

## An Exploratory Study on the Development of Safety Education Modules Based on Risk Analysis

Young Jai Lee<sup>1#</sup>, Seong Kyung Kang<sup>1</sup>, Byoung Ho Lee<sup>2+</sup>

<sup>1</sup> Department of MIS, Dongguk University, 30 Pildong-ro 1-gil, Jung-gu, Seoul, Korea

<sup>2</sup> Safety Management Department, Education Facility Disaster Association, 62-25 Gukhoe-daero, Yeongdeungpo-gu, Seoul, Korea

### Abstract

In recent years, there has been a rapid increase in safety-related accidents within university research facilities due to unsafe conditions, insecure behavior, and administrative causes, which requires systematic safety management. According to current laboratory safety laws, the safety education is limited to only the science and technology laboratories and its contents fail to incorporate the unique characteristics and risk factors of each laboratory. In order to solve those problems, we suggest a new education system that can cover various academic fields and majors. We conducted a risk analysis for identifying high-risk majors and presented a customized education module for those majors. Additionally, we derived educational modules ensuring the university-wide EHS (Environment, Health and Safety) rather than conventional safety education limited to experimental features. Finally, we suggested ways to organize educational contents by safety module, along with the selection criteria of the curriculum.

**Key words:** risk analysis, safety education module, safety education program, EHS

### 1. 서론

최근 연구시설 안전사고가 급증하고 있으며, 미래창조과학부 자료에 따르면 '13년도(107건) 대비 '14년도(166건) 사고보고 건수가 55.1%까지 증가한 것으로 나타났다. 특히 전체 사고 중 87.3%가 대학 연구시설에서 발생(Ministry of Science and ICT, 2015)한 것으로 보고되어 연구시설 중에서도 대학 연구시설이 안전사고에 취약한 것으로 나타났다.

연구실별 안전사고는 동·생물실험(26%) 및 화학실험(14%) 중 가장 많이 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 이공계열이 아닌 예술분야에서도 4% 정도의 비율로 사고가 발생하고 있다(Education Facility Disaster Association, 2009). 특히 예술분야 실기실 연구책임자 및 활동종사자의 사고경험 비율은 24%로, 이공계 실험실 책임자 및 종사자의 사고경험 비율(8%)보다 3배 정도 높게 파악돼 예술분야 실기실 내 안전체계 확보 역시 시급한 것으로 판단된다.

# The 1st author: Young Jai Lee, Tel. +82-2-2260-3297, e-mail. yjlee@dongguk.edu

+ Corresponding author: Byoung Ho Lee, +82-2-781-0130, e-mail. lbh0404@hotmail.com

연구실사고는 불안정한 상태, 불안정한 행동, 관리적 원인으로 기인된다. 특히 불안정한 행동 및 관리적 원인과 같은 인적오류로 인한 사고 발생은 76.5%에 달한다. 이러한 인적오류에 의한 사고는 지속적 교육을 통한 연구활동종사자의 안전 불감증 제거, 안전의식 고취 등을 통해 비교적 쉽게 예방이 가능하며, 그 밖의 복합적 원인에 의해 발생하는 사고에 대해서는 연구시설의 체계적인 안전관리를 통해 예방하는 것이 중요하다.

우리나라의 경우 국내 대학 실험·실습실 관련 법규(연구실안전법) 및 제도들이 이공계분야를 중심으로 구성되고 있다. 하지만 위험하거나 유해한 화학물질을 사용하고 건강에 부정적인 영향을 미치는 유해인자가 존재하는 연구실은 과학기술분야의 연구실뿐만이 아니다. 한 예로 미술대학에서 사용하는 염료, 용매, 감광제 등은 일반 화학실험실보다 사용량과 독성에 있어 결코 간과할 수 없는 수준이며, 조소작업에 사용하는 모래나 고열작업환경 또한 위험하다(Ministry of Science and ICT, 2016). 또한 과학기술분야 전공에 근거한 안전관리뿐만 아니라 연구실 내 화학, 미생물 등 위험도가 높은 인자가 없더라도 전기, 소방, 가스 등 기본적인 부문에 대해서는 안전교육을 받도록 해야 한다. 따라서 대학 전체 전공계열이 포괄적으로 교육받을 수 있는 체계의 마련이 필요하다.

현행 연구실안전법 기준 교육 프로그램은 공통과목으로 안전의식교육, 사고안전교육을 실시하고 있으며, 전문 과목으로는 화학, 생물, 가스, 전기, 기계, 방사선/레이저, 보건/환경, 소방 교육을 실시하고 있다. 전문 교육프로그램을 살펴보면, 전체 계열의 전공 특성을 반영하는 콘텐츠 유형이 아니며 전공 계열별 실험·실습실 특성 및 위험요소를 고려한 맞춤형 콘텐츠가 아니다. 따라서 전공 계열의 특성을 반영한 교육 콘텐츠의 마련이 필요하다.

또한 국내의 경우 대부분 화재나 폭발 등의 전통적인 위험 요소에 집중하고 있어 유해물질 및 병원체 등의 유해인자 노출로 인한 중독이나 질환, 또는 질병 예방,

환경 등과 관련된 관리는 미흡한 실정이다. 해외 대학의 경우 환경, 보건, 안전(EHS: Environment, Health and Safety)과 관련된 교육프로그램 및 관련 정보 등을 제공하고 있으며, 실험실 내 안전과 관련된 요소들 외에도 대학 내 전반적인 환경, 보건, 안전에 대한 내용을 포괄적으로 다루고 있다. 국내 대학 연구시설의 포괄적 안전관리를 위해서는 실험실 내 실험안전에만 국한된 안전교육이 아닌 대학생활 전반에 걸친 환경, 보건, 안전 측면에서 교육과정을 마련해야 하며 이를 통해 평소 위험인지 및 관리 역량을 향상시키도록 하는 기회를 제공해야 한다.

위와 같은 현행 대학 연구시설의 문제가 제기됨에 따라 본 연구에서는 위험도가 높은 전공계열을 분석하고 더불어 안전교육의 사각지대에 놓인 전공계열을 우선적으로 선정하여 맞춤형(심화형) 안전교육 모듈과 대학생활 안전교육(EHS) 모듈을 개발하는 것을 목적으로 한다.

## II. 문헌연구

최근 대학 연구실 별 위험분석(또는 유해인자), 안전관리, 안전교육 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

대학 연구실별 위험분석 및 전공 계열별 법/제도적 사각지대에 관련하여 Chung(2011)의 연구에서는 국내외 대학 실험실의 안전관리 제도 현황, 실험실 운용 및 안전관리 현황 분석을 통해 대학 실험실 안전관리 향상 방안을 제시하였다. 분석과정에서 선행 연구실 실태조사 결과를 인용하였는데, 대학의 경우 연구실안전법 준수 시 애로사항과 관련한 조사에서 법의 포괄적 적용, 예산부족, 교육에 관한 사항 순으로 높은 분포를 보였다. 또한 실험실별 안전, 환경, 건강유해요인이 무엇인지를 파악하기 위해 실험실에서 취급하는 실험장비나 물질을 고려하여 방문조사를 실시하였으며, 각 실험실 점검 위험요인을 크게 ‘일반사항 및 비상조치’, ‘화재위험 및 안전장치’, ‘전기적 위험’, ‘기계설비 취급에 따른 기계적 위험’, ‘화학물질 취급에 따른 화학적 위험’, ‘고

압가스용기 취급 등 가스 사용에 따른 위험', 'Bio-hazard 취급 등의 생물학적 위험'으로 구분하였다. 더불어 실험실별 위험요인이 뚜렷하게 구분되기 보다는 실험실 특성에 따라 그 특성이 달라질 수 있다고 제시하였다. 또한 선진 외국의 경우 연구, 실험실 안전관리를 위해 관련 법, 또는 규정이 직/간접적으로 상호 융합하여 적용되고 있으며, 대학에서는 법규준수 외에도 대학 관계자들의 안전성확보를 위해 자율관리체계를 수립하고 있어 이러한 관리체계를 국내에 벤치마킹할 경우 국내 대학 연구, 실험실 환경-안전-건강 관련 제도적 체계를 수립하는데 도움이 될 것이라고 언급하였다. 더불어 연구실안전법 내 연구개발활동의 의미가 불명확함을 지적하며, 법의 관리대상에서 제외되는 디자인 및 경영 계열 소속 실험실과 각종 검정시험을 위한 시험실 역시 사고의 위험을 가지고 있는 만큼 법의 보호가 필요하다고 지적하였다. 또한 Chung(2012)의 연구에서는 대학 내 전공계열 영역별 실험실습실 안전사고에 대한 8개 분야(일반안전, 산업위생, 전기안전, 소방안전, 화공안전, 가스안전, 기계안전, 생·미생물실험 안전)에 대한 분석을 실시하였는데, 잠재적 화재 위험이 가장 높았던 계열은 디자인·예술 전공이었으며, 이를 학문의 성격 상 논리성보다는 실습자의 창의성에 의존하는 비중이 크기 때문이라고 판단했다. 또한 분석을 통해 도출된 '계열별 정밀안전진단 결과'를 살펴보면, 일반안전과 소방안전 분야에서는 '인문·사회'와 '디자인·예술' 전공이 이공계인 '기계', '화공·재료', '전기·전자' 전공을 앞선 위험지적 건수를 기록하는 것을 확인할 수 있었다.

현행 연구실 안전교육과 관련하여 Lee, et. al.(2016)의 연구에서는 매년 연구실 내 유해위험 요인으로 인한 안전사고가 발생하고 있으며, 국가의 성장 동력이 되는 연구개발 인력이 안전한 환경에서 연구개발활동에 참여할 수 있는 여건을 조성하기 위해 고도의 안전관리 기술 및 체계적인 관리시스템 도입이 필요하다고 언급하였다. 해당 연구에서는 유해인자 발굴을 위해 물리, 화학, 기계, 생물/생명 4개의 연구실을 선정하여 조사,

분석하였으며 공통적으로 4개 연구실 모두 안전관리와 관련하여 '교육적 측면'의 문제가 제시되었다. 이를 해결하기 위한 방안으로 '개별 연구실에 대한 교육' 안전 가이드를 제시하였으며, 해당 내용에는 '다양한 연구개발활동에 따른 교육수립이 필요하며, 작성된 연구개발 절차를 바탕으로 도출된 잠재적인 유해위험요인에 따른 교육 콘텐츠를 마련하여 연구실이 갖는 특성에 따른 적합한 안전교육을 제공'해야 한다고 명시되어 있다. 또한 Kim(2013)의 연구에서는 실험실 안전교육에 대한 주관적 효과성, 과거 실험실 사고, 안전 태도 수준이 안전사고 위험 인식에 영향을 미치는지를 알아보고, 연구책임자의 안전 분위기 조성이 안전교육에 대한 주관적 효과성, 과거 실험실 사고, 안전 태도에 따른 안전사고 위험인식에 어떤 영향을 주는지 분석하였다. 분석 결과를 토대로 조직적 차원에서의 관리, 안전 교육 방법과 효과성의 제고, 실험실 종류별 차별적인 관리의 필요성을 제시하였다. 현재 안전사고가 발생하면 개인이 안전사고의 책임과 희생양이 되는 문화에서 벗어나 조직요인의 중요성을 개인이 인식할 필요가 있다고 언급하였다. 또한 대부분의 대학 연구실 구성원을 위한 안전교육은 단순히 지식 전달 위주의 방식에서 머물러 있으며, 교육을 이수하는 것이 중요하게 여겨질 뿐 실험실 구성원에게 필요한 교육이 제공되고 있지는 않기 때문에 이러한 문제가 해결되어야 하며, 실험실 종류에 따라 위험성이 더 높은 실험실은 낮은 실험실보다 중재의 정도가 달라야 한다고 제시하고 있다.

대학 연구안전 확보를 위한 정책적 방안(EHS 포함)과 관련하여 Suh(2012)의 연구에서는 연구실 안전관리 현황분석 및 안전관리 문제점 분석을 통해 연구실 안전관리 개선방향 및 정책을 제안하였다. 해당 연구에서는 과학기술발전 속도와 연구개발의 복잡성이 날로 증대하는데 반해 연구실 안전관리는 초기단계에 머물고 있으며, 연구실 안전관리 규범의 현장적용에 대한 관리·감독이 취약하고, 연구개발비가 나날이 증가하는 것에 반해 연구기관이 자율적 안전관리 능력 및 안전관리 예산 배정 등은 부족하다고 지적하고 있다. 연구개발활동이

갖는 특성이 안전관리 방식에 반영되어야하나 전문화된 안전관리가 이루어지지 않고 있기 때문에 이를 해소하기 위한 방안이 필요하며, 이를 위해 전문기관 설립을 통한 연구실 안전관리의 전문성 강화, 법 집행력 강화를 위한 제도 보완, 안전보건환경(EHS)체계 구축, 우수 연구실 인증제 도입 및 기관평가 연동제, 국가연구개발사업 관리와 안전관리의 연계, 위험요소(Hazard) 및 관리분야(EHS)에 따른 전문인력 양성에 대한 정책을 제안하였다. 또한 Suh, *et. al.*(2015)은 후행연구로 각 대학 및 정부출연연구소의 연구실 안전관리수준에 영향을 주는 요소 파악 및 평가지표 도출, 원활한 평가 시행을 위한 제도적 개선방안을 제시하였다. 이 과정에서 시설물 뿐만 아니라 사람과 환경에 대한 포괄적인 안전관리를 위한 'EHS'체계 구축에 대한 필요성을 명시하였다. EHS체계는 시설물과 사람의 안전, 보건뿐만 아니라 연구 및 작업 활동이 주위 환경에 미치는 영향까지도 통합적으로 관리할 수 있어 해외 선진대학에서 이미 확고히 자리 잡고 있으며, 특히 미국 상위 30개 연구중심 대학들에서는 EHS 전담부서가 마련되어 있어 EHS체계가 그만큼 중요하다는 것이 강조되고 있다.

현재 대학 연구시설 안전과 관련한 선행연구들은 위와 같이 주로 연구환경 안전실태 또는 위험요인 분석들을 기반으로 연구 환경을 개선하기 위한 정책적 제언과 관련한 연구가 주를 이루고 있다. 대부분의 논문들은 아직까지 연구실 안전관리에 대한 조직적 혹은 법/제도적 문제에 대한 모색과 연구실 별 위험인자를 도출하여 관리하기 위한 방안들을 열거하는 수준에 머무르고 있으며, 해당 방안을 실행하기 위한 구체성은 부족한 실정이다. 본 연구에서는 선행연구의 한계를 보완하여 제시하고 있는 연구목표를 실현하기 위한 방안을 구체적으로 명시하였으며, 선행 과정으로 연구환경 실태(문제) 및 위험 분석을 함께 진행하였다.

### III. 국내 안전교육과정

국가연구안전정보시스템([www.kird.re.kr](http://www.kird.re.kr))에서는

「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(이하 연구실안전법)」에 의한 연구실 안전환경 구축 지원사업 및 「유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(LMO법)」에 의한 바이오안전성평가관리사업을 통합·운영함으로써 안전한 연구실 환경을 조성하고, 연구실 안전사고를 예방할 수 있도록 지원하고 있다. 국가과학기술인력개발원에서는 연구실안전에 대한 집합교육 외 온라인 교육과정을 운영하고 있다.

우리나라의 연구실 안전교육은 연구실안전법의 배경 및 이해, 사고의 심리학, 안전과 인간공학, 기본 실험 안전수칙에 대한 내용으로 구성된 '안전의식 교육', 연구실 안전 사고사례, 사고 유형별 대응 및 응급처치, 사고 보험 처리 절차에 대한 내용으로 구성된 '연구실 사고 안전교육'이 공통과목으로 개설되어 있으며, 화학, 생물, 가스, 전기, 기계, 방사선/레이저, 보건/환경, 소방 교육 등이 전문과목으로 개설되어 있다. 하지만 대학 내 안전교육 이수 대상이 연구실안전법에 의해 과학기술분야의 실험실로 한정되어 있어 인문사회계열, 교육계열, 자연과학계열 내 농림수산, 의료, 약학, 보건 계열 중 일부, 공학계열에서 건축, 산업안전 계열 중 일부, 그 밖의 예체능 계열이 안전교육의 사각지대에 놓여있는 실정이다.

현행 연구실 안전교육과정에 대한 인식을 알아보기 위해 교육을 실시하고 있는 화학계열과 실시하고 있지 않은 예체능계열 중 미술분야 연구실 담당교수와 면담을 진행하였다. 미술 분야 중 조형/공예분야 실기실 교수 면담 진행 결과, 과학기술분야 실험실과 동일하게 위험한 물질 및 장비를 다량 취급하고 있으며, 미술 분야 또한 실기생들을 대상으로 하는 교육과정이 반드시 마련되어야 한다는 의견을 제시하기도 했다. 또한 화학분야 실험실 교수 면담 진행 결과, 현행 교육체계는 화학계열 전반에서 다루는 다양한 실험에 대한 안전 역량을 향상시키기에 교육콘텐츠가 전문화 되지 않았다는 의견이 제시되었다.

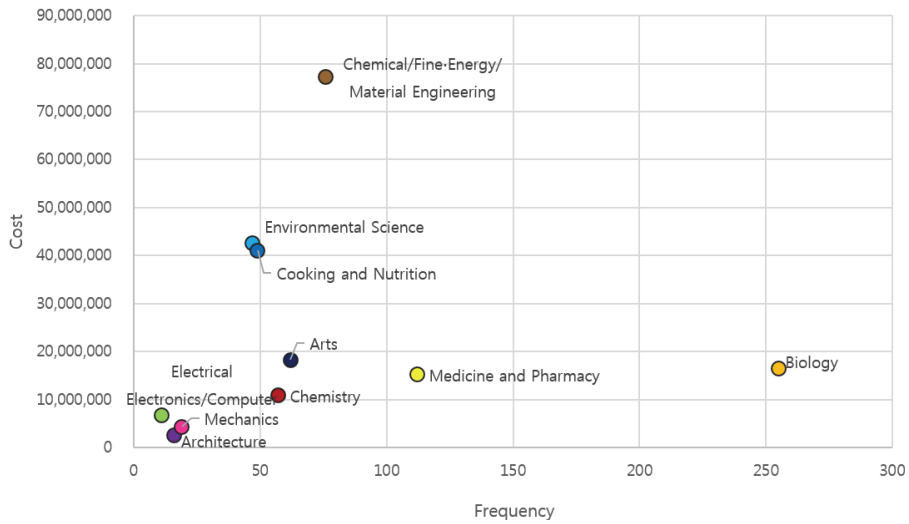


Figure 1. Risk matrix by affiliation of major (by field)

#### IV. 안전교육모듈 개발

##### 1. 전공별 위험도 분석

전공별 위험도 분석을 위해 교육시설재난공제회에서 제공하는 연구실 안전공제 보상현황(Education Facility Disaster Association)을 수집하였다. 데이터는 크게 대학현황, 피해자 인적사항, 사고현황, 사고처리현황, 사고내용, 발생형태, 상해부위, 상해유형, 사고원인 등으로 구성되어 있다. 보상통계 데이터를 가공하여 사고 통계분석 기반 전공별 위험도를 분석하였다. 위험도 매트릭스는 사고 발생빈도 및 건별 금액, 피해 급수(1-14급 및 사망으로 분류) 등을 반영하여 작성하

였다. 전공별 사고 발생자료를 살펴보면 최근 통계조사로 갈수록(2013년→2015년) 유사한 전공을 분야별로 묶어서 통계조사를 실시하였기 때문에 2015년 자료는 계열별(분야별) 위험도 도출에, 2013~2014년 자료는 계열 내 세부 전공별 위험도 도출에 활용하였다.

〈Figure 1〉은 전공 계열(분야)별 위험도를 보여준다. 계열별 위험도 매트릭스는 총 빈도와 총 사고 보상금액으로 나타내었으며, 제1순위는 생명(바이오) 계열이며 제2순위는 화공/정밀·에너지/소재·재료 계열이다.

분야(계열)별 위험도 분석결과 가장 위험도가 높게 분석된 생명 및 화공/정밀·에너지/소재·재료 계열 내의 세부 전공별 위험도를 추가적으로 분석하였으며,

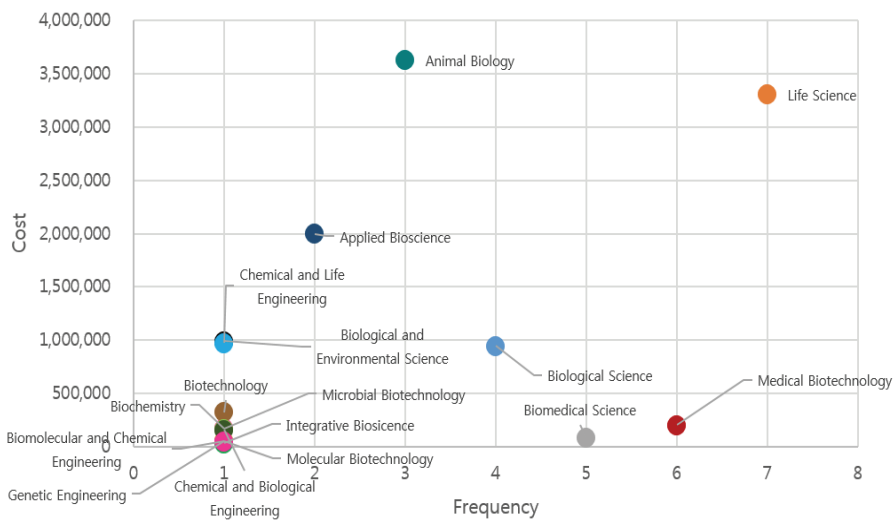


Figure 2. Risk matrix by specialized major in biology

문헌연구 및 면담결과에 따라 안전교육의 사각지대에 놓여있고 안전사고의 위험이 높은 미술분야 세부 전공에 대한 위험도 또한 제시하였다.

〈Figure 2〉는 생명 계열(분야) 내 세부 전공별 위험도를 보여준다. 위험분석에서 사고 빈도수가 많으며 피해금액이 높은 세부 전공은 생명과학 전공, 동물생명

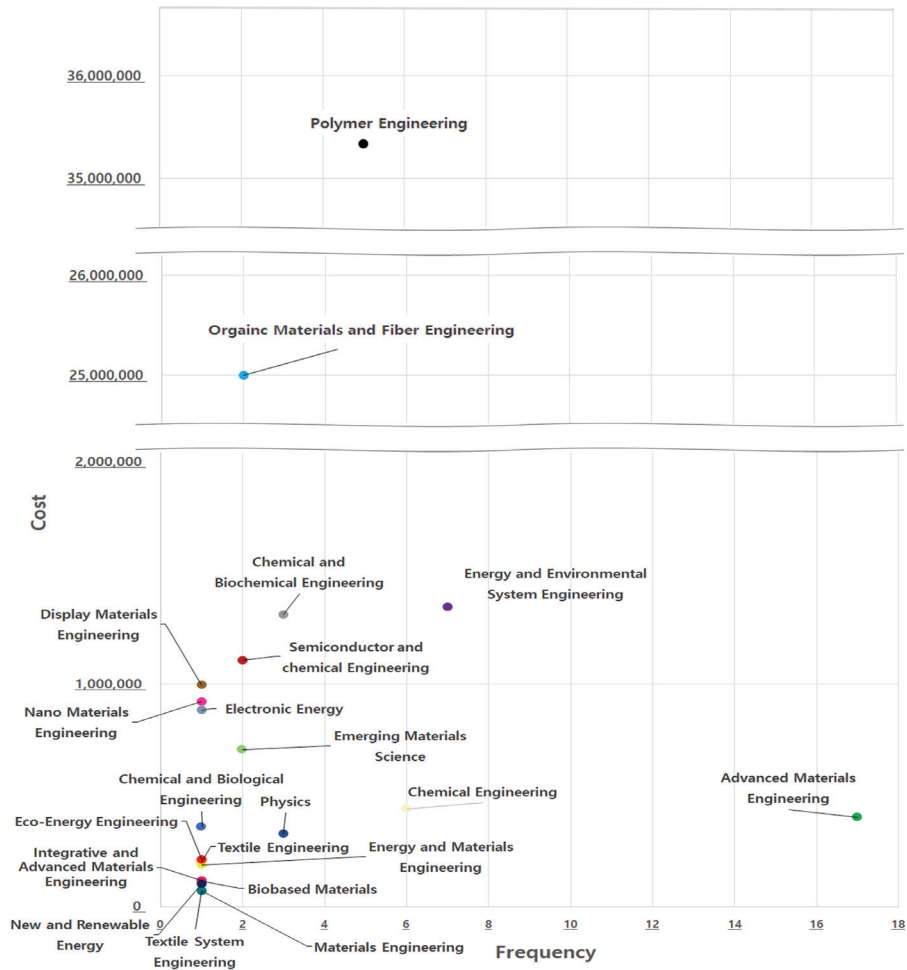


Figure 3. Risk matrix by specialized majors in department of chemical engineering / fine chemical · energy/ materials

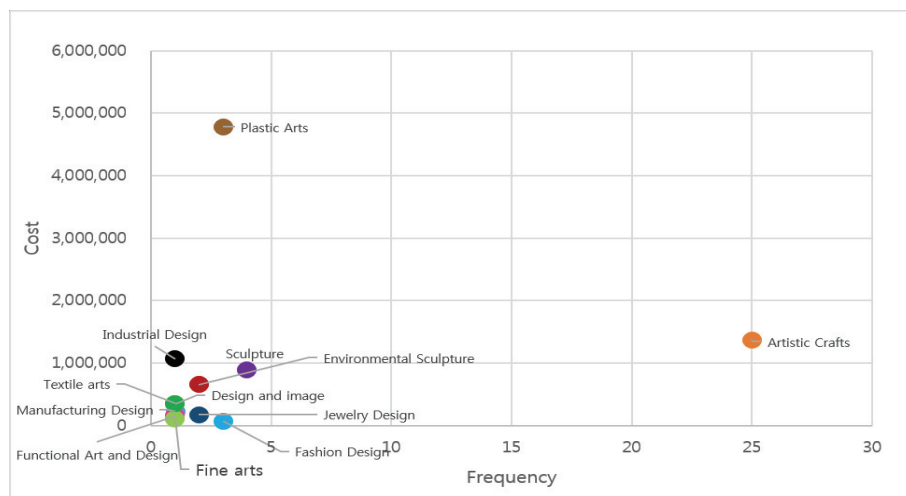


Figure 4. Risk matrix by specialized major in department of art

전공으로 나타났다. 또한 의생명과학 전공의 경우 피해 보상금액은 적지만, 사고 빈도는 상위 수준에 이르는 전공임을 알 수 있다.

〈Figure 3〉은 화공/정밀·에너지/소재·재료 분야 내 세부 전공별 위험도를 보여준다. 위험도 분석에서 피해 보상금액이 높은 전공은 고분자공학, 에너지환경 시스템공학 등인 반면에 사고 빈도수가 높은 전공은 신소재공학으로 나타났다.

다음 〈Figure 4〉는 미술(예술)계열 내 세부 전공별 위험도를 보여준다. 위험도 분석에서 피해금액이 높은 전공은 조형예술이며, 사고 빈도수가 높은 전공은 금속 디자인 및 공예 전공으로 나타났다.

2. 전공별 안전교육 모듈 및 교육 콘텐츠 구성방안

전공별 안전교육 모듈 구성을 위해 다양한 전공별 사고사례분석, 전공별 실험/실습내용 분석, 국내 산/학/연 제공 안전교육 정보, 해외 교육프로그램분석, 국내/외 안전정보 관련 사이트 자료를 활용하였다.

1) 전공별 사고사례 분석

대학 연구실 안전공제 보상현황 데이터를 통해 전공별 사고 발생형태를 분석하였으며 이를 바탕으로 전공별 실험에 있어 어떤 사고유형이 많이 발생하는지 파악하였다. 전공별로 다발하는 사고유형을 파악하는 것은 전공 분야별 사고 특성을 반영한 교육 모듈로 구성하는데 유용하게 활용할 수 있다.

〈Table 1〉은 전공계열별 사고 발생형태를 분석한 것으로, 전반적으로 대부분의 전공계열에서 충돌접촉이 가장 많이 발생하고 있으며, 화공, 정밀·에너지, 소재·재료 분야의 경우에는 유해물질 노출접촉이 가장 빈번하게 발생하는 것을 알 수 있다. 결과적으로 화학, 생명, 의료, 환경, 식품조리, 미술(예술), 건축, 기계, 화공, 정밀·에너지, 소재·재료의 모든 분야에서 대다수로 발생하는 사고 발생형태는 충돌접촉과 유해물질노출접촉이므로 전공별 사고 발생 특성을 파악하여 이 두 가지 사고유형 관리에 대한 안전교육 콘텐츠를 구성할 필요가 있다. 다음 〈Table 1〉은 전공별 사고 발생형태

Table 1. Analysis of accidents' occurrence pattern by each major (2013~2015)

Chemistry		Biology		Medicine		Environment		Food Preparation		Art		Architecture		Mechanics		Chemical engineering/energy/materials	
Impact and contact	24	Impact and contact	37	Impact and contact	28	Impact and contact	21	Impact and contact	15	Impact and contact	23	Impact and contact	7	Impact and contact	15	Exposure and contact to harmful substance	22
Exposure and contact to harmful substance	7	Exposure and contact to harmful substance	11	Exposure and contact to harmful substance	17	Exposure and contact to harmful substance	4	Exposure and contact to harmful substance	16	Exposure and contact to harmful substance	8	Exposure and contact to harmful substance	2	Exposure and contact to harmful substance	7	Impact and contact	20
Fire	2	Etc.	5	Explosion	8	Explosion	3	Etc.	7	Strangulation	7	Fire	2	Fall	2	Etc.	8
Strangulation	2	Strangulation	1	Fire	5	Fall	2	Fall	3	Etc.	4	Etc.	1	Strangulation	1	Fire	3
Exposure to harmful rays	0	Fall	0	Etc.	5	Fire	1	Strangulation	0	Fire	1	Strangulation	0	Explosion	1	Explosion	3
Fall	0	Explosion	0	Fall	3	Etc.	1	Explosion	0	Fall	0	Fall	0	Fire	1	Strangulation	1
Explosion	0	Fire	0	Strangulation	1	Exposure to harmful rays	0	Exposure to harmful rays	0	Explosion	0	Explosion	0	Etc.	1	Fall	0
Etc.	0	Exposure to harmful rays	0	Exposure to harmful rays	0	Strangulation	0	Fire	0	Exposure to harmful rays	0	Exposure to harmful rays	0	Exposure to harmful rays	0	Exposure to harmful rays	0

의 우선순위 및 발생 횟수를 정리한 것이다.

사고내용 분석을 통해 전공별 사고 발생형태(유형) 뿐만 아니라 실험실 내 사고 발생내용을 실험내용, 장비/장치, 도구, 취급물질로 나누어 도출하였다. 안전공제 보상현황 사고내용에는 어떤 형태로 사고가 발생하였는지 간략히 서술되어있으며, 사고내용 분석을 통해 주로 어떤 실험 중에 사고가 발생하는지를 파악할 수 있다. 또한, 실험 중 사용하는 장비/장치, 도구, 취급물질 등을 함께 파악함으로써 주의가 필요한, 혹은 위험한 자원에 대한 정보 파악이 가능하다.

따라서 분석한 내용을 바탕으로 주요 실험 중 주의사항 및 올바른 실험방법, 안전사고 발생 가능성이 있는 장비/장치 및 도구의 올바른 사용법 및 주의사항, 취급물질을 다룰 시 안전관리 방안 및 주의사항, 사고 발생 시 대처법 등 다양한 교육 콘텐츠를 구성할 수 있다. 다음 <Table 2>는 안전공제 보상현황 데이터 중 화학

전공별 사고내용을 바탕으로 사고가 발생했던 실험내용 및 장비/장치, 도구, 취급물질을 정리한 표이다.

2) 전공별 실험·실습(강의)내용 분석

계열 내 세부 전공별 위험도에 따라 위험도가 높은 전공에 대한 실험 및 실습내용을 분석하였다. 이를 위해 다수 대학의 강의계획서를 조사하였으며 교수의 강의 주관성을 고려하여 전공별로 최소 5개 이상의 대학 전공기초(필수), 전공전문 과목을 선정하였다. 또한 위험 우선순위 상위 전공별로 대표·필수 실험 및 실습 관련 전공서적을 참고하여 추가적으로 내용을 보완하였다. 이러한 분석 과정을 통해 전공별로 주요하게 실시되는 실험·실습내용을 파악하였으며 실험마다 다루는 취급물질(Material)을 분류하여 정리하였다.

취급물질은 실험 수행 시 사용되는 고체, 액체, 기체 등의 물질을 의미하며, 전공 분야별로 사용하는 물질은

Table 2. Examples of analyzing occurrence during chemical experiment (2013~2015) (Education Facility Disaster Association)

Equipments	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microwave</li> <li>• Cart</li> <li>• Laboratory equipment of solvent refining apparatus</li> <li>• Clean bench</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fume hood</li> <li>• Reflux condenser</li> <li>• Agitator</li> </ul>
Tools	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glass tools (glass bottle, glass waste bottle, beaker, sample container, capillary glass tube)</li> <li>• Flask (triangular, three-neck round, round, volumetric)</li> <li>• Reactor</li> <li>• Syringe</li> <li>• 24G Needle</li> <li>• Glassware</li> <li>• Base bottle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rubber hose</li> <li>• Sharp steel</li> <li>• Pipette</li> <li>• Pipette fillers</li> <li>• Experimental latex gloves</li> <li>• Solid soap plates</li> <li>• Knife</li> <li>• Thermometer</li> <li>• Column tube</li> </ul>
Materials	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P205 powder</li> <li>• Hydrochloric acid</li> <li>• Dimethyl sulfate</li> <li>• Washing liquid</li> <li>• Basic reagent for cleaning</li> <li>• Solvent at a low temperature</li> <li>• Nitric acid</li> <li>• Waste solvent</li> <li>• Sulfuric acid</li> <li>• Distilled water</li> <li>• Azide material</li> <li>• Boron trifluoride diethyl etherate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aniline</li> <li>• Acetic anhydride</li> <li>• Strong acid (POCl<sub>3</sub>)</li> <li>• Trifluoroacetic acid</li> <li>• Acetic acid</li> <li>• Hydrochloric acid solution</li> <li>• Ethylene glycol</li> <li>• HF/pyridine reagent</li> <li>• Ar air</li> <li>• Ethyne</li> <li>• Argon(gas)</li> </ul>
Experiments	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polymer synthesis</li> <li>• Chemical reaction</li> <li>• Heavy metal analysis – Acid treatment</li> <li>• Separation Experiment</li> <li>• Making 3M sulfuric acid solution</li> <li>• Synthesis of amine compounds</li> <li>• Synthetic experiment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demineralization experiment of biotissue sample</li> <li>• Global environmental chemistry experiment</li> <li>• Surface treatment</li> <li>• Material manufacturing experiment</li> <li>• Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticle synthesis</li> <li>• Organic Chemistry Experiment</li> <li>• General chemical experiment</li> </ul>

Table 3. Example of ‘organic chemistry experiment’ list and materials (sample)

Organic Chemistry Experiment 中			
Experiment		Materials (M)	
Basic experiment	EX1.1 Dissolution and polarity	Carbon tetrachloride	Ethanol
		Methanol	Diethyl ether
		Acetic acid	Ethyl acetate
		Acetone	Acetonitrile
		Toluene	Propanol
		Pentanol	Octanol
		Lowry alcohol	Ethylene glycol
		Butanol	Isobutyl alcohol
		t-butyl alcohol	Tetrahydrofuran
		Furan	Dioxane
		Benzoic acid	Hexylamine
		Octylamine	Aniline

중복될 수도, 다를 수도 있다. 전공별 실험·실습 내용을 분석하는 것은 전공별 주요 실험·실습 내용 시 숙지해야 할 사항, 취급물질을 다루면서 숙지해야 할 사항에 대해 제공하는 기반자료가 된다는 점에서 중요하며, 전공별 실험 환경에 따라 서로 다른 위험 요소를 내재하고 있기 때문에 전공별 심화교육 콘텐츠 구성 시 필수적으

로 고려되어야 한다. 다음 <Table 3>은 화학 계열의 전공과목 중 하나인 ‘유기화학실험’의 실험리스트 및 실험별 취급물질 일부를 나타낸 표이다.

분석한 연구실 안전공제 보상현황 사고 발생내용을 통해 도출된 사고 발생 장비/장치, 도구 및 강의계획서/전공서적 분석 자료를 바탕으로 자원리스트를 구성하였다.

Table 4. Sample of chemical resource list (example)

Classification	Classification	Specific Resource
[F] Facility	Gas safety facilities	Gas cabinet
		Gas detector
		Neutralizing equipment
[E] Equipment	Analysis / measuring Equipment	Elementary analyzer
		HPLC
		MALDI-TOF Mass spectrometer
		Spectrophotometer
		Spectrometers (spectrometers, infrared spectrometers, X-ray fluorescence analyzers, etc.)
		Thermal analysis system
		Visible spectrometer
		Electronic scale (heavy weight, desktop, Analytical, suspension scale etc.)
		Magnetic Susceptibility Balance
		Viscometer
		Voltmeter
		Refractometer
[T] Tool	Light source	UV lamp
		Laser (Green, He-Ne laser (Red laser) etc.)
		Mercury ultraviolet lamp

사용 자원에 대한 보안을 위해 부족한 자료의 경우에는 실험 도구 및 재료구매 관련 웹사이트 함께 조사하였다. 자원리스트는 시설(Facility), 장비/장치(Equipment), 도구(Tool)로 구분하였으며, 각 분류 내에서 특성 또는 용도·목적이 비슷한 세부자원을 그룹핑 하였다 (<Table 4> 참조).

시설(Facility)은 실험실, 실험 준비실, 분석실 등과 같이 실험이나 실습이 이루어지는 장소적 개념을 의미하고 실험에 직접 사용되지는 않더라도 실험 장비/장치, 도구 및 취급물질의 보관, 실험 안전 등을 목적으로 구비된 설비, 시설물 등을 의미한다. 장비/장치(Equipment)는 실험 및 실습 시 사용되는 장비, 장치, 기기 등을 의미하며 그 예로 현미경, 교반기 등이 있다. 도구(Tool)는 앞서 설명한 장비/장치보다는 작은 개념으로 도구, 기구 등을 말하며 그 예로는 유리 실험도구(비이커, 깔때기 등), 집게류 등이 있다.

실험마다 사용되는 자원 파악을 통해 시설 사용/관리, 장비/장치/도구 사용법, 그리고 해당 자원을 활용한 실험 진행 시 주의해야 할 사항 등과 같은 안전 교육 콘텐츠를 도출할 수 있다. 또한 각 자원을 특성에 따라 화학(C), 생물(B), 가스(G), 전기(E), 기계(M), 방사선/레이저(R/L), 소방·화기(F) 등으로 분류하여 전공 분야별 심화 교육모듈 및 콘텐츠 구성 시 전공별 자원 특성을 고려해 반영할 수 있다.

### 3) 국내외 산·학·연 제공 안전교육 정보 활용

안전교육 모듈 및 콘텐츠 구성을 위해 국내 산/학/연에서 제공하는 안전교육 정보를 활용 할 수 있다. 각 분야별 산/학/연 제공 교육 프로그램 및 정보들은 실험 시 필요한 기초교육 뿐만 아니라, 실제 현업 혹은 심화 연구에서 사용하는 전문지식까지도 제공하고 있기 때문에 전공별 심화교육 콘텐츠 구성 시 참고할 수 있다. 예로, 한국생물안전협회, 한국화학물질관리협회의 화학물질 안전교육센터 등을 들 수 있다.

산·학·연에서 제공하는 안전교육 정보 외에도 국내·외 안전정보 관련 사이트를 활용할 수 있으며, 국

내의 경우 연구실 안전정보, 화학물질 안전정보(MSDS, <http://msds.kosha.or.kr>), 방사선 안전정보 등 다양한 안전정보를 제공하는 사이트를, 국외의 경우 대학별 EHS 프로그램과 연계된 사이트를 참조하여 안전교육 콘텐츠를 구성할 수 있다.

### 4) 해외 안전교육 프로그램 분석

국내 안전 교육의 경우 화재, 폭발 등의 전통적인 위험요소에 초점을 맞추고 있어 화학물질 및 유해물질에 대한 노출, 중독 또는 질환 등과 관련된 교육은 미흡한 실정이다. 해외의 경우 전공별 연구실에서 발생할 수 있는 다양한 안전사고에 대한 예방 교육뿐만 아니라 대학 공동체의 안전, 환경, 보건을 관리하기 위한 EHS교육 프로그램을 운영하고 있다. 또한 해외 선진 대학의 경우 연구실 및 연구 환경 안전정보에 대해 가이드라인, 지침, 법적 근거 등 다양한 콘텐츠를 제공하고 있다.

본 연구에서는 미국, 유럽(스위스, 독일), 일본 대학의 안전 관련 교육 프로그램 및 관련 자료를 비교 분석하여 우리나라 고등교육기관에 적용할 수 있는 안전교육과정을 도출하였다. 특히 미국 대학의 경우 우리나라와 달리 예술분야에 대한 안전교육이 체계적으로 이루어지고 있으며 우리나라의 안전교육 중 공통교육(연구실 안전의식, 연구실사고)에 해당되는 분야에 있어서도 더 세부적이고 자세한 콘텐츠로 나뉘어 교육하고 있다. 다음 <Figure 5>는 미국 내 5개 대학(University of Michigan, Oklahoma State University, Princeton University, State University of New York, North Eastern University)의 EHS 관련 교육 프로그램 일부를 정리한 것이다.

### 3. 新 안전교육모듈 개발 및 개발 우선순위 선정

현행 연구실안전법 기준 안전교육 프로그램은 안전교육을 이수하는 전공계열에 있어 사각지대가 존재하며, 전공과목 또한 전공별 특성을 아우를 수 있는 내용이 아닌 포괄적인 내용으로 구성되어 있다. 따라서 이

		United states of America				
		University of Michigan	Oklahoma State University	Princeton University	State University of New York	Northeastern University
EHS	● Hazardous Waste	● Occupational safety	● Workplace Safety	● Indoor air management	● Introduction of high pressure sterilizer	
	- Hazardous Material Management (HMM) : collection and disposal of Chemical, radioactive biological waste from research activities	● Occupational Health & Safety Program	- Training, compliance with safety regulations, compliance with regulatory requirements	- Procedures to deal with indoor air quality problems	● Safety education about cryogenic liquid and high - magnetic field	
	- Suggesting methods for ballast, batteries, hazardous waste, disposing light bulbs, chemical waste, drainage treatment, radiation waste, managing refrigerant, request for picking waste up	- Blood-borne pathogen	- Art safety	● Asbestos management	● Risk Communication	
	● Food Safety	- Animal contact	- Computer lab	- Matters related to asbestos-containing substance and request for repairing	● Hazardous material transport : DOT / IATA general recognition	
	- Compliance with Food Service License's regulations, guidelines related to infectious diseases by stale food and guidelines for food allergy	- Accidents and injuries	- Enclosed space	- Training for being aware of asbestos	● Laboratory's chemical fume hood	
	● Shipping	- General safety	- Electrical safety	● Community Right To Know	● SOP - Regulated Soil Safety and Security	
	- Regulations on transporting materials with dry ice	- Job risk analysis	- Portable power tools	- Reporting all hazardous substance along the New York City law	● Hazardous Waste	
	- Training for taking over infectious biological materials and dry ice	- Sealed space	- Job risk analysis	● Compliance Assessment	● Training of laboratory's biosafety	
	- Delivering chemical preservatives	- Manual and safety information	- Ladder safety	- Internal inspection to comply with state or federal health and safety regulations for year-round	● Blood-mediated pathogen and exposure control	
	- Regulations on shipping Biological substances	● Risk communication Right to know	- Machine protection	● Emergency response	● Regulated transporting medical waste	
		- Training trainers	- Outdoor worker's safety	- Program for communication	● Regulations and guidelines for maintaining indoor air quality	
		- SDS record	- PPE : Personal Protective Equipment)	● Lead Management	● Removing asbestos for industrial hygiene materials related to protection of respiratory system, Providing National Institute of Occupational Safety & Health(NIOSH)'s pocket guide of	
		- Online Chemical List	- Prevention of contusion and fracture	- Managing paint		
		- Safety data sheet and labeling system	● Occupational Health	- Training for being aware of lead		
		- Inspection of laboratory safety	- Risk prediction, recognition, evaluation, control and prevention	● Occupational health and Safety		
		- Supporting compliance with regulations	- The purpose is to protect the health and welfare of the workers and the community	- Protecting welfare, safety and health of New York University's community		
		- Odor detection	- Asbestos			
		- Test of wearing ventilator	- blood-borne pathogen			
		- Supporting compliance with chemical hygiene plan	- Chemical safety - communicating information of hazard			
		- Supporting compliance with Lab safety				
		- Test of adjusting indoor air's quality				

Figure 5. Comparison of EHS-related educational programs and materials by US universities (sample)

러한 문제를 해결하기 위한 新 안전교육 프로그램을 구성할 필요가 있으며, 전공계열 별 안전교육 모듈을 정의해야 한다. 여기서 모듈(module)이란 30분 단위로 교육하는 안전교육 콘텐츠를 의미한다.

안전교육 모듈은 첫째, 위험도 분석에 따른 전공계열, 둘째, 대학 전공별 사고사례 분석, 전공별 실험·실습(강의)내용 분석, 국내외 산·학·연 제공 안전교육 정보 활용, 해외 대학 안전교육 프로그램 분석 등을 토대로 구성할 수 있으며, 위험도가 높은 전공계열 및 법적으로 안전교육의 사각지대에 놓인 전공계열을 우선적으로 개발해야 한다.

1) 전공 분야별 맞춤형(심화) 안전교육

전공 분야별 맞춤형 안전교육 모듈 개발은 전공별 위험도 매트릭스를 참고하여 위험도가 높은 분야부터 시작한다. 앞서 분석한 전공 분야별 위험도 분석 결과를 활용하여 위험도가 높은 생명(바이오)분야, 화학분야를 교육의 사각지대에 놓인 미술(예술)계열 중 위험도

가 높은 조형분야, 공예분야를 우선개발 전공계열로 선정하였다.

안전교육 모듈은 10개 이상 대학의 전공계열 별 전공 기초(필수) 및 전공전문 과목을 추출하여 가장 많이 다루고 있는 전공기초/전문 과목의 실험·실습(강의)내용을 토대로 우선 개발 모듈을 정의하였으며, 다음 <Table 5>는 우선 개발 전공 분야별 맞춤형 안전교육 모듈을 나타낸다.

이 외에도 연구 수행 중 전공별 실험·실습(강의)내용 분석을 바탕으로 환경계열, 의약계열, 전기전자/컴퓨터계열, 식품/조리계열, 건축계열, 기계계열 세부 전공별 안전교육모듈을 설계하였으며, 예산 및 시간제약에 따른 문제로 상단의 4개 분야부터 개발할 것을 제안하였다.

2) 고등교육기관 EHS 교육

현행 우리나라 안전 교육 프로그램은 EHS(환경안전보건) 측면의 교육이 미흡하며, 이러한 문제를 보완하

Table 5. Safety education module by majority field (focused on majority field with high risk)

Field	Module
Biology field	Cell Biology
	Molecular biology
	Microbiology
	Embryology
	Immunology
	Genetics
Chemistry field	Organic chemistry
	Inorganic chemistry
	Physical chemistry
	Analytical chemistry
	Biochemistry
	Polymer chemistry
Molding field	Materials and techniques
	Painting
	Engraving
	Sculpture
Crafts field	Materials and techniques
	Metal crafts
	Ceramic crafts
	Textile Crafts

기 위해 앞서 해외 대학의 교육 프로그램을 검토하였다. EHS 측면의 교육 프로그램은 미국, 유럽(스위스, 독일), 일본의 교육 프로그램을 참조하여 가장 많이 언급되는 교육 모듈 10개를 선행적으로 도출하였다.

EHS 교육 모듈은 연구실에 내재된 환경, 보건, 안전 측면의 요소를 고려하여 선택과정으로 이수할 수 있으

Table 6. EHS education module of higher education institution (selected 10 modules)

EHS Education module of higher education institution	Air management (prior development)
	Hazardous Waste (prior development)
	Workers' safety /occupational disease (prior development)
	Risk communication (prior development)
	Water quality
	Asbestos
	PCB
	Food safety
	Compliance
	Utilizing external information

며, 교육 대상자는 연구활동종사자 외에도 연구실 책임자, 대학 안전환경관리자 등이 이수할 수 있는 모듈로 구성하였다.

모듈화한 10개 EHS 모듈 중 우리나라 연구실 환경과 관련하여 우선적으로 개발해야 할 모듈은 공기관리, 유해폐기물, 작업자안전/직업병, 위험커뮤니케이션 모듈로(〈Table 6〉 참조) 선정하였으며, 연구실에 항상 상주하는 연구활동종사자 관점에 초점을 맞추어 개발되어야 한다.

### V. 전공 분야별 교육과정 구성

앞서 전공 분야별 안전교육 모듈을 도출하였다. 본 연구에서는 전공 분야별로 안전교육을 이수하기 위한 교육코스를 구성하였으며, 교육코스 선정기준은 2개의 안으로 제시하였다.

교육과정은 A교육과정과 B교육과정으로 분류되며, A교육과정은 ‘기초+전공 분야별 맞춤형(심화)교육 + 대학 EHS 교육’으로 구성된다. B교육과정은 ‘기초+대학 EHS 교육’으로 구성된다(〈Figure 6〉 참조). 여기서 ‘기초’의 의미는 연구실안전법에서 권장하는 2개의 공통과목과 8개의 전문과목을 가리킨다.

A와 B교육과정의 차이는 ‘전공 분야별 맞춤형교육’ 이수 여부로, 인문사회계, 교육계열 등의 일부 계열 연구실의 경우 실험·실습을 진행하지 않는 경우가 있기 때문에 전공 분야별 심화교육을 이수하지 않을 경우가 발생한다. 하지만 실험·실습을 하지 않는 전공 계열 연구실에서도 환경, 보건, 안전 측면의 위험이 내재되어 있을 수 있기 때문에 EHS 교육을 이수할 수 있도록 B교육과정을 구성하였다.

전공별로 A교육과정과 B교육과정을 선정하는 기준은 안전교육 콘텐츠로 구성할 수 있는 자료인 사고사례, 전공별 실험내용, 전공별 자원리스트 등을 활용하여 결정할 수 있으며, 추가적으로 연구실 필요사항 조사와 연구실 환경 체크리스트를 활용해 전공 분야별 심화교육 이수 필요 여부 및 대학 EHS 교육 모듈 중 선택해야

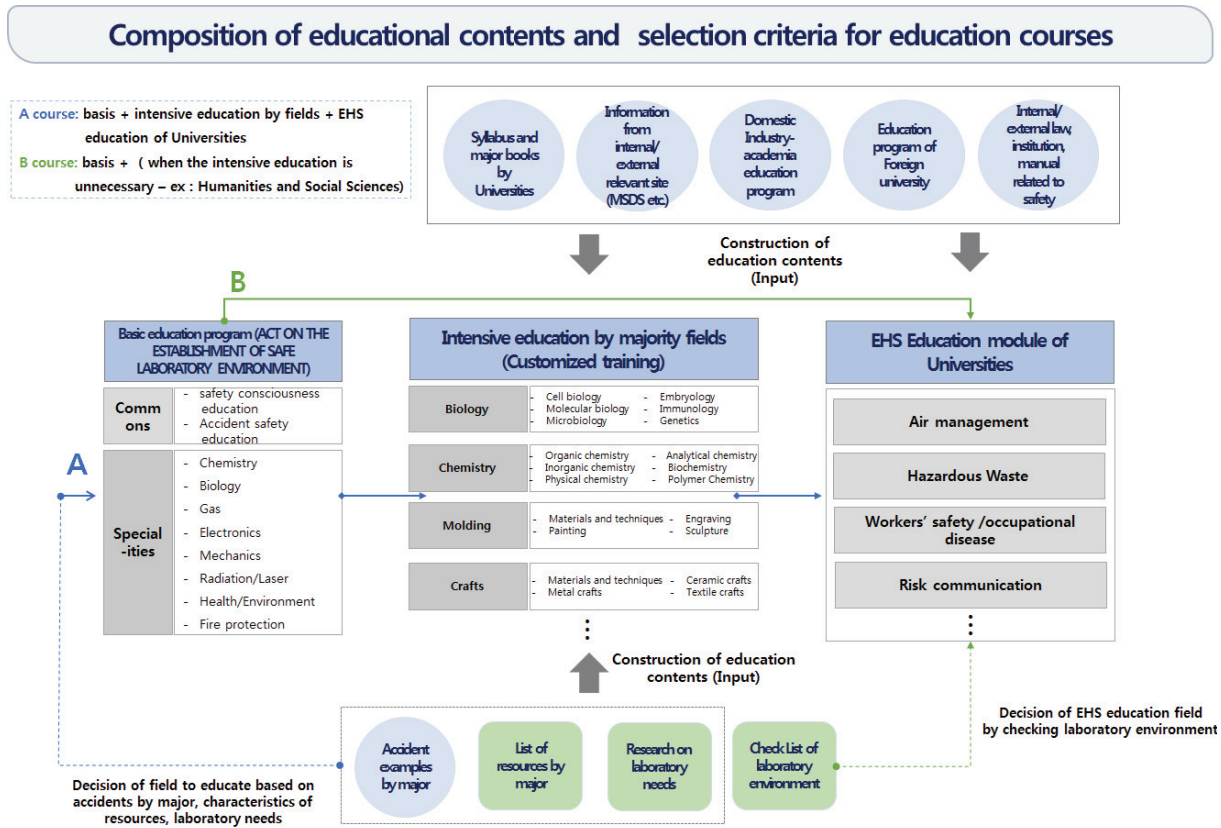


Figure 6. Criteria of selecting curriculum and construction plan of education module's contents

할 모듈을 선정할 수 있다.

전공별 사고사례, 실험내용, 자원리스트를 통해서 해당 전공 실험의 화학, 생물, 가스, 전기, 기계, 방사선/레이저, 소방·화기 등의 사용여부를 알 수 있다. 또한 연구실 필요사항 조사와 환경 체크리스트를 통해 해당 연구실(실험·실습실)에 내재된 환경, 보건, 안전 측면의 위험요소를 파악함으로써 교육이 필요한 위험 관리 사항 관련 EHS 교육모듈을 선택할 수 있다. 다음 <Figure 6>은 교육과정 선택기준 및 교육모듈 콘텐츠를 개발 시 고려할 수 있는 자료들을 도식화 한 것이다.

### VI. 연구결론

최근 연구시설 안전사고가 급증하고 있으며, 전체 안전사고 중 87.3%가 대학 연구시설에서 발생한 것으로 보고되어 연구시설 중에서도 대학 연구시설이 안전사고에 취약한 것으로 나타났다. 연구실별 안전사고는 동·

생물실험 및 화학실험에서 가장 많이 발생하고 있으며, 이공계열이 아닌 예술분야에서도 4% 정도의 비율로 사고가 발생하고 있다. 연구실사고는 불안정한 상태, 불안정한 행동, 관리적 원인으로 발생되며, 그 중 인적오류가 76.5%로 연구시설의 체계적인 안전관리가 필요하다는 것을 알 수 있다. 그러나 현행 연구실안전법 기준 안전교육 이수율의 경우 과학기술분야 연구실로 한정되어 있어 대학 전공계열 중 교육의 사각지대에 위치하는 전공계열이 존재하며, 교육 프로그램 또한 전공 계열별 실험·실습실 특성 및 위험요소를 고려한 맞춤형 콘텐츠가 아니라는 문제가 있다. 또한 실험실 내 실험안전에만 국한된 안전교육이 아닌 대학생활 전반에 걸친 환경, 보건, 안전 측면의 교육 또한 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전공별 위험도 분석을 통해 위험도가 높은 전공계열과 교육의 사각지대에 놓인 전공계열을 우선적으로 선정하여 맞춤형 안전교육 모듈과 안전한 대학생활을 위한 환경·보건·안전 교육모듈을

제시하였다.

전공 분야별 맞춤형 교육모듈은 전공별 위험도 매트릭스를 토대로 위험도가 높은 분야를 선정한 후, 전공 계열별 전공기초(필수) 및 전공전문 과목 강의계획서 분석과 전공서적을 분석하여 우선적으로 개발해야 할 모듈을 도출하였다. 위험도가 가장 높은 분야는 생명(바이오)분야, 화학분야였으며, 교육 사각지대에 놓인 미술(예술)분야 내에서는 조형분야, 공예분야로 나타났다. 생명(바이오)분야 및 화학분야의 경우 6개의 심화교육모듈을 제시하였으며, 조형 및 공예분야의 경우 4개 교육모듈을 우선적으로 도출하여 개발할 것을 제안하였다. 또한 실험특성에만 국한된 안전교육이 아닌 대학생활 전반의 환경·보건·안전(EHS) 관련 모듈 도출을 위해 해외 대학의 EHS 프로그램을 검토하였으며, 10개의 프로그램 중 공기관리, 유해폐기물, 작업자안전/직업병, 위험커뮤니케이션 모듈을 우선적으로 개발할 것을 권고하였다.

마지막으로 전공 분야별 안전교육 및 EHS안전교육 모듈 제시에 따른 교육과정 선정 기준을 개발하였으며, 첫 번째 교육과정의 경우 '기초+전공 분야별 맞춤교육+대학 EHS 교육'으로, 두 번째 교육과정의 경우 '기초+대학 EHS 교육'으로 구성하였다. 두 교육과정의 차이는 '전공 분야별 맞춤형 교육'이수 여부로, 인문사회계, 교육계열 등 일부 전공계열은 연구실에서 실험·실습을 진행하지 않는 경우가 있기 때문에 전공 분야별 맞춤형교육을 이수하지 않을 가능성이 발생한다. 하지만 이러한 전공 계열에도 연구실 내 환경, 보건, 안전 측면의 위험이 내재되어 있을 수 있기 때문에 EHS 교육을 이수할 수 있는 과정인 두 번째 교육과정을 구성하였다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제안한 안전교육 모듈별 콘텐츠 구성을 위한 구체적인 연구가 진행되어야 한다. 안전교육 모듈의 콘텐츠를 전공별 사고사례, 전공별 실험·실습(강의)내용, 국내외 산·학·연 제공 안전교육 정보, 안전관련 법·제도·매뉴얼, 해외 안전교육 프로그램 등을 바탕으로 구성함에 있어 교육 수강자의 안전관리 역량을 향상시키기 위해 콘텐츠를 어떻게

효율적으로 구성하고 제공할 것인지에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 교육시설재난공제회 공고 제2016-22호 '고등교육기관 사이버 안전교육 시스템 구축 심화연구 개발' 용역의 도움으로 수행되었습니다.

## References

- Chung, Yeong Jin. 2012. Risk of Accidents Analyzed in the Laboratory of the University. *Journal of KOSHAM*. 12(6): 191-199.
- Chung, Yoon Sub. 2013. A Study on Improvement of Laboratory Safety in Universities. Master's Thesis. Graduate School of Industry Seoul National University of Science and Technology.
- Education Facility Disaster Association. 2013~2015. *Analyzing Current Compensation of Laboratory Safety Association*.
- Kim, Su Jin. 2013. Influencing Factors of Risk Perception of Laboratory Accident among Young Scientists in the College. Master's Thesis. Graduate School of Public Health Seoul National University.
- Korea Chemicals Management Association-chemicals Safety Education Center. <http://edu.kcma.or.kr>.
- Korea Institution of Human Resources Development in Science and Technology. <http://www.kird.re.kr>.
- Korea Occupational Safety and Health Agency - Chemical Information. <http://msds.kosha.or.kr>.
- Korean Biological Safety Association. <http://www.kobsa.net>.
- Lee, Hyung Kyu, In Bok Lee, Young Te Sin, Jin Young Moon, and Ik Mo Lee. 2016. Development of Laboratory Hazard Discovery and Management Techniques. *Korean Safety Management & Science*. 18(4): 81-90.
- Lee, Young Jai. 2017. *Development of Intensive Study on Establishing Cyber Safety Education System in Higher Education Institutions*. Education Facility Disaster Association.
- Ministry of Science and ICT. 2015. *Results of Analyzing Statistics on Laboratory Accidents in 2014*.

- Ministry of Science and ICT. 2016. *Act on the Establishment of Safe Laboratory Environment*.
- Ministry of Science and ICT. 2016. *Explanation of 2016 Laboratory Safety Act*.
- North Eastern University. <https://www.northeastern.edu/ehs>.
- Oklahoma State University. <https://ehs.okstate.edu>.
- Princeton University. <https://ehs.princeton.edu>.
- State University of New York. <http://www.newpaltz.edu/ehs>.
- Suh, Ji Young, Jeong Im Park, and Hyun Jung Park. 2015. *Research on Institutional Improvement of Laboratory Safety*. Science and Technology Policy Institute.
- Suh, Ji Young. 2012. Laboratory Safety Management Policies for the Safety of People. Environment and Facilities, Science and Technology Policy Institute. *STEPI Insight*. 97: 7-23.
- University of Michigan. <http://umich.edu>.
- Korean References Translated from the English*
- 교육시설재난공제회. 2013~2015. 연구실 안전공제 보상현황 분석.
- 김수진. 2013. 대학 실험실 구성원의 안전사고 위험 인식에 영향을 미치는 요인. 서울대학교 보건대학원 석사학위논문.
- 미래창조과학부. 2015. 2014년 연구실사고 통계 분석결과.
- 미래창조과학부. 2016. 2016 연구실안전법 해설집.
- 미래창조과학부. 2016. 연구실 안전관리 조성에 관한 법률.
- 서지영, 박정일, 박현정. 2015. 안전한 연구개발 환경 조성을 위한 제도 개선 방안. 과학기술정책연구원.
- 서지영. 2012. 사람과 환경. 시설의 안전을 위한 연구실 안전관리 정책방안. 과학기술정책연구원. *STEPI Insight*. 97: 7-23.
- 이영재. 2017. 고등교육기관 사이버 안전교육 시스템 구축 심화 연구 개발. 교육시설재난공제회.
- 이형규, 이인복, 신용태, 문진영, 이익모. 2016. 연구실 유해인자 발굴 및 관리기법 개발에 관한 연구. *대한안전경영과학회지*. 18(4): 81-90.
- 정영진. 2012. 대학 실험실습실의 사고 위험성 분석. *한국방재학회논문집*. 12(6): 191-199.
- 정윤섭. 2011. 대학 실험실 안전관리 향상방안에 대한 연구. 서울과학기술대학교 산업대학원 석사학위논문.

Received: Jul. 18, 2017 / Revised: Sep. 4, 2017 / Accepted: Sep. 12, 2017

## 리스크분석 기반 고등교육기관 안전모듈 개발을 위한 탐색적연구

국문초록 최근 대학 내 연구시설에서는 불안정한 상태, 불안정한 행동, 관리적 원인 등으로 인한 안전사고가 급증하고 있어 대학 내 연구시설의 체계적인 안전관리에 대한 필요성이 제기되고 있다. 현행 연구실 안전법에 의하면 안전교육은 과학기술분야 연구실에 초점을 맞추고 있으며, 교육의 내용 또한 전공 계열 실험·실습실의 특성 및 위험요소를 고려하지 못하고 있는 제약사항이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 개선하기 위해 다양한 대학 전공계열을 아우를 수 있는 신 교육체계를 제시하였다. 이를 위해 전공 계열별 위험도 분석을 실시하여 상위 위험의 전공계열을 도출하였으며 위험도가 높은 전공계열에 대한 맞춤형 교육모듈을 제시하였다. 또한 실험특성에만 국한된 안전교육이 아닌 대학 전반의 환경보건안전(EHS)과 관련된 교육 모듈을 함께 도출하였다. 마지막으로 안전교육 모듈별 교육 콘텐츠를 구성하기 위한 방안 및 교육과정 선정기준을 제시하였다.

주제어 : 위험분석, 안전교육모듈, 안전교육프로그램, EHS

Profiles **Young Jai Lee** : He is a professor in Dongguk University(at business school, in Management of Information Systems). His areas of research interest are decision making, disaster management, industrial facilities, and asset management(yjlee@dongguk.edu).

**Seong Kyung Kang** : She is received B.A.(in Management of Information Systems) from Dongguk University in 2015, and pursuing M.A. and doctoral degree in the same university(in Management of Information Systems). Her areas of research interest are disaster/safety management, decision making, and data mining(hshs4123@naver.com).

**Byoung Ho Lee** : He is a general manager in Education Facility Association(in Safety Management Dept.) and pursuing doctoral degree in Incheon National University graduate school(in Department of Safety Engineering). His areas of research interest are safety of school facility and safety of laboratory in University(lbh0404@hotmail.com).