대학 연구실 관리 안전등급 기준 설정 방법 연구

Development of a Safety Rating Method for University Laboratories

최범순* · 김응식**

Choi, Beomsun*, and Kim, Eungsik**

Abstract

Over the past three years, the average number of accidents in the university labs was 178/year. In particular, in 2016, this number was 210. This high number of incidents is because university laboratories contain a range of complex equipment, chemicals, and gas facilities. On close review, it was found that the difficulty in assigning safety ratings to laboratories is because there are many risk factors. In particular, the current rating system focuses on the assessment of the university rather than the potential risk. Thus, there can be large variations in the safety rating each year, which may result in accidents in the same laboratory. The aim of this paper is to propose new evaluation methods for laboratory safety ratings. First, we surveyed ten provincial universities to understand the current situation. Based on these results, two safety rating techniques are proposed. One is a risk assessment technique that deals with the relationship between the severity of the accident, the exposure time, and the probability of the accident. The other is a risk assessment method that considers the risk levels and quantities of equipment and material involved. As a result, laboratory safety ratings can be graded according to the risk level.

Key words : Laboratory Safety, Safety Management, Safety Rating

요 지

최근 3년간 대학 연구실에서의 사고 발생 현황은 연평균 178건으로 특히 2016년 210건의 사고사 발생하였다. 이것은 대학의 연구실은 종합적 관리가 이루어져야 할 만큼 기자재,약품, 가스, 전기시설 등이 이 한 공간에 복잡하게 설치되어 있어 위험등급 지정이 난해하기 때문이다. 현재의 등급제도는 기관 평가의 측면에 치중하여 잠재적 위험성을 간과하는 측면이 있다. 따라서, 매년 등급이 큰 편차가 발생하기도 하여 동일 실험실의 안전사고를 유발하는 요인이 될 수 있다. 본 논문에서는 지역별 4년제 10개 대학을 조사하여 현황을 파악하고, 각 대학의 실증 자료를 조사하여 정리하였다. 이를 바탕으로 본 논문은 위험등급의 설정을 위해 피해에 따른 사고의 크기와 종사자의 노출 시간과 사고 발생 확률의 관계에서 등급이 정해지는 위험성 평가기법과 현재 사용되는 기자재와 수량을 고려한 위험성 평가기법을 소개한다. 이를 사용하여 효과적으로 연구실의 위험 순위를 결정할 수 있었다.

핵심용어 : 연구실 안전, 안전관리, 안전등급

1. 연구 배경 및 목적

현행 연구실 안전등급은 법적인 제도에서만 점검과 진단을 통해 부여받을 수 있어 관리 측면에 대해서는 문제점이 있다. 현재의 제도는 교육기술과학부에서 2008년도에 제시

하였던 “위험 요인들에 대한 등급에 가중치(내용)를 도입한 등급제도와 안전 점검과 진단을 통한 안전등급제”가 있으나 현실 적용에 어려움이 발생하기도 한다(Lee, 2014). 현재의 안전등급은 안전 점검과 진단의 결과로 부여된다. 그러나 이 등급 제도는 사후 관리에 치중되어있어 점검 및 진단

*정회원, 호서대학교 연구실안전관리센터 팀장(E-mail: bschoi@hoseo.edu)

Member, Manager, Laboratory Safety Management Center, Hoseo University

**교신저자, 정회원, 호서대학교 안전소방학부 교수(Tel: +82-41-540-5722, Fax: +82-41-540-5498, E-mail: eskim@hoseo.edu)

Corresponding Author, Member, Professor, Division of Safety and Fire Protection, Hoseo University

시기에는 적절한 조치가 이루어지는 장점이 있으나, 연구실 안전책임자와 안전담당자가 지적 사항을 조처한 후에는 안전등급의 차이가 벌어지는 모순이 발생할 수 있다. 결과적으로 연구실의 안전 등급이 2등급과 3등급 사이에서의 변화가 가능해지고, 4등급의 판정을 받은 연구실이 잠재적 위험도와는 관계없이 1등급의 상태가 되기도 한다. 이외에도 기술의 융합으로 한 연구실에서 복합적 연구로 잠재적 위험도가 높은 기자재가 수시로 반입된다. 그렇지만 현행 대학 안전관리평가나 대학정보공시에서 수시로 변화되는 안전등급 부여하는 것은 안전등급제가 위험등급보다는 관리 상황에 치중하여 본래 의미가 불분명해지는 측면이 있다. 결론적으로는 관리의 측면에 치중하여 잠재적 위험성을 간과하게 되어 효율적인 관리가 어렵게 되는 측면이 존재한다. 따라서 새로운 개념의 등급제가 필요한 상황이라 사료 된다. 본 논문에서는 위험성 평가척도에 따른 안전등급 설정과 기자재, 약품 등의 품목에 다른 위험등급 설정을 기반으로 한 2가지 등급제를 제안하였다. 그러나 아직도 2가지 등급제의 보다 객관적인 적용을 위해서는 등급의 세부 규정 마련 및 세부 품목 위험도를 결정을 위한 지속적인 연구가 진행되어야 한다.

참고로 외국의 경우는 산업체나 연구실이나 같은 법에 적용을 받아 연구실 안전에 관한 문헌은 있으나, 우리나라와 같은 등급제 적용에 관한 예는 찾을 수 없다(Furr, 2000; Robson et al., 2007).

2. 대학 연구실 안전사고 실태

대학에서 진행되는 실험들은 전통적인 기초 실험 외에도 산업현장의 요구에 의한 응용 분야에 기반을 둔 실험들이 점차로 늘어나는 상황이다. 따라서 잠재적 위험이 많은 기자재와 약품의 사용이 증가하는 추세를 현장 조사를 통해 알 수 있었다. 이러한 상황에서 대학을 입학한 과학기술 분야 학생들은 기기나 약품 사용에 미숙하여 위험에 노출된다. 최근 과학기술정보통신부(Ministry of Science and ICT, 2107)에서 조사된 대학 연구실에서 사고 현황을 보면 Table 1과 같이 2016년 전체 사고의 80%가 대학에서 발생하였고, 사고의 증가율도 2013과 2016년을 비교시 2배 이상 증가하였다. 2016년 약 360개의 대학에서 210개의 사고가 발생한 것은 전체 대학의 반 이상이 사고에 노출되었다는 것을

의미한다. 소속 신분별로는 전체 피재자의 대학생이 44%, 석박사 과정이 53%를 차지하고 있어 대학원생 수가 대학생 수의 1/10 수준인 것을 감안하면, 대학원생의 사고 발생율이 매우 높은 것을 알 수 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2009).

3. 대학 안전관리 활동과 관련 법률

대학의 안전관리 활동과 이의 법적 기반을 요약하였다. 대학의 연구실 현황을 파악하기 위하여 지역별 4년제 10개 대학을 조사하여 대학의 과학기술 분야 학과와 연구실을 실태 분석하고, 학과의 분류와 연구실 유형에 대한 문제점을 도출하였다.

3.1 대학의 안전관리 활동

대학에서 안전관리 활동은 연구실 안전 환경 조성에 관한 법률(Act on the Establishment of Safety Environment in Laboratory, 2017)에서 정한 내용과 거의 부합된다. Table 2는 그 예를 보여주고 있다.

3.2 연구실 현황과 안전등급의 문제점

각 대학의 과학기술 분야 학과는 대학마다 특이점이 없으며 이공계열, 자연계열의 개설학과를 조사한 자료에 따르면 명칭만 다를 뿐 연구실의 내용은 유사하다. 또한, 대학의 연구실 내의 유해물질 및 위험 기계 기구의 종류 또한 유사한 양상을 갖는다. Table 3은 A 대학의 과학기술관에 있는 연구실 현황으로 이러한 사실을 나타낸다. 기존의 연구실 유형은 교육부(Ministry of Education, 2015)에 의하여 기계 물리, 화학 환경, 생물/미생물, 전기, 가스 분야 유형의 기자재들과 이들의 운전을 위한 전기시설과 안전을 위한 소방 및 보관 시설, 배기 시설 등 여러 가지 요소들로 구성된다(Chung, 2012). 현재의 연구실이 앞서 언급한 대로 어느 유형에 속하는지를 정의하는 어려운 일이다. 위험을 내포한 유형별 요소가 있을 뿐이고, 한 유형으로 치중되는 경우는 PC를 이용한 게임, 정보보안, 컴퓨터 시뮬레이션, 모바일 관련과 같은 연구실에만 국한된다. 실험실 유형에 따른 위험 요인 외에도 학생의 참여 인원수, 위험 시설, 위험 물질, 에너지의 전달 조건 등에 의해 발생한다. 연구실 안전등급의 부여는 체계적 안전관리와 연구실 안전사고의 감소라는

Table 1. Numbers of Accidents for the Last 7 Years

Classification of Lab.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
University	118	150	102	97	153	170	210
Research institute	11	7	6	13	14	15	37
Affiliated research institute	-	1	-	2	8	30	17
Total	129	158	108	112	175	215	264

Table 2. Laboratory Safety Management Activities and Legal Standard

Safety management activities of university laboratory		Act on the establishment of laboratory environment	
Fields	Details of Activities	Config.	Provisions and contents
Planning & Management	1. General management 2. Establishment of policy and R&D plan 3. Works on regulations 4. Status management of lab. and personnel 5. Establishment and execution of budget	general rules	1. Purpose of the law 2. Definition 3. Coverage of application 4. Responsibility of government 4-2. Basic planning establishment of safety environment in laboratory 4-3. laboratory safety review committee 4-4. Informatization on lab. safety management 5. Responsibility of research director
Safety check	1. Planing of safety check / precise safety inspection 2. Safety check / precise safety inspection and T/F team management	Safety activities in the laboratory	5-2. Assignment of laboratory director 6. Compliance and preparation of safety management regulations 6-2. Designation of laboratory safety environment manager 6-3. Certification of the best laboratory for safety management 7. Guideline for safety check/precise safety inspection 8. Implementation of safety check 9. Implementation of precision safety inspection 10. Reporting and publishing the results of the safety check/precise safety inspection 10-2. registration of agency for safety check 11. Identification 12. Presentation of vouchers 13. Cost allocation 14. Insurance subscription 15. Responsibility of the person performing the safety check/precision safety diagnosis 15-2. Accident reporting 16. Investigation of accident 17. Restrictions on the use of laboratories, etc. 18. Training, etc. 18-2. Support from University & Research Institute 18-3. Operation of Regional support Centers
Personnel education	1. Planning of education and training of laboratory personnel 2. Management of education T/F team		
facility check	1. Planing of annual check list 2. Disposal of wasted material		
inspection plan & management	1. Planing of annual facility check list 2. Facility safety check 3. Maintenance of electrical, gas, firefighting facilities 4. Management of safety check / precise safety inspection		
Supporting work	1. Works on insurance subscription and compensation		
Environmental improvement	1. Maintenance and purchase of personal Protective Equipment and for safety		

Table 3. Current Situation of a University Laboratory

Department	Name of lab.	Laboratory apparatus	Hazardous material	Gas in use
Dept. of Display & semiconductor physics	Superconductivity laboratory	Laser equipment		N2, O2, Ar, Liquid nitrogen
	Clean room	Dry Oven, Bake Oven		
	Flexible display Process and equipment laboratory	Clean room	Liquid nitrogen	NF3, PH3 SiH4, H2, N2, O2, Ar, NH3, SF6, SF4, B2H6
Dept. of Biotechnology & Bioinformatics	Biological Structure Information Laboratory	Clean bench	Ammonia, Glycerin	
	Genetic engineering laboratory	Clean bench	Acetone, Methyl alcohol	
	Bio-sensor Systems Engineering Lab	Fume hood, Clean bench	Lead	N2, O2
	A Study on Nano bio and Artificial Life Engineering	Centrifuge, PC		CO2
	Joint Machine Room 3	Cooler, Clean bench		N2, CO2
Dept. of Life Information Electronics & Information Technology	Nano bio and artificial life Engineering Lab 2	Centrifuge, HPLC, (high-pressure liquid chromatography), Pump	H2BO3	N2
Dept. of Food & Biotechnology	Microbiology Laboratory	Centrifuge, Incubator, Distiller		N2
	Microbiology & toxicology laboratory	Fume hood, Incubator		
	Food Micro-organism Control Laboratory	Low temperature refrigerator, Dryer, Incubator	Acetic acid, Nitric acid, Methyl alcohol	N2, CO2
	Joint Machine Room	HPLC, Cholesteric analyzer		Air, He N2, H2
	Food enzyme engineering laboratory	Incubator, oven fume hood		N2

정책의 목표를 달성하기 위한 것이 목적이다. 그러나 대학의 연구실은 다양하여 표준화를 이룬다는 것이 어렵게 되어, 정부 요구 사항인 연구실 안전등급을 적용하기에 불합리한 측면이 발생한다. 다만 위험 요인들의 위험 경중에 따라 안전등급을 적용해야 할 수도 있다. 예를 들어 전기 실험실 경우 사용 전압 외에도 실험과 관련된 화공 약품, 기계 기구, 소방설비 등도 함께 고려되어야 한다. 생물, 미생물 실험의 경우 위험 경중은 생물, 미생물이고 전기, 화공 약품, 가스 등의 요소도 고려해야 안전등급을 규정할 수 있다. 따라서 어느 한 공간의 연구실에 대한 위험등급은 현행 정기점검, 정밀 안전진단과 현행 법률에서 정한 유형 구분으로 적용하기에는 문제가 있다.

본 논문에서는 등급 설정을 위한 2가지 방법을 제안하기로 한다. 우선 위험성 평가척도에 따른 안전등급은 연구 활동 종사자의 부상, 질병에 따른 사고 경중, 사고 발생의 빈도, 연구 활동 종사자의 노출 시간 등을 고려하여 등급을 부여하는 것이다. 즉 사고의 크기, 사고의 가능성, 노출 빈도 등의 상대적 개념을 통하여 위험도를 판단하는 방법으로 주로 산업현장에 적용이 쉽다. 하지만 대학 연구실에는 아직 적용된 경우가 없다. 다음으로 연구실 내의 잠재적 위험 요인으로 실험실에서 사용 중인 약품, 장비와 기자재의 종류 및 수량 등을 점수화하여 안전등급을 정하는 방법으로 여러 실험 유형이 혼재하는 대학 연구실에 적용할 수 있다. 이러한 방법들은 모든 대학 연구실과 기업 연구실에도 보편적인 적용이 가능하며 연구실의 절대적 안전등급의 설정에 기준을 제공할 것이며, 두 가지 등급 설정 방법을 각 기관의 특색에 맞게 서로 보완하여 사용하면 안전등급을 합리적으로 정할 수 있다.

4. 위험등급 설정

4.1 연구실 위험등급 평점법

위험 등급을 나누는 방법은 여러 가지의 변형이 존재한다 (Rhie et al., 2015; Korea Occupational Safety and Health Agency, 2015; Park, 2009). 본 논문에서의 위험등급 평점법은 사고의 심각도, 연구자의 노출 수준, 사고 발생도의 요소를

기반으로 산출하는 방법으로, 위험도(Risk) = 심각도 × 노출 수준 × 발생도로 정의하였다. 즉 위험 정도는 인명, 재산의 피해에 따른 사고의 크기와 노출 시간과 발생 확률의 관계에서 등급이 정해진다. 연구실에 적용하기 위해 사고 크기 내용을 관련 법 시행령 13조 중대 사고의 내용과 결부시키고 인명의 피해 정도를 보상해주는 보험을 동법 법률 14조에서 규정한 사항을(Act on the Establishment of Safety Environment in Laboratory, 2017) 현행 대학에서의 상황에 Table 4와 같이 도입하기로 한다.

일반적으로 위험도는 심각도와 발생빈도에 곱으로 표현되지만, 대학의 경우에는 산업체와 달리 일정하게 반복되는 정해진 공정 및 시간의 개념이 존재하지 않아 노출 수준이라는 개념을 도입하였다. 노출 수준은 실험, 실습, 연구의 시간을 고려하여 Table 5의 기준을 정하였다. 이는 대학의 실험, 실습 학사 일정과 법률에서 정한 내용을 적용하였다. 위험도 사고 발생 빈도는 발생 가능성에 따라 Table 6의 상, 중, 하로 설정하였다. 본 논문에서는 위험도를 산출하기 위한 Eq. (1)을 제안하였다.

Table 5. Exposure Intensity

Exposure Intensity	Classification	Score
8 hrs/day	Resident student	3
3-4 hrs/day	general student	2
1-2 hrs/day	Other	1

Table 6. Frequency of Occurrence

FO.	Classification	Score
high	At least 1 accident occurred during 1 year	3
medium	Possible laboratory accidents for 1 year	2
low	Unlikely to cause laboratory accidents for 1 year	1

* FO. Frequency of occurrence

Table 4. The Severity of Accident

Severity	Government standards
1	Minor damage to property; Accident of less than 2 million won
2	Serious property loss; Accident resulting in losses exceeding 2 million won
3	Minor personal injury; Restriction of laboratory use by accidents other than severe personal accident
4	Severe personal accident; 1. Accident where more than one person is injured in death or aftereffects 2. Two or more injuries at the same time that require three months of medical care 3. 5 or more wounded and patients occurred at the same time

$$R = S \times E \times O \quad (1)$$

R: 위험도 (Risk degree)

S: 심각도 (Severity degree)

E: 노출 강도 (Exposure intensity)

O: 발생 빈도 (Occurrence frequency)

현행 법률의 안전단계 기준에 따라 5개로 분류된 안전단계(Act on the Establishment of Safety Environment in Laboratory, 2017)와 점수를 1단계는 7개 항목, 2단계는 8, 3단계는 3, 4단계는 2, 5단계 1개 항목으로 위험점수를 결정하였다. 따라서 법률에 따른 안전단계의 기준을 대입하여 설정하면 Table 7과 같이 대학 연구실의 안전단계와 위험등급을 정량화할 수 있다. 이 자료로 전체 연구실의 위험등급을 산정하여 연구실 안전상태에 대한 안전등급으로 구분할 수 있다. 이렇게 얻어진 연구실의 위험 순위에 Table 2에 따른 17개의 관리 요소를 어떻게 배분하느냐 하는 결정이 관리적 측면에서 필요하게 된다,

4.2 사용 품목의 위험 점수화

98년 이전에는 교육부의 “실험실 조성 기자재 기준령”에 의하여 각 실험실의 설립 규정이 존재하였다. 예를 들어 산업안전공학 전공의 전기안전 실험실은 중수 20개와 점수 30의 설립기준이 존재하였다. 그러나 이후 규정이 없어지면서 품목과 중수의 제한이 없어졌다. 이러한 변화로 위의 위험등급 외에 추가로 현재 사용되는 기자재, 장비 및 화학약품의 수량 및 종류에 따라 추가 위험점수를 위험등급 설정에 사용하는 것을 본 논문에서 제안한다. 전체 위험 정도는 검사단위(기자재, 약품 등) 위험등급과 위험 요인 개수에 비례한다. 위험 정도의 점수화를 위해 다음과 같이 Eq. (2)를 사용하였다.

$$S = \sum_{i=1}^n a_j \times r_i \quad (2)$$

S: 위험점수

a_j : 검사단위 위험등급 ($j = 1 \sim 4$)

r_i : 약품, 장비와 기자재 수량 ($i = 1 \sim n$)

본 연구에서는 위험 정도의 한계를 0~12로 하고 검사단위 위험등급을 1~4등급으로 정하여 적용하였다. 따라서 위험점수는 $0 \leq S_g \leq 12$ 과 $S_g \geq 0$ 이 되고, 검사단위 위험등급은 $0.1 \leq a_j (j = 1 \sim 4) \leq 0.4$ 로 결정한다. 물론 독성, 인화성이 높은 화학물질이나, 병원균을 다루는 실험실의 경우는 점수의 최대치 0.4가 적을 수도 있으므로 한계와 위험등급은 상황에 따라 가변적 적용이 가능하다. 일반적으로 한 연구실의 현재 실험에 쓰이는 약품 및 기자재의 수량은 10~30개로 추정되며 이렇게 구한 S를 Table 8과 같이 등급화하였다.

Table 8. Risk Score Classification by Materials and Equipments in a Lab

Safety class	Risk score (S)
a	0 ~ 4
b	4 ~ 8
c	8 ~ 12

그러나 현재 품목별 위험점수를 연구실에 적용한 예가 없으므로, 합산된 위험점수를 앞 절에서 구한 전체 위험등급에 병기 표기하여 기자재, 약품, 약품 등에 의한 위험등급을 동시에 나타내기로 제안한다. 그러나 아직 검사단위의 위험등급은 전문가의 판단에 따라 정해지므로 이에 대한 세부적인 규정의 정비가 필요하다(American Institute of Chemical Engineers, 2016).

4.3 검증 사례

현황 조사 대상이었던 B 대학 토목과 소속의 연구실의 안전등급 적용사례를 소개하고자 한다. 실험실은 학부생 20명을 대상으로 연구 용도를 위해 화학물질을 사용하는 곳으로 Table 9는 실험실의 현황표이다. 이 중에서 사용되고 있는 품목에 따라 Table 10과 같은 위험점수 8.8을 산출하였다. 이 연구실은 2016, 2017년 연속으로 2등급 판정을 받은 연구실이었다. 결과적으로 해당 실험실은 위험등급 3등급에 위험점수 c등급이므로 3c로 분류되어, 위험성이 높고 기자재

Table 7. Risk Class and Legal Basis

Safety class	Risk Score	Legal basis of safety standard	Management type
1	1-7	Condition with no safety problem in the laboratory	Non intensive control
2	8-14	Condition which needs improvement with minor defects in laboratory environment and facilities	
3	15-21	Condition which requires improvement with defects in laboratory environment or facilities	
4	22-29	Condition in which the laboratory's environment or facilities is substantially defective and its use should be restricted	Intensive control
5	30-36	Condition in which the laboratory's environment or facilities is severely defective and the risk is high. Its use should be immediately prohibited and improved	

Table 9. Laboratory Configuration

Current state	Type	Quantity	Remark
Number of personnels	Undergraduate students	20	
Area	Concrete slab	80 m ²	Fire door
Chemical materials	10	100 L	
Equipments	34	43	
Gases	3	4	
Electrical capacity	220 V	5 Kw	

Table 10. An Example of Equipments and Substances in a Lab

	Equipment, gas & materials.	Quantity	Risk score
1	Ignition point tester	1	0.2
2	Melting point tester	1	0.2
3	Oven (64 litter)	1	0.3
4	Press machine	1	0.4
5	Crusher	1	0.3
6	Reactor	1	0.3
7	Grinder	1	0.3
8	Impact tester	1	0.2
9	Oil pressure specimen press	1	0.4
10	Tensile strength tester	1	0.4
11	Vacuum oven	1	0.2
12	Diamond cutting machine	1	0.4
13	Container for compressed liquid	1	0.2
14	C3H8	2	0.8
15	H2	1	0.4
16	N2	1	0.1
17	Ethyl alcohol	2	0.6
18	methanol	4	1.6
19	Isopropyl alcohol	2	0.6
20	Acetone	2	0.8
21	SILICA	1	0.1
Total		28	8.8

가 많아 관리의 우선순위가 높은 연구실로 분류된다. 이 연구실은 교육부 기준에 따른 대, 중, 소분류로 건축/환경, 건축·설비공학, 건설방재공학과로 분류되어 있다. 이 분류법은 그대로 안전관리에 도입되어 쓰이고 있으나, 사용 기자재나 약품의 종류를 보면 기존의 건축/환경 분야와는 다른 품목들이 사용됨을 알 수 있다. 따라서 현재의 유형별 분류는 큰 의미가 없음을 알 수 있다. C 대학 전기/전자 계열의 디스플레이 분야 연구실의 경우를 예를 들면 이 연구실은 2016년, 2017년 각각 3등급, 2등급의 다른 등급을 부여받았

다. 이 연구실은 성형/압착 용도의 위험 전기 및 기계기구 5종, 웨이퍼 세척을 위한 불산을 포함한 화학약품 다량, 독성 및 인화성 가스 6종, 약품 혼합기 2종 등을 실험에 사용하고 있어, 제안된 방법으로 위험등급 3등급에 위험점수는 상한 12점을 넘어 3c 등급을 부여받는다.

순위가 결정되면 관리 순위를 집중관리와 선택관리로 나누어 비율을 조정한다. 집중관리에는 Table 2의 17가지 항목의 관리가 들어가며 선택관리에는 비중이 낮은 6개 항목을 제외한 11가지 항목이 투입된다. 관리할 연구실이 300개이고 집중과 선택관리를 각각 30%, 70%로 결정하면 연구실의 관리 구분은 90개와 210개로 나뉘고 필요한 총활동량은 3840개로 계산된다. 만약 이 값이 정책 활동량의 상한치를 넘으면 비율을 조정하여 집중, 선택관리 연구실의 개수를 조절하여 제한치에 근접한 값을 얻어 상황에 맞게 관리한다.

5. 결 론

본 연구에서는 연구실의 효율적 관리를 위해 적절한 기법으로 관리 등급의 설정 기준을 제시하였다.

첫째 연구실 위험등급 평점 범으로 안전등급 설정과 실험의 종류와 기자재에 대한 위험등급 설정을 기반으로 한 등급제를 제안하였다. 전자는 산업현장에 주로 적용되는 방법을 대학 연구실의 현실에 맞게 재구성하였다. 후자는 여러 가지 분야의 위험 요인들이 혼재되어 사용되는 대학의 현실을 반영하였다. 둘째 위험등급 중심으로 관리 순위를 매길 수 있어, 연구실 관리와 현장 점검 및 진단에 효율성을 가져온다. 예를 들면 연안 법에서 정한 격년제로 시행되는 정밀안전진단의 대상 호실을 효과적으로 지정할 수 있다. 셋째 관리 대상연구실을 집중과 선택의 비율을 통해 조정한다면 정해진 예산의 범위 안에서 순위 및 활동단위가 정하여짐으로 안전관리 활동에도 편리성을 가져올 것이다.

References

- Act on the Establishment of Safety Environment in Laboratory, § 7 (Guidelines for Safety Inspections and Thorough Safety Inspections) (2017).
- American Institute of Chemical Engineers (AIChE). (2016). *Dow's fire and explosion index hazard classification guide* (7th ed.). New York, NY: AIChE.
- Chung, Y.J. (2012). Risk of accidents analyzed in the laboratory of the university. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 12, No. 6, pp. 191-199.
- Furr, K.A. (2000). *Handbook of laboratory safety* (5th ed.). pp. xi-xxv
- Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA).

- (2015). *Guidelines for risk assessment on the establishment of the safety and health management system*. p. 11.
- Lee I.M. (2014). *Risk assessment and mitigation technology according to laboratory field*. National Research Foundation of Korea. p. 6.
- Ministry of Education (MOE). (2015). *Guideline to the establishment of safety environment in university laboratory*. p. 7.
- Ministry of Education, Science and Technology (MEST). (2009). *University laboratory accident casebook*. p. 14.
- Ministry of Science and ICT (MSIT). (2017). *Laboratory Establishment · Operation Guide*. p. 7.
- Park S.S. (2009). Probabilistic of risk evaluation method for human-induced disaster by risk curve analysis. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 9, No. 6, pp. 57-68.
- Rhie, K.W., Kim, T.H., and Seong, D.H. (2015). *Risk assessment teungnon*. Bakma Press, pp. 201-207.
- Robson, L.S, Clarke, J.A, Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P.L., et. al. (2007) The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review. *Safety Science*, Vol. 45, No. 3, pp. 329-353.

Received	November 12, 2018
Revised	November 13, 2018
Accepted	November 23, 2018