

## 화학 및 화학공학 실험실의 안전관리 시스템 개발

유진환 · 이현석\* · 최정우\*\* · 서재민\*\*\* · 박철환\* · 고재욱\*†

Department of Chemical Engineering  
Michigan Technological University 1400 Townsend Drive, Houghton, MI 49931, U.S.A

\*광운대학교 화학공학과

139-701 서울시 노원구 월계동 447-1

\*\*중앙대학교 기계공학부

156-756 서울시 동작구 흑석동 221

\*\*\*(주)세이프티아

137-895 서울시 서초구 양재동 290-4

(2007년 12월 3일 접수, 2008년 1월 5일 채택)

## Development of Laboratory Safety Management System for Chemistry and Chemical Engineering Laboratory

Jin Hwan Yoo, Heon Seok Lee\*, Joung Woo Choi\*\*, Jae Min Seo\*\*\*, Chulhwan Park\* and Jae Wook Ko\*†

Department of Chemical Engineering, Michigan Technological University, 1400 Townsend Drive, Houghton, MI 49931, U.S.A

\*Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University, 447-1 Wolgye-dong, Nowon-gu, Seoul 139-701, Korea

\*\*Department of Mechanical Engineering, Chungang University, 221 Huekseok-dong, Dongjak-gu, Seoul 156-756, Korea

\*\*\*SafeTia Co., Ltd., 290-4 Yangjae-dong, Seocho-gu, Seoul 137-895, Korea

(Received 3 December 2007; accepted 5 January 2008)

### 요 약

안전성 향상을 위한 노력에도 불구하고 연구실험실에서의 화재, 폭발 등 각종 사고가 지속되고 있으며, 이에 따른 인명 및 재산 손실 또한 상당한 수준에 이르고 있다. 실험실 사고는 비슷한 유형의 사고가 주기적으로 반복되는 특성을 가지고 있으며, 안전성 향상을 위한 예방적 차원의 안전관리 체계가 철실하게 요구된다. 연구실험실 종사자들은 앞으로 국가의 과학기술 발전에 이바지할 젊은 과학자들로서 국가적 관점에서 상당한 손실이 아닐 수 없다. 따라서 본 연구에서는 과거의 사고 및 연구실 안전관리에 대한 연구의 분석결과를 기반으로 연구실험실에 상존하는 잠재적 위험성 저감 및 안전성 향상을 위해 요구되는 안전관리 중점요소들을 파악하였다. 궁극적으로 근본적인 실험실 안전성 향상을 위해 실험실 안전관리 매뉴얼, 실험실과 관련한 관리 시스템, 교육관리 시스템, 화학물질관리 시스템 및 실험실 자체안전점검 시스템으로 이루어진 화학 및 화학공학 실험실에 적합한 실험실 안전관리 시스템을 제안하여 실험실의 안전성 향상을 꾀하고자 하였다.

**Abstract** – There are many accidents such as fire and explosion in laboratories that have caused a great loss to lives and property in spite of the effort to the enhancement of laboratory safety level for years. Development of laboratory safety management system is a necessary to improve safety level because the accidents of similar types have periodically occurred in laboratories. The laboratory safety management system may reduce many accidents and a serious loss in laboratory. In this study, we summarized major items for a risk management and safety improvement based on the analysis results of various accidents in the laboratories. And then the laboratory safety management system was developed containing a laboratory safety management manual, a laboratory management system, a education management system, a MSDS (material safety data sheet) management system and a laboratory safety audit system. It may have a potential application for the laboratory safety management in the chemical laboratories.

Key words: Laboratory Safety, Laboratory Safety Manual, Laboratory Safety Management System, Hazard Analysis, Hazardous Material Management

†To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: jwko@kw.ac.kr

### 1. 서 론

과학기술은 국가 경쟁력의 토대이며, 대학 및 국공립 출연연구소나 기업연구소의 연구실에서 종사하는 연구활동 종사자는 부존자원이 부족한 우리나라 실험실은 본래의 학술적인 연구 이외에도 기업과 연계한 신기술, 신물질의 개발을 통하여 산업발전에 기여하고 있다. 그러나 이로 인해 각종 안전사고에 노출되고 있는 것이 현재의 실험실이라 할 수 있다.

2003년 5월 13일 15시 00분경 대전 OO 실험실에서 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 촉매반응 실험 장치에 질소를 이용하기 위하여 밸브를 작동시켰으나, 질소용기 안에는 혼합가스(9.6% 메탄+air)가 충전되어 있었으며, 부적절하게 연결된 호스에서 혼합가스가 누출되는 사고가 있었다. 이로 인해 실험실 내의 전기기구 등의 인화가 발생하고, 혼합가스가 충전된 질소용기 내부로 역화 되어 용기가 20여 개의 조각으로 파열되었으며, 파열압력 및 파열된 용기의 파편 등에 의하여 1명이 사망하고 2명이 중경상을 입는 사고가 발생하였다. 같은 해 OO 연구원에서 3차례 폭발사고로 2명 사망, 2명 중상을 당하는 사고도 발생하였으며, 2005년 1월에는 OO 기술원에서는 스케일업을 위한 테스트를 진행하던 중 발열반응이 급격히 일어나면서 반응로 폭발사고로 지하 1층 지상 2층 규모의 건물이 파손되었고 6명이 부상하였다. 이후에도 OO 대학교에서 유독가스 누출로 7명의 학생이 병원으로 후송되었으며, OO 연구원에서 원인불명의 화재로 인하여 재산피해가 3,500만원(소방서 추산) 발생하였고, 2007년에도 OO 대학교에서 실험실에서도 원인을 알 수 없는 화재로 인해 7,500만원 정도의 재산피해가 발생하였다[1, 2].

2007년 초에도 또 다른 OO 대학교에서 폐기물 폭발사고로 폐기물을 옮기던 연구원이 3도 화상을 입는 사고가 발생하는 등 이런 일련의 사고사례는 실험실 안전관리가 제대로 이행되지 못하고 있는 현 실태를 나타내 주고 있는 좋은 예라고 할 수 있다.

그럼에도 불구하고 국내의 실험실 안전 분야의 연구는 소수 그룹에서만 이루어지고 있는 현실이어서 실험실 안전 분야의 체계적인

연구 및 관리 대안 마련이 필요한 실정이다. 이에 과학기술부에서는 실험실 안전을 위해서 2005년에 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”을 제정하고 시행령과 시행규칙을 포함하여 2006년 4월 1일부터 시행하였다. 상술하면, 현존하는 산업안전보건법 등과의 조율을 피함과 동시에 성격이 다른 실험실에서 공통적으로 활용할 수 있는 실험실 표준안전관리 규정 및 체계적인 시스템의 마련이 해결책이 될 수 있음이 명백하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 실험실의 잠재위험, 안전관리 현황, “연구실 안전환경 조성에 관한 법률” 및 해외 사례를 살펴보고, 체계적인 실험실 안전관리 시스템 도입을 위한 가이드라인을 제시하기 위하여 실험실 안전관리 매뉴얼, 실험실 관리 시스템, 교육관리 시스템, 화학물질관리 시스템 및 자체 안전 점검 시스템 등을 제시하고자 하였다.

### 2. 실험실의 위험성

#### 2-1. 실험실의 잠재위험

대학 및 연구소에서는 Table 1의 사례 외 다수의 지속적인 화재 및 폭발 등의 사고가 발생하고 있다.

반복되는 실험실 사고로 인하여 인명 및 재산상의 손실 또한 지속적으로 발생하고 있으며, 사회적 손실은 추산 불가능한 상황에 놓여 있다[1,2].

2006년 실시된 과학기술부의 전국 대학, 기업 연구소 및 국공립 연구소의 실험실 안전관리 실태조사 등 실험실 안전관리에 대한 조사결과에 따르면 화학 및 화학공학 실험실의 주요 사고원인은 화학물질 누출, 가스 누출, 전기과열 및 기기과열 등이 주를 이루고 있다[3]. Fig. 1은 2000년 한국, 미국 및 일본의 실험실 사고 원인을 분석한 결과이며, 주로 기기의 과열로 인한 사고가 많음을 볼 수 있다 [4]. 이는 2006년 과학기술부에서 수행한 실험실 안전관리 실태조사 결과와 유사한 형태의 사고원인이 분석되었으며, 실험실 안전관리를 위한 잠재위험요소를 명확히 알 수 있게 해준다.

Table 1. Accident history of laboratory

Date	Location	Cause	Loss of life	Accident type
September 2006	H University	Abnormal reaction	1 Burned 9 gas poisoning	Explosion & toxic gas
January 2006	A University	Abnormal reaction	1 Burned	Explosion
July 2005	K University	Abnormal reaction	5 Injured	Explosion
January 2005	S research institute	High pressure in reactor	6 Injured	Explosion
December 2003	K University	Vessel explosion	3 Injured	Explosion
May 2003	K University	Vessel explosion	1 Injured 1 burned	Explosion
September 1999	S University	Explosion with metal, organic matter	3 Dead	Hazardous materials fire/explosion

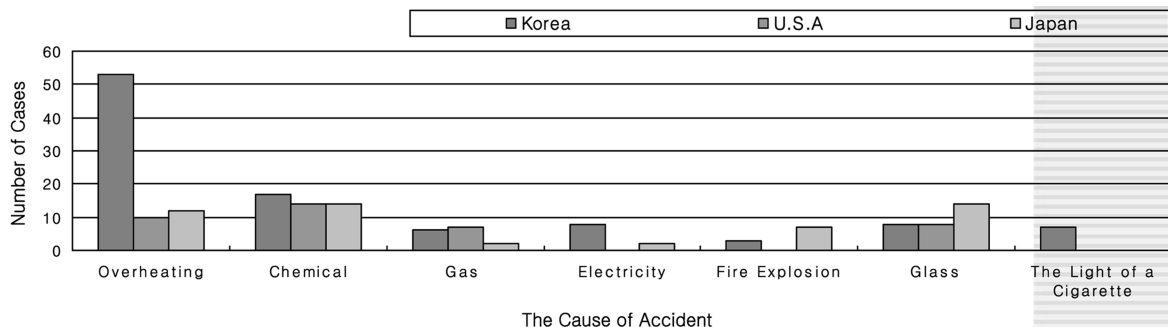


Fig. 1. Laboratory Accident Causes of Korea, U.S and Japan.

Table 2. Current laboratory safety practices and problems

Issue of safety management in current laboratory	Root cause of accident
· Hazard chemicals and facility	· Absent laboratory safety management system
· Safety design and arrangement	· Insufficient laboratory safety education
· Hazard of material	· Absent safety management expertise
· Coarse safety infra in laboratory	· The scarcity of safety management and regime
	· Insufficient safety management awareness

## 2-2. 실험실 안전관리 현황

화학 및 화학공학 실험실의 안전관리 현황 및 문제의 근본원인은 지속적 연구를 통해 명확히 분석되어 왔다. 그러나 근본적인 원인은 대부분 밝혀졌으나 이의 해결을 위한 대안 제시 및 문제해결을 위한 활동의 부재로 인해 문제점을 파악하고도 해결하지 못하는 악순환이 지속되고 있는 실정이다.

2006년 과학기술부에 의해 실시된 조사결과를 토대로 실험실의 잠재위험요소 및 문제의 근본원인을 요약하면 Table 2와 같다[3].

또한 기준에 연구된 실험실 안전관리에 대한 결과를 살펴보면 10여개의 대학만이 실험실 안전보건관리 규정이 있는 것으로 밝혀졌다. 대학 실험실의 환경 및 안전에 관한 정책 및 관리를 주관하는 조직이 구성되어있는 경우는 8개교, 실험실 안전관리를 위한 정기적 회의 및 위원회 등의 활동을 수행하는 학교는 4개 대학으로 조사되어 실험실 안전관리를 위한 기반이 취약한 것으로 나타났다[1].

따라서, 실험실의 안전한 관리를 위한 근본적인 대책은 Table 2 및 기존의 연구 결과에 정의된 문제의 근본원인을 해결이 우선시되어야 할 것으로 판단된다.

## 2-3. 연구실 안전환경 조성에 관한 법률

2005년 3월 의원입법에 의해 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”이 제정되었으며, 2006년 4월부터 시행되었다. 상기 법률은 연구 활동을 위한 실험실의 안전한 운영을 위한 활동에 대한 법적근거를 제공하였으며, 이로 인해 과학기술부에 “연구실 안전과” 설치 등 많은 연구실 안전성 향상을 위한 활동이 정부차원에서 이루어지고 있다.

“연구실 안전환경 조성에 관한 법률”은 연구실 안전관리의 책임주체, 이행사항 및 벌칙 등 상세한 내용을 담고 있으며, 주요 관리책임대상으로 연구주체의 장 및 대학 및 연구기관의 대표자와 소유자를 규정하고 있다[5]. 주요 이행 내용은 아래와 같다.

### ■ 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 주요 이행사항

- 안전규정 작성 및 비치
- 안전관리 위원회 구성 및 운영
- 안전점검 및 정밀안전진단
- 안전관리비 확보 및 보험 가입 의무
- 교육훈련 실시
- 건강검진 실시
- 사고조사 및 보고
- 보호 장구 구입 및 관리
- 안전설비 설치, 시설물 유지 및 보수

## 2-4. 해외 대학의 실험실 안전관리

해외의 대학실험실 안전관리 현황에 대해 살펴보면, 미국의 경우 각 대학에 자율적인 안전관리 전담부서가 조직되어 운영되고 있으며, 전담요원을 활용한 환경, 안전 및 보건 업무 수행을 실시하고 있

다. 또한, 각 분야의 전문가를 활용한 연구조사 활동도 활발히 진행되고 있다. 특히 1992년 이후 OSHA(occupational safety and health agency)의 규정에 따른 실험실 안전 활동이 의무화 되었으며, 법적 이행사항 및 벌칙 부과를 강제적으로 규정하고 있다. 각 대학의 실험실은 교수와 안전관리 담당 직원에 의해 주도적으로 운영되고 있으며, 실험안전교육 미이수자의 실험 수행을 제한하고 있다[4, 6].

일본의 경우, 1992년 이후 국립대학 자체에 안전환경부서가 별도로 조직되어 실험실 안전을 관리 하고 있으며, 교수 및 전담 직원들에 의한 안전관리 활동 주간 및 안전관리 책임자 역할을 하도록 하고 있다[4].

특히, 체계적인 구성으로 효율적인 운영체계를 지닌 Michigan Technological University의 실험실 안전관리 체계[7]를 예를 들어 살펴보면, 화학공학 안전 분야의 대표적인 대학으로 실험실안전, 화학 공정안전 분야의 노하우 및 다양한 경험을 가진 교수 및 연구진을 보유하고 있다.

Michigan Tech의 실험실안전은 PAWS(prevent accident with safety) 프로그램에 의해 운영되고 있다. PAWS 프로그램은 세계적인 화학공장 안전관리 활동의 하나인 BASF의 SOAR(stop, observe, act and report) 프로그램과 DOW Chemical의 corporation and the praise positive program을 기본 골격으로 하여 구성된 실험실 안전성 향상을 위한 프로그램이다. 또한, OSHA 규정 및 Michigan주의 법률을 충족시키는 실험실 안전관리 체계이다.

PAWS는 사고 예방을 기본 목적 하며 MSDS, 안전 작업절차, 산업위생, 각종 활동의 양식, 안전점검 체크리스트 및 작업안전성 검토 등 다양한 분야의 활동을 포함한다.

또한 Michigan Technological University의 실험실 안전 활동은 아래와 같은 아주 다양하고 실험실 안전 전 분야에 대하여 상세히 규정 및 실행방법에 대하여 정의하고 있다.

- PAWS program
- The safety committee and safety meeting
- Michigan right-to-know law
- Management of change procedure
- Equipment lock-out procedure
- General laboratory and equipment safety
- Biosafety
- Personal protective equipment
- Safety equipment
- Laboratory safety rules
- Possible accidents
- Laboratory layout
- Evacuation routes
- Individual experiments
- Chemicals used



Fig. 2. Laboratory safety management system.

### 3. 실험실 안전관리 시스템

체계적인 실험실 안전관리를 위해서는 실험실에서의 주의사항, 실험실 위험수준 확인 방법 등 여러 요소로 분리 되고, 이것들을 운영할 운영인력도 상당수 필요하게 된다. 하지만 국내의 대학들은 연구시설의 안전성 확보를 위한 전문 인력, 노하우 및 인프라 등이 상당히 부족한 상황이며, 실질적인 안전성 확보 및 실험시설의 운영인력 최소화, 해당 법규 준수 및 보험료의 인하 등의 이득 실현을 위해서도 체계적이고 효율적인 시스템 개발이 필수적이라 할 수 있다[8].

또한, 대학의 실험실 안전보건관리체계의 구축은 안전 및 보건 분야 관리에 있어 상당한 수준의 영향을 미치는 것으로 이미 연구되었으며, 이러한 실험실 안전관리 체계의 구축은 실험실 안전 및 보건 관리 활동의 수행과 상당히 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 분석되었다[1]. 즉, 실험실 안전관리를 위해서는 안전관리 활동에 대한 요소들도 충실히 반영된 체계적인 안전관리 시스템이 요구됨을 알 수 있다.

본 연구에서 제안한 실험실 안전관리 시스템에는 실험실 안전관리 매뉴얼, 실험실 관리 시스템, 교육 관리 시스템, 화학물질관리 시스템, 자체 안전 점검 시스템으로 구성되었으며, “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”에 의거하여 화학 및 화학공학 분야의 대학 실험실에 적합하도록 구성하였다.

이와 더불어 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률” 및 각 대학교들의 안전관리 지침과 여러 연구실의 현장 조사를 통하여 중소기업의 연구실과 대학 연구실에 맞는 “실험실 안전관리 시스템(S/W)”을 개발하였으며, 개발된 시스템의 초기화면에서 보여주듯이 5개의 주

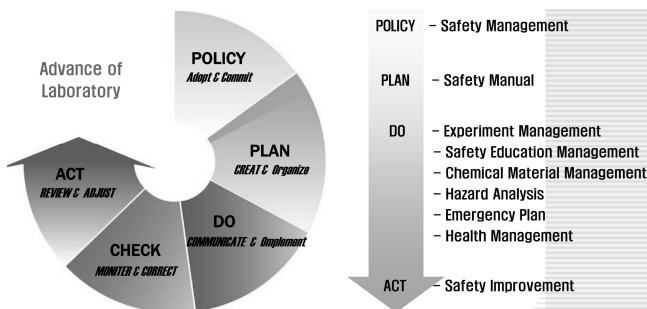


Fig. 3. Laboratory safety management procedure.

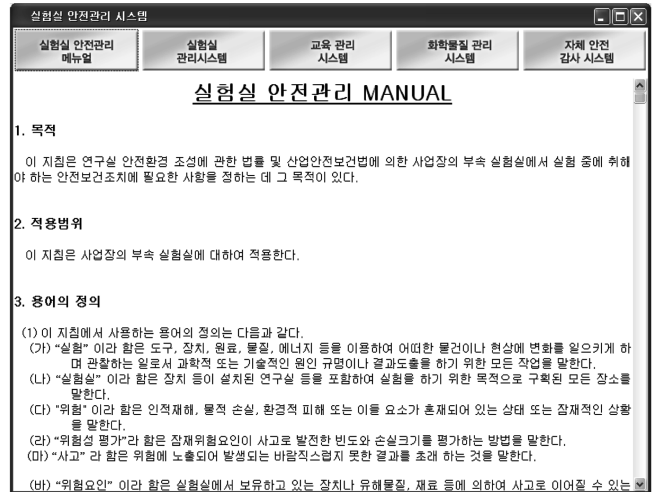


Fig. 4. Laboratory safety management manual.



Fig. 5. Laboratory management system.

요 구성요소를 주요 골자로 하였다(Fig. 2).

#### 3-1. 실험실 안전관리 매뉴얼

실험실 안전관리 매뉴얼은 안전한 실험실 관리 및 실험 수행을 위한 활동들을 체계적으로 정립할 수 있도록 구성하였다. 또한 실험실 안전성의 지속성 향상을 위해 ISO 규격의 수행체계(Fig. 3)와 유사하게 구성하였으며, 세부 내용(Fig. 4)으로는 실험실의 안전보건 수칙과 사고시 응급조치, 화학실험실에서 사용되는 전기기계 실험기구(설비)에 대한 안전지침, 유해위험물질 취급에 관한 지침(guideline) 등을 수록되어 있다. 또한, 다음과 같이 실험실 관리, 화학물질 안전관리, 실험실 위험성 평가 및 안전 교육 및 훈련에 관한 사항을 주요사항으로 포함하며, 매뉴얼은 하위 절차서(procedure) 및 지침들로 구성하였다.

#### 3-2. 실험실 관리 시스템

실험실 관리 시스템은 실험실에서 행해지는 실험 날짜, 장소, 시간, 실험 실험자와 감독자를 해당 감독자를 나타내는 시스템으로 실험실 사용 시 항상 작성하여 누가 어떠한 목적으로 언제 사용하였는지를 확인할 수 있게 구성하였다(Fig. 5). 여기서는 실험 일정 관리 기능, 실험 실습일지 자동화 및 실험 일자별 화학물질(시약) 사용량 관리와 관련한 항목을 포함시켰다.

교육 훈련 관리				
사번	교육내용	수료	인증	비고
060001	안전교육	수료	인증	
060002	안전교육	수료	낙제	재시험 요망
060003	안전교육	수료	인증	

Fig. 6. Education management system.

3-3. 교육관리 시스템

현재 실험실에서의 안전사고의 가장 큰 원인 중 하나는 교육 시스템의 부재를 들 수 있다. 이에 실험실 안전관리 매뉴얼에도 교육 횟수와 시기에 대한 규정을 두었으며 실험 실습자 및 감독자에 대하여 교육의 이수 및 인증을 관리 할 수 있는 시스템을 포함하였다. 본 시스템에는 실험실 안전관리 수준 향상을 위한 교육 내용을 포함하고 있다(Fig. 6). 교육관리 시스템은 안전교육 관리 기능, 실험 관련 안전교육 대상 관리, 대상별 안전교육 실시 시기 관리, 대상별 안전교육 내용 관리 및 실험관련 안전교육 실시 실적 관리를 주요 구성항목을 두고 있다.

3-4. 화학물질 관리 시스템

물질안전보건자료(material safety data sheet : MSDS)는 화학물질의 안전한 사용을 위한 필수 관리 요소이며, 법규 및 각종 기술 기준에서 화학물질의 유해성 정보의 확인을 위한 기본요소로서 반드시 갖추어야할 자료이다.

또한 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”에 의하면 연구실험실에서는 화학물질의 위험성 및 응급조치사항의 명확한 인지를 위해 실험실내에 MSDS를 비치하도록 규정하고 있다.

유해화학물질의 성분, 물리적 성질, 위험성, 응급조치사항 및 폐기방법 등 16가지의 정보를 담고 있는 는 유해 화학물질 취급시 연구자 안전을 위한 기본자료 로서 활용할 수 있도록 하였다.

화학물질 관리 시스템

물질안전 보건자료  
Material Safety Data Sheet

시클로펜탄온(A-145)  
Cyclopentanone

화학제품에 관한 정보

성분, 함유량 관련정보

위험 및 유해성

응급조치 요령

특발 화재시 대처방법

누출사고시 대처방법

위급 및 저장방법

노출방지 및 개인 보호구

화학제품과 회사에 관한 정보

관리화학적 특성

안정성 및 반응성

독성에 관한 정보

환경에 미치는 영향

화기시 주의 사항

운송에 필요한 정보

법적 규제제한

기타 참고사항

분류

유해성

NFPA

R

S

화학물질명(한글)

화학물질명(영문)

CAS No.

검색(S)

Fig. 7. MSDS management system.

MSDS 시스템을 통하여 사용위치, 사용용도 여러 가지 분류에 따라 신속하게 MSDS를 검색하고 세부 정보를 편리하게 분류해서 볼 수 있는 편의성도 제공하고 있다. 그 목적이 있다. MSDS 시스템의 간략한 이해를 돕기 위한 화면은 Fig. 7과 같으며, MSDS 검색화면으로 시스템 초기 화면에서도 검색이 가능하면 출력 또한 지원한다.

3-5. 자체안전점검 시스템

많은 분야에서 관리 상태를 체계적이고 정량적으로 평가하기 위해 체크리스트 기법이 활용되고 있다. 체크리스트란 관리 상태를 표현할 수 있는 항목을 체계적으로 분류하며, 점수체계를 구성하고 감사를 수행하는 사람이 체크리스트에 적절한 답변을 함으로써 전체적인 관리 상태를 정량적으로 표현하는 방법이다[10-12].

본 연구에서는 실험실 안전관리 매뉴얼과 연구실 안전환경 조성에 관한 법률에 근거하여 실험실에서 안전성 향상을 위하여 지켜야 할 사항을 기반으로 체크리스트를 5개의 항목인 일반안전, 전기안전, 가스안전, 위험물 안전 및 환경안전으로 구성하였으며 아래와 같다.

■ 일반 안전

- 실험실에서의 음식 취사 여부
- 비상시 퇴출가능 여부
- 정리정돈 상태
- 실험실에서 사용되는 화학물질에 따른 안전보호구 확보
- 장비별 안전수칙의 게시 여부

■ 전기 안전

- 실험실내에서 사용되는 전기 시설의 적절성
- 전기시설의 사용 적정성
- 전기안전장치의 설치 적정성

■ 가스 안전

- 가스용기 안전 보관 여부
- 가스 누출 감지 장치의 설치 적정성 및 작동 여부
- 가스 사용 적정성

실험실 안전점검표 - 제목없음

파일(F) 1. 일반안전 2. 전기안전 3. 가스안전 4. 위험물 안전 5. 환경안전 6. 기타

실�험실 안전점검표

1. 일반안전

1.1 실험실내에서 음전, 음식을 존수하고 있는가?

1.2 통행에 장애요소는 없는가?

1.3 정리정돈 및 청결상태는?

1.4 실험에 적합한 안전보호구의 확보 및 착용상태는?

1.5 화재시 소화기, 대피로 확보 상태는?

1.6 실험장비별 안전수칙이 부착되었는가?

해당사항을 선택하십시오

불량  보통

양호

확인(O) 취소(X)

양호

양호

양호

보통

보통

보통

Fig. 8. Laboratory safety audit system.

**Table 3. Comparison with laboratory safety management system elements, laboratory safety regulation requirements and MTU laboratory safety program**

Laboratory safety management system element	“Laboratory safety regulation” demand	Michigan Technological University safety management programs
1. Laboratory safety management manual - Education management - MSDS - Hazard analysis - Emergency plan guide - Health management	· Safety management regulation - Making safety code and stock in laboratory - Organize the safety management - Laboratory safety education - Incident investigation and make report - Organize a laboratory safety committee · Medical examination	· PAWS program · The safety committee and safety meeting · Laboratory safety rules · Possible accidents · Evacuation routes
2. Laboratory management system	· Install safety equipment and maintain facility in laboratory	· PAWS program
3. Education management system	· Execute safety education - a Research workers	· General laboratory and equipment safety · Personal protective equipment · Safety equipment
4. MSDS management system	· Install safety equipment and maintain facility in laboratory	· Chemicals used · PAWS program
5. Laboratory safety audit system	· Check hazard in laboratory - Usual and on demand audit	· PAWS program
6. Out of Range on Laboratory Safety Management System	· Secure safety expense · An obligatory insurance contract · Safety diagnosis · Purchase & maintain a protective device	· Michigan right-to-know law · Management of change procedure · Equipment lock-out procedure · Biosafety · Laboratory layout · Individual experiments

■ 위험물 안전

- 화학물질의 보관 적정성
- MSDS 비치 여부
- 화학물질 사용 절차 적정성

■ 환경 안전

- 폐 시약 용기의 성상에 따른 구분 적정성
- 폐기물 처리 및 보관 적정성
- 폐액수집 시설 적정성

위의 5개 항목의 내용을 기반으로 제안된 체크리스트의 효율적 활용을 위해 통계 분석과 같은 각종 형태의 분석이 가능하도록 S/W를 개발하였고(Fig. 8), DB 구축을 통한 자료 누적으로 감사결과를 훨씬 효과적으로 활용할 수 있도록 하였다. 예를 들어, 자체안전점검 시스템의 경우 기준에 수작업을 통해 이루어지던 체크리스트 점검 작업을 S/W를 통해 이루어지게 하고 그 결과를 자동으로 분석하고 결과를 축적하는 시스템을 구성하였다.

**4. 비교 분석 연구**

본 연구의 목적인 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 만족 및 연구 실험실의 실질적 안전성 향상에 대한 기여도 예측을 위해 상기 법률과 본 연구에서 제안된 시스템 구성요소를 비교분석하였다. 더불어 앞으로 연구실 안전성 관리의 질적 향상을 위해 상당 수준의 노하우와 안전관리 활동 경험을 보유한 미국 Michigan Technological University의 연구실 안전관리 프로그램의 요소를 참고 자료로 활용하였다.

Table 3에서 나타내듯이 본 연구에서 제안된 시스템은 국내 법규의 요구사항을 충실히 반영한 연구실험실 안전관리 체계이며, 향후 안전 관리체계 및 기법 등 세부 콘텐츠의 확충을 통해 선진국 시스템에 근접 할 기반을 마련한 것으로 판단된다.

연구실험실 안전관리 체계의 기반이 취약한 국내 대다수 대학의 연구실험실의 안전관리 및 체계적인 실험실 관리를 위해 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

**5. 결 론**

최근까지 발생한 실험실 관련 사고를 분석하고, 선행연구의 결과들을 토대로 연구실험실에 상존하는 잠재위험을 분석하였다. 더불어 해외 대학의 선진화된 연구실험실 관리체계와 2005년 제정된 연구실 안전환경 조성에 관한 법률을 충족하는 실험실 안전관리 요소를 파악하였다. 본 연구에서는 실험실 사고사례, 해외 연구실험실 관리체계의 벤치마킹 및 국내 법규를 모두 충족할 수 있는 안전관리 체계를 제안하였다.

제안된 관리체계는 실험실 안전관리 활동의 수행 효과 극대화 및 편리성을 추구하기 위해 전산시스템으로 개발되었다. 개발된 시스템은 안전관리 매뉴얼에 명시된 안정성 향상을 위한 중점 관리 대상인 교육훈련, 실험실 관리, 화학물질관리 및 자체안전점검을 위한 세부사항으로 구성되어있다. 본 연구에서 제안된 실험실 안전관리 시스템의 활용도 및 적용가능성을 확인하기 위해 국내 법규와 선진국 사례를 비교하였으며, 그 결과 본 연구의 결과물인 실험실 안전관리 시스템의 요소들이 필수적으로 수반되어야 할 것으로 파악되었다.

개발된 실험실 안전관리 시스템은 현재 체계적인 안전관리 시스템이 취약한 국내 많은 대학에 매우 유용한 안전관리를 위한 도구가 될 것으로 기대된다. 더불어 지속적인 관련 연구를 통해 연구실험실 안전관리 기법 및 체계를 포함한 한층 발전된 결과물이 실험실 안전관리 시스템에 적용된다면 국내 연구실험실의 안전성 향상 및 국가 과학기술 발전의 토대를 이루는 연구 인력의 보호 및 삶의 질 향상에도 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

## 감 사

본 연구는 지식경제부 에너지기술혁신 프로그램의 일환으로 수행되었습니다(“차세대 에너지안전 첨단관리 시스템 구축” 연구단, 세부과제번호: 2007-M-CC23-P-02-1-000).

## 참고문헌

1. Yoo, K. N., Park, J. I., Park, T. J., Choi, M. K. and Lee, C. H., “Laboratory Safety Management System and Its Role on the Performance of Safety-Related Activities in Korean Academia,” *Kor. J. Env. Hlth.*, **31**(5), 365(2005).
2. Lee, J. G., Laboratory Safety is Step of Scientific Technical Society, *Scientific Technical Policy*, **13**(6), 29(2003).
3. Ministry of Science Technology, “Survey of Safety Health in Laboratory,” 77(2006).
4. Kim, D. H., Lee, D. K., Lee, K. W. and Yoon, S. J., “The Policy Research for Safety in Laboratory Environment,” Korea Science and Engineering Foundation(2000).
5. Ministry of Science & Technology, “Laboratory Safety Regulation,”(2005).
6. OSHA, “29CFR 1910.1200,” (1987).
7. Michigan Technological University, “Safety For Use in the Chemical Engineering Unit Operations Laboratory CM4110 and Plant Operations Laboratory CM4120,” (2005).
8. Lee, H. S., Lee, D. H., Yoo, J. H., Jung, S. Y., Kim, M. S. and Ko, J. K., “A Study on Development of Laboratory Safety Management System,” KICChE, *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **13**(1), 1176-1179(2007).
9. Kim, D. H., Lee, D. K., Lee, D. W. and Yoon, S. J., “Safety Management & Countermeasure in University & Institute Laboratory,” The Korean Institute for Industrial Safety, *Fall Conf.*, 216-222(2000).
10. Lee, K. W., “Quantitatively Risk Assessment for Laboratory,” The Korean Institute for Industrial Safety, *Spring Conf.*, 143-148(2002).
11. Lee, K. W. and Kim, D. H., “Assessment Method Considered Safety Level in Laboratory,” The Korean Institute for Industrial Safety, *Spring Conf.*, 289-296(2003).
12. Lee, D. H., Nam, E. Y. and Ko, J. W., Hazard Evaluation in Laboratory Using Check-list Technique, *Kigas, Fall Conf.*, 59-62(2005).