

국외 질식재해 예방규정 비교를 통한 국내 규정 개선방안

임대성* · 이승길¹ · 김치년² · 조기홍³ · 이광용⁴

한성보건안전기술원, ¹장안대학교 환경보건과, ²연세대학교 의과대학 산업보건연구소,
³대한산업보건협회 산업보건환경연구원, ⁴안전보건공단 산업안전보건연구원

Comparison and Improvement of Domestic and Foreign Regulations for the Prevention of Suffocation Accidents

Dae Sung Lim* · Seung kil Lee¹ · Chi-Nyon Kim² · Kee Hong Cho³ · Gwang Yong Yi⁴

Hansung Health and Safety Technology Co., Ltd.

¹*Department of Environment and Public Health, Jangan University*

²*The Institute for Occupational Health, Yonsei University college of Medicine*

³*Industrial Health and Work Environment Research Institute, KIHA*

⁴*Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA*

ABSTRACT

Objectives: 'Confined space' was only defined in the Safety and Health Regulations as a place where oxygen deficiency and hydrogen sulfide must be dealt with at the time of the initial enactment (1982). The danger of fire and explosion were added in 2003. We will compare and review the regulations related to confined space work under the current safety and health rules alongside regulations in other countries and prepare a plan to improve the system through enhanced clarity and execution.

Methods: In a comparison of systems for the prevention of suffocation in confined spaces in major countries (Germany, United States, Japan) different concepts of the definition of confined spaces in different countries apparently due to differences in each country's legal implementation system, accident analysis methods, the status of safety and health implementation in workplaces, the precautions against actual confined space work, and the definition of confined spaces were found to be not much different between Korea and the other foreign countries.


Results: In the case of Germany and the United States, a confined space is defined as a contextual concept rather than a place, so more careful attention is needed from operators or enclosed space managers as it is often necessary to judge the actual workplace. In the case of Korea and Japan, the interior of the place is mainly defined as a place, especially in the case of Japan, which concentrates on oxygen deficiency and hydrogen sulfide poisoning.


Conclusions: For measures to improve regulations on the prevention of suffocation accidents in Korea, I would like to propose three major measures to improve the system in the rules on domestic industrial safety and health standards. It is necessary to prepare and provide a guide to ensure that the 18 types of confined spaces currently defined as confined spaces are clearly understood by field management supervisors or workers.


Key words: confined space, safety and health rules, suffocation accident


*Corresponding author: Dae Sung Lim, Tel: 042-716-2168, E-mail: dsoklim@gmail.com
803, Yuseong-daero, Yuseong-gu, Daejeon, Korea 34165


Received: February 23, 2021, Revised: March 10, 2021, Accepted: March 21, 2021

 Dae Sung Lim <https://orcid.org/0000-0003-4190-0390>

 Seung kil Lee <https://orcid.org/0000-0001-7119-4250>

 Chi-Nyon Kim <https://orcid.org/0000-0002-5693-3307>

 Kee Hong Cho <https://orcid.org/0000-0001-7484-6875>

 Gwang Yong Yi <https://orcid.org/0000-0002-3141-0024>

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.

I. 서 론

‘밀폐공간’이란 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 18의 18개 장소로 규정한다. 산소결핍, 황화수소 등 유해가스, 일산화탄소의 유해 요인을 가지고 있거나, 화재, 폭발 위험이나 유체 및 고체의 흐름이 있는 재해의 위험이 있는 공간을 말하고, 밀폐공간 내에 유해한 환경이 설정되기 위해서는 산소농도 범위가 18% 미만 23.5% 이상이거나 탄산가스 농도가 1.5% 이상, 황화수소 농도가 10 ppm 이상, 일산화탄소 30 ppm 이상, 폭발가능한 농도의 10%를 초과하는 가연성가스, 증기 및 미스트를 포함하는 공기, 폭발가능한 농도에 근접하거나 초과하는 공기와 혼합된 가연성 분진을 포함하는 공기, 인화성 물질 25% 이상인 공기 및 일산화탄소가 30 ppm 이상인 공기의 상태가 될 경우 질식할 가능성이 높아진다고 규정하고 있다(MoEL, 2020). 즉 현행 안전보건규칙 상의 밀폐공간은 1982년 최초 제정 당시에는 산소결핍, 황화수소만을 다루다가 2003년부터 화재, 폭발 등의 위험장소까지 포함하여 정의하고 있다. 이는 외형적으로 밀폐공간의 범위와 종류는 늘었지만, 산소결핍, 황화수소, 일산화탄소 중독 예방에 초점이 맞추어져 있고, 화재, 폭발 관련 규정은 사실상 화재, 폭발 예방규정에서 다루고 있어 체계적이지 않다는 지적이 최근 들어 제기되어 왔으며, 일본 노동안전위생법의 규정들을 모델로 만들어진 현행 규정들이 최근 미국, 영국 등 주요선진국의 규정들이 개정되면서 한국의 규정들이 체계적이지 않다는 지적이 제기되어 왔다(Ham, 2019). 또한, 현대기술의 사물인터넷(IoT)을 활용한 밀폐공간 사고 관리 등 기존의 전통적인 방식을 벗어나 현대화된 관리방안들 역시 생겨나고 있는 실정이다(Choi, 2018). 이에 현재보다 포괄적으로 규정하여 다양한 작업장소에서 발생할 수 있는 밀폐공간 질식 재해에 대한 예방적 차원의 관리를 강화하고, 특히 5인 미만 소규모 사업장에서 제대로 활용될 수 있는 규정 정비가 필요할 것으로 판단되어 진다.

따라서 본 연구의 목적은 현행 안전보건규칙 상 밀폐공간작업 관련 규정들을 외국 규정과 비교하여 전반적으로 재검토하여, 명확성과 실행력을 보강한 제도 개선을 마련하고자 하였으며, 첫째 밀폐공간 및 밀폐작업으로 인한 재해를 예방하기 위한 실질적이고, 효과적인

법적 제도를 마련하기 위함이며, 둘째 우리나라와 미국, 일본 및 독일 등의 밀폐공간 질식 재해예방 규정을 비교하여 우리나라의 밀폐공간 예방규정의 문제점을 도출하고자 함이다. 셋째 국내 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 규정하고 있는 밀폐공간에 의한 건강장해 예방규정의 개선 방향을 현실 적용 가능성에 기초하여 제시하고자 함이고 마지막으로 현행 안전보건규칙에서 규정하고 있는 밀폐공간에 대한 명칭, 정의, 범위 개정 필요성을 검토하고자 함이다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구내용 및 범위

밀폐공간에 대한 명칭, 정의, 범위 등에 대해 미국, 일본 및 독일의 제도를 조사하며, 특히 산소결핍이나 황화수소 중독과 같은 전통적인 질식 재해 외에 어떤 유해 요인을 포함하고 있는지 확인하였고, 유해 요인 별 또는 작업별로 어떠한 조치사항을 운영하고 있는지 세부적으로 조사 하였다. 국내에서는 안전보건규칙의 밀폐공간 건강장해 예방규정 외에 환기가 불충분한 장소에서의 화재, 폭발 및 중독 등 예방을 위한 규정을 검토하였고, 우리나라와 외국의 밀폐공간관리 제도를 비교하여 국내 밀폐공간관리제도의 문제점을 도출하였다.

2. 연구방법

1) 미국, 일본 및 독일의 밀폐공간작업 관리 규정 조사

인터넷 및 문헌조사를 통해 외국의 밀폐공간작업 관리 규정을 조사하였는데 미국 및 일본은 OSHA 및 후생노동성 홈페이지를 조사하였고, 독일은 산업안전보건청 및 독일법적재해보험기구의 홈페이지 조사와 담당자에게 메일을 보낸 후 관련 자료를 제공받았다. 인터넷 검색은 주로 구글(google.com)을 통하여 조사하였으며, 주요 검색어는 Confined space, Oxygen deficiency, suffocation accidents, confined space regulation 등을 활용하였다.

2) 국내 밀폐공간작업 관련 규정 조사

국내의 밀폐공간작업 관련 규정을 문헌 조사하고, 특징을 분석하여 현재 규정되어 있는 밀폐공간의 정의와 산업현장 적용의 한계점을 조사하였다.

III. 연구결과

1. 독일의 질식 재해 예방규정

1) 산업안전보건제도

독일의 산업안전보건 관계법령의 법적 체계는 국가차원에서 제정한 법령과 공공기관 차원에서 제정한 규정의 이원적 형태로 운영되고 있다. 국가 차원에서 제정한 법령은 연방정부 또는 주정부에서 제정한 것으로 정부의 산업안전보건감독에 필요한 주요사항과 사업장에서 지켜야 하는 기본 사항들이 규정되어 있으며, 공공기관 차원에서 제정한 규정은 연방노동사회성의 승인을 받아 산재보험조합에서 제정한 재해예방규정(UVV)이 있는데 이는 국가차원에서 제정한 법령을 구체적으로 시행하기 위한 기술적 안전보건기준을 정하고 있다(Yoon, 2018).

2) 재해보험조합총연맹(이하 DGUV)의 밀폐공간 관리 규정

DGUV 규칙이란 특정영역(용기, 저장고 및 밀폐공간)에 있는 사업장 또는 업무현장에서의 작업절차와 관련된 사항을 규정하고 있으며, 이 규칙들은 고용주가 작업 중 일어날 수 있는 산업재해, 질병 및 건강상의 위해 등을 예방하기 위해 취할 수 있는 구체적인 예방조치들을 설명해 주고 있다. 주정부나 사고보험기관에 의해 발행된 산업재해 규정 분야에 있어서는 DGUV 규칙들이 산업재해, 질병 및 업무관련된 건강 위험 등을 어떻게 피할 수 있는지 설명해 주고 있으며, 안전과 건강의 보장을 위한 실천방안을 만들었으며, 작업장 내 예방활동의 적절한 척도로 여겨지고 있다.

용기, 저장고 및 밀폐된 공간의 정의는 단단한 벽이나, 사방의 막힘으로 인해 공기순환 비율이 불충분하거나 물질이나 혼합물, 오염물질 또는 그것들 사이에서 발견되거나, 도입된 장비, 현존하는 위험물질이나 작업환경에서의 일어나는 보통의 잠재적인 위험을 상당히 초과할 수 있는 위험요소 등에 의해 완벽하거나 또는 부분적으로 제한된 구역을 말한다. 특정 위험물질사고가 신뢰할 만하게 제거될 수 없는 곳이란 탱크피트, 좁은 갭도, 하수도 및 배의 화물칸 등과 같은 장소는 반드시 폐쇄공간으로 간주되어야 한다.

용기, 저장고 및 밀폐된 공간에서 작업을 시작하기 전에 사업주는 필요한 보호조치를 규정하는 허가서를 발급해야 한다. 최고감독자, 안전담당자 및 제3의 계약자가 관련된 경우 책임 있는 대리인은 정해진 조치를

인지했다는 것을 허가서에 서명해야 하고, 도급업체에 의해 허가서를 발급한 경우 계약 당사자는 제3자 계약자가 운영에 있어서 위험성평가를 수행할 수 있도록 지원해야 하며, 고용주 또는 주 감독자가 서면으로 규정된 보호조치를 적합하게 취해진 것이며, 모든 관련자가 지시를 받았다고 판단할 때 까지는 용기, 저장고 및 밀폐된 공간에 대한 작업을 시작할 수 없다.

산소결핍으로 인한 위험은 산소농도가 자연호흡공기 즉, 부피기준 20.9%보다 낮을 때 발생할 수 있다. 산소농도가 이 수준 이하일 경우 원인을 파악하고 외부 가스가 위험을 나타내는지 또는 유해 물질이 위험을 나타내는지 평가해야 한다. 예를 들어 위험물질에 의해 실제 산소농도와 부피기준 20.9%의 차이를 설명하고 이러한 위험물질의 직업상 피폭 한계치 또는 단기 피폭 값을 초과하는 경우 위험이 존재한다. 이것은 이산화탄소에도 적용되는데 실제 산소농도와 부피별 20.9%의 차이가 질소 또는 불활성 가스로 구성되고, 산소농도가 최소 17%인 경우 위험은 존재하지 않는다. 또한 위험물질이 아닌 물질과 저장 품목이 잠재적으로 치명적인 영향과 함께 용기, 저장고 및 밀폐공간의 산소농도를 고갈시킬 수 있다. 과도한 산소는 산소농도가 부피기준 20.9%를 초과하여 물질 발화 위험이 증가할 때 위험을 초래할 수 있다. 과잉 산소를 방지하려면 용기 안으로 들어갈 때 산소통을 가지고 들어가지 않는다. 공급라인은 가능한 한 짧게 유지하고 정기적으로 점검해야 한다. 장기간 작업이 중단일 경우 장비와 호스는 용기에서 제거하거나 공급지점에서 분리해야 한다. 또한, 산소농도가 조금만 증가해도 더 격렬한 연소를 유발한다. 즉 연소율이 상당히 높아진다(DGUV, 2020).

2. 미국의 질식 재해 예방규정

미국의 경우 밀폐공간은 일반산업, 건설업, 조선업으로 분류하고, 각 산업별로 밀폐공간에 대한 규정 차이가 존재한다.

1) 일반산업

일반산업에 해당하는 규정은 OSHA 29 CFR 1910.146(a)부터 OSHA 29 CFR 1910.146(i)이다. 일반산업의 밀폐공간 정의는 OSHA 29 CFR 1910.146(b)에서 다음과 같이 정의하고 있다(OSHA, 2020). 첫째; 근로자가 신체적으로 할당된 작업을 수행할 수 있도록 충분한 크기로 구성되어 있으며, 둘째; 출입 수단이 한정

되어 있거나 제한되어 있다(예를 들어 탱크, 선박, 사일로, 호퍼, 구덩이 등). 셋째; 근로자의 지속적인 사용을 위해 설계되지 않는다 라고 정의되어 있다. 또한, 허용되지 않는 공간(non-permit confined space)은 대기 위험과 관련하여 사망 또는 심각한 신체적 해를 초래할 수 있는 위험을 포함하지 않거나 포함할 가능성이 없는 밀폐된 공간을 의미하며, 허가가 필요한 밀폐공간(permit confined space)은 다음 특성 중 하나 이상을 가지는 밀폐공간을 의미하는데 첫째; 유해한 대기를 포함하거나 포함할 가능성이 있는 경우, 둘째; 진입자를 잠재적으로 에워쌀 수 있는 성분이 함유된 물질, 셋째; 내부 벽 또는 아래로 경사지고 작은 단면으로 진입자가 갇히거나 질식할 수 있는 내부 구성을 갖고 있는 곳, 마지막으로 기타 심각한 안전 또는 건강상 위해성이 인정되는 것을 포함한다.

일반산업의 허가가 필요한 밀폐공간에서 말하는 “hazardous atmosphere(위험한 대기)”란 다음 중 하나 이상의 원인으로 인해 근로자가 사망, 무력화, 자구능력 손상, 부상 또는 급성 질환의 위험에 노출될 수 있는 분위기를 말하고 있으며, 원인은 다음과 같다. 인화성가스, 증기 또는 미스트가 폭발하한계 10%를 초과하는 경우, 폭발하한계를 충족하거나 초과하는 농도의 공기 중 가연성 먼지, 대기 산소농도가 19.5% 이하 또는 23.5% 이상인 것, 선량이나 허용 피폭 한도가 산업보건 및 환경통제, 직업건강 및 환경제어, 독성 및 위험물질을 게시하고 직원 피폭의 선량 또는 허용 피폭 한도를 초과할 수 있는 물질의 대기농도 및 생명 또는 건강에 즉시 위험한 기타 대기조건이다.

일반산업에서의 “산소결핍 대기”는 부피 기준 산소가 19.5% 미만은 대기를 의미하며, “산소농축 대기”는 부피 기준 산소가 23.5%이상 함유된 대기를 의미한다. 일반산업의 밀폐공간에서 고용주는 작업장을 평가하여 해당 공간이 허가를 필요로 하는 밀폐공간인지 결정해야 한다. 허가가 필요한 밀폐공간으로 결정되면 고용주는 서면 허가 공간 프로그램을 개발하고 구현해야 한다. 1910.146(d)에서 허가가 필요한 밀폐공간 프로그램을 명시하고 있으며, 1910.146(f)에서는 밀폐공간 작업허가서의 내용에 포함되어야 하는 내용을 명시하고 있으며, 내용은 다음과 같다(Table 1, Table 2). 허가가 필요한 밀폐공간 결정 흐름도에서 특이한 점은 초기에 허가가 필요한 밀폐공간으로 판단이 되더라도, 허가 공간이 실제 또는 잠재적 대기 위험을 일으키지 않고, 공간

내의 모든 위험이 제거되는 경우 허가 공간은 잠재적 위험이 제거된 상태로 유지되는 한 허가가 필요하지 않는 밀폐공간으로 재분류할 수 있도록 하고 있다.

2) 건설업

건설업에 해당하는 규정은 OSHA 29 CFR 1926 Subpart AA인데, 건설업의 밀폐공간 정의, 허가가 필요한 밀폐공간의 의미, “gazardous atmosphere(위험한 대기)” 및 산소결핍 대기 및 풍부한 대기는 OSHA 29 CFR 1926.1202에서 규정하고 있는데 일반산업의 밀폐공간 정의와 허가가 필요한 밀폐공간의 의미, “hazardous atmosphere(위험한 대기)” 및 산소결핍 대기 및 농축 대기의 의미를 동일하게 규정 하고 있다(OSHA, 2020). 마지막으로 건설업에서도 허가가 요구되는 밀폐공간 프로그램이 있으며, OSHA 29 CFR 1926.1204에 해당하는데 일반산업과 동일하다. 이 표준은 하나 이상의 밀폐된 공간이 있는 작업장에서 건설 활동에 종사하는 직원을 보호하기 위한 요건과 절차를 제시하며 해당 표준뿐만 아니라 다른 적용 가능한 OSHA 표준에서 제한된 공간 위험을 다루는 규정이 있는 경우, 두 가지 해당 규정을 모두 준수해야 한다. 일반 요구사항으로 작업장에서 작업을 시작하기 전에 고용주는 전문가에게 직원이 일할 수 있는 모든 밀폐된 공간을 식별하고 필요한 시험을 포함하여 해당 공간의 요소에 대한 고려와 평가를 통해 허가 공간인 각 공간을 식별하도록 해야 하며, 작업장에 하나 이상의 허가 공간이 있는 경우 허가 공간을 식별하거나 통지를 받은 사용자는 추가 작업을 수행해야 한다.

3) 조선소

OSHA 29 CFR 1915.11에서는 조선소에서 밀폐공간 및 기타 위험환경을 명시하고 있으며 조선소에서의 산소결핍 대기는 부피 기준 산소농도가 19.5% 미만인 대기를 의미하며, 산소가 풍부한 대기는 부피 기준 22.0% 이상의 산소를 함유하는 대기를 의미한다. 조선소에서는 밀폐공간의 정의로 adjacent space, confined space(p) 및 confined space(q)가 있다(OSHA, 2020).

(1) Adjacent space

모든 접촉지점, 모서리, 대각선, 탱크 탑 및 격벽을 포함하여 모든 방향에서 주 공간과 경계를 이루는 공간을 말한다. 접촉지점이 적절하게 준비되지 않는 경우 잠

Table 1. Permit-required confined space program (permit space program) of OSHA 29 CFR 1910.146(d)

1910.146(d)	Contents
(1)	Implement the measures necessary to prevent unauthorized entry;
(2)	Identify and evaluate the hazards of permit spaces before employees enter them;
(3)	Develop and implement the means, procedures, and practices necessary for safe permit space entry operations, including, but not limited to, the following:
(4)	Provide the following equipment (specified in paragraphs (d)(4)(i) through (d)(4)(ix) of this section) at no cost to employees, maintain that equipment properly, and ensure that employees use that equipment properly:
(5)	Evaluate permit space conditions as follows when entry operations are conducted:
(6)	Provide at least one attendant outside the permit space into which entry is authorized for the duration of entry operations;
(7)	If multiple spaces are to be monitored by a single attendant, include in the permit program the means and procedures to enable the attendant to respond to an emergency affecting one or more of the permit spaces being monitored without distraction from the attendant's responsibilities under paragraph (i) of this section;
(8)	Designate the persons who are to have active roles (as, for example, authorized entrants, attendants, entry supervisors, or persons who test or monitor the atmosphere in a permit space) in entry operations, identify the duties of each such employee, and provide each such employee with the training required by paragraph (g) of this section;
(9)	Develop and implement procedures for summoning rescue and emergency services, for rescuing entrants from permit spaces, for providing necessary emergency services to rescued employees, and for preventing unauthorized personnel from attempting a rescue;
(10)	Develop and implement a system for the preparation, issuance, use, and cancellation of entry permits as required by this section;
(11)	Develop and implement procedures to coordinate entry operations when employees of more than one employer are working simultaneously as authorized entrants in a permit space, so that employees of one employer do not endanger the employees of any other employer;
(12)	Develop and implement procedures (such as closing off a permit space and canceling the permit) necessary for concluding the entry after entry operations have been completed;
(13)	Review entry operations when the employer has reason to believe that the measures taken under the permit space program may not protect employees and revise the program to correct deficiencies found to exist before subsequent entries are authorized; and
(14)	Review the permit space program, using the canceled permits retained under paragraph (e)(6) of this section within 1 year after each entry and revise the program as necessary, to ensure that employees participating in entry operations are protected from permit space hazards.

재적인 화재 및 폭발의 위험이 있을 수 있다. 필요에 따라 구조를 환기하고 청소를 해 줄 필요가 있는데 이때 산소를 사용해서는 안된다. 근로자가 작업 중 열린 데크 가장자리에서 떨어질 위험이 있으므로 개구부와 데크 가장자리를 보호하고, 바닥 판 또는 엔진실과 기계실을 제거할 때 개구부를 보호하거나 판자로 만들어야 한다. 대부분 경우 자연 환기가 가능하나 수많은 작업자가 근처에서 가연성 물질을 사용하여 다른 작업을 수행하고 있을 수 있어 개인보호구를 착용해 주어야 한다. 아크 용접으로 인 UV차폐를 제공하고, 제공이 불가하다면 UV필터 렌즈를 착용해야 한다.

(2) Confined space

기타 공간과 같이 출입이 제한된 모든 공간 또는 공극은 설계 및 밀폐 특성상 위험 노출을 쉽게 생성하거나 악화시킬 수 있다. 이 공간에서 격리 및 탈출의 어려움으로 인해 밀폐된 공간에서의 고온 작업은 가능하면 공간에 대한 접근 수단을 2개 이상 제공하고, 깨끗하게 유지해야 한다. 또 밀폐된 공간에서 혼자 작업하는 직원의 안전을 보장하기 위해 관리자가 자주 확인해야 한다. 보통 조산소 사망의 주요 원인으로서는 낙상 위험이다. 사다리, 비계 및 공중 리프트와 같은 고도 장비와 관련된 사고는 심각하고 치명적이다. 이를 예방하기 위해서 개

Table 2. Entry permit contents of OSHA 29 CFR 1910.146(f)

1910.146(f)	Contents
(1)	The permit space to be entered;
(2)	The purpose of the entry;
(3)	The date and the authorized duration of the entry permit;
(4)	The authorized entrants within the permit space, by name or by such other means (for example, through the use of rosters or tracking systems) as will enable the attendant to determine quickly and accurately, for the duration of the permit, which authorized entrants are inside the permit space;
(5)	The personnel, by name, currently serving as attendants;
(6)	The individual, by name, currently serving as entry supervisor, with a space for the signature or initials of the entry supervisor who originally authorized entry;
(7)	The hazards of the permit space to be entered;
(8)	The measures used to isolate the permit space and to eliminate or control permit space hazards before entry;
(9)	The acceptable entry conditions;
(10)	The results of initial and periodic tests performed under paragraph (d)(5) of this section, accompanied by the names or initials of the testers and by an indication of when the tests were performed;
(11)	The rescue and emergency services that can be summoned and the means (such as the equipment to use and the numbers to call) for summoning those services;
(12)	The communication procedures used by authorized entrants and attendants to maintain contact during the entry;
(13)	Equipment, such as personal protective equipment, testing equipment, communications equipment, alarm systems, and rescue equipment, to be provided for compliance with this section;
(14)	Any other information whose inclusion is necessary, given the circumstances of the particular confined space, in order to ensure employee safety; and (15) Any additional permits, such as for hot work, that have been issued to authorize work in the permit space.

구부와 데크 가장자리를 보호해야 하고, 큰 구멍과 데크 가장자리에 가드를 설치하는 동안 추락방지 장치를 사용해야 한다. 밀폐된 공간에는 일반적으로 적절한 자연 환기가 없으므로 작업을 수행할 때 기계식 환기 장치나 공기호흡보호구 같은 개인보호구를 사용해야 하고, 환기 장비가 막히지 않도록 취급해야 한다. 또한, 환기가 되지 않기 때문에 인화성 가스가 위험한 수준으로 축적되어 작업자가 재진입 시 화재 또는 폭발위험에 노출될 수 있다. 사용하지 않을 때는 밀폐된 공간에서 토치와 호스를 제거해 주고 산소 및 연료 가스 실린더를 밀폐된 공간으로 가지고 가면 안된다.

4) 타 기관 밀폐공간 가이드

밀폐공간에 대한 많은 재해와 관련하여 여러 기관에서 각자 밀폐공간에 대한 가이드를 제시하고 있다.

(1) Confined space entry training guide-oakland university EHS

제한된 공간이란 좋지 않은 자연 환기 또는 위험한

공기 오염물을 포함하거나 발생시킬 수 있는 대기를 가진 공간을 말한다. 보통 제한된 공간은 저장 탱크, 보일러, 선박, 용해로, 맨홀, 환기/배기 덕트, 터널 및 사일로 등이 있다. 밀폐된 공간에 가연성/폭발성 증기, 가스 및 액체, 19.5% 미만 23.5% 이상의 산소가 존재하거나 유독성 증기 및 가스가 있는 경우 위험할 수 있다(OU, 2005).

(2) prevention through design-AIHA

많은 밀폐공간은 위험 대기, 끼임, 포만, 독성 또는 부식성 잔류물, 움직이는 기계와 같은 비정상적인 위험을 야기한다. 이러한 고려사항에 기초하여 prevention through design은 밀폐된 공간에 들어갈 필요성을 없애고, 그러한 공간 내에서 위험을 제거하며, 더 이상 밀폐된 공간이 되지 않도록 공간 구성을 변경함으로써 위험을 감소시키는 방법이다(AIHA 2018).

(3) ACGIH TLVs & BEIs-APPENDIX F

Minimal oxygen content에 따르면 적절한 산소

공급은 생명을 유지하에 필수적이며 조건은 다음과 같다. 공기 중의 흡기 산소 수준, 폐 질환의 유무, 혈중 헤모글로빈의 농도, 헤모글로빈에 대한 산소 결합의 운동학(산소-헤모글로빈 해리 곡선), 심박출량 및 국소 조직 혈류의존이다. ACGIH에서는 주변 산소 부분압 132 torr를 최소로 권장하며 이는 최대 5,000 feet(1,500 m) 고도에 대해 비활성 산소 분산 기체와 산소를 소비하는 과정으로부터 보호된다. 산소의 부분 압력이 132 torr 미만이거나 해당 고도에 대한 예상값보다 작을 경우 산소농도가 낮은 원인을 식별하기 위해 밀폐공간의 평가, 경고 장치와 통합된 연속 감지기의 사용 등 추가 작업이 권장된다. 또한 산소를 분해하는 가스는 인화성이 있거나 생리적 영향을 미칠 수 있으므로 그 정체성과 근원을 철저히 조사해야 하며 일부 기체와 증기가 고농도로 존재하는 경우 공기, 다른 중요한 생리학적 영향 없이 주로 단순 질식성 물질로 작용한다. 각 단순 질식성 물질에는 TLV를 권장하지 않을 수 있다. 특히 산소가 120 torr 미만일 수 있는 5,000 feet(1,500 m) 이상의 고도에서 질식성 물질의 농도를 제한한다(ACGIH, 2019).

3. 일본의 질식 재해 예방규정

일본의 밀폐공간 관련 법 규정은 산소결핍증 등 방지 규칙(산소결핍증 등을 방지에 필요한 조치), 노동안전위생법 시행령 제6조21(작업책임자를 선임해야 하는 작업) 및 노동안전위생법 시행령 제21조9(작업환경측정을 실시해야 하는 작업)이다(MoHLW, 2020). 이 중 산소결핍증 등 방지 규칙 제2조에서 산소결핍 위험의 정의

로 산소농도가 18.0% 미만인 상태, 산소결핍 등 전호에 해당하는 상태 또는 공기 중의 황화수소 농도가 100만분의 10을 초과하는 상태로 말하고 있으며, 노동안전위생법 시행령 별표6에 산소결핍 위험장소를 명시하고 있다. 산소결핍 위험작업에 대해서는 제1종 산소결핍 위험작업과 제2종 산소결핍 위험작업으로 나누며 제2종 산소결핍 위험작업은 산소결핍 위험장소의 제3호의3, 제9호, 제12호가 해당된다. 제2종의 구분은 산소결핍증에 걸릴 우려 및 황화수소에 중독될 우려가 있는 장소로서 후생노동대신이 정한 장소이다.

산소결핍증 등 방지규칙 제12조(특별교육)에서 산소결핍 위험작업과 관련된 업무에 노동자를 취업시키는 때에는 해당 노동자에 대하여 특별교육을 해야 하며 교육내용으로는 다음과 같다. 산소결핍 등의 발생원인 1시간, 산소결핍 등의 증상 1시간, 공기 호흡기 등의 사용방법 1시간, 사고의 경우 대피 및 응급 소생 방법 1시간 및 기타 산소결핍증 등의 방지에 관하여 필요한 사항 1시간 30분이다. 노동안전위생법 시행령 제21조 제9호에서 열거한 작업장에서 그날의 작업을 개시하기 전에 해당 작업장의 공기 중 산소(제2종 산소결핍 위험작업에 관련된 작업장에서는 산소 및 황화수소)농도를 측정해야 한다. 사업주는 작업환경측정하는 때마다 측정일시, 방법 및 결과 등을 기록하고 3년간 보관해야 한다.

노동안전위생법 별표 제20제12호에 따라 제1종 산소결핍 위험작업은 산소결핍 위험작업 주임자 기능강습 또는 산소결핍, 황화수소 위험작업 주임자 기능강습을

Table 3. Scope and time of subjects of function and technical training for oxygen deficiency and hydrogen sulfide hazard work in Japan

Lesson subject	Range	Lesson time
Knowledge of oxygen deficiency, hydrogen sulfide poisoning, and first aid resuscitation;	Pathological symptoms and emergency measures of oxygen deficiency and hydrogen sulfide poisoning;	3 hours
Knowledge of causes of oxygen deficiency and hydrogen sulfide and preventive measures	Methods for measuring concentration of oxygen and hydrogen sulfide in places where oxygen deficiency and hydrogen sulfide are likely to occur, and methods for ventilation	4 hours
Knowledge of protective equipment	Methods of use and maintenance inspection of structural facilities and equipment, such as air respirators, respirators, and air mask fall control devices;	2 hours
Relevant laws	Relevant provisions of law, spirit, and rules	2 hours 30 minutes
First Aid Resuscitation Method	Ventilation Methods How to Use Ventilation Assistance	2 hours
Concentration measurement method of oxygen and hydrogen sulfide	Selection of the handling measurement location of the oxygen concentration meter and hydrogen sulfide concentration meter	2 hours

수료한 자를 선임하여야 하고, 제2종 산소결핍 위험작업의 경우에는 산소결핍, 황화수소 위험작업 주입자 기능강습을 수료한 자를 선임하여야 한다. 노동안전위생법 별표 제18의 24와 25에서 주입자 기능 강습의 자격요건이 명시되어 있고, 산소결핍증 방지 규칙 제26조제4항의 규정에 따라 주입자 기능강습의 범위와 강습시간을 정하고 있다(Table 3).

4. 국내 밀폐공간 관련 규정 비교

산업안전보건기준에 관한 규칙상의 밀폐공간 작업의 예방조치 관련 규정을 보면 제1장 관리대상 유해물질에 의한 건강장해의 예방, 제2장 폭발·화재 및 위험물 누출에 의한 위험방지, 제4장 건설작업 등에 의한 위험 예방, 그리고 제10장의 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해의 예방에 규정되어 있다. 제10장의 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해의 예방을 제외한 나머지의 규정들은 각각의 특별한 목적에 의하여 규정되어진 법률이며 밀폐공간과 관련된 주요 내용 들은 다음과 같다.

위의 법률은 밀폐공간 작업의 건강장해만을 예방하기 위한 법률은 아니며 중독, 화재, 폭발 등 각기 다른 목적으로 규정되어 있으며 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해 예방은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제10장에 기술되어 있으며, 크게 제2절 밀폐공간 내 작업 시의 조치와 제3절 유해가스 발생 장소 등에 대한 조치기준, 제4절 관리 및 사고 시의 조치 등으로 구성되어 있다. 산업안전보건규칙에 있는 밀폐와 관련된 규정은 4가지의 종류가 있지만, 각각의 목적이 다르고 제10장 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해의 예방규정은 주로 밀폐공간 작업 시 발생할 수 있는 질식 재해를 예방하기 위한 규정으로 정리되어 있다. 즉 4가지의 종류의 규정들이 각각 중독, 화재, 폭발, 질식 등 서로 다른 목적을 가지고 규정되어 있다고 볼 수 있다. 산업안전보건기준에 관한 규칙은 크게 안전기준, 보건기준으로 구분되어져 있다. 안전기준은 사고성 재해예방을 보건기준은 질환성 건강장해 예방을 위한 조항들로 구성되어 있다. 밀폐공간과 관련한 중독, 화재, 폭발 등의 규정과 질식예방에 관한 규정을 산업안전보건규칙 상 하나의 장으로 통합하여 운영하는 것에 대한 필요성을 제기하고 있으나 다음의 이유로 현재와 같은 체계를 유지하는 것이 바람직하다고 판단된다. 첫째; 현재의 규칙 체계가 안전기준과 보건기준을 다르게 운영하고 있는 점. 둘째; 사고성 재해 예방과 질병(질환)성 재해 예방 방법이 다른 점.

셋째; 재해 유형에 따라 정부 범규 운영 조직이 상이한 점. 넷째; 사업장의 안전보건관리자들의 범규 운영 담당자가 불명확해 진다는 점. 마지막으로 관리대상물질, 폭발·화재 및 위험물 누출, 건설작업 등 각각의 고유의 목적에서 밀폐에 대한 내용만 제거하여 운영하기 어려운 점이다. 위와 같은 이유에서 현재의 안전보건규칙 체계를 벗어나 밀폐공간과 관련된 조항들을 하나로 통합하여 관리하는 것은 여러 가지 다른 문제가 발생할 수 있어 신중해야 한다. 밀폐공간 작업으로 인한 재해를 예방하기 위해 반드시 법 조항을 통합시킬 필요는 없으며, 법체계는 현재를 유지하되 현재도 고용노동부와 안전보건공단에서 발간하고 있는 밀폐공간 작업 질식 재해 예방 종합 가이드를 질식뿐 아니라 중독, 화재, 폭발을 종합할 수 있는 가이드로 발간하여 배포하여 관리하는 것이 효과적이라 판단된다.

IV. 결 론

1. 밀폐공간의 개념

선진 외국(독일, 미국, 일본)과 비교하여 국내 기준에서 가장 차이가 있는 부분은 밀폐공간의 정의 부분이다. 이는 국가별 문화나 법령 형태에 따라 다르게 적용될 수 있는 부분이다. 우리나라의 경우 산업안전보건법 초기 적용 단계에서 일본의 법령을 많이 인용해 왔고, 이후 미국과 유럽의 기준들을 추가로 적용해서 운영되는 상황이다. 특히 미국과 독일의 경우 밀폐공간을 상황적 개념으로 정립이 되어 있고 우리나라와 일본의 경우 장소의 개념으로서 정립되고 있다. 이러한 부분을 어느 나라가 꼭 맞다고 볼 수는 없다. 법 집행의 방법이나 국민의 의식 수준, 사업장의 운영수준 및 법 전달체계 등이 국가마다 다르기 때문이다.

또한, 밀폐공간의 정의 중 중요한 개념 중의 하나인 산소농도의 기준은 우리나라의 경우 18% 미만으로 보고 있으나, 독일의 경우 20.9%미만을 산소결핍으로 보고 있고, 미국의 경우 19.5% 미만을 산소결핍으로 보고 있다. 우리나라의 질식 재해 사고사례를 보면 산소결핍이 18% 미만 또는 19.5%, 20.9% 미만으로 보는 것이 중대 재해로 연결되는 중요한 원인이 되고 있진 않다. 독일의 경우 산소결핍의 기준을 20.9% 미만으로 정의하고 있지만, 실제 산소결핍으로 인한 건강장해는 산소농도 17%이하로 보고 있다. 따라서 산소결핍의 정의 문제는 의학, 간호학, 산업위생학, 소방, 화공 등 전문가

들의 좀 더 심도 있는 논의가 필요하며, 본 연구에서는 반드시 정의되어야 할 부분은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 안으로 밀폐공간의 정의 개선을 제안하고자 한다.

1안으로는 현재 18종의 밀폐공간의 정에 대한 가이드를 제공하는 것이다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 18 밀폐공간 정의를 보면 현재 18종의 밀폐공간은 장소 개념으로 정의가 되고 있으나 14호(산소농도가 18% 미만 또는 23.5% 이상, 탄산가스 농도가 1.5% 이상, 일산화탄소 농도가 30 ppm 이상 또는 황화수소 농도가 10 ppm 이상인 장소의 내부)와 18호(근로자가 상주하지 않는 공간으로서 출입이 제한돼 있는 장소의 내부)의 경우 그 장소의 개념이 명확하지 않아 현장의 관리자들 뿐 아니라, 일선의 근로감독자들 또한 명확하게 감독하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 현재 밀폐공간의 정의는 그대로 두고 그 개념에 대한 가이드를 상세히 작성하여 배포하여 관리하는 것이 필요해 보인다.

2안으로는 밀폐공간의 정의를 상황 중심으로 개념 전환하는 것이다. 독일과 미국의 사례를 볼 때 밀폐공간은 반드시 실내에서만 발생하는 것이 아님을 알 수 있다. 따라서 특정한 장소의 개념보다는 순간적으로 밀폐공간이 될 수 있는 여러 가지 상황적 조건을 제시함으로써 포괄적인 밀폐공간을 정의하는 것도 방법일 수 있다. 다만, 대기업의 안전보건관리자가 있는 경우 그 개념적 판단이 가능할 수 있으나 중소, 영세사업주나 관리자들은 내부적으로 관리해야 할 밀폐공간의 개념을 스스로 파악하기 어려울 수 있고 외부 전문가에게 의존할 수 밖에 없는 상황이 될 수 있다. 이런 경우 밀폐공간임을 확인을 해주는 인증제도가 필요하며 인증 자격 또한 기준을 정립해야 한다. 밀폐공간 확인 인증제도의 경우 1안의 제도에서도 가능하겠지만 전국의 많은 밀폐공간을 인증해주고 확인해 주는 작업이 제도화되려면 많은 시간이 소요될 것으로 보인다.

2. 밀폐공간의 작업 허가

과유불급(過猶不及)이라는 한자 성어가 있듯이 특히 규제 경우 너무 많은 규제는 오히려 지키지 않게 하는 악영향이 되는 경우가 있다. 밀폐공간이라 하더라도 위험의 정도의 따라 또는 상황에 따라 반드시 지켜야 할 사항과 밀폐공간이긴 하지만 일반적인 관리상황만 지켜도 문제가 없다는 것을 인식시킬 필요가 있다. 미국의 경우 법적으로 작업 허가가 필요한 밀폐공간(permit

confined space)과 작업 허가가 필요하지 않는 밀폐공간(non permit confined space)을 구분하여 관리하고 있으며, 작업 허가가 필요한 밀폐공간의 경우 지켜야 할 항목과 책임을 명확하게 하고 있다(OHSA, 2004). 우리나라도 밀폐공간이라 하더라도 작업 허가를 반드시 받아야 하는 작업과 그렇지 않은 작업을 구분하는 것이 필요하다. 단 미국의 경우처럼 작업 허가 밀폐공간이라고 하더라도 전문가의 판단에 따라 질식의 위험이 제거되었거나 위험이 존재하지 않는다고 판단되면 인증서를 갖추고 일반 구역으로 변경할 수 있도록 하고 있어 이를 반영할 필요도 있다. 현재 밀폐공간 18종에 해당하면 밀폐공간 작업프로그램을 수립 시행하게 되어 있고 이것이 일종의 작업 허가의 개념이 들어가 있다고 볼 수 있다. 다만 밀폐공간 작업허가서에 들어가야 할 양식을 통일화해 작업 허가 시 확인해야 할 항목을 명확하게 해주는 것이 필요하다. 따라서 현재 밀폐공간 정의 중 17호까지는 작업 허가가 필요한 밀폐공간으로 정의하고 안전보건규칙 제10장의 제2절 밀폐공간 내 작업시의 조치 등을 모두 준수해야 하며, 18호의 경우 작업 허가가 필요 없는 밀폐공간으로 간주하고 제3절 유해가스 발생 장소 등에 대한 조치기준만 준수하도록 하는 것이 필요하다.

3. 밀폐공간 관리감독자의 교육의무 강화

밀폐공간 질식사고가 밀폐공간 법령의 문제인지 현장 관리자들에게 인지될 수 있는 전달체계가 문제인지에 대해 지적하는 의견이 많다. 아무리 좋은 법령이라도 그것이 현장에 전달되지 못하고 인식되지 못하면 무용지물일 것이다. 즉 밀폐공간을 보유하고 있는 사업주나 관리자가 그것을 인지하고 있지 못하면 그 후속 조치는 당연히 모를 것이다. 밀폐공간 대형 질식 재해 사고사례를 보더라도 사고 당시 관리자 등은 대부분 밀폐공간의 개념과 안전작업 절차에 대해 인식하고 있지 못하는 경우가 대부분이다. 따라서 밀폐공간을 보유하고 있는 관리자 특히 원청의 관리감독자들이 밀폐공간 작업자들에게 교육하고 관리할 수 있을 정도의 교육은 반드시 필요하다. 일본의 경우 밀폐공간 작업 주임자(관리감독자)에 대한 교육 이수와 교육 시간, 내용까지 명시하고 있을 정도로 교육에 대한 중요성을 강조하고 있다.

현재 산업안전보건법 시행규칙 제26의 특별교육 대상으로 밀폐공간 작업이 포함되어 있다. 하지만 대부분이 영세 하청업체에서 실제 밀폐공간 작업을 하는 실정

Table 4. the Improvement plan of domestic by comparison of regulations on suffocation accidents in foreign

Classification	Definitions and concepts	Classification of confined spaces (Permission required / general)	Roles and training by hierarchy
Germany	Widely defined as the concept of a situation, not the concept of a place	Do not distinguish between enclosed spaces requiring permission and enclosed spaces that do not require permission	Define the roles of management supervisors, safety managers, etc.
United States	Widely defined as the concept of a situation, not the concept of a place	Strictly manage closed spaces that require permission by clearly distinguishing between confined spaces and general enclosed spaces;	he role of authorized persons, attendants, entrants, employers of access supervisors, etc. and the assignment of educational obligations;
Japan	Define locations of risk of oxygen deficiency and hydrogen sulfide poisoning	Do not distinguish between enclosed spaces requiring permission and enclosed spaces that do not require permission	Mandatory training of job foreman (Detailed training hours, content)
Domestic improvement plan	Maintain a place-centered definition, but need a clear explanatory statement:	Confined space requiring work permit (Define confined space: No. 1 to 17) General Enclosure (Define confined space: No. 18)	Strengthening the educational obligations of management supervisors of the original office with confined spaces; (Businesses with less than five employees are trained by employers)

에서 그러한 노동자들이 제대로 된 교육을 받기는 현실적으로 어렵다. 따라서 원청 또는 발주자의 관리감독자가 해당 밀폐공간에 대한 장소 파악, 개념, 조치 사항들을 명확히 알고 관리 감독을 해야 사고 예방을 할 수 있다. 관리감독자들은 1년에 16시간 이상의 교육을 받아야 하고 교육 내용에 밀폐공간이 포함되어 있긴 하지만 모든 관리감독자가 의무적으로 밀폐공간에 대한 교육을 받아야 하는 것이 아니기에 밀폐공간 작업이 아닌 안전보건에 대한 교육을 16시간씩 받는 경우도 많다. 따라서 밀폐공간을 소유하고 있는 원청 및 발주처의 밀폐공간 담당 관리감독자(5인 미만 사업장은 사업주)는 의무적으로 밀폐공간 작업을 하기 전에 교육을 받는 제도가 필요하다.

4. 산소 및 유해가스 농도 측정자의 자격 확대

밀폐공간의 산소 및 유해가스 농도 측정자의 자격을 확대할 필요가 있다. 현재 안전보건규칙 제619조의2(산소 및 유해가스 농도의 측정)에 나와 있는 측정자의 자격은 관리감독자, 보건관리자, 안전관리전문기관, 보건관리전문기관, 작업환경측정기관으로 되어 있다. 우리나라의 전국 사업장의 밀폐공간은 12,718개로 추정된다(Lee, 2020). 이러한 우리나라의 방대한 밀폐공간의 현

실을 감안하면 현장의 관리감독자와 보건관리자가 일일이 밀폐공간의 산소 및 유해가스 농도를 직접 측정하는 것이 업무의 효율적으로 맞지 않다는 지적이다. 산소농도 및 유해가스 측정이 높은 기술적 스킬을 요구하지 않는 점을 감안한다면 밀폐공간의 개념과 측정에 대한 교육을 이수한 사람은 누구나 측정을 할 수 있도록 확대해 주는 것이 현실적으로 합당할 수 있다. 하지만, 측정자의 자격을 확대할 경우 반드시 측정자는 사전에 밀폐공간의 개념과 유해성, 측정 방법 등의 교육을 반드시 이수해야 한다. 또한, 이러한 교육을 안전보건공단에서 주관하기엔 너무 많은 시간이 소요될 우려가 있기에 안전보건공단에서 표준 강의안을 제작하고 안전보건공단뿐 아니라 안전보건교육 전문기관에서 교육하도록 교육에 대한 기회도 확대해 주어야 실효성이 있다고 할 수 있다.

5. 국내 질식 재해 예방 규정 개선방안

국내 산업안전보건기준에 관한 규칙상의 제도개선 방안으로는 크게 3가지로 제안하고자 한다. 밀폐공간의 정의에 대한 개념 개선, 특별히 위험한 밀폐공간 작업에 대한 작업허가제도 시행, 밀폐공간 관리감독자들의 밀폐공간 관련 교육의무 시행 등이다(Table 4).

감사의 글

본 연구는 2020년 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 학술용역 지원 사업에 의해 수행되었습니다.

References

- American Industrial Hygiene Association (AIHA). Prevention through design : Eliminating confined spaces and minimizing hazards, 2018
- American Conference of Government Industrial Hygiens (ACGIH). TLVs and BEIs, appendix F, 2019
- Choi Y. Choi H. Accidents prevention in a closed space using IoT technology. J Korean Soc Info Com, 2018; 22(9):1159-1164 <https://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.9.1159>
- DGUV Regel 113-004. Vessels, silos and confined spaces part 1: Work in vessels, silos and confined spaces. 2020.
- Ham SH. a Study on the utilization of advanced technology to prevent accidents in closed spaces. Korea Institute for Industrial Safety and Health, 2018
- Lee JH. Dissecting invisible hazards, confined spaces, suffocation disasters, Danbi News, 18 Oct. 2020 available from: <http://www.danbinews.com/news/articleView.html?idxno=13672>
- Ministry of Employment and Labor (MoEL). Rules on industrial safety and health standards. Ministry of Employment and Labor Decree No. 251, 2019
- Ministry of Health, Labour and Welfare (MoHLW). Regulations for preventing oxygen deficiency, etc, Ministry of Labor Ordinance No, 42, 2020. available from: https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=74105000&dataType=0&pageNo=1
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Permit-required confined spaces 2004. available from : <https://www.osha.gov/Publications/osha3138.pdf>
- Oakland University (OU). Confined space entry training guide, Revised March, 2005
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Regulations (Standards - 29 1910 CFR) 2020. available from: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Regulations (Standards - 29 1926 CFR) 2020. available from: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Regulations (Standards - 29 1915 CFR) 2020. available from: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1915>
- Yoon JD. German industrial safety and health overview. Korea Labor Health Research Institute 2018.

<저자정보>

임대성(공학박사), 이승길(교수), 김치년(교수),
조기홍(실장), 이광용(연구위원)