

# 밀폐공간 질식재해 발생현황 고찰 및 예방에 관한 연구

권 부 현\*

\*한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

## A Study on Asphyxiation Accidents occurred in the confined space, and their Prevention

Bu-Hyun Kwon\*

\*Chemicals Toxicity Research Bureau, Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

### Abstract

A confined space means places where the risk of damage to health caused by lack of oxygen or hazardous gases in inadequate ventilation conditions and the risk of fire and explosion caused by flammable substances. Asphyxiation accidents in a confined space occurred every year and also occurred more than two people at the same time.

In this study, we surveyed the domestic statistical data occurred the lack of oxygen in confined space for the last 10 years(2006-2015) and, analyzed the accident by industries sector, workplace size etc. 17 fatal work accidents that occurred in confined spaces in Korea between 2013 and 2015 were investigated and analyzed using the database of the KOSHA and suggested interventions to minimize asphyxiation accidents in confined spaces. This paper is expected to be used to establish interventions planning and training as a preventive measures in workplace having confined spaces.

**Keywords : Confined Space, Lack of Oxygen, Asphyxiation, Interventions**

### 1. 서 론

밀폐공간이란 환기가 불충분한 상태에서 산소결핍이나 유해가스로 인한 건강장해, 인화성물질에 의한 화재, 폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다. 이런 밀폐공간에서 작업으로 인한 질식 사고는 매년 발생하고 있으며 2명이상이 동시에 사망하는 사례도 발생하고 있다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편 보건기준 제 10 장에서는 밀폐공간 작업으로 인한 근로자 건강장해 예방을 위하여 제1절 통칙 제618조(정의)에서 “밀폐공간”, “유해가스”, “적정공기”, “산소결핍”, “산소결핍증”에 대한 용어정의를 하고 있으며, 적정공기

는 산소농도의 범위가 18% 이상 23.5% 미만, 탄산가스의 농도가 1.5% 미만, 황화수소의 10 ppm 미만인 수준의 공기, 산소결핍이란 공기 중의 산소농도가 18% 미만인 상태로 규정하고 있다. 또한 밀폐공간 작업시의 구체적인 공학적 대책 및 관리방법을 제2절(밀폐공간 내 작업시의 조치 등), 제3절(유해가스 발생장소 등에 대한 조치기준), 제4절(관리 등), 제5절(보호구 등)에서 규정하고 있다. 동 규칙에서는 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해예방이 단순히 산소농도가 결핍된 작업뿐만 아니라 유해가스로 인한 화재폭발 등의 위험도 포괄하고 있다.

† Corresponding Author : Bu-Hyun Kwon, Chemicals Toxicity Research Bureau, Occupational Safety and Health Research Institute, 30, Expo-ro, 339beon-gil, daejeon, 34122, Republic of Korea, E-mail: buhyunlove@kosh.or.kr

Received July 20, 2016; Revision Received August 10, 2016; Accepted September 19, 2016.

밀폐공간에 대해 미국은 연방정부 규정인 29 CFR(Code of Federal Regulation) Part 1910.146에서 (1) 근로자가 출입해 작업을 수행할 만큼의 크기를 확보하고, (2) 진입통로 및 출구 이용방법에 제한이 있으며, (3) 상시 작업 목적으로 설계되지 않은 공간으로 정의하고 있으며, 우리나라의 경우에는 산업안전보건규칙 별표 18에서 <Table 1>에서와 같이 17개 장소에 대하여 세부적으로 규정하고 있다.

<Table 1> Confined Space  
(Subparagraph 1 of Article 618)

1. Well · vertical mine · tunnel · caisson · pit contacting or linking the following stratum or interior of other similar things A. Area where contained water or spring is not available or hardly available out of conglomerate bed with a stratum whose upper bed has no water flowing B. Stratum which contains ferrous iron salts or manganous salts C. Stratum containing methane · ethane or butane D. Stratum which is causing or could cause erupt carbonated water
2. Interior of a well that has not been used for a long time
3. Interior of closed conduit · manhole or pit installed underground to accommodate cable · gas pipe or underground buried structure
4. Interior of container · closed conduit · manhole or pit where rainwater · stream water or spring is or used to be
5. Interior of heat exchanger · pipe · closed conduit · manhole · bank or pit where sea water is or used to be
6. Interior of facility whose boiler · tank · reacting top or inner wall of the steel is liable to oxidation due to long-term confinement(Excluding the one with its inner wall made up of stainless steel, or its inner wall prevented from oxidation)
7. Interior of storing equipment or wharf such as a tank or a hopper containing coal · lignite · sulfide ore · steel · log · drying oil · fish oil or other substances absorbing oxygen out of the air
8. Interior of facility without enough ventilation such as confined basement · warehouse or tank where ceiling · floor or wall is painted with a point containing drying oil and the paint is not dried, yet.
9. Interior of warehouse or pit storing grains or feed, interior of warehouse or pit ripening fruits, interior of warehouse or pit germinating seeds, silo used for cultivating mushrooms, or interior of a wharf loading feed seeds or grains
10. Interior of tank · warehouse or brewage which contains or used to contain soy sauce · alcohols · yeasts its fermenting items
11. Interior of sewage disposal tank · settling tank · water holding tank · tank · closed conduit · manhole · pipe or pit which contains night soil, contaminated soil, rotten water, sewage water, wastewater, other decaying or easily decomposable substances
12. Interior of refrigerator · freezer · cooling cargo truck or cooling container using dry ice
13. Interior of facility such as a boiler · a tank or a reacting top which has or used to have helium · argon · nitrogen · freon · carbonic acid gas or other inert gas
14. Interior of a place where oxygen concentration is less than 18% or more than 23.5%, carbonic acid gas concentration is more than 1.5%, hydrogen sulfide concentration is more than 10ppm.
15. Interior of concrete curing place and temporary construction lodging using lignite · charcoal · briquette stove
16. Interior of a batch reactor and a tank which used to have chemical substance.
17. Interior of a piping or a dust collector which used to have harmful gas.

최근 5년간 밀폐공간에서 발생한 질식재해 발생현황(2010~2014년)에 의하면 177명이 부상을 입거나 사망하였다[3]. 이 재해통계는 발생형태를 산소결핍 뿐만 아니라 화학물질 누출접촉 등 밀폐공간작업에서 일어난 모든 질식재해를 포함한 통계로서, 매년 35명씩의 질식재해자가 지속적으로 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한 177명의 재해자 중 92명(50.8%)이 사망하여 다른 사고보다 사망으로 이어질 가능성이 매우 높은 것으로 드러났다.

밀폐공간 작업에 의한 근로자 건강장해는 질식 형태로 나타나며, 질식은 우리 몸에 정상적으로 산소가 공급되지 않는 상태를 말한다. 이러한 질식은 산소농도가 낮은(18% 미만) 장소에서 주로 나타나지만 산소농도가 정상범위(18~23.5%)라 하더라도 연탄가스처럼 혈액 중 산소운반을 저해할 수 있는 가스가 있는 경우에도 <Table 2>에서처럼 질식은 일어날 수 있다.

<Table 2> Kinds of Asphyxiant

Simple asphyxi-ant	A substance that is not harmful itself, but can reduce the oxygen concentration in the air (ex) Hydrogen, Nitrogen, Helium, Ethane, Carbon dioxide etc.
Chemical asphyxi-ant	A substance that interferes with the transport of oxygen in blood. (ex) carbon monoxide, Aniline, Nitrosoamine etc.
	A substance that irritates and damages the tissues of airway and lung, and impairs their function of oxygen distribution (ex) Hydrogen sulfide, Ozone, Chlorine, Phogene etc.

밀폐된 공간 내에서 산소결핍이나 유해가스가 발생하는 이유는 철재 탱크 내에 물기가 있거나 장기간 밀폐되면 내벽이 산화되거나, 저장 또는 운반물질의 산화작용, 불활성 가스의 사용에 따른 산소농도의 결핍, 미생물 증식, 유기물의 부패, 발효 등의 과정에서 공기 중 산소를 소모하여 산소결핍을 만들거나 황화수소, 일산화탄소 등 유해가스의 발생 등 다양한 원인이 있다.

산소결핍 장소에 들어가도 정신만 차려도 된다는 생각은 큰 잘못으로 산소결핍에 따른 인체의 반응을 잘 인지하지 못한 채 산소가 결핍된 공간에 잠깐의 안이한 생각으로 수리를 하거나, 떨어뜨린 물건을 가지러 들어가거나, 질식한 동료를 목격하고 안전조치도 강구하지 않은 채 동료 작업자를 구하려 산소가 결핍된 밀폐공간에 들어가는 경우 순간적으로 폐내 산소분압이 떨어지면서 뇌의 활동이 정지하여 대부분이 의식을 잃게 된다. 이러한 증상은 산소결핍 정도에 따라서 차이가 나지만 심한 경우 수초 이내에 나타나기 때문에 정신을 잃고 결국 질식으로 인한 사망에 이르러 된다.

또한 김현영(2013)의 실험동물을 이용한 산소 및 유해가스 농도에 따른 치사율 연구에 의하면, 산소결핍(6%) 상황에서 다른 유해물질이 혼합 될 경우 미치는 치사율 시험결과 H2S, CO와 산소결핍(6%)이 혼합된

상태일 때 산소결핍(6%) 자체의 치사율 보다 증가하는 것으로 나타났다.

이는 산소결핍과 유해가스가 함께 혼합된 밀폐공간 공기에 있을 경우 유해정도가 높아 질수도 있음을 나타낸다.

본 연구에서는 지난 10년간(2006~2015년) 발생형태가 산소결핍으로 분류된 질식재해 통계 파악, 분류 및 3년간(2013~2015년) 산소결핍 등 밀폐공간 작업으로 사망자가 발생하여 근로복지공단으로부터 산재승인된 작업내용에 대한 원인을 조사하여 질식재해 예방을 위한 기술적, 관리적 개선대책 정보를 제공하고자 하는데 그 목적이 있다. 밀폐공간작업에 의한 사망자가 발생한 17건에 대한 조사보고서를 바탕으로 재해원인을 분석하였다.

## 2. 연구방법

본 「밀폐공간 질식재해 발생현황 고찰 및 예방에 관한 연구」는 아래의 방법으로 수행하였다.

1. 안전보건공단 홈페이지(<http://www.kosha.or.kr>)를 활용하여 산업안전보건법, 밀폐공간 작업 및 유해인자, 예방대책에 대한 기본정보를 검색하고, 인터넷 구글 사이트([www.google.co.kr](http://www.google.co.kr)) 및 학술정보 검색사이트 Science Direct([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))을 활용하여 “산소결핍”, “밀폐공간” 관련자료를 검색하였다.

2. 우리나라에서 조사된 산소결핍에 의한 재해 통계를 조사하고 규모별, 업종별 등 질식재해 발생특성을 분류하였다. 재해통계를 바탕으로 2013년에서 2015년까지 산소결핍으로 사망자가 발생, 산재 승인된 질식재해 중 재해조사 보고서 17건에 대한 질식재해 발생현황 조사 및 원인 분석을 실시하고, 2건에 대한 사례를 고찰하였다.

3. 재해발생 특성 및 재해조사 보고서 발생원인 분석을 바탕으로 질식재해 예방대책 방안을 제시하였다.

<Table 4> Statistics in Confined Spaces('06-'15)

No. of employees	Construction	Other business	Transportation, warehousing, communication service	Manufacturing	Others	Total
Total	73	41	14	64	13	205
>2,000	-	-	-	1	-	1
1,000-1,999	4	1	-	3	-	8
500-999	2	-	3	1	-	6
300-499	3	-	-	4	-	7
200-299	3	-	1	1	-	5
100-199	3	3	1	6	-	13
50-99	6	4	1	8	1	20
30-49	4	4	1	7	-	16
16-29	6	4	1	6	3	20
10-15	3	6	1	7	2	19
5-9	5	3	1	9	5	23
>5	34	16	4	11	2	67

## 3. 연구 결과

### 3.1 산소결핍에 의한 질식재해 통계

산업재해 발생형태 분류에서 “산소결핍” 외에 “화학물질 누출·접촉” 등 발생형태에 의한 밀폐공간 재해 통계는 제외하고, “산소결핍” 코드로만 분류된 2006년부터 2015년까지 10년간 질식재해 통계를 검색하였다. <Table 3>에서처럼 부상자 수와 사망자 수를 포함하는 총 재해자 수는 205명이며, 이중 사망자 수는 127명으로서 62%에 달하는 것으로 나타났다.

<Table 3> Statistics of occupational diseases occurred by lack of oxygen in Korea with KOSHANET

Year	No. of injuries	No. of non-fatal injuries	No. of fatal injuries
Total	205	78	127
2006	6	3	3
2007	16	2	14
2008	13	4	9
2009	27	12	15
2010	34	9	25
2011	27	12	15
2012	17	7	10
2013	28	10	18
2014	23	15	8
2015	14	4	10

사업장 규모별, 업종별 산소결핍에 의한 질식재해 발생 현황<Table 4>에 의하면, 전체 재해자 205명 중 145명(70.7%)이 50인미만 사업장에서 발생하였다.

이 중에서 67명은 5인미만 사업장에서 발생한 것으로 드러났다. 업종별 발생현황은 건설업(73명)>제조업(64명)>기타의 사업(41명)>운수창고 및 통신업(14명) 순으로 나타났다. 재해자의 근속기간별로는 6개월 미만 근로자가 전체 재해자의 50.73%(104명으로) 드러나 6개월 미만 작업에서 질식재해가 많이 발생하는 것으로 파악되었다. <Table 5>를 보면 특히 1개월 미만 근로자가 59명으로서 전체 재해자 대비 28.8%를 차지하여 신규 종사자에 대한 교육 등 밀폐공간 안전작업 관리가 필요한 것으로 사료된다.

<Table 5> No. of Injuries by work period

Work preiod	No. injuries
Total	205
>20 yrs	5
10-20 yrs	16
5-10 yrs	14
4-5 yrs	2
3-4 yrs	6
2-3 yrs	19
1-2 yrs	21
6 months - 1 yr	16
5-6 months	10
4-5 months	6
3-4 months	11
2-3 months	3
1-2 months	15
<1months	59
no data	2

연령별로는 "자료없음" 2명을 제외한 총 203명의 재해자 중 40대(40~49세)가 78명(38.4%)으로 가장 많았고, 50대(50~59세) 45명(22.2%), 30대(30~39세) 42명(20.7%) 순으로 나타났다.<Table 6>

<Table 6> No. of injuries by Age

	Age				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60이상
Total	18	42	68	45	30
2006		1	3	1	1
2007	1	4	3	3	4
2008	1	4	2	4	1
2009	3	2	10	8	4
2010	1	5	17	7	4
2011	5	10	3	3	6
2012	2	4	4	2	5
2013	3	4	10	11	
2014		5	12	3	3
2015	2	3	4	3	2

재해자의 고용형태별로는 205명 중 81명은 자료가 입력되어 파악이 가능하나 나머지는 파악이 불가하였으며, 자료가 입력된 81명 중 정규직이 45명, 비정규직이 36명으로 드러났다. 성별로는 남성이 201명, 여성이 4명으로서 남성이 98.0%를 차지하였으며, 여성은 선박건조 및 수리업 2명, 기계기구제조업 2명, 의약품 및 화장품 향료제조업 1명으로 나타났다.

### 3.2 사망재해 발생원인 분석 및 사례 고찰

밀폐공간작업으로 인하여 사망자가 발생하여 3년간(2013~2015년) 근로복지공단으로부터 산재 승인된 질식재해 중 17건에 대한 조사보고서를 검색하여 질식재해 발생특성 및 원인 분석을 실시하였다<Table 7>.

<Table 7> Analysis of Fatalities('13-'15)

No	Industry sector	No. employees	No. worker	Work period	Entry(m)	Confined spaces
1	Manufacturing	<5	1	1-2 month	1×0.7	Water holding tank
2	Transportation	<5	1	<1 month	no data	Interior of ship
3	Agriculture	5-9	2	6 month-1 year	no data	Storage tank
4	Manufacturing	50-99	1	5 - 10 year	Ø=0.43	Reactor
5	Construction	16-29	3	<1 month	Ø=0.76	Gas pipe
6	Building management	<5	2	10-20 year	0.5×0.5	Interior of pit
7	Construction	<5	3	<1month	Ø=0.9	Manhole
8	Manufacturing	30-49	2	1-2 year	1.9×1.7	Storage tank
9	Manufacturing	50-99	1	1-2 year	Ø=1.5	Interior of hopper
10	Construction	10-15	5	<1 month	0.45×1.2	Bag house
11	Construction	<5	3	1-2 month	Ø=0.65	Manhole
12	Construction	30-49	5	3-4 month	no data	Pipe
13	Construction	<5	4	<1 month	1.2×4.7	Storage Tank
14	Manufacturing	30-49	1	6 month-1 year	Ø=0.9	Mixer
15	Wastewater management	50-99	3	10-20 year	no data	Manhole
16	Transportation	10-15	1	10-20 year	no data	Interior of ship
17	Manufacturing	1,000`-1,999	2	10-20 year	Ø=0.6	Interior of hopper

재해조사보고서 분석의 경우 조사자가 보고서에 기재한 내용위주로 원인파악을 하였으며, 조사자의 의견이 없는 내용은 “자료없음”으로 분류하였다.

사망재해가 발생한 17개의 밀폐공간 작업장소에서 작업을 수행한 근로자 수는 평균 2.3명이었으며, 1인이 작업한 경우가 6건(35.3%), 2인 작업은 4건(23.5%), 3인 작업은 4건(23.5%), 4인이 1건(5.9%), 5인이 2건(11.8%)으로 나타났다. 17건의 재해 중 1인이 밀폐공간 작업을 수행한 경우가 가장 많았으며, 3인 이하 작업자가 수행한 작업은 14건으로서 82.3%를 차지하였다. 50인 미만 사업장은 13건(76.4%)이며, 밀폐공간 출입구 크기를 알 수 있는 장소는 12건이며, 원형이 7건, 사각형이 5건 이었다. 원형의 경우 평균 직경은 0.82 m 이며, 최대 1.5 m, 최소 0.43 m인 것으로 파악됐다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제639조에서는 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에는 상시 작업 상황을 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치하여야 하고, 근로자에게 이상이 있을 경우에는 구조요청 등 필요한 조치를 한 후 이를 즉시 관리감독자에게 알리도록 규정하고 있다. 1인이 수행하다 사망자가 발생한 6건 질식사건의 경우 작업 중 구조요청 등 긴급 상황이 발생할 때 응급조치를 할 수 없어 외부에서 작업 상황을 감시할 수 있는 감시인 배치가 절대적으로 필요한 작업임에도 불구하고 모두 감시인을 배치하

지 않은 것으로 조사되었다.

밀폐공간 작업을 하는 경우에는 사업주는 밀폐공간 보건작업 프로그램을 수립하여 시행하도록 규정하고 있으나 17건의 재해사례 중 12건(70.6%)에서는 이를 작성하지 않은 것으로 조사되었다. 밀폐공간 보건작업 프로그램은 (1) 작업 시작 전 공기상태가 적정한지를 확인하기 위한 측정·평가 (2) 응급조치 등 안전보건 교육 및 훈련 (3) 공기호흡기나 송기마스크 등의 착용과 관리 (4) 그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항이 포함된 프로그램으로서 질식사해 예방을 위해서는 매우 중요하다고 할 수 있다.

밀폐공간 작업장소에서 환기 실시 여부는 재해사례 17건 중 14건(82.4%)이 환기를 실시하지 않은 것으로 드러났으며, 산소 및 유해가스 측정은 15건(88.2%)에서 미실시 한 것으로 나타났다.

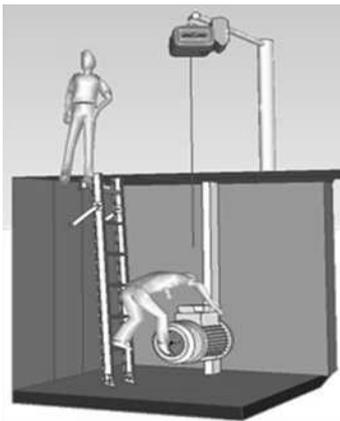
또한 교육을 실시하지 않은 사례는 14건(82.4%)이었으며, 기타 재해조사 보고서에서 제시된 의견으로는 보호구 미착용, 밀폐공간에 대한 관계자 외 출입금지 미부착, 대피용 기구 미설치 등이 있었다.

17건의 재해사례 중 2인이 동시에 사망한 사례는 4건(23.5%)이 있었으며, 4건 중 3건은 구조하러 들어가서 동시에 사망하였으며, 1건은 작업 중 2명이 사망한 경우이다. 구조하러 밀폐공간에 들어가 사망한 3명은 작업시설 책임자, 소방관, 안전담당자였으며, 보호구를 착용하고 구조작업을 수행하여야 하나 적합한 보호

구를 착용하지 않은 것으로 채 구조하러 들어가다 같이 쓰러져 재해로 연결되는 것을 알 수 있었다. 작업 전 사전 교육을 통하여 작업자뿐만 아니라 감시인 또는 구조자 역할을 수행하여야 하는 근로자에 대한 구체적인 보호구 착용 및 대피용 도구 사용방법 및 안전한 구조 방법에 대한 교육이 중요하다.

작업 전 밀폐공간 내 산소결핍 및 유해가스 존재여부를 확인하기 위한 가스농도 측정 및 안전한 작업절차 중요성을 살펴 볼 수 있는 질식재해 2건을 소개한다.

(사례1) 재해가 발생된 장소는 1.7 m × 1.9 m의 입구로 되어 있었으며, 작업자는 유량저수조(탱크)내의 교반기 와이어로프 교체작업을 수행 중이었다. 정상적인 수위는 3 m 이지만, 교반기를 수리하기 위하여 0.68 m로 조정하고 작업을 위하여 작업자가 유량저수조 내부로 들어가 작업하였다[Figure 1].



[Figure 1] Worker's Status in Storage Tank

재해자가 5분 작업 후 내부에 설치된 사다리로 올라오다가 수중으로 추락하였고, 이를 목격한 동료작업자가 구조요청을 하였으며, 보호구를 착용하지 않고 구조하러 들어간 구조자는 1차로 쓰러진 재해자를 앓고 사다리로 올라오던 중 바닥으로 쓰러졌다. 이 후 보호구를 착용한 또 다른 구조자가 최초 목격으로부터 30분이 지난 후 유량저수조 내부로 들어가 2명을 외부로 데려 나왔으나 2명 모두 사망한 사례이다.

조사자가 재해 발생 당일 측정한 유량저수조 내의 유해가스 농도 측정을 위하여 수위를 1.8 m로하고 맨홀 덮개 틈새에서 유해가스 농도를 측정하였다[Figure 2].



[Figure 2] Measurement of Gas Concentration

측정결과 황화수소(H<sub>2</sub>S) 및 일산화탄소(CO) 농도는 모두 장비가 측정할 수 있는 측정범위를 초과하는 값으로 높게 측정되었다<Table 8>. 작업 전 밀폐공간 작업을 이해하고 유해가스 농도만 측정하였다더라도 작업자는 출입 전 위험성을 충분히 인지할 수 있었을 것이다.

<Table 8> Measurement Results of Gas Concentration

Gas	Gas Concentration	
	Measurement Result	Measuring range
O <sub>2</sub>	20.2~20.9%	0~30%
H <sub>2</sub> S	Over range	0~500 ppm
CO	Over range	0~999 ppm

※ Model : GasAlertMicro5, Honeywell, Canada

황화수소(H<sub>2</sub>S) 농도가 500~700 ppm 일 경우 노출 30~60분 이후 사망, 700~1,000 ppm 에서는 몇 분분 이내 사망, 1,000~2,000 ppm 에서는 즉각적인 사망에 이를 수 있다. 일산화탄소(CO)는 안전보건공단 질식재해예방 매뉴얼(2016)에서 2,000~3,000 ppm 인 경우 30분 노출시 의식불명이 나타난다고 하였다.

<Table 8>에 의하면, 황화수소 및 일산화탄소는 측정장비가 측정할 수 없는 측정범위를 초과하여 검출되었지만 산소농도는 20.2 ~ 20.9%로서 정상적인 범위로 나타났다. 산소농도가 정상적이라 하더라도 다른 유해가스에 의해 치명적인 재해를 입을 수 있음을 의미한다.

산소농도 측정기만 가지고 유해가스가 고농도로 체류하고 있는 밀폐공간에서 산소농도 측정 후 적정공기로 알고 작업장 내로 들어가면 질식재해로 사망할 수도 있음을 알아야 한다. 가령 밀폐공간 내에 황화수소나 일산화탄소 가스가 5,000 ppm 체류하고 있다면, 산소

농도 측정기에서는 20.5%로 적정한 것으로 표시되는데, 이는 밀폐공간 작업시 관리하는 유해가스는 대부분 ppm 단위이지만 산소 농도는 % 단위를 사용하기 때문이다. 1%는 10,000 ppm 이므로 산소농도가 정상범위에 있더라도 유해가스는 공기 중에 유해한 수준으로 존재할 수 있음을 밀폐공간 작업자는 알고 있어야 한다.

17건의 재해 건에는 포함되지 않았지만, 겨울철 건설현장 콘크리트 양생작업 중에는 갈탄을 사용하며 일산화탄소가 발생하였지만 양생작업 확인 근로자는 회사에서 교육하고 지급한 산소농도 측정기만 휴대하고 양생작업 현장에 들어갔다가는 치명적 사고를 당할 수도 있다. 실제 건설현장에서 유사한 사례가 있었다.

(사례2) 화학공장 정비 보수 기간 중 사일러 백필터 교체 작업을 안전교육을 받은 후 발주처로부터 작업 절차서를 발급받아 수행하였다. 백필터 출입구는 0.45 m × 1.2 m이고, 3년을 주기로 수행하는 작업이다. 조사보고서 내용을 살펴보면 다음과 같은 밀폐공간 안전작업 절차를 제대로 준수하지 않은 것을 알 수 있다.

(1) 관리감독을 수행하여야 할 작업현장 소장은 5명의 작업자에게 작업을 수행하도록 하고 부품 구매를 위하여 작업현장을 떠나고 없었으며 (2) 작업자가 백필터(밀폐공간) 내부로 들어갈 때 감시인을 비치하여야 하나 재해자가 백필터 내부에서 작업할 때 4명의 다른 동료 작업자는 작업을 완료한 후 휴식을 위하여 옥상 휴게소로 이동하고 없었다. (3) 재해 발생 5일 전 사일러와 연결된 라인에 질소치환 퍼지작업을 수행하였으나 구체적인 작업 절차서를 작성하지 않았고 근로자 경험에 의해 실시하였으며, 이로 인하여 백필터 등에 잔류된 질소가스에 의한 산소결핍이 발생하였을 가능성도 추정할 수 있다. (4) 작업자가 협소한 공간에서 백필터 교체 중 Venturi Tube와 머리가 충돌하여 재해가 발생할 가능성도 있음에도 보호구를 지급하지 않았다. (5) 산소농도 및 유해가스 측정은 해당 작업 전일에 1회 실시하고, 재해 발생일(밀폐공간 작업일)에는 측정하지 않았으며, 발급된 작업절차서에는 가스검지 필요성은 “없다” 항목에 체크되어 있었다.

### 3.3 질식재해 예방대책

재해발생 현황 및 사례에서 살펴봤듯이 밀폐공간 질식재해는 다양한 작업현장에서 발생하고 있으며, 사업장 규모별로는 소규모 사업장에 더 많이 발생한다. 또 근속기간이 짧은 신규 작업자에게서 많이 발생하며, 전문적인 지식의 결여에 따른 근로자 교육을 실시하지 않음에 따른 밀폐공간 작업의 위험성 이해 부족, 위험

성을 인지하지 못하므로 산소농도 및 유해가스 측정, 보호구 착용 등 안전한 작업 절차 미준수 등 다양한 문제가 부가적으로 발생하게 된다. 또한 어느 정도 밀폐공간에 대한 지식을 가지고 있다하더라도 2인 이상 사망자가 발생한 사례에 나와 있듯이 긴급한 상황에서는 보호구 착용없이 구조하러 들어가서 사망하는 경우도 있다. 이러한 재해발생 형태를 보며 다음과 같은 밀폐공간 질식재해예방 대책을 제시한다.

첫째, 밀폐공간 작업현장을 보유하고 있거나 작업을 수행하는 소규모 영세사업장에 대한 밀폐공간작업 유해성과 재해예방대책에 대한 지속적인 교육 및 홍보가 필요하다.

둘째, 사업장내 밀폐공간이 어디에 있는지를 파악하고 이를 관리하기 위하여 문서화하여야 한다. 대부분의 사고는 밀폐공간작업인지 모르고 작업을 하다가 예방조치를 취하지 않았기 때문이다. 밀폐공간이 확인되면 밀폐공간 보건작업 프로그램을 수립, 시행하고, 밀폐공간에는 관계 근로자 외 출입금지를 위한 내용을 게시한다.

셋째, 밀폐공간 작업시 작업자 안전확보를 위한 보호구 구비 및 지급, 가스농도 측정장비, 환기장치 및 작업에 따른 안전장비 등을 보유하고 작업시에는 반드시 사용하도록 하여야 한다. 사업장에서 가스농도 측정 장비, 환기팬 등을 직접 보유하기에 어려우면, 안전보건공단 지역본부/지사에 연락하면 무상으로 임대하여 준다.

넷째, 밀폐공간 작업을 수행하는 근로자에게는 안전한 작업방법 등에 관한 특별안전보건교육을 실시하고, 긴급상황 발생시를 대비한 6월에 1회 이상 주기적으로 훈련을 실시하여야 한다.

다섯째, 작업 중 작업상황을 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치하여야 하며, 감시인은 작업자에게 이상이 생긴 경우 구조요청 등 필요한 조치를 한 후 이를 즉시 관리감독자에게 알려야 한다. 관리감독자는 산업안전보건기준에 관한 기준 규칙 제35조(관리감독자의 유해위험 방지 업무 등) 제1항에 의거 관리감독자는 밀폐공간 작업관련 (1) 산소가 결핍된 공기나 유해가스에 노출되지 않도록 작업 시작 전에 해당 근로자의 작업을 지휘하는 업무 (2) 작업을 하는 장소의 공기가 적절한지를 작업 시작 전에 측정하는 업무 (3) 측정장비·환기장치 또는 송기마스크 등을 작업 시작 전에 점검하는 업무 (4) 근로자에게 송기마스크 등의 착용을 지도하고 착용 상황을 점검하는 업무를 수행하여야 한다. 영국보건안전청(HSE)에서는 밀폐공간 작업 단계별 안전을 확인하기 위하여 필요한 예방조치를 관리할 책임이 관리감독자에게 있으며, 작업이 진행되는 동안 현장에 있는 게 필요할 수도 있다고 관리감독자의 직무를 작성하고 있다. 관리감독자 및 감시자는

안전한 밀폐공간 작업을 위하여 중요한 역할을 담당하는 관리자라고 할 수 있으며, 소규모 영세한 작업현장이라면 이들의 중요성은 더 크다고 할 수 있다.

#### 4. 결론

밀폐공간 작업에 의한 질식재해는 매년 지속적으로 발생하고 있다. 이를 예방하기 위한 첫 번째는 우리 사업장, 작업현장이 밀폐공간인지를 확인하고 해당 여부를 알고서 예방조치를 한 후 작업하는 것이 중요하다.

우리나라의 경우 “밀폐공간” 정의를 산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조에 의거 별표 18에서 17개 작업장소로 규정하고 있는데, 이에 추가하여 미국 연방규정에서 정하는 바와 같이 좀 더 포괄적으로 규정하여 다양한 작업 장소에서 발생할 수 있는 밀폐공간 질식재해에 대한 예방적 차원의 관리를 강화하는 게 바람직한 것으로 판단된다. 또한 5인 미만 소규모 사업장으로서 밀폐공간을 보유하거나 밀폐공간 작업을 수행하는 경우에 이들 사업장에 밀폐공간 작업에 관한 전문적인 지식을 전달할 수 있는 제도개선 등 정보전달 체계 개선에 대한 연구가 추가적으로 필요한 것으로 사료된다.

본 논문에서는 통계, 재해사례 및 예방대책을 제시함으로써 사업장(사업주, 안전보건관리자, 관리감독자, 근로자), 안전보건관리대행기관 종사자 등 관계자에게 밀폐공간 관리의 중요성을 인지하고 예방대책을 수립, 시행하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

#### 5. References

- [1] HSE, Confined Spaces : A brief guide to working safely, INDG258(rev1)
- [2] Korea Occupational Safety and Health Agency(2016), “Manual for the Prevention of Asphyxiation Accidents in Confined Space Work.”
- [3] Ministry of Employment and Labour (2015). “Local Rule on Occupational Safety and Health Standard.”
- [4] U.S. Department of Labor, 29 C.F.R., 1910.146, 1993. OSHA, Permit-required Confined Spaces for General
- [5] U.S. Department of labor, <https://www.osha.gov/SLTC/hydrogensulfide/hazards.html>
- [6] NIOSH(1997), "A Guide to Safety in Confined Space"

- [7] Burnet-Vienney, D., et al(2015), "Occupational safety during interventions in confined spaces." Safety Sciences, 79:19-28
- [8] Burnet-Vienney, D., et al(2015), "Design and application of 5 sten risk assessment tool for confined space entries." Safety Sciences, 80:144-155
- [9] KIM, H.Y., et al(2008), "A Study on the Motality in oxygen and toxic gas concentration according using experimental animals." KIGAS, 17(4):18-25
- [10] YOO, K.M., et al(2008), "Study for Identifying and Addressing Hazardous Conditions in Confined Space, 2008 Report in Occupational Safety&Health ResearchInstitute. Pub. No. 2008-140-1477

#### 저 자 소개

##### 권 부 현



현재 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 부장(연구위원) 재직.  
경북대학교 공업화학과, 가톨릭대학교 보건대학원 산업 및 환경보건학 전공(석사)  
인간공학기술사, 산업위생관리기술사 자격 취득  
관심분야: 화학물질관리, 인간공학 등