

연구실 유해인자 발굴 및 관리기법 개발에 관한 연구

이형규* · 이인복** · 신용태** · 문진영* · 이익모***

*인하대학교 환경안전융합전공 · **인천대학교 안전공학과 · ***인하대 화학과

Development of Laboratory hazard discovery and management techniques

Hyung-Kyu Lee* · In-Bok Lee** · Young-Te Sin** · Jin-Young Moon* · Ik-Mo Lee***

*Environment Technology and Safety Technology Convergence, INHA University

**Department of safety Engineering, Incheon University

***Department of Chemistry, INHA University

Abstract

Research and development activities have been actively conducted at universities, research institutions and research laboratories which belong to corporations. Because of blooming research and development activities in various fields, safety accidents in the laboratories happen consistently. The government office established Act on the establishment of safe laboratory environment to decrease safety accident rates and make environment of laboratories better, and it is effective slowly. However, in the case of laboratory safety management of the laboratory where various research and development activities are carried out. So it is difficult to closely monitor them. Even though safety inspections and periodic inspections is regularly conducted, these are focused on facilities and environment. According to a study of Dea-deok science town safety council, accidents in laboratories of 73% have arisen out of careless actions. Therefore, it is important for researchers to know to potential harmful factors in research. there is necessary to make a system to prevent laboratory accidents. The purpose of this study is that the researchers discovered potential hazard factors in laboratories. For that, foreign laboratory safety management systems has applied to domestic laboratories. Four laboratories in targeted institution has been selected to apply the appropriate personal protection equipments, job safety assessment and standard operating procedures. And I found the limitations of the process according to the excavations harmful factors in the research process. To overcome these limitations, Suggest a laboratory safety management system. This study discovered current laboratory safety system limitations and provides alternatives so that effective safety management can be achieved.

Keywords : Lab safety, Job Safety Assessment, Hazard Assessment Tool for Shops, Lab Hazard Assessment Tool, Standard Of Procedure

1. 서론

과학기술의 발달과 대학 및 연구기관 등에서의 연구

개발 활동에 따른 다양한 화학물질 및 유해위험기구의 사용 등에 의해 잠재적인 유해위험 요인이 증가하고 있다.

†Corresponding Author : In-bok Lee, safety Engineering, Incheon University,
119 Academy-ro, Younsu-gu, Incheon, E-mail: pposic10@naver.com

Received June 29, 2016; Revision Received September 06, 2016; Accepted December 18, 2016.

연구실 내의 유해위험 요인으로 인해 매년 연구실내 안전사고가 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 대학의 경우 2007년 31건에서 2014년 144건으로 약 5배 이상 증가한 것으로 나타났다.

이는 과학기술발전 속도와 연구개발의 복잡성은 날로 증대되는데 비해 연구실 안전관리는 아직도 초기 단계에 머무르고 있다는 것을 보여주고 있다²⁾. 이에 따라 국가의 성장 동력이 되는 R&D 인력이 안전한 환경에서 연구개발 활동에 참여할 수 있는 여건을 조성하는 것이 매우 중요한 문제로 대두되었다. 연구실에 고도의 안전관리 기술 및 체계적인 관리시스템 도입을 통해 연구실 안전한 환경을 만들 수 있기 잠재된 유해위험요인을 발굴하고, 위험요인을 개선하는 것이 중요하다. 이 등의 연구에서는 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률(이하 ‘연구실 안전법’)”의 개정에 따라 법 적용 대상 기관에 대한 연구실 안전관리의 실태조사를 실시하였으며, 그 결과 연구실 안전 전담인원 비율이 300인 이상 일반대학의 경우 82% 높은 수치를 보였지만 300인 미만 전문/기능대학, 연구기관 및 기업연구소의 지정현황은 5%를 상회하는 것으로 나타났으며 일반대학의 경우도 14%의 지정현황을 보여 규모가 작을수록 연구실 안전관리에 미흡함을 나타내는 것으로 조사되었다. 연구실 안전법 개정으로 연구실의 안전과 환경의 개선을 위한 방안이 수립되고 있으나 연구실의 안전관리자 만으로 고도의 안전관리가 이루어지기 어렵고, 정기점검 및 정밀안전점검의 경우 시설의 점검에 중점을 두고 있고, 가스, 전기, 화학물질 등의 화재, 폭발 및 누출에 의한 사고 예방활동에 미흡하다는 한계점을 가지고 있다. 대덕 연구단지 안전협의회에 의하면 연구실 사고의 73%가 연구활동 종사자의 불안정한 행동에 의해서 발생하는 것으로 나타나 현재 시설물 중심의 안전관리 뿐 아니라 연구개발 활동에 참여하는 연구활동 종사자의 행동과 인식 향상을 통한 안전관리가 필요한 시점으로 판단된다.

2015년 재개정된 연구실 안전법에서는 사전유해인자 분석을 통한 연구실 안전관리 방안에 대하여 법제화하였다. 이는 연구개발 활동 전에 잠재적인 유해위험 요인을 발굴 제거하여 실질적 연구실내 이루어지는 활동 분석을 통하여 연구실의 안전관리 방안을 수립함으로써 실제적 안전관리 수립을 목적으로 하는 것으로 보인다.

이에 따라 본 연구에서는 연구실 내의 잠재적인 유해위험요인을 발굴 및 시스템 개발을 위해 해외 대학의 연구실 안전관리 제도를 분석하였다. 조사된 결과를 바탕으로 국내 A기관의 연구실을 대상으로 잠재적인

유해위험인자 발굴을 실시하였다. 이를 통해 적합한 개인보호구 선정을 하였다. 또한, 해당 연구실의 작업안전 평가를 통한 잠재적인 유해위험요인을 분석하였고, 결과를 통해 연구 절차에 따른 표준운영 방안을 수립하였다. 연구활동 종사자가 연구개발에 참여하기 전 잠재적인 유해위험 요인을 발굴하고, 제거하여 안전한 환경에서 연구가 이루어질 수 있도록 하였다. 이를 통해 안전관리 정보와 기술을 축적하여 복잡해지는 연구실의 안전환경 조성을 위한 방안을 수립하였다. 또한, 연구과정에 도출된 문제점을 통하여 연구실 안전관리체계 시스템 수립 방안을 제시하는 것으로 본 연구를 완료하였다.

2. 이론적 배경

2.1 국내 연구실 안전관리 현황

연구실 안전 환경 조성에 관한 법률은 2005년에 제정되어 2006년 4월 1일부터 시행되고 있으며, 2011년과 2015년도에 각각 개정되어 연구실 안전환경 조성을 위한 체계와 의무가 강화되었다. 연구실 안전법 시행령 제5조에는 연구실 안전환경 관리자의 업무를 명시하였다.

연구실 안전점검에서는 일상점검, 정기점검 및 특별안전점검 등으로 구분된다. 일상점검의 경우 연구활동 종사자의 주체로 관리 상태에 대해 매일 1회 이상 육안으로 점검하게 하고 있다. 일상점검의 경우 연구활동 종사자가 주체가 되어 연구개발 활동 전에 안전사항을 확인 할 수 있도록 해야 한 다는 것을 명시하고 있다. 연구개발 전에 유해위험 요인에 대한 사전 점검을 통하여 연구실 안전사고를 예방하기 위한 방안을 제시하고 있다. 정기점검의 경우 매년 1회 이상 연구실 안전점검을 위하여 법에서 명시한 점검 기구를 바탕으로 전반적인 안전관리 현황에 대하여 전반적인 검사를 실시하게 된다. 결과에 따라 연구실안전 등급이 낮아지거나 화학물질관리법에 따른 유해위험물질을 사용하는 연구실에 대하여 정밀안전진단을 2년 1회 이상 실시하게 된다. 정기점검 및 특별안전점검, 정밀안전진단의 경우 진단 장비와 자격을 갖추어 수행하기 어려운 경우 이를 전문기관에 의뢰하여 점검을 수행할 수 있다. 정기점검 결과와 정밀안전진단에 따른 보고서를 작성하고 있다. 결과에 대하여 연구주체의 장은 지체 없이 결과를 공표해야 한다. 중대한 결함을 발견한 7일 이내

에 미래창조과학부 장관에게 보고해야 하며 보고를 받은 미래창조과학부장관은 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체 장에게 보고하게 되어있다. 이를 통해 연구실의 안전관리에 대한 결과를 관련기관과 공유하고, 이를 바탕으로 연구실의 안전관리 정보를 공유함으로써 연구실 안전관리 기술의 축적과 개발을 통한 사고예방 및 안전성향상을 도모하고 있다. 또한, 연구개발 활동에 주체가 되는 연구활동 종사자에 대하여 매월 1시간 이상, 신규 연구개발 활동에 따른 교육의 경우 8시간 이상, 대학원생의 경우 2시간 이상 이수해야 하며, 연구내용 변경에 따른 교육을 2시간 이상 이수해야 연구개발 활동에 참여할 수 있다. 교육 내용은 연구실 안전법에 관한 내용과 연구실 내 존재하는 유해위험요인, 안전한 연구개발 활동에 따른 사항, 물질 특성에 관한 정보 및 안전표지에 관한 사항 등으로 구성되어 있다.

2.2 해외 연구실 안전관리 현황

UCLA의 경우 정책 811, 905 등을 통하여 연구개발 활동에 있어 안전한 작업환경을 제공하고 있으며, 교수, 학생, 직원 및 방문자 등에게 환경과 안전 보장을 최우선으로 하고 있다. 특히, 캠퍼스 내 환경, 보건 및 위생에 대한 허용기준을 준수하고, 유지하게 수립되어 있다. 또한, 연구실이 갖는 각기 다른 특성에 따른 위험성평가를 위하여 LHAT(Lab Hazard Assessment Tool), HATs(Hazard Assessment Tool for Shops)의 평가를 수행하고 있으며, 연구실 내의 작업안전 평가(Job Safety Assessment)를 통하여 연구개발 활동에 따른 유해위험요인을 분석하고 있으며, 이러한 결과를 바탕으로 표준운영 절차(Standard Of Procedure)를 작성하여 상황에 따른 절차를 수립하고 있다. 특히, 이러한 활동의 경우 연구활동 종사자가 참여하고, 결과를 연구 책임자 및 연구실 안전관리 담당자의 승인을 통하여 이루어지고 있다.

2.3 위험성 평가

2.3.1 위험성 평가 정의

위험성 평가란 유해위험 요인을 사전에 찾아내어 그것이 얼마나 위험한가를 추정하고, 그 값에 따라 위험성의 크기를 예상하고, 위험도에 따른 위험의 제거, 회피 등의 대책을 세우는 것을 말한다.

2.3.2 위험성 평가의 절차

위험성평가의 경우 1단계 사전 준비 단계, 2단계 유해위험요인을 파악 단계, 3단계 위험성 추정 단계, 4단계 위험성 결정단계를 통하여 위험성평가가 마무리 된다. 이때 추정되는 위험도에 따라 허용가능 또는 불가능한 위험도를 결정하게 되고, 그에 따른 대책을 수립한다.

2.4 연구실 내 유해위험요인

연구실에는 물리적, 화학적, 생물학적, 전기적 및 인적요인 등에 의해 발생할 수 있는 유해위험요인으로부터 장기적인 잠재 유해위험요인까지 다양한 유해위험요인이 존재하고 있다. 특히, 이러한 사고는 연구활동 종사자의 목숨까지 위협하고 있기 때문에 그 위험은 더 크다고 할 수 있다.

3. 연구방법

연구실에는 물리적, 화학적, 생물학적, 전기적, 기계적 인 및 인적 오류 등의 잠재적인 유해위험 요인이 존재하고 있다. 따라서 실제 연구실에 존재하는 유해위험요인을 발굴하고, 제거하는 것이 매우 중요한 시점이다.

본 연구에서는 UCLA의 연구실 안전관리 체계에서 국내 여건에 적합한 부분을 활용하여 유해인자를 발굴하였다. 다양한 분야의 연구개발 절차를 정확하게 파악하기 어렵기 때문에 사전 조사를 통하여 연구실에서 사용하고 있는 화학물질 및 연구개발 절차를 1차적으로 확인하고, <Table 1>에 개인보호구의 종류를 나타내었고, 생물학적, 화학적 및 물리적인 유해인자 분석을 통하여 연구활동 종사자의 연구개발 활동에 따른 적합한 개인보호구를 선정하여 그 결과를 <Table 2~Table 5>에 나타내었다. 또한, <Table 6~Table 9>에 나타낸 바와 같이 연구실에 있는 화학물질 및 가스, 주요 사용 기계·기구의 현황 및 보관 등에 따른 연구실 환경적인 요인도 조사하였다. 사전 조사 후, 연구실에서 직접 연구개발절차를 분석함으로써 표준운영 절차를 작성하였다. 작업안전 평가에서 각 요인에 대한 잠재적인 유해위험요인을 정성적으로 분석하였다. 연구방법 및 절차에 대한 문서가 없는 경우에는 위험성평가에서 매우 위험한(Very high) 위험으로 분류하고 있기 때문에 잠재적인 유해위험 요인의 제거 뿐 아니라 적합한 안전관리 방안을 수립하기 위한 표준운영 절차를 작성하였다.

<Table 1> Personal protective equipment type

Type	PPE No.	Personal protective equipment
Eye and face	1	Goggles
	2	Laser safety eyewear
	3	Face protection
Head	4	Safety helmet
	5	Head Covers
Foot	6	Safety Shoes
	7	Chemical boots
	8	Shoe Covers
	9	Protective gloves
Hand	10	Chemical gloves
	11	Cold-resistant gloves
	12	Heat-resistant gloves
	13	Mesh Gloves
R/O	14	Dust mask
	15	Gas mask
Ear	16	Ear plugs
	17	Ear cover
Body	18	Protect coat
	19	Flame gown
	20	Chemical suits

3.1 대상연구실 선정

A기관 4개의 연구실을 본 연구의 대상으로 선정하였다. 연구실 선정에는 물리, 화학, 기계 및 생물/생명 연구 활동을 하는 연구실을 선정하였다. 이는 각 분야에 따라 연구절차, 사용되는 기계/기구 및 화학물질 등이 다양하고, 잠재적인 유해위험 요인에 대한 분석이 가능할 것으로 판단되었기 때문이다.

4. 연구결과

4.1 대상 연구실 사전 조사 결과

A-1 연구실의 경우 화학물질의 사용이 많은 연구실로써 사고대비물질, 특정유해화학물질 등이 포함되어 있었으며, 유기화학물질의 사용에 따른 적절한 방호조

치와 보호구 선정이 필요한 것으로 나타났다. A-2 연구실의 경우 프레스를 사용하여 물질의 물성을 변화시키는 연구실로써 화학물질의 사용량이 많지는 않았지만 기계기구에 따른 안전검사와 방호장치에 대한 안전교육 등이 필요한 것으로 나타났다. A-3 연구실의 경우 쥐에 바이러스를 주입하는 연구실로서 주입 과정에서 바이러스 노출 또는 병원균의 감염과 함께 소독에 사용되는 에탄올의 기화에 따른 유해위험요인이 있는 것으로 나타났다. 마지막 A-4 연구실의 경우 로켓 연소실험실로서 물질 반응을 통한 고온 고압의 상태에서 이루어지기 때문에 이에 대한 적절한 방호장치 및 안전교육이 필요한 것으로 나타났다. 사전조사를 통하여 <Table 1>에 나타난 개인보호구를 <Table 2 ~ Table 5>에 나타난 바와 같이 도출하였다.

4.2 유해인자 발굴 결론

A-1 연구실의 경우 다양한 화학물질을 사용 및 보관하고 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 종사자에 대한 인식이 낮아 지속적인 교육이 필요할 것으로 조사되었다.

A-2 연구실의 경우 화학물질을 사용 및 보관하는 양은 적었으나 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 종사자에 대한 인식이 낮아 지속적인 교육이 필요할 것으로 조사되었다. A-3 연구실의 경우 다양한 화학물질을 사용 및 보관하고 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 종사자에 대한 인식이 낮아 지속적인 교육이 필요할 것으로 조사되었다. 실험용 생물의 사체를 처리하면서 사용되는 에탄올이 폐기물에서 누출되어 흡입 및 화재에 대한 위험을 내포하고 있었다. 생물바이러스의 누출이 발생할 수도 있기 때문에 이에 대한 적절한 방호대책이 필요한 것으로 나타났다. 주사바늘에 대한 적절한 사용 뿐 아니라 폐기 처리까지 이루어져야 할 것으로 조사되었으며, 이에 대한 연구활동 종사자의 인식은 높은 것으로 나타났다. A-4 연구실의 경우 다양한 화학물질을 사용 및 보관하고 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 종사자에 대한 인식이 낮았으며, 로켓 연소과정 및 가스보관에 따른 적절한 배기장치가 필요한 것으로 조사되었다.

<Table 2> Selected PPE sheet of A-1 Lab

Eye & face			Head		Foot			Hand					R/O		Ear		Body		
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
V		V				V		V	V					V	V	V	V	V	V

<Table 3> Selected PPE sheet of A-2 Lab

Eye & face			Head		Foot			Hand					R/O		Ear		Body		
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
V		V				V		V	V					V	V	V	V	V	V

<Table 4> Selected PPE sheet of A-3 Lab

Eye & face			Head		Foot			Hand					R/O		Ear		Body		
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
V		V				V		V	V							V	V		V

<Table 5> Selected PPE sheet of A-4 Lab

Eye & face			Head		Foot			Hand					R/O		Ear		Body		
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
V	V	V				V		V	V						V	V	V	V	V

4.2 유해인자 분석 결과

4.2.1 A-1 연구실

A-1 연구실의 작업안전 평가 결과를 <Table 6>에 나타내었다. 평가결과를 바탕으로 잠재적인 유해위험 요인을 예방하기 위한 조치방안을 수립하였다. 절차에 따른 잠재적인 유해위험요인 뿐만 아니라 연구활동 중 사자에 대한 인터뷰를 통하여 인식을 조사할 수 있었다.

A-1 연구실의 경우 다양한 화학물질을 사용 및 보관하고 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 중 사자에 대한 인식이 낮아 지속적인 교육이 필요할 것으로 조사되었다.

화학물질 누출에 대비한 흡습제 및 중화제가 없는 것으로 조사되었으며, 세안기와 샤워기는 비교적 가까운 거리에 설치되어 있었으나 최근까지 사용을 하지 않은 것으로 나타났다. 샤워 시설의 경우 사용횟수가 드물기 때문에 주기적인 사용 점검을 통하여 성능에 대한 점검이 필요할 것으로 판단된다.

화재에 대비한 소화기의 경우 문 옆에 비치되어 있었으며, 옥내 소화전의 경우 복도에 설치되어 있었으나 복도에 쌓인 짐으로 인하여 소화전의 문을 개방하기

어려웠으며, 사용법에 대비한 교육은 없었다.

4.2.2 A-2 연구실

A-2 연구실의 작업안전 평가 결과를 <Table 7>에 나타내었다. 절차에 따른 잠재적인 유해위험요인 뿐만 아니라 연구활동 중 사자에 대한 인터뷰를 통하여 인식을 조사할 수 있었다.

A-2 연구실의 경우 화학물질을 사용 및 보관하는 양은 적었으나 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 중 사자에 대한 인식이 낮아 지속적인 교육이 필요할 것으로 조사되었다.

기계·기구의 잠재적인 유해위험요인으로 유압프레스의 방호장치가 제대로 작동하지 않았다. 하지만 이를 평소에 확인하지 않은 상태로 연구개발 활동에 참여하고 있었다. 또한, 실험자의 발등을 보호하기 위한 장치가 필요했으나 연구활동 중 사자는 모두 슬리퍼를 사용했으며, 적절한 개인보호구 착용에 대한 연구실 안전교육이 미흡했던 것으로 조사되었다. 또한, 유압프레스 가동 중 접근을 막기 위한 적절한 표지가 필요하며, 안전검사가 필요한 것으로 조사되었다.

화재에 대비한 소화기의 경우 문 옆에 비치되어 있

였으며, 옥내 소화전의 경우 복도에 설치되어 있었으나 복도에 쌓인 짐으로 인하여 소화전의 문을 개방하기 어려웠으며, 사용법에 대한 교육은 없었다. 또한, 협소한 공간에서 연구실에서 2, 3가지의 연구가 동시에 진행될 때 여러 인원이 연구개발 활동을 수행하는 문제점도 도출할 수 있었다.

4.2.3 A-3 연구실

A-3 연구실의 작업안전 평가 결과를 <Table 8>에 나타내었다. 절차에 따른 잠재적인 유해위험요인 뿐만 아니라 연구활동 종사자에 대한 인터뷰를 통하여 인식을 조사할 수 있었다.

A-3 연구실의 경우 다양한 화학물질을 사용 및 보관하고 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 종사자에 대한 인식이 낮아 지속적인 교육이 필요할 것으로 조사되었다. 쥐의 사체를 처리하면서 사용되는 에탄올이 폐기물에서 누출되어 흡입 및 화재에 대한 위험을 내포하고 있었다. 생물바이러스의 누출이 발생할 수도 있기 때문에 이에 대한 적절한 방호대책이 필요한 것으로 나타났다. 주사바늘에 대한 적절한 사용 뿐 아니라 폐기 처리까지 이루어져야 할 것으로 조사되었으며, 이에 대한 연구활동 종사자의 인식은 높은 것으로 나타났다.

화학물질 누출에 대비한 흡습제 및 중화제가 없는 것으로 조사되었으며, 세안기와 샤워기는 비교적 가까운 거리에 설치되어 있었으나 최근까지 사용을 하지 않은 것으로 나타났다.

4.2.4 A-4 연구실

A-4 연구실의 작업안전 평가 결과를 <Table 9>에 나타내었다. 절차에 따른 잠재적인 유해위험요인 뿐만 아니라 연구활동 종사자에 대한 인터뷰를 통하여 인식을 조사할 수 있었다.

A-4 연구실의 경우 다양한 화학물질을 사용 및 보관하고 있었으나 물질안전보건 자료에 대한 교육이 부족하였다. 또한, 화학물질의 위험도에 대한 연구활동 종사자에 대한 인식이 낮았으며, 로켓 연소과정 및 가스보관에 따른 적절한 배기장치가 필요한 것으로 조사되었다.

화재에 대비한 소화기 및 소화전이 설치되어 있었으나 사용법에 대해 미진한 부분이 있었다. 소화기의 경우 확실한 방법을 설명하지 못하였다. 특히, 로켓의 연

소실험의 경우 고온, 고압 상에서 이루어지기 때문에 연구실의 안전교육의 확립이 필요한 것으로 조사되었다.

4.3 연구실 종합관리 시스템 구축

연구실 기본 정보, 개인보호구 선정 및 선정된 개인보호구 교육 및 제출을 통하여 연구실의 개인보호구를 선정하는 LHAT의 경우 연구실의 정보와 개인 정보를 중심에 두고 있다. 연구개발 활동에 따른 위험요소, 완화하기 위한 방법 및 비상조치계획을 수립하는 작업안전 분석의 경우 공정(절차)을 중심으로 되어 있으며 연구개발 활동에서 운영 및 비상조치 상황에 대한 전반적인 표준운영 절차의 경우 물질에 초점을 맞추고 있다. 이러한 분석기법을 통해 얻어진 정보를 평가를 통하여 연구활동 종사자에 대한 적합한 개인보호구를 선정하고, 연구 책임자 또는 연구실 안전관리자의 승인을 통하여 교육을 받고 사용해야 한다. 연구개발 절차의 단계별 위험분석, 안전계획 및 비상조치계획 등의 데이터 축적 및 제공 시스템을 통하여 연구실 안전관리에 대한 업무부담을 완화와 전문성을 결합한 안전환경을 구축하도록 해야 한다. 특히 시스템에 입력된 정보를 바탕으로 외부전문가의 참여를 통하여 연구실 환경을 조성하는데 전문 및 연구개발 활동의 주체인 연구활동 종사자의 전문성 있는 참여가 중요하다. 연구실 종합관리 시스템의 경우 단순한 자료 제출의 일방향 통보가 아닌 양방향 소통을 통해 자료를 공유하고, 활용할 수 있도록 시스템의 구축 검토를 바탕으로 해야 한다. 입력된 데이터를 전문가의 잠재적인 유해위험요인에 대한 평가를 실시하고, 연구실 방문 및 연구개발 절차에 대한 평가를 통하여 연구실의 등급에 따른 분류를 통한 심도 있는 관리가 필요하다.

<Table 6> A-1 Hazards, personal protective equipment and standard procedures

R & D i n f o r m a t i o n	Type	Contents		
	Recommend PPE	Goggle, Chemical gloves, Protect coat, shoe cover		
	Using Chemical substance	THF, ether, sodium		
	Equipment	oven, glass		
	Gas	Nitrogen		
	Research procedures		Potential Hazards	Precautions
	level 1	Inject THF or ether to glasses	Wear personal protective equipment but not enough Eye protection is not worn	Use PPE Use Hume Hoods Fire extinguishers placed
	level 2	Inject Boiling stone		How familiar with the emergency shower
	level 3	Inject Na gas	Glass breakage Hood tasks required	Keep dry
	level 4	Inject Benzophenone	Glass breakage Hood tasks required	Keep in a designated place
level 5	Heating	Glass breakage Hood tasks required	Use PPE	

<Table 7> A-2 Hazards, personal protective equipment and standard procedures

R & D i n f o r m a t i o n	Type	Contents		
	Recommend PPE	Goggle, Chemical gloves, Gas mask, Protect coat, Safety shoes		
	Using Chemical substance	-		
	Equipment	Hydraulic Press		
	Gas	-		
	Research procedures		Potential Hazards	Precautions
	level 1	Ready to material	Dangerous substances that fall	Wearing PPE
	level 2	Ready to machine	Protective equipment failure and lack	Restraining labeled
	level 3	Adjust the position between material and equipment	Lack of information signs	
	level 4	Operating the machine	Lack of information signs	Device use method labeled
level 5	Removal material and power off	When lack of material scattered safeguards		

<Table 8> A-3 Hazards, personal protective equipment and standard procedures

R & D i n f o r m a t i o n	Type	Contents		
	Recommend PPE	Goggle, Chemical and mesh gloves, Gas mask, Protect coat, shoe cover		
	Chemical	ketamine, ethanol, xylene		
	Equipment	-		
	Gas	-		
	Research procedures		Potential Hazards	Precautions
	level 1	Ready to needle, tube, machine and mouse		Wearing PPE
	level 2	Anesthetic injection to rats	Pierced by the needle risk	Checking the condition and wearing mesh gloves
	level 3	Holes drilled, to show		
	level 4	Insert the virus	Virus infection risk	
	level 5	Sewing holes		
	level 6	Carcasses processed	Fire hazard and exposure	

<Table 9> A-4 Hazards, personal protective equipment and standard procedures

R & D i n f o r m a t i o n	Type	Contents		
	Recommend PPE	Goggle, Chemical gloves, Gas mask, Protect coat, shoe cover		
	Using Chemical substance	Hydrogen peroxide, Kerosene		
	Equipment	-		
	Gas	Nitrogen		
	Research procedures		Potential Hazards	Precautions
	level 1	Ready to material	Risk of explosion Risk of contact with chemicals	Wearing PPE and Checking the system
	level 2	Pressure system	High pressure risk	
	level 3	Check valve operation		Using the electronic valve system
	level 4	Burning test	High-temperature, high-pressure risk	Checking the safety system
	level 5	Pressure release system		Checking the system
	level 6	Removing material	Risk of contact with chemicals	Wearing PPE

4.3.1 연구실 안전가이드 제시

본 연구에서는 유해인자 발굴 기법을 수행하며 유해인자 발굴에 시간, 비용 및 전문성이 필요하다. 이러한 제한요인을 극복하고, 발전된 연구실 안전환경을 제공하기 위한 Lab Safety Guide를 제시함으로써 향후 연구실 안전관리에 연구활동종사자, 연구책임자, 연구실 안전관리자 및 외부전문가의 참여 방안을 제안하고자 한다.

(1) 개인보호구 선정기법

연구개발 활동에 참여하는 유해위험 요인에 대한 결과를 종합관리 시스템에 입력시켜 연구활동 종사자 누구나 인터넷을 기반으로 적합한 개인보호구를 선정하고, 결과를 연구실 안전관리자 및 연구개발 책임자의 승인을 득한 후 사용하는 시스템을 구축할 수 있어야 한다.

(2) 위험요인 관리체계

연구실 사고 발생 시에 사고 대응 기관에 해당 연구실의 유해인자 보유 현황, 위치 등 정보공유를 통해 신속한 사고 대응 및 제 2의 사고 대비 체계 구축을 해야 한다. 특히, 다양한 화학물질, 기계/기구 및 가스 등의 위험요인에 따른 사고 발생 시 소방대원이 연구실 진입 전 화학물질 현황 및 위치 등의 정보를 획득해야 하기 때문이다. 이를 바탕으로 인명피해를 막고, 피해를 최소화하는 방안을 체계적으로 구축할 필요가 있다.

(3) 개별 연구실에 대한 교육

다양한 연구개발 활동에 따른 연구개발 활동에 따른 교육의 수립이 필요하다. 작성된 연구개발 절차를 바탕으로 도출된 잠재적인 유해위험요인에 따른 교육 콘텐츠 및 가이드를 제공해야 한다. 이는 연구실이 갖는 특성에 따른 적합한 안전교육을 제공함으로써 연구활동 종사자의 안전의식과 인식의 변화를 가져와야 한다.

(4) 위험요인에 대한 외부전문가의 점검 및 진단 프로세스 확립

연구실의 잠재적인 유해위험요인을 분석하기 위한 적합한 전문 인력이 국내 실정에 따르면 부족한 것으로 나타난다. 연구실의 특성 따른 전문 인력의 규모, 육성 방안, 역할 정립 등을 위한 정책 연구 수행에 대하여 확립할 필요가 있다. 이를 바탕으로 전문 인력 Pool을 구축하고, 확보된 인력에 대한 교육 계획을 수립하여 분야별 전문가를 현장에 투입하여 연구실의 잠재적인 유해위험요인을 분석하고 경험을 축적할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서 유해인자 발굴을 통하여 연구실의 잠재적인 요인을 감소시킬 수 있는 방안을 제시하였으며 그 결과로부터 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

다양한 연구개발 활동이 이루어지는 연구실에서의 잠재적인 유해위험 요인을 발굴 할 수 있었으며, 다른 연구개발 활동에 따른 연구실의 안전관리 방안을 수립하고, 연구실에서의 고도의 안전관리가 이루어질 수 있는 기반을 구축할 수 있었다.

연구개발 활동에 따른 표준운영 절차 및 작업안전 평가를 통하여 연구개발 활동의 확립을 통한 안전성 확보를 할 수 있었다. 연구개발 절차에서의 불안정한 행동과 상대 분석을 통하여 향후, 안전한 연구개발 활동이 이루어질 수 있도록 다양한 시각에서 잠재적인 유해위험 요인을 분석할 수 있었다.

연구실 안전관리에 있어서 다양한 연구개발 활동과 잠재적인 유해위험 요인에 따른 연구활동 종사자에 대한 교육개발 방법의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

연구실 안전환경 관리를 위한 방안으로 연구활동 종사자 스스로가 진단과 작업안전 평가에 참여하고, 개인보호구 선정 및 잠재적인 유해인자 발굴에 참여하는 시스템이 필요한 것으로 판단된다. 연구실 종합관리 시스템을 통하여 각 연구실에 맞는 연구실 안전가이드를 구축하여 체계화된 시스템 뿐 아니라 연구활동 종사자 참여의지와 안전문화 의식이 수립되었을 때 더 안전한 연구 환경을 조성할 수 있을 것으로 사료된다.

이 외에도 현재 연구실의 안전관리에 대하여 대학, 기업 및 연구 기관의 연구실에서는 정부기관에 따라 미묘한 차이가 있는 연구실 안전관리를 수행하고 있어 연구실 안전관리에 대한 혼선을 야기하고 있다. 이를 위해 해결하기 위해서는 각 기관의 연구실에 따른 안전관리 업무에 대한 관리의 명확화가 필요할 것으로 보인다. 예를 들어 교육기관에 대한 전문적인 관리를 지속적으로 하는 교육부 주관 하의 대학 연구실에 대한 안전관리 방안을 수립하고, 안전관리를 주관하는 고용노동부에서 기업연구소 및 연구기관 등의 안전관리를 전문적으로 하는 방안이다. 이는 각 정부 부처의 산하기관에서 이미 연구실에 대한 안전관리 방안을 수립하기 위한 지속적인 연구개발이 이루어지고 있으며, 신규관리 제도의 도입에 따른 중복되는 관리방안에 따른 일선 현장에서의 혼선을 방지할 수 있을 것으로 사료되기 때문이다. 이를 통해 각 연구실의 연구개발 활동에 따른 전문적인 안전관리가 이루어질 수 있도록 해야 할 것이다.

6. References

- [1] Lee, "Safety Environment Building Guide" , (2015)
- [2] Seo, (2012), "Laboratory safety management policy for safety of people, environment and facilities" .
- [3] Lee, (2013) "A study on the establishment of objective and scientific laboratory safety policy through survey on the safety management of Laboratories" .
- [4] Lee, (2014), "R&D Investment status and Universities in Korea" .
- [5] Choi , (2015) "2014 Laboratory Safety Management Survey."
- [6] The Office of Legislation, (2005) "Act on the establishment of safe laboratory environment"
- [7] "UCLA Policy 811: Environmental Health and Safety" .
- [8] "UCLA Policy 905: Environmental Health and Safety" , (2014)
- [9] "UCLA Hazard Assessment Tool PPE Selection Guide", (2013)
- [10] "UCLA Laboratory Safety Manual", (2010)
- [11] "Guidance on risk assessment" , Ministry of Employment and Labor(2014-14)
- [12] "Risk Management Training Guides", Risk Management Working Group, (2011)
- [13] "Pavel Fuchs, Jan Kamenicky, Tomas Saska, David Valis, Jaroslav Zajicek, Some Risk Assessment Methods and Examples of their Application ", Technical University of Liberec, (2006)

저 자 소 개

이 형 규



인하대학교 대학원
환경안전융합전공 석사.
관심분야 : 연구실 안전,
공정안전, 장외영향평가 등

문 진 영



인하대학교 대학원 환경안전융합
교수로 근무.
인하대학교 환경공학 박사.
관심분야: 환경영향평가, Risk
관리 등

이 인 복



인천대학교 안전공학과
연구교수로 근무.
인천대학교 안전공학과 공학박사.
관심분야 : 연구실 안전, 공정안전,
화공설계, 장외영향평가 등

이 익 모



현재 인하대학교 화학과 교수로
근무
The Ohio State Univ.
무기화학 박사.
관심분야 : 무기화학, 연구실 안
전, 정량적 리스크 평가, 장외영
향평가 등

신 용 태

인천대학교 안전공학과 박사과정 근무
인천대학교 안전공학과 박사 과정
관심분야 : 연구실 안전, 공정안전, 화공설계, 장외영향평가 등