



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

2014~2023년 밀폐공간 사고사례의
업종 및 작업유형별 특성 분석



HANSUNG
2025년
UNIVERSITY

한 성 대 학 교 대 학 원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

김 성 규

석사학위논문
지도교수 박두용

2014~2023년 밀폐공간 사고사례의 업종 및 작업유형별 특성 분석

A Study on the Characteristics of Confined Space
Accidents by Industry and Work Type (2014–2023)



HANSUNG
UNIVERSITY

2025년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

김 성 규

석사학위논문
지도교수 박두용

2014~2023년 밀폐공간 사고사례의 업종 및 작업유형별 특성 분석

A Study on the Characteristics of Confined Space
Accidents by Industry and Work Type (2014-2023)

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

김 성 규

김성규의 공학 석사학위 논문을 인준함

2025년 6월 일



심사위원장 윤 주 일 (인)

심 사 위 원 황 규 석 (인)

심 사 위 원 박 두 용 (인)

국 문 초 록

2014~2023년 밀폐공간 사고사례의 업종 및 작업유형별 특성 분석

한 성 대 학 교 대 학 원
기 계 시 스템 공 학 과
산 업 위 생 공 학 전 공
김 성 규

본 연구는 2014년부터 2023년까지 10년간 국내에서 발생한 총 174건의 밀폐공간 재해 사례를 대상으로, 업종, 작업유형, 공간 특성 등의 요소를 중심으로 재해의 주요 특성과 경향을 분석하였다. 전체 사고 중 사망사고는 98건(56%)으로 총 136명의 사망자와 53명의 부상자가 발생하였으며, 부상사고는 76건(44%)으로 149명의 부상자가 발생하였다. 사망사고의 경우 사고 1건당 평균 1.4명의 사망자와 0.5명의 부상자가 발생하였고, 부상사고는 평균 1.9명의 부상자가 발생했다. 연도별, 업종별, 공간유형별로 사망사고와 부상사고의 발생 양상이 매우 유사하게 나타났다. 이것은 피해의 정도가 업종이나 작업보다는 사고 당시 산소 결핍 및 유해가스 농도 등 환경적 요인에 더 크게 영향을 받았음을 의미한다고 볼 수 있다. 따라서 밀폐공간 재해는 사망 및 부상 여부를 구분하지 않고 통합적으로 분석하고 대응하는 것이 보다 실효성 있는 예방 전략 수립에 도움이 될 것으로 판단된다.

업종별로는 건설업에서 가장 많은 재해가 발생하였으며, 시공 과정 중 발생한 사고가 전체 건설업 재해의 54%를 차지하였다. 특히 이 중 절반 가까이는 갈탄을 사용하는 양생작업 중에 발생하였으며, 이는 고온과 산소 결핍이 복합적으로 작용하는 고위험 작업으로 판단된다. 유지보수 작업 중에도 다양한 유형의 작업에서 사고가 발생했으며, 이는 특정 작업보다는 밀폐공간이라는 환경적 특성 자체가 주요 위험 요인임을 보여준다. 제조업에서는 총 45건의 밀폐공간 재해가 발생하였고, 이 중 13건(29%)은 화학물질 저장설비와 관련되어 있었으며, 나머지는 다양한 밀폐공간에서 발생하였다. 작업유형으로는 청소, 점검, 용접, 도장, 폐수처리 등 설비 유지 관련 작업으로 다양하게 나타나, 밀폐공간 재해는 작업유형보다는 밀폐공간 특성이 중요한 것으로 나타났다.

기타의사업에서는 총 35건의 사고가 발생하였고, 이 중 23건은 사망사고였다. 대부분은 유지보수, 점검, 청소 등 일상 작업 중 발생하였다. 농업 분야에서는 12건의 재해 중 8건이 양돈농가에서 발생하였고, 유해가스는 황화수소로 추정되었다. 이는 사료 내 황 성분이 분해되어 밀폐된 돈사 내에 가스가 축적된 결과로, 축산업 밀폐공간에 대한 집중적 예방 교육이 필요한 것으로 나타났다. 이 외에도 운수·창고·통신업(7건), 광업(3건), 금융·보험업, 어업, 축산업에서 각각 1건씩 나타났다.

본 연구를 통하여 일부 업종은 집중적으로 관리해야 할 밀폐공간과 특정 작업이 있는 것으로 나타나 집중 관리대상으로 관리할 필요가 있었다. 그러나 많은 경우 특정 공간이나 작업유형으로 특정되지 않아 업종이나 작업유형과 무관하게 밀폐공간에 대해서는 반드시 작업 전에 산소, 유해가스 등의 발생 유무를 확인하는 것이 필요한 것으로 나타났다.

【주요어】 밀폐공간 재해, 산소결핍 장소, 산소결핍, 황화수소, 밀폐공간 특성

목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
II. 연구대상 및 방법	3
1. 연구 대상	3
2. 연구 방법	3
III. 연구 결과	5
1. 밀폐공간 재해 현황	5
1.1. 밀폐공간 재해 특성	5
1.2. 업종별 사망 관련 밀폐공간 재해 현황	8
1.3. 업종별 부상만 발생한 밀폐공간 재해 현황	8
1.4. 업종별 밀폐공간 재해 발생자 현황	11
1.5. 업종별 사망 관련 재해자 현황	11
1.6. 업종별 부상만 발생한 재해자 현황	14
2. 업종별 밀폐공간 재해 특성 분석	16
2.1. 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황	16
2.2. 건설업 밀폐공간 재해 발생 현황	20
2.3. 제조업의 밀폐공간 재해 발생 현황	29
2.4. 기타의사업의 밀폐공간 재해 발생 현황	38
2.5. 농업의 밀폐공간 재해 발생 현황	46

2.6. 그 외 업종의 밀폐공간 재해 발생 현황	51
3. 월별 밀폐공간 재해 발생 현황	59
3.1. 월별 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황	59
3.2. 월별 작업유형별 밀폐공간 재해 발생 현황	62
3.3. 월별 유해인자별 밀폐공간 재해 발생 현황	67
 IV. 결 론	 70
 참 고 문 헌	 72
 부 록	 73
 ABSTRACT	 84



표 목 차

〈표 1〉 2014~2023년의 밀폐공간 재해 현황	6
〈표 2〉 업종별 사망 관련 밀폐공간 재해 현황	9
〈표 3〉 업종별 부상만 발생한 밀폐공간 재해 현황	10
〈표 4〉 업종별 밀폐공간 재해 발생자 현황	12
〈표 5〉 업종별 사망 관련 재해자 현황	13
〈표 6〉 업종별 부상만 발생한 재해자 현황	15
〈표 7〉 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황	18
〈표 8〉 건설업의 작업유형별 유해인자별 발생 현황	21
〈표 9〉 건설업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황	25
〈표 10〉 건설업의 유해인자별 발생 현황	26
〈표 11〉 건설업의 세부 업종별 공간별 발생 현황	28
〈표 12〉 제조업의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황	31
〈표 13〉 제조업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황	34
〈표 14〉 제조업의 유해인자별 발생 현황	35
〈표 15〉 제조업의 세부 업종별 공간별 발생 현황	36
〈표 16〉 기타의사업의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황	40
〈표 17〉 기타의사업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황	42
〈표 18〉 기타의사업의 유해인자별 발생 현황	43
〈표 19〉 기타의사업의 세부 업종별 공간별 발생 현황	44
〈표 20〉 농업의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황	47
〈표 21〉 농업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황	49
〈표 22〉 농업의 유해인자별 발생 현황	49
〈표 23〉 농업의 세부 업종별 공간별 발생 현황	50

〈표 24〉 그 외 업종의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황	53
〈표 25〉 그 외 업종의 작업공간별 유해인자별 발생 현황	55
〈표 26〉 그 외 업종의 유해인자별 발생 현황	56
〈표 27〉 그 외 업종의 세부 업종별 공간별 발생 현황	58
〈표 28〉 월별 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황	60
〈표 29〉 월별 작업 유형별 밀폐공간 재해 발생 현황	64
〈표 30〉 월별 유해인자별 밀폐공간 재해 발생 현황	69



그림 목 차

[그림 1] 2014~2023년의 밀폐공간 재해 발생 추이	7
[그림 2] 업종별 밀폐공간 재해 발생 추이	19
[그림 3] 업종별 월별 밀폐공간 재해 발생 추이	61



I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

밀폐공간 사고는 치명률이 가장 높은 사고 중의 하나이다. 산소결핍의 경우, 사람의 감각으로 사전에 인지하기 어려우므로 치명적인 건강장해를 입기 전까지 자각증상 및 위험인지가 불가능하여 기기 등을 통하여 사전에 위험을 확인하지 않으면 재해를 예방하기 어렵다. 밀폐공간 재해를 유발하는 대표적인 유해가스인 황화수소(H_2S)와 일산화탄소(CO)도 마찬가지로 인간의 감각 만으로는 사전에 위험을 인지하고, 사고 위험을 피하기는 어렵다. 우리나라에서 2014년에서 2023년까지 밀폐공간 재해는 174건이 발생하여 총 338명의 재해자가 발생했다. 이 중 136명이 사망하여 치명률이 40.2%로 매우 높았다 (고용노동부, 2024).

이러한 밀폐공간 위험요인의 특성으로 인하여 밀폐공간은 산업안전보건 법규에서 가장 엄격하고 세부적인 사전 예방조치를 강제하고 있다. 밀폐공간 안전관리의 첫 번째 단계가 먼저 밀폐공간을 식별하는 것이다. 밀폐공간 또는 밀폐공간에 준하는 공간으로 분류되면 밀폐공간에 관한 안전관리 조치를 취해야 하고, 이러한 조치를 적절하게 취하면 밀폐공간 사고는 예방이 가능하기 때문이다.

그러나 모든 밀폐공간의 위험수준이 같은 것은 아니다. 밀폐공간 내부의 산소농도 저하 및 유해가스 발생 가능성과 환기에 의한 제거 가능성에 따라 밀폐공간의 위험도는 극적으로 달라진다. 이러한 점을 고려하지 않고 물리적 겉모양만의 판단으로 밀폐공간 여부를 판단하면 오히려 밀폐공간의 위험관리 및 사고예방이 더 어려워질 수도 있다. 어떤 공간이 법규상 또는 물리적 외관상 밀폐공간의 범주에 들게 되면 사업장에서는 법적 리스크를 회피하기 위해 밀폐공간으로 분류하지 않을 수 없다. 이론적으로는 이러한 접근방식이 적절해 보이지만 한정된 인력과 자원을 고려할 때

이러한 방식은 현실적으로 관리부실을 초래할 위험이 있다. 관리해야 할 밀폐공간이 너무 많기 때문이다. 단순하게 밀폐공간으로 분류한 공간은 위험도가 매우 낮은 곳도 있고, 위험도가 매우 높은 곳도 있다. 그 위험도를 확인하기 위해 위험성 평가를 하거나 사전에 산소농도 및 유해가스 농도를 측정하도록 하고는 있다. 그러나 밀폐공간에 대한 위험요인 및 사고 발생가능성 등에 대한 사전 지식이 없으면 정작 위험한 공간에 및 작업에 대한 사각지대가 발생할 가능성이 있다.

산업안전보건법상의 밀폐공간 작업지침을 통해 사전 확인, 환기, 감시인 배치 등의 절차를 규정하고 있으나, 여전히 작업자 중심의 안전관리 체계에 머무르고 있으며, 지침 수준의 권고사항에 그쳐 법적 강제력이 부족하다는 한계가 지적되고 있다(한국산업안전보건공단, 2023)는 분석도 있으나 밀폐공간에 대한 안전관리체계를 구축하고 평소 밀폐공간 작업을 엄격하게 관리하는 사업장에서도 밀폐공간 중대재해가 발생하는 것은 사고가 발생하는 밀폐공간의 특성이나 위험요인 발생 특성에 대한 이해가 부족하거나 이에 따른 밀폐공간 안전관리 차별화가 미흡하기 때문일 수도 있다.

그동안 밀폐공간 재해에 대해서는 비교적 많은 분석과 연구들이 이루어져 왔다. 그러나 기존 연구들은 대부분 주로 개별 사례 중심의 접근에 머무르거나 단순히 업종별, 규모별, 시기별 재해 발생 특성을 분석한 것에 머물러 밀폐공간의 특성 및 작업유형에 따른 사고발생 위험도 분석은 미흡한 실정이다. 따라서 사업장에서 집중적으로 예방조치를 취해야 할 밀폐공간과 작업에 대한 정보가 부족한 실정이며, 행정당국에서 정책적으로 집중해야 할 밀폐공간에 관한 정보도 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 2014~2023년까지 국내에서 발생한 밀폐공간 재해 174건에 대하여 업종별, 작업유형별, 유해인자별, 월별 특성을 정량적으로 분석하여, 밀폐공간 재해특성을 분석하여 사업장의 사고예방 전략과 정부의 정책 수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 고용노동부가 2024년에 발표한 「밀폐공간 질식재해 발생 통계 및 집중점검 보도자료」에 수록된 2014년부터 2023년까지 10년간의 공식 통계자료를 분석 대상으로 하였다.

분석 대상은 밀폐공간 내에서 발생한 질식사고 174건으로, 전체 재해자 수는 338명이며 이 중 136명이 사망(사망률 약 40.2%)한 것으로 보고되었다.

본 연구에서 활용한 통계는 정부의 공식 재해조사자료를 바탕으로 하였으며, 사례별로 업종, 작업공간, 작업유형, 유해인자 등 주요 정보가 포함되어 있으나, 일부 항목은 자료 특성상 누락될 수 있음을 감안하였다.

본 연구는 이들 174건을 업종별로 분류하고, 작업 공간, 작업 내용, 유해인자를 중심으로 정리하여 구조적 위험 특성을 분석하였다.

밀폐공간의 범위는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제618조에 따라 산소 결핍 또는 유해가스 등에 의한 질식·화재·폭발의 위험이 있는 장소로 한정하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 질식재해 174건에 대해 다음과 같은 분류 기준으로 분석을 진행하였다.

- 업종별
- 작업공간 유형별
- 작업유형별
- 유해인자별

분석 방식은 각 항목 간의 반복 구조와 교차 위험성을 파악하였으며, 작업

공간은 업종에 따라 분류하였고, 작업유형은 점검, 청소, 양생, 용접 등 실제 작업 행위를 기준으로 구분하였다. 유해인자는 산소결핍, 황화수소, 일산화탄소, 이산화탄소 등 재해를 유발한 원인물질을 중심으로 분석하였다.

각 사례를 업종별로 교차 분석하여 작업공간, 작업유형, 유해인자 간의 구조적 연관성을 검토하고 반복적으로 발생하는 고위험 작업 유형의 특성을 중점적으로 분석하였다. 또한, 반복 재해 사례를 중심으로 위험 구조를 확인하고, 밀폐공간 안전관리 방식을 도출하였다.



III. 연구 결과

1. 밀폐공간 재해 현황

1.1. 밀폐공간 재해 특성

2014년부터 2023년까지 10년간 밀폐공간에서 발생한 재해는 총 174건이었으며, 밀폐공간 재해로 사망자 136명, 부상자 202명이 발생하였다. 연평균으로 환산하면 밀폐공간 재해건수는 연간 17.4건, 사망자는 13.6명, 부상자는 20.2명이 발생하는 것으로 나타났다(〈표 1〉 참조).

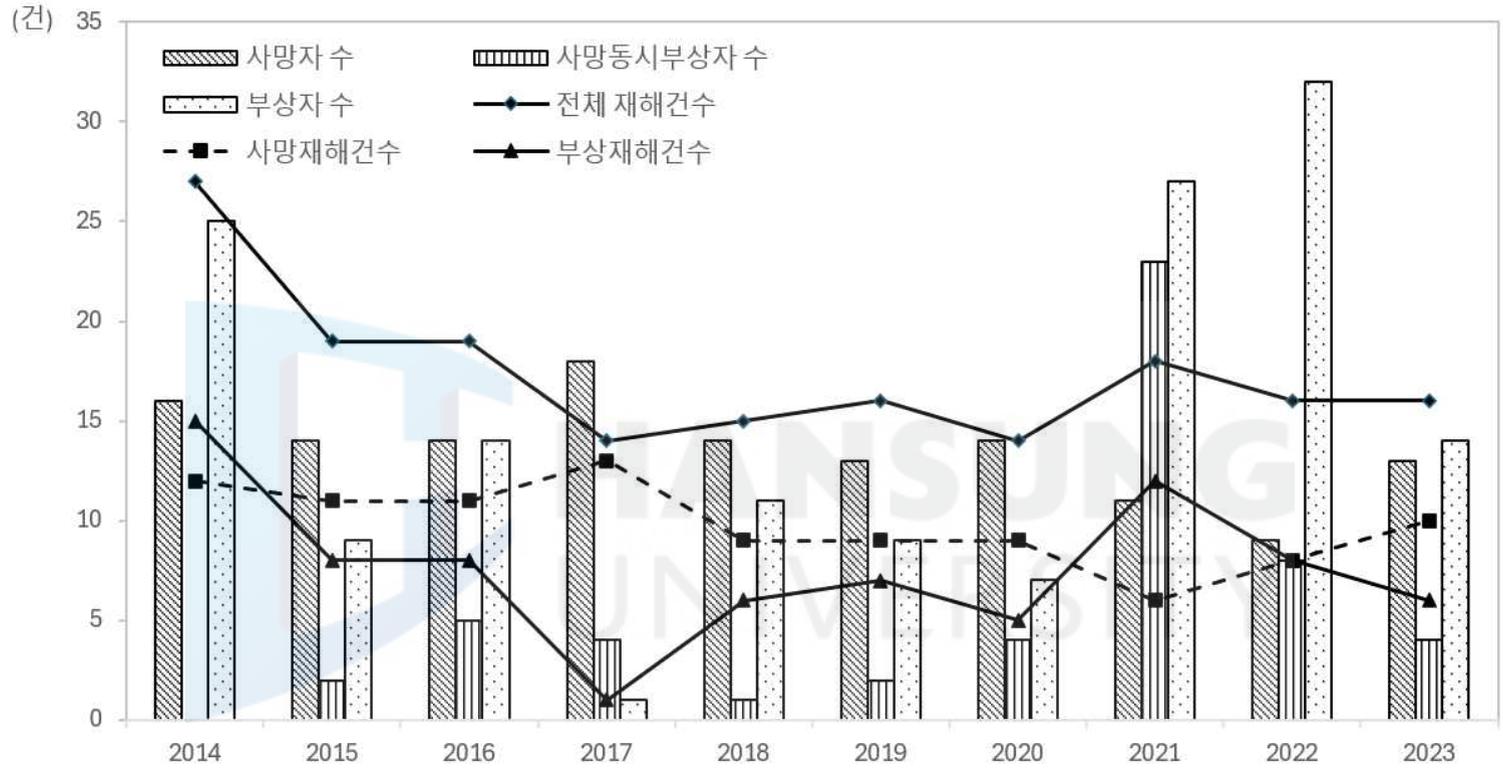
이중 사망자가 발생한 재해는 98건이었으며, 사망자가 발생한 재해에서 136명이 사망하였고, 53명이 부상한 것으로 나타났다. 사망자가 발생한 사고는 사고 1건당 사망자가 1.4명으로, 1명 이상이 사망한 것으로 나타났다. 한편 부상자만 발생한 사고는 76건에 부상자가 149명이었다. 즉 밀폐공간은 사고가 발생할 경우, 다수의 사망자 또는 부상자가 발생할 가능성이 높은, 매우 위험한 장소임이 다시 한번 확인되었다.

연도별로 재해 발생건수를 살펴보면 2014년도 27건, 2015년과 2016년 19건이었으나 2017년부터 2020년까지 14~16건으로 약간 감소하는 듯 하였으나 2021년 18건으로 다시 증가하였고, 2022년과 2023년에 각각 16건으로 밀폐공간 재해는 꾸준히 발생하고 있는 것으로 나타났다 ([그림 1] 참조).

이러한 추이를 종합해 볼 때, 현재 매년 약 15~16건의 밀폐공간 사고가 발생하고 있으며, 이로 인하여 사망자는 10여명, 부상자는 적게는 15명에서 많게는 40여명까지 발생하고 있는 것으로 보인다. 밀폐공간 사고는 자칫하면 사망에 이르는 만큼, 아직도 부상재해자가 많이 발생하고 있는 것은 언제든지 대형 사망사고가 발생할 소지가 있다는 것을 의미한다는 점에서 예방관리가 매우 중요하다고 볼 수 있다.

〈표 1〉 2014~2023년의 밀폐공간 재해 현황

연도	전체 재해건수	사망관련 재해				부상만 발생한 재해	
		건수	사망자수	건별평균 사망자수	부상자수	건수	부상자수
2014	27	12	16	1.3	0	15	25
2015	19	11	14	1.3	2	8	9
2016	19	11	14	1.3	5	8	14
2017	14	13	18	1.4	4	1	1
2018	15	9	14	1.6	1	6	11
2019	16	9	13	1.4	2	7	9
2020	14	9	14	1.6	4	5	7
2021	18	6	11	1.8	23	12	27
2022	16	8	9	1.1	8	8	32
2023	16	10	13	1.3	4	6	14
계	174	98	136	1.4	53	76	149



[그림 1] 2014~2023년의 밀폐공간 재해 발생 추이.

1.2. 업종별 사망 관련 밀폐공간 재해 현황

사망자가 발생한 재해는 총 98건으로 업종별로는 건설업이 34건(34.7%), 제조업이 25건(25.5%), 기타의사업이 23건(23.5%), 농업이 9건(9.2%), 운수·창고·통신업 4건(4.1%)이 발생하였으며, 그 외에 광업과 금융 및 보험업, 축산업에서 각각 1건씩 발생한 것으로 나타났으며, 어업은 10년간 사망재해가 1건도 발생하지 않은 것으로 확인되었다(〈표 2〉 참조).

전체 밀폐공간 재해 174건 중 사망재해는 98건(56.3%)으로 매년 약 10건의 사망재해가 발생한 것으로 나타났다.

사망재해는 총 8개 업종 중 어업을 제외한 7개 업종에서 발생하여, 특정 업종에 국한되지 않고 다양하게 발생하는 것으로 나타났다.

1.3. 업종별 부상만 발생한 밀폐공간 재해 현황

부상자만 발생한 재해는 총 76건으로 건설업이 35건(46.1%), 제조업은 20건(26.3%), 기타의사업은 12건(15.8%)이 발생하였으며, 농업과 운수·창고·통신업은 각각 3건(3.9%), 광업 2건(2.6%)이었으며, 어업은 1건(1.3%) 발생한 것으로 나타났다.

금융 및 보험업과 축산업에서는 분석기간 동안 부상자만 발생한 재해는 없었다(〈표 3〉 참조). 전체 밀폐공간 재해 174건 중 부상재해는 76건(43.7%)으로, 연평균으로는 7.6건의 부상재해가 발생하였으며, 9개 업종 중 금융 및 보험업, 축산업을 제외한 7개 업종에서 발생하였다.

사망재해가 발생한 밀폐공간 사고와 부상자만 발생한 밀폐공간 사고의 업종별 분포는 상당히 유사한 패턴을 보였다. 즉, 밀폐공간 재해는 사망과 부상이 동전의 양면과 같아서, 밀폐공간 재해는 사망재해와 부상재해를 구분하여 분석하는 것보다 재해 전체를 합하여 총괄적으로 분석하는 것이 밀폐공간 사고 예방관리에 적합한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 밀폐공간 재해 분석에서 사망과 부상이 반드시 필요한 경우를 제외하고는 사망과 부상을 구분하지 않고 합쳐서 분석하였다.

〈표 2〉 업종별 사망 관련 밀폐공간 재해 현황

분류	건설업	제조업	기타의 사업	농업	운수·창고· 통신업	광업	금융및 보험업	어업	축산업	계 (%)
2014	5	3	2	2	-	-	-	-	-	12 (12.2)
2015	4	5	1	-	1	-	-	-	-	11 (11.2)
2016	4	4	3	-	-	-	-	-	-	11 (11.2)
2017	5	3	3	2	-	-	-	-	-	13 (13.3)
2018	3	1	3	1	1	-	-	-	-	9 (9.2)
2019	6	3	-	-	-	-	-	-	-	9 (9.2)
2020	1	2	3	1	1	-	1	-	-	9 (9.2)
2021	1	1	3	-	1	-	-	-	-	6 (6.1)
2022	2	1	3	1	-	1	-	-	-	8 (8.2)
2023	3	2	2	2	-	-	-	-	1	10 (10.2)
계 (%)	34 (34.7)	25 (25.5)	23 (23.5)	9 (9.2)	4 (4.1)	1 (1.0)	1 (1.0)	- (0.0)	1 (1.0)	98 (100.0)

〈표 3〉 업종별 부상만 발생한 밀폐공간 재해 현황

분류	건설업	제조업	기타의 사업	농업	운수·창고· 통신업	광업	금융및 보험업	어업	축산업	계 (%)
2014	6	4	4	-	1	-	-	-	-	15 (19.7)
2015	5	1	-	1	1	-	-	-	-	8 (10.5)
2016	2	4	-	1	-	1	-	-	-	8 (10.5)
2017	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1 (1.3)
2018	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6 (7.9)
2019	4	1	1	-	1	-	-	-	-	7 (9.2)
2020	3	-	1	-	-	1	-	-	-	5 (6.6)
2021	5	5	2	-	-	-	-	-	-	12 (15.8)
2022	6	2	-	-	-	-	-	-	-	8 (10.5)
2023	-	2	2	1	-	-	-	1	-	6 (7.9)
계 (%)	35 (46.1)	20 (26.3)	12 (15.8)	3 (3.9)	3 (3.9)	2 (2.6)	- (0.0)	1 (1.3)	- (0.0)	76 (100.0)

1.4. 업종별 밀폐공간 재해 발생자 현황

업종별 밀폐공간 재해 발생자는 총 338명으로 건설업이 153명(45.3%), 제조업이 80명(23.7%), 기타의사업이 62명(18.3%), 농업이 18명(5.3%), 운수·창고·통신업이 10명(3.0%), 광업 6명(1.8%), 어업이 7명(2.1%)이 발생하였으며, 그 외에 금융및보험업과 축산업에서 각각 1명(0.3%)씩 발생하여 연평균 33.8명의 재해자가 발생하였다(〈표 4〉 참조).

재해자 수가 10명 이상인 업종은 5개로, 이들 업종에서 발생한 재해자 수가 전체의 95.5%를 차지하여 재해 발생이 특정 업종에 집중되어 발생하는 것으로 나타났다.

연도별로 재해자 수를 살펴보면 2021년 61명, 2022년 49명, 2014년 41명이었다. 2021년에는 건설업에서만 34명의 재해자가 발생하였으며, 건설업은 모든 연도에서 재해가 발생하였고 다른 업종과 비교했을 때 연도별로 가장 많은 재해가 발생한 업종으로 확인되었다.

1.5. 업종별 사망 관련 재해자 현황

업종별 사망 관련 재해자는 총 189명으로 건설업 78명(41.3%), 제조업 44명(23.3%), 기타의사업 41명(21.7%), 농업 15명(7.9%), 운수·창고·통신업 7명(3.7%), 광업 2명(1.1%), 금융및보험업과 축산업이 각각 1명(0.5%)씩 발생하였으며, 그 외에 어업은 10년간 사망재해자가 단 한 명도 발생하지 않은 것으로 나타났다(〈표 5〉 참조).

전체 사망자 중 2021년 건설업에서 발생한 21명은 해당 연도 전체 사망자의 61.8%에 해당하였다. 사망재해자는 대부분 건설업과 제조업, 기타의사업에 분포되어 있어 일부 업종에서 특정 연도에 다수의 사망자가 발생하는 집중 현상이 반복적으로 확인되었다 연도별로는 2021년이 34명(18.0%)으로 가장 많은 사망재해자가 발생하였으며, 2017년 22명(11.6%), 2016년 19명(10.1%), 2022년과 2023년이 각각 17명(9.0%)으로 뒤를 이었다.

〈표 4〉 업종별 밀폐공간 재해 발생자 현황

분류	건설업	제조업	기타의 사업	농업	운수·창고· 통신업	광업	금융및 보험업	어업	축산업	계 (%)
2014	18	9	11	2	1	-	-	-	-	41 (12.1)
2015	11	10	1	1	2	-	-	-	-	25 (7.4)
2016	11	12	7	1	-	2	-	-	-	33 (9.8)
2017	9	6	3	5	-	-	-	-	-	23 (6.8)
2018	13	2	9	1	1	-	-	-	-	26 (7.7)
2019	15	7	1	-	1	-	-	-	-	24 (7.1)
2020	6	5	8	1	2	2	1	-	-	25 (7.4)
2021	34	13	11	-	3	-	-	-	-	61 (18.0)
2022	30	9	6	2	-	2	-	-	-	49 (14.5)
2023	6	7	5	5	-	-	-	7	1	31 (9.2)
계 (%)	153 (45.3)	80 (23.7)	62 (18.3)	18 (5.3)	10 (3.0)	6 (1.8)	1 (0.3)	7 (2.1)	1 (0.3)	338 (100.0)

〈표 5〉 업종별 사망 관련 재해자 현황

분류	건설업	제조업	기타의 사업	농업	운수·창고· 통신업	광업	금융및 보험업	어업	축산업	계 (%)
2014	9	3	2	2	-	-	-	-	-	16 (8.5)
2015	5	9	1	-	1	-	-	-	-	16 (8.5)
2016	5	7	7	-	-	-	-	-	-	19 (10.1)
2017	9	5	3	5	-	-	-	-	-	22 (11.6)
2018	7	2	4	1	1	-	-	-	-	15 (7.9)
2019	9	6	-	-	-	-	-	-	-	15 (7.9)
2020	2	5	7	1	2	-	1	-	-	18 (9.5)
2021	21	2	8	-	3	-	-	-	-	34 (18.0)
2022	5	2	6	2	-	2	-	-	-	17 (9.0)
2023	6	3	3	4	-	-	-	-	1	17 (9.0)
계 (%)	78 (41.3)	44 (23.3)	41 (21.7)	15 (7.9)	7 (3.7)	2 (1.1)	1 (0.5)	- (0.0)	1 (0.5)	189 (100.0)

1.6. 업종별 부상만 발생한 재해자 현황

업종별로 부상자만 발생한 재해자는 149명으로 건설업이 75명(50.3%), 제조업 36명(24.2%), 기타의사업 21명(14.1%), 어업 7명(4.7%), 광업 4명(2.7%)이 발생하였고 농업과 운수·창고·통신업이 각각 3명(2.0%)씩 발생한 것으로 나타났다. 그 외에 금융 및 보험업과 축산업에서는 10년간 단 한 명의 부상재해자도 발생하지 않은 것으로 나타났다(〈표 6〉 참조).

연도별로는 2022년이 32명(21.5%)으로 가장 많았고, 2021년 27명(18.1%), 2014년 25명(16.8%) 순으로 나타났다. 반면 2017년은 1명(0.7%)으로 재해자가 가장 적게 발생한 해였다.

건설업은 2022년에만 25명의 부상재해자가 발생하였으며, 전체 부상재해자의 대부분이 건설업과 제조업, 기타의사업에서 발생한 것으로 나타났다.



〈표 6〉 업종별 부상만 발생한 재해자 현황

분류	건설업	제조업	기타의 사업	농업	운수·창고· 통신업	광업	금융및 보험업	어업	축산업	계 (%)
2014	9	6	9	-	1	-	-	-	-	25 (16.8)
2015	6	1	-	1	1	-	-	-	-	9 (6.0)
2016	6	5	-	1	-	2	-	-	-	14 (9.4)
2017	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.7)
2018	6	-	5	-	-	-	-	-	-	11 (7.4)
2019	6	1	1	-	1	-	-	-	-	9 (6.0)
2020	4	-	1	-	-	2	-	-	-	7 (4.7)
2021	13	11	3	-	-	-	-	-	-	27 (18.1)
2022	25	7	-	-	-	-	-	-	-	32 (21.5)
2023	-	4	2	1	-	-	-	7	-	14 (9.4)
계 (%)	75 (50.3)	36 (24.2)	21 (14.1)	3 (2.0)	3 (2.0)	4 (2.7)	- (0.0)	7 (4.7)	- (0.0)	149 (100.0)

2. 업종별 밀폐공간 재해 특성 분석

2.1. 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황

업종별로는 건설업 69건(39.7%), 제조업 45건(25.9%), 기타의사업 35건(20.1%), 농업 12건(6.9%), 운수·창고·통신업 7건(4.0%), 광업 3건(1.7%)이 발생하였으며, 그 외에 금융및보험업, 어업, 축산업에서 각각 1건씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 7〉 참조).

건설업에서 발생한 재해건수를 연도별로 살펴보면, 2014년에는 11건으로 가장 많았으며, 2015년부터 2018년까지는 5~7건으로 약간 감소하였으나, 2019년에는 10건으로 다시 증가하였고, 2020년 4건으로 크게 감소한 후 2022년에는 다시 8건으로 재해 발생이 늘어나면서 연도별로 증가와 감소가 반복되는 것으로 나타났다.

건설업에서 밀폐공간 재해가 감소한 연도는 건설업의 밀폐공간 재해 연평균 6.9건보다 낮은 수준으로 나타났다. 전체적으로는 연평균보다 낮은 연도와 높은 연도가 각 5회씩으로 나타나 뚜렷한 감소 추세보다는 연도별로 증감을 반복하는 양상이 확인되었다.

제조업은 2016년 8건, 2014년 7건, 2015년과 2021년에 각각 6건으로 비교적 많은 재해가 발생하였으며, 반면 2018년에는 1건으로 가장 적었다. 전체적으로 연평균 재해 발생 건수인 4.5건 이하의 재해가 발생한 해는 6회로, 절반 이상으로 나타났다. 제조업에서 발생한 밀폐공간 재해는 2014년부터 2016년까지 비슷한 수준이었으나, 이후로는 대체로 3~4건 수준에서 반복적으로 발생하여 뚜렷한 감소보다는 일정 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

기타의사업에 발생한 밀폐공간 재해는 총 35건으로 연도별로는 2014년이 6건, 2018년과 2021년이 각각 5건, 2020년과 2023년에는 각각 4건이 발생하였다. 재해 발생건수가 가장 적은 해는 2015년과 2019년으로 각각 1건씩 발생하였다.

연평균 재해 건수는 3.5건이었으며 이보다 높은 해는 5회로 확인되었으며, 재해가 1건씩 발생한 2015년과 2019년을 제외한다면 연평균과 비슷하거나

상회하는 것으로 나타났다.

농업에서는 총 12건의 재해가 발생하였으며, 연평균 발생건수는 1.2건으로 연도별로는 2023년에 3건, 2014년과 2017년에 각각 2건, 2015년, 2016년, 2018년, 2020년, 2022년에는 각각 1건(8.3%)이 발생하였으며, 2019년과 2021년에는 단 한 건의 재해도 발생하지 않아 다른 업종과 달리 재해가 발생하지 않은 해도 있었다.

농업은 건설업, 제조업, 기타의사업과 비교하면 비교적 낮은 재해 발생 빈도를 보이지만 2019년과 2021년을 제외한다면 밀폐공간 재해가 지속적으로 발생하여 일정한 수준의 질식 위험요인이 있음이 확인되었다.

건설업, 제조업, 기타의사업 및 농업을 제외한 운수·창고·통신업, 광업, 금융 및 보험업, 어업, 축산업(이하 ‘그 외 업종’이라 함)에서는 총 13건의 재해가 발생하였으며, 운수·창고·통신업 7건, 광업 3건, 금융 및 보험업과 어업, 축산업이 각각 1건씩 재해가 발생하여 대부분 재해가 간헐적으로 발생하였다.

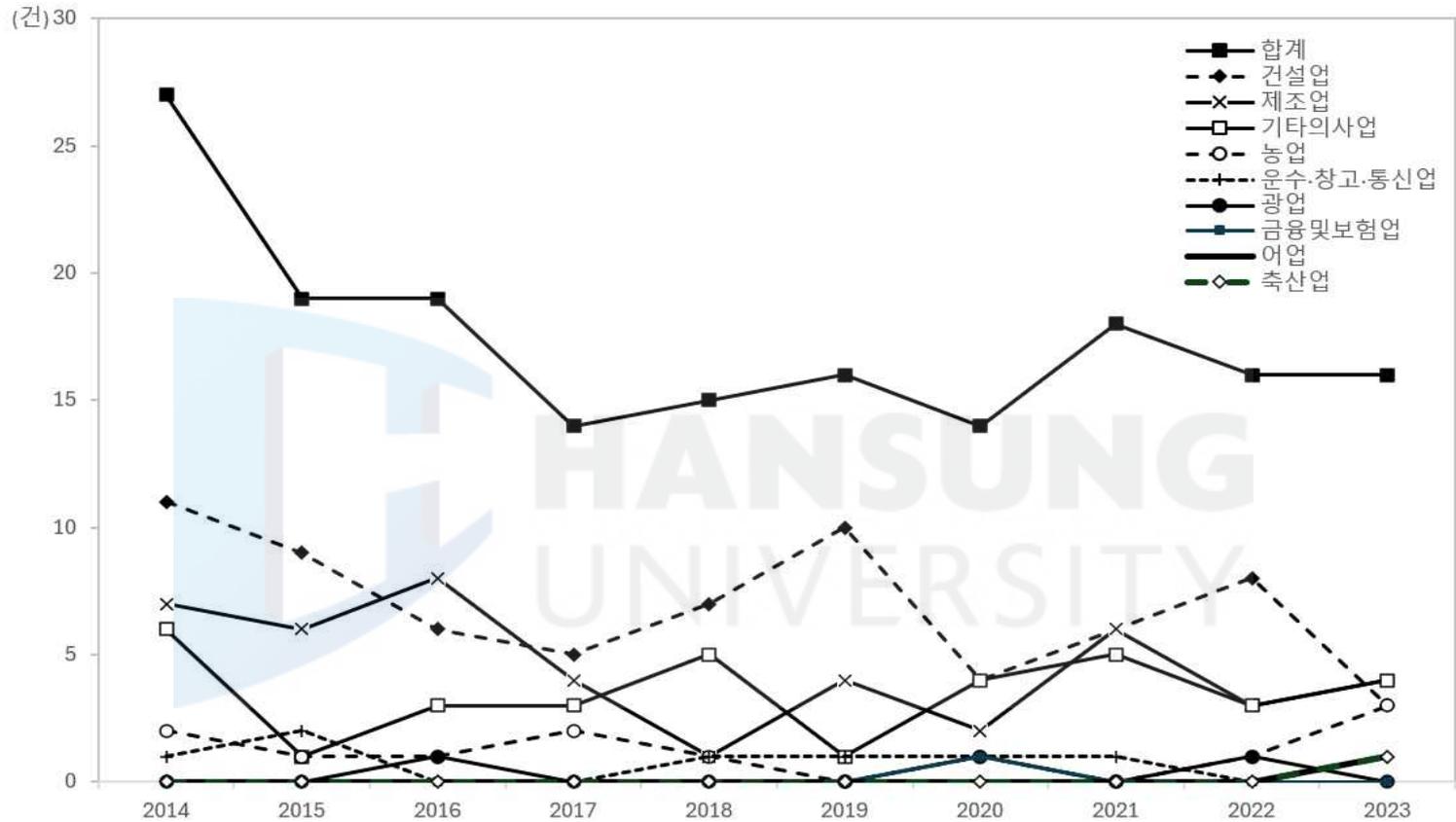
운수·창고·통신업은 재해건수가 낮은 하지만 2014년부터 2021년까지 거의 매년 발생하는 것으로 나타나 밀폐공간이 있고, 관리가 제대로 되지 않으면 어디서든 밀폐공간 재해가 발생함을 보여주고 있다.

광업도 2016년, 2020년, 2022년에 각 1건씩 재해가 발생하였다. 어업과 축산업은 2023년에 각각 1건씩 재해가 발생하였으며, 금융 및 보험업은 2020년에 1건의 재해가 발생하였다. 이러한 사실은 어느 업종이든 밀폐공간이 있을 수 있고, 밀폐공간 관리가 부실하면 중대재해가 발생할 가능성이 있음을 의미한다.

이를 종합하면, 밀폐공간 재해는 모든 업종에서 다양하게 발생했으며 10년간 밀폐공간 재해 발생 추이를 살펴보면 특정 업종에서 반복적으로 발생하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 7〉 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황

분류	건설업	제조업	기타의 사업	농업	운수·창고· 통신업	광업	금융및 보험업	어업	축산업	계 (%)
2014	11	7	6	2	1	-	-	-	-	27 (15.5)
2015	9	6	1	1	2	-	-	-	-	19 (10.9)
2016	6	8	3	1	-	1	-	-	-	19 (10.9)
2017	5	4	3	2	-	-	-	-	-	14 (8.0)
2018	7	1	5	1	1	-	-	-	-	15 (8.6)
2019	10	4	1	-	1	-	-	-	-	16 (9.2)
2020	4	2	4	1	1	1	1	-	-	14 (8.0)
2021	6	6	5	-	1	-	-	-	-	18 (10.3)
2022	8	3	3	1	-	1	-	-	-	16 (9.2)
2023	3	4	4	3	-	-	-	1	1	16 (9.2)
계 (%)	69 (39.7)	45 (25.9)	35 (20.1)	12 (6.9)	7 (4.0)	3 (1.7)	1 (0.6)	1 (0.6)	1 (0.6)	174 (100.0)



[그림 2] 업종별 밀폐공간 재해 발생 추이.

2.2. 건설업 밀폐공간 재해 발생 현황

2.2.1. 건설업의 작업유형별 특성

건설업에서 발생한 밀폐공간 재해 69건을 작업유형별로 살펴본 결과, 총 30개의 작업유형에서 발생하였으며, 양생 작업이 18건, 점검 작업 8건, 배수와 교체 작업이 각각 4건, 용접과 사전조사 작업이 각각 3건이었다. 수리, 절단, 수거, 제거 작업과 달리 분류되지 않은 내부작업은 각각 2건씩 발생하였으며, 그 외 기계, 도장, 매설, 보수, 보양, 설치, 소화설비 오작동, 정비, 정리, 준비, 준설, 청소, 타설, 파쇄, 폐수처리, 해체, 인양, 방청, 용단 작업은 각각 1건으로 나타났다(<표 8> 참조).

시공 중이거나 공사 중인 건설현장에서 발생한 재해는 ‘공사 중 구조물’로, 완공된 시설물 내 작업 중 발생한 재해는 ‘기존 건축물’로 분류하였다.

‘공사 중 구조물’에서 발생한 재해는 총 37건이며, 이 중 양생 작업 중에 발생한 재해는 18건(48.6%)이었다. 이 중 대부분은 일산화탄소 17건(45.9%)에 의한 중독으로 나타났으며, 나머지 1건은 일산화탄소와 황화수소가 복합적으로 발생한 것으로 양생 작업 중 발생한 밀폐공간 재해의 대표적인 원인물질은 일산화탄소이다. 점검 작업은 질소 2건, 산소결핍 1건, 아르곤 1건, 황화수소 1건으로 총 5건의 재해가 발생하였고, 용접 작업은 아르곤 2건, 질소 1건으로 총 3건의 재해가 발생하였다. 점검과 용접 작업은 양생 작업과 달리 다양한 유해인자에 의하여 재해가 발생하였다.

‘기존 건축물’은 22개의 작업 유형에서 32건의 재해가 발생하였으며, 작업 유형의 재해는 대부분 1~3건으로 특정 작업에 집중되지 않고 다양한 작업 유형에서 분산되어 발생하였다. 기존 건축물은 공사 중 구조물과 달리 교체, 배수, 사전조사, 점검, 수리 작업 등 다양한 작업 상황에서 다양한 유해인자가 고르게 분포되어 발생하였다.

기존 건축물 내에서 발생한 황화수소에 의한 재해는 9건(28.1%)으로 동일 공간 내 중복되지 않고 여러 작업 유형에 걸쳐 광범위하게 분포된 특징을 보였다. 황화수소는 배수, 사전조사, 점검, 수리, 설치, 수거, 준설, 폐수처리, 해

체 작업에서 발생하였으며, 복합가스에 포함된 청소 작업까지 포함하면 다양한 작업 유형에서 재해가 발생한 것으로 확인되었다.

건설업에서 발생한 재해를 작업 유형 기준으로 분석한 결과, 일산화탄소는 양생, 배수, 점검, 수리, 보수, 정비, 타설, 절단, 용단 작업 장소에서 발생하였으며, 황화수소는 청소, 수거, 폐수처리, 해체, 배수 작업 장소에서 발생되었다. 산소결핍은 다른 유해물질과 달리 특정 장소에 국한되지 않고 전체 장소에서 고르게 발생하였다.

〈표 8〉 건설업의 작업유형별 유해인자별 발생 현황

작업공간	작업유형	유해인자	건수
공사 중인 구조물	양생	일산화탄소	17
		일산화탄소, 황화수소	1
		소계	18
	점검	질소	2
		산소결핍	1
		아르곤	1
		황화수소	1
	소계	5	
	용접	아르곤	2
		질소	1
		소계	3
	교체	산소결핍	1
	매설	유기용제	1
	배수	일산화탄소	1
보양	유기용제	1	
소화설비 오작동	이산화탄소	1	
수거	산소결핍	1	
정비	일산화탄소	1	

작업공간	작업유형	유해인자	건수
	제거	산소결핍	1
	타설	일산화탄소	1
	파쇄	산소결핍	1
	달리 분류되지 않은 내부작업	산소결핍	1
소계			37
기존 건축물	교체	질소	2
		산소결핍	1
		소계	3
	배수	일산화탄소	2
		황화수소	1
		소계	3
	사전조사	산소결핍	2
		황화수소	1
		소계	3
	점검	이산화탄소	1
		일산화탄소	1
		황화수소	1
		소계	3
	수리	일산화탄소	1
		황화수소	1
		소계	2
절단	산소결핍	1	
	일산화탄소	1	
	소계	2	
기계	일산화탄소	1	
도장	유기용제	1	
방청	유기용제	1	

작업공간	작업유형	유해인자	건수
	보수	일산화탄소	1
	설치	황화수소	1
	수거	황화수소	1
	용단	일산화탄소	1
	인양	산소결핍	1
	정리	산소결핍	1
	제거	유기용제	1
	준비	유기용제	1
	준설	황화수소	1
	청소	황화수소, 시안화수소, 포스핀	1
	폐수처리	황화수소	1
	해체	황화수소	1
	달리 분류되지 않은 내부작업	일산화탄소	1
소계			32
계			69

2.2.2. 건설업의 작업공간별 특성

작업공간별로는 공사 중 구조물에서 37건(53.6%), 기존 건축물이 32건(46.4%)이 발생한 것으로 나타났다(〈표 9〉 참조).

공사 중 구조물과 기존 건축물에서의 밀폐공간 재해를 유발한 유해인자 중에서 아르곤 및 복합가스를 제외하면 두 공간 모두 유사한 종류의 유해인자에 노출되었다.

건설업에서 발생한 재해를 작업공간 유형에 따라 분류한 결과, 공사 중 구조물에서는 일산화탄소가 20건(29.0%)으로 가장 높았으며, 기존 건축물에서는 일산화탄소가 9건(13.0%)으로 높았으나 황화수소도 9건(13.0%)으로 동일한 비중을 보여 동일한 업종이더라도 작업공간의 특성에 따라 유해인자의 분포가 달라졌다.

유해인자 기준으로 살펴보면 일산화탄소에 의하여 발생한 밀폐공간 재해는 29건(42.0%)으로 가장 많은 재해가 발생하여 일산화탄소가 주요 원인물질인 것으로 확인되었다. 그 외에 황화수소 10건(14.5%), 산소결핍 12건(17.4%), 유기용제 6건(8.7%), 질소 5건(7.2%), 아르곤 3건(4.3%), 이산화탄소 2건(2.8%) 순으로 다양한 유해인자에 의하여 재해가 발생하였다. 산소결핍은 공사 중 구조물과 기존 건축물에서 유사한 비중을 보였으나, 황화수소와 유기용제는 기존 건축물에서 집중되어 발생하였다.

이러한 분석 결과를 바탕으로 볼 때, 작업공간 유형과 관계없이 건설업 전반에서 우선적으로 관리되어야 할 주요 위험요소는 일산화탄소와 산소결핍 및 황화수소이다.

〈표 9〉 건설업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황

작업공간	유해인자	발생 건수	비중 (%)
공사 중인 구조물	일산화탄소	20	29.0
	산소결핍	6	8.7
	질소	3	4.3
	아르곤	3	4.3
	유기용제	2	2.9
	일산화탄소, 황화수소	1	1.4
	이산화탄소	1	1.4
	황화수소	1	1.4
	소계	37	53.6
기존 건축물	일산화탄소	9	13.0
	황화수소	9	13.0
	산소결핍	6	8.7
	유기용제	4	5.8
	질소	2	2.9
	이산화탄소	1	1.4
	황화수소, 시안화수소, 포스핀	1	1.4
	소계	32	46.4
계	69	100.0	

2.2.3. 건설업의 유해인자별 특성

유해인자별로는 일산화탄소가 29건(42.0%), 산소결핍 12건(17.4%), 황화수소 10건(14.5%)이 발생하였으며, 유기용제 6건, 질소 5건, 아르곤 3건, 이산화탄소 2건 외 황화수소와 다른 유해인자가 함께 발생한 복합가스가 2건씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 10〉 참조).

전체 69건의 재해 중 일산화탄소, 산소결핍, 황화수소에 의한 재해는 총 51건(73.9%)으로 전체의 대부분을 차지하였으며 이를 제외한 나머지 유해인자는 18건으로 낮은 수준에 머물러, 건설업은 일산화탄소와 같은 특정 유해인자에 집중하여 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 10〉 건설업의 유해인자별 발생 현황

유해인자	발생건수	비중(%)
일산화탄소	29	42.0
산소결핍	12	17.4
황화수소	10	14.5
유기용제	6	8.7
질소	5	7.2
아르곤	3	4.3
이산화탄소	2	2.9
황화수소, 일산화탄소	1	1.4
황화수소, 시안화수소, 포스핀	1	1.4
계	69	100.0

2.2.4. 건설업과 세부 업종별 특성

세부 업종별로는 기타건설공사가 24건(34.8%), 건축건설공사 20건(29.0%), 건설업이 11건(15.9%)이 발생하였으며, 그 외에 건설업본사 7건(10.1%), 기타의 각종사업 4건(5.8%), 상·하수도 설비공사업, 기타 건물 관련설비 설치공사업, 기계장치공사에서 각각 1건(1.4%)씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 11〉 참조).

기타건설공사와 건축건설공사에서 발생한 재해는 총 44건(63.8%)으로 절반 이상을 차지하였으며, 나머지 5개 업종은 25건(36.2%)으로 나타났다. 특이할 점은 건설업본사에서 7건(10.1%)의 재해가 발생하였으며, 이는 전체 건설업 재해 중 네 번째로 높은 발생 수준으로 10건 미만으로 발생한 다른 업종들과 비교했을 경우 상대적으로 높은 수준이었다.

건설업 전체 재해의 80% 이상이 기타건설공사, 건축건설공사, 건설업에 집중되어, 재해가 특정 업종에 국한되어 발생한 것으로 나타났다.

작업공간별 재해 발생 현황을 살펴보면 기타건설공사, 건축건설공사, 건설업, 건설업본사, 기타의 각종사업이 공사 중 구조물과 기존 구축물에서 재해가 고르게 발생한 것으로 나타났다. 이처럼 세부 업종별로는 재해가 특정 업종에 집중되는 양상을 보이지만, 작업 공간별로는 다양한 업종에서 재해가 분산되어 발생한 것으로 나타났다.

〈표 11〉 건설업의 세부 업종별 공간별 발생 현황

세부업종	작업공간	발생 건수	비중 (%)
기타건설공사	공사 중 구조물	9	13.0
	기존 건축물	15	21.7
	소계	24	34.8
건축건설공사	공사 중 구조물	13	18.8
	기존 건축물	7	10.1
	소계	20	29.0
건설업	공사 중 구조물	8	11.6
	기존 건축물	3	4.3
	소계	11	15.9
건설업본사	공사 중 구조물	3	4.3
	기존 건축물	4	5.8
	소계	7	10.1
기타의 각종사업	공사 중 구조물	3	4.3
	기존 건축물	1	1.4
	소계	4	5.8
상·하수도 설비공사업	기존 건축물	1	1.4
기타 건물 관련설비 설치 공사업	기존 건축물	1	1.4
기계장치공사	공사 중 구조물	1	1.4
계		69	100.0

2.3. 제조업의 밀폐공간 재해 발생 현황

2.3.1. 제조업의 작업 유형별 특성

제조업에서 발생한 밀폐공간 재해 45건을 작업유형별로 살펴본 결과, 총 14개의 작업유형으로 청소 작업이 12건, 점검 작업 9건, 용접 작업 5건, 도장, 제거, 수거 작업이 각각 3건, 폐수처리와 달리 분류되지 않은 내부작업이 각각 2건씩 발생하였다. 그 외 보수, 사전조사, 시료채취, 반출, 정비, 수리 작업이 각각 1건씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 12〉 참조).

작업공간은 재해 발생 장소의 성격에 따라 ‘일반 작업 공간’과 ‘화학 설비 공간’으로 구분하였다.

사업장 내 탱크, 배관, 집수조, 맨홀과 같은 일반 설비 주변은 ‘일반 작업 공간’으로 분류하였으며, 화학물질을 보관하거나 직접 사용하는 등 화학물질과 직접적인 연관이 있는 탱크, 챔버, 증발기, 혼합기, 교반기 내부 등에서 발생한 재해는 ‘화학 설비 공간’으로 구분하였다.

‘일반 작업 공간’에서는 청소 작업이 8건(25.0%)으로 가장 많은 재해가 발생한 것으로 나타났다. 이 중 황화수소에 의한 재해가 5건으로 가장 많았으며, 그 외에도 일산화탄소 1건, 질소 1건, 황화수소와 일산화탄소의 복합 노출 1건이 발생하여 청소 작업에서 다양한 유해인자에 의한 밀폐공간 재해가 발생한 것으로 나타났다. 점검 작업은 7건(21.9%)으로 두 번째로 높은 비중을 차지하였으며, 산소결핍 3건, 황화수소 2건, 질소 1건, 일산화탄소 1건 등 청소 작업과 마찬가지로 다양한 유해인자에 의한 밀폐공간 재해가 발생하였다. 용접 작업에서 발생한 재해는 5건으로 아르곤에 의한 재해가 4건, 질소에 의한 재해가 1건 발생하였으며, 도장 작업은 총 3건의 재해가 발생하였으며, 이 중 2건은 유기용제, 1건은 황화수소에 의한 것으로 나타났다. 폐수처리, 수거, 수리, 제거, 반출, 시료채취, 정비 등의 작업 유형에서도 1~2건의 재해가 발생하였으며, 산소결핍, 황화수소, 일산화탄소 등 다양한 유해인자가 원인 물질로 분포되어 있다.

‘화학 설비 공간’에서 발생한 밀폐공간 재해는 13건으로 일반 작업 공간과

동일하게 청소 작업 중 발생한 재해가 4건(30.8%)으로 가장 많은 것으로 나타났다. 유해인자는 산소결핍, 유기용제, 질산, 질소 등으로 다양하게 나타났다. 점검 작업도 2건(15.4%) 발생하였으며, 산소결핍 1건, 질소 1건으로 확인되었다. 수거 및 제거 작업에서 각각 2건씩의 재해가 발생하였으며, 이 중 일부는 원인물질이 명확히 확인되지 않았다. 그 외에도 보수, 사전조사, 기타 내부작업 등 다양한 작업 유형에서 1건씩 발생하였다.

제조업 내 일반 작업 공간에서 발생한 재해는 황화수소가 주요 유해인자로 나타났다. 이는 제조업 내 일반 작업 공간에서 반복적으로 황화수소에 의한 재해가 발생하였음을 보여준다. 화학 설비 공간에서는 작업 중 직접 사용하는 유기용제, 질소, 질산 등의 화학물질과 산소결핍이 주요 유해인자로 나타났다.

제조업에서 발생한 밀폐공간 재해는 청소, 점검과 같이 비정형 작업 유형에서 주로 발생하였으며, 이들 작업은 일반 작업 공간과 화학 설비 공간 모두에서 확인되었다.



〈표 12〉 제조업의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황

작업공간	작업유형	유해인자	발생건수
일반 작업 공간	청소	황화수소	5
		일산화탄소	1
		질소	1
		황화수소, 일산화탄소	1
		소계	8
	점검	산소결핍	3
		황화수소	2
		일산화탄소	1
		질소	1
		소계	7
	용접	아르곤	4
		질소	1
		소계	5
	도장	유기용제	2
		황화수소	1
		소계	3
폐수처리	산소결핍	1	
	황화수소	1	
	소계	2	
반출	황화수소	1	
수거	황화수소	1	
수리	황화수소	1	
시료채취	산소결핍	1	
정비	확인불가	1	
제거	산소결핍	1	
	달리 분류되지 않은 내부작업	황화수소	1
소계			32

〈표 12〉 계속

작업공간	작업유형	유해인자	발생건수
화학 설비 공간	청소	산소결핍	1
		유기용제	1
		질산	1
		질소	1
		소계	4
	점검	산소결핍	1
		질소	1
		소계	2
	수거	아질산나트륨	1
		확인불가	1
소계		2	
제거	유기용제	1	
	일산화탄소	1	
	소계	2	
보수	산소결핍	1	
사전조사	질소	1	
달리 분류되지 않은 내부작업	질소	1	
소계		13	

2.3.2. 제조업의 작업공간별 특성

작업공간별로는 전체 45건 중 일반 작업 공간에서 발생한 재해가 32건(71.1%)으로 대부분을 차지하였으며, 화학 설비 공간에서는 13건(28.9%)이 발생하여 일반 작업 공간보다는 상대적으로 낮은 것으로 확인되었다(〈표 13〉 참조).

일반 작업 공간에서 재해를 유발한 주요 유해인자는 황화수소 13건(28.9%), 산소결핍 6건(13.3%), 아르곤 4건(8.9%), 질소 3건(6.7%) 순이었다. 이 외에도 유기용제와 일산화탄소가 각각 2건(4.4%), 황화수소와 일산화탄소에 의한 복합 노출 1건(2.2%), 유해인자 확인불가 1건으로 나타났다.

화학 설비 공간에서는 질소 4건(8.9%), 산소결핍 3건(6.7%), 유기용제 2건(4.4%) 외에도 아질산나트륨, 질산, 일산화탄소가 각각 1건(2.2%)이었으며, 확인불가 1건(2.2%)도 포함되었다.

재해를 유발한 유해인자의 종류는 일반 작업 공간 7종, 화학 설비 공간 6종으로 확인되었다.

2.3.3. 제조업의 유해인자별 특성

유해인자별로는 황화수소에 의한 재해가 13건(28.9%)으로 가장 높은 비중을 차지했으며, 산소결핍은 9건(20.0%), 질소 7건(15.6%) 아르곤 4건(8.9%), 유기용제 4건(8.9%), 일산화탄소 3건(6.7%), 질산, 아질산나트륨, 복합가스 재해가 각각 1건(2.2%)씩 발생하였다. 그 외 유해인자가 명확히 확인되지 않는 사례도 2건(4.4%) 발생한 것으로 나타났다(〈표 14〉 참조). 상위 3개 유해인자에 의한 재해는 총 29건으로 전체의 64.5%로 확인되었다.

제조업에서 재해를 유발한 유해인자는 총 9종으로 유해인자 확인이 불가능한 사례까지 포함하면 다양한 유형의 유해인자에 의하여 밀폐공간 재해가 발생한 것으로 나타났다.

〈표 13〉 제조업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황

작업공간	유해인자	발생 건수	비중 (%)
일반 작업 공간	황화수소	13	28.9
	산소결핍	6	13.3
	아르곤	4	8.9
	질소	3	6.7
	유기용제	2	4.4
	일산화탄소	2	4.4
	황화수소, 일산화탄소	1	2.2
	확인불가	1	2.2
	소계	32	71.1
화학 설비 공간	질소	4	8.9
	산소결핍	3	6.7
	유기용제	2	4.4
	아질산나트륨	1	2.2
	질산	1	2.2
	일산화탄소	1	2.2
	확인불가	1	2.2
	소계	13	28.9
계	45	100.0	

〈표 14〉 제조업의 유해인자별 발생 현황

유해인자	발생건수	비중(%)
황화수소	13	28.9
산소결핍	9	20.0
질소	7	15.6
아르곤	4	8.9
유기용제	4	8.9
일산화탄소	3	6.7
질산	1	2.2
아질산나트륨	1	2.2
황화수소, 일산화탄소	1	2.2
확인불가	2	4.4
계	45	100.0

2.3.4. 제조업의 세부 업종별 특성

세부 업종별로는 총 45건의 재해 중 강선건조 또는 수리업이 5건(11.1%)으로 가장 많은 재해가 발생하였으며, 식료품제조업 4건(8.9%), 화학 및 고무제품제조업 3건(6.6%)이었다. 그 외에 기타금속제품제조업 또는 금속가공업, 석유정제품제조업, 수산식료품제조업, 수제품 및 기타제품제조업, 유기화학제품제조업, 일반산업용기계장치 제조업이 각각 2건(4.4%)씩 발생하였고, 나머지 21개 업종에서는 각각 1건(2.2%)씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 15〉 참조).

전체적으로는 제조업 내 29개 업종에서 밀폐공간 재해가 발생한 것으로 나타났다으며, 공간 유형별로는 일반 작업 공간에서 31건(68.9%), 화학 설비 내부에서 14건(31.1%)의 재해가 발생하였다.

제조업은 밀폐공간 재해가 특정 업종에 편중되지 않고 다양한 세부 업종에 비교적 고르게 분포되어 발생한 것으로 나타났다.

〈표 15〉 제조업의 세부 업종별 공간별 발생 현황

세부업종	작업공간	발생건수	비중(%)
강선건조 또는 수리업	일반 작업 공간	5	11.1
식료품제조업	일반 작업 공간	4	8.9
화학및고무제품제조업	일반 작업 공간	2	4.4
	화학 설비 내부	1	2.2
	소계	3	6.6
기타금속제품제조업 또는 금속가공업	일반 작업 공간	2	4.4
석유정제품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
	화학 설비 내부	1	2.2
	소계	2	4.4
수산식료품제조업	일반 작업 공간	2	4.4
수제품및기타제품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
	화학 설비 내부	1	2.2
	소계	2	4.4

세부업종	작업공간	발생건수	비중(%)
유기화학제품제조업	화학 설비 내부	2	4.4
일반산업용기계장치제조업	일반 작업 공간	2	4.4
각종기계 또는 동부속품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
과실 및 그 외 채소 절임식품 제조업	일반 작업 공간	1	2.2
금속제련업	화학 설비 내부	1	2.2
기계기구·금속·비금속광물 제품 제조업	일반 작업 공간	1	2.2
기타의각종사업	일반 작업 공간	1	2.2
기타화학제품제조업	화학 설비 내부	1	2.2
도정및제분업	일반 작업 공간	1	2.2
무기화학제품제조업	화학 설비 내부	1	2.2
비금속류 원료 재생업	일반 작업 공간	1	2.2
석유화학제품제조업	화학 설비 내부	1	2.2
선재제품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
섬유및섬유제품제조업	화학 설비 내부	1	2.2
열처리사업	화학 설비 내부	1	2.2
육제품 또는 유제품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
자동차부분품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
전기도금업	화학 설비 내부	1	2.2
전자관 또는 반도체소자제조업	화학 설비 내부	1	2.2
지류가공제품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
지류제조업	일반 작업 공간	1	2.2
플라스틱가공제품제조업	일반 작업 공간	1	2.2
화학비료제조업	일반 작업 공간	1	2.2
계		45	100.0

2.4. 기타의사업의 밀폐공간 재해 발생 현황

2.4.1. 기타의사업의 작업 유형별 특성

기타의사업에서 발생한 밀폐공간 재해 35건을 작업유형별로 살펴보면 총 12개의 작업유형으로 청소 작업이 9건, 점검 작업 9건, 폐수처리 5건, 소화설비 오작동 3건, 용접이 2건 발생하였으며, 적재, 세척, 사전조사, 측정, 수거, 배출, 수리 작업이 각각 1건씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 16〉 참조).

작업공간은 재해가 발생한 장소가 사업장 내 위치한 설비시설 및 맨홀, 탱크, 폐수처리장, 챔버 등인 경우 ‘산업시설 구조물’로, 아파트, 상가, 오피스텔, 목욕탕 등의 공간에서 발생한 재해는 ‘일반건축 구조물’로 분류하였다. 그 외에 공사 현장은 ‘공사 중 구조물’로 분류하였으며, 위 조건에 해당하지 않아 분류가 어려운 1건은 ‘분류 불능’으로 구분하였다.

기타의사업에서 발생한 총 35건의 밀폐공간 재해 중 ‘산업시설 구조물’에서 발생한 재해가 27건(77.1%)으로 대부분을 차지하였으며, 이를 작업 유형별로 살펴보면 점검 7건, 청소 6건, 폐수처리 5건, 소화설비 오작동과 용접 작업이 각각 2건이었으며, 사전조사, 세척, 수거, 적재, 측정 작업에서 각각 1건씩 발생한 것으로 확인되었다.

점검과 청소 작업은 총 13건(48.1%)으로 해당 작업 유형이 밀폐공간 재해의 주요 작업 유형으로 확인되었다.

산업시설 구조물 내 점검 작업에서는 황화수소에 의한 재해가 4건으로 가장 많은 재해를 유발하였으며, 그 외 산소결핍 2건과 질소 1건에 의해 재해가 발생하였다. 청소 작업에서는 산소결핍 2건, 이산화탄소 1건, 질소 1건, 황화수소 1건 및 산소결핍·일산화탄소·이산화탄소가 복합적으로 발생한 복합가스 1건이 유해인자로 확인되었다. 청소작업은 점검 작업(7건)과 유사한 재해 발생 건수(6건)를 보였지만 산소결핍, 황화수소, 질소, 이산화탄소 등 다수의 유해인자와 함께 복합가스 노출 사례도 포함되어 유해인자에 대한 노출 범위가 넓고 다양한 것으로 나타났다. 폐수처리 작업은 5건 모두 황화수소에 의해 발생하였으며, 이는 폐수처리장에서 실시하는 작업은 황화수소가 가장 위험한

재해 원인이었다. 용접 작업은 아르곤과 일산화탄소에 의한 재해가 각각 1건씩 발생하였으며, 작업 중 사용되는 가스에 의해 질식 위험이 존재함이 확인되었다. 소화설비 오작동에 따른 이산화탄소 노출 사례는 2건으로 밀폐공간 내에서 소화 설비가 오작동할 경우 재해로 이어질 수 있음이 확인되었다.

‘일반건축 구조물’에서는 총 6건의 재해가 발생하였고, 이 중 청소 작업 3건, 점검, 수리 작업 및 소화설비 오작동이 각각 1건씩 발생하였다. 청소 작업에서 발생한 유해인자는 일산화탄소 2건, 산소결핍 1건이었으며, 점검 작업에서는 황화수소, 수리 작업은 산소결핍, 소화설비 오작동에서는 이산화탄소가 원인물질인 것으로 확인되었다. 점검 작업은 산업시설 구조물과 일반건축 구조물 모두 황화수소가 주된 원인물질로 발생한 사실로 볼 때 관련 시설에 대한 점검 작업을 실시하는 경우에는 반드시 황화수소에 대한 사전 확인이 우선적으로 실시되어야 한다. 소화설비 오작동에 의한 재해는 산업시설과 일반건축 구조물 모두에서 발생한 것으로 나타났다.

‘공사 중 구조물’에서 배출 작업 중 질소와 아르곤에 의한 복합 노출 사례가 1건 확인되었으며, 기타의사업 업종에 포함된 근로자가 건설업에서 작업을 실시하여 노출된 것으로 나타났다.

작업공간의 정확한 분류가 어려운 ‘분류 불능’ 1건은 방재실 점검 중 일산화탄소 노출에 의한 재해로 확인되었으며, 점검 작업이 다양한 공간에서 반복적으로 실시되는 것으로 확인되었다.

기타의사업 내 청소와 점검 작업은 산업시설 구조물과 일반건축 구조물 모두에서 발생하였으며 이들 작업 유형이 전체 재해의 절반 이상으로 확인되었다.

산업시설 구조물에서는 황화수소, 산소결핍, 이산화탄소, 질소 등 재해를 유발한 유해인자가 고르게 분포되어 있는 반면, 일반건축 구조물에서는 상대적으로 일산화탄소와 산소결핍이 상대적으로 높은 비중을 보였다.

〈표 16〉 기타의사업의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황

작업공간	작업유형	유해인자	발생건수
산업시설 구조물	점검	황화수소	4
		산소결핍	2
		질소	1
		소계	7
	청소	산소결핍	2
		이산화탄소	1
		질소	1
		황화수소	1
		산소결핍, 일산화탄소, 이산화탄소	1
	소계	6	
	폐수처리	황화수소	5
	소화설비 오작동	이산화탄소	2
	용접	아르곤	1
		일산화탄소	1
		소계	2
사전조사	산소결핍	1	
세척	황화수소	1	
수거	유기용제	1	
적재	황화수소	1	
측정	일산화탄소	1	
소계		27	
일반건축 구조물	청소	일산화탄소	2
		산소결핍	1
		소계	3
	점검	황화수소	1
소화설비 오작동	이산화탄소	1	

작업공간	작업유형	유해인자	발생건수
	수리	산소결핍	1
소계			6
공사 중인 구조물	배출	질소, 아르곤	1
소계			1
분류 불능	점검	일산화탄소	1
소계			1
계			35

2.4.2. 기타의사업의 작업공간별 특성

작업공간별로는 산업시설 구조물에서 발생한 재해가 27건(77.1%)으로 대부분을 차지했으며, 일반건축 구조물은 6건(17.1%), 공사 중 구조물과 분류 불능은 각각 1건(2.9%)으로 나타났다(〈표 17〉 참조).

산업시설 구조물에서 재해를 유발한 주요 유해인자는 황화수소가 12건(34.3%)으로 가장 많았고, 산소결핍 5건(14.3%), 이산화탄소 3건(8.6%), 질소 및 일산화탄소 각각 2건(5.7%)이었다. 이 외에도 아르곤, 유기용제 및 산소결핍·일산화탄소·이산화탄소가 포함된 복합가스에 의한 재해도 각각 1건씩 발생하였다.

일반건축 구조물에서는 일산화탄소 및 산소결핍이 각각 2건(5.7%)으로 가장 많았으며, 이산화탄소와 황화수소에 의한 재해도 각각 1건(2.9%)씩 발생하였다.

건설업이 아님에도 공사 중 구조물에서 1건의 재해가 발생하였으며, 분류 불능 사례도 1건 확인되었다.

〈표 17〉 기타의사업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황

작업공간	유해인자	발생 건수	비중 (%)
산업시설 구조물	황화수소	12	34.3
	산소결핍	5	14.3
	이산화탄소	3	8.6
	질소	2	5.7
	일산화탄소	2	5.7
	아르곤	1	2.9
	유기용제	1	2.9
	산소결핍, 일산화탄소, 이산화탄소	1	2.9
	소계	27	77.1
일반건축 구조물	일산화탄소	2	5.7
	산소결핍	2	5.7
	이산화탄소	1	2.9
	황화수소	1	2.9
	소계	6	17.1
공사 중인 구조물	질소, 아르곤	1	2.9
분류 불능	일산화탄소	1	2.9
계		35	100.0

2.4.3. 기타의사업의 유해인자별 특성

유해인자별로는 전체 35건 중 황화수소에 의한 재해가 13건(37.1%)으로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 산소결핍 7건(20.0%), 일산화탄소 5건(14.3%), 이산화탄소 4건(11.4%)이 발생하였다. 그 외에는 질소 2건(5.7%), 아르곤 1건(2.9%), 유기용제 1건(2.9%)으로 비교적 낮은 비중이었으며, 질소와 아르곤이 동시에 노출된 복합가스에 의한 재해도 1건(2.9%) 발생한 것으로 나타났다(〈표 18〉 참조).

상위 4개 유해인자에 의한 재해는 총 29건으로 기타의사업에서 발생한 밀폐공간 재해의 82.8%를 차지하고 있으며, 황화수소와 산소결핍에 집중되어 발생하고 있는 것으로 나타났다.

기타의사업에서 발생한 밀폐공간 재해는 다양한 유해인자에 의해 발생하지만, 실제로는 황화수소, 산소결핍, 일산화탄소, 이산화탄소가 주를 이루는 것으로 나타났다.

〈표 18〉 기타의사업의 유해인자별 발생 현황

유해인자	발생건수	비중(%)
황화수소	13	37.1
산소결핍	7	20.0
일산화탄소	5	14.3
이산화탄소	4	11.4
질소	2	5.7
아르곤	1	2.9
유기용제	1	2.9
질소, 아르곤	1	2.9
산소결핍, 일산화탄소, 이산화탄소	1	2.9
계	35	100.0

2.4.4. 기타사업의 세부 업종별 특성

세부 업종별로는 총 35건의 재해 중 위생 및 유사서비스업과 시설관리 및 사업지원 서비스업에서 각각 7건(20.0%)씩 발생하였다. 건물 등의 종합관리 사업은 4건(11.4%)이었으며, 기타의 각종사업, 하수도업, 기타과학기술서비스업, 국가및지방자치단체의행정에서 각각 2건(5.7%)씩 재해가 발생하였다. 그 외 나머지 9개의 업종에서는 각각 1건(2.9%)씩 발생한 것으로 나타났다(〈표 19〉 참조).

세부 업종별 재해를 작업공간 유형별로 재분류하면, 전체 35건 중 산업시설 구조물에서 발생한 재해가 27건(77.1%)으로 가장 많았으며, 일반건축 구조물은 7건(20.0%), 공사 중 구조물은 1건(2.9%)이었다.

기타의사업에서 발생한 밀폐공간 재해는 특정 업종보다는 작업공간의 구조적 특성에 따라 발생 분포가 뚜렷하게 구분되는 것으로 확인되었다.

〈표 19〉 기타의사업의 세부 업종별 공간별 발생 현황

세부업종	작업공간	발생건수	비중(%)
위생및유사서비스업	산업시설 구조물	6	17.1
	일반건축 구조물	1	2.9
	소계	7	20.0
시설관리 및 사업지원 서비스업	산업시설 구조물	5	14.3
	일반건축 구조물	1	2.9
	분류 불능	1	2.9
	소계	7	20.0
건물등의종합관리사업	일반건축 구조물	3	8.6
	산업시설 구조물	1	2.9
	소계	4	11.4

세부업종	작업공간	발생건수	비중(%)
기타의각종사업	일반건축 구조물	1	2.9
	공사 중 구조물	1	2.9
	소계	2	5.7
하수도업	산업시설 구조물	2	5.7
기타과학기술서비스업	산업시설 구조물	2	5.7
국가및지방자치단체의행정	산업시설 구조물	2	5.7
사업서비스업	산업시설 구조물	1	2.9
임대및사업서비스업	산업시설 구조물	1	2.9
건축기술,엔지니어링및관련기술서비스업	산업시설 구조물	1	2.9
해외파견자	산업시설 구조물	1	2.9
전문·보건·교육·여가 관련 서비스업	산업시설 구조물	1	2.9
연구 및 개발사업	산업시설 구조물	1	2.9
도소매·음식·숙박업	산업시설 구조물	1	2.9
오락문화및운동관련사업	산업시설 구조물	1	2.9
시스템소프트웨어개발 및공급	산업시설 구조물	1	2.9
계		35	100.0

2.5. 농업의 밀폐공간 재해 발생 현황

2.5.1. 농업의 작업 유형별 특성

농업에서 발생한 밀폐공간 재해 12건을 작업유형별로 살펴보면 총 7개의 작업유형 중 제거 작업 4건으로 가장 많았으며, 배출과 분뇨처리 작업이 각각 2건, 배관, 천공, 정비, 점검 작업이 각각 1건씩 발생하였다(〈표 20〉 참조).

이들 재해는 모두 농장에서 발생하였으나 재해 발생 장소에 따라 돈사에서 발생한 재해는 ‘양돈 농장’으로, 돈사 구분이 명확하지 않은 농장에서 발생한 재해는 ‘확인 불가’로 구분하였다.

‘양돈 농장’에서 발생한 재해를 작업 유형별로 살펴보면 제거 작업 중 황화수소에 의한 재해가 3건으로 가장 많았으며, 배출 작업 중에는 산소결핍과 황화수소가 각각 1건씩 발생하였다. 배관, 점검, 정비 작업 중에도 각각 1건씩 황화수소에 의한 재해가 발생하였으며, 이는 설비 유지 관리 작업에서도 황화수소 노출 위험이 존재함을 보여준다.

양돈 농장 내에서 발생한 8건 중 7건이 황화수소에 의한 재해였으며, 나머지 1건은 산소결핍에 의한 재해였다. 이는 양돈 농장의 밀폐공간에서 분뇨 부패로 발생한 황화수소가 주요 유해인자인 것으로 확인된다.

한편 정확한 가축의 확인이 불가능한 ‘농장’에서 발생한 재해 4건 중 2건은 분뇨처리 작업, 1건은 제거 작업, 1건은 천공 작업 중에 발생하였다. 이 농장에서도 다양한 작업 중 황화수소에 의한 재해가 발생하였고, 일반적으로 황화수소는 돼지 사료에 황성분이 많이 포함된 것을 고려할 때 양돈 공간에서 발생한 것이 아닌지 추정된다.

배출 작업은 유일하게 산소결핍과 황화수소가 각각 1건씩 발생한 작업 유형으로, 동일한 작업 내에서도 유해인자가 달라지는 특성을 보여준다. 이는 배출 작업환경이 배출물 특성에 따라 노출되는 유해인자의 유형도 달라질 수 있음을 나타낸다.

농업에서 발생한 재해는 단일 업종이지만 작업공간(양돈 농장 등)과 작업유형(제거, 배출, 정비, 천공 등)에 따라 뚜렷한 위험 차이를 보이고 있어 밀폐

공간 재해를 유발하는 대표 유해인자는 황화수소라는 것이 확인된다.

특히 농업에서 발생한 밀폐공간 재해는 다양한 작업 유형과 환경에서 발생했음에도 불구하고 유해인자는 황화수소에 집중되었다. 이는 동일한 유해인자에 의해 특정 작업공간에서 재해가 반복적으로 발생하고 있음을 보여준다.

〈표 20〉 농업의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황

작업공간	작업유형	유해인자	발생건수
양돈 농장	제거	황화수소	3
	배출	산소결핍	1
		황화수소	1
		소계	2
	배관	황화수소	1
	점검	황화수소	1
	정비	황화수소	1
소계			8
확인 불가	분뇨처리	황화수소	2
	제거	황화수소	1
	천공	황화수소	1
소계			4
계			12

2.5.2. 농업의 작업공간별 특성

작업공간별로는 총 12건의 재해가 모두 농장에서 발생하였으며, 이 중 양돈 농장에서 8건(66.7%), 정확한 가축의 구분이 불가능한 농장에서 4건(33.3%)이 발생한 것으로 나타났다(〈표 21〉 참조).

농업에서 발생한 재해는 농장에서 주로 발생하였고, 특히 양돈 농장이 밀폐 공간 재해의 고위험 장소로 확인되었다.

농업에서 재해를 유발한 유해인자는 황화수소가 11건(91.7%)으로 재해의 대부분을 차지하였으며, 나머지 1건은 산소결핍에 의한 재해로서 농업에서 재해를 유발하는 대표적인 유해인자는 황화수소인 것으로 나타났다.

2.5.3. 농업의 유해인자별 특성

유해인자별로 보면 전체 12건 중 황화수소에 의한 재해가 11건(91.7%)으로 대부분을 차지하였고, 나머지 1건(8.3%)은 산소결핍에 의한 재해로 확인되었다(〈표 22〉 참조).

황화수소의 비중이 90%를 초과함에 따라 농업은 특정 유해인자에 대한 편중 현상이 뚜렷하게 나타났다.

또한 농업에서는 황화수소와 산소결핍을 제외한 유해인자에 의한 재해는 발생하지 않았으며, 복합 유해인자에 의한 재해 사례도 확인되지 않았다.

〈표 21〉 농업의 작업공간별 유해인자별 발생 현황

작업공간	유해인자	발생건수	비중(%)
양돈 농장	황화수소	7	58.3
	산소결핍	1	8.4
	소계	8	66.7
확인 불가	황화수소	4	33.3
계		12	100.0

〈표 22〉 농업의 유해인자별 발생 현황

유해인자	발생건수	비중(%)
황화수소	11	91.7
산소결핍	1	8.3
계	12	100.0

2.5.4. 농업의 세부 업종별 특성

세부 업종별로는 총 12건의 재해 중 축산업에서 7건(58.3%)의 재해가 발생해 절반 이상을 차지하였으며, 대부분의 재해가 양돈 농장(5건, 41.7%)에서 발생하였다. 그 외 양돈업이 3건(25.0%), 농업이 2건(16.7%)의 재해가 발생한 것으로 나타났다(〈표 23〉 참조).

전체 재해 12건 중 양돈 농장에서 발생한 재해는 8건(66.7%)으로 돈사 구분이 명확하지 않은 농장 4건(33.3%)의 2배에 달하였다. 이처럼 농업 내 밀폐공간 재해는 양돈 농장에서 집중적으로 발생하고 있는 것으로 나타났다.

세부 업종별로 살펴보면, 축산업과 양돈업이 총 10건(83.3%)으로 전체의 80% 이상으로 확인되었다.

축산업 5건, 양돈업 2건, 농업 1건 등 세 업종이 공통적으로 양돈 농장에서 재해가 발생했다는 사실로 볼 때, 유사한 작업 특성과 공간 조건에서 유해인자 노출이 반복되어 발생하고 있음을 보여준다.

〈표 23〉 농업의 세부 업종별 공간별 발생 현황

세부업종	작업공간	발생건수	비중(%)
축산업	양돈 농장	5	41.7
	확인 불가	2	16.7
	소계	7	58.3
양돈업	양돈 농장	2	16.7
	확인 불가	1	8.3
	소계	3	25.0
농업	양돈 농장	1	8.3
	확인 불가	1	8.3
	소계	2	16.7
계		12	100.0

2.6. 그 외 업종의 밀폐공간 재해 발생 현황

2.6.1. 그 외 업종의 작업 유형별 밀폐공간 재해 발생 현황

그 외 업종에서 발생한 밀폐공간 재해 13건을 작업유형별로 살펴보면 총 12개의 작업유형으로 교체, 반출, 배수, 분뇨처리, 설치, 시료채취, 전기, 점검, 채굴, 청소, 하역 작업에서 각각 1건씩 발생하였으며, 달리 분류되지 않은 내부작업에서 2건이 발생한 것으로 나타났다(〈표 24〉 참조).

운수·창고·통신업의 7건 중 6건은 산소결핍에 의해 발생한 재해였으며 1건은 질소에 의한 재해였다.

작업유형별로는 달리 분류되지 않은 내부작업 2건, 시료채취 작업 1건, 반출 작업 1건, 하역 작업 1건, 배수 작업 1건으로 산소결핍 재해가 발생하였고, 점검 작업에서 질소 노출에 의한 재해가 1건 발생하였다. 산소결핍은 운수·창고·통신업 내 6개 작업유형에서 모두 발생하여 다양한 작업유형에 걸쳐 재해가 나타났다.

운수·창고·통신업에서 발생한 밀폐공간 재해는 대부분 선박 내 밀폐공간에서 발생하였으며 동일 업종 내에서도 선박 내부작업, 반출, 점검, 하역 등에서 산소결핍과 질소에 의해 재해가 발생한 것으로 나타났다.

광업은 총 3건의 재해가 발생하였으며, 작업 유형은 설치, 채굴, 전기 작업으로 각각 1건씩 발생하였다. 이 중 설치와 전기 작업에서 일산화탄소에 의한 재해가 1건씩, 채굴 작업에서는 산소결핍에 의한 재해가 1건 발생하였다.

광업에서 발생한 3건의 재해 중 2건은 일산화탄소에 의한 것으로 양수기 등 펌프 사용 시 발생한 일산화탄소가 주요 유해인자로 확인되었다. 이처럼 채굴 작업이 아닌 설치 및 전기 작업처럼 일반 설비를 사용하는 작업에서도 일산화탄소에 의한 재해가 발생한 것으로 볼 때 광업 전반에 걸쳐 일산화탄소에 의한 위험이 존재하는 것으로 나타났다.

금융 및 보험업에서는 센서교체 작업 중 황화수소에 의한 재해가 1건 발생하였다.

어업은 청소 작업, 축산업은 분뇨처리 작업 중 각각 1건의 재해가 발생하였

으며, 두 재해 모두 황화수소가 유해인자로 확인되었다.

축산업에서 발생한 재해는 황화수소 외에도 유기용제가 동시에 노출된 복합 유해인자에 의한 재해로 확인되었다.

전체적으로 살펴보면 그 외 업종에서 발생한 13건의 재해 중 산소결핍이 8건(61.5%)으로 가장 많이 발생하였으며, 황화수소는 3건(23.1%), 일산화탄소는 2건(15.4%) 순이었다.

유해인자별로 살펴보면 산소결핍은 총 2개 업종(운수·창고·통신업, 광업)에서 발생하였고 작업유형도 달리 분류되지 않은 내부작업, 시료채취, 반출, 하역, 배수, 채굴 등 총 7개 유형에서 발생하여 가장 광범위한 분포를 보였다. 반면 황화수소는 교체, 청소, 분뇨처리 작업에서 집중적으로 발생하였으며, 일산화탄소는 광업의 설치 및 전기 작업에 국한되어 발생하였다.

황화수소는 금융 및 보험업, 어업, 축산업 등 서로 다른 업종에서 발생하였으나, 모두 오·폐수처리장 또는 정화조와 같은 특정 장소에서 발생한 점에서 작업 장소와 작업 유형이 재해 발생에 더욱 밀접한 영향을 미친다는 사실이 확인되었다. 이처럼 황화수소는 업종과 관계없이 오·폐수처리장과 정화조 등 특정 공간에서 집중되어 발생하였기에 작업 공간 중심의 예방 관리가 필요한 것으로 나타났다.

운수업은 선박 내 밀폐공간에서 다양한 작업유형으로 재해가 반복하여 발생한 점에서 작업 공간 구조와 재해 발생 간의 밀접한 관련이 있는 것으로 확인되었다.

이처럼 그 외 업종에서 발생한 밀폐공간 재해는 재해 건수는 적었지만 업종별, 작업유형별, 유해인자별로 일정하게 반복되는 양상을 보였다.

〈표 24〉 그 외 업종의 작업 유형별 유해인자별 발생 현황

업종	작업공간	작업유형	유해인자	발생건수
운수·창고·통신업	선박	달리 분류되지 않은 내부작업	산소결핍	2
		반출	산소결핍	1
		점검	질소	1
		하역	산소결핍	1
	소계			5
	일반건축 구조물	배수	산소결핍	1
		시료채취	산소결핍	1
소계			2	
소계				7
광업	광산	설치	일산화탄소	1
		채굴	산소결핍	1
		전기	일산화탄소	1
소계				3
금융및보험업	오·폐수처리장 및 정화조	교체	황화수소	1
소계				1
어업	오·폐수처리장 및 정화조	청소	황화수소	1
소계				1
축산업	오·폐수처리장 및 정화조	분뇨처리	황화수소, 유기용제	1
소계				1
계				13

2.6.2. 그 외 업종의 작업 공간별 밀폐공간 재해 발생 현황

그 외 업종에서 발생한 밀폐공간 재해를 작업공간별로 보면, 운수·창고·통신 업에서 발생한 재해가 7건(53.8%)으로 가장 많았으며, 산소결핍 6건(46.2%), 질소 1건(7.7%)에 의한 재해로 나타났다. 해당 업종에서 발생한 재해는 대부분 선박 내부의 밀폐공간에서 발생하여 산소결핍과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

광업은 총 3건(23.1%)의 재해가 발생하였으며, 일산화탄소 2건(15.4%), 산소결핍 1건(7.7%)에 의한 것으로, 일산화탄소에 의한 재해는 모두 펌프 등 기계설비 가동 시 발생한 매연이 갱내에 정체되어 발생한 것으로 나타났다.

금융 및 보험업, 어업, 축산업에서는 각각 1건씩(7.7%) 발생하였는데, 모두 황화수소가 포함된 유해인자에 의한 재해로 나타났다. 이는 업종은 다르지만 모두 오·폐수처리장 및 정화조 등 동일한 작업공간에서 발생하였다는 점에서 해당 공간의 위험 요인이 지속적으로 존재하는 것으로 나타났다(〈표 25〉 참조).

특히 축산업에서는 황화수소와 유기용제가 동시에 발생한 복합 유해인자 노출 사례는 전체 중 1건(7.7%)에 불과하나, 밀폐공간에서는 예상하지 못한 유해물질이 동시에 존재할 수 있는 것으로 확인되었다.

전체 재해 13건 중 황화수소가 포함된 사례는 3건(23.1%)이며, 산소결핍은 7건(53.8%)으로 절반 이상으로 확인되었다. 나머지 유해인자는 일산화탄소 2건(15.4%), 질소 1건(7.7%), 유기용제 1건(7.7%)으로 다양하게 발생되어, 그 외 업종의 밀폐공간에서는 주요 유해인자 외에도 다양한 가스의 노출 가능성이 있음이 확인되었다.

그 외 업종에서는 업종별 재해 건수는 적었지만, 유해인자의 구성은 단일하지 않고 업종별로 상이한 특성을 보였다.

〈표 25〉 그 외 업종의 작업공간별 유해인자별 발생 현황

업종	작업공간	유해인자	발생건수	비중(%)
운수·창고·통신업	선박	산소결핍	4	30.8
		질소	1	7.7
		소계	5	38.5
	일반건축 구조물	산소결핍	2	15.4
소계			7	53.9
광업	광산	일산화탄소	2	15.4
		산소결핍	1	7.7
		소계	3	23.1
금융및보험업	오·폐수처리장 및 정화조	황화수소	1	7.7
소계			1	7.7
어업	오·폐수처리장 및 정화조	황화수소	1	7.7
소계			1	7.7
축산업	오·폐수처리장 및 정화조	황화수소, 유기용제	1	7.7
소계			1	7.7
계			13	100.0

2.6.3. 그 외 업종의 유해인자별 특성

유해인자별로는 가장 재해가 많이 발생한 업종은 운수·창고·통신업 7건(53.8%)으로 산소결핍 6건(46.2%), 질소 1건(7.7%)으로 해당 업종에서 발생한 재해 85.7%가 산소결핍에 의한 것으로 확인되었다. 광업에서는 총 3건(23.1%)이 일산화탄소 2건(15.4%)과 산소결핍 1건(7.7%)에 의해 발생한 것으로 나타났다. 그 외 금융및보험업, 어업, 축산업에서는 각각 1건(7.7%)씩 재해가 발생하였으며, 유해인자는 황화수소 및 황화수소와 유기용제에 의한 복합 노출로 확인되었다(〈표 26〉 참조).

그 외 업종에서 발생한 재해 중 산소결핍이 7건(53.8%)으로 유해인자 중 가장 높은 비중을 보였으며, 황화수소는 3건(23.1%), 일산화탄소 2건(15.4%), 질소와 유기용제는 각각 1건(7.7%)으로 확인되었다.

전체적으로 산소결핍에 의한 재해가 53.8%로 절반 이상을 차지하며, 황화수소(23.1%)와 일산화탄소(15.4%)에 의한 재해도 다수 발생한 것으로 나타났다. 또한 축산업에서 발생한 복합 유해인자 노출 사례처럼 예상하지 못한 유해인자의 재해 발생 가능성도 고려되어야 할 필요가 있는 것으로 확인되었다.

〈표 26〉 그 외 업종의 유해인자별 발생 현황

업종	유해인자	발생 건수	비중 (%)
운수·창고·통신업	산소결핍	6	46.2
	질소	1	7.7
	소계	7	53.8
광업	일산화탄소	2	15.4
	산소결핍	1	7.7
	소계	3	23.1
금융및보험업	황화수소	1	7.7
어업	황화수소	1	7.7
축산업	황화수소, 유기용제	1	7.7
계		13	100.0

2.6.4. 그 외 업종의 세부 업종별 특성

세부 업종별로는 운수·창고·통신업은 항만운송부대사업, 운수부대서비스업이 각 2건(15.4%)이었으며, 골프장 및 경마장운영업, 철도·항공·창고·운수 관련서비스업, 항만내 육상하역업이 각 1건(7.7%)으로 총 7건의 재해 중 선박에서 발생한 재해가 5건(38.5%), 일반건축 구조물에서는 2건(15.4%)의 재해가 발생한 것으로 나타났다.

광업은 석회석·금속·비금속 광업 및 기타광업 2건(15.4%), 금속광업 1건(7.7%)으로 분류되며 3건 모두 광산에서 발생하였다. 그 외 금융및보험업, 어업, 축산업에서 발생한 재해는 모두 오·폐수처리장 및 정화조에서 발생한 것으로 확인되었다(〈표 27〉 참조).

전체적으로 2건 이상 재해가 발생한 세부업종은 3개였으며, 나머지 8개 업종은 각각 1건(7.7%)씩 발생하여 다양한 업종에서 밀폐공간 재해가 발생하고 있는 것으로 나타났다.

HANSUNG
UNIVERSITY

〈표 27〉 그 외 업종의 세부 업종별 공간별 발생 현황

업종	세부업종	작업공간	발생건수	비중(%)
운수·창고·통신업	항만운송부대사업	선박	2	15.4
	운수부대서비스업	선박	2	15.4
	골프장 및 경마장운영업	일반건축 구조물	1	7.7
	철도·항공·창고·운수 관련 서비스업	선박	1	7.7
	항만내의 육상하역업	일반건축 구조물	1	7.7
	소계		7	53.9
광업	석회석·금속·비금속 광업 및 기타광업	광산	2	15.4
	금속광업	광산	1	7.7
	소계		3	23.1
금융및보험업	도소매 및 소비자용품수리업	오·폐수처리장 및 정화조	1	7.7
어업	어업	오·폐수처리장 및 정화조	1	7.7
축산업	축산업	오·폐수처리장 및 정화조	1	7.7
계			13	100.0

3. 월별 밀폐공간 재해 발생 현황

3.1. 월별 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황

2014년부터 2023년까지 발생한 밀폐공간 재해 174건을 월별로 분석한 결과, 가장 많은 재해가 발생한 월은 7월이 24건(13.8%)이었으며, 1월이 18건(10.3%), 5월 17건(9.8%), 9월 17건(9.8%), 4월과 6월이 각 16건(9.2%) 순으로 나타났다. 반면, 가장 적은 재해가 발생한 월은 11월 8건(4.6%)이었다.

업종별로 보면 건설업은 1월이 12건으로 가장 많았으며, 7월 9건, 10월과 12월에 각각 7건씩 발생하여 특정 월에 집중되어 발생한 것으로 확인되었다.

제조업은 6월과 7월에 각 6건으로 가장 많은 재해가 발생하였고, 기타의사업은 8월이 7건, 7월에 6건이 발생하였다.

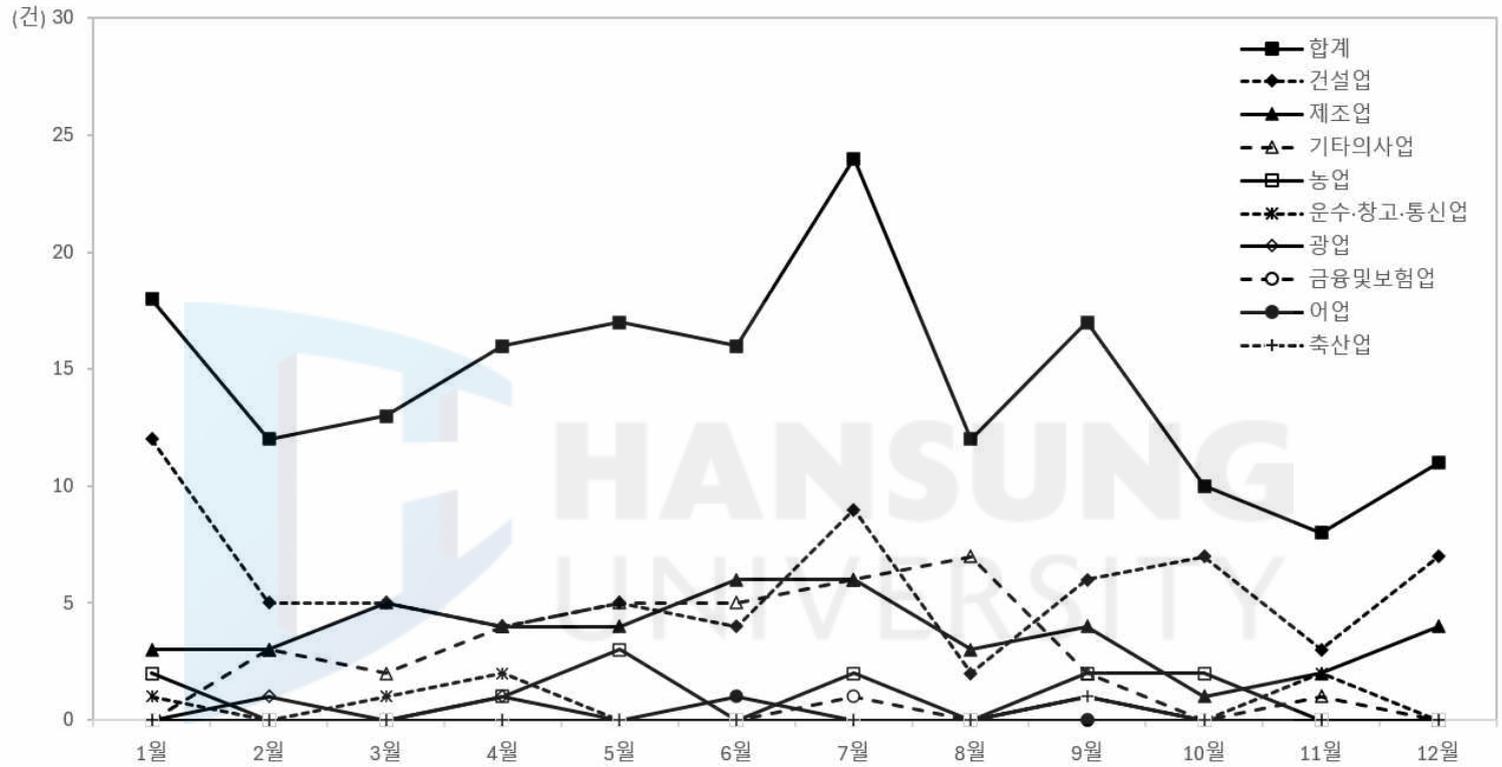
농업은 5월이 3건으로 가장 많았으며, 1월, 9월, 10월에 각각 2건씩 발생하여 유사한 수준으로 나타났다. 운수·창고·통신업은 월별로 1~2건씩 고르게 발생하여, 특정 시기에 집중된 양상은 나타나지 않았다. 광업은 2월, 4월, 9월에 각각 1건씩 발생하였고, 금융및보험업, 어업, 축산업은 각각 1건(0.6%)씩 발생하였으며, 발생시기는 7월, 6월, 9월이었다(〈표 28〉 참조).

계절별로 분석한 결과, 여름철에 총 52건(29.9%)이 발생해 가장 높은 비중을 보였으며, 봄 46건(26.4%), 겨울 41건(23.6%), 가을 35건(20.1%) 순으로 나타났다.(계절 구분은 대한민국 기상청의 표준 계절 기준에 따름: 봄 3~5월, 여름 6~8월, 가을 9~11월, 겨울 12~2월)

월별 재해건수가 가장 높은 7월은 건설업, 제조업, 기타의사업 등 일부 업종에서 높은 건수가 발생하여, 여름철 밀폐공간 재해가 특정 업종에서 집중적으로 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 밀폐공간 재해가 특정 업종과 계절에 따라 집중되어 발생할 수 있음을 보여주기에 사전 대응 및 관리 대책 수립 시 시기별·업종별 분포를 고려할 필요가 있음을 시사한다.

〈표 28〉 월별 업종별 밀폐공간 재해 발생 현황

분류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계 (%)
건설업	12	5	5	4	5	4	9	2	6	7	3	7	69 (39.7)
제조업	3	3	5	4	4	6	6	3	4	1	2	4	45 (25.9)
기타의사업	-	3	2	4	5	5	6	7	2	-	1	-	35 (20.1)
농업	2	-	-	1	3	-	2	-	2	2	-	-	12 (6.9)
운수·창고·통신업	1	-	1	2	-	-	-	-	1	-	2	-	7 (4.0)
광업	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	3 (1.7)
금융및보험업	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1 (0.6)
어업	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1 (0.6)
축산업	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1 (0.6)
계 (%)	18 (10.3)	12 (6.9)	13 (7.5)	16 (9.2)	17 (9.8)	16 (9.2)	24 (13.8)	12 (6.9)	17 (9.8)	10 (5.7)	8 (4.6)	11 (6.3)	174 (100.0)



[그림 3] 월별 업종별 밀폐공간 재해 발생 추이.

3.2. 월별 작업유형별 밀폐공간 재해 발생 현황

작업유형별로는 점검 작업이 28건(16.1%)으로 가장 많은 재해가 발생하였으며, 청소 23건(13.2%), 양생 18건(10.3%) 순이었다. 점검 작업은 4월에 6건, 5월에 4건, 1월, 7월, 9월, 12월에 각각 3건씩 발생하였다. 특히, 봄철에 10건이 집중되어 발생하여 해당 시기에 실시하는 점검 작업 시 재해 위험이 높은 것으로 확인되었다.

청소 작업은 7월에 6건으로 가장 많이 발생하였으며, 여름철에만 12건(52.2%)이 집중되어 발생하여 청소 작업의 질식 위험은 여름철이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

18건이 발생한 양생 작업은 겨울철인 1월 7건, 2월 3건, 12월 6건에 총 16건(88.9%)으로 집중되어 발생하였다. 이는 콘크리트 양생 작업이 계절적 영향에 따라 주로 겨울철에 수행되는 작업 특성과 관련이 있음을 보여준다.

용접 작업에서 발생한 10건의 재해는 월별로 고르게 분포되어 발생하여 용접 작업은 계절적 영향보다는 작업 조건이나 환경에 따라 발생한다는 것으로 확인되었다.

제거 작업은 5월 3건, 7월 2건, 2월, 4월, 9월, 10월이 각각 1건씩 분산되어 발생되었으나, 봄철에 4건이 집중되어 발생하여 상대적으로 높은 비중을 보였다.

폐수처리 작업은 6월과 7월에 각 2건, 8월이 1건으로 여름철에 총 5건(62.5%)이 집중되어 발생하였으며, 10월에도 2건이 발생하여 일부는 가을철에 분포하였다.

그 외 작업들은 재해건수로 나타난 계절별 분포가 대부분 고르게 분포되어 명확하지 않았다(<표 29> 참조)

계절별로 살펴보면 여름철은 총 52건(29.9%)으로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 주로 청소, 점검, 폐수처리 작업에서 발생하였다. 봄철은 46건(26.4%)으로 점검, 청소, 제거 작업의 발생 비중이 높았다. 겨울철은 41건(23.6%)이 발생하였고, 특히 양생 작업이 해당 시기에 집중되어 발생하였다. 가을철은 35건(20.1%)이 발생하였으며, 특정 작업유형에 집중되지 않고 전반

적으로 고른 발생 분포를 보였다.

이러한 결과는 밀폐공간 재해가 작업유형별로 계절적·환경적 영향을 크게 받는다는 점을 보여준다. 점검 작업은 봄철, 양생 작업은 겨울철, 청소 작업은 여름철에 집중되어 발생하는 것으로 확인되었으며, 이에 따라 특정 시기의 작업유형별 특성을 고려한 맞춤형 재해예방 대책 마련이 필요하다.



〈표 29〉 월별 작업 유형별 밀폐공간 재해 발생 현황

분류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계	비중 (%)
점검	3	1	-	6	4	2	3	2	3	1	-	3	28	16.1
청소	-	2	4	1	3	4	6	2	-	-	-	1	23	13.2
양생	7	3	1	-	-	-	-	-	-	-	1	6	18	10.3
용접	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	2	-	10	5.7
제거	-	1	-	1	3	-	2	-	1	1	-	-	9	5.2
폐수처리	-	1	-	-	-	2	2	1	-	2	-	-	8	4.6
수거	-	-	1	-	-	1	1	-	1	-	1	1	6	3.4
배수	-	1	-	-	1	1	-	-	2	-	-	-	5	2.9
사전조사	-	-	-	-	1	1	1	-	1	1	-	-	5	2.9
교체	1	-	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-	5	2.9
소화설비 오작동	-	-	1	-	-	-	-	2	-	1	-	-	4	2.3
수리	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	-	-	4	2.3
도장	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	1	-	4	2.3
정비	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	3	1.7

〈표 29〉 계속

분류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계	비중 (%)
분노처리	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	3	1.7
배출	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	3	1.7
반출	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	1.1
절단	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1.1
보수	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	1.1
시료채취	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2	1.1
설치	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	1.1
기계	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
매설	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.6
방청	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
배관	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.6
보양	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.6
세척	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0.6
용단	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6

〈표 29〉 계속

분류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	소계	비중 (%)
인양	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
적재	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	0.6
전기	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.6
정리	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.6
준비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	0.6
준설	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
채굴	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
천공	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.6
측정	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.6
타설	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.6
파쇄	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
하역	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
해체	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6
달리 분류되지 않은 내부작업	1	-	1	1	-	-	1	1	-	-	1	-	6	3.4
계	18	12	13	16	17	16	24	12	17	10	8	11	174	100.0

3.3. 월별 유해인자별 밀폐공간 재해 발생 현황

유해인자별로는 황화수소, 일산화탄소, 산소결핍에 의한 재해가 총 124건(71.3%)으로 전체 재해의 대부분을 차지하였으며, 이들 인자는 특정 시기와 환경에서 반복적으로 발생하는 특성이 확인되었다.

황화수소에 의한 재해는 49건(28.2%)으로 전체 유해인자 중 가장 높은 비중을 차지하였으며, 이 중 21건(42.9%)이 여름철에 발생하였다. 월별로는 6월 8건, 7월 9건, 4월과 5월 각각 6건이 발생하였으며, 봄철과 여름철에 총 33건(67.3%)이 발생하여 뚜렷한 계절성이 나타났다.

일산화탄소에 의한 재해는 총 39건(22.4%)으로 두 번째로 많았으며, 이 중 16건(41.0%)이 겨울철에 발생하였다. 특히 1월 7건, 2월 3건, 12월 6건이 발생하였고, 이는 양생 작업의 월별 재해 발생 양상과 동일한 시기로 나타났다.

산소결핍에 의한 재해는 36건(20.7%)으로 세 번째로 많았으며, 월별로는 7월 6건, 9월 5건, 10월 4건, 5월 5건 순으로 비교적 고르게 분포되어 발생하였다. 계절별로는 봄철 9건(25.0%), 여름철 10건(27.8%), 가을철 11건(30.6%), 겨울철 7건(16.7%)이 발생하여 다른 유해인자와 달리 계절적 영향보다 구조적 요인에 따라 반복적으로 발생하는 특성이 두드러졌다.

질소에 의한 밀폐공간 재해는 총 15건(8.6%), 유기용제는 11건(6.3%)이 발생하였다.

아르곤에 의한 재해는 8건(4.6%)으로 상반기와 하반기에 각 4건씩 고르게 분포되었으며, 계절적 영향보다 용접작업과의 연관성이 두드러진 것으로 나타났다.

그 외에도 복합 유해인자에 의한 재해가 총 7건(4.0%) 발생하였다. ‘황화수소+유기용제’, ‘산소결핍+일산화탄소+이산화탄소’, ‘황화수소+시안화수소+포스핀’과 같은 중복 노출 사례가 각각 1건씩 확인되었으며, 일부 작업환경에서는 두 가지 이상의 유해인자가 동시에 존재한 것으로 나타났다(〈표 30〉 참조).

유해인자별 밀폐공간 재해는 특정 인자에 집중되어 발생하고 있으며, 일부 유해인자는 계절적 요인과 작업 시기와 밀접하게 연관되어 있는 것으로 나타

났다.

이에 따라 유해인자의 물리·화학적 특성과 계절별 작업환경을 함께 고려한 관리 방안이 마련될 필요가 있다.



〈표 30〉 월별 유해인자별 밀폐공간 재해 발생 현황

분류	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계	비중 (%)
황화수소	2	3	1	6	6	8	9	4	4	3	2	1	49	28.2
일산화탄소	7	3	5	2	3	2	4	2	4	-	1	6	39	22.4
산소결핍	4	1	2	2	5	1	6	3	5	4	2	1	36	20.7
질소	4	1	2	2	2	-	1	1	1	-	-	1	15	8.6
유기용제	-	3	1	2	-	2	-	-	1	1	1	-	11	6.3
아르곤	-	1	1	1	1	-	-	-	1	1	2	-	8	4.6
이산화탄소	1	-	1	1	-	-	-	2	-	1	-	-	6	3.4
황화수소, 일산화탄소	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1.1
아질산나트륨	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0.6
질산	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.6
질소, 아르곤	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.6
황화수소, 유기용제	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.6
황화수소, 시안화수소, 포스핀	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.6
산소결핍, 일산화탄소, 이산화탄소	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.6
확인불가	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	1.1
계	18	12	13	16	17	16	24	12	17	10	8	11	174	100.0

IV. 결 론

본 연구는 2014년부터 2023년까지 10년간 국내에서 발생한 174건의 밀폐공간 재해를 밀폐공간 및 작업유형 특성을 중심으로 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 총 174건의 밀폐공간 재해 중에서 사망자가 발생한 사고는 98건(56%), 부상자만 발생한 사고는 76건(44%)였다. 사망자가 발생한 98건의 사고로 사망자는 136명, 부상자는 53명이 발생하여, 사고 1건당 사망자 1.4명, 부상자 0.5명이 발생(합계 1.9명)하였다. 부상자만 발생한 76건의 사고로 발생한 부상자는 149명으로, 사고 1건당 부상자수는 1.9명이었다. 한편 사망자가 발생한 사고와 부상자만 발생한 사고의 연도별, 업종별 발생 분포와 빈도 등 양상(pattern)은 매우 유사했다. 이것은 사망자 발생 사고와 부상자 발생 사고에는 업종이나 밀폐공간 특성이라기보다는 사고 발생 당시의 산소 및 유해가스 농도 차이에 따라 사망과 부상의 정도가 같린 것으로 보인다. 즉, 부상재해는 언제든지 사망으로 이어질 가능성이 있다는 것을 의미한다. 따라서 밀폐공간 재해는 사망과 부상재해를 합쳐서 한꺼번에 분석하는 것이 타당한 것으로 판단되었다.

2. 업종별로는 건설업에서 사망자가 발생한 사고는 34건(34.7%), 부상자만 발생한 사고는 35건(46.1%)으로 가장 많았다. 총 69건 중에서 시공 과정 중에서 발생한 사고가 37건(54%), 기존 건축물의 유지보수 등의 과정에서 발생한 사고가 32건(46%)이었다. 시공 과정에서 발생한 37건 중 약 절반인 18건(49%)이 갈탄을 사용하는 양생과정에서 발생했다. 그 외에는 점검과정에서 5건, 용접 중 3건, 그리고 교체, 매설, 배수, 보양, 소화설비 오작동, 수거, 정비, 제거, 타설, 파쇄, 기타 등에서 각각 1건씩이 발생했다. 따라서 건설 시공 중 갈탄을 사용한 양생작업은 가장 위험한 밀폐공간 작업으로 무조건 특별한 관리가 필요한 것으로 나타났다. 그 외에는 특별한 작업이 문제가 아니라 밀폐된 공간의 특성을 감안하여 예방 및 안전관리가 필요한 것으로 나타났다.

한편 기존 건축물에서 발생한 밀폐공간 재해 건수는 32건인데 작업 종류가 교체, 배수, 사전조사, 점검, 수리, 절단, 기계, 도장, 방청, 보수, 설치, 수거, 용단, 인양, 정리, 제거, 준비, 준설, 청소, 폐수처리, 해체, 기타 등 22가지로, 밀폐공간 재해는 작업보다는 공간의 특성에 의한 재해임이 확연히 드러났다.

3. 제조업은 총 45건의 질식재해 중, 사망자가 발생한 사고는 20건(44%), 부상자만 발생한 사고는 25건(56%)으로 건설업 다음으로 많았다. 제조업에서 발생한 밀폐공간 재해 중에서 화학물질을 보관하는 설비와 관련된 13건(29%)였으며, 그 외의 밀폐공간이 32건(71%)였다. 사고 당시의 작업유형을 살펴보면 화학설비 공간에서는 청소(4건), 점검(2건), 수거(2건), 제거(2건). 그리고 보수, 사전조사, 기타가 각각 1건씩이었다. 그 이외의 공간에서의 작업으로는 청소(8건), 점검(7건), 용접(5건), 도장(3건), 폐수처리(2건) 그리고 반출, 수거, 수리, 시료채취, 정비, 제거, 기타 등이 각각 1건씩이었다. 따라서 제조업도 밀폐공간 위험은 작업특성이라기보다는 공간의 특성이라고 볼 수 있었다.

4. 기타의사업에서도 사망자가 발생한 사고가 23건, 부상자만 발생한 사고가 12건 발생한 것으로 나타났으며, 사고 당시 작업유형도 밀폐공간에서 수행하는 다양한 작업이었던 것으로 나타났다.

5. 농업에서는 12건의 밀폐공간 재해가 발생하였으며, 이 중 8건(67%)이 양돈농가로 확인되었고, 4건은 확인이 불가하였다. 유해가스는 모두 황화수소로 추정된 것으로 보아 농가나 축사에서 발생한 사고는 모두 사료에 황이 많이 포함되어 황화수소 발생 가능성이 높은 돈사일 것으로 추정된다. 따라서 밀폐공간 재해를 예방하기 위해서는 양돈농가에 집중하여 예방 교육 및 홍보가 필요한 것으로 판단되었다.

6. 그 외에 운수·창고·통신업은 7건이었다. 그 외 광업이 3건이었고, 금용및보험업, 어업, 축산업이 각각 1건이었다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

고용노동부. (2025). 『산업안전보건법』, 고용노동부

고용노동부. (2024). 『2023 산업재해현황 통계』, 고용노동부

고용노동부. (2024). 『밀폐공간 질식재해 발생 통계 및 집중점검 보도자료』,
고용노동부

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원. (2022). 『국내외 질식재해 예방규
정 비교 및 개선방향에 대한 연구』, 한국산업안전보건공단 한국산업안
전보건연구원.



HANSUNG
UNIVERSITY

부 록

1. 2013~2014년 밀폐공간 재해 발생현황

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
1	2014	1	건설업	기존 건축물	인양	산소결핍	2	2	-
2	2014	2	건설업	기존 건축물	방청	유기용제	1	-	1
3	2014	3	제조업	화학 설비 내부	청소	질소	1	1	-
4	2014	3	건설업	공사 중 구조물	파쇄	산소결핍	2	-	2
5	2014	3	제조업	일반 작업 공간	청소	황화수소	1	-	1
6	2014	3	기타의사업	산업시설 구조물	소화설비 오작동	이산화탄소	1	1	-
7	2014	4	운수·창고·통신업	선박	점검	질소	1	-	1
8	2014	4	기타의사업	산업시설 구조물	점검	황화수소	1	-	1
9	2014	4	건설업	기존 건축물	도장	유기용제	1	-	1
10	2014	5	기타의사업	산업시설 구조물	청소	산소결핍	4	-	4
11	2014	5	건설업	공사 중 구조물	제거	산소결핍	2	-	2
12	2014	5	기타의사업	일반건축 구조물	청소	일산화탄소	3	-	3
13	2014	6	제조업	일반 작업 공간	정비	확인불가	1	-	1

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
14	2014	6	제조업	일반 작업 공간	도장	유기용제	3	-	3
15	2014	7	농업	양돈 농장	점검	황화수소	1	1	-
16	2014	7	기타의사업	일반건축 구조물	점검	황화수소	1	1	-
17	2014	7	건설업	공사 중 구조물	점검	황화수소	2	-	2
18	2014	7	제조업	화학 설비 내부	청소	질산	1	-	1
19	2014	7	기타의사업	산업시설 구조물	폐수처리	황화수소	1	-	1
20	2014	8	건설업	공사 중 구조물	용접	질소	1	1	-
21	2014	9	건설업	기존 건축물	점검	일산화탄소	1	1	-
22	2014	10	농업	양돈 농장	배출	산소결핍	1	1	-
23	2014	10	건설업	기존 건축물	폐수처리	황화수소	1	-	1
24	2014	10	제조업	일반 작업 공간	폐수처리	산소결핍	1	1	-
25	2014	12	제조업	화학 설비 내부	수거	아질산나트륨	1	1	-
26	2014	12	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	2	2	-
27	2014	12	건설업	공사 중 구조물	점검	질소	3	3	-
28	2015	1	제조업	화학 설비 내부	달리 분류되지 않은 내부작업	질소	4	3	1
29	2015	1	건설업	공사 중 구조물	점검	질소	1	-	1
30	2015	1	건설업	기존 건축물	절단	산소결핍	1	-	1

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
31	2015	2	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	1	-
32	2015	3	제조업	일반 작업 공간	용접	아르곤	1	1	-
33	2015	3	건설업	기존 건축물	수리	일산화탄소	1	1	-
34	2015	4	운수·창고·통신업	선박	달리 분류되지 않은 내부작업	산소결핍	1	1	-
35	2015	5	제조업	일반 작업 공간	점검	산소결핍	1	1	-
36	2015	7	건설업	공사 중 구조물	달리 분류되지 않은 내부작업	산소결핍	1	1	-
37	2015	7	농업	확인 불가	제거	황화수소	1	-	1
38	2015	7	제조업	일반 작업 공간	제거	산소결핍	1	1	-
39	2015	8	기타의사업	산업시설 구조물	적재	황화수소	1	1	-
40	2015	9	건설업	공사 중 구조물	수거	산소결핍	1	-	1
41	2015	9	운수·창고·통신업	일반건축 구조물	배수	산소결핍	1	-	1
42	2015	9	건설업	공사 중 구조물	배수	일산화탄소	2	2	-
43	2015	10	건설업	기존 건축물	준비	유기용제	1	-	1
44	2015	11	제조업	일반 작업 공간	도장	유기용제	1	-	1
45	2015	12	제조업	일반 작업 공간	청소	황화수소	2	1	1
46	2015	12	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	2	-	2
47	2016	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	4	-	4

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
48	2016	1	제조업	일반 작업 공간	점검	산소결핍	1	-	1
49	2016	2	광업	광산	채굴	산소결핍	2	-	2
50	2016	2	제조업	일반 작업 공간	용접	아르곤	1	1	-
51	2016	2	제조업	화학 설비 내부	청소	유기용제	1	-	1
52	2016	3	건설업	기존 건축물	용단	일산화탄소	1	1	-
53	2016	3	건설업	기존 건축물	달리 분류되지 않은 내부작업	일산화탄소	1	1	-
54	2016	3	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	2	-	2
55	2016	3	기타의사업	산업시설 구조물	수거	유기용제	1	1	-
56	2016	5	농업	확인 불가	분뇨처리	황화수소	1	-	1
57	2016	6	제조업	일반 작업 공간	청소	황화수소	2	1	1
58	2016	6	기타의사업	산업시설 구조물	측정	일산화탄소	2	1	1
59	2016	7	건설업	기존 건축물	수거	황화수소	2	2	-
60	2016	8	제조업	일반 작업 공간	달리 분류되지 않은 내부작업	황화수소	2	-	2
61	2016	8	제조업	일반 작업 공간	폐수처리	황화수소	3	3	-
62	2016	9	기타의사업	산업시설 구조물	점검	황화수소	4	1	3
63	2016	9	제조업	화학 설비 내부	제거	일산화탄소	1	-	1
64	2016	11	건설업	공사 중 구조물	용접	아르곤	1	1	-

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
65	2016	12	제조업	일반 작업 공간	점검	일산화탄소	1	1	-
66	2017	2	제조업	화학 설비 내부	제거	유기용제	1	1	-
67	2017	2	기타의사업	산업시설 구조물	폐수처리	황화수소	1	1	-
68	2017	4	제조업	일반 작업 공간	점검	산소결핍	1	1	-
69	2017	5	농업	양돈 농장	제거	황화수소	2	2	-
70	2017	5	기타의사업	산업시설 구조물	점검	산소결핍	1	1	-
71	2017	5	제조업	일반 작업 공간	수리	황화수소	1	-	1
72	2017	5	농업	양돈 농장	제거	황화수소	3	2	1
73	2017	6	기타의사업	산업시설 구조물	폐수처리	황화수소	1	1	-
74	2017	6	건설업	기존 건축물	점검	황화수소	2	2	-
75	2017	7	건설업	기존 건축물	수리	황화수소	2	1	1
76	2017	8	건설업	공사 중 구조물	점검	산소결핍	2	2	-
77	2017	12	제조업	화학 설비 내부	점검	산소결핍	3	1	2
78	2017	12	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	1	-
79	2017	12	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	2	2	-
80	2018	1	건설업	기존 건축물	교체	질소	4	4	-
81	2018	2	건설업	기존 건축물	배수	황화수소	2	-	2

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
82	2018	4	농업	양돈 농장	배출	황화수소	1	1	-
83	2018	4	기타의사업	산업시설 구조물	청소	이산화탄소	2	2	-
84	2018	4	기타의사업	산업시설 구조물	용접	아르곤	1	1	-
85	2018	5	건설업	기존 건축물	사전조사	산소결핍	2	-	2
86	2018	5	기타의사업	산업시설 구조물	점검	황화수소	4	-	4
87	2018	5	기타의사업	산업시설 구조물	청소	질소	1	1	-
88	2018	6	기타의사업	산업시설 구조물	폐수처리	황화수소	1	-	1
89	2018	7	건설업	공사 중 구조물	교체	산소결핍	1	-	1
90	2018	8	제조업	일반 작업 공간	반출	황화수소	2	2	-
91	2018	9	건설업	기존 건축물	교체	질소	1	1	-
92	2018	9	건설업	기존 건축물	정리	산소결핍	2	1	1
93	2018	10	건설업	기존 건축물	설치	황화수소	1	-	1
94	2018	11	운수·창고·통신업	일반건축 구조물	시료채취	산소결핍	1	1	-
95	2019	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	2	2	-
96	2019	1	제조업	일반 작업 공간	용접	질소	1	1	
97	2019	1	건설업	기존 건축물	점검	이산화탄소	1	-	1
98	2019	2	기타의사업	산업시설 구조물	점검	질소	1	-	1

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
99	2019	2	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	1	-
100	2019	4	건설업	기존 건축물	절단	일산화탄소	1	-	1
101	2019	4	건설업	기존 건축물	해체	황화수소	1	1	-
102	2019	4	제조업	일반 작업 공간	도장	황화수소	1	1	-
103	2019	4	건설업	기존 건축물	제거	유기용제	3	-	3
104	2019	5	건설업	기존 건축물	배수	일산화탄소	3	1	2
105	2019	7	제조업	화학 설비 내부	청소	산소결핍	1	-	1
106	2019	9	제조업	일반 작업 공간	점검	황화수소	4	4	-
107	2019	10	건설업	공사 중 구조물	점검	아르곤	1	1	-
108	2019	11	운수·창고·통신업	선박	달리 분류되지 않은 내부작업	산소결핍	1	-	1
109	2019	11	건설업	공사 중 구조물	용접	아르곤	1	1	-
110	2019	12	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	-	1
111	2020	1	운수·창고·통신업	선박	반출	산소결핍	2	1	1
112	2020	5	건설업	기존 건축물	기계	일산화탄소	1	-	1
113	2020	5	제조업	일반 작업 공간	용접	아르곤	1	1	-
114	2020	6	건설업	기존 건축물	사전조사	황화수소	2	2	-
115	2020	6	제조업	일반 작업 공간	청소	황화수소	4	2	2

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
116	2020	6	건설업	공사 중 구조물	매설	유기용제	2	-	2
117	2020	7	금융및보험업	폐수처리장 및 정화조	교체	황화수소	1	1	-
118	2020	8	기타의사업	일반건축 구조물	청소	일산화탄소	1	-	1
119	2020	8	기타의사업	일반건축 구조물	수리	산소결핍	3	3	-
120	2020	8	기타의사업	산업시설 구조물	청소	산소결핍	2	2	-
121	2020	8	기타의사업	일반건축 구조물	소화설비 오작동	이산화탄소	2	1	1
122	2020	9	광업	광산	전기	일산화탄소	2	-	2
123	2020	9	건설업	공사 중 구조물	보양	유기용제	1	-	1
124	2020	10	농업	양돈 농장	제거	황화수소	1	1	-
125	2021	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	-	1
126	2021	2	기타의사업	산업시설 구조물	청소	황화수소	2	1	1
127	2021	3	운수·창고·통신업	선박	하역	산소결핍	3	2	1
128	2021	3	제조업	일반 작업 공간	청소	질소	2	-	2
129	2021	3	제조업	일반 작업 공간	청소	일산화탄소	1	-	1
130	2021	4	제조업	일반 작업 공간	점검	질소	5	-	5
131	2021	5	제조업	화학 설비 내부	점검	질소	2	2	-
132	2021	6	건설업	기존 건축물	배수	일산화탄소	4	-	4

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
133	2021	7	기타의사업	산업시설 구조물	용접	일산화탄소	2	-	2
134	2021	7	기타의사업	산업시설 구조물	청소	산소결핍, 일산화탄소, 이산화탄소	2	1	1
135	2021	7	제조업	화학 설비 내부	사전조사	질소	2	-	2
136	2021	8	기타의사업	분류 불능	점검	일산화탄소	1	-	1
137	2021	8	기타의사업	산업시설 구조물	소화설비 오작동	이산화탄소	4	1	3
138	2021	9	제조업	일반 작업 공간	용접	아르곤	1	-	1
139	2021	10	건설업	기존 건축물	사전조사	산소결핍	2	-	2
140	2021	10	건설업	공사 중 구조물	소화설비 오작동	이산화탄소	21	4	17
141	2021	10	건설업	기존 건축물	교체	산소결핍	2	-	2
142	2021	11	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	4	-	4
143	2022	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	2	1	1
144	2022	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	4	-	4
145	2022	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	-	1
146	2022	2	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	-	1
147	2022	4	제조업	일반 작업 공간	점검	황화수소	3	-	3
148	2022	4	광업	광산	설치	일산화탄소	2	1	1

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
149	2022	6	기타의사업	공사 중 구조물	배출	질소,아르곤	3	1	2
150	2022	6	제조업	일반 작업 공간	청소	황화수소	4	-	4
151	2022	6	기타의사업	산업시설 구조물	점검	산소결핍	1	1	-
152	2022	7	건설업	공사 중 구조물	정비	일산화탄소	3	-	3
153	2022	7	제조업	일반 작업 공간	청소	황화수소, 일산화탄소	2	1	1
154	2022	7	건설업	기존 건축물	청소	황화수소, 시안화수소, 포스핀	3	1	2
155	2022	7	건설업	공사 중 구조물	타설	일산화탄소	6	-	6
156	2022	9	농업	양돈 농장	배관	황화수소	2	2	-
157	2022	11	기타의사업	산업시설 구조물	세척	황화수소	2	1	1
158	2022	12	건설업	공사 중 구조물	양생	황화수소, 일산화탄소	10	-	10
159	2023	1	농업	확인 불가	분뇨처리	황화수소	1	-	1
160	2023	1	농업	양돈 농장	정비	황화수소	3	1	2
161	2023	1	건설업	공사 중 구조물	양생	일산화탄소	1	1	-
162	2023	4	기타의사업	산업시설 구조물	점검	황화수소	1	-	1
163	2023	5	건설업	기존 건축물	준설	황화수소	2	2	-
164	2023	6	어업	폐수처리장 및	청소	황화수소	7	-	7

연번	재해일자		업종	공간 구분	작업 유형	유해인자	재해자수		
	연도	월					합계	사망 자수	부상 자수
				정화조					
165	2023	6	제조업	화학 설비 내부	수거	확인불가	1	-	1
166	2023	7	기타의사업	산업시설 구조물	폐수처리	황화수소	1	-	1
167	2023	7	건설업	기존 건축물	보수	일산화탄소	3	1	2
168	2023	7	제조업	화학 설비 내부	보수	산소결핍	2	2	-
169	2023	7	기타의사업	일반건축 구조물	청소	산소결핍	1	1	-
170	2023	9	농업	확인 불가	천공	황화수소	1	1	-
171	2023	9	제조업	일반 작업 공간	시료채취	산소결핍	1	1	-
172	2023	9	축산업	폐수처리장 및 정화조	분뇨처리	황화수소, 유기용제	1	1	-
173	2023	9	기타의사업	산업시설 구조물	사전조사	산소결핍	2	2	-
174	2023	11	제조업	일반 작업 공간	수거	황화수소	3	-	3

ABSTRACT

A Study on the Characteristics of Confined Space Accidents by Industry and Work Type (2014–2023)

Kim, Seong-Kyu

Major in Industrial Hygiene Engineering

Dept. of Mechanical Systems Engineering

The Graduate School

Hansung University



HANSUNG
UNIVERSITY

This study analyzes 174 confined space accident cases that occurred in Korea over a 10-year period from 2014 to 2023, focusing on the characteristics of confined spaces and types of work involved. Of the 174 cases, 98 (56%) involved fatalities, resulting in 136 deaths and 53 injuries, averaging 1.4 deaths and 0.5 injuries per fatal incident. In contrast, 76 cases (44%) involved only injuries, totaling 149 injured individuals, or 1.9 injuries per incident. The annual and industry-wise patterns of both fatal and non-fatal accidents were highly similar, suggesting that the presence or absence of fatalities was likely due to differences in oxygen deficiency or toxic gas concentrations rather than the type of industry or space.

Thus, confined space accidents should be analyzed collectively, regardless of whether they result in death or injury.

By industry, construction accounted for the highest number of cases: 34 fatal and 35 non-fatal. Among these, 54% occurred during the construction phase, and 46% during maintenance of existing structures. Notably, 49% of construction-phase incidents were associated with curing processes using lignite. Other tasks included inspection, welding, replacement, drainage, and maintenance. This indicates that lignite-based curing during construction is a high-risk activity requiring special safety management. For maintenance tasks in existing buildings (32 cases), the accident types were widely distributed across 22 different tasks, emphasizing that the inherent characteristics of confined spaces, rather than specific work types, are the primary hazard.

In manufacturing, 45 cases were reported—20 fatal and 25 non-fatal—making it the second most affected sector. Of these, 13 cases (29%) occurred in chemical storage spaces, with the rest in other confined environments. Tasks included cleaning, inspection, material removal, and welding, again showing that space characteristics posed a greater risk than the specific work being performed.

Other service industries recorded 35 accidents, including 23 with fatalities. A wide variety of tasks were performed at the time of these incidents. In agriculture, 12 cases were reported, of which 8 occurred on pig farms. The toxic gas involved was presumed to be hydrogen sulfide, likely due to high sulfur content in feed, highlighting

the need for focused safety education in the livestock sector, particularly pig farming. Additional sectors affected included transportation/storage/telecommunications (7 cases), mining (3), and finance, fishing, and animal husbandry (1 case each).

【Keywords】 confined space, fatal accidents, characteristics of confined space accidents, oxygen deficiency, hydrogen sulfide,

