

# 밀폐공간 질식재해 통계현황 분석

유계목\* · 박현희 · 정광재

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실

## A Study on Statistics for Accidents in Confined Space in Korea

Kye-mook Yoo\* · Hyun-hee Park · Kwang-Jae Chung

*Department of Work Environment, Occupational Safety & Health Research Institute, Korea Occupational Safety & Health Agency*

The total number of confined space accident cases from 1999 to 2007 in Korea were 220, causing 353 injuries and 212 casualties. Out of 220 cases, 44(20.0%) occurred in sewage treatment facilities and 40(18.2%) occurred in both manholes and containers. When the main causes of confined space accidents were classified, oxygen deficiency accounted for 69 cases(31.4%), carbon monoxide, 48(21.8%), hydrogen sulfide, 40(18.2%), and organic solvent, 32(14.5%). Improvement of occupational accident statistics is necessary in order to report

accurate and precise data for confined space accidents. The structure of confined space must be considered when selecting gas to be measured.

**Key Words:** confined space, oxygen deficiency, hydrogen sulfide, manhole

## I. 서론

국가적인 질식재해예방 노력에도 불구하고 매년 20여명의 질식재해 사망자가 지속적으로 발생하고 있다. 한국산업안전보건공단(이하 “공단”)의 발표에 의하면 1999년~2007년의 9년간 질식 재해자는 총 353명이며 이 중 사망자 212명, 부상자는 141명으로 사망이 전체 질식재해의 약 60.1%를 차지하고 있어 치사율이 매우 높은 재해이다. 주로 여름철에 많이 발생하는 질식 재해는 맨홀, 오폐수처리장, 배관, 탱크, 반응기 등과 같이 다양한 밀폐공간에서 발생하는데 여름철의 높은 기온과 습도로 인해 미생물 번식이 활발해지고 급속

의 산화작용 등으로 황화수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄 등의 유해가스 발생율과 산소결핍율이 높아지면서 작업 중 뜻하지 않게 생명을 잃게 되는 경우가 많다.

「산업보건기준에 관한 규칙」의 정의에서 밀폐공간이란 산소결핍(공기 중의 산소농도가 18% 미만인 상태)의 위험이 있거나 유해가스로 인한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다. 유해가스란 밀폐공간에서 탄산가스·황화수소 등의 유해물질이 가스상태로 공기 중에 발생하는 것을 말하며, 적정한 공기란 산소농도의 범위가 18% 이상 23.5% 미만, 탄산가스의 농도가 1.5% 미만, 황화수소의 농도가 10 ppm 미만인 수준의 공기를 말한다.

접수일: 2009년 7월 22일, 채택일: 2009년 11월 13일

\* 교신저자: 유계목(인천시 부평구 구산동 34-4,

Tel: 032-510-0812, Fax: 032-518-0864, E-mail: radical@kosha.net)

국내의 밀폐공간 질식위험에 대한 연구사례를 살펴보면, 단무지 공장에서 발생한 질식사고의 원인과 방사전학적 소견: 증례보고 및 가스분석결과(박충기 등, 1994), 목재가 선적된 선창에서 발생한 산소결핍에 의한 질식사(김동훈 등, 2004), 역청탄이 적재된 화물창에서 발생한 산소결핍에 의한 질식사(김동훈 등, 2004), 일산화탄소 중독환자의 임상적 고찰(안지영 등, 2003) 등과 같이 질식사 환자에 대한 임상적 증례보고가 이루어졌다. 그러나 국내 밀폐공간 질식재해에 관한 통계를 분석하여 작업별 특성이나 위험성에 대해 연구한 사례는 미흡한 실정이다. 공단에서 발표한 밀폐공간 질식재해통계는, 재해통계상의 재해발생형태가 산소결핍인 재해와 밀폐공간에서 중대재해가 발생했을 때 공단 산하 기술지도원에서 사고조사후 작성하는 중대재해조사보고서를 바탕으로 통계를 작성한 것이다. 그러므로 재해발생형태가 질식사고였을지라도 공단 기술지도원에서 재해조사를 실시하지 않은 재해는 밀폐공간 재해통계에서 누락되게 된다.

공단의 기술지침(KOSHA Code)인 「산업재해 기록·분류에 관한 지침」에 의한 재해의 발생형태에는 산소결핍 항목이 있고 그와 별도로 유해화학물질 항목이 있다. 재해발생형태가 산소결핍으로 분류된 경우 이를 밀폐공간 질식재해로 집계하는 데는 이의가 없으나 재해발생형태가 유해화학물질인 경우에는 재해발생형태의 분류결과에 대한 검토가 필요하다. 즉, 유해화학물질의 노출에 의한 재해의 발생장소가 개방된 공간이라면 이는 유해화학물질에 의한 중독으로 분류되고, 사고성재해인 경우에는 업무상사고로 분류되어 밀폐공간 질식재해통계에서 제외되는 것이 맞지만, 유해화학물질 재해가 밀폐공간에서 발생하였고 사고성이 아닌 화학적질식 상태인 경우 밀폐공간 질식재해로 분류하여야 한다.

이번 연구에서는 공단 내부전산망의 산재통계조회시스템에서 재해의 발생형태가 산소결핍 또는 유해화학물질로 기 분류된 재해사례를 전수 조사하여 재해개요를 세밀히 분석하고 맨홀, 오페수처리장, 선박 등 발생장소 또는 작업종류별 주요 유해요인을 분석하여 질식재해 발생현황을 작업장소별 및 기인물별로 통계적으로 분석하고 국내 질식재해예방 관련 제도를 검토하여 산업재해통계 및 산업안전보건법의 개선방향을 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

한국산업안전보건공단 내부 전산망인 산재통계조회시스템에서는 국내에서 발생한 모든 재해에 대하여 재해개요를 제공하여 산재예방 정책수립 및 연구에 활용하고 있다. 본 시스템의 하위메뉴인 통계재해자리스트 화면에서 발생형태

를 지정하여 검색하면 해당 재해발생형태의 재해에 대한 개요가 전수 검색된다. 재해개요에는 재해자가 언제, 어떤 장소에서, 무슨 기인물로 인해 재해를 당하였는지의 세부사항이 조회되므로 통계상의 재해형태가 제대로 분류되었는지 확인이 가능하다. 본 시스템에서는 재해의 발생형태를 30종으로 구분하고 있는데, 재해의 발생형태가 산소결핍으로 분류된 재해는 밀폐공간 질식재해로 판단하는데 이론의 여지가 없으며 공단에서는 이 자료와 공단산하 기술지도원에서 작성한 중대재해발생보고자료를 근거로 연간 밀폐공간 질식재해자수를 발표하고 있다. 그러나 재해발생형태가 유해화학물질로 분류된 재해의 경우에도 재해발생 세부내역을 검토하면 밀폐공간 질식재해로 판단할 수 있는 사례가 있을 수 있다. 즉, 유해화학물질 재해의 경우 발생장소 기준으로 개방공간에서의 재해와 밀폐공간에서의 재해로 구분할 수 있고, 재해형태 기준으로 사고성재해와 질병재해로 구분할 수 있다. 또한 질병재해의 경우 유해화학물질 자체의 중독성으로 인한 재해와 유해화학물질의 화학적질식기능에 의한 재해로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 산재통계조회시스템에서 재해의 발생형태란에 산소결핍과 유해화학물질을 입력하여 1999년부터 2007년까지 9년간 발생한 두종류 발생형태의 재해사례를 전수 조회하여 재검토하였다. 그 후 발생형태가 산소결핍인 재해와, 유해화학물질로 인해 밀폐공간에서 발생한 질식재해의 사례수를 합하여 밀폐공간 질식재해통계를 재작성하였다. 이를 공단에서 발표한 밀폐공간 질식재해통계와 비교하여 현 질식재해통계의 문제점을 분석하였다. 또한 밀폐공간 질식재해를 발생장소 및 기인물질별로도 재분석하였다.

## III. 연구결과

### 1. 밀폐공간 질식재해 통계의 비교

1999년~2007년의 9년간 한국산업안전보건공단에서 산소결핍재해 및 중대재해발생보고를 기초로 집계한 질식 재해자는 Table 1에 나타난 바와 같이 총 237명이며 이중 사망자는 179명, 부상자는 58명으로서 사망재해자수는 전체 질식재해자수의 75.5%를 차지하고 있다. 연간 평균 질식재해 발생건수는 14.4건이며 연간 평균 재해자수 26.3명, 연간 평균 사망자수는 19.8명으로 나타났다.

그런데 공단 중대재해란 사망자가 발생한 경우이거나 4일 이상의 요양을 요하는 부상자가 4인 이상 발생하였을 경우에 이루어지므로 사망자가 발생하지 않고 부상자가 4명 미만으로 발생한 밀폐공간 질식재해의 경우 중대재해조사가

이루어지지 않아 통계 자료에 포함되지 않을 수 있다. 또 그 외 어떠한 이유에서건 중대재해보고가 이루어지지 아니한 재해인 경우 통계에서 누락될 수 있다.

따라서 이번 연구의 경우 1999년부터 2007년까지의 산소 결핍재해 및 중대재해사례보고 자료뿐만 아니라 1999년부터 2007년까지의 산업재해 공식통계에서 발생형태가 산소 결핍 또는 유해화학물질로 분류된 재해사례에 대한 재해개요를 재확인하여 밀폐공간 질식재해 발생현황자료를 재작성하였다. 산재통계조회시스템상의 재해개요를 검색하여 발생형태가 유해화학물질인 경우 재해발생장소가 밀폐공간이고 재해결과가 질식인 경우를 주로 질식재해통계에 포함시켰다.

본 연구에서 밀폐공간 질식재해 사례를 재분석한 결과는 Table 2와 같으며 1999년~2007년의 9년간 질식 재해자는 총 353명이고 이중 사망자 212명, 부상자는 141명으로 사망자수가 전체 질식재해자의 60.1%를 차지하고 있다. 연간 평균 발

생건수는 24.4건이며 연간 평균 재해자수 39.2명, 연간 평균 사망자수는 23.6명으로 나타났다.

즉, 밀폐공간 질식재해자수를 재집계한 결과 공단에서 발표한 자료에 비해 재해자수는 연평균 12.9명이 증가하였고 사망자수는 연평균 3.8명이 증가하여 재해자수로는 32.9%, 사망자수로는 16.1%가 보고에서 누락되고 있는 셈이다. 재집계된 연도별 질식재해발생현황을 그래프로 나타내면 Fig. 1과 같은데 밀폐공간 질식으로 인한 재해자수 및 사망자수는 연도별로 큰 차이를 보이고 있지 않고 꾸준히 발생하고 있음을 알 수 있다.

## 2. 작업장소별 질식재해 발생현황

재집계된 1999년부터 2007년까지 9년간 발생한 질식재해 220건(재해자 353명)에 대하여 근로자 작업장소별 질식재해 발생현황을 살펴보면 오페수처리장에서의 질식재해가 44건으로 전체 재해발생건수의 20.0%를 차지하였다(Table 3). 다음으로는 맨홀에서 발생한 질식재해 40건(18.2%), 저장용기 40건(18.2%), 작업장 내부 16건(7.3%), 지하작업장 16건(7.3%), 배관내부 15건(6.8%), 선박 15건(6.8%) 등의 순으로 나타났다.

사망자/재해자 비는 평균 1.5였으며 맨홀, 밀폐작업장, 배관내부, 선박에서는 각각 3.1, 3.3, 3.4, 2.4로 높은 사망자 발생율을 나타내었고 저장용기 1.5, 오페수처리장은 1.0으로서 오페수처리장의 질식재해는 사망자와 부상자 발생이 유사함을 알 수 있었다.

질식재해가 상대적으로 많이 발생한 작업장소에 대하여 질식재해의 기인물을 분석해보면, 가장 많은 질식재해가 발생한 오페수처리장의 경우 70.5%인 31건은 황화수소 중독에

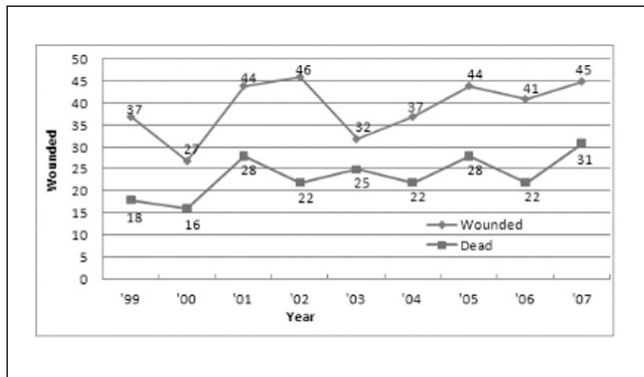


Fig. 1. Suffocation accidents in confined space(Re-sorting accident cases, 1999~2007)

Table 1. Suffocation accidents in confined space(Serious accident report, 1999~2007)

Item	Ave.	Total	'09	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
No. of cases	14.4	130	10	10	19	11	17	12	16	16	19
No. of accidents	26.3	237	30	19	32	25	22	20	25	27	27
No. of dead persons	19.8	179	17	16	26	11	21	16	22	20	30
Death rate	-	75.5	56.7	84.2	81.3	44.0	95.5	80.0	88.0	74.1	81.1

Table 2. Suffocation accidents in confined space(Re-sorting accident cases, 1999~2007)

Item	Ave.	Total	'09	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
No. of cases	24.4	220	12	17	29	30	30	28	28	26	25
No. of accidents	39.2	353	37	27	44	44	46	37	44	41	45
No. of dead persons	23.6	212	18	16	28	22	22	22	28	22	31
Death rate	-	60.1	48.6	59.3	63.6	47.8	47.8	59.5	63.6	53.7	68.9

의한 사고였으며 산소결핍 4건, 일산화탄소 중독 3건, 메탄가스 2건, 오폐수처리장 도색작업 중 유기용제에 의한 중독이 2건, 도금사업장내 폐수처리장에서 시안화수소에 의한 중독 사고 1건과 화학제품제조사업장 폐수처리장에서 원인물질이 밝혀지지않은 독성가스에 의한 중독사고가 1건이었다. 기인물질이 일산화탄소인 경우 청소 및 보수작업을 위한 양수기 가동시 내연기관 연료의 불완전 연소로 인한 일산화탄소 발생이 원인이었다

오폐수처리장에서 발생한 질식재해의 월별 발생현황을 살펴보면 하절기가 시작되는 6월에 가장 많은 9건이 발생하였으며, 6월에서 9월까지 총 27건이 발생하여 하절기에 발생한 재해가 전체 44건의 61.4%를 차지하였다(Fig. 2).

저장용기내에서 발생한 질식재해의 경우 발생건수 40건 (18.2%), 재해자수 55명(15.6%), 사망자수 33명(15.6%)이다. 기인물질별 발생현황을 살펴보면 산소결핍이 17건(42.5%),

유기용제사망자 12건(30%), 질소가스 질식 5건(12.5%)이며, 기타 일산화탄소, 독성가스, 이산화탄소, 아르곤 등%), 사재해도 5.6% 산소결핍 사고사망에는 오랜 시간 사용하지 않았던 용기)들어가거나 산소를 소비하는 물질(천연펄프, 주모정, 폐유 등)이 담겨져 용기)들어가서 발생하는 경우, 또는 톱밥, 모래, 골재 등이 담겨 용기)빠지거나 작업자가 것을 모르고사원료를 쏟D)부어 묻히는 경우가 3건 포함되어 있다. 유기용제사재해의 경우 물탱크 등 저장용기를 도색하는 작업에서 발생하였고 질소가스는 저장용기를 질소 충전하여 퍼징(purging)하는 작업에서 발생하였다.

밀폐작업장에서 발생한 질식재해는 연탄난로, 화로 등 연소기구를 작업장에서 사용하다가 일산화탄소에 중독되는 사례가 25건(78%)으로 가장 많았고 도장작업 중에 유기용제에 의한 경우가 4건(12.5%), 기타 광산에서 무연탄 운반 중 발생한 사건과 등이 있었다. 밀폐작업장의 경우 대부분 난방

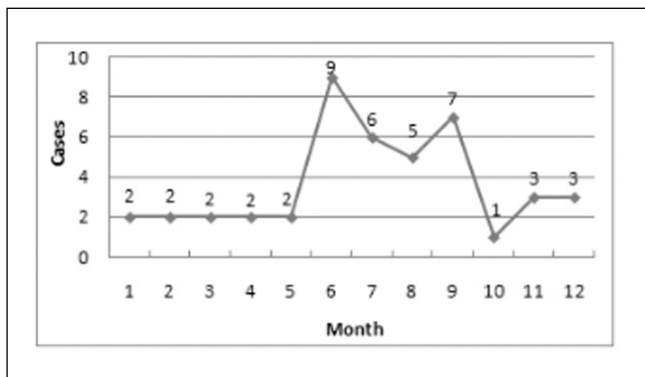


Fig. 2. Monthly suffocation accidents in sewage treatment facilities

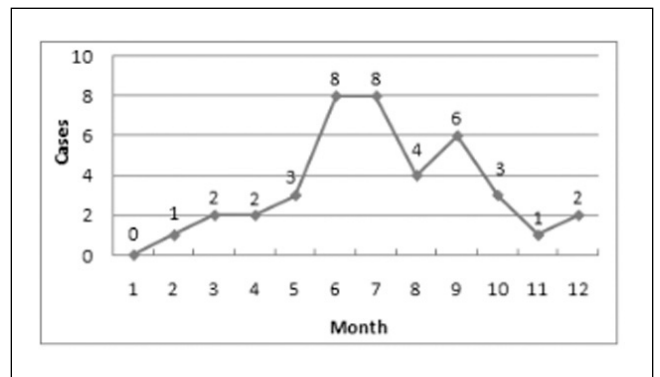


Fig. 3. Monthly suffocation accidents in manholes

Table 3. Suffocation accidents in confined space by workplace(1999~2007)

Workplace	Cases(%)	No. of occupational victim			
		Total	No. of dead persons	No. of accidents	dead/accidents
Total	220(100.0)	353	212	141	1.5
Sewage treatment	44(20.0)	87	43	44	1.0
Manhole	40(18.2)	70	53	17	3.1
Container	40(18.2)	55	33	22	1.5
Confined workplace	16( 7.3)	17	13	4	3.3
Underground workplace	16( 7.3)	19	5	14	0.4
Pipe	15( 6.8)	22	17	5	3.4
Ship	15( 6.8)	34	24	10	2.4
guardroom	9( 4.1)	9	2	7	0.3
The others	25(11.1)	40	22	18	1.2

용 연소기구에 의한 일산화탄소 중독 사고가 대부분인데 주로 동절기인 11월~2월에 질식재해의 약 60%가 발생하였다.

선박에서 발생한 질식재해의 경우 대부분 바지선 또는 예인선의 부력탱크 내부수리 및 청소작업중에 발생한 재해가 10건(66.7%)으로 가장 많았고 원목 또는 유연탄을 운송하는 선박에서 시료를 채취하기 위하여 저장실에 들어가는 경우 등에서도 질식재해가 발생하였으며, 약 80%인 12건이 직접적인 산소결핍으로 인한 질식재해였다.

배관내부에서의 질식재해인 경우 용접작업 중 아르곤 가스에 의해 질식하는 경우가 7건(46%)로 가장 많았고 강선건조 및 수리업, 기계기구제조업 등의 업종 사업장에서 발생하였다.

### 3. 기인물질별 질식재해 발생현황

기인물질별 질식재해 발생건수 현황을 살펴보면, 산소결핍이 69건으로 전체 재해발생건수의 31.4%를 차지하였다. 다음으로는 일산화탄소가 48건(21.8%), 황화수소 40건(18.2%), 유기용제 32건(14.5%) 순으로 발생하였다. 재해자수

현황은 산소결핍이 116명으로 32.9%, 일산화탄소와 황화수소가 각 73명(20.7%)이었다(Table 4).

사망자/부상자 비를 살펴보면 기인물질이 산소결핍 및 질소인 경우 사망자가 부상자보다 3배 더 발생하고 있었으며 아르곤에 의한 질식재해의 경우 10배 더 높게 발생하고 있음을 알 수 있다. 기인물질이 유기용제 및 일산화탄소의 경우 각 0.6 및 0.8로서 사망자보다 부상자의 발생비율이 더 높음을 알 수 있다. 산소결핍으로 인한 질식재해의 월별 발생현황을 살펴보면 7월에 15건(21.8%), 8월 9건(13.0%), 6월 8건(11.6%)순으로 여름철에 상대적으로 많이 발생하였다.

황화수소로 인한 질식재해의 월별 발생현황을 살펴보면 하절기인 6월~9월에 총 25건이 발생하여 연간 발생건수의 62.5%를 차지하였다(Fig. 5). 유기용제 중독으로 인한 질식재해의 월별 발생현황을 살펴보면 7월에 7건(21.9%)으로 가장 많이 발생하였고 1월과 12월에는 발생하지 않았으나 다른 기인물질에 비해 상대적으로 월별로 다양하게 발생하였다(Fig. 6).

일산화탄소 중독으로 인한 질식재해의 월별 발생현황을 살펴보면 일반적으로 하절기에 질식재해 발생율이 높은 타

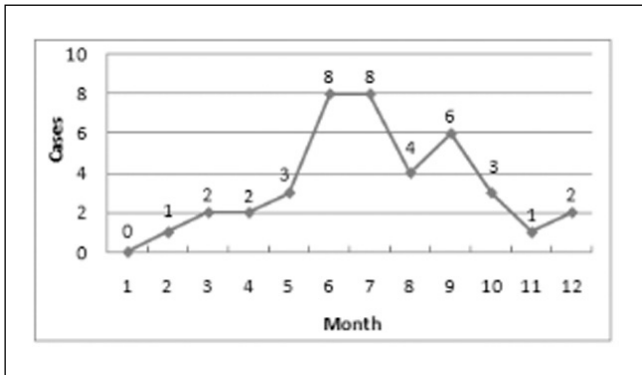


Fig. 4. Monthly suffocation accidents by oxygen deficiency

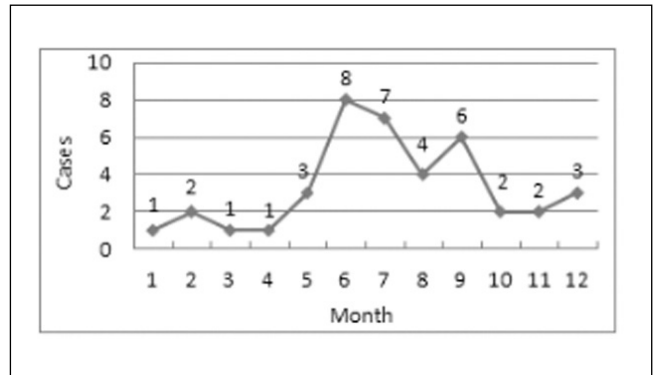


Fig. 5. Monthly suffocation accidents by hydrogen sulfide

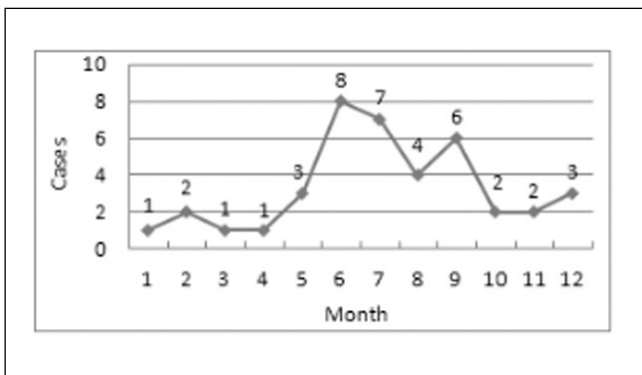


Fig. 6. Monthly suffocation accidents by organic solvent

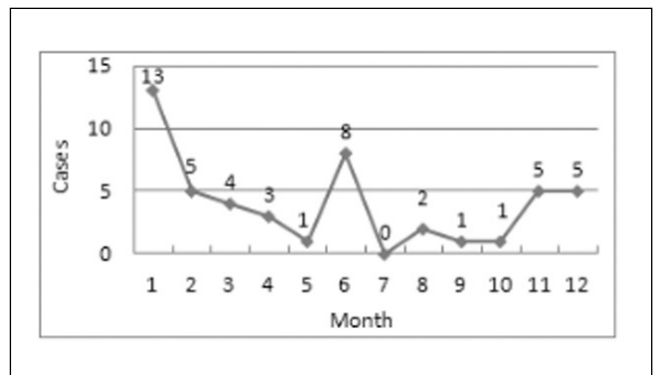


Fig. 7. Monthly suffocation accidents by carbon monoxide

**Table 4. Suffocation accident in confined space by causing materials(1999~2007)**

Workplace	Cases(%)	No. of occupational victim			
		Total	No. of dead persons	No. of accidents	dead/accidents
Total	220(100.0)	353	212	141	1.5
Oxygen deficiency	69(31.4)	116	87	29	3.0
Carbon monoxide	48(21.8)	73	33	40	0.8
Hydrogen sulfide	40(18.2)	73	43	30	1.4
Organic solvent	32(14.5)	46	17	29	0.6
Nitrogen	12(5.5)	16	12	4	3.0
Argon	8(3.6)	11	10	1	10.0
The others	11(5.0)	18	10	8	1.3

기인물질과 달리 1월에 13건(27.0%)로 가장 높았으며, 동절기인 11월에서 2월 사이에 총 28건으로 연간 발생건수의 58.3%를 차지하였다(Fig. 7).

#### IV. 고찰

한국산업안전보건공단의 일선 산하기관에서 작성한 중대 재해조사보고서 및 공단 내부 산재통계조회시스템에서 산소결핍재해를 기준으로 집계하여 공단에서 발표하는 밀폐공간 질식재해 통계와 이번 연구에서 재해발생형태가 유해화학물질 및 산소결핍으로 분류된 재해사례의 재해개요를 검토 및 재분류하여 집계한 질식재해 통계는 차이가 있었다. 공단에서 발표한 질식재해자수는 '99~'07년도의 9년간 연평균 26.3명이었다. 그러나 산재통계시스템에서 재해발생형태를 산소결핍과 유해화학물질을 입력하여 조회된 재해사례의 재해개요를 분석하여 밀폐공간에서 발생한 질식재해로 재분류된 재해의 발생건수를 집계하면 연평균 밀폐공간 질식재해자수는 39.2명으로 나타났다. 즉, 기존의 밀폐공간 질식재해 발생통계는 실제 발생한 밀폐공간 질식재해의 67.1% 정도를 반영하고 있는 셈이다. 재집계된 '99~'07년도 질식재해 부상자수는 353명으로서 매년 27~46명의 재해자수 발생하고 있고, 사망자는 9년간 212명으로서 매년 16~31명이 발생하고 있는 등 질식재해는 꾸준히 발생하고 있다.

밀폐공간의 정의와 관련하여 우리나라는 「산업보건기준에 관한 규칙」 별표5에서 17개 장소를 규정하고 있으며 이에 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부도 포함된다. 일본은 노동안전위생법 시행령 별표6에서 산소결핍장소 11개와 황화수소 발생장소 2개를 산소결핍등 위험장소로 규정하고 있다. 미국은 29 CFR 1910.46에서 밀폐공간을 근로자가

작업할 수 있는 좁은 공간으로, 출입구가 제한되어 있으며, 근로자가 지속적으로 상주할 필요가 없는 곳으로 지정하고 있으며, 영국은 HSE 규정에서 합리적으로 예측가능한 위험이 있는 탱크, 하수도, 배관 등의 장소를 밀폐공간으로 정의하고 있다.

재해통계작성기준이 국가별로 상이하므로 밀폐공간 질식재해자수의 직접적인 비교는 어려우나 우리나라와 유사하게 질식재해통계를 발표하고 있는 일본의 경우 '99~'06년도의 8년간 산소결핍증등 재해의 피해자는 연평균 18.7명이고 동재해의 사망자는 연평균 9.8명이다. 그러나 일본의 경우 산소결핍증등 재해에는 산소결핍과 황화수소 중독으로 인한 재해만 포함되기에 우리나라의 밀폐공간 질식재해에 비해 범위가 좁으며 따라서 재해자수의 직접적인 비교는 어렵다.

본 연구에 의해 재집계된 질식재해를 발생장소별로 구분하면 9년간 220건의 질식재해 중 오페수처리장에서 44건이 발생하여 20.0%를 점하였고, 맨홀 및 저장용기 각각 40건(18.2%) 등의 순이었다. 오페수처리장에서 발생한 질식재해(44건)의 기인물질을 분석하면 황화수소가 31건(70.5%), 산소결핍 4건, 일산화탄소 중독 3건 등의 순이었다. 오페수처리장에서는 오페수가 분해되는 과정에서 높은 농도로 발생하는 황화수소가 질식재해의 원인물질인 경우가 가장 많았다.

맨홀 질식재해(40건)의 기인물질은 산소결핍이 25건(62.5%)로 가장 많고 일산화탄소 9건, 황화수소 4건 등의 순이었다. 밀폐된 맨홀내부에서는 미생물의 증식으로 인한 산소 소모 및 기타물질의 산화작용 등으로 인해 산소가 부족하기 때문인 것으로 보인다. 저장용기에서 발생한 질식재해(40건)의 기인물질은 산소결핍 17건(42.5%), 유기용제 중독 12건, 질소가스 질식 5건 등의 순이었다. 화학물질이 저장되어 있던 용기 내부의 유기용제를 완전히 제거하지 않은 상태에서 내부작업을 수행함으로 인한 유기용제로 인한 화학적질

식이 많은 것이 특징이다.

오폐수처리장과 맨홀에서의 질식재해는 여름철에 특히 많이 발생하였는데 이는 온도가 높을수록 오폐수의 분해 및 미생물의 증식이 활발하여 오폐수처리장 황화수소의 농도가 높아지고 맨홀내 산소농도가 낮아지기 때문인 것으로 보인다.

질식재해를 기인물질별로 분석하면 산소결핍으로 인한 질식이 69건(31.4%)으로서 가장 많았고 일산화탄소 48건(21.8%), 황화수소 40건(18.2%), 유기용제 32건(14.5%) 등의 순이었다. 주로 맨홀에서 발생하는 산소결핍과 오폐수처리장에서 발생하는 황화수소 중독은 여름철에 가장 많이 발생하였고, 난방을 위한 가연물의 연소로 인해 발생하는 일산화탄소 중독은 겨울철에 상대적으로 많이 발생하였다.

## V. 결 론

한국산업안전보건공단의 중대재해조사보고서 및 공단 내부 산재통계조회시스템의 산소결핍재해를 기준으로 집계한 밀폐공간 질식재해 통계와 산재통계시스템에서 재해발생형태를 산소결핍 및 유해화학물질을 입력하여 조회된 재해사례의 재해개요를 분석하여 집계한 질식재해 통계에는 많은 차이가 발생하였다.

따라서 밀폐공간 질식재해의 정확한 통계의 작성을 위해서는 기존의 중대재해조사보고서 및 산재통계조회시스템에 의존해서는 안되며 다음과 같은 산업재해통계의 개선이 필요하다.

1) 산업재해 발생형태의 항목 중 유해화학물질 항목을 개방공간과 밀폐공간으로 구분하여야 한다. 그렇게 한 후 재해발생형태가 산소결핍인 항목과 밀폐공간 유해화학물질 항목의 재해중 사고는 제외하고 질병의 건수를 합하면 밀폐공간 질식재해 통계가 비교적 정확히 산출될 수 있다. 즉, 질식재해 건수 = 산소결핍재해 건수 + 밀폐공간 유해화학물질 질병 건수인 셈이다.

2) 기존의 공단 중대재해조사보고서 서식을 표준화할 필요성이 있다. 현재는 조사표에 발생형태와 기인물의 기재여부는 작성자의 재량에 의지하는 데 발생형태와 기인물을 반드시 기재하도록 서식을 개선하면 질식재해여부를 쉽게 판단할 수 있다. 또한 기인물이 화학적인자일 경우 기인물의 농도가 NIOSH 등에서 정한 IDLH(Immediately Dangerous to Life and Health, 즉각적으로 생명 및 건강에 영향을 줄 수 있는 농도) 또는 LC50(Lethal Concentration 50, 반수치사농도) 등에 도달하였는지를 반드시 기재하도록 하여야 기인물에 대한 신뢰를 높일 수 있다.

또한 사업장에서 질식재해가 발생하여 사후조사를 수행할 경우 발생장소의 특성을 고려하여 측정대상 가스를 선정하여야 한다. 질식재해 발생원인 조사시 발생장소의 특성에 대한 검토없이 산소농도를 우선으로 측정하는 경향이 있는데 이는 잘못된 조사방식이다. 즉, 질식재해 발생장소가 맨홀인 경우에는 산소농도를 먼저 측정하여야 하나 이 경우에도 맨홀내에서 양수기 가동을 위한 내연기관을 사용하였다면 엔진에서 발생하는 일산화탄소 농도를 먼저 측정하여야 한다. 또한 오폐수처리장 질식재해의 경우 황화수소 농도의 측정이 우선적이고 화학물질 저장용기 내부에서의 재해일 경우 유기용제 농도의 측정 재해원인조사에 필수적이다.

## REFERENCES

김동훈, 김기권, 장태정, 김정란, 이구 등. 목재가 선적된 선창에서 발생한 산소결핍에 의한 질식사. 한국법의학회지, 2004;25(1):40-43

노동부. 산업보건기준에 관한 규칙. 노동부령 제330호. 2009

박충기, 김만구, 김홍철, 안범규, 박만수 등. 단무지공장에서 발생한 질식 사고의 원인과 방사선학적 소견: 증례보고 및 가스분석 결과. 대한방사선의학회지 1994;31(1):81-84

조동란, 함완식, 황병문. 밀폐공간 작업안전. 한국산업안전보건공단, 2005

한국산업안전보건공단. 밀폐작업질식재해예방. 2008

한국산업안전보건공단. 산업재해 기록·분류에 관한 지침. KOSHA Code G-8-2006. 2006

일본후생성. 산소결핍증 등 방지규칙. 일본후생노동성령 제 175호. 2003

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold Limit Values(TLVs) for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices(BEIs). 2007

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazard. 2007

Occupational Safety and Health Administration(OSHA). 29 CFR 1910.146(Permit-required apaces). [cited 2009 Oct 1]. Available from:URL:http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadis.show\_document?p\_table= STANDARDS&p\_id =9797