

# 연구실 안전사고 대응 매뉴얼



2025. 09.



부산대학교  
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

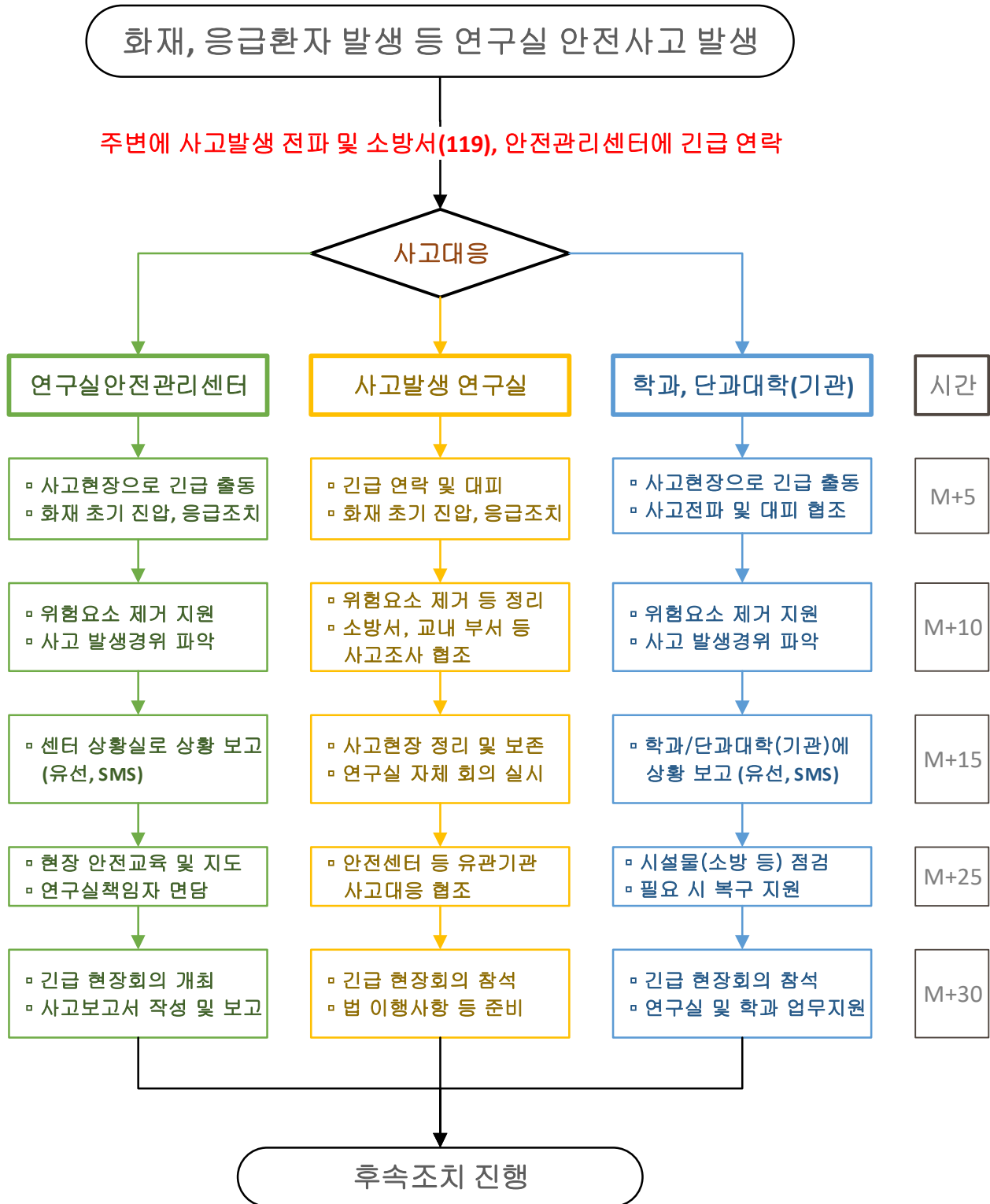
안전보건관리본부  
연구실안전관리센터

# 목 차

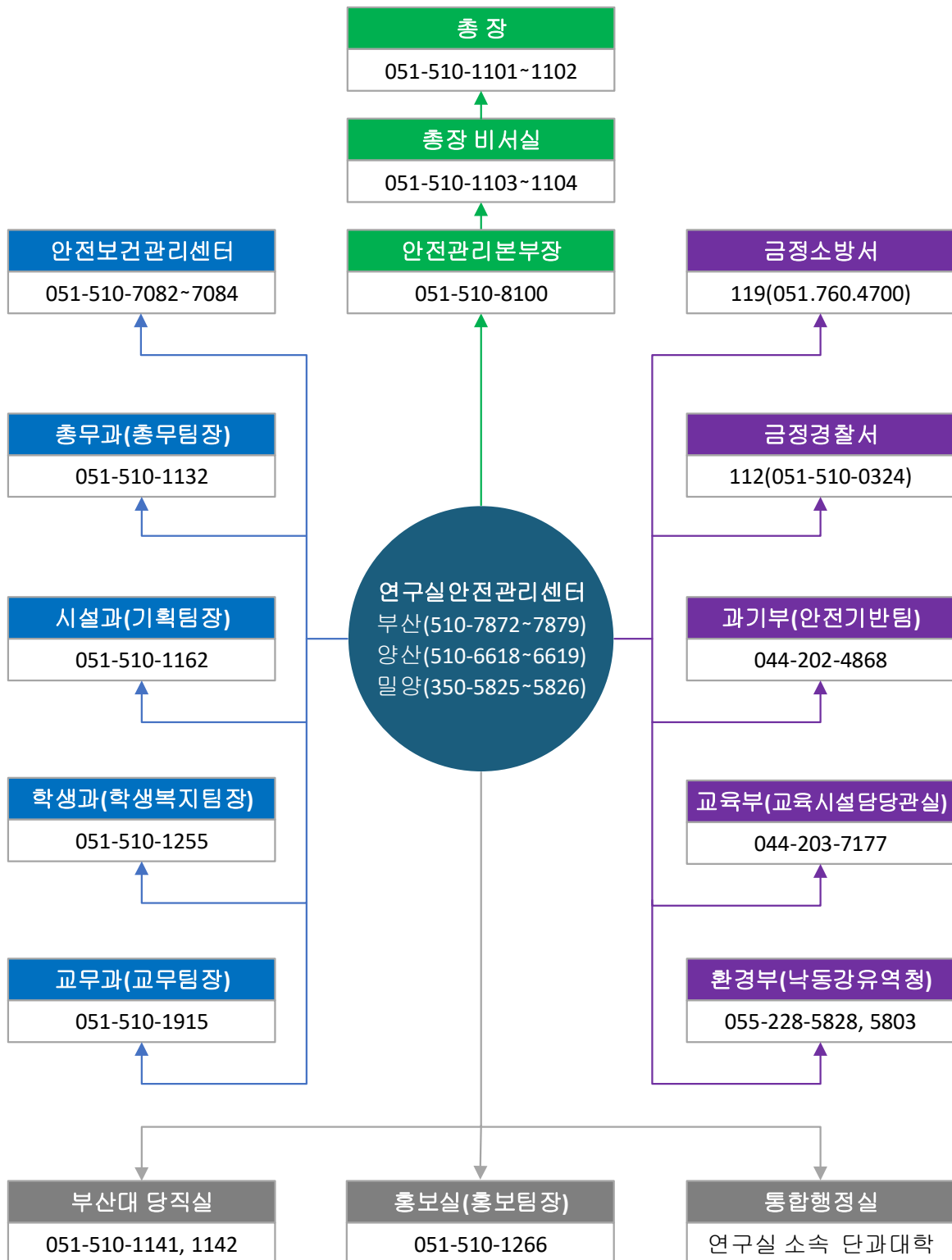
I. 연구실 안전사고 시 대응 요령 .....	1
II. 사고유형별 행동절차 .....	4
1. 화학	
가) 화학물질 누출·접촉 .....	4
나) 화학물질 화재·폭발 .....	5
2. 가스	
가) 가연성 가스 누출·폭발 .....	7
나) 독성 가스 누출 .....	8
3. 전기	
가) 감전 .....	9
나) 전기화재 .....	10
4. 생물	
가) 병원성 물질 유출 .....	11
나) 동물 물림, 마늘 등에 의한 부상 .....	12
다) 생물안전작업대(BSC) 내 유출 .....	13
5. 기계	
가) 끼임 및 절단 .....	14
6. 기타	
가) 화상 .....	15
나) 상처 및 출혈 .....	16
다) 유해광선 접촉 .....	17
III. 대학 실험·실습실 유해·위험 요인 .....	18
1. 화학적 유해·위험 요인 .....	18
2. 물리적·전기적 유해·위험 요인 .....	24
3. 생물학적 유해·위험 요인 .....	26
4. 기계적 유해·위험 요인 .....	29
5. 실험기구 및 장치의 위험성 .....	32
6. 작업 방법과 조건 .....	32

# I 연구실 안전사고 시 대응 요령

## □ 연구실 안전사고 시 대응 절차



□ **유관기관(교내부서) 현황 및 연락처**



※ 유선전화 연결이 불가할 경우 휴대전화로 연락

## □ 사고 발생 시 체크리스트

세부항목	확인사항 및 조치내용	이행여부
사고전파 및 초기대응	▷ 화재 및 응급환자 발생 시 주변에 전파 및 도움을 요청하고 소방서(119)에 긴급 신고	
	▷ 화재의 경우 초등진화 또는 문을 닫고 대피 ▷ 응급환자 발생 시 심폐소생술 등 응급처치 시행	
	▷ 연구실책임자(담당교수), 조교, 연구실안전관리센터 등 유관기관에 긴급 연락	
위험요소 제거	▷ 전기차단, 고압가스 밸브 차단 등 위험요소 제거	
	▷ 출입통제, 실내 환기, 유해물질 세척 및 폐기 등	
현장조사	▷ 소방서, 경찰서, 연구실안전관리센터 등 현장조사 협조	
대책회의	▷ 연구실책임자 및 종사자, 조교, 유관기관 담당자 회의	
안전교육 이수	▷ 안전교육 이수 증빙자료 준비(피해자 이수증 필수)	
건강검진	▷ 연구활동종사자 건강검진 대상 및 수검내역 확인	
사전유해인자 위험분석	▷ 사전유해인자위험분석 보고서 및 관리대장	
	▷ 개별 위험분석 및 R&DSA에 사고물질 포함 여부	
일상점검	▷ 일상점검 실시, 서명확인, 점검내용 적합 여부	
정기·정밀점검	▷ 정기·정밀점검 내용 및 후속조치 상태 확인	
화학물질 관리	▷ 연구실안전법(유해인자 취급 및 관리대장), MSDS 등	
	▷ 화학물질관리법(유해화학물질 관리대장, 주 1회) 등	
위험물 관리	▷ 위험물 지정수량 및 사용금지물질 등 확인	
	▷ 위험물 안전관리 조례 중 저장 및 취급사항 확인 (소량 취급 시 온도계, 현황판 구비)	
	▷ 표지, 라벨링, 분리보관, 고정 여부 등 관리상태 확인	
연구실책임자 지정	▷ 연구실책임자 및 안전관리담당자 지정 서류	
안전시설 안전표지	▷ 세안기, 비상샤워기, 시약장, 위험물보관함 등	
	▷ 출입문에 배치도 등, 비상대피로, 비상연락망 등	
보호구함	▷ 연구활동에 적합한 인원별 보호구 확보 및 사용	

## II 사고유형별 행동 절차

### 1. 화학분야사고

#### 1) 화학물질 누출·접촉

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

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MSDS/GHS 비치 및 교육</li> <li>○ 화학물질 성상별 분류 보관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다량의 인화물질을 보관하기 위한 별도보관 장소 마련</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주변 연구활동종사자들에게 사고 전파</li> <li>○ 안전담당부서(필요 시 소방서, 병원)에 약품 누출 발생사고 상황 신고 (위치, 약품 종류 및 양, 부상자 유·무 등)</li> <li>○ 유해물질에 노출된 부상자의 신체 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어줌</li> <li>○ 금속성물질이나 인(P) 등 물과 반응하는 물질이 묻었을 경우 물로 세척 금지</li> <li>○ 위험성이 높지 않다고 판단되면 안전담당부서와 함께 정화 및 폐기작업 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출물질에 대한 MSDS/GHS 및 대응 장비 확보</li> <li>○ 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정</li> <li>○ 개인보호구 착용 후 사고처리(흡착제, 흡착포, 흡착웬스, 중화제 등 사용)</li> <li>○ 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위 내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 2) 화학물질 화재·폭발

□ 사고 상황 : 실험 중 톨루엔(유기화합물 등) 들어 있던 용기 내 압력 증가로 용기가 파열되면서 톨루엔(유기화합물 등)이 비산되어 화재 발생

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MSDS/GHS 비치 및 교육</li> <li>○ 화학물질 성상별 분류 보관</li> <li>○ 폭발 대비 대피소 지정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다량의 인화물질을 보관하기 위한 별도보관 장소 마련</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주변 연구활동종사자들에게 사고 전파</li> <li>○ 위험성이 높지 않다고 판단되면 초기진화 실시</li> <li>○ 2차 재해에 대비하여 현장에서 멀리 떨어진 안전한 장소에서 물 분무</li> <li>○ 금속성 물질이 있는 경우 물과의 반응성을 고려하여 화재 진압 실시</li> <li>○ 유해가스 또는 연소생성물의 흡입 방지를 위한 개인보호구 착용</li> <li>○ 유해물질에 노출된 부상자의 노출부위를 깨끗한 물로 20분 이상 세척</li> <li>○ 초기진화가 힘든 경우 지정대피소로 신속히 대피</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방송을 통한 사고전파로 신속한 대피 유도</li> <li>○ 호흡이 없는 부상자 발생 시 심폐소생술 실시</li> <li>○ 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정</li> <li>○ 필요 시 전기 및 가스설비 공급 차단</li> <li>○ 사고물질의 누설, 유출방지가 곤란한 경우 주변의 연소 방지를 중점적으로 실시</li> <li>○ 유해화학물질의 확산, 비산 및 용기의 파손, 전도방지 등 조치 강구</li> <li>○ 소화를 하는 경우 중화, 희석 등 재해조치를 병행</li> <li>○ 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위 내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지정대피소로 집결한 인원 확인(건물별 또는 연구실별)</li> <li>○ 전기 및 가스 설비 점검 후 공급</li> <li>○ 사고장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

□ 사고 상황 : 폐액용기를 들고 운반 하는 중 폐액 용기 파열로 운반자가 화상을 입는 사고 발생

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 폐액용기에 연구실명, 폐액 종류, 주의사항 등 라벨 부착</li> <li>○ 폐액 종류별 각각 분리 보관</li> <li>○ 폐액용기는 통풍이 잘 되는 그늘진 곳에 보관</li> <li>○ 폐액용기 운반 시 보호구 착용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 폐액용기 운반용 기구 비치</li> <li>○ 폐액용기의 운반담당자 지정 및 운반 절차 등 수립·시행</li> <li>○ 폐액용기 임시 저장소 마련</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주변 연구활동종사자들에게 사고 전파</li> <li>○ 안전담당부서(필요 시 소방서, 병원)에 사고 상황 신고(위치, 폐액 종류 및 양, 부상자 유·무 등)</li> <li>○ 부상자의 폐액 접촉 부위를 깨끗한 물로 20분 이상 씻어줌</li> <li>○ 위험성이 높지 않다고 판단되면, 안전담당부서와 함께 정화작업 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출물질에 대한 MSDS/GHS 및 대응 장비 확보</li> <li>○ 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제구역 설정</li> <li>○ 개인보호구 착용 후 사고처리(흡착제, 흡착포, 흡착웬스, 중화제 등 사용)</li> <li>○ 부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위 내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 2. 가스분야사고

### 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	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>가연성 가스용기는 통풍이 잘 되는 옥외장소에 설치</li> <li>가연성가스 검지기 설치 및 관리</li> <li>가스용기 고정장치 설치</li> <li>상시 가스누출 검사 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요 가스 사용 현황 및 정보 파악</li> <li>옥외 설치 가스배관에 대한 부식여부 등 이상 여부 점검</li> <li>가스저장소 등 가스설비의 주기적 점검 실시</li> <li>가스누출경보장치의 주기적인 검·교정 실시</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스누출 사실 전파 및 건물 내에 체류 중인 사람이 대피할 수 있도록 알림</li> <li>안전이 확보되는 범위 내에서 사고확대 방지를 위하여 밸브차단 및 환기 등 적절한 조치 취함</li> <li>누출규모가 커서 대응이 불가능할 경우 즉시 대피</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>방송을 통한 사고전파로 신속한 대피 유도</li> <li>가스농도측정기를 이용해 누출 가스 농도 측정</li> <li>사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정</li> <li>필요 시 전기 및 가스설비 공급 차단</li> <li>대량누출의 경우 폭발로 이어지지 않도록 점화원 제거 (밸브 차단, 주변 점화원 제거, 충격 등 금지)</li> <li>부상자 발생 시 응급조치 및 인근 병원으로 후송</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위 내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기 및 가스 설비 점검 후 공급</li> <li>사고장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 2) 독성 가스 누출

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

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 독성가스용기는 옥외저장소 또는 실린더캐비닛 내 설치</li> <li>○ 독성가스 특성을 고려한 호흡용 보호구 비치 및 사용 관리</li> <li>○ 상시 가스 누출 검사 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주요 가스 사용 현황 및 정보 파악</li> <li>○ 옥외 설치 가스배관에 대한 부식여부 등 이상 여부 점검</li> <li>○ 독성가스저장소 등 가스설비의 주기적 점검 실시</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가스누출 사실 전파 및 건물 내에 체류 중인 사람이 대피할 수 있도록 알림</li> <li>○ 사고 적응성 개인보호구(방독면 등)를 신속하게 착용</li> <li>○ 안전이 확보되는 범위 내에서 사고확대 방지를 위하여 밸브차단</li> <li>○ 유독기체 흡입 부상자의 경우 통풍이 잘 되는 곳으로 옮기고 안정을 취하게 함</li> <li>○ 누출규모가 커서 대응이 불가능할 경우 즉시 대피</li> <li>○ 대피 시에는 출입문 및 방화문을 닫아 피해 확산 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방송을 통한 사고전파로 신속한 대피 유도</li> <li>○ 가스농도측정기를 이용해 누출 가스 농도 측정</li> <li>○ 사고현장에 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정</li> <li>○ 부상자 발생 시 응급조치 및 병원으로 이송 조치</li> <li>○ 적정 개인보호구(방독면 등) 착용 후 가스 설비 누출 원인 제거</li> <li>○ 필요시 소방서 및 한국가스안전공사(1544-4500)에 신고</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 누출지역의 정상복구를 위하여 잔류 가스 완전 제거</li> <li>○ 사고장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

### 3. 전기분야사고

#### 1) 감전

□ 사고 상황 : 누전차단기의 작동 불량인 상태에서 절연 불량인 전기기기(또는 전선피복의 노출부) 접촉으로 감전

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고전압 및 감전 안전보건표지 부착</li> <li>○ 젖은 손으로 전기기기 취급 금지</li> <li>○ 전기기기의 수리는 전문가에게 의뢰</li> <li>○ 비규격 및 안전인증 미취득 전기제품 사용 금지</li> <li>○ 개인보호구 보유 및 실험형태에 따라 반드시 착용</li> <li>○ 전기관련 실험시에 안전거리 확보</li> <li>○ 전기기기 사용 시에는 필히 접지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자동심장제세동기(AED) 위치 파악</li> <li>○ 연구실 내 추가 설치되는 전기기기의 정격용량 확인 등 정격용량 증감 요소 확인 및 조치</li> <li>○ 누전차단기 등 보호장치에 대한 작동 상태 주기적 점검</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 절연장갑 착용 후 해당 전기기기 전원 신속히 차단</li> <li>○ 구호자의 2차 감전을 방지하기 위해 절연봉(마른 나무막대, 플라스틱 막대 등)을 이용하여 부상자를 구호하고 부상자와 신체접촉이 되지 않도록 유의</li> <li>○ 부상자의 상태(의식, 호흡, 맥박, 출혈 유무)를 확인하여 심폐소생술 등 응급처치</li> <li>○ 필요 시 병원에 신고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고현장 주변 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정</li> <li>○ 의식이 있는 부상자는 담요, 외투 등을 덮어서 따뜻하게 유지</li> <li>○ 의식이 없는 부상자는 기도를 확보하고 호흡유무를 체크하여 심폐소생술(CPR) 혹은 자동제외제세동기(AED) 실시</li> <li>○ 부상자 병원으로 이송 조치</li> <li>○ 전원 재투입 전에 접지 확보 및 각 기기별 절연진단을 실시하여 사고원인 제거 재차 확인</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 2) 전기화재

□ 사고 상황 : 다수의 플러그가 꽂혀 있어 정격용량을 초과하여 사용하고 있는 멀티콘센트의 과열(또는 단락, 스파크, 접촉불량, 누전 등)로 화재 발생

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 용량을 초과하는 문어발식 멀티콘센트 사용 금지</li> <li>○ 전기기기의 수리는 전문가에게 의뢰</li> <li>○ 비규격 및 안전인증 미 취득 전기제품 사용 금지</li> <li>○ 전열기 근처에 가연물 방치 금지</li> <li>○ 전기기기 사용 시에는 필히 접지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 금속제 외함 전기기기 접지실시</li> <li>○ 결함이 있는 전기설비는 즉시 수리 또는 교체</li> <li>○ 연구실 내 추가 설치되는 전기기기의 정격용량 확인 등 정격용량 증감 요소 확인 및 조치</li> <li>○ 보호 장치 등 안전설비에 대한 작동 상태 주기적 점검</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고발생 전기기기의 전원을 신속히 차단</li> <li>○ 연기에 의한 피해자나 화재에 의한 화상자 발생 시 응급처치</li> <li>○ 화재 발생 시 해당기기에 물을 뿌리면 감전 위험이 있으므로 물 분사 금지</li> <li>○ 소화기는 가능하면 C급 소화기 사용하여 초기 진화</li> <li>○ 필요 시 유관기관(소방서, 병원 등)에 신고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고현장 주변 접근금지테이프 등을 이용하여 통제 구역 설정</li> <li>○ 사고 발생 지점 전기배선 상위단의 분전반 전원 차단</li> <li>○ 연기 질식 환자에 대비한 신선한 공기 확보 및 안전한 장소로 유도 및 안정</li> <li>○ 전원 재투입 전에 접지 확보 및 각 기기별 절연진단을 실시하여 사고 원인 제거 재차 확인</li> <li>○ 화상 및 질식 전문병원으로 신속하게 이동 조치</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>		

#### 4. 생물분야사고

##### 1) 병원성 물질 유출

□ 사고 상황 : 병원체와 유전자변형생물체의 유출로 인한 감염, 2차 감염 및 병원체 외부 유출로 오염

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구실 책임자 및 연구활동종사자 정기안전교육 이수</li> <li>○ 연구실은 승인 받은 자만 출입하고 출입문은 항상 닫아 둠</li> <li>○ 연구실 별 생물사고 대응 도구(biological spill kit) 구비</li> <li>○ 병원체 특성별 병원 연계체계 구축</li> <li>○ 자체 생물안전위원회에서 위해성 평가를 완료한 생물실험체, 병원체, LMO에 한하여 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생물안전관리자는 법정교육인 사전교육 및 연간교육 이수</li> <li>○ 생물위해성 평가 실시 여부 감독</li> <li>○ 생물실험 시설 주변에 대한 정기 소독 등 감염방지 대책 시행</li> <li>○ 생물 실험 후 폐기물 발생에 따른 적정한 폐기 수립 및 시행</li> <li>○ 생물 실험 종사자에 대한 정기 건강검진 조치</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 부상자의 오염된 보호구는 즉시 탈의하여 멸균봉투에 넣고 오염부위를 세척 한 뒤 소독제 등으로 오염 부위 소독</li> <li>○ 부상자 발생 시 부상 부위 및 2차 감염 가능성 확인 후 기관 내 보건 담당자에게 알리고, 필요시 소방서 신고</li> <li>○ 흡수지로 오염부위를 덮은 뒤 그 위에 소독제를 충분히 부어 오염의 확산을 방지한 뒤 퇴실</li> <li>○ 2차 피해 우려 시 접근금지 표시를 하여 2차 유출확대 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고 접수 후 응급치료도구와 생물안전 사고 대응 도구 (biological spill kit)을 가지고 사고 현장으로 출동.</li> <li>○ 사고현장 출동 시 적절한 개인보호구 착용 후 사고 수습 지원 (마스크, 1회용 실험복, 안전장갑, 1회용 덧신 등)</li> <li>○ 사고현장 접근 금지테이프 설치 및 현장 통제</li> <li>○ 필요시 생물안전위원회 소집 및 사고 대책위원회 구성</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오염 된 연구실 탈 오염 처리 및 오염 확산 방지 처리</li> <li>○ 생물안전사고 부상자의 2차 획득 감염사고 관찰, 진단 및 치료</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고 발생지 탈 오염 처리 및 오염 확산방지 확인 후 연구실 사용 재개 결정</li> <li>○ 부상자의 2차 획득 감염 여부 확인</li> <li>○ 기관 생물안전위원회에서 확립 된 사고 방지 안 실행을 연구실 책임자 및 사고 유발자에 지시하고 이의 실행여부 감독</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 2) 동물 물림, 바늘 등에 의한 부상

□ 사고 상황 : 실험 중 동물에게 손가락을 물려서 약간의 출혈이 발생한 상황

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구실 책임자 및 연구활동종사자 정기안전교육 이수</li> <li>○ 연구실은 승인 받은 자만 출입하고 출입문은 항상 닫아 둬</li> <li>○ 연구실 별 생물사고 대응 도구(biological spill kit) 구비</li> <li>○ 병원체 특성별 병원 연계체계 구축</li> <li>○ 자체 생물안전위원회에서 위해성 평가를 완료한 생물실험체, 병원체, LMO에 한하여 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생물안전관리자는 법정교육인 사전교육 및 연간교육 이수</li> <li>○ 생물위해성 평가 실시 여부 감독</li> <li>○ 생물실험 시설 주변에 대한 정기 소독 등 감염방지 대책 시행</li> <li>○ 생물 실험 후 폐기물 발생에 따른 적절한 폐기 수립 및 시행</li> <li>○ 생물 실험 종사자에 대한 정기 건강검진 조치</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 즉시 실험을 멈추고 부상 부위에 식염수나 비상약 소독제로 소독하고 출혈 시 지혈</li> <li>○ 실험중인 동물을 케이지에 넣어 보관하거나 병원체를 밀봉하고 부상자의 소독 및 지혈 등을 지일</li> <li>○ 생물 안전관리자, 동물실관리자 등에게 경위를 설명하여 사고 대응 지시를 받음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 부상 정도 및 병원체 특성에 따라 적절한 처치 지시</li> <li>○ 실험동물 사고 시 파상풍 예방 주사 유무를 확인하고 파상풍 치료 주사 및 항생제 치료</li> <li>○ 병원체 사용 사고는 병원체에 의한 2차 획득 감염 관찰 및 예방 치료</li> <li>○ 사고 발생 직후 치료 외에도 획득감염 발병 가능성을 확인하여 추가 치료 및 완전 치료를 반드시 확인</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사</li> <li>○ 필요시 생물안전위원회, 동물윤리 및 운영위원회 구성</li> <li>○ 실험동물에 의한 감염 사고는 사후 식약처에 사고보고</li> <li>○ 가축전염병의 유출 시 농림부 검역검사본부에 사고보고</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

### 3) 생물안전작업대(BSC) 내 유출

#### □ 사고 상황 : 실험 중 생물안전작업대내에서 병원체가 유출된 상황

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구실 책임자 및 연구활동종사자 정기안전교육 이수</li> <li>○ 연구실은 승인 받은 자만 출입하고 출입문은 항상 닫아 둠</li> <li>○ 연구실 별 생물사고 대응 도구(biological spill kit) 구비</li> <li>○ 병원체 특성별 병원 연계체계 구축</li> <li>○ 자체 생물안전위원회에서 위해성 평가를 완료한 생물실험체, 병원체, LMO에 한하여 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생물안전관리자는 법정교육인 사전교육 및 연간교육 이수</li> <li>○ 생물위해성 평가 실시 여부 감독</li> <li>○ 생물실험 시설 주변에 대한 정기 소독 등 감염방지 대책 시행</li> <li>○ 생물 실험 후 폐기물 발생에 따른 적절한 폐기 수립 및 시행</li> <li>○ 생물 실험 종사자에 대한 정기 건강검진 조치</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생물안전작업대 내 팬을 가동하는 것을 확인하고 문을 밑에까지 내린 뒤 대피</li> <li>○ 생물 유출 사고 대응도구(biological spill kit)내에서 새 장갑과 1회용 보호구로 착용 후 탈 오염 작업</li> <li>○ 적절한 살균 소독제를 생물안전작업대(BSC) 내부 벽면, 작업대 표면, 이용 도구 및 장비에 도포</li> <li>○ 감염성폐기물 전용 용기 또는 멸균봉투에 생물안전작업대 유출 사고 시 사용한 물질 폐기</li> <li>○ 유출 물질이 생물안전작업대 안에서 흘러나왔을 경우, 연구책임자, 생물안전관리자에게 통보하고 지시에 따라 사고대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생물안전작업대 안에서 외부로 유출된 사고 신고를 접수하였을 경우 위의 생물안전 사고 매뉴얼을 따라 사고 수습 대응 및 지시</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>		

## 5. 기계분야사고

### 1) 끼임 및 절단

□ 사고 상황 : 기기를 이용한 실험 중 기계에 끼임, 물림, 접촉 등에 의해 신체 절단, 골절, 타박상, 찰과상 등의 사고 발생 상황

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기계 안전장치 설치(방호덮개, 비상정지 장치 등)</li> <li>○ 기계별 방호조치 수립</li> <li>○ 기계사용 시 적정 개인보호구 착용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 보유하고 있는 주요 위험 기계 목록 작성 유지 및 점검</li> <li>○ 방호장치 작동 여부 확인</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 안전이 확보된 범위 내에서 사고 발견 즉시 사고기계의 작동 중지 (전원 차단)</li> <li>○ 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행</li> <li>○ 손가락이나 발가락 등이 잘렸을 때 출혈이 심하므로 상처에 깨끗한 천이나 거즈를 두툼하게 댄 후 단단히 매어서 지혈 조치</li> <li>○ 절단된 손가락이나 발가락은 깨끗이 씻은 후 비닐에 싸 채로 얼음을 채운 비닐봉지에 젖지 않도록 넣어 빨리 접합전문병원에서 수술을 받을 수 있도록 조치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2차 사고가 발생하지 않도록 전원 차단 여부 추가 확인</li> <li>○ 의식이 있는 부상자는 담요, 외투 등을 덮어서 따뜻하게 유지</li> <li>○ 의식이 없는 부상자는 기도를 확보하고 호흡유무를 체크하여 심폐소생술(CPR) 혹은 자동심장제세동기(AED) 실시 및 부상자를 병원으로 이송 조치</li> <li>○ 전원 재투입 전에 기계별 안전상태 확보 및 사고 원인 제거 재차 확인</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고기계에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 6. 기타사고

### 1) 화상

□ 사고 상황 : Oil Bath를 이용하여 고온, 고압반응 실험을 하던 중 Oil Bath 내부의 반응튜브가 터지면서 고온의 기름(200°C)이 안면부 및 손등에 튀는 화상 사고 발생

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 안전보건표지 부착 및 준수</li> <li>○ 개인보호구 착용 후 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구실 내 고온, 저온 발생장치에 대한 작동 기능 확인</li> <li>○ 화상치료 전문병원 연락처 등 확보</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해당실험장치 작동 중지</li> <li>○ 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행</li> <li>○ 화학물질이 액체가 아닌 고형물질인 경우 물로 씻기 전에 털어 냄</li> <li>○ 가벼운 화상의 경우 화상부위를 찬물에 담그거나 물에 적신 차가운 천을 대어 통증 감소</li> <li>○ 심한 화상인 경우 깨끗한 물에 적신 헝겊으로 상처부위를 덮어 냉각하고 감염 방지 등 응급조치 후 병원 이송 조치</li> <li>○ 화상부위나 물질은 건드리지 말고 2차 감염을 막기 위해 상처부위를 거즈로 덮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2차 사고가 발생하지 않도록 전원 차단 여부 추가 확인</li> <li>○ 부상자를 병원으로 이송 조치</li> <li>○ 전원 재투입 전에 기계별 안전상태 확보 및 사고 원인 제거 재차 확인</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

## 2) 상처 및 출혈

□ 사고 상황 : 비이커 운반 중 비이커가 깨짐으로 인한 베임, 이동 중 설치된 실험기기와의 충돌에 의한 출혈, 낙하하는 실험장비에 의해 멍든 상처 발생

구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개인보호구 착용 후 실험</li> <li>○ 안전보건표지 부착 및 준수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기관 주변 전문병원 연락처 등 비상연락망 확보</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행</li> <li>○ 베인 경우 상처 소독보다 지혈에 신경 쓰고 작은 상처는 1회용 밴드로 감아주고 큰 상처의 경우 붕대를 감은 후 상처부위를 심장보다 높은 곳에 위치</li> <li>○ 피부가 까진 경우 소독하기 전에 흐르는 깨끗한 물로 씻고 소독액 사용</li> <li>○ 멍이든 부위를 얼음주머니나 찬물로 찜질을 하고 시간이 지나 다친 부위를 움직이지 못하면 골절이나 염좌가 의심되므로 병원진료 실시</li> <li>○ 지혈 등 응급조치 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 필요 시 부상자를 병원으로 이송 조치</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>		

### 3) 유해광선 접촉

#### □ 사고 상황 : 레이저 또는 용접 중 유해광선에 의한 시력 장애 발생








구분	연구실	안전 담당 부서
사고 예방·대비 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발생원의 격리, 차폐</li> <li>○ 차광장치 설치</li> <li>○ 차광보호구 구입 및 비치</li> <li>○ 실험 중 차광보호구 착용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 차광, 차폐장치 이상 여부 점검</li> <li>○ 차광보호구 이상여부 수시 점검</li> </ul>
사고대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해당실험장치 작동 중지</li> <li>○ 사고 상황 파악 및 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮기고 적절한 응급조치 시행</li> <li>○ 기관 내 보건소 또는 병원에 이송 조치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고접수 및 사고 장비(레이저, 용접기 등)의 위험성 확인</li> <li>○ 사고현장 출동 및 안전보호구 착용(보안경, 안전장갑 등)</li> <li>○ 2차 사고가 발생하지 않도록 전원 차단 여부 추가 확인</li> <li>○ 전원 재투입 전에 해당실험장치의 안전상태 확보 및 사고 원인 제거 재차 확인</li> </ul>
사고 복구 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고원인 조사를 위한 현장은 보존하되, 2차 사고가 발생하지 않도록 조치하는 범위내에서 사고현장 주변 정리 정돈</li> <li>○ 부상자 가족에게 사고 내용 전달 및 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사고 장비에 대한 결함 여부 조사 및 안전조치</li> <li>○ 사고원인 조사</li> <li>○ 사고내용 과학기술정보통신부 보고</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 피해복구 및 재발방지 대책마련·시행</li> </ul>	

### III 대학 실험·실습실 유해·위험 요인

#### 1. 화학적 유해·위험 요인

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

<화학적 유해·위험 요인의 종류와 특성>

종류	특성	예시	경고 표지
폭발성 물질	가열·마찰·충격 또는 다른 화학물질과의 접촉으로 인하여 산소나 산화제 공급 없이 폭발하는 물질	○ 질산에스테르류, 니트로화합물, 니트로소화합물, 아조화합물, 디아조화합물, 하이드라진 및 그 유도체, 유기과산화물 등	
자연 발화성 물질	스스로 발화하거나 발화가 용이한 것, 또는 물과 접촉하여 발화하고 가연성 가스를 발생시키는 물질	○ 황, 철분, 금속분, 마그네슘, 인화성 고체 등 ○ 자연 발화성 및 금속성물질: 칼륨, 나트륨, 알칼리리튬, 알칼리튬, 황인, 알칼리금속 등	
산화성 물질	산화력이 강하고 가열·충격 및 다른 화학물질과의 접촉으로 인하여 격렬히 분해·반응하는 물질	○ 염소산 및 염류, 과염소산 및 그 염류, 과산화수소 및 무기과산화물, 아염소산 및 그 염류, 불소산염류, 초산 및 그 염류, 요오드산염류, 과망간산염류, 중크롬산 및 그 염류 등	
인화성 물질	대기압에서 인화점이 65°C 이하인 가연성 액체	○ 인화점 -30°C 이하: 에틸에테르, 가솔린, 아세탈데하이드, 신화프로필렌 등 ○ 인화점 -30°C 이하~0°C: 노르말헥산, 산화에틸렌, 아세톤, 메틸에틸케톤 등 ○ 인화점 0°C~30°C: 메틸알코올, 에틸알코올, 크시렌, 아세트산 등 ○ 인화점 30°C~65°C: 등유, 경유, 에탄, 프로판, 부탄, 기타(15°C, 1기압에서 기체 상태인 가연성 가스)	
가연성 가스	폭발한계 농도의 하한이 10% 이하 또는 상한과 하한의 차이가 20% 이상인 가스	○ 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 기타(15°C, 1기압에서 기체 상태인 가연성 가스)	
부식성 물질	금속 등을 쉽게 부식시키거나, 인체와 접촉하면 심한 상해를 입히는 물질	○ 부식성 산류: 농도 20% 이상인 염산, 질산, 황산 등 농도 60% 이상인 인산, 아세트산, 불산 등 ○ 부식성 염기류: 농도 40% 이상인 수산화나트륨, 수산화칼륨 등	
급성 독성 물질	다음 조건의 동물실험 독성치를 나타내는 물질	○ LD50(경구, 쥐): 300mg/kg 이하 ○ LD50(경피, 쥐 또는 토끼): 1,000mg/kg 이하 ○ LC50(쥐, 4시간 흡입): 2,500ppm 이하	

## 1) 유해·위험 물질별 위험성

### 가. 폭발성 물질

- 자기반응성 물질(self-reactive Substances)로 외부로부터 공기 중의 산소공급 없이도 가열, 충격 등에 의해 발열 분해를 일으켜 급속한 가스의 발생이나 연소 폭발을 일으킨다.
- 비교적 저온에서 열분해가 일어나는 것이 많은 까닭에 불안정한 위험성이 높은 물질이다.
- 모두 가연성 물질이고 자체 분자 내에서 연소할 수 있고, 분해할 때는 단시간 내에 이루어지며, 분해 생성물은 CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub> 등 다량의 가스를 발생한다.

### 나. 발화성 물질

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

### 다. 산화성 물질

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

### 라. 인화성 액체

- 인화점을 가진 액체이고, 화기 등에 의한 위험성이 높다.
- 인화성 액체의 연소는 폭발성 화합물의 연소와는 달리 스스로 분자 속의 산소에 의한 자기연소를 일으키는 연소 형태가 아니라 액체 표면으로부터 발생하는 증기와 공기와 혼합가스의 연소이다.
- 인화성 액체에서 발생하는 인화성 증기는 공기보다 비중이 커서 가연성 증기는 낮은

장소에 체류하고 멀리 흘러감. 따라서 화재가 났을 경우에 확산하는 위험이 있다.

- 일반적으로 전기부도체로 정전기의 축전이 쉽고, 정전기의 방전에 따라서 인화할 수 있다.

## 마. 가연성 가스

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

## 바. 부식성 물질

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

## 사. 급성독성물질

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

## 2) 사고빈도가 높은 사고 다발 물질

### 가. 수산화나트륨

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

## 나. 암모니아

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

## 다. 염화수소

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

## 라. 질산

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

## 마. 포름알데히드

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

## 바. 톨루엔

- 위험성 : 산화제와 격렬하게 반응하며, 반응 시 화재와 폭발의 위험이 있다. 열 분해될 때 자극적이고 독성이 있는 기체를 방출한다.

- 톨루엔으로 인한 화재 발생 시 증기는 공기보다 무겁기 때문에 바닥에 가라앉은 뒤에 하수구, 지하 등에 모이게 되므로 저지대를 피한다.

## 사. 황산

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

## 3) 실험실 주요 화학물질 독성 및 주의사항

### 가. 아세톤

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

### 나. 디클로로메탄

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

### 다. 아세트산 메틸

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

## 라. 메탄올

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

## 마. 노말렉산

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

## 2. 물리·전기적 유해·위험 요인

### 1) 자기장의 위험

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

### 2) 극저온의 위험

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

### 3) 레이저의 위험

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

### 4) 전리방사선

- 전리방사선은 원자와 분자에서 전자를 분리하여 작용하는 에너지의 한 형태로 눈에 보이지 않으며 공기, 물, 살아있는 조직 등을 통과할 수 있다.
- 세포 속 분자들을 변형시킬 수 있으며, 심하게 노출되면 피부 또는 조직 등이 손상될 수 있다.
- 입자( $\alpha$ ,  $\beta$ , 중성자)와 빛 또는 전자파(감마선, 엑스선)로 구성된다.

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

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

## 5) 전기적 위험요인

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

### 가. 누전

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

### 나. 접지

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

### 3. 생물학적 유해·위험 요인

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

<미생물의 위험군 구분>

구분	세부 내용	예시
제 1위험군	○ 건강한 성인에게서는 질병을 일으키지 않는 생물체	E. coli
제 2위험군	○ 사람에게 감염되었을 경우 증세가 심각하지 않고 예방 또는 치료가 비교적 용이한 질병을 일으킬 수 있는 생물체	Vibrio cholerae 장관 병원성 E. coli Hepatitis virus Measles virus
제 3위험군	○ 사람에게 감염되었을 경우 증세가 심각하거나 치명적일 수 있으나 예방 또는 치료가 가능한 질병을 일으킬 수 있는 생물체	Bacillus anthracis Brucella abortus Yersinia pestis SARS virus Yellow fever virus
제 4위험군	○ 사람에게 감염되었을 경우 증세가 매우 심각하거나 치명적이며 예방 또는 치료가 어려운 질병을 일으킬 수 있는 생물체	Ebola virus Marburg virus Lassa virus Hendra virus

<위험군 분류에 따른 생물안전 등급 구분>

위험군 분류	생물안전 등급	내용	실험실 수준	안전장비
1	생물안전1등급 (Biosafety Level 1, BL1)	○ 제1위험군을 취급할 경우 요구되는 실험실 ○ 일반 실험실 생물안전 수칙 준수	일반 실험실	Open bench
2	생물안전2등급 (Biosafety Level 2, BL2)	○ 제2위험군을 취급할 경우 요구되는 실험실 ○ 생물안전 1등급 연구시설에 해당하는 사항을 준수하고 에어로졸 발생을 최소화 해야함 ○ 생물안전작업대 등 안전장비를 구비하고 장갑, 실험복 등 적절한 개인보호장비를 착용하여야 함	BL1 + 보호복, 생물재해표지	Open bench + BSC

3	생물안전3등급 (Biosafety Level 3, BL3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제3위험군을 취급할 경우 요구되는 실험실</li> <li>○ 생물안전2등급 연구시설에 해당하는 사항을 준수하고 전용 실험복을 사용하며 감염성물질의 개봉은 반드시 생물안전작업대 내에서 수행하여야 함</li> <li>○ 실험실 접근에 대한 통제, 공기조절 및 음압 유지를 위한 별도의 공조장치 설치가 요구됨</li> </ul>	BL2 + 특수보호복, 사용통제, 음압 및 공기제어	BSC + 실험을 위한 모든 기초장비
4	생물안전4등급 (Biosafety Level 4, BL4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제4위험군을 취급할 경우 요구되는 실험실</li> <li>○ 생물안전3등급 연구시설에 해당하는 사항을 준수하고 양압복 등을 착용하고 퇴실 시 샤워로 오염을 제거하여야 함</li> <li>○ 해당시설은 별도로 분리된 유닛으로 견고하게 구성되어야 하며 엄격한 실험실 접근 통제 및 공기조절을 위한 별도의 공조장치를 설치하여야 함</li> </ul>	BL3 + Air lock 퇴실 시 오염제거 샤워, 폐기물 특별관리	Class III BSC, 양압복, 양문형 고압멸균기, 여과공기

BSC : 생물안전작업대(Biological safety cabinet)

## 1) 감염경로

가. 공기감염 : 비말감염

나. 접촉감염 : 일반 매개물 감염, 동물 매개 감염

## 2) 생물학적 안전

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

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

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

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

## 3) 연구실험실 관리

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

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

청소한다.

- 나. 플라스틱 포장지, 알루미늄 포일 또는 뒷면이 방수되는 흡수성 종지와 같은 보호용 덮개가 장비와 작업표면을 보호하는 데 사용될 수 있다.
- 다. 피, 전염성 물질로 오염될지도 모르는 장비는 사용 또는 수송에 앞서 주기적으로 점검하고 필요하다면 소독이 필요하다.
- 라. 피, 전염성 물질로 오염될 수 있는 가능성을 지닌 모든 박스, 통, 캔류는 재사용될 시 정기적으로 조사, 청소 및 소독한다.
- 마. 오염 가능성이 있는 깨진 유리 제품은 손으로 직접 집어서는 안 된다. 브러시, 먼지 팬, 집게, 면봉, 핀셋과 같은 수단을 사용하여 청소한다.

#### 4) 전염성 폐기물 처리

- 가. 유리 조각, 수술용 칼, 주사 바늘 등의 폐기물은 살균한 다음 지정된 용기에 폐기한다. 이 용기에는 분명한 표시가 되어야 한다.
- 나. 피하 주사기와 바늘은 사용 후에 재생하거나 다시 사용할 수 없도록 부수어서 폐기한다.
- 다. 폐기물의 살균은 실험실에서만 실시한다. 소각할 재료도 자격을 갖춘 사람에 의해 안전한 방법으로 소각로에 운반될 수 있도록 비닐 백과 같은 것에 담아 두어야 하며, 소각은 확실하게 이루어져야 한다.
- 라. 특히 매우 위험한 병원미생물은 공기여과장치가 부착된 안전한 캐비닛에서 취급하는 것이 바람직하다.

## 4. 기계적 유해·위험 요인

### 1) 연삭기

#### 가. 연삭기 안전

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

#### 나. 연삭기 작업 수칙

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

### 2) 사출성형기

#### 가. 위험요소

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

#### 나. 사출성형기 안전

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

### 3) 공작기계

#### 가. 위험요소

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

#### 나. 안전작업

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

### 4) 밀링

#### 가. 위험요소

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

#### 나. 안전작업

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

### 5) 3D 프린터

#### 가. 구조와 안전

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

#### 나. 안전작업

- A베드 : 3D 프린터 작동 시에는 베드의 온도가 재료에 따라 100°C까지 올라가므로 맨손으로 만지면 화상의 위험이 있다.
- B(노출익스트루더) : 노즐은 필라멘트에 따라 190~240°C까지 가열되어 동작하므로 동작 중이나 동작 후 손으로 만지면 화상의 위험이 있다. 특히 동작 전 온도가 서서히 올라가는 시점에도 온도가 높으므로 노즐과 익스트루더를 맨손으로 만지지 않는다.
- C(개폐장치) : 밀폐형(챔버형) 3D 프린터의 개폐장치는 작동 중에 열게 되면 필라멘트에서 발생하는 유해물질이 외부로 유출되어 사용자가 흡입할 위험이 있다.

- D(공기필터) : 공기필터는 3D 프린터 작동 시에 필라멘트가 녹으며 발생하는 유해물질을 필터링 하는 기능을 하므로 주기적으로 점검해야 한다. 공기필터의 성능이 떨어지면 필라멘트의 유해물질이 그대로 밖으로 나와 사용자가 흡입하게 되는 위험이 있다.

## 5. 실험기구 및 장치의 위험성

### 1) 화학실험용 기구

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

### 2) 실험 장치

- 화학실험에 이용되는 기구 및 장치는 기계적강도, 내열성, 내식성을 갖춘 것을 사용해야 한다.
- 실험할 때, 기계적강도에 착안하여 다음 사항에 유의한다.
  - 행하려는 화학실험은 어떠한 종류와 기계적강도가 요구되는가를 예상해 본다.
  - 기계적강도가 떨어지는 기구를 사용해야 할 때는 보호, 보강, 방어 등 적절한 조치를 생각한다.
  - 온도가 변하면 기계적강도도 변하는 것에 유의해야 한다.
  - 사용하는 약품에 따라 기계적강도가 변한다.

## 6. 작업 방법과 조건

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