

산업재해 중 ‘화학물질 누출·접촉’ 및 ‘산소 결핍’ 사례에 대한 체계적 분석 (I)

이나루* · 이혜진 · 이도희 · 신아롬

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Systematic Analysis of Chemical Exposure and Asphyxiation Cases among Occupational Injuries (I)

Naroo Lee* · Hye Jin Lee · Dohee Lee · Arom Shin

Occupational Safety and Health Research Institute(OSHRI),
Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA)

ABSTRACT

Objectives: If the characteristics and causes of industrial accidents can be identified, the government becomes able to apply its administrative resources more efficiently and ultimately contribute to the reduction of occupational accidents. This study collected and analyzed domestic occupational accident data to establish characteristics, causes, and appropriate preventive measures for chemical-related accidents.

Methods: Among the data on workers' compensation approvals, 1,036 cases (cumulative over three years) of occurrence types of 'chemical exposure' and 'asphyxiation' were collected. These data were classified by injury type. Among them, 1,019 cases were burns, acute poisoning, and asphyxiation. These 1,019 cases were coded for variables in steps 1, 2, and 3 according to the European statistics and methodology on occupational injuries.

Results: In manufacturing, construction, and other industries, burns were the most common injury caused by chemicals, accounting for more than two-thirds of all injuries. Burns occurred in the eyes in approximately 20% of cases. The burn area varied slightly depending on the industry. Burns occur in both routine and non-routine work areas and are caused by a variety of work activities. However, they occur most frequently in production activities and excavation, construction, repair and demolition activities. The main substances were corrosive and irritating substances, and the main cause at construction sites was cement.

Conclusions: Using the results of a systematic analysis of these cases, we classified chemical-related injury types and presented event overviews, possible causes, and preventive measures. Additionally, a system to respond to these chemical-related injuries is proposed.

Key words: occupational injury statistics, burn, cement, chemical exposure

I. 서 론


화학물질 취급 과정에서 화학물질에 노출되어 건강 장애를 입은 국내 근로자의 규모, 상해 종류 및 원인에 대하여 파악하는 것은 어렵다. 고용노동부가 발간하는


산업재해 현황에서 발생 형태가 ‘화학물질 누출·접촉’인 사례는 전체 산업재해에서 미미한 비중을 차지하고, 업무상 질병 현황에서도 화학물질로 인한 직업병보다 근골격계질환 및 뇌심혈관계질환 사례가 월등히 많다(MOEL, 2022). 그러나 세계보건기구(World Health


*Corresponding author: Naroo Lee, Tel: 042-869-0310, E-mail: naroollee@kosha.or.kr


30, Expo-ro 339beon-gil, Yuseong-gu, Daejeon, 34122, Republic of Korea

Received: December 12, 2024, Revised: December 21, 2024, Accepted: December 29, 2024

 Naroo Lee <http://orcid.org/0000-0003-1483-6928>

 Dohee Lee <http://orcid.org/0000-0003-3597-5476>

 Hye Jin Lee <http://orcid.org/0000-0002-1028-0611>

 Arom Shin <http://orcid.org/0009-0007-3302-952X>

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.

Organization, WHO)와 국제노동기구(International Labor Organization, ILO)는 직업적인 위험 요인 41개에 따른 부담을 추정한 결과, 사망에 가장 큰 위험 요인은 장시간 노동(주 55시간 이상)이고, 다음이 입자·가스 및 흡이었고, 직업적인 상해는 그 다음으로 19.3%를 차지한다고 발표하였다. 직업적인 상해는 사망 및 장애 보정 생존년수(disability-adjusted life years, DALYs)에 대해서는 29.5%를 차지하였다(WHO/ILO, 2021).

직업적인 위험 요인에 의한 질병 혹은 상해의 부담을 알고자 하는 이유는 사업장에 개입하여 근로자 피해를 줄이기 위해서이다. 그러나 화학물질이 인간에게 영향을 미치는 방식은 다양하고, 수많은 화학물질이 작업장에서 사용되기 때문에 질병 혹은 상해의 부담을 객관적인 지표 혹은 과학적 증명으로는 알기가 쉽지 않다. 따라서 질병 혹은 상해의 부담이 과소 평가된 것을 인지하고, 평가 가능한 화학물질 노출 감소를 목표로 화학물질 규제 정책이 수립된다. 화학물질에 의한 건강 영향은 화학물질 본래의 유해성 뿐 아니라, 노출 수준 및 노출 경로에 따라 다르게 나타나는데, 화학물질 규제 정책은 대부분 근로자가 일 8시간, 주 40시간, 40년 동안 일하면서 화학물질에 노출되어 일어나는 만성 영향을 예방하기 위해 수립된다. 화학물질의 만성 영향 예방 조치가 취해지면 당연히 고농도 노출에 의한 급성 영향은 예방되기 때문이다.

국내에서 계속해서 화학물질의 단기간 노출에 의한 화학물질 중독 및 사망이 발생하고 있지만(Lee et al, 2023), 화학물질 중독의 규모와 원인을 알기는 어렵다. 화학물질 노출 후 시간적인 지연이 발생하는 만성 영향 뿐만 아니라, 노출 직후 발생하는 단기간 노출에 의한 화학물질 중독 규모도 알지 못한다. 화학물질의 단기간 노출에 의한 인체 영향을 중대재해처벌법에서는 ‘급성 중독’이라고 정의하고 있고, ILO에서 1998년 발표한 산업재해 통계 결의안에서 재해자의 신체적 결과에 따라 상해 종류를 분류하는데 상해 종류 중 하나가 ‘급성 중독(acute poisoning)’이다. 이 결의안에서는 급성 중독을 사고로 일어나는 결과로 본다. 즉, 화학물질의 단기간 노출에 의한 건강 영향이 사고로 일어나는 결과가 아닌 경우에는 직업병으로 분류된다. 화학물질의 유해성을 분류하는 un ghs 유해성 분류 기준에서 급성 독성(acute toxicity)을 UN GHS 지침 개정 6판 이전에

는 “입 또는 피부를 통하여 1회 또는 24시간 이내 수 회로 나누어 투여되거나 4시간 가량의 물질 흡입에 노출되었을 나타나는 유해 영향”으로 정의하였지만, 개정 7판에서는 “물질 및 혼합물의 일회성 또는 단기의 구강, 피부 또는 흡입 노출 이후에 일어나는 심각한 인체 유해 영향”으로 정의하였다. UN GHS 개정 7판부터는 급성 독성을 노출 횟수보다 심각한 인체 유해 영향을 더 중요하게 정의하고 있다. 화학물질의 유해성을 분류하는 UN GHS 정의에 근거하면, 2022년 및 2023년에 발생한 독성 간염은 급성 독성보다는 특정표적장기 유해성에 기인한 것이다. 실제, 산업재해 승인 자료에서도 독성 간염은 직업병으로 분류하였다.

국내에서 발생하고 있는 단기간 노출에 의해 인체에 심각한 영향을 주는 급성중독 사례를 산업재해 통계에서 확인해야 하나 국내 산업재해 통계에서는 ‘급성중독’ 분류가 없다. 국내 산업재해 통계에서 화학물질로 인한 ‘급성중독’을 확인하기 위해서는 발생 형태 중 ‘화학물질 누출·접촉’ 사례를 다시 분류하여 ‘급성중독’ 사례를 찾아야 한다. 또, 국내 산업재해 발생 형태 중 ‘산소 결핍·질식’ 사례에 일산화탄소 혹은 황화수소 중독이 포함되어 있는데, ILO 상해 종류에서 일산화탄소 혹은 황화수소 중독은 그 물질의 유해성에 의해 중독 현상이 나타나서 ‘급성중독’으로 분류되므로, ‘급성중독’을 확인하기 위해서는 재분류가 필요하다.

현재 국내에서 발간되는 산업재해 통계에서 화학물질로 인한 부담을 확인하기 어렵다. 본 연구에서는 산업재해 보상이 승인된 자료 중 발생 형태가 ‘화학물질 누출·접촉’ 및 ‘질식’ 사례를 체계적으로 분석하여 화학물질로 인한 상해 종류 및 원인을 확인하고자 하였다. 또, 화학물질로 인한 상해를 유형화하여 원인 및 예방 대책을 제시하였다.

II. 대상 및 방법

1) 자료 수집

국내에서는 산업재해 통계를 산업재해 보상 승인자료로 생산하고 있다. 산업재해 통계를 생산할 때 사업장 규모, 업종, 발생 형태 등을 기준으로 하여 생산하고 있다(KOSHA, 2016). 본 연구에서는 2020년에서 2022년 3년 동안의 산업재해 보상 승인 자료 중 발생 형태가 ‘화학물질 누출·접촉’ 및 ‘질식’인 사례를 수집하였다.

2) 자료 표준화 및 코딩

ILO가 1998년에 발표한 '산업재해 통계에 관한 결의안'에서는 산업재해가 발생했을 때 재해가 일어난 사업장 정보, 상해 입은 사람(피해자)에 대한 정보, 상해에 대한 정보, 재해 및 상황에 대한 정보를 취합할 것을 제안하였다. 상해에 대한 정보는 사망인지 아닌지, 상해 종류, 상해를 입은 신체 부위이며, 재해 및 상황에 대한 정보는 재해 장소의 종류, 재해 일시, 상해 형태 및 상해와 관련된 물질 종류이다. 유럽 연합에서는 '산업재해에 관한 유럽 통계- 방법론'을 발간해서 산업재해 사례를 수집·분류·평가한다. '산업재해에 관한 유럽 통계- 방법론'에서는 사고를 적절하게 설명하기 위해 사고의 주요 특징, 피해자 및 사업주 정보로 사고가 어디서 발생했는지, 누가 상해를 입었는지, 상해의 성격과 심각성, 사고의 결과를 파악하기 위한 정보(제1단계 및 제2단계 정보)와 원인과 상황에 따른 변수, 즉, 사고가 어떤 상황에서 발생했고, 상해가 어떻게 발생했는지에 대한 정보(제3단계 정보)로 나눈다, 제1단계 및 제2단계 변수로 사건 번호, 사업장 업종, 직업, 고용 상태, 나이,

성별, 국적, 지리적 위치, 사고 일시, 사고 발생 시간, 기업규모, 상해 종류(피해자에게 미친 신체적 결과), 상해를 입은 신체 부위, 손실 일수(피해자가 직장에서의 사고로 인해 업무에 부적합한 경우의 총 일수), 가중치(치명적이지 않은 사고에 대한 데이터 수집을 위해 표본을 사용하거나 과소 보고를 수정하려고 할 때 사용되는 값)이 변수이다. 제3단계 변수는 원인과 상황에 대한 변수로서 예방 정책 수립을 위해 사고가 어디서, 어떻게 발생하는지 파악하기 위한 추가 정보이다. 비정상적인 일이 발생한 순간에 대한 설명은 사고 당시 피해자가 무엇을 하고 있었는지에 대한 설명만큼 중요하다. 사고의 원인과 상황에는 사고 직전의 상황-워크 스테이션(작업 장소), 작업 환경, 작업 공정, 특정 신체 활동, 이탈(사고 상황이 일반적인 관행과 다른 방식에 대한 설명), 접촉-상해의 형태(정상적인 관행에서 벗어난 것이 사고로 이어지는 정확한 방식)이 포함된다. '산업재해에 관한 유럽 통계- 방법론'은 제1단계, 제2단계 및 제3단계 변수에 대해 코딩이 가능하도록 표준화되어 있다. (Figure 1) 본 연구에서는 수집한 재해 사례에 대해

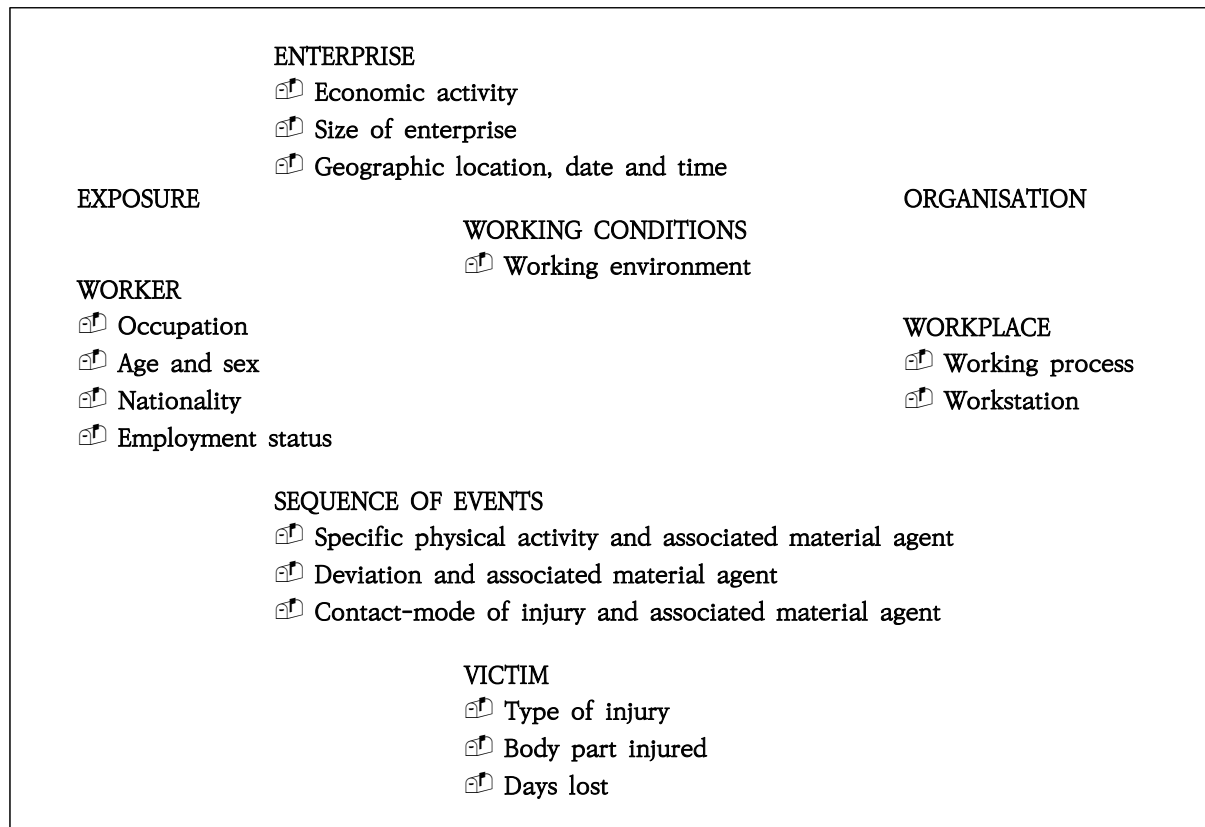


Figure 1. Variables that properly describe an accident (retrieved from ESAW summary methodology)

‘산업재해에 관한 유럽 통계- 방법론’에 따라 제1단계, 제2단계 및 제3단계 변수를 코딩하였다.

III. 결 과

1. 화학물질로 인한 업종별 · 연도별 · 상해 종류별 재해 현황

‘화학물질 누출 · 접촉’ 및 ‘산소결핍’인 자료 1,036건을 상해 종류별로 분류한 결과, 화상, 급성중독 및 질식에 해당하지 않는 사례 17건이 있었고, 1,019건이 기준을 충족하였다(Table 1). 이 중 809건이 화상으로 나타나, 사고성 재해 중 화학물질과 관련된 재해는 약 79%가 화상이라고 볼 수 있다(Table 2).

업종을 제조업, 건설업, 그 밖의 업종으로 구분하였을 때, 제조업과 그 밖의 업종에서 약 300건이 화상 재해가 발생하였고, 건설업에서는 약 150여건의 화상 재해가 발생하였다(Table 2). 3개 업종에서 화상이 발생한 주요 신체 부위가 다르게 나타났다. 제조업에서는 상지 부위가 27%로 가장 높았던 반면, 건설업에서는 하지 부위가 47%로 가장 높았다. 그 밖의 업종에서는 상지가 43%로 나타났다. 건설업에서의 화상은 시멘트

에 의한 것으로 시멘트가 장화 속으로 들어가 하지 부위에서 발생하는 것이 특징이었다. 그 밖의 업종에서 화상은 세척제에 의한 식당 및 미화원의 화상, 실험실 시약으로 인한 화상, 택배 등 물건 하역 작업에서 락스 등의 누출로 인한 화상 등이 있었다.

화상에서 특징적인 부위는 눈이다. 제조업, 그 밖의 업종에서는 화상의 20%가 눈에 발생하였고, 건설업에서는 화상의 15%가 눈에 발생하였다.

2. 화상에 대한 상세 분석

화상이 발생한 작업환경 중 가장 높은 곳은 산업 현장이다. 화상 전체의 56%가 산업 현장에서 발생하였다. 산업 현장 중 제조 및 생산의 일상적인 작업 공간에서 화상의 28.7%가 발생하였다. 산업 현장 중 청소 및 정비를 하는 일상적인 작업 공간에서 화상의 8.4%가 발생하였다. 산업 현장의 일상적인 작업 공간의 화상보다는 훨씬 적은 빈도이기는 하나 비일상 또는 이동 가능한 작업 공간에서도 화상이 발생하였다(Table 3).

화상의 20%는 건설 현장에서 발생하였다. 건설 현장 은 모두 비일상적인 공간인데 굴착, 건설, 수리 철거 등 작업 공정에서 17.6%가 발생하였다(Table 3).

Table 1. Number of chemical exposure and asphyxiation cases categorized as burns, acute poisoning, and asphyxiation in workers' compensation data by year

Reference year	Number of cases	Number of exclusions	Number of cases analyzed
2020	338	5	333
2021	334	6	328
2022	364	6	358
Total	1,036	17	1,019

Table 2. Part of the body burned by industry in workers' compensation data (n=1,036)

Part of body injured		Type of industries, number of cases (%)		
Code	Label	Manufacturing	Construction	Other industries
10	Head, not further specified	18 (5.4%)	4 (2.5%)	11 (3.5%)
13	Eyes	67 (19.9%)	24 (15.3%)	65 (20.5%)
21	Neck, including spine and vertebra in the neck	2 (0.6%)	0 (0%)	4 (1.3%)
31	Back, including spine and vertebra in the back	1 (0.3%)	0 (0%)	1 (0.3%)
40	Torso and organs, not further specified	8 (2.4%)	5 (3.2%)	6 (1.9%)
50	Upper extremities, not further specified	92 (27.4%)	25 (15.9%)	136 (42.9%)
60	Lower extremities, not further specified	78 (23.2%)	71 (45.2%)	53 (16.7%)
70	Whole body and multiple sites, not further specified	69 (20.5%)	28 (17.8%)	41 (12.9%)
Total (809)		335	157	317

Table 3. Working environment and working process where the burn occurred in workers' compensation data (n=809)

Working environment (code) / Working process (code)	Workstation* (Code)	Number of cases (%)
Industrial site (10)– 57.1%		
Production, manufacturing, processing, storing–all types (10)	1	234 (28.9%)
	2	30 (3.7%)
Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	1	34 (4.2%)
	2	19 (2.3%)
Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	1	27 (3.3%)
	2	5 (0.6%)
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	1	68 (8.4%)
	2	13 (1.6%)
Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	1	19 (2.3%)
	2	8 (1.0%)
Monitoring, inspection of manufacturing procedures, working areas, means of transport, equipment (55)	1	2 (0.2%)
	2	1 (0.1%)
Other work related to tasks coded under 10, 20, 30, and 40 (59)	2	2 (0.2%)
Construction site, construction, opencast quarry, opencast mine (20)– 19.7%		
Excavation, construction, repair, demolition (20)	2	142 (17.6%)
Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	2	1 (0.1%)
Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	2	1 (0.1%)
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	2	15 (1.9%)
Farming, breeding, fish farming, forest zone (30) – 0.5 %		
Agricultural type work, forestry, horticulture, fish farming, work with live animals (30)	1	2 (0.2%)
	2	2 (0.2%)
Tertiary activity area, office, amusement area (40)– 18.7%		
Agricultural type work, forestry, horticulture, fish farming, work with live animals (30)	1	3 (0.4%)
Service provided to enterprise and/or to the general public; intellectual activity (40)	1	23 (2.8%)
Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	2	1 (0.1%)
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	1	77 (9.5%)
	2	43 (5.3%)
Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	1	3 (0.4%)
Movement, sport, artistic activity (60)	2	1 (0.1%)
Health establishment (50)– 1.2%		
Service provided to enterprise and/or to the general public, intellectual activity (40)	1	3 (0.4%)
Cleaning working area, machines–industrial or manual (53)	1	5 (0.6%)
	2	2 (0.2%)
Public area (60)– 0.9%		
Production, manufacturing, processing, storing–All types (10)	1	1 (0.1%)
Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	2	1 (0.1%)
Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	2	2 (0.2%)
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	2	3 (0.4%)
In the home (70)– 0.7%		
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	1	1 (0.1%)
	2	5 (0.6%)
Sports area (80)– 0.7%		
Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	2	1 (0.1%)
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	1	3 (0.4%)
	2	2 (0.2%)
Underground–drains/sewers (103)– 0.1%		
Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	2	1 (0.1%)
On/over water, excluding construction (110)– 0.1%		
Monitoring, inspection of manufacturing procedures, working areas, means of transport, equipment–with or without monitoring equipment (55)	1	1 (0.1%)
No information (000)– 0.2%		
Cleaning working areas, machines –industrial or manual (53)	2	2 (0.2%)
* Code 1: Usual workstation or within the usual local unit of work Code 2: Occasional or mobile workstation or in a journey on behalf of the employer		

Table 4. Deviation and related causes to burns in working process in workers' compensation data (n=809)

Deviation / material agent	Working process	Number of cases
Liquid state-leaking, oozing, flowing, splashing, spraying (22)- 88.4%		
Systems for the supply and distribution of materials, pipe network (04.00)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	13 (1.6%)
	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	35 (4.3%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	11 (1.3%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	3 (0.4%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid or gases) (15.01)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	223 (27.6%)
	Excavation, construction, repair, demolition (20)	118 (14.6%)
	Agricultural type work, forestry, horticulture, fish farming, work with live animals (30)	8 (1.0%)
	Service provided to enterprise and/or to the general public; intellectual activity (40)	24 (3.0%)
	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	8 (1.0%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	17 (2.1%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	222 (27.4%)
	Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	27 (3.3%)
	Monitoring, inspection of manufacturing procedures, working areas, means of transport, equipment-with or without monitoring equipment (55)	3 (0.4%)
	Other group 50 type working process not listed (59)	2 (0.2%)
	Movement, sport, artistic activity (60)	1 (0.1%)
Gaseous state - vaporization, aerosol formation, gas formation (23) -0.2%		
Systems for the supply and distribution of materials, pipe network (04.00)	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	1 (0.1%)
Safety device (16.00)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
Pulverulent material-smoke generation, dust/particles in suspension/emission of (24) -4.4%		
Systems for the supply and distribution of materials, pipe network (04.00)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	1 (0.1%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	2 (0.2%)
Materials, objects, products, machine or vehicle or vehicle components, debris, dust (14.00)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	5 (0.6%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	1 (0.1%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid or gases) (15.01)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	15 (1.9%)
	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	4 (0.5%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	1 (0.1%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	7 (0.9%)
Breakage, bursting, splitting, slipping, fall, collapse of material agent (30) -2.1%		
Systems for the supply and distribution of materials, pipe network (04.00)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	7 (0.9%)
	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	5 (0.6%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	2 (0.2%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	1 (0.1%)
	Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	1 (0.1%)
Motors, systems for energy transmission and storage (05.00)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	1 (0.1%)

Table 4. Continued

Deviation / material agent	Working process	Number of cases
Fall of person- to a lower level (51) - 1.5%		
Machines and equipment-fixed (10.00)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	3 (0.4%)
	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	1 (0.1%)
	Maintenance, repair, tuning, adjustment (52)	3 (0.4%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	1 (0.1%)
	Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	1 (0.1%)
	Monitoring, inspection of manufacturing procedures, working areas, means of transport, equipment-with or without monitoring equipment (55)	1 (0.1%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid or gases) (15.01)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
Slipping- Stumbling and falling-fall of person- on the same level (52) - 2.3%		
Materials, objects, products, machine or vehicle or vehicle components, debris, dust (14.00)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	1 (0.1%)
	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid or gases) (15.01)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	11 (1.4%)
	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembling, dismantling (51)	1 (0.1%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	3 (0.4%)
	Waste management, disposal, waste treatment of all kinds (54)	2 (0.2%)
Uncoordinated movements, spurious or untimely actions (64)-0.4%		
Systems for the supply and distribution of materials, pipe network (04.00)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	1 (0.1%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid or gases) (15.01)	Cleaning working areas, machines -industrial or manual (53)	1 (0.1%)
Presence of the victim or of a third person in itself creating a danger for oneself and possibly others (85) - 0.1%		
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid, or gases) (15.01)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
No information (00) - 0.5%		
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid, or gases) (15.01)	Production, manufacturing, processing, storing-All types (10)	2 (0.2%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid, or gases) (15.01)	Excavation, construction, repair, demolition (20)	1 (0.1%)
Substances-caustic, corrosive (solid, liquid, or gases) (15.01)	Setting up, preparation, installation, mounting, disassembly, dismantling (51)	1 (0.1%)

화상의 18%는 3차 활동 지역, 사무실에서 발생하였는데, 작업구역 및 설비의 일상적인 작업구역에서 9.5%, 비일상적인 작업구역에서 5.3%가 발생하였다(Table 3). 재해자가 속한 사무실 청소인 경우는 일상적인 작업구역이고, 재해자가 속하지 않은 곳의 사무실 청소는 비일상적인 작업구역, 예를 들면, 파견을 나가서 청소나 정비를 하다가 화상을 입은 경우가 이에 해당한다.

화상이 발생한 과정에서 일어난 일 중 가장 많은 것

은 액체의 스며들, 샘, 흐름, 튀어있고, 전체 화상의 88%가 이러한 일의 결과로 발생하였다. 액체의 스며들, 샘, 흐름, 튀은 주로 자극성·부식성 물질이고, 제조 생산 현장, 청소 및 정비 현장, 건설 현장에서 가장 많이 발생하였다. 액체의 스며들, 샘, 흐름, 튀이 배관 등 자재 공급·유통 시스템에서 일어나기도 하는데 주로 설치·해체 현장, 정비·보수 현장에서 일어난다 (Table 4).

3. 화학물질로 인한 화상 재해 유형

1) 화학물질 취급 작업에서 화상/피부염 (눈 손상 포함)

특정 화학물질이 화상을 일으킬 가능성은 주로 pH 수준에 따라 달라진다. 강산과 강염기는 모두 부식성이 있으며 피부나 눈에 닿으면 심한 화학적 화상을 입을 수 있다. 화학물질 화상은 피부가 액체나 분말에 닿거나, 캔을 따거나 액체를 혼합할 때 튀거나, 입자·분진 등이 작업 동안에 피부에 침착하거나 오염된 표면에 접촉하여 발생한다. 이 외에 저장 시스템의 화학물질 누출로 인해 발생하거나, 저장 탱크에 빠지거나, 장비의 고장이나 오작으로 인해 화학물질과 접촉하여 발생할 수 있다.

일부 화학물질은 피부와 접촉하였을 때 피부에 한정하여 '국소 영향'을 보인다. 이러한 국소 영향을 일으키는 물질 중 부식성이 있는 물질은 화상을 일으키고, 자극성 물질은 접촉성 피부염, 과민성 피부염은 알러지성 접촉 피부염을 일으킨다. 즉, 젖은 시멘트, 강산 및 강알칼리 용액에 의해 화상이 일어난다. 자극성 접촉 피부염은 접촉 부위에 염증을 일으키고, 알러지성 접촉 피부염은 과민 물질에 의한 면역반응인데 증상만 보면 구분이 어렵다. 산업재해 발생 보고에서는 화상과 피부염이 명확하게 구분되지 않은 채 보고된다.

화학물질이 피부에 접촉하여 발생하는 화상, 피부염을 예방하기 위해서는 피부에 물질이 닿지 않도록 피부를 보호하여야 한다. 작업 도구를 사용하여 '안전한 사용 거리'를 확보하는 것이 중요하다. 그리고 취급하는 물질이 잘 침투하지 않는 적절한 재질의 보호 장갑을 선정하여 사용하여야 한다. 화학물질이 눈에 튀면 치명적인 손상이 올 수 있으므로 눈을 보호하기 위하여 보안경, 고글, 안면 보호대 및 바이저(앞창)를 사용할 수 있다. 작업 장소에는 보안경 착용에 대한 안전 표지를 부착해야 하고, 작업 시 눈 보호구를 착용하도록 해야 한다. 또, 피부에 묻은 오염물 제거는 즉시 이루어져야 한다.

2) 시멘트 취급 작업에서 화상 및 피부염

시멘트 분말을 혼합·취급하거나 젖은 모르타르와 시멘트를 사용하는 근로자는 피부염, 화상 등 심각한 피부 문제를 일으킬 수 있다. 습식 시멘트는 알칼리성이 높아 심각한 화상이나 궤양이 발생할 수 있고, 눈에 화학적 화상을 일으킬 수 있다. 시멘트는 피부염을 유발하기도 하는데, 시멘트의 6가 크롬으로 인해 알레르기성 접촉 피부염이 발생한다.

시멘트 취급 작업에서 화상 및 피부염을 예방하기 위해서는 시멘트 접촉 및 사용량을 줄이거나 없애는 것을 고려해야 한다. 미리 혼합된 콘크리트/모르타르를 사용하여 시멘트 분말에 대한 노출을 방지하고, 길이가 더 긴 손잡이 도구를 사용하여 작업자와 물질 사이의 거리를 늘리거나, 유통 기간 이전에 시멘트 봉지를 빨리 회전시키고(알레르기성 접촉 피부염의 위험을 줄이기 위해 첨가된 성분은 제한된 기간에 효과가 있기 때문), 알칼리성 물질에 적합한 방수 처리된 장갑을 사용, 시멘트가 부츠 상단으로 들어가는 것을 방지할 수 있을 만큼 충분히 높은 신발 사용, 무릎을 꿇을 때는 적절한 방수용품 착용, 피부에 묻은 시멘트를 가능한 한 빨리 씻어내기 등과 같은 예방 대책이 권고된다(HSE, 2008).

IV. 고찰 및 결론

산업재해 현황 분석에 의하면 매년 약 10만 건의 산재가 발생하는데 '화학물질 누출·접촉' 및 '산소결핍' 사례는 연간 330여건 정도로 차지하는 비중이 매우 적다. 그러나 '화학물질 누출·접촉' 및 '산소결핍'은 화학물질의 사고성 재해만을 포함하고, 화학물질의 반복적인 노출에 의한 영향은 포함하고 있지 않다. '화학물질 누출·접촉' 및 '산소결핍'은 산업재해의 발생형태라는 국내 기준에 따라 분류한 것으로, 화학물질 노출 혹은 산소가 부족해서 발생하였다는 것을 의미할 뿐 화학물질 노출에 의해 어떤 결과가 발생하였는지는 알 수 없다. 따라서, 본 연구는 화학물질과 관계가 있는 재해의 특성, 원인 및 예방 대책을 수립하고자 '화학물질 누출·접촉' 및 '산소결핍' 사례를 상해 종류별로 분류하고, 재해 특성 및 원인을 상세하게 분류하였다.

'화학물질 누출·접촉' 및 '산소결핍'은 '화상', '급성중독', '질식'의 상해 종류로 분류되었다. '급성중독'은 화학물질이 기인물로서, 평상시와 다른 사건에 의해 발생한 것으로 1회성 노출에 의한 볼 수 있다. 또, 일산화탄소 및 황화탄소 중독은 '질식'이 아니라 '급성중독'으로 분류된다. 질소 및 아르곤 등 불활성 기체로 인한 경우는 질식으로 분류된다. 국내 재해 현황 자료에서는 '산소결핍'이 명확하게 정의되어 있지 않아 '화학물질 누출·접촉'과 '산소결핍'이 일관성있게 분류되지 않았다. 밀폐공간에서 일어난 '급성중독'과 '질식'이 구분없이 분류되고 있었다.

화학물질 노출·접촉으로 상해 종류는 화상이 가장

큰 비중을 차지하였다. 전체의 2/3 이상을 차지하고 있어, 화상이 사업장에서 가장 흔히 발생하는 사고성 화학물질로 인한 건강 피해라는 것을 알 수 있다. 화상은 피부염과 정확히 구분이 어려워 혼용되어 사용되고 있었다. 이는 화상을 일으키는 많은 화학물질이 피부 자극을 일으키기도 하기 때문일 것이다. 화상이 일어나는 부위 중 눈이 많았는데, 피부 유해성이 있는 화학물질을 취급하면서도 보안경, 내화학성 장갑, 내화학성 보호복을 착용해야 한다는 인식이 매우 부족한 것으로 보인다. 눈에 대한 화상은 치명적인데 사업장에서는 눈에 대한 예방 조치가 소홀히 다루어지고 있는 것 같다. 이는 산업안전보건법에 화학물질 피부 노출에 의한 예방 조치 의무가 없기 때문일 것이다. 이는 사업주가 보고하는 산업재해 조사표에서도 잘 드러난다. 화상이 발생하는 경우, 재해 원인과 재발 방지 대책이 대부분 교육이라고 명시되어 있다.

화상은 다양한 현장에서 발생하지만, 산업 현장 중 제조 및 생산 과정, 청소 및 정비를 하는 과정에서 많이 발생하였다. 또, 건설 현장 중 굴착, 건설, 수리 철거 등 작업 공정과 사무실 현장 중 청소 등 과정에서 화상이 많이 발생하였다. 화상은 주로 액체가 튀거나 흘러서 신체에 접촉하여 발생하였는데, 주로 자극성 및 부식성 액체가 원인이었다. 화상을 일으키는 화학물질이 산, 염기 물질이 많겠지만, 산업재해 현황을 통해 화학물질 명칭을 알기는 어렵다. 대개 화학물질로만 명시되어 있다.

건설 현장에서 발생하는 화상에 대해서는 원인물질을 비교적 명확히 알 수 있다. 시멘트 접촉에 의한 화상이 특징적인데, 장화 사이로 시멘트가 들어가 화상 혹은 피부염을 일으킨 사례도 있었다. 시멘트 취급 시 부츠를 포함한 개인 보호구 착용이 요구된다.

화상 재해에서 많은 사례가 있는 유형은 청소 작업이다. 오븐크리너 혹은 락스를 사용하는 청소 작업을 하다가 화상 혹은 피부염이 발생한 사례가 많았고, 눈에 대한 화상 또한 많았다. 오븐크리너 혹은 락스를 사용하는 작업 시에는 보안경을 착용하도록 하고, 농축된 용액을 희석하는 경우 용액이 튀지 않도록 보호구를 착용하고, 특별한 주의가 필요하다.

본 연구는 산업재해 보상 자료를 분석하였는데, 외국과 비교하여 몇 가지 특징이 있었다. 첫째, 국내 산업재해 발생 자료는 산업재해 보상 승인 자료를 이용하여 산업재해 공식 통계를 산출하고 있는 점이다. 따라서

산업재해 포함 기준은 휴업 일수가 아니라 요양일수이다. ILO 기준 혹은 영국의 산업재해 통계에서 산업재해 포함 기준이 휴업일수 3일 초과(4일 이상)인 것과 다른 점이다. 국내에서도 산업재해 발생을 사업주가 보고하도록 하고 있으나 이를 이용한 산업재해 공식 통계는 없는 상황이다. 산업재해 보고 자료는 휴업일수 3일 이상인 재해로 기준을 정하고 있다.

둘째, 국내 산업재해 현황에 사고성 재해와 업무상 질병 모두 포함된다. ILO 및 유럽연합 국가의 산업재해 통계와 방법론에서는 화학물질의 반복 노출에 의해 발생하는 업무상질환을 구분할 수 있는 기준이 없고, 업무상 질병은 사고성 재해와는 전혀 다른 분류 기준을 적용한다. 와 차이가 있다. 즉, ILO 및 유럽 연합에서는 급성중독, 질식, 화상은 산업재해에 포함시키며, 만성적인 영향으로 나타나는 업무상 질병은 산업재해에 포함시키지 않는다.

셋째, 국내 산업재해 공식 통계에서 사용하는 재해 사업장, 재해자, 재해 특성에 관한 분류 기준 중 재해 특성에 대한 분류 기준이 ILO 및 유럽 연합과 다르다. 재해자 특성에서 타 국가에서는 상해 종류, 상해 부위가 기본 정보인데, 국내 통계에서는 상해 종류 및 상해 부위를 알 수가 없다. 화학물질 관점에서 상해 종류가 있어야 화학물질로 인한 피해가 무엇인지 알 수 있는데 국내 통계에서는 상해 종류에 대한 정보가 없다.

결론적으로, 화학물질 관련 재해 분석에서 나타난 것은 유사한 재해가 매년 반복되고 있고, 산업재해 분석표를 통해 보면, 사업장은 화학물질 관련 재해의 원인 및 재발 방지 대책을 정확히 알지 못한다. 화상 재해가 발생한 사업장에 재해 원인 및 재발 방지 대책 수립을 위한 기술지원이 필요해 보인다. 이 방식이 작동되기 위해서는 매년 발생하는 재해를 분석하고, 가이드라인을 작성하여, 화학물질 관리 전략을 수립할 주체를 정하여야 한다. 다만, '화학물질 누출·접촉' 통계에 근거한 화학물질 관리 전략은 화학물질 노출은 1회성 혹은 사고성 노출보다는 반복적인 노출이 일반적이는데, 반복적인 노출에 의한 영향을 포함하지 않는다는 한계점이 있다. 산업재해를 감소시키기 위해 정부는 다양한 방식으로 사업장에 개입한다. 정부가 사업장에 개입할 때, 산업재해의 특성, 원인을 파악하고, 효과적인 예방 대책을 제시한다면 행정 자원을 효율적으로 사용하고, 궁극적으로 산재 감소에 기여할 수 있을 것이다.

References

- Eurostat. Methodologies & working papers, European Statistics n Accidents at Work, summary methodology. 2013. doi:10.2785/40882
- Health and Safety Executive. Investigating accidents and incidents. 2004
- International Labor Organization. Improvement of national reporting, data collection and analysis of occupational accidents and diseases. 2012
- KOSHA. Guidance on categorizing workers' compensation records (KOSHA GUIDE G-83-2016). KOSHA, 2016
- Lee NR, Lee HJ, Jeong SJ, Lee DH, Shin AR. Review of problems with use of halogenated cleaning

solvents revealed through case studies of cleaning solvent poisoning and analysis of domestic and overseas regulations. J Korean Soc Occup Environ Hyg, 2023;33(4):517-527 <https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2023.33.4.517>

MOEL. Analysis of workers' compensation. 2022

World Health Organization/International Labor Organization. Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. 2000-2016, 2021

<저자정보>

이나루(실장), 이해진(연구위원), 이도희(과장), 신아름(과장)