

연구실 위험분석을 위한 사전유해인자 가이드 Tool 개발 연구

최 병 규* · †이 광 원**

*호서대학교 안전환경기술융합학과

**호서대학교 안전공학과

A Study on Development of Pre-Hazards Risk Analysis Guide Tool

Byeong Kyu Choi* · †Kwang Won Rhie**

*Department of Convergence Technology for Safety and Environment, Hoseo University,

**Department of Safety Engineering, Hoseo University

Abstract

The Ministry of Science, ICT and Future Planning made law for Pre-Hazard Risk Analysis in December 31, 2014 to protect researchers from continuing accidents in laboratory. Conducted before an experiment, Pre-Hazard Risk Analysis finds hazards of the experiment and rules to manage the hazards. So the Pre-Hazard Risk Analysis can support laboratory safety system by prevent accidents in laboratory. Pre-Hazards Risk Analysis is newly created system so that executors need Guidelines to perform this analysis properly. This study is to develop guide tool for Pre-Hazard Risk Analysis by analyzing other risk assessment systems; PSM, Off-site Consequence Assessment, laboratory safety system. Also, this study suggested how to establish database for Pre-Hazard Risk Assessment by analyse KRAS.

Keywords : laboratory safety, pre-hazard risk analysis, KRAS, safety D/B

1. 서 론

우리나라의 일반적인 산업 현장에서의 안전 관리는 1962년 근로안전관리규칙이 공포된 이후 시작되었고 본격적인 산업화 및 중화학 공업의 성장으로 산업안전보건법이 제정된 1981년 이후 본격화 되었다. 그럼에도 불구하고 연구실 안전에 대한 관심은 1996년 산업안전보건법에서 연구소에 대한 정부 지원 방안을 마련하기 전까지 전무한 상황이었다.1) 이는 비단 우리나라만의 현상이 아니었는데, 산업안전보건법의 시초이며 200여 년의 역사를 가진 영국의 공장법도 1961년부터

일반 산업 현장에 연구소를 포함하였으며2) 작업장안전보건법(HSWA)이 1974년 제정 시 산업 연구소에 대학을 포함하여 적용하기 시작하였다. 미국의 경우 1990년 작업장안전보건법(OSHA)에 유해화학물질을 사용하는 연구실의 연구 활동 종사자를 포함하는 규제 가이드라인을 제공하기 시작하면서 본격적으로 연구실 안전에 관심을 갖기 시작하였다.3) 이러한 경향은 연구실이 일반 산업 현장에 비해 소규모이며 상주 인원이 적기 때문이었으나, 산업 발전에 따라 다양한 위험물질과 실험 장비를 일반 연구실에서도 사용하기 시작하면서 그 위험과 실제 사고가 증가하자 법적 규제로서 안

† "This research was supported by the Academic Research fund of Hoseo University in 2015" (2015-0341)

† Corresponding Author : Kwang Woon Rhie, Department of Safety Engineering, Hoseo University, 20, Hoseo-ro79beon-gil, Baebang-eup, Asan-si, chungcheongnam-do, Republic of Korea 31499, Tel : +82-41-540-5269, E-mail : kwrhie@hoseo.edu

Received April 20, 2015; Revision Received May 11, 2015; Accepted June 11, 2015.

전 관리를 시작하였다.

우리나라는 증가하는 연구실 안전사고를 관리하기 위해 2005년 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”을 제정하여 이듬해 시행되었으며, 4) 2014년 개정을 통해 사전유해인자위험분석을 실시하도록 하였다. 사전유해인자위험분석은 연구실에서 실험을 실시 전에 실험에 잠재되어있는 유해인자를 도출하여 도출된 유해인자에 대한 배제, 관리 및 교육을 통하여 사고발생을 미연에 방지하고 사고발생시 사고대응기관에 신속한 정보 전달 등으로 사고확대 방지를 목적으로 실시하기 때문에 연구실 안전관리 체계 구축에 큰 도움이 될 수 있는 제도인 것으로 사료된다. 5) 그러나 사전유해인자위험분석은 연구실에서 최초로 위험성평가를 실시하는 제도로서 연구실 책임자와 연구활동종사자가 위험성평가에 대한 사전지식이 없이 작성하기 어려우며, 관련 전문인력의 부재로 인해 본 제도가 효과적으로 정착하기 위해서는 사전유해인자위험분석에 대한 교육프로그램 및 보고서 작성을 도와줄 수 있는 가이드북 또는 가이드 툴 등을 개발하여 보급할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 국내 사업장의 자율안전관리체제를 위해 도입된 공정안전관리 제도와 장외영향평가서, 위험성평가 제도와 현재 수행되고 있는 연구실 안전관리 제도에 대해 분석하였다. 또한, 사업장 자율안전관리를 위해 개발 및 보급되고 있는 위험성평가 지원 시스템(KRAS)과 장외영향평가 작성지원 범용프로그램에 대해 분석하고 사전유해인자위험분석에 대해 분석함으로써, 구축되어야 할 D/B를 수립하고 실제로 연구개발 활동에 적용시켜 한계점을 도출하였다. 이에 따른 보완점을 제시하여 추후 연구실의 자율적 안전관리제도인 사전유해인자위험분석의 가이드 툴 개발 방향을 제안하고자 한다.

2. 이론적 배경

연구실의 유해인자는 화학물질, 생명체, 기계·기구, 환경적·물리적 요인 등 분야를 막론하고 다양한 유해인자를 취급하기 때문에 이에 대한 정보 기록 및 숙지가 중요하다. 또한, 연구실 내 수행 되어질 연구개발활동에 대해 적절한 연구절차를 수립하여 연구 단계별 잠재되어 있는 유해인자에 제거 및 제어해야 한다. 이에 2018년 1월부터 시행될 예정인 연구개발활동안전분석(Research & Development Safety Analysis, R&DSA)을 수행하여 한다. 연구실 내 유해요인이 도출되면 이를 제거 및 제어를 위한 안전계획 수립단계와, 사고발생 시 사고 피해 확대를 방지하기 위한 비상

조치계획을 수립하여야 한다. 이와 같은 점을 고려하여 사전유해인자위험분석은 연구개발활동 시작 전에 실시하여야 하며, 연구주체의 장을 포함한 모든 연구활동종사자가 합의하에 수행되어야 한다. 즉, 사전유해인자위험분석은 연구실내 존재하는 유해인자를 파악하는 연구실 안전현황 분석단계와 R&DSA를 활용하여 각 연구개발활동에 잠재되어 있는 유해·위험인자를 발굴하는 연구개발활동별 유해인자 위험분석단계, 연구실 안전계획을 수립하는 단계, 비상조치계획을 수립하는 단계로 크게 4단계로 나누어져 있다.

[Figure 1] Procedure of pre-hazard analysis



사전유해인자위험분석은 현행 연구실 안전관리 제도인 안전점검과 정밀안전진단의 한계인 하드웨어적 한계를 벗어나 연구실 내 유해인자와 R&DSA를 활용한 연구 수행 중 인적 오류로 인한 사고 요인 등을 평가할 수 있어, 결과자료를 활용한 단위 연구실 내 자체 안전교육자료로 사용 할 수 있으며 연구실 내 다양한 유해인자로부터 체계적인 안전관리방안을 모색할 수 있다.

3. 취급유해인자 B/D 개발

현재 사전유해인자위험분석은 안전전문지식이 부족한 일반인이 작성하기에는 적용하고 있는 유해인자의 종류가 매우 방대하며 기록해야 할 세부 내용 또한 일반인들에게 생소한 내용이다. Table 1과 같은 유해인자를 연구실 내에서 취급하는 경우 사전유해인자위험분석을 실시하여야 하며, 추후에는 모든 연구실에 확대 적용할 예정이다. 이에 사전유해인자위험분석 작성 시 연구실 내 취급유해인자에 대해 필요한 정보를 정리하였다. 6)

<Table 1> Risks in laboratories and related laws

Category	Hazards	Related regulations
Hazmat	<ul style="list-style-type: none"> - Set substance leakage threshold - Work environment measuring substance - Toxic substances to be controlled - Toxic substances to be permitted - Manufacture prohibited Hazardous substances - Toxic - Restricted Substances - Prohibited substance - Material for an accident - Observation material 	<ul style="list-style-type: none"> - Occupation safety and health acts Article 39 - Toxic chemicals control act Article 2
Gas hazard	<ul style="list-style-type: none"> - High-pressure gas - Specific gas - Inflammability gas - Toxic gas - Liquefied gas - Compressed gas 	<ul style="list-style-type: none"> - Occupation safety and health acts Article 39 - High-Pressure Gas Safety Control Act Article 2
Bio hazards	<ul style="list-style-type: none"> - High-risk pathogens - Third risk group - 4th risk group 	<ul style="list-style-type: none"> - Enforcement Regulations of the Act on the Prevention and Control of Infectious Diseases Table 1 - Genetic recombination experiment guidelines Table 2
Physical hazards	<ul style="list-style-type: none"> - Noise - Vibration - Radiation - Abnormal atmosphere - Abnormal temperature - Dust 	<ul style="list-style-type: none"> - Enforcement Decree of Industrial Safety and Health Act Article 28-6 - Industrial Safety and Health Act enforcement regulations Article 81 Clause 1 Attached table 11 2

3.1 유해화학물질

사전유해인자위험분석에서 규정하는 유해화학물질의 법적 근거는 화학물질관리법과 산업안전보건법에서 규정하는 화학물질들로 다음과 같다.

<Table 2> Legal classification of hazardous material

Toxic Chemicals Control Act	Occupation safety and health acts
Toxic	Exposure standard setting substance
Restricted substances	Work environment measuring substance
Prohibited substance	Toxic substances to be controlled
Material for an accident	Toxic substances to be permitted
Observation material	Manufacture prohibited Hazardous substances

또한, 사전유해인자위험분석에 기록해야할 유해화학물질 기본정보는 해당 물질의 고유번호인 CAS

Number와 화학물질 분류 및 표시 체계를 세계적으로 통일화 하여 위험성을 나타내는 GHS의 그림문자와 등급, NFPA(National Fire Protection Association)에서 규정하는 화학물질에 대한 보건·화재·반응성 등에 대한 등급기준인 “NFPA 심볼”에 대한 정보가 필요하며, 해당 화학물질에 대한 위험성이 필요하다. 사전유해인자위험분석을 수행하기 위해 유해화학물질에 대한 필요한 정보는 물질안전보건자료를 근거하여 Figure 2와 같이 D/B화 하였다.

[Figure 2] Database of HAZMAT

A	C	D	E	F	G	H	I
CAS No.	Material name	GHS	Health	Env	Reactivity	Specific	Risk analysis code
115-94-3	Formaldehyde	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
50-00-0	Formaldehyde	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
79-02-6	Hydrogen cyanide	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
158-94-9	Toluene-2,4-di	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
75-15-0	Carbon disulfide	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
1330-20-4	Acetone	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
75-45-2	Benzene	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
108-12-3	Oxymethylene	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
7440-02-0	nickel	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
7440-05-7	benzothiazole	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
75-01-4	vinyl chloride	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
8007-45-2	Cool tar	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
7440-43-7	Benzyl	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
101-08-4	benzidine	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
119-85-7	o-toluidine	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
134-33-7	o-naphthylamine	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
7782-06-4	hydrogen sulfide	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373
7782-18-7	hydrochloric acid	0	3	0			H225, H302, H314, H332, H334, H336, H373

활용의 용이함을 위해 유해화학물질의 CAS Number와 한글명, 영문명을 수집하고 GHS등급과 NFPA등급을 D/B화 하였으며, 해당 화학물질의 위험성은 위험분석코드인 Hcode를 활용하여 D/B화 하였다.

3.2 가스

사전유해인자위험분석에서 규정하는 가스의 법적 근거는 산업안전보건법과 고압가스 안전관리법에서 규정하는 가스들로 Table 3과 같다.

<Table 3> Legal classification of gas

Division	Gas classification
Specific gas	Enforcement Decree of High Pressure Gas Safety Management Act Article 20
High-pressure gas	Enforcement Decree of High Pressure Gas Safety Management Act Article 2
Inflammability gas	Enforcement Rule of High Pressure Gas Safety Management Act Article 2
Toxic gas	
Liquefied gas	
Compressed gas	

또한, 사전유해인자위험분석에 기록해야할 가스의 기

본정보는 해당 가스의 이름과 보유수량, 가스의 종류, 위험성이며 이 중 보유수량을 제외한 정보를 물질안전보건자료를 참고하여 Figure 3과 같이 D/B화 하였다.

[Figure 3] Database of hazardous gas

	A	B	C	D	E	F	G
1	Gas type						Risk analysis code
2	Gas Name	Specified	Flammability	Toxic	Liquefaction	High pressure gas standard	
4	Acrylonitrile(G)		0	0		>1Mpa	H225, H302, H315, H317, H330, H335,
5	Acrylonitrile(L)		0	0	0	>0.2Mpa	
6	Acetaldehyde(G)		0	0		>1Mpa	H224, H302, H315, H319, H336, H337, H370,
7	Acetaldehyde(L)		0	0	0	>0.2Mpa	
8	Sulfur dioxide gas(G)			0		>1Mpa	H280, H319, H331, H370, H372
9	Sulfur dioxide gas(L)			0	0	>0.2Mpa	
10	Ammonia(G)		0	0		>1Mpa	H220, H280, H314, H318, H331, H334, H341, H370,
11	Ammonia(L)	0	0	0	0	Specific high pressure	
12	Hydrogen(G)	0	0	0		Specific high pressure	H220, H280
13	Hydrogen(L)	0	0	0	0	Specific high pressure	
14	Fluorine(G)			0		>1Mpa	H270, H280, H319, H330, H361, H370, H372
15	Fluorine(L)			0	0	>0.2Mpa	
16	Chlorine(G)			0		>1Mpa	H270, H280, H314, H318, H330, H370, H372, H400,
17	Chlorine(L)	0		0	0	Specific high pressure	
18	Phosphine(G)		0	0		>1Mpa	H220, H280, H330, H370, H400
19	Phosphine(L)		0	0	0	>0.2Mpa	

가스는 취급 또는 저장방법에 따라 기체상태나 액체 상태로 활용할 수 있다. 사전유해인자위험분석 수행시 취급하는 가스의 종류를 분명하게 하기위해 가스의 기상상태를 구분하고, 고압가스 해당 유무를 판별하기위해 해당가스의 취급 압력 기준을 고압가스 안전관리법에 따라 D/B화하였다. 해당 가스의 위험성은 위험분석 코드인 Hcode를 활용하여 D/B화 하였다.

3.3 생물체

사전유해인자위험분석에서 규정하는 생물체는 “감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 시행규칙”에 의거하여 고위험병원체와 “유전자재조합실험지침”에 의거한 제3위험군·제4위험군이 있으며 Table 4와 같다.

<Table 4> Legal classification of Organism factors

Dvision	classification standard
High-risk pathogens	If Used for the purpose of biological terrorism or accident is leaked out, it may cause a serious risk to public health.
Third risk group	Symptoms can be serious if they are infected by researchers, but they can be prevented or treated. And an organism that may be harmful if released into the environment, but capable of healing.
4th risk group	Symptoms are very lethal and difficult to prevent or treat when they are infected by researchers. And an organism that is harmful if released into the environment and is difficult to heal

또한, 사전유해인자위험분석에 기록해야할 생명체의 기본정보는 해당 생명체의 이름과 고위험병원체 해당

여부, 제3위험군 또는 제4위험군 분류, 각 생물체가 보유한 위험성이다. 생물체의 분류는 관련법을 참고하여 분류하였으며 이에 대한 위험성은 질병관리본부의 병원체 생물안전정보집[†]을 참고하여 Figure 4와 같이 D/B화 하였다.

[Figure 4] Data base of bio hazard factors

	A	B	C	D	E
1	Organism Name	High-risk pathogen	Risk group classification 3rd risk	4th risk	Risk analysis
3	Bacillus anthracis	0	0		Skin, Respiratory, gastrointestinal
4	Bartonella bacilliformis	X	0		Oroya fever, Verruga peruana
5	Brucella spp	0	0		Anorexia, Chills, Hidrotic
6	Burkholderia mallei	0	0		Glanders, Chronic lung disease
7	Coxiella burnetii	0	0		Acute kyuel, Chronic kyuel
8	Mycobacter tuberculosis complex	X	0		Tuberculosis
9	Orientia tsutsugamushi	X	0		Scrub typhus
10	Yersinia pestis	0	0		Bubonic plague, Pneumonic pest, Blood poisoning pest
11	Lassa virus	0		0	Lymphadenohypertrophy
12	Ebolavirus	0		0	Pyrexia, Headache, Muscle pain
13	Marburg virus	0		0	Marburg fever
14	Varicella virus	0	0		Varicella major, Varicella minor
15	Rabies virus	X	0		Hydrophobia (Rabies)

3.4 물리적 유해인자

사전유해인자위험분석에서 규정하는 물리적 유해인자의 종류는 산업안전보건법 시행령 제28조의6에서 명시하는 안전검사 대상 유해·위험기계 12종(롤러기, 사출성형기, 프레스, 전단기, 크레인, 곤돌라, 리프트, 국소배기장치, 원심기, 압력용기, 화학설비 및 그 부속설비, 건조설비 및 그 부속설비)과 조립장비에 대해 산업안전보건법 시행규칙 제81조1항의 유해인자이며 Table 5와 같다.

<Table 5> Legal classification of Physical hazard factors

Dvision	classification standard
Noise	More than 85 decibels (A) noise that can cause noise-induced noise induced deafness .
Vibration	whole-body vibration such as arthralgia, disc, digestive disorder generated by using Local vibration and vehicles such as white pills, Raynaud's phenomenon, peripheral circulatory disorder such as Tools such as rock drill, hand hammer, etc.
Radiation	Electron beams such as alpha rays, beta rays, gamma rays, X-rays, and neutron rays, which have the ability to directly or indirectly ionize air or cells
Abnormal pressure	Pressure at which gauge pressure is greater than or less than one kilogram per square centimeter
Abnormal temperature	Temperature that can cause heat stroke, frostbite, skin disease due to high temperature, cold, and humidity
Dust	Fine particulate matter floating in the air
Etc	Electricity, laser, dangerous machinery, equipment(12 kinds of Article 28-6(Hazardous and dangerous machinery subject to safety inspection) of the Enforcement Decree of the Industrial Safety and Health Act, machinery and equipment (including equipment and equipment) by assembly.), etc.

[†] 병원체 생물안전정보집, 질병관리본부, 2014

또한, 사전유해인자위험분석에 기록해야할 물리적 유해인자의 기본정보는 유해인자 발생 기구명, 유해인자의 종류, 크기, 위험성으로 관련 법 및 기준을 참고하여 다음 Figure 4와 같이 D/B화 하였다.

[Figure 5] Database of physical hazard factors

A	B	C	D
Organization name	Harmful factor	Size and Occurrence	Risk analysis
Roller	Noise	85dB<	Noise-induced hearing loss, stress, headache
	Vibration	Local vibration	Valine disease, Raynaud's phenomenon, peripheral circulatory disorder
	Electric	Short circuit	Electric shock, burn
Press	Noise	85dB<	Noise-induced hearing loss, stress, headache
	Vibration	Local vibration	Valine disease, Raynaud's phenomenon, peripheral circulatory disorder
	Electric	Short circuit	Electric shock, burn
Lift	Noise	85dB<	Noise-induced hearing loss, stress, headache
	Vibration	Local vibration	Valine disease, Raynaud's phenomenon, peripheral circulatory disorder
	Electric	Short circuit	Electric shock, burn
Gondola	Noise	85dB<	Noise-induced hearing loss, stress, headache
	Vibration	Local vibration	Valine disease, Raynaud's phenomenon, peripheral circulatory disorder
	Electric	Short circuit	Electric shock, burn

3.5 안전 계획 및 비상조치계획

사전유해인자위험분석에서 규정하는 유해화학물질과 가스 유해인자는 산업안전보건법과 고압가스 안전관리법을 근거로 하고 있으며 이들에 대한 안전계획 및 비상조치계획은 물질안전보건자료를 통해 확인할 수 있다. 먼저 안전계획의 세부내용 중 취급방법과 저장방법은 물질안전보건자료의 7번 항목 “취급 및 저장방법”에서 확인 할 수 있으며, 폐기방법은 13번 항목 “폐기 시 주의사항”에서 확인 할 수 있다. 또한 비상조치계획의 세부내용 중 응급조치 방법은 4번 항목 “응급조치요령”에서 확인 할 수 있으며, 누출시 대처방법은 6번 항목 “누출사고시 대처방법”, 화재·폭발시 대처방법은 5번 항목 “폭발·화재시 대처방법”에서 확인 할 수 있다. 이와 같은 내용을 물질안전보건자료를 참고하였으며, Figure 6 ~ 11과 같이 D/B화 하였다.

[Figure 6] Database of how to handling

A	B
Handling code	Details
M100	Wash thoroughly after handling.
M101	Do not eat, drink or inhale the product.
M102	Handle it outdoors or in a well-ventilated area only.
M103	Do not pressurize, cut, weld, solder, bond, or expose to heat or other ignition.
M104	Follow MSDS labeling precautions even if containers are empty.
M105	Handle and store carefully.
M106	Carefully open the cap before opening.
M107	Always ground all equipment when handling material.
M108	Note the substances and conditions to avoid.
M109	Refer to engineering controls and personal protective equipment.
M110	Do not handle until you have read and understood all safety precautions.
M111	Avoid inhalation of (Dust, fume, mist, gas).
M112	Avoid prolonged or repeated skin contact.

[Figure 7] Database of how to store

A	B
Save code	Details
M200	Keep away from heat, sparks, open flames and hot surfaces. No smoking
M201	Keep container tightly closed in a well-ventilated place.
M202	Avoid direct sunlight and store in a well-ventilated place.
M203	The empty drum should be completely drained and properly blocked and immediately returned
M204	Do not expose containers to heat, as they may increase pressure when exposed to heat.
M205	Stay away from food and beverages.
M206	Note the substances and conditions to avoid.
M207	Handle under inert gas and avoid moisture.
M208	Store in a dry place. Keep in a tightly closed container.

[Figure 8] Database of disposal

A	B
Disposal method code	Details
M300	Treat with neutralization, hydrolysis, oxidation and reduction.
M301	Incinerate at high temperature or melt at high temperature.
M302	Process solidification
M303	Incinerate at high temperature.
M304	Evaporate, concentrate, and incinerate the residues at high temperature.
M305	After purification by separation, distillation, extraction and filtration, the residues should be
M306	Incinerate residues after treatment using neutralization, oxidation, reduction, polymerization,
M307	Dispose of contents and container in accordance with local regulations.

[Figure 9] Database of first aid measures

A	B
First aid Code	Details
M400	Get emergency medical attention.
M401	In case of contact with substance, immediately wash skin and eyes with running w.
M402	If exposed, consult a health care provider.
M403	Remove contaminated clothing and shoes and isolate contaminated areas.
M404	In case of contact with substance, immediately wash skin and eyes with running w.
M405	In the case of burns, immediately cool down the affected area for as long as possi
M406	When contacted with liquefied gas, dissolve the area with lukewarm water.
M407	Contact with gas or liquefied gas may cause burns, serious injury or frostbite.
M408	If exposed to excessive dust or fumes, remove to fresh air and seek medical attent

[Figure 9] Database of accidental release measures

A	B
Leak coping code	Details
M500	Do not inhale (dust, fume, mist, gas, vapor).
M501	Leakable gas If a fire can not be prevented safely, do not turn off the fire.
M502	Remove all ignition sources as very fine particles may cause fire or explosion.
M503	Wipe off any spills immediately and follow the precautions of the guardian.
M504	Isolate contaminated areas
M505	If you do not need to enter or do not have protective equipment, do not go in.
M506	If possible, turn the leak vessel to release it as a gas rather than a liquid.
M507	Isolate the contaminated area until the gas is fully diffused and diluted.
M508	Do not pour in the leak source directly.
M509	Remove all ignition sources.

[Figure 10] Database of fire and explosion

A	B
Fire explosion code	Details
M600	Leakable gas If a fire can not be prevented safely, do not turn off the fire.
M601	Remove all ignition sources if possible to safely handle.
M602	Rescuers should wear appropriate protective equipment.
M603	Extinguish the area and maintain safety distance.
M604	Note that liquefied gas vapors spread over the ground because they are heavier than air.
M605	Be careful that broken cylinders may fly.
M606	Do not extinguish leaking gas fires if leakage does not cease.
M607	Move container from fire area if it is not hazardous.
M608	Do not pour water directly into the source of exposure or safety equipment as it may freeze
M609	In case of fire, use fire extinguisher at maximum distance or use unmanned fire fighting equi

4. 분석 가이드 개발

사전유해인자 위험분석 가이드는 D/B화된 목록을 토대로 사용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 구성해야 한다. 특히, 2016년 3월부터 국가연구안전정보시스템을 통해 제공되고 사전유해인자위험분석 툴을 이용하기 위해 가이드의 구성을 개발하였다.

가이드는 연구실 안전현황 분석, 연구개발활동별 유

해인자 위험분석, 연구개발활동 안전분석(R&DSA), 사전유해인자 위험분석 보고서 관리로 총 4가지 요소에 대해 구성하였다.

4.1 연구실 안전현황 분석

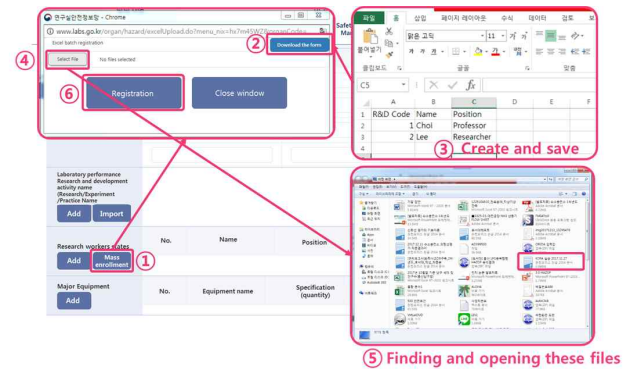
연구실 안전현황은 해당 연구실의 일반적인 현황을 작성하는 서식이다. 연구실에서 수행하는 실험 및 연구가 많을지라도 변동사항이 없는 한 한번만 작성할 수 있다. 특히 분석 툴에는 전산망으로 관리하여 해당 연구실에 대해 입력할 수 있다.

입력은 연구실 개요에 대해 분석 툴과 연동하여 “연구실 정보등록”의 자료가 반영되도록 하였다. 연구실 안전현황에는 사고발생시 비상대응이 가능한 연락처 및 현재 연구실에서 수행 중인 연구개발활동명과 연구활동 종사자, 주요기자재의 현황을 작성하도록 하며, 주요 기자재 현황을 작성해야 한다. 이러한 사항은 분석 툴에서 “추가” 버튼을 활용하여 작성할 수 있으며, Figure 12와 같이 작성하면 된다.

[Figure 12] Input guide of laboratory overview

또한 연구활동종사자 현황 입력은 입력할 인원이 많을 경우 Figure 13과 같이 일괄등록을 할 수 있도록 해당 양식을 다운로드 하여 일괄 작성 후 업로드를 하는 방법을 사용할 수 있다.

[Figure 13] Input guide of researcher status



연구실 유해인자 입력은 해당 법규에 따른 화학물질, 가스, 생물체, 물리적 유해인자에 대해 간단히 체크하여 작성 하며, 연구실의 24시간 가동 여부에 대한 사항을 추가로 작성한다.

그 밖에도 개인보호구 및 안전 장비의 현황 및 수량을 작성하며, 연구실의 배치도를 첨부하여 연구실의 주요 위험 설비 및 예상 대피경로 등에 대해 제3자의 입장에서 쉽게 알 수 있도록 작성한다. 배치도는 사진 및 작성된 도안 등의 파일을 첨부하여 등록할 수 있으며, 배티도 작성 도구를 활용하여 직접 그려서 등록하는 방법을 사용할 수 있다.

4.2 연구개발활동별 유해인자 위험 분석

연구개발활동별 유해인자 위험분석은 연구실에서 수행하는 실험 또는 연구과제에 대하여 각각 작성하게 된다. 즉, 수행되어지는 연구개발활동별로 작성해야 한다.













연구개발활동의 입력은 등록된 연구실을 선택하여 작성할 수 있으며, 연구실 안전현황에서 작성한 “연구실수행 연구개발활동명”의 자료가 반영된다.

유해인자의 기본정보는 연구실 수행 연구개발활동별로 작성되며, 화학물질, 가스, 생물체, 물리적 유해인자에 대해 보유 물질명과 수량, 위험등급, 위험분석의 내용을 작성한다. 유해인자 기본정보에 대해서는 보유 유해물질의 물질안전보건자료(MSDS)를 참고하여 작성하면 쉬우며, 위험등급은 GHS(Global Harmonized System of classification and labelling of chemicals) 등급 및 NFPA(National Fire Protection Association) 심볼로 작성한다. 또한, 각 물질의 유해 위험의 특성을 작성하여 보유물질에 대한 위험성을 알기 쉽게 작성한다.

Figure 14는 유해인자 기본정보 작성의 예시이다.

[Figure 14] Example of writing risk factor basic

information

Harmful factor	Basic Information				
	Cas No	Possession quantity	GHS	NFPA Symbol	Risk analysis
Among harmful factors in Article 39 of the Industrial Safety and Health Act, Hazardous chemicals according to Article 2 of the Chemical Substance Control Act	Material name				
	67-56-1	~ 500ml			<ul style="list-style-type: none"> Flammable liquid Acute toxicity Reproductive toxicity Specific organ toxicity
	Methanol	5 container			<ul style="list-style-type: none"> Highly flammable liquid Respiratory tract stimulation Genetic defect Suspicion of cancer induction
	64-14-5				<ul style="list-style-type: none"> Flammable liquid Magnetic polarity Reproductive toxicity Aspiration hazard Specific target organ toxicity
	Ethanol				
	67-63-0	~ 500ml			
	Isopropyl alcohol	~ 500ml			

이러한 유해위험인자 기본정보 작성에는 앞서 제시한 유해인자 D/B를 활용할 수 있으며, 분석 틀에서의 팝업창을 활용하여 입력이 가능하다.

또한, 각 유해위험물질의 안전계획 및 비상조치계획에는 물질안전보건자료를 토대로 물질의 취급방법, 저장방법, 폐기방법 등을 작성하며, 사고 발생 후 응급조치 방법, 누출시 대처방법, 화재·폭발시 대처방법 등을 작성한다. 특히 분석 틀을 활용할 경우 개발된 D/B와 연동하여 자동으로 작성된다.

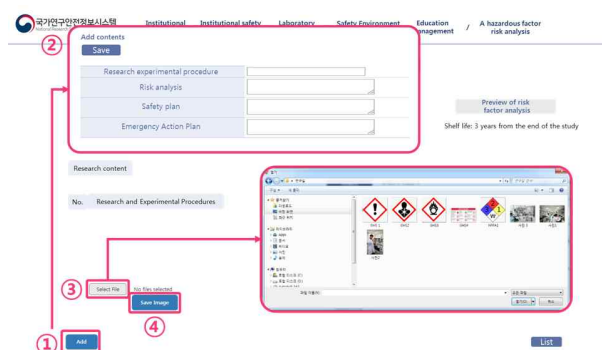
4.3 연구개발활동 안전분석(R&DSA)

R&DSA는 연구개발활동별 유해인자 위험분석을 실시한 연구에 대해 연구단계를 구분한 후 각 연구실험의 절차별로 주요내용, 위험분석, 안전계획, 비상조치계획 등을 작성한다.

연구단계 구분 설정은 각 연구 실험전·중·후 3단계를 포함하여 행동의 변화가 있는 절차상으로 10단계 내외로 작성하는 것이 좋다.

분석 틀을 사용하여 R&DSA 작성할 경우 연구실험의 각 절차별 주요 내용 및 사용 물질을 작성하며, 해당 동작 및 실험 내용을 알 수 있는 사진을 첨부하여 figure 15와 같이 작성할 수 있다.

[Figure 15] Input guide of R&DSA



작성이 완료되면 사전유해인자 위험분석 보고서를

해당 기관의 연구실안전환경관리자에게 제출한다.

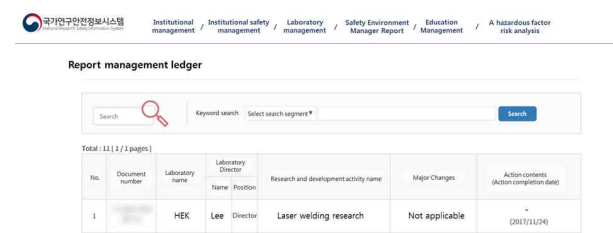
4.4 사전유해인자 위험분석 보고서 관리

연구실안전환경관리자는 각 연구실에서 수행한 사전유해인자 위험분석 보고서를 관리하기 위해 처음 실시하였을 때 관리대장을 작성하게 된다.

보고서 관리대장은 주요변경사항이 발생했을 때마다 작성하며 조치내용의 내용을 기록하고 조치완료일을 작성한다.

분석 틀을 사용하여 작성할 경우 제출된 사전유해인자 위험분석 보고서의 내용과 주요변경사항 및 조치내용의 자료가 자동으로 연동되어 작성되게 개발되었다.

[Figure 16] Management register of report



4.5 그밖의 사항

사전유해인자 위험분석 틀을 사용하기 위한 가이드에는 4.1 ~ 4.4의 주요 사항 이외에도 틀 사용에 대해 자주 문의되는 질문을 토대로 Q&A가 포함되도록 작성되었으며, 법령 해석을 통해 사전유해인자위험분석의 사용에 편의성을 위한 자료를 추가하였다.

5. 결론 및 고찰

본 연구는 국내 안전관련 규정 및 평가방법을 분석하여 사전유해인자 위험분석에 활용될 Database를 개발하였으며, 분석 틀을 활용한 가이드를 개발하였다.

다양한 환경을 가진 연구실의 특성은 연구실 대상 위험 분석 기법 마련에 있어 그 다양성을 포괄적으로 수용하여야 하였고, 이로 인해 사전유해인자위험분석은 복잡한 절차와 방대한 양의 자료를 필요로 하게 되었다. 이러한 절차적 문제점을 해결하고자 가이드 틀을 개발하였고 그 과정에서 기존 법과 물질안전 보건 자료 등을 활용하여 체계적인 분류를 통해 DB를 구축하고 가이드를 완성하였다.

향후 사전유해인자위험분석 기법이 연구실에 적극

적용되어 연구 활동 종사자에 대한 안전을 담보하기를 바란다.

6. References

- [1] K. D. Ahn, K. B. Choi, J. H. Lee, J. H. Dong, H. J. Kim, “Enactment and Revision History of Occupational Health and Safety Act”, Ministry of Employment and Labor, 2015.
- [2] Sam Mannan, “Lee’s Process Safety Essentials –Hazard Identification, Assessment and Control”, Butter worth – Heinemann, 2014.
- [3] A. Keith Furr, “CRC Handbook of Laboratory Safety 5th Edition”, CRC Press LLC, 2000.
- [4] M. J. Kang, “A Study for Rationalization of Appointment Criteria to Laboratory Safety Managers in Universities and Colleges”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol 27, No.2, pp. 126–132, 2012.
- [5] Y. H. Jeon “Master Plan for Laboratory Safety Management”, Ministry of Science, ICT and Future Planning., 2013.
- [6] N. J. Cho, G. J. Yong, “A Study on Application Method & System Introduction of Laboratory Pre-hazards Risk Analysis”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol 31, No.4, pp. 126–135, 2016

저 자 소 개

최 병 규



호서대학교 안전환경기술융합학과 석사 학위 취득.

관심분야 : 연구실안전, 사전유해인자위험분석, 설비 신뢰도 분석 등

이 광 원



독일 베를린대학교 박사학위 취득 후 1993년부터 호서대학교 안전공학과 교수로 활동중.

수도권 연구실안전 지원센터장 겸임

관심분야 : 연구실 안전, 사전유해인자 위험분석, 설비 신뢰도, 위험성 평가 등