

실험실 안전

I. 머리말

과학기술관련 실험실은 연구개발활동의 특성상 새로운 물질의 취급과 장비의 제작·활용함으로 일반 산업현장과는 다른 위험에 노출되고 연구개발투자의 확대로 급속하게 증가하고 있어 대학생, 대학원생등 비정규 연구 활동 종사자들의 안전성 확보가 시급한 상태이다.

또한 실험실은 공정 특성상 다수의 유해화학물질을 취급하고 있으며, 이들 화학물질은 언제든지 화재, 폭발, 중독 등의 중대재해를 유발할 가능성이 큰 위험물질이 대부분이다.

실험실에서 사용되는 각종 실험기구뿐만 아니라 각종 장비 등에 대한 이용 및 관리 면에 있어서도 항상 안전에 대해서 생각하고 숙지하고 있어야 우리에게 안전사고가 발생하는 것을 방지 할 수 있을 것이다

* 관련 규격 및 참고자료

연구실 안전환경 조성에 관한법령

1. 법:[제정 2005.3.31 법률 7425호], 시행일 2006.4.1.]-제1조 (목적)
이 법은 대학이나 연구기관 등에 설치된 과학기술분야 연구실의 안전을 확보함과 동시에 연구실 사고로 인한 피해를 적절하게 보상받을 수 있도록 함으로써 연구자원을 효율적으로 관리하고 나아가 과학기술 연구·개발활동 활성화에 기여함을 목적으로 한다.
2. 시행령:[제정 2006.3.31 대통령령 제19434호], 시행일 2006.4.1
3. 시행규칙:[제정 2006.3.31 과학기술부령 제83호], 시행일 2006.4.1

II. 본문

1. 실험실 유형별 재해현황

가. 형태별 사고현황

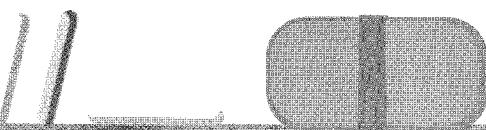
- (1) 화재·폭발사고, 약품등이 가장 문제가 됨(32%)
- (2) 실험기기 및 장비에 의한 사고(19%)

나. 원인별 사고 현황

- (1) 개인의 부주의에 의한 사고(85.2%)
- (2) 시설 미비에 의한 사고(1.3%)
- 개인의 불안전한 행동에 의한 사고가 대부분, 안전교육이 중요 함.

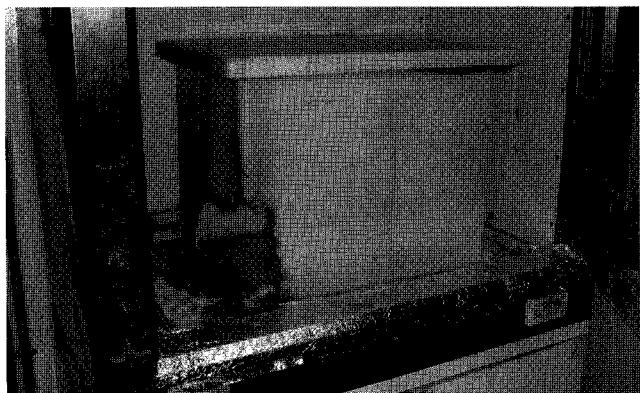
다. 신체 부위별 사고현황

- (1) 인사사고 중 손 부위가 전체의 37%(장갑착용)
- (2) 안면부위 전체의 35%(안경 상시 착용)
- 실험 시 보호구 착용의 중요성 입증



2. 실험실 안전사고 사례

• 중탕용 히터 과열사고



〈그림 1〉 실험실내 화재 현장

(1) 사고 개요

- ① 사고 유형 : 전기/과열 화재사고
- ② 사고 일시 : 2009년 2월 15일, 17시경
- ③ 사고 장소 : 서울 ○○대학원 중앙실험실
- ④ 피해 현황 : 산세척용 수조 1개 소실

(2) 사고 경위

2009년 2월 15일 17시경, 서울에 위치한 ○○대학원 중앙실험실에서 수은 실험에 사용되는 초자기구들을 수조(폴리에틸렌 재질)에 넣고 산 세척하기 위해 히터를 작동시킨 후 장시간 방치되면서 과열된 히터(가열기)에 의해 수조가 녹아내렸고, 학생으로부터 이 사실을 전해들은 경비원이 소방서에 즉시 신고하고, 소방차가 도착하기 전 직접 진화하였다.

(3) 사고 원인

실험자의 부주의로 예정된 중탕 시간을 초과하면서 중탕기 내 물이 모두 증발하고 과열된 히터에 폴리에틸렌 재질의 수조가 녹아내린 것이다.

(4) 요구되는 개선 사항

- ① 전열기기 가동 시 실험자의 현장 이탈을 금지한다.
- ② 실험실별로 발생 가능한 화재의 종류에 따라 적절한 제품의 소화기를 구비하여 지정된 위치에 보관하고, 모든 실험자는 소화기의 위치와 사용법을 반드시 숙지한다.

3. 실험실내 기본 안전수칙 지키기

가. 실험실 기본 안전조치 사항

- (1) 실험실로부터 대피할 수 있는 비상구가 최소한 2군데 이상 열려 있어야 한다.

- (2) 실험 테이블 위에 나와 있는 유기용매는 최소량으로 하고, 통로 바닥에 유기용매가 든 유리를 두지 않도록 한다.
- (3) 모든 Gas Tank에 대해서는 내용물에 대해 물질명 표기가 되어 있어야 하며, 넘어지지 않도록 전도방지 조치를 실시한다.
- (4) 기계의 오동작이나 환기불량, 전기, 수도 등으로 야기될 수 있는 위험요인에 대하여 실험실을 떠나기 전에 반드시 확인한다.
- (5) 싱크대 앞바닥은 물이 떨어지더라도 미끄러지지 않도록 적절한 매트를 설치한다.
- (6) 선반이나 테이블 위의 시약이 넘어지지 않도록 적절한 안전장치를 한다.
- (7) 전기안전수칙을 지켜 누전사고에 대비한다.
- (8) 실험실은 항상 정리·정돈 된 상태로 유지하며, 주기적으로 실험실 점검, 정리한다.

나. 실험실 안전장치 점검 사항

(1) 화학물질 Fume Hood(국소배기장치), 환기휀

- ① 작업전 국소배기장치, 환기휀 가동 확인
- ② 후드, 덕트 청소작업은 호흡용 보호구 및 보호의 등 안전보호구 착용
- ③ 주기적으로 환기장치 청소작업 실시하여 쾌적한 작업환경 유지 관리
- (2) 화학물질 저장 Cabinet**
- ① 약품명과 시약의 유독성 여부를 확인할 수 있어야 한다.
- ② 외부에 보관하는 약품수를 최소화한다.
- ③ 유리 상자에 저장된 것은 가능한 선반의 아래쪽에 보관하여 낙하재 해 예방, 관리한다.
- ④ 가연성 액체용 Cabinet, 산 또는 부식물용 Cabinet, 등으로 분류하여 보관한다.
- ⑤ 냉장고

- ① 실험실용 전용 냉장고 설치 및 보관 기간은 가능한 짧게 하도록 한다.
- ② 냉장고 보관용기는 완전 밀폐되거나 뚜껑이 덮여 있어야 한다.

(4) 세안장치

- 실험실의 모든 장소에서 15m 이내 또는 15~30 초 이내에 도달 할 수 있는 위치에 설치한다.

(5) 소방안전 설비

- 경보장치, 담요, 소화기, 모래 등을 비치하고 관리한다.

4. 실험실내 유해물질 취급 전 안전사항

가. 기본사항

- (1) 실험자, 실험복, 보안경을 착용하고 방문객의 보안경등 보호장비를 착용토록 해야 함
- (2) 시약을 입에 대거나 냄새를 맡지 않을 것
- (3) 실험실내에서 긴바지를 착용할 것
- (4) 음식물 보관 및 취식을 금지 할 것
- (5) 실험장비 사용법을 숙지 후 작동 할 것

나. 실험실내 동료에 대한 배려

- (1) 주위사람에 대한 안전을 고려하는 습관
- (2) 불필요한 행동을 금지 할 것
- (3) 실험실내외 너어미스(악사고) 발생시는 주의에 전파하여 위험요인을 제거하는 등 재발방지를 할 것

다. 실험 위험성평가 실시

- (1) 실험 계획, 새로운 장비 사용 및 유해물질 사용 전 위험성과 안전조치숙지 – 실험전 위험성평가 실시
- (2) 실험에 대한 위험성과 안전조치에 대한 정보를 공개하여 모든 실험자가 정보를 숙지하도록 할 것

라. 약품·시약 취급시의 안전

- (1) 용기의 제품명, Symbol, 성질 등 명칭기재 사용시 확인(Flammable, Toxic)
- (2) 명칭없는 약품 사용금지
 - 폐기처분 폐기물 통에 보관(유, 무기, 휘발구분)
- (3) 부주의로 산, 염기 누출 시 중화
 - 산은 알카리로, 염기는 산으로 중화후 물로 세척
- (4) 유기용제 등 누출 시 흡착제로 제거
 - 산, 염기를 가할 경우 폭발 가능
- (5) 맛, 냄새 맡는 행위 금지
- (6) 산을 물에 조금씩 가하면서 회석
- (7) 가능하면 회석된 산, 염기 사용
- (8) 혼합시 또는 반응시킬 경우, 소량씩 천천히 양자를 혼합, 다량 혼합 시 발열, 폭발
- (9) 강산, 강염기는 공기 중 수분과 반응 치명적 증기 발생(뚜껑을 닫는다, Hood에서 취급)
- (10) 비닐 장갑착용 후 낮은 위치에서 약품 분취
- (11) 산이나 염기가 눈이나 피부에 묻었을 때 즉각 세안설비, 샤워기의 물로 10분 씻는다



- (12) 절대로 눈을 비비는 일은 하지 않는다.
- (13) 휘발성 약품은 독성이 있으며, 피부에 자극적이고, 냄새가 좋지 않으므로 Fume hood안에서 사용. <처음 뚜껑을 열때 Hood안에서 시행>
- (14) 시험관을 사람의 얼굴로 향하지 않도록 주의한다.

4. 유해·위험물질 종류별 안전관리 사항

가. 발화성 물질

스스로 발화(Fire)하거나 물, 산, 알카리와 접촉하여 발화하는 등 발화가 용이하고 가연성가스(H₂, H₂O)가 발생할 수 있는 물질. 통풍, 환기, 서늘한 장소보관(리튬, 나트륨, 칼륨, 황, 황인, 유기금속화합물, 셀룰로이드류, 마그네슘, 알루미늄 분말)

- (1) 밀폐 저장용기 사용 : 공기 접촉방지 수분 침투, 접촉금지
- (2) 칼륨, 나트륨 및 알카리금속 석유류에 저장(산소와 접촉금지)
- (3) 다른 위험물과 동일한 장소 저장 금지
- (4) 자연발화 위험물질 불티, 불꽃, 고온체와의 접근 금지

나. 산화성 물질

산화력이 강하여 열을 가하거나 충격을 줄 경우 또는 다른 화학물질과 접촉할 경우에 격렬히 분해되는 등의 반응을 일으키는 고체 및 액체(차아염소산 및 그 염류, 아염소산 및 그 염류, 염소산 및 그 염류, 브롬산 및 그 염류, 과염소산 및 그 염류, 과산화수소 및 과산화물)

- (1) 화기, 직사광선 주의 및 과열을 금지, 유기물질, 가연성 위험물과의 접촉을 금할 것
- (2) 염기 및 물과의 접촉을 금할 것
- (3) 용기는 내산성을 사용, 파손방지, 전도방지, 용기변형 방지
- (4) 다른 위험물과 함께 저장을 금할 것

다. 인화성 물질

대기압 하에서 인화점(Flash point)이 섭씨 66도 이하인 가연성 액체, 직사광선을 피하고, 통풍 환기, 서늘한 장소에 보관, Hood내에서 취급<영하 30도 미만 : 에틸에테르, 가솔린, 아세트알데히드, 영하30도 이상 0도 미만 : 노말헥산, 산화에틸렌 0도 이상 30도 미만 : 메틸알콜, 에틸알콜, 크실렌 30도 이상 66도 이하 : 이소벤질알코올, 아세트산>

- (1) 불꽃, 스파크, 고온체 접근금지, 과열금지
- (2) 증기 발생 시 충분한 환기, 가스 경보기
- (3) 전기기계기구는 방폭형으로 설치
- (4) 접지 등을 하여 정전기를 제거하고, 특히 유독한 증기를 발생함으로 주의할 것

라. 폭발성 물질

가열, 마찰, 충격, 강산류 접촉 등으로 인하여 산소, 산화제의 공급이 없더라도 폭발 등 격렬한 방응을 일으킬 수 있는 액체나 고체를 말하며, 직사광선이 차단되고 전조, 환기가 양호한 곳에 저장(질산에스테르류, 닉트로화합물, 아조, 디아조화합물, 유기관산화물, 하이드라진, 그 유도체)

- (1) 점화원의 접근을 차단/ 가열, 충격, 타격, 마찰 주의
- (2) 소량으로 저장, 용기의 파손 등 누출을 방지
- (3) 정전기 대책/ 완전한 접지/ 방폭시설
- (4) 도난방지 등 보안주의 다른 위험물과 격리 저장

마. 고압가스 관리사항

- (1) 실험실 내·외에서 사용하는 모든 고압가스용기는 벨트(Chained twice : Top, Bottom)로 고정
- (2) 실외 보관할 경우 직사광에 대비한 안전조치 실시(복사열 차단망 설치 등)
- (3) 용기는 압력 조정기 부착(Single, Two stage)
- (4) 산소통의 조정기에 oil, greace금지(폭발사고)
- (5) 사용한 후의 메인밸브는 반드시 잠금
- (6) 가연성(수소) 및 조연성 가스는 분리보관

바. 전기시설 관리사항

- (1) 전기용품(콘센트, 플러그, 전선 등)은 규격품을 사용하되, 용량을 고려하여 사용
- (2) 하나의 콘센트에 여러개의 장비 연결 사용금지, 연결 코드선 짧게 하도록 함.
- (3) 전기기기 접지형, 미접지형 구분 및 젖은 손으로 만지지 않도록 주의
- (4) 장비접검, 사용후의 장비 및 기기 전원플러그 제거, 가죽이나 절연장갑 착용, 얼굴은 분전함에서 멀리하도록 함
- (5) 휘발성 유기약품, 가연성, 폭발성 가스용기를 전기 배전관 밑에 보관시 전기스파크-화재 폭발, 방폭용전등 S/w부착

사. 전자, 고압안전, 유압기, 인스트론 안전사항

- (1) 고온, 고압, 저온, 저압, 고속회전체에 대한 안전의식 저조, 간단히 쉽게 판단 후 처리는 금물
- (2) 안전지침서 없이 과거 경험, 사용전 이상확인, 보호복 및 안면 보호 대 사용
- (3) 장갑은 거칠른 작업물 만질때만 사용하고 기계 운전시 금물

- (4) 구동부위는 덮개 부착, 구동 시 기계부분에 직접접촉 금지 및 주유 금지
- (5) 인화성약품, 가연성가스가 있는 곳에 방폭용 전등스위치 부착 및 작업 중 공작물, 시험체 이탈 주의(안면, 눈 보호)
- (6) 기계를 정지시킬 때 완전히 정지할 때까지 손을 대지 말 것
- (7) 기타 물건을 강제 정지 금물, 습기, 물의 사용이 빈번한 곳에 누전차단기 설치
- (8) 정전으로 기계 작동금지 시 반드시 정지스위치를 넣어야하며, 전기 차단 후 잔류전기에 주의

5. 실험실 사고 유형별 응급조치 요령

가. 긴급사고 발생시 연락체계 구축

- (1) 사고발생 목격자 상황전파(정보벨, 전화 등)
- ① 긴급조치 전담반(안전, 전기, 설비)현장 출동
- ② 긴급연락처 : 안전팀 119번
- (2) 사고현장 응급조치
 - ① 화재진압(소화기, 소화전 이용)
 - ② 인원구조, 가스, 전원차단 등
 - ③ 사고현장 지원 및 피해복구
 - ④ 사고원인 조사, 피해수습

나. 화재발생 시 행동 순서

- (1) 화재나 사고 초기진압 및 응급조치
- (2) 초기진압이 어려울 경우 진압을 포기 후 외부로 대피
- (3) 구조요청(소방서, 경찰서, 병원 등)
- (4) 사고 진행상황 보고

다. 호흡정지 및 출혈

- (1) 호흡정지
 - ① 즉시 인공호흡 실시(5분 이내)
 - ② 환자를 소생시키면서 구조를 요청
- (2) 심한 출혈
 - ① 상처부위를 패드나 천으로 눌러서 지혈
 - ② 상처부위를 감싸고 즉시 응급구조
 - ③ 피가 흐르는 부위를 심장보다 높게 지혈
 - ④ 지혈대는 가급적 쓰지 않도록 함

라. 화상자 발생 시 행동요령

- (1) 경미한 화상은 얼음이나 생수를 사용
- (2) 옷에 불이 붙었을 경우
 - ① 바닥에 누워 구른다
 - ② 오염된 옷을 벗고 샤워
 - ③ 상처부위를 씻고 물에 담그
 - ④ 얼음 주머니를 사용
- 인체에 소화기 사용을 금함

마. 유해물질에 의한 화상

- (1) 즉각 물로 씻는다
- (2) 오염된 모든 의류는 제거 후 세척
- (3) 눈 오염시 15분 이상 세안 / 구호 요청
- 몸 오염시 15분 이상 샤워 후 전문의 진료
- (4) 위급 상황 시 즉각 구호 요청

6. 실험실내 세안장치 및 샤워장치

가. 실험실 세안장치 설치조건

- (1) 유해물질을 취급하는 실험실에 설치하고 접근이 용이하며 사용의 편의성을 갖출 것
- (2) 모든 장소에서 15m이내, 15~30초 이내에 도달위치 세안장치 표시를 부착할 것
- (3) 눈을 감고도 가까운 도착 가능할 것
- (4) 샤워 장치와 함께 설치

나. 세안장치의 사용 및 유지요령

- (1) 세척제가 코의 낮은 부분을 향하도록 사용
- (2) 눈꺼풀을 강제로 열어 눈꺼풀 안에도 세척
- (3) 귀쪽으로 세척하여 눈이 오염되지 않도록 사용
- (4) 물 또는 눈 세척제로 최소 15분 이상 세척
- (5) 세안장치는 매월 2회 정기적으로 점검

다. 샤워장치의 사용 및 유지요령

- (1) 접근의 용의성, 알기 쉽도록 확실히 표시
- (2) 눈을 감은 상태에서 샤워장치에 도달
- (3) 잡아당기는 형태의 손잡이(키에 맞게)
- (4) 월 2회 이상 동작 시험
- (5) 물줄기는 몸 전체를 덮을 수 있어야 함



7. 실험실 일과 후 관리 및 폐기물 처리

가. 부재중 실험 및 일과 후 관리사항

- (1) 부재 중 실험은 가능한 피해야 한다
 - (2) Heating Furnace, Hot plate, Drying Oven의 고열발생, 냉각수 호스연결, 누수, 독성가스 및 가연성물질 발생에 대한 체크
 - (3) 가동기 통보는 인트라넷 상을 통해 가동기명, 응급조치요령 및 연락처 등을 입력 통보 하며, 1부는 출력시켜 가동장비에 부착
 - (4) 최종퇴실자는 전기, 가스, 수도, 가동기 Check
- 야간 실험시 2인 이상이 입회 실험

나. 실험실 폐기물 관리사항

- (1) 실험 후 폐 시약 원액(잔여시약 등)은 싱크대 방류금지(금속분말, Chips 처리절차)
- (2) 폐산, 알카리와 다른 폐기물의 혼합된 폐기물은 중화 처리 후 보관 처리
- (3) 화학폐기물은 플라스틱 용기에 수집
- (4) 수집용기 외부에 지정폐기물 표지를 부착
- (5) 유해물질의 폐기물 취급 및 보관 장소 경고표지
- (6) 유해물질 폐기물 용기 2중 잡금조치
- (7) 방사성 물질은 별도 수집, 누설되지 않도록 엄중 처리
- (8) 폐 시약은 종류별, 성상별 품명 표시 후 저장소 운반

8. 실험실내 자주 일어나는 사고 및 개인예방책

가. 실험실에서 자주 일어날 수 있는 사고사례

- (1) 가열기(Heater Water Bath)에 반응기의 내용물이 넘쳐 들어가 화재 발생
- (2) 유기 휘발성, 과산화물이 직사광선에 의한 화재 발생
- (3) 가동기에 손가락, 장갑, 옷 등이 끼임
- (4) 유기 용제가 튀어 눈에 들어감(안경 착용 시 착용)
- (5) 콜크 마개 삽입, 제거시 손 자상
- (6) 접지 불량으로 정전기에 의한 스파크
- (7) Heater온도 콘트롤 불량으로 과열
- (8) 금속(Na, K)과 공기 중 증기와 반응 폭발
- (9) 과염소산(35%) + 유기물 → 폭발
- (10) 시안, 이산화질소, 아조화합물, 수소 폭발
- (11) 나프타린 + H₂SO₄ → 격렬반응, 폭발
- (12) 시편조제(Cutting, Polishing, Milling, Drilling)시 손가락, 눈 자상

나. 실험실내 사고예방을 위한 개인 예방책

- (1) 실험실에서 혼자 시험하는 것은 좋지 않다(특히 야간에는 2인 실험, 혼자 실험시 문열고)
- (2) 눈 보호(보안경, 안면보호대) : 약품, 진공용기 폭발, 전기용접(파편, 광선), 인스트론, 레이저(자광보안경), 드릴 사용시 파편 및 시험체 탈락, 콘택트랜즈 금물
- (3) 의복 : 가운, 스커트 금지, 위 열린 구두, 샌들 금지, 긴머리 단정, 장식품, 보석금물
- (4) 손 보호 : 유리세공 작업시, 마개삽입 및 냉매물질 취급 시 장갑 착용
- (5) 드릴, 시편가공, 동력기등 회전물체 주위 실험 및 취급 시 장갑 금물, 느슨한 옷, 머리 단정
- (6) 음식, 음료섭취 및 흡연 금지
- (7) 급히 이동(달리기, 장난 금지) 금지
- (8) 항상 옆 사람이 사고를 저지를 수 있다는 것을 기억
- (9) 정해지지 않은 실험을 한다거나 주어진 방법 이외의 새로운 방법으로 실험 금지
- (10) 어떠한 상황 하에서 무엇을 어떻게 해야 할지 모를 경우에는 연구책임자에게 문의

9. 결론

계속되는 실험실 사고로 인해 많은 인적, 물적피해를 최소화 하고 실험실 안전문화를 정착하기 위해서는 첫 번째 아는 만큼 반드시 실천하고, 기본 안전수칙을 준수하며 실험하는 자세이며, 두 번째 실험원에 대한 정기적인 안전보건교육 실시, 새로운 안전관리 프로그램 도입 및 운영으로 보다 많은 안전지식과 경험이 바탕이 되어야겠다. 실험실 관계자는 조그마한 실험실이 산업현장의 축소판이라 생각하고 항상 잠재위험이 있는지 사전 점검하고, 사후 관리함으로 보다 쾌적하고 안전한 실험실 환경조성에 최선을 다해야겠다.

