

실험실의 안전성 확보에 관한 연구

- A Study on the Improvement of Safety in the Laboratory -

지 철 구 *

Ji Chul Goo

권 혁 일 *

Kwon Hyuk Il

Abstract

Safety in the laboratory has been a growing interest due to recent recurrences of the fatal accidents such as physical or chemical explosions. It is not easy to determine the extent to what the industrial safety and health law should be applicable to the laboratory. Most laboratory workers are not sufficiently trained and recognized for the generic features of safety and health. The actual conditions of safety and health in the laboratory are not familiar with laboratory workers. Safety and health in the laboratory is unfortunately in the dead ground. Therefore, it is most imperative to secure safety in the laboratory. This study proposes a method to improve safety in the laboratory.

Keyword: Safety, Health, Laboratory

1. 서 론

일반 산업 현장과는 달리 획일적인 규격화된 일련의 공정을 갖고 있지 않으며, 새로운 물질의 합성 및 최초의 공정개선 등 연구 종사자에게 주어진 연구과제에 따라 수시로 연구 환경이 변화하고 다양한 화학물질을 사용하는 등으로 인하여 잠재적인 위험에 노출될 수 있다. 또한, 연구 활동은 기업이나 기관의 장래운명에 좌우되는 시간과의 싸움과 기밀유지에 따른 폐쇄성은 정보의 상호교류 즉, 정보공유를 어렵게 하고 있으며, 연구 종사자가 갖고 있는 자부심에 비해 안전에 관한 관심도나 의식이 낮은 상태에서 연구 활동이 추진되고 있다[1].

* 한국원자력연구소

사고는 예고 없이 찾아온다고 흔히 말하지만, 사고가 무작위적으로 발생하는 것은 아닙니다. 재수가 없어서 사고가 나에게 발생한 것이 아니라, 사고가 일어날 확률이 높은 곳에 내가 있었기 때문에 사고가 일어나는 것이다. 일반적으로 산업재해현장에서 이야기 되는 하인리히법칙이 있다. 1건의 큰 사고 배경에는 29건의 작은 사고와 3백건의 사고에 근접한 사건이 깔려 있다는 안전공학계의 기본원칙이 하인리히법칙이다. 사고란 어느 날 별안간 발생하는 것이 아니라, 사고를 유발하는데 연관된 사소한 문제들이 해결되지 않고 대책 없이 방치되어 조금씩 쌓여 있다가, 어느 날 갑자기 우리에게 다가오는 것이다[6].

그러므로, 실험실도 이러한 하인리히법칙의 예외가 아닐 것이다. 1999년 서울대 원자핵공학과 실험실에서 폭발사고로 인하여 3명이 사망하고, 2003년 5월과 8월에도 대전의 KAIST와 원자력연구소에서 폭발사고가 발생하여 각각 1명 사망, 1명이 중상을 입는 등 실험실에서 크고 작은 각종 사고가 발생하여 사회적인 관심을 끌게 되었다. 이러한 계기로 실험실 안전문제에 대한 본격적인 논의되기 시작했으며, 실험실 안전문제와 함께 실험실에서 연구 종사자의 건강 문제, 즉 유해요인에 만성적으로 노출됨에 따라 나타날 수 있는 연구 종사자들의 안전보건문제도 함께 중요성을 인식하게 되었다[3][4][5].

산업구조의 급속한 변화와 신기술의 연구개발 현장인 실험실에서는 다양한 신종 위험요인이 나타나고 있다. 또한, 예상하지 못한 사고가 발생하고 있으며 과학기술의 발달로 생산체제의 변화와 정보화로 개인의 선택권이 확장되는 다원화 사회 및 모든 분야에 경쟁력을 요구하는 사회로 전환되고 있다. 점차 우리의 의식이 “양의 삶”에서 점차 “질의 삶”으로 변모하고 있으나 아직까지도 연구 종사자의 안전의식은 전반적으로 미흡하다. 생명의 가치는 점차 증대되고 있으며 이 가운데서 가장 중요한 요인으로 안전한 사회가 공통된 관심사로 부각되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 실험실의 작업특성, 실험실 재해사례, 안전관련 문제점 등을 통하여 실험실의 안전성을 확보하기 위한 구축방향을 제시하고자 한다.

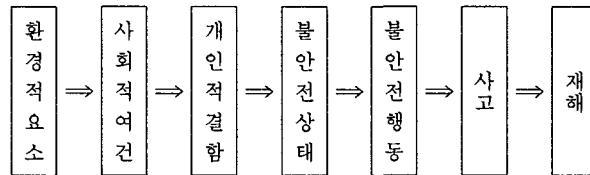
2. 실험실의 안전

2.1 안전의 개념

안전에 대한 개념을 이해하기 위해서는 우선 “위험”과 “재해 또는 사고”에 관한 개념을 먼저 파악할 필요가 있으며, 안전에 대한 개념은 다음과 같이 설명되어 진다.

- ① 안전은 “위험요소로부터 자유로운 것”이다(Freedom from Hazards). 이 정의에 입각한 안전의 접근방법은 인적·물적 피해를 가져올 수 있는 모든 상태의 조성을 사전에 방지하는 소위 근원적 안전성 확보 방법인 것이다.

- ② 안전은 “위험 노출로부터 사람과 재산을 보호”하는 것이다(Protection against Danger).이 정의에 입각한 안전의 접근방법은 차폐막과 같은 방호장치를 설치하는 것이다.
- ③ 안전은 “사고 또는 재해 발생을 방지”하는 것이다(Prevention of Accidents). 이 정의에 입각한 안전의 접근방법은 인간의 불안전행동과 불안전상태를 제거하는 것으로 교육훈련, 홍보, 정리·정돈 등 다양한 방법이 있다.



< 그림 1 > 재해발생 도미노 이론

- ④ 안전은 “위험성을 받아들일 수 있는 수준으로 관리”하는 것이다(Acceptance of Risk). 이 정의에 입각한 안전의 접근방법은 위험성평가를 통하여 재해가 발생할 확률과 강도를 받아들일 수 있는 수준으로 낮추는 것으로서 상당히 과학적·객관적이며 계량화된 현대적 안전관리가 요구되어지는 것이다.

안전관리란 “보호대상이 유해·위험요소에 노출되지 않도록 하거나 노출되더라도 인명의 손상 또는 재산·시스템의 손실로 이어지지 않도록 하는 제반 활동”이라고 정의할 수 있으며 “예방기능”이 중요하다. 안전관리의 주요 수단은 소위 “3E”와 “발견(Identification) → 평가(Evaluation) → 통제(Control)”시스템으로 볼 수 있다. 3E는 “교육훈련”(Education), “공학적·과학적 기술”(Engineering), “기준·법 집행”(Enforcement)으로 사람들이 사고 또는 재해를 당하지 않도록 최대한 기술적으로 뒷받침하며 불안전 행동을 하지 않도록 교육훈련과 정보를 제공하고 일정한 안전성 확보 기준을 정하여 준수하도록 관리하는 것을 그 주요 수단으로 한다. 또한, 안전관리란 위험요소를 발견하여 그 위험성을 평가하고 그 결과에 따라 이를 적절히 통제하는 3가지 수단을 주로 사용하게 된다. 안전점검과 사고조사가 대표적인 위험발견 수단이라고 할 수 있다.

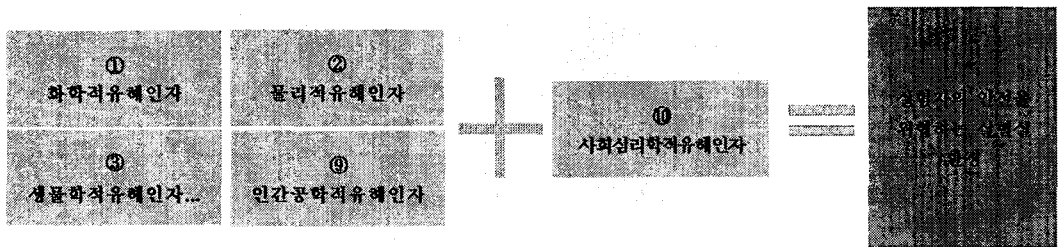
2.2 실험실의 위험요인

우리 일상생활에는 위험요인이 상존하고 있다. 연구 종사가 생활하는 실험실 역시 예외 없이 이러한 요인에 노출되어 있다. 실험실에는 다양한 위험요인이 있다. 분진과 유기용제 같은 화학물질들이 있는가 하면, 진동과 자외선과 같은 물리적인 유해인자도 있다. 요즈음 문제가 많이 되고 있는 중량물 취급이나 나쁜 자세, 반복작업 등의 인간공

학적인 유해인자도 있다. 한편, 오래된 절삭유를 사용하면 썩은 냄새가 나는데, 그 속에는 미생물들이 많이 들어있기 때문이다. 이러한 미생물들은 과민성 폐렴의 원인이 되기 때문에 생물학적인 유해인자라고 부른다. 그렇다면, 실험실의 인간관계에서 비롯되는 문제들, 과중한 업무로 인한 스트레스, 경영체계에서 조직적 문제 등의 사회심리학적 유해인자도 위험요인으로 보아야 한다. 일반적으로 실험실에는 연구 종사자의 건강을 위협하는 작업환경인 위험요인 즉 유해인자가 충만해 있으며, 다음과 같은 것이 있다.

- ① 화학적(Chemical)
- ② 물리적(Physical)
- ③ 생물학적(Biological)
- ④ 기계적(Mechanical)
- ⑤ 방사능적(Radioactive)
- ⑥ 고/저 압력(High/Low Pressure)
- ⑦ 전기적(Electrical)
- ⑧ 소음(Noise)
- ⑨ 인간공학적(Ergomic)
- ⑩ 사회심리학적(Sociopsyochemical): 스트레스(Stress), 인간관계, 과중한 업무

따라서, 연구 종사자는 상기 유해요인에 의해 상해와 질병을 입을 수 있으며, 실험실의 안전성 확보는 안전의 정의로부터 위험요소로부터 자유로운 것, 위험 노출로부터 사람과 재산을 보호, 사고 또는 재해 발생을 방지, 위험성을 받아들일 수 있는 수준으로 관리하는 것으로 볼 수 있으며, 실험실 안전성 확보는 < 그림 2 >와 같이 실험자의 안전을 위협하는 요인을 관리하는 데 있다.



< 그림 2 > 전형적인 위험요인

2.3 실험실의 작업특성

연구기관의 실험실은 일반 산업 현장과는 달리 연구개발을 위한 작업으로 획일적인 규격화된 일련의 공정을 갖고 있지 않다. 즉, 실험은 특정 연구과제에 따른 실험으로 작업을 표준화 시키기가 어렵다. 새로운 물질의 합성 및 최초의 공정개선 등 연구 중

사자에게 주어진 연구과제에 따라 수시로 연구 환경이 변화되고 다양한 물질을 사용 등으로 인하여 잠재적인 위험에 노출되어 있다. 다양하고 이질적인 요소가 실험실 내에서 상호작용을 하며, 그 형태가 복잡하고 고도의 전문성을 요구하고 있다. 또한 연구 성과에 우선적 가치를 부여함으로써 다른 업무에 비하여 연구원 개인에 대한 자율성이 보장되고 있는 특징이 있다.

- ① 특정 연구과제를 수행하기 위한 실험(양산목적이 아님)
- ② 연구 종사자의 다양성(정규직과 비정규직, 기능의 차이, 미숙련자가 많음)
- ③ 다품종의 물질을 소량 사용하고 보관
- ④ 물질자체의 위험성과 물리적 위험성이 상존(인화성, 휘발성)
- ⑤ 실험 종류마다 특성이 다양하며, 가변적이며, 고도의 전문성을 요함
- ⑥ 연구 종사자 1인이 실험장치를 설계, 제작, 운전 및 변경이 가능함
- ⑦ 연구 종사자의 폐쇄성(정보의 공유가 힘들)
- ⑧ 실험실을 개인 공간으로 생각
- ⑨ 연구 종사자의 자율성 중시

3. 실험실의 재해사례

3.1 실험실의 재해통계

국내 실험실의 사고사례는 언론에 보도될 정도로 크고 문제화된 중대사고 이외에는 거의 보고되지 않고 있으며, 공개도 되지 않고 있다. 또한, 일부 재해통계는 불일치하는 경우도 발생하고 있다. 동부화재보험에 의하면 국내 실험실 재해발생 현황은 1998년 66건, 1999년에 60건으로 세부사항은 다음과 같다[2]. 또한, 국내에서 발생한 1999년~2004년에 발생한 실험실 재해사례는 < 표 4 >과 같다.

가. 발생형태별

재해를 발생형태별로 보면 < 표 1 >과 같이 실험기구 파열, 고온 및 유해물질 접촉 등이 43건(34%), 협착 40건(32%)으로 전체사고 126건중 83건(66%)으로 나타났다.

나. 기인물별

재해를 기인물별로 보면 < 표 2 >과 같이 실험용 유리기구 28건(22%), 실험용기계 24건(19%), 실험설비 및 장치 16건(13%)순으로 나타났다.

다. 주요 재해발생 내용

주요 재해발생 내용은 < 표 3 >과 같이 실험용 장치기기 등에 협착 32건(25%), 유리기구 및 실험용 칼등 날카로운 부분에 손등을 다침 25건(20%), 황산, 용매,

뜨거운 물 등에 접촉 20건(16%)으로 대부분 실험중 실험장치와 기구의 취급부주의 및 위험물질 정보부족 등으로 재해가 주로 발생하였다.

< 표 1 > 발생형태별 재해

발생형태	재해건 수(명)	비율(%)
파열, 고온, 유해물 접촉	43	34
협착	40	32
무리한 동작	13	10
낙하, 비래	10	8
기타	20	16
계	126	100

< 표 2 > 기인물별 재해

기인물	재해건 수(명)	비율(%)
유리기구	28	22
실험기기 및 장치	40	32
밸브, 배관 후드	7	6
실험용구	5	4
계측기기	4	3
가스용기	3	2
전기설비	3	2
기타	36	29
계	126	100

< 표 3 > 주요 재해발생 내용

재해발생 내용	재해건 수(명)	비율(%)
실험용 장치, 기기 등에 협착 등	32	25
유리기구·실험용 칼등에 손등을 다칩	25	20
황산, 용매, 뜨거운 물 등에 접촉	20	16
실험실 정리, 청소, 용구의 운반중 다칩	17	13
폭발, 파열 및 파괴에 의한 비래	7	6
알코올 등 인화성물질의 화재발생	6	5
실험용 설비에 감전	2	2
개인질병	2	2
유해물질 중독	1	1
기 타	14	11
계	126	100

< 표 4 > 실험실 재해현황[4]

번호	날짜	사고기관	피해정도	사고개요
1	1999. 9.18	서울대학교	사망 3명 부상 1명	원자핵공학과 실험실에서 재래식 화약을 이용한 다이너마이트를 대응할 수 있는 미세한 알루미늄가루를 이용한 플라즈마 기법의 폭발물 실험 도중 인화성이 강한 알루미늄 가루를 종이통에 옮기는 과정에서 스파크가 일어나 폭발사고 발생
2	1999.10. 7	천안중학교	부상 5명	학교건물 뒤 공터에서 과학실험 조교와 과학반 소속 학생 4명이 학교축제에 사용하기 위한 폭죽을 만들던중 실험용 사기사발에 질산스트론튬과 염소산칼륨 등의 시약을 넣고 뿜는 과정에서 폭발사고 발생
3	1999.10. 9	서울대학교	없음	자연대 화학과 실험실에서 화학과 석사과정 학생이 유기합성 실험 중 냉장고에서 「포스젠」 가스가 1~2g 정도 녹아있는 유리용기를 꺼내다 실수로 떨어뜨리면서 가스가 누출되어 건물안에 있던 100여명의 학생과 교수, 교직원들이 급히 대피하는 사고 발생
4	1999.10.1 5	한국과학기술원	부상 2명	기계공학과 실험실에서 섬유강화 플라스틱(FRP) 제조장비를 시운전중 갑자기 메틸에틸케톤 산화물을 담은 용기가 폭발하면서 기계에서 불이나 연구원 2명 화상사고 발생
5*	2000. 7.15	한국과학기술원	재산 피해 5,432만원	용융연구동 Pilot plant실에서 7월 14일 오후 1시부터 오후 5시30분경까지 진공펌프를 이용한 실험을 진행하였고, 이후 진공펌프를 7월 15일 사고 발생 시까지 계속 가동함에 따라 이로 인한 진공펌프 과열에 의한 전기화재 발생
6	2001. 8.14	국방과학연구소	부상 1명	로켓 추진체 실험실에서 원통형 파이프에 새로운추진물질을 넣고 화약량 및 민감도 실험도중 고정된 쇠파이프의 한쪽을 작은 쇠못치로 충격을 가하던 중 갑자기 추진체에 불이 붙어 연구원 2명 화상사고 발생
7	2003. 5.13	한국과학기술원	사망 1명 부상 1명	풍동 실험실에서 과산화수소(H ₂ O ₂) 반응실험을 진행하던 중 폭발사고 발생하여 연구원 1명이 사망하고 1명의 다리가 절단되는 사고 발생
8	2003. 8.27	한국원자력연구소	사망 1명 부상 1명	열수력 연구동 실험실에서 원자력 냉각 실험장치를 설치하던 중 밸브 조작 실수로 실험장치가 파열되며 폭발사고 발생
9*	2003.12.6	한국해양연구원 극지연구소	사망 1명	조난당한 4명의 남극 세종기지 연구원중 1명 사망
10*	2004. 8.27	항공대학교	사망 2명	2명의 교수가 국산 소형항공기 '보라호'의 최종 시험비행 도중 추락해 사망

* 5, 9 및 10은 추가 사항임

4.2 실험실 사고의 영향

실험실의 안전사고는 우리 사회의 환경적, 경제적 어려움을 고려하여 주지 않는다. 경제가 어려울지라도 안전에 대한 투자를 소홀히 하거나 안전의식이 조금이라도 후퇴해서는 안 된다. 안전사고가 발생하면 사회적 불안 요인을 더 한층 가중 시킬 수 있다. 안전사고는 단기적으로는 부상, 사망, 설비파손 그리고 환경파괴 등의 결과가 나타나며, 장기적으로는 사고발생지역 인근 주민 반발, 신문, 방송 등에 의한 회사 이미지 실추, 희생자에 대한 보상, 막대한 복구비용, 사법부에 의한 조사 및 판결, 관계기관에 의한 추가 안전조치 요구, 보험료 증가의 결과가 나타나며, < 표 5 >과 같은 내용으로 요약 된다.

< 표 5 > 실험실 사고에 따른 손실

종류	내용
인적위험	인적손해(Personal Loss): 연구 종사자의 피해로 고급 연구인력 손실(부상, 사망)로 인력관리의 어려움이 발생
물적위험	재산손해(Property Loss): 재산상 손실로 실험실의 첨단화로 자산 직접도가 큼
책임위험	책임손해(Liability Loss): 법적 책임
비용위험	비용손해(Loss of Expense): 복구비용, 추가 안전조치, 보험료 증가
수익위험	수익손해(Loss of Income): 연구개발 지연 또는 중단
기 타	조직의 이미지 손상, 사회적 불안

4. 실험실의 안전관련 문제점과 안전성 확보 방향

4.1 실험실의 안전관련 문제점

실험실에는 다양한 유해인자가 존재한다. 각 유해인자는 특성에 맞게 잘 관리하여 건강상의 나쁜 영향이나 불의의 사고가 발생하지 않도록 하여야 한다. 그러나, 불행히도 최근에 국내 실험실에서 몇 건의 중대사고가 발생했으며, 이를 계기로 조사된 결과 [1][3][4][5]와 4장의 재해사례에서 실험실의 안전관련 문제점으로는 다음과 같은 사항임을 알 수 있었으며, 이런 문제점의 개선은 실험실의 안전성 향상에 기여 할 것이다.

- ① 안전설계, 안전배치 및 설치 미흡
- ② 실험실 안전교육 미흡
- ③ 다양한 위험물질에 대한 정보부족
- ④ 실험기기 취급 부주의
- ⑤ 안전장치나 방호장치의 설치 미흡
- ⑥ 보호장구나 비상조치계획 미흡
- ⑦ 형식적인 안전점검
- ⑧ 안전관리체계나 제도 미흡

4.2 실험실의 안전성 확보 방향

모든 실험도 안전, 보건, 환경 등 관련 법규에 적합해야 하며 화학물질 등의 유해요인에 노출은 허용기준을 초과하지 않도록 관리해야 한다. 적절한 작업방식, 설비개선, 방호용구 착용 등을 통해서 가능한 낮은 노출수준을 유지하며, 사고발생시 신속히 대응할 수 있도록 한다. 예방 가능한 사고나 질병이 발생하지 않도록 정기적인 교육실시, 정기적인 점검실시 등으로 지속적인 실험실의 개선 노력이 필요하다. 실험실의 안전성 확보에도 무엇보다 사전예방이 중요하다. 안전한 실험실의 설계 및 건축, 실험실의 안전설비, 물질과 재료의 안전 이용 및 관리, 실험실 안전 정보의 전달과 교육, 실험자의 안전 수칙의 준수 등의 종합적인 안전관리체제를 실험자, 경영진, 정부 등이 함께 구축하고, 산업계에서 적용하고 있는 안전보건경영시스템의 도입도 고려해 볼 필요가 있으며, 실험자의 특성을 고려하여 자율성을 존중하는 방향으로 추진하는 것이 바람직하다.

가. 실험계획 수립시 유해요인 파악

실험실에서의 안전은 어떤 실험의 계획단계부터 고려되어야 한다. 연구특성상 실험은 다양하고 변화가 많은 과정이지만 가능하다면 표준절차를 수립하여 실험을 수행하는 것이 바람직하다. 실험 목적과 과정은 계획단계에서 구체적으로 세워지지만 실제 실험에 들어가서 부딪힐 수 있는 다양한 위험요소들은 실험자 자신이 미처 생각하지 못하는 경우가 많다. 그것이 계속적으로 반복되는 실험인 경우에서나 새로운 시도로 하게 되는 실험 모두에서 발생한다. 따라서 실험실에 있는 모든 위험요인을 기록하여 위험요인 목록을 작성하고 실험자에게 노출이 되고 있는 위험요인에 대해서 실제 위험요인 정리하고, 위험요인의 우선순위 결정 한다. 가장 위험한 것부터 차례로 대책을 세워 해결함으로써 효율적인 관리를 할 수 있다.

< 표 6 > 실험실 장비의 위험인자

분야	내용
기계	회전, 이동부 협착, 중량물의 회전 또는 낙하
화학	유해물질, 인화성물질, 폭발성가스
전기	감전, 과부하에 의한 발열
광학	자외선, 레이저광, X선
열	고온로 노출, 액체질소 등 냉매 접촉
기타	고압가스분사, 진공, 강자성체, 장시간 디스플레이사용

나. 실험실 설계 및 건축시 안전사항 고려

실험실의 설계 및 건축시에는 실험실의 작업특성과 실험실의 안전관련 문제점에서 나타난 사항을 고려하여 안전한 실험실을 구축해야 하며, 주요 내용은 다음과 같다.

- ① 첨단연구 장비활용에 적합한 설계
- ② 실험의 특성에 따라 확장과 변형이 용이한 유연성
- ③ 연구원의 정보공유 즉, 교류 협력 가능성 증대
- ④ 연구원의 안전, 건강 및 각종 규제에 대한 고려와 서비스시설의 효율적인 배치
- ⑤ 인간에 대한 배려

또한, 실험실의 안전, 유연성 강화 등을 고려하기 위해서는 다음과 같은 세부 사항도 고려되어야 한다.

- ① 화재, 폭발, 화학물질의 누출 등 위험에 대한 고려
- ② 사무실과 실험실의 분리(분리된 복도를 통한 연결, 외부영역과의 완전 분리)
- ③ 자동, 수동 문 개폐 장치(필요시 쉽게 개폐 가능해야 함)
- ④ 강제 공기 조절 시스템
- ⑤ 지원시설의 인접위치 배치
- ⑥ 유해물질 사용위치와 사무공간의 배치
- ⑦ 반복적 동작이 요구되는 공간, 장치는 높이 조절이 가능한 인간공학적 설계
- ⑧ 유해물질 사용 실험실에는 수세장치 설치(실험실은 세척이 용이하게 설계)
- ⑨ 모든 작업 공간은 실험실에서 사용하는 바닥은 화학물질 침투불가한 물질을 사용하고 벽은 비다공성이어야 하며 오염제거가 용이하게 마감
- ⑩ 긴급시의 주출구 공간 확보
- ⑪ 실험실 전기용량은 여유있게 설계
- ⑫ 전원차단장치는 실험실 외부에 설치
- ⑬ 가스, 진공장치의 주 밸브는 실험실 외부에 설치
- ⑭ 모든 압력가스 실린더는 적절한 장치로 고정
- ⑮ 생물학적인 안전성 고려

다. 안전장치나 방호장치의 설치

안전장치나 방호장치의 설치는 사고의 빈도나 강도를 완화 시켜준다. 따라서, 기기 설계 및 설치시 안전장치의 고려가 필요하며, 실험설비는 설비의 특성을 고려하여 적절하게 설치한다.

라. 유해물질 안전보건자료(MSDS) 제공

CAS(Cheical Abstract Service)에 등록된 화학물질의 수는 약 1천만종이며 상업적으로 유통되고 있는 것은 세계적으로 약 10만종이며, 매년 1000여종이 새롭게 탄생, 상업화되어 소개되고 있다. 국내에서도 약 1만종 이상이 사용되고 있으며, 독성이 강한 물질은 특별히 유해위험물질로 지정하여 관리하고 있다. 유해위험물질은 대체로 폭발성 물질, 발화성 물질, 산화성물질, 인화성 물질, 가연성가스, 부식성 물질, 독성물질 등으로 분류하고 있다. 따라서 실험실에서 사용하는 다양한 물질에 대한 MSDS를 실험자가 쉽게 활용할 수 있도록 한다.

마. 보호장구 구비 및 비상조치 계획 수립

실험중 사고 또는 유해물질 노출시 재해를 완화시키는 보호장구를 구비하여 착용토록 하고 사고시 즉각적으로 대응할 수 있는 비상조치 계획을 수립하고, 이에 대한 교육훈련을 실시한다.

바. 안전교육

실험실 재해의 상당수가 실험자의 부주의에 의한 것으로 볼 때 안전교육은 실험실 안전성 확보의 중요한 부분이다. 일반산업근로자와 방사선작업종사자는 < 표 7 >과 같이 관련 법령에 의해 안전보건교육을 받아야 한다. 실험실 작업자의 경우에도 이에 준하는 교육훈련이 실시되어야 한다. 1회성 교육을 지양하고 교육훈련 프로그램을 개발하여 정기교육과 수시교육을 통하여 실험자의 안전의식을 향상 시킨다. 연구 종사자는 미숙련자에 의한 실험으로 불안정한 행동 가능성이 높다. 따라서, 연구 종사자에게 필요한 실험실 안전정보의 전달과, 물질과 재료의 안전 이용 및 관리, 실험자의 안전 수칙의 준수, 보호구 착용, 사고시 대응 등과 같은 교육 등을 지속적으로 실시한다. 안전증진을 위한 연구활동 유형별 안전관리 표준화 모델 및 교재 등을 개발한다.

< 표 7 > 안전보건교육 대상 및 시간

1. 일반산업근로자(산업안전보건법 적용)			
구분	교육대상	교육시간	관련 법규
정기교육	생산직 근로자	매월 2시간 이상	법 제31조 및 규칙 제33조 1항
	사무직 근로자	매월 1시간 이상	
	관리 감독자	반기 8시간 이상 연간 16시간 이상	
수시교육			
신규채용시 교육	당해근로자	8시간 이상	법 제32조 및 규칙 제33조 1항
	건설업 종사근로자	1시간 이상	
작업 변경시 교육	당해근로자	2시간 이상	
	건설업 종사근로자	1시간 이상	
위해위험작업 교육	시행령 별표2(39개 작업)	16시간 이상	
2. 방사선작업종사자(원자력법 적용)			
정기교육	방사선작업종사자	매년 6시간 이상	법 제105조 1항, 시행령 제295조, 규칙 제104조 및 제105조
	수시출입자	매년 4시간 이상	
수시교육			
신규채용시 교육	방사선작업종사자	20시간 이상	법 제105조 1항, 시행령 제295조, 규칙 제104조 및 제105조
	수시출입자	4시간 이상	

사. 안전점검 및 정보공유

정기적으로 실험실에 대한 안전점검의 실시 및 안전관리에 대한 실태를 조사하여 평가하고 보완책을 강구한다. 안전점검의 결과나 사고결과에 대한 자료를 분

석하여 유사한 사고의 재발을 막아야 한다. 또한 이러한 정보는 실험자간에 공유되어야 한다. 즉, 안전점검 결과와 사고결과 분석은 규제의 수단이 아니라 지속적인 개선의 목적으로 사용되어야 한다.

아. 안전관리 제도 및 안전문화 정착

실험실의 각종 사고나 재해가 빈발하고 있는 상황에서 그동안 제도적 안전장치는 유명무실하였으며, 법적 구속력이 약한 실험실 안전지침[6] 정도이고, 더욱이 이공계 대학(원)생들은 산업안전보건법과 산업재해보상보험법 등의 적용대상에서 조차 제외되는 등 법적 보호의 사각지에 있었다. 따라서, 실험실 안전관리 전담부서나 전문안전관리요원 확보, 실험실의 안전관리에 적용되는 법령과 안전기준의 확립과 안전의식에 대한 문화적 정착이 필요하다. 또한, 실험실 안전문제는 고급 연구자원의 관리차원에서 제도적 대책 마련이 필요하며, 실험실은 다양한 위험물질 등 연구재료 및 장비를 많이 사용하는 특수 시설로서 < 표 8 >과 같이 소방, 전기, 가스 등 관련 법령의 안전관리와 더불어 추가적인 특별한 안전관리체제의 마련 및 적용이 필요하다.

< 표 8 > 실험실 관련 안전 법령

주관부서	법령
노동부	산업안전보건법
노동부	산업재해보상보험법
행자부	소방법
환경부	유해화학물질법
환경부	폐기물법
산자부	가스안전법
과기부	원자력법
과기부	「연구실험실 안전환경 조성에 관한 법률」 입법 추진중
* 실험자가 연구기관 직원인 경우에는 산업안전보건법 및 산업재해보상보험법이 적용되나, 학생 신분인 경우에는 이런 법률을 적용하기 힘들다. 또한, 실험실 작업특성상 실험실에 산업안전보건법을 그대로 적용하는 것은 적절하지 못하다.	

5. 결 론

최근 국내의 실험실에서 발생한 일련의 중대사고는 사회에 미치는 악영향과 경제적 손실에 관하여 많은 교훈을 주었다. 대가를 치루고서 실험실 종사자들은 안전의 중요성을 다시 한번 인식하는 계기가 되었다. “안전이란 상황에 따라 달라지는 우선순위에 관한 문제가 아니고 인간이 추구해야 할 최고의 가치이자 최고의 선”이라는 말이 있다. 이는 사고예방이 상황에 따라 변하는 우선순위에 관한 문제가 아니고 생명존중의 영구 불변한 가치에 관한 문제라는 사실을 의미한다. 사고는 사전에 예방할 경우 효과를 극대화시킬 수 있으며 사고가 발생했을 경우 사후처리 소요비용이 사전예방 투자비용을 상회한다.

따라서, 모든 실험도 안전, 보건, 환경 등 관련 법규에 적합해야 하며 화학물질 등의

유해요인에 노출은 허용기준을 초과하지 않도록 관리해야 한다. 적절한 작업방식, 설비개선, 방호용구 착용 등을 통해서 가능한 낮은 노출수준을 유지하며, 사고발생시 신속히 대응할 수 있도록 한다. 예방 가능한 사고나 질병이 발생하지 않도록 정기적인 교육실시, 정기적인 점검실시 등으로 지속적인 실험실의 개선 노력이 필요하다. 또한 실험실의 안전성 확보는 무엇보다 사전예방이 중요하며 실험자와 함께 경영진, 정부 등이 종합적인 안전관리체계를 구축하고, 산업계에서 적용하고 있는 안전보건경영시스템의 도입도 고려해 볼 필요가 있으며, 실험자의 특성을 고려하여 자율성을 존중하여 자발적으로 참여를 유도하는 방향으로 추진하는 것이 바람직하다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 김두환, 이동경, 이근원, 윤석준, “대학 및 연구소의 실험실 안전관리 실태 및 대책”, 한국산업안전학회 2000년 추계학술대회 논문집, pp. 216-222.
- [2] 동부화재, 학교실험실의 안전대책
- [3] 한국과학기술인연합, 실험실 안전관리 법령 제정을 위한 토론회 자료집, 2003.9.18.
- [4] 한국과학기술인연합, 실험실 유해환경 개선을 위한 세미나 자료집, 2003.11.6.
- [5] 한국산업안전공단, 실험실 안전 워크샵 자료집, 2003.9.23.
- [6] 한국산업안전관리공단, 실험실 안전지침, 1999.12.
- [7] Economist, 실패학의 법칙, 2003.11.3.

저 자 소 개

지 철 구 : 강원대학교 산업공학과 졸업, 한국원자력연구소 신형원자로개발단 재직중
관심분야는 설비관리, 품질경영 및 시설안전

권 혁 일 : KAIST 원자력공학과 졸업, 한국원자력연구소 신형원자로개발단 재직중
관심분야는 품질경영, 생산관리 및 시설안전