

연구 실험실 안전보건 관리제도 비교 - 한국과 독일 사례 고찰

박지훈^{1,2} · 성백경^{1,3} · 마티아스 올리버 알트마이어¹ · 김용준^{1,3*}

¹한국과학기술연구원 유럽연구소 환경안전성연구단, ²서울대학교 보건환경연구소,
³과학기술연합대학원대학교 에너지-환경 융합 전공

Comparison of Regulatory Systems for Safety and Health Management in Research Laboratories - Case Review between Korea and Germany

Jihoon Park^{1,2} · Baekkyoung Sung^{1,3} · Matthias Oliver Altmeyer¹ · Young Jun Kim^{1,3*}

¹Environmental Safety Group, Korea Institute of Science and Technology (KIST) Europe
Forschungsgesellschaft mbH, Germany

²Institute of Health and Environment, Graduate School of Public Health, Seoul National University,

³Division of Energy & Environment Technology, University of Science & Technology (UST)

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to compare the regulatory systems for laboratory safety and health management between Korea and Germany and discuss the implications.

Methods: Laboratory safety and health regulations for legal enforcement and relevant technical guidelines in Korea and Germany were reviewed.

Results: Lab safety and health management is enforced by the Act on the Establishment of Safe Laboratory Environment in Korea. Most provisions focus on supervisory control, that is, the principal's liability is emphasized. In addition, there is a lack of laboratory-specific procedures for safety and health management in the act since it is stipulated that other relevant regulations apply to some technical contents. Non-compulsory technical guidelines for lab safety and health management are also provided by the Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA) in order to enable researchers to follow safe procedures. There is no independent regulation for lab safety and health in Germany, and it is also governed by several regulations. The German Social Accident Insurance Institute provides technical guidelines on lab safety and health, and these contain more specific content to allow them to be followed more easily compared to the KOSHA guidelines. The most remarkable differences between the regulation of each country were contents of the risk assessment and specific protect measures from hazardous agents.

Conclusions: Regulatory control is an essential way to prevent accidents, but it is more important to create an environment in which all stakeholders, including individual lab members, are allowed to participate actively in safety and health management activities.

Key words: lab safety and health, protect measures, regulation, risk assessment, technical guide

I. 서 론


연구 실험실(이공계열에 한함)은 연구 종사자들이 과학기술에 대한 연구활동을 행하는 장소로서 물리적, 화


학적, 생물학적 유해위험인자들이 복합적으로 존재하는 공간이다. 일반 산업현장과 구별되는 가장 큰 특징은 실험실내에서 취급되는 유해물질의 종류가 다양하고, 소량으로 취급되며, 복잡하고 가변성이 큰 업무환경으로


*Corresponding author: Young Jun Kim, Tel: +49 (0)681-9382-377, E-mail: youngjunkim@kist-europe.de

KIST Europe Forschungsgesellschaft mbH, Campus E7.1, 66123 Saarbrücken, Germany

Received: May 26, 2020, Revised: June 10, 2020, Accepted: June 23, 2020

 Jihoon Park <http://orcid.org/0000-0002-4829-5587>

 Baekkyoung Sung <https://orcid.org/0000-0003-3130-0615>

 Young Jun Kim <https://orcid.org/0000-0003-2605-0922>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인해 안전사고나 건강장해를 야기할 수 있는 위험과 그로 인한 결과 예측이 어렵다는 점이다(Lee et al., 2016; Schröder et al., 2016; Olewski & Snakard, 2017; Woo et al., 2019). 2018년을 기준으로 전국에서 연구개발활동을 수행중인 기관은 총 49,302곳으로(기관 내 복수의 연구소가 등록될 수 있음), 전년 대비 매년 증가하는 추세를 보이고 있다(KOSTAT, 2019). 매년 과학기술에 대한 연구개발 투자의 증가와 관련 연구기관 및 인력이 증가함에 따라 연구 실험실에서 유해인자에 의한 위험과 안전사고 발생빈도가 증가하고 있으나, 아직 연구인력의 안전보건에 대한 인식 부족과 안전사고 예방을 위한 인프라 구축이 미흡한 수준이다(Hong & Cho, 2018). 2019년 대한민국 국회의 국정감사 자료에 의하면, 현재 국내 대학의 실험실에서 연간 약 6,000여 건의 안전사고가 발생하는 것으로 보고되었으며, 학내 안전보건 관리를 전담하는 부서가 설치된 비율은 약 14%에 불과하였다(UNN, 2019a). 특히, 연구실 안전환경 조성에 관한 법률(이하 연안법)이 시행되고 있음에도 불구하고 폭발이나 화재 등으로 인해 최근 5년간 약 1,000여 건의 사고가 발생하였으며, 매년 발생 건수 또한 증가하고 있는 것으로 파악되었다(UNN, 2019b).

과거 연구 실험실에서 발생한 크고 작은 안전사고로 인해 인명피해 사례가 빈번하게 발생함에 따라 2006년 연안법(법률 제7425호)이 제정되었으며, 2018년에 10월에 개정된 법률(총 4장, 25조로 구성)이 현재 시행되고 있다. 연안법 제1장 제1조에서 규정하고 있는 목적은 대학이나 연구기관 등에 설치된 과학기술분야 연구실의 안전을 확보함과 동시에 연구실 사고로 인한 피해를 적절하게 보상받을 수 있도록 함으로써 연구 자원을 효율적으로 관리하고 나아가 과학기술 연구, 개발 활동 활성화에 기여하는 것이다(MSICT, 2018). 이처럼 연구인력의 안전보건을 확보하기 위한 독립적인 법률이 마련됨으로써 실제 법적 구속력을 발휘할 수 있는 것만으로도 큰 의미가 있을 수 있으나, 현재 시행되고 있는 연안법의 규제 조항만으로는 실험실 내 존재하는 모든 안전보건상의 위험을 기술적으로 예방하거나 제거하기에는 한계가 있다. 따라서 이런 기술적, 제도적 미비점을 보완하기 위해 연안법의 세부 조항에서 산업안전보건법(이하 산안법)이나 고압가스 안전관리법, 원자력 안전법, 도시가스 사업법 등 관련 법규의 전부 또는 일부 규정을 따르도록 하고 있다(연안법 시행령 별표 1).

한편, 독일의 재해율은 근로자 10만 명당 0.63명으로, 유럽 역내권에서도 영국과 스웨덴에 이어 세 번째로 낮아 상당한 수준의 안전보건문화가 정착된 국가로 볼 수 있다(HSE, 2019). 특히, 2019년까지 연구 실험실 안전 관련 내용을 다루는 논문 중 독일 내에서 연구, 발표된 학술 논문들이 인용 지수를 고려했을 때 이 분야에서 가장 큰 영향력을 보인 것으로 보고되어 수준 높은 연구가 수행되고 있음이 입증되었다(Yang et al., 2019). 독일연방통계청(Statistisches Bundesamt)에 따르면, 독일 내 공공 및 민간연구소에서 지출되는 연구개발 비용은 2018년 기준으로 약 1,050억 유로(국내 총생산의 3.1%)이며, 연구개발 인력은 약 70만 명으로 유럽연합 내에서는 가장 큰 규모를 보이고 있어 연구개발 분야에서도 활발한 투자가 이루어지고 있다(DESTASIS, 2020). 우리나라와 같이 연구실 안전보건을 다루는 독립된 법안은 없으나 관련법과 구체적 이행기준이 포함된 기술지침을 통해 체계적이고 능동적인 안전보건관리가 이루어지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 현재 시행 중인 국내 연안법을 중심으로 연구 실험실 안전보건 관리에 관한 규정과 유럽연합 국가 중 독일의 연구 실험실 안전보건 관리 규정을 비교, 고찰함으로써 주요 차이점을 도출하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

연구 실험실에서의 법적 안전보건 관리에 관한 주요 규정을 파악하기 위해 국내에서 시행되고 있는 연안법(MSICT, 2018)과 법적 강제력은 없으나 안전보건 관리를 위한 가이드라인으로 통용되고 있는 한국산업안전보건공단(Korea Occupational Safety and Health Agency, KOSHA)의 안전보건 기술지침(KOSHA, 2018)의 내용을 고찰, 정리하였다. 본고에서는 방사성 물질, 고위험 생물학적 인자들을 취급하는 특수한 상황에 적용되는 기타 법령은 제외하였고, 일반적인 연구실 안전보건 관련 규정만 다루었다. 독일의 경우 우리나라와는 달리 연구 실험실의 안전보건 관리를 위한 독립 법규가 따로 마련되어 있지 않아 여러 타법규들을 체계적으로 준용하고 있다(Table 1). 특히, 독일재해보험조합(Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, DGUV)에서 제공하는 실험실 안전보건 기술지침(DGUV, 2017)에는 관련 법 규정에 대한 내용을 모두 담고 있어 이를 중심으로 국내 규정과의 주요 차이점을 비교하였다. 그러나,

Table 1. Summary of current regulatory systems for laboratory safety and health management between Korea and Germany

| Legal category | Korea | Germany |
|-----------------|---|---|
| Independent Act | <ul style="list-style-type: none"> Act on the Establishment of Safe Laboratory Environment | <ul style="list-style-type: none"> N/A |
| Relevant Act | <ul style="list-style-type: none"> Occupational Safety and Health Act | <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsschutzgesetz(Occupational Safety and Health Act) Chemikaliengesetz(Cheical Act) Gefahrstoffverordnung(Ordinance in Hazardous Substances) BioStoffverordnung(Ordinance on Biological Working Agents) Mutterschutzgesetz(Maternity Protection Act) Gentechnikgesetz(Genetic Engineering Law) Betriebssicherheitsverordnung(Industrial Safety Regulation) |
| Technical Guide | <ul style="list-style-type: none"> KOSHA Guide No. G-82-2018(Technical Guide for Laboratory Safety and Health) KOSHA Guide No. W-3-2015(Technical Guide for Safety and Health in Biosafety (level 1, 2) Laboratories) KOSHA Guide No. W-21-2015(Technical Guide for Safety and Health in Biosafety (level 3) Laboratories) KOSHA Guide No. P-76-2011(Technical Guide for Works and Feature Safety in Chemical Laboratories) | <ul style="list-style-type: none"> DGUV-R120(Laboratory Guidelines) DGUV-SR2005(Handling of Hazardous Substances within University Laboratories) DGUV-i8554(Safe Working in Chemical Laboratories) DGUV 213-850/851(Working Safely in Laboratories - Basic Principles and Guidelines) |

Abbreviations: N/A, not available; KOSHA, Korea Occupational Safety and Health Agency; DGUV, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung(The German Social Accident Insurance Institution)

양국 간 법 또는 지침에서 규정하고 있는 내용들은 세부항목 별로 일치하지 않는 부분이 있어 해당 법/지침의 적용범위 등 일반 규정에 대한 개요와 위험성 평가, 안전보건 관리조치 등 공통된 내용을 중심으로 기술하였다.

III. 결 과

1. 국내 연구 실험실의 안전보건 관리를 위한 법규 및 관련 규정

1) 연구실 안전환경 조성에 관한 법률

연안법은 크게 법의 제정 목적과 적용범위, 주체별 의무 등 총칙(제1장)과 연구실 안전조치(제2장), 기타 신고와 보험, 기밀유지 등 제반 사항에 대한 보칙(제3장), 벌칙(제4장)에서 세부 조문이 규정되어 있다. 전체적으로는 안전사고 예방을 위한 관리조치와 사고 발생 시 대처 및 보상에 대한 내용을 주로 다루고 있는데, 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 적용범위 및 연구실 안전보건 관리 주체에 관한 주요 규정

법 제3조(적용범위 등) 제1항에서는 대상을 대학, 연구기관 등이 연구개발활동을 수행하기 위해 설치한 연구 실험실에 대해 적용하며, 산안법의 적용대상 근로자에 대해서는 산안법이 정하는 바에 따른다고 명시되어 있다. 그러나 구체적으로 연구실 운영방식에 대한 기준이 모호하고, 사고 발생 시 비 근로자와 근로자(근로 계약자)간 적용되는 법 기준이 상이하여 보상 등 사후 관리 측면에서도 차별 가능성이 존재할 수 있다. 그리고 법 제3조 관련하여 별표 1 (법의 전부 또는 일부를 적용하지 아니하는 연구실 및 적용하지 아니하는 법 규정)의 1항에서 개별 연구실에서 종사하는 연구자의 합인원이 10명 미만인 경우에는 법의 전부를 적용하지 아니한다고 명시되어 있어 소규모로 운영되는 개별 연구 실험실은 사각지대에 놓일 수 있는 상황이다. 특히, 실제 학교 내에서 운영되는 연구 실험실의 경우, 연구주체 기관의 환경안전관리 전담인력이 모든 연구 실험실 관리업무를 수행하기 어려운 측면이 있다. 연구주체의 장

은 연구활동종사자가 1,000명(상시 종사자 300명 이상 포함) 이상일 경우에만 연구실안전환경관리를 전담하는 자를 1인 이상 지정, 관리하도록 규정하고 있다(법 제6조의2). 따라서 대부분 소규모의 연구활동종사자에 의해 운영되는 대학 내 개별 연구 실험실 또는 중소기업 연구 실험실에는 적용되기 어려운 측면이 있으며, 별표 2에서 요구하는 안전환경관리자의 자격기준이 전문 자격 또는 경력을 가진 자로 규정되어 있어 체계적이고 능동적인 이행이 어렵다.

(2) 연구실 안전관리에 관한 주요 규정

법 제2장에서는 연구 실험실 안전조치에 대한 내용을 다루고 있는데, 주로 사고예방을 위한 사전예방주의적 성격의 규정들이며 연구주체의 장이 규정을 이행할 주 의무자이다. 각 개별 연구실에서의 사고예방 및 안전관리를 위해 연구주체의 장은 연구실 책임자를 지정해야 하며, 해당 지정자는 연구실 내에서의 교육, 연구실안전관리담당자 지정 및 사전유해인자위험분석 실시 의무를 하도록 규정되어 있다(법 제5조의2). 2015년 7월부터 시행되고 있는 사전유해인자위험분석 제도는 연구실 책임자로 하여금 연구개발활동을 개시하기 전 해당 연구실의 안전 현황과 유해인자 별 위험분석, 안전 계획 및 비상조치계획이 포함되도록 실시 의무를 신설한 조항이다. 그러나 개별 연구실 책임자 또는 안전관리담당자에 의해 자체 수행되는 점으로 인해 관련 지식과 이해 부족, 본래 연구개발활동 업무 등으로 인해 수행의 효율성 확보가 어렵다.

연구 실험실은 법 제8조 및 제9조의 규정에 따라 일정 주기 마다 안전점검 및 정밀안전진단을 실시해야 하나, 법 조문에 의해서는 연구실 특성에 맞는 구체적인 점검 기준이 명확하지 않다. 안전점검의 종류와 실시에 관한 규정은 동법 시행령 제7조에서 일상점검(주1회), 정기점검(년1회) 및 특별안전점검(필요시 수시)으로 구분한다. 정밀안전진단의 경우 시행령 제9조의 규정에 의해 매2년마다 1회 이상 실시되어야 하는데, 대상은 화학물질관리법에 따른 유해화학물질 취급 연구 실험실, 산안법에 따른 유해인자 취급 연구 실험실 및 과학기술정보통신부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구 실험실이며, 실시 요건 자격을 갖춘 연구주체의 장이 직접 수행하거나 대행기관에 의뢰하여 실시할 수 있다. 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시하지 않거나 부실하게 수행함으로써 연구실과 공공의 위험을 야기했을 경우 5

년 이하의 징역이나 5천만원 이하의 벌금형에 가할 수 있으며(법 제22조 벌칙), 실시하지 않았거나 불성실하게 수행했을 경우 2천만원 이하의 과태료를 부과할 수 있다(법 제25조 과태료).

(3) 기타 주요 규정

법 제13조에서는 연구 실험실의 안전점검 및 정밀안전진단에 소요되는 비용을 해당 대학이나 연구기관 등이 자체 확보, 부담하도록 함은 물론, 연구개발과제 수행을 위한 연구비 책정 시 반드시 안전관련 예산에 대해 연구주체의 장으로 하여금 책정하도록 규정하고 있다. 연구활동종사자에 대한 보험가입 조항(제15조)에서는 연구실 내 안전사고로 인해 종사자의 상해 또는 사망에 대비하여 미리 개별 종사자를 피보험자 및 수익자로 하여 보험에 가입을 의무화 하고 있다. 보험 가입의 대상자에서 산업재해보상보험법, 공무원재해보상법, 사립학교교원 연금법 및 군인연금법에 따라 보상을 받을 수 있는 연구활동종사자를 제외된다(시행령 제15조). 연구주체의 장이 보험가입을 하지 않았을 경우에는 2천만원 이하의 과태료를 부과할 수 있도록 규정하고 있다(법 제25조 과태료).

연구 실험실 내 안전성 확보와 사고예방을 위해 연구활동종사자에 대해 교육 및 훈련과 건강검진을 실시해야 한다(법 제18조). 연안법 시행규칙 제9조의 별표 2에서 교육훈련에 대한 법정 교육 시간과 내용이 규정되어 있는데, 신규, 정기, 특별안전교육훈련으로 구분하여 대상에 따라 각각 의무 참여 시간이 일회성, 반기 또는 연간으로 구분하고 있다. 신규 교육훈련의 경우 근로자와 근로자가 아닌 자로 구분하여 근로자의 경우 대상에 따라 4시간 또는 8시간 이상으로, 근로자가 아닌 자의 의무 교육시간 2시간 이상에 비해 이수 시간이 많았다. 정기 교육훈련은 시행령 제7조와 9조의 내용에 따라 저위험 연구실 종사자는 연간 3시간 이상, 고위험연구실 종사자(유해화학물질, 유해인자, 독성가스 취급)의 경우 반기 별 6시간 이상 교육훈련을 받도록 규정하고 있다. 특별안전교육훈련은 연구실 내에서 사고가 발생하였거나 발생 우려가 있는 연구실에 대해 일시적으로 2시간 이상 실시할 수 있다. 또한, 연구주체의 장은 과학기술정보통신부령에 따라 인체에 치명적인 위험물질이나 바이러스 등에 노출될 위험이 있는 종사자에 한해 정기적 건강검진을 받을 수 있도록 조치해야 한다. 건강검진은 일반건강검진과 특수건강검진으로 구분하며, 산안법 조

항을 준용하여 산안법 시행규칙 별표12의2에 명시된 유해인자를 취급하는 종사자의 경우 매년 특수건강검진을 받도록 의무화하고 있다. 2020년부터 개정, 시행되는 과학기술정보통신부령에서는 부상이나 질병의 정도에 관계없이 부상자나 질병에 걸린 사람의 인원수 기준으로 판단하여 경미 사고가 중대 사고로 분류되지 않도록 3일 이상의 입원을 판단 기준으로 추가하여 부담을 경감시키도록 하였으며, 의료비 부담능력이 부족한 연구활동종사자에게 요양급여를 미리 지급할 수 있도록 보호 조치를 강화하였다. 교육훈련과 건강검진을 실시하지 않았을 경우, 1천만원 이하의 과태료를 부과할 수 있도록 하고 있다.

2) KOSHA 실험실 안전보건 기술지침(technical guide)

산안법에서는 안전보건 수준 향상을 위한 최소 수준의 규정들을 기술하고 있는 반면, KOSHA에서 제공하는 기술지침(KOSHA Guide)은 법적 구속력은 없으나 안전보건 수준 향상을 위해 개별 실험실에서 이행할 수 있는 행동지침에 대해 기술하고 있다. 2020년 5월 현재 약 1,300여 개의 기술지침이 제정되어 있으며, 이중 실험실 안전보건분야와 직접적 연관이 있는 지침으로, “실험실 안전보건에 관한 기술지침(G-82-2018)”, “화학물질을 사용하는 실험실 내의 작업 및 설비안전 기술지침(P-76-2011)”, “생물안전 1,2등급 실험실의 안전보건에 관한 기술지침(W-3-2015)”, “생물안전 3등급 실험실의 안전보건에 관한 기술지침(W-21-2015)”이 있다(KOSHA, 2020)(Table 1).

연구 실험실 내 일반적인 안전보건에 관한 사항에 기술하고 있는 “실험실 안전보건에 관한 기술지침”은 산업안전보건법에 의해 사업장에 부속된 실험실에서 취해야 할 안전보건수칙에 대한 내용을 담고 있는데, 국가 연구기관의 부속 실험실과 학교 또는 공공단체 등의 연구 실험실에서도 적용가능하도록 하고 있다. 법과는 달리 지침에 기술된 내용은 연구 실험실 종사자들이 기본적으로 따라야 할 권고 수준의 안전보건에 관한 수칙이 비교적 쉽게 이해 가능하도록 기술되어 있다. 즉, 일상 활동 중에서 전기, 방사선, 폭발 등 물리적 위험인자와 화학물질에 의한 안전사고 또는 건강피해 예방을 위한 사전예방적 행동 수칙과 안전보건 설비(시설) 또는 장비의 유지관리 방법, 긴급 사고 발생 시 취해야 할 행동수칙 등 전문지식이 요구되는 기술적(technical) 내용보다는 일반 종사자들도 전문지식 없이 쉽게 이행할 수

있는 내용들을 담고 있다(Table 2). 생물학적 위험인자의 경우 앞서 언급한 바와 같이 생물안전실험실에 대한 별도의 독립된 기술지침에서 설계, 운영, 관리 및 사고 시 조치에 대한 내용을 다루고 있다. 특히, 화학물질을 사용하는 연구 실험실의 경우 작업 방법과 관련 설비 안전에 대한 내용을 별도의 지침(P-76-2011)에서 기술하고 있다. 해당 지침에서는 우선 실험실의 위험등급을 인화성 액체나 가스의 취급 량에 따라 A, B, C, D 등급으로 분류하고 있으며, 이에 따라 실험실이 갖추어야 할 구조에 대한 설계 방법과 방화 대책, 실험실 내 환기시설, 화학물질의 저장, 취급 및 폐기물 처리에 관한 전반적인 행동 수칙을 기준 별로 상세히 기술하고 있다.

2. 독일의 연구 실험실 안전보건 관리를 위한 주요 규정

1) 관련 법규

우리나라의 연안법과는 달리 독일에서는 연구 실험실에서의 안전보건 전반을 다루는 독립 법령은 따로 존재하지 않는다. 따라서 직업안전보건법(Arbeitsschutzgesetz, ArbStättV), 화학물질관리법(Chemikaliengesetz, ChemG), 유해화학물질시행령(Gefahrstoffverordnung, GefStoffV), 생물안전규제법(Biostoffverordnung, BiostoffV), 산업안전규정(Betriebssicherheitsverordnung, BetrSichV), 유전공학안전법(Gentechnik-Sicherheitsverordnung, GenTSV), 방사선방호법(Strahlenschutzgesetz, StrlSchG), 청소년 노동보호법(Jugendarbeitsschutzgesetz, JArbSchG), 출산보호법 Mutterschutzgesetz (MuSchG) 등 관련 법령을 차용하여 연구 실험실의 안전보건 관리에 적용할 수 있도록 하고 있다(Table 1).

2) 독일재해보험조합 지침서

독일재해보험조합(DGUV)의 “Working Safely in Laboratories - Basic Principles and Guidelines (DGUV Information 213-851)”는 지난 수십년 간 “Guidelines for Laboratories(TRGS-526)”으로 출간되었던 실험실 안전보건 규정을 개정하여 2017년부터 공개하고 있는데, 최신 실험실 내 환경과 규제 동향을 충분히 고려하여 반영한 최신 지침이라 할 수 있다. 우리나라 기술지침과 독일 기술지침서에서 다루는 주요 내용 비교는 Table 2에 나타내었다. 이 지침은 일반적인 사항과 더불어 위험성 평가와 종사자에 대한 보호 조치에 대한 내용을 중심으로 이루어져 있으며, 각 세부 사항에서 참고할 수 있는 최신 문헌들을 각론에서

Table 2. Comparison of main contents between Korean and German technical guides

| Section | KOSHA Guide(No. G-82-2018) | DGUV 213-850/851 |
|---|--|--|
| General | <ul style="list-style-type: none"> • Terminological definition • Scope of application | <ul style="list-style-type: none"> • Scope of application • Description of application and relevant regulations |
| Behavioral action rules | <ul style="list-style-type: none"> • Health & safety codes of conduct in the laboratories • Emergency action on accidents • Action rules for handling hazardous substances • Safety measures for hazardous substances • Safety actions for experimental devices • Waste disposal • Disposal of radiation waste • Safety actions in mechanic or physical laboratories • Safety actions for handling hazardous devices • Electrical safety • Radiation safety | <ul style="list-style-type: none"> • Generally valid operating instructions(general principles for lab works; PPE; hygiene; first aids and occupational medicine; safety actions for handling hazardous substances; work with flammable materials; work involving large quantities of hazardous materials; open evaporation; bans on manufacture and use; waste management; cleaning; activities of external personnel in laboratories; notifying the authorities) • Special operating instructions(work involving spontaneously flammable materials; work involving peroxide-forming liquids; work involving explosive materials; dealing with ionizing radiation; drying of solvents; working with evacuated equipment; working with CMRs; operation of apparatus and equipment) |
| Guidelines for safety devices or facilities (technical protective measures) | <ul style="list-style-type: none"> • Laboratory booth • Storage cabinet for hazardous substances • Washing device • Showering device • Fire protection facility | <ul style="list-style-type: none"> • Workplace design(area; displacement, etc.) • Operating safety devices • Work on safety devices • Ergonomic design for laboratory facilities • Fire protection |
| Risk assessment | <ul style="list-style-type: none"> • Commitment according to OSH Act | <ul style="list-style-type: none"> • Procedures • Obtaining information • Determining exposure levels • Special features of laboratories • Consideration of by-products and new materials • Substitution of hazardous materials • Employment restriction • Documentation |
| Annex | <ul style="list-style-type: none"> • N/A | <ul style="list-style-type: none"> • Annex 1: Sample escape and rescue plan • Annex 2: Sample hand and skin protection plan • Annex 3: Laboratory inspections • Annex 4: Simplified labelling of laboratory containers • Annex 5: Criteria for expert laboratory design under consideration of occupational safety and health and environmental protection • Annex 6: Bibliography |

Abbreviations: KOSHA, Korea Occupational Safety and Health Agency; DGUV, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung(The German Social Accident Insurance Institution); PPE, personal protective equipment; CMRs, carcinogens, mutagens, reproductive toxicants; OSH Act, Occupational Safety and Health Act; N/A, not available

제시함으로써 지침 내용 관련 지식이나 정보를 쉽게 취득할 수 있도록 하고 있다. 단, 본 지침에서는 물리 화학적 유해인자를 취급하는 연구 실험실에 대해서만 적용이 가능하며, 생물학적 제제에 대해서는 별도의 지침이 마련되어 있다(Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe “Schutzmaßnahmen für gezielte und nicht gezielte Tätigkeiten mit

biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien”; TRBA-100). 독일의 DGUV-223-850(851)에서 규정하고 있는 주요 내용은 다음과 같이 요약하였다.

(1) 적용범위와 일반 지침

DGUV-223-850 지침이 적용될 수 있는 대상 유해인자는 유해화학물질시행령(GefstoffV) 제2장 제3조에

따른 유해물질과 폭발성 물질, 이를 취급할 때 발생할 수 있는 물질 또는 제품, 기타 연구 실험실 종사자의 안전보건을 위협할 수 있는 물질과 작업장 노출 한계가 설정된 모든 물질에 대해 적용된다. 특히, 본 지침에서도 Table 1에 기술된 관련법을 같이 준수할 것을 명시하고 있다. 연구 실험실은 관련 규정과 최신 기술에 따라 설계, 운영되어야 하며, 위험물질을 취급하는 종사자의 활동에는 구조적, 기술적, 조직적 수준의 구체적인 보호조치가 필요하도록 규정하고 있다. 이는 위험성 평가 결과에 따라 파악한 위험에 대한 조치를 반드시 취해야 하며, 보호조치의 우선순위에 있어서도 조직 또는 개인적 보호조치(예, 개인보호장비)보다 기술적 보호조치가 우선한다.

(2) 위험성 평가 관련 지침

유해화학물질시행령(GefstoffV) 제7장 제5조의 규정에 따라 유해물질을 취급하는 실험실에 대해서 위험성 평가(risk assessment)를 실시해야 하는데, 이 때 환경 보호에 관한 사항도 고려해야 한다. 또한 실험실에 상주하는 장애인에 대한 별도의 위험성 평가 계획 및 방법이 수립되어야 한다는 규정과 청소년이나 가임기 여성, 임산부에 대한 고용 제한 규정을 통해 취약계층에 대한 배려 의지를 엿볼 수 있다. 지침 제3장에는 위험성 평가에 대한 기준과 절차가 상세히 기술되어 있다. 특히, 복수 이상 위험요인의 상호작용으로 인해 위험도가 증가될 우려가 있는지 확인해야 하며, 이에 따라 이미 마련되어 있는 보호조치가 증가된 위험도에 의한 영향으로부터 보호할 수 있는 조치인지 확인하는 절차를 거쳐야 한다는 점을 규정하고 있다. 제3장 제3절에서는 노출 평가에 관한 사항 내용이 규정되어 있는데, 고위험이 예상되는 경우 공인된 측정시험방법을 이용하여 해당 실험실에 대해 노출 평가를 실시해야 한다. 또한 발암성, 변이원성, 생식독성물질(carcinogens, mutagens, reproductive toxicants, CMRs) 등 독성 물질을 취급하는 실험실에서는 취급 절차와 사용량에 대해 표준을 정하고 있다(표준 실험실). 표준 실험실 내에서의 고독성 물질은 최대 수량을 정해 해당 취급 물질에 의해 발생할 수 있는 잠재적 위험을 조정할 수 있다. 예를 들어, 액체의 경우 최대 2.5 L(고형물은 1 kg), 액체 상태의 CMR 물질은 각 0.5 L, 고독성 액체는 0.1 L 등으로 최대 사용 가능 수량을 정하고 있다.

위험성 평가에서는 물질 간 반응 부산물과 유해물질 대체에 관한 지침 내용이 기술되어 있다. 즉, 실제 취급되는 물질 외 정상적인 반응 또는 예상치 못한 반응에 의해 생성 가능한 반응생성물을 위험성 평가에 포함, 그리고 적절한 보호조치가 이루어질 수 있도록 하고 있으며, 독성이 알려지지 않은 새로운 물질을 취급할 때에도 동일한 조치가 이루어져야 한다(예, 나노 소재). 유해물질의 대체는 대체가 가능한 재료와 그렇지 않은 재료에 대한 종류와 절차를 기술하고 있으며, 대체 물질에 대한 관련 추가 정보를 참고할 수 있도록 문헌 정보들을 함께 제시하고 있다.

(3) 일반 및 특별 운영 지침

지침서 제4장과 제5장에서는 연구 실험실에서 이루어지는 작업 또는 활동에 대해 연구자들이 준수해야 할 일반적인 운영 지침과 특히 위험한 물질을 취급하는 특수 상황에서의 운영지침을 구분하여 규정하고 있다. 먼저 일반 운영 지침은 우리나라 KOSHA의 실험실 안전보건 기술지침과 내용적으로는 비슷하다. 실험실 내에서 종사자의 안전보건 확보를 위해 기본적으로 준수해야 할 내용을 다루고 있는데, 작업 또는 활동 중의 안전보건수칙과 개인 보호를 위한 장비 착용과 유지에 관한 사항, 화재 및 폭발 예방, 유해화학물질 노출을 최소화 하기 위한 안전작업방법과 사고시 대처방안(응급처치 및 사고처리, 보고), 실험실 관리방법과 절차(유해물질 보관, 취급, 폐기까지의 전 단계) 등이 주요 골자이다. 우리나라 지침과는 달리, 종사자들의 작업의 효율성과 집중을 향상시키기 위한 실험실내 인체공학적 설계 방법과 소음과 조명, 피로 예방을 위한 디스플레이 설계, 온·습도 환경 등 상세한 부분까지 지침에서 제시하고 있다.

특별 운영 지침은 자연발화물질 과산화물 형성 물질, 폭발성 물질과 방사선, CMR 물질 등 위험한 물질을 다루는 실험실 내 활동과 실험실 내 장비 사용법에 관한 내용에 대해 규정한다. 해당 위험 물질로 인해 발생할 수 있는 현상과 함께 적절한 보호조치에 대해 기술하며, CMR 물질을 취급할 경우에는 반드시 유해화학물질시행령(GefstoffV)에 따라 환경 측정을 수행할 것을 명시하고 있다. 장비 사용법의 경우에도 실험실 내에서 사용되는 장비를 세분화하여 각 개별 장비 사용 시 발생할 수 있는 물리화학적 위험을 예방할 수 있도록 상세하게 규정되어 있다(Table 2).

(4) 기술적 보호조치에 관한 지침

기술적 보호조치(technical protective measures)는 실험실 안전보건확보를 위해 가장 우선적으로 취해야 할 방안이다. 잘못 설계된 실험실 환경은 곧 사고 위험을 높이고 휴먼 에러의 발생 빈도를 높이는데 기여할 수 있다. 본 지침에서는 실험실 내 위험으로 인한 사고 예방과 종사자의 건강보호를 위해 실험 시설과 장비에 취할 수 있는 기술 또는 공학적 대책에 대한 방법을 다루고 있다. 본 지침에서의 기술적 보호조치는 실험실 배치와 작업 영역, 물질 공급 라인과 비상 시설, 기타 전기 장비와 기구의 기준에 대해 구체적인 권고 수치를 제시하여 상세히 규정하고 있다. 또한 각론에서 규정 기술과 함께 연구활동종사자들의 이해를 돕기 위해 시각 자료를 제시함으로써 실험실에서의 기술적 보호조치에 쉽게 활용할 수 있도록 제공하고 있다.

IV. 고 찰

연구 실험실은 복잡 다양한 유해인자와 이를 취급하는 여러 활동이 수반됨으로 인해 다양한 유형의 안전사고가 발생할 수 있는 위험 공간이라 할 수 있다. 과거 국내외에서 보고되었던 사고 사례를 참고했을 때, 외적 인명 피해의 규모나 심각성이 일선 산업현장에서 발생한 대형 안전사고에 비해 중대성(severity)이 떨어지는 것이 사실이다. 그러나 연구 실험실의 특성 상 고학력 인력의 종사 비율이 크다는 점을 고려했을 때, 인적 손실에 의한 국가적 피해도 결코 가볍게 볼 수 없는 문제일 것이다. 따라서 국내 연안법의 제정 목적에서도 연구 자원을 효율적으로 관리하고, 국가 과학기술 연구 및 개발활동 활성화를 위함임을 명시하고 있다.

본 연구에서 우리나라와 독일에서의 연구 실험실 안전보건관련 규정 및 지침을 비교한 결과, 우리나라의 연안법의 내용은 대부분 연구주체의 장이 관리의 의무 주체로 되어 있어, 능동적인 안전보건 관리가 이루어지기 어려운 구조이다. 그리고 구체적인 관리 기준과 절차가 타 법을 준용하는 부분이 많아 환경의 복잡성과 가변성을 고려했을 때 연구 실험실 특성에 맞는 이행이 어려운 상황이다. 우리나라 현행 연안법에서 개선이 요구되는 부분은 타법과의 중복성(모호성)과 세부 이행 기준에 대한 규정에 관한 것이라 할 수 있는데, 이는 현장 전문가들도 지적하는 부분이다. Woo et al.(2019)은 델파이(delphi) 기법을 이용하여 연구 실험실의 안전보건

관리를 담당하는 현장 전문가들의 의견을 토대로 현재 우리나라 연안법의 문제점을 파악하였다. 연안법 적용 시 현장 전문가들은 연안법의 적용 범위와 산안법 등 타법과의 중복 적용의 문제점, 연안법에 대한 이해도 부족이 현 제도에서 가장 개선되어야 할 문제로 인식하고 있었다. 또한, 연구 실험실의 안전점검 및 정밀안전진단 수행에 있어서는 점검 및 진단 지침 세부 규정의 필요성, 비용 문제 및 등급제의 모호성에 대한 문제를 지적하였다. 안전보건 관리를 위한 자체 규정을 가지고 있기 보다 대부분 산업안전보건법을 비롯하여 산업현장에 적용되는 여타 관련 법규들을 준용하는 경우가 많은데, 유해인자 취급 형태와 활동 패턴 자체가 산업현장과는 현저히 다른 연구실 특성과 연구 환경의 다변화 등을 고려했을 때, 연구실 상황에 맞는 절차와 규정 마련이 필요할 것으로 보인다.

독일의 경우에는 단일 법령 없이 여러 관련 법들을 동시에 준용함으로써 엄격한 규제 관리가 시행되고 있다. 또한 독일의 실험실안전보건을 위한 지침에는 우리나라 기술지침과는 달리 안전보건 확립을 위한 기준과 절차가 쉽고 자세하게 규정되어 있어, 실험실 구성원에 의한 능동적 안전보건 관리 활동이 가능하도록 하고 있으며, 실험실의 설계 단계부터 운영까지 기술적(공학적) 보호조치를 고려하도록 구체적인 규정을 제시하고 있는 점은 우리나라 제도에서도 사전예방적 조치의 강화를 위해 필요한 부분이라 판단된다. 또한, 개별 해당 내용에 대한 관련 법규와 참고 가능한 정보들이 제시되어 있어 활용의 확장성이 높은 장점도 있다.

무엇보다 양국 간 법/지침에서 다루고 있는 규정 중 중요한 차이점은 위험성 평가와 보호조치에 관한 규정의 차이라 할 수 있다. 우리나라의 경우 연안법 제5조의2 규정에 의해 과학기술정보통신부 장관이 고시하는 방법과 절차에 따라 “사전유해인자위험분석”이라는 명칭으로 위험성 평가 실시 의무를 규정하고 있으며, 독일의 경우에도 유해화학물질시행령(GefStoffV)에 따라 위험성 평가를 실시해야 한다고 규정한다. 우리나라 규정은 사전유해인자위험분석 과정에서 연구실 안전 현황을 비롯하여 개별 활동 별 유해인자의 위험 분석, 안전 계획과 비상조치 계획 수립을 중심으로 수행되도록 하고 있으나, 독일의 위험성 평가 규정에서는 평가 결과에 따라 구조적, 기술적, 조직적 수준의 구체적 보호 조치를 강구하도록 조치하고 있어 더욱 명확하고 구체적인 규정을 두고 있다. 즉, 평가 대상을 연구실을 포함하여 외

부 환경 보호에 관한 사항도 고려하도록 하고 있으며, 타법을 적용하여 취약계층 보호 규정을 제시하고 있다. 또한 복수 이상의 유해인자의 상호작용(물질 간 반응)과 대체 물질로 인한 위험 증가에 대해 기존에 마련된 조치로 보호 가능한지 여부를 재확인해야 한다. 우리나라의 실험실 안전보건 기술지침에서는 일반적인 실험실 안전보건 관리와 운영에 대한 사항을 기술하고 있는데, 이는 독일의 일반 운영 지침의 내용과 대동소이하다. 그러나 독일의 규정에서는 고 위험성 유해인자에 대해서는 별도로 특별 운영지침을 두어 위험을 사전에 관리할 수 있도록 하고 있다는 점이 특이하다. 특히, 표준실험실의 기준을 정하여 고 위험성 유해인자 취급량에 대한 정량적 기준(최대 취급 기준)을 제시함으로써 잠재적 위험을 조정 가능하도록 하고 있으며, 나아가 유해화학물질시행령(GefStoffV)에 따라 환경 측정도 반드시 수행하도록 의무화 하고 있다는 점이 국내 규정과는 비교되는 특징이라 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 연구 실험실에서의 안전보건 관리를 위한 국내 주요 규정과 유럽 연합국 중 독일의 실험실 안전보건 관련 규정을 비교함으로써 주요 차이점을 도출 하였다. 우리나라는 독립 법령인 연안법을 중심으로 규제 중심의 안전보건 관리가 이루어지도록 하는 형태인 반면, 독일의 사례에서는 강제성이 있는 규제 보다는 기술지침을 통해 연구활동종사자들이 주도적으로 안전보건활동을 수행할 수 있도록 하고 있다. 양국 간 법/지침에서 보이는 가장 큰 차이점은 위험성 평가(사전유해인자위험분석)와 보호조치에 관한 규정인데, 특히, 취약계층 보호와 고 위험성 유해인자에 대한 특별 운영 및 보호조치에 대한 구체적 기준을 명시함으로써 연구 종사자들의 능동적 이행이 가능하도록 하고 있는 점이 우리나라와는 구분되는 특징이었다. 우리나라와 같이 법에 의한 정부의 규제와 최소한의 법적 요건 충족을 위한 타율적 안전보건활동만으로는 근본적인 문제해결과 개선이 이루어지기 어렵다. 따라서, 독일의 사례에 비추어 국내 제도에도 실험실 안전보건 관리규정에 대한 구체적이고 명확한 기준을 제시함으로써 실험실 내 연구 종사자들의 능동적 안전보건 관리활동을 장려할 수 있는 장치가 마련될 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2019R1A6A3A03033990).

References

- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung(DGUV, The German Social Accident Insurance Institution). Working safely in laboratories – Basic principles and guidelines (DGUV 213–850/851). 2017. [Accessed on 13 April 2020] Available from: <https://www.bgrci.de/fachwissen-portal/topic-list/laboratories/guidelines-for-laboratories/>
- Hong HD, Cho ES. A study on the factors affecting the status and achievement of laboratory safety management. *Korean Public Manage Rev* 2018; 32(4):227–249.
- Health and Safety Executive(HSE). Annual Statistics: Health and safety statistics in the United Kingdom, 2019 - Comparison with the European Union. 2019. [Accessed on 12 April 2020] Available from: <https://www.hse.gov.uk/statistics/>
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Technical guidance. 2020. [Accessed on 13 April 2020] Available from: <http://www.kosha.or.kr/>
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Technical guide for laboratory safety and health. 2018. [Accessed on 13 April 2020] Available from: <http://www.kosha.or.kr/>
- Lee TH, Lee DJ, Park JD, Shin CH. Study for the characteristics analysis of laboratory chemical accidents. *Fire Sci Eng* 2016;30(3):110–116. DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2016.30.3.110>
- Ministry of Science and ICT(MSICT). The Act on the Establishment of Safe Laboratory Environment. 2018. [Accessed on 30 March 2020] Available from: <http://www.law.go.kr/>
- Olewski T, Snakard M. Challenges in applying process safety management at university laboratories. *J Loss Prev Process Ind* 2017;49:209–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.06.013>
- Schröder I, Huang DYQ, Ellis O, Gibson JH, Wayne NL. Laboratory safety attitudes and practices: A comparison of academic, government, and industry researchers. *J Chem Health Saf* 2016;23(1):12–23. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.chas.8b23106>
- Statistisches Bundesamt(DESTASIS). Statistics for

Education, Research and Culture: Research and Development. 2020. [Accessed on 12 April 2020] Available from: <https://www.destatis.de/>

Statistics Korea(KOSTAT). Korean Statistical Information Service: Statistical Database. 2019. [Accessed on 5 December 2019] Available from <http://www.kosis.kr/>

University News Network(UNN). News Article: Is the university a blind spot for safety? Safety accidents in universities has exceeded 30,000 in 5 years. 2019a. [Accessed on 12 April 2020] Available from: <http://news.unn.net/>

University News Network(UNN). News Article: Safety accidents in the university laboratories has increased 1.6 times for last 4 years. 2019b. [Accessed on 12 April

2020] Available from: <http://news.unn.net/>

Woo IS, Hwang MH, Lee HJ. A study on the system and operation of laboratory safety inspection and diagnosis. J Korean Inst Gas 2019;23(2):45-54. DOI: <https://doi.org/10.7842/kigas.2019.23.2.45>

Yang Y, Reniers G, Chen G, Goerlandt F. A bibliometric review of laboratory safety in universities. Saf Sci 2019;120:14-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.06.022>

<저자정보>

박지훈(박사후연구원), 성백경(선임연구원), Matthias Oliver Altmeyer(실험실안전관리자), 김용준(단장)