

# 대학 연구실 안전을 위한 일상점검 개선방안에 관한 연구

- 델파이 조사를 기반으로 -

## A Study on the Improvement of Daily Inspection for the Safety of University Laboratory

- Based on Delphi survey -

최연우\*

이용환\*\*

Choi, Youn-Woo

Lee, yong-Hwan

### Abstract

The purpose of this study is to present a more effective daily checklist than the formal routine check before the experiment to prevent accidents in the university laboratory.

To do this, we reconstructed the current daily checklist and previous research data and conducted a second Delphi survey.

As a result, there were four general safeties such as arranging the laboratory, three mechanical safeties such as abnormal condition of machine and tool tightening parts, three electric safeties such as prohibition of loading around the electric distribution panel, six chemical safeties such as handling and managing harmful factors, three items of fire safety such as fire extinguisher inspection, five cases of gas safety gas container inspection, one item of biological safety such as the state of hand sterilizer management and one other item, which were provided in the daily checklist as twenty six categories in total.

According to the opinions of related experts, it is necessary to have an easy and simplified daily checklist for actual daily checkups.

키워드 : 대학, 연구실, 안전점검, 일상점검, 정밀안전진단

Keywords : University, laboratory, Safety check, Daily check, Precision safety diagnosis

### 1. 서론

#### 1-1. 연구의 배경 및 목적

교육시설재난공제회(2015), 연구실 안전사고 사례집에서는 대학 연구실 사고 사례가 발표되었다. 2013년 4월 27일 14:00경 '○○대학교 산림자원학과 목공 실험실에서 목재와 환경수업준비 과정 중에 미터쏘(절단용 목공 동력톱)를 활용하여 목재작품 제작 중에 부주의로 인해 오른손 중지 손가락 일부

부상을 입은 사고가 발생하였다. 2014년 7월 2일 15:00경 ○○대학교 금속공예학과에서 전동로울러를 이용한 금속판재 압연작업 실시 중, 오른손 검지손가락이 끼어 골절되는 사고 발생 등 연구실 사고 사례가 다양하게 있다.

또한 미래창조과학부(2016), 보도 자료에 따르면 연구실사고는 2007년 46건, 2011년 157건, 2015년 195건 으로 매년 증가하고 있다.

그동안 선행된 연구에서도 연구실 안전에 많은 논의가 되어왔고, 제도적으로 보완되어 왔으나, 연구실 사고가 증가하고 있는 것은 앞으로도 보완할 사항이 많음을 보여준다.

대학 연구실에서 연구되는 개발은 안정화되지 않은 전혀 새로운 지식창출로 어떠한 위험이 있을지

\* 한국교원대학교 교육정책전문대학원 박사과정  
(cy3173@daum.net)

\*\* 한국교원대학교 교육정책전문대학원 교수, 건축학박사  
(교신저자, yhlee@knue.ac.kr)

모르는 위험의 사각지대에 있어 이를 예방할 수 있는 안전점검이 요구되며, 대학 연구실에서는 실험 전에 일상점검을 실시하여 사고를 사전에 예방하고 있으나 점검 자체가 대부분 형식적인 절차로 실효성이 낮아 안전사고가 지속적으로 늘어나고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 일상점검의 실효성을 높이고자 선행된 연구 자료와 연구실 안전 전문가 델파이 조사를 통해 개선된 일상점검표를 제시하여 실험실 사고 예방에 목적이 있으며, 본 연구를 통해 개선된 일상점검은 형식이 아닌 실질적인 점검으로 연구실 사고 예방에 기여하는데 의의가 클 것으로 판단된다.

## 1-2. 연구의 방법 및 범위

개선된 일상점검표 도출을 위해 기존 일상점검표에 제시된 것과 선행연구를 통해 얻은 항목을 추가하고 델파이 기법을 활용하여 그동안 깊이 있게 연구되지 않았던 일상점검을 구체적이고 간소화 되도록 설정하였다. 일상점검표에는 일반안전, 기계기구 안전, 전기안전, 화공안전, 소방안전, 가스안전, 생물안전으로 구성되어 있으며, 학술지·선행논문 등을 통해 구성별 추가로 제시한 항목을 설정하였다. 이를 토대로 델파이 조사를 실시하였으며, 델파이 조사는 대학교 교수, 조교, 실험실 안전관리담당자, 유관기관 전문가 등 35여명을 대상으로 2회에 걸쳐 실시하였다.

본 연구에서 제시하는 범위는 대학 연구실에서 실험전 실시하는 일상점검표로 한정하고, 선행연구와 전문가 의견을 통해, 내용타당도 비율(CVR : Content Validity Ratio)을 적용하여 CVR 평균값 이상을 중요도로 설정하고 설정 값 이상으로 조사된 사항을 중심으로 한정하여 연구를 추진하고자 한다.

## 1-3. 선행연구 분석

### 1) 연구실안전법 주요 안전점검

2005년 정부는 연구실의 안전환경 조성에 관한 법률을 제정하여 대학 연구실의 안전한 환경을 조성하고자 2006년 4월 1일부터 시행령과 시행규칙을 포함하여 시행하였으며 주요 내용은 다음과 같다. (이하 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」을 연구실안전법이라 한다)

연구실 안전환경 조성에 관한 법률에 의거 대학

연구실의 안전을 확보하기 위하여 안전점검 실시 및 정밀안전진단을 실시하여야 하며, 안전점검의 종류 및 실시 시기는 다음과 같다.

(1) 일상점검 : 연구개발활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리상태 등을 육안으로 실시하는 점검으로서 연구개발활동을 시작하기 전에 매일 1회 실시한다.

(2) 정기점검 : 연구개발활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체 등의 보관상태 및 보호장비의 관리상태 등을 안전점검기기를 이용하여 실시하는 세부적인 점검으로서 매년 1회 이상 실시한다.

(3) 특별안전점검 : 폭발사고·화재사고 등 연구활동종사자의 안전에 치명적인 위험을 야기할 가능성이 있을 것으로 예상되는 경우에 실시하는 점검으로서 연구주체의 장이 필요하다고 인정하는 경우에 실시하며, 또한 안전점검을 실시한 결과 연구실의 재해예방과 안정성확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 정밀안전진단을 실시한다.

### 2) 연구실 안전관련 연구 동향

권오석(2016)은 대학 연구실 안전사고 원인 중 인적원인부분은 안전의식 저하이며 원인으로서는 인력적 문제와 업무의 과중함 등을 지적하고, 개선책으로 안전관리 담당자와 책임자 대상으로 안전의식 및 관리방안 관련 교육이 필요하다고 보았다. 최은혜(2008)는 대학 연구실의 경우에는 연구실 인원이 부족하거나 누가 점검을 해야 하는지와 어떠한 방법으로 점검을 해야 하는지, 또한 일상점검 자체를 귀찮게 여겨 매일 점검해야 하는 이유로 불편함으로 생략하는 연구실이 많아 실질적인 일상 점검을 하는 연구실이 매우 드물다. 이와 같이 안전점검의 기본인 일상안전점검 자체를 점검하지 않아 다양한 위험성에 노출되어 있으며, 이로 인한 잠재된 위험요소가 많을 것이라고 지적하고 있다. 이흥주(2016)는 연구실 점검에서 일상점검 및 정기점검은 과학기술분야에서 점검대상이 되며, 정밀안전진단은 과학기술분야의 연구실로서 일상점검과 정기점검 후 위험성이 있다고 판단되는 연구실은 산업안전보건법·화학물질관리법·고압가스관리법에 해당하는 물질을 사용하는 연구실은 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

대학 연구실 사고를 예방하기 위한 선행연구는

대부분 안전관리에 중점을 둔 사례가 많았다. 따라서 대학 연구실 사고를 사전에 예방하기 위해서는 실험 전 일상점검이 매우 중요시 된다. 본 연구에서는 그동안 깊이 있게 논의되지 않았던 연구실 일상점검을 연구하고자 한다.

### 3) 일상점검 선행연구 분석

기존의 일상점검표에는 일반안전, 기계기구안전, 전기안전, 화공안전, 소방안전, 가스안전, 생물안전으로 구성되어 있으며 각 분야별 세부적으로 나누어져 있다. 현재의 일상점검표 외에 다른 연구자들이 제시한 부분은 다음과 같다.

일반안전 분야에서 권오석(2016)은 대학 연구실의 연구자 의식개선 방안을 연구하며 스마트폰을 활용한 일일 안전점검이 필요하며, 김종인(2008)은 실험 전 안전설비 사용 교육 실시(비상샤워기, 세안기 등) 필요하며, 교육부(2015) 대학 실험실 안전환경 구축 가이드에서는 비상 시 비상연락체계도 게시와 출입구 투시창 투시 가능 여부(썬팅, 장애물 등)를 제시하였다.

기계·기구안전 분야를 고찰하여 보면 하동명(2013)은 기계 및 재료 실험실의 사고 예방을 위한 안전관리에서 기계의 사용가능 · 고장 · 수리중 · 사용금지 등 표지판 부착 여부가 필요하다고 하였다.

전기안전 분야로 교육부(2015) 대학의 연구 실험실 안전환경 구축 가이드에서 연구실 통로바닥에 전선 또는 이동전선 등의 설치 여부와 조명시설점검(고장, 눈부심, 깜빡거림 등)이 필요하다고 보았다.

화공안전 분야를 살펴보면 김종인(2008)은 실험실 사고분석을 통해 발생빈도와 강도의 정량적 위험성 평가기법 연구에서 연구실 내 환기시설 작동여부가 중요하다고 하였다.

소방안전 분야에서는 하동명(2013)은 화재 예방을 위한 바이오 실험실의 안전관리에서 실험실 기존 안전관리 체크리스트를 검토하고, 안전관련 분야에서 사용하고 있는 체크리스트를 깊이있게 조사하여 연구기관 및 대학 등의 실험실에서 사용할 수 있는 표준 체크리스트를 개발하며 체크리스트의 중요성을 제시하였다.

가스안전 분야의 연구로 이성진·김병덕·하동명(2015)은 국내 대학의 실험실 독성가스 안전관리를 위한 표준 체크리스트의 개발에서 독성가스의 종류별 수량 및 사용 현황 작성 여부를 제안하였다.

마지막으로 생물안전 분야에서 이경민(2016)은 실험실 생물안전관리 강화를 위한 연구에서 출입일지(허가받은 자만 실험실 출입가능)작성 여부를 제시하는 등 일상점검에 대한 분야별 선행연구 분석을 통하여 분야 유형에 따른 연구를 진행하고자 하였다.

## II. 분석틀

### II-1. 연구모형

본 연구는 대학연구실 안전을 위한 실효성 있는 일상점검 구축의 목적을 달성하기 위해 선행 자료를 기초로 초안 모형을 작성하고, 대학 연구실 관련 전문가들의 설문과 분석을 통하여 일상점검 개선안을 도출하고자 하였다. 연구모형은 5단계로, 1단계는 대학 연구실 안전관련 현황을 교육부, 미래부, 언론 및 선행논문에서 일상점검에 추가할 부분을 조사하고, 2단계는 기존 일상점검에 선행 연구된 자료를 추가하여 1차 설문지 작성 및 설문과 분석을 한다. 3단계에서는 1차 설문 분석과 전문가 의견을 반영한 2차 설문조사 및 분석을 한다. 4단계는 1,2차 델파이 조사 분석을 바탕으로 일상점검표를 도출하여 제시하며, 5단계에서는 실효성 있는 일상점검 방안 및 제언이며, 연구모형은 <Table1>과 같다.

Table1. Research model

구분	주요내용	세부 사항
1단계	대학 연구실 안전점검 선행연구	- 사례 조사 · 교육부, 미래부 등 각 부처 자료 · 언론 보도자료 등 · 선행연구(논문, 학회지 등)
2단계	1차 설문 및 분석	- 기존 일상점검과 선행연구를 추가하여 1차 설문지 작성 · 1차 델파이 조사 · 조사대상 : 연구실 관련 전문가 · 조사방법 : 설문조사
3단계	2차 설문 및 분석	- 1차 델파이 분석과 전문가 의견을 반영한 2차 설문지 작성 · 2차 델파이 조사 · 조사대상 : 연구실 관련 전문가 · 조사방법 : 설문조사
4단계	개선된 일상점검표 제시	- 델파이 분석으로 일상점검표 도출 · CVR 평균값 적용 · 개선된 일상점검표 제시
5단계	연구 결과	- 실효성있는 일상점검 방안 및 제언

## II-2. 연구 분석

연구 분석은 다양한 방법이 있으나 학계, 정부기관, 기업 등의 전문가를 대상으로 하는 델파이 기법으로 분석하고자 한다. 서준혁·배성민(2018)은 Delphi-SW OT 분석을 이용한 제조물책임법 개정에 따른 기업의 대응전략 수립 연구에서 기존 연구를 통해서 도출한 연구 핵심요인과 세부 실행 방안을 학계, 정부기관, 기업 등의 실험실 안전 전문가들의 독립적인 의견과 직관을 수렴할 수 있는 델파이 기법을 제안하고 있다. 따라서 본 연구의 분석을 위하여 내용타당도 비율(CVR : Content Validity Ratio)을 적용했으며, 분석의 내용타당도의 절대적 기준은 없고, 상수에 의한 내용타당도 준거에서 '0.40~0.60은 내용타당도가 있다. 0.60~0.80은 내용타당도가 높다'를 제시하고 있다. Lawsha의 이론에 근거하여 본 연구에서는 의견 일치 정도를 아래의 <Table2>를 참고하고 관련 식으로 산정하였다.

Table2. Content Validity Ratio

응답자	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40
CVR	0.62	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49	0.42	0.37	0.33	0.31	0.29

$$CVR = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} < 1 >$$

$n_e$  : 리커트 척도 4(타당하다)와 5(매우타당하다)에 응답한 인원수를 합한 수

$N$  : 문항에 대하여 응답한 전체 인원수

## III. 조사 및 분석

### III-1. 델파이 조사 분석

기존의 일상점검표와 선행연구로 작성된 일상점검이 타당한가를 1, 2차에 걸쳐 델파이 조사 및 분석 방법으로 개선된 일상점검표를 제시하였으며, 조사 기간은 1차 조사(2018. 11.)와 2차 조사(2019. 01.)는 시행하였다.

### III-2. 델파이 조사

#### 1) 1차 델파이 조사

선행연구에서 제시한 항목은 일반안전에 스마트폰을 활용한 일일 안전교육 필요성, 실험 전 안전설비 사용 교육 실시(비상샤워기, 세안기 등), 비상연

락체계도 게시 여부, 출입구 투시 창 투시 가능 여부(썬팅, 장애물 등)를 추가하고, 기계기구안전에는 기계의 사용가능·고장·수리중·사용금지 등 표지판 부착 여부를 추가했고, 전기안전에는 연구실 통로바닥에 전선 또는 이동전선 등의 설치 여부와 조명시설점검(눈부심, 깜빡거림, 고장 등)을 추가하였다. 화공안전에는 연구실내 환기시설 작동여부를 추가했으며, 가스안전에 독성가스의 종류별 수량 및 사용 현황 작성여부 추가와 생물안전에 출입일지(허가받은 자만 실험실 출입가능) 작성여부를 추가하였다.

기존 일상점검표에 선행연구자료를 추가하여 <Table3>과 같이 설문지를 작성하고, 연구실 안전 전문가를 대상으로 설문을 실시하였다.

Table3. 1st Delphi survey data

구분	점검 내용	선행 추가
일반 안전	연구실(실험실) 정리정돈 및 청결상태	
	연구실(실험실)내 흡연 및 음식물 섭취 여부	
	안전수칙, 안전표지, 개인보호구, 구급약품 등 실험장비(흡후드 등) 관리 상태	
	사전유해인자위험분석 보고서 게시	
	스마트폰을 활용한 일일 안전교육 필요성	•
	실험 전 안전설비 사용 교육 실시(비상샤워기, 세안기 등)	•
	비상연락체계도 게시 여부	•
기계기구 안전	출입구 투시 창 투시 가능 여부(썬팅, 장애물 등)	•
	기계 및 공구의 조임부 또는 연결부 이상여부	
	위험설비 부위에 방호장치(보호 덮개) 설치 상태	
	기계기구 회전반경, 작동반경 위험지역 출입금지 방호설비 설치 상태	
전기 안전	기계의 사용가능, 고장, 수리중, 사용금지 등 표지판 부착 여부	•
	사용하지 않는 전기기구의 전원투입 상태 확인 및 무분별한 문어발식 콘센트 사용 여부	
	접지형 콘센트를 사용, 전기배선의 절연피복 손상 및 배선정리 상태	
	기기의 외함접지 또는 정전기 장애방지를 위한 접지 실시상태	
	전기 분전반 주변 이물질 적재금지 상태 여부	
	연구실 통로바닥에 전선 또는 이동전선 등의 설치 여부	•
화공 안전	조명시설점검(눈부심, 깜빡거림, 고장 등)	•
	유해인자 취급 및 관리대장, MSDS의 비치	
	화학물질의 성상별 분류 및 시약장 등 안전한 장소에 보관 여부	
	소량을 털어서 사용하는 통, 화학물질의 보관함·보관용기에 경고표시 부착 여부	
	실험폐액 및 폐기물 관리상태 (폐액분류표시, 적정용기 사용, 폐액용기덮개체결상태 등)	

구분	점검 내용	선행 추가
	발암물질, 독성물질 등 유해화학물질의 격리보관 및 시건장치 사용여부	
	연구실내 환기시설 작동여부	•
소방 안전	소화기 표지, 적정소화기 비치 및 정기적인 소화기 점검상태	
	비상구, 피난통로 확보 및 통로상 장애물 적재 여부	
	소화전, 소화기 주변 이물질 적재금지 상태 여부	
가스 안전	가스 용기의 옥외 지정장소보관, 전도방지 및 환기 상태	
	가스용기 외관의 부식, 변형, 노출잠금상태 및 가스용기 충전기한 초과여부	
	가스누설검지경보장치, 역류/역화 방지장치, 중화제독장치 설치 및 작동상태 확인	
	배관 표시사항 부착, 가스사용시설 경계/경고표시 부착, 조정기 및 밸브 등 작동 상태	
	주변화기와의 이격거리 유지 등 취급 여부	
	독성가스의 종류별 수량 및 사용 현황 작성여부	•
생물 안전	생물체(LMO 포함) 및 조직, 세포, 혈액 등의 보관 관리상태(보관용기 상태, 보관기록 유지, 보관장소의 생물체해(Biohazard) 표시 부착 여부 등)	
	손 소독기 등 세척시설 및 고압멸균기 등 살균장비의 관리 상태	
	생물체(LMO 포함) 취급 연구시설의 관리·운영대장 기록 작성 여부	
	생물체 취급기구(주사기, 핀셋 등), 의료폐기물 등의 별도 폐기 여부 및 폐기용기 덮개설치 상태	
	출입일지(허가받은 자만 실험실 출입가능) 작성 여부	•

※ 출처 : 연구실 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 지침의 일상점검표와 선행연구를 통해 얻은 자료를 재구성

## 2) 1차 델파이 검증 결과

대학 연구실 일상점검의 내용타당도를 검증하기 위하여 1차 설문 대상으로 대학교 교수 4명, 조교 10명, 실험실 안전관리담당자 16명, 기타 4명으로 총 34명의 전문가 설문을 통해 분석한 결과로 <Table 4>와 같이 도출하였다.

Table4. Results of the first daily check validation

일상점검 항목	SD	M	n/2	n <sub>2</sub>	CVR
연구실(실험실) 정리정돈 및 청결상태	0.63	4.18	17.0	30.00	0.76
연구실(실험실)내 흡연 및 음식물 섭취 여부	1.07	4.06	17.0	26.00	0.53
안전수칙, 안전표지, 개인보호구, 구급약품 등 실험장비(흡후드 등) 관리 상태	0.75	4.47	17.0	31.00	0.82
사전유해인자위험분석 보고서 게시	1.03	3.82	17.0	25.00	0.47

일상점검 항목	SD	M	n/2	n <sub>2</sub>	CVR
스마트폰을 활용한 일일 안전 교육 필요성	1.20	3.32	17.0	16.00	-0.06
실험 전 안전설비 사용 교육 실시(비상샤워기, 세안기 등)	1.06	3.82	17.0	24.00	0.41
비상연락체계도 게시 여부	0.74	4.41	17.0	30.00	0.76
출입구 투시 창 투시 가능 여부(썬팅, 장애물 등)	0.90	4.18	17.0	28.00	0.65
기계 및 공구의 조임부 또는 연결부 이상여부	0.72	4.18	17.0	28.00	0.65
위험설비 부위에 방호장치(보호 덮개) 설치 상태	0.99	4.15	17.0	30.00	0.76
기계기구 회전반경, 작동반경 위험지역 출입금지 방호설비 설치 상태	1.00	4.18	17.0	30.00	0.76
기계의 사용가능, 고장, 수리 중, 사용금지 등 표지판 부착 여부	0.95	4.12	17.0	23.00	0.35
사용하지 않는 전기기구의 전원투입 상태 확인 및 무분별한 문어발식 콘센트 사용 여부	0.73	4.21	17.0	30.00	0.76
접지형 콘센트를 사용, 전기배선의 절연피복 손상 및 배선 정리 상태	0.66	4.41	17.0	31.00	0.82
기계의 외함접지 또는 정전기 장애방지를 위한 접지 실시상태	0.77	4.21	17.0	27.00	0.59
전기 분전반 주변 이물질 적재금지 상태 여부	0.68	4.29	17.0	30.00	0.76
연구실 통로바닥에 전선 또는 이동전선 등의 설치 여부	1.20	3.88	17.0	25.00	0.47
조명시설점검(눈부심, 깜빡거림, 고장 등)	1.21	3.74	17.0	21.00	0.24
유해인자 취급 및 관리대장, MSDS의 비치	1.04	4.12	17.0	28.00	0.65
화학물질의 정상별 분류 및 시약장 등 안전한 장소에 보관 여부	0.55	4.38	17.0	33.00	0.94
소량을 털어서 사용하는 통, 화학물질의 보관함·보관용기에 경고표시 부착 여부	0.73	4.21	17.0	28.00	0.65
실험폐액 및 폐기물 관리상태(폐액분류표시, 적정용기 사용, 폐액용기덮개체결상태 등)	0.74	4.24	17.0	28.00	0.65
발암물질, 독성물질 등 유해화학물질의 격리보관 및 시건장치 사용여부	0.84	4.21	17.0	30.00	0.76
연구실내 환기시설 작동여부	0.71	4.26	17.0	29.00	0.71
소화기 표지, 적정소화기 비치 및 정기적인 소화기 점검상태	0.61	4.41	17.0	32.00	0.88
비상구, 피난통로 확보 및 통로상 장애물 적재 여부	0.56	4.44	17.0	33.00	0.94
소화전, 소화기 주변 이물질 적재금지 상태 여부	0.61	4.41	17.0	32.00	0.88
가스 용기의 옥외 지정장소보관, 전도방지 및 환기 상태	0.65	4.35	17.0	31.00	0.82

일상점검 항목	SD	M	n/2	n <sub>2</sub>	CVR
가스용기 외관의 부식, 변형, 노즐잠금상태 및 가스용기 충전기한 초과여부	0.69	4.35	17.0	30.00	0.76
가스누설검지경보장치, 역류/역화 방지장치, 중화제독장치 설치 및 작동상태 확인	0.82	4.24	17.0	28.00	0.65
배관 표시사항 부착, 가스사용 시설 경계/경고표시 부착, 조정기 및 밸브 등 작동 상태	0.60	4.38	17.0	32.00	0.88
주변화기와의 이격거리 유지 등 취급 여부	0.75	4.26	17.0	30.00	0.76
독성가스의 종류별 수량 및 사용 현황 작성여부	0.85	4.24	17.0	27.00	0.59
생물체(LMO 포함) 및 조직, 세포, 혈액 등의 보관 관리상태(보관용기 상태, 보관기록 유지, 보관 장소의 생물체해(Biohazard) 표시 부착 여부 등)	0.76	4.18	17.0	27.00	0.59
손 소독기 등 세척시설 및 고압멸균기 등 살균 장비의 관리 상태	0.67	4.26	17.0	30.00	0.76
생물체(LMO 포함) 취급 연구 시설의 관리·운영대장 기록 작성 여부	1.04	4.00	17.0	26.00	0.53
생물체 취급기구(주사기, 핀셋 등), 의료폐기물 등의 별도 폐기 여부 및 폐기용기 덮개 설치 상태	1.03	4.03	17.0	27.00	0.59
출입일지(허가받은 자만 실험실 출입가능)작성 여부	1.25	3.65	17.0	21.00	0.24

\* 분석결과 CVR 평균값 0.65

SD : 표준편차

M : 평균

n : 응답자

ne : 리커트 척도 4(타당하다)와 5(매우타당하다)에 응답한 인원들을 합한 수

CVR : 내용타당도

### 3) 전문가 의견 및 분석

내용타당도 비율(CVR : Content Validity Ratio)을 적용하여 1차 설문을 분석한 자료에서 점검항목의 내용타당도 평균값은 0.65로 나타났으며, 38개의 항목 중에서 ‘연구실 내 흡연과 음식물 섭취 여부’ 등 13개 항목은 내용타당도가 낮은 것으로 나타났다. 1차 설문에서 패널(panel)이 제시한 의견은 다음과 같다.

▶ 전문가 1: 일상점검결과 불량에 대한 개선 방법 명시가 필요하다.

▶ 전문가 2: 비상연락 체계도 게시는 개인 정보 보호가 필요하다.

▶ 전문가 3: 실험 전 안전설비 사용 교육은 분기

별 또는 학기별 실시가 적당하다.

▶ 전문가 4: ‘연구실 통로바닥에 전선 또는 이동 전선 등의 설치여부’는 접지형 콘센트를 사용, 전기 배선의 절연피복 손상 및 배선정리 상태와 중복되었고, 연구실내 환기시설 작동여부는 안전수칙, 안전표지, 개인보호구, 구급약품 등 실험장비(흡후드 등)관리 상태에 넣어 수정, 출입일지 작성 여부는 생물체(LMO포함) 취급 연구시설의 관리·운영대장 기록 작성여부와 중복되어 변경이 필요하다.

▶ 전문가 5: 연구실(실험실)내 흡연과 음식물 섭취 여부는 흡연과 음식물 섭취 여부를 구분하여야 한다.

▶ 전문가 6: 유해인자 취급 및 관리대장 MSDS의 배치 후 안내가 필요하다.

1차 조사에서 패널이 제시한 의견과 내용타당도 평균값 이상 항목을 바탕으로 설문지를 수정하여, 2차 델파이용 설문지를 재구성하였으며, 1차 설문에서 변경된 내용은 다음과 같다.

▶ 추가: 일상점검결과 불량에 대한 개선방안 명시 항목을 추가하였다.

▶ 변경: 연구실(실험실)내 흡연 / 음식물 섭취 여부, 사전유해인자위험분석 보고서 게시 및 교육, 비상연락 체계도 게시(개인정보 최소화), 접지형 콘센트를 사용과 전기배선의 절연피복 손상 및 배선(이동전선)정리 상태, 유해인자 취급 및 관리대장의 배치 및 안내, 생물체(LMO포함) 취급 연구시설의 관리·운영대장 및 출입기록 작성 여부로 변경하였다.

▶ 삭제: CVR 평균값 이하인 스마트폰을 활용한 일일 안전교육 필요성의 9건은 삭제 처리하였다.

#### 4) 2차 델파이 조사

연구의 신뢰도를 높이고자 1차 분석에서 얻은 자료와 전문가 의견을 제시한 평가항목을 추가하여 2차 설문지를 재구성 하고, 대학교 교수 5명, 조교 8명, 실험실 안전관리담당자 17명, 기타 4명으로 총 34명의 전문가를 대상으로 2차 설문을 실시하였다. <Table5>는 2차 설문지이며 전문가 의견을 반영하였다.

Table5. 2st Delphi survey data

구분	기호	평가항목	1차 전문가 의견
일반 안전	GS1	연구실(실험실) 정리정돈 및 청결상태	
	GS2	연구실(실험실)내 흡연 여부	흡연과 음식물 섭취는 분리

구분	기호	평가항목	1차 전문가 의견	
	GS3	연구실(실험실)내 음식물 섭취 여부	음식물 섭취 항목 추가	
	GS4	안전수칙, 안전표지, 개인보호구, 구급약품 등 실험장비(흡후드 등) 관리 상태		
	GS5	사전유해인자위험분석 보고서 게시 및 교육	교육 추가	
	GS6	스마트폰을 활용한 일일 안전교육 필요성		
	GS7	실험 전 안전설비 사용 교육 실시(비상샤워기, 세안기 등)		
	GS8	비상연락체계도 게시 여부(담당부서 및 유관기관 위주)	개인정보 유출 우려	
	GS9	출입구 투시 창 투시 가능 여부(썬팅, 장애물 등)		
	기계기구안전	MS1	기계 및 공구의 조임부 또는 연결부 이상여부	
		MS2	위험설비 부위에 방호장치(보호 덮개) 설치 상태	
MS3		기계기구 회전반경, 작동반경 위험지역 출입금지 방호설비 설치 상태		
MS4		기계의 사용가능, 고장, 수리중, 사용금지 등 표지판 부착 여부		
전기안전	ES1	사용하지 않는 전기기구의 전원투입 상태 확인 및 무분별한 문어발식 콘센트 사용 여부		
	ES2	접지형 콘센트를 사용, 전기배선의 절연피복 손상 및 배선 (이동전선)정리 상태	ES5항과 중복으로 이동전선 추가로 변경	
	ES3	기기의 외함접지 또는 정전기 장애방지를 위한 접지 실시상태		
	ES4	전기 분전반 주변 이물질 적재금지 상태 여부		
	ES5	연구실 통로바닥에 전선 또는 이동전선 등의 설치 여부		
	ES6	조명시설점검(눈부심, 깜빡거림, 고장 등)		
화공안전	CS1	유해인자 취급 및 관리대장, MSDS의 비치 및 안내	안내 추가	
	CS2	화학물질의 성상별 분류 및 시약장 등 안전한 장소에 보관 여부		
	CS3	소량을 덜어서 사용하는 통, 화학물질의 보관함·보관용기에 경고표시 부착 여부		
	CS4	실험폐액 및 폐기물 관리상태 (폐액분류표시, 적정용기 사용, 폐액용기덮개 체결상태 등)		
	CS5	발암물질, 독성물질 등 유해화학물질의 격리보관 및 시진장치 사용여부		

구분	기호	평가항목	1차 전문가 의견
소방안전	CS6	연구실내 환기시설 작동여부	
	FS1	소화기 표지, 적정소화기 비치 및 정기적인 소화기 점검상태	
	FS2	비상구, 피난통로 확보 및 통로상 장애물 적재 여부	
가스안전	FS3	소화전, 소화기 주변 이물질 적재금지 상태 여부	
	gS1	가스 용기의 옥외 지정장소보관, 전도방지 및 환기 상태	
	gS2	가스용기 외관의 부식, 변형, 노즐잠금상태 및 가스용기 충전기한 초과여부	
	gS3	가스누설검지경보장치, 역류/역화 방지장치, 중화제독장치 설치 및 작동상태 확인	
	gS4	배관 표시사항 부착, 가스사용시설 경계/경고표시 부착, 조정기 및 밸브 등 작동 상태	
	gS5	주변화기와의 이격거리 유지 등 취급 여부	
생물안전	gS6	독성가스의 종류별 수량 및 사용 현황 작성여부	
	BS1	생물체(LMO 포함) 및 조직, 세포, 혈액 등의 보관 관리상태(보관용기 상태, 보관기록 유지, 보관 장소의 생물체해 표시 부착 여부 등)	
	BS2	손 소독기 등 세척시설 및 고압멸균기 등 살균 장비의 관리 상태	
	BS3	생물체(LMO 포함) 취급 연구시설의 관리·운영대장 및 출입 기록 작성 여부	출입기록 작성 추가
	BS4	생물체 취급기구(주사기, 핀셋 등), 의료폐기물 등의 별도 폐기 여부 및 폐기용기 덮개설치 상태	
불량조치	BS5	출입일지(허가받은 자만 실험이 출입가능)작성 여부	
	FT1	일상점검결과 불량에 대한 개선방안(학과조교, 총무과, 시설과 등 관련부서 및 담당자 연락조치)	불량에 대한 개선 방안 필요

#### 5) 2차 델파이 검증 결과

1차 델파이 분석과 같은 방법으로 2차 델파이 분석을 통하여 다음과 같이 결과를 도출 하였다.

일반안전 2개 항목, 기계기구안전 3개 항목, 전기안전 2개 항목, 화공안전 6개 항목, 소방안전 3개 항목, 가스안전 5개 항목, 생물안전 1개 항목으로 총 22개 항목이 CVR 평균값 0.41 이상으로 분석되

었으며, 결과는 <Table6>과 같다.

Table6. Results of the second daily check validation

구분	일상점검 항목	SD	M	n/2	n <sub>2</sub>	CVR
일반안전	연구실(실험실) 정리정돈 및 청결상태	0.81	4.32	17.0	27.00	0.59
	연구실(실험실)내 흡연 여부	1.33	3.76	17.0	22.00	0.29
	연구실(실험실)내 음식물 섭취 여부	1.33	3.47	17.0	17.00	0.00
	안전수칙, '안전표지, 개인보호구, 구급약품 등 실험장비(흡후드 등) 관리 상태	0.75	4.47	17.0	29.00	0.71
	사전유해인자위험분석 보고서 게시 및 교육	0.97	3.91	17.0	22.00	0.29
	스마트폰을 활용한 일일 안전 교육 필요성	1.16	3.56	17.0	18.00	0.06
	실험 전 안전설비 사용 교육 실시(비상샤워기, 세안기 등)	1.26	3.59	17.0	18.00	0.06
	비상연락체계도 게시 여부(담당부서 및 유관기관 위주)	1.01	4.06	17.0	22.00	0.29
	출입구 투시 창 투시 가능 여부(썬팅, 장애물 등)	1.01	4.06	17.0	23.00	0.35
	기계 및 공구의 조임부 또는 연결부 이상여부	0.72	4.29	17.0	29.00	0.71
기계기구안전	위험설비 부위에 방호장치(보호덮개) 설치 상태	0.84	4.21	17.0	27.00	0.59
	기계기구 회전반경, 작동반경 위험지역 출입금지 방호설비 설치 상태	0.71	4.26	17.0	29.00	0.71
	기계의 사용가능, 고장, 수리중, 사용금지 등 표지판 부착 여부	1.19	3.74	17.0	20.00	0.18
전기안전	사용하지 않는 전기기구의 전원투입 상태 확인 및 무분별한 문어발식 콘센트 사용 여부	0.81	4.32	17.0	27.00	0.59
	접지형 콘센트를 사용, 전기배선의 절연피복 손상 및 배선(이동전선)정리 상태	0.97	4.03	17.0	21.00	0.24
	기기의 외함접지 또는 정전기 장애방지를 위한 접지 실시상태	1.05	3.85	17.0	20.00	0.18
	전기 분전반 주변 이물질 적체 금지 상태 여부	1.00	4.09	17.0	26.00	0.53
	연구실 통로바닥에 전선 또는 이동전선 등의 설치 여부	1.11	3.91	17.0	21.00	0.24
	조명시설점검(눈부심, 깜빡거림, 고장 등)	1.09	3.88	17.0	19.00	0.12
	유해인자 취급 및 관리대장, MSDS의 비치	0.94	4.03	17.0	24.00	0.41
화공안전	화학물질의 정상별 분류 및 시약장 등 안전한 장소에 보관 여부	0.68	4.29	17.0	30.00	0.76
	소량을 털어서 사용하는 통, 화	0.80	4.18	17.0	28.00	0.65

구분	일상점검 항목	SD	M	n/2	n <sub>2</sub>	CVR
	화학물질의 보관함·보관용기에 경고표지 부착 여부					
	실험폐액 및 폐기물 관리상태(폐액분류표지, 적정용기 사용, 폐액용기덮개체결상태 등)	0.81	4.21	17.0	28.00	0.65
	발암물질, 독성물질 등 유해화학물질의 격리보관 및 시건장치 사용여부	0.70	4.24	17.0	29.00	0.71
	연구실내 환기시설 작동여부	0.75	4.26	17.0	28.00	0.65
소방안전	소화기 표지, 적정소화기 비치 및 정기적인 소화기 점검상태	1.04	4.12	17.0	25.00	0.47
	비상구, 피난통로 확보 및 통로상 장애물 적체 여부	0.95	4.21	17.0	27.00	0.59
	소화전, 소화기 주변 이물질 적체금지 상태 여부	0.98	4.12	17.0	25.00	0.47
가스안전	가스 용기의 옥외 지정장소보관, 전도방지 및 환기 상태	0.81	4.21	17.0	26.00	0.53
	가스용기 외관의 부식, 변형, 노즐잠금상태 및 가스용기 충전기한 초과여부	0.81	4.21	17.0	26.00	0.53
	가스누설검지경보장치, 역류/역화 방지장치, 중화제독장치 설치 및 작동상태 확인	0.81	4.21	17.0	26.00	0.53
	배관 표시사항 부착, 가스사용시설 경계/경고표지 부착, 조정기 및 밸브 등 작동 상태	0.78	4.15	17.0	26.00	0.53
	주변화기와의 이격거리 유지 등 취급 여부	0.79	4.09	17.0	25.00	0.47
	독성가스의 종류별 수량 및 사용 현황 작성여부	1.11	3.82	17.0	20.00	0.18
	생물체(LMO 포함) 및 조직, 세포, 혈액 등의 보관 관리상태(보관용기 상태, 보관기록 유지, 보관 장소의 생물제해 표시 부착 여부 등)	1.07	3.79	17.0	18.00	0.06
생물안전	손 소독기 등 세척시설 및 고압멸균기 등 살균 장비의 관리 상태	0.83	4.03	17.0	25.00	0.47
	생물체(LMO 포함) 취급 연구시설의 관리·운영대장 및 출입기록 작성 여부	0.87	3.91	17.0	20.00	0.18
	생물체 취급기구(주사기, 핀셋 등), 의료폐기물 등의 별도 폐기 여부 및 폐기용기 덮개설치 상태	1.02	3.85	17.0	20.00	0.18
	출입일지(허가받은 자만 실험이 출입가능)작성 여부	1.26	3.76	17.0	20.00	0.18
	불량조치	1.03	3.97	17.0	21.00	0.24

※ 분석결과 CVR 평균값 0.41

6) 분석 및 전문가 의견

2차 설문에서 점검 항목의 내용타당도 평균값은 0.41로 나타났으며, 40개의 항목 중에서 ‘연구실 내 흡연 여부’ 등 18개 항목은 내용타당도가 낮은 것으로 나타났다. 2차 설문에서 패널(panel)이 제시한 의견을 정리하면 다음과 같다.

▶전문가 1: 일상점검결과 자체용어 등 간략히 표기 되어 있으니 별도 작성요령이나 예시가 표기된 매뉴얼과 같은 자료를 제시해서 애매모호한 문구에 대한 부분도 알 수 있게 하여야 한다.

▶전문가 2: 일상점검표를 매일, 매주, 매월로 각각 항목을 다르게 할 필요가 있으며 또한 매일 점검할 필요가 있는 항목은 단순하고 명확하게 할 필요가 있다.

▶전문가 3: 연구실의 종류와 연구과제에 따른 안전점검기준을 세부적으로 작성 하도록 교육, 지도, 평가가 필요하다.

▶전문가 4: 평가 항목에 ‘기타 특이사항’을 추가하여 연구실 책임자 및 담당자가 기록할 수 있는 칸 삽입이 요구된다.

IV. 분석결과

IV-1. 일상점검표의 도출

연구실 안전 전문가를 대상으로 1,2차에 걸쳐 설문하고 델파이 분석한 결과 CVR 평균값 이상인 일반안전 4개 항목, 기계기구안전 3개 항목, 전기안전 3개 항목, 화공안전 6개 항목, 소방안전 3개 항목, 가스안전 5개 항목, 생물안전 1개 항목과 2차 설문에서 전문가가 제시한 ‘기타 특이사항’을 추가하여 개선된 일상점검표를 <Table7>과 같이 도출하였다. 특히 22항목은 1,2차 모두 검증에서 CVR 평균값 이상 나타난 항목을 <Table7>에 별도로 표기를 하였다.

Table7. Laboratory Daily Checklist(suggest)

구분	평가항목	1,2차 타당
일반 안전	연구실(실험실) 정리정돈 및 청결상태	•
	안전수칙, '안전표지, 개인보호구, 구급약품 등 실험장비(흡후드 등) 관리 상태	•
	비상연락체계도 게시 여부(담당부서 및 유관기관 위주)	
	출입구 투시 창 투시 가능 여부(섀딩, 장애물)	

구분	평가항목	1,2차 타당
	등)	
기계 기구 안전	기계 및 공구의 조임부 또는 연결부 이상여부	•
	위험설비 부위에 방호장치(보호 덮개) 설치 상태	•
	기계기구 회전반경, 작동반경 위험 지역 출입금지 방호설비 설치 상태	•
전기 안전	사용하지 않는 전기기구의 전원투입 상태 확인 및 무분별한 문어발식 콘센트 사용 여부	•
	접지형 콘센트를 사용, 전기배선의 절연피복 손상 및 배선 (이동전선)정리 상태	
	전기 분전반 주변 이물질 적체금지 상태 여부	•
화공 안전	유해인자 취급 및 관리대장, MSDS의 비치 및 안내	•
	화학물질의 성상별 분류 및 시약장 등 안전한 장소에 보관 여부	
	소량을 털어서 사용하는 등, 화학물질의 보관함·보관용기에 경고표시 부착 여부	•
	실험폐액 및 폐기물 관리상태 (폐액분류표시, 적정용기 사용, 폐액용기덮개체결상태 등)	•
	발암물질, 독성물질 등 유해화학물질의 격리보관 및 시건장치 사용여부	•
	연구실내 환기시설 작동여부	•
소방 안전	소화기 표지, 적정소화기 비치 및 정기적인 소화기 점검상태	•
	비상구, 피난통로 확보 및 통로상 장애물 적체 여부	•
	소화전, 소화기 주변 이물질 적체금지 상태 여부	•
가스 안전	가스 용기의 옥외 지정장소보관, 전도방지 및 환기 상태	•
	가스용기 외관의 부식, 변형, 노즐잠금상태 및 가스용기 충전기한 초과여부	•
	가스누설검지경보장치, 역류/역화 방지장치, 중화제독장치 설치 및 작동상태 확인	•
	배관 표시사항 부착, 가스사용시설 경계/경고표시 부착, 조정기 및 밸브 등 작동 상태	•
	주변화기와의 이격거리 유지 등 취급 여부	•
	생물 안전	손 소독기 등 세척시설 및 고압멸균기 등 살균 장비의 관리 상태
기타	특이사항(연구실 책임자 및 담당자 의견)	

IV-2. 소결

델파이 분석에서 평가 항목이 많은 순서는 화공안전, 가스안전, 일반안전, 기계기구안전, 전기안전, 소방안전, 생물안전, 기타 순으로 나타나 평가 항목이 많은 화공 분야 실험실이 다른 실험실 보다 세심한 주위가 필요한 것으로 보이며, 전문가들은 사위기 사용 등 일일점검이 불필요한 사항은 매주 또는 매월 교육 실시로 의견을 제시하고 있다.

본 연구의 결과를 정리해 보면 다음과 같다.

첫째, 일상점검 항목은 ‘연구실 정리정돈’ 등 일반 안전 4개, ‘기계 및 공구 조임부 이상여부’ 등 기계 기구안전 3개, ‘전기분전반 주변 적재금지’ 등 전기 안전 3개, ‘유해인자 취급 및 관리대장 비치’ 등 화공안전 6개, ‘소화기 점검’ 등 소방안전 3개, ‘가스용기 점검’ 등 가스안전 5개, ‘손 소독기 관리상태’ 등 생물안전 1개와 기타 ‘특이사항’ 1개로 총 26개 항목을 일상점검표로 제시하였다.

둘째, 연구실 관련 전문가들의 의견을 종합해 보면, 실질적인 점검을 위해서는 쉽고 간소화 된 일상 점검표가 필요한 것으로 나타났다.

셋째, 일상점검으로 불량 발견 시 이 부분을 개선하고 실험을 실시하는지는 의문이다. 연구활동종사자가 실시하는 일상점검의 실효성을 높이기 위해서는 반드시 일상점검은 연구실 책임자 입회하에 실시하도록 하는 제도적 보완이 필요하다.

본 연구에서 제시된 일상점검은 실효성 있고 현실에 맞는 일상점검을 제시하였으나 실제 적용한 사례가 없어 아쉬운 부분이 있다.

## V. 결론

대학 연구실에서는 교수, 조교, 대학원생, 학생 등이 새로운 연구 개발에 몰입되어 정작 안전에는 무관심이다. 그로 인해 대학 연구실 사고는 매년 반복되고 있어 인적 물적 피해가 발생하고 있다.

일상점검은 연구실 사고 예방을 위한 기본점검으로 이를 통해 연구활동종사자의 안전과 생명을 보호하며 물적 손실을 예방할 수 있다. 본 연구에서는 개선된 일상점검표를 제시함으로써 실질적인 일상점검이 가능할 것으로 본다.

본 연구에서 도출한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 연구실 관련 전문가들의 의견을 종합해 보면 실질적인 점검을 위해서는 쉽고 간소화 된 일상 점검표가 필요한 것으로 나타났다.

둘째, 4차 산업혁명 시대 도래로 대학 연구실에서 연구하는 분야도 세분화되고 빠르게 변화하고 있어 연구실 특성에 적합한 유연성 있는 일상점검표가 필요하다.

셋째, 연구활동종사자가 실시하는 일상점검의 실효성을 높이기 위해서는 반드시 일상점검은 연구실

책임자 입회하에 실시하도록 하는 제도적 보완이 필요하다.

따라서 본 연구에서 제시된 일상점검은 실효성 있고 현실에 맞는 일상점검을 제시하는데 목적이 있다. 그러나 대학 연구실의 특성이나 규모가 고려되지 않았으며, 현행 점검표의 점검결과에 ‘양호’ 또는 ‘불량’이라는 단편적인 결과로 무엇이 양호, 불량 인지 명확한 기준이 필요하며 이는 추가 연구가 필요하다.

## 국문초록

본 연구는 대학 연구실 사고 예방을 위해서 실험 전 이루어지는 형식적인 일상점검을 보다 실효성 있는 일상점검표를 제시하는데 목적이 있다.

이를 위해 현재 실시중인 일상점검표와 선행연구 자료를 재구성하여, 이를 토대로 2차에 걸친 전문가 델파이 조사로 연구를 실시하였다.

그 결과 연구실 정리정돈 등 일반안전 4개, 기계 및 공구 조임부 이상여부 등 기계기구안전 3개, 전기분전반 주변 적재금지 등 전기안전 3개, 유해인자 취급 및 관리대장 비치 등 화공안전 6개, 소화기 점검 등 소방안전 3개, 가스용기 점검 등 가스안전 5개, 손 소독기 관리상태 등 생물안전 1개, 기타 1개, 총 26개 항목을 일상점검표로 제시하였다.

관련 전문가들의 의견을 종합해 보면, 실질적인 일상점검을 위해서는 쉽고 간소화 된 일상점검표가 필요한 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. 연구실 안전환경 조성에 관한 법률, 법률 제7425호 (2005).
2. 교육부, 교육시설재난공제회 (2015). 대학 실험실 안전환경 구축 가이드.
3. 교육시설재난공제회 (2015). 연구실 안전사고 사례집.
4. 권오석 (2016). 大學 研究室 安全을 위한 意識改善 方案에 관한 研究, 고려대학교 석사학위논문.
5. 김종인 (2008). 실험실의 사고분석을 통한 발생빈도 및 강도의 정량적 위험성평가 기법에 관한 연구, 인천대학교 박사학위논문.
6. 미래창조과학부, 연구실 사전유해인자 위험분석 제도 본격 시행, 2016, <http://www.msip.go.kr>

7. 서준혁, 배성민 (2018). Delphi-SWOT 분석을 이용한 제조물책임법 개정에 따른 기업의 대응전략 수립. 한국품질경영학회, 46(4), 911-922. <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2018.46.4.911>
8. 이경민 (2016). 실험실 생물안전관리 강화를 위한 생물안전교육에 관한 연구, 건국대학교 박사학위논문.
9. 이성진, 김병덕, 하동명 (2015). 국내 대학 실험실 독성가스 시설의 안전관리를 위한 표준 체크리스트 개발. 한국가스학회지, 19(6), 92-98. <https://doi.org/10.7842/kigas.2015.19.6.92>
10. 이홍주 (2016). 연구실 안전점검 및 정밀안전진단 제도 개선에 관한 연구, 인천대학교 박사학위논문.
11. 최은혜 (2008). 대학 연구실 안전관리의 실태와 개선방안에 대한 연구 : H대학 사례를 중심으로, 호서대학교 석사학위논문.
12. 하동명 (2013). 사고 예방을 위한 기계 및 재료 실험실의 안전관리. 한국가스학회 학술대회논문집, 2013(11), 68-71.
13. 하동명 (2013). 화재 예방을 위한 바이오 실험실의 안전관리, 한국화재소방학회 학술대회 논문집, 2013(11), 143-143.
14. Lee, JongSung (1977). A Methodological Evaluation of Delphi Forecast Procedures and Products in a Field Study Situation. Unpublished Ph. D. dissertation, The Unive. of Minnesota.

(논문투고일 : 2019.03.25, 심사완료일 : 2019.04.17,  
 게재확정일 : 2019.04.26.)