즉, 제거(Eliminate) > 대체(Substitution) > 공학적 통제(Engineering Controls) > 관리적 통제(Administrative Controls) > 개인보호구(Personal Protective Equipment) 순으로 제어하였을 때 효과적으로 보호할 수 있다고 표현한다.
- 각각의 제어 방법에 대해 알아보면 다음과 같다.
 1. Eliminate(제거) : 위험 요소를 물리적으로 직접 제거하는 제어 방법으로, 가장 효과적인 방식이다.
 2. Substitution(대체, 교체) : 두 번째로 가장 효과적인 위험 제어 방법으로 위험을 생성하지 않거나 덜 생성하는 부품, 물질 등으로 교체하는 방식이다.
 3. Engineering Controls(공학적 통제) : 위험원을 제거하는 것이 아니라 오히려 연구자들을 위험으로부터 격리하는 제어 방법으로 초기 비용이 많이 들어간다는 특징이 있지만, 장기적인 비용을 줄일 수 있는 방식이다.
 4. Administrative Controls(관리적 통제) : 연구자들이 일하는 방식을 변경하는 제어 방법으로, 작업절차 변경이나 경고 라벨 설치 등의 방법이 이에 해당한다.
 5. Personal Protective Equipment(개인보호구) : 연구자들에게 직접 개인보호구를 착용하도록 하여 위험원으로부터 보호하는 방법이다. 초기 비용은 적을 수 있으나 보호구의 손상여부, 개인의 신체 기능이나 특성 등을 고려하여 적용하여야 하므로 가장 비효율적인 방식이다.

• 재해예방 4원칙

구 분	내 용
예방가능의 원칙	천재지변을 제외한 모든 재난은 원칙적으로 예방 가능
손실우연의 원칙	사고의 결과로써 생긴 재해손실은 사고 당시 조건에 따라 우연히 발생, 재해방지의 대상은 우연성에 좌우되는 손실의 방지보다, 사고 발생 자체의 방지가 우선(사고 재발 방지가 우선)
원인연계의 원칙	사고 발생에는 반드시 원인이 있고, 대부분 복합적으로 연계되므로 모든 원인은 종합적으로 검토되어야 함
대책선정의 원칙	사고의 원인 또는 불안정한 요소가 발견되면, 반드시 대책을 선정·실시해야 함(사고예방 대책은 3E원칙 적용), 사고 예방을 위한 가능한 안전대책은 반드시 존재

• 3E 원칙

구 분	내 용
Engineering(기술적 대책)	안전설계, 작업환경 개선, 설비 개선 등
Enforcement(관리적 대책)	적합한 기준 설정, 각종 규정 및 수칙 준수 등
Education(교육적 대책)	작업방법 교육 실시, 안전의식 or 기능의 결여 및 부정적인 태도 시정 등

참고자료

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제18425호)」 제23조(연구실사고 보고), 제26조(보험가입 등).
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령(대통령령 제32286호)」 제19조(보험가입 등).
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙(과학기술정보통신부령 제85호)」 제2조(중대연구실사고의 정의), 제14조(중대연구실사고 등의 보고 및 공표), 제15조(보험급여의 종류 및 보상금액).
- 「연구실사고에 대한 보상기준(과학기술정보통신부고시 제2021-105호)」
- 위험성평가 이행·점검 매뉴얼, 고용노동부·안전보건공단, 2021.
- Popov, G., Lyon, B. K., & Hollcroft, B. D. (2016). Risk assessment: A practical guide to assessing operational risks. John Wiley & Sons.
- “The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)”, Hierarchy of Controls, 검색일자 : 2022년 1월 20일, <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>

학습가이드 이용 시 유의사항

- 본 학습 가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료일 뿐이며, 가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있습니다. 아울러, 본 학습 가이드에는 언급되지 않았으나, 연구실 안전관리 이론 및 체계와 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 다양한 참고자료 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

연구실 화학·가스 안전관리

PART

3



3.1. 화학·가스 안전관리 일반

3.1.1. 화학물질 유해인자 분류 및 위험성

3.1.2. 화학물질 유해인자의 관리방법

3.1.3. 가스 유해인자 분류 및 위험성

3.1.4. 가스 유해인자의 관리방법

3.1.5. 비상조치 요령



3.1.1. 화학물질 유해인자 분류 및 위험성

KEYWORD 유해인자 분류, 위험성, 유해성

개요 연구실에서 취급하고 있는 화학물질 중 유해인자를 분류하고 그 위험성을 파악하는 것은 연구실 화학 안전관리에 매우 중요한 사항이다. 이 단원에서는 GHS-MSDS와 NFPA704 코드를 읽어 연구실 화학물질의 유해성과 위험성을 파악하고 절차에 맞는 위험성 분석 실시방법을 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 화학물질(가스)의 유해·위험성 분류 및 성질에 대하여 설명할 수 있다.

② GHS-MSDS, NFPA704 코드를 보고 연구실 화학물질의 유해성과 위험성을 파악할 수 있다.

③ 화학물질(가스)의 주요 성질을 이해하고 공정 조건에 따른 위험 특성을 알 수 있다.

④ 화학물질(가스)의 위험성을 파악할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 화학물질(가스)의 유해·위험성 분류 및 성질에 대하여 설명할 수 있다.

화학물질(가스)의 유해·위험성 분류

- 물리적 위험성 분류
 - 폭발성 물질, 인화성 가스, 인화성 액체, 인화성 고체, 에이로졸, 물반응성 물질, 산화성 가스, 산화성 액체, 산화성 고체, 고압가스, 자기반응성 물질, 자연발화성 액체, 자연발화성 고체, 자기발열성 물질, 유기과산화물, 금속 부식성 물질

※ 화학물질 분류

- 폭발성 물질 : 자체의 화학반응에 따라 주위환경에 손상을 줄 수 있는 정도의 온도·압력 및 속도를 가진 가스를 발생시키거나 가열, 마찰, 충격 또는 다른 화학물질과의 접촉으로 인하여 산소나 산화제 공급없이 폭발하는 물질 등을 의미함
- 인화성 물질 : 20 °C, 표준압력(101.3 kPa)에서 공기와 혼합하여 인화되는 범위에 있는 물질
- 물 반응성 물질 : 물과 상호작용을 하여 자연발화되거나 인화성가스를 발생시키는 물질
- 산화성 물질 : 그 자체로는 연소하지 않더라도 일반적으로 산소를 발생시켜 다른 물질을 연소시키거나 연소를 촉진하는 물질 등을 의미함
- 자기반응성물질 : 열적인 면에서 불안정하여 산소가 공급되지 않아도 강렬하게 발열·분해하기 쉬운 물질 등을 의미함
- 발화성물질 : 적은 양으로도 공기와 접촉하여 5분 안에 발화할 수 있거나 주위의 에너지 공급없이 공기와 반응하여 스스로 발열하는 물질 등을 의미함
- 유기과산화물 : -2가의 -O-O- 구조를 가지고 1개 또는 2개의 수소원자가 유기라디칼에 의하여 치환된 과산화수소의 유도체를 포함한 액체 또는 고체 유기물질 등을 의미함
- 금속부식성물질 : 화학적인 작용으로 금속에 손상 또는 부식을 일으키는 물질 등을 의미함

※ 가스 분류

- 가연성가스 : 공기 중에서 연소하는 가스로서 폭발한계(공기와 혼합된 경우 연소를 일으킬 수 있는 공기 중의 가스 농도의 한계를 말한다. 이하 같다)의 하한이 10% 이하인 것과 폭발한계의 상한과 하한의 차가 20% 이상인 가스

가연성가스 종류	수소·암모니아·아크릴로니트릴·아크릴알데히드·아세트알데히드·아세틸렌·황화수소·시안화수소·일산화탄소·이황화탄소·메탄·염화메탄·브롬화메탄·에탄·염화에탄·염화비닐·에틸렌·산화에틸렌·프로판·시클로프로판·프로필렌·산화프로필렌·부탄·부타디엔·부틸렌·메틸에테르·모노메틸아민·디메틸아민·트리메틸아민·에틸아민·벤젠·에틸벤젠 등
---------------------	--

- 인화성가스 : 20℃, 표준압력(101.3 kPa)에서 공기와 혼합하여 인화되는 범위에 있는 gas와 공기 중에서 자연발화하는 가스, 20℃, 표준압력 101.3 kPa에서 화학적으로 불안정한 가스를 말함
- 압축가스 : 가압하여 용기에 충전했을 때, -50℃에서 완전히 가스상태인 가스(임계온도 -50℃ 이하의 모든 가스를 포함)
- 산화성가스 : 일반적으로 산소를 공급함으로써 공기와 비교하여 다른 물질의 연소를 더 잘 일으키거나 연소를 돕는 가스
- 액화가스 : 가압하여 용기에 충전했을 때, -50℃ 초과 온도에서 부분적으로 액체인 gas로, 고압액화가스(임계온도가 -50℃에서 +65℃인 가스), 저압액화가스(임계온도가 +65℃를 초과하는 가스)로 구분됨
- 독성가스 : 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 gas로서 허용농도(해당 가스를 성숙한 흰쥐 집단에게 대기 중에서 1시간 동안 계속하여 노출시킨 경우 14일 이내에 그 흰쥐의 2분의 1 이상이 죽게 되는 가스의 농도를 말한다. 이하 같다)가 100만분의 5000 이하인 가스

독성가스 종류	아크릴로니트릴·아크릴알데히드·아황산가스·암모니아·일산화탄소·이황화탄소·불소·염소·브롬화메탄·염화메탄·염화프렌·산화에틸렌·시안화수소·황화수소·모노메틸아민·디메틸아민·트리메틸아민·벤젠·포스겐·요오드화수소·브롬화수소·염화수소·불화수소·겨자가스·알진·모노실란·디실란·디보레인·세렌화수소·포스핀·모노게르만 등
--------------------	---

- 고압가스 : 20℃, 200 kPa이상의 압력 하에서 용기에 충전되어 있는 가스 또는 냉동액화가스 형태로 용기에 충전되어 있는 가스(압축가스, 액화가스, 냉동액화가스, 용해가스로 구분한다)

• 건강 및 환경 유해성 분류

- 급성 독성 물질, 피부 부식성 또는 자극성 물질, 심한 눈 손상성 또는 자극성 물질, 호흡기 과민성 물질, 피부 과민성 물질, 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질, 특정 표적장기 독성 물질(1회 노출), 특정 표적장기 독성 물질(반복 노출), 흡인 유해성 물질, 수생 환경 유해성 물질, 오존층 유해성 물질

2

학습내용

- GHS-MSDS, NFPA704 코드를 보고 연구실 화학물질의 유해성과 위험성을 파악할 수 있다.

화학물질(가스)의 유해·위험성 확인방법

- 물질안전보건자료(GHS-MSDS) 개념
 - GHS-MSDS는 세계조화체계 (globally harmonized system of classification and labelling of chemicals, GHS)에 따른 물질안전보건자료 (material safety data sheets, MSDS)로, 국제적으로 통일된 분류 기준에 따라 화학물질의 유해성 위험성을 분류하고 통일된 형태의 경고표지 및 MSDS를 사용함으로써 화학물질을 안전하게 사용하고 관리하기 위하여 필요한 정보를 기재한 자료이다.
 - 화학물질 및 화학물질을 함유한 대상화학물질의 명칭, 구성성분의 명칭 및 함유량, 안전·보건상의 취급주의 사항, 건강유해성 및 물리적 위험성 등을 설명한다.
 - 화학물질(가스)의 유해·위험성은 'GHS-MSDS' 정보 에서 확인할 수 있다.
- GHS-MSDS 항목

MSDS 항목	
1. 화학제품과 회사에 관한 정보	9. 물리화학적 특성
2. 유해성·위험성	10. 안정성 및 반응성
3. 구성성분의 명칭 및 함유량	11. 독성에 관한 정보
4. 응급조치 요령	12. 환경에 미치는 영향
5. 폭발·화재 시 대처 방법	13. 폐기 시 주의사항
6. 누출 사고 시 대처 방법	14. 운송에 필요한 정보
7. 취급 및 저장방법	15. 법적 규제 현황
8. 노출 방지 및 개인보호구	16. 그 밖의 참고사항

- 화학물질에 대한 일반정보와 물리·화학적 성질 독성 정보를 알고 싶을 때: 2, 3, 9, 10, 11 항목 활용
- 연구실 내 화학물질을 처음 취급·사용하거나 폐기 또는 다른 저장소 등으로 이동 시킬 때: 7, 8, 13, 14 항목 활용
- 화학물질이 외부로 누출되고 연구활동종사자에게 노출된 경우: 2, 4, 6, 12 항목 활용
- 화학물질로 인하여 폭발·화재 사고가 발생한 경우: 2, 4, 5, 10 항목 활용
- 화학물질 규제 현황 및 제조·공급자에게 MSDS에 대한 문의사항이 있을 경우: 1, 15, 16 항목 활용

• GHS-MSDS 경고표시 그림문자

								
폭발성	인화성	급성독성	호흡기 과민성	수생환경 유해성	산화성	고압가스	금속부식성	경고
• 자기반응성 • 유기과산화물	• 물반응성 • 자기반응성 • 자연발화성 • 자기발열성 • 유기과산화물		• 발암성 • 생식세포 변이원성 • 생식독성 • 특정표적 장기독성				• 피부부식성 • 심한눈손상성	• 피부과민성 • 오존층유해성

• 유해·위험성 분류에는 물리적 위험성과 건강 및 환경 유해성으로 구분된다.

- 숫자가 작을수록 위험성이 높다.

• NFPA 704 항목

- NFPA 704는 응급 대응 시 화학물질(가스)의 위험성을 규정하기 위해 미국화재예방협회 (National Fire Protection Association, NFPA)에서 발표한 표준 시스템이다.

- 건강, 화재, 반응, 그리고 기타 (물반응성, 방사선) 위험성에 대해 등급을 화재다이아몬드 (fire diamond)로 불리는 표식으로 표기하고 있다.

- NFPA에는 일반적으로 물질안전보건자료(GHS-MSDS)에서 「유해·위험성」의 「다. 유해성·위험성 분류 기준에 포함되지 않는 기타 유해성·위험성」의 기타 위험성을 제외한 3가지 위험성에 대한 등급을 표시하고 있고, 통상 NFPA지수라고 한다.

- 청색 (health hazards, 건강 위험성), 적색 (flammability hazards, 화재 위험성), 황색 (instability hazards, 반응 위험성), 백색 (special hazards, 기타 위험성)으로 총 5개의 등급 (0 ~ 4등급)으로 나타내며, 숫자가 클수록 위험성이 높다.

- 기타 위험성에는 다음의 특정 기호가 표시될 수 있다. : W 혹은 W (물 반응성), OX 혹은 OXY (산화제), COR (부식성, 강한 산성/강한 염기성), BIO (생물학적 위험), POI (독성), 방사능 표시, CRY 혹은 CRYO (극저온 물질)을 표시할 수 있다. (NFPA 704 규격에서는 백색 구역에 표기할 수 있는 기호로는 W와 OX/OXY만 인정했으나, 위의 경우와 같이 기타 자의적인 기호도 관계당국으로부터 허가를 받거나, 혹은 요구될 경우에는 사용할 수 있다.)



등급	건강위험성 (청색)	화재위험성 (인화점) (적색)	반응위험성 (황색)
0	유해하지 않음	잘 타지 않음	안정함
1	약간 유해함	93.3℃ 이상	열에 불안정함
2	유해함	37.8℃ ~ 93.3℃	화학물질과 격렬히 반응함
3	매우 유해함	22.8℃ ~ 37.8℃	충격이나 열에 폭발 가능함
4	치명적임	22.8℃ 이하	폭발 가능함

3 학습내용

- 화학물질(가스)의 주요 성질을 이해하고 공정 조건에 따른 위험 특성을 알 수 있다.

화학물질(가스)의 주요 성질

• 압력

- 단위면적에 수직으로 작용하는 힘을 말한다.

- 압력의 분류

(1) 표준 대기압[1 atm] : 0℃에서 표준 중력일 때, 760 mm 높이 수은주의 압력

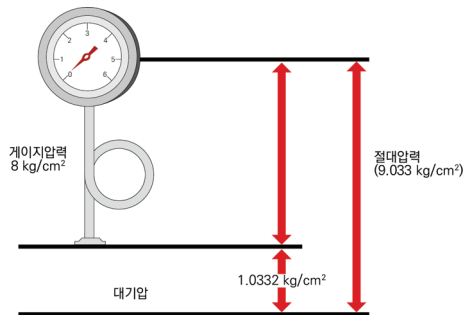
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 10.332 \text{ mH}_2\text{O} = 1.0332 \text{ kg/cm}^2 = 1.013 \text{ bar} = 0.101325 \text{ MPa} = 101.325 \text{ kPa} \\ = 14.7 \text{ psi} = 14.7 \text{ lb/in}^2 = 76 \text{ cmHg}$$

(2) 절대압력 : 완벽한 진공을 0점으로 두고 측정한 압력

(3) 게이지압력 : 대기압의 기준을 0으로 하여 측정한 압력

(4) 진공압 : 대기압을 기준으로 대기압보다 낮은 압력을 측정한 압력

$$\text{절대압력} = \text{대기압} + \text{게이지압력} = \text{대기압} - \text{진공압}$$



<그림-12> 압력간의 관계

• 온도

- 물질의 뜨겁고 찬 정도를 표시하는 값을 말한다.

- 온도의 분류

(1) 섭씨온도 [°C] : 표준 대기압 상태에서 순수한 물의 어는점을 0°C, 끓는점을 100°C로 하고 그 사이를 100 등분한 것

(2) 화씨온도 [F] : 표준 대기압 상태에서 순수한 물의 어는점을 32F, 끓는점을 212F라 하고 그 사이를 180등분한 것

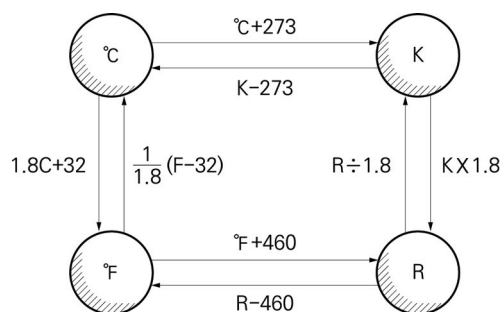
(3) 절대온도 : 열역학적으로 분자운동이 정지한 상태의 온도를 0으로 측정한 온도를 말한다.

① 켈빈 온도(Kelvin) : 이상기체의 온도를 - 273°C로 할 때 분자운동은 정지된다.

(섭씨 절대온도 : 0 K = -273°C)

② 랭킨 온도(Rankine) : 이상기체의 온도를 - 460F로 할 때 분자운동은 정지된다.

(화씨 절대온도 : 0 R = -460F)



〈그림-13〉 온도의 환산

• 비중

- 비중이란 무게를 비교하는 것으로 가스의 물리적 성질을 나타낸다.

- 비중의 분류

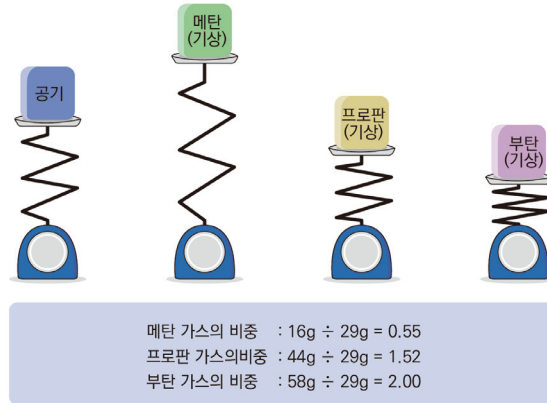
(1) 가스비중

① 가스비중의 기준이 되는 물질은 표준상태(0°C, 1 atm)의 공기이며, 가스의 무게와 공기의 무게를 비교한 값이 비중이 된다.

② 이때 무게 비교는 일정량을 가지는데 1 mol(kmol), 또는 22.4 L(22.4 m³)를 기준으로 비교한다.

③ 표준상태에서 공기의 기준량에 대한 분자량은 약 29 g, 메탄(CH₄)의 1 mol의 분자량은 16 g이므로 공기에 대한 비중은 0.55이다.

④ 모든 가스는 1 mol의 분자량이 공기의 평균 분자량 보다 크면 누설시 무거워서 바닥면으로 가라앉아 바닥으로 모이고, 작으면 누설시 가벼워서 천장으로 모인다.



〈그림-14〉 물질별 비중 비교

(2) 액비중

- ① 액체의 비중을 액비중이라고 하며, 비교 기준이 되는 물질은 4℃의 물
- ② 4℃의 물 1cm³은 질량이 1 g이기 때문에 물의 밀도는 1 g/cm³ (1 kg/L)

• 증기압

- 투명한 용기에 액상의 가스를 넣어 일정온도에서 밀폐시키면 액체의 일부는 기화되고, 용기 내의 압력은 상승한다.
- 어느 정도의 압력에 이르면 더 이상 기화가 일어나지 않게 되는데, 이때 더 이상 기화가 일어나지 않는 압력 즉, 액체가 기체로 되는 양과 기체가 액체로 되는 양이 같게 되어 액체와 기체가 평형을 이루었을 때의 기체가 나타내는 압력을 증기압이라 한다.
- 증기압은 액체의 종류와 온도에 따라 다르며, 같은 가스일 경우 온도가 일정하면 용기에 들어있는 가스의 양에 관계없이 압력은 일정하다.

4

학습내용

- 화학물질(가스)의 위험성을 파악할 수 있다.

연구실 내 화학물질(가스)의 위험성 분석

- 연구실 사전유해인자위험분석을 실시해야 하는 화학물질 종류
 - 「화학물질관리법」 제2조 제7호에 따른 유해화학물질
 - 「산업안전보건법」 제104조에 따른 유해인자
 - 「고압가스안전관리법 시행규칙」 제2조제1항제2호에 따른 유해인자

〈표-9〉 연구실 사전유해인자위험분석을 실시해야 하는 화학(가스) 물질

구분	물질종류 및 구분
유해화학물질	<ul style="list-style-type: none"> • 유독물질 : 「유독물질의 지정고시(국립환경과학원고시 제2021-103호)」, 별표(유독물질) • 허가물질 : 위해성(화학물질이 노출되는 경우 사람의 건강이나 환경에 피해를 줄 수 있는 정도)이 있다고 우려되는 화학물질 • 제한물질 : 「제한물질·금지물질의지정(환경부고시제2021-295호)」 별표2(제한물질) 및 별표3(총칭으로 지정된 제한물질의구체적 목록) • 금지물질 : 「제한물질·금지물질의지정(환경부고시제2021-295호)」 별표4(금지물질) 및 별표5(총칭으로 지정된 금지물질의구체적 목록) • 사고대비물질 : 「화학물질관리법시행규칙」 별표10(사고대비물질별 수량 기준) 「사고대비물질의 지정(환경부고시제2021-75호)」
유해인자 중 화학적인자	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적인자 : 물리적 위험성(폭발성물질, 인화성가스, 인화성 액체, 인화성 고체, 인화성 에어로졸, 물반응성 물질, 산화성 가스, 산화성 액체, 산화성 고체, 고압가스, 자기반응성 물질, 자연발화성 액체, 자연발화성 고체, 자기발열성 물질, 유기과산화물, 금속 부식성 물질), 건강 및 환경 유해성(급성 독성 물질, 피부부식성 또는 자극성 물질, 심한 눈 손상성 또는 자극성 물질, 호흡기 과민성 물질, 피부 과민성 물질, 발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질, 특정표적장기 독성 물질(1회 노출), 특정 표적장기 독성 물질(반복노출), 흡인 유해성 물질, 수생환경 유해성 물질, 오존층 유해성 물질
독성가스	<ul style="list-style-type: none"> • 아크릴로니트릴·아크릴알데히드·아황산가스·암모니아·일산화탄소·이황화탄소·불소·염소·브롬화메탄·염화메탄·염화프렌·산화에틸렌·시안화수소·황화수소·모노메틸아민·디메틸아민·트리메틸아민·벤젠·포스겐·요오드화수소·브롬화수소·염화수소·불화수소·겨자가스·알진·모노실란·디실란·디보레인·세렌화수소·포스핀·모노게르만 및 그 밖에 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용농도(해당 가스를 성숙한 흰쥐 집단에게 대기 중에서 1시간 동안 계속하여 노출시킨 경우 14일 이내에 그 흰쥐의 2분의 1 이상이 죽게 되는 가스의 농도를 말한다. 이하 같다)가 100만분의 5000 이하인 것을 말한다.

• 신규 화학물질의 사전유해인자위험분석 실시 여부

- 화학물질은 매년 새로운 물질이 개발 사용되고 있으므로 위의 목록에 없는 물질을 사용할 때에는 사용 물질 등에 위험요소가 존재할 수 있으므로 반드시 사전유해인자위험분석을 실시해야 한다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 화학안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 안전교육 표준교재 실험 전·후 안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 왕진호(2013), 실험실 안전관리, 식품의약품안전평가원, 2013.
- 위험성평가보고서, 화학물질안전보건센터 위험성연구팀, 2011.
- 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침(제2021-109호)」
- 「산업안전보건법 시행규칙(고용노동부령 제336호)」
- “일과건강”, 물질안전보건자료 관리를 통한 유해요인 평가와 관리방법, 검색일자: 2022년 1월 28일.
<http://safedu.org/>

3.1.2. 화학물질 유해인자의 관리방법

KEYWORD 화학물질 유해인자 관리, 비상조치

개요 연구실 화학물질의 취급기준, 보관, 저장 등을 통해 화학물질 유해인자를 적절하게 관리하여 화학물질 누출로 인한 피해나 중독사고를 예방하고 화학물질로 인한 화재 및 폭발사고를 예방, 조치방안 등을 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 화학물질의 취급기준 및 보관, 저장 등 관리방법을 설명할 수 있다.
② 화학물질로 인한 피해 발생 또는 사고 시 예방 조치를 할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 화학물질의 취급기준 및 보관, 저장 등 관리방법을 설명할 수 있다.

화학물질의 취급기준 및 보관·저장방법

- 화학물질 취급 시 주의사항
 - 산화성 액체·산화성 고체: 분해가 촉진될 우려가 있는 물질에 접촉시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하지 않는다.
 - 인화성 액체: 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 주입 또는 가열하거나 증발시키지 않는다.
 - 물반응성 물질, 인화성 고체: 각각 그 특성에 따라 화기나 그 밖의 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 발화를 촉진하는 물질 또는 물에 접촉시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하지 않는다.
 - 폭발성 물질, 유기과산화물: 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 가열, 마찰시키거나 충격을 가하지 않는다.
- 화학물질의 저장·보관 시 일반적 주의사항
 - 환기가 잘 되고 직사광선을 피할 수 있는 곳에 보관하고, 이때 보관 장소는 열과 빛을 동시에 차단할 수 있어야 한다.
 - 선반 보관 시, 추락방지 가드가 설치된 선반에 적당량의 시약을 보관한다.
 - 눈높이 이상에 시약을 보관하는 행위는 주의하고, 특히 부식성, 인화성 약품은 가능한 눈높이 아래에 보관한다.
 - 용량이 큰 화학물질은 취급 시 파손에 대비하기 위해 선반의 하단이나 낮은 곳에 보관한다.
 - 화학물질 특성에 따라 분류하여 적절한 보관 장소에 분리 보관한다.
 - 휘발성 액체는 열, 태양, 점화원 등에서 멀리 보관한다.
 - 보관된 화학물질은 정기적으로 물품 조사를 실시하여 정기적인 유지 관리를 실시하고, 미사용 또는 장기간 보관된 화학물질은 폐기 처리한다.

- 화학물질의 구입량은 연구에 필요한 최소량으로 주문한다.
 - 보관한 화학물질의 특성에 따라, 누출을 검출할 수 있는 가스누출경보기를 갖추고 주기적으로 체크하여 작동 여부를 확인한다.
 - 인체에 화학물질이 직접 누출될 경우를 대비하여, 긴급세척장비를 설치하고 주기적으로 체크하여 작동 여부를 확인한다.
 - 긴급세척장비의 위치는 알기 쉽게 도식화하여 연구활동종사자가 모두 볼 수 있는 곳에 표시한다.
 - 산성 및 염기성물질의 누출에 대비하여 중화제 및 제거 물질 등을 구비한다.
 - 화학물질을 소분하여 사용하거나 보관할 경우, 보관용기 특성을 반드시 확인하고 화학물질의 정보가 기입된 라벨을 반드시 부착한다.
 - 화재에 대비하여 소화기를 반드시 배치한다.
 - 화학물질의 정보가 부착된 라벨이 손상되지 않게 다루며, 읽기 쉽게 작성한다.
 - 용매는 밀폐된 상태로 보관하고 독성이 있는 화학물질은 잠금장치가 되어 있는 안전한 시약장에 보관한다
 - 가스가 발생하는 약품은 정기적으로 가스 압력을 제거한다.
 - 약품 보관 용기 뚜껑의 손상 여부를 정기적으로 체크하여, 화학물질의 누출을 방지한다.
 - 연구실에 GHS-MSDS를 비치하고 교육한다.
 - 다량의 인화물질의 보관을 위해서는 별도의 보관 장소를 마련할 필요가 있다.
 - 부식성 물질 또는 급성 독성물질을 취급하면서 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키지 않도록 한다.
 - 화학물질을 성상별로 분류하여 보관한다.
- 화학물질 보관요령 : 「위험물안전관리법 시행규칙」 별표19의 [부표2]

〈표-10〉 유별을 달리하는 위험물의 혼재기준

위험물의 구분	제1류	제2류	제3류	제4류	제5류	제6류
제1류		×	×	×	×	○
제2류	×		×	○	○	×
제3류	×	×		○	×	×
제4류	×	○	○		○	×
제5류	×	○	×	○		×
제6류	○	×	×	×	×	

비고

1. “×”표시는 혼재할 수 없음을 표시한다.
2. “○”표시는 혼재할 수 있음을 표시한다.
3. 이 표는 지정수량의 1 / 10 이하의 위험물에 대하여는 적용하지 아니한다.

- 물성이나 특성별로 저장하는 등 일정한 기준에 따라 시약을 분류하는 과정이 필요하다.
- 분류를 달리하는 위험물의 혼재금지 기준을 참고하여 보관 및 저장한다.
- 인화성 액체는 인화성 용액 전용 안전캐비닛에 따로 저장하며, 산화제류, 산류와 함께 보관하지 않는다
- 산·염기는 산 전용 안전캐비닛에 따로 보관하며, 인화성액체 및 고체류, 염기류, 산화제류, 무기산류와 함께 보관하지 않는다.
- 물 반응성 물질: 건조하고 서늘한 장소에 보관하고 물 및 발화원과 격리 조치하며, 모든 수용액과 모든 산화제와는 함께 보관하지 않는다.
- 산화제는 불연성에 따로 보관하고 환원제류, 인화성 물질류, 인화원이 될 만한 물질, 유기물과 함께 보관하지 않는다.

2

학습내용

- 화학물질로 인한 피해 발생 또는 사고 시 예방 조치를 할 수 있다.

화학물질의 사고예방 조치

- 화학물질 누출 또는 중독 사고 시 예방조치
 - 화학물질을 성상별로 분류하여 보관한다.
 - 연구실에 GHS-MSDS 비치하고 교육한다.
 - 다량의 인화물질을 보관하기 위한 별도의 보관 장소를 마련할 필요가 있다.
 - 부식성 물질 또는 급성 독성물질은 취급하면서 누출 등으로 인체에 접촉시키지 않도록 한다.
- 화재 및 폭발 사고 예방조치
 - 화학물질을 성상별로 분류하여 보관한다.
 - 연구실에 GHS-MSDS 비치하고 교육한다.
 - 폭발 대비 대피소를 지정한다.
 - 다량의 인화물질을 보관하기 위한 별도의 보관 장소를 마련할 필요가 있다.

참고자료

- 연구실 안전 표준교재 실험 전·후 안전 I, 국가과학기술인력개발원, 2015.
- 대학화학실험실의 안전관리 및 안전수칙, 교육부·교육시설재난공제회, 2017.

3.1.3. 가스 유해인자 분류 및 위험성

KEYWORD 가스 종류, 위험성, 사고형태

개요 연구실에서 다양한 가스를 사용하고 있으며, 연구의 목적이나 실험 방법에 따라 다양한 실험조건 하에서 가압, 가열 등의 실험이 수행된다. 가스의 종류 및 위험 특성과 가스 사고의 형태를 이해한다.

- 학습목표**
- ① 연구실 가스의 상태별 분류에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 가스 사고 형태 및 위험성에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 연구실 내 사용되는 고압가스의 종류 및 범위를 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 가스의 상태별 분류에 대하여 설명할 수 있다.

가스의 상태별 분류

- 가스의 상태별 분류
 - 취급 상태에 따른 분류
 - (1) 압축가스 : 일정한 압력에 의하여 상온에서 기체상태로 압축되어있는 것으로서 임계온도가 상온보다 낮아 상온에서 압축해도 액화가 어려워 기체상태로 압축되어있는 가스 [예] 수소, 산소, 질소, 아르곤, 헬륨 등
 - (2) 액화가스 : 가압, 냉각 등의 방법에 의하여 액체상태로 되어 있는 것으로서 임계온도가 상온보다 높아 상온에서 압축시키면 비교적 쉽게 액화가 가능하므로 액체상태로 용기에 충전되어있는 가스 [예] 프로판, 암모니아, 탄산가스 등
 - (3) 용해가스 : 가스의 독특한 특성 때문에 용제(아세톤 등)를 충전시킨 다공물질에 고압하에서 용해시켜 사용하는 가스 [예] 아세틸렌
- 연소성에 따른 분류
 - 가연성 가스 : 조연성가스(지연성가스)와 반응하여 빛과 열을 내며 연소하는 가스로서 폭발한계의 하한이 10% 이하인 것과 폭발한계의 상한과 하한의 차가 20% 이상인 가스 [예] 프로판, 부탄, 메탄 등
 - 조연성 가스(지연성 가스) : 가연성가스의 연소를 돕는 가스 [예] 공기, 산소, 염소 등
 - 불연성 가스 : 스스로 연소하지 못하고 다른 물질을 연소시키는 성질도 갖지 않는 가스 [예] 질소, 아르곤, 헬륨, 탄산가스 등
- 독성에 따른 분류
 - 독성가스 : 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용농도가 100만분의 5000 이하인 것 [예] 염소, 암모니아, 산화에틸렌, 포스겐 등

※ 허용농도 : 해당 가스를 성숙한 흰쥐 집단에게 대기 중에서 1시간 동안 계속하여 노출시킨 경우 14일 이내에 그 흰쥐의 2분의 1 이상이 죽게 되는 가스의 농도

- 비독성 가스 : 공기 중에 어떤 농도 이상 존재하여도 유해하지 않은 가스 [예] 산소, 질소, 수소 등
- 기타 위험성에 따른 분류
 - 부식성가스 : 물질을 부식시키는 특성을 가진 가스 [예] 아황산가스, 염소, 암모니아, 황화수소 등
 - 자기발화가스 : 공기중에 누출되었을 때 점화원 없이 스스로 연소되는 가스 [예] 실란, 디보레인 등

2

학습내용

- 가스 사고 형태 및 위험성에 대하여 설명할 수 있다.

가스 사고형태

- 가스사고 형태
 - 누출사고 : 가스가 누출된 것으로서 화재 또는 폭발 등에 이르지 않는 것을 말한다.
 - 폭발사고 : 누출된 가스가 인화하여 폭발 또는 폭발 후 화재가 발생한 것을 말한다.
 - 화재사고 : 누출된 가스가 인화하여 화재가 발생한 것으로 폭발 및 파열사고를 제외한 경우를 말한다.
 - 중독사고 : 가스연소기의 연소가스 또는 독성가스에 의하여 인적피해가 발생한 것을 말한다.
 - 질식(산소결핍)사고 : 가스시설 등에서 산소의 부족으로 인한 인적피해가 발생한 것을 말한다.
 - 파열사고 : 가스시설, 특정설비, 가스용기, 가스용품 등이 물리적 또는 화학적인 현상 등에 의하여 파괴되는 것을 말한다.

가스의 위험성 분석

- 연구실 사전유해인자위험분석을 실시해야 하는 가스 종류
 - 「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제2조 제1항 제2호에 따른 독성가스
 - 「산업안전보건법」 제104조에 따른 유해인자
- 가스의 폭발 위험성 분석
 - 폭발범위 계산 방법
 - (1) 위험도의 계산 : 위험도는 폭발가능성을 표시한 수치로 클수록 위험하며, 폭발상한과 하한의 차이가 클수록 위험하다.

$$H = \frac{U-L}{L}, \quad H : \text{위험도}, U : \text{폭발상한계}, L : \text{폭발하한계}$$

$$\text{※ 메탄 } CH_4 : (15-5) / 5 = 2$$

$$\text{프로판 } C_3H_8 : (9.5-2.1) / 2.1 = 3.52$$

$$\text{아세틸렌 } C_2H_2 : (81-2.5) / 2.5 = 31.4$$

(2) 혼합가스의 폭발범위 : 혼합가스는 르샤틀리에(Le Chatelier) 공식을 이용하여 하한계를 계산할 수 있다.

$$\frac{100}{L} = \frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \frac{V_3}{L_3} \cdot \cdot \cdot$$

예) 폭발하한이 2.5%인 아세틸렌과 폭발하한이 5%인 메탄을 용적비 4:1로 혼합 시의 폭발하한계는?

$$\frac{100}{L} = \frac{100 \times 0.8}{2.5\%} + \frac{100 \times 0.2}{5\%}$$

$$L = 2.78\%$$

• 가스누출에 따른 전체환기 필요환기량 계산식

$$\text{- 희석} \quad Q = \frac{24.1 \times S \times G \times K \times 10^6}{M \times TLV}$$

$$\text{- 화재·폭발 방지} \quad Q = \frac{24.1 \times S \times G \times Sf \times 100}{M \times LEL \times B}$$

- 단위 기호

Q : 필요환기량(m ³ /h)	M : 유해물질의 분자량(g)
S : 유해물질의 비중	TLV : 유해물질의 노출기준(ppm)
G : 유해물질의 시간당 사용량(L/h)	LEL : 폭발하한치(%)
K : 안전계수(혼합계수)로써	B : 온도에 따른 상수 (121℃ 이하 : 1, 121℃ 초과 : 0.7)
K=1 : 작업장내 공기혼합이 원활한 경우	Sf : 안전계수 (연속공정:4, 회분식 공정: 10~12)
K=2 : 작업장내 공기혼합이 보통인 경우	
K=3 : 작업장내 공기혼합이 불안정한 경우	

3

학습내용

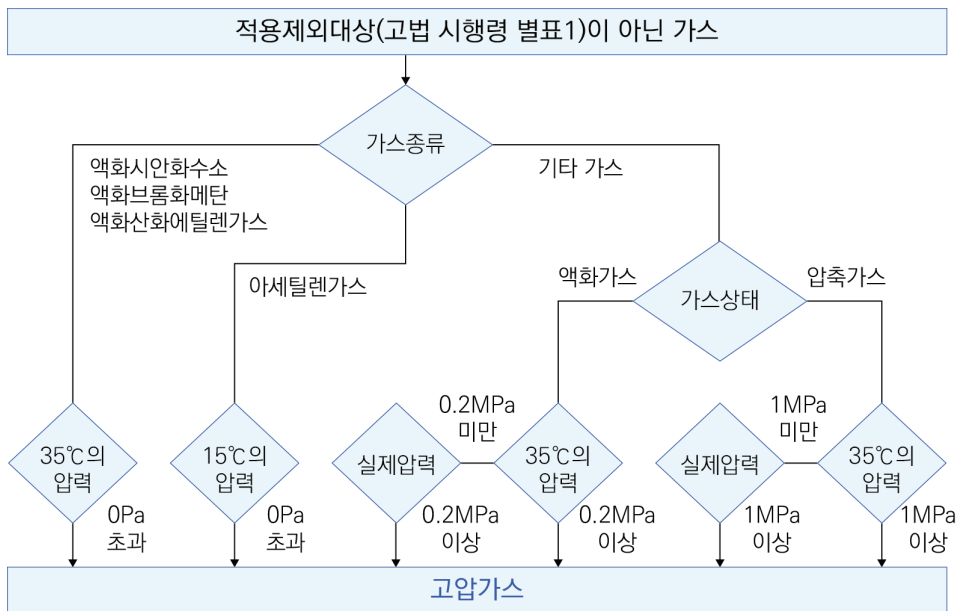
• 연구실 내 사용되는 고압가스의 종류 및 범위를 설명할 수 있다.

고압가스 종류

• 고압가스의 종류 및 범위

- 상용(常用)의 온도에서 압력(게이지압력을 말한다. 이하 같다)이 1메가파스칼 이상이 되는 압축가스로서 실제로 그 압력이 1메가파스칼 이상이 되는 것 또는 섭씨 35도의 온도에서 압력이 1메가파스칼 이상이 되는 압축가스(아세틸렌가스는 제외한다)
- 섭씨 15도의 온도에서 압력이 0 Pa을 초과하는 아세틸렌가스
- 상용의 온도에서 압력이 0.2 MPa 이상이 되는 액화가스로서 실제로 그 압력이 0.2메가파스칼 이상이 되는 것 또는 압력이 0.2메가파스칼이 되는 경우의 온도가 섭씨 35도 이하인 액화가스
- 섭씨 35도의 온도에서 압력이 0파스칼을 초과하는 액화가스 중 액화시아화수소·액화브롬화메탄 및 액화산화에틸렌가스

• 「고압가스 안전관리법」 규제 대상 판단 플로우차트



참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 가스안전. 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침(과학기술정보통신부고시 제2021-109호)」
- 「고압가스 안전관리법 시행령(대통령령 제32184호)」
- 「고압가스 안전관리법 시행규칙(산업통상자원부령 제448호)」
- 산업환경시설비에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE W-1-2019), 한국산업안전보건공단, 2019.
- 물질안전보건자료(MSDS)의 이해 (현장작업자를 위한 알기쉬운·제조업분야), 한국산업안전보건공단, 2015. 등

3.1.4. 가스 유해인자의 관리방법

KEYWORD 가스 사고 예방·조치, 가스 취급기준

개요 가스의 취급기준 및 보관·저장 방법 등의 안전지식을 통해 가스 누출에 따른 질식, 중독사고와 화재 및 폭발 사고 예방, 조치방안 등을 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 가스 유해인자 관리방법에 대하여 설명할 수 있다.
② 가스의 취급기준 및 보관·저장방법을 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실 가스 사고 예방·조치를 할 수 있다.

연구실 가스사고 예방·조치 방법

- 연구실 가스 사고 예방·대비 조치
 - 가연성 가스용기는 통풍이 잘 되는 옥외장소에 설치
 - 가연성가스 검지기 설치 및 관리
 - 가스용기 고정장치 설치
 - 상시 가스누출 검사 실시
 - 주요 가스 사용 현황 및 정보 파악
 - 옥외 설치 가스배관에 대한 부식 여부 등 이상 여부 점검
 - 가스저장소 등 가스설비의 주기적 점검 실시
 - 가스누출경보장치의 주기적인 검·교정 실시
 - 독성가스용기는 옥외저장소 또는 실린더캐비닛 내 설치
 - 독성가스 특성을 고려한 호흡용 보호구 비치 및 사용 관리
 - 독성가스저장소 등 가스설비의 주기적 점검 실시
- 사고예방설비기준 (「고압가스 안전관리법」 시행규칙 [별표 8])
 - 고압가스설비에는 그 설비 안의 압력이 최고허용사용압력을 초과하는 경우 즉시 그 압력을 최고허용사용압력 이하로 되돌릴 수 있는 안전장치를 설치하는 등 필요한 조치를 할 것
 - 독성가스 및 공기보다 무거운 가연성가스의 저장시설에는 가스가 누출될 경우 이를 신속히 검지하여 효과적으로 대응할 수 있도록 하기 위하여 필요한 조치를 할 것

- 위험성이 높은 고압가스설비(내용적 5,000 L 미만의 것은 제외한다)에 부착된 배관에는 긴급 시 가스의 누출을 효과적으로 차단할 수 있는 조치를 할 것
- 가연성가스(암모니아, 브롬화메탄 및 공기 중에서 자기 발화하는 가스는 제외한다)의 저장설비 중 전기설비는 그 설치장소 및 그 가스의 종류에 따라 적절한 방폭성능을 가진 것일 것
- 가연성가스의 가스설비실 및 저장설비실에는 누출된 고압가스가 체류하지 않도록 환기구를 갖추는 등 필요한 조치를 할 것
- 저장탱크 또는 배관에는 그 저장탱크가 부식되는 것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 할 것
- 가연성가스저장설비에는 그 설비에서 발생한 정전기가 점화원으로 되는 것을 방지하기 위하여 필요한 조치를 할 것
- 실린더캐비닛 설치기준
 - 실린더캐비닛 내의 공기를 항상 옥외로 배출하고, 내부의 압력이 외부의 압력보다 항상 낮도록 유지하고 이를 확인할 수 있는 조치를 강구한다.
 - 실린더캐비닛에 사용한 재료는 불연성인 것으로 한다.
 - 실린더캐비닛 내의 설비 중 고압가스가 통하는 부분은 상용압력의 1.5배 이상의 압력으로 행하는 내압시험 및 상용압력 이상의 압력으로 행하는 기밀시험에 합격한 것으로 한다.
 - 실린더캐비닛은 내부를 볼 수 있는 창이 부착된 것으로 한다.
 - 실린더캐비닛 내부의 압력계·유량계 등의 기구류와 배관의 내면에 사용하는 재료는 가스의 종류·성상·온도 및 압력 등에 적절한 것으로 한다.
 - 실린더캐비닛 내의 배관 접속부 및 기기류는 용이하게 점검할 수 있는 구조로 한다.
 - 실린더캐비닛 내의 충전용기 또는 이들에 설치된 배관에는 캐비닛의 외부에서 조작이 가능한 긴급 시 차단할 수 있는 장치를 설치한다.
 - 실린더캐비닛 내의 설비를 자동으로 제어하는 장치, 실린더캐비닛 내의 공기 배출을 위한 장치와 그 밖의 안전확보에 필요한 설비의 경우에는 정전 등에 의해 해당 설비의 기능이 상실되지 않도록 비상전력을 보유하는 등의 조치를 강구한다.
 - 실린더캐비닛 내부의 충전용기 등에는 전도(轉到) 등에 따른 충격 및 밸브의 손상방지를 위한 조치를 강구한다.
 - 실린더캐비닛 내에는 가스누출을 감지하여 경보하기 위한 설비를 설치한다.
 - 실린더캐비닛 내의 배관에는 가스의 종류 및 유체의 흐름 방향을 표시한다.
 - 실린더캐비닛 내의 밸브에는 개폐방향 및 개폐상태를 표시한다.
 - 상호 반응에 의해 재해가 발생할 우려가 있는 가스는 동일 실린더캐비닛 내에 함께 넣지 않는다.
 - 가연성 가스용기를 넣는 실린더캐비닛에는 해당 실린더캐비닛에서 발생하는 정전기를 제거하는 조치를 한다.

2

학습내용

- 가스의 취급기준 및 보관·저장방법을 설명할 수 있다.

연구실 내 가스의 보관·저장 및 취급기준

- 가스 용기의 구별

- 고압가스 용기는 고압을 견디기 위하여 강한 금속 재료를 사용하기 때문에 용기 내부를 들여다 볼 수가 없어 내용물이 무엇인지 확인하기 어렵다. 따라서 고압가스 용기는 약속에 의하여 고압가스의 내용물을 용기의 색으로 구별하고 있다. 대표적인 가연성 및 독성 가스를 비롯한 가스의 종류에 따른 용기의 표시색은 다음의 표와 같다.

※ 참고 : 고압가스안전관리법 시행규칙 별표24(용기등의 표시)

가스의 종류	도색의 색상		
	가연성가스 및 독성가스의 용기	의료용 가스용기	그 밖의 가스용기
액화석유가스	밝은 회색	-	-
수소	주황색	-	-
아세틸렌	황색	-	-
액화암모니아	백색	-	-
액화염소	갈색	-	-
산소	-	백색	녹색
액화탄산가스	-	회색	청색
질소	-	흑색	회색
헬륨	-	갈색	-
아산화질소	-	청색	-
에틸렌	-	자색	-
싸이크로프로판	-	주황색	-
그 밖의 가스	회색	회색	회색
소방용용기	-	-	소방법에 따른 도색

- 가스 사용 시 주의사항

- 고압가스 용기의 라벨을 확인하여 가스의 종류를 확인하고 GHS-MSDS를 읽어 가스의 특성과 누출 시 필요한 사항을 숙지한다.
- 사용하지 않은 용기와 사용 중인 용기, 빈 용기는 구별하여 보관한다.

- 고압가스 용기는 반드시 고정 장치 또는 쇠사슬을 이용하여 벽이나 기둥에 단단히 고정해야 한다.
- 넘어지면서 밸브 목에 손상을 입게 되면 내용물이 누출되어 피해가 증가할 수 있으므로 보관 시에는 반드시 캡을 씌워 밸브 목을 보호할 수 있도록 한다.
- 고압가스 용기는 반드시 40℃ 이하에서 보관해야 하고 환기가 잘 되는 곳에서 사용해야 한다.
- 가연성 가스와 조연성 가스가 같은 캐비닛에 보관되지 않도록 각별히 주의한다.
- 가스를 교체할 때는 약간의 압력이 남아 있어 공기가 들어가지 않도록 교체하도록 하며, 누출이 없는지 확인하고 교체 후에는 반드시 캡을 씌우도록 한다.
- 직접 사용처와 연결하는 것이 아니라 가스관으로 연결하여 사용처로 배분하는 시스템을 사용하는 경우에는 가스 용기 교체 시 가스관이 다른 가스로 오염되지 않도록 한다.
- 가스 용기를 연결할 때는 누출을 방지하고 기밀을 위해 너트에 테프론 테이프를 사용한다.
- 가스 사용 전 누출 검사와 압력조절기의 정상적 작동 여부를 확인한다.
- 인화성 가스의 고압가스는 역화방지장치 (Flashback arrestor)를 반드시 설치하여 불꽃이 연료 또는 조연제인 산소로 유입되는 것을 차단하여 폭발 사고를 방지해야 한다.
- 압력 조절기의 밸브를 갑자기 열게 되면 가스 흐름이 빨라져 마찰열 또는 정전기로 인한 사고의 위험이 있으므로 주의한다.
- 가스 저장 시 주의 사항
 - 가스 용기를 사용하지 않을 때는 가스 용기의 밸브를 잠그고 캡을 씌우도록 한다.
 - 가스 용기가 넘어지지 않도록 확실히 고정해야 한다.
 - 가스 용기는 항상 40℃ 이하에서 보관해야 한다.
 - 사용한 용기와 사용하지 않은 용기는 구분하여 보관해야 한다.
 - 저장 장소는 환기가 항상 잘 되도록 한다.
 - 가스 용기를 야외에서 저장할 때는 열과 기후의 영향을 최소화할 수 있는 장소이어야 한다.
 - 가연성, 조연성, 독성 가스는 혼합 시 폭발의 가능성이 있으므로 항상 따로 저장하거나 방호벽을 세워 3m 이상 떨어뜨려 저장해야 한다.
 - 반응성이 높은 가스들은 별도로 보관해야 한다.
 - 가스 저장 장소에는 다른 물질, 특히 부식성 물질, 기름과 LPG 같은 인화성 물질, 점화원 등은 함께 보관하지 않도록 한다.
 - 발화성(Pyrophoric) 독성 물질의 가스 용기는 환기가 잘 되는 장소에 구분하여 보관하거나 가스 용기 캐비닛에 보관하고 지정된 사람만 접근하도록 한다.
 - 가스 용기의 검사 여부와 더불어, 충전 기한 또한 반드시 체크하여, 충전 기한이 지났거나 임박하였을 경우, 가스의 사용을 중지하고 제조사에 연락하여 수거하도록 한다.

- 압력조절기 사용 시 주의사항

- 압력 조절기(Pressure regulator)는 정확한 양의 가스를 이송하는 매우 중요한 장비이다. 따라서 안전 확보를 위해 압력 조절기가 적절하게 작동하도록 보정과 보관, 정비에 신경을 쓸 필요가 있다.
- 압력 조절기의 사용 전에는 반드시 각 부품 및 파트의 기능과 올바른 사용법을 숙지하고 있어야 한다. 또한 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 주의하도록 한다.
- 압력 조절기는 가스 용기의 출구와 연결해야 한다.
- 압력 조절기의 배출 압력 조절 놉을 반시계 방향으로 돌려 완전히 느슨하게 한다.
- 가연성 가스의 경우, 일반 가스와는 반대방향으로 만들어져 있기 때문에 느슨하게 하기 위해서는 시계 방향으로 돌려야 한다.
- 압력 조절기의 가스 흐름 통제 밸브가 완전히 잠겨 있는지 확인한다.
- 압력 조절기의 압력계가 가스 용기의 압력을 나타낼 때까지 가스 용기의 밸브를 서서히 연다.
- 압력이 원하는 수준에 도달할 때까지 압력 조절기의 배출 압력 조절 놉을 시계 방향으로 돌려서 연다.

참고자료

- 「고압가스 안전관리법 시행규칙(산업통상자원부령 제448호)」
- 연구실 안전교육 표준교재 화학안전 및 가스안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 2021 특정고압가스 사용의 시설·기술·검사 기준(KGS FU211), 한국가스안전공사, 2021.
- 2021 특정고압가스 사용의 시설·기술·검사 기준(KGS FU212), 한국가스안전공사, 2021.

3.1.5. 비상조치 요령

KEYWORD 누출정지, 화재·폭발 대응, 독성가스 대응, 연료가스 누출 대응, 비상조치

개요 • 화학물질의 누출사고와 화재폭발 사고 시 응급조치, 대응 및 대피방법을 알아 화학물질을 안전하게 관리할 수 있다.

• 가스 누출 사고에 따른 응급조치, 대응 및 대피방법을 숙지한다.

학습목표 ① 연구실 화학물질의 사고유형 및 화학사고 시 응급조치, 대응 및 대피방법을 설명할 수 있다.

② 연구실 가스 누출 사고 시 응급조치, 대응 및 대피 방법을 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 화학물질의 사고형태, 누출 및 화재 폭발 사고시 응급조치, 대응 및 대피방법을 설명할 수 있다.

화학물질 사고형태

- 화학물질 사고형태

- 누출사고, 화재사고, 폭발사고 등

※ 누출사고 : 화학물질이 누출된 것으로서 화재 또는 폭발 등에 이르지 않는 것을 말한다.

폭발사고 : 누출된 화학물질이 인화하여 폭발 또는 폭발 후 화재가 발생한 것을 말한다.

화재사고 : 누출된 화학물질이 인화하여 화재가 발생한 것으로 폭발 및 파열사고를 제외한 경우를 말한다.

화학물질 누출사고 시 비상조치 및 대응

- 연구실 화학물질 누출 사고 시 역할별 비상조치방안

연구실책임자, 연구활동종사자	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 연구활동종사자들에게 사고를 알린다. • 안전담당부서(필요 시 소방서, 병원)에 화학물질 누출 발생사고 상황을 신고(위치, 약품 종류 및 양, 부상자 유·무 등)한다. • 화학물질에 노출된 부상자의 노출된 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어준다(금수성 물질이나 인 등 물과 반응하는 물질이 묻었을 경우 물로 세척 금지). • 위험성이 높지 않다고 판단되면, 안전담당부서와 함께 정화 및 폐기작업을 실시한다.
연구실 안전환경관리자	<ul style="list-style-type: none"> • 누출물질에 대한 GHS-MSDS 확인 및 대응장비를 확보한다. • 사고현장에 접근 금지테이프 등을 이용하여 통제 구역을 설정한다. • 개인보호구 착용 후 사고처리 (흡착제, 흡착포, 흡착펜스, 중화제 등 사용), 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송한다.

- 화학물질의 누출 사고 시 대응방안
 - 메인밸브를 잠그고 모든 장비의 작동을 멈춘다.
 - 누출이 발생한 지역을 표시하여, 작동을 멈출 수 있도록 한다.
 - 누출된 화학물질(가스)의 종류와 양을 확인하고 상황을 정확히 파악한 후 관계자에게 알린 후 119로 연락한다.

화학물질의 화재폭발 사고 시 비상조치 및 대응

- 화재·폭발 사고 시 연구실 내 인력별 비상조치방안

<p>연구실책임자, 연구활동종사자</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 연구활동종사자들에게 사고가 발생한 것을 알린다. • 위험성이 높지 않다고 판단되면, 초기 진화를 실시한다. • 2차 사고에 대비하여 현장에서 멀리 떨어진 안전한 장소에서 물 분무 (금수성 물질이 있는 경우 물과의 반응성을 고려하여 화재 진압 실시)를 한다. • 유해가스 또는 연소생성물의 흡입 방지를 위한 개인보호구를 착용한다. • 화학물질에 노출된 부상자의 노출된 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어준다. • 초기진화가 힘든 경우 지정대피소로 신속히 대피한다.
<p>연구실 안전환경관리자</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 방송을 통한 사고전파로 신속한 대피를 유도한다. • 호흡이 없는 부상자 발생하여 심폐소생술 실시 필요 시 전기 및 가스설비 공급을 차단한다. • 화학물질의 누설, 유출방지가 곤란한 경우 주변의 연소방지를 중점적으로 실시한다. • 유해화학물질의 확산, 비산 및 용기의 파손, 전도방지 등의 조치를 실행한다. • 소화를 하는 경우 중화, 희석 등 사고조치를 병행한다. • 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송한다.

- 화재·폭발 사고 시 대응방안
 - 독성 또는 인화성 가스의 누출이 원인이 된 화재의 경우에는 폭발과 중독의 위험을 피하기 위해 신속하게 대피해야 한다.
 - 화재가 발생한 장소는 있는 그대로 놓아둔 채 떠나는 것이 좋으며 사고확대 방지로 연소물질을 제거하거나 필요한 관계자를 제외한 다른 사람들의 접근을 차단한다.
 - 피난처를 마련하고 사고의 확대를 방지하도록 한다.
 - 독성 가스와 접촉한 신체에 대하여 응급 처치 키트를 사용하여 조치를 취한다.
 - 가스 안전 책임자는 비상대응 설비 및 물품을 확인하며, 가스마스크, 정화통과 같은 소모품은 사용 후 교체하거나 정기적으로 다시 채워놓아야 한다.

2

학습내용

- 연구실 가스사고 형태, 독성·연료가스(LPG, LNG) 누출 시 차단 및 대응방법, 응급조치 방법을 설명할 수 있다.

가스 사고형태 및 누출 시 대응방안

- 가스사고 형태
 - 누출사고 : 가스가 누출된 것으로서 화재 또는 폭발 등에 이르지 않는 것을 말한다.
 - 폭발사고 : 누출된 가스가 인화하여 폭발 또는 폭발 후 화재가 발생한 것을 말한다.
 - 화재사고 : 누출된 가스가 인화하여 화재가 발생한 것으로 폭발 및 파열사고를 제외한 경우를 말한다.
 - 중독사고 : 가스연소기의 연소가스 또는 독성가스에 의하여 인적피해가 발생한 것을 말한다.
 - 질식(산소결핍)사고 : 가스시설 등에서 산소의 부족으로 인한 인적피해가 발생한 것을 말한다.
 - 파열사고 : 가스시설, 특정설비, 가스용기, 가스용품 등이 물리적 또는 화학적인 현상 등에 의하여 파괴되는 것을 말한다.
- 독성가스 누출 시 대응방안
 - 독성 가스가 누출된 지역의 사람들에게 경고한다.
 - 호흡을 최대한 멈춘다.
 - 마스크나 수건 등으로 입과 코를 최대한 막도록 한다.
 - 얼굴은 바람이 부는 방향으로 향한다.
 - 독성가스 누출점이 바람이 불어오는 쪽이면 직각으로 대피해서 멀리 돌아간다.
 - 높은 지역으로 뛰어간다.
 - 독성 가스의 누출을 관리자나 책임자에게 보고한다.
- 연료가스 누출 시 대응방안
 - LPG의 경우에는 공기보다 무겁기 때문에 바닥으로 가라앉으므로 침착히 빗자루 등으로 쓸어내야 한다.
 - 이 때 급하다고 환풍기나 선풍기 등을 사용하면 스위치 조작 시 발생하는 스파크에 의해 점화될 수 있으므로 전기 기구는 절대 조작해서는 안 된다.
 - LPG 판매점이나 도시가스 관리 대행업소에 연락하여 필요한 조치를 받고 안전한지 확인한 후 다시 사용한다.
 - 화재 발생 시에는 가스기구의 코크를 잠근 후 시간이 있으면 밸브까지 잠궈 주도록 한다.
 - 대형화재일 경우에는 도시가스회사에 전화를 하여 그 지역에 보내지고 있는 가스를 차단하도록 한다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 화학안전 및 가스안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.

3. 2. 연구실 내 화학물질 관련 폐기물 안전관리

3.2.1. 폐기물 안전관리

3.2.2. 지정폐기물 처리



3.2.1. 폐기물 안전관리

KEYWORD 폐기물 분류, 폐기물 관리

개요 연구실 내 화학물질 관련 폐기물을 안전하게 관리하기 위해 폐기물의 분류, 정의, 기본 원칙을 알고 폐기물 보관 표지를 정확히 기재하여 폐기물 안전관리를 하도록 한다.

- 학습목표**
- ① 폐기물 안전관리를 위한 폐기물의 분류, 정의, 기본원칙과 폐기물 보관 표지를 설명할 수 있다.
 - ② 폐기물 관리의 기본원칙을 설명할 수 있다.
 - ③ 폐기물 보관 표지를 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 화학물질 관련 폐기물 분류 및 정의를 설명할 수 있다.

폐기물 분류 및 정의

- 지정폐기물
 - 사업장 폐기물 중 지정폐기물은 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 의료폐기물 등 인체에 위해(危害)를 줄 수 있는 해로운 물질로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 말한다. (「폐기물관리법」 제2조)
- 지정폐기물의 종류(「폐기물관리법 시행령」 제3조 [별표1] 참고)는 다음과 같다.
 - 특정 시설에서 발생하는 폐기물
 - (1) 폐합성고분자 화합물: 폐합성수지, 폐합성고무(고체상태인 것은 제외)
 - (2) 오니류(수분함량이 95% 미만 또는 고형물함량이 5% 이상인 것으로 한정): 폐수처리오니, 공정오니
 - (3) 폐농약
 - 부식성 폐기물
 - (1) 폐산: 액체상태, pH 2 이하
 - (2) 폐알칼리: 액체상태, pH 12.5 이상
 - 유해물질 함유 폐기물 : 광재, 분진, 폐주물사 및 샌드블라스트 폐사, 폐내화물 및 재벌구이 이전에 유약을 바른 도자기 조각, 소각재, 안정화 또는 고형화 처리물, 폐촉매, 폐흡착제 및 폐흡수제
 - 폐유기용매 : 할로겐족, 기타 폐유기용제
 - 페인트 및 페락카
 - 폐유: 기름 성분 5 % 이상 함유

- 폐석면
- 폴리클로리네이티드비페닐 함유 폐기물
- 폐유독물
- 의료 폐기물
- 기타 주변 환경을 오염시킬 수 있는 유해한 물질로서 환경부 장관이 정하여 고시하는 물질(※ 폐기물관리법 시행규칙 별표1 참고)
- 실험폐기물
 - 실험 폐기물은 크게 일반 폐기물, 화학 폐기물, 생물 폐기물, 의료 폐기물, 방사능 폐기물, 배기가스 등으로 구분할 수 있다.
 - 연구 활동에서 발생하는 유기계 폐액, 무기계 폐액, 산 폐액, 알칼리 폐액, 수은계 폐액, 폐유 등 화학 폐기물들의 유독성, 발화성, 부식성, 혹은 반응성 화학 약품류를 비롯하여 바이오 폐기물이나 방사능에 오염된 폐기물 등의 처리는 연구자의 각별한 관심과 회수 처리하는 사람과의 긴밀한 협조가 요구된다.
 - 화학폐기물은 화학실험 후 발생한 액체, 고체, 슬러지 상태의 화학물질로 더 이상 연구 및 실험 활동에 필요하지 않게 된 화학물질을 말한다.
 - 화학폐기물은 화학물질 본래의 인화성, 부식성, 독성 등의 특성을 유지하거나 합성 등으로 새로운 화학물질이 생성되어 유해·위험성이 실험 전보다 더 커질 수 있으므로 발생한 폐기물은 그 성질 및 상태에 따라서 분리 및 수집해야 한다.
 - 불가피하게 혼합될 경우, 혼합이 가능한 물질인지 아닌지 확인해야 한다.
 - 혼합 폐액은 과량으로 혼합된 물질을 기준으로 분류하며 폐기물 스티커에 기록한다.
 - 화학물질을 보관하던 용기 (유리병, 플라스틱병), 화학물질이 묻어 있는 장갑 및 기자재 (초자류) 뿐 아니라 실험기자재를 닦은 세척수도 모두 화학폐기물로 처리해야 한다.

2

학습내용

- 폐기물 관리의 기본원칙을 설명할 수 있다.

폐기물 관리 기본원칙

- 처리해야 되는 폐기물에 대한 사전 유해·위험성을 평가하고 숙지해야 한다.
- 폐기하려는 화학물질은 반응이 완결되어 안정화되어 있어야 한다.
- 화학물질의 성질 및 상태를 파악하여 분리, 폐기해야 한다.

- 화학반응이 일어날 것으로 예상되는 물질은 혼합하지 않아야 한다.
- 가스가 발생하는 경우, 반응이 완료된 후 폐기 처리해야 한다.
- 적절한 폐기물 용기를 사용해야 하고, 용기의 70% 정도를 채워야 한다.
- 수집 용기에 적합한 폐기물 스티커를 부착 및 기록 유지해야 한다.
- 폐기물의 장기간 보관을 금지하고 폐기물이 누출되지 않도록 뚜껑을 밀폐하고, 누출 방지를 위한 장치를 설치해야 한다.
- 만약의 상황을 대비하여 개인 보호구와 비상샤워기, 세안기, 소화기 등 응급안전장치가 설비되어 있어야 한다.

3

학습내용

- 폐기물 보관 표지를 설명할 수 있다.

폐기물 보관표지

- 폐기물 수집 때부터 폐기물 스티커를 부착해야 한다.
- 폐기물 스티커는 폐기물의 종류에 따라서 색상으로 구분할 수 있도록 제작해야 한다.
- 폐기물 정보 작성 시 기재사항
 - 최초 수집된 날짜
 - 수집자 정보: 수집자 이름, 연구실, 전화번호 기록
 - 폐기물 정보:
 - ▶ 용량: kg 이나 L 로 표시
 - ▶ 상태: 가급적 단일 화학종 수집, 수용액 (pH paper를 이용하여 대략적인 pH 기록), 혼합물질 (모든 혼합물질의 화학물질명과 농도를 명확히 표기), 유기용매 (화학물질명을 명확히 표기)
 - ▶ 화학물질명: 포함하고 있는 모든 화학종을 기록하고 대략적인 농도를 퍼센트(%)로 나타낸다.
 - ▶ 잠재적인 위험도: 폭발성, 독성 등 잠재적인 위험을 가진 경우 해당사항을 모두 기록하여 취급 시 주의하도록 한다.
 - ▶ 폐기물 저장소 이동 날짜

• 폐기물 스티커 사용 예 (출처: 연구실 안전 표준 교재 실험 전·후 안전 II)

무기물질

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

무기물질 (Inorganic Substance)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

알카리

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

알카리 (Alkali)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

폐산

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

폐산 (Acid)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

오일

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

오일 (Oil)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

폐시약

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

폐시약 (Reagent)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

할로겐유기용제

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

할로겐유기용제 (Halogenated Organic Solvent)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

비할로겐유기용제

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

비할로겐유기용제 (Non-Halogenated Organic Solvent)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Safety management Team(Tel. 1238)

기타 폐기물

CHEMICAL WASTE
 해당실험실 정보 (Laboratory Information)
 소속(Lab): _____
 호실(Room Number): _____ 전화번호 (Phone): _____
 안전관리담당자: _____

기타폐기물 (Etcetera Waste)
 폐기물 정보 (Waste Information)
 수집사자일자 (Date waste first generated)
 YYYY_MM_DD : _____
 Chemical Name (S) _____ Volume (L) _____

• 주의사항 (Attention)

위험정보 (Hazard Category)
 Wear Your Personal Protective Equipment!
 Handle with Care!!!
 For help, call Facility & Safety Team(Tel. 1238)

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 실험 전·후 안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.

3.2.2. 지정폐기물 처리

KEYWORD 지정폐기물

개요 연구실에서 발생하는 지정폐기물의 수집, 보관, 운반, 처리를 알아 연구실 내 화학물질 관련 폐기물을 안전하게 관리하는 방법을 숙지한다.

학습목표 ① 지정 폐기물 수집, 보관을 설명할 수 있다.
② 지정 폐기물 운반 및 처리를 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 지정 폐기물 수집 및 보관을 설명할 수 있다.

지정 폐기물 수집 및 보관

- 지정폐기물은 구분하여 보관하여야 한다.
- 폐유기용제는 휘발되지 아니하도록 밀폐된 용기에 보관하여야 한다.
- 폐석면은 다음과 같이 보관한다.
 - 흘날릴 우려가 있는 폐석면은 습도 조절 등의 조치 후 고밀도 내수성재질의 포대로 2중포장하거나 견고한 용기에 밀봉하여 흘날리지 않도록 보관하여야 한다.
 - 고형화되어 있어 흘날릴 우려가 없는 폐석면은 폴리에틸렌, 그 밖에 이와 유사한 재질의 포대로 포장하여 보관하여야 한다.
- 지정폐기물은 지정폐기물에 의하여 부식되거나 파손되지 아니하는 재질로 된 보관시설 또는 보관용기를 사용하여 보관하여야 한다.
- 자체 무게 및 보관하려는 폐기물의 최대량 보관 시의 적재무게에 견딜 수 있고 물이 스며들지 아니하도록 시멘트·아스팔트 등의 재료로 바닥을 포장하고 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고에 보관하여야 한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니한다.
 - 침출수가 발생하지 아니한다고 관할 시·도지사나 지방환경관서의 장이 인정하는 경우
 - 침출수의 발생으로 주변 환경오염의 우려가 없다고 관할 시·도지사나 지방환경관서의 장이 인정하는 경우
 - 드럼 등 보관용기에 보관하는 경우로서 내용물이 흘러나올 우려가 없고 용기 외부에 지정폐기물이 묻어 있지 아니한 경우(이 경우에는 폐기물의 최대량 보관 시의 적재무게에 견딜 수 있고 보관용기 취급과정에서 내용물이 외부에 흘러나오지 아니하도록 시멘트·아스팔트 등으로 바닥을 포장하고 방류턱을 갖춘 시설에 보관하여야 한다.)

- 지정폐기물배출자는 그의 사업장에서 발생하는 지정폐기물 중 폐산·페알칼리·폐유·폐유기용제·폐촉매·폐흡착제·폐흡수제·폐농약, 폴리클로리네이티드비페닐 함유폐기물, 폐수처리 오니 중 유기성 오니는 보관이 시작된 날부터 45일을 초과하여 보관하여서는 안 되며, 그 밖의 지정폐기물은 60일을 초과하여 보관하여서는 안 된다. 다만, 천재지변이나 그 밖의 부득이한 사유로 장기보관 할 필요성이 있다고 관할 시·도지사나 지방환경관서의 장이 인정하는 경우와, 1년간 배출하는 지정폐기물의 총량이 3톤 미만인 사업장의 경우에는 1년의 기간 내에서 보관할 수 있다.
- 「폐기물관리법 시행규칙」 제31조 및 위의 내용에도 불구하고 폴리클로리네이티드비페닐 함유폐기물을 보관하려는 배출자 및 처리업자는 시·도지사나 지방환경관서의 장의 승인을 받아 1년 단위로 보관기간을 연장할 수 있다.
- 위의 내용에 따라 보관기간을 연장받으려는 배출자 및 처리업자는 별지 제69호서식에 따라 폐기물 보관기간 연장승인 신청서를 작성하여 제출하여야 하며, 시·도지사나 지방환경관서의 장이 폐기물의 보관기간 연장을 승인하는 경우에는 별지 제70호서식의 폐기물 보관기간 연장승인서를 신청인에게 발급하여야 한다.
- 지정폐기물의 보관창고에는 보관 중인 지정폐기물의 종류, 보관가능 용량, 취급 시 주의사항 및 관리책임자 등을 적어 넣은 표지판을 다음과 같이 설치하여야 한다. 다만, 드럼 등 보관용기를 사용하여 보관하는 경우에는 용기별로 폐기물의 종류·양 및 배출업소 등을, 지정폐기물의 종류가 같은 용기가 여러 개 있는 경우에는 폐기물의 종류별로 폐기물의 종류·양 및 배출업소 등을 각각 알 수 있도록 표지판에 적어 넣어야 한다.
 - 보관창고에는 표지판을 사람이 쉽게 볼 수 있는 위치에 설치하여야 한다.
 - 표지의 규격: 가로 60 cm 이상 × 세로 40 cm 이상 (드럼 등 소형용기에 붙이는 경우에는 가로 15 cm × 세로 10 cm 이상)
 - 표지의 색깔: 노란색 바탕에 검은색 선 및 검은색 글자
 - 표지판의 보기 (출처: 「폐기물관리법 시행규칙」 [별표 5])

지정폐기물 보관표지	
① 폐기물의 종류 :	② 보관가능용량 : 톤
③ 관리책임자 :	④ 보관기간 : ~ (일간)
⑤ 취급 시 주의사항	
<ul style="list-style-type: none"> • 보관 시 : • 운반 시 : • 처리 시 : 	
⑥ 운반(처리) 예정 장소 :	

2

학습내용

- 지정 폐기물 운반 및 처리를 설명할 수 있다.

지정 폐기물 운반 및 처리

- 폐유기용제 올바른 처리방법
 - 기름과 물 분리가 가능한 것은 분리하여 사전 처분한다.
 - 액체상태의 할로겐족 물질은 고온소각증발/농축방법, 분리/증류/추출/여과 방법, 중화/산화/환원/중합/축합의 반응, 응집/침전/여과/탈수의 방법 중 하나로 처분하고 잔재물은 고온소각한다.
 - 고체상태의 할로겐족 물질은 고온소각으로 처분한다.
 - 그 외 기타 액체상태의 폐유기용제는 소각, 증발/농축방법, 분리/증류/추출/여과 방법, 중화/산화/환원/중합/축합의 반응, 응집/침전/여과/탈수의 방법 중 하나로 처분하고 잔재물은 고온소각한다.
- 부식성물질 올바른 처리방법
 - 산성과 알칼리성 폐기물은 다른 폐기물과 섞이지 않도록 따로 분리 보관한다.
 - 가능하면 중화한 후, 응집/침전/여과/탈수의 방법으로 처분하거나, 증발/농축의 방법이나 분리/증류/추출/여과 방법으로 정제하여 처분한다.
 - 폐산이나 폐알칼리, 폐유기용제 등 다른 폐기물이 혼합된 액체 상태의 폐기물은 소각시설에 지장이 생기지 않도록 중화 등으로 처분하여 소각한 후 매각한다.
- 폐유의 올바른 처리방법
 - 액체 상태의 물질은 기름과 물을 분리한 후 기름성분은 소각하고, 남은 물은 '수질 및 수생태계 보전에 관한 법률'에서 지정된 적절한 수질오염방지시설에서 처리하거나, 증발/농축 방법으로 처리한 후 잔재물은 소각하거나 안정화하여 처분, 응집/침전 방법으로 처리 후 잔재물은 소각, 분리/증류/추출/여과/열분해의 방법으로 정제하여 처분하거나 소각하건, 안정화하여 처분한다.
 - 고체 상태의 물질은 소각하거나 안정화하여 처분한다.
- 발화성 물질의 올바른 처리방법
 - 주기율표 1~3족의 금속원소 덩어리가 포함된 폐기물로 물과 작용하여 발열 반응을 일으키거나 가연성 가스를 발생시켜 연소 또는 폭발을 일으킨다. 반드시 완전히 반응시키거나 산화시켜 고형물질로 폐기하거나 용액으로 만들어 폐기한다.
- 유해물질 함유 폐기물의 올바른 처리방법
 - 분진은 고온용융하거나 고형화하여 처분한다.
 - 소각재는 지정 폐기물 매립을 할 수 있는 관리형 매립시설에 매립 안정화하여 처분하거나 시멘트·합성고분자 화합물을 이용하여 고형화하여 처분, 혹은 이와 비슷한 방법으로 고형화하여 처분한다.

- 폐촉매는 안정화하여 처분하거나, 시멘트·합성고분자 화합물을 이용하여 고형화하여 처분하거나, 지정폐기물을 매립할 수 있는 관리형 매립시설에 매립한다. 가연성 물질을 포함한 폐촉매는 소각할 수 있고, 만약 할로겐족에 해당하는 물질을 포함한 폐촉매를 소각하는 경우에는 고온소각하여 처분한다.
- 폐흡착제 및 폐흡수제는 고온소각 처분대상물질을 흡수하거나 흡착한 것은 중 가연성은 고온 소각하고, 불연성은 지정폐기물을 매립할 수 있는 관리형 매립시설에 매립함. 일반소각 처분대상물질을 흡수하거나 흡착한 것 중 가연성은 일반 소각하고, 불연성은 지정폐기물을 매립할 수 있는 관리형 매립시설에 매립한다. 안정화하여 처분하건, 시멘트·합성고분자 화합물을 이용하여 고형화하여 처분, 혹은 이와 비슷한 방법으로 고형화하여 처분하거나 광물유·동물유 또는 식물유가 포함된 것은 포함된 기름을 추출하는 등 재활용할 수 있다.
- 산화성 물질의 올바른 처리방법
 - 가열, 마찰, 충격 등이 가해질 경우 격렬히 분해되어 반응하는 물질이니 분해를 촉진시킬 수 있는 연소성 물질과 철저히 분리 처리한다.
 - 환기 상태가 양호하고 서늘한 장소에서 처리한다.
 - 과염소산을 폐기 처리할 때 황산이나 유기화합물들과 혼합하게 되면 폭발이 일어날 수도 있다.
- 독성물질의 올바른 처리방법
 - 노출에 대한 감지, 경보장치를 마련하고 냉각, 분리, 흡수, 소각 등의 처리 공정으로 처리한다.
- 과산화물 생성물질의 올바른 처리방법
 - 과산화물은 충격, 강한 빛, 열 등에 노출될 경우 폭발할 수 있는 폭발성 화합물이므로 취급, 저장, 폐기 처리에는 각별한 주의가 필요하다.
 - 낮은 온도나 실온에서도 산소와 반응하거나 과산화합물을 형성할 수 있으므로 개봉 후 물질에 따라 3개월 또는 6개월 내 폐기 처리하는 것이 안전하다.
- 폭발성 물질의 올바른 처리방법
 - 산소나 산화제의 공급 없이 가열, 마찰, 충격에 격렬한 반응을 일으켜 폭발할 수 있으므로 취급에 주의한다.
 - 염소산 칼륨은 갑작스런 충격이나 고온 가열시 폭발 위험이 있다.
 - 질산과 암모니아수가 섞인 화학 폐기물을 방치할 경우, 폭발성이 있는 물질을 생성한다.
 - 과산화수소와 금속, 금속 산화물, 탄소 가루 등이 혼합되면 폭발 가능성 있다.
 - 질산과 유기물, 황산과 과망간산칼륨 혼합시 폭발의 위험이 있다.
- 지정폐기물 배출자는 폐기물의 유해특성에 대해 관계법령, 정보제공사이트 등을 통해 파악하고, 그 내용을 폐기물 취급자와 수집·운반 및 처리업자에게 제공함으로써 안전사고를 사전에 예방할 수 있도록 한다.
- 지정폐기물의 사고예방을 위한 폐기물정보의 기초자료 항목 및 필요성은 다음과 같으며, 사고예방을 위해 특히 중요한 정보는 다음의 4개 항목으로 구체적이고 세부적인 작성이 요구된다.
 - 폐기물의 안정성·유해성
 - 폐기물의 물리적·화학적 성상
 - 폐기물의 조성·성분 정보
 - 취급할 때의 주의사항, 피해야 할 조건

1	제공연월일	○○○○년 ○○월 ○○일					
2	폐기물명칭 (코드)	폐농약(01-03-00)		관리번호		3	
3	배출사업자 (담당자)	명칭	○○○○○○○○	전화		팩스	
		주소		부서명		담당자	○○○
4	폐기물의 종류 ■ 단일폐기물 □ 혼합폐기물	<input type="checkbox"/> 폐합성고분자화합물 <input type="checkbox"/> 분진 <input type="checkbox"/> 그 밖의 폐유기용제 <input type="checkbox"/> 폐유독물 <input type="checkbox"/> 폐수처리오니 <input type="checkbox"/> 폐주물사 및 폐사 <input type="checkbox"/> 유성페인트 <input type="checkbox"/> 격리의료 <input type="checkbox"/> 공정오니 <input type="checkbox"/> 소각재 <input type="checkbox"/> 수성페인트 <input type="checkbox"/> 위해의료(소분류기재) <input checked="" type="checkbox"/> (유기염, 유기염, 카바이드계)농약 <input type="checkbox"/> 안정화, 고형(화)물 <input type="checkbox"/> 락카 <input type="checkbox"/> 기타(폐농약) <input type="checkbox"/> 그 밖의 농약 <input type="checkbox"/> 폐촉매 <input type="checkbox"/> 폐광물유 <input type="checkbox"/> 폐산 <input type="checkbox"/> 폐흡착제 <input type="checkbox"/> 폐동식물류 <input type="checkbox"/> 폐알칼리 <input type="checkbox"/> 폐흡수제 <input type="checkbox"/> 폐석면(소분류기재) <input type="checkbox"/> 광재 <input type="checkbox"/> 할로겐족 유기용제 <input type="checkbox"/> PCBs함유(소분류기재)					
5	포장형태	<input type="checkbox"/> 용기() <input type="checkbox"/> 차량() <input checked="" type="checkbox"/> 톤백(500kg) <input type="checkbox"/> 기타()					
6	수량	일시적 배출(Spot)	() kg · t · Liter · m ³				
		주기적 배출	(10,000) kg/일				
7	폐기물의 안정성 · 반응성	1) 유해특성 (유 · 무 · 알 수 없음)	<input type="checkbox"/> 폭발성 <input type="checkbox"/> 인화성(°C) <input type="checkbox"/> 가연성 <input type="checkbox"/> 자연발화(°C) <input type="checkbox"/> 금수성 <input type="checkbox"/> 산화성 <input type="checkbox"/> 유기과산화물 <input checked="" type="checkbox"/> 급성독성 <input type="checkbox"/> 감염성 <input type="checkbox"/> 부식성 <input type="checkbox"/> 독성가스발생 <input checked="" type="checkbox"/> 만성독성 <input checked="" type="checkbox"/> 생태독성 <input type="checkbox"/> 중합반응성 <input type="checkbox"/> 기타 ()				
		1) 품질안정성 시간에 따른 변화 (유 · 무)					
8	폐기물의 물리적 · 화학적 특성	형 상(고상) 약 취(있음) 색 (회녹색) 비중() pH () 끓는점() 녹는점() 발열량() 점도() 수분(60%) 발화점() 기 타()					
9	폐기물의 성분정보 (O, X 수기로 기입) ■ O, X(유무) □ 분석치	※ 수분 또는 폐산, 폐알칼리와 접촉시 화재 · 폭발 또는 독성가스 발생 등의 우려 폐기물 금속 리튬 (X) 금속 나트륨 (X) 금속 알루미늄 (X) 금속 마그네슘 (X) 금속 구리 (X) 금속 니켈 (X) 카보닐철 (X) 금속 아연 (X) 납 또는 그 화합물 (X) 유기인화합물 (X) 구리 또는 그 화합물 (X) 테트라클로로에틸렌 (X)					

※ 표 출처: 환경부, 2017

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 실험 전 · 후 안전, 과학기술정보통신부 · 국가연구안전관리본부, 2019.
- 유해폐기물 안전관리 및 사고대응 가이드라인, 환경부, 2017.
- “한국산업안전보건공단”, 검색일자: 2022년 2월 2일, <https://kosha.or.kr/> 등

3. 3. 연구실 내 화학물질 누출 및 폭발 방지 대책

3.3.1. 화학물질의 누출 방지대책

3.3.2. 화학물질의 폭발 방지대책



3.3.1. 화학물질의 누출 방지대책

KEYWORD 사고예방 설비기준, 안전유지 기준, 안전진단 및 점검, 화학물질 누출, 방재방법

개요 • 연구실 내 화학물질의 시약 관리 및 보관 방법에서부터 시작하여 누출감지 및 경보장치를 알고, 가스의 취급 및 보관 시 주의사항을 통해 연구실 내 화학물질 누출 방지 대책을 마련하도록 한다.

• 연구실에서 사용되는 가스의 누출 사고 방지를 위한 사고예방 설비기준과 안전유지 기준에 대하여 알아본다.

학습목표 ① 화학물질의 누출특성 및 방재방법을 학습하고 시약 관리 및 보관 방법을 설명할 수 있도록 한다.

② 화학물질의 누출감지 및 경보장치를 설명할 수 있고 가스의 취급 및 보관 시 주의사항을 설명할 수 있다.

③ 연구실 가스 누출 및 폭발 방지대책에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 화학물질의 누출 특성 및 방재방법을 설명할 수 있다.

화학물질의 누출특성 및 방재방법

- 화학물질이 누출되면 자체의 위험성으로 피해를 입은 뿐만 아니라 폭발, 화재와 같은 2차 사고로 이어질 가능성이 크므로 신속하고 적절하게 대처하는 것이 중요하다.
- 사용하는 물질의 성상, 특히, 화재, 폭발 중독 등의 위험성을 파악한 후에 화학물질을 취급해야 한다.
- 독성 물질
 - 독성 물질은 피부, 호흡, 소화 등을 통해 체내에 흡수되기 때문에 많은 양을 사용해서는 안 된다.
 - 항상 후드 내에서만 사용해야 한다.
 - 대표적인 독성물질로는 암모니아, 염소, 불소, 염산, 황산, 이산화황 등이 있다.
 - 이런 물질들은 어떠한 반응의 부산물로 생기기도 하므로 이러한 부산물이 생기지 않도록 처리하는 것도 연구개발활동 계획에 포함되어야 한다.
- 산과 염기
 - 산과 염기에 관련된 중요한 노출은 약품이 넘어져서 발생할 수 있는 화학, 해로운 증기의 흡입, 강산이 급격히 희석되면서 생겨나는 열에 의한 화재, 폭발 등이 있다.
 - 항상 산은 물에 가하면서 희석한다.
 - 가능하면 희석된 산, 염기를 사용하도록 한다.
 - 강산과 강염기는 공기 중 수분과 반응하여 치명적 증기를 생성시키므로 사용하지 않을 때는 뚜껑을 닫아 놓아야 한다.

- 산이나 염기가 눈이나 피부에 묻었을 때 즉시 적어도 15분 정도 물로 씻어내야 한다.
 - 특히, 불화수소는 가스 및 용액이 극한 독성을 나타내며 화상과 같은 즉각적인 증상이 없이 피부에 흡수되므로 취급에 주의해야 한다.
 - 과염소산은 강산의 특성을 띠며 유기화물, 무기화물 무두와 폭발성 물질을 생성하며 가열, 화기와 접촉, 충격, 마찰 또는 저절로 폭발하므로 특히 주의하여야 한다.
- 유기용제
 - 많은 유기용제들이 해로운 증기를 가지고 있고 쉽게 인체에 침투 가능하기 때문에 건강에 해롭다.
 - 대부분의 용제는 매우 휘발성이 크며 증기는 가연성이다.
 - 용제를 사용하기에 앞서 화학물질의 위험성 데이터를 참조하여 용제와 관련한 위험, 안전조치, 응급절차 등을 알고 있어야 한다.
 - 아세톤: 독성과 가연성 증기를 가지므로 적절한 환기시설에서 보호장갑, 보안경 등 보호구를 착용하고 가연성 액체 저장실에 저장한다.
 - 메탄올: 현기증, 신경조직 약화의 원인이 되는 해로운 증기를 가지고 있으므로 사용할 때는 환기시설을 작동시킨 상태에서 후드에서 사용하고 네오프렌 장갑을 착용한다.
 - 벤젠: 발암물질로서 적은 양을 오랜 기간에 걸쳐 흡입할 때 만성 중독이 일어날 수 있음. 피부를 통해 침투되기도 하며, 증기는 가연성이므로 가연성 액체와 같이 저장한다.
 - 에테르: 고열, 충격, 마찰에도 공기 중 산소와 결합하여 불안정한 과산화물을 형성하여 매우 격렬하게 폭발할 수 있고, 완전히 공기를 차단하여 황갈색 유리병에 저장, 암실이나 금속용기에 보관하는 것이 좋다.
 - 산화제
 - 강산화제는 매우 적은 양으로도 심한 폭발을 일으킬 수 있으므로 방호복, 안면보호대 같은 보호구를 착용하고 다루야 하며, 좀 더 많은 산화제를 사용하고자 한다면 폭발방지용 방벽 등이 포함된 특별계획을 수립해야 한다.

2

학습내용

- 누출감지 및 경보장치를 설명할 수 있다.

누출 감지 및 경보 장치

- 독성가스 및 가연성가스의 저장, 사용 설비에는 가스가 누출될 경우를 신속 감지하여 효과적으로 대응할 수 있도록 하기 위해 가스누출검지경보장치를 설치하여야 한다.
- ※ 다만, 공기 중에서 자기발화하는 가스는 불꽃감지기를 감지경보장치 설치기준에 적합하게 설치한 경우 기준에 적합한 것으로 본다.

- 경보농도는 가연성가스 폭발 하한계의 1/4 이하, 독성가스는 TLV-TWA (Threshold limit value-time weighted average, 8시간 시간가중노출기준) 기준농도 이하로 한다.
- 암모니아를 제외한 가연성 가스의 가스누출감지경보장치는 방폭성능을 갖는 것이어야 한다.
- 수신회로가 작동상태에 있는 것을 쉽게 식별할 수 있어야 한다.
- 경보는 램프의 점등 또는 점멸과 동시에 경보를 울리는 것이어야 한다.
- 가스 누출 시, 연구활동종사자가 상주하는 장소에 가스누출감지경보기를 설치하여야 한다.
- 설치장소: 공기보다 무거운 가스의 경우 바닥면에서 30 cm 이내 설치, 공기보다 가벼운 가스의 경우 천장면에서 30 cm 이내 설치한다.
- 설치개수: 건물 안에 설치되어 있는 사용설비에는 누출한 가스가 체류하기 쉬운 장소에 이들 설비군의 둘레 10 m 마다 1개 이상의 비율로 계산한 수를 설치한다.
- 독성가스 누출감지경보기는 대상 독성가스의 노출 기준 이하에서 경보가 울리도록 설정하여야 한다.
- 수소가스감지기를 연구실 내부에 설치하는 경우, 가스가 누출 발생 가능 부분 수직 상부에 설치하여야 한다.
- 수소화염 및 산소·아세틸렌을 사용하는 화염용접 또는 작업용으로 사용하는 액화석유가스(LPG) 사용 시설에는 가스가 역화되는 것을 효과적으로 차단할 수 있는 역화방지장치(역화방지기)를 설치해야 한다.

3

학습내용

- 가스의 취급 및 보관 시 주의사항을 설명할 수 있다.

가스의 취급 및 보관 시 주의사항

- 사용하는 용기와 사용하지 않는 용기는 분리하여 보관한다.
- 가스용기는 넘어짐을 방지하기 위해 고정장치나, 벽 등에 고정하고 쇠사슬 등으로 고정하여 넘어지지 않게 보관하고 사용하지 않는 용기는 반드시 밸브를 잠그고, 보호캡을 씌우도록 한다.
- 연구실에 설치된 배관에는 가스명, 흐름방향 등을 표시하고, 각 밸브에는 개폐상태를 알 수 있도록 열림, 닫힘을 표시한다. 만약에 밸브 조작으로 심각하게 안전상 문제가 있는 경우에는 함부로 밸브를 열 수 없도록 핸들제거, 자물쇠 채움, 조작 금지 표지 등을 설치한다.
- 가스 사용 전에 연구자는 검지기 또는 비눗물 등으로 누설점검을 실시하고, 특히 산소, 불소 등 산화성 가스를 사용하는 경우에는 밸브나, 압력조정기의 개폐를 서서히 하도록 하며, 석유류 등에 의한 사고 예방을 위해 조정기 등 설비를 깨끗하게 닦고 사용한다.
- 실린더 캐비닛은 한국가스안전공사의 검사를 받은 것을 사용한다.

- 구입하는 고압가스는 「고압가스 안전관리법」에 따라 판매허가를 받은 업체에서 구입하고, 구입 시 압력, 무게 등이 포함된 가스시험성적서 등 계약관련 서류를 받아 둔다.
- 가스 구입 시에는 구입 용기가 가스를 다 사용할 때까지 충전기한이 남아 있는 용기를 구입하고 다 사용한 가스용기는 공급자에게 바로 반납한다.
- 고압가스 구입 시 판매업체로부터 물질안전보건자료를 받아서 비치한다.
- 액화질소 등 초저온 가스용기는 밀폐된 공간에 보관하거나 사용하지 않으며, 초저온가스를 보관, 사용하는 곳은 충분한 환기가 되는 장소에서 하며, 또한 연구실에는 산소농도측정기를 설치한다.
- 초저온가스 등을 취급하는 경우에는 안면보호구 및 단열장갑을 착용한다.

4

학습내용

- 가스 누출 특성을 설명할 수 있다.

가스 누출 특성

• 누출의 형태

- 일반적인 특징

- (1) 누출특성은 인화성 물질의 물리적 상태, 온도와 압력에 따라 달라지며 물리적 상태는 다음과 같다.
 - ① 상승된(높은) 온도 또는 압력에서 존재할 수 있는 가스
 - ② 압력에 의해 액화되는 가스, 예) LPG
 - ③ 냉각에 의해서만 액화될 수 있는 가스, 예) 메탄
 - ④ 인화성 증기가 누출되는 액체
- (2) 파이프 접속부, 펌프, 압축기씰(Seal) 및 밸브 패킹 등의 단위장치로 부터의 누출은 주로 적은 양으로 시작하나 누출이 중단되지 않으면, 누출률과 위험장소의 범위가 크게 증가될 수 있다.
- (3) 인화점 이상에서의 인화성 물질 누출은 인화성 증기 또는 가스운을 발생시킬 수도 있다. 이는 초기 주변 공기보다 상대밀도가 낮거나 높을 수도 있고, 중립부력일 수도 있다.
- (4) 누출의 모든 형태는 결국 가스 또는 증기 누출로 이어지고, 가스 또는 증기는 부력, 중립부력 또는 가라앉는 형태로 나타난다. 이러한 특성은 누출의 특정형태에 의해 생성된 위험장소의 범위에 영향을 미치게 된다.
- (5) 지면에서 위험장소의 수평범위는 상대밀도의 증가함에 따라 증가하고, 위험원 상부의 수직범위는 상대 밀도가 저하됨에 따라 증가한다.

- 가스상 누출

- (1) 가스상 누출은 누출지점(예, 펌프 씬(Seal), 파이프 접속부 또는 증발 풀 지역)의 압력에 의존되는 누출원에서 가스제트나 가스풀름을 만든다. 가스의 상대밀도, 난류혼합도 및 공기의 주요 이동은 모든 가스 운의 연이은 이동에 영향을 미친다.
- (2) 잔잔한 상태에서 공기보다 현저히 가벼운 가스(수소, 메탄 등)의 저속 누출은 위로 이동하는 경향이, 반대로 공기보다 현저하게 무거운 가스(부탄, 프로판 등)일 경우에는 지표면이나 움푹 파인 곳에 체류되는 경향이 있다.
 - ① 시간의 흐름에 따라 대기난기류는 누출가와 공기의 혼합을 유도하여 중립부력이 된다.
 - ② 공기의 비중과 별 차이가 없는 가스나 증기는 중립부력(Neutrally buoyant)으로 간주한다.
- (3) 고압으로 누출된 가스는 초기에는 주위 공기와 혼합된 난류 제트분출을 형성한다. 이어서 높은 압력에서 가스 팽창으로 인한 열역학적 영향이 나타날 수 있다
 - ① 가스가 누출되면, 그 가스는 팽창되면서 줄-톰슨 효과(Joule-Thomson effect)로 인하여 냉각되어, 공기보다 무거워져 아래로 깔리면서 공기에 의하여 공급된 열을 상쇄시킨다.
 - ② 그 결과 가스 운은 결국 중립부력이 되어, 공기보다 무거운 가스에서 중립부력으로의 전환은 누출원의 본질에 따라 언제든지 발생하며 가스 운은 LFL(인화하한) 이하로 희석되게 된다.

※ 수소는 역 줄-톰슨 효과를 나타내므로, 팽창으로 가열되어 절대로 공기보다 무거워지지 않는다.

- 액화가스

- (1) 프로판, 부탄 등과 같은 가스는 압력을 가하면 액화되어 액화 상태에서 저장되고 이송된다.
- (2) 가압된 액화가스가 용기에서 누설되었을 때, 가장 가능성이 높은 시나리오는 용기 내 증기 공간 또는 배관 내의 물질이 가스 상태로 새어나가는 것임 누출 점에서의 빠른 증발은 큰 냉각현상을 일으켜 대기 중의 수증기의 응축 및 결빙현상이 있을 수 있다.
- (3) 액체 누출은 누출 점에서 부분적으로 플래시 증발(Flash evaporation))하며, 증발되는 액체는 자신과 주위의 대기로부터 에너지를 흡수하여 누출된 유체를 냉각시킨다.
 - ① 유체가 냉각되면 전체가 증발되지 않고 일부는 에어로졸형태가 된다.
 - ② 누출이 충분히 많다면 냉각된 유체 풀(Pool)이 지면에 축적될 수 있고 시간이 지남에 따라 누출된 가스는 증발하게 된다.
- (4) 냉각된 에어로졸 운은 질은 가스처럼 이동하며, 가압된 액체 누출은 눈에 보이는 구름을 형성하여 주위의 습기를 응축시키는 증발 냉각효과를 자주 보인다.

- 냉동가스

- (1) 초저온가스(Permanent gas)라고 부르는 메탄이나 수소 등의 기타 가스는 냉각에 의해서만 액화시킬 수 있음. 냉각된 가스에서의 작은 누설은 주위로부터 열을 흡수함으로써 풀을 형성하지 않고 신속하게 증발됨 만약 누설이 많다면 찬 액체 풀(Cold pool of liquid)이 형성될 수 있다.

(2) 찬 액체는 지면 및 주변 환경에서 에너지를 흡수하므로 차고 짙은 가스 운을 발생시키는 비등현상을 일으키게 됨. 누설된 액체 흐름을 유도 또는 제한하기 위해서 방유제(Dike)나 방호벽을 이용할 수 있음

※ 액화천연가스(LNG)와 같은 초저온 인화성가스가 포함된 곳의 위험장소 구분에는 유의할 필요가 있다. 분출된 증기는 저온에서는 일반적으로 공기보다 무겁지만, 주변 온도 가까이 올라감에 따라 중립 부력으로 된다.

※ 초저온가스의 임계온도는 -50°C 이하

- 에어로졸

(1) 에어로졸은 가스가 아니라 공기 중에 부유 상태인 작은 방울로 구성되어 있는데, 이 방울은 가압된 액체의 플래쉬 증발 또는 열역학적 조건하의 증기 또는 가스로부터 형성된다.

(2) 에어로졸 구름 내 빛의 산란이 종종 육안으로 보이는 구름형태를 형성함. 에어로졸의 분산은 고밀도 가스의 동태 또는 중성 부력 가스 사이에서 다양하게 나타나며, 에어로졸 방울은 풀름 또는 구름에서 서로 달라붙거나 떨어질 수 있다.

(3) 인화성 액체의 에어로졸은 주위 환경으로부터 열을 흡수하여 증발하고 가스/증기 운에 더해질 수 있다.

- 증기

(1) 주위 환경과 평형상태에 있는 액체는 그 표면에 증기 층이 생성되는데, 이 증기가 밀폐계(Closed system)에 미치는 압력을 증기압(Vapour pressure)이라 하며, 이는 온도와 비선형 함수로 증가한다. (2) 증발과정에서는 해당 액체 또는 주위 환경에서의 에너지 등 다양한 에너지원을 이용한다.

① 증발과정은 액체의 온도를 저하시키고 온도 상승을 제한할 수도 있다.

② 통상 환경 조건에서 증가된 증발로 인한 액체온도의 변화는 위험장소 구분에 영향을 미치는 데는 한계가 있고, 발생된 증기의 농도는 액체의 증발율, 온도, 주위 공기흐름의 함수로 나타나기 때문에 이를 예측하기도 쉽지 않다.

- 액체 누출

(1) 인화성 액체가 누출되는 경우, 그 표면이 흡수성이 아니라면 액체 표면에 증기운이 형성되는 풀 형태로 나타나게 되며, 그 크기는 물질의 특성과 주위 온도에서의 증기압에 따라 정해진다.

※ 증기압은 액체 증기화량을 나타내며, 정상 온도에서 높은 증기압을 가진 물질은 흔히 휘발성물질이라고 부름. 일반적으로 주위온도에서의 액체 증기압은 끓는 점(Boiling point)이 낮으면 올라가므로, 온도가 상승하면 증기압도 올라간다.

(2) 인화성 물질의 누설은 물에서도 발생할 수 있고, 대부분의 인화성 액체는 물보다 밀도가 낮아 물과 혼합도 잘 되지 않아, 물 아니면 지표면, 플랜트 배수구, 배관 트랜치 또는 수면(바다, 호수, 강 등) 위에 넓게 퍼지면서 표면적을 증가시켜 얇은 막을 형성하여 증발율을 증가시키게 된다.

• 누출률에 영향을 주는 인자

- 누출 특성 및 형태(Nature and type of release)

개방 표면, 플랜지 누설 등과 같은 누출원의 물리적 특성에 관한 것

- 누출 속도

- (1) 누출원에서의 누출률은 누출압력에 따라 증가한다. 아음속(음속 이하)누출에서 누출속도는 공정 압력과 관련된다.
- (2) 인화성 가스 또는 증기 운의 크기는 인화성 증기 누출률과 희석률에 의하여 결정된다.
- (3) 고속으로 누출되는 가스와 증기 흐름은 공기에 혼합되어 자체적으로 희석될 수 있으나, 폭발성 가스 분위기의 범위는 공기 흐름과는 거의 관련이 없다.
- (4) 인화성 물질이 저속으로 누출되거나 고형체에 부딪쳐 속도가 감소될 경우, 그 물질은 공기흐름에 따라 이동 희석되어 공기 흐름에 영향을 받게 된다.

- 농도

누출된 인화성 물질의 질량은 누출된 혼합물 내의 인화성 증기 또는 가스의 농도에 따라 증가한다.

- 인화성 액체의 휘발성

- (1) 휘발성은 증기 압력과 증발 엔탈피(열)에 주로 관련된다. 증기압이 알려지지 않은 경우, 끓는점과 인화점을 가이드로 사용할 수 있다.

- (2) 폭발분위기는 해당 인화성 액체의 인화점 보다 낮은 온도에서 사용한다면 존재하지 않는다.

※ 인화성액체가 사용 중에 인화점 이상으로 특별히 가열 등이 이루어지지 않는다면 인화점이 40 °C 이하의 경우에만 적용한다(NFPA 479의 4.2.6(Flammable Liquids), API RP 505의 5.2.2(Class I)에서 37.8 °C 이하인 경우에만 폭발위험 장소 설정, 참조).

- (3) 인화점이 낮으면 낮을수록 폭발분위기의 범위는 더 커질 수 있으나 인화성 물질이 안개(분무) 형태로 누출된다면, 폭발위험분위기는 그 물질의 인화점 이하에서도 형성될 수 있다.

① 인화점에 대해 주어진 실험값이나 발행본이 정확히 기록되지 않을 수 있고 시험 데이터도 달라질 수 있고, 인화점이 정확하게 알려져 있지 않는 한 인용값에 대한 약간의 오차는 허용됨. 혼합물의 경우, 순수 액체의 인화점 보다 ± 5 °C 넘는 허용오차는 일반적이지 않다.

② 인화점은 두 가지 측정, 즉 밀폐 컵(Closed cup)과 개방 컵(Open cup)에 의한다. 밀폐된 설비는 밀폐 컵에 의한 인화점을 사용하고, 개방 장소에서의 인화성 액체의 경우, 개방컵 인화점을 사용할 수 있다.

③ 일부 액체들(예, 할로겐화 탄화수소 등)은 폭발성 가스분위기를 생성할 수 있음에도 불구하고 인화점을 갖고 있지 않으며, 이 경우, 최저 인화한계(LFL)에서 포화 농도에 상응하는 등가 액체 온도를 최대 액체 온도와 상대적으로 비교하도록 한다.

- 액체 온도

액체는 온도 증가에 따라 증기압이 상승하는데 이는 증발에 따라 누출률이 증가하기 때문이다.

※ 액체의 온도는 누출이 발생한 후 상승할 수도 있다(예, 고온의 표면이나 외기온도). 그러나 증기화는 에너지의 인가와 액체의 엔탈피에 기초한 등가조건에 도달될 때까지 액체를 냉각시키는 경향이 있다.

• 누출률의 추정

- 일반 사항

(1) 여기에서 제시된 방정식과 평가방법은 모든 설비에 적용하기 위한 것이 아니고 각 항에서 제시된 제한 조건에서만 적용가능하다. 이 방정식은 간략화된 수학적 모델로 복잡한 문제를 나타내고자 함에 따른 제한적인 결과만을 제공하므로 다른 계산 방법도 선택할 수 있다.

(2) 다음 방정식은 인화성 액체 및 가스의 대략적인 누출률을 계산할 수 있으므로, 보다 정리된 누출률은 개구부의 특성과 액체 또는 기체의 점도를 고려하여 추정할 수 있다.

① 인화성 물질이 누출되는 개구부의 길이가 그 폭에 비해 긴 경우에는 물질의 점도가 누출률을 상당히 많이 감소시킬 수 있고, 이러한 요소는 일반적으로 누출계수($C_d \leq 1$)로 간주한다.

② 누출계수 C_d 는 특정 오리피스에서 특정 누출 사례에 대한 일련의 실험을 통하여 구한 경험 값이므로, C_d 는 각각의 특정 누출에 따라 다양한 값을 갖게 된다.

i) 누출구멍 평가에 관련된 적절한 정보가 없다면, C_d 의 값은 통기구(Vent)와 같이 원형 형태를 가진 누출구멍은 최소한 0.99, 기타 원형이 아닌 누출구멍은 0.75로 하면 타당한 안전 근사값을 갖게 된다.

ii) 만약 C_d 에 계산값을 적용한다면, 그 값은 현장 적용에 적합한 가이드인 참고자료로 사용할 수 있다.

- 액체의 누출률

(1) 액체의 누출률은 다음의 근사식을 이용하여 추정할 수 있다.

$$W = C_d S \sqrt{2\rho\Delta p} \quad (kg/s) \quad (\text{식 1})$$

(2) 이어서 액체누설의 증발량 결정이 필요하다. 액체의 누설은 다양한 형태로 누설 상태와 증기 또는 가스가 어떻게 생성되느냐는 다양한 변수에 의하여 결정되며, 누설의 예는 다음과 같다.

① 2상의 누출(예 : 액체와 가스의 복합 누출)

액화석유가스(LPG)와 같은 액체는 열역학적 또는 기계적 상호 작용의 변화에 따라 오리피스에서 누출되기 전 또는 누출 후 즉시 가스와 액체의 두 개의 상이 존재할 수도 있음. 이는 증기 운 발생에 기여하는 액체를 끓게 하는 기름방울 및 풀(Pool)형성에 영향을 줄 수도 있다.

② 1상의 누출(Single phase release of a non-flashing liquid)

i. 비점이 높은(대기 범위 이상) 액체의 누설은 누출원 인근에서 증발될 수도 있는 중요한 액체 성분이 일반적으로 포함됨. 누출은 제트 분출 결과로써 작은 방울로 쪼개질 수도 있으며 이어서 누출된 증기는 누출점으로부터 작은 방울 또는 이어지는 풀 형성으로부터 제트 형성과 증기화가 이루어진다.

ii. 많은 조건 및 변수로 인하여 액체 누출의 증기 조건 평가 방법들은 이 가이드에서는 제공하지 않음. 사용자는 모델의 한계를 판단하고 그 결과의 적절한 보수적인 접근을 통하여 적합한 모델을 선택한다.

- 가스 또는 증기의 누출률

(1) 일반 사항

- ① 다음 방정식은 가스 누출률을 합리적으로 추정하기 위한 것으로, 만약 가스밀도가 액화가스의 밀도에 근접하는 경우, 2상의 누출을 고려한다.
- ② 가압된 기체 밀도가 액화 가스 농도보다 훨씬 낮다면, 용기의 가스 누출률은 이상 기체의 단열 팽창을 기초하여 추정할 수 있다.

i. 가스 용기의 내부 압력이 임계 압력(P_c)보다 높다면, 누출 가스의 속도는 음속(Sonic, Choked)이다. 임계압력은 다음 방정식에 의하여 정해진다.

$$P_c = p_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} [Pa] \quad (\text{식 2})$$

이상 기체에서 방정식 $\gamma = \frac{M_{c_p}}{M_{c_p} - R}$ 을 사용할 수 있음

ii. 대부분의 가스에서 빠른 계산을 위해 근사값을 $P_c \approx 1.89 P_a$ 로 한다.

- ▶ 임계압력은 산업공정에서 사용되는 통상 압력에 비해 일반적으로 낮다.
- ▶ 임계압력 미만의 압력은 가스 공급배관에서 히터·오븐·반응기·소각로·기화기·증기 발생기·보일러 및 기타 공정설비와 같은 열 설비, 그리고 과압(통상 50,000 Pa(0.5 바))을 억제하는 대기압 저장탱크에서도 나타난다.

- ③ (식 3)에서 이상기체의 압축계수는 1.0임. 실제 가스에서 압축계수는 관련 가스의 압력, 온도 및 유형에 따라 1.0 이하 또는 그 이상의 값을 가진다.
- ④ 중간 압력까지의 낮은 압력에서 $Z = 1.0$ 은 보수적일 수도 있으나 합리적인 근사값으로써 사용될 수 있고, 보다 높은 압력, 예를 들어, 500 kPa(50 바) 이상의 압력의 경우에는 개선된 정확성이 필요하고 실제의 압축계수를 적용하도록 함. 압축계수의 값은 가스 특성 데이터 북에서 찾을 수 있다.

(2) 아음속 누설(Non choked gas velocity(Subsonic releases))의 가스 누출률

아음속 가스속도는 가스가 음속 미만의 속도로 누출되는 속도를 말하며, 이때의 용기의 가스 누출률은 (식 3)으로 구한다.

$$W_g = C_d S p \sqrt{\frac{M}{ZRT} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{P_a}{P} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \left(\frac{P_a}{P} \right)^{1/\gamma}} [kg/s] \quad (\text{식 3})$$

(3) 음속 누설(Choked gas velocity (Sonic releases))의 가스 누출률

음속 누설가스는 가스 속도가 음속인 것을 말하며, 이론적으로 최대 누출속도임. 가스속도가 음속과 같다면, 용기에서의 가스 누출률은 다음 식으로 구한다.

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} [kg/s] \quad (\text{식 4})$$

가스의 시간당 부피 유량(m^3/s)은 다음과 같음

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} \quad (m^3/s) \quad (\text{식 5})$$

여기서, $\rho_g = \frac{p_a M}{RT_a}$ 은 가스의 비중(kg/m^3)

※ 누출부에서의 가스온도가 주위 온도 이하일 경우, T_a 는 보다 쉬운 계산을 위하여 근사값으로 제공되는 가스온도를 사용하기도 한다.

- 증발 풀의 누출률

(1) 증발풀(Evaporative pool)은 액체 유출(Spillage) 또는 누설(Leakage) 결과뿐만 아니라 개방된 용기에서 인화성 액체를 저장 또는 취급하는 공정설비의 일부에서도 나타날 수 있음. 여기에서의 평가는 흘러내린 액체 표면에서의 열역학과 같은 특정요소를 고려하지 않는 얇은 표면유출에는 적용하지 않는다. 다음의 가정은 아래와 같은 평가하에 이루어진다.

- ① 대기온도에서 상변화(Phase change)와 플룸(Plume)이 없다(상 및 온도변화는 분산 및 증발률의 변화를 가져온다).
- ② 누출된 인화성 물질은 중간정도의 부력을 가지며 비교평가 분석에서 공기보다 무거운 중간정도의 증기는 부력가스와 같은 방법으로 취급한다.
- ③ 다량의 연속 누출의 경우에는 이 분석에서 고려하지 않는다.
- ④ 용기에서 흘러나오는 액체는 즉시 1 cm 깊이의 풀(Pool)로써 평평한 표면을 형성하고 대기 조건에서 증발된다.

i) 이때의 증발률은 다음 식을 사용하여 추정할 수 있다.

$$W_e = \frac{6.55\mu_w^{0.78} A_p P_v M^{0.667}}{R \times T} \quad (kg/s) \quad (\text{식 6})$$

증기의 밀도(kg/m^3) $\rho_g = \frac{p_a M}{RT_a}$ (kg/m^3)로 나타내므로, 부피증발률(m^3/s)은 다음 식으로 구한다.

$$Q_g \approx \frac{6.5\mu_w^{0.78} A_p P_v}{10^5 M^{0.333}} \times \frac{T_a}{T} \quad (m^3/s) \quad (\text{식 7})$$

ii) 풀의 표면적 1.0 m^2 , 지표면의 풍속 0.5 m/s, 액체 온도를 대기온도와 같다고 했을 때의 부피증발률 (m^3/s)은 다음 식으로 구한다.

$$Q_g \approx \frac{3.78 \times 10^{-5} P_v}{M^{0.333}} \quad (m^3/s) \quad (\text{식 8})$$

iii) 실제 풀면적은 유출된 액체의 양을 기준으로 하되, 유출된 지역의 경사나 덕 등과 같은 현장 조건을 고려한다.

(2) 증발률 평가에서의 풍속은 희석등급 추정하기 위한 차후의 풍속과 일치시켜야 하며, 이는 풍속이 증발을 가속시키지만 동시에 인화성 가스 또는 증기의 희석에도 기여하고 있음을 강조하는 것이다.

- 단위 기호

A_p	플 표면적 (m^2)	Q_g	누출원에서의 인화성 가스의 부피유량 (m^3/s)
C_d	난류 및 점도 등의 영향에 관련되는 누출 개구부 특성과 판단에 의한 누출계수로 모난 오리피스는 0.5~0.75, 원형오리피스는 0.95~0.99(단위 없음)	R	이상 기체상수 (8,314 J/kmol K);
C_p	일정 압력에서의 비열 (J/kg K)	ρ	액체밀도 (kg/m^3)
γ	단열 팽창 또는 비열비의 폴리트로프 지수(단위 없음)	ρ_g	가스 또는 증기밀도 (kg/m^3)
M	가스 또는 증기의 몰 질량(kg/kmol)	S	유체가 누출되는 개구부(구멍)의 단면적 (m^2)
P	용기의 내부압력 (Pa)	T	유체, 기체 또는 액체의 절대온도 (K)
ΔP	개구부에서의 누설 압력 차 (Pa)	T_a	주위 온도 (K)
P_a	대기압(101,325 Pa)	u_w	액체 플 표면의 풍속 (m/s)
P_c	임계압력 (Pa)	W	액체의 누출률 (시간당 질량, kg/s)
P_v	온도 T에서의 액체 증기압 (kPa)	W_e	액체의 증발률 (kg/s)
		W_g	가스의 질량 누출률 (kg/s)
		Z	압축 인자 (단위 없음)

5

학습내용

- 연구실 가스 사고예방 설비기준에 대하여 설명할 수 있다.

사고예방 설비기준

- 과압안전장치 설치

- 고압가스설비에는 그 고압가스설비내의 압력이 상용의 압력을 초과하는 경우 즉시 상용의 압력 이하로 되돌릴 수 있도록 하기 위하여 다음 기준에 따라 과압안전장치를 설치한다.

- 과압안전장치 선정 : 가스설비 등에서의 압력상승 특성에 따라 다음 기준에 따라 과압안전장치를 선정한다.

(1) 기체 및 증기의 압력상승을 방지하기 위해 설치하는 안전밸브

(2) 급격한 압력상승, 독성가스의 누출, 유체의 부식성 또는 반응생성물의 성상 등에 따라 안전밸브를 설치하는 것이 부적당한 경우에 설치하는 파열판

(3) 펌프 및 배관에서 액체의 압력상승을 방지하기 위해 설치하는 릴리프밸브 또는 안전밸브

(4) (1)부터 (3)까지의 안전장치와 병행 설치할 수 있는 자동압력제어장치(고압가스설비 등의 내압이 상용의 압력을 초과한 경우 그 고압가스설비 등으로의 가스 유입량을 줄이는 방법 등으로 그 고압가스설비 등 내의 압력을 자동적으로 제어하는 장치)

- 과압안전장치 설치위치 : 과압안전장치는 고압가스설비 중 압력이 최고허용압력 또는 설계압력을 초과할 우려가 있는 다음의 구역마다 설치한다.
 - (1) 액화가스 저장능력이 300kg 이상이고 용기집합장치가 설치된 고압가스설비
 - (2) 내·외부 요인에 따른 압력상승이 설계압력을 초과할 우려가 있는 압력용기 등
 - (3) 토출 측의 막힘으로 인한 압력상승이 설계압력을 초과할 우려가 있는 압축기(다단 압축기의 경우에는 각 단) 또는 펌프의 출구측
 - (4) 배관 내의 액체가 2개 이상의 밸브로 차단되어 외부 열원으로 인한 액체의 열팽창으로 파열이 우려되는 배관
 - (5) (2) 부터 (4)까지 이외에 압력 조절 실패, 이상 반응, 밸브의 막힘 등으로 압력 상승이 설계압력을 초과할 우려가 있는 고압가스설비 또는 배관 등
- 과압안전장치 작동압력 : 액화가스의 고압가스설비 등에 부착되어 있는 스프링식 안전밸브는 상용의 온도에서 해당됨. 고압가스설비 등 내의 액화가스의 상용의 체적이 해당됨. 고압가스설비 등 내의 내용적의 98%까지 팽창하게 되는 온도에 대응하는 해당 고압가스설비 등 내의 압력에서 작동하는 것으로 한다.
- 가스누출감지경보기 및 자동차단장치 설치
 - 독성가스 및 공기보다 무거운 가연성가스의 저장설비에는 가스가 누출될 경우 이를 신속히 검지하여 효과적으로 대응할 수 있도록 하기 위해 다음 기준에 따라 가스누출검지경보장치(이하 “검지경보장치”라 한다)를 설치한다. 다만, 누출되어 공기 중에서 자기발화하는 가스는 불꽃감지기를 검지경보장치 설치기준에 적합하게 설치한 경우 동 기준에 적합한 것으로 본다.
 - 검지경보장치 기능 : 검지경보장치는 가연성가스 또는 독성가스의 누출을 검지하여 그 농도를 지시함과 동시에 경보를 울리는 것으로서 다음의 기능을 가진 것으로 한다.
 - (1) 경보는 접촉연소방식, 격막갈바니전지방식, 반도체방식, 그 밖의 방식으로 검지엘리먼트의 변화를 전기적 신호에 의해 이미 설정하여 놓은 가스농도(이하 “경보농도”라 한다)에서 자동적으로 울리는 것으로 함. 이 경우 가연성가스 경보기는 담배연기 등에, 독성가스용 경보기는 담배연기, 기계세척유 가스, 등유의 증발가스, 배기가스 및 탄화수소계 가스 등 잡가스에는 경보하지 않은 것으로 한다.
 - (2) 경보농도는 검지경보장치의 설치장소, 주위 분위기 온도에 따라 가연성가스는 폭발 하한계의 1/4 이하, 독성가스는 TLV-TWA 기준 농도 이하로 한다.
 - (3) 경보기의 정밀도는 경보농도 설정치에 대하여 가연성가스용에서는 $\pm 25\%$ 이하, 독성가스용에서는 $\pm 30\%$ 이하로 한다.
 - (4) 검지에서 발신까지 걸리는 시간은 경보농도의 1.6배 농도에서 보통 30초 이내로 하는데 다만, 검지경보 장치의 구조상이나 이론상 30초가 넘게 걸리는 가스(암모니아·일산화탄소 또는 이와 유사한 가스)에서는 1분 이내로 할 수 있다.
 - (5) 검지경보장치의 경보정밀도는 전원의 전압 등 변동이 $\pm 10\%$ 정도일 때에도 저하되지 않아야 함

- (6) 지시계의 눈금은 가연성가스용은 0~폭발 하한계 값, 독성가스는 0~TLV-TWA 기준 농도의 3배값 (암모니아를 실내에서 사용하는 경우에는 150ppm)을 명확하게 지시하는 것으로 한다.
- (7) 경보를 발신한 후에는 원칙적으로 분위기 중 가스농도가 변화하여도 계속 경보를 울리고, 그 확인 또는 대책을 강구함에 따라 경보가 정지되게 한다.
- 검지경보장치 구조 : 검지경보장치의 구조는 다음 기준에 적합한 것으로 한다.
 - (1) 충분한 강도(특히 검지엘리먼트 및 발신회로는 내구성을 갖는 것일 것)를 지니며, 취급 및 정비(특히 검지엘리먼트의 교체 등)가 쉬워야 한다.
 - (2) 가스에 접촉하는 부분은 내식성의 재료 또는 충분한 부식방지 처리를 한 재료를 사용하고 그 외의 부분은 도장이나 도금처리가 양호한 재료이어야 한다.
 - (3) 가연성가스(암모니아는 제외한다)의 검지경보장치는 방폭성능을 갖는 것이어야 한다.
 - (4) 2개 이상의 검출부에서 검지신호를 수신하는 경우 수신회로는 경보를 울리는 다른 회로가 작동하고 있을 때에도 해당 검지경보장치가 작동하여 경보를 울릴 수 있는 것으로서 경보를 울리는 장소를 식별할 수 있는 것으로 한다.
 - (5) 수신회로가 작동상태에 있는 것을 쉽게 식별할 수 있어야 한다.
 - (6) 경보는 램프의 점등 또는 점멸과 동시에 경보를 울리는 것이어야 한다.
- 가스누출검지경보장치 설치장소 및 설치개수 : 검지경보장치의 설치장소 및 검지경보장치 검출부의 설치 개수는 다음 기준에 따른다.
 - (1) 건축물 안에 설치되어 있는 사용설비(버너 등에 있어서는 파일럿 버너방식에 의한 인터록 기구를 설치하여 가스누출의 우려가 없는 해당 버너 등의 부분은 제외한다) 등 가스가 누출하기 쉬운 설비를 설치한 곳 주위에는 누출한 가스가 체류하기 쉬운 장소에 이들 설비군의 바닥면 둘레 10m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수를 설치한다.
 - (2) 건축물 밖에 설치되어 있는 (1)에 기재한 설비가 다른 설비, 벽이나 그 밖의 구조물에 인접하여 설치된 경우, 피트 등의 내부에 설치되어 있는 경우에는 누출한 가스가 체류할 우려가 있는 장소에 그 설비군의 바닥면 둘레 20m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수를 설치한다.
 - (3) 검지경보장치의 검출부는 가스비중, 주위상황, 가스설비 높이 등 조건에 따라 적절한 높이에 설치한다.
 - (4) 검지경보장치의 경보부, 램프의 점등 또는 점멸부는 관계자가 상주하는 곳으로 경보가 울린 후 각종 조치를 하기에 적합한 장소에 설치한다.
- 긴급차단장치 설치
 - 사용시설의 저장설비에 부착된 배관에는 가스 누설 시 안전한 위치에서 조작이 가능한 긴급차단장치를 설치한다.
- 역류방지장치 설치
 - 독성가스의 감압설비와 그 가스의 반응설비간의 배관에는 긴급시 가스가 역류되는 것을 효과적으로 차단할 수 있는 역류방지장치를 설치한다.

- 역화방지장치 설치
 - 수소화염 또는 산소·아세틸렌화염을 사용하는 시설의 분기되는 배관에는 가스가 역화되는 것을 효과적으로 차단할 수 있는 역화 방지장치를 설치한다.
- 환기설비 설치
 - 가연성가스의 저장설비실에는 누출된 가스가 체류하지 않도록 다음 기준에 따라 환기설비를 설치하고 환기가 잘 되지 아니하는 곳에는 강제환기시설을 설치한다.
 - 공기보다 가벼운 가연성가스의 경우 가스의 성질, 처리 또는 저장하는 가스의 양, 설비의 특성 및 실의 넓이 등을 고려하여 충분한 면적을 가진 2방향 이상의 개구부 또는 강제환기시설을 설치하거나 이들을 병설하여 환기를 양호하게 한 구조로 한다.
 - 공기보다 무거운 가연성가스의 경우 가스의 성질, 처리 또는 저장하는 가스의 양, 설비의 특성 및 실의 넓이 등을 고려하여 충분한 면적을 갖고 또한 바닥면에 접하여 개구한 2방향 이상의 개구부 또는 바닥면 가까이에 흡입구를 갖춘 강제환기시설을 설치하거나 이들을 병설하여 주로 바닥면에 접한 부분의 환기를 양호하게 한 구조로 한다.

6

학습내용

- 연구실 가스설비 안전유지 기준에 대하여 설명할 수 있다.

안전유지 기준

1. 고압가스 저장 안전유지 기준

- 용기보관장소 또는 용기는 다음의 기준에 적합하게 할 것
 - 충전용기와 잔가스용기는 각각 구분하여 용기보관장소에 놓을 것
 - 가연성가스·독성가스 및 산소의 용기는 각각 구분하여 용기보관장소에 놓을 것
 - 용기보관장소에는 계량기 등 작업에 필요한 물건 외에는 두지 않을 것
 - 용기보관장소의 주위 2m 이내에는 화기 또는 인화성물질이나 발화성물질을 두지 않을 것
 - 충전용기는 항상 40℃ 이하의 온도를 유지하고, 직사광선을 받지 않도록 조치할 것
 - 충전용기(내용적이 5 L 이하인 것은 제외한다)에는 넘어짐 등에 의한 충격 및 밸브의 손상을 방지하는 등의 조치를 하고 난폭한 취급을 하지 않을 것
 - 가연성가스 용기보관장소에는 방폭형 휴대용 손전등 외의 등화를 지니고 들어가지 않을 것
- 밸브가 돌출한 용기(내용적이 5L 미만인 용기는 제외한다)에는 용기의 넘어짐 및 밸브의 손상을 방지하는 조치를 할 것

- 고압가스설비 중 진동이 심한 곳에는 진동을 최소한도로 줄일 수 있는 조치를 할 것
- 고압가스설비를 이음쇠로 접속할 때에는 그 이음쇠와 접속되는 부분에 잔류 응력이 남지 않도록 조립하고 이음쇠밸브류를 나사로 조일 때에는 무리한 하중이 걸리지 않도록 해야 하며, 상용압력이 19.6 MPa 이상이 되는 곳의 나사는 나사게이지로 검사한 것일 것
- 저장설비에 설치한 밸브 또는 콕(조작스위치에 의하여 그 밸브 또는 콕을 개폐하는 경우에는 그 조작스위치를 말한다. 이하 “밸브등”이라 한다)에는 다음의 기준에 따라 종업원이 그 밸브등을 적절히 조작할 수 있도록 조치할 것
 - 밸브등에는 그 밸브등의 개폐방향(조작스위치에 의하여 그 밸브등이 설치된 저장설비에 안전상 중대한 영향을 미치는 밸브등에는 그 밸브등의 개폐상태를 포함한다)이 표시되도록 할 것
 - 밸브등(조작스위치로 개폐하는 것은 제외한다)이 설치된 배관에는 그 밸브등의 가까운 부분에 쉽게 알아볼 수 있는 방법으로 그 배관내의 가스, 그 밖의 유체의 종류 및 방향이 표시되도록 할 것
 - 조작함으로써 그 밸브등이 설치된 저장설비에 안전상 중대한 영향을 미치는 밸브등 중에서 항상 사용하지 않을 것(긴급 시에 사용하는 것은 제외한다)에는 자물쇠를 채우거나 봉인하는 등의 조치를 하여 둘 것
 - 밸브등을 조작하는 장소에는 그 밸브등의 기능 및 사용빈도에 따라 그 밸브등을 확실히 조작하는 데 필요한 발판과 조명도를 확보할 것
- 안전밸브 또는 방출밸브에 설치된 스톱밸브는 그 밸브의 수리 등을 위하여 특별히 필요한 때를 제외하고는 항상 완전히 열어 놓을 것
- 산소 외의 고압가스의 저장설비의 기밀시험이나 시운전을 할 때에는 산소 외의 고압가스를 사용하고, 공기를 사용할 때에는 미리 그 설비 중에 있는 가연성가스를 방출한 후에 실시해야 하며, 온도를 그 설비에 사용하는 윤활유의 인화점 이하로 유지할 것
- 가연성가스 또는 산소의 가스설비의 부근에는 작업에 필요한 양 이상의 연소하기 쉬운 물질을 두지 않을 것
- 석유류·유지류 또는 글리세린은 산소압축기의 내부윤활제로 사용하지 않고, 공기압축기의 내부윤활유는 재생유가 아닌 것으로서 사용 조건에 안전성이 있는 것일 것
- 가연성가스 또는 독성가스의 저장탱크의 긴급차단장치에 딸린 밸브 외에 설치한 밸브 중 그 저장탱크의 가장 가까운 부근에 설치한 밸브는 가스를 송출 또는 이입하는 때 외에는 잠가 둘 것
- 차량에 고정된 탱크(내용적이 2천L 이상인 것만을 말한다)에 고압가스를 충전하거나 그로부터 가스를 이입받을 때에는 차량정지목을 설치하는 등 그 차량이 고정되도록 할 것
- 차량에 고정된 탱크 및 용기에는 안전밸브 등 필요한 부속품이 장치되어 있어야 하며 그 부속품은 다음 기준에 적합할 것
 - 가연성가스 또는 독성가스를 충전하는 차량에 고정된 탱크 및 용기(시안화수소의 용기 또는 24.5MPa 이상의 압력으로 행한 내압시험에 합격한 소방설비 또는 항공기에 갖춰두는 탄산가스용기는 제외한다)에는 안전밸브가 부착되어 있고 그 성능이 그 탱크 또는 용기의 내압시험압력의 10분의 8 이하의 압력에서 작동할 수 있는 것일 것

- 긴급차단장치는 그 성능이 원격조작에 의하여 작동되고 차량에 고정된 탱크 또는 이에 접속하는 배관 외면의 온도가 110℃일 때에 자동적으로 작동할 수 있는 것일 것
- 차량에 고정된 탱크에 부착되는 밸브·안전밸브·부속배관 및 긴급차단장치는 그 내압성능 및 기밀성능이 그 탱크의 내압시험압력 및 기밀시험압력 이상의 압력으로 행하는 내압시험 및 기밀시험에 합격될 수 있는 것일 것

2. 특수고압가스 및 특정고압가스

• 용기 유지관리

- 고압가스 용기를 취급 또는 보관하는 때에는 위해요소가 발생하지 않도록 다음 기준에 따라 관리한다.

- 용기의 취급

- (1) 충전용기를 이동하면서 사용하는 때에는 손수레에 단단하게 묶어 사용하며 사용 종료 후에는 용기 보관실에 저장하여 둔다.
- (2) 사용설비에 특수고압가스 충전용기 등을 접속할 때와 분리할 때에는 해당 충전용기 등의 밸브를 닫힌 상태에서 해당 사용설비(해당 특수고압가스와 그 밖의 종류의 가스나 그 밖의 유체가 상호 반응해 재해를 일으킬 우려가 있는 부분에 한정한다)내부의 가스를 불활성가스로 치환하거나 해당 설비내부를 진공으로 한다.

- 용기 안전조치

- (1) 고압가스의 충전용기는 항상 40℃ 이하를 유지하도록 한다.
- (2) 고압가스의 충전용기밸브는 서서히 개폐하고 밸브 또는 배관을 가열하는 때에는 열습포나 40℃ 이하의 더운 물을 사용한다.
- (3) 고압가스의 충전용기를 사용한 후에는 밸브를 닫아 둔다.
- (4) 충전용기(내용적 5 L 이하의 것은 제외한다. 이하 같다)를 용기보관 장소 또는 용기보관실에 보관하는 경우 넘어짐 등으로 인한 충격 및 밸브 등의 손상을 방지하는 조치를 다음과 같이 한다.
 - ① 충전용기는 바닥이 평탄한 장소에 보관할 것
 - ② 충전용기는 물건의 낙하우려가 없는 장소에 저장할 것
 - ③ 고정된 프로텍터가 없는 용기에는 캡을 씌워 보관할 것
 - ④ 충전용기를 이동하면서 사용하는 때에는 손수레에 단단하게 묶어 사용할 것
- (5) 사이폰용기는 기화장치가 설치되어 있는 시설에서만 사용한다. 다만, 사이폰용기의 액출구를 막음조치 하거나 기화공정 없이 액체를 그대로 사용하는 경우에는 그렇지 않다.

• 가스설비 유지관리

- 가스설비의 안전성 및 작동성을 확보하고 사용설비 주위에서의 위해요소 발생을 방지하기 위하여 다음 기준에 따라 필요한 조치를 강구한다.

- 밸브 등의 안전조치

- (1) 각 밸브 등에는 그 명칭 또는 플로시트(flow sheet)에 의한 기호, 번호 등을 표시하고 그 밸브 등의 핸들 또는 별도로 부착한 표시판에 당해 밸브 등의 개폐방향을 명시한다.
- (2) 밸브 등이 설치된 배관에는 내부 유체 종류를 명칭 또는 도색으로 표시하고 흐름방향을 표시한다.
- (3) 밸브 등을 조작함으로써 그 밸브 등에 관련된 사용시설에 안전상 중대한 영향을 미치는 밸브 등(압력을 구분하는 경우에는 압력을 구분하는 밸브, 안전밸브의 주밸브, 긴급차단밸브, 긴급방출용밸브, 제어용공기 및 안전용불활성가스 등의 송출 또는 이입용밸브, 조정밸브, 감압밸브, 차단용 맹판 등)에는 작업원이 그 밸브 등을 적절히 조작할 수 있도록 다음과 같은 조치를 강구한다.
 - ① 밸브 등에는 그 개폐상태를 명시하는 표시판을 부착한다. 이 경우 특히 중요한 조정밸브 등에는 개도계(開度計)를 설치한다.
 - ② 안전밸브의 주밸브 및 보통 사용하지 않는 밸브 등(긴급용의 것을 제외 한다)은 함부로 조작할 수 없도록 자물쇠의 채움, 봉인, 조작금지 표시의 부착이나 조작시에 지장이 없는 범위 내에서 핸들을 제거하는 등의 조치를 하고, 내압·기밀시험용 밸브 등은 플러그 등의 마감 조치로 이중차단기능이 이루어지도록 강구한다.
 - ③ 계기판에 설치한 긴급차단밸브, 긴급방출밸브 등의 버튼핸들(button handle), 노칭디바이스핸들(notching device handle) 등 (갑자기 작동할 염려가 없는 것은 제외한다)에는 오조작 등 불시의 사고를 방지하기 위해 덮개, 캡 또는 보호장치를 사용하는 등의 조치를 함과 동시에 긴급차단밸브 등의 개폐상태를 표시하는 시그널램프 등을 계기판에 설치한다. 또한 긴급차단밸브의 조작위치가 2곳 이상일 경우 보통 사용하지 않는 밸브 등에는 함부로 조작해서는 않된다는 뜻과 그것을 조작할 때의 주의사항을 표시한다.
- (4) 밸브 등의 조작위치에는 그 밸브 등을 확실하게 조작할 수 있도록 필요에 따라 발판을 설치한다.
- (5) 밸브 등을 조작하는 장소는 밸브 등의 조작에 필요한 조도 150 lx 이상이어야 하며, 이 경우 계기판에는 비상조명장치를 설치한다.

- 밸브 조작

- (1) 밸브 등의 조작에 대해서 유의해야 할 사항을 작업기준 등에 정하여 작업원에게 주지시킨다.
- (2) 조작함으로써 관련된 가스설비 등에 영향을 미치는 밸브 등의 조작은 조작전후에 관계처와 긴밀한 연락을 취하여 상호 확인하는 방법을 강구한다.
- (3) 액화가스의 밸브 등에 대해서는 액봉상태로 되지 않도록 폐지 조작을 한다.
- (4) 법에 의한 시설 중 계기실 이외에서 밸브 등을 직접 조작하는 경우에는 계기실에 있는 계기의 지시에 따라서 조작할 필요가 있으므로 계기실과 해당 조작 장소간 통신시설로 긴밀한 연락을 취하면서 적절하게 대처한다.
- (5) 밸브 등에 무리한 힘을 가하지 않도록 하기 위하여 다음 기준에 따라 조치를 한다.



- ① 직접 손으로 조작하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 직접 손으로 조작하기가 어려운 밸브에 대해서는 밸브렌치(valve wrench) 등을 사용할 수 있다.
 - ② 밸브 등의 조작에 밸브렌치 등을 사용하는 경우에는 당해 밸브 등의 재질 및 구조에 대해서 안전한 개폐에 필요한 표준토크를 조작력 등의 일정 조작 조건에서 구하여 얻은 길이의 밸브렌치 또는 토크렌치(torque wrench : 한가지 기능형으로 한다)로 의하여 조작한다.
- 사고예방설비 유지관리 : 정전기 제거설비를 정상상태로 유지하기 위하여 다음 사항을 확인한다.
 - 지상에서 접지 저항치
 - 지상에서의 접속부의 접속상태
 - 지상에서의 절선 그밖에 손상 부분의 유무

7


학습내용

- 연구실 가스설비 안전진단 및 점검을 할 수 있다.

안전진단 및 점검

진단 항목 및 방법	판단기준				사진
	양호	미흡	심각	해당없음	
① 용기, 배관, 조정기 및 밸브 등의 가스 누출 확인 - 가연성가스누출검출기, 일산화탄소농도 측정기, 산소농도 측정기를 활용하여 가스 누출 및 산소, 일산화탄소 농도 측정	가스누출 없음		가스누출 확인		
② 적정 가스누출경보장치 설치 및 관리 여부 - 가스누출경보장치 설치 장소 1. 가연성 및 독성가스 누출의 우려가 있는 설비, 가스가 체류하기 쉬운 장소 등 2. 공기보다 가벼운 가스 : 천장에서 30cm 이내 / 공기보다 무거운 가스 : 바닥면에서 30cm 이내 3. 가스경보부는 연구활동종사자가 상주하는 곳에 설치		• 가스누출경보장치 설치 및 설치장소 적합 • 가스누출경보장치 검교정 확인	가스누출경보장치 미설치		
③ 가연성, 조연성, 독성 가스 혼재 보관 여부	가스 특성별 분리 보관		연구실 내 가스 혼재 보관	가스용기 외부 보관 시	

진단 항목 및 방법	판단기준				사진
	양호	미흡	심각	해당없음	
④ 가스용기 충전기한 경과 여부	가스용기 충전기한 준수	가스용기 충전기한 미준수 (단, 소화용 충전용기 또는 연구장비 및 설비에 고정 장치된 충전용기의 경우 제외)	가스용기 충전기한이 지나있고, 스커트 훼손 등 상태 심각	가스용기 외부 보관 시	
⑤ 화염을 사용하는 분기관에 LPG 및 아세틸렌 용기 역화방지장치 부착 여부	역화방지장치 설치		역화방지장치 미설치	화기 미사용	
⑥ 가스용기 고정(체인, 스트랩, 보관대 등) 여부	가스용기별 고정 장치 체결 또는 체인, 스트랩 1개당 최대 3개 용기, 2개 지점 이상에 체결 관리	고정장치 미흡 및 미고정 사용		가스용기 외부 보관 시	
⑦ 가스용기 보관 위치 적정 여부 (직사광선, 고온 주변 등)	직사광선 및 고온, 화기, 인화성물질 등과 충분히 이격하여 보관 (최소 2m)		직사광선에 직접 노출 또는 40°C 이상의 고온, 화기 주변에 가스용기 보관	가스용기 외부 보관 시	
⑧ 가스용기 밸브 보호캡 설치 여부	미사용하는 모든 가스용기에 보호캡 설치	가스용기 보호캡 미설치		가스용기 외부 보관 시	
⑨ 가스배관에 명칭, 압력, 흐름방향 등 기입 여부	모든 배관에 가스 명칭, 흐름 방향 등 부착	일부 가스배관 표시 누락			
⑩ 가스배관 및 부속품 부식 여부 - 육안 확인 및 가연성가스누출 검출기를 활용하여 점검	배관 및 부속품 부식없음		배관 및 부속품 부식 상태가 심각하여 즉시 교체 필요		
⑪ 가스배관 충격방지 보호덮개 설치 여부	종사자 및 연구기계·기구 등과 접촉 가능한 배관, 이음새 등에 충격방지조치 실시	충격방지조치를 하였으나 보관·보수 필요	배관, 이음새 등에 충격방지조치 보수 필요		
⑫ 미사용 가스배관 방치 및 가스배관 말단부 막음 조치 상태	<ul style="list-style-type: none"> 미사용 가스배관 없음 가스배관 미사용 시 말단부 막음조치 완료 		미사용 가스배관 방치		

진단 항목 및 방법	판단기준				사진
	양호	미흡	심각	해당없음	
⑬ 독성가스 중화제독 장치 설치 및 작동 상태 확인	제독장치 설치 및 유해 배기가스 적정기준치 이하 대기방출		제독장치 미설치	독성가스 미사용	
⑭ 미사용 가스용기 보관 여부	미사용, 잔가스 용기 없음	미사용, 잔가스 용기 연구실내 보관			
⑮ LPG 및 도시가스시설에 가수누출 자동차단장치 설치 여부	자동차단장치 설치		자동차단장치 미설치	해당 가스 미사용	
⑯ 특정고압가스 사용 시 전용 가스실린더 캐비닛 설치 여부	한국가스 안전공사 인증 전용캐비닛 설치		자동캐비닛 미설치	특정고압가스 미사용	
⑰ 고압가스 제조 등 승인 또는 허가 관련 기록 유지 관리	가스안전법 등에 따른 신고·허가준수 및 기록관리 중요	법령 일부에 대한 신고 및 허가 및 기록관리 미실시	신고·허가 미인지 및 미신고 또는 미허가	미취급	

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 소방안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 가스폭발위험장소의 설정에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE E-180-2020), 한국산업안전보건공단, 2020.
- 연구실 안전교육 표준교재 화학안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 가스시설의 폭발위험장소 종류 구분 및 범위 산정에 관한 기준(KGS GC101 2018), 한국가스안전공사, 2018.
- 2021 특정고압가스 사용의 시설·기술·검사 기준(KGS FU211), 한국가스안전공사, 2021.
- 2021 특정고압가스 사용의 시설·기술·검사 기준(KGS FU212), 한국가스안전공사, 2021.
- 「고압가스 안전관리법 시행규칙(산업통상자원부령 제448호)」

3.3.2. 화학물질의 폭발 방지대책

KEYWORD 화학물질의 폭발, 방지대책, 가스 폭발 형태, 폭발방지대책, 가스시설 전기방폭 기준

개요 • 연구실 내 화학물질의 폭발 특성을 알고, 폭발방지 방법 및 안전장치, 폭발 위험장소 및 방폭형 구조를 학습하여 연구실 내 화학물질 폭발 방지 대책을 마련하도록 한다.

• 연구실 내 가스 폭발 형태와 폭발방지 대책을 알아본다.

학습목표 ① 연구실 내 화학물질의 폭발 특성을 알고 폭발을 방지할 수 있는 방법과 안전장치를 학습하고 폭발 위험장소 및 방폭형 구조를 알 수 있다.

② 연구실 가스 폭발 형태와 폭발방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 가스 폭발 형태에 대하여 설명할 수 있다.

화학물질(가스)의 폭발 특성

- 폭발은 착화까지 연소와 동일하나 착화 이후 급격한 압력의 전파로 폭음과 함께 파괴를 수반한다.
- 기체나 액체의 팽창, 상변화 등의 물리현상이 압력발생의 원인이 되는 물리적 폭발과 물체의 연소, 분해, 중합 등의 화학반응으로 압력이 상승하는 화학적 폭발로 구분한다.
- 화학적 폭발은 급격한 화학적인 변화에 의한 폭발로서 원인계와 생성계가 동일하지 않으므로 물적 조건과 에너지 조건을 통한 예방대책과 소극적인 방화대책이 필요하다.
- 일반적으로 프로판·LNG등의 가스폭발, 가연성 인화성 액체 등의 증기폭발, 화약류의 고체폭발, 아세틸렌 등의 분해폭발, 석탄·알루미늄 분진 등이 공기 중에 부유한 상태에서 일어나는 (Dust) 분진폭발 등은 화학적 폭발의 예이다.
- 화학적 폭발은 기상에서 많이 발생된다.
 - 가스 폭발
 - (1) 가연성 가스와 지연성 가스와의 혼합기체에서 발생하며 폭발범위 내에 있고 점화원 (불씨, 정전기 등)이 존재하여야 한다.
 - (2) 다량의 가연성 가스 또는 기화하기 쉬운 가연성 액체가 지표면에 유출되어 다량의 혼합 기체가 형성되어 폭발이 일어나는 증기운 폭발 (vapor cloud explosion)이 대표적인 예이다.
 - 분무 폭발
 - (1) 고압의 유압설비 일부가 파손되어 내부의 가연성 액체가 공기 중에 분출되고 이것의 미세한 방울이 공기 중에 부유하고 있을 때 착화에너지가 주어진다면 발생 한다.

(2) 분무 폭발과 비슷한 것으로 박막폭광이 있으며 이것은 압력유, 윤활유가 공기 중에 분무될 때 발생 한다.

- 분진 폭발

(1) 가연성 고체의 분진이 공기 중에 부유하고 있을 때에 어떤 착화원에 의해 폭발하는 현상으로 단위용적당 발열량이 크기 때문에 역학적 파괴효과는 가스 폭발 이상이다.

(2) 분진폭발의 조건은 가연성분진, 자연성 가스(공기), 점화원의 존재, 밀폐된 공간이다.

(3) 분진 폭발을 예방하기 위해서는 불활성 가스로 완전히 치환하던가, 산소농도를 약 5% 이하로 하고, 점화원을 제거하여야 한다.

(4) 분진 폭발을 일으키는 대표적인 물질은 먼지, 플라스틱 분말, 금속분(Al, Mg, Zn, Ti 등)이다.

- 분해 폭발

(1) 분해에 의해 생성된 가스가 열팽창 되고 이때 생기는 압력상승과 이 압력의 방출에 의해 일어나는 폭발 현상으로 가스폭발의 특수한 경우이다.

(2) 일반적으로 분해할 때 흡열하는 경우와 달리, 분해할 때 발열하는 에틸렌, 산화에틸렌, 아세틸렌, 과산화물 등이 대표적인 물질이다.

2

학습내용

- 연구실 내 가스 폭발 방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.

폭발방지 방법 및 안전장치

- 폭발의 조건에는 물적 조건인 폭발범위 (연소범위)의 농도와 압력, 에너지 조건인 발화온도, 발화에너지, 충격감도가 있다.
- 폭발방지는 가연물을 제거하고, 산소공급원을 차단하고, 점화원을 냉각하며 연쇄반응을 억제하는 방법으로 진행한다.
 - 환기를 실시하여 가연성 가스, 증기 및 분진이 폭발범위 내로 축적되지 않도록 한다.
 - 불활성 가스 봉입이나 공기 또는 산소의 혼입을 차단한다.
 - 용접 또는 용단 작업의 불꽃, 기계 및 전기적인 점화원을 제거하거나 억제한다.

(1) 가연물 관리

- ① 가연물의 물질특성 파악 후, 연구실 주변 가연물을 제거하거나, 용기나 배관 내용물 배출 표시 등 안전조치사항을 확인하거나, 용접 불꽃 비산 방지를 위한 각종 개구부 차단 여부를 확인하여 실험 시작 전 가연물의 제거, 퍼지, 차단 확인 후 실험을 시작한다.
- ② 독성, 가연성 가스 퍼지 후 가스잔류 여부를 확인하여 가스 분진 누출 여부를 측정한다.

③ 반응 내용물 제거하는 경우, 가연성 가스·분진 제거 후 공기로 치환하고, 잔존물 이송할 때는 철재호스 사용 및 접지, 스파크가 일어나지 않는 재질의 방폭 공구를 사용한다.

(2) 점화원 관리

① 화염, 고열물 및 고온표면, 충격 및 마찰, 단열압축, 자연발화, 화학반응, 전기, 정전기, 광선 및 방사선 등이 점화원으로 작용할 수 있는 관리를 해야 한다.

② 가연성 물질, 인화성 물질 근처에 화기 작업을 금지하고 안전점검 및 화기 작업 허가를 철저히 한다.

③ 산소와 점화원은 제거가 불가능하므로 가연물에 대한 격리, 제거, 및 방호가 중요하다.

• 전기설비 방폭화

- 위험장소에 따라 방폭 구조가 달라지며, 위험성가스와 증기분진이 체류하는 장소의 조명, 모터, 제어반, 기타 전기 설비의 점화원을 관리한다.

• 정전기 제거

- 정전기 발생 제어, 정전기 축적 방지, 적정습도 유지, 이온화를 통해 정전기를 제거한다.

• 가스농도 검지

- 가연성가스가 누설하여 체류하는 위험장소에서는 폭발 위험성이 크므로 가스농도 검지가 필요하다.

- 가스농도 검지방법: 배관이나 접속부 등에 비눗물을 발라 기포 발생 유무로 누설을 확인하여야 한다. 누설 시 가스농도 측정기나 분석기에서 발생하는 경보음이나 경보 등에 의해 확인한다.

- 종류로는 반도체식, 접촉연소식, 기체열전도도식 등이 있다.

• 압력방출장치

- 압력방출은 방호할 장치의 일부분에 그 장치보다 내압이 작은 부분을 구비하는 것

- 미연소 가연물이 대기로 유출하여 폭발할 우려가 있는 장소에 설치한다.

- 미연소물질도 분출하여 장치 외부에서 폭발이 지속될 우려가 있는 장소에 설치한다.

(1) 안전밸브

① 기계적 하중에 의해 밸브가 막혀있고 장치 내에 설정압력 도달 시 내부 압력을 방출하는 기구

② 안전밸브는 압력이 일정압력 이하가 되면 자동 복원되어 내용물 방출이 정지된다.

③ 안전밸브는 방출량이 적어 급격한 압력상승이나 폭발압력 방출에는 부적합하다.

i) Safety valve: 스팀, 공기, 가스에 이용되며 압력증가에 따라 순간적으로 개방된다.

ii) Relief valve: 액체에 이용되며 압력증가에 따라 서서히 개방된다.

iii) Safety-relief valve: 가스, 증기, 액체에 이용되며 압력증가에 따라 중간정도 속도로 개방된다.

(2) 파열판 (Rupture disk)

① 금속 박판을 사용하여 구성하며 평판형보다 dome형이 신뢰성이 있고 규격화 되어 있다.

② 비정상반응에서 가스 발생속도의 추정이 가능하려면 이에 상응하는 배출량의 구경을 갖는 파열판을

설치해야 한다.

※ 파열판을 설치하여야 하는 경우

- i) 반응폭주 등 급격한 압력 상승의 우려가 있는 경우
- ii) 운전 중 안전밸브에 이상물질이 누적되어 안전밸브의 기능을 저하시킬 우려가 있는 경우
- iii) 화학물질의 부식성이 강하여 안전밸브 재질의 선정에 문제가 있는 경우 등

(3) 가용합금 안전밸브

- ① 일반적으로 200℃ 이하의 용점을 갖는 금속을 가용합금이라 하며 화재온도 상승 시 금속이 용해하여 저장물을 방출하는 안전장치이다.
- ② 폭발에 의한 순간적 고온에는 작동하지 않으므로 폭발 방출에는 부적합하다.

(4) 폭발 방산공

- ① 덕트, 건조기, 방, 건물 등의 일부에 설계 강도보다 낮은 부분을 만들어 폭발압력을 방출하게 한다.
- ② 폭발 vent 또는 폭발문이라 한다.
- ③ 다른 압력방출장치에 비해 방출량이 크므로 특히 폭발 방호에 적합하다.
- ④ 구멍이 생긴 후 복원성이 없어서 회분식 장치에 이용된다.

• 폭발억제장치

- 밀폐장치 내의 폭발에 대해서 폭발발생을 초기에 검출하여 연소억제제를 살포하여 화염을 소멸시키고 폭발성장을 정지하도록 하는 장치이다.
- 방호장치 내부에서 폭발을 종료하여 화염이나 미연소물질 분출, 폭발음 발생 등의 외부 영향이 없다.
- 폭발 검출기구, 억제제와 살포기구, 제어기구로 구성되어 있고, 작동이 빠르고 신뢰성이 요구되는 안전장치이다.

3

학습내용

- 연구실 내 폭발위험장소 선정 및 방폭형 구조를 설명할 수 있다.

폭발위험장소 및 방폭형 구조

• 폭발위험장소

(1) 0종 장소 (zone 0): 지속적인 위험 분위기

- ① 폭발성 가스 혹은 증기가 폭발 가능한 농도로 계속해서 존재하는 지역이 해당된다.
- ② 파이프라인 혹은 기기의 내부, 대기와 통하는 vent를 가지는 저장탱크 또는 용기 내부, IFRT (internal floating roof tank)의 내외부 지붕 사이, 개방된 용기, 저장탱크 및 탱크 내부, 배기덕트의 내부, 피트 등이 해당된다.

(2) 1종 장소 (zone 1): 통상 상태에서의 간헐적 위험 분위기

- ① 상용 상태에서 위험분위기가 존재할 가능성이 있는 장소가 해당된다.
- ② 보수, 유지 등으로 인해 폭발성 가스가 자주 위험수준 이상으로 존재할 수 있는 곳
- ③ 운전, 보수 및 누설에 의하여 자주 위험 분위기가 생성되는 곳
- ④ 설비 일부의 고장 시 가연성 물질의 방출과 전기 계통의 고장이 동시에 발생되기 쉬운 곳
- ⑤ 환기가 불충분한 장소에 설치된 배관 계통으로 배관이 쉽게 누설되는 구조인 곳
- ⑥ 주변보다 지역이 낮아 인화성 가스나 증기가 체류할 수 있는 곳
- ⑦ 안전밸브 vent 주위나 환기가 불충분한 컴프레서 또는 펌프실

(3) 2종 장소 (zone 2): 이상 상태에서의 위험 분위기

- ① 이상상태에서 위험 분위기가 단시간 동안 존재할 수 있는 장소로써 통상적인 운전 상태, 통상적인 유지보수 및 관리 상태 등에서 벗어난 이상 상태에서 고장, 기능상실, 오작동 등의 상태를 의미한다.
- ② 위험물이 일반적으로 닫힌 용기 혹은 닫힌 시스템 안에 갇혀 있기 때문에 오직 사고로만 용기나 시스템이 파손되는 경우, 혹은 설비의 부적절한 운전의 경우에만 위험물이 유출될 가능성이 있는 지역
- ③ 위험한 가스나 증기의 집중이 방지되는 지역에서 환기시설이나 장치의 고장이나 이상 운전으로 인해 위험 분위기가 조성될 수 있는 지역
- ④ 1종 장소에 인접한 지역으로 깨끗한 공기로 적절하게 순환되지 않거나, 양압 설비의 고장에 대비한 효과적인 보호가 없을 경우, 이들 지역으로부터 위험한 증기나 가스가 때때로 유입될 수 있는 지역

• 방폭구조에 따른 분류

(1) 내압방폭구조

- 용기내부에서 폭발성가스 또는 증기가 폭발하였을 때 용기가 그 압력에 견디며 또한 접합면, 개구부 등을 통해서 외부의 폭발성 가스·증기에 인화되지 않도록 한 구조
- 접합면에 패킹 대신 금속면을 사용하여 방폭 성능이 향상된 반면, 무겁고 비싸며, 내부폭발에 의해 내부기기가 손상된다는 단점이 있다.

(2) 압력방폭구조

- 용기내부에 보호가스(신선한 공기 또는 불연성가스)를 압입하여 내부압력을 유지함으로써 폭발성 가스 또는 증기가 용기 내부로 유입하지 않도록 된 구조
- 내압방폭구조보다 방폭 성능이 우수한 반면, 보호기체 공급 설비, 자동경보장치 등 부대설비로 인해 가격이 고가이다.

(3) 안전증방폭구조

- 정상운전 중에 폭발성 가스 또는 증기에 점화원이 될 전기불꽃, 아크 또는 고온 부분 등의 발생을 방지하기 위하여 기계적, 전기적 구조상 또는 온도상승에 대해서 특히 안전도를 증가시킨 구조

- 구조가 튼튼하고 내부고장이 없으므로 비교적 안전성이 높은 반면, 불꽃 발생 시 방폭 성능이 보장이 안 된다.

(4) 유입방폭구조

- 전기불꽃, 아크 또는 고온이 발생하는 부분을 기름 속에 넣고, 기름면 위에 존재하는 폭발성가스 또는 증기에 인화되지 않도록 한 구조
- 가연성 가스의 폭발등급에 관계없이 사용함으로 적용범위가 넓은 반면, 기름량 유지 및 기름면의 온도상승을 억제해야 한다.

(5) 본질안전방폭구조

- 정상시 및 사고시(단선, 단락, 지락 등)에 발생하는 전기불꽃, 아크 또는 고온에 의하여 폭발성 가스 또는 증기에 점화되지 않는 것이 점화시험, 기타에 의하여 확인된 구조 등을 말한다.
- 경제적이며 소형, 무정전 작업이 가능한 반면, 설비가 복잡하고 케이블 허용길이 제한된다.

(6) 비점화방폭구조

- 정상동작 상태에서는 주변의 폭발성 가스 또는 증기에 점화시키지 않고, 점화시킬 수 있는 고장이 유발되지 않도록 한 구조

(7) 몰드방폭구조

- 폭발성 가스 또는 증기에 점화시킬 수 있는 전기불꽃이나 고온 발생부분을 콤파운드로 밀폐시킨 구조 등을 말한다.

(8) 충전방폭구조

- 점화원이 될 수 있는 전기불꽃, 아크 또는 고온부분을 용기 내부의 적절한 위치에 고정시키고 그 주위를 충전물질로 충전하여 폭발성 가스 및 증기의 유입 또는 점화를 어렵게 하고 화염의 전파를 방지하여 외부의 폭발성 가스 또는 증기에 인화되지 않도록 한 구조

① 특수방폭구조

- ▶ (a)~(h) 이외의 방폭구조로서 폭발성 가스 또는 증기에 점화를 또는 위험분위기로 인화를 방지할 수 있는 것이 시험, 기타에 의하여 확인된 구조

② 특수방진방폭구조

- ▶ 전폐구조로서 틈새 깊이를 일정치 이상으로 하거나 또는 접합면에 일정치 이상의 깊이가 있는 패킹을 사용하여 분진이 용기내부로 침입하지 않도록 한 구조

③ 보통방진방폭구조

- ▶ 전폐구조로서 틈새 깊이를 일정치 이상으로 하거나 또는 접합면에 패킹을 사용하여 분진이 용기내부로 침입하기 어렵게 한 구조

④ 방진특수방폭구조

- ▶ (j), (k) 이외의 방폭구조로서 방진방폭성능을 시험, 기타에 의하여 확인된 구조

4

학습내용

- 가스 폭발범위에 대하여 설명할 수 있다.

가스 폭발범위

- 가연성가스의 연소 조건
 - 가연성 가스는 공기와 혼합된 상태에서만 연소할 수 있다.
 - 공기와 혼합되었다고 하더라도 특정 농도에서만 연소한다.
- 폭발범위
 - 정의 : 가연성 가스의 연소 조건에서의 농도의 범위를 말함. 즉 어떠한 가연성 가스의 폭발범위란, 가연성 가스가 연소할 수 있는 가연성 가스의 농도 범위이다.
 - 특징
 - (1) 폭발범위는 온도와 압력이 높아질수록 범위가 넓어진다.
 - (2) 일반적으로 주어지는 폭발범위는 상온, 상압에서의 범위이다.
 - (3) 공기 중에서의 폭발범위 보다 산소 중에서의 폭발범위가 더 넓다.
 - (4) 어떠한 가스의 폭발범위가 넓다는 것은 그 가스가 위험하다는 것을 뜻한다.
 - 주요 가스의 폭발범위

가스명	폭발범위(용량%)		가스명	폭발범위(용량%)	
	하 한	상 한		하 한	상 한
프로판	2.1	9.5	메탄	5	15
부탄	1.8	8.4	일산화탄소	12.5	74
수소	4	75	황 화 수소	4.3	45
아세틸렌	2.5	81	시아나화수소	6	41
암모니아	15	28	산화에틸렌	3.0	80

- 폭발한계
 - 정의
 - (1) 폭발한계는 폭발하한과 폭발상한이 존재한다.
 - (2) 폭발하한(LEL, Lower Explosion Limit) : 폭발범위의 가장 작은 값
 - (3) 폭발상한(UEL, Upper Explosion Limit) : 폭발범위의 가장 큰 값

- 특징

- (1) 폭발하한은 압력의 영향을 거의 받지 않으며, 온도의 영향을 받는다. 일반적으로 온도 상승 시 폭발하한은 감소한다.
- (2) 폭발상한은 온도와 압력 모두의 영향을 받는다. 일반적으로 온도와 압력 상승 시 폭발상한도 상승한다.
- (3) 불활성 가스를 혼합하면 폭발하한은 상승하며, 폭발상한은 감소한다. 즉, 불활성 가스를 첨가할 시 가연성 가스의 위험성이 감소한다.

가스 폭발 형태

• 비등액체팽창증기폭발(BLEVE)

- BLEVE는 Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion의 약자이며 영문을 그대로 해석하면 비등액체팽창 증기폭발임. 저장탱크 내에 저장되어 있던 가연성 액화가스가 외부의 화재로 인해 온도가 상승하기 시작하면 탱크 내부에서 기화하기 시작한다. 이로 인해 저장탱크 내부 압력이 상승하게 되는데 이 압력을 더 이상 이겨내지 못하고 저장탱크의 일부가 터져 나가는 현상이다. 즉, BLEVE란 저장탱크 내의 가연성 액체가 끓으면서 기화한 증기가 팽창한 압력에 의해 폭발하는 현상이다.

• 증기운 폭발(UVCE)

- 다량의 가연성 가스나 인화성 액체가 외부로 누출될 경우 해당 가스 또는 인화성 액체의 증기가 대기 중에 공기와 혼합하여 폭발성을 가진 증기운(Vapor Cloud)을 형성하고, 이때 점화원에 의해 점화할 경우 화구(Fire Ball)를 형성하며 폭발하는 형태를 증기운 폭발(Unconfined Vapor Cloud Explosion)이라 한다.
- 증기운 폭발은 가연성의 혼합가스 상태인 증기운에서 발생하는 폭발로 밀폐된 공간에서 발생된다. 또한 물질의 양이 많고, 연소 속도가 빨라 개방된 공간에서 발생하는 증기운 폭발을 자유공간 증기운 폭발이라고 한다.
- 증기운 폭발이라는 것은 말 그대로 증기로 된 운의 폭발을 말한다. 가연성의 혼합가스의 양이 많아 구름의 형태로 존재하는 상태에서 외부 점화원의 존재로 폭발이 발생하는 것이다. 가연성 가스 또는 인화성 액체가 구름의 형태로 존재하기 위해서는 다량의 가연성 가스 또는 인화성 액체가 누출되어야 한다.
- 증기운 폭발은 주로 화재에 의한 재해 형태를 보이고 있으며, 주변 공정 및 시설물에도 막대한 피해를 줌. 따라서 가연성 가스나 인화성 액체를 다량 취급하는 화학공정이나 가스 저장시설 등은 증기운 폭발이 발생하지 않도록 지속적인 관리가 필요하다.
- 증기운 폭발의 특징
 - (1) 증기운은 증기운 상태로의 크기가 커질수록 표면적이 넓어지기 때문에 착화 확률이 높아지게 된다.
 - (2) 증기운 폭발이 발생하게 되면 주로 폭발로 인한 피해보다는 화재에 의한 재해 형태를 보인다.
 - (3) 가연성 증기가 난류 형태로 발생한 경우 공기와의 혼합이 더욱 잘 되어 폭발의 충격이 더욱 커지게 된다.
 - (4) 증기운 폭발의 충격파는 최대 약 1atm 정도이며, 폭발 효율이 낮다.

폭발 방지 대책

- 폭발의 성립 조건
 - 공기 또는 산소와 혼합된 가연성 가스, 증기 및 분진이 일정농도(폭발범위)에 있을 때
 - 혼합된 물질의 일부에 점화원이 존재하여 최소점화에너지 이상의 에너지를 가할 수 있을 때
- 화재 및 폭발 방지
 - 가연성 가스, 증기 및 분진이 폭발범위 내로 축적되지 않도록 환기 실시
 - 공기 또는 산소의 혼입 차단(불활성 가스 봉입 등)
 - 연구실 내 불꽃, 기계 및 전기적인 점화원의 제거 또는 억제
- BLEVE 방지 대책
 - 탱크 내부의 온도가 상승하지 않도록 한다.
 - (1) 가장 좋은 방법은 가연성 액화가스가 들어있는 저장탱크는 보유 공지를 기준보다 넓게 유지하는 것이다. 그래서 저장탱크 주변에 아무것도 없도록 하거나, 인접 탱크로부터의 화염에 의한 영향을 최소화시킬 필요가 있다.
 - (2) 벽면이 가열되지 않도록 탱크 외벽을 식혀주는 방법이다. 다만, 물분무 장치의 수원이 고갈되면 소방차량의 급수를 통해 방사할 수 있지만, 효용성을 장담할 수 없으므로 보유 공지를 넓게 유지하는 것이 더 효과가 좋다.
 - 내부에 상승된 압력을 빠르게 감소시켜 주어야 한다.
 - (1) 대부분의 가연성 가스 및 가연성 액체를 저장하는 탱크에는 안전밸브를 설치하고 있음. 안전밸브가 탱크 내압시험 압력의 0.8배 이상에서 작동한다는 것보다 더 중요한 것은 얼마만큼 많은 압력을 배출할 수 있는냐이다. 즉, 안전밸브가 작동한다고 해서 팽창된 압력이 바로 해소되는 것이 아니라면 큰 의미가 없다. 내부의 압력 상승을 대비 안전밸브를 통해 감압되는 압력 감압률이 동등 이상이 되도록 하여야 한다.
 - (2) 최후의 방법은 파열판 또는 폭발 방산공을 설치하는 것이다. 탱크 내부 압력 상승률이 비정상적으로 상승하는 경우 안전밸브의 감압만으로는 한계가 있을 때에 필요하다.
 - 탱크가 화염에 직접 가열되는 것을 피한다.
 - (1) 방유제 내부에 경사도를 유지하여 누출된 유류가 가급적 탱크 벽면으로부터 먼 방향으로 흘러가게 만든다. 집적된 유류에서 화재가 발생하더라도 화염으로부터 일정 거리를 유지할 수 있도록 하여 탱크 벽면이 직접 가열되는 것을 피한다.
 - (2) 저장탱크를 지면 아래로 매설하는 방법을 이용하거나, 지상에 설치하는 경우 주요 시설물 등과의 사이에 콘크리트 차단벽을 설치하여, 그래서 저장탱크가 화염과 복사열에 직접 노출되지 않도록 하는 방법을 사용한다.

- 증기운 폭발 방지 대책
 - 가연성 가스 또는 인화성 액체의 누출이 발생하지 않도록 지속적으로 관리한다.
 - 가연성 가스 또는 인화성 액체의 재고를 최소화시킨다.
 - 가스누설감지기 또는 인화성 액체의 누액 감지기 등을 설치하여 초기 누출 시 대응할 수 있도록 한다.
 - 긴급차단장치를 설치하여 누출이 감지되면 즉시 공급이 차단되도록 한다.

가스시설 전기방폭 기준

- 방폭구조
 - 내압(耐壓) 방폭구조 : 방폭전기기기의 용기(이하 “용기”라 한다)내부에서 가연성가스의 폭발이 발생할 경우 그 용기가 폭발압력에 견디고, 접합면, 개구부 등을 통해 외부의 가연성가스에 인화되지 않도록 한 구조
 - 유입(油入) 방폭구조 : 용기 내부에 절연유를 주입하여 불꽃·아아크 또는 고온발생부분이 기름 속에 잠기게 함으로써 기름면 위에 존재하는 가연성가스에 인화되지 않도록 한 구조
 - 압력(壓力) 방폭구조 : 용기내부에 보호가스(신선한 공기 또는 불활성가스)를 압입하여 내부압력을 유지함으로써 가연성가스가 용기내부로 유입되지 않도록 한 구조
 - 안전증방폭구조 : 정상운전 중에 가연성가스의 점화원이 될 전기불꽃·아아크 또는 고온 부분 등의 발생을 방지하기 위해 기계적·전기적 구조상 또는 온도상승에 대해 특히 안전도를 증가시킨 구조
 - 본질안전방폭구조 : 정상 시 및 사고(단선, 단락, 지락 등) 시에 발생하는 전기불꽃·아아크 또는 고온부로 인하여 가연성가스가 점화되지 않는 것이 점화시험, 그 밖의 방법에 의해 확인된 구조
 - 특수방폭구조 : 가연성가스에 점화를 방지할 수 있다는 것이 시험, 그 밖의 방법으로 확인된 구조
- 위험장소 분류
 - 가연성가스가 폭발할 위험이 있는 농도에 도달할 우려가 있는 장소(이하 “위험장소”라 한다)의 등급은 다음과 같이 분류한다.
 - 0종 장소 : 상용의 상태에서 가연성가스의 농도가 연속해서 폭발하한계 이상으로 되는 장소(폭발상한계를 넘는 경우에는 폭발하한계 이내로 들어갈 우려가 있는 경우를 포함한다)
 - 1종장소 : 상용상태에서 가연성가스가 체류해 위험하게 될 우려가 있는 장소, 정비보수 또는 누출 등으로 인하여 종종 가연성가스가 체류하여 위험하게 될 우려가 있는 장소
 - 2종장소
 - (1) 밀폐된 용기 또는 설비 안에 밀봉된 가연성가스가 그 용기 또는 설비의 사고로 인하여 파손되거나 오조작의 경우에만 누출할 위험이 있는 장소
 - (2) 확실한 기계적 환기조치에 따라 가연성가스가 체류하지 아니하도록 되어 있으나 환기장치에 이상이나 사고가 발생한 경우에는 가연성가스가 체류해 위험하게 될 우려가 있는 장소
 - (3) 1종장소의 주변 또는 인접한 실내에서 위험한 농도의 가연성가스가 종종 침입할 우려가 있는 장소

• 방폭전기 기기 선정

- 선정조건 : 방폭전기 기기는 한국가스안전공사, 방폭시험설비와 전문기술인력을 갖추고 있다고 산업통상자원부장관이 인정하는 기관 또는 다른 법령에 따른 검정기관이 실시하는 성능검정을 받은 것으로 한다. 다만, 외국 공인기관의 검정을 받은 것에 대해 검정의 전부 또는 일부를 면제할 수 있다.
- 분류기준 : 가연성가스의 폭발등급과 발화도(이하 “위험등급”이라 한다) 분류 및 이에 대응하는 방폭전기 기기의 등급 분류는 다음과 같다.

(1) 가연성가스의 폭발등급 및 이에 대응하는 방폭전기기기의 폭발등급

〈표-11〉 가연성가스의 폭발등급 및 이에 대응하는 내압방폭구조의 폭발등급

최대안전틈새 범위(mm)	0.9 이상	0.5 초과 0.9 미만	0.5 이하
가연성가스의 폭발등급	A	B	C
방폭전기기기의 폭발등급	Ⅱ A	Ⅱ B	Ⅱ C

※ 비고 : 최대안전틈새는 내용적이 8리터이고 틈새깊이가 35mm인 표준용기 안에서 가스가 폭발할 때 발생한 화염이 용기 밖으로 전파하여 가연성가스에 점화되지 않는 최대값

〈표-12〉 가연성가스의 폭발등급 및 이에 대응하는 본질안전방폭구조의 폭발등급

최소점화전류비의 범위(mm)	0.8 초과	0.45 이상 0.8 미만	0.45 이하
가연성가스의 폭발등급	A	B	C
방폭전기기기의 폭발등급	Ⅱ A	Ⅱ B	Ⅱ C

※ 비고 : 최소점화전류비는 메탄가스의 최소점화전류를 기준으로 나타낸다.

(2) 가연성가스의 발화도 범위에 따른 방폭전기기기의 온도등급

〈표-13〉 가연성가스의 발화도 범위에 따른 방폭전기기기의 온도 등급

가연성가스의 발화도(°C) 범위	방폭전기기기의 온도등급
450 초과	T1
300 초과 450 이하	T2
200 초과 300 이하	T3
135 초과 200 이하	T4
100 초과 135 이하	T5
85 초과 100 이하	T6

- 선정방법 : 전기설비는 폭발의 위험이 없는 안전한 장소에 설치하되 부득이하게 위험장소에 전기설비를 설치할 경우에는 다음 기준에 따라 방폭전기기기를 선정한다.
 - (1) 가연성가스의 위험등급에 따라 위의 <표-11>부터 <표-13>까지에 적합한 폭발등급 및 온도등급의 방폭 전기기기를 선정한다.
 - (2) 중요한 저압전기기구의 방폭구조는 KGS GC201 2018의 <표-14>에 따라 선정한다.
 - (3) 두 종류 이상의 가스가 같은 위험장소에 존재하는 경우에는 그 중 위험등급이 높은 것을 기준으로 하여 방폭전기기기의 등급을 선정한다.

• 방폭전기 기기 구조별 표시방법

<표-14> 방폭전기기기의 구조별 표시방법

방폭전기기기의 구조별 표시방법	표시방법
내압방폭구조	d
유입방폭구조	o
압력방폭구조	p
안전증방폭구조	e
본질안전방폭구조	ia 또는 ib
특수방폭구조	s

• 방폭전기 기기 설치 기준

- 용기에는 방폭성능을 손상시킬 우려가 있는 유해한 흙, 부식, 균열 또는 기름 등의 누출 부위가 없도록 한다.
- 방폭전기기기 결합부의 나사류를 외부에서 쉽게조작함으로써 방폭성능을 손상시킬 우려가 있는 것은 드라이버, 스패너, 플라이어 등의 일반 공구로 조작할 수 없도록 한 자물쇠식 조임구조로 한다. 다만, 분해·조립의 경우 이외에는 늦출 필요가 없으며, 책임자 이외의 자가 나사를 늦출 우려가 없는 것으로 방폭성능의 보전에 영향이 적은 것은 자물쇠식 죄임을 생략할 수 있다.
- 방폭전기기기 배선에 사용되는 전선, 케이블, 금속관공사용 전선관 및 케이블보호관 등은 방폭전기기기의 성능을 떨어뜨리지 않는 것으로 한다.
- 방폭전기기기 설치에 사용되는 정선박스(Junction box), 푸울박스(Pull box), 접속함 등은 내압방폭구조 또는 안전증방폭구조의 것으로 한다.
- 방폭전기기기 설비의 부속품은 내압방폭구조 또는 안전증방폭구조의 것으로 한다.
- 내압방폭구조의 방폭전기기기 본체에 있는 전선인입구에는 가스의 침입을 확실하게 방지할 수 있는 조치를 하고, 그 밖의 방폭구조의 방폭전기기기 본체에 있는 전선인입구에는 전선관로 등을 통해 분진 등의 고형이물이나 물의 침입을 방지할 수 있는 조치를 한다.

- 조명기구를 천정이나 벽에 매어 달 경우에는 바람 등에 의한 진동에 충분히 견디도록 견고하게 설치하고, 매달리는 관의 길이는 가능한 한 짧게 한다.
- 전선관이나 케이블 등은 접히거나 급격한 각도로 굽혀진 부위가 없도록 한다.
- 본질안전방폭구조를 구성하는 배선은 본질안전방폭구조 이외의 전기설비배선과 혼촉을 방지하고, 그 배선은 다른 배선과 구별하기 쉽게 한다.
- 도시가스 공급시설에 설치하는 정압기실 및 구역압력조정기실 개구부와 RTU(Remote Terminal Unit) BOX는 다음 기준에서 정한 거리 이상을 유지한다.
 - (1) 지구정압기, 건축물내 지역정압기 및 공기보다 무거운 가스를 사용하는 지역정압기 : 4.5m
 - (2) 공기보다 가벼운 가스를 사용하는 지역정압기 및 구역압력조정기 : 1m

참고자료

- 가스시설 전기방폭 기준(KGS GC201 2018), 한국가스안전공사, 2018.
- “국가표준인증 통합정보시스템”, 검색일자: 2022년 2월 1일. <https://www.standard.go.kr/>
- 김형원(2007), 비등액체 팽창증기폭발(BLEVE): 메커니즘, 결과의 평가 및 관리. 한국과학기술정보연구원.
- 송영주(2016). 쉽게 배우는 소방원론. 동화기술.
- 이수경(2009). 가스폭발방지공학. 아진.
- 이승훈(2016). 폭발의 이해와 조사실무. 동화기술.
- 「위험기계·기구방호조치 기준(노동부고시 제2020-38호)」

3. 4. 화학 시설(설비) 설치·운영 및 관리

3.4.1. 화학 시설(설비) 설치·운영 및 관리



3.4.1. 화학 시설(설비) 설치·운영 및 관리

KEYWORD 화학분야 연구실 설치·운영 기준

개요 화학분야 연구실의 안전한 사용을 위한 설비·장비 설치기준을 숙지한다.

학습목표 ① 화학 시설(설비)을 안전하게 설치·운영·관리할 수 있다.

1

학습내용

- 화학 시설(설비)을 안전하게 설치·운영·관리할 수 있다.

화학분야 설치기준

• 설계 일반

- 화학분야 연구실에서 사용하는 대부분의 물질은 인체에 유해하기 때문에, 데이터(data) 처리 및 문서 작업을 할 경우 반드시 실험 공간과 분리된 별도의 사무 공간에서 수행하여야 한다.
- 화학분야 연구실 내 각각의 실험장비가 점유하는 공간은 주 통행로와 분리될 수 있도록 장비별 안전구획선 및 안전작업영역을 설정·확보하여야 한다.
- 연구실에 고압가스 실린더를 사용하는 장비가 있다면 안전한 통행로를 확보하여야 한다.
- 화학분야 연구실의 바닥은 물질이 스며들지 못하고 해당 물질에 견딜 수 있는 재료를 사용하여야 한다.

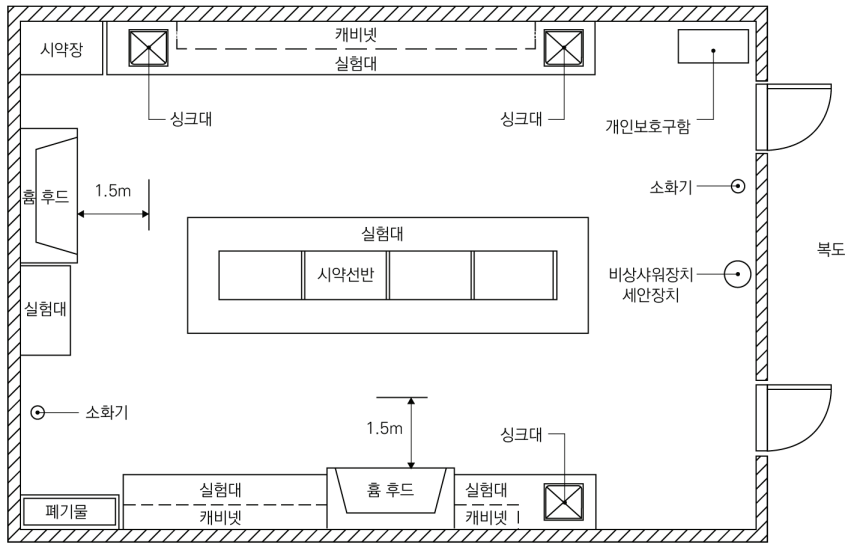
• 안전장비 및 설비

- 부식성물질 등 유해화학물질이 인체에 접촉할 경우를 대비하여 비상샤워장치 및 세안장치를 설치하여야 하며, 항상 사용 가능하게 준비가 되어 있어야 한다.
- 각종 인화성 및 가연성 물질을 사용할 경우 흡후드를 설치하여야 한다.
- 유기화합물 취급 업무를 행하는 연구실에는 유기화합물의 증기 발산원을 밀폐하는 조치를 취하여야 한다.
- 고독성 물질을 사용하는 연구실의 경우에는 시약장이나 냉장고 등에도 음압을 유지할 수 있도록 하고, 환기설비를 설치하여 고독성 물질의 증기가 연구실 내부로 유입되지 않도록 하여야 한다.

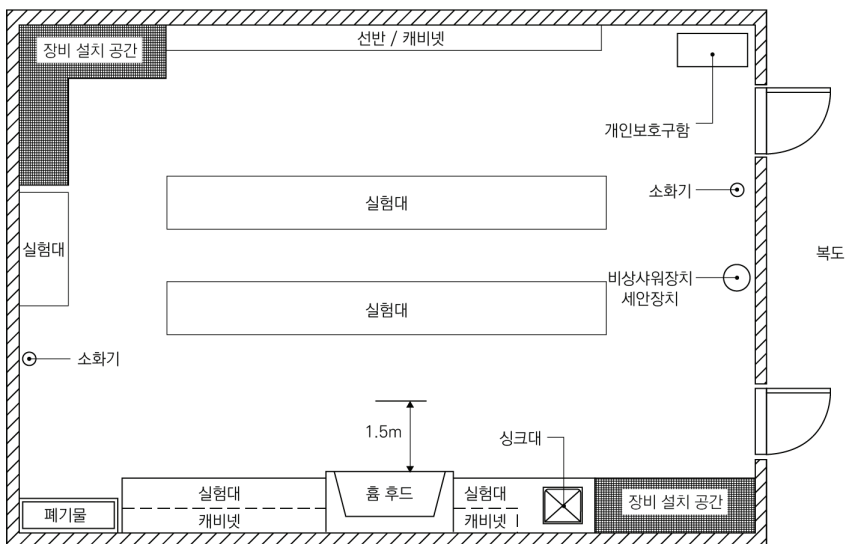
※ 참고자료 : 연구실 설치운영 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019, pp112~129

화학분야 연구실 레이아웃 예시

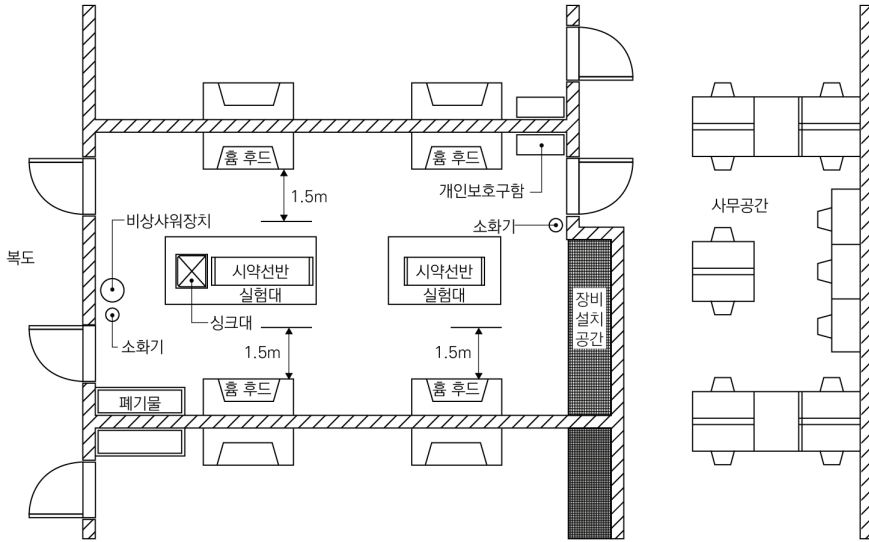
- 화학분야 연구실 레이아웃 예시



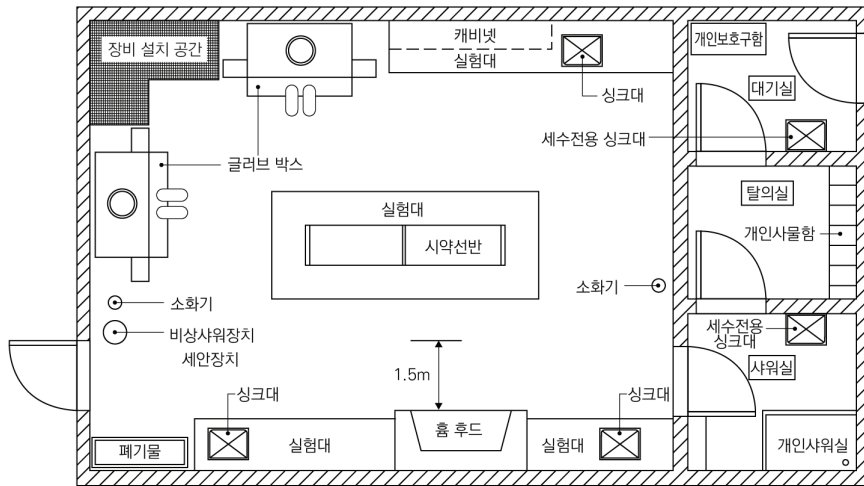
〈그림-15〉 일반형 연구실의 레이아웃 예시



〈그림-16〉 분석 화학장비 보유 연구실의 레이아웃 예시



〈그림-17〉 연구공간과 사무공간이 분리된 연구실의 레이아웃 예시



〈그림-18〉 탈의실 및 샤워실을 설치한 연구실의 레이아웃 예시

참고자료

- 연구실 설치운영 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.

학습가이드 이용 시 유의사항

- 본 학습 가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료일 뿐이며, 가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있습니다. 아울러, 본 학습 가이드에는 언급되지 않았으나, 연구실 화학(가스) 안전관리와 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 다양한 참고자료 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

연구실 기계·물리 안전관리

PART 4



4.1. 기계 안전관리 일반

4.1.1. 기계안전의 개념

4.1.2. 사고발생시 비상조치 요령 및 사고 원인 대응·복구



4.1.1. 기계안전의 개념

KEYWORD 기계 설비의 종류, 위험요인, 안전대책

개요 연구실 내에서 사용되는 기계 설비의 종류별 위험요인 및 안전대책에 관하여 이해하고, 사고유형별 원인조사, 대응·복구대책을 학습함으로써 일반적 기계 안전관리에 관한 전문지식을 습득한다.

학습목표 ① 연구실 기계·기구 설비의 정의 및 종류를 이해하고, 종류별 특징을 설명할 수 있다.
② 연구실 기계·기구 설비의 일반적인 위험요인, 방호조치, 안전수칙, 안전대책에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실 기계·기구의 정의 및 종류에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 기계·기구의 정의

- 연구실 사용 기계·기구 및 공구의 정의 및 특징을 이해한다.

연구실 기계·기구의 종류

연구실 실험·분석·안전장비	<ul style="list-style-type: none"> • 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM), 고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 레이저, UV장비 등 	
공구	수공구	<ul style="list-style-type: none"> • 해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등
	동력공구	<ul style="list-style-type: none"> • 전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등
공작/가공 기계·기구	<ul style="list-style-type: none"> • 3D프린터, 선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 등 	
중량물 운반 기계·기구	<ul style="list-style-type: none"> • 천장크레인(호이스트), 리프트 등 	

※ 학습자료 : 연구실 주요기기·장비 취급관리 가이드라인(과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.)
연구실 안전교육 표준교재 기계안전, CH. 1. 기계의 기본 개념(p6,7) 등

2

학습내용

- 연구실 기계사고의 주요 원인 및 위험요인에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 기계·기구의 주요 사고원인

- 기계 자체가 실험용, 개발용으로 변형·제작되어 안전성이 떨어진다.
- 기계의 사용방식이 자주 바뀌거나 사용하는 시간이 짧다.
- 기계의 사용자가 경험과 기술이 부족한 연구활동종사자이다.
- 기계의 담당자가 자주 바뀌어 기술이 축적되기 어렵다.
- 연구실 환경이 복잡하여 여러 가지 기계가 한 곳에 보관된다.
- 기계 자체의 결함으로 인해 사고가 발생할 수 있다.
- 방호장치의 고장, 미설치 등으로 사고가 발생할 수 있다.
- 보호구를 착용하지 않고 설비를 사용하여 사고가 발생할 수 있다.

기계·기구의 위험 요소

- 운동하는 기계는 작업점을 가지고 있다.
- 기계의 작업점은 큰 힘을 가지고 있다.
- 기계는 동력을 전달하는 부분이 있다.
- 기계의 부품 고장은 반드시 일어난다.

기계·기구의 동작 형태

- 기계의 운동은 형태에 따라 분류 시 회전운동, 왕복운동 또는 미끄럼운동, 회전과 미끄럼운동의 조합, 진동운동으로 나눌 수 있다.

1) 회전동작(Rotating Motion)

- 접촉 및 말려들
- 고정부와 회전부 사이의 끼임, 협착, 트랩 형성
- 회전체 자체 위험
- 예: 플라이휠, 팬, 풀리, 축

2) 횡속동작(Rectilinear Motion)

- 작업점과 기계적 결합부 사이에서 고정부에 운동부가 횡속동작을 하며 위험점이 형성

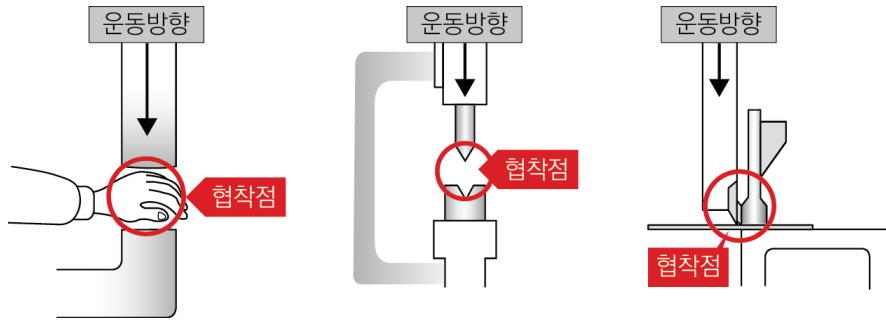
3) 왕복동작(Reciprocating Motion)

- 운동부와 고정부 사이에 전후/좌우 등 이동시 형성
- 예: 프레스, 세이퍼

위험점

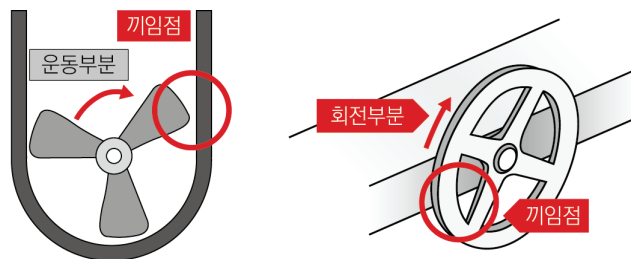
- 협착점, 끼임점, 물림점, 접선물림점, 절단점, 회전물림점을 구분하여 이해하고, 위험점을 설명하는 그림에 관해 구분할 수 있다.

- 협착점(Squeeze Point): 왕복운동을 하는 동작운동과 움직임이 없는 고정부분 사이에 형성되는 위험점으로, 프레스, 절단기, 성형기, 조형기, 절곡기 등에서 발생한다.



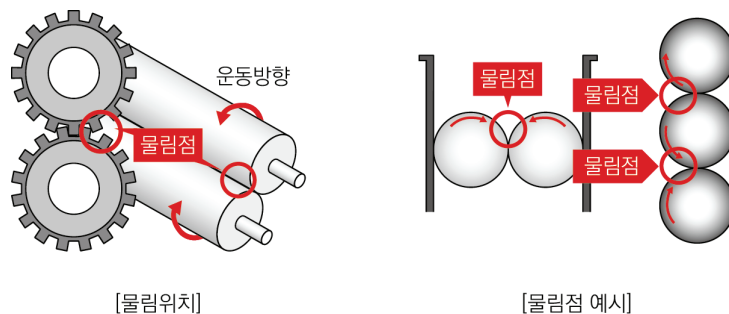
〈그림-19〉 협착점

- 끼임점(Sheer Point): 고정부분과 회전하는 동작부분이 함께 만드는 위험점으로 연삭숫돌과 작업받침대, 교반기의 날개와 하우스, 반복왕복운동을 하는 기계부분에서 발생한다.



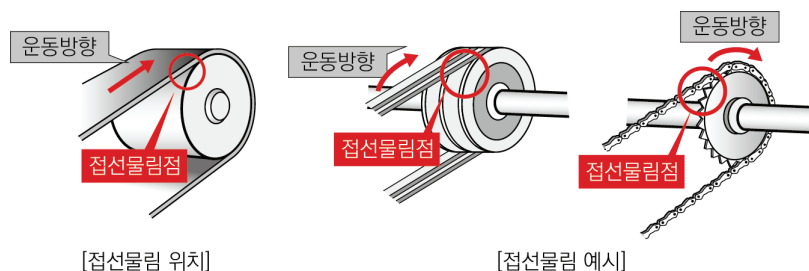
〈그림-20〉 끼임점

- 물림점(Nip Point): 회전하는 두 개의 회전체에는 물려 들어가는 위험성이 존재하고, 이 때 위험점이 발생하는 조건은 회전체가 반대방향으로 맞물려 회전되어야 한다.



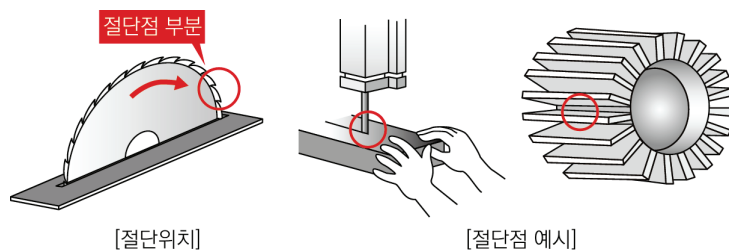
〈그림-21〉 물림점

- 접선물림점(Tangential Nip Point): 회전하는 부분의 접선방향으로 물려 들어갈 위험이 존재하는 점으로 V벨트, 체인벨트, 평벨트, 기어와 랙의 물림점 등에서 발생한다.



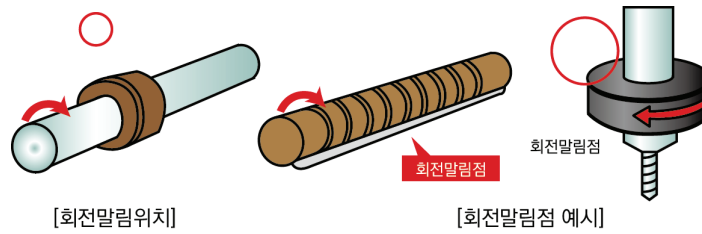
〈그림-22〉 접선물림점

- 절단점(Cutting Point): 고정부분과 운동부분이 만드는 위험점이 아니고, 회전하는 운동부분 자체의 위험이나 운동하는 기계부분 자체의 위험에서 초래하는 위험점이다.



〈그림-23〉 절단점

- 회전말림점(Trapping Point): 회전하는 물체에 작업복 등이 말려드는 위험이 존재하는 점으로 회전하는 축, 커플링 또는 회전하는 보링머신의 바이트 등이 이에 해당한다.



〈그림-24〉 회전말림점

사고체인의 요소

- 사고체인(Accident Chain)의 5요소를 이해하고 사고예방을 위해 적용할 수 있다.
- 1요소: 함정(Trap)
- 2요소: 충격(Impact)
- 3요소: 접촉(Contact)
- 4요소: 얽힘, 말림(Entanglement)
- 5요소: 튀어나옴(Ejection)

3

학습내용

- 연구실 기계·기구 설비의 방호조치에 대하여 설명할 수 있다.

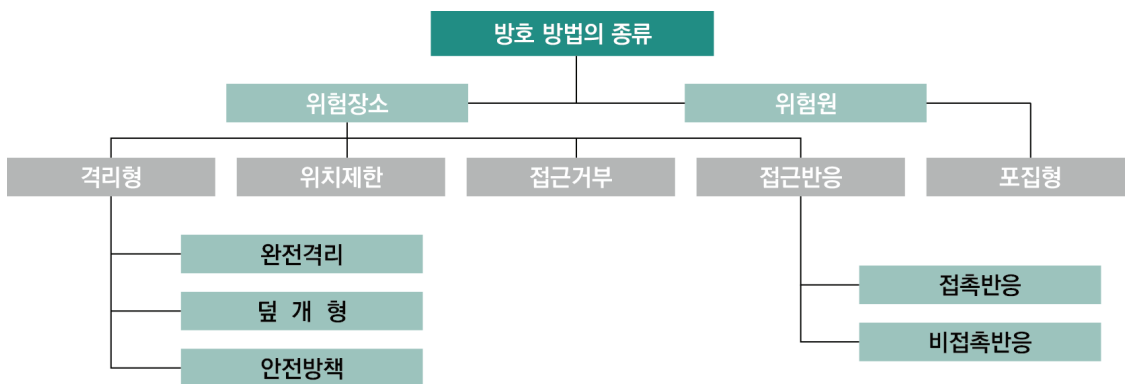
방호장치 개요

- 방호장치 개념
 - 기계적·물리적 위험으로부터 작업자의 안전을 보호하기 위해 일시적 또는 영구적으로 설치하는 장치
- 방호장치의 일반원칙
 - 작업 편의성
 - 작업점 방호
 - 외관의 안전화
 - 기계특성과 성능의 보장

- 방호장치 선정 시 고려사항
 - 방호의 정도: 위험을 예지하는 것인가, 방지하는 것인가를 고려할 것
 - 적용의 범위: 기계 성능에 따라 적합한 것을 선정할 것
 - 보수성의 난이도: 점검, 분해, 조립하기 쉬운 구조일 것
 - 신뢰성: 가능한 한 구조가 간단하며 방호능력의 신뢰도가 높을 것
 - 작업성: 작업성을 저해하지 않을 것
 - 경제성: 성능대비 가격의 경제성을 확보할 것

방호장치 종류

- 위험장소/위험원에 따른 분류
- 격리형, 위치제한형, 접근거부형, 접근반응형, 포집형 방호장치의 정의 및 특징



〈격리형 방호장치 사례〉

- 가드(Guard)의 정의, 개요 및 종류
 - 덮개식(Enclosures, Fixed Barrier)
 - 방벽(Barrier)
 - 제어장치(Controls)
 - 전자식 각종 방호장치
 - 가드의 형태: 고정식, 인터록식, 자동식, 조정식 등

4

학습내용

- 연구실 기계·기구 설비의 안전수칙에 대하여 설명할 수 있다.

일반 안전수칙

- 혼자 실험하지 않는다.
- 기계를 작동시킨 채 자리를 비우지 않는다.
- 사용법 및 안전관리 매뉴얼을 숙지한 후 사용한다.
- 보호구를 올바르게 사용한다.
- 기계에 적합한 방호장치가 설치되어 있고 작동이 유효한지 확인한다.
- 기계에 이상이 없는지 수시로 확인한다.
- 기계, 공구 등을 제조 당시의 목적 외의 용도로 사용하도록 해서는 안 된다.
- 피곤할 때는 휴식을 취하며 바른 작업자세로 주기적인 스트레칭을 실시한다.
- 실험 전 안전점검, 실험 후 정리정돈을 실시한다.
- 안전통로를 확보한다.

연구실 기계·기구 취급 시 안전수칙

- 연구실 실험·분석·안전 장비 안전수칙
 - 기계·기구(가스크로마토그래피, 고압멸균기(autoclave), 레이저, UV장비, 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 3D프린터, 만능재료시험기(UTM), 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기 등)의 작업안전수칙을 이해하고 사고예방을 위해 적용할 수 있다.

※ 학습자료 : 연구실 주요기기·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
연구실 안전교육 표준교재 기계안전, CH. 3. 기계별 위험요인 및 안전관리법(p28~125)

〈사례〉

- 가스크로마토그래피의 안전수칙
 - 가스공급 등 기기 사용 준비 시에는 가스에 의한 폭발 위험에 대비해 가스 연결라인, 밸브 등 누출 여부를 확인 후 기기를 작동하여야 한다.
 - 표준중 또는 시료 주입 시 시료의 누출위험에 대비해 주입 전까지 시료를 밀봉한다.
 - 전원차단 시에는 고온에 의한 화상위험에 대비해 장갑 등 개인보호구를 착용한다.
 - 장비 미사용 시에는 가스를 차단한다.

• 공기압축기의 안전수칙

- 공기압축기는 충분한 안전교육과 작동법을 익힌 자격자만 조작한다
- 압축기가 운전 중일 때에는 방호덮개나 회전부로 접근하는 것을 금지한다.
- 작업 시작 전 점검 시 압력계이지, 온도계 등을 점검하여 공기압축기 정상 작동 확인한다.
- 공기압축기의 점검 및 청소는 반드시 전원을 차단한 후에 실시한다.
- 운전중에는 어떠한 부품도 건드려서는 안 된다.
- 공기압축기의 분해는 모든 압축공기를 완전히 배출한 뒤에 해야 한다.
- 최대공기압력을 초과한 공기압력으로는 절대로 운전하여서는 안 된다.
- 정지할 때는 언로드 밸브를 무부하 상태로 한 후 정지시킨다.
- 압력용기에 부식성의 유체를 저장하는 경우에는 내면을 내부식 재료로 코팅하고 고온반응용기의 경우에는 용기를 단열재로 보호한다.
- 압력용기를 방호벽으로 둘러싸서 관계자 이외에는 출입할 수 없도록 한다.
- 액체의 누설은 착화, 폭발 및 중독의 위험성을 갖고 있으므로, 환기를 충분히 하고 소화설비를 비치한다.
- 압력용기에 압력계, 온도계를 설치한다. 또한, 이상이 있을 때 운전자에게 알릴 수 있도록 경보장치를 설치한다.
- 공기압축기를 가동할 때에는 작업시작 전 공기저장 압력용기의 외관상태, 드레인 밸브의 조작 및 배수 기능, 압력방출장치의 기능, 언로드 밸브의 기능, 윤활유의 상태, 회전부의 덮개 또는 울 상태, 기타 연결부위의 이상 유무를 점검한다.

• 수공구 안전수칙

- 수공구는 사용 전에 깨끗이 청소하고 점검한 후에 사용한다.
- 정, 끌과 같은 기구는 때리는 부분이 버섯모양과 같이 변하면 교체한다.
- 자루가 망가지거나 헐거우면 바꾸어 끼우도록 한다.
- 수공구는 사용 후 반드시 전용 보관함에 보관하도록 한다.
- 끝이 예리한 수공구는 덮개나 칼집에 넣어서 보관 및 이동한다.
- 파편이 튈 위험이 있는 실험에는 보안경을 착용한다.
- 망치 등으로 때려서 사용하는 수공구는 손으로 수공구를 잡지 말고 고정할 수 있는 도구를 사용한다.
- 각 수공구는 일정한 용도 이외에는 사용하지 않도록 한다.
- 수공구를 던지지 않는다.

• 동력공구 안전수칙

- 동력공구는 사용 전에 깨끗이 청소하고 점검한 다음 사용한다.
- 실험에 적합한 동력공구를 사용하고 사용하지 않을 때에는 적당한 상태를 유지한다.
- 전기로 동력공구를 사용할 때에는 누전차단기에 접속하여 사용한다.
- 스파크 등이 발생할 수 있는 실험시에는 주변의 인화성 물질을 제거한 후 실험을 실시한다.
- 전선의 피복이 손상된 부분이 없는지 사용 전 확인한다.

- 철제 외함 구조로 된 동력공구 사용시 손으로 잡는 부분은 절연조치를 하고 사용하거나 이중절연구조로 된 동력공구를 사용한다.
 - 동력공구를 착용한 채로 이동하지 않는다.
 - 동력공구 사용자는 보안경, 장갑 등 개인보호구를 반드시 착용한다.
 - 동력공구는 사용 후 반드시 지정된 장소에 보관할 수 있도록 한다.
 - 사용할 수 없는 동력공구는 꼬리표를 부착하고 수리될 때까지 사용하지 않는다.
- 공작/가공기계 안전수칙
 - 선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등 연구실 공작/가공기계의 직압안전수칙을 이해하고 사고예방을 위해 적용할 수 있다.

〈공작/가공기계 안전수칙 사례〉

- 선반의 작업안전수칙
 - 공구나 공작물은 확실하게 고정한다.
 - 절삭중인 공작물에는 손을 대지 말아야 한다.
 - 작업 중 절삭칩이 눈에 들어가지 않도록 반드시 보안경을 써야 한다.
 - 작업 중 공작물의 치수측정시에는 기계의 운전을 정지한다.
 - 절삭칩의 제거는 반드시 브러시를 사용한다.
 - 리이드스크류에는 몸의 하부가 걸리기 쉬우므로 조심해야 한다.
 - 선반의 베드 위에는 공구를 놓아서는 안 된다.
 - 기계운전 중 백기어(Back Gear)의 사용을 금한다.
 - 센터작업을 할 때에는 심압센터에 자주 절삭유를 공급하여 열 발생을 막는다.
 - 기계에 주유 및 청소할 때에는 반드시 기계를 정지시키고 한다.
- 중량물 운반 기계·기구 안전수칙
 - 리프트, 천장크레인(호이스트) 등의 직압안전수칙을 이해하고 사고예방을 위해 적용할 수 있다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 안전교육 표준교재 실험 전·후 안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 현장작업자를 위한 수공구작업안전, 산업안전보건공단, 2013. 등

4.1.2. 사고발생 시 비상조치 요령 및 사고 원인 대응·복구

KEYWORD 기계·기구 사고 시 비상조치, 사고원인 조사·분석, 사고대응·복구 등

개요 연구실 사용 기계의 사고 발생 시 비상조치 요령 및 사고 원인 대응·복구방안에 관하여 이해한다.

학습목표 ① 연구실 기계사고 발생 시 비상조치 방안에 대하여 설명할 수 있다.

② 연구실 사고발생 시 사고 원인조사, 대응·복구대책에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실 기계사고 발생 시 일반적 비상조치 방안에 대하여 설명할 수 있다.

기계·기구 설비 사고 발생 시 일반적 비상조치 방안

- 1단계 : 사고가 발생한 기계 기구, 설비 등의 운전 중지
- 2단계 : 사고자 구출
- 3단계 : 사고자에 대하여 응급처치 및 병원 이송, 경찰서·소방서 등에 신고
- 4단계 : 기관 관계자에게 통보
- 5단계 : 폭발이나 화재의 경우 소화 활동을 개시함과 동시에 2차 재해의 확산방지에 노력하고 현장에서 다른 연구활동종사자를 대피
- 6단계 : 사고 원인조사에 대비하여 현장 보존

2

학습내용

- 연구실 사고발생 시 사고 원인조사, 대응·복구대책에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 기계·기구 관련 사고 시 대처요령

- 비상연락망 숙지
- 구급약 상비
- 응급 및 소화시설 정비 및 관리
- 심폐소생술, 인공호흡 등 인명구조 방법 숙지 및 훈련

- 연구실책임자, 연구활동종사자, 연구실안전환경관리자 등 직무별 사고대응 매뉴얼에 관한 이해
- 연구실 기계·기구별 사고발생 시 대처요령
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등)의 사고 발생 시 대처요령을 이해하고 적용할 수 있다.
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 사고 발생 시 대처요령을 이해하고, 적용할 수 있다.
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 사고 발생 시 대처요령을 이해하고, 적용할 수 있다.
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 사고 발생 시 대처요령을 이해하고, 적용할 수 있다.
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 사고 발생 시 대처요령을 이해하고, 적용할 수 있다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.

4. 2. 연구실 내 위험기계·기구 및 연구장비 안전관리

4.2.1. 연구실 기계·기구 종류, 위험요인 및 방호조치

4.2.2. 기계·기구의 안전관리방법



4.2.1. 연구실 기계·기구 종류, 위험요인 및 방호조치

KEYWORD 연구실 기계·기구의 종류, 위험요인, 안전수칙

개요 연구실 내 위험기계·기구·장비의 종류를 파악하고, 그 종류별 위험요인을 이해함으로써 방호조치 방법 등의 안전관리방법에 관하여 이해한다.

학습목표 ① 연구실 기계·기구의 종류 및 용도, 구조 등에 대하여 설명할 수 있다.
 ② 연구실 기계·기구의 종류별 위험요인에 대하여 설명할 수 있다.
 ③ 연구실 기계·기구 사용 시 보호구, 안전대책을 이해하고, 각 기계·기구별 적절한 안전점검 체크리스트 항목을 도출할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 기계·기구의 종류 및 용도, 구조 등에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 실험·분석·안전 장비의 종류

- 연구실 실험·분석·안전 장비의 종류, 용도 및 구조를 이해한다.
 - 안전장비 : 고압멸균기(autoclave), 흡후드, 생물작업대 등
 - 실험장비 : 고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기 등
 - 실험분석 장비 : 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등
 - 광학기기 : 레이저, UV장비 등
- ※ 학습자료 : 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등 참고

산업용 기계·기구의 종류

- 산업용 기계·기구의 종류를 이해하고, 연구실 기계·기구의 종류와 비교 구분할 수 있다.
 - 공작기계: 선반, 드릴링 머신, 밀링머신, 연삭기 등
 - 금속가공기계: 프레스, 절단기, 용접기 등
 - 제철제강기계: 압연기, 인발기, 제강로, 열처리로 등
 - 전기기계: 차단기, 발전기, 전동기 등

- 열유체기계: 보일러, 내연기관, 펌프, 공기압축기, 터빈 등
- 섬유기계: 제면기, 제사기, 방직기 등
- 목공기계: 목공선반, 목공용 둥근톱 기계, 기계대패, 띠톱기계 등
- 건설기계: 불도저, 해머, 포장기계, 준설기 등
- 화학기계: 저장탱크, 증류탑, 열교환기 등
- 하역운반기계: 양중기, 컨베이어, 엘리베이터 등

2

학습내용

- 연구실 기계·기구의 종류별 위험요인에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 기계·기구의 위험요소

- 연구실 기계·기구 주요 위험요소 및 작업 단계별 위험요소를 이해할 수 있다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등)의 위험요소 및 작업단계별 위험요소를 이해한다.
- ※ 학습자료 : 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등 참고

〈참고 - 주요 연구 기기·장비의 주요 위험요소 사례〉

- 가스크로마토그래피
 - 주요 위험요소 : 감전, 오븐에서 고온 발생, 분진·흙, 가스에 의한 폭발 위험 등
- 고압증기멸균기
 - 주요 위험요소 : 고온 증기 등에 의한 화상, 독성 흙에 노출 등
- 레이저
 - 주요 위험요소 : 눈에 조사 시 망막손상 또는 실명의 위험, 피부에 조사 시 화상 위험, 레이저 가공 중 불꽃 발생에 의한 화재위험, 누전이나 단락으로 인한 감전위험 등

〈표-15〉 레이저 안전등급 분류(IEC 60825-1)

등급	노출한계	설명	비고
1	-	위험 수준이 매우 낮고 인체에 무해	
1M		렌즈가 있는 광학기기를 통한 레이저빔 관측 시 안구 손상 위험 가능성 있음	
2	최대 1 mW(0.25초 이상 노출)	눈을 깜박(0.25초)여서 위험으로부터 보호 가능	
2M		렌즈가 있는 광학기기를 통한 레이저빔 관측 시 안구 손상 위험 가능성 있음	
3R	최대 5 mW(가시광선 영역에서 0.35초 이상 노출)	레이저빔이 눈에 노출 시 안구 손상 위험	보안경 착용 권고
3B	500 mW(315 nm 이상의 파장에서 0.25초 이상 노출)	직접 노출 또는 거울 등에 의한 정반사 레이저빔에 노출되어도 안구 손상 위험	보안경 착용 필수
4	>500 mW	직·간접에 의한 레이저빔에 노출에 안구 손상 및 피부화상 위험	보안경 착용 필수

• 무균실험대

- 주요 위험요소 : 내부 살균용 자외선(UV)에 의한 눈, 피부 화상 위험, 무균실험대 내부의 실험 기구 등 살균을 위한 알코올 램프 등 화기에 의한 화재 위험, 인체감염균, 바이러스, 유해화학물질 등 유해위험물질 취급에 따른 누출·감염 등

• 실험용 가열판

- 주요 위험요소 : 플레이트(가열판)의 고열에 의한 화재나 화상 위험, 과열로 인한 장비의 손상 및 화재 위험, 부적절한 재료 또는 방법 등으로 인한 폭발 또는 발화 위험, 고온의 액체 튜 등의 위험요소

• 오븐

- 주요 위험요소 : 고온, 부적절한 재료 사용에 따른 폭발 또는 발화 위험 등

• 원심분리기

- 주요 위험요소 : 회전축의 변형에 의한 무게균형 파괴, 덮개 또는 잠금 장치 사이에 끼임, 회전체 충돌·접촉에 의한 부상 등

• 조직절편기

- 주요 위험요소 : 나이프/블레이드 설치 또는 조작 중 베임, 시료의 파편이 튕 위험, 동결 시료를 다루는 중 저온에 의한 동상 위험 등

- 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 정의 및 위험요인

- 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 정의 및 위험요인

- 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 정의 및 위험요인

- 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 정의 및 위험요인

3

학습내용

- 연구실 기계·기구 사용 시 보호구, 안전대책을 이해하고, 각 기계·기구별 적절한 안전점검 체크리스트 항목을 도출할 수 있다.

보호구

- 안전모의 올바른 사용방법 및 유의사항
- 안전화의 올바른 사용방법 및 유의사항
- 보안경의 올바른 사용방법 및 유의사항
- 안전대의 올바른 사용방법 및 유의사항
- 그 외 기타 보호구의 올바른 사용방법 및 유의사항

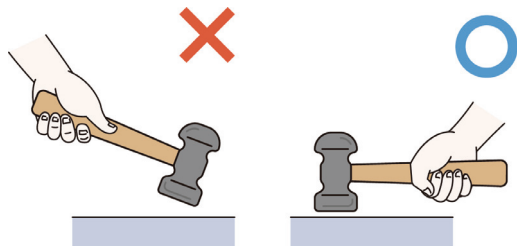
※ 학습자료 : 연구실 설치·운영 가이드라인 p132~159, 과기정통부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

안전대책

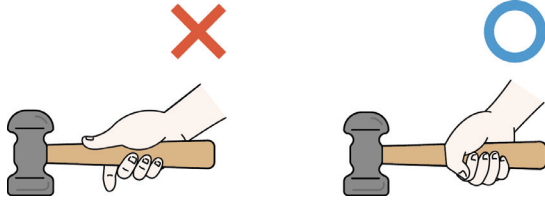
- 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등)의 안전대책

〈해머(망치)의 안전대책 예시〉

- 보안경 및 안면 보호구의 착용
- 맞는 공구의 표면보다 약 1인치(2.54 cm) 더 큰 직경의 내리치는 표면을 한 망치 선택
- 망치의 내리치는 표면이 맞는 표면에 평행하도록 망치를 수직으로 내리치고, 빗나가는 내리침을 항상 피하도록 주의
- 손잡이가 헐겁거나 파손된 망치 사용 금지
- 금이 가고, 부러지고, 찌개지고, 모서리가 날카롭거나 망치 머리에 헐겁게 끼워진 조잡한 손잡이 사용 금지
- 파인 곳, 이가 빠진 자리, 버섯 모양으로 퍼진 형태 또는 지나치게 마모된 비정상적인 망치 머리 사용 금지
- 손목을 똑바로 하고 손잡이를 둘러싼 채로 망치를 쥐고 사용



- 망치는 사용 전에 뺨기가 잘 박혀 있는지 자루는 튼튼한지 등을 점검하고 망치의 손잡이 끝부분을 맨손으로 잡고 실시



〈만능재료시험기의 안전대책 예시〉

- 비상정지버튼은 언제든지 누를 수 있도록 장애물을 제거한다.
- 압축모드로 가동 시 재료가 부서져 파편이 될 수 있으므로 특별히 주의한다.
- 장비 가동 시 다른 연구활동종사자들에게 알려서 가동 중 접근금지를 요청한다.

- 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 안전대책
- 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 안전대책
- 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트) 등의 안전대책

참고자료

- 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.

4.2.2. 기계·기구의 안전관리방법

KEYWORD 기계·기구 안전관리 이론, 안전점검·진단, 보호구 및 안전표지, 사전유해인자위험분석, 안전교육 및 지도, 사고원인 및 재발방지 대책, 취급 시 인적오류, 사고원인 및 재발방지 대책, 사용전후 안전관리

개요 연구실 내 기계·기구와 관련된 안전관리 이론을 파악하고, 안전점검·진단방법, 보호구 및 안전표지, 사전유해인자위험분석, 안전교육 및 지도, 사고원인 및 재발방지 대책, 취급 시 인적오류, 사용전후 안전관리에 대해 이해한다.

- 학습목표**
- ① 연구실 기계·기구와 관련된 안전관리 이론에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 연구실 기계·기구의 안전점검·진단에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 연구실 기계·기구용 보호구 및 안전표지에 대하여 설명할 수 있다.
 - ④ 연구실 기계·기구와 관련된 안전교육 및 지도방법에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑤ 연구실 기계·기구와 관련된 사고원인 및 재발방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑥ 연구실 기계·기구의 취급 시 인적오류에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑦ 연구실 기계·기구의 사용전후 안전관리에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 연구실 기계·기구와 관련된 안전관리 이론에 대하여 설명할 수 있다.

기계·기구 설비의 안전화를 위한 기본원칙

- 기계설비의 계획, 설계, 제작, 설치, 건설, 사용에서 폐기에 이르기까지 전 과정에 대한 안전조치를 취하여야 한다.
 - 위험의 분류 및 결정
 - 설계에 의한 위험제거 또는 감소
 - 방호장치의 사용
 - 안전작업방법의 설정과 실시

기계·기구 및 설비의 본질적 안전조건(안전설계 방법)

- 목적 및 방법을 이해한다.
 - 기계 설계단계부터 가능한 한 조작상의 위험이 없도록 설계해야 한다.
 - 안전설계 기능이 기계설비에 내장되어 있어야 한다.
 - 페일 세이프(Fail Safe)의 기능을 가지고 있어야 한다.

- 풀 푸르프(Fool Proof)의 기능을 가지고 있어야 한다.
- 페일 세이프(Fail Safe), 풀 프루프(Fool Proof)의 정의와 예시를 이해한다.
 - 페일 세이프(Fail Safe) : 기계·기구 또는 그 부품이 파손되거나 고장이 발생해도 기계·설비가 항상 안전하게 작동되는 기능을 말한다.
 - 풀 푸르프(Fool Proof) : 인간이 기계 등의 취급을 잘못해도 그것이 바로 사고나 재해와 연결되는 일이 없는 기능

〈가공기계에 쓰이는 풀 푸르프의 예〉

(1) 가드

- 고정가드: 열리는 입구부에서 가공물, 공구 등은 들어가나 손은 위험영역에 미치지 않게 한다.
- 조정가드: 가공물이나 공구에 맞추어 형상 또는 길이, 크기 등을 조절할 수 있다.
- 경고가드: 손은 위험영역에 들어가나 그전에 경고를 발생한다.
- 인터록: 기계가 작동중에는 열리지 않고 열려 있을 시는 기계가 가동되지 않는다.

(2) 조작기계

- 양수조작식: 두 손으로 동시에 조작하지 않으면 기계가 작동하지 않고 손을 떼면 정지 또는 역전복귀한다.
- 컨트롤: 조작기계를 겸한 가드문을 닫으면 기계가 작동하고 열면 정지한다.

(3) 록기구

- 인터록: 기계식, 전기식, 유압공압식 또는 그와 같은 조합에 따라 2개 이상의 부분이 서로 구속하게 된다.
- 열쇠식 인터록: 열쇠의 이용으로 한 쪽을 시건하지 않으면 다른 쪽이 개방되지 않는다.
- 키록: 한 개 또는 다른 몇 개의 열쇠를 가지고 모든 시건을 열지 않으며 기계가 조작되지 않는다.

(4) 트립기구

- 접촉식: 접촉판, 접촉봉 등에 신체의 일부가 위험구역에 접근하면 기계가 정지 또는 역전복귀한다.
- 비접촉식: 광전자식, 정전용량식 등에 의해 신체의 일부가 위험구역에 접근하면 기계가 정지 또는 역전복귀한다. 신체의 일부가 위험구역 내에 들어 있으면 기계는 가동되지 않는다.

(5) 오버런기구

- 검출식: 스위치를 끈 후의 타성운동이나 잔류전하를 검지하여 위험이 있는 때에는 가드를 열지 않는다.
- 타이밍식: 기계식 또는 타이머 등에 의해 스위치를 끄고 일정시간 후에 이상이 없어도 가드 등을 열지 않는다.

(6) 밀어내기 기구

- 자동가드식: 가드의 가동부분이 열려있는 때에 자동적으로 위험지역으로부터 신체를 밀어낸다.
- 손쳐내기식, 수인식: 위험상태가 되기 전에 손을 위험지역으로부터 떨쳐 버리거나 혹은 잡아당겨 되돌린다.

(7) 기동방지 기구

- 안전블록: 기계의 기동을 기계적으로 방해하는 스톱퍼 등 통상은 안전 플러그 등과 병용한다.
- 안전플러그: 제어회로 등에 준비하여 접점을 차단하는 것으로 불의의 기동을 방지한다.
- 레버록: 조작레버를 중립위치에 자동적으로 잠근다.

- 페일 세이프(Fail Safe)의 기능적 분류를 할 수 있다.
 - 페일 세이프(Fail Safe): 기계나 그 부품에 고장이나 기능불량이 생겨도 항상 안전하게 작동하는 구조와 그 기능
 - 페일 패시브(Fail Passive): 일반적 기계의 방식으로 성분의 고장시 기계장치는 정시상태로 된다.
 - 페일 액티브(Fail Active): 기계의 고장시 기계장치는 경보를 내며 단시간에 역전된다.
 - 페일 오퍼레이셔널(Fail Operational): 병렬요소로 구성된 것으로 성분의 고장이 있어도 다음 정기 점검시까지의 운전이 가능하다.
- 페일 패시브, 페일 액티브, 페일 오퍼레이셔널의 예시 및 작동 원리 이해

기계설비의 안전조건

- 외관상의 안전화
 - 정의 및 적용 예시
 - 외관상의 안전화 방법
 - (1) 가드(Guard)의 설치: 기계의 외형부분
 - (2) 별실 또는 구획된 장소에서의 격리: 원동기 및 동력전달장치(벨트, 기어, 샤프트, 체인 등)
 - (3) 안전 색채조절: 기계장비 및 부수되는 배관

〈표-16〉 기계장비 및 부수되는 배관의 색상 예시

구분	색상	구분	색상
시동 스위치	녹색	증기 배관	암적색
급정지 스위치	적색	가스배관	황색
대형 기계	밝은 연녹색	기름배관	암황적색
고열을 내는 기계	청녹색, 회청색	-	-

- 기능의 안전화의 정의 및 적용 예시
- 기능의 안전화 방법
 - 소극적 대책(1차적 대책): 이상시에 기계를 급정지시키거나 방호장치가 작동하도록 한다.
 - 적극적 대책(2차적 대책): 회로를 개선하여 오동작을 방지하거나 별도의 안전한 회로에 의하여 정상기능을 찾도록 한다.
- 구조의 안전화의 정의 및 적용 예시
 - 재료의 결함에 대응한 구조의 안전화
 - 설계상의 결함에 대응한 구조의 안전화
 - 가공의 결함에 대응한 구조의 안전화

- 구조의 안전화 방법

- 안전율의 적용

- 안전율의 정의 및 관계식

$$\text{안전율} = \frac{\text{기초강도}}{\text{허용응력}} = \frac{\text{극한강도}}{\text{최대설계응력}} = \frac{\text{파괴하중}}{\text{최대사용하중}} = \frac{\text{파단강도}}{\text{안전하중}}$$

- 안전여유의 정의 및 관계식

- 안전여유 = 극한강도 - 허용능력 = 극한하중 - 정격하중

- 안전율 및 안전여유 식의 적용 및 계산 응용사례의 이해

- 안전율 결정인자

- 재료 및 균질성에 대한 신뢰도
 - 하중건적의 정확도의 대소
 - 응력계산의 정확도의 대소
 - 응력의 종류와 성질의 상이
 - 불연속부분의 존재
 - 사용상에 있어서 예측할 수 없는 변화의 가능성 대소
 - 공작정도의 양부

- 경험적 안전율의 정의와 실례

- 수량적 안전율의 정의와 실례

- Cardullo의 안전율 산정법

$$S = A \times B \times C$$

A: 탄성률로서 정하중의 경우에는 인장강도와 항복점의 비, 반복하중일 경우에는 인장강도와 피로강도의 비

B: 충격률로서 하중이 충격적으로 작용하는 경우에 생기는 응력과 같은 하중이 정적으로 작용하는 경우에 생기는 응력과의 비

C: 여유율로서 재료의 결함, 응력의 선정 및 계산의 부정확도, 잔류응력, 열응력, 관성력 등의 우연적 추가응력의 산정정도를 보아 여유를 두는 값

- 작업의 안전화의 정의 및 적용 예시

- 작업의 안전화를 위한 설계

- 안전한 기동장치의 배치
 - 정지장치와 정지시의 시건장치
 - 급정지버튼, 급정지장치 등의 구조와 배치
 - 작업자가 위험부분에 접근 시 작동하는 검출형 방호장치의 이용

- 연동장치(Interlock)된 방호장치의 이용
- 작업을 안전화하는 치공구류 이용
- 인간공학적인 안전한 작업환경 구현 방안
 - 기계에 부착된 조명, 기계에서 발생하는 소음 등의 검토, 개선
 - 기계류 표시와 배치를 적절히 하여 오인이 안 되도록 할 것
 - 작업대나 의자 높이 또는 형을 적당히 할 것
 - 충분한 작업공간의 확보
 - 작업 시 안전한 통로나 계단의 확보
- 방호의 원리
 - 위험제거
 - 차단(위험상태의 제거)
 - 덮어씌움(위험상태의 삭감)
 - 위험에 적응

그 밖의 기계안전이론

- 기타 기계안전과 관련된 안전관리 이론

2

학습내용

- 연구실 기계·기구와 관련된 안전점검·진단에 대하여 설명할 수 있다.

기계·기구와 관련된 안전점검 및 진단 방법

- 연구실 실험·분석·안전 장비의 관리 및 점검 내용에 대하여 설명할 수 있다.
 - 가스크로마토그래피 : 가스배관·밸브 등 가스 누출 여부 확인, 미사용 시 가스 공급 차단 여부 확인, 기기 사용 종료 후 냉각 여부 확인, 잔여 가스 확인 등
 - 고압멸균기(autoclave) : 전선코드의 피복상태 및 콘센트 연결상태(접지 등) 확인, 내부 및 바스켓 상태 확인, 가연성, 폭발성, 인화성 화학물질 사용 여부 확인, 내부의 증류수 수위 레벨 확인 등
 - 레이저 : 레이저 보호창 또는 안전덮개 등 안전방호 장치 설치 여부 확인, 레이저 위치 및 레이저빔 경로·반사체 등 위치 확인, 비상 스위치 설치 및 작동여부 확인, 레이저 발생장치 주변 인화성 물질 사용·비치 여부 확인 등

- 무균실험대 : UV램프 정상 작동 여부 확인, 헤파필터 상태 확인, 무균실험대의 풍속 확인 등
- 실험용 가열판 : 적절한 설치(수평, 통풍 등) 상태 확인, 적정 온도 유지 여부 확인 등
- 그 밖의 연구실 실험·분석·안전 장비는 아래 학습자료 등 참고
 - ※ 학습자료 : 연구실 주요기기·장비 취급관리 가이드라인(과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.), 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, ch 1. 기계의 기본 개념(p6,7) 등
- 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스퍼너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)에 대한 안전점검 항목의 적절성 및 안전점검의 방법, 결과 분석, 대책마련을 할 수 있다.
- 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)에 대한 안전점검 항목의 적절성 및 안전점검의 방법, 결과 분석, 대책마련을 할 수 있다.
- 공작/가공 기계·기구(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)에 대한 안전점검 항목의 적절성 및 안전점검의 방법, 결과 분석, 대책마련을 할 수 있다.
- 중량물 운반 기계·기구(리프트, 천장크레인(호이스트) 등)에 대한 안전점검 항목의 적절성 및 안전점검의 방법, 결과 분석, 대책마련을 할 수 있다.
- 「연구실안전법」 상 안전점검 및 정밀안전진단 기준, 대상, 주기, 실시자, 점검항목 및 방법을 이해한다.
 - 일상점검 항목(기계안전분야) : 「연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침」 [별표 2]
 - 정기점검·특별안전점검 항목(기계안전 분야) : 「연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침」 [별표 3]

〈표-17〉 정기점검, 특별안전점검 항목(기계안전분야)

안전분야	점 검 항 목		양호	주의	불량	해당 없음
기계안전	A	위험기계·기구별 적정 안전방호장치 또는 안전덮개 설치 여부	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		위험기계·기구의 법적 안전검사 실시 여부	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	연구 기기 또는 장비 관리 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>
		기계·기구 또는 설비별 작업안전수칙(주의사항, 작동매뉴얼 등) 부착 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>
		위험기계·기구 주변 울타리 설치 및 안전구획 표시 여부	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		연구실 내 자동화설비 기계·기구에 대한 이중 안전장치 마련 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>
		연구실 내 위험기계·기구에 대한 동력차단장치 또는 비상정지장치 설치 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		연구실 내 자체 제작 장비에 대한 안전관리 수칙·표지 마련 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>
		위험기계·기구별 법적 안전인증 및 자율안전확인신고 제품 사용 여부	<input type="checkbox"/>	NA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		기타 기계안전 분야 위험 요소	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

기계·기구의 안전점검

- 연구실 실험·분석·안전 장비(가스크로마토그래피, 고압멸균기(autoclave), 레이저, UV장비, 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 3D프린터, 만능재료시험기(UTM), 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기 등)의 안전점검 항목을 이해한다.
- 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 안전점검 항목을 이해한다.

〈표-18〉 해머의 안전점검 체크리스트 예시

점검항목	점검결과	조치사항
손잡이 굽기 및 길이가 적합한 해머를 선택하였는가?		
안정된 자세를 확보한 후 작업하는가?		
공작물을 확실히 고정시킨 후 작업하는가?		
알맞은 개인보호구를 착용하고 작업하는가?		
수공구는 통풍이 잘 되는 보관장소에 종류별로 구분하여 보관하는가?		
해머의 손잡이 끝 부분을 맨손으로 잡고 작업하는가?		
못을 박을 때는 못 끝 쪽을 잡고 처음에는 천천히 가격하는가?		
사용할 용도에 따라 망치를 선택하였는가?		
충분한 작업 공간을 확보하는가?		
작업 전 안전수칙을 숙지하였는가?		
손잡이는 작업자의 손이 미끄러지지 않도록 적절한 마찰을 유지하는가?		
정기적으로 유지·보수하는가?		

※ 그 밖의 기계·기구에 대한 안전점검 체크리스트는 〈연구실 안전교육 표준교재 기계안전(과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019)〉 참고

- 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 안전점검 항목을 이해한다.
- 공작/가공 기계·기구(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 안전점검 항목을 이해한다.
- 중량물 운반 기계·기구(리프트, 천장크레인(호이스트) 등)의 안전점검 항목을 이해한다.

3

학습내용

- 연구실 기계·기구용 보호구 및 안전표지에 대하여 설명할 수 있다.

기계·기구 취급 시 보호구

- 연구실 기계·기구 각각의 사용에 있어 필요한 개인보호구의 종류 및 올바른 사용방법에 대해 이해한다.
- 연구실 기계·기구의 위험성을 이해하고, 이에 필요한 보호구 선정방법을 이해한다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등)의 사용 시 필요한 보호구의 종류와 사용방법
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 사용 시 필요한 보호구의 종류와 사용방법
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 사용 시 필요한 보호구의 종류와 사용방법
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 사용 시 필요한 보호구의 종류와 사용방법
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 사용 시 필요한 보호구의 종류와 사용방법

기계·기구 관련 안전표지

- 연구실 내 위험한 기계·기구 사용시 필요한 안전표지의 종류 및 규격에 대해 이해한다.
- 각각의 실험기계의 위험성을 이해하고, 이에 필요한 안전표지 게시방법을 이해한다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM), 레이저 등)의 사용 시 필요한 안전표지의 종류와 게시방법
 - ※ 레이저 제품의 경고표지 : 1등급을 제외하고는 황색배경에 흑색으로 한다.
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 사용 시 필요한 안전표지의 종류와 게시방법
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 사용 시 필요한

안전표지의 종류와 게시방법

- 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 사용 시 필요한 안전표지의 종류와 게시방법
- 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 사용 시 필요한 안전표지의 종류와 게시방법

4

학습내용

- 연구실 기계·기구와 관련된 안전교육 및 지도방법에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 기계·기구 안전교육 및 지도방법

- 기계·기구와 관련된 안전교육의 적절성 확인
- 위험 기계·기구 취급시 안전교육·훈련 방법 및 연구실 안전법 상 기준
- 기계·기구와 관련된 안전지도의 적절성 확인
- 신규 연구활동종사자, 대학생, 대학원생, 기존 연구활동종사자 등 대상별 기계안전교육 방법의 적절성 확인
- 연구실 내 실험 기계·기구별 연구실 안전교육 방법
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등)와 관련된 안전교육 및 훈련방법
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)과 관련된 안전교육 및 훈련방법
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)과 관련된 안전교육 및 훈련방법
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)과 관련된 안전교육 및 훈련방법
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)과 관련된 안전교육 및 훈련방법

5

학습내용

- 연구실 기계·기구와 관련된 사고원인 및 재발방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 기계·기구 관련 사고원인 및 재발방지 대책

- 연구실 기계·기구와 관련된 사고원인 및 재발방지 대책을 세울 수 있다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등)의 안전사고 원인 및 재발방지 대책
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 안전사고 원인 및 재발방지 대책
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 안전사고 원인 및 재발방지 대책
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 안전사고 원인 및 재발방지 대책
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 안전사고 원인 및 재발방지 대책
- 연구실 기계·기구 및 안전사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립을 할 수 있다.
 - 고압실험장치 폭발 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 해머로 인한 상해사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 렌치 사용 중 버팀목과 부딪힘 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 드릴의 누전으로 인한 감전 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 휴대용 연삭기 사용 중 감전 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 선반에 장갑이 밀리면서 끼임 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 금형가공 중 밀링커터에 끼임 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 회전하는 드릴날에 면장갑의 말림 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 가동중인 밴드쏘의 톱날에 접촉 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 머시닝 센터 가동 중 절삭공구가 날아와 맞음 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 파손된 연삭 슛돌이 날아와 맞음 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 방전가공 중 스파크에 의한 화재 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
 - 프레스 작동상태 확인 중 끼임 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법

- 전단기 전단날에 끼임 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 탈수를 마친 섬유를 정리하던 중 금속 프레임에 접촉 감전 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 분쇄기 내부 청소 작업 중 말림 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 교류아크용접기 홀더선에 감전 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 금형 내부 이물질 제거 작업 중 끼임 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 고압멸균기 작업 중 화상 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 진공펌프 과열로 화재 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 공기압축기에 손 끼임 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 흑 해지장치 미설치로 운반물에 맞음 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법
- 실험기구를 옮기다가 허리 부상 사고 발생 시 사고 발생 원인 및 사고예방 대책 수립 방법

6

학습내용

- 연구실 기계·기구 취급 시 인적오류에 대하여 설명할 수 있다.

기계·기구 사고원인(인적원인)

- 기계·기구 사고의 인적원인
 - 교육적 결함: 안전교육의 결함, 교육의 불완전, 표준작업방법의 결여
 - 작업자의 능력부족: 무경험, 미숙련, 무지, 판단착오
 - 규율미흡: 규칙이나 작업기준에 불복 등
 - 부주의: 주의 산만 등
 - 불안전 동작: 서두름, 중간행동 생략 등
 - 정신적 부적당: 피로하기 쉽다. 성미가 급하다 등
 - 육체적 부적당: 육체적 결함보유자, 몸이 약하거나 피로가 쉽게 오는 사람

〈비교, 기계·기구 사고의 물적원인〉

- 설비나 시설에 위험이 있는 것: 방호 불충분, 설계불량
- 기구에 결함이 있는 것: 기구가 불량한 것
- 구조물이 안전하지 못한 것: 불량비상구 등
- 환경의 불량: 환기불량, 조명불량, 정리정돈 불량 등
- 설계의 불량: 작업계획 불량, 설비배관계획 불량 등
- 작업복, 보호구의 결함: 작업복, 보호구 등의 불량

기계·기구 사고원인 및 재발방지 대책

- 기계·기구 관련 사고원인 및 재발방지 대책을 이해한다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM) 등) 사용시 인적오류
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등) 사용시 인적오류
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등) 사용시 인적오류
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등) 사용시 인적오류
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등) 사용시 인적오류

7

학습내용

- 연구실 기계·기구의 사용 전·후 안전관리에 대하여 설명할 수 있다.

실험 전·후 안전수칙

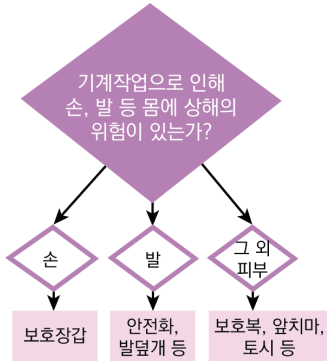
- 실험 전 안전수칙
 - 기계 및 기구의 대표적인 위험전 확인 및 주의·보호 조치 실시
 - 위험기계의 경우 기계 제작자가 공급하는 안전매뉴얼을 반드시 확인하고, 기계작동 방법을 숙지한 후 실시
 - 기계작업 시 실수 및 오작동에 대한 안전설계 기능(Fail Safety, Fool Proof 기능 등)이 있는지 확인 후, 실수 및 오작동에 대응한 안전설계기능의 작동 여부 확인
 - 실수로 인한 위험상황 발생 시 적어도 인명피해가 최소화되도록 개인보호구 등 적절한 자기방호 조치 실시
 - 실험 전 기계의 이상여부 확인 후 실험 수행
 - 개인보호구의 상태 확인 및 적절성 확인
 - 기타 실험 전 안전관리 시 유의사항

※ 실험 전 기계·기구 위험요소에 대비한 보호구 항목

- 기계작업으로 인한 상해에 대비한 보호구
- 큰 소음 및 초음파 등이 발생하는 실험환경에 대비한 보호구
- 입자/용액/증기상 물질의 비산 사고 대비용 보호구
- 흡인 유해성이 있는 물질에 대비한 보호구
- 자외선/적외선/레이저 사용설비에 대비한 보호구
- 고온 물질 사용설비에 대비한 보호구
- 액화질소 등 저온 물질 사용설비에 대비한 보호구
- 칼, 깨진 유리 등 날카로운 물체에 대비한 보호구
- 선반, 밀링, 톱 등 기계·기구 및 수공구에 대비한 보호구
- 압축 혹은 진공상태의 유리가공에 대비한 보호구
- 원심분리기에 대비한 보호구 등

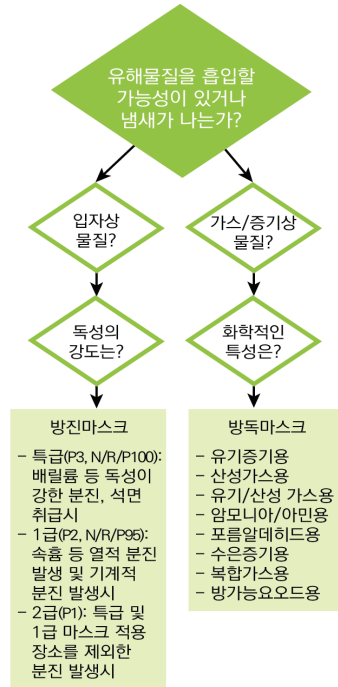
※ 실험 전 개인보호구 선정 방법

(1) 작업의 대상에 따른 보호장갑, 보호복 및 안전화 선정 방법



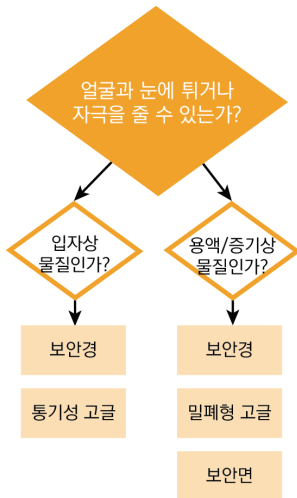
(2) 작업의 대상에 따른 공기호흡기(방독마스크, 방진마스크) 선정 방법

※ 유해물질 흡입가능성, 입자상 혹은 가스/증기상 물질 여부, 독성 강도 등 고려



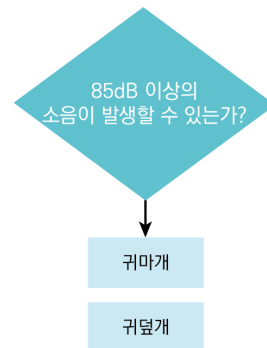
(3) 작업의 대상에 따른 안면보호구(보안경, 보안면, 안전고글 등) 선정 방법

※ 얼굴과 눈에 튀거나 자극을 줄 수 있는 지 여부, 입자상 물질 혹은 용액/증기상 물질 여부 등 고려



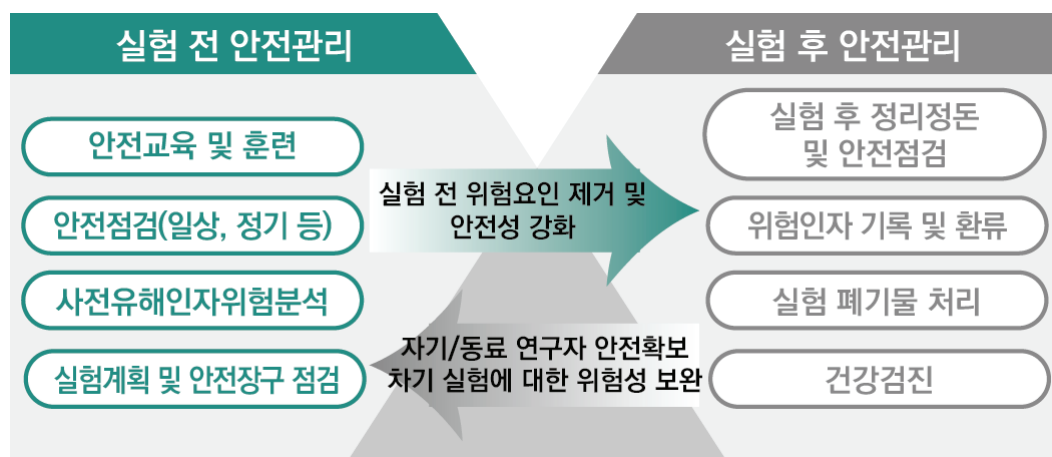
(4) 작업의 대상에 따른 안전헬멧, 귀마개·귀덮개 선정 방법

※ 소음의 크기가 인해 유해한지 여부 등 고려



• 실험 후 안전수칙

- 실험 후 기계·기구의 정리정돈 및 안전점검 실시
- 개인보호구의 기능상 문제가 없는지 보호구 상태 확인 후 재사용 혹은 폐기
- 실험 후 실험 폐기물 처리 방법
 - ※ 기계작업 후 발생하는 폐기물(칼날, 송곳, 톱, 뾰족하거나 날카로운 물건 등)은 위험제거 및 위험보호조치 실시 후 폐기 등
- 실험 후 위험요소 및 위험요인 기록 및 환류
- 실험 후 위험요소에 대한 제거 및 보호 조치
- 건강검진 실시 기준, 실시 대상, 실시 종류, 실시 주기, 실시 주체 등을 확인하고 건강검진 실시
- 기타 실험 후 안전관리 시 유의사항



참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 2019.
- 연구실 안전교육 표준교재 실험 전·후 안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019, pp46, 47. 등

4. 3. 연구실 내 레이저, 방사선 등 물리적 위험요인에 대한 안전관리

4.3.1. 물리적 위험요인의 종류 및 위험성

4.3.2. 물리적 위험요인의 안전관리 대책



4.3.1. 물리적 위험요인의 종류 및 위험성

KEYWORD 물리적 위험요인, 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선

개요 연구실 내 물리적 위험요인에 해당하는 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등의 정의와 종류를 파악하고, 그 각각의 위험성에 대해 이해한다.

학습목표 ① 연구실 물리적 위험요인의 종류와 정의에 대하여 설명할 수 있다.

② 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등의 위험성과 사고 발생원인 및 과정에 대해 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 물리적 위험요인의 종류와 정의에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 내 물리적 위험요인의 종류, 정의 및 특징

- 연구실 내 물리적 위험요인의 정의
- 연구실 내 발생 가능한 물리적 위험요인의 종류, 종류별 개념 및 특징을 설명할 수 있다.
 - 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선, 기타 물리적 위험요인 등
 - ※ 「연구실사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침」 별지 제2호서식 9) 설명 참조

2 학습내용

- 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등의 위험성과 사고 발생원인 및 과정에 대해 설명할 수 있다.

연구실 물리적 위험요인의 위험성, 사고 발생원인 및 과정

- 물리적 위험요인의 종류별 사고 발생원인 및 사고발생과정
 - ※ 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등
- 연구실 내 물리적 위험요인으로서 소음·진동·분진·고온·저온·고압·저압·진공·유해광선·레이저·자외선·방사선·기타 물리적 위험요인의 발생원인, 위험성·인체유해성, 사고발생연쇄과정

참고자료

- 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침 (과학기술정보통신부 고시 제2021-109호)」, 별지 제2호서식
- 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인, 2019.

4.3.2. 물리적 위험요인의 안전관리 대책

KEYWORD 물리적 위험요인의 사전유해인자위험분석, 안전관리 대책, 응급조치, 비상대응, 사고원인 조사, 분석 및 안전 대책수립

개요 연구실 내 기계·기구와 관련된 안전관리 이론을 파악하고, 안전점검·진단방법, 보호구 및 안전표지, 사전유해인자위험분석, 안전교육 및 지도, 사고원인 및 재발방지 대책, 취급 시 인적오류, 사용전후 안전관리에 대해 이해한다.

- 학습목표**
- ① 연구실 물리적 위험요인에 대해 사전유해인자위험분석을 실시할 수 있다.
 - ② 연구실 물리적 위험요인에 대해 안전관리 대책을 수립할 수 있다.
 - ③ 연구실 물리적 위험요인으로 인한 사고 관련 응급조치, 비상대응조치를 이해하고 사고 시 대응할 수 있다.
 - ④ 연구실 물리적 위험요인으로 인한 사고 관련 사고원인 조사, 분석 및 안전 대책수립을 실시할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 물리적 위험요인에 대해 사전유해인자위험분석을 실시할 수 있다.

물리적 유해인자 개요

- 물리적 유해인자의 종류를 이해한다.
- 물리적 유해인자의 크기를 이해한다
- 물리적 위험요인의 종류별 사전유해인자위험분석 실시 방법 및 사례
 - ※ 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등
- 연구실 내 물리적 위험요인으로 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등의 사전유해인자위험분석 시 연구실 안전현황분석, 연구개발활동별 유해인자 위험분석, 연구개발활동 안전분석(R&DSA), 보고서 작성 및 관리의 절차별 사례
- 연구실 내 물리적 위험요인과 관련된 “연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침” 상 보고서 서식 및 보고서 작성 방법
- 연구실 내 물리적 위험요인과 관련된 연구실 안전현황분석시 활용자료(MSDS, 사양서, 보호구, 안전설비 정보, 연구내용, 방법, 사용물질정보 등) 및 필수 기재내용
- 연구실 내 물리적 위험요인과 관련된 연구개발활동별 유해인자 위험분석 시 유해인자의 종류, 크기, 위험분석, 필요보호구의 적절성 확인
- 연구실 내 물리적 위험요인과 관련된 연구개발활동 안전분석(R&DSA) 시 연구·실험 절차, 위험분석, 안전계획, 비상조치계획의 적절성 확인

- 연구실 내 물리적 위험요인과 관련된 보고서 작성 및 관리 시 필수 기재사항 및 보존기간 등의 적절성 확인

2

학습내용

- 연구실 내 물리적 위험요인에 대해 안전계획을 수립할 수 있다.

물리적 유해인자별 안전관리 대책

- 연구실 내 물리적 유해인자로서 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등에 대해 단일 혹은 복합의 유해성을 확인하고, 이에 예방/대비/대응/복구하는 안전관리 대책의 수립 및 이행

※ 진동발생을 감소시키기 위한 방법

- 1) 저진동공구를 사용한다.
- 2) 방진구를 설치한다.
- 3) 제진시설을 설치한다. 등

- 물리적 위험요인 각각에 대해 발생원인 제거, 저감, 자기방호, 피해확산의 방안의 수립 및 이행
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM), 레이저, UV장비 등)의 물리적 위험요인을 파악하고, 위험저감대책, 안전사용수칙, 사고 시 대응방안 등 안전관리 대책의 수립 및 이행
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 물리적 위험요인을 파악하고, 위험저감대책, 안전사용수칙, 사고 시 대응방안 등 안전관리 대책의 수립 및 이행
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 물리적 위험요인을 파악하고, 위험저감대책, 안전사용수칙, 사고 시 대응방안 등 안전관리 대책의 수립 및 이행
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 물리적 위험요인을 파악하고, 위험저감대책, 안전사용수칙, 사고 시 대응방안 등 안전관리 대책의 수립 및 이행
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 물리적 위험요인을 파악하고, 위험저감대책, 안전사용수칙, 사고 시 대응방안 등 안전관리 대책의 수립 및 이행

※ 밀링머신 작업 시 안전대책

- 1) 작업 전 밀링 테이블 위의 공작물을 정리한다.
- 2) 공작물 설치 시 절삭공구의 회전이 정지된 후 작업을 실시한다.
- 3) 밀링커터 교환 시 너트를 확실히 체결하고, 1분간 공회전하여 커터의 이상유무를 점검한다 등

3

학습내용

- 연구실 물리적 유해인자로 인한 사고 관련 응급조치, 비상대응조치를 이해하고 사고 시 대응할 수 있다.

물리적유해인자로 인한 연구실사고발생 시 응급조치, 비상대응조치

- 연구실 내 물리적 유해인자로서 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등으로 인한 사고 발생 시 응급조치 및 비상대응조치의 수립, 관련 안전관리 매뉴얼
- 물리적 유해인자에 대해 사고확산방지 조치, 비상대응조치, 응급조치 등의 방법을 이해하고 적절히 대응할 수 있는 방안
- 기계·기구로 인한 사고발생 시 응급조치 및 비상대응조치를 이해한다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM), 레이저, UV장비 등)의 사고 발생 시 응급조치 및 비상대응조치
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 사고 발생 시 응급조치 및 비상대응조치
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 사고 발생 시 응급조치 및 비상대응조치
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 사고 발생 시 응급조치 및 비상대응조치
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 사고 발생 시 응급조치 및 비상대응조치

4

학습내용

- 연구실 물리적 위험요인으로 인한 사고 관련 사고원인 조사, 분석 및 안전 대책수립을 실시할 수 있다.

물리적 유해인자로 인한 사고원인 조사·분석 및 안전 대책수립

- 연구실 내 물리적 위험요인으로서 소음, 진동, 분진, 고온, 저온, 고압, 저압, 진공, 유해광선, 레이저, 자외선, 방사선 등으로 인한 사고 발생 후 사고 원인의 조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)을 수립 할 수 있다.
- 물리적 위험요인 각각에 대해 사고 발생 후 사고 원인조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)을 수립할 수 있다.
- 위험 기계·기구로 인한 사고원인 조사·분석 및 안전대책을 수립할 수 있다.
 - 연구실 실험·분석·안전 장비(고압멸균기(autoclave), 무균실험대, 실험용 가열판, 연삭기, 오븐, 용접기, 원심분리기, 인두기, 전기로, 절단기, 조직절편기, 초저온용기, 펌프/진공펌프, 혼합기, 흡후드, 반응성 이온 식각장비, 가열/건조기, 공기압축기, 압력용기, 가스크로마토그래피, 만능재료시험기(UTM), 레이저, UV장비 등)의 사고 원인조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)
 - 수공구(해머(망치), 줄, 렌치(스패너), 드라이버, 쇠톱, 정, 바이스 등)의 사고 원인조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)
 - 동력공구(전동드릴(핸드드릴), 핸드그라인더(휴대용연삭기), 금속절단기(고속절단기) 등)의 사고 원인조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)
 - 공작/가공기계(선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 밴드쏘(띠톱), 머시닝센터(CNC머신), 연삭기, 방전가공기, 프레스, 전단기, 원심기, 분쇄기, 교류아크용접기, 조형기, 증착장비, 3D프린터 등)의 사고 원인조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)
 - 중량물 운반 기계·기구(천장크레인(호이스트), 리프트 등)의 사고 원인조사, 분석 및 안전 대책(재발방지대책)

참고자료

- 「연구실 사전유해인자위험분석 실시에 관한 지침(과학기술정보통신부고시 제2021-109호)」
- 연구실 주요 기계·장비 취급관리 가이드라인, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 안전교육 표준교재 기계안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

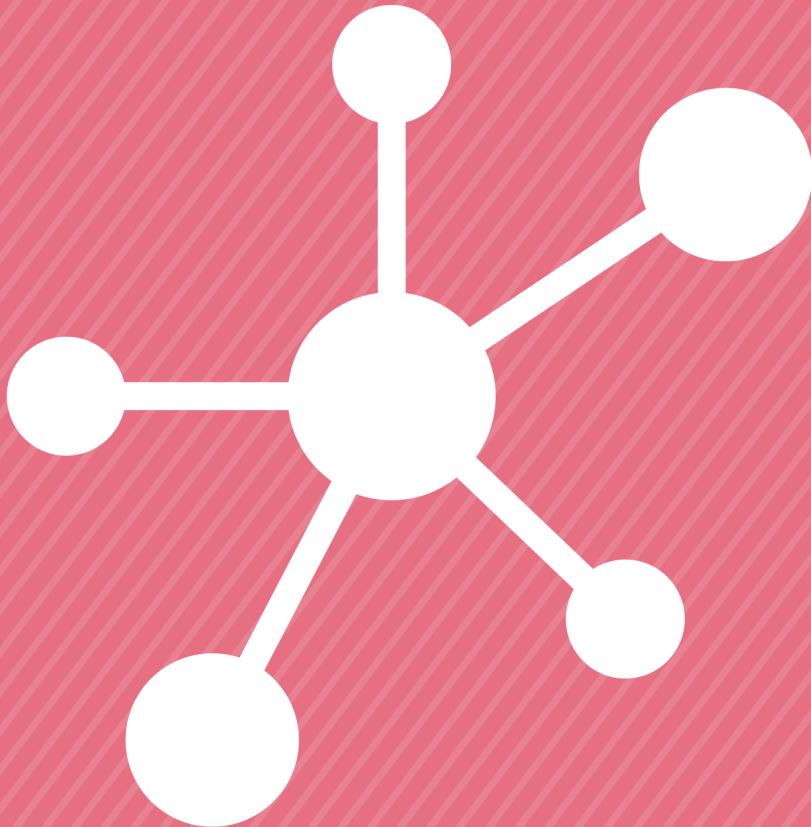
학습가이드 이용 시 유의사항

- 본 학습 가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료일 뿐이며, 가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있습니다. 아울러, 본 학습 가이드에는 언급되지 않았으나, 연구실 기계·물리 안전관리와 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 다양한 참고자료 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

연구실 생물안전관리

PART

5



5.1. 생물(LMO 포함) 안전관리 일반

5.1.1. 생물안전의 필요성과 생물위해 요소

5.1.2. 생물안전관리 조직·인력

5.1.3. 위해성 평가 및 연구계획 심의

5.1.4. 생물안전관련 장비 및 개인보호장구

5.1.5. 생물체의 위험군 분류 및 고위험 생물체 취급관리



5.1.1. 생물안전의 필요성과 생물위해 요소

KEYWORD 생물안전, 생물보안, 생물위해 요소, 생물안전관련 법

개요 연구실 내 생물안전확보를 위해 생물안전·보안의 개념 및 필요성을 이해하고, 생물안전관련 법령과 위해 요소 등을 기반으로 한 위해성평가 방법 등을 숙지한다.

학습목표 ① 생물안전 및 생물보안의 필요성과 개념·원리에 대하여 설명할 수 있다.

② 생물위해, 위해요소, 위해성, 위해관리 개념을 설명하며, 이를 통한 생물학적 위해성평가 개념을 설명할 수 있다.

③ 생물안전 법률 및 규정을 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 생물안전관리의 필요성에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전, 생물보안의 중요성에 대한 인식 확산

- 전세계적으로 생물안전 및 생물보안의 중요성 인식이 확산되고 있다.
 - 신종코로나(COVID-19), 메르스(MERS), 사스(SARS), 에볼라 출혈열, 지카바이러스 감염증 등 최근 세계적으로 신변종 감염질환 유행
 - 2001년 미국에서 발생한 탄저균 생물테러 등의 발생

감염사고 예방의 긍정적 효과

- 실험실 획득 감염 예방의 중요성
 - 인체 및 동물 감염 병원체를 취급하는 연구실의 감염성 물질 유출 방지 및 실험 중에 발생할 수 있는 감염사고의 예방은 실험실 유래 감염병의 유행 발생(outbreak) 예방과 안전한 실험 환경제공, 연구의 질적 향상에 도움

2

학습내용

- 연구실 생물안전 개념 및 원리에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전과 생물재해의 정의

- 생물안전의 정의
 - 연구실에서 병원성 미생물 및 감염성 물질 등 생물체를 취급함으로써 초래될 가능성이 있는 위험으로부터 연구활동종사자와 국민의 건강을 보호하기 위하여 적절한 지식과 기술 등의 제반 규정 및 지침 등 제도 마련 및 안전장비·시설 등의 물리적 장치 등을 갖추는 포괄적 행위를 의미한다.
- 생물재해의 정의
 - 병원체로 인하여 발생할 수 있는 사고 및 피해로 실험실 감염과 확산 등이 포함된다.

생물안전의 목표 및 범위

- 생물안전의 목표
 - 생물재해를 방지함으로써 연구활동종사자 및 국민의 건강한 삶을 보장하고 안전한 환경을 유지하는 것
- 생물안전의 범위
 - 연구실 생물안전은 병원체(pathogen)와 비병원체(non-pathogen)에 따라 기준을 달리 적용해야 한다.
 - 취급하는 생물체의 위험 특성과 실험 환경의 다양성에 따라 시설, 장비, 운영 등의 분야별로 선택, 적용하는 기준이 다양하다.

생물안전의 구성요소

- 생물안전의 구성요소
 - : 생물안전 확보에 필요한 3가지 중요 요소와 그에 대한 설명은 다음과 같다.
 - 1) 연구실의 체계적인 위해성 평가 능력 확보
 - ① 취급하는 미생물 및 감염성 물질 등이 갖는 위해 정도 등을 고려하여 생물체 위험군(Risk group) 및 연구실의 생물안전등급을 정한다. 이때, 실험내용에 따라 생물안전수준과 연관 지어 판단하는 것이 필요하다.
 - ② 수행하고자 하는 실험에 대한 적절한 생물안전수준을 결정하기 위해 고려해야 할 사항은 취급하는 미생물 및 감염성물질 등에 의해 발생할 수 있는 잠재적 위해성이다.
 - ③ 일반적으로 미생물은 사람에게 대한 위해도에 따라 4가지 위험군(risk group)으로 분류한다.

2) 취급 생물체에 적합한 물리적 밀폐(physical containment) 확보

- ① 실험 대상 생물체의 특성 및 실험 내용에 따른 기준(설치·운영 기준 등)에 맞게 설치된 실험시설을 이용한다.
- ② 생물안전등급(biosafety level)은 4가지(생물안전 1등급부터 생물안전 4등급까지)로 분류한다.
- ③ 연구실 안전등급별 준수사항과 안전기술, 안전장비와 연구실 설비를 조합하여 준수하도록 규정 한다.

3) 적절한 생물안전관리 및 운영을 위한 방안 확보 및 이행한다.

- ① 기관생물안전위원회 구성, 생물안전관리책임자 임명
- ② 기관생물안전관리규정 등 마련

3

학습내용

- 생물보안 개념 및 요소에 대하여 설명할 수 있다.

생물보안의 개념

- 생물보안의 정의
 - 감염병의 전파, 격리가 필요한 유해 동물, 외래종이나 유전자변형생물체의 유입 등에 의한 피해를 최소화하기 위한 일련의 선제적 조치 및 대책을 말한다.
 - 여기에는 생명과학 연구실에서 생물학적 물질의 도난이나 의도적인 유출을 막고 잠재적 위험성이 있는 생물학적 물질이 잘못 사용되는 상황을 사전 방지한다는 협의의 생물보안 개념도 포함된다.

생물보안의 요소

- 생물보안의 요소
 - : 일반적인 보안과 관련된 것들을 포함하여 주요 요소는 다음과 같다.
 - 물리적 보안
 - 기계적 보안
 - 인적 보안
 - 정보 보안
 - 물질통제 보안
 - 이동 보안
 - 프로그램 관리 등의 보안 요소

4

학습내용

- 생물학적 위해성평가 개념에 대하여 설명할 수 있다.

생물학적 위해성평가의 개념

- 위해(risk)의 정의
 - 위험요소(hazard)에 노출되거나 위험요소로 인하여 손상(harm)이나 건강의 악영향을 일으킬 수 있는 기회(chance) 또는 가능성(probability)을 의미한다.
- 생물학적 위해성 평가의 정의
 - 생물학적 위해성 평가(biological risk assessment)란 잠재적인 인체감염 위험이 있는 병원체를 취급하는 연구실에서 실험과 관련된 병원체 등 위험요소(hazard)를 바탕으로 실험의 위해(risk)가 어느 정도인지를 추정하고 평가하는 과정을 말한다.
 - 이러한 위해성 평가 결과는 해당 실험의 위해 감소 관리를 위한 연구시설의 밀폐수준, 개인보호장비, 생물안전 장비 및 안전수칙 등을 결정하는 주요 인자가 된다,

5

학습내용

- 생물위해, 위해요소, 위해성, 위해관리 개념에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 주요 위해요소

- 연구실 주요 위해요소
 - 생물학적 위험(biological hazards) 요소
 - 화학적 위험(chemical hazards) 요소
 - 기계적 위험(mechanical hazards) 요소
 - 전기적 위험(electrical hazards) 요소
 - 열역학적 위험(thermodynamic hazards) 요소
 - 방사능적 위험(radiations hazards) 요소

생물학적 위해요소

- 생물학적 위해요소
 - 세균·바이러스·진균 및 그 생산독소, 기생충, 실험동물, 식물, 곤충, 유전자재조합생물체 등

연구실 위해성 평가 과정

- 연구실 위해성 평가 과정
 - 연구실 위해성 평가는 주요 위해요소의 세부사항을 바탕으로, 실험과정의 특수성과 실험장소의 복잡성, 이용자 및 위해요소 취급자의 경험 수준 등 상호 관련된 영향 관계에 따라 다양한 정성·정량평가 기법을 활용하여 수행되는 종합적 위해성 평가 과정이다.

※ '5.1.3.위해성 평가 및 연구계획 심의' 참조

위해성 관리

- 위해성관리
 - 위해성 관리는 위해성 분석 및 위해성 심사에 의해 위해요소를 판단하고 이러한 판단을 통해 관리 과업을 도출하여 이행하는 통합적 과정이다.
 - 이러한 위해성 관리체계는 위해성 분석, 위해성 평가, 위해성 관리가 상호작용하며, 이해관계자 및 관련자들 간의 긴밀한 위해성 정보교류를 통해 발생 가능한 문제들이 유발하는 위해범위에 대한 대응과 그 수준을 사전에 평가하고, 그에 따른 대응과업을 발굴하여 이행하는 것을 원칙으로 한다.

6

학습내용

- 생물안전 법률 및 규정에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전관련 법·제도

- 생물안전관련 법·제도
 - 생물이용 연구실의 안전한 관리와 실제 연구를 수행함에 있어 안전확보를 위해 국가에서는 법을 제정하고, 지침, 가이드라인, 매뉴얼 등을 발간하고 있다.
 - 생물이용 연구실을 대상으로 하는 안전관리관련 법률은 <표-19>에 나타내었으며, 관련 법률 적용 여부를 실험 전에 확인하고, 해당 법률을 준수해야 한다.

〈표-19〉 생물이용 연구실의 안전관리 관련 법

분류	해당 법률	약칭
연구실 안전	연구실 안전환경 조성에 관한 법률	연구실안전법
	교육시설 등의 안전 및 유지관리 등에 관한 법률	-
생물안전 및 보안	유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률	유전자변형생물체법, LMO법
	생명공학육성법	-
	감염병의 예방 및 관리에 관한 법률	감염병예방법
	화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률	생화학무기법
	국민보호와 공공안전을 위한 테러방지법	테러방지법
	가축전염병 예방법	-
	수산생물질병 관리법	-
	식물방역법	-
사업장	산업안전보건법	-
사업장, 공중이용시설 등	중대재해 처벌 등에 관한 법률	중대재해처벌법
생명윤리	생명윤리 및 안전에 관한 법률	생명윤리법
동물윤리	동물보호법	-
	실험동물에 관한 법률	-
생명자원	생명연구자원의 확보·관리 및 활용에 관한 법률	생명연구자원법
	병원체자원의 수집·관리 및 활용 촉진에 관한 법률	병원체자원법
	농업생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률	농업생명자원법
	해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률	해양생명자원법
	생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률	생물다양성법
폐기물	폐기물관리법	-

7

학습내용

- 연구실 생물안전관리와 생물안전 규정에 대하여 설명할 수 있다.

물리적 밀폐 및 주요 요소

- 연구실 안전 관리를 위한 물리적 밀폐 및 주요 요소
 - 미생물 및 감염성 물질 등을 취급 보존하는 실험 환경에서 이들을 안전하게 관리하는 방법을 확립하는데 있어 기본적인 개념은 ‘밀폐(containment)’이다.
 - 밀폐의 목적은 연구활동종사자, 행정 직원, 지원 직원(시설관리 용역 등) 등 기타 관계자, 그리고 연구실과 외부 환경 등이 잠재적 위해 인자 등에 노출되는 것을 줄이거나 차단하기 위함이다.
 - 밀폐의 세 가지 핵심 요소는 안전시설, 안전장비, 연구실 준수사항·안전관련 기술이다.

생물안전 사항 준수

- 생물안전 사항 준수
 - 일반 미생물연구실에서 밀폐를 확보하기 위해 가장 중요한 요소는 표준 미생물연구실의 생물안전수칙 및 안전기술(실험법 등)을 엄격히 준수하는 것이다.
 - 병원성 미생물 또는 감염성 물질을 취급하는 연구활동종사자는 그 위험성에 대하여 충분히 숙지하고 있어야 한다.
 - 아울러 이러한 생물체를 안전하게 취급하기 위한 준수사항 및 실험기법 등에 대해 교육·훈련을 받아야하며, 연구실 책임자는 연구활동종사자들에게 적절한 교육·훈련을 제공하여야 한다.
 - 미생물 및 의과학 연구실을 갖추고 있는 기관에서는 발생할 수 있는 생물학적 위해 요인을 사전에 규명하고 이러한 위해 요인에 연구활동종사자 및 연구실 등이 노출되는 것을 최소화하거나 위해 요인을 제거하기 위해 고안된 수칙과 절차를 규정하는 ‘생물안전관리규정’을 제정하여 운영하는 것이 바람직하다.
 - 또한, 특별한 병원성 미생물이나 실험 절차를 관리하는 데 표준 연구실 생물안전수칙 만으로는 충분하지 않을 경우, 연구실책임자의 판단에 따라 생물안전 심의, 표준작업 절차서(standard operating procedure, SOP) 등 이에 대한 부수적인 준수사항을 제시하고 이행하도록 한다.

생물안전관리 규정

- 일반적인 생물안전관리 규정
 - 생물안전관리 조직체계 및 그 직무에 관한 사항

- 연구(실) 또는 연구시설 책임자 및 운영자의 지정
- 기관생물안전위원회의 구성과 운영에 관한 사항
- 연구(실) 또는 연구시설의 안정적 운영에 관한 사항
- 기본적으로 준수해야 할 연구실 생물안전수칙
- 연구실 폐기물 처리 절차 및 준수사항
- 실험자의 건강 및 의료 모니터링에 관한 사항
- 생물안전교육 및 관리에 관한 사항
- 응급상황 발생 시 대응방안 및 절차

참고자료

- 한국생물안전안내서 제2판. 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원, 2019. 등

5.1.2. 생물안전관리 조직·인력

KEYWORD 생물안전위원회, 생물안전관리책임자, 생물안전관리자, 고위험병원체 전담관리자

개요 생물안전위원회의 구성·운영 기준 및 역할과 생물안전관리 인력들의 자격·역할 등을 소개한다.

학습목표 ① 기관생물안전위원회의 구성 및 역할에 대하여 설명할 수 있다.

- ② 기관생물안전관리책임자의 자격 및 역할에 대하여 설명할 수 있다.
- ③ 생물안전관리자의 자격 및 역할에 대하여 설명할 수 있다.
- ④ 고위험병원체 전담관리자, 의료관리자, 연구책임자, 연구활동종사자의 역할에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 기관생물안전위원회의 구성 및 역할에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전위원회 관련 법률 및 지침

- 생물안전위원회와 관련된 법률 및 지침
 - 「감염병예방법」에 따른 「고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시」, 「생명공학육성법」에 따른 「유전자 재조합실험지침」과 「유전자변형생물체법」 하위 규정인 「유전자변형생물체법 통합고시」 (이하 통합고시)

기관생물안전위원회의 구성

- 기관생물안전위원회의 설치·운영(유전자변형생물체법 통합고시)
 - 생물안전 1등급시설을 보유한 기관은 기관생물안전위원회(institutional biosafety committee, IBC) 설치·운영을 권장하며, 규정한 자격을 갖춘 생물안전관리책임자(Institutional biosafety officer, IBO)를 임명하여야 한다.(생물안전관리자 지정은 권장)
 - 생물안전 2등급시설을 보유한 기관은 기관생물안전위원회를 설치·운영해야 하며, 생물안전관리책임자를 임명하여야 한다.(생물안전관리자 지정은 권장)
 - 생물안전 3등급시설 이상을 보유한 기관은 기관생물안전위원회를 설치·운영해야 하며, 생물안전관리책임자 및 생물안전관리자를 임명·지정하여야 한다.
- ※ 기관의 생물안전위원회 설치·운영, 생물안전관리책임자 임명, 생물안전관리자 지정 기준 관련 통합고시 별표 9-1에서 9-6 참조

구분	기관생물안전위원회 설치·운영	생물안전관리책임자 임명	생물안전관리자 지정
생물안전 1등급 시설	권장	필수	권장
생물안전 2등급 시설	필수	필수	권장
생물안전 3, 4등급 시설	필수	필수	의무

기관생물안전위원회의 구성 및 역할

- 기관생물안전위원회의 구성 및 역할(유전자재조합실험지침 제20조)
 - 기관생물안전위원회는 위원장 1인 및 생물안전관리책임자 1인, 외부위원 1인을 포함한 5인 이상의 내·외부위원으로 구성하고 아래의 사항에 대하여 시험·연구기관장의 자문에 응한다. 단, 시험·연구기관의 규모 등 자체적으로 구성할 수 없는 타당한 사유가 있을 경우, 해당 업무를 외부 기관생물안전 위원회에 위탁할 수 있다.
 - 유전자재조합실험 등이 수반되는 실험의 위해성 평가 심사 및 승인에 관한 사항
 - 생물안전 교육·훈련 및 건강관리에 관한 사항
 - 생물안전관리규정의 제·개정에 관한 사항
 - 기타 기관 내 생물안전 확보에 관한 사항
 - 기관생물안전위원회는 시험·연구책임자로 하여금 실험의 생물안전 확보에 관한 사항에 대하여 보고를 하게 할 수 있다.

2

학습내용

- 기관생물안전관리책임자의 자격 및 역할에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전관리책임자의 자격

- 기관생물안전관리책임자의 자격
 - 유전자재조합실험지침 및 통합고시에서는 연구실의 생물안전 등급을 규정하고 있다.
 - 생물안전 1등급 이상인 연구시설을 운영하는 시험·연구기관은 통합고시에서 규정한 자격을 갖춘 생물안전 관리책임자(BO) 임명이 의무화되어 있다.

〈표-20〉 생물안전관리책임자의 임명 기준(유전자변형생물체법 통합고시)

학력	전공	학위	실무경력	생물안전교육
대학 이상	생물학, 수의학, 의학 등 보건 관련 학과	석사 이상	-	8시간 이상 이수 (3등급 연구시설 보유 기관의 경우 20시간 이상 이수)
전문대학 이상	이공계 학과	전문학사 이상	2년 이상	
		전문학사 이상	4년 이상	

* 실무경력은 연구실 안전관리 업무에 한정한다.

생물안전관리책임자의 역할

• 기관생물안전관리책임자

- 기관생물안전관리책임자는 기관장의 임명을 받아 기관 내 생물안전관리를 위해 다음 사항에 대하여 기관장을 보좌한다.

- ① 생물안전관리규정의 제·개정에 관한 사항
- ② 기관 내 생물안전 준수사항 이행 감독에 관한 사항
- ③ 기관 내 생물안전 교육·훈련 이행에 관한 사항
- ④ 연구실 생물안전 사고 조사 및 보고에 관한 사항
- ⑤ 생물안전에 관한 국내·외 정보수집 및 제공에 관한 사항
- ⑥ 기타 기관 내 생물안전 확보에 관한 사항
- ⑦ 고위험병원체 취급 기관의 경우 고위험병원체의 검사·보존·관리 및 이동에 관련된 안전관리 심의에 관한 사항

3

학습내용

- 생물안전관리자의 자격 및 역할에 대하여 설명할 수 있다.

기관생물안전관리자의 자격

• 기관생물안전관리자의 자격

- 유전자재조합실험지침 및 통합고시에서는 연구실의 생물안전 등급을 규정하고 있음
- 생물안전 1, 2등급시설을 보유한 기관에는 생물안전관리자 지정이 권장되며, 3등급 이상의 시설을 보유한 기관에는 생물안전관리자 지정이 의무화되어 있다.

〈표-21〉 생물안전관리자의 지정 기준

학력	국가자격증 혹은 기술자격증	실무경력	생물안전교육
생물안전관리책임자의 지정 기준에 해당하거나 다음의 자격요건을 충족한 사람			
-	「국가기술자격법」의 안전관리분야 기사 이상	-	8시간 이상 이수 (3등급 연구시설 보유 기관의 경우 20시간 이상 이수)
-	「국가기술자격법」의 안전관리분야 산업기사	1년 이상	
-	엔지니어링산업진흥법의 건축설비, 전기공사, 공조냉동, TAB 등 분야의 중급기술자 이상의 자격	-	
고등기술학교	-	6년 이상	

* 실무경력은 연구실 안전관리 업무에 한정함

생물안전관리자의 역할

- 생물안전관리자(divisional biosafety officer)의 역할
 - 기관생물안전관리책임자의 지정을 받아 기관 내 생물안전관리 실무 및 행정 사항을 담당하며 연 4시간 이상 생물안전관리에 관한 교육·훈련을 받아야 한다. 생물안전관리자는 기관의 규모와 특성을 고려하여 기관 단위, 부서 단위 또는 연구실 단위로 1인을 지정할 수 있으며, 그 역할은 아래와 같다.
 - ① 기관 또는 연구실 내 생물안전관리 실무
 - ② 기관 또는 연구실 내 생물안전 준수사항 이행 감독 실무
 - ③ 기관 또는 연구실 내 생물안전 교육·훈련 이행 실무
 - ④ 기관 또는 연구실 내 연구실 생물안전 사고 조사 및 보고 실무
 - ⑤ 기관 또는 연구실 내 생물안전에 필요한 정보수집 및 제공
 - ⑥ 기타 기관 또는 연구실 내 생물안전 확보에 관한 사항

4

학습내용

- 고위험병원체 전담관리자, 의료관리자, 연구책임자, 연구활동종사자의 역할에 대하여 설명할 수 있다.

고위험병원체 전담관리자의 기준

- 고위험병원체 전담관리자
 - 고위험병원체의 취급·관리에 필요한 충분한 지식을 갖춘 전담관리자를 지정해야 한다.
 - 고위험병원체 전담관리자에는 고위험병원체 관리책임자와 실무관리자(필요시 지정)가 있다.

- 고위험병원체 전담관리자 역할
 - 다음 사항에 관하여 기관의 장을 보좌한다.
 - ▶ 법률에 의거한 고위험병원체 반입허가 및 인수, 분리, 이동, 보존현황 등 신고절차 이행
 - ▶ 고위험병원체 취급 및 보존지역 지정, 지정구역 내 출입 허가 및 제한 조치
 - ▶ 고위험병원체 취급 및 보존 장비의 보안관리
 - ▶ 고위험병원체 관리대장 및 사용내역 대장 기록 사항에 대한 확인
 - ▶ 사고에 대한 응급조치 및 비상대처방안 마련
 - ▶ 안전교육 및 안전점검 등 고위험병원체 안전관리에 필요한 사항
- 고위험병원체 전담관리자의 자격
 - ① 「고등교육법」에 따른 전문대학 또는 이와 같은 수준 이상의 학교에서 생물 또는 보건관련 학과를 졸업한 후 병원체 보존·관리 업무에 2년 이상의 실무경력이 있는 자
 - ※ 생물 관련 학과 : 미생물학, 생명과(공)학, 생화학, 분자생물학, 유전공학 등
 - ② 「고등교육법」에 따른 전문대학 또는 이와 같은 수준 이상의 학교에서 이공계 학과를 졸업한 후 병원체 보존·관리 업무에 4년 이상의 실무경력이 있는 자
 - ※ 이공계 학과 : 식품영양학, 식품공학, 환경관리학, 유기화학 등
 - ③ 「초·중등교육법」에 따른 고등기술학교 또는 이와 같은 수준 이상의 학교를 졸업하고 병원체보존·관리 업무에 6년 이상의 실무경력이 있는 자
- 고위험병원체 취급자의 기준
 - 고위험병원체를 취급하기 위해서는 일반적인 생물안전관리 이외에 추가적인 기준이 요구된다.
 - 고위험병원체 취급자는 「감염병예방법」 및 시행규칙에서 정하는 학력 및 경력 기준을 충족해야 한다.

〈표-22〉 고위험병원체의 취급자의 기준

학력	전공	실무경력 (보건의료 또는 생물 관련 분야 경력)	고위험병원체 취급교육
전문대학 이상의 대학 졸업 또는 이와 동등한 학력	보건의료, 생물 관련 분야	-	매년 이수
전문대학 이상의 대학 졸업 또는 이와 동등 이상의 학력	보건의료, 생물 관련 분야 외의 분야	2년 이상	매년 이수
고등학교·고등기술학교 졸업 또는 이와 동등 이상의 학력	-	4년 이상	매년 이수

의료관리자의 역할

• 의료관리자(medical advisor)의 역할

- ① 기관 내 생물안전에 대한 의료 자문
- ② 기관 내 생물안전 사고에 대한 응급처치 및 자문

※ 기관 내 의료관리자를 둘 수 없을 경우, 지역사회 병·의원과 연계하여 필요 시 자문을 제공할 수 있는 의료관계자를 선임하여 운영하는 것도 도움이 된다. 또한 생물안전 사고가 발생할 경우, 연계된 병·의원과 의 합동비상대응훈련 등을 통하여 실질적인 대응능력 및 조치역량을 강화하는 프로그램의 운영을 권장

연구(실) 책임자의 역할

• 연구(실) 책임자(principal investigator, PI)의 역할

- 생물안전관리규정을 숙지하고 생물안전사고의 발생을 방지하기 위한 관련 지식 및 기술을 갖추어야 하며 연구실 내에서 다음 각 사항들을 수행한다.
 - ① 해당 유전자재조합실험 등 생물체 취급 실험의 위해성 평가
 - ② 해당 유전자재조합실험 등 생물체 취급 실험의 관리·감독
 - ③ 시험·연구종사자(연구활동종사자)에 대한 생물안전 교육·훈련
 - ④ 유전자변형생물체 등 생물체의 취급관리에 관한 사항의 준수
 - ⑤ 기타 해당 실험의 생물안전 확보에 관한 사항

시험·연구종사자(연구활동종사자)의 역할

• 시험·연구종사자의 역할

- 시험·연구종사자는 아래와 같은 내용을 성실히 이행한다.
 - ① 생물안전 교육·훈련 이수
 - ② 생물안전관리규정 준수
 - ③ 자기 건강에 이상을 느낀 경우, 또는 중증 혹은 장기간의 병에 걸린 경우 연구책임자 또는 기관장에게 보고
 - ④ 기타 해당 실험의 위해성에 따른 생물안전 준수사항의 이행

참고자료

- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원, 2019.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회, 2021.
- 기관생물안전위원회 구성·운영 안내서, 과학기술정보통신부·질병관리청·한국생명공학연구원·국가연구안전관리본부, 2021
- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(법률 제18507호)」
- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 시행규칙(보건복지부령 제823호)」
- 「고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시(질병관리청고시 제2020-5호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(법률 제15868호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 통합고시(산업통상자원부고시 제2021-187호)」
- 「유전자재조합실험지침, 보건복지부고시(제2020-140호)」
- 「생명공학육성법(법률 제17261호)」 등

5.1.3. 위해성 평가 및 연구계획 심의

KEYWORD 위해성평가, 생물관련 연구 계획 심의, 국가사전승인 대상 연구

개요 위험요소 등의 위해성을 평가하고, 위해도에 따라 연구를 분류할 수 있다. 기관에서 생물안전관련 연구계획서와 위해성평가를 심의하며, 국가가 정한 실험은 사전에 국가승인을 받아 수행함으로써 안전한 연구를 수행할 수 있다.

학습목표 ① 위해성평가의 정의 및 위해성평가 요소에 대하여 설명할 수 있다.

- ② 생물관련 연구 계획 심의에 대하여 설명할 수 있다.
- ③ 위해성평가에 따른 연구 분류에 대하여 설명할 수 있다.
- ④ 국가사전승인 대상 연구에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 위해성평가의 정의 및 위해성평가 요소에 대하여 설명할 수 있다.

생물학적 위해성평가 정의 및 원칙

- 생물학적 위해성평가의 정의 및 원칙
 - 생물학적 위해성평가(biological risk assessment)는 과학적 근거를 바탕으로 미생물 및 이들이 생산하는 독소 등으로 야기될 수 있는 질병의 심각성 및 발생 가능성을 여러 단계에 걸쳐 평가하는 체계적인 과정이다.
 - 위해성 평가는 생물안전 실천을 위한 중요한 요소로, 연구실 환경, 연구활동종사자 및 작업 형태 등 평가하고자 하는 대상 및 목적에 따라 위험요소, 위해성의 특성, 노출의 종류 등이 달라질 수 있다.
 - 특정 절차나 실험을 위한 위해성 평가 시에 도움이 될 수 있는 여러 가지 방법이 있지만, 가장 중요한 것은 전문적인 판단이다. 위해성 평가는 사용을 고려하는 생물체의 특성과 사용할 장비 및 절차, 사용될 수 있는 동물 모델, 이용할 밀폐 장비 및 시설 등을 가장 잘 알고 있는 사람이 수행해야 한다.
 - 연구책임자나 총괄책임자(principal investigator, PI)는 위해성 평가를 시기에 맞게 적절히 수행하게 하고, 안전위원회와 생물안전 담당자 간에 긴밀히 협조하여 적합한 장비와 시설을 이용하여 작업을 진행하도록 지원할 책임이 있다.

위험요소

- 위험요소(hazard factor)
 - 병원체 요소

미생물이 가지는 병원성, 병독성, 감염량 및 감염성(전파방법 및 감염경로), 숙주의 범위, 환경 내 병원체 안전성, 미생물 위험군 정보와 유전자 재조합에 의한 변이 특성, 항생제 내성, 역학적 유행주, 해외 유입성 등이 포함된다.

※ 미생물의 위험군(risk group)은 미생물의 병원성, 감염량 및 감염경로, 전파방식과 숙주의 범위, 효과적인 예방 및 치료의 유효성 등을 고려하여 사람에게 위해를 미치는 정도에 따라 4가지 위험군으로 분류된다.

- 시험·연구종사자(연구활동종사자) 요소

시험·연구종사자의 면역 및 건강상태, 백신접종 여부, 기저질환 유무, 알레르겐성, 바람직하지 못한 실험 습관, 생물안전 교육 이수 여부 등이 포함된다.

- 실험환경 요소

실험 시 병원체의 농도 및 양, 노출 빈도 및 기간, 에어로졸 발생실험, 대량배양실험, 유전자재조합실험, 병원체 접종 동물실험 등 위해 가능성을 포함하는지의 여부와 현재 확보하고 있는 물리적 밀폐 연구시설의 안전등급, 주사침 등 날카로운 실험기기, 안전장비 확보, 안전 및 응급조치 등이 포함된다.

• 위해(risk)

- 위험요소(hazard)에 노출되거나 위험요소로 인하여 손상(harm)이나 건강의 악영향을 일으킬 수 있는 기회(chance) 또는 가능성(probability)을 의미한다.

• 위해 증가 요소

- 에어로졸 발생실험, 대량배양실험, 실험동물 감염실험, 실험실-획득 감염 병원체 이용, 미지 또는 해외 유입병원체 취급, 새로운 실험방법 및 장비사용, 주사침 또는 칼 등 날카로운 도구 사용 등

생물학적 위해성 평가 절차

• 생물학적 위해성평가 절차

- 미생물학적 위해성 평가는 다음의 5단계로 구분된다.

- ① 위험요소 확인(hazard identification)
- ② 노출 평가(exposure assessment)
- ③ 용량반응 평가(dose-response assessment)
- ④ 위해 특성(risk characterization)
- ⑤ 위해성 판단(risk evaluation)

- 위해성 평가 결과는 발생 가능한 위해를 제거하거나 최소화할 수 있는 위해 관리와 연계되어 적합한 연구시설 밀폐등급 결정 및 연구실 생물안전관리를 수립하는데 활용된다.

2

학습내용

- 생물관련 연구계획 심의에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전위원회의 심의 기능

- 기관생물안전위원회의 심의 기능
 - 기관생물안전위원회는 '유전자재조합실험 등이 수반되는 실험의 위해성 평가 심사 및 승인' 기능을 가진다.
 - 해당 심사는 유전자변형생물체(LMO)의 개발 및 이용실험인 경우에 해당하나, 병원성 미생물을 취급하는 실험에 대해서도 기관생물안전위원회의 심의 대상에 포함할 것을 권장한다.

실험계획 및 위해성평가 심의

- 생물관련 실험계획 및 위해성평가 심의
 - 기관승인실험을 수행하고자 하는 시험·연구책임자는 유전자재조합실험승인신청서와 함께 위해성평가서와 연구계획서를 첨부하여 해당 시험·연구 기관장에게 제출하여야 한다.
 - 시험·연구기관장은 승인신청이 있을 때에는 기관생물안전위원회의 의견을 들어 제출자료를 심사하고, 승인여부를 결정하여 시험·연구책임자에게 서면으로 통보한다.
 - 실험승인을 받은 시험·연구책임자가 승인사항을 변경하고자 하는 경우에는 변경 신청서와 승인사항 변경에 따른 위해성 평가서, 변경된 연구계획서를 제출하고, 생물안전위원회의 심의 절차를 따라야 한다.

3

학습내용

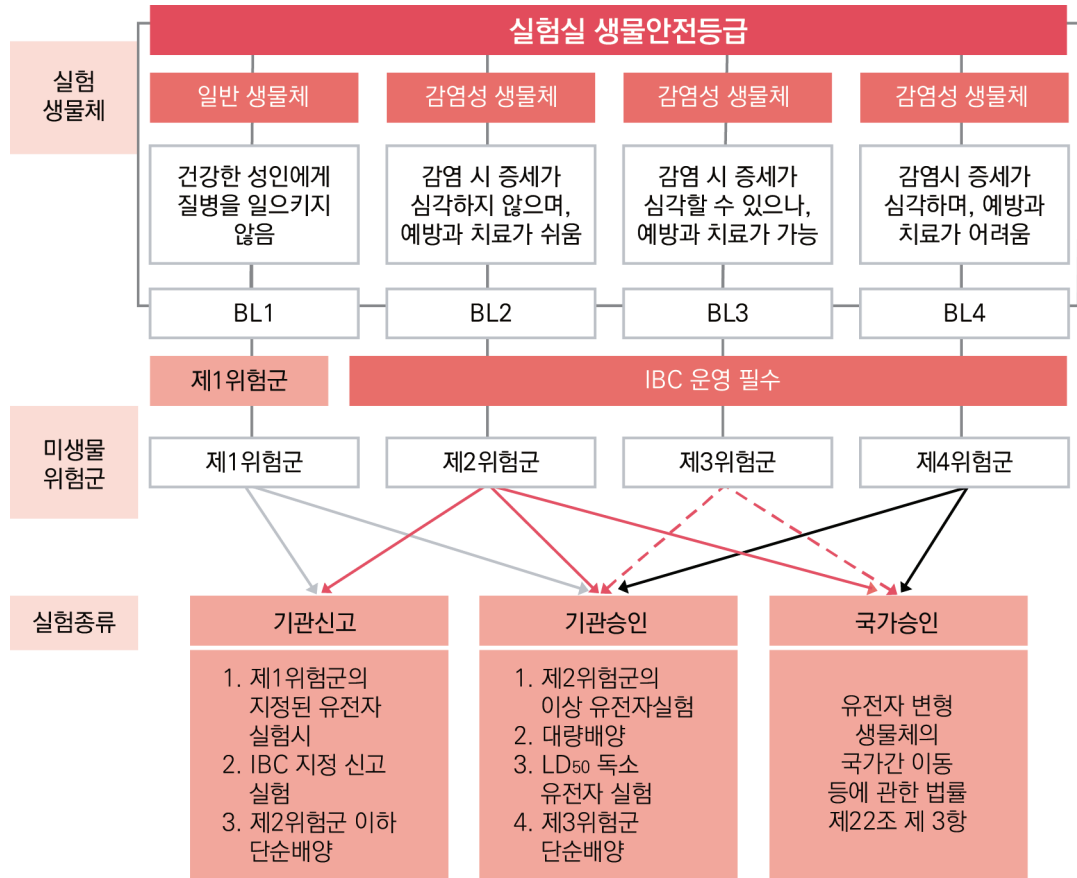
- 위해성평가에 따른 연구 분류에 대하여 설명할 수 있다.

위해수준에 따른 실험의 분류

- 위해수준에 따른 실험의 분류
 - 실험계획에 대한 기관생물안전위원회 심사는 지침에서 정의된 실험생물체의 위험군과 실험방법 등을 바탕으로, 해당 실험에 적합한 밀폐방법 및 수준을 결정한다(유전자재조합실험지침 제4조).
 - 실험의 종류는 위해수준에 따라 면제, 기관신고, 기관승인 그리고 국가승인으로 구별된다.
 - 국가승인 실험은 유전자재조합실험지침 및 통합고시에 근거하여, 기관생물안전위원회의의 기관승인을 얻은 후 과학기술정보통신부, 질병관리청, 산업통상자원부 등 관계 중앙행정기관에 승인을 신청하여야 한다.

기관생물안전위원회를 통한 연구실 생물안전 확보 및 연구관리

- 기관생물안전위원회를 통한 연구실 생물안전 확보 및 연구관리
 - 기관생물안전위원회는 위험요소의 특성에 따라 연구책임자 및 시험·연구종사자가 LMO를 제작하고 취급하는 과정에서 발생할 수 있는 위해성을 단계적으로 판단하고, 유전자재조합실험의 물리적 밀폐수준을 결정한다. 이후 실험생물체의 특성에 따라 추가적인 밀폐 조치가 필요인지 검토하고 최종 밀폐수준을 결정한다.



※ 출처: 실험실생물안전지침 2019

〈그림-25〉 생물안전위원회를 통한 연구실 생물안전 확보 및 연구 관리

4

학습내용

- 국가사전승인 대상 연구에 대하여 설명할 수 있다.

국가승인 실험 심사

- 국가승인 실험 심사 : 국가승인 실험에 대한 심사는 총 3단계에 걸쳐 진행된다.
 - ① 우선 실험시설의 설치에 대한 신고 및 허가 여부를 확인하고, 동물실험을 수행할 경우 동물실험윤리위원회(IACUC)로 부터 시설 및 실험에 대하여 승인을 받았는지를 확인 후 시험·연구기관의 생물안전위원회(IBC) 승인을 획득하였는지를 확인한다.(연구내용에 따라 생명윤리심의위원회(IRB) 승인 필요)
 - ② 이후 연구활동종사자, 실험시설, 실험장비에 대한 안전성을 확인한다.
 - ③ LMO 개발 및 이용 과정에 대한 안전성을 미생물학적 위해성 평가의 원칙에 따라 단계적이며 복합적으로 평가한다.

국가사전승인 대상 연구

- 국가사전승인 대상 연구
 - 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률」 제22조의2 및 동법 시행령 제23조의6 에 따라 관계 중앙행정기관의 장(과학기술정보통신부, 질병관리청장, 산업통상자원부 등의 장)의 사전승인을 얻어야 하는 실험

〈참고 - 유전자변형생물체법 시행령 제23조의6〉

제23조의6(유전자변형생물체의 개발·실험) ① 법 제22조의2제1항에서 “대통령령으로 정하는 위해가능성이 큰 유전자변형생물체를 개발·실험하는 경우”란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.

1. 종명(種名)이 명시되지 아니하고 인체위해성 여부가 밝혀지지 아니한 미생물을 이용하여 개발·실험하는 경우
2. 척추동물에 대하여 보건복지부장관이 고시하는 기준 이상의 단백질 독소를 생산할 능력을 가진 유전자를 이용하여 개발·실험하는 경우
3. 자연적으로 발생하지 아니하는 방식으로 생물체에 억제내성 유전자를 의도적으로 전달하는 방식을 이용하여 개발·실험하는 경우. 다만, 보건복지부장관이 안전하다고 인정하여 고시하는 경우는 제외한다.
4. 국민보건상 국가관리가 필요하다고 보건복지부장관이 고시하는 병원미생물을 이용하여 개발·실험하는 경우
5. 포장시험(圃場試驗) 등 환경방출과 관련한 실험을 하는 경우
6. 그 밖에 국가책임기관의 장이 바이오안전성위원회의 심의를 거쳐 위해가능성이 크다고 인정하여 고시한 유전자변형생물체를 개발·실험하는 경우

참고자료

- 기관생물안전위원회 구성·운영 안내서, 과학기술정보통신부·질병관리청·한국생명공학연구원·국가연구안전관리본부. 2021
- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원. 2019.
- 「유전자재조합실험지침(보건복지부고시 제2020-140호)」
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(법률 제15868호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률 시행령(대통령령 제31001호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 통합고시(산업통상자원부고시 제2021-187호)」
- “질병관리청”, 유전자재조합실험지침, 검색일자: 2022년 1월 28일
<https://www.kdca.go.kr/contents.es?mid=a20302070300> 등

5.1.4. 생물안전관련 장비 및 개인보호장구

KEYWORD 생물안전작업대, 고압증기멸균기, 원심분리기, 개인보호장구

개요 생물안전확보를 위한 주요 장비(생물안전작업대, 고압증기멸균기, 원심분리기) 및 개인보호구의 특성, 원리 등에 대해 숙지한다.

- 학습목표**
- ① 생물안전작업대에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 고압증기멸균기에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 원심분리기에 대하여 설명할 수 있다.
 - ④ 생물안전 관련 개인보호구에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 생물안전작업대에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전작업대의 구분 및 특성

- 생물안전작업대의 구분 및 특성
 - 생물안전작업대(biosafety cabinet, BSC)는 병원성 미생물 및 감염성물질을 다루는 연구실에서 취급물질, 연구활동종사자 및 연구 환경을 안전하게 보호하기 위해 사용하는 1차적 밀폐장치로 물리적 밀폐능이 있는 대표적인 실험장비이다.
 - 생물안전작업대는 Class I, II, III로 구분되며, 특성 및 세부사항은 아래와 같다.

〈표-23〉 생물안전작업대의 구분 및 특성

구분	특성	비고
Class I	여과 배기, 작업대 전면부 개방 최소 유입풍속 유지, 연구활동종사자 보호	일반 미생물 실험 수행 단, 실험물질 오염의 가능성이 있음
Class II	여과 급·배기, 작업대 전면부 개방 최소 유입풍속 및 하방향풍속 유지 연구활동종사자 및 실험물질 보호 가능	구조, 기류 속도, 흐름 양상, 배기 시스템 등에 따라 Type A1, A2, B1, B2로 구분
Class III	최대 안전 밀폐환경 제공 연구활동종사자 및 실험물질 보호가능	-

생물안전작업대의 원리

- 생물안전작업대의 원리
 - 생물안전작업대는 내부에 장착된 고효율 미세공기 정화필터인 헤파필터(high efficiency particulate air filter)를 통해 유입된 공기를 처리하여, 공기흐름의 방향을 안쪽으로, 위에서 아래로 일정하게 유지함으로써 등급에 따라 연구활동종사자, 연구 환경, 그리고 취급 물질 등을 안전하게 보호할 수 있게 한다.
 - 이러한 일정한 공기흐름을 통해 밀폐능을 갖는 생물안전작업대의 작동원리를 올바르게 이해하고 사용하는 것은 매우 중요하다.

생물안전작업대의 구분 및 특성

- 생물안전작업대와 무균작업대 구분
 - 생물안전작업대는 무균작업대(clean bench, laminar flow cabinet)와 구별되는데, 무균작업대는 작업공간의 무균적 유지를 목적으로 하며, 작업자와 환경을 보호하지 못한다.
 - 반면, 생물안전 작업대는 취급물질은 물론 작업자와 환경을 보호할 수 있다.(Class I 제외).

생물안전작업대 사용 시 일반적 주의 사항

- 생물안전작업대 사용 시 일반적 주의 사항
 - ① 생물안전작업대는 취급 미생물 및 감염성물질에 따라 적절한 등급을 선택하여 공인된 규격을 통과한 제품을 구매(예. KSJ0012, EN12469, NSF49 등)하고, 생물안전작업대의 성능 및 규격을 보증할 수 있는 인증서 및 성적서 등을 구매업체로부터 제공 받아 검토·보관한다.
 - ② 생물안전작업대는 항상 청결한 상태로 유지한다.
 - ③ 생물안전작업대에서 작업하기 전·후에 손을 닦고, 작업 시에는 실험복과 장갑을 착용한다.
 - ④ 생물안전작업대의 일정한 공기흐름을 방해할 수 있는 물체들(검사지, 실험노트, 휴대폰 등)은 생물안전작업대 안에 두지 않는다. 피펫, 실험기기 등의 저장을 최소화하고 생물안전작업대 근처에 실험에 필요한 물건들을 놓아둔다.
 - ⑤ 생물안전작업대 내에서 실험하는 작업자는 팔을 크고 빠르게 움직이는 행위를 하지 말아야 하며, 작업대 내에서 실험 중인 작업자의 동료들은 작업자 뒤로 빠르게 움직이거나 달리는 등의 행위들은 하지 말아야 한다. 이러한 행위들뿐만 아니라 연구실 문을 열 때 생기는 기류, 환기 시스템, 에어컨 등에게서 나오는 기류는 방향 등에 따라 생물안전작업대의 공기흐름에 영향을 줄 수 있다.
 - ⑥ 생물안전관리자 및 연구(실) 책임자 등은 일정기간을 두고 생물안전작업대의 공기흐름 및 헤파필터 효율 등에 대한 점검을 실시한다.

- ⑦ 생물안전작업대가 어떻게 작동하는지를 이해하고 실험을 수행하기 전에 계획을 세워 연구활동종사자는 실험과정에서 발생 가능한 위해로부터 스스로를 보호해야 한다.

생물안전작업대 설치·배치

- 생물안전작업대의 설치·배치
 - BSC나 화학적 흡후드 같은 작업기구들이 위치한 반대편에 바로 위치해서는 안된다.
 - 개방된 전면을 통해 생물안전작업대로 흐르는 기류의 속도는 약 0.45 m/s를 유지한다.
 - 프리온을 취급하는 밀폐구역의 헤파필터는 bag-in/bag-out 능력이 있어야만 하며, 또는 필터를 안전하게 제거하기 위한 절차를 보유해야 한다.
 - 하드덕트가 있는 BSC는 배관의 말단에 “배기” 송풍기를 가지고 있어야 한다.

2

학습내용

- 고압증기멸균기에 대하여 설명할 수 있다.

고압증기멸균기

- 고압증기멸균기
 - 고압증기멸균기(autoclave)를 이용한 습열멸균법은 연구실 등에서 널리 사용되는 멸균법으로, 일반적으로 121℃에서 15분간 처리하는 방식이다.
 - 정확하고 올바른 실험과 미생물 등을 포함한 감염성물질들을 취급하면서 발생하는 의료폐기물을 안전하게 처리하기 위해 고압증기멸균기의 원리를 이해하고 올바르게 사용하는 것이 중요하다.

고압증기멸균기 사용시 일반적 주의 사항

- 고압증기멸균기 사용 시 일반적 주의 사항
 - ① 고압증기멸균기의 작동 여부를 확인하기 위한 화학적, 생물학적 지표인자(indicator)를 사용한다.
 - ② 멸균이 진행되는 동안, 내용물을 안전하게 담은 상태로 유지할 수 있는 적절한 용기를 선택한다.
 - ③ 멸균을 실시할 때마다 각 조건에 맞는 효과적인 멸균 시간을 선택한다.
 - ④ 고압증기멸균기 사용일지를 작성 및 관리한다.
 - ⑤ 고압증기멸균기의 작동방법에 대한 교육을 실시한다.

멸균 지표인자

- 멸균 지표인자
 - 화학적 지표인자: 멸균 수행여부는 확인할 수 있으나 실제 멸균시간 동안 사멸되었는지 증명하지 못하며, 그 종류는 아래와 같다.
 - ① 화학적 색깔변화 지표인자
 - ② 테이프 지표인자
 - 생물학적 지표인자(biological indicator): 고압증기멸균기의 미생물을 사멸시키는 기능이 적절한지를 가능하기 위해서 고안되었으며, 고압증기멸균기의 멸균 기능을 측정하기 위해 사용된다. 상용화된 생물학적 지표인자 중 대표적인 것은 *Geobacillus stearothermophilus* 아포(spore)가 있다.

3

학습내용

- 원심분리기에 대하여 설명할 수 있다.

원심분리기 사용 시 에어로졸 발생

- 원심분리기 사용 시 에어로졸 발생
 - 원심분리기는 고속회전을 통한 원심력으로 물질을 구분하는 장치
 - 원심분리기를 사용할 때, 안전캡/로터의 잘못된 이용 또는 튜브의 파손에 따른 감염성 에어로졸 및 에어로졸화된 독소의 방출과 같은 에어로졸 발생 위해성이 있다.

원심분리기 사용 시 일반적 사항

- 원심분리기 사용 시 일반적 사항
 - 원심분리기 사용 시, 설명서를 완전히 숙지한 후 사용한다.
 - 장비는 사용자가 불편하지 않은 높이로 설치한다.
 - 원심분리관 및 용기는 견고하고 두꺼운 재질로 제조된 것을 사용하며 원심분리할 때는 항상 뚜껑을 단단히 잠근다.
 - 버켓 채로 균형을 맞추어 사용하여야 하며, 동일한 무게의 버켓 내 원심관의 위치가 대각선방향으로 서로 대칭이 되도록 조정하여야 하고, 로터에 직접 넣을 경우 제조사에서 제공하는 지침에 따라 그 양을 조절한다.
 - 사용하고자 하는 원심관이 흡수일 경우 증류수나 70% 알코올을 빈 원심분리관에 넣어 무게 조절용 원심분리관으로 사용한다.

감염성 물질 또는 독소 취급 시 원심분리기 주의사항

• 감염성 물질 또는 독소 취급 시 원심분리기 주의사항

- ① 반드시 버킷에 뚜껑이 있는 장비를 사용한다.
- ② 컵/로터의 외부표면 오염을 제거한다.
- ③ 로터의 손상이나 폭발을 막기 위해 로터의 밸런스 조정을 포함하여 제조사의 지시에 따라 장비를 사용한다.
- ④ 원심분리기에 사용하기 적절한 플라스틱 튜브(예: 외장 스크류캡과 함께 사용하는 두꺼운 내벽형태의 플라스틱 튜브)를 선택한다.
- ⑤ 원심분리동안 에어로졸의 방출을 막기 위해 밀봉된 원심분리기 컵/로터를 사용하며, 정기적으로 컵/로터 밀봉의 무결성 검사를 실시한다.
- ⑥ 에어로졸 발생이 우려될 경우 생물안전작업대 안에서 실시한다.
- ⑦ 버킷에 시료를 넣을 때와 꺼낼 때에는 반드시 생물안전작업대 안에서 수행한다.
- ⑧ 컵/로터를 열기 전에 에어로졸을 가라앉히기 위한 충분한 시간을 둔다.
- ⑨ 원심분리가 끝난 후에도 생물안전작업대를 최소 10분간 가동시키며 생물안전작업대 내부를 소독한다.
- ⑩ 사용한 후에는 로터, 버킷 및 원심분리기 내부를 알코올 솜 등을 사용하여 오염을 제거하는 등 청소한다.
- ⑪ Class II 생물안전작업대 내에서는 원심분리기를 사용하지 않는다.

4

학습내용

- 생물안전 관련 개인보호구에 대하여 설명할 수 있다.

개인보호구

• 개인보호구

- 개인보호구(personal protective equipment, PPE)란 연구실에서 미생물을 취급하거나 유해화학물질 등을 다루는 등의 과정에서 발생 가능한 위해로부터 연구활동종사자의 안전을 지켜주는 가장 기본적인 장비
- 병원성 미생물을 포함한 미생물을 취급하는 연구실에서는 적절한 실험복을 반드시 착용하고 실험방법에 따른 적절한 기타 보호구를 선택하여 사용한다.

개인보호구 사용시 일반적인 사항

- 개인보호구 사용시 일반적인 사항

- ① 개인보호구를 선택할 때에는 취급하는 미생물 및 위해물질의 감염경로 및 신체 노출부위를 고려한다.(예. 흡입, 섭취, 주사 또는 주입, 흡수 등)
- ② 개인보호구는 연구활동종사자가 항상 착용하기 쉬운 곳, 접근이 용이한 곳에 보관·관리하며 깨지거나 오염된 개인보호구는 반드시 폐기한다.
- ③ 연구실책임자 및 안전관리 담당자(연구실안전환경관리자 및 생물안전관리책임자 등)는 해당 연구실에서 진행되는 실험에 맞는 개인보호구를 선택·비치하고 올바른 사용 및 관리를 위해 연구활동종사자들에게 교육한다.
- ④ 개인보호구는 미생물 및 감염성물질을 취급하거나 실험을 수행하기 전에 착용하고 실험종료 후 신속히 탈의한다.
- ⑤ 개인보호구를 착용한 상태로 일반구역(복도, 출입문 등)의 출입을 삼가고, 비오염 물품, 공용장비(실험에 사용하지 않은 원심분리기, 배양기 등)를 만지는 등의 행위로 오염을 확산시키지 않도록 한다.

개인보호구의 종류

- 생물 연구활동별 보호구 종류(일반)
 - 보안경 또는 고글, 일회용 장갑, 수술용 마스크 또는 방진마스크 등

〈표-24〉 생물 연구활동별 보호구종류(연구실안전법 시행규칙 별표1)

연구활동	보호구
감염성 또는 잠재적 감염성이 있는 혈액, 세포, 조직 등 취급	보안경 또는 고글 일회용 장갑 수술용 마스크 또는 방진마스크
감염성 또는 잠재적 감염성이 있으며 물릴 우려가 있는 동물 취급	보안경 또는 고글 일회용 장갑 수술용 마스크 또는 방진마스크 잘림 방지 장갑 방진모(防塵帽: 먼지 방지 모자) 신발덮개
보건복지부장관이 「생명공학육성법」 제14조 및 같은 법 시행령 제12조의2에 따라 작성·시행하는 실험지침(이하 “실험지침”이라 한다)에 따른 생물체의 위험군 분류 중 건강한 성인에게는 질병을 일으키지 않는 것으로 알려진 바이러스, 세균 등 감염성 물질 취급	보안경 또는 고글 일회용 장갑
실험지침에 따른 생물체의 위험군 분류 중 사람에게 감염됐을 경우 증세가 심각하지 않고 예방 또는 치료가 비교적 쉬운 질병을 일으킬 수 있는 바이러스, 세균 등 감염성 물질 취급	보안경 또는 고글 일회용 장갑 호흡보호구

올바른 연구실 복장 및 탈·착의 순서

• 올바른 연구실 복장 및 탈·착의 순서

- 생물안전 1 또는 2등급시설의 연구실에서의 올바른 복장 및 시설에서의 개인보호구 탈·착의 순서는 아래와 같다. 착의는 실험복, 마스크(필요시), 고글/보안면, 실험장갑 순이며, 탈의는 그 역순으로 진행한다.



〈그림-26〉 올바른 연구실 복장
(좌: 올바른 연구실 복장, 우: 탈·착의 순서)

참고자료

- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원. 2019.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021. 등

5.1.5. 생물체의 위험군 분류 및 고위험 생물체 취급관리

KEYWORD 생물체 위험군, 유전자변형생물체, LMO, 고위험병원체, 생물테러감염병원체, 생물작용제, 독소

개요 생물체의 위험군 분류기준 및 고위험 생물체(유전자변형생물체, 고위험병원체, 생물테러감염병원체, 생물작용제 및 독소 등)의 취급·관리 기준에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 생물체의 위험군 분류에 대하여 설명할 수 있다.

- ② 유전자변형생물체(LMO)에 대하여 설명할 수 있다.
- ③ 유전자변형생물체의 수입과 수출신고에 대하여 설명할 수 있다.
- ④ 고위험병원체, 생물테러감염병원체, 생물작용제의 취급·관리 기준에 대하여 설명할 수 있다.
- ⑤ 생물작용제 및 독소에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 생물체의 위험군 분류에 대하여 설명할 수 있다.

생물체의 위험군

- 생물체의 위험군
 - 「생명공학육성법」의 하위규범인 「유전자재조합실험지침」(보건복지부 고시)에서 인체에 미치는 위해 정도에 따라 아래와 같이 네 가지 위험군(risk group, RG 1~4)으로 분류한다. (위험군별 해당 생물체 목록은 유전자재조합실험지침 별표 2 참조)
 1. 제1위험군 : 건강한 성인에게는 질병을 일으키지 않는 것으로 알려진 생물체
 2. 제2위험군 : 사람에게 감염되었을 경우 증세가 심각하지 않고 예방 또는 치료가 비교적 용이한 질병을 일으킬 수 있는 생물체
 3. 제3위험군 : 사람에게 감염되었을 경우 증세가 심각하거나 치명적일 수도 있으나 예방 또는 치료가 가능한 질병을 일으킬 수 있는 생물체
 4. 제4위험군 : 사람에게 감염되었을 경우 증세가 매우 심각하거나 치명적이며 예방 또는 치료가 어려운 질병을 일으킬 수 있는 생물체
 - 생물체의 위험군 분류 시 주요 고려사항은 다음과 같다.
 - ① 해당 생물체의 병원성
 - ② 해당 생물체의 전파방식 및 숙주범위
 - ③ 해당 생물체로 인한 질병에 대한 효과적인 예방 및 치료 조치

④ 인체에 대한 감염량 등 기타 요인

- 「유전자재조합실험지침」제6조에 따라 생물체의 위험군은 연구시설의 밀폐등급과 동등한 기준에서 취급하도록 규정되어 있으나 반드시 일치하는 것은 아니다.

2

학습내용

- 생물안전과 유전자변형생물체(LMO)에 대하여 설명할 수 있다.

유전자변형생물체의 정의

- 유전자변형생물체의 정의
 - ‘유전자변형생물체(Living Modified Organism, LMO)’라 함은 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률」 제2조 제2호에 정의된 바와 같이 다음 각목의 현대생명과학기술을 이용하여 새롭게 조합된 유전물질을 포함하고 있는 생물체를 말한다.
 - 가. 인위적으로 유전자를 재조합하거나 유전자를 구성하는 핵산을 세포 또는 세포내 소기관으로 직접 주입하는 기술
 - 나. 분류학에 의한과의 범위를 넘는 세포융합으로서 자연상태의 생리적 증식이나 재조합이 아니고 전통적인 교배나 선발에서 사용되지 아니하는 기술

유전자변형생물체의 위험군 분류

- 유전자변형생물체의 위험군 분류
 - 유전자변형생물체는 위해성평가에 따라 위험군이 결정된다.
 - 유전자변형생물체의 생물안전등급은 유전자변형의 결과가 위해성을 증가시키거나 또는 알 수 없는 경우 숙주의 위험군에 기초하여 정해진다.
 - 위해성평가에는 도입유전자의 기능 및 특성, 숙주의 특성 등이 고려
 - 이와 같은 유전자변형생물체 특성에 대한 정의는 유해한 유전자 산물의 특성이 명확하게 밝혀지지 않은 경우에는 더욱 엄격하게 적용된다.

「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(이하 유전자변형생물체법)」

- 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(이하 유전자변형생물체법)」
 - 유전자변형생물체법의 목적

「바이오안전성에 관한 카르타헤나 의정서」의 시행에 필요한 사항과 유전자변형생물체의 개발·생산·수입·수출·유통 등에 관한 안전성의 확보를 위하여 필요한 사항을 정함으로써 유전자변형생물체로 인한 국민의 건강과 생물다양성의 보전 및 지속적인 이용에 미치는 위해(危害)를 사전에 방지하고 국민생활의 향상 및 국제협력을 증진함을 목적으로 한다.
 - 적용대상
 - ① 「유전자변형생물체법」 적용 대상 유전자변형생물체를 수입·수출·운반·판매·보관하고자 하는 자
 - ② 유전자변형생물체를 개발·실험·생산하고자 하는 자
 - ③ 유전자변형생물체를 연구하는 시설을 설치·운영하고자 하는 자

※ 인체용 의약품으로 사용되는 유전자변형생물체에 대하여는 적용하지 아니한다.

국가 바이오안전성 관리체계

- 국가 바이오안전성 관리체계
 - 국가 7개 행정 부처가 「유전자변형생물체법」에 관련되어 있으며, 유전자변형생물체의 사용 용도에 따라 각 부처의 역할을 구분
 - 산업통상자원부는 국가책임기관으로서 총괄업무를 담당하고 바이오안전성위원회를 설치하여 의정서 이행 및 안전관리 계획 수립 등을 관리한다.

3

학습내용

- 유전자변형생물체의 수입과 수출신고에 대하여 설명할 수 있다.

유전자변형생물체의 수입 신고 및 승인

- 유전자변형생물체의 수입 신고 및 승인
 - 유전자변형생물체법 제9조(시험·연구용 등의 유전자변형생물체의 수입)

: 시험·연구용으로 사용하거나 박람회·전시회에 출품하기 위하여 유전자변형생물체를 수입하려는 자는 과학기술정보통신부에 신고하여야 한다.

: 다음의 어느 하나에 해당하는 유전자변형생물체의 경우에는 질병관리청의 승인을 받아야 한다.

1. 분류학에 의한 종(種)의 이름까지 명시되어 있지 아니하고 인체병원성 여부가 밝혀지지 아니한 미생물을 이용하여 얻어진 유전자변형생물체
2. 척추동물에 대하여 보건복지부장관이 고시하는 단백질 독소를 생산할 능력을 가진 유전자변형생물체
3. 의도적으로 도입된 억제내성 유전자를 가진 유전자변형생물체. 다만, 보건복지부장관이 고시하는 억제내성 유전자를 가진 유전자변형생물체는 제외한다.
4. 국민보건상 국가관리가 필요하다고 보건복지부장관이 고시하는 병원성미생물을 이용하여 얻어진 유전자변형생물체

※ 농업용, 식품용 유전자변형생물체 수입은 별도 조항 참조(유전자변형생물체법 제7조의2제3항, 제8조)

유전자변형생물체의 수출 및 경유

• 유전자변형생물체의 수출 및 경유

- 유전자변형생물체법 제20조(수출 통보)

: 유전자변형생물체를 수출하려는 자는 관계 중앙행정기관의 장에게 미리 통보하여야 한다.

- 유전자변형생물체법 제21조(경유 신고)

: 유전자변형생물체를 국내의 항구, 공항 또는 대통령령으로 정하는 장소에서 하역한 후 다른 국가로 수출하려는 자는 관계 중앙행정기관의 장에게 신고하여야 한다.

4

학습내용

- 고위험병원체, 생물테러감염병병원체, 생물작용제의 국가관리에 대하여 설명할 수 있다.

고위험병원체의 정의 및 국가관리

• 고위험병원체의 정의

- ‘고위험병원체’란 생물테러의 목적으로 이용되거나 사고 등에 의하여 외부에 유출될 경우 국민건강에 심각한 위험을 초래할 수 있는 감염병병원체를 말하며, 고위험병원체의 종류는 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」에 따른다.

• 고위험병원체의 국가관리

- 고위험병원체를 취급, 보존하는 기관은 생물안전위원회를 운영해야 하며, 「감염병예방법」 및 시행규칙에서 정하는 학력 및 경력 기준을 충족하는 고위험병원체 전담자를 두어야 한다.

- 적절한 밀폐시설을 갖추어야 하며, 생물안전과 생물보안을 함께 확보하고, 유지·관리해야 한다.
- 고위험병원체를 이용하는 유전자재조합실험을 실시하고자 하는 경우, 반드시 실험전에 「유전자변형생물체법」에 의거하여 질병관리청의 실험승인심사를 거쳐 승인을 획득해야 한다.
- 고위험병원체의 분리시 중앙행정기관에 지체없이 신고해야 하며, 보유현황 신고 및 폐기 등의 변동사항을 신고해야 하며, 분양·이동시 사전신고해야 한다.
- 고위험병원체를 반입하려는 경우, 적절한 안전조치계획, 취급시설 설치·운영 요건을 갖추고 허가를 받아야 한다.
- 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률
 - 이 법은 국민 건강에 위해(危害)가 되는 감염병의 발생과 유행을 방지하고, 그 예방 및 관리를 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 국민 건강의 증진 및 유지에 이바지함을 목적으로 한다.
 - 일반 감염병병원체와 함께 고위험병원체의 정의 및 적절한 밀폐시설, 관리 및 고위험병원체 취급자 자격 등에 대한 내용 포함
- 고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시
 - 이 고시는 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」제23조 및 같은 법 시행령 제19조의2 내지 제19조의5, 법 제23조의5 및 같은 법 시행규칙 제20조의9, 제20조의10에 따라 질병관리청장에게 위임된 사항과 그 시행에 필요한 세부적인 지침을 정함을 목적으로 한다.
 - 고위험병원체 취급시설의 허가 및 신고, 안전관리 등의 내용 포함

생물테러감염병병원체의 정의 및 국가관리

- 생물테러감염병병원체의 정의
 - 고의 또는 테러 등을 목적으로 이용된 병원체에 의하여 발생된 감염병 중 보건복지부장관이 고시한 감염병을 생물테러감염병이라고 한다.
 - 생물테러감염병을 일으키는 병원체 중 보건복지부령으로 정하는 병원체를 생물테러감염병병원체라 한다.
- 생물테러감염병병원체의 국가관리
 - 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」제5장 고위험병원체에서 고위험병원체의 전반적인 관리를 기술하고 있으며, 이중 제23조의3에 생물테러감염병병원체의 보유허가 등을 기술하고 있음
 - 생물테러감염병병원체를 보유하고자 하는 자는 사전에 질병관리청장의 허가를 받아야 한다. 감염병의사환자로부터 분리한 후 보유하는 경우 등 대통령령으로 정하는 부득이한 사정으로 사전에 허가를 받을 수 없는 경우에는 보유 즉시 허가를 받아야 한다.
 - 국내 반입허가를 받은 경우에는 허가를 받은 것으로 본다.
 - 허가사항을 변경하고자 하는 경우에는 질병관리청장의 변경허가를 받아야 한다. 고위험병원체 취급자의 변경 등 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하려는 경우에는 질병관리청장에게 변경신고를 하여야 한다.

생물작용제의 정의 및 국가관리

- 생물작용제 및 독소의 정의
 - 생물작용제의 정의

‘생물작용제’란 자연적으로 존재하거나 유전자를 변형하여 만들어져 인간이나 동식물에 사망, 고사(枯死), 질병, 일시적 무능화나 영구적 상해를 일으키는 미생물 또는 바이러스로서「화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률」로 정하는 물질을 말한다.(제2조 정의)
 - 독소의 정의

생물체가 만드는 물질 중 인간이나 동식물에 사망, 고사, 질병, 일시적 무능화나 영구적 상해를 일으키는 것으로서 「화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률」로 정하는 물질을 말한다.(제2조 정의)
- 「화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률」
 - 이 법은 「화학무기의 개발·생산·비축·사용 금지 및 폐기에 관한 협약」 및 「세균무기(생물무기) 및 독소무기의 개발·생산 및 비축의 금지와 그 폐기에 관한 협약」의 시행과 그밖에 화학무기 또는 생물무기의 금지·규제에 관하여 국제적으로 부담하는 의무의 이행을 위하여 화학무기와 생물무기의 제조 등을 금지하고 화학무기와 생물무기의 제조에 이용될 수 있는 특정 화학물질·생물작용제 또는 독소의 제조·수출입 규제 등을 하는 데에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.
 - 생물작용제(인체감염성 병원체·동물전염성 병원체·식물병원체) 및 독소 67종을 규정(동법 시행령 별표 1,2).
 - 산업통상자원부장관은 이들 생물작용제 등을 제조(생물작용제 또는 독소를 배양·추출·합성하거나 독소를 생성하는 생물체 또는 생물작용제의 유전자를 변형하는 것) 신고한 자에게 생물작용제 등의 보안 유지를 위한 보호구역의 설정 등을 포함하는 보안관리계획을 작성·제출하고 이를 실행하도록 권고할 수 있다.
- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」
 - 고위험병원체 안전관리 사항 참조
- 「유전자변형생물체법」
 - 국가승인제도를 통해 위해 가능성이 큰 유전자변형생물체를 개발하거나 이용하는 실험을 국가적으로 관리한다.

참고자료

- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원. 2019.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 「생명공학육성법(법률 제17261호)」
- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(법률 제18507호)」
- 「고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시(질병관리청고시 제2020-5호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(법률 제15868호)」
- 「유전자재조합실험지침(보건복지부고시 제2020-140호)」
- 「화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률(법률 제11862호)」 등

5. 2.

생물시설(설비)

설치·운영 및 관리

5.2.1. 생물안전 밀폐시설

5.2.2. 유전자변형생물체(LMO)연구시설 설치·운영기준



5.2.1. 생물안전 밀폐시설

KEYWORD 밀폐, 물리적 밀폐, 생물안전시설, 안전관리 등급, 시설 설치 기준

개요 물리적 밀폐의 목표와 밀폐 확보를 위한 방안에 대해 이해하고, 생물안전 시설의 종류 및 그 설치기준에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 물리적 밀폐의 확보에 대하여 설명할 수 있다.

② 생물안전시설의 안전관리등급 분류(1등급~4등급 시설)에 대하여 설명할 수 있다.

③ 생물안전시설 설치 기준에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 물리적 밀폐의 확보에 대하여 설명할 수 있다.

밀폐의 확보

- 밀폐(containment)의 확보
 - 미생물 및 감염성 물질 등을 취급 보존하는 실험 환경에서 이들을 안전하게 관리하는 방법을 확립하는데 있어 기본적인 개념은 '밀폐'
 - 밀폐의 목적은 연구활동종사자, 행정 직원, 지원 직원(시설관리 용역 등) 등 기타 관계자, 그리고 연구실과 외부 환경 등이 잠재적 위해 인자 등에 노출되는 것을 줄이거나 차단하는 것이다.
 - 밀폐는 통상적으로 생물학적 밀폐와 물리적 밀폐로 구분하며, 물리적 밀폐는 다시 일차밀폐와 이차밀폐로 구분한다.
 - 생물안전연구시설의 밀폐수준은 취급하는 미생물의 전파 위험도에 따라 달라진다.
 - 감염성 에어로졸의 노출에 의한 감염 위험성이 클 경우에는 미생물이 외부환경으로 방출되는 것을 방지하기 위해 높은 수준의 일차밀폐(primary containment)와 더불어 여러 단계의 이차밀폐(secondary containment)가 요구된다.

물리적 밀폐의 3요소

- 물리적 밀폐의 3요소
 - 물리적 밀폐의 세 가지 핵심 요소
 - : 안전시설, 안전장비, 안전한 실험절차 및 생물안전 준수사항

- 위의 세 요소는 상호 보완적이기 때문에 단계별 밀폐수준에 따라 적합하게 조합하여 적용된다.
- 연구활동종사자와 실험환경이 감염성 병원체에 노출되는 것을 방지하는 일차적 밀폐에는 정확한 미생물학적 기술 확립과 적절한 안전장비를 사용하는 것이 중요하다.
- 연구실 외부환경이 감염성 병원체에 오염되는 것을 방지하기 위한 이차적 밀폐에는 연구 시설의 올바른 설계 및 설치, 시설을 관리·운영하기 위한 수칙 등을 마련하고 준수하는 것이 중요하다.

2

학습내용

- 생물안전시설의 안전관리등급 분류(1등급~4등급 시설)에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전시설의 안전관리등급 분류

- 생물안전시설의 안전관리등급 분류

- 인체에 질병을 유발시킬 잠재적 가능성이 높은 미생물을 다룰 경우에는 적절한 생물안전연구시설을 설치하고 운영함으로써 연구활동종사자의 보호뿐만 아니라 연구실에서 비의도적으로 방출되는 미생물로부터 지역사회와 국민을 보호해야 한다.

① 실험시설 생물안전등급의 결정

생물안전등급(biosafety level, BL)은 여러 위험그룹에 속하는 인자들을 이용하여 작업하는 데 필요한 설계 특징, 건축물, 오염시설, 장비, 실험수행과 작업절차의 조합을 고려하여 결정한다.

② 실험시설 생물안전등급은 4가지로 구분

- ▶ 기본적인 실험실인 생물안전 1등급 실험실 및 생물안전 2등급 실험실
- ▶ 밀폐실험실인 생물안전 3등급 실험실
- ▶ 최고등급의 밀폐 실험실인 생물안전 4등급 실험실

3

학습내용

- 생물안전 시설 설치 기준에 대하여 설명할 수 있다.

생물안전 연구시설 설치·운영 기준

- 생물안전 연구시설 설치·운영 기준

- 생물안전 연구시설은 취급자, 주변환경 및 지역사회를 보호하기 위한 목적으로 설계되며, 각 등급 별로 요구되는 실험절차, 안전장비 및 밀폐수준이 달라진다. 밀폐수준이 높아질수록 생물위해를 관리하기 위해 필요한 시설 설계 요구사항이 보다 복합적으로 적용된다.

- 우리나라는 「유전자변형생물체법」 시행령 제23조와 통합고시에서 유전자변형생물체 취급 연구시설을 취급 생물체 및 실험특성에 따라 아래와 같이 구분하고, 연구시설 유형별로 안전관리 등급을 1등급에서 4등급으로 구분하여 각각 설치·운영기준을 정하고 있다.

- ① 일반 연구시설
- ② 대량배양 연구시설
- ③ 동물(곤충 및 어류는 제외한다)이용 연구시설
- ④ 식물이용 연구시설
- ⑤ 곤충이용 연구시설
- ⑥ 어류이용 연구시설
- ⑦ 격리포장시설

- 그리고, 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」의 하위규범인 '연구실 설치·운영에 관한 기준'(20.12.31 제정, '23.1.1 시행)'에서는 연구실 위험도(저·중·고)에 따라 준수해야 하는 사항을 별도 명시하고 있다.

참고자료

- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원. 2019.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(법률 제18507호)」
- 「생명공학육성법(법률 제17261호)」
- 「고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시(질병관리청고시 제2020-5호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(법률 제15868호)」
- 「유전자재조합실험지침(보건복지부고시 제2020-140호)」 등

5.2.2. 유전자변형생물체(LMO)연구시설 설치·운영기준

KEYWORD 유전자변형생물체(LMO), 설치기준, 운영기준, 신고, 허가, 점검

개요 유전자변형생물체법에서는 유전자변형생물체(LMO) 취급시설 유형별 설치·운영 기준을 정하고, 해당 시설의 설치·운영을 위해서는 그 기준을 충족하도록 하고 있다. 따라서 관련 법과 기준을 파악하고 숙지한다.

학습목표 ① LMO 연구시설 안전관리 등급에 대하여 설명할 수 있다.

② LMO 연구시설 설치·운영기준에 대하여 설명할 수 있다.

③ LMO 연구시설의 신고·허가에 대하여 설명할 수 있다.

④ LMO 연구시설 점검사항에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- LMO 연구시설 안전관리 등급에 대하여 설명할 수 있다.

LMO 연구시설의 안전관리등급 분류

- LMO 연구시설의 안전관리등급 분류
 - LMO와 이를 이용하는 실험의 위해 가능성을 고려하여 등급을 결정
 - LMO를 만들기 위해 사용되는 숙주생물체와 공여생물체의 특성을 파악
 - : 병원성, 독소 생산, 알레르기 유발, 기타 유해물질 생산 가능성 등
 - 운반체(vector)의 종류와 기능, 운반체의 내성 타겟 항생제, 도입유전자(insert)의 기능, 도입유전자에 의해서 새롭게 부여되는 특징을 고려
 - 실험방법 등을 종합적으로 고려하여 시설 등급을 결정
 - ※ 유전자변형생물체법, 유전자재조합실험지침, 유전자변형생물체(LMO)연구시설 자체점검 매뉴얼 참조
 - 우리나라는 아래와 같이 LMO 연구시설 생물안전등급을 4가지로 구분

〈표-25〉 우리나라의 LMO 연구시설 생물안전등급

등급	실험실 실행지침	허가 또는 신고여부
BL1	건강한 성인에게는 질병을 일으키지 아니하는 것으로 알려진 유전자변형생물체와 환경에 대한 위해를 일으키지 아니하는 것으로 알려진 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험	신고
BL2	사람에게 발병하더라도 치료가 용이한 질병을 일으킬 수 있는 유전자변형생물체와 환경에 방출되더라도 위해가 경미하고 치유가 용이한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험	신고

등급	실험실 실행지침	허가 또는 신고여부
BL3	사람에게 발병하였을 경우 증세가 심각할 수 있으나 치료가 가능한 유전자변형생물체와 환경에 방출되었을 경우 위해가 상당할 수 있으나 치유가 가능한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험	허가
BL4	사람에게 발병하였을 경우 증세가 치명적이며 치료가 어려운 유전자변형생물체와 환경에 방출되었을 경우 위해가 막대하고 치유가 곤란한 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험	허가

2

학습내용

- LMO 연구시설 설치·운영기준에 대하여 설명할 수 있다.

LMO 연구시설 설치·운영 기준

- LMO 연구시설 설치·운영 기준
 - LMO 연구시설을 설치·운영하기 위해서는 1등급에서 4등급까지 생물안전등급별로 요구하고 있는 설치·운영 기준을 충족하여야 한다.
 - 생물안전 연구시설의 안전등급별 요구기준은「유전자변형생물체법」통합고시에서 제시하고 있다(아래 해당되는 시설의 기준은 통합고시 별표에서 참조).
 - ▶ 별표9-1: 연구시설의 설치·운영기준
 - ▶ 별표9-2: 대량배양 연구시설의 설치·운영기준
 - ▶ 별표9-3: 동물이용 연구시설의 설치·운영기준
 - ▶ 별표9-4: 식물이용 연구시설의 설치·운영기준
 - ▶ 별표9-5: 곤충이용 연구시설의 설치·운영기준
 - ▶ 별표9-6: 어류이용 연구시설의 설치·운영기준
 - ▶ 별표9-7: 유전자변형생물체 격리포장시설 구비요건
- ※ 설치·운영기준은 필수사항과 권장사항을 구분하여 명시

3

학습내용

- LMO 연구시설의 신고·허가에 대하여 설명할 수 있다.

LMO 연구시설의 신고·허가

• LMO 연구시설의 신고·허가

- 「유전자변형생물체법」에 따라 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용하여 실험을 하는 시설을 운영하려는 자는 관계 중앙행정기관장에게 허가를 받거나 신고하여야 한다.
- 시설의 허가 및 신고 대상 구분(〈표-26〉 참조)
 - ▶ 생물안전 1, 2등급 LMO 연구시설
 - : 과학기술정보통신부 장관에게 신고해야 함. 단, 관계 중앙행정기관 소속의 국공립연구기관은 해당 관계 중앙행정기관의 장 또는 위임기관의 장에게 신고하여야 함(유전자변형생물체법 통합고시 제1-3,4)

〈표-26〉 LMO 연구 생물안전 1, 2등급 시설 신고기관인 관계중앙행정기관과 위임·위탁 기관

LMO 연구시설 신고 기관	관계중앙행정기관 및 위임·위탁기관
대학, 연구기관, 기업(연), 병원 등	과학기술정보통신부
농림축산식품부 소속 국공립연구기관, 도 농업기술원, 시군 농업기술센터, 도축산위생연구소	농림축산식품부(농촌진흥청, 농림축산검역본부)
산업통상자원부 소속 국공립연구기관	산업통상자원부
보건복지부 소관 국공립연구기관, 보건의료기관, 시·도 보건환경연구원	질병관리청
환경부 소속 국공립연구기관	환경부
해양수산부 소속 국공립연구기관	해양수산부(국립수산과학원)
식품의약품안전처 소속 식품의약품안전평가원, 지방식품의약품안전청	식품의약품안전처

▶ 생물안전 3, 4등급 LMO 연구시설

: 인체위해관련 연구시설, 질병관리청장의 허가를 받아야 한다.

: 환경위해관련 연구시설, 과학기술정보통신부장관의 허가를 받아야 한다.

- LMO 연구시설의 허가를 받거나 신고를 하기 위해서는 해당 시설의 설치·운영 기준을 충족하여야 한다.
- 연구시설의 설치·운영 허가를 받거나 신고를 한 자는 연구시설의 안전관리 등급에 따른 설치·운영 기준 준수사항을 지켜야 한다.
- 연구시설의 유형, 허가 및 신고의 기준과 절차, 변경·폐쇄 신고의 기준과 절차를 준수하여야 한다.

4

학습내용

- LMO 연구시설 점검사항에 대하여 설명할 수 있다.

LMO 연구시설의 설치·운영 기준 준수의 의무

- LMO 연구시설의 설치·운영 기준 준수의 의무
 - 연구시설의 설치·운영 허가를 받거나 신고를 한 자는 연구시설의 안전관리 등급에 따라 설치·운영 기준 준수사항을 지켜야 한다. (유전자변형생물체법 제22조).
 - 관계 중앙행정기관의 장은 아래의 사항에 대해서는 연구시설 허가를 취소하거나 폐쇄를 명하여야 한다. (유전자변형생물체법 제23조)
 - ▶ 속임수나 그 밖의 부정한 방법으로 연구시설의 설치·운영 허가를 받거나 신고한 경우
 - 관계 중앙행정기관의 장은 아래의 사항에 대해서는 연구시설 허가를 취소하거나 연구시설의 폐쇄를 명하거나 1년 이내의 기간을 정하여 그 시설의 운영을 정지하도록 명할 수 있다(유전자변형생물체법 제23조).
 - ▶ LMO법 제22조제2항 또는 제3항에 따른 변경허가를 받지 아니하거나 변경신고를 하지 아니하고 허가 내용 또는 신고 내용을 변경한 경우
 - ▶ LMO법 제22조제6항에 따른 준수사항을 지키지 아니한 경우
 - ▶ LMO법 제22조제7항에 따른 허가 또는 신고의 기준에 미달한 경우
 - ▶ LMO법 제22조의2제1항에 따른 승인을 받지 아니하고 개발·실험을 한 경우
 - ▶ LMO법 제22조의2제2항에 따른 변경승인을 받지 아니하거나 변경신고를 하지 아니하고 허가 내용 또는 신고 내용을 변경한 경우

LMO 연구시설의 점검 사항

- LMO 연구시설의 점검 사항
 - LMO 연구시설의 유형별, 안전등급별 설치·운영 기준을 준수하여야 한다.
 - 해당 시설의 설치·운영기준 각 항목의 필수 혹은 권장사항을 파악하여 준수해야 한다.
 - 「유전자변형생물체법」 통합고시 별표 9-1부터 별표 9-7 참조
 - 유전자변형생물체(LMO)연구시설 자체점검 매뉴얼 참조

참고자료

- 유전자변형생물체(LMO) 연구시설 자체점검 매뉴얼, 과학기술정보통신부·한국생명공학연구원·국가연구안전관리본부, 2020.
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(법률 제15868호)」
- 「유전자재조합실험지침(보건복지부고시 제2020-140호)」 등

5. 3.

연구실 내 생물체 관련 폐기물 안전관리

5.3.1. 생물체 관련 폐기물의 종류

5.3.2. 생물체 관련 폐기물 안전관리 지침

5.3.3. 생물체 관련 폐기물 처리



5.3.1. 생물체 관련 폐기물의 종류

KEYWORD 의료폐기물, 격리의료폐기물, 위해의료폐기물, 일반의료폐기물

개요 시험·검사기관 등의 연구시설에서 발생하는 의료폐기물의 종류를 살펴보고, 이에 해당하는 격리 의료폐기물과 위해의료폐기물, 일반의료폐기물의 정의 및 관리방법을 숙지한다.

- 학습목표**
- ① 의료폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 격리의료 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 일반의료 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ④ 위해의료 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑤ 조직물류 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑥ 손상성 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑦ 병리계, 생물화학, 혈액오염 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.
 - ⑧ 의료폐기물 종류별 보관용기, 보관방법 및 기준에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 의료폐기물에 대하여 설명할 수 있다.

폐기물 관리

- 폐기물 관리
 - 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 3]에서 의료기관 및 시험·검사기관 등 연구시설들은 대부분 의료폐기물 발생기관으로 규정하지만, 연구실에서 발생하는 폐기물이 모두 의료폐기물에 해당하지는 않는다.
 - 연구실에서 발생하는 폐기물은 지정폐기물에 해당하며 그 중 감염성물질과 접촉·혼합되는 폐기물 등 실험에 사용되는 폐기물은 의료폐기물로 구분한다.
 - 시험·연구기관 내에서 발생하는 의료폐기물은 「폐기물관리법」에서 정한 의료폐기물의 기준 및 방법에 의해 안전하게 처리하여야 한다.
 - 따라서 연구활동종사자는 「폐기물관리법」 관련 규정을 충분히 숙지하고 처리절차를 준수하여 안전한 폐기물 처리를 위해 노력해야 한다.

폐기물관리법에 따른 폐기물 분류

- 폐기물관리법에 따른 폐기물 분류
 - ① 사업장폐기물은 「대기환경보전법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 또는 「소음·진동관리법」에 따라 배출시설을 설치·운영하는 사업장 또는 기타 대통령령이 정하는 사업장에서 발생하는 폐기물을 말하며,

일반폐기물과 지정폐기물 그리고 건설폐기물로 나뉜다.

- ② 지정폐기물은 사업장폐기물 중 폐유, 폐산 등 주변환경을 오염시킬 수 있거나 의료폐기물 등 인체에 위해를 줄 수 있는 유해한 물질로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 말한다.



〈그림-27〉 폐기물 분류

의료폐기물

• 의료폐기물

- 의료폐기물이란 보건·의료기관, 동물병원, 시험·검사기관 등에서 배출되는 폐기물 중 인체에 감염 등 위해를 줄 우려가 있는 폐기물과 인체 조직 등 적출물(摘出物), 실험동물의 사체 등, 보건·환경보호 상 특별한 관리가 필요하다고 인정되는 폐기물로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 말한다.
- 의료폐기물이 아닌 폐기물로서 의료폐기물과 혼합되거나 접촉된 폐기물은 혼합되거나 접촉된 의료폐기물과 같은 폐기물로 본다.
- 기관에서 발생하는 의료폐기물 중 인체, 환경 등에 질병을 일으키거나 감염가능성이 있는 폐기물에 대해서는 소독 및 멸균을 실시하여 오염원을 제거한 후 폐기한다.

• 의료폐기물의 구분

- 의료폐기물은 크게 격리, 위해 및 일반 의료폐기물 3가지로 구분한다.

2

학습내용

- 격리의료 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.

격리의료폐기물

• 격리의료폐기물

- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」제2조제1항에 따른 감염병으로부터 타인을 보호하기 위하여 격리된 사람에 대한 의료행위에서 발생한 일체의 폐기물을 말한다.
- 격리대상이 아닌 사람에 대한 의료행위에서 발생한 폐기물은 격리의료폐기물에 해당되지 않는다.

3

학습내용

- 일반의료 폐기물에 대하여 설명할 수 있다.

일반의료폐기물

- 일반의료폐기물
 - 일반의료폐기물은 혈액·체액·분비물·배설물이 함유되어 있는 탈지면, 붕대, 거즈, 일회용 기저귀, 생리대, 일회용 주사기, 수액세트 등을 말한다.
 - 체액, 분비물, 배설물만 있는 경우 일반의료폐기물 액상으로 처리한다.
 - 기관에서 발생하는 인체, 환경 등에 질병을 일으키거나 감염가능성이 있는 감염성 물질에 대해서는 소독 및 멸균을 실시하여 오염원을 제거한 후 「폐기물관리법」에 따라 폐기하는 것을 권장한다.

4

학습내용

- 위해의료 폐기물과 그에 속한 조직물류폐기물, 병리계폐기물, 손상성폐기물, 생물·화학폐기물에 대하여 설명할 수 있다.

위해의료 폐기물

- 위해의료폐기물
 - ① 조직물류폐기물: 인체 또는 동물의 조직·장기·기관·신체의 일부, 동물의 사체, 혈액·고름 및 혈액생성물 (혈청, 혈장, 혈액제제)
 - ② 병리계폐기물: 시험·검사 등에 사용된 배양액, 배양용기, 보관균주, 폐시험관, 슬라이드, 커버글라스, 폐배지, 폐장갑
 - ③ 손상성폐기물: 주사바늘, 봉합바늘, 수술용 칼날, 한방침, 치과용침, 파손된 유리재질의 시험기구
 - ④ 생물·화학폐기물: 폐백신, 폐항암제, 폐화학치료제
 - ⑤ 혈액오염폐기물: 폐혈액백, 혈액투석 시 사용된 폐기물, 그 밖에 혈액이 유출될 정도로 포함되어 있어 특별한 관리가 필요한 폐기물

5

학습내용

- 의료폐기물 종류별 보관용기, 보관방법 및 기준에 대하여 설명할 수 있다.

의료폐기물 분류, 보관용기, 보관방법 및 기준

- 의료폐기물 분류, 보관용기, 보관방법 및 기준

〈표-27〉 의료폐기물 분류, 보관용기, 보관방법 및 기준

폐기물종류	전용용기 (도형색상)	도형	내용	보 관 시 설	보관 기간
격리의료폐기물	상자형 합성수지류 (붉은색)		감염병으로부터 타인을 보호하기 위하여 격리된 사람에게 대한 의료행위에서 발생한 일체의 폐기물	성상이 조직물류일 경우 :전용보관시설(4℃이하) 조직물류 외: 전용보관 시설(4℃이하) 또는 전용 보관창고	7일
위해 의료 폐기 물	조직물류 폐기물	상자형 합성수지류 (노란색) ※ 치아제외	인체 또는 동물의 조직·장기·기관·신체일부, 동물의 사체, 혈액·고름 및 혈액생성물(혈청, 혈장, 혈액제제)	전용보관시설(4℃이하) ※ 치아 및 방부제에 담긴 폐기물은 밀폐된 전용 보관창고	15일 (치아는 60일)
		상자형 합성수지류 (녹색)	인체 조직물류 중 태반(재활용하는 경우)	전용보관시설(4℃이하)	15일
	손상성 폐기물	상자형 합성수지류 (노란색)	주사바늘, 봉합바늘, 수술용칼날, 한방침, 치과용침, 파손된 유리재질의 시험기구	전용보관시설(4℃이하) 또는 전용의 보관창고	30일
	병리계 폐기물	봉투형 (검정색)	시험·검사 등에 사용된 배양액, 배양용기, 보관균주, 폐시험관, 슬라이드, 커버글라스, 폐배지, 폐장갑	전용보관시설(4℃이하) 또는 전용의 보관창고	15일
	생물화학 폐기물		폐백신, 폐항암제, 폐화학치료제	전용보관시설(4℃이하) 또는 전용의 보관창고	15일
혈액오염 폐기물	상자형 골판지류 (노란색)		폐혈액백, 혈액투석 시 사용된 폐기물, 기타 혈액이 유출될 정도로 포함되어 특별한 관리가 필요한 폐기물	전용보관시설(4℃이하) 또는 전용의 보관창고	15일
일반의료폐기물			혈액·체액·분비물·배설물이 함유되어 있는 탈지면, 붕대, 거즈, 일회용기저귀, 생리대, 일회용주사기, 수액세트	전용보관시설(4℃이하) 또는 전용의 보관창고	15일*

* 일반의료폐기물 중 입원실이 없는 의원, 치과의원 및 한의원에서 발생하는 것으로 섭씨 4도 이하로 냉장보관하는 경우 30일까지 가능

의료폐기물 전용용기의 사용 및 처리

• 의료폐기물 전용용기의 사용 및 처리

: 의료폐기물 전용용기는 봉투형 용기 및 상자형 용기로 구분하되, 봉투형 용기의 재질은 합성수지류로 하고 상자형 용기의 재질은 골판지류 또는 합성수지류로 한다

① 사용개시일은 의료폐기물을 전용용기에 최초로 넣은 날을 기재(그림 4)하고, 사용이 끝난 전용용기는 내부 합성수지 주머니를 밀봉한 후 외부용기를 밀폐하여 포장하여야 하며 재사용을 금지한다.



이 폐기물은 감염의 위험성이 있으므로 주의하여 취급하시기 바랍니다.			
배 출 자	○○○	종류 및 성질과 상태	병리계폐기물
사용개시 년월일	2022.○○.○○.	수거 년월일	2022.○○.○○.
수 거 자	○○○○	중량(킬로그램)	○○

〈그림-28〉 폐기물 전용용기 표시사항 예시

- ② 의료폐기물은 발생한 때부터 종류별로 구분하여 전용용기에 넣어 표시 후 보관. 사용 중인 모든 전용용기는 반드시 뚜껑을 장착하고 항상 닫아둔다. 또한, 주기적으로 소독하여 사용한다.
- ③ 의료폐기물은 보관기간을 초과하여 보관해서는 안 되며, 감염위험이 있는 폐기물은 고압멸균 등 적절한 방법으로 불활화시킨 후 배출한다.
- ④ 의료폐기물은 전용용기별로 혼합 가능한 성상이 정해져 있다.
- ▶ 골판지류 용기는 고상(병리계, 생물·화학, 혈액오염, 일반 의료폐기물)의 경우 혼합보관이 가능하며, 봉투형 용기는 골판지류 용기와 동일한 기준으로 혼합 보관할 수 있으나 위탁처리 시 골판지류(또는 합성수지류) 용기에 담아 배출
 - ▶ 합성수지류 용기는 액상(병리계, 생물·화학, 혈액오염)의 경우 혼합보관이 가능하나, 보관기간 및 방법이 상이하므로 합성수지류 용기에 보관하는 격리, 조직물류, 손상성, 액상폐기물은 서로 간 또는 다른 폐기물과의 혼합 금지. 단, 수술실과 같이 조직물류, 손상성류(수술용 칼, 주사바늘 등), 일반의료(탈지면, 거즈 등) 등이 함께 발생할 경우는 혼합보관 허용.
 - ▶ 소형 골판지류 용기는 대형 골판지류 용기에 담아 배출이 가능하며, 대형 골판지류 용기 사용 시는 동일한 성상의 폐기물이 담긴 합성수지류 용기들을 담아 배출하는 경우에 한하여 허용

- ▶ 소형 합성수지 용기도 대형 합성수지 용기에 담아 배출 가능. 다만 합성수지 용기는 밀폐로 인한 내부 고(高)압, 용제 등의 내용물에 의한 폭발성으로 과도하게 투입될 경우 소각로 운영에 부정적 영향을 미치므로, 처리업체에서 시각적으로 볼 수 없어 별도 분리가 어려운 경우는 금지
 - ▶ 치아는 부패할 우려가 없으므로 상온보관(현재는 냉장보관) 및 합성수지류 또는 골판지류 용기에 다른 의료폐기물과 혼합 보관 가능.
- ⑤ 합성수지용기 최대 규격인 100리터를 초과하여 전용용기에 넣기 어려운 의료폐기물은 내용물이 보이지 않도록 개별포장하여 분비물 등이 유출되지 않도록 밀폐포장한다(전용용기 사용제외). 단, 폐기물관리법 시행규칙 별표5에 의한 의료폐기물 도형, 취급 시 주의사항은 표기하여야 한다.
 - ⑥ 포르말린과 같은 방부제에 조직물류를 담아 보관하는 경우 부패 우려가 없으므로 냉장보관에서 제외하여 상온보관이 가능하다.
 - ⑦ 혼합보관을 할 경우, 용기 표기사항
 - ▶ 의료폐기물 종류는 양이 가장 많은 것으로 표기하며 보관기간, 보관방법 등에 있어 엄격한 기준을 적용
 - ▶ 사용개시일은 혼합된 것 중 가장 빠른 것으로 표기, 보관방법은 상온이 아닌 냉장보관, 용기는 골판지가 아닌 합성수지류를 사용
 - ▶ 위해의료폐기물, 일반의료폐기물 혼합 보관에 따른 용기 도형색상은 새로 제작할 경우 노란색으로 하고, 이미 구입한 용기는 그대로 사용
 - ⑧ 봉투형 용기에는 그 용량의 75% 미만으로 의료폐기물을 넣어야 하며, 위탁처리시 상자형 용기에 담아 배출하여야 한다.

참고자료

- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 「폐기물관리법(법률 제17851호)」
- 「대기환경보전법(법률 제17797호)」
- 「소음·진동관리법(법률 제17843호)」
- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률(법률 제12519호)」
- 「연구실 안전 환경 조성에 관한 법률(법률 제17350호)」 등

5.3.2. 생물체 관련 폐기물 안전관리 지침

KEYWORD 실험폐기물 처리 규정, 유전자변형생물체 폐기물 처리

개요 연구실 폐기물에 대한 처리규정의 필요성을 이해하고, 시설 등급별 폐기물처리에 대한 기준을 숙지한다.

학습목표 ① 폐기물 처리 및 관리에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 폐기물 처리 및 관리에 대하여 설명할 수 있다.

실험폐기물 처리에 대한 규정의 필요성

- 실험폐기물 처리에 대한 규정의 필요성
 - 유전자변형생물체법의 연구시설의 설치·운영기준에 의하면, 유전자변형생물체 취급 생물안전 1등급 이상의 연구시설을 보유한 모든 기관은 실험폐기물 처리에 대한 규정을 마련해야 한다.
 - 고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시 별표에서 정한 고위험병원체 취급시설 역시 1등급 이상 연구시설에 실험폐기물 처리에 대한 규정 마련을 명시하고 있다.

실험폐기물 처리 관련 규정

- 실험폐기물 처리 관련 규정
 - 폐기물관리법에 따라 폐기물을 구분하고 성상별(멸균, 비멸균, 손상, 액상 등)로 전용용기에 폐기
 - 폐기물 종류별로 기간 내에 폐기할 수 있도록 기관 실험폐기물 처리 규정 마련 필수
 - 폐기 기록서 구비
 - 폐기물 위탁 수거처리 확인서

유전자재조합실험실 폐기물처리 관련 규정

- 유전자재조합실험지침에 따른 실험시설 폐기물 처리 관련 규정
 - 생물안전 1등급시설
 - ▶ 폐기물 및 실험폐수는 고압증기멸균 또는 화학약품처리 등 생물학적 활성을 제거할 수 있는 설비에서 처리

- 생물안전 2등급시설(1등급시설 기준에 추가)
 - ▶ 폐기물처리시 배출되는 공기는 헤파 필터를 통해 배기할 것을 권장
- 생물안전 3등급시설(2등급시설 기준에 추가)
 - ▶ 폐기물처리시 배출되는 공기는 헤파 필터를 통해 배기
- 별도 폐수탱크를 설치하고, 압력기준(고압증기멸균 방식: 최대 사용압력의 1.5배, 화학약품처리 방식: 수압 70 kPa 이상)에서 10분 이상 견딜 수 있는지 확인
- 생물안전 4등급(3등급시설 기준에 추가)
 - ▶ 실험폐수는 고압증기멸균을 이용하는 생물학적 활성을 제거할 수 있는 설비를 설치
 - ▶ 폐기물처리시 배출되는 공기는 2단의 헤파필터를 통해 배기

참고자료

- 유전자변형생물체(LMO) 연구시설 자체점검 매뉴얼, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2020.
- 「고위험병원체 취급시설 및 안전관리에 관한 고시(질병관리청고시 제2020-5호)」
- 「유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 통합고시(산업통상자원부고시 제2021-187호)」
- 「유전자재조합실험지침(보건복지부고시 제2020-140호)」 등

5.3.3. 생물체 관련 폐기물 처리

KEYWORD 세척, 소독, 살균, 멸균, 저항성, 폐기물관리

개요 세척, 소독, 멸균의 원리 및 필요성에 대해 이해하고, 사용방법을 숙지한다.

학습목표 ① 세척, 소독, 멸균에 대하여 설명할 수 있다.

② 살균 및 소독에 대한 미생물의 저항성에 대하여 설명할 수 있다.

③ 소독, 멸균 방법 및 고려사항에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 세척, 소독, 멸균에 대하여 설명할 수 있다.

세척, 소독, 멸균의 개념

- 세척(cleaning)
 - 세척은 물과 세정제 혹은 효소로 물품의 표면에 붙어있는 오물을 씻어내는 것으로 미생물이나 오염물질을 제거하는 과정이다.
 - 세척의 목적은 대상 물품의 외부 표면 등에 부착된 유기물, 토양, 기타 이물질 등을 제거하여 효과적인 소독·멸균이 가능하게 하는데 있다.
 - 소독·멸균 대상품에 부착되어 있는 물질들은 소독·멸균의 효과를 저하시킬 수 있기 때문에 기계적인 마찰, 세제, 효소 등을 사용하여 충분히 이물질 등을 제거한 후에 소독·멸균 등을 실시한다.
 - 세척에 영향을 미치는 요소에는 물, 세제, 온도가 있다.
- 소독(disinfection)
 - 소독은 일반적으로 미생물의 생활력을 파괴시키거나 약화시켜 감염 및 증식력을 없애는 조작을 의미하며, 미생물의 영양세포를 사멸시킬 수 있으나 아포는 파괴하지 못한다.
- 멸균(sterilization)
 - 멸균이란 모든 형태의 생물, 특히 미생물을 파괴하거나 제거하는 물리적, 화학적 행위 또는 처리 과정을 의미한다.

소독·멸균의 중요성 및 영향을 미치는 요소

- 소독·멸균의 중요성 및 고려사항
 - 미생물 및 감염성물질을 취급하는 연구실에서 소독과 멸균에 대한 올바른 이해와 적절한 방법의 선택은

생물안전 확립을 위해 매우 중요하다.

- 감염력을 저하시키거나 세균의 오염 등을 제거하는 소독과 멸균은 취급하는 미생물, 감염성물질, 오염 정도 등에 따라 종류 및 방법이 달라질 수 있다.
- 따라서 생물요소의 특성에 따라 제조업체의 규격 문서를 바탕으로 소독 및 멸균제 사용 방법을 정한다.
- 소독·멸균 효과에 영향을 미치는 일반적인 요소
 - ① 유기물의 양, 혈액, 우유, 사료, 동물 분비물 등: 소독·멸균 효과를 저하시키며, 많은 종류의 유기물은 소독제를 중화시킨다. 유기물이 있는 경우 소독액 입자가 유기물에 흡착된 후 불활성화 되므로, 효율이 낮아지게 된다.
 - ② 표면 윤곽: 표면이 거칠거나 틈이 있으면 소독이 충분히 될 수 없다.
 - ③ 소독제 농도: 모든 종류의 소독제가 고농도일 때 미생물을 빨리 죽이거나 소독 효과가 높은 것은 아니며, 대상물의 조직, 표면 등의 손상을 일으킬 수도 있다.
 - ④ 시간 및 온도: 적정 온도 및 시간은 소독제의 효과를 증대시킬 수 있으나, 고온 또는 장시간 처리할 경우, 소독제 증발 및 소독효과 감소의 원인이 된다.
 - ⑤ 상대습도: 포름알데히드의 경우 70% 이상의 상대습도가 필요하다.
 - ⑥ 물의 경도 및 세균의 부착능

2

학습내용

- 살균 및 소독에 대한 미생물의 저항성에 대하여 설명할 수 있다.

살균소독에 대한 미생물의 저항성

- 살균소독에 대한 미생물의 저항성

가) 고유 저항성(instinct resistance, inherent feature)

- 미생물의 고유한 특성 즉, 미생물의 구조, 형태 등의 특성, 균 속, 균 종 등에 따라 갖게 되는 소독제에 대한 고유 저항성을 의미
- 그람음성 세균은 그람양성 세균보다 소독제에 대한 저항성이 강하며, 아포의 경우 외막 등의 구조적 특성 때문에 영양세포보다 강한 저항성을 갖게된다.
- 따라서 적합한 소독제를 선택하기 위해 취급 미생물과 소독제에 대한 이해가 필요하다.


나) 획득 저항성(acquired resistance, develop over time)

- 미생물이 환경, 소독제 등에 노출되는 시간이 경과함에 따라 발생할 수 있는 미생물의 염색체 유전자 변이 또는 치사농도보다 낮은 농도의 소독제를 지속적으로 사용하는 과정에서 획득되는 내성을 의미한다.

다) 소독제에 대한 미생물의 저항성

- 소독제에 대한 미생물의 저항성은 미생물의 종류에 따라 다양하다.
- 세균 아포가 가장 강력한 내성을 보이며, 지질 바이러스가 가장 쉽게 파괴된다.
- 영양형 세균, 진균, 지질 바이러스 등은 낮은 수준의 소독제에도 쉽게 사멸되며, 결핵균이나 세균의 아포는 높은 수준의 소독제에 장기간 노출되어야 사멸이 가능하다.

〈표-28〉 소독과 멸균에 대한 미생물의 내성 수준

미생물	내성	예	필요한 소독수준
프리온	높음  낮음	CJD	프리온 소독방법
세균 아포		<i>Bacillus subtilis</i>	멸균
Coccidia		<i>Cryptosporidium</i> sp.	
항산균		<i>M. tuberculosis, M. terrae</i>	높은 수준의 소독
비지질, 소형바이러스		Poliovirus, Coxsackie virus	중간 수준의 소독
진균		<i>Aspergillus</i> sp., <i>Candida</i> sp.	
영양형 세균		<i>S. aureus, P. aeruginosa</i>	낮은 수준의 소독
지질, 중형 바이러스		HIV, HSV, HBV	

3

학습내용

- 소독, 멸균 방법 및 고려사항에 대하여 설명할 수 있다.

소독 방법 및 소독제 선정 시 고려사항

- 소독(disinfection) 방법
 - 소독은 크게 물리적인 소독, 자연적인 소독, 화학적인 소독으로 구분된다.
 - 연구실에서는 주로 약물소독법을 사용하는데 소독제는 가격이 싸고 소독효과가 높지만 인간 및 환경 위해 가능성 때문에 저장, 취급 등에 주의하고 제조사의 사용설명서와 MSDS(material safety data sheets)을 숙지해야 한다.

가) 물리적 소독

- ▶ 건열에 의한 방법과 습열에 의한 방법으로 구분된다.
- ▶ 건열에 의한 방법은 화염멸균법(물체를 직접 건열하여 미생물을 태워죽이는 방법, 아포까지 제거), 건열

멸균법(건열멸균기를 이용하여 미생물을 산화시켜 미생물이나 아포 등을 멸균하는 방법, 170℃ 1~2시간 건열), 소각법이 있다.

- ▶ 습열에 의한 방법은 자비멸균법(물을 끓인 후 10~30분간 처리하는 방법), 고온증기멸균법(고압증기 멸균기를 이용하여 120℃에서 20분 이상 멸균하는 방법, 미생물·아포까지 제거) 등이 있다.

나) 자연적 소독

- ▶ 자외선 멸균법(자외선을 이용한 소독이나 살균법), 여과멸균법(여과기로 걸러서 균을 제거시키는 방법), 방사선 멸균법(방사선 방출물질을 조사시켜 세균을 사멸하는 방법)으로 구분된다.

다) 화학적 소독

- ▶ 화학적 소독은 소독제 또는 살생물제(biocide)를 이용하여 짧은 시간에 살균하는 방법으로, 소독제에 따라 살균작용기전에 다소 차이가 있다.
- ▶ 살생물제는 전통적으로 미생물의 성장을 억제하거나 물리화학적 변화를 만들어냄으로써 활성을 잃게 하거나, 또는 사멸하게 하는 작용기전을 가지며, 살생물제의 효과는 활성물질과 미생물의 특정 표적간의 상호작용에서 나타난다. 이러한 활성물질의 표적은 매우 다양하다.

• 소독제 선정 시 고려사항

- 효과적인 살균을 위해서는 적절한 소독제의 선택과 함께 효과적인 살균과 위험 및 위해도를 낮추는 올바른 사용방법을 선택하는 것이 중요하다.
- 적절한 소독제는 다음과 같은 사항을 고려하여 선정한다.
 - ▶ 병원체의 성상 확인, 통상적인 경우 광범위 소독제를 선정
 - ▶ 피소독물에 최소한의 손상을 입히면서 가장 효과적인 소독제를 선정
 - ▶ 소독방법(훈증, 침지, 살포 및 분무)을 고려
 - ▶ 오염의 정도에 따라 소독액의 농도 및 적용시간을 조정
 - ▶ 피소독물체의 침투가능 여부 고려
 - ▶ 소독액의 사용온도 및 습도 고려(일반적인 소독제는 10℃ 상승시마다 소독효과가 약 2~3배 상승하므로 미온수가 가장 적당하며, 포르말린 훈증소독의 경우 70~90% 습도시 가장 효과적이다.)
 - ▶ 소독약은 단일약제로 사용하는 것이 효과적

소독제의 종류 및 특성

• 소독제의 종류 및 특성

- 소독제를 선택할 때 중요한 요소로서 소독제별 특성을 고려해야 한다(다음 표 참조).

〈표-29〉 소독제 종류별 특성 및 사용방법 종합

소독제	장점	단점	실험실 사용 범위	상용 농도	반응 시간	세균			바이러스	비고
						영양 세균	결핵균	아포		
알코올 (alcohol)	낮은 독성, 부식성 없음. 잔류물 적고, 반응속도가 빠름	증발속도가 빨라 접촉시간 단축. 가연성, 고무·플라스틱 손상가능	피부소독, 작업대 표면, 클린벤치 소독 등	70~95 %	10~30 min	+++	++++	-	++	Ethanol: 70~80% Isopropanol: 60~95%
석탄산 화합물 (phenolics)	유기물에 비교적 안정적	자극성 냄새, 부식성이 있음	실험장비 및 기구 소독, 실험실 바닥, 기타 표면 등	0.5~3%	10~30 min	+++	++	+	++	아포, 바이러스에 대한 효과가 제한적임
염소계 화합물 (액상의 경우) (chlorine compounds)	넓은 소독범위, 저렴한 가격, 저온에서도 살균효과가 있음	피부, 금속에 부식성, 빛·열에 약하며 유기물에 의해 불활성화 됨	폐수처리, 표면, 기기 소독, 비상 유출사고 발생 시 등	4~5%	10~60 min	+++	++	++	++	유기물에 의해 중화되어 효과 감소
요오드 (iodine)	넓은 소독범위, 활성 pH 범위가 넓음	아포에 대한 가변적 소독효과, 유기물에 의해 소독력 감소	표면소독, 기기 소독 등	75~100 ppm	10~30 min	+++	++	- / +	+	아포에 효과가 없거나 약함
제4가 암모늄 (quaternary ammonium compounds)	계면활성제와 함께 소독효과를 나타내고 비교적 안정적임	아포에 효과가 없음, 바이러스에 제한적 효과	표면소독, 벽, 바닥소독 등	제조사 권장 농도	10~30 min	+++	-	-	+	경수에 의해 효과감소, 10~30 분 반응
글루타알데히드 (glutaraldehyde)	넓은 소독범위, 유기물에 안정적, 금속 부식성이 없음	온도, pH에 영향을 받음, 가격이 비싸고 자극성 냄새	표면소독, 기기, 장비, 유리제품 소독 등	2%		++++	+++	++++	++	반응속도가 느림(침투속도), 부식성이 없음
산화에틸렌 (ethylene oxide)	넓은 소독범위, 열 또는 습기가 필요하지 않음	가연성, 돌연변이성, 잠재적 암 유발 가능성	가스멸균	50~1200 mg/ℓ	1~12 hr (가스상)	++++	++++	++++	++	가스멸균 시 사용, 인체접촉: 화학적 화상 유발
과산화수소 (hydrogen peroxide)	빠른 반응속도, 잔류물이 없음, 독성이 낮고 친환경적임	폭발 가능성(고농도), 일부 금속에 부식유발	표면소독, 기기 및 장비 소독 등	3~30%	10~60 min	++++	++++	++	++++	6%, 30분 처리: 아포사멸가능

※ 소독 효과 : +++++ (highly effective) > +++ > ++ > + > - (ineffective)

멸균방법 및 주의사항

• 멸균(sterilization) 방법

- 멸균에는 습식멸균, 건열멸균, 플라즈마 및 가스멸균 등이 있다.
- 건열멸균은 160℃ 또는 그 이상의 온도에서 2~4시간 동안 처리하는 것이고, 습식멸균법은 고압증기멸균기를 이용하여 121℃의 고온에서 15분간 처리하는 것으로, 많은 연구실 및 연구시설에서 사용되고 있다.

- 멸균 방법은 고온을 이용한 방법과 화학적 제제를 이용한 방법으로 분류
- 멸균방법의 선택은 멸균 여부를 확인할 수 있는지, 내부까지 멸균될 수 있는지, 물품의 화학적, 물리적 변화가 있을지, 멸균 후 인체나 환경에 유해한 독성이 있는지, 경제성 등을 고려하여 선택한다.
- 멸균 시 주의 사항
 - 멸균 전에 반드시 모든 재사용 물품을 철저히 세척해야 한다.
 - 멸균할 물품은 완전히 건조시켜야 한다.
 - 물품 포장지는 멸균제가 침투 및 제거가 용이해야 하며, 저장 시 미생물이나 먼지, 습기에 저항력이 있고, 유독성이 없어야 한다.
 - 멸균물품은 탱크 내 용적의 60~70%만 채우며, 가능한 같은 재료들을 함께 멸균해야 한다.
- 멸균확인 방법
 - 멸균이 되었는지를 확인할 수 있는 방법은 크게 3가지로 나눈다.
 - 이중 하나 만으로는 멸균여부 판단이 어려우므로, 적어도 두 가지 이상을 함께 사용
 - ① 기계적/물리적 확인: 멸균과 정상 압력, 시간, 온도 등의 측정 기록 확인
 - ② 화학적 확인: 멸균 과정 중의 변수의 변화에 반응하는 화학적 표지 확인
 - ③ 생물학적 확인: 멸균 후 생물학적 표지인자의 증식 여부 확인

소독·멸균과 폐기물관리

- 소독·멸균과 폐기물관리
 - 기관에서 발생하는 인체, 환경 등에 질병을 일으키거나 감염가능성이 있는 감염성 물질에 대해서는 소독 및 멸균을 실시하여 오염원을 제거한 후 폐기물관리법에 따라 폐기한다.

참고자료

- 실험실 생물안전지침, 질병관리본부·국립보건연구원. 2019.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 시험·연구용 LMO 1·2등급 연구시설의 화학소독제 활용 가이드라인·과학기술정보통신부·한국생명공학연구원, 국가연구안전관리본부. 2020. 등

5. 4. 연구실 내 생물체 누출 및 감염 방지 대책

5.4.1. 생물안전 사고의 유형

5.4.2. 비상대응 시설 및 장비

5.4.3. 비상조치 요령

5.4.4. 비상대응 절차 및 사후처리



5.4.1. 생물안전 사고의 유형

KEYWORD 감염성물질 유출, 주사기 바늘 찔림, 동물 교상, 에어로졸 발생

개요 연구실 내 감염성 물질 등의 유출, 주사기 바늘 찔림, 동물 교상, 에어로졸 발생 등 연구실에서 빈번하게 일어나는 생물안전 사고의 유형과 특성을 숙지한다.

학습목표 ① 감염성 물질 등의 유출에 대하여 설명할 수 있다.

- ② 주사기 바늘 찔림 및 날카로운 물건에 베임에 대하여 설명할 수 있다.
- ③ 동물 교상(물림)에 대하여 설명할 수 있다.
- ④ 에어로졸 발생에 대하여 설명할 수 있다.
- ⑤ 세균, 바이러스 등에 의한 감염에 대하여 설명할 수 있다.
- ⑥ 화상에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 감염성 물질 등의 유출에 대하여 설명할 수 있다.

연구실 내 감염성 물질 유출 사고

- 연구실 내 감염성 물질 유출 사고
 - 병원성 미생물 및 감염성물질을 취급하던 중 연구활동종사자의 신체가 직접 노출되거나 흡입, 섭취, 병원체를 접촉한 실험동물에 물리거나 감염성물질이 유출되는 등의 생물안전사고는 언제나 발생 가능하다.
 - 이러한 유출사고는 연구활동종사자 개인 또는 동료가 감염될 수 있고, 감염물질의 지역사회로의 전파로 이어질 수 있으므로 유출사고를 미연에 방지해야 하며, 사고발생 시 적절한 대응으로 감염과 확산을 방지해야 한다.

2

학습내용

- 주사기 바늘 찔림 및 날카로운 물건에 베임에 대하여 설명할 수 있다.

주사기 바늘 찔림 및 날카로운 물건에 베임

- 주사기 바늘 찔림 및 날카로운 물건에 베임 사고
 - 국내 생물 분야 연구실사고 중 가장 발생 빈도가 높은 사고로, 대부분 연구활동이나 실험실습 과정 중 연구자 부주의가 원인이 되어 발생한다.

- 예방 대책
 - 주사기나 날카로운 물건 사용을 최소화한다.
 - 여러 개의 날카로운 기구를 사용할 때는 트레이 위의 공간을 분리하고, 기구의 날카로운 방향은 조작자의 반대 방향으로 향하게 한다.
 - 주사기 사용 시 다른 사람에게 주의를 시키고, 일정 거리를 유지한다.
 - 가능한 한 주사기에 캡을 다시 씌우지 않도록 하며, 캡이 바늘에 자동으로 씌어지는 제품을 사용한다.
 - 손상성 폐기물 전용용기에 폐기하고 손상성 의료폐기물 용기는 70% 이상 차지 않도록 한다.
 - 주사기를 재사용해서는 안되며, 주사기 바늘을 손으로 접촉하지 않고 폐기할 수 있는 수거장치를 사용한다.

3

학습내용

- 동물 교상(물림)에 대하여 설명할 수 있다.

동물 교상 및 응급처치

- 동물 교상(물림)
 - 실험동물을 다룰 때 취급자가 숙련되지 않은 사람이거나 주의사항을 미숙지하고, 부주의해서 동물에 물리는 경우가 발생할 수 있다. 병원체 접종실험을 하는 실험동물은 물론이고, 일반 실험동물이라도 이에 대한 응급처치가 반드시 필요하다.
- 실험동물에 물렸을 경우의 응급처치
 - 실험동물에게 물리면 우선 상처부위를 압박하여 약간의 피를 짜낸 다음 70% 알코올 및 기타 소독제(povidone-iodine 등)을 이용하여 소독을 실시한다.
 - Rat에 물린 경우에는 Rat bite fever 등을 조기에 예방하기 위해 고초균(*Bacillus subtilis*)에 효력이 있는 항생제를 투여한다.
 - 고양이에 물리거나 핏줄이었을 때 원인 불명의 피부질환 발생우려가 있으므로 즉시 70% 알코올 또는 기타 소독제(povidone-iodine 등)를 이용하여 소독한다.
 - 개에 물린 경우에는 70% 알코올 또는 기타 소독제(povidone-iodine 등)를 이용하여 소독한 후, 동물의 광견병 예방 접종 여부를 확인한다.
 - 광견병 예방접종 여부가 불확실한 개의 경우에는 시설관리자에게 광견병 항독소를 일단 투여한 후, 개를 15일간 관찰하여 광견병 증상을 나타내는 경우 개는 안락사 시키며 사육관리자 등 관련 출입인원에 대해 광견병 백신을 추가로 투여한다.

4

학습내용

- 에어로졸 발생에 대하여 설명할 수 있다.

에어로졸 발생 최소화

- 에어로졸의 개념 및 특성
 - 에어로졸은 직경이 5 마이크로미터 이하로서 공기에 부유하는 작은 고체 또는 액체 입자를 말하며, 장시간 오랫동안 공중에 남아 넓은 거리에 퍼져 쉽게 흡입이 이루어진다.
 - 실험 중 발생한 감염성 물질로 구성된 에어로졸은 실험실 획득 감염의 가장 큰 원인이 된다.
 - 연구실에서는 균질화기, 동결건조기, 초음파 파쇄기, 원심분리기, 진탕배양기, 전기영동 등 많은 실험과정에서 인체에 해로운 에어로졸이 발생할 수 있다.
- 연구실 내 에어로졸 발생 최소화
 - 에어로졸이 대량으로 발생하기 쉬운 기기를 사용할 때는 파손에 안전한 플라스틱 용기 등을 사용하고 에어로졸이 외부로 누출되지 않도록 뚜껑이 있는 장치를 사용하도록 한다.
 - 공기로 감염성물질의 부유가 가능한 경우 개인보호 장비를 착용하거나 생물안전작업대와 같은 물리적 밀폐가 가능한 실험장비 내에서 작업하도록 한다.

5

학습내용

- 세균, 바이러스 등에 의한 감염에 대하여 설명할 수 있다.

세균, 바이러스 등에 의한 감염

- 세균, 바이러스 등에 의한 감염
 - 세균 및 바이러스를 취급하는 연구활동종사자에게 실험실 획득감염(laboratory-acquired infections, 실험 관련 활동 과정에서 획득한 감염)이 일어날 수 있다.
 - 실험실 획득감염은 감염성 물질을 취급하던 중 연구활동종사자의 신체가 직접 노출되거나 흡입, 섭취, 병원체를 접촉한 실험동물에 물림으로써 일어날 수 있으며, 이는 국내외 많은 사례가 보고되고 있다.
 - 실험실 획득감염을 예방하기 위해서는 생물안전 확보에 적절한 시설과 장비, 개인보호구를 구비하고 실험을 수행하는 것이 중요하며, 무엇보다 연구활동종사자가 생물안전 수칙을 지키는 것이 가장 중요하다.

6

학습내용

- 화상에 대하여 설명할 수 있다.

화상

- 화상
 - 연구실 내에서는 화재 및 폭발사고 뿐 아니라 이상온도 접촉 등으로 인한 화상피해가 많이 발생한다.
 - 생물 분야 연구실 역시 액체질소로 인한 동상, 고압증기멸균기의 부적절한 취급 등으로 화상 등 유사사례가 보고되고 있다.
 - 사고예방을 위해 적절한 보호구(질소 취급 시 방한장갑 착용, 고온 물체 취급 시 내열장갑 착용 등)를 착용하는 등 사고에 대한 경각심을 가지고 안전확보를 위해 노력해야 한다.

참고자료

- 시험·연구용 LMO 1·2등급 연구시설의 화학소독제 활용 가이드라인·과학기술정보통신부·한국생명공학연구원, 국가연구안전관리본부. 2020.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021. 등

5.4.2. 비상대응 시설 및 장비

KEYWORD 비상대응 장비, 눈세척기, 스피키트, 탈출방지턱, 포획

개요 연구실에서 발생하는 사고에 대응하기 위한 안전 장비 및 장구를 알아보고, 그 사용방법에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 비상대응 장비와 장구에 대하여 설명할 수 있다.

- ② 눈세척기에 대하여 설명할 수 있다.
- ③ 스피키트(감염성물질 유출처리키트)에 대하여 설명할 수 있다.
- ④ 실험동물 탈출방지 장치(탈출방지턱, 끈끈이 등)에 대하여 설명할 수 있다.
- ⑤ 탈출동물 포획 장비에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 비상대응 장비와 장구에 대하여 설명할 수 있다.

비상대응 장비와 장구

- 비상대응 장비와 장구
 - 감염성물질 및 유해화학물질 등 유해물질을 취급하는 연구실에서는 연구실사고로 인하여 부상, 질병 등의 피해가 발생할 경우를 대비하여 비상조치 및 응급조치 방안을 마련하여야 한다.
 - 「연구실안전법」 및 「산업안전보건법」에 따라 유해인자를 취급하는 연구실에는 비상샤워기와 눈 세척 장비를 설치하도록 하며, 특히 산, 알칼리, 기타 부식성 물질 사용 시 비상샤워기는 반드시 설치하여야 한다.

2 학습내용

- 눈세척기에 대하여 설명할 수 있다.

눈세척기

- 눈세척기(eye shower)
 - 눈 세척 장비는 실험 중 감염성 물질 및 화학물질이 연구활동종사자의 눈에 튀었을 때에는 즉시 눈을 씻을 수 있는 장비로 비상샤워시설과 함께 응급 상황 시 사용할 수 있는 장비를 말한다.

- 눈 세척 장비는 강산이나 강염기를 취급하는 곳에는 바로 옆에, 그 외의 경우에는 10초 이내에 도달할 수 있는 위치에 확실히 알아볼 수 있는 표시와 함께 설치에 설치하며 비상시 접근하는데 방해물이 있어서는 안 된다.
- 연구활동종사자들이 눈의 오염이나 부상으로 시력이 저하되거나 잃은 상황에서도 쉽게 이용할 수 있는 장소에 설치하여야 한다.
- 연구활동종사자는 비상사위키 및 눈 세척 장비의 위치와 사용법을 숙지하고 있어야 하며, 분기별 1회 이상의 정기적인 장비 점검을 통해 응급 상황에 즉각 대처할 수 있도록 하여야 한다.
- 보통 눈 부상은 피부 부상을 동반하게 되므로 눈 세척 장비는 샤워시설과 같이 설치하여 눈과 몸을 동시에 씻을 수 있도록 하는 것이 좋다.
- 눈 세척 시 부식성 화학물질이 눈에 남아 있지 않도록 최소 15분에서 30분간 충분히 세척하고 안전관리 담당자(연구실안전환경관리자, 생물안전관리자 등)에게 보고를 한 뒤 의학적인 치료를 받을 수 있도록 한다.

3

학습내용

- 스피لك리트(감염성물질 유출처리키트)에 대하여 설명할 수 있다.

유출처리키트

- 유출처리키트(spill kit)
 - 유출처리키트란 연구실 내 용기 파손, 연구활동종사자의 부주의 등으로 발생할 수 있는 감염물질 유출사고에 신속히 대처할 수 있도록 처리물품 및 약제 등을 함께 마련해 놓은 키트를 말한다.
 - 처리대상 물질, 용도, 처리 규모에 따라서 생물학적 유출처리키트(biological spill kit), 화학물질 유출처리키트(chemical spill kit), 범용 유출처리키트(universal spill kit) 등이 있다.
 - 유출처리키트의 구성품은 개인보호구, 유출확산 방지도구, 청소도구 등으로 이루어져 있다.
 - 개인보호구는 일회용 실험복, 장갑, 앞치마, 고글, 마스크, 신발덮개 등이며, 유출확산 방지도구는 확산 방지 쿠션 또는 guard, 고형제(liquid형 유출물질 Gel화), 흡습지로 구성되어 있다.
 - 청소도구는 소형 빗자루, 쓰레받기, 핀셋 등이며 그 외로 유출처리키트의 성상에 따라 소독제, 중화제, 손소독제, biohazard bag, 손상성 폐기물 용기 등의 부가적인 물품으로 구성되어 있다.
 - 유출의 위해 가능성이 있는 연구실에서는 취급하는 유해물질 및 병원체를 고려하여 적절한 유출처리키트를 마련하고 비상사태에 연구활동종사자가 쉽고 빠르게 이용할 수 있도록 눈에 잘 띄고 사용하기 편리한 곳에 비치하여야 한다.
 - 연구활동종사자는 유출처리키트의 내용물을 파악하고, 사용법을 숙지하고 있어야 한다.
 - 사용절차 : 전파 → 보호구 착용 → 주변확산 방지 → 오염부위 소독 → 보호구 탈의 및 폐기물 폐기 → 손 소독

4

학습내용

- 실험동물 탈출방지 장치(탈출방지턱, 끈끈이 등)에 대하여 설명할 수 있다.

실험동물 탈출방지 장치

- 실험동물의 탈출방지 장치
 - 감염된 실험동물 또는 유전자변형생물체를 보유한 실험동물이 사육실 밖 또는 동물실험시설 밖으로 탈출하게 되면 그 감염원이 유출되어 지역사회에 감염병이 발생할 수 있으며, 다른 동물과 접촉(교미 등) 시 유전적 오염으로 인해 신종생물체가 발생할 우려가 있다.
 - 동물실험시설에서는 실험동물이 사육실 밖으로 탈출할 수 없도록 개별 환기사육장비에서 실험동물을 사육하고, 모든 각 사육실 출입구에는 실험동물 탈출방지턱 또는 끈끈이 등을 설치하여야 한다.
 - 각 동물실험구역과 일반구역 사이의 출입문에도 탈출방지턱, 끈끈이 또는 기밀문을 설치하여 동물이 시설 외부로 탈출하지 않도록 한다.
 - 실험동물 사육실로부터 탈출한 실험동물을 발견했을 때에는 즉시 안락사 처리 후 고온고압증기멸균하여 사체를 폐기하고, 시설관리자에게 보고해야 한다.(사육 동물 및 연구 특성에 따라 적용 조건이 다를 수 있음)
 - 시설관리자는 실험동물이 탈출한 호실과 해당 실험과제, 사용 병원체, 유전자재조합생물체 적용 여부 등을 확인하여야 한다.

5

학습내용

- 탈출동물 포획 장비에 대하여 설명할 수 있다.

탈출동물 포획장비

- 탈출동물 포획 장비
 - 사육실 밖 또는 케이지 밖에 나와 있는 실험동물은 발견하는 즉시 포획하여야 한다.
 - 포획 시는 다른 방에 들어가지 않도록 차단한 뒤 조용히 접근하여 포획한다.
 - 포획 시는 필히 장갑을 착용하고 필요시 보안경 등을 착용한다.
 - 포획장비로는 포획망, 포획틀, 미끼용 먹이(동물사료), 서치 랜턴 등이 있다.
 - 경우에 따라 마취총, 블로우파이프(입으로 부는 화살총)를 사용할 수 있다.
 - 포획 후의 절차는 위의 실험동물 탈출방지 장치와 동일하다.

참고자료

- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 「산업안전보건법(법률 제18180호)」 등

5.4.3. 비상조치 요령

KEYWORD 주요 상해 사고, 신체 손상, 응급조치

개요 생물분야 주요 연구실사고 유형을 확인하고, 이에 대한 관리방안 및 응급조치 등에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 생물분야 주요 연구실사고 유형 및 관리 방안에 대하여 설명할 수 있다.

- ② 감염성 물질 유출 등 사고 유형별 대응조치에 대하여 설명할 수 있다.
- ③ 신체 손상에 대한 응급처치에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 생물분야 주요 연구실사고 사례 및 관리 방안에 대하여 설명할 수 있다.

생물분야 연구실사고(상해사고 등) 유형 및 관리방안

- 생물분야 연구실사고 유형 및 관리 방안
 - 주요 사고유형을 정하고, 이에 대한 관리 방안을 준비한다.
 - 관리방안은 해당사고의 응급조치 방법, 사고 보고기록 등을 포함한다.
 - 생물 분야 주요 연구실사고 사례
 - ▶ 찢린 상처, 베인 상처, 찰과상
 - ▶ 감염 가능성이 있는 물질의 섭취
 - ▶ 감염 가능성이 있는 물질의 유출
 - ▶ 깨진 용기와 옆질러진 감염성 물질
 - ▶ 밀봉 가능한 버킷이 없는 원심분리기에서 감염 가능성이 있는 물질이 들어있는 튜브의 파손
 - ▶ 밀봉 가능 버킷(안전 컵) 내부에서 발생한 튜브 파손

2

학습내용

- 감염성 물질 유출 등 사고 유형별 대응조치에 대하여 설명할 수 있다.

사고 유형에 따른 대응조치

• 사고 유형에 따른 대응조치

가. 찢린 상처, 베인 상처, 찰과상

- 상처를 입은 자는 보호복을 벗고 손과 해당 부위를 씻은 다음, 적절한 피부 소독제를 바르고 필요하면 병원에 가서 치료를 받는다. 상처의 원인과 관련 미생물을 보고하고 의료 기록을 작성한다.

나. 감염 가능성이 있는 물질의 섭취

- 보호복을 벗고 의사의 진찰을 받는다. 섭취한 물질과 사고 발생 상황을 보고하고, 의료 기록을 작성한다.

다. 실험구역 내에서 감염성물질 등이 유출된 경우

- 종이타월이나 소독제가 포함된 흡수물질 등으로 유출물을 천천히 덮어 에어로졸 발생 및 유출 부위 확산을 방지한다. 유출 지역에 있는 사람들에게 사고사실을 알려 연구활동중보자 등이 즉시 사고구역을 벗어나게 하고, 연구실책임자와 안전관리 담당자(연구실안전환경관리자, 생물안전관리책임자 등)에게 즉시 보고하고 지시에 따른다.

- 사고 시 발생한 에어로졸이 가라앉도록 20분 정도 방치한 후, 개인보호구를 착용하고 사고지역으로 들어간다. 장갑을 끼고 핀셋을 이용하여 깨진 유리조각 등을 집고, 날카로운 기기 등은 손상성 의료폐기물 전용용기에 넣는다. 유출된 모든 구역의 미생물을 비활성화시킬 수 있는 소독제를 처리하고 20분이상 그대로 둔다.

- 종이타월 및 흡수물질 등은 의료폐기물 전용용기에 넣고, 소독제를 사용하여 유출된 모든 구역을 닦는다. 청소가 끝난 후 처리작업에 사용했던 기구 등은 의료폐기물 전용용기에 넣어 처리하거나 재사용할 경우 소독 및 세척한다. 장갑, 작업복 등 오염된 개인보호구는 의료폐기물 전용용기에 넣어 처리하고, 노출된 신체부위를 비누와 물을 사용하여 세척하고, 필요한 경우 소독 및 샤워 등으로 오염을 제거한다.

라. 깨진 용기와 옆질러진 감염성 물질

- 감염성 물질에 오염된 깨진 용기와 옆질러진 감염성 물질을 천이나 종이 타월로 덮는다. 이후 그 위로 소독제를 가하고 일정 시간 방치한다. 그 후 적절한 방법으로 폐기한다. 기록서 서식이나 기타 인쇄물이 오염되면, 정보를 다른 곳에 옮기고 원본은 오염 폐기물 용기에 버린다.

마. 밀봉이 가능한 버킷이 없는 원심분리기에서 감염 가능성이 있는 물질이 들어있는 튜브의 파손

- 원심분리기가 작동 중인 상황에서 튜브의 파손이 발생하거나 파손이 의심되는 경우, 모터를 끄고 기계를 닫아(ex. 30분 동안) 침전되기를 기다린 후 적절한 방법으로 처리한다. 안전관리 담당자에게 보고한다.

바. 밀봉 가능 버킷(안전 컵) 내부에서 발생한 튜브 파손

- 모든 밀봉 상태인 원심분리기 버킷은 생물안전작업대에서 물질을 넣거나 빼야한다. 안전 컵 내부에서 파손이 발생한 것으로 의심되는 경우, 안전 컵을 느슨하게 풀고 버킷을 고압증기멸균한다. 또는 안전 컵을 화학적으로 소독한다.

3

학습내용

- 신체 손상에 대한 응급처치에 대하여 설명할 수 있다.

감염성 물질 등이 안면부에 접촉되었을 때

- 감염성 물질 등이 안면부에 접촉되었을 때
 - ① 눈에 물질이 튀거나 들어간 경우, 즉시 세안기나 눈 세척제를 사용하여 15분 이상 세척하고 눈을 비비거나 압박하지 않도록 주의한다.
 - ※ 눈 세척제 사용 시 연구실내 일정 장소에서 사용하고 세척에 사용된 티슈 등은 의료폐기물로 처리한다. 사용 후 소독제로 주위를 소독하고 정리한다.
 - ② 필요한 경우 비상샤워기 또는 샤워실을 이용하여 전신을 세척한다.
 - ※ 비상샤워장치를 사용할 경우 주위를 통제하고 접근을 금지한다. 사용 후 소독제(락스 등)로 주위를 소독하고 정리한다.
 - ③ 발생 사고에 대해 연구실책임자에게 즉시 보고하고 필요한 조치를 받는다.
 - ④ 연구실책임자는 안전관리 담당자 및 의료관리자에게 보고하고, 적절한 의료조치를 받도록 한다.

감염성 물질 등이 안면부를 제외한 신체에 접촉되었을 때

- 감염성 물질 등이 안면부를 제외한 신체에 접촉되었을 때
 - ① 장갑 또는 실험복 등 착용하고 있던 개인보호구를 신속히 탈의한다.
 - ② 즉시 흐르는 물로 세척 또는 샤워를 한다.
 - ③ 오염 부위를 소독한다.
 - ④ 발생 사고에 대해 연구실책임자에게 즉시 보고하고 필요한 조치를 받는다.
 - ⑤ 연구실책임자는 안전관리 담당자 또는 의료관리자에게 보고하고, 적절한 의료 조치를 받도록 한다.

감염성 물질 등을 섭취한 경우

- 감염성 물질 등을 섭취한 경우
 - ① 장갑 또는 실험복 등 착용하고 있던 개인보호구를 신속히 탈의한다.
 - ② 발생 사고에 대해 연구실책임자에게 즉시 보고한다.
 - ③ 연구실책임자는 안전관리 담당자 또는 의료관리자에게 보고하고, 적절한 의료 조치를 받도록 한다.
 - ④ 연구실 책임자는 섭취한 물질과 사고 사항을 상세히 기록하여 치료에 도움이 될 수 있도록 관련자들에게 전달한다.

주사기에 찔렸을 경우

- 주사기에 찔렸을 경우
 - ① 신속히 찔린 부위의 보호구를 벗고 15분 이상 충분히 흐르는 물 또는 생리식염수로 세척한다.
 - ② 발생 사고에 대해 연구실책임자에게 즉시 보고하고 필요한 조치를 받는다.
 - ③ 연구실책임자는 안전관리 담당자 또는 의료관리자에게 보고하고, 적절한 의료 조치를 받도록 한다.

기타물질 또는 실험 중 부상을 당했을 경우

- 기타물질 또는 실험 중 부상을 당했을 경우
 - ① 발생한 사고에 대하여 연구실책임자 및 의료관리자에게 즉시 보고하여 필요한 조치를 받는다.
 - ② 연구실책임자는 안전관리 담당자 또는 의료관리자에게 보고하고 취급하였던 감염성 물질을 고려한 적절한 의학적 조치 등을 하도록 한다.

참고자료

- 유전자변형생물체(LMO)연구시설 자체점검 매뉴얼, 과학기술정보통신부, 한국생명공학연구원, 국가연구안전관리본부, 2020.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021. 등

5.4.4. 비상대응 절차 및 사후처리

KEYWORD 비상계획 수립, 이행, 교육, 훈련, 사고 보고, 기록

개요 연구실사고 피해를 저감하고 유사사고를 예방하기 위한 비상계획 수립 및 이행절차, 사후처리 방안 등에 대해 숙지한다.

학습목표 ① 비상계획 수립 및 교육·훈련, 평가에 대하여 설명할 수 있다.
② 사고 보고, 기록 등에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 비상계획 수립 및 교육·훈련, 평가에 대하여 설명할 수 있다.

비상계획 수립

- 비상계획 수립
 - 생물분야 연구실사고의 효율적 대응을 위해 우선적으로 수립되어야 할 사항은 해당 시설에서 발생 가능한 비상상황에 대해 대응 시나리오를 마련하는 것이다.
 - 감염사고, 옆지름, 화재, 정전 등 생물 분야 연구실 운영 시 발생할 수 있는 사고의 유형을 규정하고, 아래의 사항을 참고하여 사고 발생 시 대응절차를 세부적으로 수립하여야 한다.
 - ▶ 비상대응시나리오 마련(감염노출사고, 화재, 자연재해, 테러 등)
 - ▶ 비상대응인원들에 대한 역할과 책임을 규정
 - ▶ 비상지휘체계 및 보고체계를 마련
 - ▶ 비상대응계획 수립 시 유관기관(의료, 소방, 경찰)들과 협의
 - ▶ 비상대응을 위한 의료기관 지정(병원, 격리시설 등)
 - ▶ 훈련을 정기적으로 실시한 후, 수립된 비상대응계획에 대한 평가를 실시하고 필요시 대응계획을 개정
 - ▶ 비상대응장비 및 개인보호구에 대한 목록화(위치, 개수 등)
 - ▶ 비상탈출경로, 피난장소, 사고 후 제독에 대한 사항 명확화
 - ▶ 피해구역 진입인원 규명
 - ▶ 비상연락망을 수립하고 신속한 정보공유를 위해 무전기, 핸드폰 등 통신장비 사전 확보
 - ▶ 재난 시 실험동물 관리 혹은 도태방안 마련

비상대응 교육, 훈련 및 평가

- 비상대응 교육, 훈련 및 평가 절차
 - 수립한 계획에 따라 비상대응 체계를 구축한다.
 - 비상대응 교육 및 시나리오에 따른 훈련을 실시한다.
 - ▶ 훈련 시 기관 내부 담당자는 물론 유관기관이 참여할 수 있도록 한다.
 - 비상대응계획에 대해 평가한다.
 - ▶ 각 대응조치별 문제점을 발견하여 개선방안에 대해 논의를 실시하고, 필요시 기존의 비상대응계획에 대한 개정을 시행하는 것이 바람직(feedback)
 - ▶ 이는 안전관리분야에서 일반적으로 적용되는 전략인 P-D-C-A(plan-do-check-act)의 방식과 동일

2

학습내용

- 사고 보고, 기록 등에 대하여 설명할 수 있다.

사고 보고, 기록

- 사고 보고, 기록
 - 모든 사고는 연구실책임자와 안전관리 담당부서에 보고되어야 하고 기록으로 남겨야 한다.
 - 모든 사고는 안전관리 담당자에 의해 조사되어야 한다.
 - 사고보고 및 조사는 연구활동종사자에게 책임을 묻고, 비난하기 위한 것이 아니라 동종 혹은 유사한 사고를 막기 위한 것에 목적이 있다.
 - 경미한 사고라도 조사를 통해 조치가 취해질 때 큰 사고를 막을 수 있다.
 - 유해물질에 의한 장기적 노출도 같은 요령으로 안전관리 부서에 제출해야 한다.
 - 보험과 책임성의 문제도 초기 사고 기록이 존재한다면 효과적으로 처리될 수 있다.

관련 법률

- 관련 법률
 - 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」, 「감염병예방법」에 따라 사고의 경중을 고려하여 적합한 방법으로 과학기술정보통신부, 질병관리청에 연구실사고를 보고해야 한다.

참고자료

- 유전자변형생물체(LMO) 연구시설 자체점검 매뉴얼, 과학기술정보통신부·한국생명공학연구원·국가연구안전관리본부, 2020.
- 한국생물안전안내서, 제2판, 한국생물안전안내서발간위원회. 2021.
- 「연구실 안전 환경 조성에 관한 법률(법률 제17350호)」
- 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(법률 제18507호)」 등

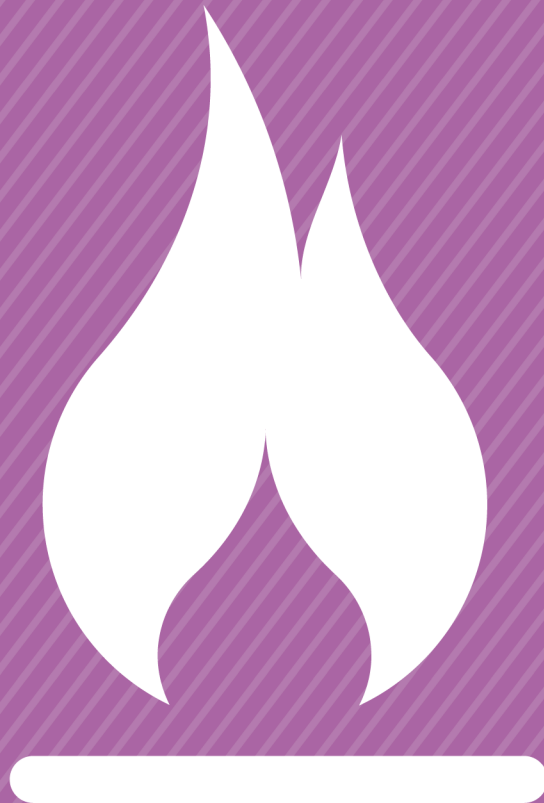
학습가이드 이용 시 유의사항

- 본 학습 가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료일 뿐이며, 가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있습니다. 아울러, 본 학습 가이드에는 언급되지 않았으나, 연구실 생물안전관리와 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 다양한 참고자료 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

연구실 전기·소방 안전관리

PART

6



6.1. 소방 및 전기 안전관리 일반

6.1.1. 소방기초이론

6.1.2. 소방안전관리

6.1.3. 전기 일반 및 위험성 분석

6.1.4. 전기 화재 원인



6.1.1. 소방기초이론

KEYWORD 연소, 화재, 소화

개요 연구실의 화재 예방과 방호를 위한 연소, 화재 및 소화에 대한 소방기초이론을 습득한다.

학습목표 ① 연소이론 및 관련 기본 용어의 정의, 특성을 이해하고 설명할 수 있다.

- ② 화재이론을 숙지한다.
- ③ 소화이론을 숙지한다.

※ 본 단원에서 제시한 연소, 인화점, 연소점, 연기, 플래시오버, 백드래프트 등의 소방기본 용어에 대한 정의 및 개념설명은 연구실 안전교육 표준교재(2019)를 참고하여 응시자가 참고하기 쉽도록 정보를 제공하였으나, 전문가의 의견이 상이하고 법령 개정 및 환경변화 등에 따라 관련내용이 달라질 수 있는 점 등을 고려하여 학습가이드 외의 전문서적 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

1 학습내용

- 연소이론 및 관련 기본 용어의 정의, 특성을 이해하고 설명할 수 있다.

연소

1. 연소 관련 기본 용어의 정의와 특성

- 1) 연소 : 물질이 빛이나 열 또는 불꽃을 내면서 빠르게 산소와 결합하는 반응으로써 가연물이 공기 중의 산소 또는 산화제와 반응하여 열과 빛을 발생하면서 산화하는 현상 등을 의미
- 2) 인화점(Flash point) : 가연성 증기가 발생하고 이 증기가 대기 중에서 연소범위 내로 산소와 혼합될 수 있는 최저온도 등을 의미

〈표-30〉 가연물별 인화점

가연물질	인화점[°C]	가연물질	인화점[°C]
아세트알데하이드	-37.7	메틸알코올	11
이황화탄소	-30	에틸알코올	13
휘발유	-20~-43	등유	30~60
아세톤	-18	중유	60~150
톨루엔	4.5	글리세린	160

- 3) 연소점(Fire point) : 가연성 액체(고체)를 공기 중에서 가열하였을 때 점화한 불에서 발열하여 계속적으로 연소하는 액체(고체)의 최저온도 등을 의미
- 4) 발화점(착화점, Auto ignition point) : 별도의 점화원이 존재하지 않는 상태에서 온도가 상승하면 스스로 연소를 개시하게 되는 온도를 가지는데 이때 화염이 발생하는 최저 온도 등을 의미

〈표-31〉 가연물별 발화점

가연물질	발화점[°C]	가연물질	발화점[°C]
황린	34	석탄	350
셀룰로이드	180	부탄	365
휘발유	257	중유	400
등유	245	목재	400~450
에틸알코올	363	프로판	423

- 5) 연소범위(연소한계, 폭발범위, 폭발한계) : 가연물이 연소를 시작하기 위해서는 산소와 가연물이 적절한 비율을 유지하고 있어야 하는데 연소가 가능한 가연물과 공기의 혼합비율의 범위
- 연소하한계 : 연소할 수 있는 가연물 혼합비율의 최소한계(산소과잉, 연료부족)
 - 연소상한계 : 연소할 수 있는 가연물 혼합비율의 최대의 한계(산소부족, 연료과잉)

〈표-32〉 가연물별 연소범위

가연물질	연소범위[vol%]	가연물질	연소범위[vol%]
아세틸렌	2.5~81	아세톤	2~13
수소	4.1~75	프로판	2.1~9.5
메틸알코올	7~37	휘발유	1.4~7.6
에틸알코올	3.5~20	중유	1~5
암모니아	15~28	등유	0.7~5

- 6) 한계산소농도(최소산소농도) : 가연성 혼합가스 내에 화염이 전파될 수 있는 최소한의 산소농도 등을 말함

※ 「불활성가스 치환에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE P-80-2011)」, 한국산업안전보건공단, 2011.

- 7) 증기비중 등

2. 연소의 요소

- 연소의 3 요소 (가연성물질(가연물), 산소공급원, 점화원), 연소의 4 요소 (가연성물질(가연물), 산소공급원, 점화원, 연쇄반응)의 이해

- 1) 가연성물질(가연물) : 개념, 가연물의 조건, 가연물의 종류와 특징
- 2) 산소공급원 : 산소의 특징, 산소공급원의 종류와 특징
- 3) 점화원 : 점화원의 개념, 형태, 종류별 특징, 위험성 및 관리방법 등 안전대책
- 4) 연쇄반응 : 연쇄반응의 개념 및 특징

3. 연소 형태의 이해

- 1) 기체의 연소 : 예혼합연소, 확산연소
- 2) 액체의 연소 : 증발연소, 분무연소 등
- 3) 고체의 연소 : 분해연소, 증발연소, 표면연소 등

2

학습내용

- 화재이론을 이해하고 설명할 수 있다.

화재

1. 화재의 정의
2. 화재의 분류* (가연물의 종류에 따른 분류)
 - 1) 일반화재(A급화재)의 정의 및 특성, 예방대책, 소화방법
 - 2) 유류화재(B급화재)의 정의 및 특성, 예방대책, 소화방법
 - 3) 전기화재(C급화재)의 정의 및 특성, 예방대책, 소화방법
 - 4) 금속화재(D급화재)의 정의 및 특성, 예방대책, 소화방법
 - 5) 주방화재(K급화재)의 정의 및 특성, 예방대책, 소화방법

〈참고〉

① 소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기준 (NFSC 101)

용어	정의
일반화재 (A급 화재)	<ul style="list-style-type: none"> 나무, 섬유, 종이, 고무, 플라스틱류와 같은 일반 가연물이 타고 나서 재가 남는 화재를 말한다. 일반화재에 대한 소화기의 적응 화재별 표시는 'A'로 표시한다.
유류화재 (B급 화재)	<ul style="list-style-type: none"> 인화성 액체, 가연성 액체, 석유 그리스, 타르, 오일, 유성도료, 솔벤트, 래커, 알코올 및 인화성 가스와 같은 유류가 타고 나서 재가 남지 않는 화재를 말한다. 유류화재에 대한 소화기의 적응 화재별 표시는 'B'로 표시한다.
전기화재 (C급 화재)	<ul style="list-style-type: none"> 전류가 흐르고 있는 전기기기, 배선과 관련된 화재를 말한다. 전기화재에 대한 소화기의 적응 화재별 표시는 'C'로 표시한다.
주방화재 (K급 화재)	<ul style="list-style-type: none"> 주방에서 동식물유를 취급하는 조리기구에서 일어나는 화재를 말한다. 주방화재에 대한 소화기의 적응 화재별 표시는 'K'로 표시한다.

② 화재의 분류 (KS B 6259)

용어	정의	대응영어
A급	• 보통 잔재의 작열에 발생하는 연소에서 보통 유기 성질의 고체 물질을 포함한 화재	Class A
B급	• 액체 또는 액화할 수 있는 고체를 포함한 화재 및 가연성 가스 화재	Class B
C급	• 통전 중인 전기 설비를 포함한 화재	Class C
D급	• 금속을 포함한 화재	Class D

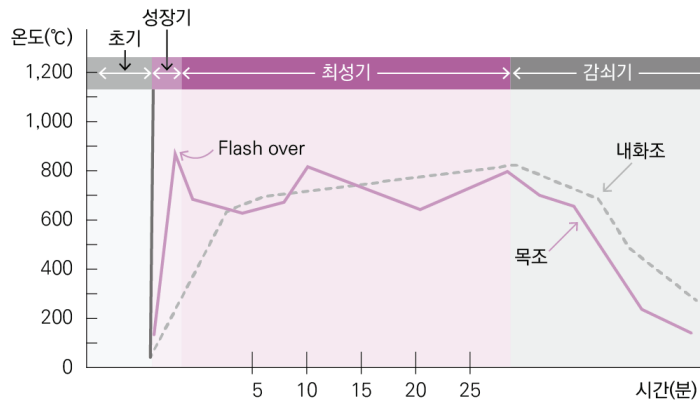
③ NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers

분류	정의
A급 화재 (Class A Fires)	• 나무, 형견, 종이, 고무, 플라스틱류 등과 같은 일반적인 가연성 물질에서 발생하는 화재
B급 화재 (Class B Fires)	• 인화성 액체, 가연성 액체, 석유그리스, 타르, 유성도료, 솔벤트, 래커, 알코올 등과 가연성 가스류에서 발생하는 화재
C급 화재 (Class C Fires)	• 통전 중인 전기기기와 관련된 화재
D급 화재 (Class D Fires)	• 마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 나트륨, 리튬, 칼륨 등과 같은 가연성 금속에서 발생하는 화재
K급 화재 (Class K Fires)	• 가연성 조리재료(식물성, 동물성 유지)를 포함한 조리기구에서 발생하는 화재

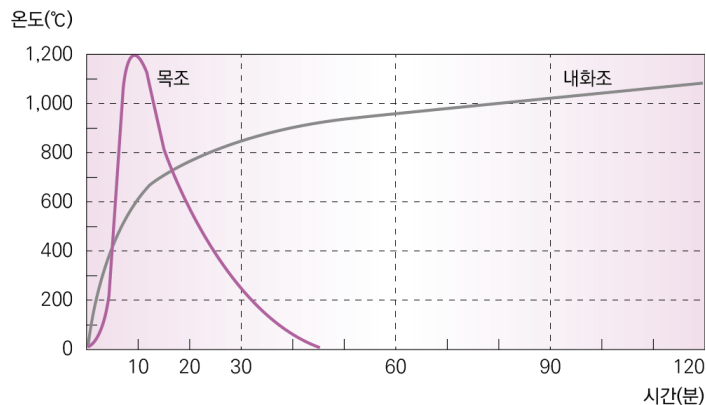
3. 연기

- 1) 연기의 정의 : 다량의 유독가스를 함유하며 화재로 인한 연기는 고열이며, 유독 확산이 빠르며, 광선을 흡수하며 천장 부근 상층에서부터 축적되어 하층까지 이루어진 것 등을 의미

- 2) 연기의 성질, 확산과 유동, 위험성, 농도, 안전대책 등
 - 3) 연소가스의 종류와 특성
 - 4) 연소생성물의 종류와 특성
4. 건축물의 화재 양상(성상) 이해
- 1) 실내화재의 양상 : 건물화재는 건물 내의 일부분으로부터 발화하여 출화를 거쳐 최성기에 이르며, 인접건물 등 외부로 연소가 확대된다.
 - 2) 실내화재의 단계별 외관, 연소상황, 연소위험, 활동위험 등
 - 초기
 - 성장기
 - 최성기
 - 감쇠기(감퇴기)



〈그림-29〉 실내화재의 진행상황



※ 출처 : 한국소방안전원, 1급 소방안전관리자 강습교재

〈그림-30〉 실내화재의 진행과 온도변화

3) 실내화재의 현상

- 훈소(smoldering)
- 플래시오버 (flash over)
- 백드래프트 (back draft) 등

〈표-33〉 플래시오버 및 백드래프트 비교

구분	플래시오버	백드래프트
개념	화재 초기 단계에서 연소불로부터의 가연성 가스가 천장 부근에 모이고, 그것이 일시에 인화해서 폭발적으로 방 전체가 불꽃이 도는 현상	연소에 필요한 산소가 부족하여 훈소상태에 있는 실내에 산소가 갑자기 다량 공급될 때 연소가스가 순간적으로 발화하는 현상으로, 화염이 폭발을 동반하여 산소가 유입된 곳으로 분출
현상 발생 전 온도	인화점 미만	이미 인화점 이상
현상 발생 전 산소농도	연소에 필요한 산소가 충분	연소에 필요한 산소가 불충분
발생원인	온도상승(인화점 초과)	외부(신선한) 공기의 유입
연소속도	빠르게 연소하여 종종 압력파를 생성하지만 충격파는 생성되지 않음	음속에 가까운 연소속도를 보이며 충격파의 생성으로 구조물을 파괴할 수 있음
발생단계	<ul style="list-style-type: none"> • 일반적 : 성장기 마지막 • 최성기 시작점 경계 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반적 : 감쇠기 • 예외적 : 성장기
악화요인	열(복사열)	산소
핵심	중기상태 복사열의 바운스로 인한 전실 화재 확대	산소유입, 화학적 CO가스폭발

3

학습내용

- 소화이론을 이해하고 설명할 수 있다.

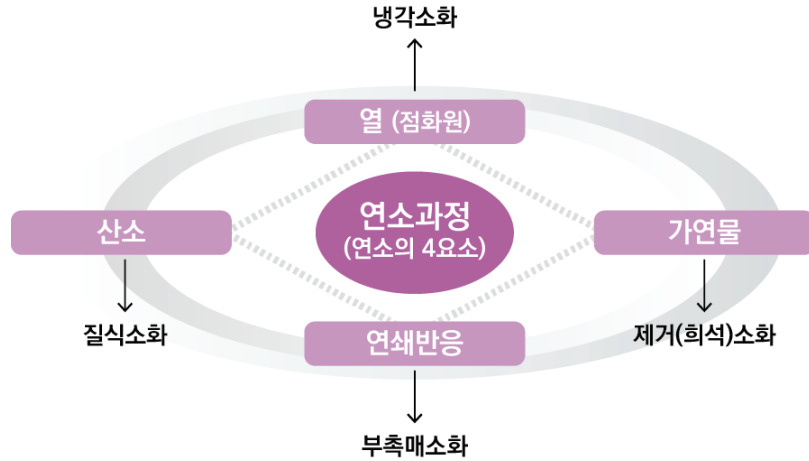
소화

1. 소화이론 및 원리

2. 소화의 종류와 특성

- 1) 제거소화 : 가연물 등을 제거해서 소화하는 방법을 말하는 것으로 연소반응을 하는 연소물이나 화원을 제거하여 연소 반응을 중지시키는 소화방법 등을 의미

- 2) 질식소화 : 가연물이 연소하기 위해서 반드시 산소가 필요하므로 공기 중 산소 공급을 차단하여 연소를 중지시키는 소화방법 등을 의미
- 3) 냉각소화 : 연소물을 냉각하면 착화 온도 이하가 되어서 연소할 수 없도록 하는 소화방법 등을 의미
- 4) 억제소화 (부촉매소화) : 주로 화염이 발생하는 연소반응을 주도하는 라디칼(Radical)을 제거하여 연소반응을 중단시키는 소화방법 등을 의미



※ 출처 : 연구실 안전교육 표준교재 (소방안전)

〈그림-31〉 소화의 종류

3. 소화약제의 종류 및 특성, 소화효과, 적응화재

- 1) 물 소화약제 : 물은 침투성이 있고 적외선을 흡수하며 쉽게 구할 수 있기 때문에 주로 A급 화재 시 사용
- 2) 강화액 소화약제 : 소화 성능을 높이기 위해 물에 탄산칼륨(또는 인산암모늄) 등을 첨가하여 약 $-30^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 에서도 동결되지 않기 때문에 한랭지역 화재 시 사용
- 3) 포 소화약제 : 약 90% 이상의 물과 계면활성제 등의 혼합물에서 다시 공기를 혼합하여 포(거품)을 일으켜 발포
- 4) 이산화탄소 소화약제 : 상온에서 기체 상태로 존재하는 불활성 가스로 질식성을 갖고 있기 때문에 가연물의 연소에 필요한 산소 공급을 차단
- 5) 할론 (Halon) : 지방족 탄화수소인 메탄, 알코올 등의 분자에 포함된 수소원자의 일부 또는 전부를 할로겐 원소(F, Cl, Br, I 등)로 치환한 화합물 중 소화약제로서 사용이 가능한 것을 총칭
- 6) 할로겐화합물 및 불활성기체 소화약제 : 할로겐화합물 및 불활성기체로서 비전도성이며 휘발성이 있거나 증발 후 잔여물이 없는 소화약제
- 7) 분말 소화약제 : 질식, 부촉매 등 소화효과를 가지는 소화약제
 - 분말소화약제 종류 : 제1종, 제2종, 제3종, 제4종

-
4. 소화약제별 소화효과 및 적응성
 - 1) 소화약제별 소화효과
 - 2) 소화약제별 화재 적응성
 5. 화재별 소화방법

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 소방안전 Chapter 2. 연구실 소방안전 기본 이론(pp. 14-39), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부 2019.
- 「소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기준 (NFSC 101)」 등

6.1.2. 소방안전관리

KEYWORD 화재안전, 위험물

개요 • 연구실의 화재안전을 확보한다.

- 연구실에서 사용하는 위험물(화학물질)의 특징을 파악하여 연구실의 안전을 확보한다.
- 이를 통하여 안전한 연구실 환경을 구축한다.

학습목표 ① 연구실에서 일어날 수 있는 화재를 예방하고 방호하기 위하여 연구실 화재의 주요원인 및 예방대책, 화재 발생 시 행동 요령 등을 습득한다.

② 연구실에서 사용하는 위험물(화학물질)의 성질, 품명, 지정수량, 위험물의 조건 등을 숙지하여 실험 시 사고 예방, 시약의 안전관리 등 안전대책을 강구한다.

1

학습내용

- 화재의 주요원인 및 예방대책을 이해하고, 화재발생 시 행동요령 등을 숙지하여 설명할 수 있다.

화재안전

1. 연구실 환경에 따른 화재 위험성

- 1) 전기실험실의 위험성, 위험요인
- 2) 가스 취급 시설실험실의 위험성, 위험요인
- 3) 화학실험실의 위험성, 위험요인
- 4) 폐액, 폐기물 보관 장소의 위험성, 위험요인

2. 연구실화재의 주요원인

- 1) 전기화재
- 2) 유류화재
- 3) 가스화재

3. 연구실화재의 예방대책

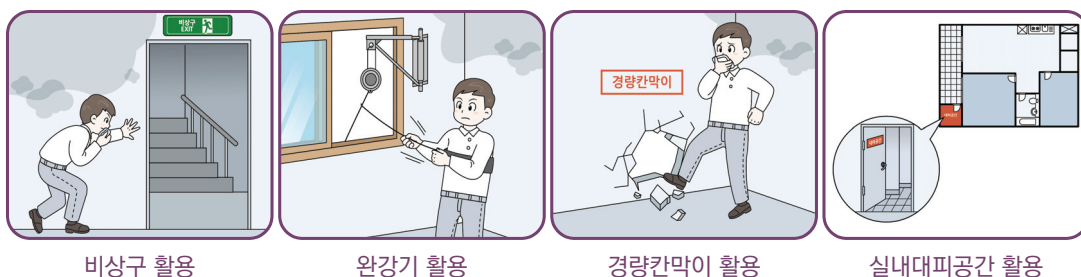
- 1) 전기화재
- 2) 유류화재
- 3) 가스화재

4. 화재 발생 시 행동요령 및 대피요령

- 1) 행동요령
- 2) 대피요령

〈참고 - 화재발생 시 행동요령〉

- (1) 빠른 상황전파 : 화재사실을 주위에 신속하게 알린다.
- (2) 초기소화 : 초기화재인 경우 현장 상황 (불의 크기, 연기의 양, 소화시설 등)에 따라 진화를 시도한다. 여의치 않으면 신속히 대피한다.
- (3) 신속한 대피 : 건물 외부나 안전한 장소로 신속하게 대피한다. (아래 그림 참고)
 - 엘리베이터를 절대 이용하지 말고 계단을 통하여 지상 (지상으로 대피할 수 없는 경우는 옥상)으로 안전하게 대피한다.
- (4) 119 신고 : 안전하게 대피한 후 119에 신고한다.
- (5) 대피 후 인원 확인 : 안전한 곳으로 대피한 후 인원을 확인한다.

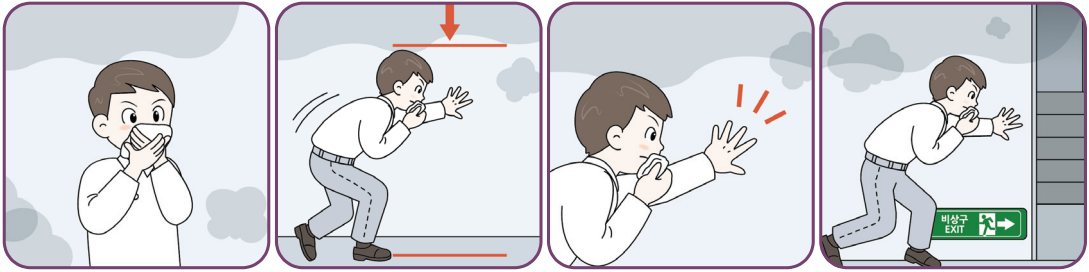


※ 출처 : 소방청, 화재 시 국민행동요령

〈그림-32〉 안전한 대피 방법

〈참고 - 화재발생 시 대피요령〉

- (1) 화재가 발생한 연구실을 탈출할 때는 문을 반드시 닫고 나와야 하며 탈출하면서 열린 문이 있으면 닫는다.
- (2) 연기가 가득 찬 장소를 지날 때는 신선한 공기는 아래쪽에 있으므로 자세를 낮추고 한 손으로 벽을 짚으며 한 방향으로 대피한다. (이때 연기흡입을 막기 위해 젖은 수건이나 옷 등으로 입과 코를 막고 호흡한다.)
- (3) 손등으로 출입문 손잡이를 만져보아 손잡이가 뜨거우면 문 바깥쪽에 불이 난 것이므로 문을 열지 말고 다른 통로를 이용한다.
- (4) 대피를 못 해 연구실에 남아있는 경우는 연기가 못 들어오게 문틈을 수건이나 커튼 등으로 막고 젖은 수건이나 옷 등으로 입과 코를 막고 호흡한다.
- (5) 탈출 후에는 다시 건물 안으로 들어가지 않는다.



- ① 손수건, 옷 등을 이용하여 호흡기(코와 입)를 보호한다.
- ② 자세를 낮춘다.
- ③ 다른 손으로는 벽을 짚는다.
- ④ 한 방향으로 신속하게 밖으로 대피한다.

※ 출처 : 소방청, 화재 시 국민행동요령

〈그림-33〉 대피 시 연기를 피하는 자세

5. 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙

6. 방화문 및 자동방화셔터의 관리기준

2

학습내용

- 위험물(화학물질)의 성질, 품명, 지정수량, 위험물의 조건 및 유별 위험물의 공통적인 특성(성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법)등을 이해·설명할 수 있다.

위험물

1. 위험물의 정의 : 인화성 또는 발화성 등의 성질을 가지는 물질로서 위험물안전관리법 시행령 별표1에 따른 위험물을 의미함

※ 「위험물안전관리법」 제2조(정의) 등 참고

2. 위험물의 종류

※ 「위험물안전관리법 시행령」 [별표 1]

- 제1류위험물(산화성 고체) : 성질, 품명, 지정수량
- 제2류위험물(가연성 고체) : 성질, 품명, 지정수량
- 제3류위험물(자연발화성물질 및 금속성 물질) : 성질, 품명, 지정수량
- 제4류위험물(인화성 액체) : 성질, 품명, 지정수량
- 제5류위험물(자기반응성 물질) : 성질, 품명, 지정수량
- 제6류위험물(산화성 액체) : 성질, 품명, 지정수량

3. 위험물의 유별 특성 (범위 : 유별 공통적인 성질 등, 개별 위험물의 성상 및 특성은 제외)

- 제1류위험물 : 유별 성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법
- 제2류위험물 : 유별 성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법
- 제3류위험물 : 유별 성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법
- 제4류위험물 : 유별 성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법
- 제5류위험물 : 유별 성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법
- 제6류위험물 : 유별 성질, 위험성, 저장 및 취급방법, 소화방법

4. 위험물의 혼재기준

1) 유별을 달리하는 위험물의 혼재 위험성

〈참고 - 「위험물안전관리법 시행규칙」 [별표 19], 부표 2〉

〈표-34〉 유별을 달리하는 위험물의 혼재기준

위험물의 구분	제1류	제2류	제3류	제4류	제5류	제6류
제1류		×	×	×	×	○
제2류	×		×	○	○	×
제3류	×	×		○	×	×
제4류	×	○	○		○	×
제5류	×	○	×	○		×
제6류	○	×	×	×	×	

비고

1. “×”표시는 혼재할 수 없음을 표시한다.
2. “○”표시는 혼재할 수 있음을 표시한다.
3. 이 표는 지정수량의 1/10 이하의 위험물에 대하여는 적용하지 아니한다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재(소방안전) Chapter 5. 소방안전사고 대피요령, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부 2019.
- 「위험물안전관리법(법률 제17518호)」 및 「위험물안전관리법 시행령(대통령령 제30839호)」 등

6.1.3. 전기 일반 및 위험성 분석

KEYWORD 누전차단기, 배선용차단기, 정전, 임시전등, 임시배선, 방폭구조, 방폭전기설비안전설치, 절연파괴/절연열화, 정전기방전, 전자파의 오동작, 전기기본개념, 감전특성, 감전메커니즘, 접지

개요 전기 일반 및 위험성 분석은 안전한 연구 환경을 조성하기 위하여 전기설비에 대한 전반적인 이해를 통하여, 전기 에너지로 인한 전기 재해의 위험성을 분석함과 동시에 전기 사고, 감전 재해, 전기 화재·폭발, 정전기 장·재해 등을 예방하고 대응하는 기술이다.

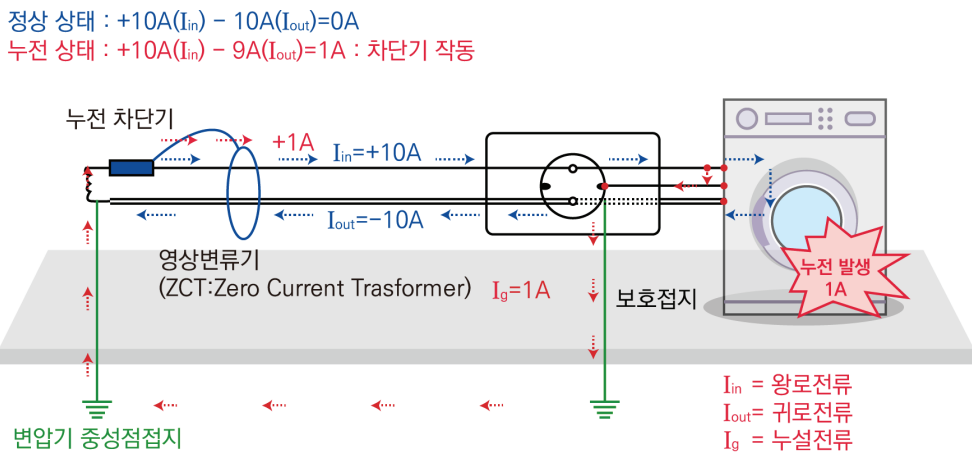
- 학습목표**
- ① 연구실 내 사용되는 전기에 대한 기본 개념을 이해할 수 있고, 차단기의 작동원리에 대하여 이해할 수 있다.
 - ② 연구실 내 이뤄지는 전기설비의 위험성 및 안전한 작업설치 방법, 안전기준 등을 이해할 수 있다.
 - ③ 연구실 내에서 이뤄지는 감전의 특성 및 메커니즘, 접지의 개념·방법 등을 이해하여 연구자를 보호할 수 있다.

1 학습내용

- 누전차단기 및 배선용차단기의 작동원리에 대하여 설명할 수 있다.

누전차단기

- 누전차단기 개념
- 누전차단기의 동작원리 이해(영상변류기의 원리 포함)
 - 누전이 발생될 때, 그 이상현상을 감지하여 전원을 자동적으로 차단시키는 작용
 - ※ 영상변류기란 : 누전 차단기의 일종으로 영상전류를 검출하기 위해 설치하는 변류기를 말함



〈그림-34〉 누전차단기 동작원리

- 누전차단기의 보호 목적
 - 지락보호전용, 지락보호 및 과부하보호 겸용, 과부하보호 및 단락보호 겸용
- 저압 110V, 220V, 380V회로에 어느 규격의 누전차단기를 설치하는 것이 안전한지 계산하는 방법
- 해당전로의 전압, 전류 및 주파수에 적합한 누전차단기의 선정 방법
- 누전차단기의 설치 환경 조건
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제304조 누전차단기에 의한 감전방지
 - ※ 한국전기설비규정 113.2 감전에 대한 보호

배선용차단기

- 배선용차단기의 설치 목적의 이해
- 배선용차단기의 동작특성 이해
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제305조 과전류 차단기장치
 - ※ 한국전기설비규정 212 과전류에 대한 보호이해
 - ※ 한국전기설비규정 113.4 과전류에 대한 보호
 - ※ 한국전기설비규정 113.5 고장전류에 대한 보호

2

학습내용

- 정전 중의 안전작업에 대해 설명할 수 있다.

정전

- 정전 작업 시 안전조치 이해
- 재충전 시의 안전조치이해
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제319조 정전전로에서의 전기작업
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제320조 정전전로 인근에서의 전기작업

3

학습내용

- 임시전등 및 임시배선의 위험성을 설명할 수 있다.

임시전등

- 임시전등에 대한 감전 및 전기화재 예방 방법
 - ※ 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제309조 임시로 사용하는 전등 등의 위험방지

임시배선

- 이동전선의 관리방법, 전선 인출부의 보강, 규격전선 사용
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제313조~317조(제2절 배선 및 이동전선으로 인한 위험방지)
- 절연저항 및 절연내력
 - ※ 전기설비기술기준 제52조 저압전로의 절연성능

〈표-35〉 전로의 사용전압별 DC시험전압 및 절연저항

전로의 사용전압 V	DC시험전압 V	절연저항 MΩ
SELV 및 PELV	250	0.5
FELV, 500V 이하	500	1.0
500V 초과	1,000	1.0

[주] 특별저압(extra low voltage : 2차 전압이 AC 50V, DC 120V 이하)으로 SELV(비접지회로 구성) 및 PELV(접지회로 구성)은 1차와 2차가 전기적으로 절연된 회로, FELV는 1차와 2차가 전기적으로 절연되지 않은 회로

- ※ 한국전기설비규정(KEC) 120 전선

4

학습내용

- 전기방폭구조 및 방폭 전기설비 안전설치방법을 설명할 수 있다.

방폭구조

- 방폭 개념
- 방폭 원리
- 위험장소 분류

- 위험장소별 방폭 선정 기준
- 방폭구조의 종류(내압방폭구조, 유입방폭구조, 압력방폭구조, 안정증방폭구조, 본질안전방폭구조)

(예시)

안전증방폭구조 : 전기기구의 권선, 접점부, 단자부 등과 같이 정상적인 운전 중에 불꽃, 아크 또는 과열이 생겨서는 안 될 부분에 대하여 이를 방지하거나 또는 온도 상승을 제한하기 위하여 전기기구의 안전도를 증가시킨 방폭구조

방폭 전기설비 안전설치

- 방폭전기 기기 선정
- 가스폭발 위험장소의 전기설비 설치방법
 - 설치위치 선정시 고려사항
 - 위험한 점화성 불꽃 방호(충전부의 위험, 외부 노출 도전부의 위험, IT 계통, 등전위, 정전기, 뇌방호(피뢰) 전자파방사, 금속부의 전식 방지)
 - 전기방호
 - 전원의 긴급차단 및 분리(전원의 긴급차단, 전로 분리)
 - 배선 계통(알루미늄 도체, 손상방지, 비외장단심도체, 접속(jointing), 사용하지 않는 개구부 인화성물질의 통과 및 체류, 전로의 위험장소 횡단, 우발적 접촉, 연선의 말단 방호 사용하지 않는 심선, 가공선로, 케이블의 표면 온도)
- 분진폭발 위험장소의 전기설비 설치방법
- 본질안전방폭 전기설비 설치방법
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제311조 폭발위험장소에서 사용하는 전기기계·기구의 선정 등
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제312조 변전실 등의 위치

5

학습내용

- 절연파괴/절연열화를 설명할 수 있다.

절연파괴/절연열화

- 절연파괴/절연열화의 정의 및 발생 메커니즘 이해
- 전선절연피복의 손상원인
- 국부발열로 인한 절연열화 발생 장소

6

학습내용

- 정전기방전 및 정전기위험성을 설명할 수 있다.

정전기방전

- 정전기 이론 및 종류
- 정전기 발생구조 이해
- 정전기 발생에 영향을 주는 요인
- 정전기 방전 형태(코로나, 브러시, 불꽃, 연면 방전 등의 4가지)
- 정전기 재해의 원인
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제325조 정전기로 인한 화재 폭발 등 방지

7

학습내용

- 전자파로 인한 오동작을 방지할 수 있다.

전자파의 오동작

- 발생원인별 전자파(잡음)의 종류
- 전자파가 산업기기에 미치는 영향
- 전자파(잡음) 저감기술
- 잡음저감을 위한 접지기술
- 전력선에 의한 대책
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제327조 전자파에 의한 기계·설비의 오작동 방지

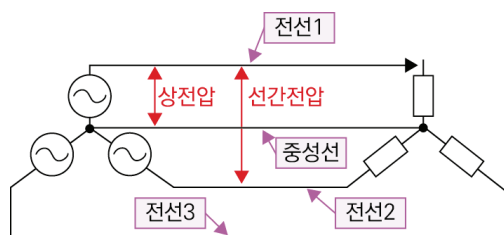
8

학습내용

- 전위 및 전류 등 전기 기본 개념을 이해할 수 있다.

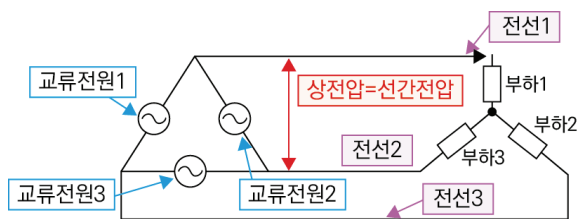
전기기본개념

- 전압(전위차) 개념 및 종류 이해
- 전력[W]과 전력량[Wh, kWh] 이해
- 단상(Single Phase) 및 3상(3 Phase)의 이해
 - 단상 : 단상 2선식, 단상 3선식
 - 삼상 : 3상 3선식, 3상 4선식
- 3상 4선식의 회로도 및 전압·전류 특성



〈그림-35〉 3상4선식 회로 구성 예시

- 3상 3선식의 회로도 및 전압·전류 특성



〈그림-36〉 3상3선식 회로 구성 예시

- 전류 및 정격전류 정의
- 전류를 수식으로 표현하는 방법
- 임피던스 이해

9

학습내용

- 감전특성 및 메커니즘을 설명할 수 있다.

감전특성

- 통전전류 및 인체저항 개념
- 인체반응 이해
 - 최소감지 전류
 - 고통한계 전류 또는 가수 전류
 - 심실세동전류
- 심실세동 전류값에 대하여 통전시간(T)에 대한 Dalziel의 식으로 설명가능.
- 심실세동을 일으키는 전기 에너지 계산 가능

예) 심실세동을 일으키는 전기 에너지 값에 대한 인체의 전기저항 값을 500 Ω, 통전시간을 1 sec로 보면 심실세동을 일으키는 에너지

전기 에너지를 W 라 하면

$$\begin{aligned}
 W &= I^2 RT = \left(\frac{165}{\sqrt{T}} \times 10^{-3} \right)^2 \times 500 T \\
 &= (165^2 \times 10^{-6}) \times 500 = 13.6 [W \text{sec}] = 13.6 [J] \\
 &= 13.6 \times 0.24 [cal] = 3.3 [cal]
 \end{aligned}$$

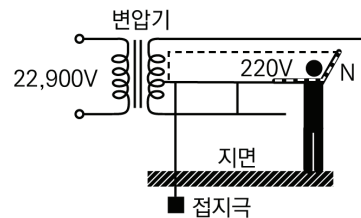
- 통전전류 값에 대한 인체의 영향 이해

감전메커니즘

- 감전사고의 형태
 - 직접접촉에 의한 감전(전압선과 중성선 접촉, 전압선에 접촉)



[가] 전압선과 중성선 접촉

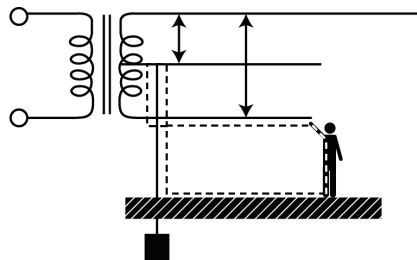


[나] 인체의 단락회로

〈그림-37〉 인체가 단락회로의 일부를 형성한 경우



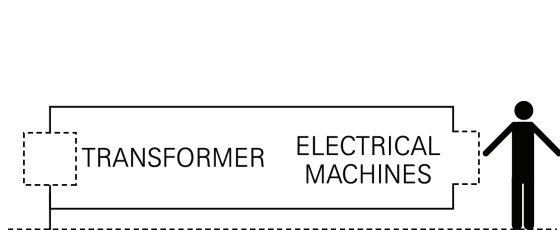
[가] 전압선 접촉



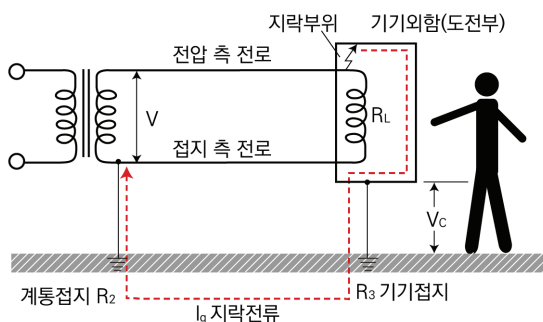
[나] 전압선에 접촉되었을 경우의 감전회로

〈그림-38〉 인체를 통해 지락전류가 흘러서 감전되는 경우

- 간접접촉에 의한 감전(전압선과 중성선 접촉, 전압선에 접촉)



[가] 노출 도전부에 접촉



[나] 감전회로

〈그림-39〉 노출도전부 일부와 접촉되었을 경우의 감전회로

• 감전사고의 형태별 통전전류 및 인체저항 계산 가능

10 학습내용

• 접지의 개념 및 방법을 설명할 수 있다.

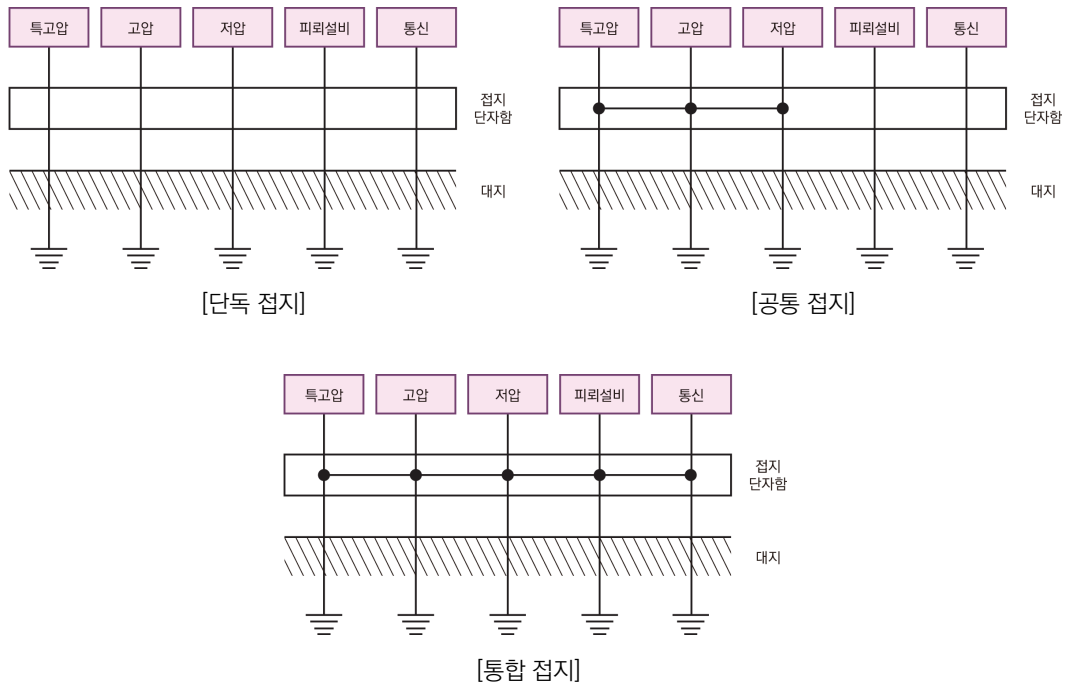
접지

• 접지의 목적 및 필요성

※ (예시) 전기설비에 접지를 하는 목적

- 누전되고 있는 기기에 접촉되었을 때 감전방지
- 낙뢰로부터 전기기기의 손상 방지
- 지락사고 시 보호계전기 신속 동작 등

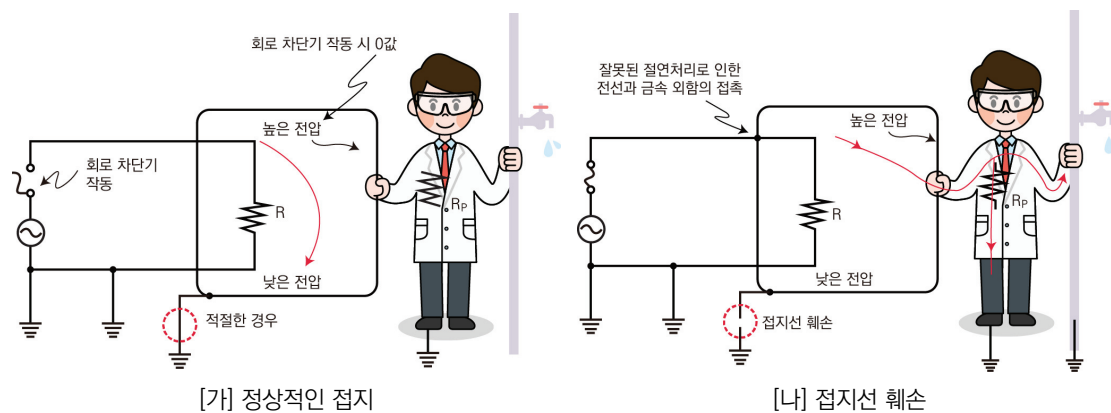
- 기기(보호)접지와 계통접지
 - 접지의 구성요소(접지극, 접지도체, 보호도체, 기타설비)
 - 접지 대상
 - 접지 적용 예외
 - 한국전기설비규정(KEC)의 접지시스템 이해
 - 등전위본딩 정의 및 종류
 - 등전위본딩 시설 전후의 접촉전압 계산 가능
 - 접지시스템 구분(계통접지, 보호접지, 피뢰시스템접지)
 - 접지시스템 시설의 종류(단독접지, 공통접지, 통합접지)
- ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제302조 전기기계기구의 접지
 ※ 한국전기설비규정(KEC) 120.2 전선의 식별
 ※ 한국전기설비규정(KEC) 140 접지시스템



〈그림-40〉 연구실 연구 장비 접지

• 연구실 접지시스템

- 정상 및 불량



※ 출처: 연구실 안전교육 표준교재

〈그림-41〉 정상 및 불량상태의 접지

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재(전기안전) Chapter 1. 전기안전의 개요 및 Chapter 2. 전기의 위험성 및 안전관리, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령 제337호)」 제301조 ~ 제327조 등
- 「한국전기설비규정(KEC)(산업통상자원부공고 제2021-509호)」 등

6.1.4. 전기 화재 원인

KEYWORD 전기 화재 원인

개요 전기 화재 발생 메커니즘 및 발생장소 이해 및 전기 화재 위험 요소를 파악할 수 있어야 한다.

학습목표 ① 전기화재의 원인 및 발생 메커니즘, 발생장소를 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 전기화재의 원인 및 발생 메커니즘, 발생장소를 설명할 수 있다.

전기화재원인

- 전기화재원인
 - 누전 발생 메커니즘 및 발생장소
 - 과부하(과전류) 발생 메커니즘 및 발생장소(전기배선, 전동기 등)
 - 접촉불량 발생 메커니즘 및 발생장소
 - 접촉저항 증가원인
 - 단락 발생 메커니즘 및 발생장소
 - 과열 발생 메커니즘 및 발생장소(전기기구의 과열, 전기배선의 과열, 전동기의 과열, 전등의 과열)
 - 절연파괴와 열화 발생 메커니즘 및 발생장소
 - 반단선 발생 메커니즘
- 방지대책
 - 전기배선기구에 대한 전기화재 예방
 - 전기기기에 대한 전기화재 예방

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 전기안전 Chapter 2. 전기의 위험성 및 안전관리, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「한국전기설비규정(산업통상자원부공고 제2021-509호)」 등

6. 2. 연구실 내 화재, 감전, 정전기 예방 및 방폭·소화 대책

6.2.1. 화재, 감전, 정전기 예방, 소화 안전규칙

6.2.2. 방재장비 및 방재설비



6.2.1. 화재, 감전, 정전기 예방, 소화 안전규칙

KEYWORD 전기화재방지, 정전기 재해원인, 정전기 사고 방지대책, 감전사고의 방지

개요 전기 설비에서 발생하는 전기화재 사고를 예방하기 위한 방법, 전기 화재 위험 요소를 파악하여 대응하는 기술을 이해해야 하며, 정전기 발생방지 계획을 수립하고 위험요소를 파악하여 정전기 위험요소를 제거하는 기술, 분전반, 전기배선, 전기기계기구, 콘센트 및 멀티탭 등에 대한 감전사고의 방지 방법을 설명할 수 있어야 한다.

- 학습목표**
- ① 전기화재 방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 정전기 재해 및 대책에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 설비별 감전사고 방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 전기화재 방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.

전기화재방지

- 전기배선기구에 대한 전기화재 예방
 - 코드의 연결금지
 - 코드의 고정 사용금지
 - 사용 전선의 적정 굵기 사용
 - 단락 및 혼축 방지 방법
 - 접지형 콘센트 및 정격전류 초과 사용
- 누전 방지
 - 배선기로부터의 누전을 방지하기 위한 방법
- 과전류 방지
 - 과전류가 배선기구를 통해 흐르는 것을 방지하기 위해 취할 수 있는 조치
- 접촉 불량 방지
 - 접속부나 배선기구 조임 부분의 철저한 전기공사 시공방법
 - 전기설비 발열부의 점검방법
- 전기기기에 대한 전기화재 예방
 - 전동기(선풍기, 팬, 전동기를 포함한 장치 및 장치별 과열·화재원인) 화재 예방대책

- 전열기 화재 예방대책
- 전등 화재 예방대책

2

학습내용

- 정전기 재해 및 대책에 대하여 설명할 수 있다.

정전기재해 원인

- 절연물에서 접지금속의 방전
 - 정전기로 인해 화재 및 폭발이 일어날 수 있는 조건
- 절연된 도체(인체)로 부터의 방전
- 혼합가스 및 분진 폭발
- 정전기에 의한 인체의 전격

정전기 사고방지대책

- 정전기 발생을 억제 또는 제거하는 방법
- 도체의 정전기의 대전(축적) 방지 방법
 - 접지 및 분당
- 부도체의 정전기의 대전(축적) 방지 방법
 - 기습
 - 대전방지제 사용
 - 제전기 사용
- 인체의 대전 방지 방법
 - 정전화 착용
 - 제전복 착용
 - 손목접지기구(Wrist strap)

3

학습내용

- 설비별 감전사고 방지 대책에 대하여 설명할 수 있다.

감전사고의 방지

• 분전반

- 전기충전부 감전방지 조치
- 분전반 각 회로별 명판 부착
- 분전반 앞 장애물 관리
- ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제301조 전기 기계기구 등의 충전부방호

• 전기배선

- 배선 등의 절연피복 및 접속으로 인한 감전 방지 방법
- 습윤장소에서의 배선으로 인한 감전 방지 방법
- 이동형 배선에 대한 감전 방지 방법
- 보호접지 설치
- 안전전압 이하의 기기 사용 등
- ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제313조 ~ 제317조

• 전기기계기구

- 감전 사고를 방지하기 위한 기본 수칙 준수
- 충전부 방호 방법
- 노출도전부 방호 방법
- 전등 시설로 인한 감전 방지 방법
- ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제301조 ~ 제312조
- 이중절연구조 채택

• 콘센트 및 멀티탭

- 콘센트 적정 사용 방법
- 개수대 등 수분발생지역 주변 위험사항 제시 방법
- ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제231조, 제302조, 제304조

• 충전부 방호 조치 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제301조 전기 기계기구 등의 충전부방호)

- 충전부가 노출되지 않도록 폐쇄형 외함이 있는 구조로 한다.
- 충전부에 충분한 절연 효과가 있는 방호망이나 절연덮개를 설치한다.
- 격리된 장소로서 관계 근로자가 아닌 사람이 접근할 우려가 없는 장소에 설치한다.
- 출입이 금지되는 장소에 충전부를 설치하고, 위험표시 등의 방법으로 방호를 강화하여야 한다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 전기안전 Chapter 02. 전기의 위험성 및 안전관리(P63 ~ 81), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

6.2.2. 방재장비 및 방재설비

KEYWORD 제연, 피난

- 개요** • 연구실 화재의 피해를 최소화하기 위하여 방재장비 및 방재설비의 개념을 습득한다.
• 이를 통하여 안전한 연구실 환경을 구축한다.

- 학습목표** ① 제연설비의 기본개념을 숙지한다.
② 피난구조설비 중 피난기구의 개념과 사용법을 숙지한다.

1

학습내용

- 제연설비를 이해하고 설명할 수 있다.

제연, 피난

1. 제연설비의 기본적인 개념
2. 피난구조설비의 종류 및 용도

※ 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」[별표 1]), 피난기구의 화재안전기준(NFSC 301)

3. 연구실에 주로 설치되어 있는 피난기구

1) 완강기

- 개요
- 종류 (완강기, 간이완강기) 및 종류별 정의
- 구조와 원리
- 사용방법
- 점검방법

2) 구조대

- 개요
- 종류
- 구조와 원리
- 사용방법
- 점검방법

※ 연구실에 주로 설치되어 있는 피난기구

설비	종류
소화설비	① 소화기구(소화기, 간이소화용구, 자동확산소화기), ② 자동소화장치, ③ 옥내소화전설비, ④ 스프링클러설비등, ⑤ 물분무등소화설비, ⑥ 옥외소화전설비
경보설비	① 단독경보형 감지기, ② 비상경보설비, ③ 시각경보기, ④ 자동화재탐지설비, ⑤ 비상방송설비, ⑥ 자동화재속보설비, ⑦ 통합감시시설, ⑧ 누전경보기, ⑨ 가스누설경보기
피난구조설비	① 피난기구(피난사다리, 구조대, 완강기, 미끄럼대, 피난교, 피난용트랩, 간이완강기, 공기 안전매트, 다수인 피난장비, 승강식피난기 등), ② 인명구조기구, ③ 유도등, ④ 비상조명등 및 휴대용비상조명등
소화용수설비	① 상수도소화용수설비, ② 소화수조·저수조, ③ 그 밖의 소화용수설비
소화활동설비	① 제연설비, ② 연결송수관설비, ③ 연결살수설비, ④ 비상콘센트설비, ⑤ 무선통신보조설비, ⑥ 연소방지설비

2

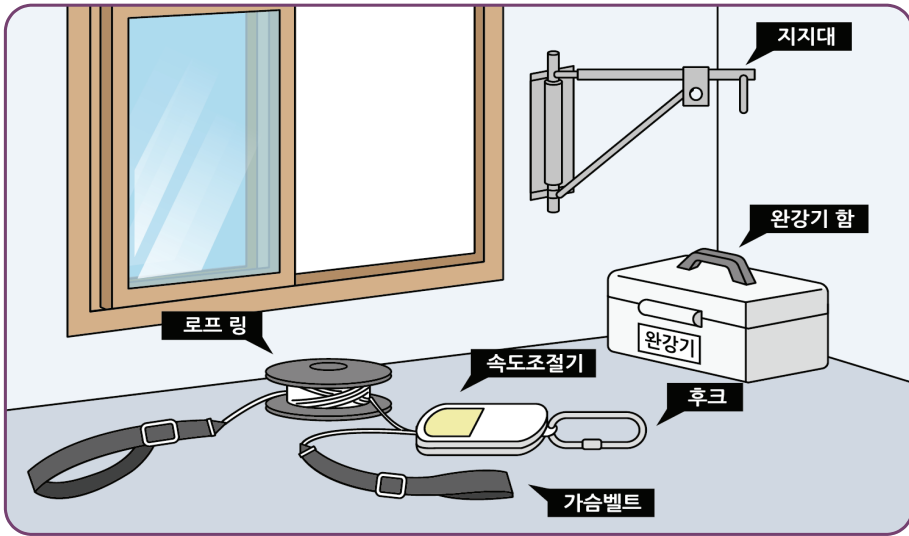
학습내용

- 완강기의 구조를 이해하여 점검 및 사용할 수 있다.

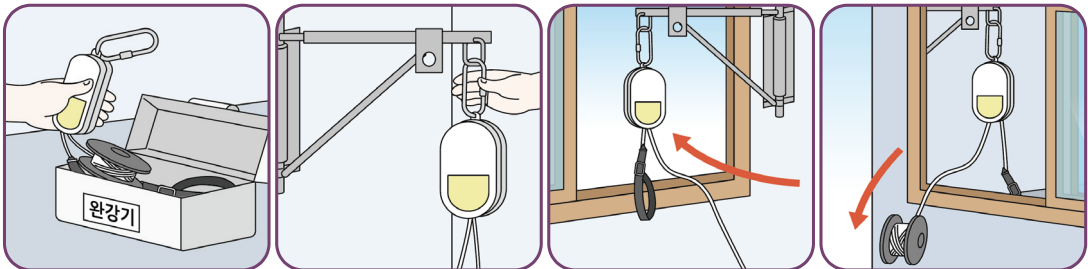
완강기

〈완강기 사용방법〉

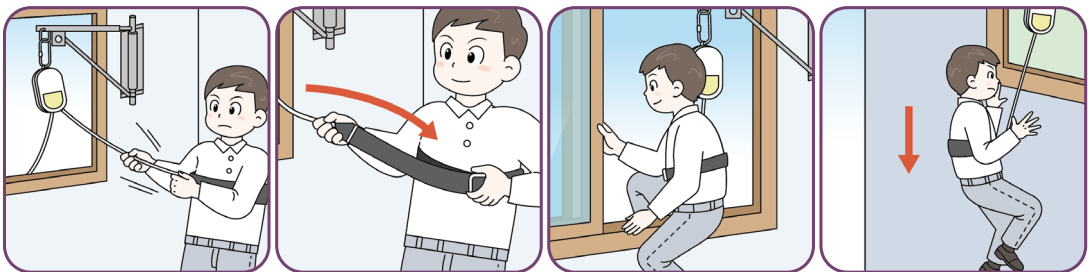
1. 완강기 함에서 완강기를 꺼냅니다.
2. 완강기 후크를 지지대에 연결합니다. 이때, 완강기 후크를 고리에 걸고 나사를 완전히 조입니다.
3. 안전벨트를 가슴에 착용한 후 고정 링을 가슴 쪽으로 꼭 당겨주세요.
4. 아래를 확인한 후 로프 릴을 창밖의 바닥으로 던집니다.
5. 안쪽에 있던 지지대를 밖으로 향하게 합니다.
6. 창밖으로 몸을 내밀어 벽을 보면서 하강합니다.
7. 벨트가 빠지지 않도록 양팔을 벌린 후 벽을 바라본 자세로 내려갑니다.
8. 하강 시 두 손으로 로프를 잡지 말고 편안한 자세로 하강합니다.
9. 지상 도착 시 다음 사람이 사용하도록 재빨리 안전벨트를 풀고 대피합니다.



❶ 완강기 함 안의 구성품을 먼저 확인합니다.



❷ 완강기 함 안에서 속도조절기 와 벨트를 꺼냅니다.
 ❸ 지지대 고리에 속도조절기의 후크를 걸고 나사를 조여 빠 지지 않도록 합니다.
 ❹ 지지대 고리가 창 밖으로 위치 하도록 창 바깥쪽으로 밀니다.
 ❺ 줄이 감겨있는 롤을 창 밖으로 던집니다.



❻ 가슴벨트를 가슴높이까지 겁니다. 이때 팔을 들지 말고 겨드 략이 밑으로 꼭 맞도록 끼웁니 다.
 ❼ 가슴벨트가 빠지지 않도록 자 신의 가슴둘레만큼 충분히 조 입니다.
 ❽ 다리부터 창 밖으로 내밀어 바 깥으로 나갑니다.
 ❾ 체중이 실려도 속도조절이 되 어 추락하지 않습니다.
 ❿ 처음 건물에서 떨어질 때는 손 을 아래로 내리고 하강을 시작 하고 이후 벽면에 손을 지지하 면서 안전하게 내려갑니다.

※ 출처 : 행정안전부 홈페이지

3

학습내용

- 구조대의 구조를 이해하여 점검 및 사용할 수 있다.

구조대

〈구조대 사용방법〉

1. 경사강하식 구조대

- 1) 구조대의 커버를 들어 올립니다.
- 2) 창밖의 장애물을 확인한 후 유도선을 먼저 내리고 활강포를 천천히 내립니다.
- 3) 입구틀을 세우고 고정시킵니다.
- 4) 지상에서 하부지지대를 고리 등에 견고하게 고정하거나 구조인원이 보조합니다.
- 5) 발판 위에 올라가 로프를 잡고 입구에 발부터 집어넣습니다.
- 6) 붙잡고 있는 로프를 놓으면 자동으로 몸이 아래로 내려갑니다.
- 7) 두 다리를 벌려 속도를 조절하면서 밑으로 내려갑니다.
- 8) 감속하기 위해 팔과 다리를 벌리고, 가속하기 위해서는 팔다리를 몸 쪽으로 붙입니다.
- 9) 사람이 내려올 때 출구 양옆에서 손잡이를 들어 올려줍니다.
- 10) 지상에 도달하면 신속히 구조대에서 탈출합니다.

2. 수직강하식 구조대

- 1) 구조대의 덮개를 제거합니다.
- 2) 구조대의 안전벨트를 제거합니다.
- 3) 활강포와 로프를 지상으로 천천히 내려줍니다.
- 4) 입구틀을 세워서 고정한 후 중간 발판을 세워줍니다.
- 5) 중간 발판에 올라 입구틀 상단을 손으로 잡고 양발을 입구에 넣고 지상으로 천천히 내려갑니다.
(수직구조대는 지상에서 하부지지대를 고정할 필요가 없다)
- 6) 지상에 도달하면 신속히 구조대에서 탈출합니다.

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재(소방안전) Chapter 3. 소방시설의 종류 및 사용법(P42 ~ 81), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「피난기구의 화재안전기준(NFSC 301)」
- 「제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)」 등

6. 3. 소방, 전기 시설(설비) 설치· 운영 및 관리

6.3.1. 소방시설 및 운영기준

6.3.2. 전기시설 및 운영기준



6.3.1. 소방시설 및 운영기준

KEYWORD 소방시설, 소화설비, 경보설비, 소화활동설비, 소화용수설비, 점검

- 개요** • 연구실에 설치되어 있는 소방시설에 대하여 알아본다.
- 기본적인 소방시설(소화기, 옥내소화전, 자동화재탐지설비 등)의 점검방법을 알아본다.
 - 이를 통하여 안전한 연구실 환경을 구축한다.
- 학습목표** ① 소방시설의 종류와 용도를 알아본다.
- ② 기본적인 소방시설(소화기, 옥내소화전, 자동화재탐지설비 등)의 점검방법을 습득한다.

1

학습내용

- 소화시설(소화설비, 경보설비, 피난구조설비 등)의 개념을 이해하고 설명할 수 있다.

소방시설, 소화설비

1. 소방시설의 종류별 개념

※ 참고 : 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」[별표 1])

- 1) 소화설비 : 물 또는 그 밖의 소화약제를 사용하여 소화하는 기계·기구 또는 설비
- 2) 경보설비 : 화재발생 사실을 통보하는 기계·기구 또는 설비
- 3) 피난구조설비 : 화재가 발생할 경우 피난하기 위하여 사용하는 기구 또는 설비
- 3) 소화용수설비 : 화재를 진압하는데 필요한 물을 공급하거나 저장하는 설비
- 4) 소화활동설비 : 화재를 진압하거나 인명구조활동을 위하여 사용하는 설비

〈참고 - 소방시설의 종류〉

설비	종류
소화설비	① 소화기구(소화기, 간이소화용구, 자동확산소화기), ② 자동소화장치, ③ 옥내소화전설비, ④ 스프링클러설비, ⑤ 물분무등소화설비, ⑥ 옥외소화전설비
경보설비	① 단독경보형 감지기, ② 비상경보설비, ③ 시각경보기, ④ 자동화재탐지설비, ⑤ 비상방송설비, ⑥ 자동화재속보설비, ⑦ 통합감시시설, ⑧ 누전경보기, ⑨ 가스누설경보기
피난구조설비	① 피난기구(피난사다리, 구조대, 완강기, 미끄럼대, 피난교, 피난용트랩, 간이완강기, 공기 안전매트, 다수인 피난장비, 승강식피난기 등), ② 인명구조기구, ③ 유도등, ④ 비상조명등 및 휴대용 비상조명등
소화용수설비	① 상수도소화용수설비, ② 소화수조·저수조, ③ 그 밖의 소화용수설비
소화활동설비	① 제연설비, ② 연결송수관설비, ③ 연결살수설비, ④ 비상콘센트설비, ⑤ 무선통신보조설비, ⑥ 연소방지설비

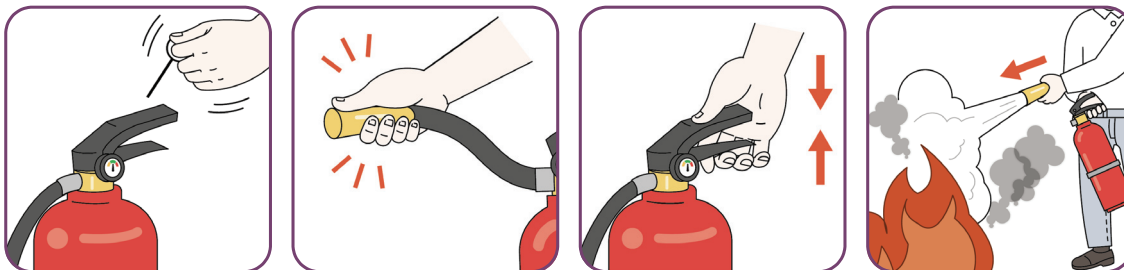
2. 연구실에 주로 설치되어 있는 소방시설

1) 소화기

- 개요
- 종류
- 구조와 원리
- 화재적응성
- 사용방법
- 점검방법

〈참고 - 소화기 종류〉

분말소화기, 이산화탄소소화기, 할론소화기(할로겐화합물소화기), K급소화기 등



① 안전핀을 뽑는다.

② 노즐을 잡고 불쪽을 향한다.

③ 손잡이를 움켜쥜다.

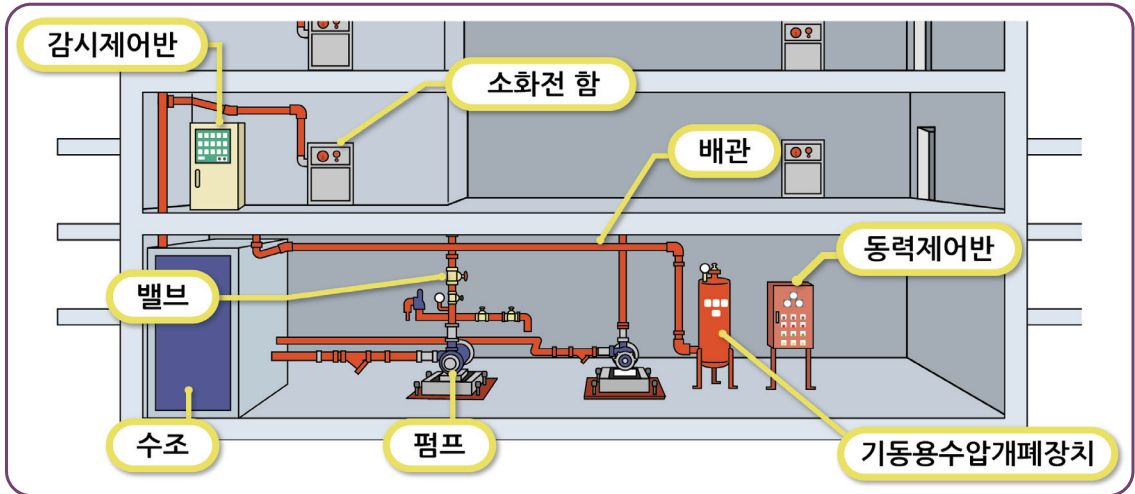
④ 분말을 골고루 쏜다.

※ 출처 : 소방청, 화재 시 국민행동요령

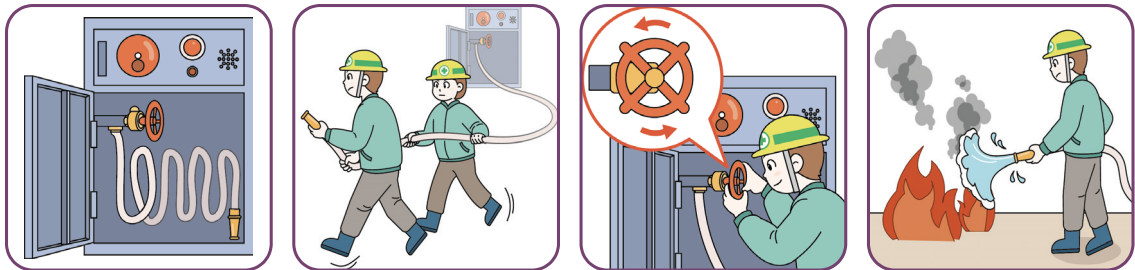
〈그림-42〉 소화기 사용방법

2) 옥내소화전설비

- 개요
- 구조와 원리
- 사용방법
- 점검방법



〈그림-43〉 옥내소화전의 구성



1 문을 연다.

2 호스를 빼고 노즐을 잡는다.

3 밸브를 돌린다.

4 불을 향해 쏜다.

※ 출처 : 소방청, 화재 시 국민행동요령

〈그림-44〉 옥내소화전 사용방법

2

학습내용

- 기본적인 소방시설(소화기, 옥내소화전, 자동화재탐지설비 등)을 점검할 수 있다.

소방시설 점검방법

• 소화기 점검 사항

※ 연구실 안전교육 표준교재 소방안전(p42 ~48) 등 참고

• 옥내소화전 점검 방법

: 화재 시 소화전이 정상적으로 작동하기 위해서는 평소 올바른 점검이 이루어져야 한다. 옥내소화전을 점검할 때는 개인안전장비를 착용하고 안전사고 예방에 주의를 기울여야 한다.

- 소화전함 주변에 소화전 사용 시 방해가 되는 물건은 없는지, 사용 동선은 확보되었는지 확인한다.
- 소화전함 외부에 “소화전”이라 표시되어 있는지, 위치표시등과 기동표시등의 색상과 상태는 정상인지 확인한다.
- 옥내소화전 사용요령이 소화전함의 표면에 부착되어 있는지 확인한다.
- 소화전함을 열어 결합부 등의 누수여부와 밸브의 개폐조작 용이여부 등을 확인한다.
- 호스와 노즐은 항상 방수구에 연결되어 있어야 하며, 호스는 반출 시 꼬이지 않게 가지런히 정리되어 있는지 확인한다.

• 자동화재탐지설비 구조 및 점검 방법

- 개요
- 구조와 원리
- 감지기 개념, 종류와 용도 (열 및 연기감지기 종류와 특성)
- 수신기 개념, 종류 및 조작방법, 점검방법
- 발신기 개념 및 사용법
- 음향장치 관리방법
- 비화재보 원인 및 대책, 간단한 고장 진단·보수 방법

참고자료

- 연구실안전교육 표준교재 소방안전 Chapter 03. 소방시설의 종류 및 사용법(P42 ~ 81), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령(대통령령 제31949호)」 [별표 1]
- 「소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기준(NFSC 101)」
- 「자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기준(NFSC 203)」 등

6.3.2. 전기시설 및 운영기준

KEYWORD 간선, 분기회로, 예비전원설비, 누전차단기 기준, 배전반/분전반, 옥내배선

개요 간선, 분기회로, 예비전원설비, 누전차단기, 배전반/분전반 및 옥내배선에 대한 전기시설 및 운영기준을 설명할 수 있어야 한다.

- 학습목표**
- ① 간선 및 분기회로 시설 및 운영기준을 이해할 수 있다.
 - ② 예비전원 설비에 대하여 설명할 수 있다.
 - ③ 누전차단기, 배전반, 옥내배선 관련 기준에 대하여 설명할 수 있다.

1

학습내용

- 간선 및 분기회로 시설 및 운영기준을 이해할 수 있다.

간선

- 간선의 개념
 - 전기기기에 직접 연결되지 않고, 전력만 전달해주는 선로
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 211.2 전원의 자동차단에 의한 보호대책
 - 211.2.3 고장보호의 요구사항
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 232.84 옥내에 시설하는 저압용 배분전반 시설
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 241.9 개폐기의 시설

분기회로

- 분기회로의 개념
 - 사용하고자 하는 전기기기(전등, 에어컨 등) 전력을 공급해주는 선로
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 211.2 전원의 자동차단에 의한 보호대책
 - 211.2.3 고장보호의 요구사항
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 212.4.2 과부하 보호장치의 설치 위치
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 212.4.3 과부하 보호장치의 생략
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 212.5.2 단락 보호장치의 설치위치
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 212.6.4 분기회로의 시설
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 234.9 옥외등
 - 234.9.1 사용전압
 - 234.9.2 분기회로

- ※ 한국전기설비규정(KEC) 234.10.4 누전차단기
- ※ 한국전기설비규정(KEC) 241.15.4 콘크리트 매입시설
- ※ 한국전기설비규정(KEC) 242.6.7 개폐기 및 과전류 차단기
- ※ 한국전기설비규정(KEC) 242.8.6 전원자동차단에 의한 고장보호장치

2

학습내용

- 예비전원 설비에 대하여 설명할 수 있다.

예비전원설비

- 비상전원설비의 종류(비상발전기, 축전지설비 또는 ESS, 무정전 전원장치(UPS), 비상전원수전설비).
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제308조 비상전원
- 비상용 예비전원설비의 일반 요구사항
 - ※ 한국전기설비규정(KEC) 244 비상용 예비전원설비

3

학습내용

- 누전차단기, 배전반, 옥내배선 관련 기준에 대하여 설명할 수 있다.

누전차단기

- 누전차단기 관련 기준
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 304조 누전차단기에 의한 감전방지
 - ※ 한국전기설비규정 143.2.2 보조 보호등전위분당
 - ※ 한국전기설비규정 211.2.1 보호대책 일반 요구사항
 - ※ 한국전기설비규정 211.2.4 누전차단기의 시설
 - ※ 한국전기설비규정 211.2.6 TT 계통
 - ※ 한국전기설비규정 211.6.1 누전차단기
 - ※ 한국전기설비규정 231.6 옥내전로의 대지전압의 제한
 - ※ 한국전기설비규정 234.5 콘센트의 시설
 - ※ 한국전기설비규정 234.9.6 누전차단기
 - ※ 한국전기설비규정 234.14.7 누전차단기
 - ※ 한국전기설비규정 241.11.8 누전차단기
 - ※ 한국전기설비규정 242.8.6 전원자동차단에 의한 고장보호장치

배전반/분전반

- 배전반 및 분전반 관련 기준
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 301조 전기기계기구 등의 충전부 방호
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 312조 변전실 등의 위치
 - ※ 한국전기설비규정 232.84 옥내에 시설하는 저압용 배분전반 등의 시설
 - ※ 한국전기설비규정 242.8.7 단로장치

옥내배선

- 옥내배선 관련 안전기준
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제313조 배선 등의 절연피복 등
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제314조 습윤한 장소의 이동전선 등
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제315조 통로바닥에서의 전선 등 사용 금지
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제316조 꽃음접속기의 설치·사용 시 준수사항
 - ※ 산업안전보건기준에 관한 규칙 제317조 이동 및 휴대장비 등의 사용 전기 작업
 - ※ 한국전기설비규정 120 전선
 - ※ 한국전기설비규정 121.2 전선의 식별(색상)
 - L1(갈색), L2(흑색), L3(회색), 중성선(N)(청색), 보호도체(녹색-노란색)
 - ※ 한국전기설비규정 231.3 저압 옥내배선의 사용전선 및 중성선의 굵기
 - ※ 한국전기설비규정 242.1 고압 옥내배선 등의 시설

참고자료

- 연구실 안전교육 표준교재 전기안전, 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「한국전기설비규정(KEC)(산업통상자원부공고 제2021-509호)」
- 「산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령 제337호)」 등

학습가이드 이용 시 유의사항

- 본 학습 가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료일 뿐이며, 가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있습니다. 아울러, 본 학습 가이드에는 언급되지 않았으나, 연구실 전기·소방 안전관리와 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 다양한 참고자료 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

연구활동종사자 보건·위생관리 및 인간공학적 안전관리

PART 7



7.1. 보건·위생관리 및 인간공학적 안전관리 일반

7.1.1. 물질안전보건자료

7.1.2. 작업환경측정

7.1.3. 인간공학적 안전관리



7.1.1. 물질안전보건자료

KEYWORD MSDS

개요 연구활동종사자들은 화학물질을 안전하게 사용하고 관리하기 위하여 제조사명, 성분, 성질, 취급방법, 취급 시 주의사항, 법규, 사고 시 응급조치방법 등의 필요한 정보를 기재한 물질안전보건자료(MSDS)를 숙지해야 한다.

학습목표 ① 연구실 물질안전보건자료(MSDS)에 대하여 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 물질안전보건자료(MSDS)의 의미를 알고 작성 및 비치 제도에 대하여 설명할 수 있다.

MSDS

- 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet, MSDS)의 개요
 1. 물질에 대한 여러 가지 정보를 담은 자료
 2. 해당 물질의 화학적 특성과 취급방법, 유해성, 사고 시 대처방안 등이 포함된다.
 3. 인체에 유해한 물질을 취급하는 경우 해당 물질의 MSDS를 작성·게시·비치·교육해야 한다.
 4. 화학물질을 제공하는 자는 MSDS를 작성해서 제공해야 한다.
 5. 연구활동종사자는 반드시 MSDS를 숙지하고 준수해야 한다.
- 물질안전보건자료 작성 시 포함되어야 할 항목 및 그 순서

1. 화학제품과 회사에 관한 정보	9. 물리화학적 특성
2. 유해성·위험성	10. 안정성 및 반응성
3. 구성성분의 명칭 및 함유량	11. 독성에 관한 정보
4. 응급조치요령	12. 환경에 미치는 영향
5. 폭발·화재시 대처방법	13. 폐기 시 주의사항
6. 누출 사고 시 대처방법	14. 운송에 필요한 정보
7. 취급 및 저장방법	15. 법적 규제 현황
8. 노출 방지 및 개인보호구	16. 그 밖의 참고사항

- 물질안전보건자료의 작성 원칙
 1. 누구나 알아보기 쉽게 한글로 작성한다.
 - 화학물질명, 외국기관명 등 고유명사는 영어로 표기 가능하다.
 2. 화학물질 개별성분과 더불어 혼합물 전체 관련 정보 정확히 기재한다.
 3. 최초 작성 기관, 작성 시기, 참고문헌의 출처 기재한다.
 4. 국내 사용자를 위해 작성 제공됨을 전제로 한다.
 5. 16개 항목을 빠짐없이 작성한다.
 - 부득이하게 작성 불가 시 “자료 없음”, “해당 없음”이라고 기재한다.
 6. 그 외 「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」 제11조에서 정한 작성원칙
- 물질안전보건자료 작성 시 포함되어야 할 내용
 1. 제품명
 2. 물질안전보건자료 대상물질을 구성하는 화학물질 중 산업안전보건법 제104조에 따른 분류기준에 해당하는 화학물질의 명칭 및 함유량
 3. 안전 및 보건상의 취급 주의사항
 4. 건강 및 환경에 대한 유해성, 물리적 위험성
 5. 물리·화학적 특성 등 고용노동부령으로 정하는 사항
- 물질안전보건자료의 작성·제출 제외 대상 화학물질
 1. 「건강기능식품에 관한 법률」 제3조제1호에 따른 건강기능식품
 2. 「농약관리법」 제2조제1호에 따른 농약
 3. 「마약류 관리에 관한 법률」 제2조제2호 및 제3호에 따른 마약 및 향정신성의약품
 4. 「비료관리법」 제2조제1호에 따른 비료
 5. 「사료관리법」 제2조제1호에 따른 사료
 6. 「생활주변방사선 안전관리법」 제2조제2호에 따른 원료물질
 7. 「생활화학제품 및 살생물제의 안전관리에 관한 법률」 제3조제4호 및 제8호에 따른 안전확인대상생활화학제품 및 살생물제품 중 일반소비자의 생활용으로 제공되는 제품
 8. 「식품위생법」 제2조제1호 및 제2호에 따른 식품 및 식품첨가물
 9. 「약사법」 제2조제4호 및 제7호에 따른 의약품 및 의약외품
 10. 「원자력안전법」 제2조제5호에 따른 방사성물질
 11. 「위생용품 관리법」 제2조제1호에 따른 위생용품
 12. 「의료기기법」 제2조제1항에 따른 의료기기

- 12의2. 「첨단재생의료 및 첨단바이오의약품 안전 및 지원에 관한 법률」 제2조제5호에 따른 첨단바이오의약품
13. 「총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률」 제2조제3항에 따른 화약류
14. 「폐기물관리법」 제2조제1호에 따른 폐기물
15. 「화장품법」 제2조제1호에 따른 화장품
16. 제1호부터 제15호까지의 규정 외의 화학물질 또는 혼합물로서 일반소비자의 생활용으로 제공되는 것
(일반소비자의 생활용으로 제공되는 화학물질 또는 혼합물이 사업장 내에서 취급되는 경우를 포함한다)
17. 고용노동부장관이 정하여 고시하는 연구·개발용 화학물질 또는 화학제품. 이 경우 법 제110조제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 자료의 제출만 제외된다.
18. 그 밖에 고용노동부장관이 독성·폭발성 등으로 인한 위해의 정도가 적다고 인정하여 고시하는 화학물질

• 물질안전보건자료의 기재사항

- ① 법 제110조제1항에 따른 물질안전보건자료대상물질(이하 “물질안전보건자료대상물질”이라 한다)을 제조·수입하려는 자가 물질안전보건자료를 작성하는 경우에는 그 물질안전보건자료의 신뢰성이 확보될 수 있도록 인용된 자료의 출처를 함께 적어야 한다.
- ② 법 제110조제1항제5호에서 “물리·화학적 특성 등 고용노동부령으로 정하는 사항”이란 다음 각 호의 사항을 말한다.
 1. 물리·화학적 특성
 2. 독성에 관한 정보
 3. 폭발·화재 시의 대처방법
 4. 응급조치 요령
 5. 그 밖에 고용노동부장관이 정하는 사항
- ③ 그 밖에 물질안전보건자료의 세부 작성방법, 용어 등 필요한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시한다.

참고자료

- 연구활동종사자를 위한 보건관리 Chapter 1. 유해화학물질 취급 시 보건수칙, 2019.
- 「산업안전보건법」 제110조 및 같은 법 시행령, 시행규칙, 관련 고시 등

7.1.2. 작업환경측정

KEYWORD 유해위험요인, 작업환경개선대책

개요 연구활동종사자들이 연구활동 중 건강에 장애를 줄 수 있는 유해인자(물리적, 화학적, 생물학적, 인간공학적, 사회심리적)가 존재하고, 유해인자들의 종류와 양은 연구활동에 따라 다르다. 따라서 유해인자를 관리하고 개선대책을 마련함으로써 연구활동종사자의 건강에 장애를 예방해야 한다.

학습목표 ① 유해인자의 종류를 알아보고 그 개선대책을 수립할 수 있다.

1 학습내용

- 유해인자의 종류를 알아보고 그 개선대책을 수립할 수 있다.

유해위험요인

- 물리적 유해인자
 1. 유해인자가 물리적 특성으로 이루어진 것
 2. 인체에 에너지로 흡수되어 건강장애를 초래한다.
 3. 소음, 진동, 고열, 이온화방사선(α 선, β 선, γ 선, X선 등), 비이온화방사선(자외선, 가시광선, 적외선, 라디오파 등), 온열, 이상기압 등
- 화학적 유해인자
 1. 유해인자가 화학물질의 형태를 하고 있으나 먼지와 같은 것도 포함한다.
 2. 물질 형태로 호흡기, 소화기, 피부를 통해 인체에 흡수되고 잠재적으로 건강에 영향을 끼치는 요인이 될 수 있다.
 3. 연구활동 시 가장 흔한 유해인자이다.
 4. 종류
 - 입자상물질 : 먼지, 흙, 미스트, 금속, 유기용제 등
 - 가스상물질 : 가스, 증기 등

5. 입자상물질의 크기별 분류

〈표-36〉 입자상물질의 크기별 분류

분류	평균입경	특징
흡입성 입자상물질(IPM)	100 μ m	호흡기 어느 부위(비강, 인후두, 기관 등 호흡기의 기도부위)에 침착하더라도 독성을 유발하는 분진
흉광성 입자상물질(TPM)	10 μ m	가스교환부위, 기관지, 폐포 등에 침착하여 독성을 나타내는 분진
호흡성 입자상물질(RPM)	4 μ m	가스교환부위, 즉 폐포에 침착할 때 유해한 분진

6. 입자상물질의 축적 및 제거 기전

- 축적 기전 : 관성충돌, 중력침강, 차단, 확산
- 제거 기전 : 점액섬모운동, 대식세포에 의한 정화

• 생물학적유해인자

1. 유해인자의 특성이 생물학적이다.
2. 바이오에어로졸이라는 용어로 불리기도 한다.
3. 생물체나 그 부산물이 작용하여 흡입, 섭취 또는 피부를 통해 건강상 장애를 유발한다.
4. 바이러스, 세균 및 세균포자 또는 세균의 세포 조각들, 곰팡이 또는 곰팡이 포자, 진드기, 독소 리케차, 원생동물 등

• 인간공학적 유해인자

1. 반복적인 작업, 부적합한 자세, 무리한 힘 등으로 손, 팔, 어깨, 허리 등을 손상시키는 인자
2. 건강장애로는 요통, 내상과염, 손목터널증후군 등

• 사회심리적 유해인자

1. 과중하고 복잡한 업무 등으로 정신건강은 물론 신체적 건강에도 영향을 주는 인자
2. 직장 내에서 직무스트레스로 불린다.
3. 시간적 압박, 복잡한 대인관계, 업무 처리 속도, 부적절한 작업환경, 고용불안 등

• 유해인자의 개선대책

1. 본질적 대책
 - 대치(대체) : 공정의 변경, 시설의 변경, 유해물질의 대치
 - 격리(밀폐) : 저장물질의 격리, 시설의 격리, 공정의 격리, 작업자의 격리
2. 공학적 대책
 - : 안전장치, 방호문, 국소배기장치 등

3. 관리적 대책

: 매뉴얼 작성, 출입 금지, 노출 관리, 교육훈련 등

4. 개인보호구의 사용

: 1, 2, 3의 조치를 취하더라도 제거·감소할 수 없으면 개인보호구 사용

참고자료

- 「산업안전보건법」 제104조 및 같은 법 시행령, 시행규칙, 관련 고시 등

7.1.3. 인간공학적 안전관리

KEYWORD 인간공학, 작업생리, 근골격계질환, 직무스트레스, 표시 및 조정장치, 작업설계 및 개선

개요 연구활동종사자들이 연구활동 중 건강에 장애를 줄 수 있는 유해인자(인간공학적, 사회심리적)가 존재하고, 효율적인 연구활동과 유해인자를 관리하고 개선대책을 마련함으로써 연구활동종사자의 건강에 장애를 예방해야 한다.

학습목표 ① 사고 예방을 위한 인간공학 개념을 이해하고 적용한다.

- ② 직무스트레스의 정의를 이해한다.
- ③ 근골격계질환을 예방하기 위해 작업설계 및 개선을 이해한다.
- ④ 사고 예방을 위하여 표시 및 조정장치를 이해한다.

1

학습내용

- 사고 예방을 위한 인간공학 개념을 이해하고 적용한다.

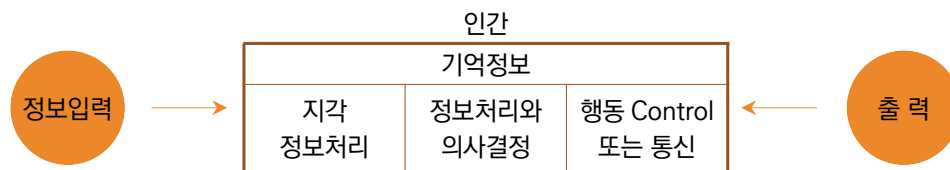
인간공학

- 인간공학의 개요

1. 인간이 사용하는 제품이나 환경을 설계하는 데 인간의 특성에 관한 정보를 응용함으로써 편리성과 안전성 그리고 효율성을 제고 하고자 하는 학문이다.
2. 인간이 사용하는 물건, 설비, 환경 등을 설계하는 데 인간의 생리적, 심리적인 면에서의 특성이나 한계점을 체계적으로 응용하여, 좀 더 편안하고, 안전하고, 효율적으로 사용할 수 있도록 노력하는 쾌적한 삶을 추구하는 학문이라고 할 수 있다.
3. 인간공학 용어로는 ergonomics와 human factors가 주로 사용됨. 작업(work)의 의미를 가진 그리스어 ergo와 법칙(rules, law)이라는 의미를 가진 nomos의 두 단어로부터 만들어진 합성어로 인간공학의 철학적 변화는 기계중심 → 인간중심 → 인간-기계 시스템으로 변화하고 있다.
4. 인간공학의 궁극적인 목적 : 안전성 향상과 효율성 향상

- 인간의 정보처리 과정

1. 시각적, 청각적, 물리적 자극에 관한 정보가 신체의 감각기관에 감지되면 인간은 이들 정보에 대한 해석을 통하여 의사결정을 하고, 신체활동기관에 명령하여 행동하게 되고 이들 과정 전반에서 상호작용하여 영향을 미치게 되는 과정
2. 인간의 정보처리 과정



〈그림-45〉 인간의 정보처리 과정

2

학습내용

- 직무스트레스의 정의를 이해한다.

작업생리

- 작업생리학의 개요

1. 생리학 : 일반적인 사람을 대상으로 신체 각 기관에 관한 기능을 다루는 학문
2. 작업생리 : 신체 기관의 기능과 작업과 관련하여 영향을 줄 수 있는 요소를 다루는 학문
3. 작업 및 작업환경이 작업을 수행하는 작업자에게 미치는 영향 분석, 평가하여 정량화시키는 방법
4. 사람의 작업능력이 어느 정도인가와 어떤 작업과 행동에서 피로를 느끼고 작업 환경조건에 따라 신체 기능이 얼마나 영향을 받는지에 대한 정보를 제공

- 대사작용

1. 근육의 구조 및 활동

- 골격근 : 신체에서 가장 큰 조직으로 40%를 차지
- 근육의 수축을 통해 신체가 움직인다.
- 근육이 수축하려면 에너지가 필요하다. (에너지는 탄수화물과 지방에서 조달)
- 탄수화물 : 근육의 기본 에너지원으로 간에서 포도당으로 전환된다.
- 근육에서 포도당이 분해되면서 근육수축에 필요한 ATP가 방출된다.

2. 대사

- 대사 : 음식을 섭취하여 기계적인 일과 열로 전환하는 화학적 과정
- 호기성대사 : 산소가 필요한 대사로 열, 에너지 + 이산화탄소 + 물 배출
- 무기성대사 : 산소가 필요하지 않은 대사로 열, 에너지 + 젖산 + 이산화탄소 + 물 배출
- 1분당 1리터의 산소 소비는 5kcal/min의 에너지를 소비
- 기초대사율 : 남자 1.2kcal/min, 여자 1kcal/min

3. 에너지 소비량

- 에너지 소비량 측정 : 산소 1리터가 몸속에서 소비될 때 5kcal의 에너지가 소모됨

〈표-37〉 산소소비량의 측정원리

	흡기	배기
O ₂	21%	O ₂ %
CO ₂	0%	CO ₂ %
N ₂	79%	N ₂ %=100-O ₂ % - CO ₂ %

- 산소소비량 측정

- ▶ 산소소비량 = (흡기 시 산소농도% × 흡기량) - (배기 시 산소농도% × 배기량)
- ▶ 흡기량 = 배기량 × (100-O₂% - CO₂%) / 79%

- 에너지 소비율

- ▶ 매우 가벼운 작업 : 2.5 kcal/min 이하
- ▶ 보통 작업 : 5~7.5 kcal/min
- ▶ 힘든 작업 : 10~12.5 kcal/min
- ▶ 견디기 힘든 작업 : 12.5 kcal/min 이상

• 작업능력과 휴식시간

1. 작업능력

- 최대 신체작업능력 : 단시간 동안의 최대 에너지 소비능력
- 신체작업능력은 활동하고 있는 근육에 산소를 전달해 주는 심장이나 폐의 최대 역량에 의해 결정
- 건강한 남성과 여성의 경우에 최대 신체작업능력은 15kcal/min과 10.5kcal/min 정도
- 신체작업능력은 작업의 지속시간이 증가함에 따라 급속히 감소한다.

2. 피로와 휴식시간

- 작업의 에너지요구량이 작업자의 최대 신체작업능력의 40% 초과 시 작업자는 작업의 종료 시점에 전신피로를 경험한다.
- 전신피로를 줄이기 위해서는 작업 방법, 설비들을 재설계하는 공학적 대책을 제공해야 한다.
- Murrel의 권장평균에너지량 : 작업시간 동안 소비한 에너지의 총량이나 특정 작업에서 평균적으로 소모되는 에너지의 총량의 합은 같다.

- 휴식시간

- ▶ 표준에너지소비량 × 총 작업시간 = (작업에너지 × 작업시간) + (휴식에너지 × 휴식시간)

- ▶ 휴식시간 =
$$\frac{\text{총 작업시간} \times (\text{작업중에너지소비량} - \text{표준에너지소비량})}{(\text{작업중에너지소비량} - \text{휴식중에너지소비량})}$$
- ▶ 표준에너지소비량(남자-5kcal/min, 여자-3.5kcal/min)

직무스트레스

• 직무스트레스의 정의

: 직무요인이 근로자의 능력이나 자원, 욕구와 일치하지 않을 때 생기는 유해한 신체적 또는 정서적 반응

• 직무스트레스가 주는 영향

1. 건강상의 많은 문제를 일으키고 사고를 발생시킬 수 있는 위험인자로 작용한다.
2. 극심한 스트레스 상황에 노출되거나 성격적 요인으로 신체에 구조적·기능적 손상이 발생한다.
 - 심혈관계, 위장관계, 호흡기계, 생식기계, 내분비계, 신경계, 근육계, 피부계
3. 육체적, 심리적 변화 외에도 흡연, 알코올 및 카페인 음용의 증가, 신경안정제, 수면제 등의 약물 남용, 대인관계 기피, 자기 학대 및 비하, 수면장애 등의 행동 변화가 발생한다.
4. 업무수행 능력이 저하되고 생산성이 떨어지며 일에 대한 책임감을 상실하고 결근하거나 퇴직, 사고를 일으킬 위험이 커진다.
5. 심할 경우 자살과 같은 극단적이고 병리적인 행동으로 발전하게 된다.

• 직무스트레스의 원인

1. 직무스트레스의 가장 큰 원인은 업무의 불균형이다.
2. 직무와 직접 혹은 간접적으로 연관된 스트레스 원인으로부터 야기되는 경우가 많다.
3. 직업 등에 따라 다른 양상을 보이지만 업무량이 높거나 노력에 비해 보상이 적절하지 않은 것 등이 주된 원인이다.
4. 작업장의 물리적 환경 : 소음, 진동, 조명, 온열, 환기 및 위험한 상황 등
5. 사회심리적 환경 : 과다한 책임, 낮은 수준의 권위, 보상 결여, 미약한 의사결정권, 직무와 직위 불안정, 통제력과 자긍심 결여, 불명확한 작업, 불만 호소 기회의 결여, 직장 내 지원 결여, 편파적 대우, 승진 기회 결여, 역할 갈등, 타인에 대한 책임 등

〈표-38〉 직무스트레스의 요인

요 인	내용
환경요인	• 사회, 경제, 정치 및 기술적인 변화로 인한 불확실성 등 • 경기침체, 정리해고, 노동법, IT기술의 발전 등은 고용과 관련되어 근로자가 위협을 느낄 수 있음
조직요인	• 조직구조나 분위기, 근로조건, 역할 갈등 및 모호성 등
직무요인	• 장시간의 근로시간, 물리적으로 유해하거나 과적하지 않은 작업환경 등
인간적 요인	• 상사, 동료, 부하 직원 등과의 관계에서 오는 갈등이나 불만 등

- 스트레스에 대한 인간의 반응(Selye의 일반적인 징후군)
 - 1단계 : 경고반응 - 두통, 발열, 피로감, 근육통, 식욕감퇴, 허탈감 등의 현상
 - 2단계 : 신체 저항 반응 - 호르몬 분비로 인하여 저항력이 높아지는 저항 반응과 긴장, 걱정 등의 현상이 수반
 - 3단계 : 소진반응 - 생체 적응 능력이 상실되고 질병으로 이환되기도 한다.
- 직무스트레스 관리
 1. 스트레스 인지하기
 - 직장 내 인간관계 : 상사나 부하와의 대립, 직장 내 괴롭힘 등
 - 직장 내 업무 관련 : 장시간 노동이나 인사이드, 문제 발생 등에 따른 업무의 질과 양의 변화 등
 - 기타 금전 문제, 주거환경이나 생활의 변화, 가족 또는 친구의 죽음이나 자신 이외의 문제, 사고나 재해 등 자신의 문제 등
 2. 스트레스와 친해지기
 - 스트레스를 받고 있다는 사실을 인지하고 나에게 맞는 스트레스 대처 방법을 찾아서 실천
 - 이완 방법을 익히고 스트레스를 받을 때 활용
 - 규칙적인 생활과 충분한 수면
 - 친한 사람들과 교류하기
 - 긴장을 풀고 많이 웃기
 - 가능한 한 편안한 환경으로 만들기
 - 일상에서 벗어나 자연을 즐기고 취미를 갖기
 - 적당한 운동을 하고 술이나 담배에 의존하지 않기

3

학습내용

- 근골격계질환을 예방하기 위해 작업설계 및 개선을 이해한다.

근골격계질환

- 근골격계질환의 정의
 1. 반복적이고 누적되는 특정한 일 또는 동작과 연관되어 신체 일부를 무리하게 사용하면서 나타나는 질환으로 신경, 근육, 인대, 관절 등에 문제가 생겨 통증과 이상감각, 마비 등의 증상이 나타나는 질환들을 총칭하여 말한다.

2. 근골격계질환은 외부의 스트레스에 이하며 오랜 시간을 두고 반복적인 작업이 누적되어 질병이 발생하기 때문에 누적 외상병 또는 누적손상장애라 불리기도 하며, 반복성 작업에 기인하여 발생하므로 RTS(Repetitive Trauma Syndrome)로도 알려져 있다.
- 근골격계질환의 발생원인
 1. 반복적인 동작
 2. 부자연스러운 자세(부적절한 자세)
 3. 무리한 힘의 사용(중량물 취급, 수공구 취급)
 4. 접촉스트레스(작업대 모서리, 키보드, 작업 공구 등에 의해 손목, 팔 등이 지속적으로 해당 신체 부위가 충격을 받게 된다.)
 5. 진동 공구 취급작업
 6. 기타요인(부족한 휴식시간, 극심한 저온 또는 고온, 스트레스, 너무 밝거나 어두운 조명 등)
 - 근골격계질환의 특징
 1. 발생의 최소화 : 발생 시 경제적 피해가 크므로 최우선 목표이다.
 2. 집단적 환자 발생 : 자각증상으로 시작되고, 집단적으로 환자가 발생하는 것이 특징이다.
 3. 복합적 질병화 : 증상이 나타난 후 조치하지 않으면 근육 및 관절 부위의 장애, 신경 및 혈관 장애 등 단일 형태 또는 복합적인 질병으로 악화되는 경향이 있다.
 4. 작업의 단순성 : 단순 반복작업이나 움직임이 없는 정적인 작업에 종사하는 사람에게 많이 발병한다.
 5. 유해인자의 모호성 : 업무상 유해인자와 비 업무적인 요인에 의한 질환이 구별이 잘 안 된다.
 6. 작업환경 측정평가의 객관성 결여 : 영향을 주는 작업요인이 모호하다.
 - 근골격계질환 부담작업
 1. 하루에 4시간 이상 집중적으로 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업
 2. 하루에 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업
 3. 하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통 뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업
 4. 지지가 되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업
 5. 하루에 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업
 6. 하루에 총 2시간 이상 지지가 되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한 손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한 손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업
 7. 하루에 총 2시간 이상 지지가 되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업

8. 하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업
 9. 하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업
 10. 하루에 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업
 11. 하루에 총 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업
- 근골격계 유해요인 조사
 1. 유해요인 조사는 근골격계질환을 예방하기 위하여 근골격계부담작업이 있는 공정/부서/라인/팀 등 사업장 내 전체 작업을 대상으로 유해요인을 찾아 제거하거나 감소시키는데 목적을 두고 있다.
 2. 유해요인 조사의 결과는 근골격계질환의 이환을 부정하는 근거 또는 반증 자료로 사용할 수 없다.
 3. 근골격계질환 발생요인
 - 작업장 요인 : 부적절한 작업공구, 작업장 설계의자, 책상, 키보드, 모니터 등
 - 작업자 요인 : 나이, 신체조건, 경력, 작업습관, 과거병력, 가사노동 등
 - 작업 요인 : 작업자세, 반복성 등
 - 환경요인 : 진동, 조명, 온도 등
 4. 유해요인 조사 시기
 - 정기 유해요인 조사 : 3년마다 주기적으로 실시
 - 수시 유해요인 조사: 다음 중 어느 하나에 해당하는 사유가 발생하면 실시
 - 「산업안전보건법」에 의한 임시건강진단 등에서 근골격계질환자가 발생하였거나 「산업재해보상보험법 시행령」 별표3에 따라 업무상 질병으로 인정받은 경우
 - 근골격계부담작업에 해당하는 새로운 작업·설비를 도입한 경우
 - 근골격계부담작업에 해당하는 업무의 양과 작업공정 등 작업환경을 변경한 경우
 5. 유해요인 조사 방법 및 절차
 - 유해요인 조사는 근골격계부담작업 전체에 대한 전수조사를 원칙으로 한다.
 - 다만, 동일한 작업형태와 동일한 작업조건의 근골격계부담작업이 존재하는 경우에는 일부 작업에 대해서만 단계적 유해요인 조사를 수행할 수 있다.
 - 유해요인 조사는 크게 유해요인 기본조사와 근골격계질환 증상조사로 구성되어 있으며, 조사를 위하여 유해요인 기본조사표 양식과 근골격계질환 증상조사표 양식을 사용한다.
 - 유해요인 기본조사와 근골격계질환 증상조사 결과 추가적인 정밀평가가 필요하다고 판단되는 경우에는 작업상황에 맞는 정밀평가(작업분석·평가)도구를 이용한다.
 - 유해요인 조사 결과 작업환경 개선이 필요한 경우에는 개선을 위한 우선순위를 결정하고 개선대책 수립 및 실시 등의 절차를 추진한다.

6. 유해요인 조사 내용

- 유해요인 기본조사
 - ▶ 작업장 상황조사 : 작업공정, 작업설비, 작업장, 작업속도 및 최근 업무의 변화 등
 - ▶ 작업조건 조사 내용 : 반복성, 부자연스러운 또는 취하기 어려운 자세, 과도한 힘, 접촉스트레스, 진동 등
- 근골격계질환 증상 설문조사
 - ▶ 근골격계질환의 징후 및 증상 조사는 유해요인 조사 대상으로 선정된 작업의 근로자에 대하여 실시하며, 각 신체부위별 통증에 대한 자각증상(근로자로부터 표현되는 주관적인 증상)을 조사하여 증상호소율이 높은 작업이나 부서/라인 등을 선별하기 위한 방법이다.
 - ▶ 근골격계질환 증상설문조사는 근로자 개인의 징후 및 증상을 증명하거나 판단하는 기준으로 활용하기에는 어려움이 있으며, 사업장의 전사적인 특성을 파악하는 데 활용하는 것이 좋다.
- 정밀평가(작업분석·평가도구)
 - ▶ NIOSH Lifting Equation (NLE)
 - ▶ 인간공학적 위험요인 CHECK LIST
 - ▶ OWAS(Ovako Working-posture Analysis System)
 - ▶ QEC(Quick Exposure Checklist)
 - ▶ REBA
 - ▶ RULA(Rapid Upper Limb Assessment)
 - ▶ SI(Strain Index)

7. 유해요인 조사자

- 유해요인 조사의 조사자는 특별히 자격을 제한하지 않고 있으므로 사업주 또는 안전보건관리책임자가 직접 실시하거나 관리감독자, 안전담당자, 안전관리자(안전관리대행기관을 포함), 보건관리자(보건관리대행기관을 포함), 외부 전문기관 또는 외부 전문가 중에서 사업주가 조사자를 지정하여 유해요인조사를 실시하게 할 수 있음

8. 작업환경 개선 및 사후조치

- 사업주는 작업환경 개선의 우선순위에 따른 적절한 개선계획을 수립하고, 해당 근로자에게 유해요인, 징후와 증상, 올바른 작업자세, 작업도구, 작업시설의 올바른 사용방법 등을 알려주어야 한다.
- 작업환경개선 계획의 타당성을 검토하거나 개선계획 수립을 위하여 외부의 전문기관이나 전문가로부터 지도·조언을 들을 수 있다.

9. 문서의 기록과 보존

- 사업주는 근로자의 상기의 유해요인 기본조사표 및 근골격계질환 증상조사표에 관한 문서는 5년동안 보존하며, 시설·설비와 관련된 개선계획 및 결과보고서는 해당 시설 설비가 작업장 내에 존재하는 동안 보존해야 한다.

4

학습내용

- 사고 예방을 위하여 표시 및 조정장치를 이해한다.

표시 및 조정장치

- 표시장치

1. 인간은 감각기관(시각, 청각, 촉각, 후각 등)을 통하여 정보를 받아들이며 이를 처리하여 판단하거나 반응하므로 감각기관의 특성과 전하고자 하는 정보의 특성과 역할을 고려하여 설계해야 한다.

- 시각적 표시장치

1. 표시되는 정보의 특성에 따라 정량적 표시장치, 정성적 표시장치, 묘사적 표시장치로 분류한다.
2. 정량적 표시장치
 - 정확한 계량치를 제공하는 것이 목적이며, 읽기 쉽도록 설계한다.
 - 기계식과 전자식으로 구분한다.
3. 정성적 표시장치
 - 정량적 자료를 정성적으로 판단하거나 상태를 점검하는 데 이용한다.
4. 묘사적 표시장치
 - 항공기 표시장치와 게임 시뮬레이터의 삼차원 표현 장치 등과 같이 배경에 변화되는 상황을 중첩하여 나타내는 표시장치로 상황의 파악을 효과적으로 하는 데 목적이 있다.
5. 시각적 표시장치의 적절한 상황
 - 전언이 복잡한 경우
 - 전언이 재참조 가능한 경우
 - 즉각적 행동을 요구하지 않는 경우
 - 한곳에 머무르는 경우
 - 수신장소가 시끄러운 경우

- 청각적 표시장치

1. 청각에 의한 정보전달을 목적으로 한다.
2. 청각표시장치 가이드라인
 - 신호음은 배경 소음과는 다른 주파수를 이용한다.
 - 신호를 최소한 0.5초~1초 동안 지속되게 한다.
 - 소음은 양쪽 귀에, 신호는 한쪽 귀에만 들리게 한다.
 - 주변 소음은 주로 저주파이므로 은폐효과를 막기 위해 500~100Hz 신호를 사용하면 좋으며, 적어도 30dB 이상 차이가 나야 한다.

- 300m 이상 멀리 보내는 신호에서는 1000Hz 이하의 주파수를, 큰 장애물이나 칸막이를 넘어가야 하는 신호는 500Hz 이하의 주파수를 사용한다.

3. 청각적 표시장치의 적절한 상황

- 전언이 간단한 경우
- 전언 재참조 불가능한 경우
- 즉각적 행동이 요구된 경우
- 자주 움직이는 경우
- 너무 어둡거나 밝은 경우

• 피부감각과 촉각 표시장치

1. 피부감각적 표시장치 : 피부에는 압력 수용, 고통, 온도 변화에 반응하는 감각 계통이 있으며, 신경 말단 사이의 복잡한 상호작용을 통하여 만짐, 접촉, 간지럼, 누름 등을 느낌
2. 촉각적 표시장치 : 기계적 진동이나 전기적 자극을 이용

• 후각적 표시장치

1. 코는 냄새를 맡는 데 민감하지만, 민감도는 자극 물질과 개인에 따라 다르다.
2. 후각적 표시장치는 널리 응용되지 않는데 냄새의 분산을 제어하기가 힘들며, 사람마다 냄새에 대한 민감도가 다르고 코가 막히면 민감도가 떨어지며, 냄새에 순응되어 시간이 지나면 냄새를 맡을 수 없게 되기 때문이다.
3. 후각에 대한 정보전달 예로는 천연가스에 냄새나는 물질을 첨가하여 가스가 누출되는 것을 감지하거나, 지하 갱도에 있는 광부들에게 긴급 대피 상황이 발생하는 경우 악취를 환기구로 주입함으로써 긴급용 정보전달 수단으로 사용하기도 한다.

작업설계 및 개선

• 인체 특성을 고려한 설계

1. 작업장 및 작업에 사용하는 설비·기구 등은 인체 특성에 맞게 설계 및 개선되어야 한다.
2. 인체 특성 시 조절식 설계 → 극단치 설계 → 평균치 설계 순서로 설계하는 것이 바람직하다.
3. 조절식 설계
 - 제품이나 작업장 설계에서 가장 바람직한 설계 기준이다.
 - 체격이 다른 여러 사람에게 사용자가 직접 크기를 조절할 수 있도록 조절식으로 만드는 것이다.
 - 조절식 설계 개념에 의한 설계 치수는 사용자 그룹 중에서 작은 사람의 치수에서 큰 사람의 치수까지를 포함할 수 있도록 5퍼센타일에서 95퍼센타일 값을 조절 범위로 사용한다.
4. 극단치 설계
 - 특정 설비를 설계할 때 어떤 인체 측정 특성의 한 극단에 속하는 사람을 대상으로 설계하면 거의 모든 사람을 수용할 수 있는 경우에는 극단치를 이용한 설계를 한다.

- 극단치를 이용한 설계는 최소치수를 이용하거나 최대치수를 이용하는 방법으로 분류
- 작은 사람을 기준으로 한 설계의 경우에는 대표치로 주로 5퍼센타일 값을 이용하고, 큰 사람을 기준으로 한 설계 개념에는 95퍼센타일 값을 이용한다.

5. 평균치 설계

- 조절식으로 적용하기도 불가능하고, 최대 치수나 최소 치수를 기준으로 설계하기도 부적절한 경우에는 평균치를 기준으로 한 설계 개념을 적용한다.
- 인체 치수들이 정규 분포를 따르므로 평균 주위에 분포하는 사람들의 빈도가 높은 것을 이용한다.

• 인지 특성을 고려한 설계

1. 도구, 기기, 설비 사용 중 발생하는 여러 실수를 줄이기 위해서 기기 또는 설비 등의 설계 시 인간의 인지적 특성을 고려하여 사용자 중심의 설계를 해야 한다.

2. 인지 특성을 고려한 설계 원리

- 좋은 개념 모형의 제공 : 디자이너와 사용자의 개념 모형을 일치시켜야 실수가 적어진다.
- 단순화 : 기억의 부담을 줄이기 위하여 5가지 이내의 보조물을 사용한다.
- 가시성 : 작동상태, 작동방법 등 쉽게 파악할 수 있도록 중요기능을 노출한다.
- 피드백의 제공 : 작동 결과의 정보를 알려준다.
- 양립성 : 조작, 작동, 지각 등 관계가 사람이 기대하는 바와 일치한다.(운동/공간/개념 양립성)
- 제약과 행동 유도성 : 사물 특성이 다루는 방법에 대한 단서를 제공한다.
- 오류방지를 위한 강제적 기능 : 강제적으로 사용순서를 제한한다.

• 인간공학적 작업환경 개선

1. 작업공간

- 작업공간 포락면 : 사람이 작업을 하는 데 사용하는 공간
- 정상 작업역 : 상완을 자연스럽게 몸에 붙인 채로 전완을 움직일 때 도달하는 영역
- 최대 작업역 : 어깨에서부터 팔을 뻗쳐 도달하는 최대영역

2. 공간의 배치 원리

- 사용빈도의 원리 : 가장 빈번하게 사용되는 요소들은 가장 사용하기 편리한 곳에 배치한다.
- 중요도 원리 : 시스템의 목적을 달성하는 데 상대적으로 더 중요한 요소들은 사용하기 편리한 지점에 위치해야 한다.
- 사용순서의 원리 : 연속해서 사용하여야 하는 구성 요소들은 서로 옆에 놓여야 하고, 조작의 순서를 반영하여 배열한다.
- 일관성 원리 : 동일한 구성 요소들은 기억이나 찾는 것을 줄이기 위하여 같은 지점에 있어야 한다.
- 조종장치와 표시장치의 양립성 원리 : 조종장치와 관련된 표시 장치들이 근접하여 위치해야 하고, 여러 개의 조종장치와 표시 장치들이 사용될 때는 조종장치와 표시 장치들의 관계를 쉽게 알아볼 수 있도록 배열

형태를 반영해야 한다.

- 기능성 원리 : 비슷한 기능을 갖는 구성 요소들끼리 한데 모아서 서로 가까운 곳에 있어야 한다.

3. 작업 자세

- 장시간 서서 작업을 할 때는 입식용 의자를 제공하고, 바닥에 매트를 깔거나 쿠션이 좋은 신발을 착용하면 작업자의 피로를 줄일 수 있다.
- 앉아서 작업을 하면 팔을 좀 더 정확하게 움직일 수 있고, 신체 안정감이 증가하여 정밀한 작업을 할 때는 앉은 자세가 바람직하다.
- 장기간 앉아서 작업할 때는 허리에 무리를 줄 수 있으므로 작업자의 신체 치수에 따라 높이를 조절할 수 있는 의자와 발판이 제공되어야 하며, 작업자의 발이나 무릎이 움직일 수 있는 여유 공간을 제공해야 한다.

4. 작업대

- 작업대의 높이나 의자의 높이는 가능하다면 다양한 신체 크기를 갖는 작업자들에게 맞도록 조절식으로 제공하는 것이 바람직하다.
- 작업대의 높이는 팔꿈치가 편안하게 놓일 수 있도록 팔꿈치 높이를 기준으로 설계한다.
- 정밀한 동작이 요구되는 작업인 경우에는 작업자들이 허리를 앞으로 굽히지 않고도 작업면을 볼 수 있도록 팔꿈치 높이보다 높게 설계한다.
- 큰 힘을 주거나 중량물을 취급하는 경우에는 취급하는 중량물 높이를 감안하여 팔꿈치 높이보다 낮게 설계하는 것이 바람직하다.

5. 책상과 의자의 설계

- 설계에 필요한 인체 치수의 결정
- 설비를 사용할 집단의 정의
- 적용할 인체자료 응용 원리를 결정(조절식, 극단적, 평균치 설계)
- 적절한 인체 측정 자료의 선택
- 특수 복장 착용에 대한 적절한 여유 고려
- 설계할 치수의 결정
- 모형을 제작하여 모의실험

참고자료

- 연구활동종사자를 위한 보건관리 Chapter 5. 특수건강검진 및 건강 유해요인(P102~109), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

7.2. 연구활동종사자 질환 및 인적 과실 (Human error) 예방·관리

7.2.1. 연구활동종사자에 대한 관리

7.2.2. 휴먼에러 예방·관리



7.2.1. 연구활동중사자에 대한 관리

KEYWORD 화학물질관리, 안전점검, 정밀안전진단, 사전유해인자위험분석, 건강검진, 연구실사고

개요 연구활동중사자들이 연구활동 중 건강에 장애가 발생할 수 있는 유해인자(물리적, 화학적, 생물학적, 인간공학적, 사회심리적)를 이해하며 관리 방법으로 사전유해인자위험분석 및 안전점검, 정밀안전진단, 그리고 사고대응 절차의 이해가 있다. 아울러 연구활동중사자들의 직업병 예방을 위해 건강검진을 실시해야 한다.

학습목표 ① 연구활동중사자에게 노출되는 유해인자에 대한 사전 조사와 분석을 통해 이해한다.

- ② 실무적인 안전점검, 정밀안전진단의 절차와 내용을 이해할 수 있다.
- ③ 연구활동 시작 전에 유해위험요인을 찾아내고 분석할 수 있다.
- ④ 연구실 사고조사 및 대응 절차를 이해할 수 있다.
- ⑤ 연구활동중사자에 대한 건강검진을 이해할 수 있다.

1 학습내용

- 화학물질의 종류 및 특성에 대하여 설명할 수 있다.

화학물질관리

- 건강장애를 일으키는 주요 화학물질

〈표-39〉 건강장애를 일으키는 주요 화학물질

분류	화학물질
유기화합물	글루타르알데히드, N,N-디메틸 아세트아미드, 디메틸포름아미드, 디에틸 에테르, 1,4-디옥산, 디클로로메탄, o-디클로로벤젠, 메틸 알코올, 메틸시클로헥사놀, 메틸에틸케톤, 무수 프탈산, 벤젠, 벤지딘, 1-부탄올, 사염화탄소, 스티렌, 아닐린, 아세토니트릴, 아세톤, 아세트알데히드, 아크릴아미드, 이소프로필 알코올, 크레졸, 크실렌, 톨루엔, 톨루엔 2,4-디소시아네이트, 트리클로로메탄, 페놀, 포름알데히드, 피리딘, 헥산
금속류	구리, 니켈 및 그 무기화합물, 니켈 카르보닐, 코발트, 크롬
산 및 알칼리류	불화수소, 질산, 트리클로로아세트산, 황산
가스 상태 물질류	염소

- 발암물질 분류

1. 고용노동부 고시에 의한 분류

- 1A : 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질

- 1B : 실험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 실험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질
- 2. IARC(국제암연구기관)의 분류
 - Group1 : 인체 발암성 물질 - 인체에 대한 충분한 발암성 근거가 있음
 - Group2A : 인체 발암성 추정물질 - 실험동물에 대한 발암성 근거는 충분하지만, 사람에 대한 근거는 제한적임
 - Group2B : 인체 발암성 가능 물질 - 실험동물에 대한 발암성 근거가 충분하지 못하며, 사람에 대한 근거 역시 제한적임
- 3. ACGIH(미국 산업위생 전문가협회)의 분류
 - A1 : 인간에게 발암성이 확인됨
 - A2 : 인간에게 발암성이 의심됨
 - A3 : 동물 실험 결과 발암성 물질
- 4. 유해인자별 발암성

〈표-40〉 유해인자별 발암성

물질	발암물질 분류			표적장기
	고용노동부고시	IARC	ACGIH	
벤젠	1A	1	A1	조혈기(백혈병, 림프종)
벤지딘	1A	1	A1	방광암
포름알데히드	1A	1,2A	A2	비인두, 조혈기(1), 비강, 부비동(2A)
크롬	1A	1	A1	폐
석면	1A	1	A1	폐, 중피종
황산	1A	2A	A3	후두
아크릴아미드	1B	2A	A3	유방, 갑상선
납	1B	2A	A3	폐, 소화기
사염화탄소	1B	2B	A2	간암
가솔린	1B	2B	A3	비강, 유방

※ 표 출처 : (표준교재) 연구활동종사자를 위한 보건관리

• 노출기준

1. 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준으로 미국산업위생전문가협회(ACGIH)는 허용기준(TLV)으로 정의

2. 우리나라 화학물질 노출기준

- 시간가중평균노출기준(Time Weighted Average, TWA) : 1일 8시간 작업을 기준으로 하여 주 40시간 동안의 평균 노출농도
- 단시간노출기준(Short Term Exposure Limit, STEL) : 1회 15분간의 시간가중평균 노출값, 노출농도가 TWA를 초과하는 STEL 이하면 1회 노출 지속시간이 15분 미만이어야 함을 의미
- 최고노출기준(Ceiling, C) : 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 아니 되는 기준으로 노출기준 앞에 “C”를 붙여 표기

• 경고표지

경고표지	유해성 분류기준
	<ul style="list-style-type: none"> • 폭발성, 자기반응성, 유기과산화물 • 가열, 마찰, 충격 또는 다른 화학물질과의 접촉 등으로 인해 폭발이나 격렬한 반응을 일으킬 수 있음 • 가열, 마찰, 충격을 주지 않도록 주의
	<ul style="list-style-type: none"> • 인화성(가스, 액체, 고체 에어로졸), 발화성 물 반응성, 자기 반응성, 자기 발화성(액체, 고체), 자기 발열성 • 인화점 이하로 온도와 기운을 유지하도록 주의
	<ul style="list-style-type: none"> • 인체 독성물질 • 피부와 호흡기, 소화기로 노출될 수 있음 • 취급 시 보호장갑, 호흡기 보호구 등을 착용
	<ul style="list-style-type: none"> • 부식성 물질 • 피부에 닿으면 피부 부식과 눈 손상을 유발할 수 있음. • 취급 시 보호장갑, 안면보호구 등을 착용
	<ul style="list-style-type: none"> • 산화성 • 반응성이 높아 가열, 충격, 마찰 등에 의해 분해하여 산소를 방출하고 가연물과 혼합하여 연소 및 폭발할 수 있음 • 가열, 마찰, 충격을 주지 않도록 주의
	<ul style="list-style-type: none"> • 고압가스(압축, 액화, 냉동 액화, 용해 가스 등) • 가스 폭발, 인화, 중독, 질식, 동상 등의 위험 있음
	<ul style="list-style-type: none"> • 호흡기 과민성, 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성, 특정 표적 장기 독성, 흡인 유해성 • 호흡기로 흡입할 때 건강장해 위험 있음 • 취급 시 호흡기 보호구 착용
	<ul style="list-style-type: none"> • 수생환경유해성 • 인체 유해성은 적으나, 물고기와 식물 등에 유해성 있음

※ 그림 출처 : (표준교재) 연구활동중사자를 위한 보건관리

〈그림-46〉 화학물질의 경고표지와 의미

• NFPA 704 항목

- 응급 대응 시 물질의 위험성을 규정하기 위해 미국화재예방협회(National Fire Protection Association, NFPA)에서 발표한 표준 시스템이다.
- 건강, 화재, 반응, 그리고 기타(물반응성, 방사선) 위험성에 대해 등급을 화재다이아몬드(fire diamond)로 불리는 표식으로 표기하고 있다.
- 일반적으로 물질안전보건자료에서 「유해·위험성」의 「다. 유해성·위험성 분류기준에 포함되지 않는 기타 유해성·위험성」에 기타 위험성을 제외한 3가지 위험성에 대한 등급을 표시하고 있고, 통상 NFPA지수라고 한다.
- 청색(health hazards, 건강 위험성), 적색(flammability hazards, 화재 위험성), 황색(instability hazards, 반응 위험성), 백색(special hazards, 기타 위험성)으로 총 5개의 등급(0 ~ 4등급)으로 나타내며, 숫자가 클수록 위험성이 높다.



등급	건강위험성 (청색)	화재위험성 (인화점) (적색)	반응위험성 (황색)
0	유해하지 않음	잘 타지 않음	안정함
1	약간 유해함	93.3℃ 이상	열에 불안정함
2	유해함	37.8℃ ~ 93.3℃	화학물질과 격렬히 반응함
3	매우 유해함	22.8℃ ~ 37.8℃	충격이나 열에 폭발 가능함
4	치명적임	22.8℃ 이하	폭발 가능함

- 기타 위험성: 다음과 같은 특정 기호가 표시될 수 있다. W 혹은 W(물 반응성), OX 혹은 OXY(산화제), COR (부식성, 강한 산성/강한 염기성), BIO(생물학적 위험), POI(독성), 방사능 표시, CRY 혹은 CRYO(극저온 물질)을 표시할 수 있다. (NFPA 704 규격에서는 백색 구역에 표기할 수 있는 기호로는 W와 OX/OXY만 인정했으나, 위의 경우와 같이 기타 자의적인 기호도 관계당국으로부터 허가를 받거나, 혹은 요구될 경우에는 사용할 수 있음)

• 화학물질 취급 시 주의사항

1. 실험하는 물질이 올바른지 라벨을 주의 깊게 읽고 끝나면 뚜껑을 닫아야 한다.
2. 피로는 판단에 영향을 줄 수 있으므로 적절한 휴식 실시한다.
3. 정확한 절차, 관련된 잠재 위험, 사용되는 기술과 분석법 등을 알고 있는지 확인하고 연구실책임자의 지시를 따라야 한다.
4. 열이 발생하는 물질을 감시해야 한다.
5. 혼합금지(호환성이 없는) 물질은 분리해야 한다.

6. 취급하는 물질의 유해인자에 대해 보호 성능이 있는 개인보호구를 착용해야 한다.
 7. 화학약품으로부터 아래와 같이 자신을 늘 청결히 유지해야 한다.
 - 연구활동종사자의 손이 오염될 수 있다면 보호장갑을 착용한다.
 - 휘발성이 있는 물질은 항상 후드에서 작업하고, 누출 시 주변 연구활동종사자들에게 위험을 알린다.
 - 강산, 강염기 등 점막에 손상을 줄 수 있는 물질 사용 시 보안경을 반드시 착용한다.
 - 긴 머리는 묶고, 흔들리는 보석류의 착용을 금지한다.
 8. 화학약품을 운반할 때 안전한 운반 장비를 이용한다.
- 화학물질 저장 시 주의사항
 1. 유기·무기물질별로 구분하고 종류를 달리하여 보관
 2. 증기를 흡기할 수 있도록 덕트 시설에 연결
 3. 산성, 염기성, 산화제, 환원제, 과산화물, 금속성 물질, 인화성, 발암성, 독성물질 등 종류가 서로 다른 화학약품은 분리하여 저장
 4. 유통기한이 지난 화학물질, 변색 화학약품 등은 위험하므로 주기적으로 유통기한을 확인하여 안전하게 폐기하고, 필요한 양의 화학약품만 연구실 내에 저장
 5. 화학약품이 떨어지거나 넘어지지 않게 가드를 설치하고, 캐비닛이나 선반에 적절하게 저장
 6. 용기 파손 등 화학물질 누출 시 주변으로 오염 확산을 막기 위해 누출 방지턱을 설치
 7. 저장소의 높이는 1.8m 이하로 힘들이지 않고 손이 닿을 수 있는 곳으로 하며, 이보다 위쪽이나 눈높이 위에 저장하지 않아야 한다.
 - 화학물질 폐기 시 주의사항
 1. 화학반응이 일어날 것으로 예상되는 물질은 혼합하지 않아야 한다.
 2. 처리해야 되는 폐기물에 대한 사전 유해·위험성을 평가하고 숙지한다.
 3. 폐기하려는 화학물질은 반응이 완결되어 안정화되어 있어야 한다.
 4. 화학물질의 성질 및 상태를 파악하여 분리, 폐기한다.
 5. 가스가 발생하는 경우, 반응이 완료된 후 폐기 처리한다.
 6. 폐기 시 적절한 폐기물 용기를 사용한다.
 7. 수집 용기에 적합한 폐기물 스티커를 부착하고 라벨지를 이용하여 기록 유지한다.
 8. 폐기물이 누출되지 않도록 뚜껑을 밀폐하고, 누출 방지를 위한 키트를 설치한다.
 9. 폐기물의 장기간 보관을 금지한다.
 10. 만약의 상황을 대비하여 개인보호구와 비상사위장치, 세안장비, 소화기 등 응급안전장치 설비가 필요하다.

2

학습내용

- 실무적인 안전점검, 정밀안전진단의 절차와 내용을 이해할 수 있다.

안전점검

• 일상점검

1. 개요 : 연구활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리실태 등을 육안으로 확인하는 점검
2. 대상 : 모든 연구실
3. 실시주기 : 연구개발 활동 전 매일 1회(저위험연구실은 주 1회)
4. 실시자 : 연구활동종사자(연구실안전관리담당자 등)
5. 주요 점검내용 : 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침 참조
6. 서류보존 : 1년

• 정기점검

1. 개요 : 연구활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리실태 등을 안전점검 기기 등을 이용해 확인하는 점검
2. 대상 : 모든 연구실(저위험연구실 및 안전관리 우수연구실인증 유효연구실은 제외)
3. 실시주기 : 매년 1회 이상
4. 실시자 : 기관 자체 인력 또는 과학기술정보통신부 등록 대행기관
5. 주요 점검내용 : 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침 참조
6. 서류보존 : 3년

• 특별안전점검

1. 개요 : 폭발 및 화재사고 등 연구활동종사자의 안전에 치명적인 위험을 야기할 가능성이 예상되는 경우 실시하는 점검
2. 대상 : 사고위험 예측 연구실
3. 실시주기 : 필요시(폭발사고·화재사고 등 연구활동종사자의 안전에 치명적인 위험을 야기할 가능성이 있을 것으로 예상되는 경우 실시하는 점검으로서 연구주체의 장이 필요하다고 인정하는 경우)
4. 실시자 : 기관 자체 인력 또는 과학기술정보통신부 등록 대행기관
5. 주요 점검내용 : 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침 참조
6. 서류보존 : 3년

정밀안전진단

• 정밀안전진단

1. 개요 : 연구실의 잠재적 위험성 발견 및 개선대책 수립을 목적으로 법적 자격을 갖춘 안전 전문가가 실시하는 조사·평가
2. 대상
 - 위험한 작업을 수행하는 연구실(유해화학물질 취급, 유해인자 취급, 독성가스 취급 연구실)
 - 안전점검 실시 결과 연구실 사고 예방을 위하여 필요하다고 인정하는 경우
 - 중대 연구실사고가 발생한 경우
3. 실시주기 : 1회/2년 정기 실시
4. 실시자 : 기관 자체 인력 또는 과학기술정보통신부 등록 대행기관
5. 주요 점검내용 : 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침 참조(육안 및 안전점검 장비를 이용하여 정밀안전진단 실시 내용을 준용하여 연구실 안전상태 진단)
6. 서류보존 : 3년

3

학습내용

- 연구활동 시작 전에 유해위험요인을 찾아내고 분석할 수 있다.

사전유해인자위험분석

• 사전유해인자위험분석

1. 연구활동 시작 전 유해인자를 미리 분석하는 일련의 과정
2. 「산업안전보건법」상의 위험성평가와 유사하게 수행되는 활동

• 사전유해인자위험분석 대상 연구실

1. 유해화학물질 취급 연구실
2. 유해인자 취급 연구실
3. 독성가스 취급 연구실

• 사전유해인자위험분석 실시시기

1. 연구활동 시작 전
2. 연구활동과 관련된 주요 변경사항 발생 또는 연구실책임자가 필요하다고 인정할 경우 추가실시

- 사전유해인자위험분석 수행절차

1. 연구실 안전현황분석

- 연구실 소속기관명, 연구실 개요 등 8개의 항목을 필수적으로 기재한다.
- 연구실 내의 기계·기구설비 사양서, MSDS 등 참고하여 작성한다.

2. 연구개발활동별 유해인자 위험분석

- “연구실 안전현황 분석”에 따라 파악한 해당 연구실의 연구개발활동별 유해인자에 대해 위험분석을 실시한다.
- 연구개발활동별 유해인자 분석은 실험·실습별 혹은 연구과제별로 구분하여 실시한다.

3. 연구개발활동안전분석(R&DSA)

- 연구·실험 절차별로 구분하여 실시한다.
- 위험의 빈도와 강도를 고려하여 실시한다.
- 도출된 위험분석 결과에 대해 위험 빈도와 강도가 감소될 수 있도록 안전조치 계획 수립한다.
- 사고가 발생하는 경우를 대비하여 비상조치 계획을 통해 화재, 누출 등의 비상상황 발생 시 적절한 대응 방법 및 처리 절차를 매뉴얼화 하고 교육·훈련 등을 통해 대응 방법이 내재화되어 있어야 한다.

4. 보고 및 관리

- 결과를 보고서로 작성하고 연구활동 전에 연구주체의 장에게 보고한다.
- 연구주체의 장은 보고서를 관리, 보관하고, 사고 발생 시 제공해야 한다.
- 보고서는 연구실 출입문 등 해당 연구실의 연구활동종사자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시해야 한다.
- 보고서 보존기간은 연구종료일로부터 3년

4

학습내용

- 연구실 사고조사 및 대응 절차를 이해할 수 있다.

연구실사고

- 연구실사고의 구분

1. 중대연구실 사고 : 연구실사고 중 손해 또는 훼손의 정도가 심한 사고

- 사망 또는 후유장애 부상자가 1명 이상 발생한 사고
- 3개월 이상의 요양을 요하는 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 사고

- 부상자 또는 질병에 걸린 사람이 동시에 5명 이상 발생한 사고
 - 법에 따른 연구실의 중대한 결함으로 인한 사고(유해인자, 유해물질, 독성가스, 병원체, 전기설비 등의 균열·누수 또는 부식 등)
2. 일반연구실 사고 : 중대 연구실사고를 제외한 일반적인 사고로 다음에 해당하는 사고
 - 인적피해 : 병원 등 의료기관 진료 시
 - 물적피해 : 1백만 원 이상의 재산 피해 시(취득가 기준)
 3. 단순연구실 사고 : 인적 물적 피해가 매우 경미한 사고로 일반 연구실사고에 포함되지 않는 사고
- 연구실사고 대응 단계별 수행업무
 1. 사고발생
 2. 사고보고
 - 최초 발견자는 안전관리부서에 사고 발생 사항을 통보하고 필요 시 소방서 및 병원 등 기관에 협조요청
 - 안전관리부서는 연구주체의 장에게 사고 상황 즉시 보고
 - 중대 연구실사고가 발생한 경우에는 지체없이 과학기술정보통신부에 전화, 팩스, 전자우편이나 그 밖에 적절한 방법으로 보고함. 다만 천재지변 등 부득이한 사유가 발생한 경우에는 그 사유가 없어진 때에 지체없이 보고해야 한다.
 3. 사고대응
 - 필요 시 연구실사고대책본부 구성
 - 사고피해 확대 방지 조치
 - 연구실책임자에 의한 응급조치
 4. 사고조사
 - 사고원인 규명 및 사고로 인한 인명 및 재산 피해 확인
 5. 재발방지 대책 수립·시행
 - 연구실 안전환경관리자는 사고방지 대책 수립 후 연구주체의 장에게 보고
 - 연구실 책임자는 재발방지대책 시행
 6. 사후관리
 - 재발방지 대책 시행 여부 확인 및 사고분석 결과를 바탕으로 향후 안전관리 추진계획 수립

5

학습내용

- 연구활동종사자에 대한 건강검진을 이해할 수 있다.

건강검진

• 건강검진 개요

- 연구주체의 장은 「연구실안전법」 제21조(건강검진)에 따라 유해인자를 취급하는 연구활동종사자에 대하여 건강검진을 실시해야 한다.
- 건강검진의 종류는 일반건강검진, 임시건강검진, 특수건강검진이 있다.

• 일반건강검진

1. 개요 : 유해인자에 노출될 위험성이 있는 연구활동종사자에 대하여 실시
2. 대상 : 전체 근로자 및 연구활동종사자
3. 주기 : 1년에 1회 이상(사무직은 2년에 1회)
4. 항목
 - 문진과 진찰
 - 혈압, 혈액 및 소변검사
 - 신장, 체중, 시력 및 청력 측정
 - 흉부 방사선 촬영
5. 서류보존 : 5년

• 특수건강검진

1. 개요 : 유해인자를 취급하는 연구활동종사자의 질병 예방을 위해 실시
2. 대상 : 「산업안전보건법 시행규칙」 별표 22의 유해인자를 취급하는 연구활동종사자
 - ※ 면제 대상 : 「산업안전보건법 시행규칙」 제146조에 따른 임시작업 및 단시간 작업을 수행하는 연구활동종사자 (발암성 물질, 생식세포 변이원성 물질, 생식독성 물질을 취급하는 연구활동종사자는 특수건강검진이 면제되지 않는다)
3. 주기 : 유해인자에 따라 6개월~24개월

〈표-41〉 특수건강검진의 시기와 주기

번호	대상 유해인자	시기 (배치 후 첫 번째 특수건강검진)	주기
1	디메틸포름아미드, N.N-디메틸 아세트아미드	1개월 이내	6개월
2	벤젠	2개월 이내	6개월

번호	대상 유해인자	시기 (배치 후 첫 번째 특수건강검진)	주기
3	1.1.2.2-테트라클로로에탄, 사염화탄소, 아크릴로니트릴, 염화비닐	3개월 이내	6개월
4	석면, 먼 분진	12개월 이내	12개월
5	광물성 분진, 나무 분진, 소음	12개월 이내	24개월
6	1번부터 5번까지의 대상 유해인자를 제외한 「산업안전보건법」 시행규칙 별표 22조의 모든 대상 유해인자	6개월 이내	12개월

※ 표 출처 : (표준교재) 연구활동종사자를 위한 보건관리

4. 서류보존 : 5년 (단, 발암물질 취급근로자 검진 결과는 30년간 보존)

5. 특수건강검진 대상 유해인자

- 화학적 인자 : 유기화학물(108종), 금속류(19종), 산 및 알칼리류(8종), 가스상태물질류(14종), 허가대상 유해물질(13종), 금속 가공유(미네랄 오일미스트)
- 분진(6종) : 곡물분진, 광물성분진, 나무분진, 먼분진, 용접흄, 유리섬유 분진
- 물리적 인자(8종) : 소음, 진동, 방사선, 고기압, 저기압, 유해광선(자외선, 적외선, 마이크로파 및 라디오파)

• 임시건강검진

1. 개요 : 연구실 내 유소견자가 발생하였거나 발생할 우려 등이 있는 경우 실시

2. 대상

- 연구실 내에서 유소견자(연구실에서 취급하는 유해인자로 인하여 질병 또는 장애 증상 등 의학적 소견을 보이는 사람을 말한다. 이하 같다)가 발생한 경우로서 다음의 어느 하나에 해당하는 연구활동종사자
 - i) 유소견자와 같은 연구실에 종사하는 연구활동종사자 또는
 - ii) 유소견자와 같은 유해인자에 노출된 해당 대학·연구기관 등에 소속된 연구활동종사자로서 유소견자와 유사한 질병·장애 증상을 보이거나 유소견자와 유사한 질병·장애가 의심되는 연구활동종사자

3. 주기 : 필요한 경우에 실시

4. 조치사항 : 임시건강검진의 실시, 연구장소의 변경, 연구시간의 단축 등의 연구활동종사자 건강보호 조치 이행

참고자료

- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제18425호)」
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 시행령(대통령령 제32286호)」
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 시행규칙(과학기술정보통신부령 제85호)」 등

7.2.2. 휴먼에러 예방·관리

KEYWORD 휴먼에러

개요 연구활동종사자들이 연구활동 중 건강에 장애를 줄 수 있는 유해인자(인간공학적, 사회심리적)가 존재하고, 연구활동종사자의 연구활동 시 발생하는 휴먼에러를 예방해야 한다.

학습목표 ① 연구활동종사자들에게 발생하는 휴먼에러를 이해하며 예방대책을 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구활동종사자들에게 발생하는 휴먼에러 종류, 유형 및 예방대책을 설명할 수 있다

휴먼에러

- 휴먼에러의 정의
 - 인간은 불완전하고 능력적으로 신체적으로나 정신적 한계가 있어 일상생활에서나 작업장에서 에러를 범하며 살고 있고 이러한 에러를 휴먼에러(Human error)라고 하며 이를 통해서 작은 불편을 초래하고 산업현장에서 인명피해 및 재산 손실을 가져와 대형 사고의 원인이 되기도 한다.
- 휴먼에러의 분류
 - 휴먼에러는 행위의 종류, 발생 원인, 결과의 심각성, 시스템 수명 주기상의 단계 등 다양한 기준에 의해 유형별로 분류될 수 있음
 - 행동 차원에서의 휴먼에러 분류(Swain, 1983)

〈표-42〉 행동 차원에서의 휴먼에러 분류

휴먼에러 유형	정의
누락에러(Omission error)	수행해야 할 작업을 빠뜨리는 에러
작위에러(Commission error)	수행해야 할 작업을 부정확하게 수행하는 에러
순서에러(Sequence error)	수행해야 하는 작업의 순서를 틀리게 수행하는 에러
시간에러(Timing error)	수행해야 할 작업을 정해진 시간동안 완수하지 못하는 에러
불필요한 수행에러(Extraneous error)	작업 완수에 불필요한 작업을 수행하는 에러
반복에러(Repeat error)	수행해야 할 작업을 반복해서 생기는 에러
선택에러(Choice error)	수행해야 할 작업에서 다른 작업을 함으로써 생기는 에러
미완에러(Incompletion error)	작업을 제대로 완수하지 못한 채 수행하여 생기는 에러
실패에러(Fail error)	수행해야 할 작업을 실패한 에러

- 원인 차원에서의 휴먼에러 분류(Rasmussen, 1983)

〈표-43〉 원인 차원에서의 휴먼에러 분류

휴먼에러 분류		정의	
비의도적 에러	기술기반에러 (Skill-based error)	실수(slips)	부주의에 의한 실수나 주의력이 부족한 상태에서 발생하는 에러
		건방증(lapse)	단기 기억의 한계로 인해 기억을 잊어서 해야 할 일을 못해서 발생하는 에러
의도적 에러	착오 (Mistake)	규칙기반착오 (Rule-based Mistake)	처음부터 잘못된 규칙을 기억하고 있거나, 정확한 규칙이라 해도 상황에 맞지 않게 잘못 적용하는 경우의 에러
		지식기반착오 (Knowledge-based Mistake)	추론 혹은 유추 과정에서 실패해 오답을 찾는 경우의 에러
	위반 (Violation)		작업 수행 과정에 대한 올바른 지식을 가지고 있고, 이에 맞는 행동을 할 수 있음에도 일부러 바람직하지 않은 의도를 가지고 발생시키는 에러

• 휴먼에러의 예방과 관리

1. 작업에 적합한 작업자의 선발

- 작업의 특성에 따라 신체적 능력과 정신적 능력이 적합한 작업자를 선발해야 한다.

2. 작업 수행에 필요한 교육과 훈련 실시

- 능력(신체적, 정신적 등)이 우수한 작업자라도 새로운 기계, 설비의 작업 요령을 올바르게 익히지 못할 경우 안전사고를 발생시킬 수 있다.

3. 안전 행동을 위한 동기부여

- 인간은 상황에 따라 안전조건 규칙을 무시한 채 행동하는 경우가 있어, 안전 행동을 수행하도록 하는 동기부여와 그렇지 않을 때의 규칙 등을 작업자가 숙지해야 한다.

4. 인간 행동을 고려한 설계시스템과 작업

- 우수한 작업자를 선발하여 교육, 훈련시키고 동기부여가 되어도 최초부터 인간의 특성을 고려하지 않고 설계된 시스템에서 인간은 에러를 범하기 쉽다. 따라서 인간에게 적합한(시스템과 작업) 설계해주는 것이 필요하다.

5. 에러 제거 디자인

- 설계단계에서 모든 면(사용하는 재료나 기계 작동 메커니즘 등)에서 휴먼에러 요소를 근본적으로 제거하도록 하는 디자인 원칙이다.

6. 에러 예방 디자인

- 근본적으로 에러를 100% 막는다는 것은 현실적으로 매우 어려울 수 있고 경제성의 문제로 실행할 수 없는 경우가 많아 최대한 에러를 줄일 수 있도록 설계를 해야 한다.

- 즉, 신체적 조건이나 정신적 능력이 낮은 사용자라 하더라도 사고를 낼 확률을 낮게 설계해주는 것을 에러 예방 디자인, 혹은 풀-프루프(fool-proof) 디자인이라고 한다.

7. 안전장치의 장착

- 사용자가 에러를 범하더라도 그것이 재해로 이어지지 않도록 안전장치의 장착을 통해 사고를 예방할 수 있다.
- 안전장치 등의 부착을 통한 디자인 원칙을 페일-세이프 디자인이라고 한다. 페일-세이프 설계를 위해서는 보통 시스템 설계 시 부품의 병렬체계 설계나, 대기 체계 설계와 같은 중복 설계를 실시한다.

8. 경보장치의 부착

- 각종 안전설계 원칙이 부족하여 사고 발생의 위험이 있을 때는 사고 시 이에 대한 위험을 제시하는 경보장치 등을 부착하여 대비할 수 있도록 한다.
- 화재 경보장치나 자동차에서의 후방거리 안내 표시등 등은 경보장치의 역할을 수행한다.

9. 특수 절차서의 제공

- 사고 발생 시 안전한 사용을 위한 매뉴얼, 대처요령 등이 시스템 개발 단계부터 이루어져야 하며 사용자에게 반드시 제공되어야 한다.

7.3. 안전 보호구 및 연구환경 관리

7.3.1. 개인보호구의 종류 및 선정기준

7.3.2. 연구실 설치 운영기준 및 안전정보표지



7.3.1. 개인보호구의 종류 및 선정기준

KEYWORD 보호구의 개요, 보호구 종류, 보호구 선정방법, 보호구 사용 및 관리

개요 연구실에서 사용해야 하는 개인보호구의 종류 및 선정기준에 대해 알아보고 연구실 설치 운영기준 및 안전정보 표지에 대해 알아본다.

- 학습목표**
- ① 연구실 개인보호구의 종류에 대하여 설명할 수 있다.
 - ② 연구활동에 따른 보호구의 종류와 선정방법에 대해 설명할 수 있다.
 - ③ 개인보호구의 사용 및 관리방법에 대해 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 보호구의 개요에 대하여 설명할 수 있다.

보호구의 개요

- 개인보호구 : 실험실에서 유해화학물질 등을 다루는 등의 발생 가능한 위험로부터 연구자의 안전을 지켜주는 가장 기본적인 장비이자 최소한의 장치이다. 연구활동에 따라 필요한 개인보호구를 선택하여 착용해야 한다. 노출경로, 신체부위, 위험인자의 특성 등을 고려하여 선택한다. 실험복과 장갑은 반드시 착용해야 한다.
- 파편 및 비산물 등을 방지하기 위한 기계장치의 방호덮개나 분진이나 가스 등 유해물질을 제거하기 위한 국소배기장치는 개인보호구라 하지 않는다.
- 개인보호구에 완전히 의존하여 기계·기구 설비의 보완이나 연구실 환경 개선을 소홀히해서는 안 된다.
- 아무리 좋은 보호구라 해도 실험 조건이나 환경에 적합한 보호구를 잘 선택하고 착용을 철저히 하지 않으면 그 효과를 기대할 수 없다.
- 개인보호구의 올바른 선택과 착용 방법, 관리 요령 등에 대한 지속적인 교육이 필요하다.

2

학습내용

- 연구활동에 따른 보호구의 종류와 선정 방법에 관해 설명할 수 있다.

보호구의 종류

1. 호흡용 보호구

1.1 기능별 종류

〈표-44〉 호흡용 보호구의 기능별 종류

분류	공기정화식		공기공급식	
	비전동식	전동식	송기식	자급식
안면부 등의 형태	전면형, 반면형, 1/4형	전면형, 반면형	전면형, 반면형, 페이스실드, 후드	전면형
보호구명	방진마스크, 방독마스크, 겸용마스크 (방진방독)	전동팬부착 방진마스크, 방독마스크, 겸용마스크 (방진방독)	송기마스크, 호스마스크	공기호흡기(개방식), 산소호흡기(폐쇄식)

(1) 공기정화식 : 오염공기를 여과재 또는 정화통을 통과시켜 오염물질을 제거하는 방식. 비전동식과 전동식으로 분류

- ① 비전동식: 별도의 송풍장치 없이 오염공기가 여과재 또는 정화통을 통과한 뒤 정화된 공기가 안면부로 가도록 고안된 형태
- ② 전동식: 오염공기가 여과재 또는 정화통을 통과한 뒤 정화된 공기가 안면부로 가도록 고안된 것으로서 이 때 송풍장치를 사용한 형태

(2) 공기공급식 : 공기 공급관, 공기호스 또는 자급식 공기원(산소탱크 등)을 가진 호흡용 보호구. 송기식과 자급식으로 분류

- ① 송기식: 공기호스 등으로 호흡용 공기를 공급할 수 있도록 설계된 형태
- ② 자급식: 사용자의 몸에 지닌 압력공기실린더, 압력산소실린더, 또는 산소발생장치가 작동되어 호흡용 공기가 공급되도록 한 형태

1.2. 사용 장소별 종류

1.2.1 입자상 오염물질 발생 장소

오염물질의 종류에 따라 방진마스크 또는 겸용마스크(방진·방독)를 착용한다. 분진, 미스트, 흙 등의 입자상 오염물질이 발생하는 연구실에서만 착용 가능하다. 산소결핍(산소농도 18% 이하)의 위험이 있거나 가스나 증기 상태의 유해물질이 존재하는 곳에서는 절대 착용해서는 안 된다.

오염물질 발생장소	마스크 등급
베릴륨, 비소 등과 같이 독성이 강한 물질을 함유한 분진이 발생하거나 미생물과 같이 미세한 미립자상의 오염물이 발생하는 장소	특급
금속흄이나 석면 등과 같이 열적, 기계적으로 생기는 미립자상 오염물이 발생하는 장소	1급
특급 및 1급 호흡용 보호구 착용장소를 제외한 입자상 오염물이 발생하는 장소	2급

1.2.2 가스 및 증기의 오염물 발생 장소

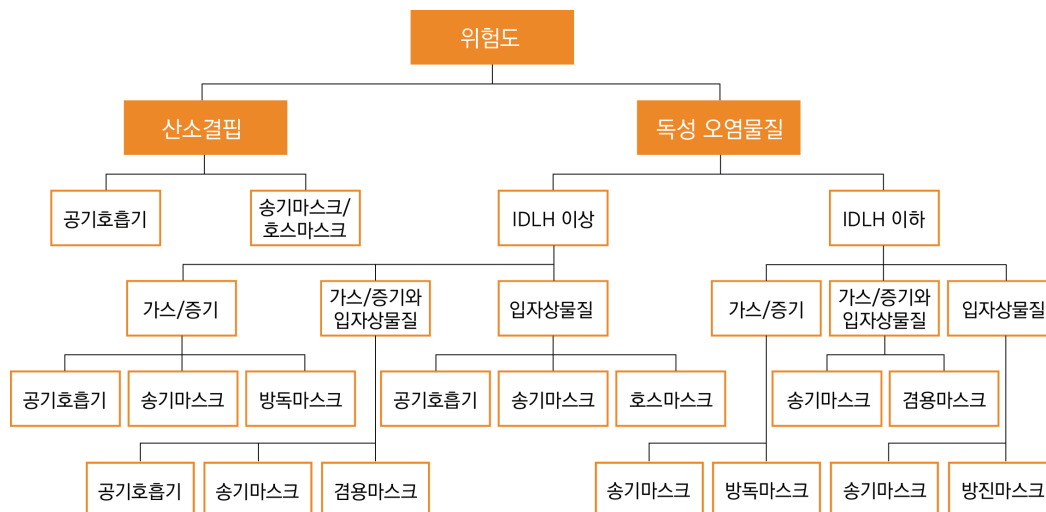
오염 가스 및 증기의 종류에 따라 방독마스크 또는 검용마스크(방진·방독)를 착용한다. 황산, 염산, 질산 등의 산성 물질이 발생하는 연구실, 각종 복합 유기용제 등이 존재하는 연구실 및 가스상의 물질과 액체나 고체상태의 물질이 고온에 의해서 증발하여 발생하는 증기 발생 연구실 등에서 착용한다.

오염물질 발생장소	마스크 등급
유기화합물의 가스 또는 증기가 발생하는 장소	유기가스용
할로겐 가스 또는 증기가 발생하는 장소	할로겐가스용
일산화탄소가 발생하는 장소	일산화탄소용
암모니아가 발생하는 장소	암모니아용
아황산가스가 발생하는 장소	아황산가스용
아황산가스 및 황의 증기 또는 분진이 발생하는 장소	아황산·황용

1.3 방독마스크 사용 시 제한 및 주의사항

- (1) 고농도 연구실이나 산소결핍의 위험이 있는 연구실(밀폐공간 등)에서는 절대 사용해서는 안 된다.
- (2) 정화통의 종류에 따라 사용한도시간(파과시간)이 있으므로 마스크 사용 시간을 기록한다.
- (3) 마스크 착용 중 가스 냄새가 나거나 숨쉬기가 답답하다고 느낄 때는 즉시 사용을 중지하고 새로운 정화통으로 교환해야 한다.
- (4) 정화통은 사용자가 쉽게 이용할 수 있는 곳에 보관한다.

1.4 호흡용 보호구 선정 절차



※ IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health) : 생명 또는 건강에 즉각적인 위험을 초래할 수 있는 농도

2. 안면 보호구

공기 중에 떠다니는 감염성 물질 및 유해물질이 튀는 등 눈이 노출되는 위험을 예방하기 위해 사용한다. 화학적, 물리적 위험과 자외선(UV)이나 적외선(IR)과 같은 비전리방사선 등의 위험으로부터 눈과 안면을 보호한다.

2.1 종류

(1) 보안경(Safety glasses)

튀는 물체나 위해물로부터 눈을 보호하는 데 사용한다. 안경을 착용하는 연구활동종사자의 경우 안경 위에 덮여서 쓸 수 있는 보안경을 사용해야 한다. 자외선이나 레이저 사용 시에는 차광 보안경을 사용해야 한다.

(2) 고글(Goggle)

유해성이 높은 분진이나 화학물질의 튼 방지 및 액체로부터 눈을 보호하기 위해 사용한다. 사용하는 유해물질의 성상에 따라 통풍구가 없거나, 기체만 통과 가능한 통풍구가 있거나 액체까지 통과하는 통풍구가 있는 고글 중에서 선택한다.

(3) 보안면(Face shield)

안면 전체 보호 필요 시 사용한다.

- 다량의 위험한 유해성 물질이나 기타 파편이 튼으로 인한 위험이 발생할 우려가 있을 때
- 고압멸균기에서 가열된 액체를 꺼낼 때
- 액체질소를 취급할 때
- 반응성이 매우 크거나 고농도의 부식성 화학물질을 다룰 때
- 진공 및 가압을 이용하는 유리 기구를 다룰 때

3. 보호복

물리적, 화학적 그리고 생물학적으로 신체 및 피부를 보호하기 위하여 일상복 위에 착용한다.

3.1 종류

(1) 일반 실험복(Laboratory coat, Lab coat)

일반적인 실험 시 착용한다. 일상복과 분리하여 보관한다.

(2) 화학물질용 보호복

화학물질 취급 실험이나 동물, 특정 생물 실험 등에서 주로 사용한다. 용도에 맞는 재질의 실험복을 사용한다. 산업안전보건공단(KOSHA) 화학물질용 보호복의 구분은 아래와 같다.

형식		형식구분 기준
1형식	1a형식	보호복 내부에 개방형 공기호흡기와 같은 대기와 독립적인 호흡용 공기공급이 있는 가스 차단 보호복
	1a형식(긴급용)	긴급용 1a 형식 보호복
	1b형식	보호복 외부에 개방형 공기호흡기와 같은 호흡용 공기공급이 있는 가스 차단 보호복
	1b형식(긴급용)	긴급용 1b 형식 보호복
	1c형식	공기라인과 같은 양압의 호흡용 공기가 공급되는 가스 차단 보호복
2형식	공기라인과 같은 양압의 호흡용 공기가 공급되는 가스 비차단 보호복	
3형식	액체 차단 성능을 갖는 보호복, 만일 후드, 장갑, 부츠, 안면창(visor) 및 호흡용 보호구가 연결되는 경우에도 액체 차단 성능을 가져야 한다.	
4형식	분무 차단 성능을 갖는 보호복, 만일 후드, 장갑, 부츠, 안면창(visor) 및 호흡용 보호구가 연결되는 경우에도 분무 차단 성능을 가져야 한다.	
5형식	분진 등과 같은 에어로졸에 대한 차단 성능을 갖는 보호복	
6형식	미스트에 대한 차단 성능을 갖는 보호복	

(3) 앞치마

특별한 화학물질, 생물체, 방사성동위원소, 또는 액체질소 등을 취급할 때, 많은 주의가 요구되는 경우 추가적으로 신체를 보호하기 위하여 거나, 방수 등을 하기 위하여 필요 시 실험복 위에 착용한다. 차단되어야 하는 물질에 따라 소재와 종류를 구분하여 선택한다.

4. 보호장갑

위험물 및 화합물, 실험 재료로부터 손을 보호하는 장비이다.

4.1 종류

(1) 1회용 장갑

연구실에서 가장 일반적으로 사용하는 장갑. 폴리글로브, 니트릴 장갑, 라텍스장갑 등.

- 폴리글로브(poly glove) : 물기 있는 작업이나 마찰, 열, 화학물질에 약하며 가벼운 작업에 적합하다.
- 니트릴글로브(nitrile glove) : 기름 성분에 잘 견딘다.
- 라텍스글로브(latex glove) : 탄력성이 제일 좋고 편하다.

(2) 재사용 장갑

- 액체질소 글로브(cryogenic glove) : 액체질소 자체를 다루거나 액체질소 탱크의 시료를 취급할 때 또는 초저온냉동고 시료를 취급할 때 사용한다.
- 클로로프렌 혹은 네오플렌 글로브 : 화학물질이나 기름, 산·염기, 세제, 알코올이나 용매를 많이 다루는 화학 관련 산업 분야에서 많이 사용된다.
- 테프론글로브 : 내열 및 방수성 우수하다.
- 방사선동위원소용 장갑 : 낱이 포함된 장갑과 낱이 없는 장갑 등이 있다.

(3) 앞치마

특별한 화학물질, 생물체, 방사선동위원소, 또는 액체질소 등의 취급으로 인하여 많은 주의가 요구되는 경우 추가적으로 신체를 보호를 위해 사용. 필요 시 실험복 위에 착용해야 한다.

(4) 절연용 장갑

고압전기를 취급하는 실험을 할 때 사용. 사용전압에 맞는 등급의 절연용 장갑을 선택한다.

5. 안전화

연구실에서는 앞이 막히고 발등이 덮이면서 구멍이 없는 신발을 착용해야 한다. 구멍이 뚫린 신발, 슬리퍼, 샌들, 천으로 된 신발 등은 유해물질이나 날카로운 물체에 노출될 가능성이 많으므로 착용해서는 안 된다.

5.1 종류

종류	성능구분
가죽제안전화	물체의 낙하, 충격 또는 날카로운 물체에 의한 찰림 위험으로부터 발을 보호하기 위한 것
고무제안전화	물체의 낙하, 충격 또는 날카로운 물체에 의한 찰림 위험으로부터 발을 보호하고 내수성을 겸한 것
정전기안전화	물체의 낙하, 충격 또는 날카로운 물체에 의한 찰림 위험으로부터 발을 보호하고 정전기의 인체대전을 방지하기 위한 것
발등안전화	물체의 낙하, 충격 또는 날카로운 물체에 의한 찰림 위험으로부터 발 및 발등을 보호하기 위한 것
절연화	물체의 낙하, 충격 또는 날카로운 물체에 의한 찰림 위험으로부터 발을 보호하고 저압의 전기에 의한 감전을 방지하기 위한 것
절연장화	고압에 의한 감전을 방지 및 방수를 겸한 것
화학물질용 안전화	물체의 낙하, 충격 또는 날카로운 물체에 의한 찰림 위험으로부터 발을 보호하고 화학물질로부터 유해위험을 방지하기 위한 것

6. 청력보호구

소음이 85dB을 초과하는 실험을 할 때에 청력보호구 착용해야 한다.

6.1 종류

(1) 일회용 귀마개(폼형 귀마개)

소음이 지속적으로 발생하여 장시간 동안 착용해야 하는 경우나 높은 차음률이 필요할 때 착용한다.

(2) 재사용 귀마개

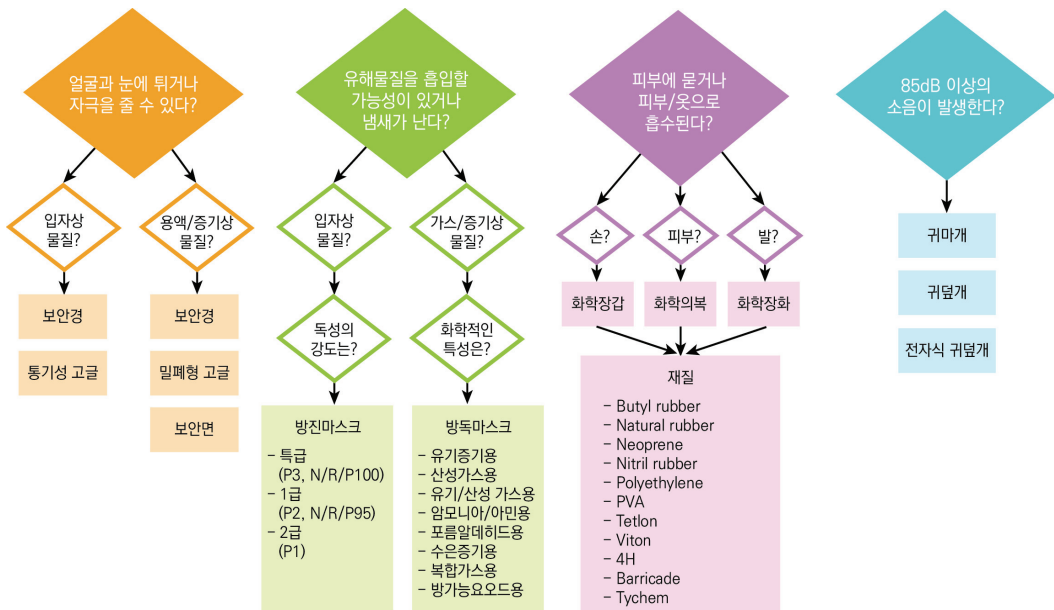
실리콘이나 고무 재질로 만들어 세척이 가능하므로 소음이 간헐적으로 발생하여 자주 쓰고 벗고를 하는 경우에 착용한다.

(3) 귀덮개

귀에 질병이 있어 귀마개를 착용할 수 없는 경우 또는 일관된 차음효과를 필요로 할 때 착용한다.

보호구 선정방법

연구실책임자는 연구실안전법에 따라 연구활동(취급물질)에 적합한 보호구를 비치하고 연구활동종사자로 하여금 착용하도록 해야 한다. 보호구가 중복되는 경우에는 위험도가 높은 연구활동을 우선 고려하여 적합한 보호구를 비치 및 착용한다.



가. 화학 및 가스

연구활동	보호구
다량의 유기용제 및 부식성 액체 및 맹독성 물질 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 내화학성 장갑 ²⁾ , 내화학성 앞치마 ²⁾ , 호흡보호구 ³⁾
인화성 유기화합물 및 화재·폭발 가능성 있는 물질 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 보안면, 내화학성 장갑 ²⁾ , 방진마스크, 방염복
독성가스 및 발암물질, 생식독성물질 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 내화학성 장갑 ²⁾ , 호흡보호구 ³⁾

나. 생물

연구활동	보호구
감염성 또는 잠재적 감염성이 있는 혈액, 세포, 조직 등 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 일회용 장갑 ²⁾ , 수술용 마스크 또는 방진마스크 ⁴⁾
감염성 또는 잠재적 감염성이 있으며 물릴 우려가 있는 동물 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 일회용 장갑 ²⁾ , 수술용 마스크 또는 방진마스크 ⁴⁾ , 잘림방지 장갑, 방진모, 신발덮개
제1위험군 ⁵⁾ 에 해당하는 바이러스, 세균 등 감염성 물질 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 일회용 장갑 ²⁾
제2위험군 ⁵⁾ 에 해당하는 바이러스, 세균 등 감염성 물질 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 일회용 장갑 ²⁾ , 호흡보호구 ³⁾

다. 물리(기계, 방사선, 레이저 등)

연구활동	보호구
고온의 액체, 장비, 화기 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 내열장갑
액체질소 등 초저온 액체 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 방한 장갑
낙하 또는 전도 가능성 있는 중량물 취급	보호장갑 ²⁾ , 안전모, 안전화
압력 또는 진공 장치 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 보호장갑 ²⁾ , 안전모, (필요에 따라 보안면 착용)
큰 소음(85dB이상)이 발생하는 기계 또는 초음파기기 취급 및 환경	귀마개 또는 귀덮개
날카로운 물건 또는 장비 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , (필요에 따라 잘림방지 장갑 착용)
방사성 물질 취급	방사선보호복, 보안경 또는 고글 ¹⁾ , 보호장갑 ²⁾
레이저 및 UV 취급	보안경 또는 고글 ¹⁾ , 보호장갑 ²⁾ , (필요에 따라 방염복 착용)
감전위험이 있는 전기기계·기구 또는 전로 취급	절연보호복, 보호장갑 ²⁾ , 절연화
분진·미스트·흙 등이 발생하는 환경 또는 나노 물질 취급	고글, 보호장갑 ²⁾ , 방진마스크
진동이 발생하는 장비 취급	방진장갑

- 취급 유해인자에 따라 연구활동종사자 보호를 위하여 필요하다고 인정되는 보호구는 추가 비치 및 착용한다.
- 제1호 및 제2호에 해당하는 보호구는 「보호구 안전인증 고시」 및 「보호구 자율안전확인 고시」의 기준에 적합하여야 한다.

• 비교

- 1) 취급물질에 따라 적합한 보호기능을 가진 보안경 또는 고글 선택
- 2) 취급물질에 따라 적합한 재질 선택
- 3) 취급물질에 따라 적합한 정화능력 및 보호기능을 가진 방진마스크 또는 방독마스크 또는 방진·방독검용마스크 등 선택
- 4) 취급물질에 따라 적합한 보호기능을 가진 수술용 마스크 또는 방진마스크 선택
- 5) 「유전자재조합실험지침」 제5조에 따른 생물체의 위험군

3

학습내용

- 개인보호구의 사용 및 관리방법에 대해 설명할 수 있다.

보호구의 사용 및 관리방법

1. 개인보호구 착용 및 탈의

- 개인보호구의 착용은 실험복부터, 탈의는 실험장갑부터 실시한다.
- 직접적으로 유해물질을 접촉하는 장갑의 경우, 다른 보호구를 오염시키지 않기 위해 착용은 가장 나중에, 탈의는 가장 먼저 해야 한다.
 - 착용은 실험복 - 호흡보호구 - 고글 - 장갑의 순으로 진행
 - 탈의는 장갑 - 고글 - 호흡보호구 - 실험복의 순으로 진행
- 실험복은 계절에 상관없이 평상복을 모두 덮을 수 있는 긴소매여야 한다.
 - 연구기관 내에서 직접 세탁 또는 위탁 세탁하여야 하며, 감염성 물질에 오염된 실험복을 개인 가정으로 반출하지 아니하여야 한다.
 - 사무실, 화장실 등의 일반구역에는 실험복을 탈의하고 출입하여야 한다.
- 호흡보호구는 화학물질의 가스/증기에 노출 또는 감염성이 있는 에어로졸의 흡입 가능성이 있거나 잠재적으로 오염된 공기에 노출될 수 있는 실험을 수행할 때 착용한다.
 - 사용자의 얼굴에 적합한 마스크를 선정하고, 올바르게 착용하였는지 확인하기 위한 밀착도 검사(fit test)를 실시하고 착용하여야 한다.

- 착용 시 코, 입, 뺨 위로 잘 배치하여 호흡기를 덮도록 하고, 연결 끈은 귀 위와 뒷목으로 위치되게 묶고 코 부분의 클립을 눌러 코에 밀착시켜야 한다.
- 고글 및 보안면은 실험 수행 방법 및 취급물질 등에 따른 위험성 평가를 실시하고, 그 결과에 따라 착용해야 한다.
 - 착용 시 보호하고자 하는 안면 범위를 모두 덮었는지 확인하여야 한다.
 - 탈의 시 오염되지 않은 부분을 장갑 끼지 않은 손으로 잡고 그대로 앞으로 빼야 한다.
- 실험장갑은 취급물질, 실험방법 등을 고려하여 적절한 장갑을 반드시 착용해야 한다.
 - 착용 시 실험복을 장갑 목 부분 아래로 넣어 틈이 생기지 않도록 유의해야 한다.

2. 개인보호구 사용 후 주의사항

- 개인보호구를 적절하게 관리하는 기본적인 방법
 - 청결하고 깨끗하게 관리하여 사용자가 착용했을 때 불쾌함이 없어야 한다.
 - 다른 사용자들과 공유하지 아니하여야 한다.
 - 사용 후 지정된 보관함에 청결하게 배치하여 다른 유해물질에 노출되지 않도록 한다.
 - 개인보호구 보관장소는 명확하게 표기되어 있어야 한다.
 - 구체적인 제조사 안내에 따라 개인보호구의 용도를 표기해 놓아야 한다.
 - 용도를 정확하게 표기하는 스티커와 로고가 부착되어야 한다.

3. 관리 및 유지 조건

- 연구자 안전을 위해서는 개인보호구에 대한 지속적인 관리가 필요하다.
 - 모든 개인보호구는 사용 전 육안 점검을 통해 파손 여부를 확인해야 한다.
 - 개인보호구가 파손됐을 경우, 보호구를 교체하거나 폐기해야 한다.
 - 개인보호구는 제조사의 안내에 따라 보관되어야 한다.
 - 호흡보호구의 경우, 필터의 유효기간을 확인하고 정기적인 교체가 필요하다.
 - 필터 교체일 또는 교체 예정일을 표기해야 함(보관함 전면에 유효기간 및 수량 표기)
 - 개인보호구는 쉽게 파손되지 않는 자리에 배치해 두어야 한다.
 - 개인보호구는 연구활동종사자, 방문자들이 쉽게 찾을 수 있는 장소에 배치해야 한다.

개인보호구 종류		점검 시점	주의 사항
실험복	내화학 보호복	사용 전, 후의 정기적인 육안점검	주기적인 확인 필요 • 제조사의 사용 시간 가이드를 참조해야 함 • 위험한 물질(생물, 농약 포함)에 의한 오염, 손상되거나 변색 되었을 경우
	특수기능성 보호복	사용 전, 후의 정기적인 육안점검	주기적인 확인 필요 • 제조사의 사용 시간 가이드를 참조해야 함 • 위험한 물질(생물, 농약 포함)에 의한 오염, 물리적 손상(납거나 찢긴 부분) 열에 의한 손상(탄화, 탄 구멍, 변색) 부서지거나 변형된 부분 방화복에 대한 지속적인 평가
눈 및 안면 보호구	보안경 고글 보안면	-	주기적인 육안 검사를 통해 렌즈 부분의 흠집, 깨짐, 거품, 선줄, 물질 자국이 없도록 검토 검토 중에는 빛이 잘 보이는 곳에서 진행하면서, 검사 중에도 안경보호를 착용하면서 검토 자동 용접 기계를 활용해 렌즈 검토 진행
신발	안전하고 보호 가능한 신발	사용 전, 후의 육안점검	뚫림, 변형 등의 손상이 있으면 즉시 교체
	절연 장갑	사용 전 육안점검	장갑의 입구 부분을 막고 공기를 주입한 뒤 구멍이 있는지 확인 구멍이 발견되면 폐기

참고자료

- 연구활동종사자를 위한 보건관리 Chapter 4. 보호구 착용 및 안전설비(P86~95), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 연구실 설치·운영 가이드라인 제3부(분야별 설치·운영 가이드라인) 및 부록(개인보호구의 종류 및 사용방법), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

7.3.2. 연구실 설치 운영기준 및 안전정보표지

KEYWORD 주요구조부, 안전설비, 안전장비, 안전정보표지

개요 연구실의 주요구조부, 안전설비 및 장비에 대한 설치 운영기준에 대해 알아보고 안전정보 표지에 대해 이해한다.

- 학습목표**
- ① 연구실 주요구조부에 대한 설치운영기준에 대해 설명할 수 있다.
 - ② 연구실 안전설비 및 안전장비에 대한 설치 운영기준에 대해 설명할 수 있다.
 - ③ 연구실안전에 필요한 안전정보표지에 대해 설명할 수 있다.

1 학습내용

- 연구실 주요구조부에 대한 설치운영기준에 대해 설명할 수 있다.

주요 구조부

- 연구실 위험도 구분
 - 고위험연구실 : 연구개발활동 중 연구활동종사자의 건강에 위험을 초래할 수 있는 유해인자를 취급하는 연구실을 의미하며 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령 제11조제2항에 해당하는 연구실
 - 저위험연구실 : 연구개발활동 중 유해인자를 취급하지 않아 사고발생 위험성이 현저하게 낮은 연구실을 의미하며 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령 별표3의 조건을 충족하는 연구실
 - 중위험연구실 : 저위험연구실, 고위험연구실에 해당하지 않는 연구실
- 연구실 위험도에 따른 주요 구조부의 설치 기준

구분	설치	준수사항	연구실위험도		
			저위험	중위험	고위험
공간분리	설치	연구·실험공간과 사무공간 분리	권장	권장	필수
벽 및 바닥	설치	기밀성 있는 재질, 구조로 천장, 벽 및 바닥 설치	권장	권장	필수
		바닥면 내 안전구획 표시	권장	필수	필수
출입통로	설치	출입구에 비상대피표지(유도등 또는 출입구·비상구 표지) 부착	필수	필수	필수
		사람 및 연구장비·기자재 출입이 용이하도록 주 출입통로 적정 폭, 간격 확보	필수	필수	필수
조명	설치	연구활동 및 취급물질에 따른 적정 조도값 이상의 조명장치 설치	권장	필수	필수

- 공간분리 : 연구공간과 사무공간은 별도의 통로나 방호벽으로 구분

- 벽 및 바닥
 - 천장높이 : 2.7m 이상 권장
 - 벽 및 바닥 : 기밀성 있고 내구성이 좋으며 청소가 쉬운 재질. 안전구획 표시
 - 출입통로 : 비상대피표지(유도등, 비상구 등), 적정 폭(90cm 이상) 확보
- 조명 : 일반연구실은 최소 300lux, 정밀작업 수행 연구실 최소 600lux이상

2 학습내용

- 연구실 안전설비 및 안전장비에 대한 설치 운영기준에 대해 설명할 수 있다.

안전설비 및 안전장비

- 연구실 위험도에 따른 안전설비 설치 및 운영 기준

구분		준수사항	연구실위험도		
			저위험	중위험	고위험
환기설비	설치	기계적인 환기설비 설치	권장	권장	필수
		국소배기설비 배출공기에 대한 건물 내 재유입 방지 조치	권장	권장	필수
	운영	주기적인 환기설비 작동상태(배기팬 훼손상태 등) 점검	권장	권장	필수
가스설비	설치	조연성가스와 가연성가스 분리보관	-	필수	필수
		가스용기 전도방지장치 설치	-	필수	필수
		취급 가스에 대한 경계, 식별, 위험표지 부착	-	필수	필수
		가스누출검지경보장치 설치	-	필수	필수
	운영	사용 중인 가스용기와 사용 완료된 가스용기 분리보관	-	필수	필수
		가스배관 내 가스의 종류 및 방향 표시	-	필수	필수
		주기적인 가스누출검지경보장치 성능 점검	-	필수	필수
전기설비	설치	분전반 접근 및 개폐를 위한 공간 확보	권장	필수	필수
		분전반 분기회로에 각 장치에 공급하는 설비목록 표기	권장	필수	필수
		고전압장비 단독회로 구성	권장	필수	필수
		전기기기 및 배선 등의 모든 충전부 노출방지 조치	권장	필수	필수
	운영	콘센트, 전선의 허용전류 이내 사용	필수	필수	필수
소방설비	설치	화재감지기 및 경보장치 설치	필수	필수	필수
		취급 물질로 인해 발생할 수 있는 화재유형에 적합한 소화기 비치	필수	필수	필수
		연구실 내부 또는 출입문, 근접 복도 벽 등에 피난안내도 부착	필수	필수	필수
	운영	주기적인 소화기 충전상태, 손상여부, 압력저하, 설치불량 등 점검	필수	필수	필수

• 연구실 위험도에 따른 안전장비 설치 및 운영 기준

구분	준수사항	연구실위험도			
		저위험	중위험	고위험	
긴급 세척장비	설치	연구실 및 인접 장소에 긴급세척장비(비상샤워장비 및 세안장비) 설치	-	필수	필수
		긴급세척장비 안내표지 부착	-	필수	필수
	운영	주기적인 긴급세척장비 작동기능 점검	-	필수	필수
시약장	설치	강제배기장치 또는 필터 등이 장착된 시약장 설치	-	권장	필수
		충격, 지진 등에 대비한 시약장 전도방지조치	-	필수	필수
	운영	시약장 내 물질 물성이나 특성별로 구분 저장(상호 반응물질 함께 저장 금지)	-	필수	필수
		시약장 내 모든 물질 명칭, 경고표지 부착	-	필수	필수
		시약장 내 물질의 유통기한 경과 및 변색여부 확인·점검	-	필수	필수
		시약장별 지장 물질 관리대장 작성·보관	-	권장	필수
국소배기 장비 등	설치	흡후드 등의 국소배기장비 설치	-	필수	필수
		적합한 유형, 성능의 생물안전작업대 설치	-	권장	필수
	운영	흡, 가스, 미스트 등의 유해인자가 발생되거나 병원성미생물 및 감염성물질 등 생물학적 위험 가능성이 있는 연구개발활동은 적정 국소배기장비 안에서 실시	-	필수	필수
		주기적인 흡후드 성능(제어 풍속) 점검	-	필수	필수
		흡후드 내 청결상태 유지	-	필수	필수
		생물안전작업대 내 UV램프 및 헤파필터 점검	-	필수	필수
폐기물 저장장비	설치	「폐기물관리법」에 적합한 폐기물 보관 장비·용기 비치	-	필수	필수
		폐기물 종류별 보관표지 부착	-	필수	필수
	운영	폐액 종류, 성상별 분리 보관	-	필수	필수
		연구실 내 폐기물 보관 최소화 및 주기적인 배출·처리	-	필수	필수

• 기타 연구실 설치 및 운영 기준

구분		준수사항	연구실위험도		
			저위험	중위험	고위험
연구·실험 장비	설치	취급하는 물질에 내화학성을 지닌 실험대 및 선반 설치	권장	권장	필수
		충격, 지진 등에 대비한 실험대 및 선반 전도방지조치	권장	필수	필수
		레이저장비 접근 방지장치 설치	-	필수	필수
		규격 레이저 경고표지 부착	-	필수	필수
		고온장비 및 초저온용기 경고표지 부착 장비	-	필수	필수
		불활성 초저온용기 지하실 및 밀폐된 공간에 보관·사용 금지	-	필수	필수
		불활성 초저온용기 보관장소 내 산소농도측정기 설치	-	필수	필수
	운영	레이저장비 사용 시 보호구 착용	-	필수	필수
	고출력 레이저 연구·실험은 취급·운영 교육·훈련을 받은 자에 한해 실시	-	권장	필수	
일반적 연구실 안전수칙	운영	연구실 내 음식물 섭취 및 흡연 금지	필수	필수	필수
		연구실 내 취침 금지(침대 등 취침도구 반입 금지)	필수	필수	필수
		연구실 내 부적절한 복장 착용 금지(반바지, 슬리퍼 등)	권장	필수	필수
화학물질 취급·관리	운영	취급하는 물질에 대한 물질안전보건자료(MSDS) 게시·비치	-	필수	필수
		성상(유해 특성)이 다른 화학물질 혼재보관 금지	-	필수	필수
		화학물질과 식료품 혼용 취급·보관 금지	-	필수	필수
		유해화학물질 주변 열, 스파크, 불꽃 등의 점화원 제거	-	필수	필수
		연구실 외 화학물질 반출 금지	-	필수	필수
		화학물질 운반 시 트레이, 버킷 등에 담아 운반	-	필수	필수
		취급물질별 적합한 방제약품 및 방제장비, 응급조치 장비 구비	-	필수	필수
기계·기구 취급·관리	설치	기계·기구별 적정 방호장치 설치	-	필수	필수
	운영	선반, 밀링장비 등 협착 위험이 높은 장비 취급 시 적합한 복장 착용(긴 머리는 묶고 헐렁한 옷, 불필요 장신구 등 착용 금지 등)	-	필수	필수
		연구·실험 미실시 시 기계·기구 정지	-	필수	필수
생물체 취급·관리	설치	출입구 잠금장치(카드, 지문인식, 보안시스템 등) 설치	-	권장	필수
		출입문 앞 생물안전표지 부착	-	필수	필수
		고압증기멸균기 설치	-	권장	필수
		에어로졸의 외부 유출 방지기능이 있는 원심분리기 설치	-	권장	필수
	운영	출입대장 비치 및 기록	-	권장	필수
		연구·실험 시 기계식 피펫 사용	-	필수	필수
		연구·실험 폐기물은 생물학적 활성을 제거 후 처리	-	필수	필수

3



학습내용

- 연구실안전에 필요한 안전정보표지에 대해 설명할 수 있다.

안전정보표지





- 출입문 밖에 부착하여 연구실 내로 들어오는 출입자에게 경고의 의미를 부여하여야 하며, 또한 각종 위험 기구에 별도로 부착해야 한다.
 - 출입문에 부착 비치
 - 연구실 건물의 현관, 또는 연구실이 밀집된 층의 중앙 복도에 공통적인 표지 부착
 - 각 연구실 출입문에 필요한 위험표지 부착
 - 각 실험장비의 특성에 따라 안전표지 부착
 - 각 실험 기구 보관함에 보관 물질 특성에 따라 안전표지 부착
- 안전정보표지의 종류

상태 경고 표지		
표지내용	용어 및 의미	적용 장소 및 대상 분야
	고온경고	<ul style="list-style-type: none"> • 고온으로 화상의 우려가 있는 가구, 장소 • 고온로, 각종 히터 • 고온 발열 챔버, 탱크, 반응기구
	저온경고	<ul style="list-style-type: none"> • 저온으로 동상의 우려가 있는 가구, 장소 • 저온로, 저온 창고, 저온 챔버, 액체질소 액체 헬륨 등 액화 가스류 • 기타 저온으로 인한 인체 손상 우려가 있는 장소나 가구
	전파발생지역	<ul style="list-style-type: none"> • 위해전자파 또는 고출력의 전자장 장애 장소 • 각종 전자파 발생 기기 휴대 금지 지역
	소음 발생	<ul style="list-style-type: none"> • 난청의 우려가 있는 소음 발생 지역 • 귀 덮개를 필수 착용할 장소
	자기장발생장	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 고자계, 강자기장 발생 장소 • 각종 전자파 장애가구 휴대 금지 지역
	고압가스	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 고압가스 취급 장소
	누출 경보	<ul style="list-style-type: none"> • 부득이한 경우 또는 고장이나 사고 등으로 위험물질이 누출될 위험이 있는 장소

금지 표시		
표지내용	용어 및 의미	적용 장소 및 대상 분야
	금연	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 연구실 • 실험 주변 공간 • 전체 실내 공간
	화기엄금	<ul style="list-style-type: none"> • 고 위험물 취급 장소 • 가연성 물질, 가스류, 가연성 분진 취급 장소 • 기타 화재 위험 장소 • 전체 분야 공통

물질 경고 표시		
표지내용	용어 및 의미	적용 장소 및 대상 분야
	인화물질 경고	<ul style="list-style-type: none"> • 인화성, 화재 위험이 큰 물질 보관 취급 • 상온 증류성 물질로서 화재위험이 많은 물질 보관 취급
	부식성물질 경고	<ul style="list-style-type: none"> • 강산성, 강 알칼리성 등으로 접촉 시 부식이 강한 물질 보관 취급 • 기타 특정물질의 부식성능이 강한 물질 보관 취급
	발암성, 변이원성, 생식독성물질 경고	<ul style="list-style-type: none"> • 발암성, 변이원성, 생식독성, 호흡기과민성 물질 보관 취급 • 조직 손상, 기관지 손상, 소화기계 손상 물질 보관 취급
	경고	<ul style="list-style-type: none"> • 눈에 심한 자극을 일으킴 • 삼키면 유해함
	수생환경유해성	<ul style="list-style-type: none"> • 무단 방류, 폐기 시 환경 파괴의 수생환경 위험 물질의 취급 보관
	유전자변형물질	<ul style="list-style-type: none"> • 유전자 변형 실험의 부산물 취급, 보관 연구 장소
	유해물질 경고	<ul style="list-style-type: none"> • 건강상 흡입, 노출이 위해를 일으키는 물질 보관 취급
	폭발성 물질 경고	<ul style="list-style-type: none"> • 충격 또는 자연적 폭발물 저장 보관 및 취급
	접지 표시	<ul style="list-style-type: none"> • 금속제 외함의 전기사용기구 • 고전압 발생 전기장치 기구 • 전자파 발생 기구, 전자파 장애 발생 기구 • 정전기 방지 조치가 필요한 기구
	방사능 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 방사능 폐기 물질 또는 폐기 보관 지역, 보관 용기

물질 경고 표시

표지내용	용어 및 의미	적용 장소 및 대상 분야
	방사능 위험	• 방사능 위험기기, 방사능물질 사용기기, 방사능 물질 보관 장소, 방사능 취급 기기
	위험장소, 기구 경고	• 관계자 이외의 접근을 통제하는 장소 • 관계자 이외의 자의 조작을 금하는 기구
	고압전기 위험	• 고압 전기 발생기기, 고전압 전원 • 정전기 발생 기기, 고전압 사용 기기
	유해광선 위험	• 레이저, 방사능, X선, 자외선, 적외선 등의 유해광선 취급 • 고 휘도의 광원, 높은 조도 환경의 작업장

착용 지시 표시

표지내용	용어 및 의미	적용 장소 및 대상 분야
	보안경 착용	• 안구 접촉 위해, 위험물질 취급장소 • 각종 분진, 파편 비산 장소 • 유해광선 취급장소 • 모든 분야의 모든 연구 행위시
	방독 마스크 착용	• 독성 물질 취급 보관 장소 • 장기 손상 위험 물질 취급 보관장소 • 화공, 미생물, 방사능 물질, 기타 위험 물질 취급
	방진 마스크 착용	• 분진 취급 및 보관 장소 • 작업 시 분진 발생 지역
	안전복 착용	• 독성 물질, 부식성 물질 취급 보관 장소 • 세균오염 물질 취급 장소 • 기타 위해 물질 취급 장소 • 작업중 신체 손상 위험 기기 취급 • 모든 분야의 모든 연구 행위시
	안전장갑 착용	• 독성 물질, 부식성 물질 취급 보관 장소 • 세균오염 물질 취급 장소 • 기타 위해 물질 취급 장소 • 작업중 신체 손상 위험 기기 취급
	안전화 착용	• 독성 물질, 부식성 물질 및 기타 위해 물질 취급 장소 • 작업중 신체 손상 위험 기기 취급
	보안면 착용	• 유해광선 취급 장소 • 파편의 비산 장소

소방기기 표시		
표지내용	용어 및 의미	적용 장소
	소화기	• 소화기 비치 장소의 상부 및 측면
	소방호스	• 소방호스 비치 장소의 상부 및 측면
	비상경보기	• 비상경보기 비치 장소의 상부 및 측면
	비상전화	• 비상전화기경보기 비치 장소의 상부 및 측면

안내 표시		
표지내용	용어 및 의미	적용 장소 및 대상 분야
	응급구호 표시	• 응급 구호품 보관 장소 상부 및 측면
	들것	• 들것을 보관한 장소 상부 및 측면
	세안장치	• 세안장치 설치 장소 상부 및 측면
	비상구	• 비상 탈출구와 통로의 탈출구 방향
	좌, 우 비상구	• 비상 탈출구와 통로의 탈출구 방향
	대피소	• 대피소의 출입구

참고자료

- 연구실 설치·운영 가이드라인 제2부 및 제3부 (공동·분야별 설치·운영 가이드라인), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019.
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(법률 제18425호)」 제5조
- 「연구실 안전환경 조성에 관한 시행규칙(과학기술정보통신부령 제85호)」 제3조 및 [별표 1] 등

7.4. 환기 시설(설비) 설치·운영 및 관리

7.4.1. 환기시설의 종류

7.4.2. 환기시설 운영기준



7.4.1. 환기시설의 종류

KEYWORD 환기설비, 전체환기, 국소배기장치, 후드, 덕트, 공기정화장치, 송풍기, 배기구

개요 연구활동종사자들이 연구활동 중 건강에 장애를 줄 수 있는 유해인자(화학적, 생물학적)가 존재하고, 실험실에서 발생하는 화학물질 등이 잔류하지 않도록 유해인자를 관리하고 개선대책을 마련함으로써 연구활동 종사자의 건강에 장애를 예방해야 한다.

학습목표 ① 연구활동종사자가 연구활동 시 유해인자에 노출되지 않도록 환기설비를 이해할 수 있다.

1 학습내용

- 환기설비의 정의를 알 수 있다.

환기설비

- 환기설비의 정의
 1. 환기설비는 유해물질을 건강상 유해하지 않은 농도로 유지하고 유해물질에 의한 화재, 폭발을 방지하거나 열 또는 수증기를 제거하기 위하여 설치하는 전체환기장치와 국소배기장치 등 일체의 환기설비
- 환기설비의 종류
 1. 전체환기
 - 자연환기와 강제환기
 2. 국소배기장치

2 학습내용

- 전체환기, 국소배기장치(후드, 덕트, 공기정화장치, 송풍기, 배기구) 특징 및 환기·배기 시스템의 순서를 이해할 수 있다.

전체환기

- 전체환기의 정의
 1. 자연적 또는 기계적인 방법에 따라 작업장 내의 열수증기 및 유해물질을 희석, 환기시키는 장치 또는 설비로 자연환기와 강제환기가 있다.

- 전체환기의 종류별 특징

1. 자연환기

- 작업장의 창 등을 통하여 작업장 내외의 바람, 온도, 기압 차에 의한 대류작용으로 행해지는 환기
- 설치비 및 유지보수비가 적다.
- 에너지비용을 최소화할 수 있어서 냉방비 절감 효과
- 소음 발생이 적다.
- 외부 기상 조건과 내부 조건에 따라 환기량이 일정하지 않아 제한적
- 환기량 예측 자료를 구하기 힘들다.

2. 강제환기

- 기계적인 힘을 이용하여 강제적으로 환기하는 방식
- 기상변화 등과 관계없이 작업환경을 일정하게 유지 시킬 수 있다.
- 환기량을 기계적으로 결정하므로 정확한 예측이 가능하다.
- 소음 발생이 크고, 설치 및 유지보수비가 많이 소요된다.

- 전체환기 적용 시 조건

1. 유해물질의 발생량이 적고, 독성이 비교적 낮은 경우
2. 동일한 작업장에 다수의 오염원이 분산되어 있는 경우
3. 소량의 유해물질이 시간에 따라 균일하게 발생 될 경우
4. 유해물질이 가스나 증기로 폭발 위험이 있는 경우
5. 배출원이 이동성인 경우
6. 오염원이 작업자가 작업하는 장소로부터 멀리 떨어져 있는 경우
7. 국소배기장치로 불가능할 경우

- 전체환기장치 설치 시 유의사항

1. 배풍기만을 설치하여 열 수증기 및 오염물질을 희석 환기하고자 할 때는 희석공기의 원활한 환기를 위하여 배기구를 설치해야 한다.
2. 배풍기만을 설치하여 열, 수증기 및 유해물질을 희석 환기하고자 할 때는 발생원 가까운 곳에 배풍기를 설치하고, 근로자의 후위에 적절한 형태 및 크기의 급기구나 급기시설을 설치하여야 하며, 배풍기의 작동 시에는 급기구를 개방하거나 급기시설을 가동하여야 한다.
3. 외부 공기의 유입을 위하여 설치하는 배풍기나 급기구에는 외부로부터 열, 수증기 및 유해물질의 유입을 막기 위한 필터나 흡착설비 등을 설치해야 한다.
4. 작업장 외부로 배출된 공기가 당해 작업장 또는 인접한 다른 작업장으로 재유입되지 않도록 필요한 조치를 하여야 한다.

• 필요환기량 산정

1. 유해물질이 발생원으로부터 작업장 내에서 확산되어 이동하는 경우, 유해물질의 농도가 노출기준 미만으로 유지되도록 적절한 필요환기량을 산정해야 한다.
2. 유해물질발생에 따른 전체환기 필요환기량

$$\text{(희석)} \quad Q = \frac{24.1 \times S \times G \times K \times 10^6}{M \times TLV}$$

$$\text{(화재·폭발방지)} \quad Q = \frac{24.1 \times S \times G \times sf \times 100}{M \times LEL \times B}$$

Q : 필요환기량(m³/h)

S : 유해물질의 비중

G : 유해물질의 시간당 사용량(L/h)

K : 안전계수

M : 유해물질의 분자량(g)

TLV : 유해물질의 노출기준(ppm)

LEL : 폭발하한치(%)

B : 온도에 따른 상수

sf : 안전계수

• 1시간당 공기교환횟수(ACH)

$$- \text{ACH} = \frac{\text{필요환기량(m}^3\text{/hr)}}{\text{실험실용적(m}^3\text{)}}$$

국소배기장치

• 국소배기장치의 정의

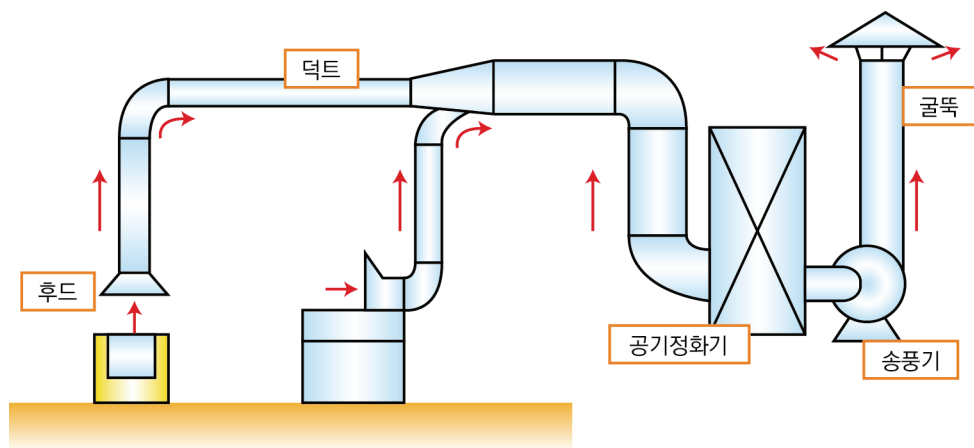
1. 발생원에서 발생하는 유해물질을 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기 및 배기구를 설치하여 배출하거나 처리하는 장치

• 국소배기장치의 적용 시 조건

1. 유해물질의 독성이 강하고, 발생량이 많은 경우
2. 높은 증기압의 유기용제가 발생하는 경우
3. 작업자의 작업 위치가 유해물질 발생원에 가까이 근접해 있는 경우
4. 발생 주기가 균일하지 않은 경우
5. 발생원이 고정된 경우
6. 법적 의무 설치사항인 경우

- 국소배기장치 설치 시 주의사항

1. 국소배기장치는 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기) 및 배기구 순으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.



※ 그림출처 : 안전보건공단

〈그림-47〉 국소배기장치의 설치 계통도

2. 다만, 배풍기의 케이싱이나 임펠러가 유해물질에 의하여 부식, 마모, 폭발 등이 발행하지 아니한다고 인정되는 경우에는 배풍기의 설치 위치를 공기정화장치의 전단에 둘 수 있다.
3. 국소배기장치는 유지보수가 용이한 구조로 해야 한다.

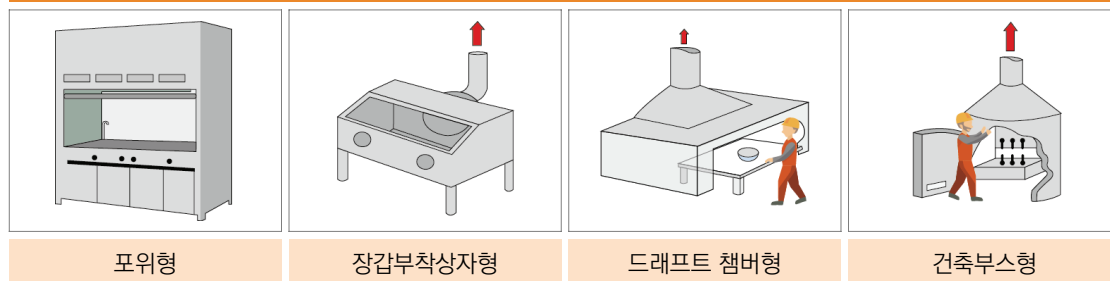
후드

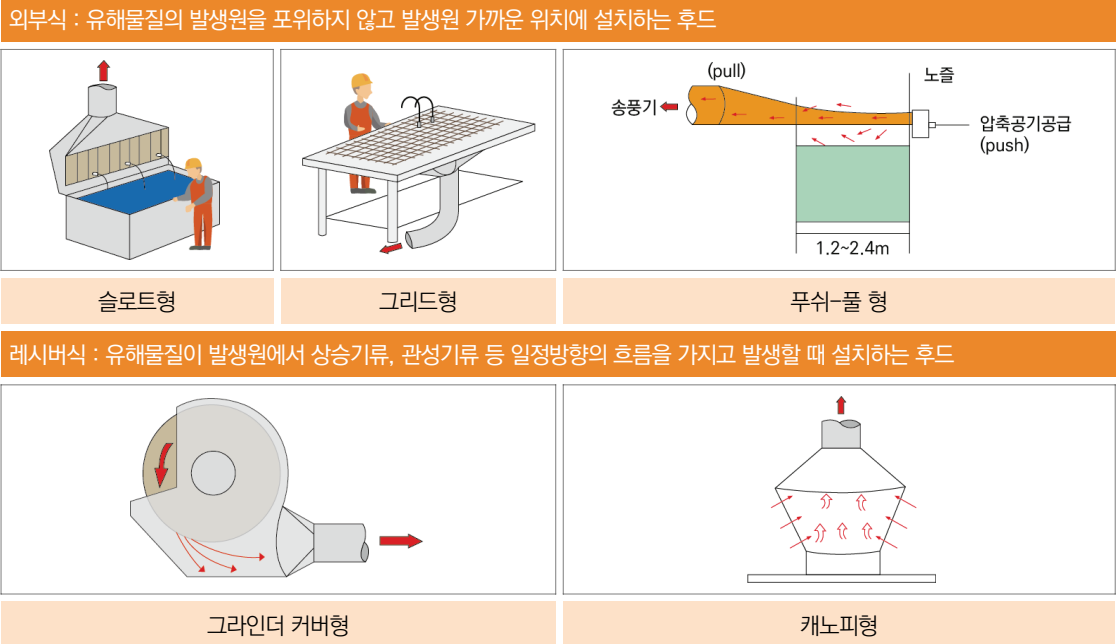
- 후드의 정의

1. 유해물질을 포집, 제거하기 위해 해당 발생원의 가장 근접한 위치에 다양한 형태로 설치하는 구조물로 국소 배기장치의 개구부

- 후드의 형식 및 종류

포위식(부스식) : 유해물질의 발생원을 전부 또는 부분적으로 포위하는 후드





※ 그림출처 : 안전보건공단 - 일터에서의 유해·위험 예방조치 환기장치

〈그림-48〉 후드의 형식 및 종류

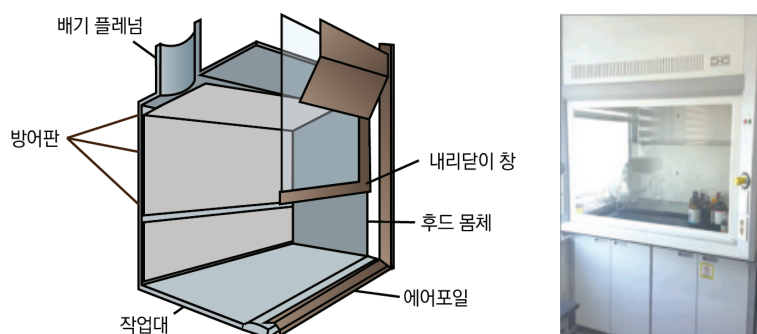
• 후드 설치 시 주의사항

1. 후드는 유해물질을 충분히 제어할 수 있는 구조와 크기로 선택해야 한다.
2. 후드는 발생원을 가능한 한 포위하는 형태인 포위식 형식의 구조로 설치한다.
3. 발생원을 포위할 수 없을 때는 발생원과 가장 가까운 위치에 후드를 설치한다.
4. 후드의 흡입방향은 가급적 비산 또는 확산된 유해물질이 작업자의 호흡 영역을 통과하지 않도록 한다.
5. 후드 뒷면에서 주 덕트 접속부까지의 가지 덕트 길이는 가능한 한 가지 덕트 지름의 3배 이상 되도록 해야 한다. 다만, 가지 덕트가 장방형 덕트인 경우에는 원형 덕트의 상당 지름을 이용해야 한다.
6. 후드의 형태와 크기 등 구조는 후드에서 유입 손실이 최소화되도록 해야 한다.
7. 후드가 설비에 직접 연결된 경우 후드의 성능 평가를 위한 정압 측정구를 후드와 덕트의 접합부에서 주 덕트 방향으로 1~3 직경 정도 설치해야 한다.

• 흡후드의 설치 및 운영 기준

1. 면속도 확인 게이지가 부착되어 수시로 기능 유지 여부를 확인할 수 있어야 한다.
2. 후드 내부를 깨끗하게 관리하고 후드 안의 물건은 입구에서 최소 15cm 이상 떨어져 있어야 한다.
3. 후드 안에 머리를 넣지 말아야 한다.
4. 필요 시 추가적인 개인보호장비 착용한다.

5. 후드 sash(내리닫이 창)는 실험 조작이 가능한 최소 범위만 열려 있어야 한다.
6. 미사용 시 창을 완전히 닫아야 한다.
7. 콘센트나 다른 스파크가 발생할 수 있는 원천은 후드 내에 두지 않아야 한다.
8. 후드에서의 스프레이 작업은 화재 및 폭발 위험이 있으므로 금지한다.
9. 후드를 화학물질의 저장 및 폐기 장소로 사용해서는 안 된다.
10. 가스 상태 물질은 최소 면속도 0.4m/sec 이상, 입자상물질은 0.7m/sec 이상 유지한다.



※ 그림출처 : (표준교재) 연구활동종사자를 위한 보건관리

〈그림-49〉 후드 후드의 구조

• 제어풍속의 정의

1. 후드 전면 또는 후드 개구면에서 유해물질이 함유된 공기를 당해 후드로 흡입시킴으로써 그 지점의 유해물질을 제어할 수 있는 공기속도
2. 포위식 및 부식식 후드에서는 후드의 개구면에서 흡입되는 기류의 풍속을 말한다.
3. 외부식 및 레시버식 후드에서는 후드의 개구면으로부터 가장 먼 유해물질 발생원 또는 작업 위치에서 후드 쪽으로 흡입되는 기류의 속도를 말한다.

〈표-45〉 후드 형식별 관리대상물질의 제어속도

물질의 상태	후드 형식	제어풍속(m/sec)
가스상태	포위식 포위형	0.4
	외부식 측방흡인형	0.5
	외부식 하방흡인형	0.5
	외부식 상방흡인형	1.0
입자상태	포위식 포위형	0.7
	외부식 측방흡인형	1.0
	외부식 하방흡인형	1.0
	외부식 상방흡인형	1.2

※ 표출처 : 안전보건공단 - 산업환기설비에 관한 지침(KOSHA GUIDE)

• 후드에서의 배풍량 계산방법

1. 포위식 부스형 : $Q = V \times A$
2. 외부식 장방형 : $Q = V(10X^2 + A)$
3. 외부식 플랜지부착 장방형 : $Q = 0.75 \times V(10X^2 + A)$

Q : 필요환기량(m^3/min)

V : 제어속도(m/sec)

A : 후드단면적($2m^2$)

X : 후드 중심선으로부터 발생원까지의 거리, 제어거리(m)

• 후드의 재질선정

1. 후드는 내마모성 또는 내부식성 등의 재료 또는 도포한 재질을 사용해야 한다.
2. 변형 등이 발생하지 않는 충분한 강도를 지닌 재질로 해야 한다.
3. 후드의 입구측에 강한 기류음이 발생하는 경우 흡음재를 부착해야 한다.

• 후드 방해기류 영향 억제 등

1. 플랜지

- 후드 뒤쪽 공기의 흐름을 차단하여 제어효율을 증가시키기 위해 후의 개구부에 부착하는 판
- 플랜지가 부착되지 않은 후드에 비해 제어거리가 길어진다.
- 적은 환기량으로 오염된 공기를 동일하게 제거할 수 있다.
- 장치 가동 비용이 절감된다.

2. 플레넘

- 후드 바로 뒤쪽에 위치하여 후드유입 압력과 공기흐름을 균일하게 형성하는 데 필요한 장치

• 신선한 공기 공급

1. 국소배기장치를 설치할 때 배기량과 같은 양의 신선한 공기가 작업장 내부로 공급되도록 공기유입구 또는 급기시설을 설치해야 한다.
2. 신선한 공기의 공급방향은 유해물질이 없는 깨끗한 지역에서 유해물질이 발생하는 지역으로 향하도록 하여야 한다.
3. 가능한 한 근로자 뒤쪽에 급기구가 설치되어 신선한 공기가 근로자를 거쳐서 후드방향으로 흐르도록 해야 한다.
4. 신선한 공기의 기류속도는 근로자 위치에서 가능한 $0.5m/sec$ 를 초과하지 않도록 해야 한다.
5. 후드 근처에서 후드의 성능에 지장을 초래하는 방해기류를 일으키지 않도록 해야 한다.

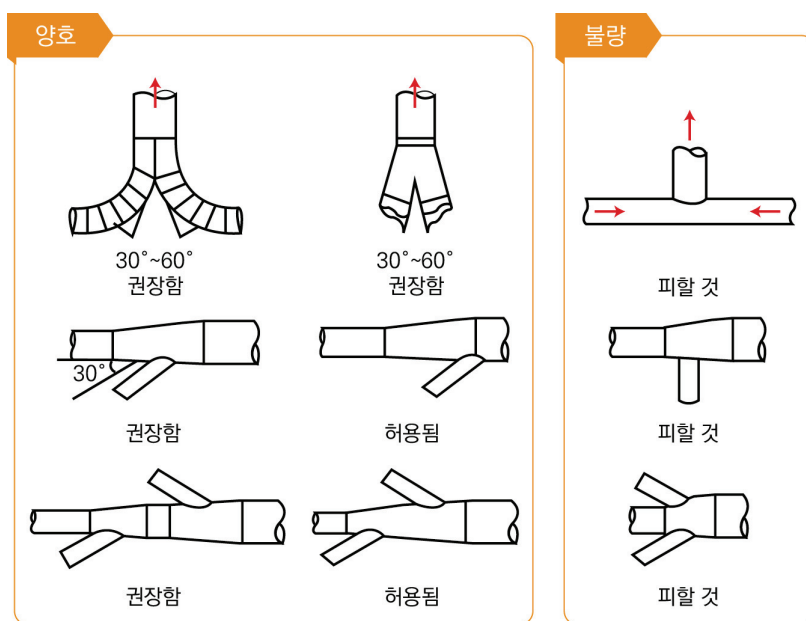
덕트

• 덕트의 정의

1. 후드에서 흡인한 유해물질을 배기구까지 운반하는 관
2. 덕트의 구성 : 주 덕트, 보조 덕트 또는 가지 덕트, 접합부 등

• 덕트 설치 기준

1. 가능한 한 길이는 짧게, 굴곡부의 수는 적게 설치
2. 가능한 후드에 가까운 곳에 설치
3. 접합부의 안쪽은 돌출된 부분이 없도록 할 것
4. 덕트 내 오염물질이 쌓이지 않도록 이송 속도를 유지할 것
5. 연결부위 등은 외부 공기가 들어오지 않도록 설치
6. 덕트의 진동이 심한 경우, 진동전달을 감소시키기 위하여 지지대 등을 설치
7. 덕트끼리 접합 시 가능하면 비스듬하게 접합하는 것이 직각으로 접합하는 것보다 압력손실이 적다.



※ 그림출처 : 안전보건공단 - 일터에서의 유해·위험 예방조치 환기장치

〈그림-50〉 덕트의 주관과 가지관의 연결방법 예시

• 덕트의 재질

1. 유기용제(부식이나 마모의 우려가 없는 곳) → 아연도금강판

2. 강산, 염소계 용제 → 스테인리스스틸 강판
3. 알칼리 → 강판
4. 주물사, 고온가스 → 흑피 강판
5. 전리방사선 → 중질 콘크리트

• 반송속도 결정

1. 덕트를 통하여 이동하는 유해물질이 덕트 내에서 퇴적이 일어나지 않는 상태로 이동시키기 위하여 필요한 최소속도를 말한다.
2. 덕트의 반송속도는 국소배기장치의 성능향상 및 덕트 내 퇴적을 방지하기 위하여 유해물질의 발생형태에 따라 기준을 따라야 한다.

〈표-46〉 유해물질의 덕트 내 반송속도

유해물질 발생형태	유해 물질 종류	반송속도(m/s)
증기·가스·연기	모든 증기, 가스 및 연기	5.0~10.0
흙	아연흙, 산화알루미늄 흙, 용접흙 등	10.0~12.5
미세하고 가벼운 분진	미세한 면분진, 미세한 목분진, 종이분진 등	12.5~15.0
건조한 분진이나 분말	고무분진, 면분진, 가죽분진, 동물털 분진 등	15.0~20.0
일반 산업분진	그라인더 분진, 일반적인 금속분말분진, 모직물분진, 실리카분진, 주물 분진, 석면분진 등	17.5~20.0
무거운 분진	젖은 톱밥분진, 입자가 혼입된 금속분진, 샌드블라스트분진, 주철보링 분진, 납분진	20.0~22.5
무겁고 습한 분진	습한 시멘트분진, 작은 칩이 혼입된 납분진, 석면덩어리 등	22.5 이상

※ 표출처 : 안전보건공단 - 산업환기설비에 관한 지침(KOSHA GUIDE)

• 추가설치 및 화재폭발 예방을 위한 조치

1. 기 설치된 국소배기장치에 후드를 추가로 설치하고자하는 경우에는 추가로 인한 국소배기장치의 전반적인 성능을 검토하여 모든 후드에서 제어풍속을 만족할 수 있을 때만 후드를 추가로 설치할 수 있다.
2. 성능 검토의 경우에는 배기풍량, 후드의 제어풍속, 압력손실, 덕트의 반송속도 및 압력평형, 배풍기의 동력과 회전속도, 전지정격용량 등을 고려해야 한다.
3. 화재·폭발의 우려가 있는 유해물질을 이송하는 덕트의 경우, 작업장 내부로 화재, 폭발의 전파방지를 위한 방화댐퍼를 설치하는 등 기타 안전상 필요한 조치를 해야 한다.
4. 국소배기장치 가동 중지 시 덕트를 통하여 외부 공기가 유입되어 작업장으로 역류할 우려가 있는 경우에는 덕트에 기류의 역류방지를 위한 역류방지댐퍼를 설치해야 한다.

공기정화장치

• 공기정화장치의 정의

1. 후드 및 덕트를 통해 반송된 유해물질을 정화시키는 고정식 또는 이동식의 제진, 집진, 흡수, 흡착, 연소, 산화, 환원 방식 등의 처리장치이다.
2. 공기정화장치는 유해물질의 종류(입자상, 가스상), 발생량, 입자의 크기, 형태, 밀도, 온도 등을 고려하여 선정해야 한다.

• 공기정화장치의 설치 시 주의사항

1. 마모, 부식과 온도에 충분히 견딜 수 있는 재질로 선정한다.
2. 공기정화장치에서 정화되어 배출되는 배기 중 유해물질의 농도는 법에서 정한 바에 따른다.
3. 압력손실이 가능한 한 작은 구조로 설계해야 한다.
4. 화재·폭발의 우려가 있는 유해물질을 정화하는 경우에는 방산구를 설치하는 등 필요한 조치를 해야 하고 방산구를 통해 배출된 유해물질에 의한 근로자의 노출이나 2차 재해의 우려가 없도록 해야 한다.
5. 접근과 청소 및 정기적인 유지보수가 용이한 구조여야 한다.
6. 공기정화장치 막힘에 의한 유량 감소를 예방하기 위해 공기정화장치는 차압계를 설치하여 상시 차압을 측정해야 한다.

• 입자상물질의 처리

1. 중력집진장치

- 중력 이용하여 분진을 제거하는 것이다.
- 구조가 간단, 압력손실 비교적 적어 설치 및 가동비가 저렴하다.
- 미세분진에 대한 집진효율이 높지 않아 전처리로 이용한다.

2. 관성력집진장치

- 관성을 이용하여 큰 입자를 분리·포집하는 것이다.
- 원리가 간단, 후단의 미세입자 집진을 위한 전처리용으로 사용한다.
- 비교적 큰 입자의 제거에 효율적이다.
- 고온 공기 중의 입자상오염물질 제거가 가능하여 덕트 중간에 설치할 수 있다.

3. 원심력집진장치

- 원심력을 이용하여 분진을 제거하는 것으로 일명, 사이클론이라고 한다.
- 비교적 적은 비용으로 집진이 가능하다.
- 입자의 크기가 크고 모양이 구체에 가까울수록 집진효율이 증가한다.
- 블로다운효과 : 난류현상 억제, 가교현상 현상 방지, 유효원심력 증대, 장치폐쇄방지

4. 세정집진장치

- 함진가스를 액적, 액막, 기포 등으로 세정하여 입자의 응집을 촉진하거나 입자를 부착하여 제거한다.
- 가연성, 폭발성 분진, 수용성의 가스상 오염물질도 제거할 수 있다.
- 유출수로 인해 수질오염을 일으킬 수 있다.

5. 여과집진장치

- 고효율 집진이 필요할 때 흔히 사용한다.
- 직접차단, 관성충돌, 확산, 중력침강 및 정전기력 등이 복합적으로 작용하는 장치이다.

6. 전기집진장치

- 전기적인 힘을 이용하여 오염물질을 포집하는 장치이다.
- 고온가스를 처리할 수 있어 보일러와 철강로 등에 설치가 가능하다.
- 압력손실이 낮으므로 송풍기의 가동 비용이 저렴하다.
- 넓은 범위의 입경과 분진농도에 집진효율이 높다.
- 설치 공간이 넓어야 해서 초기 설치비가 많이 들지만, 운전 및 유지비가 저렴하다.
- 가연성 입자의 집진 시 처리가 곤란하다.

• 가스상물질의 처리

1. 흡수법

- 가스 성분이 잘 용해될 수 있는 액체(흡수액)에 용해해 제거하는 방법

2. 흡착법

- 다공성 고체 표면에 가스상 오염물질이 부착되는 현상을 이용하여 처리하는 방법
- 산업현장에서 가장 널리 사용하는 처리기술이다.
- 주로 유기용제와 악취물질 제거에 사용한다.

3. 연소법

- 가연성 오염가스 및 악취물질을 연소시켜 제거하는 방법
- 가연성가스나 독성이 강한 유독가스에 널리 이용한다.
- 종류 : 직접연소법(불꽃연소법), 직접가열산화법, 촉매산화법 등

송풍기(배풍기)

• 송풍기의 정의

1. 유해물질을 후드에서 흡인하여 덕트를 통하여 외부로 배출할 수 있는 힘을 만드는 설비
2. 송풍기의 종류 : 축류식 송풍기와 원심력식 송풍기

- 송풍기 설치 시 주의사항

1. 송풍기는 가능한 한 옥외에 설치한다.
2. 송풍기 전후에 진동전달을 방지하기 위하여 캔버스를 설치하는 경우 캔버스의 파손 등이 발생하지 않도록 조치한다.
3. 송풍기의 전기제어반을 옥외에 설치하는 경우 옥내작업장의 작업영역 내에 국소배기장치를 가동할 수 있는 스위치를 별도로 부착한다.
4. 옥내작업장에 설치하는 송풍기는 발생하는 소음 및 진동에 대한 밀폐시설, 흡음시설, 방진시설 설치 등 소음·진동 예방조치를 해야 한다.
5. 송풍기에서 발생한 강한 기류음이 덕트를 거쳐 작업장 내부 또는 외부로 전파되는 경우, 소음감소를 위하여 소음 감소장치를 설치하는 등 필요한 조치를 해야 한다.
6. 송풍기의 설치 시 기초대는 견고하게 하고 평형상태를 유지하되, 바닥으로의 진동의 전달을 방지하기 위하여 방진스프링이나 방진고무를 설치한다.
7. 송풍기는 구조물 지지대, 난간 등과 접촉하지 않아야 한다.
8. 강우, 응축수 등에 의한 송풍기의 케이싱과 임펠러의 부식을 방지하기 위하여 송풍기 내부에 고인 물을 제거할 수 있도록 밸브를 설치해야 한다.
9. 송풍기의 흡입부분 또는 토출부분에 댄퍼를 사용하면 반드시 댄퍼고정장치를 설치하여 작업자가 송풍기의 송풍량을 임의로 조절할 수 없는 구조로 해야 한다.

- 축류식 송풍기

1. 흡입방향과 배출방향이 일직선으로 되어있고, 국소배기용보다는 비교적 작은 전체환기량으로 사용
2. 종류
 - 프로펠러 송풍기 : 효율(25~50%)은 낮으나 설치비용이 저렴하여 전체환기에 적합하다.
 - 튜브형 축류 송풍기 : 모터를 덕트 외부에 부착시킬 수 있고 날개의 마모, 오염의 경우 청소가 용이하다.
 - 베인형 축류 송풍기 : 저풍압, 다풍량의 용도로 적합하며, 효율(25~50%)은 낮으나 설치비용이 저렴하다.

- 원심력 송풍기

1. 국소배기장치에 필요한 유량속도와 압력 특성에 적합하다.
2. 설치비가 저렴하고 소음이 비교적 작아서 많이 사용한다.
3. 흡입방향과 배출방향이 수직으로 되어있다.
4. 종류: 다익형(전향날개형 송풍기), 터보형(후향날개형 송풍기), 평판형(방사날개형 송풍기) 등
5. 다익형 (전향날개형 송풍기)
 - 송풍기의 임펠러가 다람쥐 쳄바퀴 모양이며, 깃이 회전 방향과 동일한 방향으로 설계된다.
 - 비교적 저속회전으로 소음이 적다.

- 회전날개에 유해물질이 쌓이기 쉬워 청소가 곤란하다.
- 효율이 35~50%로 낮으며 큰 마력의 용도에는 사용되지 않는다.

6. 터보형(후향날개형 송풍기)

- 송풍기의 깃이 회전 방향 반대편으로 경사지게 설계된다.
- 장소의 제약을 받지 않고 사용할 수 있으나 소음이 크다.
- 고농도분진 함유 공기를 이송시킬 경우, 집진기 후단에 설치하여 사용해야 한다.
- 효율은 60~70%로 높으며 압력손실의 변동이 있는 경우에 사용하기 적합하다.

7. 평판형(방사날개형 송풍기)

- 송풍기의 깃이 평판이어서 분진을 자체 정화할 수 있게 되어있다.
- 마모나 오염되었을 때 취급 및 교환이 용이하다.
- 깃의 구조가 분진을 자체 정화할 수 있게 되어있다.
- 효율은 40~55% 정도이다.

• 소요 축동력 산정

1. 송풍기의 소요 축동력은 송풍량, 후드 및 덕트의 압력손실, 전동기의 효율, 안전계수 등을 고려하여 작업장 내에서 발생하는 유해물질을 효율적으로 제거할 수 있는 성능으로 산정한다.

배기구

• 배기구의 설치

1. 옥외에 설치하는 배기구는 지붕으로부터 1.5m 이상 높게 설치한다.
2. 배출된 공기가 주변 지역에 영향을 미치지 않도록 상부 방향으로 10m/s 이상 속도로 배출한다.
3. 배출된 유해물질이 당해 작업장으로 재유입되거나 인근의 다른 작업장으로 확산되어 영향을 미치지 않는 구조로 설치한다.
4. 내부식성, 내마모성이 있는 재질로 설치한다.
5. 공기 유입구와 배기구는 서로 일정 거리만큼 떨어지게 설치한다.

참고자료

- 연구실 설치·운영 가이드라인 제2부(공통 설치·운영 가이드라인 - 안전설비), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

7.4.2. 환기시설 운영기준

KEYWORD 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기, 배기구

개요 연구활동종사자들이 연구활동 중 건강에 장애를 줄 수 있는 유해인자(화학적, 생물학적)가 존재하고, 실험실에서 발생하는 화학물질 등이 잔류하지 않도록 유해인자를 관리하고 개선대책을 마련함과 동시에 운영기준절차를 마련해야 한다.

학습목표 ① 환기·배기 시스템의 운영관리 방법을 알 수 있다.

1 학습내용

- 환기·배기 시스템의 안전검사 기준 및 검사 방법을 이해할 수 있다.

후드

- 후드의 안전검사 기준

1. 후드의 설치

- 유해물질 발산원마다 후드가 설치되어 있어야 한다.
- 후드 형태가 해당 작업에 방해를 주지 않고 유해물질을 흡인하기에 적절한 형식·크기를 갖추어야 한다.
- 작업자의 호흡 위치가 오염원과 후드 사이에 위치하지 않아야 한다.
- 후드가 유해물질 발생원 가까이에 위치하여야 한다.

2. 후드의 표면상태

- 후드 내외면은 흡기의 기능을 저하시키는 마모, 부식, 흠집, 기타 손상이 없어야 한다.

3. 흡입기류를 방해하는 방해물 등의 여부

- 흡입기류를 방해하는 기둥, 벽 등의 구조물이 없어야 한다.
- 후드 내부 또는 전처리 필터 등의 퇴적물로 인한 제어풍속의 저하 없이 기준치를 만족해야 한다.

4. 흡인성능

- 발연관을 이용하여 흡입기류가 완전히 후드 내부로 흡인되어 후드 밖으로의 유출이 없어야 한다.
- 레시버식 후드는 유해물질이 후드 밖으로 비산하지 않고 완전히 후드 내로 흡입되어야 한다.
- 후드의 제어풍속이 「산업안전보건에 관한 규칙」에 따른 제어풍속 이상을 유지해야 한다.

- 후드의 검사방법

1. 안전검사 대상물질을 취급하는 단위작업공정마다 후드가 설치되어 있는지를 검사

2. 후드형태 적절성 검사

- 유해물질 발생형태 및 작업 형태를 고려한 후드 형식 및 모양 확인
- 작업특성과 유해물질 발생특성을 고려하여 후드 개구면 크기의 적절 여부 확인

3. 후드의 설치 위치의 적절성 검사

- 작업자가 유해물질 발생원과 후드 사이에서 작업을 수행하고 있지 않은지 확인
- 유해물질 포착거리(제어거리)의 적절 여부 확인

4. 후드 표면상태의 부식, 파손 등으로 인한 제어성능 저하 여부 검사

5. 후드 주변 흡인기류의 방해물 존재 여부 또는 필터 막힘 여부 검사

6. 후드 개구면 주변에 후드 제어성능을 저하하는 방해물 존재 여부 확인

7. 후드내부 또는 도장부스 등의 후드 개구면 전처리 필터의 막힘 유무 확인

8. 후드 흡인 상태의 육안 확인

- 발연관, 스모크 건, 스모크 캔들 등을 이용

9. 측정기기를 활용한 후드 제어풍속 검사

- 열선풍속계 등 공기유속 측정기기를 활용하여 후드 형식별 적절한 측정 방법으로 후드 제어풍속을 측정하고, 법정 제어풍속 기준과 비교
- 포위식 후드 제어풍속 측정 : 후드 개구면에서 측정
- 외부식 후드 제어풍속 측정 : 후드에서 가장 먼 지점의 유해물질발생원에서 후드방향으로 측정

덕트

• 덕트의 안전검사 기준

1. 덕트의 표면상태 등

- 덕트 내외면의 변형 등으로 인한 설계 압력손실 증가가 없어야 한다.
- 파손 부분 등에서의 공기 유입 또는 누출이 없고, 이상음 또는 이상진동이 없어야 한다.

2. 플렉시블 덕트

- 심한 굴곡, 꼬임 등으로 인해 설계 압력손실 증가에 영향을 주지 않아야 한다.

3. 퇴적물 여부

- 덕트 내면의 분진 등의 퇴적물로 인해 설계 압력손실 증가 등 배기 성능에 영향을 주지 않아야 한다.
- 분진 등의 퇴적으로 인한 이상음 또는 이상 진동이 없어야 한다.
- 덕트 내의 측정정압이 초기정압의 $\pm 10\%$ 이내이어야 한다.

4. 접속부

- 플랜지의 결합볼트, 너트, 패킹의 손상이 없어야 한다.
- 정상작동 시 스모크테스터의 기류가 흡입 덕트에서는 접속부로 흡입되지 않아야 하고, 배기덕트에서는 접속부로부터 배출되지 않아야 한다.
- 공기의 유입이나 누출에 의한 이상음이 없어야 한다.

5. 댐퍼

- 댐퍼가 손상되지 않고 정상적으로 작동되어야 한다.
- 댐퍼가 해당 후드의 적정 제어풍속 또는 필요 풍량을 가지도록 적절하게 개폐되어 있어야 한다.
- 댐퍼 개폐방향이 올바르게 표시되어 있어야 한다.

• 덕트의 검사방법

1. 덕트 표면상태에 대한 육안검사

- 덕트 압력손실 증가, 공기유실(air leak) 등을 발생시키는 덕트의 파손, 변형 유무 확인한다.
- 덕트의 심한 떨림이나 이상 소음의 발생 여부를 확인한다.

2. 플렉시블(flexible) 덕트의 심한 굴곡, 꼬임, 찢어짐 등의 여부 검사

- 플렉시블 덕트의 심한 굴곡, 꼬임 등은 압력손실을 증가시켜 후드 제어풍속을 저하시키고, 대부분이 재질이 쉽게 찢어져 공기 유실을 발생시킬 수 있다.

3. 덕트 내 퇴적물로 인한 압력손실 증가 여부 검사

- 무거운 분진, 오일미스트 등이 발생하는 공정의 경우 덕트에 설치된 점검구의 육안검사를 통해 덕트 내 퇴적물 유무 확인한다.
- 점검구가 없는 경우 분진, 오일미스트 등의 유해물질이 퇴적되기 쉬운 곳(곡관, 확대관, 접속부 등)의 정압 측정한다(측정정압이 초기정압의 $\pm 10\%$ 이내이어야 한다.).
- 테스트 함마를 이용하여 분진, 오일미스트 등의 유해물질이 퇴적되기 쉬운 곳(곡관, 확대관, 접속부 등)을 타격하여 타성음으로 확인한다.

4. 플랜지(Flange) 등 접속부 상태에 대한 검사

- 플랜지의 결합볼트, 너트, 패킹 등의 손상 여부에 대해 육안으로 확인한다.
- 접속부에서 스모크를 발생시켜(스모크테스터 사용) 스모크가 덕트 내부로 유입되는지를 확인한다(유입이 있다면 배풍량 손실이 발생하는 것임).
- 청각을 활용하여 접속부에서 공기가 새는 소리를 확인한다.

5. 유량조절용 댐퍼(Damper) 상태에 대한 검사

- 댐퍼를 작동시켜 고정 장치, 개폐장치 등이 정상적으로 작동되고 있는지를 확인한다.
- 댐퍼의 개폐방향이 올바르게 표시되었는지, 개폐율이 적절한지 등에 대해 육안으로 확인한다.

공기정화장치

• 공기정화장치의 안전검사 기준

1. 형식

- 제거하고자 하는 오염물질의 종류, 특성을 고려한 적합한 형식 및 구조를 가져야 한다.

2. 표면상태 등

- 처리성능에 영향을 줄 수 있는 외면 또는 내면의 파손, 변형, 부식 등이 없어야 한다.
- 구동장치, 여과장치 등이 정상적으로 작동되고, 이상음이 발생하지 않아야 한다.

3. 접속부

- 볼트, 너트, 패킹 등의 이완 및 파손이 없고 공기의 유입 또는 누출이 없어야 한다.

4. 성능

- 여과재의 막힘 또는 파손이 없고, 정상 작동상태에서 측정된 차압과 설계차압의 비(측정/설계)가 0.8~1.4 이내이어야 한다.

• 공기정화장치의 검사방법

1. 공기정화장치의 형식 검사

- 공기정화장치가 제거하고자 하는 유해물질에 적합한 형식과 구조를 갖추고 있는지를 확인한다.

2. 공기정화장치 표면상태의 검사

- 공기정화장치 외면 또는 내면상태의 부식, 파손 등으로 처리성능 저하가 발생하지 않는지를 육안으로 확인한다.
- 공기정화장치의 부대장치 등의 작동상태 및 이상소음 발생여부를 확인한다.

3. 접속부 상태 검사

- 볼트, 너트, 패킹 등의 파손 또는 이완으로 공기가 새지 않는지를 육안 또는 스모크테스터를 활용하여 확인한다.

4. 압력손실의 측정

- 공기정화장치 전후 지점에서 마노미터를 사용하여 차압측정 후 적정 차압의 범위 내에 있는지를 확인한다.
- 적정 차압 범위 : 측정차압과 설계(초기)차압의 비(측정/설계)가 0.8~1.4이내

송풍기(배풍기)

• 배풍기의 안전검사 기준

1. 표면상태 등

- 배풍기 또는 모터의 기능을 저하하는 파손, 부식, 기타 손상 등이 없어야 한다.
- 배풍기 케이싱(Casing), 임펠러(Impeller), 모터 등에서의 이상음 또는 이상진동이 발생하지 않아야 한다.

- 각종 구동장치, 제어반(Control Panel) 등이 정상적으로 작동되어야 한다.

2. 벨트

- 벨트의 파손, 탈락, 심한 처짐 및 풀리의 손상 등이 없어야 한다.

3. 회전수

- 배풍기의 측정회전수 값과 설계 회전수 값의 비(측정/설계)가 0.8 이상이어야 한다.

4. 회전방향

- 배풍기의 회전방향은 규정의 회전방향과 일치하여야 한다.

5. 캔버스

- 캔버스의 파손, 부식 등이 없어야 한다.

- 송풍기 및 덕트와의 연결부위 등에서 공기의 유입 또는 누출이 없어야 한다.

- 캔버스의 과도한 수축 또는 팽창으로 배풍기 설계 정압 증가에 영향을 주지 않아야 한다.

6. 안전덮개

- 전동기와 배풍기를 연결하는 벨트 등에는 안전덮개가 설치되고 그 설치부는 부식, 마모, 파손, 변형, 이완 등이 없어야 한다.

7. 배풍량 등

- 배풍기의 측정풍량과 설계풍량의 비(측정/설계)가 0.8 이상이어야 한다.

- 배풍기의 성능을 저하시키는 설계정압의 증가 또는 감소가 없어야 한다.

• 배풍기의 검사방법

1. 배풍기 및 모터의 상태 검사

- 배풍 성능을 저하할만한 외면상태 파손, 부식 등의 유무를 육안으로 확인한다.

- 배풍기 정상 가동시 임펠러, 모터 등에서의 이상음 또는 이상진동 발생 여부를 확인한다.

- 기타 배풍기 및 모터의 구동장치의 정상작동 여부 확인한다.

2. V-Belt의 상태 검사(배풍기 가동을 중지한 상태에서 검사)

- 벨트의 파손, 탈락 및 풀리의 손상 여부에 대해 육안으로 확인한다.

- 벨트의 처짐을 벨트 중간부분에 손으로 눌러 처짐의 정도를 확인한다.

3. 배풍기 회전수 검사

- 풀리(pulley) 또는 V-Belt 지점에서 회전수 측정기를 사용하여 배풍기 회전수를 측정한다.

4. 배풍기 회전 방향 검사

- 배풍기의 회전 방향이 배풍기 형식별 규정의 방향으로 회전하고 있는지를 확인한다.

5. 캔버스(Canvas)의 상태 검사

- 배풍기와 덕트를 연결하는 캔버스의 파손, 부식 등으로 공기가 새지 않는지를 육안으로 확인한다.

- 배풍기 입구 측에서의 캔버스가 과도하게 수축하였는지와 배풍기 출구 측에서의 캔버스가 과도하게 팽창되었는지를 육안으로 확인한다.

6. 배풍기 안전장치 설치여부 검사

- 배풍기의 폴리와 모터 구동부에 협착방지를 위한 방호덮개가 적절하게 설치되어 있는지를 육안으로 확인한다.

7. 배풍량 및 정압 측정

- 배풍기 토출구 또는 최종 배기구(Stack)의 점검구에서 피토관이나 열선풍속계를 사용하여 배풍량을 측정한다.
- 배풍량 측정이 어려울 경우 각 후드측정 풍량을 합산한 전체값을 그 배풍기의 배풍량으로 간주할 수 있다. 단, 접속부 등에서의 공기 유실이 없어야 한다.
- 배풍량의 감소 등 성능저하의 원인을 파악하기 위한 배풍기의 입구와 출구측에 배풍기 정압측정 및 동압을 측정하여 팬정압(FSP)를 구한다.
- 팬정압(FSP) 산정방법: 배풍기 입구정압(SPout)-출구정압(SPin)-입구동압(VPin)
- 초기 배풍량이 불확실한 경우 설계를 통한 배풍량 성능을 판단한다. 이때 설계 방법은 ACGIH(미국 산업위생전문가협회)의 설계계산 Sheet를 활용한다.

배기구

• 배기구의 안전검사 기준

1. 구조 등

- 분진 등을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치(공기정화장치가 설치된 이동식 국소 배기장치를 제외)의 배기구는 직접 외기로 향하도록 개방하여 실외에 설치하는 등 배출되는 분진 등이 작업장으로 재유입되지 않는 구조로 해야 한다.

2. 비마개

- 최종배기구에 비마개 설치 등 배풍기 등으로의 빗물 유입방지조치가 되어있어야 한다.

• 배기구의 검사방법

1. 최종배기구 위치 및 방향의 적정성 검사

- 옥외로 배출되는 작업장 공기가 작업장 내로 재유입 되지 않도록 최종 배기구의 높이 또는 구조가 적절한지를 육안으로 확인한다.
- 최종배기구의 토출구 위치가 공기조화설비(AHU, Air Handling Unit)의 입구 근처에 설치되어 있지 않는지를 육안으로 확인한다.
- 최종 배기구에 비마개 등이 설치되어 빗물 유입 방지조치가 적절한지를 확인한다.

참고자료

- 연구실 설치·운영 가이드라인 제2부(공통 설치·운영 가이드라인 - 안전설비), 과학기술정보통신부·국가연구안전관리본부, 2019. 등

학습가이드 이용 시 유의사항

- 본 학습 가이드는 연구실안전관리사 자격시험 준비를 돕기 위한 참고자료일 뿐이며, 가이드에 언급된 내용과 자격시험의 시험범위가 정확히 일치하지 않을 수 있습니다. 아울러, 본 학습 가이드에는 언급되지 않았으나, 연구실 보건·위생관리 및 인간공학적 안전과 관련된 일반사항 및 심화된 내용 등이 출제될 수 있으니 다양한 참고자료 등을 참고하여 학습하여 주시기 바랍니다.

2022년 연구실안전관리사 예시문항



- 공개된 샘플문항 관련 문제 및 정답/해설 등의 문의는 받지 않으니 참고 부탁드립니다.
- 실제 자격시험에서 기출되는 문항 수는 다음의 예시문항 수와 차이가 있으므로 유의하여 주시기 바랍니다.

제과목 연구실 안전관련 법령

01

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 따라 해당 대학·연구기관 등의 연구주체의 장이 연구실안전환경관리자에게 연구실안전환경관리 업무만을 전담하도록 하여야 하는 상시 연구활동종사자의 최소 인원은?

- ① 100명 ② 300명 ③ 500명 ④ 2,000명

정답/해설 「연구실안전법 시행령」 제8조에 의거해 상시연구활동종사자가 300명 이상이거나, 연구활동종사자가 1,000명 이상인 경우에는 연구실안전환경관리 업무만을 전담하여야 함.
※학습가이드 1.1.2 시행령에 관한 사항

02

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 따른 안전관리규정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 연구실안전환경관리자 및 연구실책임자의 권한과 책임에 관한 사항은 안전관리규정의 필수적 규정 사항이다.
- ② 연구주체의 장은 제12조 제1항에 따른 안전관리 규정을 산업안전·가스 및 원자력 분야 등의 다른 법령에서 정하는 안전관리에 관한 규정과 통합하여 작성할 수 있다
- ③ 안전관리규정을 작성해야 하는 연구실의 종류·규모는 대학·연구기관 등에 설치된 각 연구실의 연구활동종사자를 합한 인원이 20명 이상인 경우로 한다.
- ④ 연구주체의 장은 안전관리규정을 작성하여 각 연구실에 게시 또는 비치하고, 이를 연구활동 종사자에게 알려야 한다.

정답/해설 「연구실안전법 시행규칙」 제6조제2항에 의거해 대학·연구기관등에 설치된 각 연구실의 연구활동종사자를 합한 인원이 10명 이상인 경우에는 연구실안전관리규정을 작성하여야 함
※학습가이드 1.1.3 시행규칙에 관한 사항

03

() 안에 들어갈 말로 옳은 것은?

〈보기〉

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 따라 연구주체의 장은 연구활동종사자가 의료기관에서 () 이상의 치료가 필요한 생명 및 신체상의 손해를 입은 연구실 사고가 발생한 경우에는 과학기술정보통신부장관에게 보고해야 한다.

- ① 1일 ② 3일 ③ 4일 ④ 7일

정답/해설 「연구실안전법 시행규칙」 제14조제3항에 의거해 의료기관에서 3일 이상의 치료가 필요한 생명 및 신체 상의 손해를 입은 연구실사고 발생 시 과학기술정보통신부장관에게 보고하여야 함
※학습가이드 1.1.3 시행규칙에 관한 사항

04

연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 따른 보험 급여의 종류로 옳지 않은 것은?

- ① 요양급여 ② 장해급여 ③ 장의비 ④ 위로금

정답/해설 「연구실안전법 시행규칙」 제15조제1항에 의거해 연구활동종사자 보험급여 종류는 요양급여, 장해급여, 입원급여, 유족급여, 장의비가 존재함
※학습가이드 1.1.3 시행규칙에 관한 사항

05

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」에 따른 안전점검 및 정밀안전진단 대행기관의 기술인력 및 연구실안전환경관리자에 대한 교육 시기 및 시간으로 옳지 않은 것은?

- ① 대행기관 기술인력 신규교육은 등록 후 3개월 이내에 18시간 이상 이수하여야 한다.
- ② 대행기관 기술인력 보수교육은 신규교육 이수 후 2년이 되는 날을 기준으로 전후 6개월 이내에 12시간 이상 이수하여야 한다.
- ③ 연구실안전환경관리자 신규교육은 연구실안전환경관리자로 지정된 후 6개월 이내에 18시간 이상 이수하여야 한다.
- ④ 연구실안전환경관리자 보수교육은 신규교육을 이수한 후 매2년이 되는 날을 기준으로 전후 6개월 이내에 12시간 이상 이수하여야 한다.

정답/해설 「연구실안전법 시행규칙」 별표2 및 별표3에 의거해 대행기관 기술인력으로 등록 후 6개월 이내에 신규교육을 이수하여야 함
※학습가이드 1.1.3 시행규칙에 관한 사항

제2과목 연구실 안전관리 이론 및 체계

01

매슬로우(Maslow)의 욕구위계설에서 제시한 인간 욕구들을 낮은 단계부터 높은 단계의 순서로 **바르게** 나열한 것은?

- ① 생리적 욕구 → 안전·안정 욕구 → 사회적 욕구 → 존경 욕구 → 자아실현의 욕구
- ② 안전·안정 욕구 → 생리적 욕구 → 사회적 욕구 → 존경 욕구 → 자아실현의 욕구
- ③ 생리적 욕구 → 사회적 욕구 → 존경 욕구 → 자아실현의 욕구 → 안전·안정 욕구
- ④ 생리적 욕구 → 사회적 욕구 → 안전·안정 욕구 → 존경 욕구 → 자아실현의 욕구

정답/해설 매슬로우(Maslow)의 욕구위계설에 따르면 생리적 욕구(1단계) → 안전욕구(2단계) → 사회 소속감(사회적 욕구, 3단계) → 존경욕구(4단계) → 자아실현의 욕구(5단계) 순임
 ※ 학습가이드 2.1.1. 연구실안전의 기본 개념

02

휴먼에러율을 예측하는 데 사용하는 기법으로 **옳은** 것은?

- ① HAZOP(Hazard and Operability study)
- ② THERP(Technic of Human Error Rate Prediction)
- ③ ETA(Event Tree Analysis)
- ④ FTA(Fault Tree Analysis)

정답/해설 THERP 유해·위험요인 분석 기법은 인간과오율(human error) 예측 기법으로 시스템에 있어서 휴먼 에러를 정량적으로 평가하기 위한 것임
 ※ 학습가이드 2.3.2 연구실 위험성평가 기법

03

하인리히가 사고연쇄이론에서 사고 예방을 위해 노력을 집중해야 한다고 강조한 단계로 **옳은** 것은?

- ① 제1단계: 사회적 환경 및 유전적 요소
- ② 제2단계: 개인적인 결함
- ③ 제3단계: 불안한 행동 및 불안전 상태
- ④ 제4단계: 사고

정답/해설 하인리히(H.W.Heinrich)의 사고연쇄이론 중에서 사고를 예방하는데 가장 효과적인 방법은 불안전 행동과 불안전 상태를 차단하는 것임
 ※ 학습가이드 2.5.1. 연구실 사고의 특성 이론

04

위험저감원칙에서 가장 우선으로 적용해야 할 통제로 **옳은** 것은?

- ① 경고표지 설치
- ② 위험요인 제거
- ③ 개인 보호구 착용
- ④ 안전장치 추가

정답/해설 위험저감원칙에서 가장 우선으로 적용해야 할 통제는 위험제거이며, 그다음으로는 위험회피 > 자기방호 > 사고확대방지 순으로 나타남
 ※ 학습가이드 2.5.4. 위험저감원칙의 이해 및 재발방지대책 수립 및 시행

05

<보기>에서 위험성 감소대책 수립 시 고려하여야 하는 조치를 우선순위부터 나열한 것은?

— <보기> —

- ㉠ 위험한 작업의 폐지/변경, 유해/위험물질 대체 등의 조치, 설계나 계획단계에서 위험성을 제거 또는 저감하는 조치
- ㉡ 개인용 보호구 착용
- ㉢ 연동장치, 환기장치 설치 등의 공학적 대책
- ㉣ 연구실 작업절차서 정비 등의 관리적 대책

- ① ㉠ - ㉡ - ㉢ - ㉣
- ② ㉡ - ㉢ - ㉠ - ㉣
- ③ ㉠ - ㉢ - ㉣ - ㉡
- ④ ㉡ - ㉢ - ㉣ - ㉠

정답/해설 유해인자 저감 우선순위는 유해인자의 제거 또는 위험성 저감 설계 > 안전장치(환기장치 설치 등) > 경고장치(사용설명서, 작업절차서, 경고표지 등) > 특수절차(개인보호구 착용 또는 사전교육·훈련 등) 순으로 나열됨
 ※ 학습가이드 2.5.4. 위험저감원칙의 이해 및 재발방지대책 수립 및 시행

제3과목 연구실 화학·가스 안전관리

01

다음 중 화학 물질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 폭발성 물질에는 가열, 마찰, 충격, 또는 다른 화학 물질과의 접촉으로 인하여 산소나 산화제 공급 없이 폭발하는 물질에는 니트로 화합물, 질산 에스테르 등이 있다.
- ② 산화성 물질에는 염소산 및 그 염류, 질산 및 그 염류 등이 있다.
- ③ 가연성 가스에는 암모니아, 염화수소, 염소 등이 있다.
- ④ 인화성 물질에는 가솔린, 등유, 경유 등이 있다.

정답/해설 가연성 가스에는 수소, 메탄, 암모니아, LPG 등이 있으며 염소 및 염화수소는 독성가스에 해당됨
 ③ ※ 학습가이드 3.1.1. 화학물질 유해인자 분류 및 위험성

02

연구실에서 발생하는 폐기물 중 지정폐기물이 아닌 것은?

- ① pH가 1.0인 액체 상태의 폐산
- ② 고체 상태의 폐합성고무
- ③ pH가 12.5인 액체 상태의 폐알칼리
- ④ 폐유기용제

정답/해설 고체상태의 폐합성고무는 오염물질이 거의 없는 순수 합성고분자 화합물이라서 일반폐기물로 분류됨
 ② ※ 학습가이드 3.2.1. 폐기물 안전관리

03

화학폐기물 스티커에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 혼합 폐기물의 스티커에는 혼합물을 구성하는 대표 화학 물질을 기재한다.
- ② 화학물질명 및 발생량을 기재한다.
- ③ 발생지 정보를 기재한다.
- ④ 배출 게시일을 기재한다.

정답/해설 혼합물의 경우에는 혼합물을 구성하는 모든 화학물질의 종류를 기재하여야 함
 ① ※ 학습가이드 3.2.1. 폐기물 안전관리

04

산과 염기의 사용 시 주의사항으로 옳지 않은 것은?

- ① 염산에 물을 가하면서 농도를 조절 한다.
- ② 연구실에서는 가능하면 희석된 산, 염기를 사용 한다.
- ③ 산이나 염기가 눈이나 피부에 묻었을 때 즉각, 적어도 15분 이상 물로 씻어내고 도움을 요청 한다.
- ④ 불화수소(HF)는 가스 및 용액이 극한 독성을 나타내며 화상과 같은 즉각적인 증상 없이 피부에 흡수 되므로 취급에 주의를 요한다.

정답/해설 물을 산에 가하면 산의 증기가 발생하고 액이 튀는 현상이 발생하는 등, 위험하므로 항상 산을 물에 가하면서 희석하여야 함
 ① ※ 학습가이드 3.3.1. 화학물질의 누출 방지대책

05

파열판 설치 기준으로 옳지 않은 것은?

- ① 반응폭주 등 급격한 압력 상승의 우려가 있는 경우
- ② 운전 중 안전밸브에 이상물질이 누적되어 안전 밸브의 기능을 저하시킬 우려가 있는 경우
- ③ 화학물질의 부식성이 강하여 안전밸브 재질의 선정에 문제가 있는 경우
- ④ 독성물질의 누출로 인하여 주위 작업 환경을 오염시킬 우려가 있는 경우

정답/해설 독성물질의 누출로 인하여 주위 작업환경을 오염시킬 우려가 있어 안전밸브를 설치하고 후단에 배출물질을 처리할 수 있는 설비가 설치된 경우에는 파열판을 설치하지 아니할 수 있음
 ④ ※ 학습가이드 3.3.2. 화학물질의 폭발방지대책

제4과목 연구실 기계·물리 안전관리

01

연구용 기계·기구 및 장비에서 왕복운동을 하는 동작 부분과 움직임이 없는 고정 부분 사이에 형성되는 위험점으로 **옳은** 것은?

- ① 협착점(Squeeze Point)
- ② 끼임점(Shear Point)
- ③ 절단점(Cutting Point)
- ④ 물림점(Nip Point)

정답/해설 기계 위험점 중 왕복운동을 하는 동작부분과 움직임 없는 고정 부분 사이에 위험점이 형성되는 것은 협착점을 의미함
 ※ 학습가이드 4.1.1. 기계안전의 개념

02

가스크로마토그래피 작업 시 준수사항이 **아닌** 것은?

- ① 가스공급 등 기기 사용준비 시 - 가스에 의한 폭발 위험에 대비해 가스 연결라인, 밸브 등 누출 여부 확인 후 기기를 작동한다.
- ② 표준품 또는 시료 주입 시 - 시료의 누출 위험에 대비해 주입 전까지 시료를 밀봉한다.
- ③ 전원차단 시 - 고온에 의한 화상 위험에 대비해 장갑 등 개인보호구를 착용한다.
- ④ 미사용 시 - 분석장비의 성능 유지를 위해 가스를 차단하지 않고 계속 공급한다.

정답/해설 연구실 주요 기기·장비 취급관리 가이드라인에 따라 가스크로마토그래피 분석장비를 미사용 시 가스를 차단하여야 함
 ※ 학습가이드 4.1.1. 기계안전의 개념

03

연구실 기계 안전사고 발생 시 긴급조치의 순서로 **옳은** 것은?

〈보기〉

ㄱ. 사고자 구출
 ㄴ. 기관 관계자에게 통보
 ㄷ. 사고자의 응급 처치 및 소방서, 경찰서, 병원 등에 신고
 ㄹ. 사고 발생 기계의 정지

- ① ㄱ - ㄴ - ㄷ - ㄹ
- ② ㄱ - ㄹ - ㄴ - ㄷ
- ③ ㄹ - ㄱ - ㄴ - ㄷ
- ④ ㄹ - ㄱ - ㄷ - ㄴ

정답/해설 기계 안전사고 시 일반적 긴급조치는 사고 발생 기계의 정지 → 사고자 구출 → 사고자의 응급처치·신고 → 기관 관계자에게 통보 순으로 행동하여야 함
 ※ 학습가이드 4.1.2. 사고발생 시 비상조치요령 및 사고 원인 대응복구

04

다음은 레이저 제품에 부착해야 하는 안전 설명표지의 형식에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 말로 **옳은** 것은?

〈보기〉

레이저 제품에 경고표지를 부착 시, 문자 경계 및 심볼은 색깔 조합이 필요한 1등급을 제외하고는 (㉠) 배경에 (㉡)으로 한다.

- ㉠ ㉡
- ㉢ ㉣
- ① 흑색 황색
- ② 황색 흑색
- ③ 황색 적색
- ④ 적색 황색

정답/해설 레이저제품의 경고표지는 1등급을 제외하고는 황색배경에 흑색으로 표시함
 ※ 학습가이드 4.2.2. 기계·기구의 안전관리방법

05

진동 발생을 감소시키기 위한 방법으로 **옳지** 않은 것은?

- ① 저진동공구를 사용한다.
- ② 방진장갑을 착용한다.
- ③ 방진구를 설치한다.
- ④ 제진시설을 설치한다.

정답/해설 방진장갑을 착용하는 것은 진동발생을 감소시키기 위한 방법이 아니라 진동장해를 예방하기 위한 대책에 해당됨
 ※ 학습가이드 4.3.2. 물리적 위험요인의 안전관리 대책

제5과목 연구실 생물안전관리

01

「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 통합 고시」에 따른 생물안전관리 연간 보수 교육·훈련 기준으로 옳지 않은 것은?

- ① 생물안전관리책임자는 연 4시간 이상 생물안전관리에 관한 교육·훈련을 받아야 한다.
- ② 생물안전관리자는 연 2시간 이상 생물안전관리에 관한 교육·훈련을 받아야 한다.
- ③ 연구시설 사용자(연구활동종사자)는 연 2시간 이상 생물안전교육을 받아야 한다.
- ④ 허가를 받은 연구시설에서 안전관리를 전문기관에 위탁 관리하는 경우, 위탁기관의 생물안전관리자는 연 2회 이상(연 8시간 이상) 생물안전관리에 관한 교육·훈련을 받아야 한다.

정답/해설 생물안전관리자에게 연 4시간 이상 생물안전관리에 관한 교육·훈련을 받도록 하여야 함
 ② ※ 학습가이드 5.1.2. 생물 안전관리 조직·인력

02

생물안전 시설의 설치 운영 기준으로 옳은 것은?

- ① 취급 생물체 및 실험 특성에 따라 구분되며, 최근 다양한 생명공학 연구의 발전으로 연구용 소량 배양시설에 대한 규정이 신설되었다.
- ② 생물안전 시설은 취급자, 주변 환경 및 지역사회를 보호하기 위한 목적으로 설계된다.
- ③ 생물안전 시설을 설치하여 운영하기 위해서는 지역자치단체장에게 허가 취득 또는 신고한 후 운영이 가능하다.
- ④ 연구시설이 BL1 또는 BL2일 경우는 인체 및 환경위해성만 구분하여 과학기술정보통신부에 신고해야 한다.

정답/해설 생물안전 시설은 연구를 수행하는 취급자뿐만 아니라 주변 환경 및 지역사회를 보호하기 위한 목적으로 설계됨
 ② ※ 학습가이드 5.2.1. 생물안전 밀폐시설

03

「폐기물관리법 시행규칙」에 따른 위해의료폐기물 중 생물·화학폐기물의 보관 기간으로 옳은 것은?

- ① 7일
- ② 15일
- ③ 30일
- ④ 60일

정답/해설 「폐기물관리법 시행규칙」[별표5] 폐기물의 처리에 관한 구체적 기준 및 방법에 따라 위해의료폐기물 중 생물·화학폐기물의 보관기간은 15일임
 ② ※ 학습가이드 5.3.1. 생물체 관련 폐기물 종류

04

소독·멸균의 효과에 영향을 미치는 요소에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 유기물의 양: 혈액, 우유, 사료, 동물 분비물 등은 소독·멸균 효과를 저하시키며, 많은 종류의 유기물은 소독제를 중화시킨다.
- ② 표면 윤곽: 멸균처리를 실시할 대상의 표면이 거칠거나 틈이 있으면 소독이 충분히 될 수 없다.
- ③ 소독제 농도: 모든 종류의 소독제가 고농도일 때 미생물을 빨리 죽이거나 소독 효과가 높지만, 대상물의 조직, 표면 등의 손상을 일으킬 수도 있다.
- ④ 시간 및 온도: 적정 온도 및 시간은 소독제의 효과를 증대시킬 수 있으나, 고온 또는 장시간 처리할 경우, 소독제 증발 및 소독 효과 감소의 원인이 된다.

정답/해설 소독제 농도 모든 종류의 소독제가 고농도일 때 미생물을 빨리 죽이거나 소독 효과가 높은 것은 아니며, 대상물의 조직, 표면 등의 손상을 일으킬 수도 있음
 ③ ※ 학습가이드 5.3.3. 생물체 관련 폐기물 처리

05

소독과 멸균에 대한 미생물의 내성 수준이 가장 높은 것은?

- ① 비지질의 소형 바이러스
- ② 영양형 세포
- ③ 항산균
- ④ 세균 아포

정답/해설 소독과 멸균에 대한 미생물의 내성 수준은 프리온이 가장 높으며, 그 다음으로 세균 아포가 내성이 높음
 ④ ※ 학습가이드 5.3.3. 생물체 관련 폐기물 처리

제6과목 연구실 전기·소방 안전관리

01

화재의 종류와 예시의 연결이 옳지 않은 것은?

- ① 일반화재(A급 화재) - 주거지 내 목재 가공물에서 발생한 화재
- ② 유류화재(B급 화재) - 식용유 가열로 인해 발생한 화재
- ③ 전기화재(C급 화재) - 절연피복 손상으로 인해 전류가 흐르고 있는 전기기기의 화재
- ④ 금속화재(D급 화재) - 마그네슘 취급 공장에서 마그네슘이 연소되어 발생한 화재

정답/해설 유류화재(B급 화재)는 가솔린, 시너, 알코올 등의 인화성 액체가연물이 연소하는 화재로 재가 남지 않는 화재를 말하며, 식용유 가열로 인한 화재는 주방화재(K급 화재)로 분류됨
 ※ 학습가이드 6.1.1. 소방기초이론

02

화재 발생 시 대피 요령으로 옳지 않은 것은?

- ① 화재가 발생한 연구실을 탈출할 때는 출입문을 열어 내부의 연기를 신속하게 배출시켜야 한다.
- ② 연기가 있는 장소를 지날 때, 신선한 공기는 아래쪽에 있으므로 자세를 낮추고 한 손으로 벽을 짚으며 한 방향으로 대피한다.
- ③ 손등으로 출입문 손잡이를 만져 보아 손잡이가 뜨거우면 문 바깥쪽에 불이 난 것이므로 문을 열지 말고 다른 통로를 이용한다.
- ④ 대피를 못 해 연구실에 남아 있는 경우에는 연기가 못 들어오게 문 틈을 수건, 커튼 등으로 막고 젖은 수건이나 옷 등으로 입과 코를 막고 호흡한다.

정답/해설 화재가 발생한 연구실을 탈출할 때는 연기 확산 방지를 위하여 문을 반드시 닫고 나와야 함
 ※ 학습가이드 6.1.2. 소방안전관리

03

전기기구의 권선, 접점부, 단자부 등과 같이 정상적인 운전 중에 불꽃, 아크 또는 과열이 생겨서는 안 될 부분에 대하여 이를 방지하거나 또는 온도 상승을 제한하기 위하여 전기기구의 안전도를 증가시킨 방폭구조로 옳은 것은?

- ① 내압방폭구조
- ② 압력방폭구조
- ③ 유입방폭구조
- ④ 안전증방폭구조

정답/해설 안전증방폭구조에 대한 설명임
 ※ 학습가이드 6.1.3. 전기 일반 및 위험성 분석

04

감전 사고의 방지 대책으로 옳지 않은 것은?

- ① 보호접지
- ② 이중절연구조 채택
- ③ 안전전압 이하의 기기 사용
- ④ 절연열화 축진을 통한 절연 성능 유지

정답/해설 감전사고의 방지대책은 보호절연, 안전전압 이하의 기기 사용, 이중절연구조 채택, 보호접지, 회로의 전기적 격리 등이며 절연열화 축진을 방지하여야 함
 ※ 학습가이드 6.2.1. 화재, 감전, 정전기 예방, 소화 예방규칙

05

전기기계·기구 또는 전로 등의 충전부분에 접촉하거나 접근함으로써 감전 위험을 방지하기 위한 방법으로 옳지 않은 것은?

- ① 충전부가 노출되지 않도록 폐쇄형 외함이 있는 구조로 한다.
- ② 출입이 가능한 장소에 충전부를 설치하고, 위험 표시 등의 방법으로 방호를 강화한다.
- ③ 충전부에 충분한 절연 효과가 있는 방호망이나 절연덮개를 설치한다.
- ④ 격리된 장소로서 관계 근로자가 아닌 사람이 접근할 우려가 없는 장소에 충전부를 설치한다.

정답/해설 출입이 금지되는 장소에 충전부를 설치하고, 위험표시 등의 방법으로 방호를 강화하여야 함
 ※ 학습가이드 6.2.1. 화재, 감전, 정전기 예방, 소화 안전규칙

제7과목 연구활동종사자 보건·위생관리 및 인간공학적인 안전관리

01

다음 그림에 대한 설명으로 옳은 것은?



- ① 발암성, 생식독성, 생식세포 변이원성을 의미한다.
- ② 급성 또는 만성적으로 어류, 갑각류, 조류 등에 유해한 영향을 끼치는 것을 의미한다.
- ③ 눈 부식에 관한 별도의 자료가 없는 경우, 피부 자극성은 심한 눈손상을 가진다.
- ④ 짧은 시간에 경구, 경피, 흡입을 통하여 노출되어 죽음에 이르게 한다.

정답/해설 발암성은 암을 유발하는 것이며, 생식세포 변이원성은 자손에게 유전 될 수 있는 사람의 생식세포에 영향을 주는 것. 생식독성은 정자와 난자의 영향 등 생식기능에 의한 영향 및 태아 기형 등 태아의 발생, 발육에 유해한 영향을 주는 것을 말함. 즉, C(발암성), M(생식세포 변이원성), R(생식독성)을 의미함
 ※ 학습가이드 7.2.1. 연구활동종사자에 대한 관리

02

우리나라 화학물질 노출 기준의 종류로 옳지 않은 것은?

- ① 시간가중평균노출기준(TWA)
- ② 장시간노출기준(LTEL)
- ③ 단시간노출기준(STEL)
- ④ 최고노출기준(C)

정답/해설 장시간노출기준(LTEL)은 노출기준 종류에 해당되지 않음
 ※ 학습가이드 7.2.1. 연구활동종사자에 대한 관리

03

화학물질 등 피부접촉 시 상해를 입을 수 있는 물질로부터 피부를 보호하기에 적절한 보호구로 옳지 않은 것은?

- ① 내화학 장갑
- ② 내화학 장화
- ③ 화학물질용 보호복
- ④ 실험 가운

정답/해설 화학물질로 인한 피부보호를 위해서는 화학물질용 보호복을 착용하여야 함
 ※ 학습가이드 7.3.1. 개인보호구의 종류 및 선정기준

04

연구실 위험등급 분류에 따른 저위험 연구실에서 연구실 설치·운영 기준의 필수사항으로 옳지 않은 것은?

- ① 출입구에 비상대피표지 부착
- ② 화재감지기 및 경보장치 설치
- ③ 연구실 내 사무공간 확보
- ④ 연구실내 음식물 섭취 및 흡연금지

정답/해설 저위험연구실은 연구실과 사무공간을 분리하는 것은 권장사항에 해당함
 ※ 학습가이드 7.3.2. 연구실 설치 운영기준 및 안전정보 표지

05

실내 연구실의 길이, 넓이, 높이가 각각 20m, 15m, 4m이고 필요환기량(Q)이 100m³/min일 때, 1시간당 공기교환횟수(ACH)로 옳은 것은?

- ① 5회
- ② 4회
- ③ 3회
- ④ 2회

정답/해설 1시간당 공기교환횟수(ACH)
 ①
$$= \frac{\text{필요환기량(m}^3\text{/hr)}}{\text{실험실용적(m}^3\text{)}} = \frac{100\text{m}^3\text{/min} \times 60\text{min/hr}}{(20 \times 15 \times 4)\text{m}^3} = 5\text{회(시간당)}$$

 ※ 학습가이드 7.4.1. 환기시설의 종류

제2차 시험 연구실 안전관리 실무

01

「연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침」에 따라 연구실 정밀안전진단을 실시할 때 포함되어야 할 사항 중 빈칸에 들어갈 각 항목을 순서대로 적으시오.(6점)

- 1) () 실시 내용
- 2) 유해인자별 ()의 적정성
- 3) 유해인자별 ()의 적정성
- 4) 연구실 ()의 적정성

정답/해설 1) 정기점검
 2) 노출도평가
 3) 취급 및 관리
 4) 사전유해인자 위험분석
 ※ 학습가이드 1.1.4 관련고시 및 유관법령에 관한 사항

02

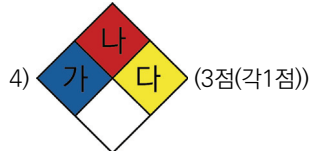
병원체 등 감염성 물질을 다루는 실험실에서 사용되는 생물안전작업대(Class I ~ III) 종류별 특성에 대해 서술 하시오.(12점)

구분	특 성
Class I	<ul style="list-style-type: none"> • 여과 배기, 작업대 전면부 개방 • 최소 유입풍속 유지, 연구활동종사자 보호가능 • 일반 미생물 실험 수행, 단, 실험물질 오염의 가능성 존재
Class II	<ul style="list-style-type: none"> • 여과 급·배기, 작업대 전면부 개방 • 최소 유입풍속 및 하방향풍속 유지 • 연구활동종사자 및 실험물질 보호 가능 • 구조, 기류 속도, 흐름 양상, 배기 시스템 등에 따라 Type A1, A2, B1, B2로 구분
Class III	<ul style="list-style-type: none"> • 최대 안전 밀폐환경 제공 • 연구활동종사자 및 실험물질 보호 가능

※ 학습가이드 5.1.4. 생물안전관련 장비 및 개인보호 장구

03

세계조화시스템(GHS)에 따른 그림문자 중 1~3번 그림 문자가 나타내는 위험성을 각각 한 가지씩 쓰고, 미국 방협회(NFPA) 704에 따라 4번의 가, 나, 다는 각 어떠한 위험성(Hazard)을 나타내는지 쓰시오.(총 6점)



정답/해설 1) 산화성
 2) 금속부식성
 3) 호흡기 과민성
 4-가) 건강 위험성
 4-나) 화재 위험성
 4-다) 반응 위험성
 ※ 학습가이드 7.2.1. 연구활동종사자 질환 및 휴먼에러 예방·관리

발행일 2022. 4. 29.

발행처 과학기술정보통신부
국가연구안전관리본부
한국생산성본부

※ 본 학습가이드와 관련된 문익는 연구실안전관리사 홈페이지
(safelab.kpc.or.kr)로 연락하여 주시기 바랍니다.