

안전관리 평가를 통한 연구실 안전수준 개선방안에 관한 연구 -호남지역 대학 중심으로-

박 해 천* · 조 상 훈** · 심 철 우**

*조선대학교 산업공학과 · **조선대학교 산업안전공학과

A study on improvement of the safety level in university laboratory using the safety management assessment

Hai-Chun Park* · Sang-Hoon Cho** · Chul-Woo Sim**

*Department of Industrial Engineering, Chosun University

**Department of Industrial Safety Engineering, Chosun University

Abstract

Especially because of the distinctiveness that new experiments and research provoke coexistence of various risk factors, the researchers in university laboratory are being exposed to incidents that are difficult to predict.

Due to the fact that the numbers of accidents that occur at the university laboratory are increasing, the necessity for laboratory safety management is on the rise. Most laboratory accidents are caused by the ability that can detect risk factors such as unsafe behavior or unsafe condition but is not working perfectly. In order to prevent researchers in advance from unsafe behavior or unsafe condition, effective safety education, systematic safety management, safe research environment, continuous safety check and proper measures after accident are the most important factors. In this study, survey was conducted in university laboratory to identify the factors that affect on safety management and to measure the safety management level. As a result, effective measures are proposed for the improvement of the safety management level.

Keywords : safety management level, safety management assessment, safety management factors.

1. 서 론

대학 연구실의 경우 한정된 공간에서 연구자의 의도에 따라 유해화학물질 혹은 위험기계·기구 등을 이용한 실험 및 연구가 병행되어 이루어지고 있다. 특히 새로운 실험 및 연구 실행에 따른 다양한 위험요소가 공존하는 특수성을 나타내며 이로 인하여 예측하기 어려운 안전사고에 노출되고 있다. 2005년 3월 ‘연구실 안전 환경 조성에 관한 법률’이 제정되어 2006년 4월부터 시행된 이후로도 화재 및 폭발 등의 다양한 사고가 발생하고 있으며 최근까지도 연구 활동 종사자가 사망하

는 중대사고가 잇달아 발생하였다. 국내에서의 대표적 사고사례로는 2005년 00기술원에서 발생한 발열반응에 의한 폭발사고로 6명이 부상을 당했고, 2009년 00연구원서 반응내용물 누출로 인한 폭발사고로 1명이 사망하고 1명이 부상당한 사고, 2010년 12월 00대학교 폭발실험 사고로 인한 교수사망사고, 2012년 2월 00대학교 고체화학물 처리과정에서의 폭발사고 등 연구실 안전 사고는 지속적으로 발생되고 있는 실정이다[5][6][13].

대학 연구실의 안전사고가 늘어감에 따라 예방차원의 연구실 안전관리의 필요성이 대두되고 있다.

† 이 논문은 2011년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

† 교신저자 : 박해천, 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대학교 제2공학관 3층 산업공학과

M·P : 010-4614-7329, E-mail : hcpark@chosun.ac.kr

2012년 7월 20일 접수; 2012년 9월 4일 수정본 접수; 2012년 9월 12일 게재확정

대학 연구실의 사고는 화재 및 폭발, 추락과 같은 결과가 확인한 안전사고뿐만 아니라 유해화학물질에 노출되거나 병원미생물에 의한 감염 등 보건상의 사고도 발생 한다[10].

이러한 대부분의 연구실 안전사고는 연구 활동 종사자의 위험요인에 대한 감지능력이 떨어져 불안정한 행동이나 불안정한 상태를 유발하여 발생되어 진다 [4][8][14][19].

불안정한 행동이나 불안정한 상태를 미연에 예방하기 위해서는 연구 활동 종사자의 기본적인 안전관리 수준을 향상시킬 수 있는 전문적이고 체계적인 안전교육과 안전관리 체계의 구축, 안전한 연구 환경 조성, 지속적인 안전점검 그리고 효과적이고 구체적인 사후 대처방안 모색 등이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 대학 연구실의 안전관리에 영향을 미치는 요인들을 파악하고 안전관리 수준을 측정하기 위한 설문조사를 실시하였다. 그리고 안전수준 개선을 위한 효과적인 방안을 제안하고자 한다.

2. 연구 배경

2.1 대학 연구실의 특성 및 위험요인

대학 연구실의 경우 한정된 공간에 대학생, 대학원생, 조교, 연구원 등 다양한 연구 활동 종사자가 공존하며 여러 종류의 기계·기구나 유해물질을 취급하며 연구 및 실험을 행하고 있다. 일반적인 연구나 실험 외에도 연구 활동 종사자의 연구의도에 따라 특정 연구나 주제에 맞도록 연구 환경이 수시로 변화하기 때문에 연구 환경을 적절하게 통제하기 어렵다. 따라서 항상 예측하기 어려운 잠재적 위험요인을 보유하고 있다는 작업적 특성을 가지고 있다. 또한 연구의 특성상 폐쇄성을 갖는 경우가 많아 위험에 대한 대비 또한 어려운 실정이다[1][16][18].

여러 연구 및 실험 환경에 노출되는 대학 연구실은 다양한 물리적 혹은 화학적 위험요인에 직면해 있다. 중량물 취급이나 실험 중에 나타나는 소음, 부적절한 자세, 반복 작업으로 인한 인간공학적 위험요인, 실험 장비나 위험기계·기구로 인한 기계적 위험요인, 합선이나 누전 등의 전기적 위험요인, 생물학적 위험요인 그리고 다양한 화학물질 사용으로 인한 위험요인 등 다양한 위험요인이 한정된 공간에서 동시다발적으로 발생 가능하기 때문에 다른 어떠한 산업이나 작업장에 비하여 높은 수준의 안전관리가 필요하다[4][9][10][18].

2.2 대학 연구실의 안전사고 현황

2009년 조사되어진 대학 연구실 사고사례현황을 보면 대학 연구실 안전사고의 발생형태는 실험기구에 의한 충돌, 접촉이 48%로 가장 높았으며 유해화학물질에 의한 접촉사고가 23%로 발생되었는데 유리기구 등의 실험장비 취급 부주의와 실험기구 사용의 부주의, 화학물질 취급 부주의 등으로 인하여 사고가 발생하는 것으로 나타났다. 상해 유형별로는 찢림이나 베임 등의 실험기구에 의한 사고가 42%, 유해화학물질에 의한 화상이 25%, 골절이나 신경손상이 18%로 나타났으며, 상해부위별로는 손이나 손가락 부상이 61%, 눈이나 안면 등의 얼굴부위가 17%로 나타났다. 사고발생 시기는 3월, 4월 그리고 9월이 각각 12%, 16%, 14%로써 학기가 시작되는 시점에 주로 발생하기 때문에 학기가 시작되는 시점의 안전교육이 매우 중요하다 할 것이다. 또한 주로 오후시간에 사고의 77%가 발생하며 월요일 19%, 화요일 23%, 금요일 20%로 사고가 주로 발생하여 연구가 시작되거나 끝나는 시점에 특히 주의해야 한다[2][3].

2.3 대학 연구실의 안전관리

연구실 안전 환경 조성에 관한 법률에서 정한 실험실 안전관리 내용을 살펴보면, 연구주체의 장은 연구실 안전 유지 및 관리를 철저히 하여 안전 환경을 확보할 책임을 지며 이를 위한 방안으로 안전관리규정의 작성 및 준수를 의무화한다. 특히, 연구주체의 장은 연구실의 안전관리를 위하여 안전관리조직의 체계와 직무를 정하고 안전관리담당자의 지정 및 책임과 권한을 부여하여야 한다. 주기적인 안전교육을 실시하고 안전표식을 설치 및 부착하여야 하며, 연구실사고 발생 시 긴급 대처방안과 행동요령을 마련하고 사고조사 및 후속대책수립에 관한 사항, 그 밖에 안전관리에 필요하다고 생각하는 사항들을 작성하여 게시 및 비치하고 연구 활동 종사자에게 알릴 의무가 있다[1][20].

따라서 대학 연구실의 안전관리는 안전관리 전담조직의 구성과 안전 환경 관리자의 선임, 연구실안전관리 위원회의 운영을 통한 관리체계 구축, 사고예방 및 안전한 연구 활동을 위한 안전교육의 실시, 연구실 사용의 안전성 확보를 위한 안전한 실험환경 조성, 발생 가능한 사고를 예방하기 위한 잠재위험요인에 대한 안전 점검, 연구실 안전사고 발생 시의 대처방안과 사고조사 및 후속대책수립에 관한 사후대처 등의 5가지 요인을 통하여 관리가 가능하다[7][12][15][17].

3. 연구 대상 및 방법

3.1 연구대상

연구실 및 실험실 안전관리 수준과 관리 활동에 대한 실효성을 파악하고 안전관리 수준 개선 방안을 알아보기 위하여 호남지역 국·공립대학 및 사립대학 그리고 전문대학을 포함한 총 65개 대학 중 다른 대학들에 비하여 실험실 수가 압도적으로 적거나 설문에 응답할 수 없는 대학의 경우를 제외하고 표본추출을 실시하여 13개 대학을 선정하였다.

설문조사는 2012년 3월 5일부터 3월 9일까지 직접방문조사 방법으로 실시하였고 답변내용이 불충분한 자료를 제외한 116개의 샘플을 이용하여 분석하였다.

3.2 연구방법

국내·외 사례와 연구에 근거하여 대학 연구실 및 실험실 안전관리에 필수적인 요소들을 파악한 후 수준 측정을 위한 설문항목을 개발하였다.

<Table 1> Contents of survey configuration

항목	문항
안전교육	A1 안전교육수료
	A2 안전교육참여
	A3 안전교육시간
	A4 안전교육 불참자 제한
관리체계	B1 안전규정
	B2 전담부서
	B3 안전관리자 선임
	B4 안전회의
실험환경	C1 유해물질 분류
	C2 정리정돈
	C3 안전수칙
	C4 유해물질 숙지
안전점검	D1 실험전후 안전점검
	D2 정기점검
	D3 개선책 강구
	D4 안전점검일지
사후대처	E1 문서작업
	E2 비상조치계획
	E3 제안내용 적용
실효성	RV1 교육예방 실효성
	RV2 관리예방 실효성
	RV3 환경예방 실효성
	RV4 점검예방 실효성
	RV5 사후예방 실효성

설문항목은 안전교육수준을 측정하기 위한 4개 문항, 관리체계수준을 측정하기 위한 4개 문항, 실험환경수준을 측정하기 위한 4개 문항, 안전점검수준을 측정하기

위한 4개 문항 그리고 사후대처수준을 측정하기 위한 3개 문항으로써 총 5개 분야로 구성하였다. 그리고 안전관리 수준의 실효성을 파악하기 위하여 총 5개의 결과변수들로 구성하였다. 모든 문항에 대한 응답 결과는 Likert scale를 이용한 5점 척도로 응답할 수 있도록 구성하였으며 <Table 1>에 설문 구성 항목에 대하여 나타내었다.

연구 대상에 대한 인구학적 특성을 확인해 보기 위하여 Frequency analysis를 실시하였고 개발된 수준측정지에 대한 타당도와 신뢰도를 알아보기 위한 Factor analysis를 실시하였다. 요인별 실태를 파악하기 위하여 Analysis of variance(이하 ANOVA) 그리고 T-test를 실시하였으며 집단 간 차이를 확인해 보기 위하여 Cluster Analysis를 실시하였다.

또한 요인을 이용한 예방관리의 실효성에 대하여 알아보기 위해 multi-variate regression analysis를 실시하였다. 모든 통계처리는 통계프로그램 SPSS 20.0을 이용하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 연구 대상의 일반적인 특성

연구 대상은 호남지역 65개 대학 중 표본추출을 통한 13개 대학을 선정하였다. 설문에 응답한 대상의 일반적인 특성을 <Table 2>에 나타내었다. 연구 대상 남·녀의 비율은 55.2% 그리고 44.8%로 나타났고, 직업은 대학생 42.2%, 대학원생 44.8%, 조교 4.3%, 연구원 7.8%로 나타났다. 대학 소속은 예체능과 인문계열은 0%였으며 자연대학 56.9%, 공과대학 43.1%로 나타났다. 실험실 규모는 5인 미만 규모는 44.8%, 5인 이상 규모는 55.2%였고 실험실 근무 기간은 1년 미만 50.0%, 1년~2년 39.7%, 2년 이상은 10.3%로 나타났다. 즉 조교나 연구원에 비하여 대학생 그리고 대학원생이 많았으며 근무기간은 2년 미만 근무한 대상이 대부분이었음을 알 수 있다.

<Table 2> General characteristics of respondents

구분	유형 (%)			
	남		여	
성별	64 (55.2%)		52 (44.8%)	
직업	대학생 49 (42.2%)	대학원생 52 (44.8%)	조교 5 (4.3%)	연구원 9 (7.8%)
소속	자연대학 66 (56.9%)		공과대학 50 (43.1%)	
규모	5인 미만 52 (44.8%)		5인 이상 64 (55.2%)	
기간	1년 미만 58 (50.0%)	1년~2년 46 (39.7%)	2년 이상 12 (10.3%)	

4.2 설문항목 검증

4.2.1 요인 간 타당도

안전관리 수준측정을 위한 설문항목들에 대하여 타당도를 검증하기 위한 요인분석을 실시하였다. 요인분석은 주성분 분석을 이용하여 Eigen value가 1이상인 요인 추출을 하였으며 새로운 요인간의 독립성을 유지함으로써 추후 실시할 회귀 분석 시 요인 간 다중 공선성의 문제를 야기 시키지 않기 위해 varimax rotation을 이용한 요인 회전을 실시하였다.

다음의 <Table 3>은 요인 적제값 및 성분행렬을 나타내었다. 새로이 구성된 요인1의 적제값은 3.44로 총 분산의 18.13%의 설명력을 가지고 있으며 요인2의 적제값은 2.83으로 14.88%의 설명력, 요인3의 적제값은 2.65로 13.97%의 설명력, 요인4의 적제값은 2.50으로 13.15%의 설명력 그리고 요인5의 적제값은 1.97로써 10.38%의 설명력을 가지고 있다. 새로 구성된 요인5개로써 총 분산의 70.51%를 설명가능하다 할 수 있다. 또한 요인1의 구성 항목을 보면 A1~A4항목인 안전교육 항목으로 구성되어 있으며 요인2, 요인3, 요인4 그리고 요인5 또한 초기 구성한 항목들로 이루어져 있음을 알 수 있다. 즉 각 요인에 대한 개념은 안전교육, 관리체계, 실험환경, 안전점검 그리고 사후대처 수준을 잘 대변하고 있다. 따라서 설문항목은 구성 타당도가 뛰어나다 할 수 있다.

4.2.2 요인 간 신뢰도

안전관리 수준측정을 위한 설문항목들에 대하여 일관성 있는 측정 결과를 얻을 수 있는 지를 판단하기 위하여 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도는 각 항목별로 Cronbach's Alpha Value(이하 CAV)를 산출하여 비교하였다. 안전교육항목의 경우 CAV는 0.880이며 각 문항별 상관관계 계수는 0.650~0.788이고 문항이 삭제되었을 경우 CAV 변화는 0.828~0.880로써 신뢰도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 관리체계항목의 경우 CAV는 0.848이며 각 문항별 상관관계 계수는 0.594~0.747이고 문항이 삭제되었을 경우 CAV 변화는 0.781~0.845로써 신뢰도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 실험환경항목의 경우 CAV는 0.742이며 각 문항별 상관관계 계수는 0.436~0.621이고 문항이 삭제되었을 경우 CAV 변화는 0.633~0.789로써 신뢰도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 안전점검항목의 경우 CAV는 0.761이며 각 문항별 상관관계 계수는 0.405~0.676이고 문항이 삭제되었을 경우 CAV 변화는 0.635~0.777로써 신뢰도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 사후대처항목의 경우 CAV는 0.802이며 각 문항별 상관관계 계수는 0.591~0.712이고 문항이 삭제되었을 경우 CAV 변화는 0.665~0.801로써 신뢰도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

<Table 3> Rotated component matrix for factor analysis

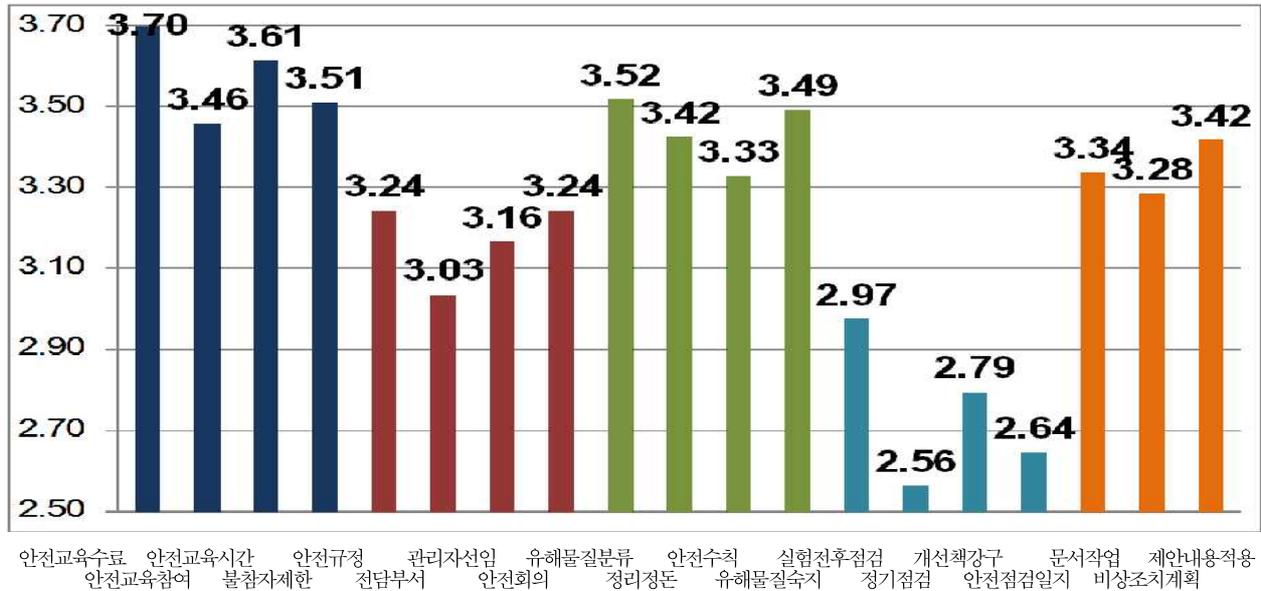
구분	성분				
	1	2	3	4	5
A1	.798	.128	.264	-.084	.158
A4	.794	.217	-.044	.328	.029
A3	.780	.154	.037	.342	.077
A2	.717	.389	-.058	.308	.114
B3	.233	.817	.181	.095	.121
B2	.186	.759	.357	.206	.088
B1	.247	.667	.232	.243	.182
B4	.257	.559	.111	.526	.031
D1	.215	.231	.728	.126	.000
D3	-.078	.408	.701	.159	.257
D4	-.075	.378	.687	-.017	.206
D2	.111	-.047	.608	.319	.019
E3	.193	.176	.100	.845	.125
E1	.162	.189	.270	.666	.264
E2	.266	.240	.462	.619	.011
C4	-.127	.261	-.058	.072	.751
C3	.422	.008	.231	.235	.700
C1	.469	-.067	.329	.203	.595
C2	.468	.161	.168	.009	.519
제공합적 제값	3.44	2.83	2.65	2.50	1.97
%누적	18.13%	14.88%	13.97%	13.15%	10.38%

요인추출방법: 주성분분석.

회전 방법: Kaiser 정규화가 있는 베리맥스.

<Table 4> Correlation analysis and reliability analysis

Cronbach의 알파	수정된 항목-전체 상관관계 항목이 삭제된 경우 Cronbach 알파			
	A1	A2	A3	A4
항목	A1	A2	A3	A4
안전교육 0.880	0.650	0.771	0.764	0.788
	0.880	0.836	0.838	0.828
항목	B1	B2	B3	B4
관리체계 0.848	0.708	0.747	0.700	0.594
	0.798	0.781	0.802	0.845
항목	C1	C2	C3	C4
실험환경 0.742	0.621	0.515	0.695	0.436
	0.633	0.694	0.689	0.789
항목	D1	D2	D3	D4
안전점검 0.761	0.581	0.405	0.676	0.605
	0.696	0.777	0.635	0.683
항목	E1	E2	E3	
사후대처 0.802	0.591	0.654	0.712	
	0.801	0.726	0.665	



<Figure 1> Average rating score for each items

4.3 문항별 안전관리 수준

안전관리 수준을 측정하기 위한 요인별 각 문항 평균점수는 <Figure 1>과 같다. 안전교육 수준을 측정하기 위한 문항들로 안전교육수료 측정값은 3.70으로 가장 높은 값으로 나타났으며, 안전교육참여 3.46, 안전교육시간 3.61, 불참자제한 3.51로 나타났다. 관리체계 수준을 측정하기 위한 문항들은 안전규정 3.24, 전담부서 3.03, 관리자선임 3.16, 안전회의 3.24로 나타났다. 실험환경 수준을 측정하기 위한 문항들은 유해물질분류 3.52, 정리정돈 3.42, 안전수칙 3.33, 유해물질숙지 3.49로 나타났다. 안전점검 수준을 측정하기 위한 문항들은 실험전·후점검 2.97, 정기점검 2.56, 개선책강구 2.79, 안전점검일지 2.64로 나타났다. 사후대처 수준을 측정하기 위한 문항들은 문서작업 3.34, 비상조치계획 3.28, 제안내용적용 3.42로 나타났다. 각 문항들 중 정기점검문항 측정값은 2.56으로 가장 낮은 측정값으로 나타났다.

4.4 요인별 안전관리 수준

요인별 기술통계량 값을 다음의 <Table 5>에 나타내었다. 안전교육 요인은 평균 3.57, 관리체계 요인은 평균 3.17, 실험환경 요인은 평균 3.44, 안전점검 요인은 평균 2.74, 사후대처 요인은 평균 3.35 이고 각 요인에 대한 분산은 P-value 0.271로써 분산의 차이를 알 수 있다.

<Table 5> Descriptive statistics for each factors

	요인	평균	표준편차	분산
기술 통계량	안전교육	3.5675	.70402	.496
	관리체계	3.1703	.67855	.460
	실험환경	3.4397	.61204	.375
	안전점검	2.7399	.63514	.403
	사후대처	3.3463	.66817	.446
Levene통계량	df1	df2	유의확률	
분산의 동질성 검정	1.295	4	575	.271

요인별 안전관리 수준차이를 확인해 보기 위하여 ANOVA를 실시하였다. ANOVA 결과값은 다음의 <Table 6>에 나타내었다. 요인 간 평균제곱은 11.961이였으며 F값은 27.424로서 P-value가 0.01수준 미만에서 유의함을 알 수 있다. 따라서 요인 간 평균의 차이가 있음을 확인할 수 있다.

<Table 6> Analysis of variance for factors

구분	비교	제곱합	df	평균제곱	F	유의확률
안전관리 수준 측정요인	요인-간	47.845	4	11.961	27.424	.000
	요인-내	250.797	575	.436		
	합계	298.642	579			

다음의 <Table 7>에 사후분석을 통한 요인 간 다중 비교를 나타내었다. 안전관리 수준 측정을 위한 요인들을 비교해 보면 안전교육 요인이 관리체계 요인보다 0.397 그리고 안전점검 요인보다 0.828 더 높은 점수를 받았으며 P-value가 0.01 수준 미만에서 유의함을 알 수 있다. 관리체계 요인은 실험환경보다 0.269 더 낮은

점수를 받았으며 안전점검보다 0.430 더 높은 점수를 받았고 P-value가 0.01 수준 미만에서 유의함을 알 수 있다. 실험환경 요인은 안전점검 요인보다 0.430 더 높은 점수를 받았고 안전점검요인은 사후대처 요인보다 0.606 더 낮은 점수를 받았고 P-value가 0.01 수준 미만에서 유의함을 알 수 있다.

<Table 7> Post-analysis by multiple comparison

구분	(I)	(J)	평균차 (I-J)	유의 확률	95% 하한값	신뢰구간 상한값
안전관리 수준 측정요인	안전교육	관리체계	.397**	.000	.23	.57
	안전교육	실험환경	.128	.141	-.04	.30
	안전교육	안전점검	.828**	.000	.66	1.00
	안전교육	사후대처	.222*	.011	.05	.39
	관리체계	실험환경	-.269**	.002	-.44	-.10
	관리체계	안전점검	.430**	.000	.26	.60
	관리체계	사후대처	-.176*	.043	-.35	-.01
	실험환경	안전점검	.700**	.000	.53	.87
	실험환경	사후대처	.094	.279	-.08	.26
	안전점검	사후대처	-.606**	.000	-.78	-.44

** : 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

즉 가장 높은 점수를 받은 요인은 안전교육 요인 이었고 실험환경, 사후대처, 관리체계 그리고 안전점검 순으로 높은 점수를 받았으며 안전점검, 실험환경 그리고 사후대처 요인들과 관리체계 안전점검 요인은 서로 유의한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 다음의 <Table 8>에 Pearson 상관계수 및 요인 간 유의한 평균차를 보인 항목에 대하여 나타내었다.

<Table 8> Correlation coefficient and significant mean differences

구분	Pearson 상관계수				
	안전교육	실험환경	사후대처	관리체계	안전점검
안전교육	1				
실험환경	.533**	1			
사후대처	.515**	.461**	1		
관리체계	.545**	⊙.442**	⊙.595**	1	
안전점검	.273**	⊙.429**	⊙.480**	⊙.583**	⊙ 1

** : 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

⊙ : 평균차는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

4.5 실험실 안전관리 수준

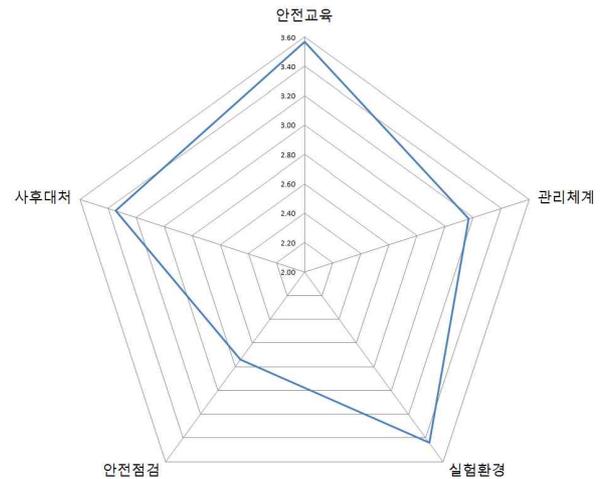
안전관리 수준을 개선하기 위해서 현재 연구실 및 실험실 안전관리 수준을 확인해보고 취약점을 찾아내어 그에 맞는 개선방안을 마련해야 한다. 현 안전관리 수준은 설문조사에서 측정된 요인별 데이터를 사용하

여 다음의 식(1)로써 환산하였다. 식을 이용하여 환산했을 시 최저 수준 값은 20점이며 최고 수준 값은 100점이 된다. 식을 사용하여 호남지역 대학교중 설문조사에 응답한 대상 전체의 실험실 안전관리 수준을 확인해 본 결과 65.1점 이었다.

$$\text{안전관리 수준} = (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D} + \bar{E}) \times 4 \quad (1)$$

단, \bar{A} : 안전교육요인 측정을 위한 항목들 평균
 \bar{B} : 관리체계요인 측정을 위한 항목들 평균
 \bar{C} : 실험환경요인 측정을 위한 항목들 평균
 \bar{D} : 안전점검요인 측정을 위한 항목들 평균
 \bar{E} : 사후대처요인 측정을 위한 항목들 평균

다음의 <Figure 2>는 호남지역 실험실 안전관리 수준을 나타낸 방사형 그래프 이다. 호남지역 실험실 안전관리 수준 65.1점은 그림에서 보면 알 수 있듯이 안전교육과 실험환경에서 높은 점수를 받았으나 안전관리체계와 사고 발생 시 사후 대처에 관한 방안 마련에 있어서 미흡함을 알 수 있다. 특히 안전 점검의 경우 안전 수준을 가장 낮추는 요인이라 할 수 있고 대학교 연구실 혹은 실험실 특성상 안전점검 활동이 제대로 이루어지고 있지 않음을 유추할 수 있고 이런 점들을 개선하여 안전관리 수준을 높일 수 있음을 짐작 할 수 있다.



<Figure 2> Laboratory safety management level

4.6 인구학적 특성에 따른 집단 간 안전관리 수준

인구학적 특성에 따른 집단 간 ANOVA를 실시하여 안전관리 수준을 높이기 위해 개선시켜야 할 대상을 확인한다. ANOVA의 종속변수는 설문 응답 대상별 100점으로 환산한 안전관리 수준으로 하였다.

<Table 9>에 ANOVA의 결과를 나타내었다. 성별, 실험실 소속, 실험실 규모에 따른 안전관리 수준의 유의한 차이는 보이지 않았다. 하지만 직업별 안전관리 수준에 대한 P-value 는 0.01 수준 미만에서 유의하였고 근무기간별 안전관리 수준에 대한 P-value 또한 0.01 수준 미만에서 유의하였다.

<Table 9> Analysis of variance between groups

구분	비교	제공합	df	평균제공	F	유의확률
성별	집단-간	147.996	1	147.996	1.447	.231
	집단-내	11656.881	114	102.253		
	합계	11804.876	115			
직업	집단-간	3131.830	3	1043.943	13.374	.000
	집단-내	8664.296	111	78.057		
	합계	11796.126	114			
소속	집단-간	5.292	1	5.292	.051	.822
	집단-내	11799.584	114	103.505		
	합계	11804.876	115			
규모	집단-간	161.991	1	161.991	1.586	.210
	집단-내	11642.885	114	102.131		
	합계	11804.876	115			
기간	집단-간	1538.908	2	769.454	8.470	.000
	집단-내	10265.969	113	90.849		
	합계	11804.876	115			

다음의 <Table 10>에 인구학적 특성에 따른 집단 간 다중비교를 나타내었다. 유의한 수준차이를 보인 직업 그리고 기간에 대한 다중비교이다.

직업에 대한 다중비교를 보면 조교 와 대학생간 평균차가 21.41로써 가장 높은 유의한 차이를 보였으며 조교와 대학원생간 17.93, 연구원과 대학생간 13.66 그리고 연구원과 대학원생간 평균차가 10.17점임을 알 수 있다. 즉 조교와 연구원 그리고 대학생과 대학원생간 안전관리 수준의 차이가 존재하기 때문에 안전관리 수준을 높이기 위해서는 대학생 및 대학원생을 집중적으로 관리할 수 있는 방안을 마련함이 우선되어야 할 것이다. 기간에 대한 다중비교를 보면 2년 이상 근무한 대상과 1년 미만 대상 간 평균차 12.25가 있으며 2년 이상 근무한 대상과 1년~2년 근무한 대상과의 평균차가 11.46이 있음을 알 수 있다. 즉 2년 이상 근무한 대상과 그러하지 못한 대상과의 안전관리 수준 차이가 존재함을 알 수 있고, 2년 미만 근무한 대상에 대한 안전관리 수준 개선방안을 우선하여 마련하여야 함을 알 수 있다.

<Table 10> Multiple comparisons between group

구분	(I)	(J)	평균차 (I-J)	표준 오차	유의 확률	95% 신뢰구간 하한값	상한값
직업	대학원생	대학생	3.48	1.76	0.05	-0.01	6.97
	조교	대학생	21.41**	4.15	0.00	13.19	29.63
	조교	대학원생	17.93**	4.14	0.00	9.73	26.13
	연구원	대학생	13.66**	3.20	0.00	7.31	20.00
	연구원	대학원생	10.17**	3.19	0.00	3.85	16.50
기간	1년~2년	1년미만	0.78	1.88	0.68	-2.94	4.51
	2년이상	1년미만	12.25**	3.02	0.00	6.26	18.23
	2년이상	1년~2년	11.46**	3.09	0.00	5.34	17.58

종속변수 : 안전관리 수준(100점기준) LSD

4.7 요인점수를 이용한 안전관리 수준 요인과 예방 실효성 변인 간 다변량 회귀분석

안전관리 수준을 높이기 위해서는 각 요인에 대한 개선된 방안을 마련함이 중요하다. 하지만 개선된 방안의 적용에 있어서 유·무형의 비용을 수반함은 필수적이다. 따라서 사고 예방 실효성과 안전관리 수준 측정 요인 간 회귀분석을 실시하여 예방 실효성에 효과적인 요인을 확인한다.

다변량 회귀분석 모형은 다음 식(2) 와 같다. 각 요인의 측정데이터를 이용하여 다변량 회귀분석을 실시하게 되었을 경우 요인 간 다중 공선성 문제에 직면하기 때문에 Factor Analysis에서 도출한 서로 독립적인 요인 점수를 활용하여 회귀 분석을 실시하였다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + e \quad (2)$$

단, Y_i : 각 요인에 대한 예방 실효성

X_i : 각 요인에 대한 요인점수

β_i : 각 요인에 대한 비표준화 계수

요인별 실효성과 안전관리 수준측정 요인 간 다변량 회귀분석 모형 요약은 다음의 <Table 11>에 나타내었다. 교육예방 실효성의 경우 회귀모형에 대한 F값은 21.073으로 P-value 가 0.01 미만 수준에서 유의하였고 R 제곱값이 0.503으로 회귀모형의 설명력이 50.3%이다.

하지만 관리예방 실효성, 환경예방 실효성, 점검예방 실효성 그리고 사후예방 실효성에 대한 회귀모형의 경우 P-value 가 0.01 미만 수준에서 유의하더라도 R 제곱값이 0.221, 0.268, 0.267 그리고 0.133 으로 사회조사 분석에 있어서 회귀모형에 대한 설명력 0.4미만 은 설명력이 약하다고 보는 경향이 있기 때문에 교육예방 실효성에 대한 회귀모형만 유의한 것으로 판단된다. 따라서 실효성을 높이기 위한 실험실 안전사고 예방은 교육을 통한 개선대책 마련이 효과적이라고 할 수 있다.

<Table 11> Multivariate regression model

종속변수	R	R 제곱	수정된 R제곱	추정값의 표준오차	F	P-value
교육예방 실효성	.709a	.503	.479	.566	21.073	.000
관리에방 실효성	.470a	.221	.184	.733	5.910	.000
환경예방 실효성	.517a	.268	.232	.576	7.600	.000
점검예방 실효성	.517a	.267	.232	.644	7.578	.000
사후예방 실효성	.364a	.133	.091	.701	3.183	.010

회귀분석 후 도출된 비표준화 계수들을 다음의 <Table 12>에 나타내었다. 회귀모형에 사용된 독립변인들의 P-value를 확인해 보면 안전교육 FactorScore P-value는 0.01미만 수준에서 유의하였고 실험환경 Factor Score 그리고 안전점검 FactorScore 순으로 P-value가 0.01미만 수준에서 유의하였다. 하지만 관리 체계 Factor Score 와 사후대처 FactorScore 에 대한 P-value 는 유의하지 않음을 알 수 있다. 종속변인인 교육예방 실효성에 가장 큰 영향을 미치는 안전교육 FactorScore의 비표준화 계수는 0.517이고 실험환경 FactorScore의 비표준화 계수는 0.145 그리고 안전점검 FactorScore의 비표준화 계수는 0.115로 나타났다. 따라서 교육을 통한 안전사고 예방을 실시할 때 안전교육에 대한 질을 높이는 것은 물론이고 실험환경에 대한 교육 그리고 안전점검에 대한 교육 또한 동반적으로 이루어진다면 안전사고 예방에 더욱 효과적일 것이다.

<Table 12> Non-standardized regression coefficients

모형 : 관리예방 실효성	비표준화 계수		t	유의 확률
	B	표준화 베타		
(상수)	3.300		61.136	.000
안전교육 FactorScore	.517	.659	9.543	.000
관리체계 FactorScore	.085	.108	1.569	.120
실험환경 FactorScore	.145	.184	2.666	.009
안전점검 FactorScore	.115	.147	2.124	.036
사후대처 FactorScore	.026	.033	.474	.637

5. 결 론

본 연구는 우리나라 대학 실험실의 안전관리 현 실태를 평가 해보고 수준을 측정하여 안전관리 수준 개선에 영향을 미치는 실효성 있는 요인을 구별하기 위한 연구를 수행 하였다. 연구의 대상은 호남지역 대학

실험실이기 때문에 본 연구의 결과로써 우리나라 대학 전반의 실태로 일반화하기에는 다소 무리가 있을 수 있기 때문에 추후에 전국으로 확대 조사를 실시함으로써 결과 비교를 할 수 있을 것이다.

조사 결과는 다음과 같다.

첫째, 안전관리 수준을 측정해 본 결과 안전교육, 실험환경, 사후대처에 비하여 관리체계와 안전 점검측면의 안전관리 수준이 매우 낮았음을 확인하였다. 따라서 안전관리 수준을 높이기 위해서는 안전점검과 안전관리체계를 개선할 수 있는 방안이 제안 되어야 할 것이다.

둘째, 직업과 근무 기간에 대한 안전관리 수준의 차이가 존재 하였다. 조교 혹은 연구원과 대학생 혹은 대학원생간 수준의 차이가 존재하였고 조교 혹은 연구원이 더욱 높은 안전관리 수준을 보이고 있었다. 조교나 연구원의 연구실 내에서의 활동은 근로의 개념을 지니고 있기에 대학생 혹은 대학원생에 비하여 더욱 책임감 있는 연구 활동을 하고 있는 것으로 유추해 볼 수 있고 안전사고 예방에도 적극적인 것으로 해석 할 수 있다. 또한 2년 이상 연구실에 상주한 대상의 경우 그러하지 않은 대상에 비하여 더욱 높은 안전관리 수준을 보이고 있었다. 즉 경험에서 나오는 안전관리 수준의 차이가 존재 하였다. 하지만 본 연구는 3월 초에 진행이 되었고 대학교의 특성상 학년 초, 혹은 학기 초에 새로운 연구자를 받아들이는 관계로 조사 대상이 인위적으로 경험이 없는 대상으로 구성되어질 수 있다는 점을 간과하지 않아야 한다. 따라서 경험에 따른 안전관리 수준에 차이는 존재하더라도 학기 말 혹은 학년 초에 조사를 다시 실시하여 검증을 하여야만 한다.

셋째, 안전사고 예방에 있어서 실효성이 높은 방안으로는 교육을 통한 방안이 가장 효과적이며 통제 가능한 방안 이었다. 교육을 통한 안전사고 예방은 어느 정도 예측 가능하기 때문에 안전관리 계획을 수립함에 있어서 안전 교육을 통한 안전사고 예방을 실시하여야 할 것이며 실험환경에 대한 교육과 안전 점검에 대한 교육 또한 동반적 실시함으로써 안전사고 예방을 극대화 할 수 있을 것이다.

6. 참 고 문 헌

[1] 갈원모외 2인(2007), “연구실 안전성 확보를 위한 법령 제도의 개선방안”, 대한안전경영과학회지 제8권 제4호 pp63-70
 [2] 교육과학기술부(2009), “2011 연구실 안전사고 사례”
 [3] 교육기설재난공제회(2009), “대학 연구실 안전사고 사례”
 [4] 김경천외 1명(2012), “정부출연연구기관 연구원의

안전의식 실태 및 제고방안”, 대한안전경영과학회지, 제14권 제1호 pp15~22

[5] 김두환(2000), “연구실의 환경 및 안전성 확보를 위한 정책연구”, 한국과학재단

[6] 김두환(2006), “연구실 안전교육 교재”, 교육과학기술부

[7] 김두환외 3인(2000), “대학 및 연구소의 실험실 안전관리 실태 및 대책”, 한국안전학회

[8] 김상철(2010), “최신안전공학개론”, 동화기술, pp25 ~27

[9] 김태수(2012), “대학 및 연구기관의 연구실 위험요인 분석과 사고 예방대책에 관한 연구”, 명지대학교 대학원 석사학위논문

[10] 류경남외 4인(2005), “대학의 실험실 안전보건관리 체계 구축이 안전보건관리활동에 미치는 영향”, 한국환경보건학회지, 제31권 제5호 pp365~371

[11] 법제처, “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”

[12] 송민호(2006), “KAIST 안전관리 현황과 연구실 안전관리 발전방향”, 환경연구, pp113~121

[13] 신용철외 3인(2007), “연구실험실 보건관리 제도화 예비 타당성 연구”, 과학기술부

[14] 이동형(2011), “알기쉬운 산업안전공학”, 도서출판 이화

[15] 이병호(2009), “연구실 안전사고와 보상”, 교육시설재난공제회

[16] 이석기(2010), “실험실 환경 안전관리”, 한국환경농학회 학술대회집 pp3~42

[17] 정윤섭(2011), “대학 실험실 안전관리 향상방안에 관한 연구”, 서울과학기술대학교 산업대학원 석사학위논문

[18] 지철구외 1명(2004), “실험실 안전성 확보에 관한 연구”, 대한안전경영과학회 추계학술대회논문집

[19] 최문선(2008), “대학실험실의 안전수준 평가 및 관리방안에 관한 연구”, 경희대학교 석사학위논문

[20] 최은혜(2009), “대학 연구실 안전관리 실태와 개선방안에 대한 연구”, 호서대학교 대학원 석사학위논문

저 자 소 개

박 해 천



현재 조선대학교 산업공학과 교수, 대학원 산업안전공학과 주임교수이다, 중앙노동위원회 공익위원으로 재직하였으며 주요관심분야는 안전공학, 생산관리, TPM 등이다.

주소: 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대학교 산업공학과

조 상 훈



현, 조선대학교 산업공학과 시간강사, 조선대학교 산업안전공학과 박사 수료, 주요 관심분야는 산업안전이다.

주소: 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대학교 산업안전공학과

심 철 우



현재 조선대학교 산업공학과 시간강사, 대학원 산업안전공학과 박사과정을 수료하였으며, 주요 관심분야는 안전공학, 인간공학이다.

주소: 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대학교 산업안전공학과