

밀폐공간 작업프로그램 작성 매뉴얼 연구

문찬석

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



요 약 문

연구기간 2017년 4월 14일 ~ 2017년 10월 31일

핵심단어 밀폐공간, 질식, 유해가스, 작업프로그램

연구과제명 밀폐공간 작업프로그램 작성 매뉴얼 연구

1. 연구배경

- 우리나라의 밀폐공간 관련 재해 및 사망자 통계를 외국의 자료와 비교하여 보았을 때 미국이나 일본에 비해 2-3배 정도 높게 나타는 것으로 나타나고 있음.
- 외국의 경우는 최근까지의 연도별 변화에서 점진적인 감소를 나타내고 있으므로 국가적 차원에서 밀폐공간 관리가 효율적으로 나타나고 있는 것으로 보이나 우리나라의 경우는 아직까지 재해수의 명확한 감소가 나타나고 있지 않는 실정임.
- 최근 산업보건기준에 관한 규칙은 이러한 특성을 반영하여 사업주에 대한 밀폐공간 위치 확인, 사전 허가제도 등의 의무를 강화하도록 개정되었음
- 따라서, 개정된 관련 법에 따라 '밀폐공간 작업프로그램 시행에 관한 기술지침'을 개정하고 이에 대한 밀폐공간 작업 매뉴얼의 보완이 필요함.

2. 주요 연구내용

- 밀폐공간에 의한 산업재해를 미국, 일본과 비교 하여 보았을 때 우리나라가 미국과 일본에 비하여 2-3배 정도 높은 것으로 확인되었음. 외국(일본, 미국)의 경우 밀폐공간 재해의 점진적인 감소가 나타났으나 우리나라의 경우 현저한 차이가 나타나지 않았음. 밀폐공간에 관한 법적 기준을 미국의 OSHA, 영국의 HSE, 일본의 후생노동성, 중국, 호주/뉴질랜드와 비교하였음. 각 국가별 법적기준을 비교할 때 현저한 차이를 나타내지 않았음.
- 최근 5년간의 공단의 재해DB (2012-2016)에서는 재해 원인 물질은 황화수소, 일산화탄소, 산소결핍이었음. 발생장소는 오폐수처리장, 정화조 및 건설현장, 맨홀에서 가장 높았음. 업종별로 볼 때, 건설업 및 제조업이 가장 높게 나타났음.
- 밀폐공간 작업프로그램 시행에 관한 기술지침(KOSHA Guide H-80-2012)과 밀폐공간 출입허가제 기술지침(KOSHA Guide H-156-2014)을 통합하고 2017년 개정된 산업안전보건기준에 관한 규칙의 내용을 추가하였음.
- 공단 DB자료를 최신화 하기 위해 자료를 밀폐공간 형태별로 분류하고 분류된 각 집단을 다시 업종별로 분류하여 분석하여야 하며, 대규모사업장을 중심으로 이들이 면밀히 파악하고 있는 밀폐공간을 중심으로 DB를 새롭게 구축해야 밀폐공간 재해 및 작업에 관한 구체적인 역할을 할 수 있을 것임.

3. 연구 활용방안

- 밀폐공간관련 기술지침(KOSHA Guide) 개정하여 안전보건관리 및 교육 지침으로 활용.
- 밀폐공간보유 사업장 데이터베이스(DB) 구축으로 질식재해 예방 감시체계 및 기술지원 사업 등에 활용.
- 맨홀, 식료품 저장소, 바지선, 오폐수처리장 등 밀폐공간의 작업종류별 특화된 작업에 자세한 안전 지침을 제공.
- 밀폐공간발생가스에 대한 측정 및 분석방법의 정립에 활용. 사업주의 밀폐공간 여부 판단 및 근로자 밀폐공간 작업지침으로 활용.

4. 연락처

- 연구책임자 : 부산가톨릭대학교 산업보건학과 문찬석 교수
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 박현희 연구위원
- ☎ 052-7030-901

제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “밀폐공간 작업프로그램 작성 매뉴얼 연구”의 최종 연구결과 보고서로 제출합니다.

2017 년 10 월

연구기관 : 부산카톨릭대학교

연구기간 : 2017.04.14 ~ 2017.10.31

연구책임자 : 문찬석(부산카톨릭대학교 산업보건학과 교수)

공동연구원 : 박정균(부산카톨릭대학교 산업보건센터)

공동연구원 : 윤인준(부산카톨릭대학교 산업보건센터)

공동연구원 : 강보경(부산카톨릭대학교 산업보건센터)

차례

I. 서론	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적	2
II. 연구방법	3
1. 연구내용	3
2. 연구방법	6
III. 연구결과 및 고찰	9
1. 밀폐공간 재해예방 관련 정책, 제도에 관한 국내외 문헌고찰.....	9
2. 공단 DB 활용 5년간 밀폐공간 재해 분석 (2012-2016).....	30
3. 중업종 분류에 의한 밀폐공간 재해 요인분석	44
4. 밀폐공간 현장 평가.....	64
5. 공단 DB 자료분석 및 최신화 방안.....	82
6. 밀폐공간 관련 기술지침의 개정	97
7. 밀폐공간 작업에 관한 정책 제언	98
IV. 결론	101
V. 참고문헌	102
VI. 부록	106
Abstract	227

표 차 례

<표 1> 연도별 총재해자, 사망자.....	10
<표 2> 밀폐공간의 법적 작업장 명칭.....	11
<표 3> 밀폐공간 장소의 법적 지정.....	13
<표 4> 밀폐공간의 법적 관리대상 위험요인.....	14
<표 5> 밀폐공간 작업수행 기본요건.....	15
<표 6> 밀폐공간의 안전보건집행자.....	15
<표 7> 밀폐공간의 지정 및 관리자 교육.....	16
<표 8> 밀폐공간의 기술적 요구사항.....	17
<표 9> 미국 밀폐공간 관련 분야별 사고 추이.....	18
<표 10> 미국 밀폐공간별 사망 사고.....	19
<표 11> 미국 산업별 "유해한 대기환경".....	20
<표 12> 밀폐공간 재해요인.....	21
<표 13> 연도별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	31
<표 14> 월별 총재해자 및 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	32
<표 15> 계절별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	33
<표 16> 지역별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	34
<표 17> 기인물질별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	35
<표 18> 발생장소별 재해자[재해발생기간 (2012~2016)].....	36
<표 19> 발생형태별 재해자[재해발생기간 (2012~2016)].....	37
<표 20> 작업내용별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	38
<표 21> 재해원인별 재해자[재해발생기간 (2012~2016)].....	39

<표 22> 재해유형별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	40
<표 23> 대업종별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	41
<표 24> 중업종별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)].....	43
<표 25> 공단 DB의 밀폐공간 분류.....	85
<표 26> 공단 DB내 TOP 1 밀폐공간의 분류 현황.....	91
<표 27> 공단 DB내 TOP 6 밀폐공간의 분류 현황.....	92
<표 28> 공단 DB내 TOP 4 밀폐공간의 분류 현황.....	93
<표 29> 공단 DB내 TOP 3 밀폐공간의 분류 현황.....	94
<표 30> 공단 DB내 TOP 5 밀폐공간의 분류 현황.....	95
<표 31> 공단 DB내 TOP 2 밀폐공간의 분류 현황.....	96

그림 차례

[그림 1] 국외 주요기관의 밀폐공간 작업 가이드라인 예시	6
[그림 2] 산소결핍증에 의한 노동재해 발생현황(1989년~2014년)	22
[그림 3] 황화수소에 의한 노동재해 발생현황(1989년~2014년)	23
[그림 4] 이 영역은 제한된 공간인가?	26
[그림 5] 허가 필요한 밀폐공간 결정 흐름도 1	28
[그림 6] 허가 필요한 밀폐공간 결정 흐름도 2	29
[그림 7] 업종 분류별 재해자 수 및 사망자 수	45
[그림 8] 건설업의 기인 물질, 작업 내용, 발생 형태, 발생 장소, 재해원 인별 재해자 수	47
[그림 9] 화학제품제조업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재 해원인별 총재해자 수	49
[그림 10] 식료품제조업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 지 해원인별 총재해자 수	51
[그림 11] 기계기구제조업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수	53
[그림 12] 선박건조수리업의 기인물질, 작업내용, 발생장소, 발생형태, 재해원인별 총재해자 수	55
[그림 13] 비금속 광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업의 기인 물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수	57
[그림 14] 위생 및 유사서비스업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생 장소, 재해원인별 총재해자 수	59

[그림 15] 전문기술서비스업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수..... 61

[그림 16] 농업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수..... 63

I. 서론

1. 연구배경

“밀폐공간”이란 우리나라의 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 18의 18개 장소로 규정한다. 즉, 산소결핍, 황화수소 등 유해가스, 일산화탄소의 유해 요인을 가지고 있거나 화재, 폭발 위험이나 유체 및 고체의 흐름이 있는 재해의 위험이 있는 공간을 말한다. 그리고 밀폐공간 내에 유해한 환경이 설정되기 위해서는 산소농도 범위가 18 % 미만, 23.5 % 이상이거나, 탄산가스 농도가 1.5 % 이상, 황화수소농도가 10 ppm 이상, 일산화탄소 30 ppm 이상, 폭발하한농도의 10 %를 초과하는 가연성가스, 증기 및 미스트를 포함하는 공기, 폭발하한농도에 근접하거나 초과하는 공기과 혼합된 가연성분진을 포함하는 공기, 인화성물질 25% 이상인 공기 및 일산화탄소가 30ppm 이상인 공기의 상태가 될 경우 질식할 가능성이 높아진다.

최근 국내에서는 질식재해의 예방을 위한 노력에도 불구하고 질식재해 사고가 매년 지속적으로 발생하고 있는 실정이며 질식재해 특징으로서 대기업의 하청업체에서 다발하고 있으며('13년 제철하도급업체), 재래형 질식재해가 반복적으로 발생하고 있다.('14년 제지공업) 그리고, 법적 밀폐공간 장소 외에서도 질식재해가 다수 발생('11년 마트탄현점)하고 있으며, 재해자수가 높게 나타나고('13년 건당 재해자 2.4명) 있으나 이에 대한 예방 대책에 관한 연구는 현재 미흡한 실정이다. 질식사고의 경우 전체 재해자 중 사망자의 비중이 2012년-2016년의 5년동안 재해

자는 189명이며 이중 95명이 사망사고로서 전체 중 50.3%의 밀폐공간 작업이 사망사고에 이르게 하는 심각한 위험성을 가지고 있는 것으로 나타나 있다. 이러한 특성을 반영하여 산업보건기준에 관한 규칙에서 사업주에 대한 밀폐공간 위치 확인, 사전 허가제도 등의 의무를 강화하고 있으며, 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 밀폐공간을 근로자가 상주하지 않는 공간으로서 출입이 제한되어 있는 장소의 내부를 추가하여 설정하고 있으며 밀폐공간에 대한 규정을 보완해 나가고 있다.

우리나라의 밀폐공간 관련 재해 및 사망자 통계를 외국의 자료와 비교하여 보았을 때 우리나라는 미국이나 일본에 비해 2-3배 정도 높게 나타는 것으로 나타나있고, 외국의 경우는 최근까지의 연도별 변화에서 점진적인 감소를 나타내고 있으므로 국가적 차원에서 밀폐공간 관리가 효율적으로 나타나고 있는 것으로 보이나 우리나라의 경우는 아직까지 재해수의 명확한 감소가 나타나고 있지 않는 실정이다. 그러므로 현 시점에서 볼 때, 우리나라의 “밀폐공간 작업프로그램 시행에 관한 기술지침”을 개정하고 이에 대한 밀폐공간 작업 매뉴얼의 보완이 필요한 실정이다.

2. 연구목적

본 연구에서는 ‘밀폐공간 작업프로그램 시행에 관한 기술지침’을 개정하고, 작업특성별 밀폐공간 작업프로그램 및 매뉴얼을 개발하며, 밀폐공간 보유 사업장 데이터베이스(DB)를 분석하여 새로운 DB 구축방안에 대해 제안하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 내용

1) 기술지침의 개정

개정 대상 기술지침은 밀폐공간 보건작업 프로그램 시행에 관한 기술지침(KOSHA Guide H-80-2012)과 밀폐공간 출입허가제 기술지침(KOSHA Guide H-156-2014)이며, 사업장 내 밀폐공간 위치 확인, 사업주의 사전 허가 절차 등 「산업보건기준에 관한 규칙」 개정안의 내용을 준용하여 기술지침(KOSHA Guide)을 개정 보완한다. 추가 보완하는 내용은 다음과 같다.

- (1) 밀폐공간에서의 작업 시 환기, 관계자가 아닌 사람의 출입 금지, 보호구의 착용 등의 안전조치를 규정하고 있으나, 현행 규정에 따른 밀폐공간의 개념이 협소하여 법 적용상의 한계가 노출됨에 따라 밀폐공간의 개념에 화재, 폭발 외에 질식으로 인한 위험성 관련 내용을 추가하고, 유해가스의 종류에 일산화탄소를 명시적으로 규정하며, 나아가 다양한 형태의 밀폐공간을 포괄할 수 있는 개념을 추가하여 기술지침을 개정 보완한다.
- (2) 밀폐공간 작업 전 산소농도 측정 및 환기결과 등을 검토하여 안전한 작업이 가능한 경우에만 작업을 하도록 하는 절차를 도입하는 등 밀폐공간 작업프로그램을 구체화하는 체계적으로 열거하여 밀폐공간 작업의 사전안전성을 강화하는 내용을 추가하여 개정

보완한다.

- (3) 밀폐공간에는 관계근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고 그 내용을 게시하도록 되어 있어 출입금지 표지에 들어갈 내용을 별도의 서식으로 구체적으로 규정하여 이를 효과적으로 알리는 내용을 추가한다.
- (4) 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에는 공기호흡기나 송기마스크 등을 갖추어 두도록 하고 있어 공기호흡기 또는 송기마스크를 착용하고 작업하여야 하는 장소에서 방독마스크를 착용하고 작업을 하여 중독되는 사고가 발생함에 따라 호흡보호구의 종류를 송기마스크 또는 공기호흡기만으로 명확히 하도록 그 내용을 추가 보완한다.
- (5) 밀폐공간에서의 작업 시 안전조치 등에 관한 사항을 이해하기 쉽도록 용어를 보다 쉽게 이해할 수 있도록 보완한다.

2) 작업특성별 밀폐공간 작업프로그램 및 매뉴얼 개발

밀폐공간을 작업 특성별로 대표적 7개 작업(TOP 7)으로 나누고 각 작업특성에 맞는 작업허가 흐름도를 작성한다. 그리고, 산소, 유해가스 농도 측정평가 및 그 결과에 따른 환기 등 후속조치 요령과 송기마스크 또는 공기호흡기 착용 및 관리방안, 근로자 안전보건교육 방안 등에 관한 내용을 추가한다.

3) 밀폐공간 보유 사업장 데이터베이스(DB) 최신화 및 구축 방안

- (1) 현재의 DB가 제조업대상으로 제작되어 있으며, (구청관내 오수폐수 위탁처리업체 등) 작업환경실태조사를 통하여 전국 3만3천 사업장을 확인하여 구축되어 있다.
- (2) 최근 5년 밀폐공간 데이터 중 사고가 난 곳을 중심으로 118건 사

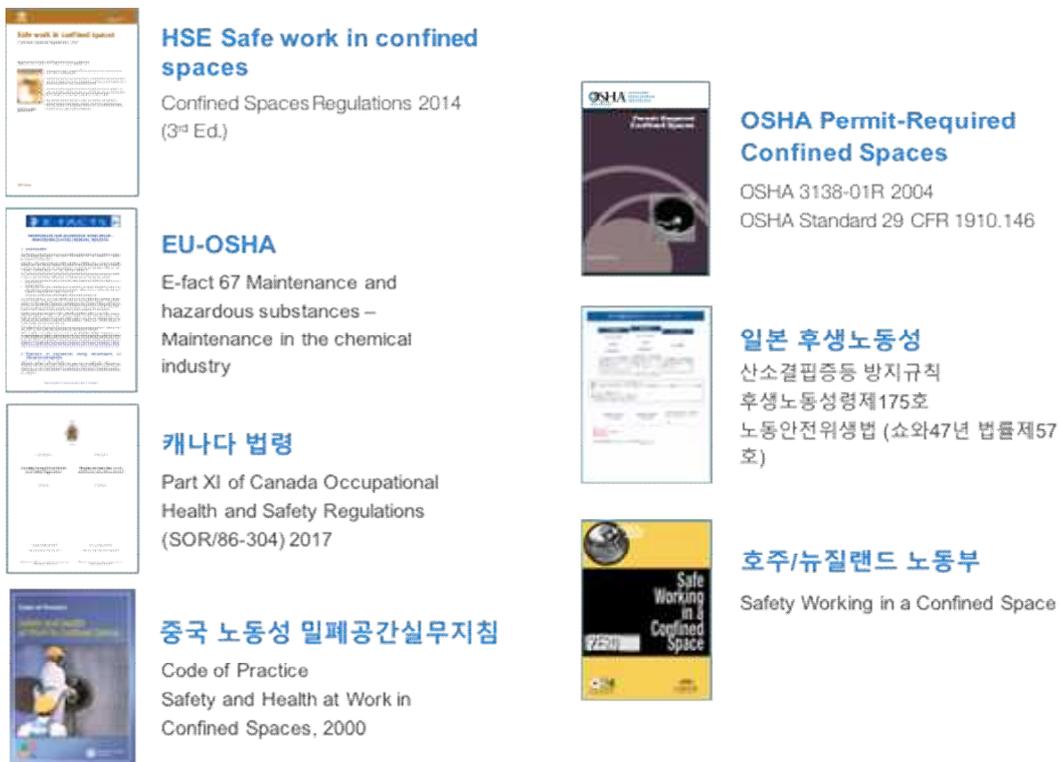
고 (189명 중 95명 사망)와 데이터를 업종별로 중분류까지 세분화한 후 밀폐공간 다발업종을 확인하고 이것을 기본으로 하여 전국 33,000 사업장을 확인한다.

- (3) 사업장을 중분류까지 재분류하여 밀폐공간을 작업특성별로 분류한다. (업종의 개념이나 및 정의 등을 확인한다.)
- (4) 문헌고찰을 통하여 질식재해의 외국과 비교 및 차이점을 확인한다.
- (5) DB 최신화를 하기 위하여 공단의 조사연구원의 실태조사 보완점을 확인한다.

2. 연구 방법

1) 선진외국의 밀폐공간 재해예방 관련 정책, 제도에 관한 문헌 고찰

국외에서 이행되고 있는 규격의 종류 및 내용, 성격 등을 파악한 후, 국내자료와 비교, 분석, 고찰하고, 국내외 주요단체의 규격 및 가이드를 검색 파악하고 수집하여 선진외국의 밀폐공간 재해예방 관련 정책 및 제도에 관한 정보를 확보한다.



[그림 1] 국외 주요기관의 밀폐공간 작업 가이드라인 예시

2) 우리나라 산업안전보건 기준에 관한 규칙 개정 내용 및 KOSHA GUIDE 개정 보완 내용

KOSHA GUIDE 개정내용을 요약하면 다음과 같다.

<p>밀폐공간 개념의 확대(제618조 및 별표 18)</p> <ul style="list-style-type: none"> 현행 규정에 따른 밀폐공간의 개념이 협소하여 법 적용상의 한계가 노출됨에 따라 밀폐공간의 개념에 화재, 폭발 외에 질식으로 인한 위험성 추가 유해가스의 종류에 일산화탄소를 포함 다양한 형태의 밀폐공간을 포괄할 수 있는 개념으로서 기존 17개 장소에 '근로자가 상주하지 않는 공간으로서 출입이 제한되어 있는 장소의 내부'를 추가 <p>밀폐공간 작업 프로그램의 수립 및 시행(제619조)</p> <ol style="list-style-type: none"> 다음 각 호의 내용이 포함된 밀폐공간 작업 프로그램을 수립하여 시행. <ol style="list-style-type: none"> 사업장 내 밀폐공간의 위치 파악 및 관리 방안 밀폐공간 내 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해·위험 요인의 파악 및 관리 방안 제2항에 따라 밀폐공간 작업 시 사전 확인이 필요한 사항에 대한 확인 절차 안전보건교육 및 훈련 그 밖에 밀폐공간 작업 근로자의 건강장해 예방에 관한 사항 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 시작하기 전에 다음 각 호의 사항을 확인하여 근로자가 안전한 상태에서 작업하도록 하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 작업 일시, 기간, 장소 및 내용 등 작업 정보 관리감독자, 근로자, 감시인 등 작업자 정보 산소 및 유해가스 농도의 측정결과 및 후속조치 사항 작업 중 불활성가스 또는 유해가스의 누출·유입·발생 가능성 검토 및 후속조치 사항 작업 시 착용하여야 할 보호구의 종류 비상연락체계 사업주는 밀폐공간에서의 작업이 종료될 때까지 제2항 각 호의 내용을 해당 작업장 출입구에 게시하여야 한다. 	<p>산소 및 유해가스 농도의 측정(제619조의2)</p> <ul style="list-style-type: none"> 밀폐공간의 산소 및 유해가스 농도를 측정하여 적정 공기가 유지되고 있는지 평가 산소 및 유해가스 농도를 측정할 결과 적정공기가 유지되고 있지 아니하다고 평가된 경우에는 작업장을 환기시키거나, 근로자에게 공기호흡기 또는 송기 마스크를 지급하여 착용하도록 하는 등 근로자의 건강장해 예방을 위하여 필요한 조치 강구 <p>출입의 금지 (제622조)</p> <ul style="list-style-type: none"> 사업주는 사업장 내 밀폐공간을 사전에 파악하여 밀폐공간에는 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 출입금지 표시를 밀폐공간 근처의 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다 <p>감시인의 배치(제623조)</p> <ol style="list-style-type: none"> 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 동안 작업상황을 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치하여야 한다. 감시인은 밀폐공간에 종사하는 근로자에게 이상이 있을 경우에 구조요청 등 필요한 조치를 한 후 이를 즉시 관리감독자에게 알려야 함. 사업주는 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 동안 그 작업장과 외부의 감시인 간에 항상 연락을 취할 수 있는 설비를 설치하여야 함. <p>안전대 등(제624조)</p> <ol style="list-style-type: none"> 사업주는 밀폐공간에서 작업하는 근로자가 산소결핍이나 유해가스로서 인하여 추락할 우려가 있는 경우에는 해당 근로자에게 안전대나 구명밧줄, 공기호흡기 또는 송기마스크를 지급하여 착용하도록 하여야 한다. 사업주는 제1항에 따라 안전대나 구명밧줄을 착용하도록 하는 경우에 이를 안전하게 착용 할 수 있는 설비 등을 설치하여야 한다. 근로자는 제1항에 따라 지급된 보호구를 착용하여야 한다.
---	--



3) 작업특성별 밀폐공간 작업프로그램 및 매뉴얼 개발

밀폐공간의 작업특성은 “TOP 7”작업을 중심으로 이 작업에 적합한 작업프로그램 및 매뉴얼을 개발한다.

- TOP 1 - 정화조, 침전조, 집수조, 탱크, 암거, 맨홀, 관 또는 피트 내부
- TOP 2 - 빗물, 하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통암거, 맨홀 또는 피트의 내부
- TOP 3 - 헬륨, 아르곤, 질소, 프레온, 탄산가스 또는 그 밖의 불활성 기체가 들어있거나 있었던 보일러, 탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부

- TOP 4 - 장기간 밀폐된 강재의 보일러, 탱크, 반응탑이나 그 밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설내부
- TOP 5 - 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부
- TOP 6 - 갈탄, 목탄, 연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소 및 가설숙소 내부
- TOP 7 - 기타중독 (일산화탄소, 이산화탄소)

4) 밀폐공간 보유 사업장 데이터베이스(DB) 최신화 및 구축 방안

- (1) 최근 5년 밀폐공간 데이터 중 사고가 난 곳을 중심으로 118건 사고 (189명 중 95명 사망)와 데이터를 업종별로 중분류까지 세분화한 후 밀폐공간 다발업종을 확인하고 이것을 기본으로 하여 전국 약 30,000 사업장을 확인한다.
- (2) MS-Excel spread sheet를 이용하여 TOP7 작업별 업종의 관련성을 파악한다.

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 밀폐공간 재해예방 관련 정책, 제도에 관한 국내·외 문헌 고찰

1) 밀폐공간 관련 국가간 비교

(1) 산재사망자 국제비교

최근 2017년 일본 질식재해 현황에 관한 보고에서는 일본후생노동성의 "일본 산소결핍증 등 노동재해 발생현황 통계자료분석(1989년-2014년)"에 나타난 바와 같이 산소 결핍에 의한 노동재해는 총 262건으로 나타났으며, 황화수소에 의한 재해는 96 건이 발생하였다. 전체적으로 발생 건수 및 재해자가 감소하는 추세를 보였다. 2007년에서 2014까지 나타난 일본의 산소 발생결핍증 재해 발생 현황 추이를 볼 때 우리나라보다 인구의 더 많음에도 불구하고 연간 재해 및 사망자의 수가 적게 나타나고 재해 및 사망자의 수가 점진적으로 감소되는 현상을 나타내었다. 그리고 황화수소 중독 재해의 경우 2007년 에서 2014년까지의 추이에서는 여타 산업재해의 경우와 큰 차이가 없이 일반적으로 나타날 수 있는 재해로서 그 수가 적은 편이었다. 우리나라의 총 재해자 및 사망자 수와 비교해 볼 때, 자료상 비교가 가능한 2012년의 경우 총재해자는 3.2배, 사망자수는 2.8배, 2013년의 경우 총재해자는 3.2배, 사망자수는 3.4배, 2014년의 경우 총재해자는 13.7배, 사망자수는 8배로서 인구대비 발생수가 아닌 발생수만으로 비교하여 보았을 때도 우리나라가 높게 나타났다. 최근의 재해 현황을 비교해 볼 때 우리나라는 총재해자 및 사망자의 경연적인 증감이 거의 발생되지 않고 재해가 연도별 비슷하게

발생하는 현상을 보이고 있으나 일본의 경우는 산소결핍증에서 총재해자 및 총사망자의 수가 점진적인 감소 현상을 나타내고 있다. 일본의 황화수소 중독의 경우는 연중 약 1-4건 정도가 대부분으로서 일반적인 재해로 판단할 수 있는 적은 수이다. 우리나라와 일본간의 밀폐공간 재해를 비교해 보았을 때 총재해는 3.2-13.7배, 사망자수는 2.8-13.7배로 일본과 비교해 볼 때, 상당한 차이가 나타나고 있음을 알 수 있다.

<표 1> 연도별 총재해자, 사망자

연도	우리나라		일본			
	총재해자	사망자	총재해자		총사망자	
			산소결핍증	황화수소중독	산소결핍증	황화수소중독
2007	-	-	11	1	5	0
2008	-	-	7	3	5	2
2009	-	-	6	3	4	0
2010	-	-	3	1	3	0
2011	-	-	2	3	2	1
2012	35	20	7	4	5	2
2013	55	31	7	10	3	6
2014	41	16	1	2	0	2
2015	25	14	-	-	-	-
2016	33	14	-	-	-	-
총합계	189	95	44	27	27	13

2008년도 안전보건공단에서 수행한 “밀폐공간 작업 종류별 질식재해 요인 파악 및 예방대책 연구”에서 각국의 밀폐공간 관련 사망자 통계 비교와 국가별 법적 기준을 정리한 자료를 보면, 천인율에서는 미국, 영국 및 일본 및 영국에 비해 두 배 정도 높은 것으로 조사되었다. (안전보건공단, 2015)

(2) 국가별 법적기준 비교

- 가) 우리나라의 법적기준을 미국, 영국, 일본, 중국, 호주/뉴질랜드의 기준과 비교하여 나타내었다. 우리나라의 경우 2017년에 밀폐공간의 법적지정과 관리대상 위험 요인 등이 일부 수정되었다.
- 나) 밀폐공간의 법적 작업장의 명칭은 우리나라의 경우 미국, 영국과 동일한 밀폐공간의 명칭을 사용하고 있으며 일본의 경우는 밀폐공간을 산소결핍 위험장소 및 황화수소 위험장소 등으로 명시하고 있다.

<표 2> 밀폐공간의 법적 작업장 명칭

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
규칙명	법적 작업장 명칭	OSHA Permit-Required Confined Spaces OSHA Standard 29 CFR 1910.146	HSE, Confined Spaces Regulations 1997	일본후생노동성 산소결핍증 등 규칙 (후생노동성령 제175호)	The Factories & Industrial Undertakings (Confined Spaces) Regulation (F&I(Confined Spaces) Reg)	영국 HSE 기준 준용
법적 작업장 명칭	- 밀폐공간	- 밀폐공간 (confined space)	- 밀폐공간 (confined space)	- 산소결핍 위험 장소 및 황화수소 위험장소 등 (산소결핍 위험장소로 약칭함)	- 밀폐공간 (confined space) 또는 enclosed room	- 밀폐공간 (confined space)

밀폐공간의 법적 지정은 우리나라의 경우 산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 18의 18개 장소로 규정되어 있다. 2017년에 기존의 17개 장소에서 다양한 형태의 밀폐공간을 포괄할 수 있는 개념으로서 ‘근로자가 상주하지 않는 공간으로서 출입이 제한되어 있는 장소의 내부’를 추가하였다. 미국의 경우는 ①근로자가 작업할 수 있는 좁은 공간으로, ②출입구가 제한되어 있으며, ③근로자가 지속 적으로 상주할 필요가 없는 곳으로 규정하고 있고 영국의 경우 합리적으로 예측 가능한 특정한 위험 (areasonably foreseeable specified risk)이 있는 탱크, 하수도, 배관 등 밀폐된 장소로 규정하고 일본의 경우는 안위법시행령의 산소결핍 11개 및 황화수소 발생 2개 장소로 규정하고 있는데 특별히 후생노동성 장관이 추가로 장소를 지정 할 수 있도록 유동성을 갖추고 있다. 중국은 영국과 약간 비슷하며 특정 위험이 발생할 수 있는 공간으로서의 챔버, 탱크, 통, 구멍, 우물, 하수도, 터널, 파이프, 굴뚝, 보일러, 압력 리시버, 해치, 잠함, 샤프트 또는 사일로, 덕트, 선박, 배수관, 시추공, 굴착구멍, 기름통, 검사용 핏, 코퍼댐, 화물컨테이너, 선박 화물창/탱크, 밸러스트탱크, 이중 바닥, 선박엔진실, 건물, 건물공극을 예로 설명하고 있다. 이와 함께, 일부 밀폐된 방(특히 식물재배실 및 관련 부속실), 또는 기계가 들어 있는 방, 차량내, 해치, 캐스터, 밀폐되지 않거나 환기가 잘 안되는 방, 제조 시에만 환기 또는 환기가 되는 밀폐된 방을 예로 들고 있다. 일부 장소에서는 작업이 수행될 때 공간 내의 상태가 경우에 따라 변화할 수 있기 때문에 특정 위험을 야기할 수 있다.

다) 밀폐공간의 법적 관리대상 위험요인은 산소결핍과 황화수소 등 유해가스, 화재폭발 위험요인에 일산화탄소를 특별히 추가하였으며 미국과 영국 및 중국은 산소결핍, 황화수소 등 유해가스, 화재, 폭발 위험, 유체 및 고체의 흐름의 위험요인은 동일하나 영국과 중국의 경우는 고열요인이 포함되어 있다. 일본의 경우는 산소결핍과 황화수소 중독 요인으로 한정하고 있다.

<표 3> 밀폐공간 장소의 법적 지정

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
장소의 법적 지정	-산업안전 보건기준 에관한규 칙[별표18] 의 18개 장소	① 근로자가 작업할 수 있는 좁은 공간으로 ② 출입구가 제한되어 있으며 ③ 근로자가 지속적으로 상주할 필요가 없는 곳	-합리적으로 예측 가능한 특정한 위험 (areasonably foreseeable specified risk)이 있는 탱크, 하수도, 배관 등 밀폐된 장소	-안위법시행령 [별표6]의 산소결핍 11개 및 황화수소 발생 2개 장소 (후생노동성 장관이 추가로 장소를 지정 할 수 있다)	-특정한 위험이 발생할 수 있는 공간	-영국 HSE 기준 준용

<표 4> 밀폐공간의 법적 관리대상 위험요인

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
법적 관리대상 위험요인	<ul style="list-style-type: none"> - 산소결핍 - 일산화탄소 - 황화수소 등 - 유해가스 - 화재, 폭발 - 위험 	<ul style="list-style-type: none"> - 산소결핍 - 황화수소 등 - 유해가스 - 화재, 폭발 - 위험 - 유체 및 - 고체의 흐름 	<ul style="list-style-type: none"> - 산소결핍 - 황화수소 등 - 유해가스 - 화재, 폭발 - 위험 - 유체 및 - 고체의 흐름 - 고열 	<ul style="list-style-type: none"> - 산소결핍 - 황화수소 	<ul style="list-style-type: none"> - 기연성, 폭발성 - 또는 산소 농축 - 대기 - 유해하거나 - 독성이 있는 대기 - 산소 결핍 대기 - 흐를 수 있는 - 고체 또는 액체 - 과도한 열 	<ul style="list-style-type: none"> - 영국 HSE - 기준 준용

라) 밀폐공간 작업수행 기본요건으로서 우리나라는 밀폐공간보건 작업 프로그램을 시행하고, 미국은 사업장 내 밀폐공간의 존재와 허가 필요 여부를 확인, 사업장 자체허가서 발급, 밀폐공간프로그램을 시행하고 있다. 영국은 근로자 출입이 불필요한 작업을 우선적으로 고려하여 밀폐공간작업을 제한하고 있고, 사업장 자체 허가서를 요구하고 있으며, 위해, 위험성(risk)평가를 요구하고 있다. 일본의 경우 작업수행 기본요건은 수행되고 있지 않다. 중국의 경우는 사업장 내 밀폐공간의 존재와 허가 필요 여부를 확인하고, 사업장 자체허가서 및 밀폐공간프로그램과 위해, 위험성(risk)평가 모두 실시하고 있으며, 호주/뉴질랜드의 경우는 영국 HSE 기준을 준용하고 있다.

<표 5> 밀폐공간 작업수행 기본요건

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
작업수행 기본 요건	-밀폐공간 작업 프로그램 시행	-사업장 내 밀폐공간의 존재와 허가 필요 여부를 확인 -사업장 자체허가서 -밀폐공간 프로그램	-근로자 출입 불필요작업 우선고려/밀 폐공간작업 제한 -사업장 자체 허가서 위해, 위험성(risk) 평가	없음	-사업장 내 밀폐공간의 존재와 허가 필요 여부를 확인 -사업장 자체허가서 -밀폐공간 프로그램 위해, 험성(risk)평가	-영국 HSE 기준 준용

마) 밀폐공간의 안전보건 업무 집행자는 우리나라의 경우 산업안전보건법 14조에 의한 관리감독자이며 미국은 밀폐공간출입관리자로서 밀폐공간에 대한 특별 관리자를 지정하고 있으며 영국의 경우는 감독자를 지정하고 있고 일본의 경우는 교육을 이수한 작업주임자를 선임하여 업무를 집행하고 있다.

<표 6> 밀폐공간의 안전보건집행자

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
안전보건 집행자	-산안법 제 14조에 의한 관리 감독자	-밀폐공간출 입관리자 (entry supervisor) 지정	-감독자 (supervisor) 지정	-작업주임자 선임 (선임요건은 교육이수)	-소유주 및 도급업자	-감독자 (supervisor) 지정(영국 HSE 기준 준용)

바) 밀폐공간의 지정이나 관리자 교육의 경우 우리나라는 산업안전보건법에 의한 관리감독자의 직무이며 작업적 근로자에게 교육을 해야 하는 의무가 있다. 미국과 영국의 경우 허가서에 출입관리자, 감시자, 작업자를 지정하고 있고 모든 관리자가 교육을 받아야 하는 의무를 가진다. 일본의 경우는 작업주임자를 지정하고 교육해야 하는 의무가 있고 근로자를 교육해야 하는 의무를 가진다.

<표 7> 밀폐공간의 지정 및 관리자 교육

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
지정/ 관리자 교육	-관리감독자 직무 의무 -작업전 근로자 교육 의무	-허가서에 출입관리자/ 감시자/작업 자 지정 -모든 관련자 교육의무	-허가서에 감독자/감시 자/작업자 지정 의무 -모든 관련자 교육 의무	-작업주임자 지정 의무 -작업주임자 교육 의무 -근로자교육 의무	-관리감독자 교육 및 관련자 교육 의무 -작업전 근로자 교육의무(안전 보건위원회 인증)	-영국 HSE 기준 준용

사) 밀폐공간의 기술적 요구사항은 우리나라 이외에 미국, 영국, 일본 모두 산소/유해가스 등 측정, 환기 및 배기, 보호구 지급/착용/관리, 감시인 배치/인원점검, 긴급구조훈련/대피조치, 필요한 응급처치/진료 등을 적절히 해야 하는 업무를 가진다.

<표 8> 밀폐공간의 기술적 요구사항

구분	한국	미국	영국	일본	중국	호주 /뉴질랜드
기술적 요구사항	-산소/유해가스 등 측정 -환기 및 배기 -보호구 지급/착용/관리 -감시인 배치/인원점검 -긴급구조훈련/대피조치 -필요한 응급처치/진료 등	한국과 동일	한국과 동일	한국과 동일	한국과 동일	한국과 동일

2) 미국의 예방활동

(1) 밀폐공간 (Confined Space) 사고 추이

가) 과거 30년간 미국내 밀폐공간 사고에 관한 관련 분야별 사고 추이를 분석한 자료이다. 미국의 경우에서 대부분 건설업과 농업에서 밀폐공간내의 사고가 발생함을 알 수 있으며 황화수소 중독에 의한 사고 및 질식사에 관해 보고하고 있다. Damien의 2014년 보고에 따르면 미국의 경우 과거 30년간 밀폐공간(Confined Space) 재해의 경년변화를 관찰해 볼 때 1980년대에 비해 1990년대의 사망자가 연평균 67명에서 38명으로 현저하게 감소하고 있다고 보고하였으며, 발생특성으로서 우리나라와 일본과는 달리 대규모 농업생산에 따른 곡물저장/수송 등에 따른 재해자의 수가 높게 나타나고 있다고 보고하였다.

<표 9> 미국의 밀폐공간 업종별 사고

	기간	사고 내용
미국 전체 업종	1980-1989	연평균 67명 사망, 사고의 12%에서 2명 이상 사망
	1992-2005	연평균 38명 사망, 사고의 20%에서 2명 이상 사망
	1984-1994	H2S중독에 의한 사고의 86.3%가 Confined Space에서 발생함. 총 80명 사망
건설업	1990-1999	건설분야 CO, H2S, N2에 의한 사고의 62%가 밀폐공간에서 발생
농업	1964-2010	농업의 경우 밀폐공간에서 연평균 27명 사망함 71% : 곡물저장소
		10.5% : 축분저장 피트 : 1975-2004년 77명 사망 9.2% : 곡물수송에 따른 질식사 5.0% : 사료저장소 질식사

<출처: The Need for a Comprehensive Approach to Managing Confined Space Entry : Summary of the Literature and Recommendations for Next Steps, Damien Bulet-Vienny, Yuvim Chinniah, Ali Bahloul, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 11, 485-498, 2014>

나) 밀폐공간별 사망사고의 경우 맨홀/하수도에서 가장 많이 일어나고 있으며, 그 다음으로 저장통/사일로, 도랑 및 곡물 저장고의 순으로 나타나고 있다.

<표 10> 미국 밀폐공간별 사망 사고

밀폐공간	사망자 수
맨홀/하수도	28
저장통/사일로	25
도랑	18
기타	15
곡물/저장고	13
운송탱크	9
쓰레기통/탱크	9
지하시설	8
화학탱크/ 용기	7
물탱크/ 피트 / 계량기	7
소화조/발효탱크	5
분뇨 구덩이	5
탈지탱크/피트	3
블렌더 / 믹서 / 파쇄 탱크	3
저장탱크 / 수거함	3
혼합탱크 / 탑	2
톱밥수거함	2
압축기실	2

다) 미국의 산업별 “유해한 대기환경”으로 분류 된 것 중에서 농업, 제조업, 공공행정, 건설업, 서비스업 및 운송업이 밀폐공간의 핵심업종으로 나타나고 있다.

<표 11> 미국 산업별 “유해한 대기환경”

업종	산소결핍	독성/불활성 가스	합계
농업	4	23	27
제조업	6	18	24
공공행정	10	12	22
건설업	7	12	19
서비스업	13	2	15
운송업/ 공공사업	3	4	7
합계	43	71	114

라) 산소 결핍에 비해 독성/불활성에 의한 사망자가 훨씬 많고 산업별로는 농업부분이 가장 많은 것으로 나타났다. 미국도 사고가 발생한 경우에는 기본적인 조치가 거의 이루어지지 않았음

<표 12> 밀폐공간 재해요인

	산소결핍	독성 환경
재해수	46	54
재해원인	모름, N2, 공정내 가스, 연료가스, 용접가스	황화수소, 일산화탄소, 염소용제 증기, 연료증기
발생시간	오후	오후
발생요일	화요일 또는 수요일	월요일 또는 금요일
발생공간크기	20m3	10m3
사전 유해요인 측정	무 (100%)	무 (94%)
작업적 환기	무 (94%)	무 (94%)
출입작업자 연령	20 - 39세 (61%)	20-39세 (69%)
사망율	97%	88%
구조자 사망율	50%	44%

<자료출처 : Professional Safety.(2014) “Confined Space Incident Reconstruction : The Future Depends on Understanding the Past”>

- 사망사고가 발생한 경우 대부분 출입전 밀폐공간 실내 사전 측정이나 환기를 실시하지 않았으며, 대부분 사망함.

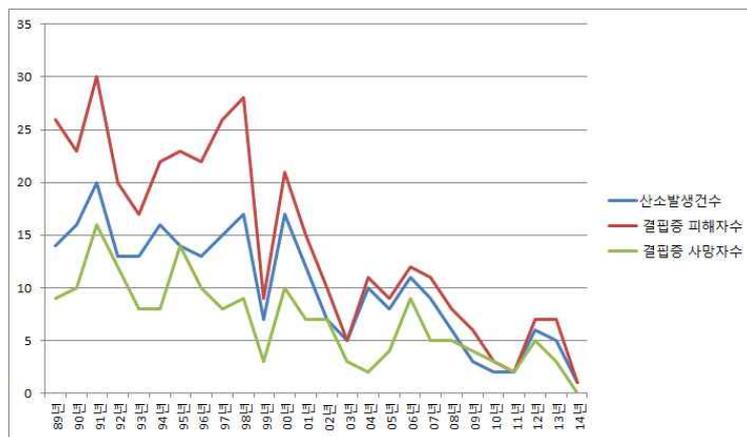
3) 일본의 예방활동

- 일본후생노동성의 “일본 산소결핍증 등 노동재해 발생정황 통계자료분석(1989년-2014년)”을 요약하여 아래에 도해하였다.

(1) 산소결핍증 등의 년도 별 재해발생 현황(1989년-2014년)

1.1 산소결핍증

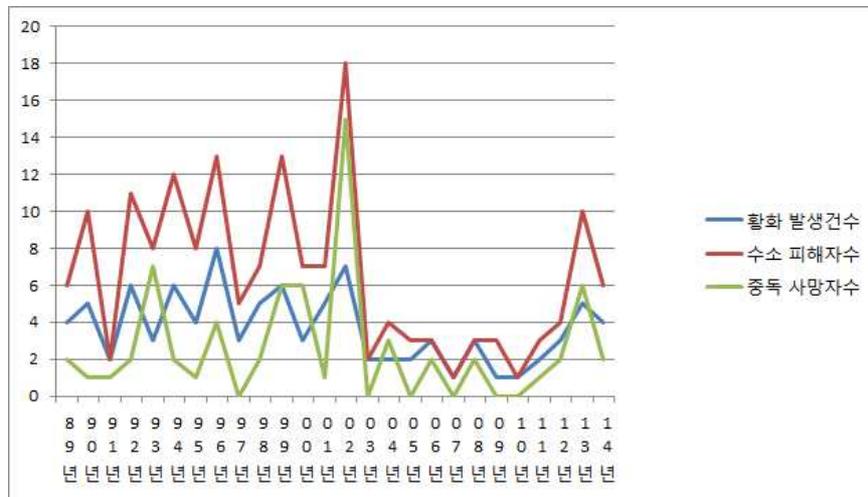
- 2014년에는 산소결핍증에 의한 노동재해는 1건(전년에 비해 4건이 감소)발생하고 피해자는 1인(전년에 비해 6인 감소), 사망자는 0인(전년에 비해 3인 감소)이다. 지난 20년간(1995년~2014년) 노동재해는 170건 발생하였다. [그림 2]



[그림 2] 산소결핍증에 의한 노동재해 발생현황(1989년~2014년)

1.2 황화수소중독

- 2014년에는 황화수소중독에 의한 노동재해는 4건(전년에 비해 1건 감소)발생하고 피해자는 6인(전년에 비해 4인 감소), 사망자는 2인(전년에 비해 4인 감소)이다. 지난 20년간(1995년~2014년) 노동재해는 70건 발생하였다. [그림 3]



[그림 3] 황화수소에 의한 노동재해 발생현황(1989년~2014년)

4) 해외주요기관의 밀폐공간 설정

(1) OSHA

- 작업자가 완전히 들어가서 작업을 수행하는데 충분한 크기
- 지속적인 작업을 목적으로 설계되지 않음.
- 진입과 퇴출이 제한된 공간
- 예시로서 지하 금고, 탱크, 창고, 피트와 제방 지역, 선박, 사일로 및 기타 유사한 영역

- 밀폐공간은 다음 중 하나 이상의 특징을 가진다.
 - 위험한 대기를 포함하거나 잠재적으로 유해하다.
 - 공간에 진입하는 작업자에게 위해성을 가할 수 있는 소재가 포함되어 있다.
 - 진입로가 안쪽으로 수렴하는 벽이나 아래쪽으로 기울어지고 더 작은 단면으로 가늘어지는 바닥에 의해 입구가 갇히거나 질식할 수 있는 내부 구성으로 되어있다.
 - 생명의 안전 또는 건강에 심각한 위협을 나타낸다.

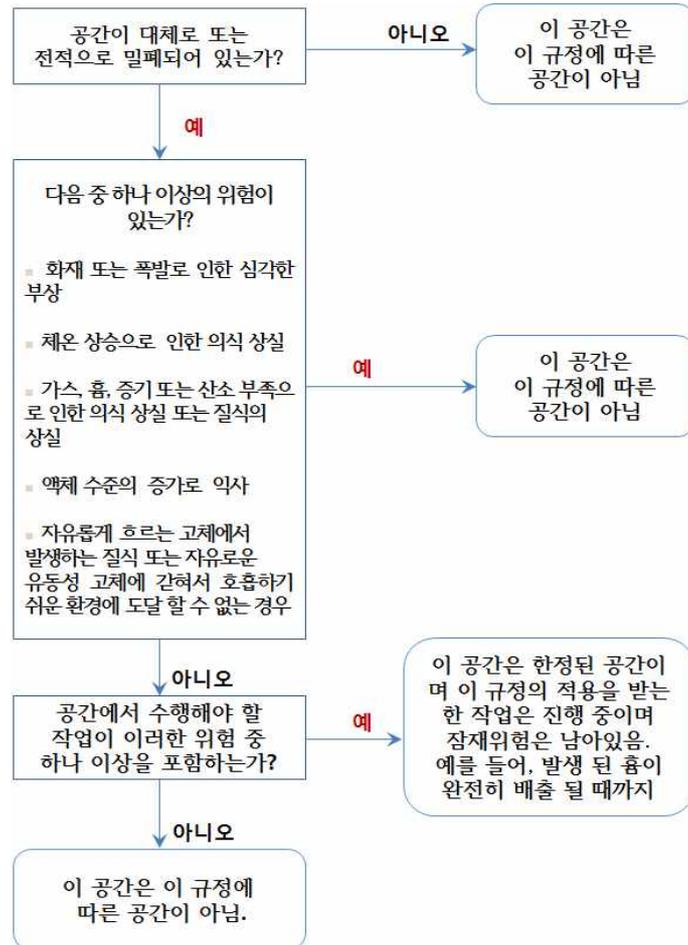
(2) HSE

- 실질적으로 (항상 전부는 아니지만) 둘러싸인 공간
- 특정 위험 요소 중 하나 이상이 존재하거나 합리적으로 예측 가능해야 한다.
- 일부 제한된 공간은 식별하기 쉬울 수 있다. 예를 들어 화학 물질을 저장하는데 사용되는 하수도와 밀폐 된 탱크가 있다. 그러나 제한된 공간이 반드시 필요하지는 않기 때문에 식별이 항상 쉬운 것은 아니다.
- 전체 면이 막혀져 있으며, 일부는, vats(통, 특히 산업 현장에서, 액체를 담는 데 쓰는 대형 통), 사일로 (silos 즉 큰 탑 모양의 곡식 저장고) 및 선박의 화물창과 같은 일부 화물선은 개방 된 상판 또는 측면을 가질 수 있다.
- 크기가 작고 작업하기 어렵다. 일부는, 곡물 사일로와 선박의 화물창처럼 매우 큰 것도 있다.
- 출입이 어렵다. 경우에 따라 여러 개의 입구/출구가 있을 수도 있으며 다른 출입구는 상당히 넓거나 탈출하기가 쉬울 경우도 있다.
- 근로자들이 정기적으로 일을 하지 않는 곳 - 일부 제한된 공간 (자동차 수리 센터에서 스프레이 페인팅에 사용되는 것과 같은)은

근로자들이 정기적으로 사용할 수도 있다.

- 일반적으로 제한된 공간으로 간주되지 않는 장소라 하더라도 간헐적으로 발생할 수 있는 둘러싸인 또는 제한된 변화나 내부 조건의 변화가 발생할 수 있다.
- 예를 들어 밀폐 된 공간에는 오염 물질이 없어야 하며 안전한 수준의 산소가 있을 수도 있지만 수행하는 작업으로 인하여 다음과 같이 변경될 수 있다.
- 산소의 일부를 소비하는 용접
- 페인트 스프레이 중 스프레이 부스
- 오염 물질을 추가 할 수 있는 세정 목적을 위해 화학 물질 사용이 경우, 공간은 제한된 공간으로 정의 될 수 있다. 작업이 진행 되는 동안 산소 농도가 회복되거나 오염 물질이 환기에 의해 분산 될 때까지 밀폐 된 공간으로 정의 될 수 있다. 일부 제한된 공간은 의도적으로 생길 수 있다.
- 예를 들어 산소 농도는 산소 농도를 감소시키거나 질소와 같은 다른 가스의 농도를 증가시킴으로써 고갈된(줄어든) 산소 환경(저산소 환경). 저산소환경이 사용되는 상황은 보관소에서 화재 점화를 막거나 과일이나 채소 같은 신선한 식품보존의 산화를 지연시키는 것이다.

- 밀폐공간은 다음의 플로우 차트에서 확인이 가능하다.



[그림 4] 이 영역은 제한된 공간인가?

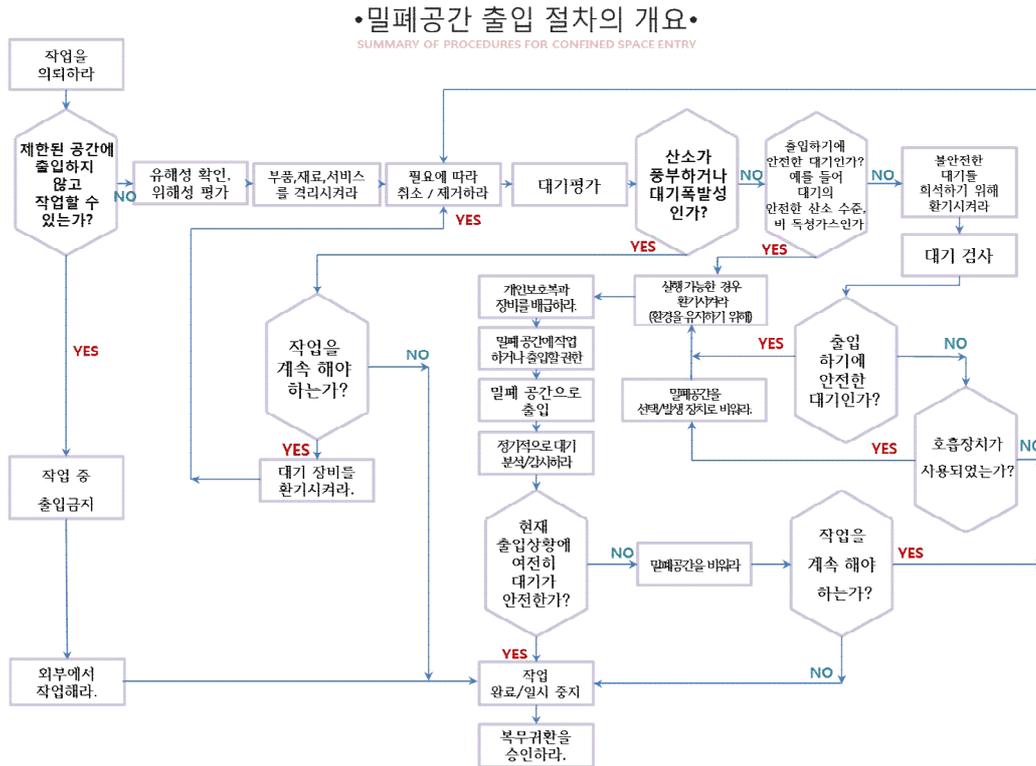
* 출처: HSE. Safe work in confined spaces Confined Spaces Regulations 1997. Approved Code of Practice and guidance. L101. HSE. 2014)

(3) 제한 공간의 예시 (HSE)

규정에 언급된 장소 이외에 '제한 공간'이라는 표현은 다음 장소서 일하는 사람들에게 위험 요소가 존재하거나 합리적인 예측이 가능한 위험이 있는 경우에만 나타낼 수 있다.

- 덕트, 배수구, 터널, 시추공, 지루한 말뚝, 맨홀, 샤프트, 굴착 및 참호, 웅덩이, 기계 구덩이, 임시 물막이
- 화물 컨테이너, 밸리스트 탱크, 선박 엔진룸 및 화물창
- 건물, 건물 공백으로서 일부 폐쇄된 방 (특히 식물 방)과 그 안에 있는 구획
- 석면 제거 목적으로 밀폐된 산화 할 가능성이 있는 물질의 저장에 사용되는 영역 (예 : 강철 체인 또는 목재 펠렛 호퍼 탱크용 저장실)
- 환기가 되지 않거나 불충분하게 통풍이 되는 방과 사일로(큰 탑 모양의 곡식 저장고)
- 제조 또는 제조 중에 한정된 공간이 되는 구조물
- 기계, 공장 또는 차량의 내부
- 규정에 의거하여 공간이 밀폐가 된 후 조건에 맞지 않고 하나 이상의 지정된 위험을 가지지 않는다면 '제한된 공간'이 될 수 없다.

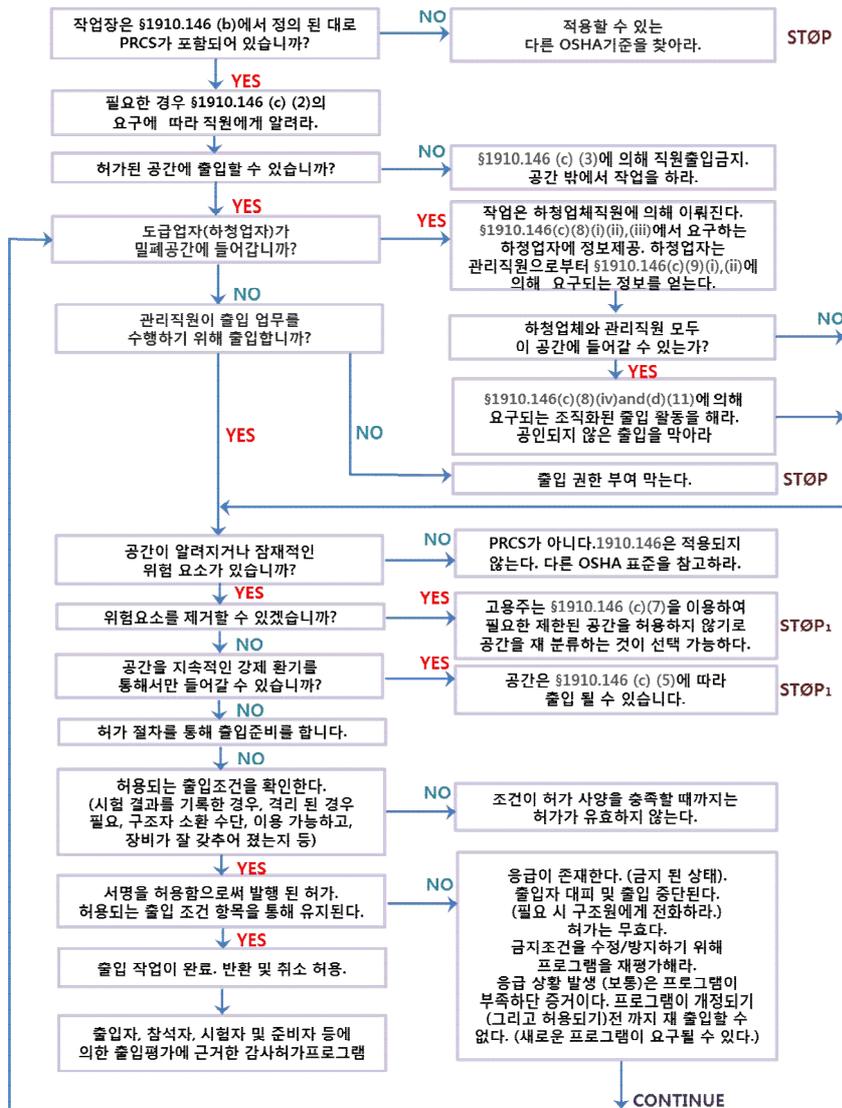
(4) 밀폐공간 출입 절차 및 절차 결정 흐름도



[그림 5] 허가 필요한 밀폐공간 결정 흐름도 1(뉴질랜드 노동부 자료 예시)

*자료출처: Occupational Safety and Health Service, New Zealand. Safe Working in a Confined Space. Department of Labour, New Zealand

•허가 필요한 밀폐 공간 결정 흐름도•



1 출입하는 동안 위험이 발생하면 공간을 비우고 재평가해야 할 수도 있습니다.
출처 : 29 CFR 1910.146 부록 A.

[그림 6] 허가 필요한 밀폐공간 결정 흐름도 2(OSHA 자료 예시)

*자료출처: OSHA. Permit-Required Confined Spaces. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. 3138-01R 2004.

2. 공단 DB 활용 5년간 밀폐공간 재해 분석 (2012-2016)

본 DB는 2012년에서 2016년 사이에 발생한 밀폐공간 재해로서 전체 189명 재해자 중 95명이 사망한 자료로서, 공단 3만여건의 DB를 최신화하기 위한 기초자료로 활용하기 위한 목적으로 분석하였다.

1) 연도별 총재해자 및 사망자

연도별 총재해자 및 사망자를 <표 13>에 나타내었다. 총재해자는 189명이며 이중 사망자는 95명으로 총재해자가 가장 높게 나타난 연도는 2013년 55명, 2014년 41명, 2012년 35명이며 각각 29.1%, 21.7% 18.5%로 나타났다. 사망자가 가장 높게 나타난 연도는 2013년 31명, 2012년 20명, 2014년 16명으로 각각 32.6%, 21.1%, 16.8%로 나타났다. 연중 변화에서 증감의 변화가 없이 총재해자와 사망자가 항상 높게 발생하고 있는 원인으로서는 무엇보다도 밀폐공간이 인재로 발생한다는 점과 밀폐공간의 위험성에 대한 이해나 인식이 여전히 부족한 것으로 보인다.

<표 13> 연도별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

연도	총재해자	%	사망자	%
2012	35	18.5	20	21.1
2013	55	29.1	31	32.6
2014	41	21.7	16	16.8
2015	25	13.2	14	14.7
2016	33	17.5	14	14.7
총합계	189	100.0	95	100.0

2) 월별 재해자 및 사망자

월별 총재해자 및 사망자를 <표 14>에 나타내었다. 가장 총재해자 수가 높게 나타나는 달은 3월 27명, 5월 22명, 12월 21명, 1월 18명이며 각각 14.3%, 11.6%, 11.1%, 9.5%로 나타났고, 사망자의 경우 12월 15명, 3월 14명, 5월 10명, 7월 8명으로 각각 15.8%, 14.7%, 10.5%, 7.4% 순으로 높게 나왔다. 월별 재해자 및 사망자의 경우 특정 월에 많이 나타나는 것은 대기적 환경 등에 의한 원인도 생각해 볼 수 있으나 밀폐공간의 작업이 특정 월에 모여 있는 경우가 더 큰 것으로 생각할 수 있다.

<표 14> 월별 총재해자 및 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

월	총재해자	%	사망자	%
1	18	9.5	8	8.4
2	9	4.8	4	4.2
3	27	14.3	14	14.7
4	16	8.5	7	7.4
5	22	11.6	10	10.5
6	11	5.8	3	3.2
7	17	9.0	9	9.5
8	12	6.3	7	7.4
9	15	7.9	6	6.3
10	7	3.7	5	5.3
11	14	7.4	7	7.4
12	21	11.1	15	15.8
총합계	189	100.0	95	100.0

3) 계절별 재해자 및 사망자

계절별 재해자수와 사망자수를 <표 15>에 나타내었다. 계절별로 전체 189명 중, 봄철에 65명(34.4%)로 가장 높게 나타났고 다음으로 여름 40명(21.2%), 겨울 48명(25.4%)로 나타났으며 가을에 36명(19.0%)로 가장 낮게 나타났다. 이들 계절별 요인으로 재해는 여름철이나 겨울철에 다발할 것으로 예상되나 재해자 및 사망자는 연중 계절의 요인에 의해서 증감하는 것으로는 보이지 않고 월별 재해자와 동일한 현상으로 파악된다.

<표 15> 계절별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

계절	총재해자	%	사망자	%
봄	65	34.4	31	32.6
여름	40	21.2	19	20.0
가을	36	19.0	18	18.9
겨울	48	25.4	27	28.4
총합계	189	100.0	95	100.0

4) 지역별 재해자 및 사망자

지역별 총재해자 및 사망자수를 <표 16>에 나타내었다. 가장 높게 나타나는 10개 지역은 울산, 경남, 경기서부, 충남, 경기남부, 전북, 충북, 경기북부, 부산, 서울본부이다. 지역별 원인으로서 다양한 유형의 밀폐공간을 보유하고 있는 사업장들이 밀집되어 있을 가능성이 높으며, 따라서 밀폐공간 작업은 그 지역에서 많이 일어나는데 이에 대한 앞서 언급한 바와 같이 밀폐공간의 위험성에 대한 이해나 인식이 아직 부족한 상황에서 사고를 미연에 방지하지 못한 것으로 보인다.

<표 16> 지역별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

지역별	총재해자	%	사망	%
울산	21	11.1	8	8.4
경남	20	10.6	9	9.5
경기서부	13	6.9	5	5.3
충남	12	6.3	8	8.4
경기남부	11	5.8	7	7.4
전북	10	5.3	7	7.4
충북	8	4.2	6	6.3
경기북부	8	4.2	5	5.3
부산	7	3.7	3	3.2
서울본부	6	3.2	0	0.0
전북서부	5	2.6	3	3.2
전남	5	2.6	1	1.1
대전본부	5	2.6	3	3.2
경북동부	5	2.6	2	2.1
제주	4	2.1	4	4.2
경북	4	2.1	1	1.1
중부본부	4	2.1	0	0.0
대구서부	4	2.1	3	3.2
부산본부	4	2.1	3	3.2
경기동부	4	2.1	4	4.2
대구	3	1.6	2	2.1
강원	3	1.6	1	1.1
인천	3	1.6	0	0.0
경기	3	1.6	2	2.1
전남동부	3	1.6	0	0.0
대전	3	1.6	2	2.1
서울북부	3	1.6	1	1.1
서울	2	1.1	1	1.1
부천	2	1.1	2	2.1
경북북부	2	1.1	0	0.0
광주본부	2	1.1	2	2.1
총합계	189	100.0	95	100.0

5) 기인물질별 재해자 및 사망자

기인물질별 총재해자, 사망자를 <표 17>에 나타내었다. 총재해자 189명 중 황화수소 46명(24.3%), 일산화탄소 46명(24.3%), 산소결핍 43명(22.8%), 기타독성가스 15명(7.9%), 아르곤 13명(6.9%), 질소 12명(6.3%)로 나타났다. 사망자는 95명 중 황화수소 22명(23.2%), 일산화탄소 22명(23.2%), 산소결핍 23명(24.2%), 기타독성가스 7명(7.4%), 아르곤 11명(11.6%), 질소 7명(7.4%)로 나타났다. 즉, 대부분의 경우 유독가스에 의한 질식사로 추정할 수 있고 질소나 아르곤의 경우는 유독가스가 아니지만 대기 함유량에 의하여 질식에 이르는 것으로 보이므로 이러한 가스의 다량 존재가 실질적인 산소결핍 상태를 만들 수 있다고 생각된다. 그렇게 본다면 사망자의 밀폐공간 사망 사인도 현재로서는 명확히 분류되어 있다고 볼 수 없는 실정이다. 이에 대한 체계를 정립해야 할 것으로 보인다.

<표 17> 기인물질별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

기인물질	총재해자	%	사망자	%
황화수소	46	24.3	22	23.2
일산화탄소	46	24.3	22	23.2
산소결핍	43	22.8	23	24.2
기타독성가스	15	7.9	7	7.4
아르곤	13	6.9	11	11.6
질소	12	6.3	7	7.4
유기용제	10	5.3	1	1.1
SF6(육불화황)	3	1.6	1	1.1
이산화탄소	1	0.5	1	1.1
총합계	189	100.0	95	100.0

6) 발생장소별 재해자 및 사망자

발생장소별 총재해자 및 사망자를 <표 18>로 나타내었다. 총재해자는 189명 중 오폐수 처리장, 정화조가 46명(24.3%)로 가장 높았으며 다음으로 저장용기 30명(15.9%), 건설현장 26명(13.8%), 맨홀 18명(9.5%), 기계설비(보일러 등) 17명(9.0%), 배관내부 10명(5.3%), 선박 10명(5.3%), 기타 7명(3.7%)로 나타났다. 전체 사망자 95명 중 오폐수 처리장, 정화조 19명(20.0%), 저장용기 17명(17.9%), 건설현장 11명(11.6%), 맨홀 6명(6.3%), 기계설비(보일러 등) 8명(8.4%), 배관내부 8명(8.4%), 선박 6명(6.3%), 기타 5명(5.3%)로 나타났다. 앞서 표 17에 나타난 바와 같이 기인물질과 발생장소는 연관성을 가지고 있는 것으로 나타나 있으며 TOP 1 및 TOP 2에 속하는 밀폐공간이 대부분인 것으로 추정된다. 그러나 건설현장의 경우는 TOP 6 유형의 밀폐공간으로서 콘크리트 양생작업에서의 재해이며 우리나라 재해중 이 기간 동안에는 3번째로 높게 나타났다.

<표 18> 발생장소별 재해자[재해발생기간 (2012~2016)]

발생장소	총재해자	%	사망	%
오폐수처리장, 정화조	46	24.3	19	20.0
저장용기	30	15.9	17	17.9
건설현장	26	13.8	11	11.6
맨홀	18	9.5	6	6.3
기계설비(보일러 등)	17	9.0	8	8.4
배관내부	10	5.3	8	8.4
선박	10	5.3	6	6.3
기타	7	3.7	5	5.3
전로	5	2.6	5	5.3
음식물처리장	4	2.1	3	3.2
밀폐작업장	4	2.1	1	1.1
측사정화조	4	2.1	2	2.1
반응기	3	1.6	2	2.1
변전소	3	1.6	1	1.1
숙소	2	1.1	1	1.1
총합계	189	100.0	95	100.0

7) 발생형태별 재해자 및 사망자

발생형태별 총재해자를 <표 19>로 나타내었다. 총재해자 189명 중 산소결핍이 68명(36.0%)으로 가장 높았고 다음으로 화학물질 누출, 접촉이 63명(33.3%), 분류불능 27명(14.3%), 화학물질누출 14명(7.4%), 밀폐 등 산소부족 장소의 작업이 5명(2.6%)로 뒤를 잇는다. 사망자는 총 95명 중 산소결핍이 39명으로 가장 높고, 다음으로 화학물질누출, 접촉 30명, 분류불능 9명, 화학물질누출 8명, 밀폐 등 산소부족 장소의 작업 2명으로 나타났다. 발생 형태별 재해자에서 볼 때, 산소 결핍이나 화학물질 누출 접촉등의 대부분을 차지하고 있다. 다만, 분류 불능이나 미상의 발생 형태가 나타나는 것으로 보아 밀폐공간 내의 사고가 명확히 확인되지 않은 경우가 많은 것으로 볼 수 있다. 이들의 원인으로서는 아직까지 우리나라의 경우 밀폐공간에 대한 명확한 지식을 가지고 있지 않은 경우가 많이 있을 것으로 보여진다.

<표 19> 발생형태별 재해자[재해발생기간 (2012~2016)]

발생형태	총재해자	%	사망	%
산소결핍	68	36.0	39	41.1
화학물질 누출, 접촉	63	33.3	30	31.6
분류불능	27	14.3	9	9.5
화학물질누출	14	7.4	8	8.4
밀폐 등 산소부족 장소의 작업	5	2.6	2	2.1
익수, 잠김	3	1.6	0	0.0
물질의 흡입	3	1.6	3	3.2
미상	2	1.1	1	1.1
질소누출	2	1.1	2	2.1
빠짐, 익사	1	0.5	0	0.0
직업병(진폐 제외)	1	0.5	1	1.1
총합계	189	100.0	95	100.0

8) 작업내용별 재해자 및 사망자

작업내용별 총재해자, 사망자를 <표 20>로 나타내었다. 총재해자 189명 중 가장 높은 미상이 140명(74.1%), 탱크, 챔프 내 구조작업 8명(4.2%), 맨홀, 피트작업 7명(3.7%), 폐수처리 등 작업 6명(3.2%), 점검, 수리 6명(3.2%), 작업자 구조 5명(2.6%), 건설현장 양생작업 5명(2.6%)으로 나타났다. 사망자는 총 95명 중 미상이 68명, 탱크, 챔프 내 구조작업 7명, 맨홀, 피트작업 2명, 폐수처리 등 작업 2명, 점검, 수리 3명, 작업자 구조 1명, 건설현장양생작업 4명으로 나타났다. 작업 내용에서 보았을 때, 미상이 전체의 74.1%를 차지하고 있으므로, 이 역시 표19에 나타난 내용과 동일한 현상으로 파악된다. 즉 밀폐공간 작업의 파악이 명확하지 못하며, 어떤 작업을 하였는지도 명확하지 않다는 것을 의미하고 있다. 그리고 이러한 불명확한 작업들이 작업 내용의 대부분을 차지한다고 보여진다.

<표 20> 작업내용별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

작업내용	총재해자	%	사망자	%
미상	140	74.1	68	71.6
탱크, 챔프 내 구조작업	8	4.2	7	7.4
맨홀, 피트작업	7	3.7	2	2.1
폐수처리 등 작업	6	3.2	2	2.1
점검, 수리	6	3.2	3	3.2
작업자 구조	5	2.6	1	1.1
건설현장 양생작업	5	2.6	4	4.2
현장 작업, 점검	3	1.6	2	2.1
탱크, 챔버 내 청소	3	1.6	1	1.1
탱크, 챔버 내 작업	3	1.6	2	2.1
탱크, 챔버 등 점검, 수리	1	0.5	1	1.1
기타	1	0.5	1	1.1
전기로작업	1	0.5	1	1.1
총합계	189	100.0	95	100.0

9) 재해원인별 재해자 및 사망자

재해원인별 총 재해자를 <표 21>에 나타내었다. 총재해자 189명 중 잔류흡입이 43명(22.8%)로 가장 높았고 이어서 일산화탄소중독 42명(22.2%), 산소결핍 41명(21.7%), 황화수소중독 40명(21.2%), 누출흡입 14명(7.4%), 기타 9명(4.8%)으로 나타났다. 사망자는 95명 중 잔류흡입이 20명, 산소결핍 18명, 황화수소중독 21명, 일산화탄소중독 19명, 누출흡입 10명, 기타 7명으로 나타났다. 밀폐공간의 재해원인으로써 잔류흡입, 일산화탄소 중독, 산소 결핍, 황화 수소 중독의 4가지 원인이 대부분을 차지하였다.

<표 21> 재해원인별 재해자[재해발생기간 (2012~2016)]

재해원인	총재해자	%	사망자	%
잔류흡입	43	22.8	20	21.1
일산화탄소중독	42	22.2	18	18.9
산소결핍	41	21.7	21	22.1
황화수소중독	40	21.2	19	20.0
누출흡입	14	7.4	10	10.5
기타	9	4.8	7	7.4
총합계	189	100.0	95	100.0

10) 재해유형별 재해자 및 사망자

재해유형별 총재해자, 사망자를 <표 22>에 나타내었다. 총재해자 전체 189명 중 중독 80명(42.3%)로 가장 높았고 뒤이어 미상이 58명(30.7%), 산소결핍이 51명(27.0%)로 가장 낮았다. 사망자는 전체 95명 중 중독이 37명, 산소결핍 30명, 미상이 28명 순으로 나타났다. 재해유형별로 보았을 때, 중독 및 산소 결핍 이외의 미상의 경우는 추후 확인이 필요하다.

<표 22> 재해유형별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

재해유형	총재해자	%	사망자	%
중독	80	42.3	37	38.9
산소결핍	51	27.0	30	31.6
미상	58	30.7	28	29.5
총합계	189	100.0	95	100.0

2012년에서 2016년의 최근 5년간의 재해 데이터의 결과에서 나타난 바와 같이 재해의 요인별로 분류하여 확인하여 볼 때, 재해 발생 현황 정도를 확인하고 있는 실정이며, 밀폐공간의 재해 원인에 대해서는 분류의 방식과 데이터의 결과 면에서 명확성이 현저히 떨어지는 밀폐공간 재해의 원인을 파악할 수 없는 데이터로 보여 진다. 즉, 데이터 입력에서 나타난 바와 같이 원인/요인의 ‘미상’이 가장 높게 차지하고 있다거나, ‘분류불능’ 또는 ‘기타독성가스’ 로의 입력 상황은 재해의 원인을 전혀 알 수 없고 이들이 왜 재해가 나타났는지에 대한 세부적인 유추가 불가능하게 된다.

11) 대업종별 재해자 및 사망자

대업종별 총재해자, 사망자를 <표 23>에 나타내었다. 총재해자 전체 189명 중 건설업이 78명(41.3%)로 가장 높았고 뒤이어 제조업 59명(31.2%), 기타의 사업 35명(18.5%), 농업 8명(4.2%), 운수, 창고 및 통신업 4명(2.1%), 축산업 3명(1.6%), 광업이 2명(1.1%)로 가장 낮았다. 사망자는 전체 95명 중 건설업 39명, 제조업 32명, 기타의 사업 15명, 농업 4명, 운수, 창고 및 통신업 3명, 축산업 2명, 광업 0명 순으로 나타났다. 그러므로, 우리나라 밀폐공간의 재해는 건설업 제조업 기타의 사업에서 가장 많이 나타나고 있으며, 우리나라의 전형적인 패턴이라고 생각된다. 미국의 경우에는 앞서 나타난 바와 같이 농업, 제조업, 공공행정, 건설업의 순으로서 우리나라와 비교해 볼 때, 미국의 경우는 농업에서 가장 높게 나타나고 있고, 건설업에서 조금 낮게 나타나고 있다.

<표 23> 대업종별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

대업종명	총재해자	%	사망자	%
건설업	78	41.3	39	41.1
제조업	59	31.2	32	33.7
기타의 사업	35	18.5	15	15.8
농업	8	4.2	4	4.2
운수, 창고 및 통신업	4	2.1	3	3.2
축산업	3	1.6	2	2.1
광업	2	1.1	0	0.0
총합계	189	100.0	95	100.0

12) 중업종별 재해자 및 사망자

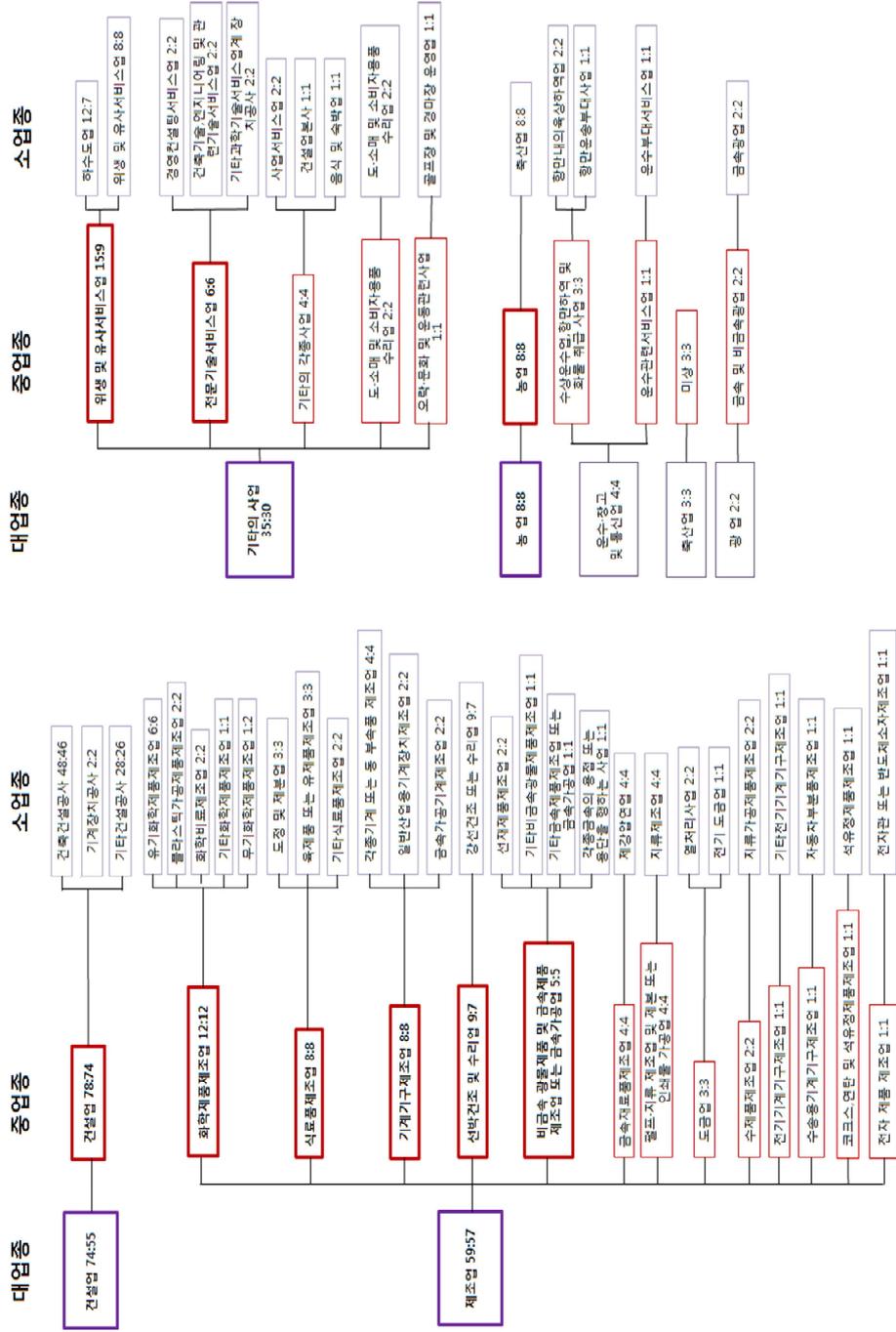
중업종별 총재해자, 사망자가 높은 업종 순으로 분류하여 <표 24>로 나타내었다. 총재해자 전체 189명 중 건설업 78명(41%), 위생 및 유사서비스업 20명(11%), 화학제품제조업 12명(6%), 선박건조 및 수리업 9명(5%), 식료품제조업 8명(4%), 농업 8명(4%), 기계기구제조업 8명(4%), 전문기술서비스업 6명(3%), 비금속광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업 5명(2%)로 나타났고 사망자는 전체 95명 중 건설업이 74명(41%), 위생 및 유사서비스업 15명(8%), 화학제품제조업 12명(7%), 식료품제조업 8명(4%), 농업 8명(4%), 기계기구제조업 8명(4%), 선박건조 및 수리업 7명(4%), 전문기술서비스업 6명(3%), 비금속광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업 5명(3%)으로 나타났다. 전체적으로 건설업에서 가장 많은 재해가 나타나고 있으며, 2위가 위생 및 유사서비스업으로 높은 밀폐공간 재해를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 제조업의 경우는 전체 대 업종에서 확인할 경우 높은 재해를 나타내는 업종이나 중업종으로 분류해 볼 때 업종별로 차이를 나타내었으며, 화학제품제조업, 선박건조 및 수리업, 식료품제조업이 제조업의 밀폐공간 재해에 가장 높은 재해수를 나타내고 있다. 이들 결과를 미국과 비교하여 볼 때, 미국의 경우 밀폐공간의 사고는 2000년을 기준으로 과거의 경우 현재 우리나라에서 발생하는 재해와 같은 형태로 건설업 분야에서 황화수소, 일산화탄소, 질소가스 등의 TOP 6 유형의 콘크리트 양생작업으로 추정할 수 있는 작업에서 흔히 발생하였으나 근래에 와서는 곡물저장, 수송 등에서 곡분 등에서 발생되고 있다. 즉, 독성이나 질식 재해의 예견이 비교적 어려운 경우에 재해가 발생하는 것으로 보고되고 있다. 이와 비교해 볼 때, 우리나라는 아직 예견이 확실하고, 재해가 나타날 가능성이 높은 곳에서 발생하는 경우가 많으므로 인재의 경우가 많다고 보여진다.

<표 24> 중업종별 총재해자, 사망자[재해발생기간 (2012~2016)]

대업종	중업종	총 재해자	%	사망자	%
건설업	건설업	78	41.3	39	41.1
기타의 사업	위생 및 유사서비스업	22	11.6	8	8.4
제조업	화학제품제조업	12	6.3	6	6.3
	선박건조 및 수리업	9	4.8	3	3.2
	식료품제조업	8	4.2	7	7.4
농업	농업	8	4.2	4	4.2
제조업	기계기구제조업	8	4.2	5	5.3
기타의 사업	전문기술서비스업	6	3.2	3	3.2
제조업	비금속광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업	5	2.6	3	3.2
	금속재료제품제조업	4	2.1	4	4.2
	펄프, 지류제조업 및 제본 또는 인쇄물가공업	4	2.1	1	1.1
기타의 사업	기타의 각종사업	4	2.1	2	2.1
제조업	미상	3	1.6	2	2.1
	도금업	3	1.6	0	0.0
운수 창고 및 통신업	수상운수업, 항만하역 및 화물취급사업	3	1.6	3	3.2
광업	금속 및 비금속광업	2	1.1	0	0.0
제조업	수제품제조업	2	1.1	1	1.1
기타의 사업	도, 소매 및 소비자용품수리업	2	1.1	2	2.1
운수창고 및 통신업	운수관련서비스업	1	0.5	0	0.0
기타의 사업	오락, 문화 및 운동관련사업	1	0.5	0	0.0
제조업	전기기계기구제조업	1	0.5	0	0.0
	전자제품제조업	1	0.5	0	0.0
	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	1	0.5	1	1.1
	수송용기계기구제조업	1	0.5	1	1.1
	총합계	189	100.0	95	100.0

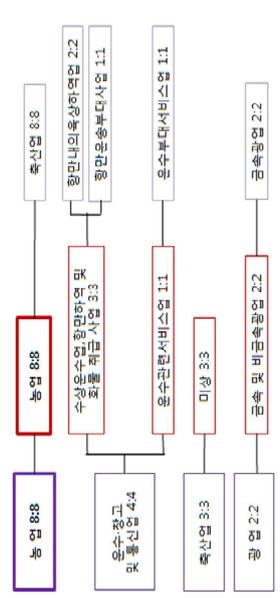
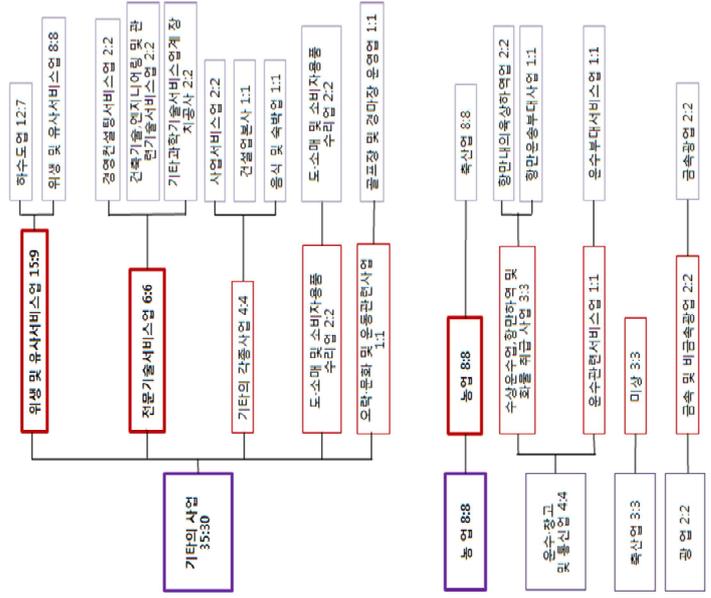
3. 중업종 분류에 의한 밀폐공간 재해 요인분석

대업종, 중업종, 소업종에 대한 총재해자수와 사망자수를 [그림 7]에 나타내었다. 대업종의 경우 건설업, 제조업, 기타의 사업 및 농업에서 총재해자수 및 사망자수가 가장 높게 나타났다. 중업종의 경우는 이들 대업종에서 파생된 업종으로서 건설업은 중업종의 건설업, 제조업은 화학제품제조업, 식료품제조업, 기계기구제조업, 선박건조 및 수리업 및 비금속 광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업에서 높게 나타났다. 기타의 사업에서는 위생 및 유사서비스업과 전문기술서비스업에서 높게 나타났고 농업에서는 중업종의 농업에서 높게 나타났다.



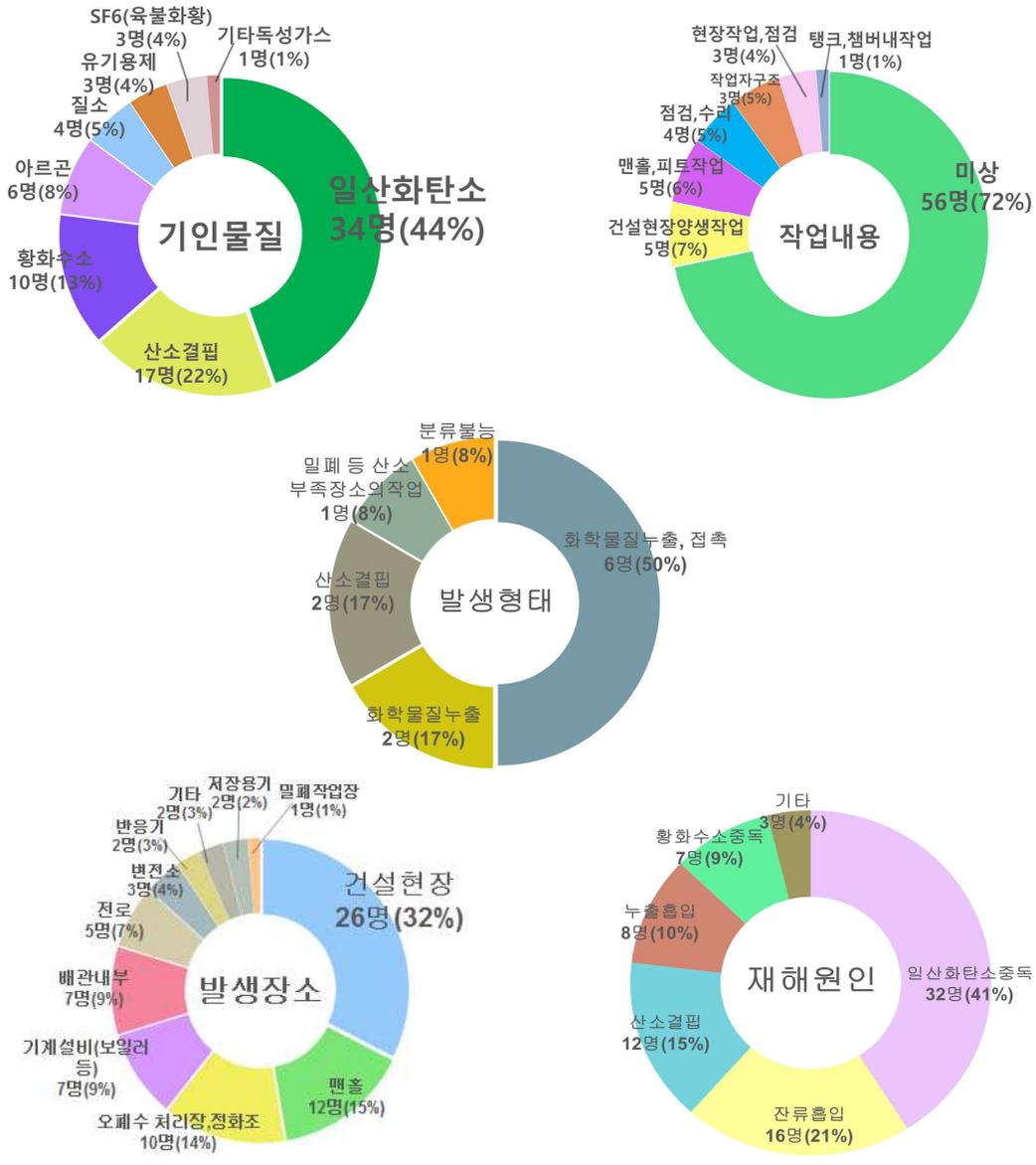
[그림 기] 업종 분류별 재해자 수 및 사망자수 (총재해자:사망자)

대업종 중업종 소업종



1) 건설업

전체 재해자 78명 중 기인물질은 일산화탄소가 34명(44%)으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 산소결핍이 17명(22%), 황화수소 10명(13%), 아르곤 6명(8%), 질소 4명(5%), 유기용제 3명(4%), SF₆(육불화황) 3명(4%), 기타독성가스가 1명(1%)의 순으로 나타났다. 작업내용의 경우, 미상(모르는 경우)이 56명(72%)로 가장 높게 나타났고, 건설현장 양생작업 5명(7%), 맨홀, 피트작업 5명(6%), 점검, 수리 4명(5%), 작업자구조 3명(5%), 현장 작업, 점검 3명(4%), 탱크, 챔버 내 작업이 1명(1%)의 순으로 나타났다. 발생형태는 화학물질누출이 37명(47%)로 가장 높았고 그 다음으로 산소결핍 19명(24%), 분류불능 8명(10%), 화학물질누출 3명(4%), 익수, 잠김 3명(4%), 밀폐 등 산소부족 장소의 작업 2명(3%), 물질의 흡입 2명(3%), 질소누출 2명(3%), 미상이 1명(1%)의 순으로 나타났다. 발생장소는 건설현장이 26명(32%)으로 가장 높았고, 맨홀 12명(15%), 오폐수 처리장, 정화조 10명(14%), 기계설비(보일러 등) 7명(9%), 배관내부 7명(9%), 전로 5명(7%), 변전소 3명(4%), 반응기 2명(3%), 기타 2명(3%), 저장용기 2명(3%), 밀폐작업장이 1명(1%)의 순으로서 건설업의 경우는 양생작업 이외에 밀폐공간의 다양한 유형으로서 재해가 발생됨을 알 수 있었다. 재해원인은 잔류흡입이 32명(41%), 일산화탄소중독 16명(21%), 산소결핍 15명(19%), 황화수소중독 8명(10%), 누출흡입 7명(9%), 기타 3명(4%)으로 나타났다. 우리나라 건설업에서의 밀폐공간 재해는 건설을 하고 있는 과정에서 나타나므로 경우도 있고, 일반 오폐수 처리시설에서 나타나는 경우도 있으며, 화학물질의 누출과 같은 경우도 있어 밀폐공간에 대한 의식부족, 안전에 관한 지식이 부족하여 나타나는 경우가 많다고 보여진다. 사업주나 밀폐공간 관리자가 사전에 파악하고 교육을 실시한다 하더라도 이를 지키거나, 수행하지 않을 경우는 의미가 없다.

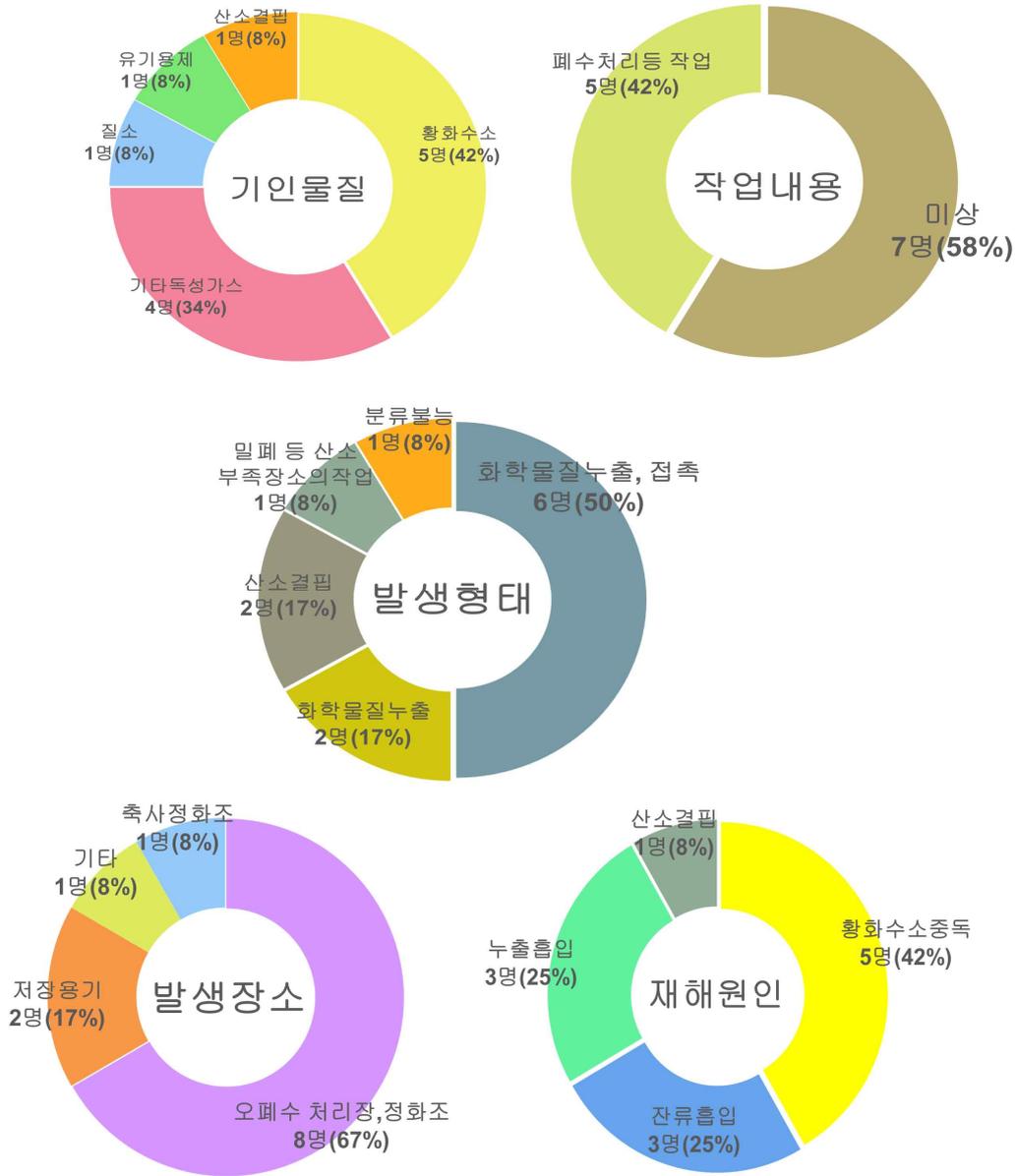


[그림 8] 건설업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 재해자 수

2) 화학제품제조업

전체 재해자 12명 중, 기인물질은 황화수소가 5명(42%)로 가장 높았으며, 그 다음으로 기타독성가스 4명(34%), 질소 2명(8%), 유기용제 1명(8%), 산소결핍이 1명(8%)의 순으로 나타났다. 작업내용으로는 미상과 폐수처리 등 작업의 2종류로서 사고의 원인을 잘 알지 못하였다. 각각 재해자는 전체 12명 중 미상이 7명(58%), 폐수처리 등 작업이 5명(42%)로 나타나 과반수 이상이 미상으로서 잘 모르는 경우였다. 발생형태는 화학물질누출, 접촉이 6명(50%)로 가장 높았고, 두 번째로 화학물질 누출 2명(17%), 산소결핍 2명(17%)로 높았으며 밀폐 등 산소부족 장소의 작업 1명(8%), 분류불능 1명(8%)가 가장 낮게 나타났다. 발생장소는 오폐수 처리장, 정화조가 8명(67%)로 가장 높았고 뒤이어 저장용기 2명(17%), 기타 1명(8%), 축사정화조 1명(8%)로 가장 낮게 나타났다. 재해원인은 황화수소중독이 5명(42%)로 가장 높았고 두 번째로 잔류흡입이 3명(25%), 누출흡입 3명(25%), 산소결핍이 1명(8%)로 가장 낮게 나왔다.

화학제품 제조업의 경우, 오폐수 처리장 등에서 발생하는 황화수소가 원인물질로써 가장 많이 나타나는 현상을 보이고 있으나, 화학 물질을 저장하는 저장용기가 다수 있을 것으로 생각할 수 있고, 이러한 저장용기를 사전에 파악해놓을 필요성이 있다. 그리고 작업내용에 '미상'은 한번 더 재해 예방의 견지에서 재고해야 할 필요가 있는 항목이며, 오폐수처리의 경우는 밀폐공간으로 위험을 잘 알고 있는 공간이므로 인체에 대한 대책이 필요하다.

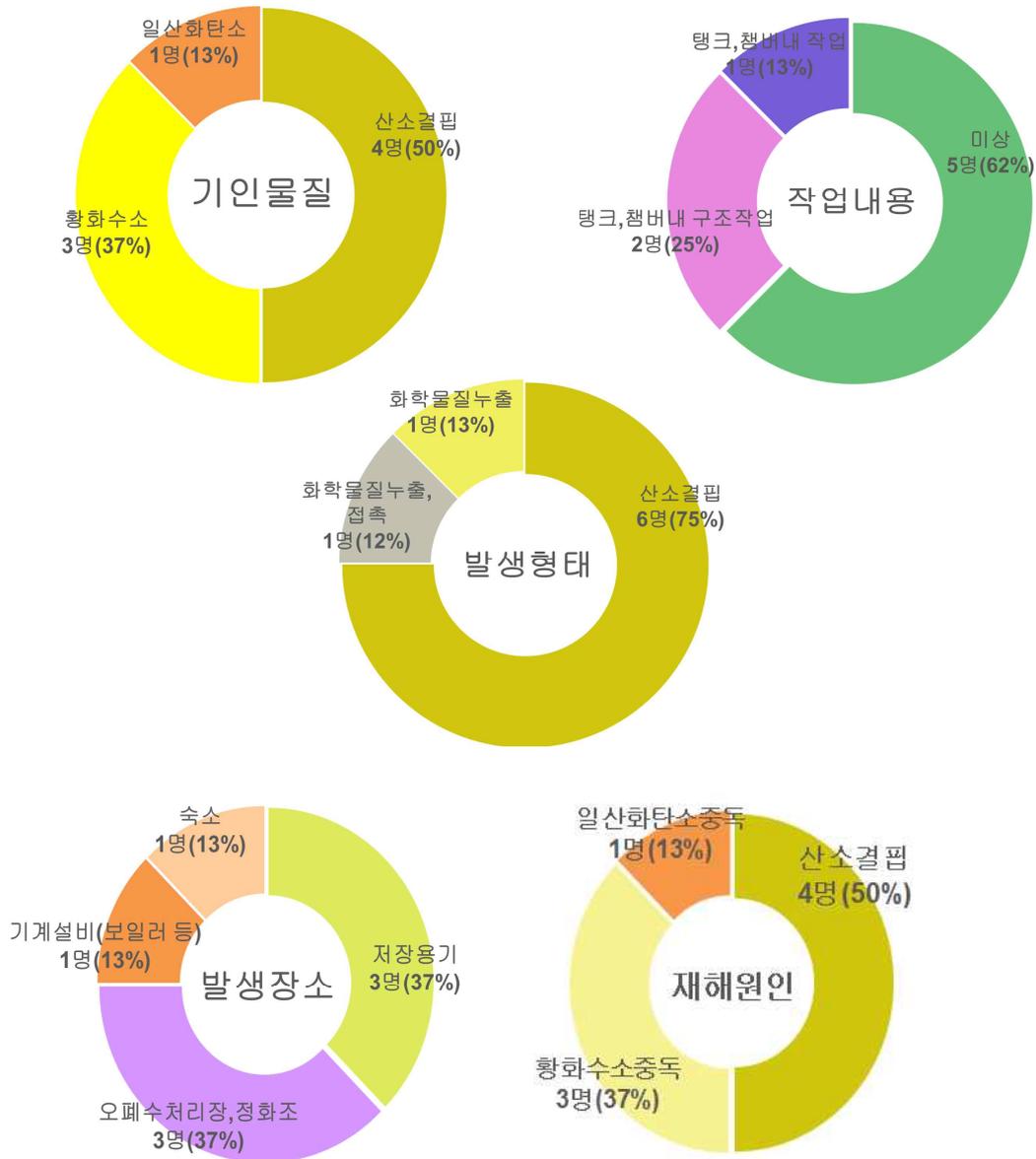


[그림 9] 화학제품제조업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수

3) 식료품제조업

전체 재해자 8명 중, 기인물질에는 산소결핍이 4명(50%)로 가장 높았고, 두 번째로 황화수소 3명(37%), 마지막으로 일산화탄소가 1명(13%)의 순이었다. 작업내용의 가장 높은 재해자 수가 나타난 미상은 5명(62%), 탱크, 챔버 내 구조작업 2명(25%), 탱크, 챔버 내 작업이 1명(13%)순이었다. 발생형태는 산소결핍이 6명(75%)로 가장 높게 나타났고 화학물질누출 및 접촉이 1명(12%), 화학물질 누출이 1명(13%)로 가장 낮게 나타났다. 발생장소는 가장 많은 재해자가 나타난 저장용기와 오페수처리장 및 정화조는 3명(37%)이고 두 번째로 기계설비(보일러 등)는 1명(13%), 마지막으로 가장 낮은 수치를 보인 숙소는 1명(13%)로 나타났다. 재해원인은 산소결핍이 4명(50%)로 가장 높은 수치를 나타내고 황화수소중독이 그 뒤를 이어 3명(37%)로 뒤따르고 일산화탄소중독이 1명(13%)로 가장 낮은 재해자수를 나타내었다.

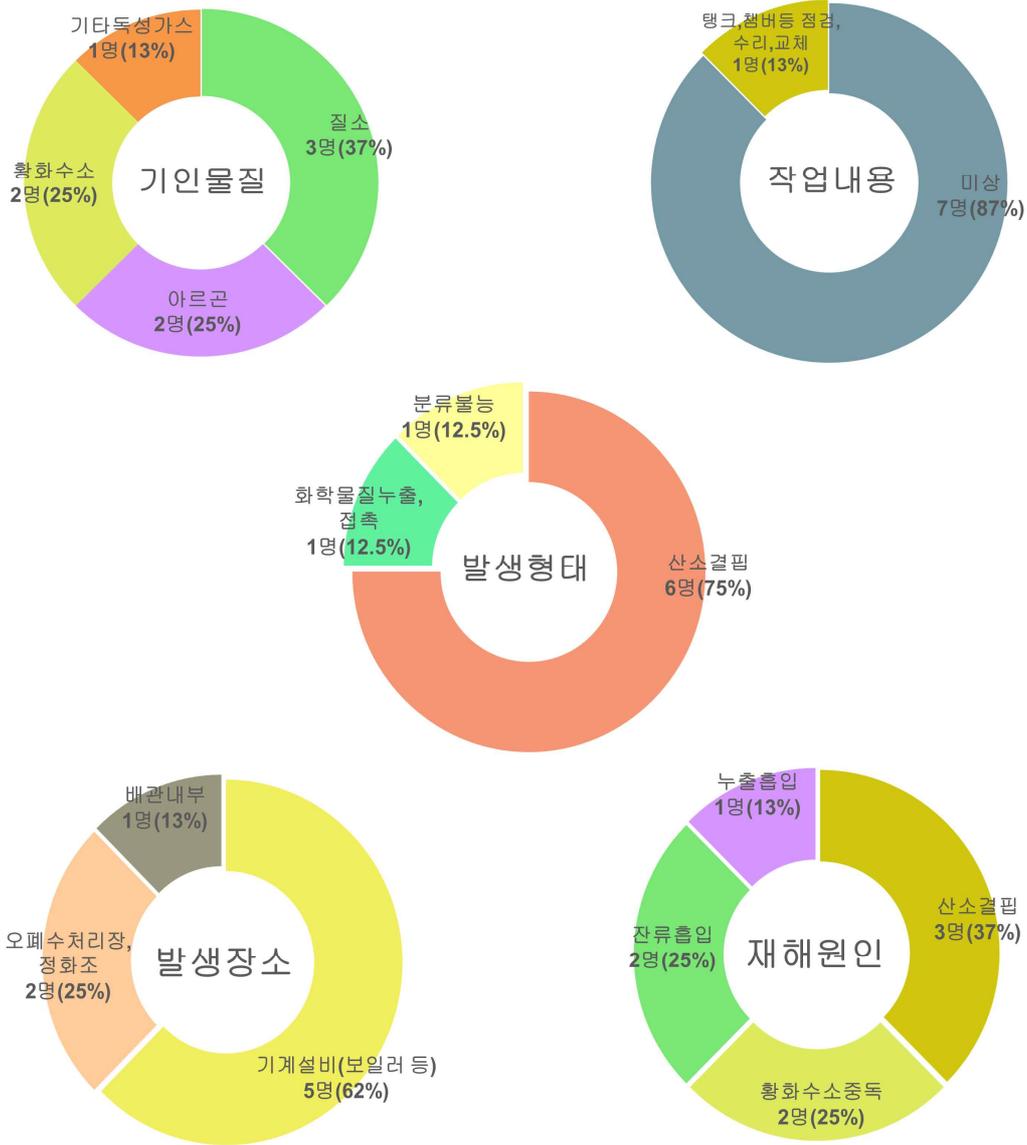
식료품제조업의 경우 발생 장소가 저장 용기나 오피스 처리장 및 정화조로 나타나고 있어, 이 업종의 경우에는 업종에 특징적인 밀폐공간의 형태는 아니며, 다른 업종에서도 흔히 나타나고 있는 작업의 형태로 보여진다.



[그림 10] 식료품제조업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 지해원인별 총재해자 수

4) 기계기구제조업

총 재해자 8명 중 기인물질에는 질소가 3명(37%)로 가장 높았고 그 다음으로 아르곤과 황화수소가 2명(25%)이었으며, 기타독성가스가 1명(13%)으로 가장 낮은 수치를 나타냈다. 작업내용은 미상이 7명(87%)이었으며 탱크 챔버 등 점검, 수리, 교체가 1명(13%)이었다. 발생형태는 산소결핍이 6명(75%)로 가장 높게 나타났으며, 화학물질누출 및 접촉이 1명(12.5%)이었고, 분류불능이 1명(12.5%)이었다. 발생장소는 기계설비(보일러 등)가 5명(62%)으로 가장 많은 비율을 차지하였고, 오폐수처리장 및 정화조가 2명(25%), 배관내부 1명(13%)이었다. 재해원인은 산소결핍이 3명(37%)로 가장 높았으며, 이어서 황화수소중독과 잔류흡입이 2명(25%), 누출흡입이 그 뒤를 이어 1명(13%)로 가장 낮게 나타났다. 기계기구 제조업의 경우, 보일러 등의 기계설비와 오폐수처리장 및 정화조가 발생형태로 나타나고 있고, 기인 물질과 재해 원인도 다양하게 나타나고 있어, 다양한 작업들로 밀폐공간이 구성되어 있는 것으로 보여지나, 작업 내용이 확인되지 않는 경우가 대부분이므로 추후 이들 작업 내용에 대한 명확한 확인이 필요하다.

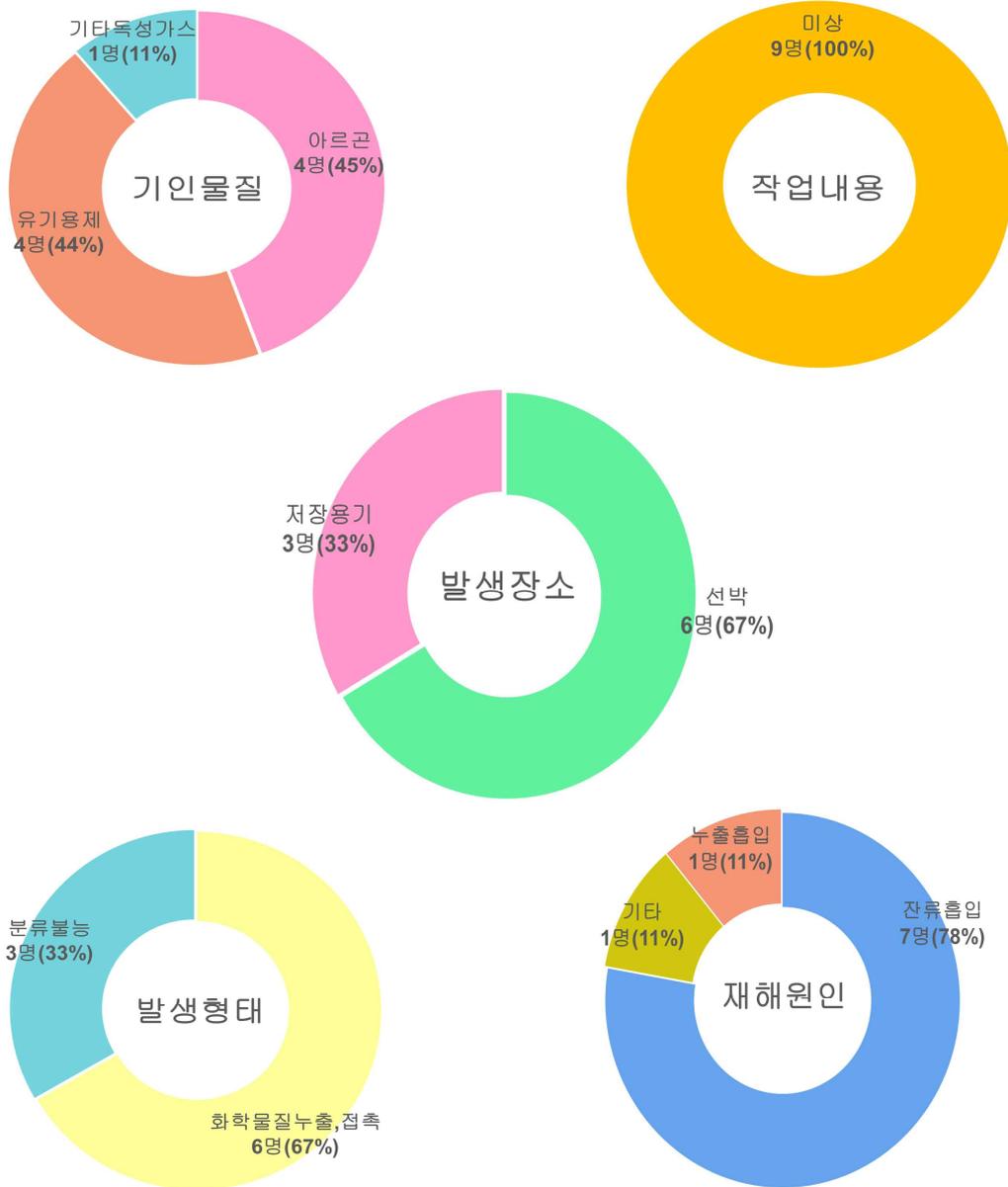


[그림 11] 기계기구제조업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수

5) 선박건조수리업

총 재해자 9명 중 기인물질에 아르곤은 4명(45%)로 가장 높고 그와 비슷하게 유기용제가 그 뒤를 이어 4명(44%), 마지막으로 기타독성가스가 1명(11%)로 가장 낮게 나타났다. 작업내용은 미상이며 전체 재해자 수는 9명(100%)으로 나타나 있다. 발생형태에는 화학물질누출 및 접촉이 6명(67%)로 가장 많은 비율을 차지하며, 분류불능이 3명(33%)로 그 뒤를 이었다. 발생장소는 선박 9명(67%)로 전체 2/3를 차지하고 저장용기는 3명(33%)로 전체 1/3을 차지하였다. 재해원인은 잔류흡입이 7명(78%)로 가장 높았으며, 누출흡입이 1명(11%)이었다.

선박 건조 수리업의 경우, 선박의 수리를 위하여 선실 내부에서 작업을 하던 중 유해가스나 산소부족으로 재해를 당하는 경우가 흔히 나타난다. 이 경우에서도 밀폐공간의 위험성에 관해 사전 인지하지 못하고 작업을 하여 발생하게 되므로, 밀폐공간에 관한 교육은 실시해야 할 필요가 있다.

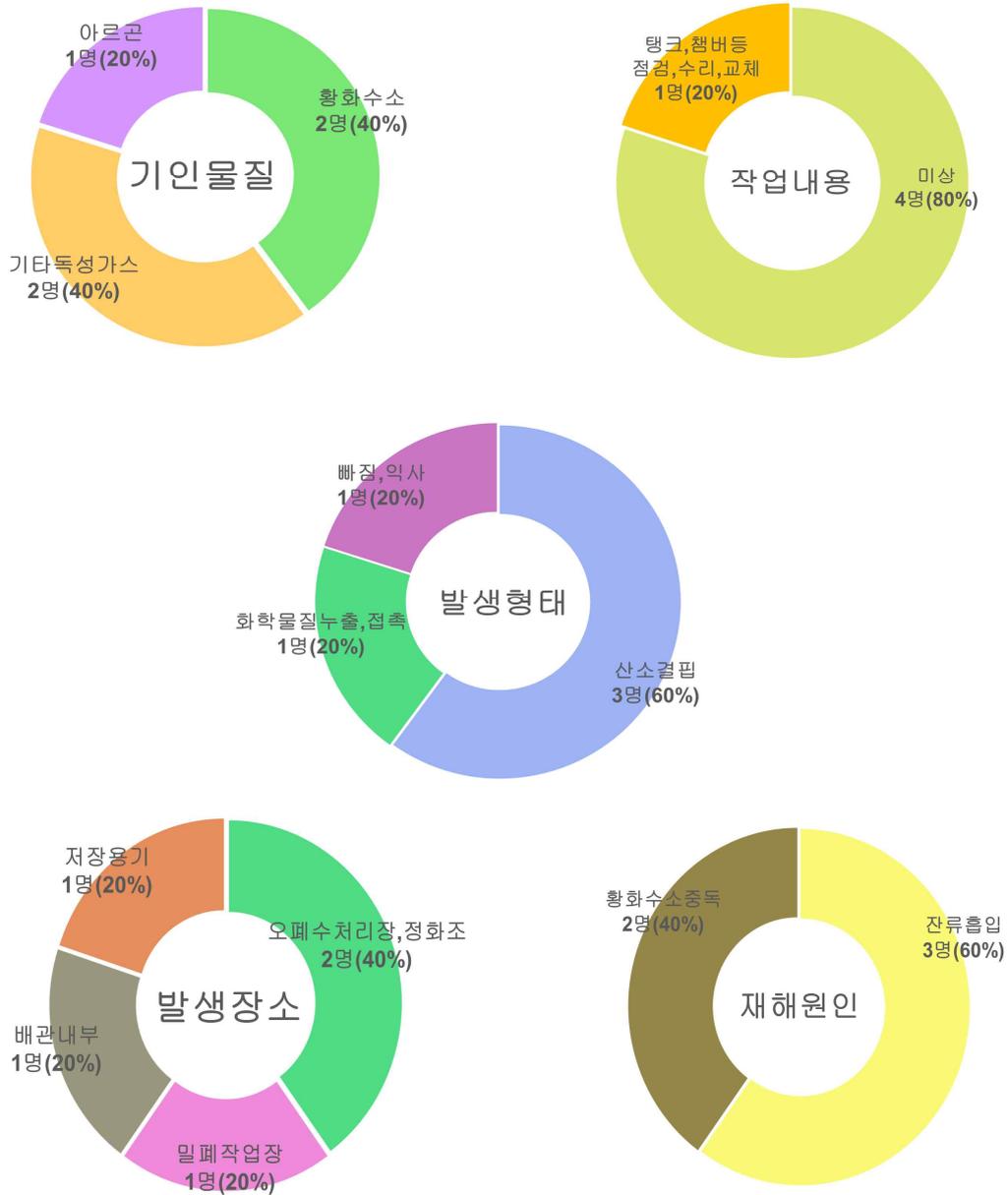


[그림 12] 선박건조수리업의 기인물질, 작업내용, 발생장소, 발생형태, 재해원인별 총재해자 수

6) 비금속 광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업

총 재해자 5명 중 기인물질에는 황화수소가 2명(40%), 기타독성가스도 2명(40%)이었으며, 아르곤은 1명(20%)을 나타내었다. 작업내용은 미상이 4명(80%)으로 전체 3/4를 차지하였고, 탱크 챔버 등 수리, 점검, 교체가 1명(20%)로 전체 1/4를 차지하였다. 발생형태는 산소결핍에는 3명(60%)이었고, 화학물질누출 및 접촉은 1명(20%) 그리고 빠짐 및 익사도 1명(20%)이었다. 발생장소는 오폐수처리장 및 정화조가 2명으로 전체(40%)를 차지하고 있었으며 그 뒤를 이어 밀폐작업장, 배관내부, 저장용기가 각각 1명씩 전체(20%)를 차지하였다. 재해원인은 잔류흡입이 3명, 전체 (60%)의 비율을 차지하며 황화수소중독이 2명으로 (40%)를 차지하고 있다.

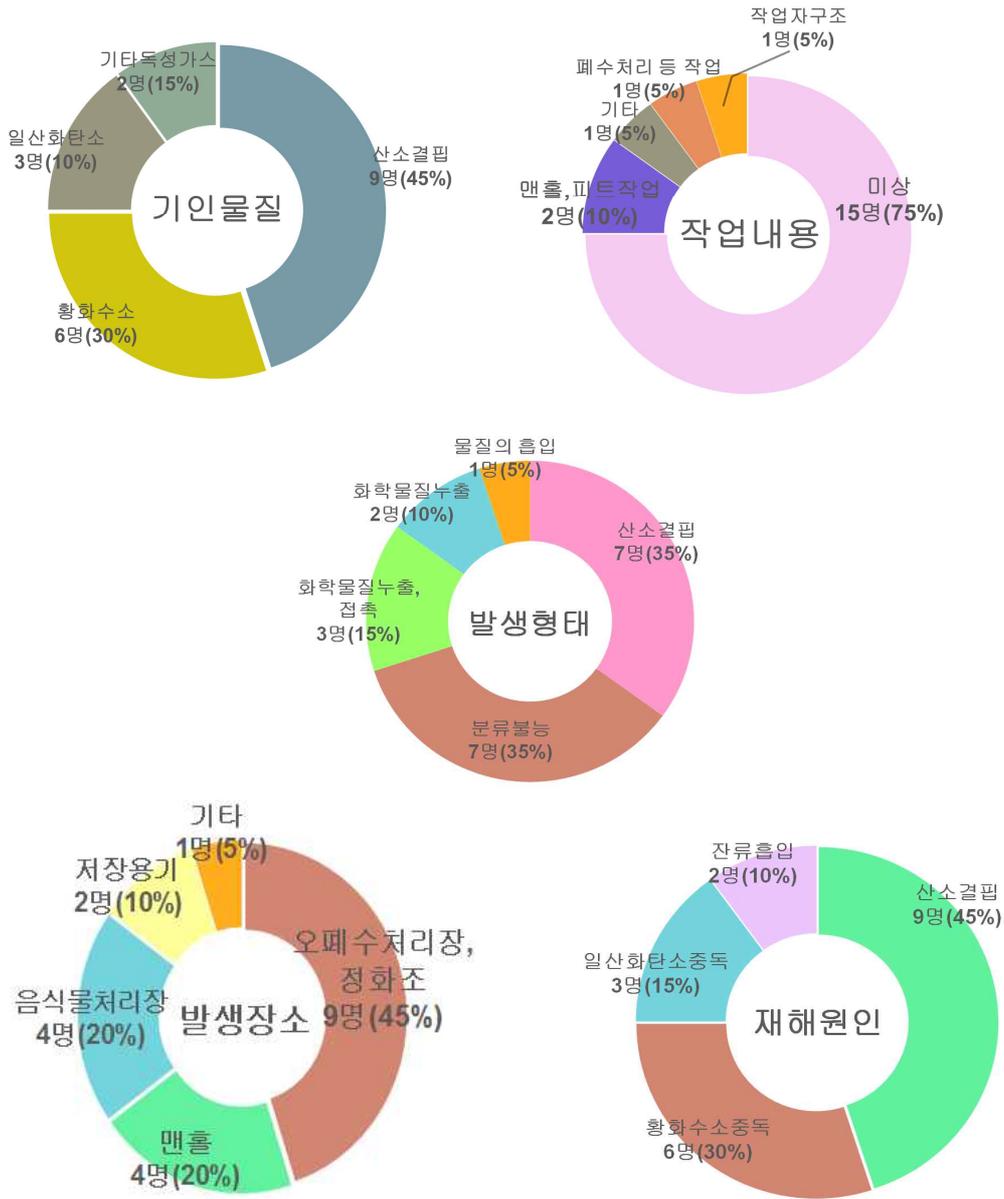
본 업종에서는, 발생장소가 오폐수 처리장이나 정화조, 밀폐 작업장, 배관내부, 저장 용기로 나타나고 있으며, 작업내용의 경우에도 미상으로 잘 알지 못하는 경우가 많아 추후 이에 대한 명확한 확인이 되어야 할 것으로 생각된다.



[그림 13] 비금속 광물제품 및 금속제품제조업 또는 금속가공업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수

7) 위생 및 유사서비스업

전체 20명 중 기인물질은 산소결핍이 9명(45%)로 가장 많은 비율을 차지하고 황화수소가 그 뒤를 이어 6명(30%)로 나타났고 일산화탄소 3명(10%), 기타독성가스 2명(15%)로 나타났다. 작업내용은 미상이 15명(75%)로 전체 2/3를 차지하고 그 뒤를 이어 맨홀 및 피트작업이 2명으로서 10%, 기타 1명으로서 5%, 폐수처리 등 작업 1명으로서 5%, 작업자 구조 1명으로서 5%로 나타났다. 발생형태는 산소결핍이 7명(35%) 그와 동시에 분류불능이 7명(35%)로 같은 수치를 나타내며 그 뒤를 이어 화학물질누출 및 접촉이 3명(15%), 화학물질누출이 2명(10%), 물질의 흡입이 1명(5%)으로 나타났다. 발생장소는 오폐수 처리장 및 정화조가 9명(45%)로 가장 높게 나타났으며 두번째로 맨홀과 음식물 처리장이 4명(20%)를 이어 저장용기가 2명(10%), 마지막으로 기타가 1명(5%)로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 재해원인은 산소결핍이 9명(45%)로 가장 높게 나타나고 두 번째로 황화수소중독이 6명(30%), 뒤이어 일산화탄소중독이 3명(15%), 마지막으로 잔류흡입이 2명(10%)으로 가장 낮은 수치를 나타내고 있다.

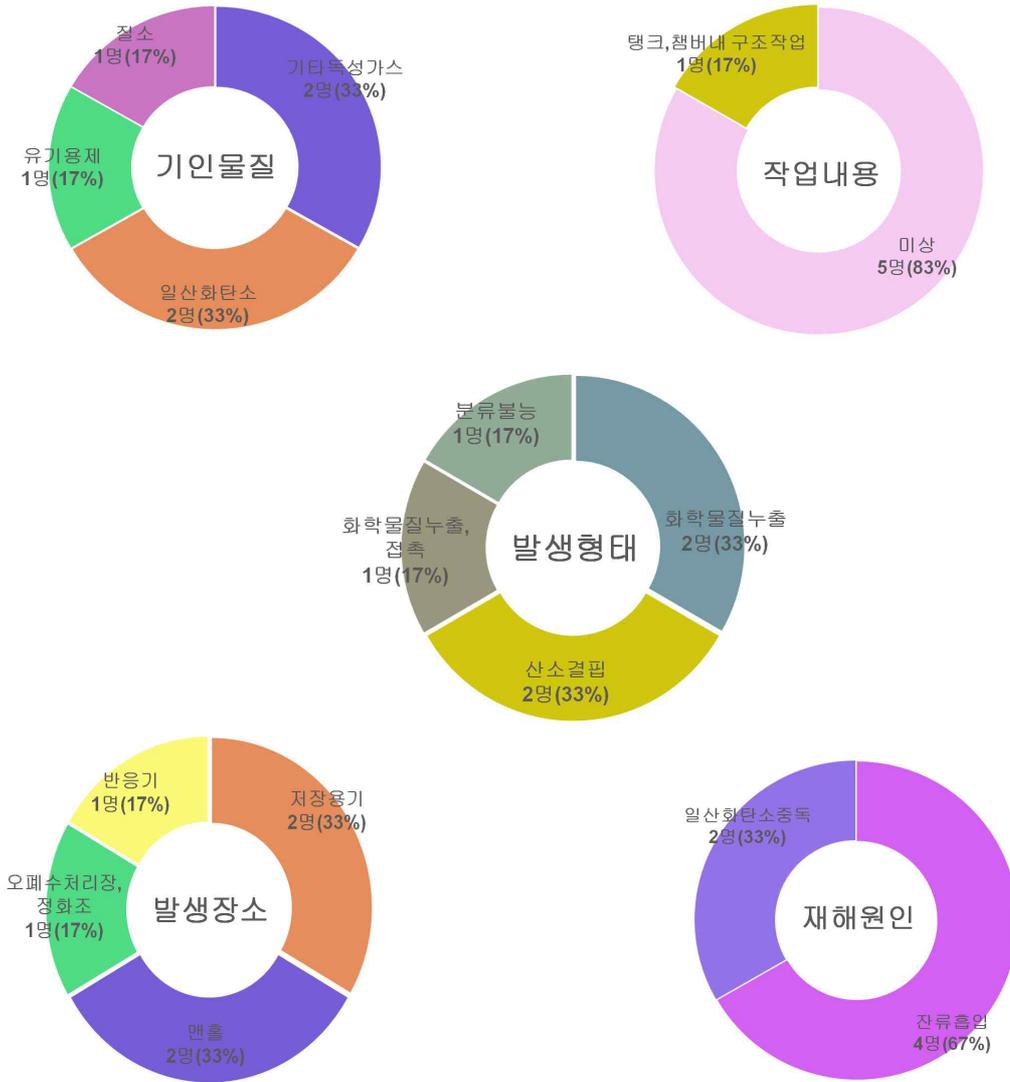


[그림 14] 위생 및 유사서비스업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수

8) 전문기술서비스업

총 재해자 6명 중 기인물질은 기타독성가스와 일산화탄소가 2명(33%)으로 높은 수치를 유기용제와 질소가 1명(17%)로 낮은 수치를 나타내고 있다. 작업내용은 미상이 5명(83%)로 과반 수 이상이며, 탱크 및 챔버 내 구조작업이 1명(17%)이다. 발생형태는 화학물질누출과 산소결핍이 2명(33%)로 높게 나타났으며 화학물질누출 및 접촉과 분류불능이 1명(17%)으로 낮았다. 발생장소는 저장용기와 맨홀이 2명(33%)으로 가장 높았고 오폐수처리장 및 정화조와 반응기가 1명(17%)으로 낮았다. 재해원인은 잔류흡입이 4명(67%), 일산화탄소중독이 2명(33%)로 나타났다.

본 업종에서는 저장용기나 반응기가 발생장소에서 확인되고 있으므로, TOP 5에 해당하는 밀폐공간 작업인 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부 작업들이 있는 것으로 추정된다.

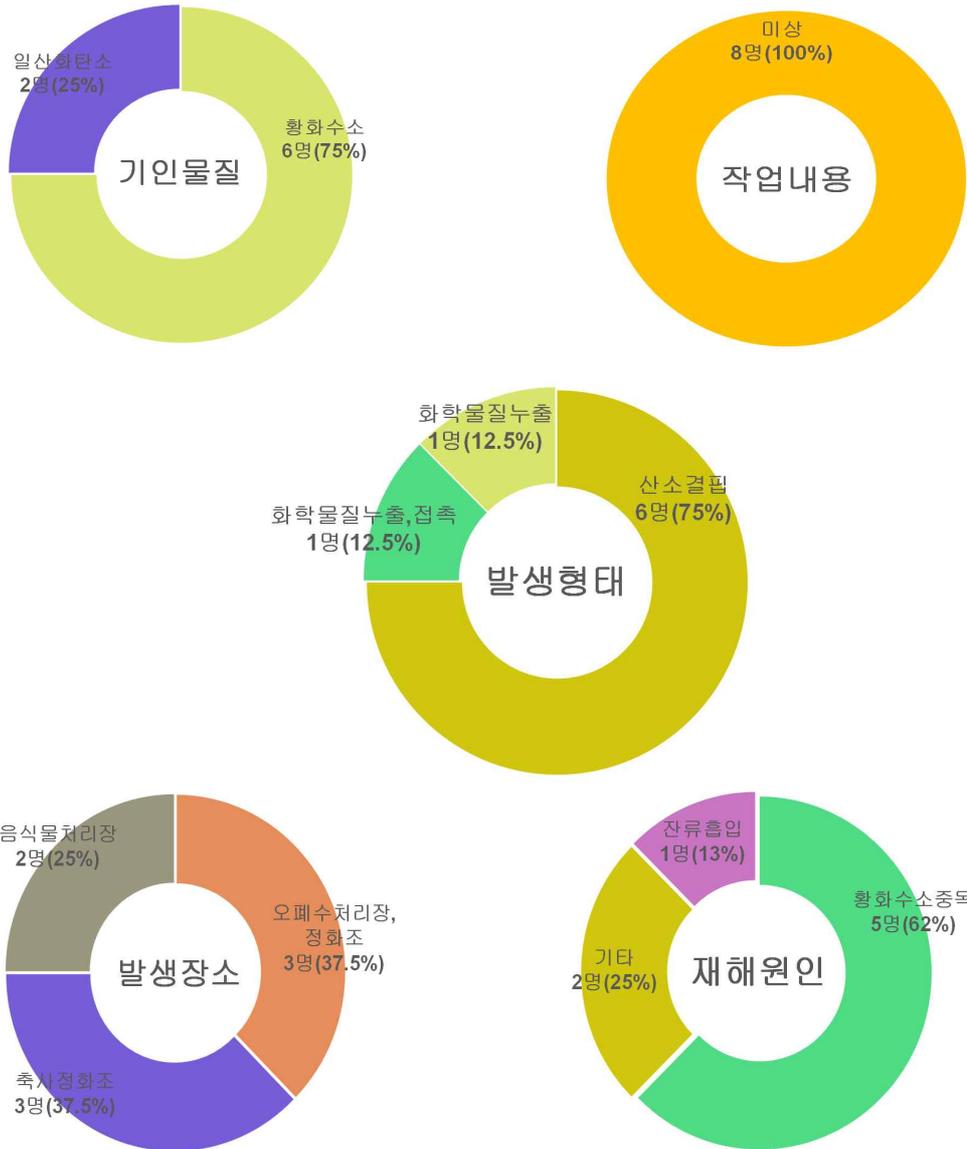


[그림 15] 전문기술서비스업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수

9) 농업

전체 재해자 8명 중 기인물질은 황화수소가 8명(75%)으로 높게 나타났으며, 일산화탄소가 2명(25%)의 순으로 나타났다. 발생형태는 산소결핍이 6명(75%)이었으며 화학물질누출 및 접촉과 화학물질누출이 1명(12.5%)이었다. 발생장소는 오폐수 처리장 및 정화조와 축사정화조는 3명(37.5%)이었고 그 다음으로 음식물처리장이 2명(25%)이었다. 재해원인은 황화수소중독이 5명(62%)이었으며 그 다음으로 기타 2명(25%), 잔류흡입이 1명(13%)로 나타났다.

본 업종에서는 발생장소가 대부분의 경우 오폐수처리장이나 축사 정화조 또는 음식물처리장에서 나타난다. 그러므로 황화수소의 중독이 흔히 나타난다. 이들 밀폐공간의 특징으로서 밀폐공간 진입시 가스의 발생이 거의 나타나지 않다가 작업 도중에 폭발적으로 발생하여 재해를 당하는 경우가 있으므로 이에 대한 사전 안전 교육이 필요한 것으로 생각된다.



[그림 16] 농업의 기인물질, 작업내용, 발생형태, 발생장소, 재해원인별 총재해자 수

4. 밀폐공간 작업프로그램 현장 적용성 평가

1) TOP 1 - 정화조, 침전조, 집수조, 탱크, 암거, 맨홀, 관 또는 피트 내부

(1) 부***공단 강*사업소 내 피트내부

가) 작업 현황

- 공단에서 배포한 지침서대로 작업이 이루어지고 있다. 밀폐공간 작업 전 2시간 교육을 진행하고 있음. 작업 시 작업자가 유해가스 측정기를 착용하고 작업을 진행함.(유해가스 측정기는 기계이므로 100% 신뢰할 수 없어 수시로 대화를 주고받으며 안전작업에 유의하고 있다.)



나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.
- 작업장 및 작업자가 지침대로 얼마나 수행하는지가 가장 중요함. (보강이 된다 하더라도 수행하지 않으면 소용없다고 생각함.)
- 밀폐공간 내 산소농도는 수시로(매 2시간 간격으로) 측정하는 것이 아니라 작업 시작부터 작업 끝날 때까지 연속측정을 하는 것이 타당함.
- 작업 시 인원확보에 대한 명시가 있어야 함.
- 한명이 들어가서 작업할 때 작업시간이 명시되어야 함. (예, 20분에 한번씩 교대작업 등)
- 측정기를 100% 신뢰하는 것 보다 밀폐공간 상부의 감시자가 주기적으로 말을 걸어주는 등 작업자의 현재 상태를 수시로 체크해야 할 것임

- 맨홀 규격에 대한 명시가 필요함. 맨홀 작업은 공간이 협소해서 1명밖에 못들어 가는데 (그 한명도 송기마스크를 착용한다 치면 너무 좁아서 작업하기 힘들) 맨홀을 만들 때부터 규격을 설정하여 (1명이상 들어갈 수 있게끔 설계해야 할 필요가 있음.

(2) 부***공단 강*사업소 내 조목스크린

가) 작업 현황

- 하수, 폐수 안에 페인트병이나 나무 등을 걸러주는 곳

나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.
- 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.



(3) **제과 대전공장 - 저수조 오수조

가) 작업 현황

- 밀폐공간작업은 극히 드물고 맨홀 같은 경우는 들어가지 않음. 하지만 실질적으로 관리자 입장에서 들어가지 않는 곳도 모두 표기를 하는 것이 비효율적이라고 생각함.
- 밀폐공간 작업 간격은 1년에 6번 정도 실시함.

나) 현장 적용성

- 전체적으로는 공단 지침서(코샤 가이드)를 인용하여 사용하고 있지만 실질적으로 회사에 맞게 추가하여 관리하고 있다.
- 보호구인 공기호흡기와 송기마스크 관리가 매우 어렵다. 안전하기 위해서 무조건 착용해야하는 것을 알리고는 있으나, 작업자들이 위험한데도 불고하고 잘 안하려고 해서 그 관리가 어렵다. 공기농도 측정 및 감시자는 늘 운영하고 있으나 작업자들의 태도가 관리가 어렵다.

- 공단에서 제공하는 지침서에 맞추어서 작업하고 있는 실정임.

(4) ** ***당

가) 작업 현황

- 일 년에 한번 정도 작업이 진행되기 때문에 사전준비를 철저히 하고 진행하고 있다.

나) 현장 적용성

- 1년에 1회 작업으로 가이드 지침대로 다 시행하고 있으며 과하게 설정되어 있는 부분이 있다고 생각하지만 모두 진행해야 할 사항이다.
- 현재 작업프로그램으로도 충분하다.

(5) **레

가) 작업 현황

- 폐수처리장의 폭기조는 일 년에 두 번 정도 밀폐공간 작업이 진행되고, 발효하는 탱크는 한 달에 한번 정도 세척작업이 이루어지고 있다.

나) 현장 적용성

- 공단 지침서 (코샤 가이드)에 따라 진행하고 있다. 현재 작업프로그램으로 충분하다.

(6) 부***공단 강*사업소 내 침전조 - 중력농축조

가) 작업 현황

- 공단에서 배포한 지침서대로 작업을 진행하고 있음.



나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.
- 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.

(7) 부***공단 강*사업소 내 맨홀

가) 작업 현황

- 공단에서 배포한 지침서대로 작업을 진행하고 있음.



나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.
- 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.

2) TOP 2 - 빗물, 하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통암 거, 맨홀 또는 피트의 내부

(1) 부***** 강*사업소 내 중계 펌프장

가) 작업 현황

- 밀폐공간 작업이 있든 없든 항상 흡/배기 (환기)가 이루어지고 있음.
- 사람 한명이 겨우 들어갈 정도의 크기. 맨홀 안의 사다리는 거의 설치되어 있음.

나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.
- 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.



(2) 부***공단 강*사업소 내 침사인양기

가) 작업 현황

- 가라앉은 모래성분을 돌면서 제거 - 높이 2.5m

나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.
- 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.



(3) 부***공단 강*사업소 내 침전지 옆 지하통로 (물이 빠지면 5m정도 높이)

가) 작업 현황

- 밀폐공간으로 파악하지 않았으나 노동부 점검에서 알게됨. (이유: 침전지에서 발생하는 가스가 옆 통로로 유입될 수 있기 때문에 밀폐공간임).



나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.

(4) **유화

가) 작업 현황

- 올해 밀폐공간 프로그램의 이야기를 들어서 공단 자료를 참고하여 회사 메뉴얼을 만들었으며, 올해 만들었기 때문에 아직 시행한 적은 없다

나) 현장 적용성

- 아직 시행 전이기 때문에 완전히 파악을 못하고 있음.

3) TOP 3 - 헬륨, 아르곤, 질소, 프레온, 탄산가스 또는 그 밖의 불활성 기체가 들어 있거나 있었던 보일러, 탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부

(1) ㈜ 조**턴

가) 작업 현황

- 밀폐공간작업은 극히 드물고 맨홀 같은 경우는 들어가지 않음. 하지만 실질적으로 관리자 입장에서 들어가지 않는 곳도 모두 표기를 하는 것이 비효율적이라고 생각함.



나) 현장 적용성

- 전체적으로는 공단 지침서(코샤 가이드)를 인용하여 사용하고 있지만 실질적으로 회사에 맞게 추가하여 관리하고 있다.



(2) ***학 지하탱크 내부

가) 작업 현황

- 악취가 심하기 때문에 내부 물을 빼고 환기구 설치해서 말리는 상태이며, 통로가 좁은 편임. (사람 1명 정도 들어갈 수 있는 크기)
- 밀폐작업 하루 전 내부공간을 환기시키고 당일작업은 실시하지 않음.
- 안전 관리자 지도하에 날짜가 정해져 있더라도 냄새가 나거나 불가능하다고 판단하면 날짜를 미루고 세척을 더 한 후 작업을 실시.
- 사내작업자(정직원)는 정기교육 및 공단에서 진행하는 프로그램을



사용하여 교육 후 작업을 실시함.

- 보통 2인 1조 작업으로 이루어지며, 제한공간(밀폐공간) 작업 시에는 안전관리자의 감시 하에 작업을 실시함. 작업자 휴식시간 전/후로 측정을 하며 감시자의 지도하에 작업함.
- “반응기” 세척 시에 밀폐공간을 만들지 않기 위해 위쪽의 통로를 열고, 전원을 차단 한 후, 비활성 기체 밸브를 장치(로토토)로 잠근 후 바닥의 흐름관도 연 채로 작업을 실시함.
- 가스밸브를 잠그는 것이 매우 중요하며, 우리 사업장은 작업이 이루어지는 평일이 아닌 주말 및 휴일 등에 세척을 시행함.

나) 현장 적용성

- 안전 관리자가 밀폐공간 작업을 시행하기 전에 사전점검을 시행해야 함. 사전점검에 관해 그 현장에 맞는 사전 점검 매뉴얼에 따라 시행하는 것이 필요함.
- 공단의 매뉴얼(안전 작업 허가서)을 더 간단히 할 필요가 있음. 너무 복잡하다고 생각함.
- 가스농도 측정기, 배풍기, 송풍기는 무겁고, 고가이기 때문에 충분한 설비를 갖추는데 애로 사항이 있음.
- 밀폐공간 입구가 매우 좁은데, 전기장치, 생명줄, 배풍기까지 들어갈 수 있는 공간적 환경이 되지 못하여 실질성이 떨어짐.
- 설치환경에 맞는 매뉴얼이 필요함.
- 공기 호흡기는 충전이 어려움이 있음. 공식적인 산소탱크를 충전하는 곳이 없음. 관리가 힘들고 너무 무거워서 쓰고 작업하기 어려움.
- 매뉴얼의 공기교환횟수 시간당 20회는 이해하기 어려움. 환기는 계속 실시하고 있음.
- 검출기, 측정기를 달고 들어갈 때에 일산화탄소, 산소 등은 명칭이 정해져 있어서 그거에 대한 대책이나 측정기를 달고 들어갈 수 있

지만, 다른 가스 종류는 상당히 다양할 수 있는데 이에 대한 한테 이것은 어떻게 할지 어려움이 있음.

- 밀폐공간 작업시간은 실질적으로 5분도 채 걸리지 않는데 필요한 장비들을 다 달고 들어가는 것이 더 일이라서 잠시 얼른 감시자와 함께 가서 작업을 진행하고 나오는 경우가 많음.

(3) 부***공단 강*사업소 내 보일러탱크

가) 작업 현황

- 평소에는 들어가지 않고, 세척시 들어서 작업 함.

나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단 함.
- 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.



(4) 창원 ***지(주)- 질소 충전탱크

가) 작업 현황

- 공단 지침서 (코샤 가이드)에 따라 참고하여 진행하고 있으며, 분기에 한번 정도 작업을 함.

나) 현장 적용성

- 작업프로그램은 적절함.

(5) **냉장 (주) - 프레온 탱크

가) 작업 현황

- 공단 지침서 (코샤가이드)를 본 적은 있지만 아주 오랜 기간 동안 작업이 없음.
- 작업프로그램은 작업이 없으므로 운영하지 않음.

- 정화조는 위탁하여 운행 중이므로 위탁회사에서 작업함.
- 나) 현장 적용성
 - 작업프로그램은 적절함.
- (6) **수산사료 - 보관 탱크
 - 가) 작업 현황
 - 밀폐공간 작업은 2~3년에 1회 정도 진행한다.
 - 나) 현장 적용성
 - 작업프로그램은 적절함.
- 4) TOP 4 - 장기간 밀폐된 강재의 보일러, 탱크, 반응탑이나 그밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설내부
 - (1) 일****코
 - 가) 작업 현황
 - 공단 지침서 (코샤 가이드)를 기반으로 하여 자체 프로그램을 운영 중임.
 - 작업횟수는 공정마다 다르다.
 - 나) 현장 적용성
 - 공단 지침서 (코샤 가이드)에 준하여 자체 프로그램 운영 중임.
 - (2) ***기술 - 탱크제조
 - 가) 작업 현황
 - 공단 지침서 (코샤 가이드)를 알고, 교육을 받았지만 해당사항이 없어서 운영하고 있지 않음.
 - 탱크제조 시 제작품이 밀폐공간이 되는 경우가 있다.

나) 현장 적용성

- 밀폐공간 운영하려면 보호구도 착용해야하고 공기를 불어넣고 빼주고 해야 하는데 실질적으로 어렵다.
- 밀폐공간 관련 교육도 받았고 알고 있는데 단일작업 같은 경우 2~3분을 위해 그 모든 내용을 진행하기는 실질적으로 어려운 상황임. 게다가 작은 공장 같은 경우 장비가 비싸서 구비하기가 어려운데, 공단 대여는 너무 까다롭고 어려운 점이 있음.
- 인터넷 상으로 대여방법이 쉬워지고 받는 날짜 같은걸 입력해서 택배나 배달로 받을 수 있으면 좋겠다.
- 환기팬 역시 단일작업만 하는 경우 구비하기 어려우므로 대여의 수단이 있으면 좋겠다.

(3) (주) ***테크

가) 작업 현황

- 현재 밀폐공간 작업은 없다.

나) 현장 적용성

- 배기/환기가 3배차이가 나와야한다는 항목이 있는데 이게 현실적으로 어렵다.
- 송기/환기팬을 한다고 해도 공간에 따라 예를 들어 아주 좁은 공간인 경우 송기마스크는 부적절하고 편의성이 매우 떨어진다.

(4) **자재

가) 작업 현황

- 건축용, 산업용, DIY도료, 페인트, 건축 내외장재 제조 업체로서 탱크 내부에 70%는 청소를 위해 들어가고 30%는 유지·보수를 위해 들어간다. 1주일에 2-3회 작업을 실시하고 있음.

나) 현장 적용성

- 지침서는 현장에 잘 맞게 짜여져 있다.
- 작업자들이 생명줄을 달고 들어가는 것이 제한된 공간에서 너무 힘들다고 함.

5) TOP 5 - 화학물질이 들어있던 반응기 내부

(1) S****가스

가) 작업 현황

- 밀폐공간 작업은 3-4년에 1회 정도임.

나) 현장 적용성

- 산업가스라서 정기적인 작업은 하지 않음.
- 공기를 분리하는 탑은 이중 탑이며, 압력이 세고, 온도가 -190도 이하로 떨어지기 때문에 사람이 들어갈 수가 없는 공간임.
- 출입하는 곳은 외부공기를 유입하는 과정 내에 있는 공기 흡입구의 필터를 교체하기 위해 출입함. 그 외부공간에서 수분을 잡고 불순물을 걸러내어 탑으로 공기를 보낸다. 그렇게 온도별로 증류탑처럼 가스를 분리한다. 탱크도 있긴 한데 극히 일부고 출입은 하지 않고 있다.
- 원료가 되는 공기를 흡입하는 시설이다. 흡입된 공기에 포함되어 있는 먼지 등을 필터를 통해 1차적으로 정제시키는 곳이다.
- 출입하는 목적은 내부 필터 교체 작업 등을 위해서 출입하게 된다.
- 두 번째는 Vessel로 명칭은 Molecular Sieve Vessel로서 1차적으로



먼지 등을 제거한 공기 중에 포함되어 있는 수분이나 CO등을 Molecular 혹은 Activated Alumina 등의 촉매를 통해서 제거하게 되는 시설로 Vessel 내부에 촉매층을 통과하면서 수분과 CO를 제거하게 된다.

- 마지막 사진은 Vessel 내부사진으로 작년 정기보수 기간 중에 시설 담당자들이 출입해서 내부점검을 하는 과정임.

(2) 부***공단 강*사업소 내 반응기

가) 작업 현황

- 평소에는 들어가지 않고, 세척 시 들어가서 작업 함.

나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하며, 작업자가 프로그램을 따르는 것이 중요함.



(3) 부***공단 강*사업소 내 탱크(반응기)

가) 작업 현황

- 5년간 밀폐공간 작업이 없었음.

나) 현장 적용성

- 작업프로그램 내용은 충분하다고 판단함.

(4) **주조

가) 작업 현황

- 술을 담아두는 밀폐공간이 있으나 사람이 들어갈 일이 없음.

나) 현장 적용성



- 작업프로그램은 보유하고 있으나 밀폐공간에 작업은 전혀 없으므로 운영은 하지 않고 있음.
- ‘감시인’에 대한 항목에 대한 수정이 필요할 것 같다. 감시인 배치가 제일 중요한 것 같다. 감시인의 보호구 착용 및 무전기에 대한 구체적인 내용이 부족함. 사고가 나면 안전 관리자가 같이 들어가거나 하는데 그 관리자에 대한 보호구 착용에 대한 내용이 추가적으로 필요함. 실제 업무에서는 잠시 들어갈 경우에 무전기나 보호구를 하지 않는 경우가 더 많음.



(5) 하** ** 마산공장 - 음료, 액체 저장탱크

가) 작업 현황

- 간헐적으로 이루어지며, 분기에 한 번 정도 작업이 이루어진다.

나) 현장 적용성

- 지침서대로 하려면 관리자가 다 입회해서 진행해야 하는데 다 입회하기에는 관리자 수가 적어서 힘든 부분이 있다.
- 공단 지침서(코샤 가이드)에 따라서 밀폐공간 프로그램을 따로 수립해서 관리 하고 있음.
- 현행 지침서대로만 이행해도 크게 문제가 되진 않을 것 같다. 현재 자료로도 충분한 것 같다.

(6) 진***

가) 작업 현황

- 공단 지침서 (코샤 가이드)에 따라 참고하여 진행하고 있으며, 분기에 한번 정도 작업을 함.

나) 현장 적용성

- 보조 장비 착용이 너무 무겁고 커서 착용이 실질적으로 어렵다.
- 가스감지기만 해도 충분할 것 같은데 작업할 때 너무 불편해서 효율성이 떨어진다.
- 작업프로그램은 적절함.

(7) ***학 - 반응기 탱크

가) 작업 현황

- 1년에 수회 작업하고 있음.

나) 현장 적용성

- 송기마스크 및 안전을 위한 줄 등을 착용하고 들어가야 하는데 해야 하는 것이 맞고 당연하지만 무겁고 힘들다.

(8) ***학 - 반응기 탱크

가) 작업 현황

- 1년에 한 번 정도 탱크 내 세척작업을 한다.

나) 현장 적용성

- 회사내부에서 제작된 작업프로그램이 있으며 공단자료를 참고하고 있음.
- 지침서는 현재의 자료도 너무 세부적으로 경우에 따라 지키기 어렵게 되어 있음.

(9) ***학울산공장

가) 작업 현황

- 세척작업은 보통 탱크는 100만 리터 이상이면 11년인가 12년인가 한 번씩 정기 검사를 받아야 한다. 맨홀을 열어서 안에 다 퍼지하

고 크리닝한 다음에 안에 보수 점검을 할 때 열게되므로 탱크를 열어서 들어갈 일이 몇 년에 한번 정도로 거의 없는 편임.

나) 현장 적용성

- 공단자료를 참고하여 회사내부에서 제작된 작업프로그램을 사용하고 있음.
- 밀폐공간의 정의서부터 범위가 잘못되었다. 정의에 보면 화재 폭발 및 질식이 있는 공간은 다 밀폐공간으로 되어 있는데 그렇게 간주해 버리면 화학물질을 취급하는 회사들 공정지역은 전부 화재, 폭발 위험이 있는 지역이기 때문에 공정지역 자체가 밀폐공간으로 보는 것일랑 똑같은 경우이기 때문에 모든 지역이 다 밀폐공간이 됨 (관리자가 밀폐공간의 개념을 잘못 숙지하고 있는 것으로 보임)
- 밀폐공간은 앞에 경고표지를 부착해야 한다고 나와 있는데 노동부에서 감독관들이 해석하는 것이 다 다르다. 밀폐공간으로 간주해서 다 붙여 놓으라는데 탱크 같은 경우에는 위험물이 다 차있고 맨홀이 불팅이 되어 있어서 보고 싶어도 들어갈 수가 없다. 탱크를 비우고 맨홀을 열었을 때는 밀폐공간이 맞지만 맨홀이 닫혀 있고 들어갈 수도 없는데 그걸 밀폐공간이라고 간주를 해서 밀폐공간 출입금지를 붙이라고 얘기를 하니 이 부분은 좀 맞지 않는 것 같음.
- 들어갈 수도 없는 조건까지 밀폐공간으로 간주하는 경우가 많기 때문에 이렇게 되면 공장 전체가 밀폐공간으로 간주되어야 할 것임.
- 도구를 활용해서 들어가게 되면 밀폐공간이 되는 거고, 들어갈 수 없는 조건이 되어 있는 상태에서는 설비로 보는 것이 맞다고 판단됨.
- 폐수처리시설(집수조)의 경우, 밀폐공간이라고 규정하고 작업할 일이 생기면 지침서대로 절차를 이행, 작업하고 있음. 10년 근무 중 집수조는 2-3번 정도 작업이 있으므로 거의 작업이 없다고 봐야 함.
- 밀폐공간 작업장 가스측정 항목이 5가지 정도가 되는데 감지기를

구하는 데에 어려움이 있음. 국내에 없는 경우도 있음.

6) TOP 6 - 갈탄, 목탄, 연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소 및 가설숙소 내부

(1) ** 건설

가) 작업 현황

- 양생작업이 끝난 후 자연환기를 시키고 있음. 천막을 열어두거나 그냥 바람이 흐르도록 둔다. 갈탄은 교체를 하는 것이 아니고 불이 꺼지지 않도록 중간에 보충을 해주는 것인데, 일산화탄소 농도가 높다. 그래서 급히 들어가서 교체하고 나오는 편임.
- 출입 시스템은 Log sheet를 사용하며, 사람 이름 및 들어가고 나가는 시간을 기록하여 관리한다.
- 가스 측정은 들어가기 전, 후와 2시간에 한 번씩 측정하거나, 작업 장소에 측정기를 두는 방식으로 시행하고 있음.



나) 현장 적용성

- 관리자가 산소농도를 확인하며 비상상황을 위해 무전기와 산소 캔을 가지고 관리자 지도하에 들어감. 현실적으로 작업시작(체적 5배 이상)환기를 실시하면 양생작업의 의미가 없기 때문 실시할 수 없음.
- 지하에서 정화조 제작을 하는 중인데 용접시 밀폐공간이 되고, 단 위작업을 하면 밀폐공간이 아니므로 설정이 애매한 상황임.

7) TOP 7 - 기타중독 (일산화탄소, 이산화탄소)

(1) ****트

가) 작업 현황

- 작업 프로그램이 없었으나 작업프로그램을 공단 자료(Kosha guide)를 인용하여 회사 자체 매뉴얼을 개발 중에 있음.

나) 현장 적용성

- 현재 파악 중임.



(2) 동*산업

가) 작업 현황

- 공단 자료(KOSHA Guide)와 유사하게 회사 자체 매뉴얼에 따라 작업프로그램을 운영하고 있다.
- 현재 밀폐공간 작업 시 산소가 부족하게 되면 의식을 잃기 때문에 오랫동안 작업을 하지 못하는 것-밀폐공간을 완전히 파악하고 있지 못함.

나) 현장 적용성

- 담당자가 입사한지 얼마 되지 않아 잘 모르고 있음.

5. 공단 DB 자료분석 및 최신화 방안

공단 DB는 33,223사업장이 등록되어 있으며, 사업장을 업종으로 소분류하여 입력되어 있는 점이 가장 큰 특징이다. DB내 항목은 사업장의 개요 내 15개 항목, 지원방식 내 4개 항목, 2014년 실태조사결과(밀폐공간 수)내 11개 항목, 2015년 기술지원일자 내 2개 항목, 2016년 적시 기술지원일자 내 2개 항목, 2016년 밀착 기술지원일자 내 2개 항목, 비교란에 2개 항목, 및 사업장 상태 내 1개 항목으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 공단 DB자료를 최신화하기 위해 자료를 밀폐공간 형태별로 분류하고 분류된 각 집단을 다시 업종별로 분류하여 DB자료의 전체 현황을 확인하였다. 그리고 DB자료의 최신화하기 위한 방안으로서 먼저 DB의 업종 별 특성과 비교 고찰하였다.

<표 25>는 공단 DB자료 내의 밀폐공간 보유 현황 별 사업장의 수를 나타내었다. 과반수이상을 차지하고 있는 밀폐공간은 분뇨, 오염된 흙, 썩은 물, 폐수, 오수, 그밖에 부패하거나 분해되기 쉬운 물질이 들어있는 정화조·침전조·집수조·탱크·암거·맨홀·관 또는 피트의 내부로서 TOP 1에 속하는 밀폐공간으로 확인되었다. 전체 33,223 사업장 중 19,558개 사업장으로서 전체 58.87%를 차지하여 가장 흔히 발견할 수 있는 밀폐공간으로 확인되었다. 그러나 이 TOP 1에 속하는 밀폐공간 내에 구성되어 있는 업종들은 상기의 2012년에서 2016년간 재해 자료를 분석한 내용의 중업종에 속하는 업종이 대부분 포함되어 있어 건설업, 제조업, 위생업 및 농업 관련 업종에는 거의 대부분의 사업장에 밀폐공간을 가지고 있다고 생각된다. 다만 현장평가에서 나타난 바와 같이 밀폐공간의 용적부분 즉, 크기가 사업장별로 상당히 다양할 수 있고 내부로 들어가서 작업이 가능한 공간과 그렇지 못한 공간이 존재할 수 있는

것이므로, 사업주를 비롯한 밀폐공간 안전보건 담당자들이 밀폐공간의 지정에 혼란을 야기할 수 있을 것으로 생각된다. 그러므로 밀폐공간을 지정할 경우 밀폐공간의 용적은 중요하며, 밀폐공간을 사전에 확인하여 리스트를 작성해야 할 필요가 있다.

DB내에 2번째 등록이 높은 작업은 갈탄·목탄·연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소(養生場所) 및 가설숙소 내부로서 건설업에서 흔히 사용되는 콘크리트 양생작업 (TOP 6)으로서 3,144사업장이 등록되어 있으며 9.46%를 차지하고 있다. TOP 6 밀폐공간 작업은 10% 이하로서 TOP 1(58.87%)에 비해 낮은 비율을 나타내었다. 주지해야 할 사항으로서 2012년에서 2016년간 재해 자료 DB에서는 건설업이 총재해자 및 사망자가 78명 39명으로서 전체 189명(재해자), 95명(사망자) 중 41.2%(재해자), 41.1%(사망자)로서 밀폐공간 재해 중 가장 재해가 많이 나타나는 업종 임에도 불구하고 공단DB의 경우는 TOP 6의 건설업종이 전체 중 9.46 %정도 저조한 등록율을 보이고 있다. DB내에 3번째 많이 등록된 밀폐공간의 형태는 TOP 4[장기간 밀폐된 강재(鋼材)의 보일러·탱크·반응탑이나 그밖에 내벽이 산화하기 쉬운 시설(그 내벽이 스테인리스강으로 된 것 또는 그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것은 제외한다)의 내부]이며 2873개 사업장이 등록되어 있고 전체 8.65%를 차지하고 있다. 4번째, 5번째 등록 DB는 TOP 3, TOP 5가 뒤를 잇고 있다. TOP 3는 헬륨·아르곤·질소·프레온·탄산가스 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부이며 TOP 5는 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부로서 각각 1,867개 사업장(5.62%), 1699개 사업장(5.11%)를 차지하고 있다. 다만, TOP 2에 속하는 빗물·하천의 우수 또는 용수가 있거나 있었던 통·암거·맨홀 또는 피트의 내부의 경우는 11개 사업장으로서 0.03%를 차지하고 있어 가장 낮은 사업장의 수를

보이고 있다. TOP 2 밀폐공간의 경우는 사업장 마다 가장 흔히 존재할 수 있는 공간임에도 불구하고 가장 낮게 나타나고 있는 것은 밀폐공간을 확인할 당시 정확한 정보의 파악이 어려워 분류상에 오류가 발생된 것으로 판단된다. 그리고 이들 DB의 가장 큰 문제점으로서 비어있는 공간 즉, 분류불가가 1549사업장(4.66%)로서 약 5%의 사업장에 관한 조사가 명확히 이루어지지 않았음을 알 수 있다. 또한 밀폐공간에 관한 지식이나 유해성을 정확히 알지 못한 상황에서 밀폐공간이 분류되면 오분류 될 가능성도 높아질 것으로 추정된다.

<표 25> 공단 DB의 밀폐공간 분류

밀폐공간 형태	TOP 7에 의한 분류	No.	%
분뇨, 오염된 흙, 썩은 물, 폐수, 오수, 그 밖에 부패하거나 분해되기 쉬운 물질이 들어있는 정화조·침전조·집수조·탱크·암거·맨홀·관 또는 피트의 내부	TOP 1	19,558	58.87
갈탄·목탄·연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소(養生場所) 및 가설숙소 내부	TOP 6	3,144	9.46
장기간 밀폐된 강재(鋼材)의 보일러·탱크·반응탑이나 그 밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설(그 내벽이 스테인리스강으로 된 것 또는 그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것은 제외한다)의 내부	TOP 4	2,873	8.65
헬륨·아르곤·질소·프레온·탄산가스 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부	TOP 3	1,867	5.62
화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부	TOP 5	1,699	5.11
미분류 (비어 있음)	-	1,549	4.66
드라이아이스를 사용하는 냉장고·냉동고·냉동화물자동차 또는 냉동컨테이너의 내부	-	602	1.81
곡물 또는 사료의 저장용 창고 또는 피트의 내부, 과일의 숙성용 창고 또는 피트의 내부, 종자의 발아용 창고 또는 피트의 내부, 버섯류의 재배를 위하여 사용하고 있는 사일로(silo), 그 밖에 곡물 또는 사료종자를 적재한 선창의 내부	-	508	1.53
간장·주류·효모 그 밖에 발효하는 물질이 들어 있거나 들어있었던 탱크·창고 또는 양조주의 내부	-	474	1.43
장기간 사용하지 않은 우물 등의 내부	-	385	1.16
유해가스가 들어있던 배관이나 집진기의 내부	-	168	0.51
케이블·가스관 또는 지하에 부설되어 있는 매설물을 수용하기 위하여 지하에 부설한 암거·맨홀 또는 피트의 내부	-	165	0.50
석탄·아탄·황화광·강재·원목·건성유(乾性油)·어유(魚油) 또는 그 밖의 공기 중의 산소를 흡수하는 물질이 들어 있는 탱크 또는 호퍼(hopper) 등의 저장시설이나 선창의 내부	-	154	0.46
지층에 접하거나 통하는 우물·수직갱·터널·잠함·피트 또는 그밖에 이와 유사한 것의 내부	-	35	0.11
천장·바닥 또는 벽이 건성유를 함유하는 페인트로 도장되어 그 페인트가 건조되기 전에 밀폐된 지하실·창고 또는 탱크 등 통풍이 불충분한 시설의 내부	-	31	0.09
빗물·하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통·암거·맨홀 또는 피트의 내부	TOP 2	11	0.03
합계		33,223	100.00

TOP 1 밀폐공간 작업의 소업종 분류를 <표 26>에 나타내었다. 업종의 대부분은 건물 등의 ‘종합관리사업’으로서 4431개 사업장이며 전체 TOP 1 사업장 중 22.66%를 차지하였다. 그 다음이 업종이 분류되지 못한 ‘미분류’이며, 3번째 많은 업종은 ‘교육서비스업’으로 2273개 사업장이며 11.62%를 차지하고 있고, 4번째 업종이 위생 및 유사서비스업으로서 1553개 사업장(7.94%), 5번째 업종이 축산업으로서 1072개 사업장(5.48%) 및 제조업은 491개 사업장이며 2.51%를 나타내고 있다. 다만 DB를 면밀히 확인해 보았을 때 업종별 대분류, 중분류 및 소분류가 한꺼번에 혼합되어 있음을 확인할 수 있었고, 이들 업종을 최신화 하기에는 상당한 무리가 있음을 알 수 있었다. 그리고 TOP 1에 대부분의 업종이 혼재되어 있어 추후 TOP 1 밀폐공간에 있어 정확한 확인을 통하여 밀폐공간의 형태를 확인해야 할 필요가 있었다. TOP 1의 경우 상위 5개 업종이 전체 66.68%를 차지하고 있는데 이들 밀폐공간의 특징은 분뇨 오폐수 등의 정화조인 것으로 추정되었다. <표 26>에서는 상위의 15개 업종을 나타내었으며, TOP 1 밀폐공간의 업종간의 유사성은 나타나지 않았다. DB내 TOP 1에 속하는 업종은 모두 348개 업종이며 대부분의 업종이 제조업임을 확인할 수 있었다.

TOP 6 밀폐공간<표 27>은 갈탄·목탄·연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소(養生場所) 및 가설숙소 내부로서, 주로 건물을 지을 때 콘크리트 양생작업에서 나타난다. 공단 DB내의 TOP 6 관련 밀폐공간은 전체 3144개 사업장이었으며 이중 건설업 본사, 건설업 및 기타건설공사, 건축건설공사 등 건설관련 업종이 주를 이루고 있다. 다만 업종이 입력되지 않았거나 근로자수가 없는 경우 또는 근로자수의 오입력 등이 상당수 확인되어 DB 자체가 불완전하여 최신화하기에는 DB자체적으로 불완전함을 알 수 있었다.

TOP 4 밀폐공간<표 28>은 장기간 밀폐된 강재(鋼材)의 보일러·탱

크·반응탑이나 그 밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설(그 내벽이 스테인리스강으로 된 것 또는 그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것은 제외한다)의 내부를 말한다. 업종으로는 화학제품제조업, 제조업, 합성수지제조업, 기타화학제품제조업, 도료제품 또는 유기공제품제조업의 5개 업종이 전체 44.18%를 차지하고 있다. TOP 4에 해당하는 업종도 TOP 1 업종과 거의 유사하였으며 여러 가지 업종이 산재된 특성을 가지고 있어 수가 적은 사업장별로 별로 <표 28> 나타난 14개 업종 이외에도 675개 업종이 있음을 확인할 수 있어 작업에 따른 명확한 업종 특성은 나타나지 않았다.

TOP 3 밀폐공간은 헬륨·아르곤·질소·프레온·탄산가스 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부를 말한다. TOP 3 작업 <표 29>의 주업종으로서 ‘강선건설 또는 수리업’, ‘제조업’, ‘도소매 및 소비자용품 수리업’, ‘가스업 및 전자관 또는 반도체소자제조업’, ‘도소매 및 소비자용품수리업’의 이들 7개 업종이 전체 67.54%를 차지하고 있다. TOP 3 밀폐공간의 경우에서도 업종에서 나타난 바와 같이 불활성기체가 들어 있는 시설이므로 비교적 확인이 가능하고 사업장에서 정확한 확인이 가능하였던 것으로 보인다. 그러나 TOP 3 밀폐공간 작업 표에 나타난 작업이외에도 125개 업종에 425개 사업장이 있으며 여러 가지 업종이 소수의 작업장으로 나열된 형태로서 전체 중 22.76%의 사업장이 소수 업종의 소수 사업장으로 확인되었다.

TOP 5 밀폐공간은 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부가 있는 공간을 말한다. 화학제품, 합성수지, 도료, 시멘트제조 무기화학제품제조, 코팅, 용융도금 등의 다양한 화학제품제조 관련 업종이 여기에 속한다. DB내의 몇 개의 업종에 치우침 없이 25여개 화학제품 관련 업종에서 이들 밀폐공간이 존재하고 있음을 알 수 있다. TOP 5에 속하는

업종 역시 화학물질 관련 밀폐공간이므로 발견이 용이하다가 볼 수 있다. 다만, 앞서 TOP 1에서 언급한 바와 같이 화학물질의 반응기나 탱크 등은 그 용적에 있어 다양할 수 있으므로 밀폐공간의 용적에 관한 고찰이 필요하고 이에 대한 밀폐공간으로서의 분류를 해야 할 것으로 생각되었다. <표 30>

TOP 2 밀폐공간은 빗물·하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통·암거·맨홀 또는 피트의 내부를 말한다. 전체 33,223 사업장 중 11개 사업장이 등록되어 있고 전체 사업장의 0.03%를 차지하였다. TOP 2에 속하는 밀폐공간은 특성상 밀폐공간인지 아닌지 확인이 어려운 경우가 많고 밀폐공간인지 명확히 알지 못하는 상태에서 출입하였을 경우 미생물 등에 의한 가스 또는 산소의 부족으로 인하여 재해가 발생하기 쉬운 공간이다. 이러한 유형의 밀폐공간은 상당히 흔히 발견할 수 있으나 공단 DB 상 11개 사업장이 등록되어 있음을 미루어 보아 발견이 어렵거나, 사업주나 관계직원이 밀폐공간으로 확인을 못하였거나, 밀폐공간인지 인식을 못하는 등 다양한 문제점을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다.

공단 DB의 자료 특성을 1차적으로 자료요약과 분포를 통하여 확인해 본 바로는 TOP 1 유형의 밀폐공간으로서 건물 등의 종합관리사업, 미분류(입력되어 있지 않음), 교육서비스업이 상위의 밀폐공간보유업종으로 나타나 있다. 이들 밀폐공간의 경우는 오폐수 정화조나 맨홀 등인데 실질적으로 그 사업장에서 밀폐공간 작업을 하고 있지 않는 곳이 대부분이었으며 이러한 형태의 사업장이 전체 DB의 과반수 이상을 차지하고 있는 실정이었다. DB 중에서 TOP 6에 속하는 사업장은 2번째 많은 밀폐공간 작업의 형태로서 전체 9.46%를 차지하고 있으나 수치적으로 10% 이하로서 낮은 수로 등록이 되어 있었다. 이들의 작업 특성은 갈탄, 목탄, 연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생작업임에도 불구하고 밀폐

공간이 이러한 작업이 아닌 일반적인 정화조를 가지고 있거나 사업장 내의 관리자가 밀폐공간의 작업을 명확히 확인하지 못하는 등의 답변이 많아 DB내의 등록된 TOP 6 밀폐공간 유형과는 차이를 나타내고 있었다. DB내의 TOP 4 유형에 속하는 업종은 화학제품제조업, 제조업, 합성수지제조업, 기타 화학제품제조업 및 도료제품 또는 유지가공제품제조업과 같은 화학제품 관련 제조업이었으며 밀폐공간의 형태로서 장기간 밀폐된 강재(鋼材)의 보일러·탱크·반응탑이나 그 밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설(그 내벽이 스테인리스강으로 된 것 또는 그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것은 제외한다)의 내부를 가지고 있는 업종을 확인할 수 있었다. 그러나 밀폐공간을 확인하는 과정에서 약 70%의 사업장은 밀폐공간을 잘 알지 못하는 경우나, 밀폐공간을 파악하지 못하고 있었다. TOP 3 유형의 헬륨·아르곤·질소·프레온·탄산가스 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부에 관한 밀폐공간은 다른 유형에 비해 비교적 확인이 용이하였고 업종의 경우에서도 강선건조 또는 수리업이 가장 높은 사업장수를 나타내고 있었으며, DB상에서 뚜렷한 분류가 가능하였다. 다만, 이 TOP 3 유형의 밀폐공간 DB에서도 업종이 입력되어 있는 않은 경우가 상당수 존재하여 DB자체적인 신뢰성이 결여되어 있음을 알 수 있었으며, 이 유형 역시 현장 확인에서 밀폐공간이 확인이 되지 않는 경우가 다수 발생하였다. TOP 5 유형은 명확한 특성이 확인되는 유형으로서 화학물질이 들어 있던 반응기 및 탱크의 내부이므로 대부분의 업종이 화학제품을 제조하는 업종으로 확인할 수 있었다. 마지막으로 TOP 2 유형은 빗물, 하천의 우수 또는 용수가 있거나 있었던 통, 암거, 맨홀 또는 피트의 내부인데 전체 중 0.03%의 사업장으로서 밀폐공간 자체적인 특성이 찾기가 용이하지 않으므로 거의 DB구축이 되지 못하였다. 이 유형의 밀폐공간은 인식이 어려울 수 있

으므로 방치되기 쉬운 공간이면서 가장 위험한 공간으로 분류될 수 있다. 공단DB를 밀폐공간 현장평가의 결과 토대로 하여 평가하면,

- ① DB 상의 가장 큰 오류로서 밀폐공간이 확인되지 않는 경우가 상당히 존재함.
- ② DB 상의 업종이 입력되어 있지 않아 더 이상의 확인이 곤란한 경우가 상당수 발견됨.
- ③ 개별 사업장의 업종별 밀폐공간의 작업이 올바르게 분류되어 있지 못한 경우가 상당수 존재함.
- ④ 현장 확인에서는 관리자가 밀폐공간을 정확히 파악하고 있지 못하거나, 밀폐공간을 잘 알고 있지 못한 경우가 다수 나타나 있음을 확인할 수 있었다.

그러므로 결론적으로 본 DB는 밀폐공간의 특성과 업종에 합당한 형태로 구축하기 위한 기본 자료로서 구성되어 진 DB가 아니라고 볼 수 있으며, 본 DB의 최신화는 DB 자체적으로 적합하지 않음을 확인할 수 있었다.

<표 26> 공단 DB내 TOP 1 밀폐공간의 분류 현황

No.	업 종	사업장수	사업장수 (%)	근로자수 (평균)
1	건물등의종합관리사업	4431	22.66	8.1
2	미분류(비어있음)	3713	18.98	12.7
3	교육서비스업	2273	11.62	26.6
4	위생 및 유사서비스업	1553	7.94	12.7
5	축산업	1072	5.48	5.0
6	제조업	491	2.51	21.9
7	기타의 사업	445	2.28	23.1
8	건설업본사	388	1.98	12.0
9	기타건설공사	327	1.67	13.5
10	수산식료품제조업	256	1.31	17.5
11	위생및유사서비스업	244	1.25	9.8
12	각종시멘트제품제조업	190	0.97	14.6
13	육제품또는유제품제조업	155	0.79	70.9
14	농 업	144	0.74	3.4
15	이외 334개 업종	3876	19.81	-
	합계	19558	100.00	30.3

<표 27> 공단 DB내 TOP 6 밀폐공간의 분류 현황

업 종	사업장수	사업장수 (%)	근로자수 (평균)
건설업본사	1771	56.33	6.18
건설업	548	17.43	3780060242.00
미분류(비어 있음)	253	8.05	-
기타건설공사	214	6.81	8.05
건축건설공사	156	4.96	49.39
건축기술,엔지니어링및관련기술 서비스업	99	3.15	18.48
철근콘크리트제품제조업	28	0.89	20.43
위생및유사서비스업	21	0.67	3.62
기타의각종사업	20	0.64	2.55
건물등의종합관리사업	14	0.45	24.21
건설업	13	0.41	74.08
건설기계관리사업	1	0.03	5.00
건축설계 및 관련서비스업	1	0.03	7.00
건축폐기물 처리업	1	0.03	10.00
기계장치공사	1	0.03	8.00
도로신설공사	1	0.03	11.00
위생 및 유사서비스업	1	0.03	19.00
천연수지제조업	1	0.03	7.00
합계	3144	100.00	167619755.00

<표 28> 공단 DB내 TOP 4 밀폐공간의 분류 현황

No.	업 종	사업장 수	사업장 수 (%)	근로자 수 (평균)
1	화학제품제조업	337	11.73	55.8
2	제조업	322	11.21	23.7
3	합성수지제조업	212	7.38	11.2
4	기타화학제품제조업	205	7.14	14.0
5	도료제품또는유지가공제품제조업	193	6.72	18.0
6	화학비료제조업	169	5.88	8.2
7	유기화학제품제조업	153	5.33	18.7
8	도정및제분업	150	5.22	10.1
9	기타식료품제조업	129	4.49	23.0
10	무기화학제품제조업	108	3.76	25.8
11	의약품및의약부외품제조업	69	2.40	63.5
12	보건및사회복지사업	53	1.84	226.5
13	도·소매및소비자용품수리업	50	1.74	95.7
14	수산식료품제조업	48	1.67	29.8
15	이외 업종	675	23.49	-
	합 계	2873	100.00	39.7

<표 29> 공단 DB내 TOP 3 밀폐공간의 분류 현황

No.	업 종	사업장 수	사업장 수 (%)	근로자수 (평균)
1	강선건조 또는 수리업	645	34.55	91.9
2	제조업	194	10.39	97.5
3	미분류(비어 있음)	148	7.93	50.0
4	도·소매및소비자용품수리업	116	6.21	57.8
5	가스업	68	3.64	22.7
6	전자관또는반도체소자제조업	46	2.46	586.7
7	도소매및소비자용품수리업	44	2.36	5.2
8	철강또는비철금속주물제조업	35	1.87	140.1
9	기타금속제품제조업또는금속가공업	30	1.61	27.4
10	자동차부분품제조업	28	1.50	133.6
11	특수화물운수업	27	1.45	2.1
12	열처리사업	22	1.18	10.6
13	무기화학제품제조업	20	1.07	21.2
14	제강압연업	19	1.02	256.4
15	이외 125개 업종	425	22.76	-
	합 계	1867	100.00	130.8

<표 30> 공단 DB내 TOP 5 밀폐공간의 분류 현황

No.	업 종	사업 장수	사업 장수 (%)	근로자 수 (평균)
1	기타화학제품제조업	132	7.77	18.5
2	유기화학제품제조업	130	7.65	69.4
3	합성수지제조업	128	7.53	45.6
4	도료제품또는유지가공제품제조업	95	5.59	43.3
5	화학제품제조업	94	5.53	149.7
6	각종시멘트제품제조업	92	5.41	15.0
7	기타각종제조업	73	4.30	16.2
8	무기화학제품제조업	64	3.77	32.0
9	코팅사업	58	3.41	13.2
10	용융도금업	48	2.83	17.3
11	플라스틱가공제품제조업	47	2.77	52.3
12	전기도금업	44	2.59	8.5
13	기타금속제품제조업또는금속가공업	37	2.18	20.8
14	석유정제품제조업	32	1.88	56.0
15	이외 113개 업종	32	1.88	84.5
	합 계	1699	100	84.2

<표 31> 공단 DB내 TOP 2 밀폐공간의 분류 현황

업 종	사업장수	사업장수 (%)	근로자수 (평균)
통신업	6	54.55	38.8
임대및사업서비스업	2	18.18	43.5
지하시설물측량업	2	18.18	-
수치지도제작업	1	9.09	-
합 계	11	100.00	40.0

6. 밀폐공간 관련 기술지침의 개정

대상이 되는 지침의 「밀폐공간 작업프로그램 시행에 관한 기술지침 (KOSHA Guide H-80-2012)」과 「밀폐공간 출입허가제 기술지침 (KOSHA Guide H-156-2014)」을 통합하고 2017년에 개정된 「산업보건기준에 관한 규칙」 밀폐공간 작업에 관한 내용을 추가하였다. 기술지침에는 밀폐공간 재해예방의 원칙과 출입 금지에 관해 자세한 사항을 넣었으며, 밀폐공간 작업 프로그램의 수립과 관련하여 필요한 사항들 및 밀폐공간 프로그램 수립 및 평가 흐름도, 밀폐공간 작업 프로그램의 추진 및 절차, 프로그램의 평가, 프로그램의 기록보관등에 대한 내용이 포함되어 되었다. 밀폐공간 작업허가 및 작업절차에 관한 작업절차 및 작업 방법의 내용이 포함되어 최근 밀폐공간 작업시에 발생하는 사고를 방지하기 위한 절차들이 정확히 진행될 수 있도록 구하였다. 산소 및 유해 가스농도의 측정, 밀폐공간에서의 환기, 보호구, 응급처치, 안전보건 교육 및 훈련의 실시의 내용을 포함시켜 최근 개정된 산업안전보건 기준에 관한 규칙의 내용이 반영될 수 있도록 하였다. (별책 부록 참조)

7. 밀폐공간 작업에 관한 정책 제언

우리나라 질식 재해는 예방을 위한 노력을 하고 있음에도 불구하고 재해가 줄어들지 않고 있으며 이에 대한 대책이 시급한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 일본, 미국 등의 외국 선진국 사례를 참고하고, 공단에서 수집한 자료로서 2012년에서 2016년까지 5년간의 재해사례를 확인하고, 공단 DB(33,223 사업장)을 최신 하기 위하여 고찰하여 다음과 같은 정책 제안을 하고자 한다.

공단에서 구축한 DB(33,223 사업장)의 경우는 밀폐공간 DB는 밀폐공간의 특성과 업종에 합당한 형태로 구축하기 위한 기본 자료로서 구성되어진 DB가 아니므로 본 DB의 최신화는 DB 자체적으로 적합하지 않음을 확인할 수 있다. 그러므로 대규모의 근로자수가 많은 사업장을 중심으로 이들이 면밀히 파악하고 있는 밀폐공간을 중심으로 DB를 새롭게 구축해야 밀폐공간 재해 및 작업에 관한 구체적인 역할을 할 수 있을 것이다.

밀폐공간의 안전보건 관리는 전문적인 지식이 필요하다고 판단된다. 그러나 앞서 나타나 우리나라의 재해는 대부분이 밀폐공간의 위험성을 알지 못해서 발생하는 인재가 대부분으로 판단되며, 안전 의식이 부족한 상황에서는 재해가 결코 줄어들지 않을 것으로 보인다. 그리고 밀폐공간 작업 프로그램 적용을 위한 현장 확인에서는 사업장내 존재하는 밀폐공간을 잘 알지 못하는 경우가 많았고, 밀폐공간은 알고 있다고 위험성에 관한 관심이 부족한 경우가 많았다. 그러므로 정부적 차원에서 이들 밀폐공간 보유 사업장의 관리자에게 의무적으로 밀폐공간에 대한 안전보건 교육과 홍보를 강화해야 할 필요가 있다. 즉, 밀폐공간의 유형, 상황이나 환경에 따른 요건의 변동 실태, 보건작업프로그램 사용하

는 방법에 관하여 정기적인 교육을 실시하여 각사업장 별 밀폐공간의 위치과약과 대처할 수 있는 여건을 마련할 수 있도록 하여야 할 것이다.

밀폐공간에서 발생하는 재해는 산소결핍에서 나타난다고 생각하는 경우를 흔히 발견할 수 있다. 그러나 산소결핍으로는 사람이 즉시 사망하기는 어렵다는 것이 국내외 보고나 과거 공단의 연구보고에서도 나타나 있다. 만약 산소결핍이 아닌 경우에 사망한 사고라면 유해가스 또는 다른 유해인자를 필히 확인해야 이후의 사고를 막을 수 있고 명확한 사망에 이르는 이유를 확인할 수 있으나 현재까지의 사고 원인은 산소결핍 또는 원인 미상으로 분류하고 있는 경우가 DB내에서 자주 목격되었다. 밀폐공간 내에 존재하는 유해가스가 황화수소나 일산화탄소를 부주의로 흡입하는 것 이외에도 사망에 이르게 하는 요인이 무엇인지에 관한 명확한 조사가 필요하다.

밀폐공간 작업프로그램은 그 자체적으로 더 추가할 것을 원하는 현장의 관계자는 드물었고 대다수는 현행으로 충분하거나 더 간단한 프로그램을 원하고 있었다. 말하자면, 작업프로그램을 지키기 않아서 재해가 발생하는 것이며, 작업프로그램 자체가 잘못되어 있어서 재해가 일어나는 것으로 보고 있지 않았다. 현장 평가에서 밀폐공간 작업프로그램이 문제가 있다고 말하는 사람은 거의 없다. 문제를 지적하는 경우의 원인을 따지고 보면 현장관계자 자신이 가지고 있는 안전보건의 의식이 더 큰 문제가 있다고 생각되는 경우가 많았다. 현행의 작업프로그램은 너무 세부적이기 때문에 이것을 지키면 틀림없이 사고는 일어나지 않을 것이다. 그러나, 10-20분의 밀폐공간 작업을 하기 위해서 출입허가서 하나를 받는데 상당한 시간이 소요된다면 휴면에러를 발생시킬 여건을 출입허가서에서 만들고 있는 모양이 된다. 출입허가의 수순은 더 간단하고 더 간결해져야 한다.

밀폐공간 작업에서 급격한 사고를 미연에 방지하기 위하여 사용하고 있는 공기호흡기와 송기마스크는 비싸고 충전하기가 어렵고, 근로자가 밀폐공간 내부에서 사용하기에 상당히 불편하게 만들어져 있어서 작업이 곤란한 경우가 많이 있다고 하였다. 이들 공기호흡기와 송기마스크는 착용을 위해서 여러 가지 애로사항이 많으므로 위대한 상황이 발생할 경우 간편하면서 생명유지를 할 수 있는 비상용 호흡장치를 연구개발할 필요가 있다. 현행의 공기호흡기나 송기마스크는 실제 작업을 하기에 여간 불편한 도구가 아니기 때문이다. 우리나라는 제조 관련 업종이 많은 나라이기 때문에 다른 나라에 비하여 밀폐공간에 관한 사고도 앞으로 더 많아질 것으로 예상된다. 이와 함께 상기에 언급한 바와 같이 밀폐공간 사망요인에 관한 다각적인 연구와 함께 다양한 밀폐공간의 작업을 효율적으로 수행하기 위한 호흡기의 연구 개발이 필요하며 이와 동시에 밀폐공간의 작업에 영향을 주지 않는 유해가스 감지기의 도입 및 연구개발을 추진해야 한다.

IV. 결 론

우리나라의 밀폐공간에 관한 법적기준을 선진외국과 비교하여 보았을 때 차이가 나타나지 않았으며, 안전보건공단의 밀폐공간 작업프로그램은 극히 세부적이며 자세히 작성되어 있는 것으로 보여 진다. 산업이 발전됨에 따라 개개의 회사내부 밀폐공간은 그 다양성이 늘어날 것으로 판단되므로 회사내 밀폐공간 담당자가 수시로 면밀히 관찰하여 사고를 미연에 방지할 수 있어야 할 것이다. 그리고 밀폐공간 작업프로그램의 중요성에 대하여 회사와 근로자 개인이 명확히 인식하고 이를 정확히 준수하고자 하는 의식을 함양해야 할 것으로 생각된다.

공단 DB자료를 최신화 하기 위해 자료를 밀폐공간 형태별로 분류하고 분류된 각 집단을 다시 업종별로 분류하여 분석하여야하며, 대규모 사업장을 중심으로 이들이 면밀히 파악하고 있는 밀폐공간을 중심으로 DB를 새롭게 구축해야 밀폐공간 재해 및 작업에 관한 구체적인 역할을 할 수 있을 것이다.

밀폐공간에서 발생하는 재해에 관하여 사망에 이르게 하는 요인에 관한 조사가 필요하며, 지속적인 연구개발을 통하여 밀폐공간 내에서 부득이하게 위해한 상황이 발생할 경우 생명유지에 지장이 없는 간편한 비상용 호흡장치를 도입할 필요가 있으며, 이와 함께 사망요인에 대한 감지기의 도입도 추진되어야 한다.

V. 참고 문헌

American Industrial Hygiene Association, The Occupational Environment: its Evaluation, Control, and Management, 3rd Ed, ACGIH, 2011.

Canada. Occupational Health and Safety Regulations. SOR/86-304.

Damien Bulet-Vienny, Yuvin Chinniah, Ali Bahloul. The Need for a Comprehensive Approach to Managing Confined Space Entry: Summary of the Literature and Recommendations for Next Steps. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 11, 485-498, 2014.

EU-OSHA 67. European Agency for Safety and Health at Work. Maintenance and hazardous substances-maintenance in the chemical industry.

HSE. Safe work in confined spaces Confined Spaces Regulations 1997. Approved Code of Practice and guidance. L101. HSE. 2014

Jane G. Pouzou, Chris Warner, Richard L. Neitzel, Gerry A. Croteau, Michael G. Yost and Noah S. Seixas. Confined space ventilation by shipyard welders: observed use and effectiveness. [Ann Occup Hyg.](#) 2015;59(1):116-121.

Occupational Safety and Health Service, New Zealand. Safe Working in a Confined Space. Department of Labour, New Zealand

Criteria for a Recommended Standard for Working in Confined Spaces, NIOSH, 1979.

National Fire Protection Agency, NFPA 350, Guide for Safe Confined Space Entry and Work, 2016.

National Institute for Occupational Safety and Health, A Guide to Safety in Confined Space, NIOSH, 1987.

OSHA. Permit-Required Confined Spaces. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. 3138-01R 2004.

OSHA. Shipyard Industry Standards. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. OSHA 2268-11R 2015.

Safety and Health at Work in Confined Spaces. Occupational Safety and Health Branch. 2000.

고용노동부(2014). 밀폐공간작업 질식재해예방 매뉴얼.

고용노동부, 산업재해예방 안전보건공단. 밀폐공간작업 질식재해예방 종합매뉴얼. 2017-직업건강-291.

고용노동부, 산업재해예방 안전보건공단. 밀폐공간작업 질식재해예방. 2014-보건-167.

고용노동부, 산업재해예방 안전보건공단. 밀폐공간작업 질식재해예방 매뉴얼. 2016-직업건강-97.

권부현, 밀폐공간 질식재해 발생현황 고찰 및 예방에 관한 연구. 대한 안전경영과학회지. 2016;18(3):47-54.

김현영, 이성배, 한정희, 강민구, 예병진. 산소농도와 유해가스 등 작업환경이 생체 및 운동성에 미치는 영향 연구. 한국산업안전공단 산업 안전보건연구원. 보건분야-연구자료 연구원 2008-128-1455. 2008.

안전보건공단. 밀폐공간 출입허가제 실시지침. H-156-2014.

안전보건공단. 김태형. 질식재해 발생 특성별 예방 매뉴얼 개발 연구 보고서. 2015-보건-1076. 2015. 안전보건공단.

노민기(2011) 밀폐공간작업 질식재해예방. 고용노동부, 한국산업안전 보건공단.

박현희(2014) 밀폐공간작업안전 산업재해예방. 안전보건공단. .

산업재해예방 안전보건공단, 고용노동부. 밀폐공간작업 질식재해예방 매뉴얼. 2015.

산업재해예방 안전보건공단. 밀폐공간작업. 2011-교육미디어-1533.

산업재해예방 안전보건공단. 일터에서의 유해·위험 예방 조치 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해 예방. 2015-교육미디어-691

산업재해예방. 현장 작업자를 위한 밀폐공간작업. 2014-교육미디어-893.

송세욱. 밀폐공간 보건작업 프로그램 시행에 관한 기술지침. H-80-2012.

수원시. 밀폐공간 안전관리 매뉴얼.

유계묵, 박현희, 정광재. 밀폐공간 작업종류별 질식재해 요인 파악 및 예방대책 연구. 연구원 2008-140-1477.

이정환, 김태형, 하현철, 박승욱, 안광석. 밀폐공간 질식재해 자료 분석을 통한 질식재해 요인 분석(2005-2015) 한국산업보건학회지. 2016: 26(4): 436-444.

일본중양노동재해방지협회, 신 산소결핍증 등의 방지, 2008.

한국산업안전보건공단, 산업안전보건법령집, 2017.

VI. 부 록

밀폐공간 작업 프로그램 매뉴얼

1. 배경 및 목적

1) 배경

우리나라의 경우 밀폐공간에서 발생하는 산소결핍 등 재해는 연간 20여건씩 꾸준히 발생하고 있으며 사망률이 50%에 이를 정도로 치명성이 높은 특성을 지니고 있다. 미국이나 일본 등 선진국에 비해 치명률이 매우 높은 수준은 아니나 무엇보다 우려스러운 것은 2012년도 이후 최근 약 5년간의 밀폐공간 재해발생 통계를 살펴보아도 뚜렷한 개선이 이루어지지 못하고 있는 실정이라는 점이다.

이러한 문제는 외국에 비해 법률적 혹은 제도상의 미비나 관련 기술력의 부족이 주요 원인이라기보다는 산업현장에서 관리층이나 근로자를 불문하고 밀폐공간 재해에 대한 인식이 낮으며, 사업장 내에 밀폐공간이 존재하는 지에 대한 파악도 제대로 이루어지지 못한 경우가 많기 때문이다. 아울러 해당 작업에 대한 이해의 부족으로 산소농도 및 유해가스 측정이나 환기와 같은 대책이 미비한 상태에서 근로자가 밀폐공간에 출입이 일이 흔하게 이루어지고 있다. 해당 작업의 유해위험성과 위급상황 발생 등에 대한 근로자 교육도 미비하여 실제로 재해가 발생한 경우 무의식적으로 아무런 대비책(공기호흡기의 착용 등) 없이 동료 근로자를 구하기 위해 유해위험이 통제되지 못한 밀폐공간에 진입하여 구조

자도 상해를 입는 일이 발생하고 있는 등 만들어진 시스템이 현장에서 제대로 작동되지 못하고 있는 것이 현실이다.

이에 밀폐공간에 대한 사업주와 근로자의 이해를 높이며 사업장 입장에서 보다 손쉽게 접근이 가능하고 이해하기 쉬운 밀폐공간 작업프로그램 매뉴얼을 개발하고 보급하여 관련 재해를 저감시키는데 활용할 필요성이 대두되고 있다.

2) 목 적

본 밀폐공간 작업 프로그램(이하 “프로그램”) 매뉴얼은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제619조(밀폐공간 작업 프로그램 수립·시행 등)에 따라 밀폐공간작업을 보유하고 있는 사업장의 사업주가 사업장 내 밀폐공간의 위치를 파악하고 밀폐공간 내 질식 및 중독 등을 일으킬 수 있는 유해위험 요인을 확인하여 관리할 수 있는 방안수립을 보다 용이하도록 하기위하여 확인해야 할 사항에 관해 이해하기 쉽도록 설명과 함께 예시를 추가하여 실무에 사용할 수 있도록 함을 목적으로 작성되었다.

2. 밀폐공간과 프로그램의 개요

1) 밀폐공간의 정의

우리나라 산업안전보건법에 따른 산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조에서는 “밀폐공간을 산소결핍, 유해가스로 인한 질식·화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 별표 18에서 정한 장소를 말한다.”고 규정하고 있다. 이는 일본 노동안전위생법에 따른 기준을 상당부분 수용한 것으로 별표에서 해당 장소를 일일이 열거하고 있다는 특성을 지닌다([별표 18]의 각 장소에 대해서는 [별첨 1] 참조).

한편 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Agency;

OSHA)의 경우 다음과 같은 3가지 요건을 제시하고 있다.

- ① 근로자의 몸이 들어가서 작업하기에 공간적으로 충분히 크며,
- ② 출입하는 방법에 제한과 한계가 따르고,
- ③ 근로자가 지속적으로 작업하도록 설계되지 않은 공간.

하지만 이러한 정의는 밀폐공간을 단순히 나타낸 것으로 해당 공간에 유해위험요인이 있는지에 대해서는 별도의 판단이 필요하다. OSHA는 밀폐공간을 유해요인 존재여부에 따라 비허가밀폐공간(nonpermit confined space)과 허가밀폐공간(permit-required confined space)으로 구분하고 있다.

따라서 허가밀폐공간은 밀폐공간에 대하여 다음과 같은 정의와 특성을 고려하여 선정된 것으로 볼 수 있다.

- 전체적 혹은 부분적으로 막혀있는 작업 공간
- 출입수단이 제한되어 있는 장소
- 독성이나 가연성 오염물질이 누적될 수 있는 장소
- 산소결핍이나 다른 기중 유해인자가 존재하는 장소
- 근로자가 지속적으로 머물도록 계획되지 않은 장소

한편 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH)는 “밀폐공간이란 설계 상 출입을 위한 개구부가 제한되어 있고, 자연적 환기가 충분하지 않아서 유해한 오염물질이 함유되거나 발생될 수 있으며, 근로자가 지속적으로 머무르며 작업할 필요가 없는 공간을 말한다.”고 정의하고 있다. 이는 OSHA가 정의한 허가밀폐공간과 유사한 개념이라고 말할 수 있다.

영국직업안전보건청(United Kingdom-Health and Safety Executive; UK-HSE) 경우는 미국 NIOSH와 비슷하지만 해당 공간에 존재할 수 있는 유해요인을 다소 구체적으로 명시하여 다음과 같이 밀폐공간을 정의하고 있다.

“밀폐공간”이란 방, 탱크, 액통, 사일로, 구덩이, 도랑, 관, 하수도, 연통,

우물 혹은 기타 유사한 공간으로 그 폐쇄적 특성상 다음과 같은 특정 위험(specific risk)이 발생할 가능성이 합리적으로 존재하는 장소를 말한다.

- ① 화재나 폭발로 인한 근로자에 대한 중대 상해
- ② 체온 상승에 따른 근로자의 의식불명
- ③ 기체, 흙, 증기 혹은 산소결핍에 의해 야기된 질식에 따른 근로자의 의식불명
- ④ 액체 수위 상승으로 인한 근로자의 익사
- ⑤ 흘러내린 고상물질에 함몰되어 근로자가 매몰이나 호흡할 수 없게 되는 질식

2) 우리나라 밀폐공간 재해의 특성

관련 자료를 바탕으로 우리나라에서 발생하고 있는 밀폐공간 재해의 주요 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 2012년 이후 최근 5년간의 재해발생 통계를 보면 연간 20여건의 밀폐공간 재해가 발생하여 평균적으로 40여명의 재해자(사망자는 평균 20여명)가 나타나고 있다.
- ② 밀폐공간 재해자 절반이상이 사망할 정도로 치사율이 높다.
- ③ 계절적으로 보아서는 사계절에 걸쳐 밀폐공간 재해가 대체로 고르게 나타나고 있어 과거 여름철에 집중되던 것과는 다른 양상을 보이고 있다.
- ④ 업종별로 보아서는 건설업과 제조업에서 가장 많은 밀폐공간 재해가 발생하고 있으나 농업, 운수창고업, 축산업, 광업 및 기타산업에서도 나타나고 있다.
- ⑤ 원청이 보유하고 있는 작업공간(설비)내 질식위험 가능성을 사전에 인지하지 못하거나 협력업체와 위험요인을 공유하지 않아 발생하는 경우가 있다.

- ⑥ 질식 위험이 있는 밀폐공간에 대한 프로그램을 수립 실행하지 않거나 작업자들이 작업 전 또는 작업 중 산소 및 유해 가스 농도 측정, 환기 등 필수 안전수칙을 준수 하지 않아 발생되기도 한다.

3) 프로그램의 기본 요건

기본적으로 밀폐공간 작업에 따른 유해인자는 대부분 개방된 작업환경 내에 존재하는 것과 다를 바가 거의 없으므로 프로그램의 기본 구성요건도 크게 차이가 나는 것이 없다. 유해인자를 예측하고 인지하며 평가하고 관리한다는 원칙을 상황에 맞추어 정리하는 것이 핵심이므로 밀폐공간이라는 특성을 고려하여 미국 ANSI Z-117에서는 다음과 같은 사항을 프로그램의 요건으로 정하고 있다.

- (허가)밀폐공간의 인지
- 비허가 출입에 따른 유해성에 대한 근로자 교육
- 허가된 밀폐공간 출입과 관련된 유해인자의 인지와 관리방안의 마련
- 문서화된 밀폐공간 작업 프로그램의 개발
- 출입 전 밀폐공간출입허가서의 작성
- 적절한 밀폐공간 공기농도의 측정과 물리적 및 화학적 유해인자의 격리와 환기수단의 마련
- 출입자, 감시인 및 관리책임자가 포함된 출입을 관리할 전담자의 지정
- 위기대응계획의 수립
- 밀폐공간 출입과 관련된 자들에 대한 교육과 훈련

3. 밀폐공간 관련 유해위험성

밀폐공간에서 발생하는 재해는 국내외를 막론하고 그 원인이 되는 인자가 매우 잘 알려져 있다. 크게 보아서 산소가 결핍되어 발생하는

경우(불활성 기체유입에 따른 질식 포함), 황화수소 등 유해가스 등에 중독되는 경우, 그리고 화재폭발이나 매몰을 포함하는 안전사고가 그것이다. 아래의 내용은 우리나라의 밀폐공간 정의와 해당 작업이 일본의 그것을 많이 수용하고 있으므로 일본 중앙노동재해방지협회가 발간한 책자를 중심으로 하고 일부 미국의 문헌과 우리나라의 실정을 가미하여 기술된 것이다.

1) 산소결핍

산소는 무색 무취여서 산소결핍 공기 존재는 사람의 감각으로 판단이 불가능하여 산소결핍증은 쉽게 질식재해로 까지 이어질 수 있다. 아울러 산소는 공기의 약 21%를 차지하고 있지만 맨홀, 발효탱크, 곡물 사일로, 우물, 기초갱, 터널 등 환기가 나쁜 장소에서는 미생물 호흡이나 철의 산화(선창의 탱크, 보일러 등의 밀폐된 철 구조물) 등에 따라 산소 농도가 저하되기 쉽다.

최근 화재폭발의 위험성이 높은 제품이나 공기 접촉 시 산화나 분해를 일으키기 쉬운 물질 사용이 증가함에 따라 불활성 가스가 제조설비 등의 공기치환에 널리 이용되고 있다. 일반 공업제품이나 농산물 등에서도 품질향상, 유통비용 절감, 부식방지 등을 위한 불연성 가스의 이용이 증가하고 있다.

압기공법이 지하 토목공사에서 이용되기도 하는데 땅 속에 압입된 압축공기 중의 산소가 흙 속의 산화되기 쉬운 철에 의해 소비되어 산소결핍 공기가 만들어지기도 한다. 이러한 산소결핍 공기가 조건에 따라서는 의외의 장소로 유출되어 재해가 발생하기도 한다.

드물긴 하지만 통풍의 좋은 야외에서도 밸브 및 배관으로부터 갑자기 대량의 가스 분출, 에어 마스크 착용자에 대한 접촉 잘못에 의해 불활성 가스의 송급 등에 따라 산소결핍 사고가 일어나기도 한다.

일반적으로 산소결핍 현상은 환기가 불량한 폐쇄적 공간에서 일어나기 쉽지만 나누어 보면 공기 중의 산소가 소비되어 발생하는 경우, 공기가 무산소 공기 등에 의해 치환되는 경우, 그리고 산소결핍 공기 등의 분출이나 유입 등으로 크게 구분할 수 있다.

(1) 산소가 소비되는 경우

공기 중 산소소비는 화학적 및 생물학적인 산소 소비로 분류된다. 화학적 산소 소비는, 금속의 산화, 광석의 산화, 지하수 및 수돗물 중 철분의 산화, 환원상태 모래층의 철분 산화, 건성유 및 도료 산화 등이 있다. 또한 내연 기관, 연소기구 등의 대량 산소소비 등도 있다. 이 경우 불완전 연소에 의해 일산화탄소가 다량 발생하기도 한다.

생물학적 산소 소비는, 미생물의 호흡작용, 야채·곡류·목재의 호흡작용, 인간의 호흡에 따른 산소소비 등이 있다.

이들 구체적인 산소결핍의 발생과정 등을 정리하면 다음과 같다.

가) 피산화물의 산화

황화광, 철광석, 석탄, 강재, 건성유 등은 상온에서도 공기 중의 산소를 소비한다. 이 반응은 보통 극히 완만하지만 온도가 상승하면 반응속도는 빨라진다.

① 탱크 기타 소재의 산화

수분이 있는 철제탱크가 장기간 밀폐상태에 있게 되면 내벽이 산화되어 탱크 내의 산소량이 줄어든다. 전해질이 있는 물이 존재하는 경우 산화 진행이 더욱 빨라진다.

내부를 수세 후 물을 제거하지 않은 상태로 밀폐된 채 방치된 탱크 안에 들어간 노동자가 질식사한 사례나, 제염공장에서 소금농축 탱크(철제)내에 청소를 위해 들어간 노동자가 사망한 사례가 외국에서 있었다.

밀폐형의 습식 연삭 장치에서는, 강재의 마찰과 수분에 의해 산화가

촉진되어 내부의 산소가 소비된다. 시멘트 공장에서 석회석 등을 미분하는 습식 보울 밀(원통 안에 강구나 자갈 등을 넣고 원료와 함께 회전시키면서 원료를 분쇄하는 분쇄기)의 경우, 강구 마찰에 의하여 밀 안이 산화해서 내부 산소가 3%가량 줄어들었음에도 점검을 위해 내부에 들어간 사람이 사망한 사례도 있다.

중소형 유조선 내부 청소작업 시 바닷물 사용에 따라 유조선 내벽의 산화가 빨리 진행되어 공기 중 산소가 급속히 감소하였기 때문에 해당 청소작업을 한 조선소 노동자가 산소 결핍증을 일으킨 예도 있다.

화물선의 불균형을 보정하는 밸러스트 탱크에는 바닷물이 드나들므로 그 내벽이 산화되어 해당 공간은 거의 산소가 없는 상태로 보아야 한다. 또한 항해 중에 굳게 닫힌 선창 위 뚜껑 작은 틈으로 침입하는 바닷물 염분에 화물 강재나 고철 표면이 심하게 녹슬어 내부 공기 중의 산소가 소비되는 경우도 있다.

철이 전혀 녹슬 우려가 없을 때나 스테인리스강으로 되어 있어 산화 우려가 거의 없을 때는 탱크 내 공기 중 산소소비가 없다. 방청을 위한 도장은 영구적으로 효력이 있는 것이 아니므로 역시 주의가 요망된다.

② 저장 또는 운반 중인 물질에 의한 산소 소비

석탄, 아탄, 황화광 등은 공기 중 산소를 흡수하여 산화 발열한다. 방열이 나쁜 석탄이나 아탄 등은 자연적으로 발화되기도 한다.

석탄 운반선에서 이 자연 발화를 방지하기 위해 선창을 밀폐하여 공기를 차단하게 되면 선창 공기는 산소결핍 상태가 된다. 석탄은 조건에 따라서 메탄과 에틸렌을 발생시킬 수도 있다.

강재, 고철 등도 습윤 상태에서는 공기 중의 산소에 의해 녹이 발생한다. 철 이외에는 구리, 아연, 납, 또는 철 등의 황화광석을 분쇄 선별한 미분 황화 정광과 같은 수입광석 운반선의 선창이나 금속 광산의 갱내도 이들 금속의 산화에 따라 산소농도가 저하될 수 있다.

유기물로는 아마유, 보일유(boil油) 등의 도료용 건성유, 콩기름, 쌀겨기름과 같은 반건조성 식용유는 산소와 결합되기 쉬운 성질을 가진 기름이다. 따라서 이들 물질을 저장하거나 이용하는 경우에는 산소결핍 환경이 조성될 수 있으므로 주의가 요망된다. 산화방지를 위해 이들 저장탱크의 공간에 질소를 봉입하는 경우도 있다.

③ 건성유, 어유에 따른 산소 소비

얇게 펴진 건성유는 공기 중에 놓아두면, 산소와 결합하여 수지모양의 투명한 고체로 변하는 성질을 가지고 있다. 건성유에는 아마유, 들기름, 보일유 등이 포함된다.

통풍이나 환기가 나쁜 지하실, 선창 등의 내부를 도장하는 경우 도료의 건성유는 앞에서 언급한 바와 같이 고결 건조 시 밀폐실 내 산소를 소비한다. 도료 1 kg당 170 g 이상의 산소와 결합하므로 대량의 아마유 도료 등을 사용하는 때에는 해당 장소의 공기가 산소결핍 상태가 되기 쉽다.

나) 곡류, 과일, 목재 등의 호흡 작용

생물작용에 따라 콩, 밀, 옥수수, 순무, 바나나 등 곡류나 야채, 과일 등은 호흡을 하게 되므로 산소를 소비하는 동시에 탄산가스를 발생시킨다. 이러한 작용은 환경온도가 상승할 경우 특히 활발해지며 발아나 생장이 이루어지면 더욱 빨리 진행된다.

또한 곡물, 식물, 목재 등의 표면에 미생물(곰팡이)이 생성된 경우도 마찬가지로 산소결핍의 위험이 있다.

① 식료품 저장고 등

곡물, 야채, 과일 등은 저장 중에 호흡작용을 영위하여 산소를 소비하고 탄산가스를 발생시킨다. 따라서 환기가 나쁜 저장고 등의 경우 비교적 빠른 시간에 공기는 산소결핍 상태에 놓이게 된다.

곰팡이가 핀 상태의 경우에는 산소소비는 더욱 많아지므로 적은 양의

환기가 이루어지는 경우 환기량이 충분하지 못하게 된다. 수입한 쌀 창고에서 황변한 쌀을 반출하는 노동자가 산소 결핍증에 빠진 사례가 외국에서 있었다.

수입한 직후의 바나나는 푸르고 딱딱하며 뚱다. 이를 바나나실에 넣고 가스난로를 피우거나, 전열기로 온도를 올리고 숙성 시키거나, 해당 실내에 에틸렌 가스를 봉입하기도 한다. 이때 산소가 소비되고 탄산가스가 발생한다. 숙성 정도를 검사하기 위해 들어간 노동자가 산소결핍증으로 사망한 사례가 있다. 검사에 들어간 노동자가 숨을 멈추고 들어간 후 한번 정도의 호흡은 괜찮은 것으로 생각하고 호흡하였는데 산소결핍증에 이환되었다. 이 경우 산소농도가 매우 낮으므로 한 번의 호흡이 바로 죽음으로 이어지고 말았다.

우마용 겨울 사료인 야채나 목초를 저장하는 사일로 안도 산소농도가 낮고 탄산가스의 농도가 높은 사례의 하나이다.

② 목재의 호흡 작용

선박으로 원목, 칩(펄프 원료인 목재 부스러기)을 수송 도중, 목재의 호흡작용, 발효작용 또는 수지의 산화작용 등에 의해 선창 내에서 산소가 소비되고 탄산가스를 발생하는 일이 야기된다.

소나무, 삼나무, 나왕 등이 산소결핍 위험성이 있는 종류는 원목에 해당한다. 벌채 후의 비교적 생나무, 나무껍질이 많이 붙어 있는 것, 가지나 잎이 남아 있는 것이 산소결핍을 일으키기 쉬우며, 산소를 가장 많이 소비할 위험이 큰 것은 칩이다. 칩의 아주 윗부분인 보통 사람 키 위치의 호흡하는 곳에서는 산소농도가 21%라도 칩의 표면으로부터 20~30cm의 위치에서는 12~15%, 칩의 표면에서는 4%로 극단적으로 낮은 농도가 측정된 사례도 있었다.

다) 유기물의 부패-미생물의 호흡

분뇨, 하수, 쓰레기 등의 유기물이 부패하는 경우에는 산소가 소비되

며 동시에 탄산가스, 황화수소, 암모니아 등의 유해 가스가 발생한다. 이 작용은 온도가 상승한 경우 더욱 활발해진다.

① 분뇨, 오수 등의 탱크

오래전부터 하수 및 오물조의 맨홀에서 가스 중독과 질식사고가 있어 왔다. 하수와 오물은 세균이 증식함에 따라 처음에는 산소를 소모하고 탄산가스를 발생시키나 무산소 상태가 되면 메탄, 황화수소 등이 발생된다.

식료품 공장, 도축장, 어시장, 대형 호텔주방 등 지하의 수조, 수세식 화장실의 처리탱크 등의 오수는 미생물의 영양이 되는 성분이 다량 함유하고 있어 초기에는 호기성 세균(산소 존재 하에서 증식하는 세균)에 의해 산소가 소비되고 탄산가스가 발생하나, 산소가 고갈되면 곧 혐기성균(무산소 상태에서 증식하는 세균)에 의한 메탄, 황화수소 등의 발생이 아주 심해진다. 황화수소는 공기 중에서 산화되기 쉬우며 이 때 역시 산소를 소비한다.

② 케이블, 가스관 등을 수용하기 위한 압거, 맨홀,

압거, 맨홀 안에는 오랜 세월에 걸쳐 지표로부터 유기성 오물이 유입되어 쌓이고 그 속에 증식한 미생물이 산소를 소비한다. 건설 중인 맨홀이나 피트 등 내부에서도 콘크리트 타설 때 강알칼리 성분에 의해 녹아내린 목재성분, 지표에서 유입된 오수, 그리고 콘크리트의 응고열이 작용하여 호기성균에 의한 산소소비 및 혐기성균에 의한 메탄과 황화수소 발생이 일어난다. 이러한 변화는 콘크리트 응고가 완료되는 시점까지 비교적 단기간에 걸쳐 진행된다. 형틀 해체를 위해 들어간 노동자가 사망한 과거 사례에서는 산소농도가 7%정도에 지나지 않은 경우가 일본에서 있었다.

③ 간장, 주류 등이 들어 있거나 들었던 적이 있는 탱크 등

지구상에는 각종 미생물이 무수히 생존하고 있으며 주위의 공기나

물, 영양 공급원이 되는 유기물질 등을 이용하여 활동하고 있다. 1 kg의 미생물이 30℃에서 1시간에 소모하는 산소 소비량은 사람의 몇배에서 최고 6,000배에 이른다.

인류는 미생물을 이용하여 발효식품(된장, 간장, 맥주, 정종 등), 의료용 항생물질 생산, 폐기물 처리(산업폐수, 가정 분뇨 등) 등을 수행하기도 한다. 이때 미생물은 번식에 필요한 산소를 공기로부터 취하여 소모하고 이산화탄소나 조건에 따라서는 황화수소, 암모니아 등을 발생시킨다. 그러므로 밀폐된 탱크 등 내부로 들어가려는 노동자는 산소결핍 위험뿐만 아니라, 황화수소 중독 등에 대해서도 특별히 주의를 기울여야 한다.

생물의 산소 소비량

인간	200
원생 동물의 파라메시움	500
조류 클로렐라	40,000
사상균 푸사리움	10,000
세균 아조토박터	1,200,000

산소량 소비 : 30℃에서 kg당 ml/hr

라) 사람의 호흡

사람은 공기 중 산소를 흡수한 후 이산화탄소를 배출하므로 밀폐된 환경에서는 점차 산소결핍 환경이 형성된다. 선박이나 잠수함이 침몰이나 전복되어 해저 간헐을 경우에는 구출에 오랜 시간이 필요하므로 산소결핍증이 일어난다. 내부에서 열지 못하는 냉장고나 아이스박스 안에 갇히는 재해가 발생하기도 하는데 이는 내부 공기량이 적으므로 자신이 산소를 소비하여 질식하는 것이다.

성인 한명이 1 m³의 공간에서 생존할 수 있는 기간은 고작 3시간 정

도이다. 이러한 소실은 내부로 들어갔더라도 문이 닫히지 않는 썰기 등을 장착하거나 내부에서 열 수 있는 구조로 만들어질 필요가 있다.

(2) 무산소 기체 등에 의해 치환되는 경우

가) 불활성 가스 등의 이용

산업기술의 발달에 따라 가연성 가스나 불연성 가스가 각종 산업에서 널리 이용되고 있으며, 그 결과 가연성 가스에 의한 폭발, 불연성 가스에 의한 산소 결핍 등의 재해가 발생하고 있다. 산소결핍 재해의 경우에는 질소, 이산화탄소, 아르곤, 프레온 가스에 의한 것이 많으며 주로 가스 취급, 산소 농도의 검지나 환기 또는 밸브 폐쇄 시 안전위생 대책이 미비, 가스 위험성에 대한 이해 부족, 호흡용 보호구 미착용 구출작업 등이 주요한 원인이다.

나) 가스의 성질과 분류

전 세계적으로 고압용기에 충전되어 판매되고 있는 가스는 혼합가스를 포함하여 100종에 이르고 있다. 또한 불연성 가스, 질소, 산소 등의 가스 발생장치도 각종 제품으로 시판되고 있다. 이들 가스는 연소성과 독성의 유무에 따라 다음과 같이 분류되고 있다.

① 불연성 가스(질식성 가스라고도 함)

타거나 폭발하는 일은 없는 가스로 화염을 소화시키는 성질을 지닌다. 대표적인 가스로는 질소, 이산화탄소(탄산가스), 아르곤, 헬륨, 육불화황, 프레온 등이 있다. 이들은 화재나 폭발 방지에 유용한 가스이지만 호흡하면 산소가 포함되어 있지 않으므로 산소 결핍증을 야기한다.

② 지연성 가스

불연성 가스처럼 타거나 폭발하지는 않지만 화염을 유지시켜주는 성질을 지니고 있다. 산소, 염소 등이 대표적이다. 공기는 불연성의 질소를 약 78%포함하고 있는데, 약 21%의 산소를 혼합되어 있으므로 지연

성으로 분류된다.

③ 가연성 가스

공기 중에 분출하면 점화되거나 사전에 공기와 혼합하여 점화시키면 폭발하는 가스로서 수소, 메탄, 프로판, 아세틸렌 등이 있다. 이 가스를 호흡하면 산소가 포함되어 있지 않아 불연성 gas와 같이 산소 결핍증이 나타난다. 아울러 가연성 gas는 화재와 폭발 등 재해를 일으키기도 있다.

④ 단순 질식성 가스

자체 독성은 없지만 산소가 들어있지 않아 호흡하게 되면 산소결핍증을 발생시킨다. 다음과 같은 gas가 있다.

- 가연성 gas : 수소, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 에틸렌, 프로필렌, 아세틸렌,
- 불연성 gas : 질소, 헬륨, 네온, 아르곤

⑤ 독성 가스

저농도에서도 생물에 대해 고독성을 지닌 gas로는 황화수소, 암모니아, 일산화탄소, 시안화수소, 염소 등이 있다. 특정 gas의 독성 정도는 직업노출기준(Occupational Exposure Limit; OEL)으로 어느 정도 추정이 가능하다.

다) 질소

① 폭발화재 방지 작용

인화성 액체를 다루는 공장과 원유를 정제하는 석유평장의 경우 방폭형 전기기기를 사용하거나 정전기 축적을 막는 등 점화원의 제거하여 안전성을 더욱 높이는 한편 제조장치나 저장탱크의 공간을 불연성 gas로 채워 공기를 배제하는 이중의 안전대책을 실행하고 있다. 가연성 gas나 인화성 액체의 저장탱크, 배관의 신설 및 수리 점검 때도 화재폭발 방지를 위해 불연성 gas를 이용하여 내부 공기나 가연성 gas를 제

거하고 있다. 이 불연성 가스로는 가격이 싼 질소나 질소를 주성분으로 하는 연소배기 가스가 사용되고 있다. 해당 작업장에서는 과거에 많은 산소결핍 재해가 발생한 사례가 있다.

그밖에 고압용기와 플랜트의 압력시험과 누출시험, 단일 압축가열에 의한 잔존유의 발화, 항공기 이착륙 시의 마찰열에 의한 타이어 화재 예방을 위해 압축 공기가 아니라 질소가 이용된다. 스테인리스 등의 분말 절단용 철분의 경우에도 분진폭발과 산화방지에 위해 질소를 가압원 가스로 사용하고 있다.

② 산화, 흡착의 방지

공기에 의한 산화와 열화를 막기 위해 다음과 같은 제조 공정 또는 저장장소 등에서 질소가 이용된다.

- 식용기름, 식품분쇄, 축매, 의약품, 중합물의 용융방사, 컬러 사진용 현상액의 교반, 광유를 사용하는 유압 장치 압축기와 대형 변압기 등
- 금속재료의 녹 방지, 제강의 주괴 작업, 휴지 중인 대형 화력발전용 터빈, 보일러 봉입, 부유식 유리제조용 용융조 표면보호, 페라이트 등 각종 금속분말 제조 장치, 납 땜, 담금질 등

③ 기타

용융금속의 가스 교반, 가열 맞춤보다 우수한 냉연 맞춤, 초고진공 펌프, 탄광 화재 진화, 냉동용, 화학공업 원료가스, 토양 동결, 플라스틱류의 냉동 파쇄, 반도체 제조 및 가공, 전화 케이블에의 봉입 등에도 질소가 사용된다.

라) 이산화탄소

일반적으로는 탄산가스로 불리며 액화가스나 고체 드라이아이스로 취급되고 있다. 이산화탄소의 소비는 이산화탄소 가스 아크용접, 주형의 조형, 식품 음료용이 큰 비중을 차지했다. 산소결핍 재해가 발생하기 쉬운 경우는 주차장, 선박, 창고 등으로 고정배관을 통한 이산화탄소 가스

소화설비를 갖춘 곳이다. 그리고 재해는 화재 발생 시의 작동이 아니라 잘못된 밸브조작에 따른 갑작스러운 분출에 따른 경우가 많음에 유의할 필요가 있다.

이 외에 농업용 비료, 감의 숙성, 이산화탄소를 이용한 알칼리성 폐수의 중화, 선박용 수조 내 시멘트의 제거 용도가 있으며 해당 작업 시 산소결핍 재해가 발생하기도 한다.

또한 사과 등 과채류 저장 시에는 이산화탄소를 충전하고 냉장하여 장기간 저장하는 방법이 이용되고 있는데, 이 경우 냉장고 내 산소 농도는 매우 낮다.

마) 아르곤

액화 아르곤은 고압가스 용기에 봉입되어 공급되며 그 용도는 금속의 용접, 각종 금속 정제 및 제조 등이다. 예를 들어 알루미늄이나 스테인리스 용접 때 용접부의 산화 방지, 혹은 쉴 가스로서 헬륨에 혼합되어 대량으로 소비되고 있다. 또, 용강의 교반 탈수소화, 가스 분출에 의한 교반, 진공 탈 가스, 주괴 제조 등 제강용으로도 사용되고 있다.

이 밖에 발화방지용, 티타늄·지르코늄·우라늄·금속 나트륨의 제조, 저장과 수송시의 실 가스, 부유식 용융법에 의한 실리콘의 정제와 단결정의 제조, 전구 및 각종 조명등, 각종 방전관 등에의 봉입 등 용도가 다양하다. 아르곤의 비중은 1.38로 공기보다 무거워 피트와 탱크의 바닥에 체류하기 쉽다.

바) 프레온

불소를 포함한 탄화수소 화합물의 총칭으로 프레온은 상품명이다. 또 하론으로 불리고 있는 소화제도 브롬을 포함한 프레온의 일종이다. 일부를 제외하고는 상온에서 기체이며, 저농도에서는 거의 무취이고 저독성이나, 공기보다 무거운 탱크나 지하실과 피트와 탱크의 바닥에 체류하기 쉽다.

주요 용도는 전기냉장고, 에어컨, 초저온 냉동장치 등의 냉매이며, 독성이 강한 암모니아보다 안전성이 높지만 유입사고 시 좁은 실내에서 산소결핍 재해를 야기하는 경우가 있다. 원료를 포함한 프레온(하론)은 이산화탄소보다 소화능력이 좋고 전기기기에 의한 화재에도 위험이 없다, 내열성도 좋아 컴퓨터실이나 지하주차장 등의 고정 소화설비에 이용되기도 한다. 일부 프레온 가스는 세탁용 용제로서 성능이 뛰어나기 때문에 반도체 산업, 정밀기기, 원자력 산업 등을 비롯한 여러 산업으로 세정제로 사용되고 있다. 또한 플라스틱 폼의 발포제, 각종 에어로졸 제품의 불연성 분사제, 저온 폐열을 동력화하기 위한 터빈의 작동유체, 실리콘 에칭가스, 불연성 마취제(프로센, 할로탄이라고도 불린다), 플루오르 수지 제조원료 등에도 쓰인다.

사) 기타

메탄이나 LP가스는 가연성 가스이며 폭발하한 농도도 수 퍼센트보다 낮아 누출되면 화재폭발이 쉽게 발생한다. 드물기는 하지만 특정 조건 하에서는 고농도의 분출가스에 의해 산소결핍 재해가 발생하는 경우도 있다.

예를 들면 탄광에서 메탄의 대량 돌출이나 환기가 나쁜 지하 가스관 공사 중 가스가 분출되면 산소결핍 환경이 갱내와 안면 근처에서 형성된다. 그 외에 6불화황을 이용한 가스절연 개폐장치가 변전소 등에서 이용되고 있다. 이 가스는 불연성이며 비중이 약 4.6으로 공기보다 훨씬 커서 기체상태로 피트나 환기가 나쁜 밀폐실 내의 바닥이나 마루 위 근처 등에 체류하면 무산소 환경이 형성되기 쉽다.

(3) 산소결핍 공기 등의 분출, 유입 등

불활성 가스의 사용 이외에 여러 가지 원인으로 발생한 산소결핍 공기 등이 작업 내용, 공법, 기상 조건 등에 따라 작업장소에 분출 또는

유입되는 경우가 있다. 산소결핍 공기 등의 분출, 유입 등의 경우에는 작업자 호흡위치 부근에서만 산소결핍 공기가 형성되고, 이 때는 작업 장소가 넓으며 폐쇄되지 않은 경우라도 산소결핍 등이 발생할 수 있다.

가) 산소 결핍 공기 등의 분출

잠함공법과 압기실드 공법은 교각 및 침투수가 많은 지반에서의 빌딩 기초공사, 지하철 공사 등에서 널리 이용된다. 이 공법에서는 작업실 내로 압축공기를 주입하여 침투하는 물을 막는다.

이 압기공법에 의해 굴착되고 있는 지층이 모래자갈층인 경우 잠함 또는 실드의 작업실 안에 압입한 공기는 모래자갈층의 틈으로 침입하게 되고, 그 지층 속에 대량으로 포함된 제1철 등의 환원성 물질에 의해서 산소가 소비되면 산소결핍의 공기가 잠함, 기초갱, 지하실 등에 침입하여 그 내부가 산소결핍 상태가 될 수 있다.

이러한 현상은 역류, 관류, 지층 내 지하 공기의 용출, 저기압 시의 용출 등 네가지 유형으로 분류된다.

① 역류

가압 시 모래자갈층 틈새에 강압되어 있던 케이스, 실드 내의 공기가 감압 시 그 잠함이나 실드 등의 내부로 역류하는 경우가 있다. 압기공법에 의해 굴착하고 있을 때 상층에 불투수층(물을 통하지 않는 점토층 등)이 존재하는 상태에서 함수나 용출수가 없는 모래자갈층에 도달하게 되면 물이나 용출수가 없으므로 언뜻 보기에 송기를 필요로 하지 않는 굴착 가능상태가 된다.

이러한 장소에서는 잠함 내 압력이 갑자기 줄어들며 통상적인 송기량 증가에도 소요 공기압에 미달되게 된다. 이 때 정전이나 컴프레서 고장 등으로 환기가 정지되면 모래자갈층 내에 압입된 공기가 잠함 작업실내 등으로 역류 한다. 해당 공기는 모래자갈층 중의 철분에 의해 산소를 잃어버린 경우가 많아서 산소의 농도가 매우 낮을 수 있다.

② 관류

모래자갈층 내 침입한 케이슨, 실드 내의 공기가 지층을 관류하는 인접 기초갱, 지하실, 우물 등을 통해 분출되는 경우이다. 잠함공법, 압기 실드 공법 등에 의해 굴착하고 있는 경우, 상층에 불투수층이 있는 상태에서 함수나 용출수가 없거나 적은 모래자갈층에 도달하였을 때는, 부근에서 해당 지층과 연결되어 있는 압기공법 실시 작업장이 있게 되면 두 작업 장소가 모래자갈층이 서로 통해서 연결되는 결과가 초래되고, 결과적으로 모래자갈층을 통과한 산소결핍 공기가 압력이 낮은 쪽 갱내에서 분출된다.

③ 지층 내 매물 공기의 용출

모래자갈층 틈에서 압력을 받은 공기가 역류하여 그 부근의 기초갱, 지하실, 우물 등을 통해 용출되는 경우이다. 이전에 여러 번 압기공법이 있었다면 현재 묻힌 장소의 모래자갈층은 다량의 공기가 주입된 상태로 있게 된다. 이곳에서 심층갱을 굴착하거나 우물통 공법으로 굴착을 하게 되면 모래자갈층에 도달하자마자 내부로부터 산소결핍 공기가 용출될 수 있다.

지하수 양수가 심한 지역에서는 갈수기와 만수기에 지하수위의 차가 2~3 m만 되어도 만수기에는 지층으로부터 산소결핍 공기가 분출할 기회가 많아진다. 휴일에는 지하수 양수가 적으므로 그 다음날 지하수위가 오르게 되면 이러한 위험이 높아지게 된다.

④ 저기압 때 용출

모래자갈층 내에 압기공법에 의해 주입된 공기가 모래자갈층 내 지하수와 대체되면 해당 공기는 저기압 때 팽창하여 솟구치게 된다. 지하수 양수가 많은 지역에서 압기공법이 한창 진행되면 모래자갈층의 함수율이 줄게 되고 수분 대신 압기공법으로 보낸 공기가 모래자갈층 사이를 메운다. 따라서 틈 사이의 물은 틈사이의 가스가 치환된다. 이 가스는

대부분 질소로 메탄과 이산화탄소도 혼재하며 산소는 거의 포함되어 있지 않다. 이 틈새 가스는 지표의 압력 즉 대기압이 유사하면 모래자갈층에서 솟아나지 않고 정체되어 있는데, 저기압이 되면 틈새 가스와 대기압력의 균형이 무너지면서 틈새 가스가 팽창하여 기초갱의 내부와 깊은 우물의 샤프트 등을 통해 지하실 내로 분출된다.

나) 메탄가스나 탄산가스의 용출

늪이나 오염된 항만 매립지 등의 오니층 혹은 메탄가스 지대에 대한 굴착에서는 용출한 메탄가스에 의해 산소 결핍 상태가 된다. 메탄가스가 대량으로 용출됨으로써 기초갱 등 내부의 산소농도를 저하시키거나 충만한 메탄가스에 갱내 공기가 배제되기도 한다. 메탄가스는 공기보다 가벼워 갱내 천장, 경사갱의 상부에 쉽게 체류한다.

쓰레기매립장의 기초갱 굴착도 위험성이 높다. 세일도 메탄가스를 함유하는 경우가 많다. 탄전에 가까운 세일층은 특히 메탄 방출이 현저하며, 수도공사 등에서는 산소결핍 이외에 메탄가스 폭발의 위험성도 있으므로 특히 주의가 요망된다, 또한 세일층에 석회암이 혼재하는 지역에서는 세일 중 황화철의 공기 산화에 의해 산소결핍 상태가 나타나고, 이때 생긴 황산이 추가적으로 석회암에 작용하면 고농도의 탄산가스가 발생하게 된다. 결과적으로 이들 지층에서는 탄산가스의 돌출 위험이 존재하게 된다.

(4) 기타

기타 산소결핍의 원인으로 다음과 같은 것들 있다.

가) 장기간 사용되지 않는 우물 등

장기간 사용하지 않고 있던 우물 등에 있어서는 우물 등 내부의 유기물이 부패하고 산소를 소비한다. 철분이 많은 물에서 제1철 화합물이 포함되어 있으면 이 제1철 화합물이 공기에 의한 산화되어 산소를 소비하게 되므로 굴착 작업 중에도 산소결핍 상태가 된다. 깊은 우물의 펌프실 등에서는 케이싱의 스트레이너를 통해서 갈수의 모래자갈층에서 산소결핍 공기가 용출된다. 콘크리트 구조의 공동에 매설된 시설 등에서도 공동 내 산소가 장기간 동안 들어온 지표수에 의해서 소비되면 공동 내는 산소결핍 상태가 된다. 이러한 예에서는 장기간 환기되지 않고 방치되어 있던 산소결핍 공기가 축적되어 체류하는 경우가 많다.

나) 지하수와 흙의 산소 흡수

배수 암거, 맨홀 안에 제1철 화합물의 함유량이 많은 물이 유입되는 경우에는 산소가 해당 물에 흡수되어 배수 암거, 맨홀 안의 공기는 산소 결핍 상태가 된다. 이러한 암거 내에 토사 제거 작업을 위해 들어간 노동자가 산소 결핍으로 숨진 사례가 외국에서 있었다.

공기가 거의 없는 지하수면 아래 땅속의 철은 산소와 반응하기 쉬운 상태에 있으며 보통 땅속에 0.1% 정도 함유되어 있다. 지하수면 밑에 구멍을 파서 물을 배수시키면 그 물과 치환된 모래자갈층에 침입한 공기는 포함되는 철의 산화에 의해 산소결핍 상태가 된다. 물의 양수를 중지하면 수위 회복과 더불어 이 무산소 공기가 갭내에 용출한다. 전술한 압기공법에 따라 산소 함유량이 적은 공기가 분출되는 것과 거의 유사한 현상이라고 볼 수 있다.

야산 비탈의 택지나 골프장 조성지의 배수관 등의 내부는 산소결핍 상태가 될 우려가 크므로 특별히 주의를 요한다.

이밖에도 산소와 반응하기 쉬운 철염을 포함한 광산의 샘플과 지하공사의 지하수도 철염의 산화로 인해 공기 중의 산소를 흡수하게 되므로 갱내나 맨홀 안으로 흘러드는 물을 지상으로 퍼내게 되면 해당되는 좁은 갱내의 공기는 산소가 결핍되게 된다.

2) 유해가스의 발생과 중독

(1) 황화수소에 의한 중독

황화수소는 자연계에서 화산가스나 온천 등에서 공기 중으로 방출되지만, 한편으로는 자연계의 황산이나 황산염이 분해 환원될 때 해당 산소를 이용하는 황산 환원균의 활동에 의해서도 생성될 수 있다.

이 균은 산소결핍 상태의 지중·하천·호수·항만 등의 폐기물 중, 하수 침전물, 또 이따금씩 공장의 제조공정(펄프 공장 등)에서 황산이나 황산염을 유일한 산소의 공급원으로 하여 번식하고 결과적으로 황화수소가 발생된다.

자연계에서 유허은 산화와 환원을 거듭하면서 식물과 동물 사이를 순환하고 안정화되는데, 거기에 인위적으로 황산이온을 대량 투입하게 되면 이를 처리하는 황산 환원균의 생육 조건이 양호해지면서 그에 버금가는 대량의 황화수소가 생성되게 된다.

자연계에서는 유허과 황화수소 사이에 순환이 일어난다. 황화수소의 공기 중 농도가 높아지는 경우는 대략 다음과 같이 구분된다.

- ① 황산 환원균이 생성한 황화수소가 장시간에 걸쳐 축적되거나 한정된 공간에 짧은 시간 내에 대량 생성되고 환기가 나쁜 폐쇄적 공간에 용출한다.
- ② 죽은 동물이나 식물의 몸 구성 성분인 황을 포함한 단백질과 기타 성분이 분해되었을 때 혹은 동물의 배설물이 분해했을 때 최종 단

계에서 발생하여 환기가 나쁜 공간에 축적된다.

- ③ 각종 화학제품의 제조공정 등에 따른 화학반응의 결과 대량의 황화수소가 생성되어 제조공정에서 누출된다.

구체적으로는 다음과 같은 경우가 있다.

가) 분뇨처리 시설 및 분뇨처리 해양투기선

분뇨 저류조 내에서는 노 중의 유황을 포함한 유기 화합물(메르캡탄 등)이 세균에 의한 분해되어 최종 산물로 황화수소가 발생한다. 분뇨 중에는 인체 내에서 생성한 황산염(체내 해독 기구로 만들어짐)도 존재하며 저류조 내가 산소결핍 상태가 되면 황산 환원균의 활동이 촉진되어 황화수소가 생성된다.

나) 오니

오니 중에는 황화철 및 기타 황화물이 존재하며 산성화되는 경우 황화수소가 유리된다. 또한 오니 속에 황산이나 황산염이 존재하게 되면 황산 환원균의 활동이 촉진된다. 공장폐수 등에 의해 황산이나 황산염 오염에 오염된 오니층을 굴착하는 환경에서는 황화수소 중독의 위험성이 높다.

다) 하수

하수 침전물 중에서는 동식물의 단백질 분해와 황산염(예를 들어 축전지 처리 공장, 화학 실험실 등의 황산염 투기 등)에 대한 황산 환원균 작용으로 황화수소가 생성된다. 도축장이나 식품공장 폐수에는 황을 포함하는 아미노산과 단백질이 풍부하다. 피혁공장의 폐수에는 무두질용 황화나트륨과 무두질 시 모발 분해산물의 황 함유 아미노산 등이 대량 포함되어 있어 하수가 산성화되면 황화나트륨으로부터 황화수소가 발생한다. 황화나트륨은 이 밖에도 공기 중의 산소를 흡수 할 뿐 아니라 생성된 황산염은 황산 환원균의 활동을 촉진시킨다.

라) 펄프 공장

펄프공장에서는 원료 목재세편에 수산화나트륨과 황화나트륨 용액을 넣고 가압하고 찌서 셀룰로오스만을 추출한다. 생성된 원 셀룰로오스 펄프액에는 황화나트륨과 공기산화로 생성된 황산염이 남아 있어 펄프액 저장탱크 내에는 산소결핍 상태와 함께 황산 환원균에 의해 황산염의 황화수소화가 진행된다. 황화수소 증독은 연휴 시 펄프액의 유동이 정지된 후 작업 재개시를 위해 점검 작업을 할 때 일어나기 쉽다.

마) 청소 공장

청소공장 잔재 피트 중의 재에는 쓰레기에 포함된 각종 유황성분(고무, 단백질, 석고 등)이 연소할 때 생긴 황화물, 황산염, 아황산염이 존재한다. 잔재 피트 중의 먼지가 진흙 모양으로 침전되어 저장되면 황산염은 혼입된 황산 환원균에 의해 황화수소 또는 황화 알칼리에 변화하게 된다. 이 더러운 물을 산으로 중화할 때 황화수소가 유리된다.

바) 화력 발전소 등의 바닷물 이용시설

증기터빈 복수기 등의 냉각에 바닷물을 이용하는 시설에서는 바닷물 도입 암거 혹은 여타 바닷물이 유입되는 부분(특히 온배수로)에 진주담치 등 조개류가 대량 번식하여 점차 해수흐름을 나쁘게 하므로 자주 제거작업을 해 주어야 한다. 암거 등이 건조해지면 패류는 사멸하고 부패한다. 이 때는 혐기성 상태가 되며, 이 상태 하에서 조개의 분해가 시작하면 황함유 단백질의 분해에 의해 황화수소의 발생한다. 한편, 단백질의 분해산물은 해수성 황산 환원균(해수 저부 퇴적물 상주)의 활동을 촉진하여 해수 중 황산염은 황화수소로 변환된다.

사) 석유정제 공장

원유에 포함되어 있는 유황을 포함한 유기물은 연소 시 이산화황(아황산가스)으로 공해의 원인이 되므로 수소첨가 반응을 통해 황분을 황화수소로 바꾸어 제거한다. 이 황화수소의 저장과 수송 파이프에서의 누설이나 탱크와 파이프의 대정비(오바홀) 시 증독 사고가 일어나고 있다.

(2) 일산화탄소에 의한 중독

근본적으로 일산화탄소는 탄화수소가 공기 중에서 불완전 연소하여 생성된다. 밀폐공간에서 발생할 수 있는 대표적인 일산화탄소 중독의 예로는 다음과 같은 경우가 있다.

가) 내연기관의 사용

밀폐공간에서 일산화탄소 중독을 일으킬 수 있는 대표적인 내연기관으로는 휘발유를 사용하는 포크리프트, 전동공구, 발전기 등이 있다. 과거 미국에서는 일부 자재 및 물품창고 등에서 가솔린엔진 포크리프트를 사용하다가 근로자가 일산화탄소 중독에 이환된 사례가 가끔 발생하였으나, 최근 들어서는 디젤엔진으로 거의 교체되었기 때문에 이러한 사례가 우리나라에서는 거의 없었다. 이동용 발전기가 전동공구도 휘발유를 사용하는 경우 불완전 연소 때문에 일산화탄소 중독의 원인이 되는 사례가 국내에도 있었다. 밀폐공간의 기적이 특히 적으면 단시간에도 문제가 될 수 있으며 해당 기계를 가동하는 초기 시간에는 산소가 부족하지 않다가 지속적인 가동되고 외부에서 신선한 공기가 공급되지 않는 경우 누적효과에 의해 일산화탄소가 다량 발생하여 문제가 되게 된다.

나) 건설현장의 갈탄 등 사용

정상적인 콘크리트의 양생을 위해서는 일정 온도(3~4℃ 이상)가 요구되며 겨울철과 같이 주변 환경에서 낮은 온도가 지속되면 양생에 필요한 기간이 지연될 수밖에 없다. 따라서 외부에 노출된 장소의 경우 양생온도를 높여주는 것은 경제적으로 실효성이 없으나 지하실과 같이 통풍이 불안전하고 소규모인 장소에서는 갈탄 등을 연소시켜 보온을 유지하는 방법이 소규모 건설현장을 중심으로 일부 이용되어 왔다. 밀폐된 공간에서의 갈탄 연소는 실내온도를 높여주는 역할을 하지만 불완전

연소로 인해 다량의 일산화탄소를 발생시켜 작업근로자를 중독에 이르게 할 수 있다. 가설숙소의 경우에도 겨울철에 갈탄 등을 사용하게 되면 일산화탄소 중독이 발생할 우려가 있으며 특히 야간의 경우 무색무취인 이 기체에 의해 문제가 되기도 한다.

(3) 유기화합물 증기 등에 의한 중독

기술적 요구에 부응하기 위해 산업현장에서는 다양한 석유계통 유기화합물이 널리 제조 및 사용되거나 각종 운송 장비를 통해 운반되고 있다. 사업장에서 통상 이용되고 있는 유기화합물은 반응기 내에서 화학반응 등을 위해 사용되거나 필요에 따라 탱크 등에 저장된다. 이러한 반응기나 탱크는 해당 유기화합물이 채워져 있는 경우 밀폐공간이라고 보기 어려우나 화학반응 교체, 보수, 점검, 이상 시 조치 등을 위해 해당 공간이 일시적으로 비워지게 되는 사례가 있다. 이때 필요에 따라 적절한 조치 없이 근로자가 내부에 진입하게 되면 고농도의 해당 유기화합물에 급성적으로 중독되어 재해를 당하게 된다. 원유를 이송하는 유조선과 같은 경우에도 비워진 탱크 내에 특정 목적을 위해 근로자가 임시로 진입하여 중독사고가 발생한 사례가 있었다.

급성 중독재해가 특히 문제가 되는 것은 해당 탱크나 반응조가 평소에는 밀폐공간으로 간주되지 않는다는 점이다. 평상시에는 대부분 출입구도 없이 완전하게 밀폐된 공간이어서 근로자가 들어가게 될 이유가 없다. 그렇다보니 적절한 경고표지나 밀폐공간 출입허가와 같은 조치가 취해지지 않고 있으며, 출입하는 근로자도 잠시만 들어갔다 나오면 된다는 안일한 생각으로 감시인 부재 및 송기마스크와 같은 보호구를 착용하지 않은 상태에서 작업을 수행하다가 중독되어 사망에까지 이르는 경우가 있다.

3. 밀폐공간 재해예방의 원칙

사업장 내에 밀폐공간이 존재하는 경우 사업주는 다음과 같은 원칙을 철저히 준수하여 관련 작업 시 산소결핍을 포함한 질식, 유해가스 중독 및 안전사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.

- (1) 사업주는 사업장 내 밀폐공간 위치를 사전에 파악하여 해당 공간에는 출입금지표지를 입구 근처에 게시하고 해당 공간에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하여야 한다.
- (2) 사업주는 밀폐공간 작업을 계획하는 경우 해당 공간에 근로자가 출입하지 않고 외부에서 작업할 방법(비밀폐공간 작업)이 가능한지를 검토한 후 기술적으로 적절한 방법이 없다고 판단되는 경우에만 밀폐공간 출입을 허가하여야 한다.
- (3) 사업주는 근로자에게 밀폐공간 작업을 하도록 하는 경우 밀폐공간 작업 프로그램을 수립하여 시행하여야 한다.
- (4) 사업주는 자사 사업장내 밀폐공간 작업을 협력업체나 사외 근로자로 하여금 수행토록 하는 경우 밀폐공간의 위치와 유해위험요인을 사전에 파악한 후 필요한 정보를 협력업체에 제공하고 해당 작업과 관련된 제반 감독업무를 수행하여야 한다.
 - 이 경우 협력업체 사업주는 밀폐공간 작업을 수행하는 근로자에게 해당 공간의 유해위험 요인 등 원청이 제공한 위험정보를 확인하고 작업시작 전에 안전한 작업방법 등을 포함하는 교육을 이수하도록 하고 필요한 감독을 하여야 한다.
 - 근로자는 원청 및 협력업체가 제공한 위험정보를 숙지하고 안전보건

규칙에서 정하는 바에 따라 작업을 수행하여야 한다.
 밀폐공간의 재해예방은 다음의 흐름도를 참조하여 추진한다.

4. 밀폐공간의 파악과 출입금지

1) 밀폐공간의 파악

2017년 3월에 개정된 안전보건규칙 제619조(밀폐공간 작업프로그램의 수립·시행)에 따르면 밀폐공간에서 근로자에게 작업을 하도록 하는 사업주는 사업장 내 해당 공간의 위치를 파악하여 관리방안을 마련하여야 한다. 이는 그동안의 국내 밀폐공간 재해사례를 살펴 볼 때 사업주가 자사 내에 밀폐공간이 존재하는지에 대한 파악을 기본적으로 선행하지 않아 재해예방을 위한 후속조치가 전혀 이루어지지 않을 미비점을 보완하기 위한 취지에서 도입된 규정이다. 따라서 산업안전보건법의 적용을 받는 모든 사업주는 다음의 사항에 유의하여야 한다.

- (1) 대부분의 밀폐공간 질식사고 발생은 작업자가 유해가스가 있는 밀폐공간이나 질소 등 불활성 기체가 유입되어 산소가 부족한 공간이라는 사실을 몰랐고 필요한 예방 조치를 취하지 않았기 때문에 발생한다.
- (2) 밀폐공간은 반드시 현재 산소결핍 상태이거나 유해가스가 있는 곳만을 의미하지 않는다. 해당 장소에서 작업을 실시하는 동안 유해가스나 불활성 기체가 유입될 가능성이 있는 공간도 포함된다.
- (3) 사업장내 밀폐공간이 어디에 있는지를 파악하고 이를 목록화하여야 한다. 이 때 다음의 현황표를 참조하여 사업장 실정에 맞는 목록을

작성하고 프로그램을 포함하는 관리방안을 수립하고 시행하여야 한다.

- (4) 사전 파악한 밀폐공간은 사진을 찍어 확인이 쉽게 될 수 있도록 하되 맨홀 등 거리에서 이루어지는 작업에 대해서는 소재지 등의 위치를 별도로 작성하여 관리한다.
- (5) 필요한 경우 사업장의 최근 3년간 전체 재해현황 및 산소결핍 또는 유해가스로 인한 질식재해 현황을 함께 작성하여 관리하여 경각심을 높이도록 한다.

※ 사업장 업무와 관련하여 수행하는 작업장소 중 안전보건규칙 [별표 18] 의 밀폐공간에 해당하는 작업장소 모두를 작성한다.

※ 필요에 따라 각 사업장의 상황에 맞도록 항목을 추가하여 사용한다.

※ 특이사항 : 노출유해가스, 잔재물 등 특이사항을 기록한다.

※ 위험성 평가를 실시할 때는 표를 활용할 수 있다.(예시)

※ 밀폐공간의 위치를 나타내는 평면도와 사진을 추가할 수 있다.(예시)

밀폐공간에 대한 유해성 구분(예시)

위험도 구분	정의	기준	장소	안전 작업 허가	감 시 인	환 기	호 흡 용 보 호 구	방 폭 농도 접 촉 지 기	산소 농도 측정 기	복합 가스 측정 기
1등급 (위험도 -대)	환기가 부족하고 유해가스 가 노출되어 질식 및 중독 사고 위험 높은 장소 (중대재해 발생구역 포함)	산소 15% 이하 산소 30% 이상	VOC 스크러버 내부 질식가스, 독성가스 상시노출지역							
2등급 (위험도 -중)	자연환기가 불충분한 공간 케미칼 가스사용/저장공간 잠재적 위험도 높은 장소	산소 15%~18% 산소 23.5%~30 %	맨홀 (오수,정화조) 폐액 저장탱크 케미칼 탱크	○	○	○ (강 제)	○	○	○ (휴대 용)	○ (휴대 용)
3등급 (위험도 -소)	개방형 밀폐공간	산소 18%~19% 산소 21~23.5%	물탱크 보일러실 대기/수질 방 지시설							
경계주의 구역(W)	평소 안정상태이나 비상 상황 발생시 산소결핍이 발생할 우려가 있는 지역 (상시 산소농도 측정)	-	공동구, 분석 실, 창고 불활성 기체 사용지역 (He,N ₂ ,Ar,Ne 등) CO ₂ 소화설 비 구역 Purifier Room	-	-	-	-	-	○ (고정 식)	-



<사업장 내 밀폐공간 위치도(예시)>

사업장 밀폐공간 지정현황(예시)

메인 스크러버 1		집수조 1		오폐수 맨홀 1	
전경사진 삽입	위험상세 사진 삽입	전경사진 삽입	위험상세 사진 삽입	전경사진 삽입	위험상세 사진 삽입
전경	상세	전경	상세	전경	상세

메인 스크러버 2		집수조 2		오폐수 맨홀 2	
전경사진 삽입	위험상세 사진 삽입	전경사진 삽입	위험상세 사진 삽입	전경사진 삽입	위험상세 사진 삽입
전경	상세	전경	상세	전경	상세

사업주가 밀폐공간의 위치를 파악하여 목록을 작성하고 관리하고자 하는 경우에는 특히 다음과 같은 유해위험성을 고려하여야 한다.

- 작업 개시 전에 공간이 이미 유해공기를 함유하고 있는 경우
- 공간이 유해공기를 함유할 가능성이 있는 경우
- 공간에서 수행될 작업이 기중 유해인자를 배출하는 경우
- 공간에 진입한 사람을 함몰시킬 수 있는 물질을 내포한 경우
- 내부로 경사진 벽을 구조적으로 가지고 있거나 출입자가 갇히거나 질식할 수 있는 경사 단면을 보유한 경우
- 기타 안전보건 유해인자를 보유한 공간

2) 밀폐공간 출입금지 및 표지

사업주는 사업장 내 모든 밀폐공간에 대해 원칙적으로 근로자나 그 외 사람의 출입을 금지시키고 출입금지 표지와 시건장치를 장착하는 등 필요한 조치를 취하여야 한다. 이 경우 아래의 내용을 참조한다.

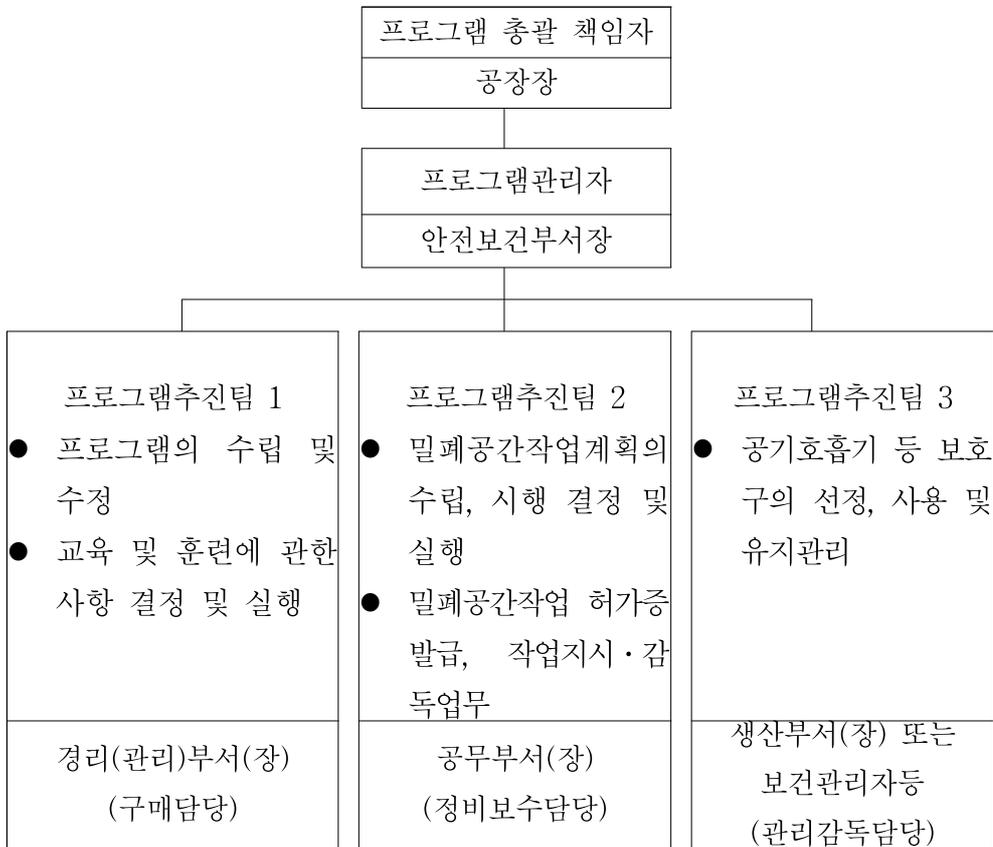
- (1) 사업주는 사업장 내에 밀폐공간이 존재하는지 여부를 사전에 파악하여 목록화한 후 해당 목록을 보존하여야 한다. 해당 목록에는 모든 밀폐공간의 번호, 종류, 위치, 수량, 형태 및 질식, 중독 유발 유해위험요인 파악결과 등이 포함되어야 하며 필요시 관련 사진이나 도면 등을 첨부한다.
- (2) 사업주는 밀폐공간에 대하여 출입금지표지 부착하는 경우 안전보건규칙 별지 제4호 서식에 따라야 한다([별첨 2]참조).
- (3) 사업주는 필요한 경우 밀폐공간에 시건장치 등을 설치하여 관계 근로자 이외의 사람에 대한 출입을 통제하여야 한다. 밀폐공간에 출입하고자 하는 근로자는 관련 부서로부터 밀폐공간 작업허가서를 취득한 후 정해진 절차에 따라 출입 및 밀폐공간 작업을 하여야 한다.

5. 밀폐공간 작업 프로그램

1) 프로그램 추진팀의 구성

프로그램 수립·시행을 위한 추진팀은 총 30명(사람수는 예시임) 내외로 하고 아래 조직도와 같이 구성하여 운영한다.

[프로그램 추진팀 구성 예시]



※ 프로그램 추진팀의 구성 및 팀별 업무는 각 사업장의 상황에 따라 추진팀의 수를 늘려서 세분하여 업무를 담당하게 할 수 있다.

(1) 프로그램 총괄책임자는 밀폐공간 작업 프로그램 추진팀을 대표하고 팀원의 활동을 지휘·감독하며 프로그램의 수립·수정·운영·실행·평가에 관한 사항 결정한다. 다만 프로그램추진팀 구성이 어려운 소규모 사업장의 경우 프로그램 총괄책임자는 프로그램관리자 및 프로그램추진팀 임무를 겸임할 수 있다.

(2) 프로그램관리자(안전보건부서장)는 실질적인 프로그램 운영실무 전반을 관리하며 질식 재해 예방 대책의 수립·시행에 관한 사항을 결정하고, 교육 및 훈련, 추진팀원의 활동 지도업무 및 프로그램 평가·관리, 관련서류 기록·보존 등의 업무를 수행한다. 다만, 프로그램추진팀 구성이 어려운 소규모 사업장의 경우 프로그램 관리자는 프로그램추진팀 임무를 겸임할 수 있다.

(3) 프로그램 추진팀은 프로그램 업무가 효율적으로 진행될 수 있도록 근로자(작업자)의 참여 독려 및 안내, 지도·감독 등의 활동을 실시하며, 작업현장의 보호구 구비, 산소 및 유해가스농도 측정, 작업모니터링 등 질식재해예방을 위한 업무를 수행한다. (프로그램추진팀의 인력은 보건관리자, 보건관리담당자와 근로자대표 또는 명예 산업안전감독관(관리감독자), 예산관리자, 정비보수담당자, 구매담당자 등으로 구성하되, 사업장 규모와 특성에 따라 적정인력이 참여하도록 한다. 다만, 프로그램추진팀 구성이 어려운 소규모 사업장의 경우에는 사업주 또는 근로자대표 등이 프로그램 추진팀의 전반적인 임무를 수행할 수 있다.)

(4) 근로자는 회사에서 실시하는 질식재해예방을 위한 교육 참석, 안전장비 및 호흡용보호구의 사용 등 밀폐공간 작업 프로그램의 성공을 위하여 적극적으로 참석한다.

2) 프로그램 추진팀의 임무

프로그램 추진팀에서는 다음과 같은 업무 사항을 수립하고 시행한다.

- ① 프로그램의 수립 및 수정에 관한 사항 결정
- ② 교육 및 훈련에 관한 사항을 결정하고 실행
- ③ 밀폐공간작업계획의 수립 및 시행에 관한 사항을 결정하고 실행
- ④ 밀폐공간작업 허가증 등 발급 및 작업 지시·감독 업무 수행
- ⑤ 공기호흡기 등 보호구의 선정, 사용 및 유지관리

밀폐공간에서 작업을 하는 경우 관리감독자를 지정하여 다음과 같은 직무를 수행 하도록 하여야 한다.

- ① 산소가 결핍된 공기나 유해가스에 노출되지 않도록 작업 시작 전에 작업방법을 결정하고 이에 따라 당해 근로자의 작업을 지휘
 - ② 작업을 행하는 장소의 공기가 적정 한지 여부를 작업시작 전에 확인
 - ③ 측정장비, 환기장치 또는 송기마스크 또는 공기청정기 등을 작업 시작 전에 점검
 - ④ 근로자에게 송기마스크의 착용을 지도하고 착용상황을 점검
- ☞ 관리감독자의 점검결과, 이상을 발견하여 보고할 때 사업주는 즉시 환기, 보호구 지급, 설비 보수 등의 필요한 조치를 실시하여야 한다.

3) 하청 사업장과 근로자에 대한 관리

하청 작업에서는 다음과 같은 문제점 때문에 밀폐공간 재해가 발생하므로 하청 사업장과 근로자를 관리하여야 한다.

- ① 원청이 보유하고 있는 작업 공간(설비)내 질식위험 가능성을 사전에 인지하고 있지 못하거나 협력업체와 해당 위험요인을 공유하지 않는 경우가 의외로 많다.
- ② 원청은 사업장내 밀폐공간 위치 및 유해 위험요인을 파악한 후 위험정보를 협력업체에 제공하고 안전수칙의 준수 여부를 확인하고 점검

해야 한다.

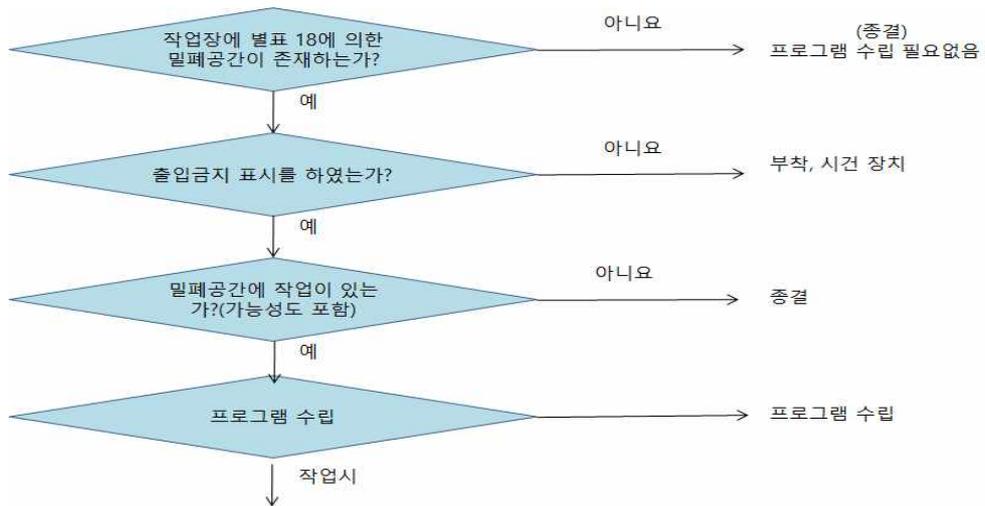
- ③ 협력업체 사업주(용역, 하청업체)는 원청이 제공한 위험 정보를 확인하고 작업 시작 전에 작업 근로자를 대상으로 사진 교육을 실시해야 한다. 밀폐공간 안전보건 수칙을 준수해야 한다.
- ④ 작업 근로자는 원청 및 협력업체에서 제공한 위험정보의 숙지 및 안전보건규칙을 준수하여 작업을 진행하여야 한다.

4) 프로그램의 구성과 내용

밀폐공간 작업 프로그램에는 다음 내용이 포함되어야 한다.

- (가) 밀폐공간의 위치, 형상, 크기 및 수량 등 목록 작성
- (나) 밀폐공간의 사진이나 도면(필요시)
- (다) 밀폐공간 작업의 당위성 및 필요성
- (라) 작업 중 작업특성 또는 주변 환경요인에 의해 질식, 중독, 화재, 폭발 등을 일으킬 수 있는 유해위험 요인(근로자가 상시 출입하지 않고 출입이 제한된 장소로서 해당공간에서 산소결핍, 가스누출 등 유해요인발생 가능성 포함)
- (마) 밀폐공간작업에 대한 허가 및 수행요령
- (바) 근로자에 대한 교육과 훈련의 방법
- (사) 산소 및 유해가스 농도의 측정과 후속조치 요령
- (아) 환기장비의 사용 및 환기요령
- (자) 작업 시 근로자가 착용하여야 할 보호구 및 안전장구류
- (차) 감시인의 배치와 상시 연락체계 구축방안
- (카) 밀폐공간 작업에 대한 감독과 모니터링 방안
- (타) 비상사태 발생 시의 조치 및 보고요령(재해자에 대한 응급처치 포함)
- (파) 프로그램의 평가 및 기록보존 방안

5) 프로그램 운영 흐름도

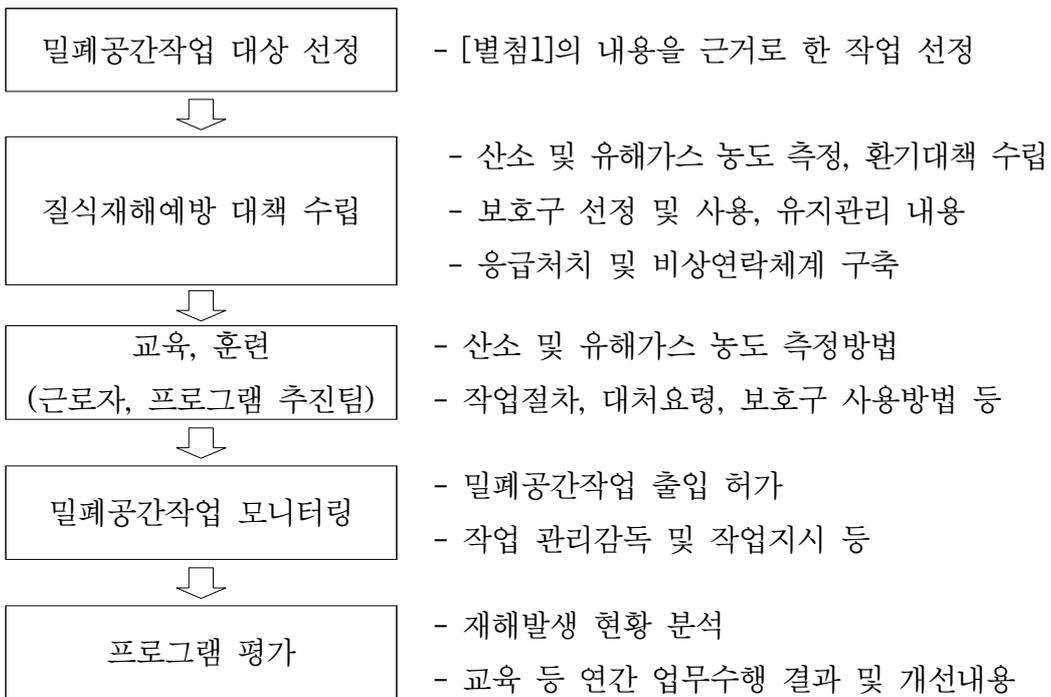


직접 작업시	프로그램 시행
하청 (용역)	원청의 프로그램 제공 및 안전보건 수칙 준수여부 확인점검
통합 작업시	원청 밀폐 프로그램을 우선으로 하고 필요시 하청 프로그램을 참고하여 시행

6) 프로그램 수립 시기

프로그램 수립시기는 안전보건규칙에서 “사업주는 밀폐공간에서 근로자가 작업을 하는 경우, 작업 전부터 종료시까지 근로자가 안전한 상태에서 작업할수 있도록 밀폐공간 작업프로그램을 수립하고 시행하여야 하며...” 로 되어 있어 밀폐공간 작업을 하는 경우에 수립하여야 하나 밀폐공간작업 시작 전 충분한 시간을 두고 미리 수립해 놓는 것이 근로자 교육 등 관련 재해예방을 위하여 바람직하다.

7) 프로그램 추진의 절차



8) 프로그램의 추진일정

프로그램의 추진일정 예시는 다음과 같다.

세부 추진 내용	월 단위별 추진일정											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
○ 프로그램 추진팀 구성												
○ 밀폐공간작업 대상 선정												
○ 질식재해 예방대책 수립												
○ 작업자 교육·훈련 실시												
○ 밀폐공간작업 모니터링 실시												
○ 프로그램 평가												

9) 프로그램의 평가와 보관

(1) 프로그램의 평가

프로그램 수행결과에 대하여 적정성을 주기적으로 평가하고 필요시 적절한 조치를 한다.

- ① 밀폐공간 허가절차의 적정성
- ② 산소 및 유해가스 농도 측정방법 및 결과의 적정성
- ③ 환기대책수립의 적합성
- ④ 공기호흡기 등 보호구의 선정, 사용 및 유지관리의 적정성
- ⑤ 응급처치체계 적정여부
- ⑥ 근로자에 대한 교육·훈련의 적정성 등

프로그램에 대한 평가는 [별첨 3] 프로그램 평가표 예시를 활용하여

평가하고, 전체 평가결과에 대한 판정은 우수, 양호, 보통, 미흡, 불량
의 5단계로 구분하며 판정기준은 아래와 같이 한다.

[프로그램 평가결과에 대한 판정기준표]

평가결과	점수범위	평가결과의 “O” 판정수
우수	90점 이상	20개 이상
양호	80점 이상~90점 미만	18~19개
보통	70점 이상~80점 미만	16~17개
미흡	60점 이상~70점 미만	14~15개
불량	60점 미만	13개 이하

(2) 프로그램의 기록과 보관

프로그램을 수립·시행한 경우에는 해당 프로그램을 문서로 작성하여
보관하고 프로그램에는 다음 각 호의 사항을 포함한다.

- ① 밀폐공간 작업허가서
- ② 산소 및 유해가스 농도 측정결과
- ③ 환기대책수립의 세부내용
- ④ 보호구 지급·착용실태
- ⑤ 밀폐공간 작업프로그램 평가자료 등

6. 출입전 조치 및 밀폐공간작업 허가

1) 밀폐공간의 구분

사업장 보유 밀폐공간 작업장소를 작업특성상 출입해야하는 경우와 출입하지 않고 외부에서 작업해야 하는 경우를 구분하면 다음과 같다.

출입이 필요한 밀폐공간 작업			출입없이 밀폐공간 외부에서 가능한 작업	
작업명	위치	작업중 유해가스 계속 발생 여부	작업명	위치

- ※ 기 분류한 “밀폐공간 작업장소” 내용을 근거로 작업특성상 밀폐공간 내에서 작업해야하는 경우와 외부에서 작업해도 되는 경우를 구분할 것
- ※ 작업중 유해가스가 계속 발생할 가능성이 있는 작업의 경우
 - ☞ 양수작업, 콘크리트 양생작업, 슬러지 제거작업 등

2) 밀폐공간 작업허가

다음과 같은 밀폐공간에서 작업을 수행할 작업자는 해당 사업장의 허가자에게 밀폐공간 작업허가서를 받아야한다.

- ① 유해공기를 포함하거나 포함할 수 있는 가능성이 있는 공간
 - ② 유해공기가 외부에서 유입될 가능성이 있는 공간
 - ③ 작업자가 내부로 갈수록 좁아지는 벽이나 아래로 경사지고 단면적이 작아지는 통로에 갇히거나 질식할 수 있는 내부구조를 가진 공간
 - ④ 그 밖에 안전·보건상의 심각한 유해·위험성이 존재하는 공간
- ※ 밀폐공간 작업허가 시 작업 전의 check sheet를 확인하고 이것을 첨부하도록 권장한다.

밀폐공간 작업전 check sheet (예시)

밀폐공간작업 Check-Sheet						
구분	NO	안전점검항목	작성예시		작업수행팀	안전팀
			작업수행팀	안전팀		
공통	1	밀폐 안전교육 실시 (산업안전법 제31조) - 밀폐작업자 특별안전보건 교육실시(2hr이상)	▶교육 실시여부 : 작업자↔교육 일지 확인	확인	▶교육 실시 여부 :	
	Spec.	① 특별안전보건 교육일지 현장 비치 확인				
	2	출입통제 및 안전구역 (산업안전보건규칙 제 172조) - 작업구역 출입통제 및 작업구역 설정	▶안전 펜스 등의 설치 : 설치 ▶작업관계자 외 출입통제 : 실시	확인	▶안전펜스 등의 설치 : ▶작업관계자 외 출입통제 :	
	Spec.	① 출입금지 안전펜스 등의 설치 및 작업관계자 외 출입통제 - 관계자외 출입을 금지하고, 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다				
	3	감시인 배치 (산업안전보건규칙 제639조) - 밀폐공간 작업자와 연락 및 상시 내부상황을 확인 할 감시인을 밀폐공간 입구에 배치	▶감시인 배치 여부 : 000 氏, xxx 氏 2명 배치	확인	▶감시인 배치 여부 :	
	Spec.	① 감시인 1명 이상 배치 후 성명 기입				

	② 감시인은 감시업무의 다른업무 병행할 수 없음				
4	연락체계 구축 (산업안전보건규칙 제623조) - 외부의 감시자와 밀폐공간내 작업자간 연락이 가능한 통신 수단 보유	▶ 통신수단 보유 및 동작 TEST : 무전기 2대, 양호	확인	▶통신수단 보유 현황 :	
Spec.	① 무전기, 종 등 비치 및 동작 TEST (육성제외)				
5	밀폐공간과 연결된 배관 V/V차단 (외기 제외) & Lock Out / Tag Out - 작업전 밀폐공간과 연결된 배관의 V/V를 차단상태 확인 - 작업수행팀 & 안전팀 Cross Check 실시여부 - 밸브등을 차단시 임의 Open이 불가능하도록 잠금 표시장치 설치	▶ 밀폐공간과 연결된 V/V개소 : 2개소 ▶ 안전팀 Cross Check 여부 : 완료 ▶ LOTO 상태 : 완료	확인	▶밀폐공간과 연결된 V/V개소 ▶안전팀 : ▶LOTO 상태:	▶ 밀폐공간과 연결된 V/V개소 ▶ 안전팀 : ▶ LOTO 상태:
Spec.	① 밀폐공간과 연결된 배관 V/V Close ② Lock Out / Tag Out 상태 철저히				
6	작업장 조명 확보 (산업안전보건규칙 제3조) - 작업공간 내부에 작업에 지장이 없게 충분한 조명 설치	▶작업장 조명 확보 : 육안확인시 조도 확보 불필요(외부 조도와 차이 없음)	확인	▶작업장 조명 확보:	
Spec.	① 육안점검				

7	방폭구조 전기기계기구 사용 - 화재, 폭발의 위험이 있는 장소에서는 방폭성능을 가진 방폭구조 전기기계기구 사용	▶ 방폭기구 필요시 방폭형 기구 사용 : 대상 아님	확 인	▶ 방폭기구 필요시 방폭형 기구 사용:	
Spec.	① 방폭구조 전기기계기구 (EX) 필요시 방폭형 기구 사용				
8	가스, 산소농도 측정 (산업안전보건규칙 제643조) - 작업전 유해가스 및 산소 농도 측정 - 산소농도 19.5% 이하 21.5% 이상으로 측정시 작업중지 및 근로자 대피 - 관계자의 출입금지 조치 및 그 내용을 보기쉬운 곳에 게시 - 산소농도 재 측정 후 안전팀 감독자 작업 진행 유/무 결정 - 가스 측정기 검교정(1회/년 정기 실시)-검교정 성적서 비치 또는 교정 필증 부착	▶ 가스, 산소 농도 -외부 Monitoring 복합측정기 : 설치 -작업자 휴대용 산소 농도 측정기: 휴대 ▶ 가스, 산소 농도 측정결과	확 인	▶ 가스, 산소 농도 -외부 Monitoring 복합측정기: -작업자 휴대용 산소 농도 측정기: ▶ 가스, 산소 농도 측정결과 시간: O2 / % EXP/ %LEL H2S/ ppm CO / ppm 시간: O2 / % EXP/ %LEL H2S/ ppm CO/ppm 시간: O2/ % EXP/ %LEL H2S/ppm	▶ 가스, 산소 농도 측정 결과 (밀폐 공간 출입 전) 시간: O2 / % EXP / %LEL H2S / ppm CO / ppm 시간: O2 / %
Spec.	① 밀폐공간 입실시 측정 ② 작업전 및 작업중 1Hr 마다 기록 ③ O2(19.5~21.5%이내), H2S(10ppm미만), CO(23ppm미만), Exp(가연성 가스 LEL 0%이하) 모두 측정 ④ 외부에서 지속적인 Monitoring	O2 / % EXP/ %LEL H2S/ ppm CO / ppm			

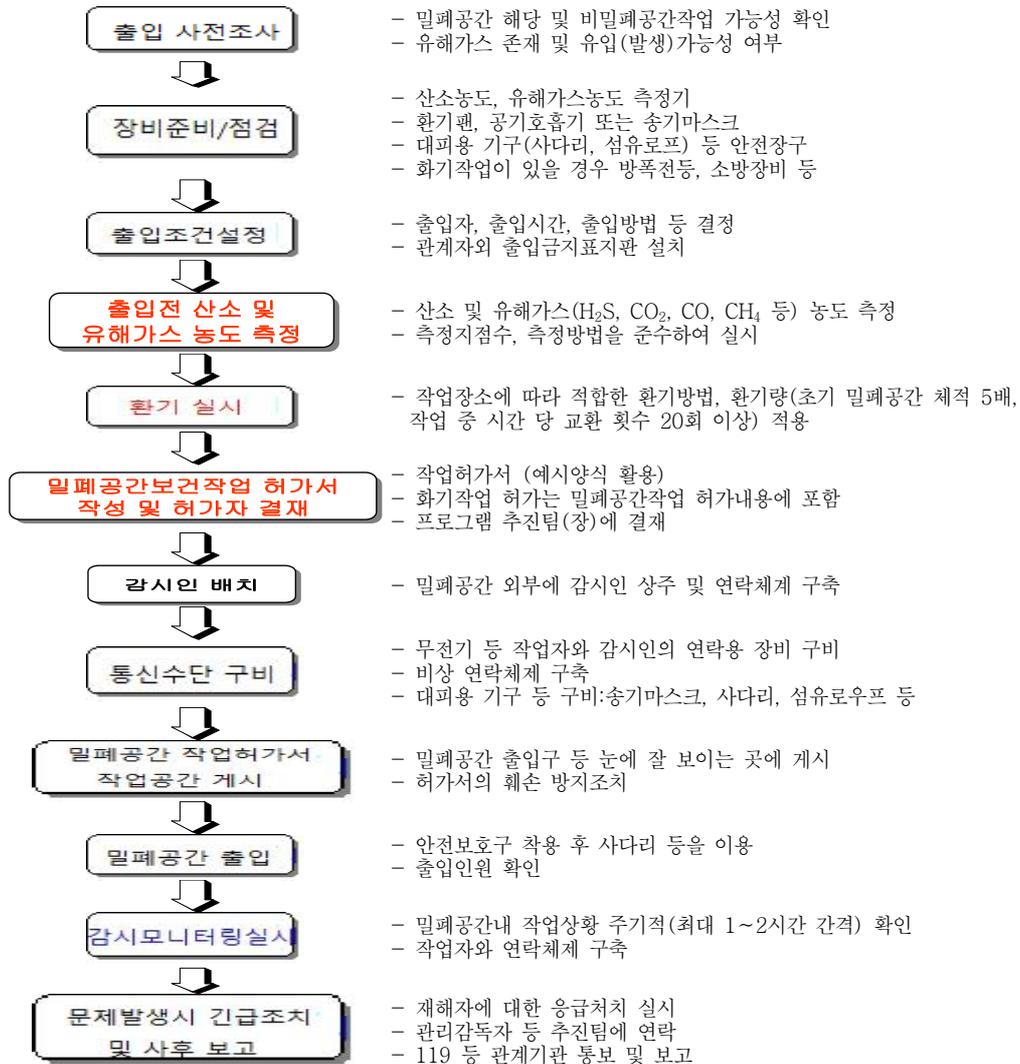
	<p>가능토록 복합가스 측정기 설치</p> <p>⑤ 밀폐공간 작업자 1인 이상 산소농도 측정기 휴대 (일람값 설정확인)</p> <p>- 감지기 착용위치는 호흡기 주변 30cm 이내 착용)</p>			CO/ppm - 별치 측정 기록여부 :	EXP / %LEL H2S / ppm CO / ppm
9	<p>구조계획의 수립 (산업안전보건규칙 제619,641조)</p> <p>- 구조 및 비상조치 절차 / 구조 방법 선정등에 관한 사항</p>	<p>▶구조계획서 수립 및 교육 :수립/교육 완료</p>	확인	▶구조계획서 수립 및 교육 :	
Spec.	<p>① 구조계획서 확인</p> <p>② 개인별 임무 부여 및 교육실시</p>				
10	<p>환기 실시 (산업안전보건규칙 제620조)</p> <p>- 작업전 송풍기 설치 및 작업중 지속적인 급기, 배기 동시 실시 원칙</p>	<p>▶송풍기 설치 위치 및 개수 : 1층 잠잠구 배기, 3층 잠잠구 급기 총 2대 배기 중</p>	확인	▶송풍기 설치 위치 및 개수	
Spec.	<p>① 송풍기 설치</p> <p>② 급기+배기를 동시 실시 기준으로 설치 (출입구가 협소하여 1개만 설치 가능시 급기만 설치)</p>				
11	<p>출입인원 점검 (산업안전보건규칙 제621조)</p> <p>- 밀폐공간 출입 인원 발생시 마다 시간 Check 및 출입자기록</p>	<p>▶출입자 시간 및 성명 기록 : 출입 인원 발생시 별도 표에 작성</p>	확인	▶출입자 시간 및 성명 기록 :	
Spec.	<p>① 발생시 마다 인원 Check</p> <p>- 근로자를 입장시킬 때와 퇴장</p>				

		시킬 때마다 인원을 점검하여야 한다				
	12	출입문 임의잠김 방지 (산업안전보건규칙 제633조) - 출입구나 출입문이 임의로 잠기는 것을 방지하는 조치를 실시	▶ 임 의 잠 김 방 지 : 임 의 잠 김 방 지 를 위 해 Tag 부 착 및 교 육 실 시	확 인	▶ 임 의 잠 김 방 지 :	
	Spec.	① 상시 Open (잠김방지 조치)				
보 호 구	13	적정 보호구 착용 (산업안전보건규칙 제645조) - 밀폐작업 출입시 보호복 및 호흡용 보호구 착용	▶ 밀 폐 작 업 적 정 보 호 구 <input type="checkbox"/> 송 기 마 스 크 or <input type="checkbox"/> 공 기 호 흡 기	확 인	▶ 밀 폐 작 업 적 정 보 호 구 <input type="checkbox"/> 송 기 마 스 크 ▶ Chem 작 업 병 행 시 보 호 구 <input type="checkbox"/> 내 화 학 복, <input type="checkbox"/> 내 화 학 장 화, <input type="checkbox"/> 내 화 학 장 갑 ▶ 외 부 보 조 자 <input type="checkbox"/> 보 조 자 보 안 경, <input type="checkbox"/> 방 독 면, <input type="checkbox"/> 방 진 마 스 크	
	Spec.	① 밀폐작업 진입시 송기마스크 or 공기호흡기 착용 (단, 캔 유형의 휴대용 산소마스크 사용 금지) ② Chemical 작업시 추가 보호복 착용 ③ 세정 작업 시 외부 보조자 보안경 방독면 착용	▶ Chem 작 업 병 행 시 보 호 구 <input type="checkbox"/> 내 화 학 복, <input type="checkbox"/> 내 화 학 장 화, <input type="checkbox"/> 내 화 학 장 갑 <input type="checkbox"/> 외 부 보 조 자 <input type="checkbox"/> 보 조 자 보 안 경 <input type="checkbox"/> 방 독 면, <input type="checkbox"/> 방 진 마 스 크			
	14	구조용 장비 구비 (산업보건규칙 제625조) - 밀폐공간내 재해자 발생시 구조가 가능한 장비 구비	▶ 구 조 용 장 비 비 치 <input type="checkbox"/> 사 다 리 : 1개 비치중	확 인	▶ 구 조 용 장 비 비 치 <input type="checkbox"/> 사 다 리 : <input type="checkbox"/> 구 명 밧 줄 : <input type="checkbox"/> 공 동 구, 맨 홀 구 조 용 품 :	
	Spec.	<input type="checkbox"/> 사다리 <input type="checkbox"/> 구명밧줄(섬유로프) : 로프착용후 작업진행 <input type="checkbox"/> 삼각대	<input type="checkbox"/> 구 명 밧 줄 : 섬 유 로 프 1개			

	(공동구, 맨홀作业时 构造用品 备齐) <input type="checkbox"/> 송기 마스크 2구 이상 면체 Stand-by 또는 <input type="checkbox"/> 공기 호흡기 추가 2개 备齐 <input type="checkbox"/> 재해자용 산소 호흡기 备齐	<input type="checkbox"/> 공동구, 맨홀 构造用品 : 삼각대 备齐 <input type="checkbox"/> 构造용 공기 호흡용 보호구 : 면체 2개 준비 <input type="checkbox"/> 재해자용 산소 호흡기 : 산소 마스크	<input type="checkbox"/> 构造용 공기 호흡용 보호구 : <input type="checkbox"/> 재해자용 산소 호흡기 :	
.작업 수행팀 감독자 : 소속		.성명	.시간	.확인(서명)
.안전팀 감독자 : 팀		.성명	.시간	.확인(서명)

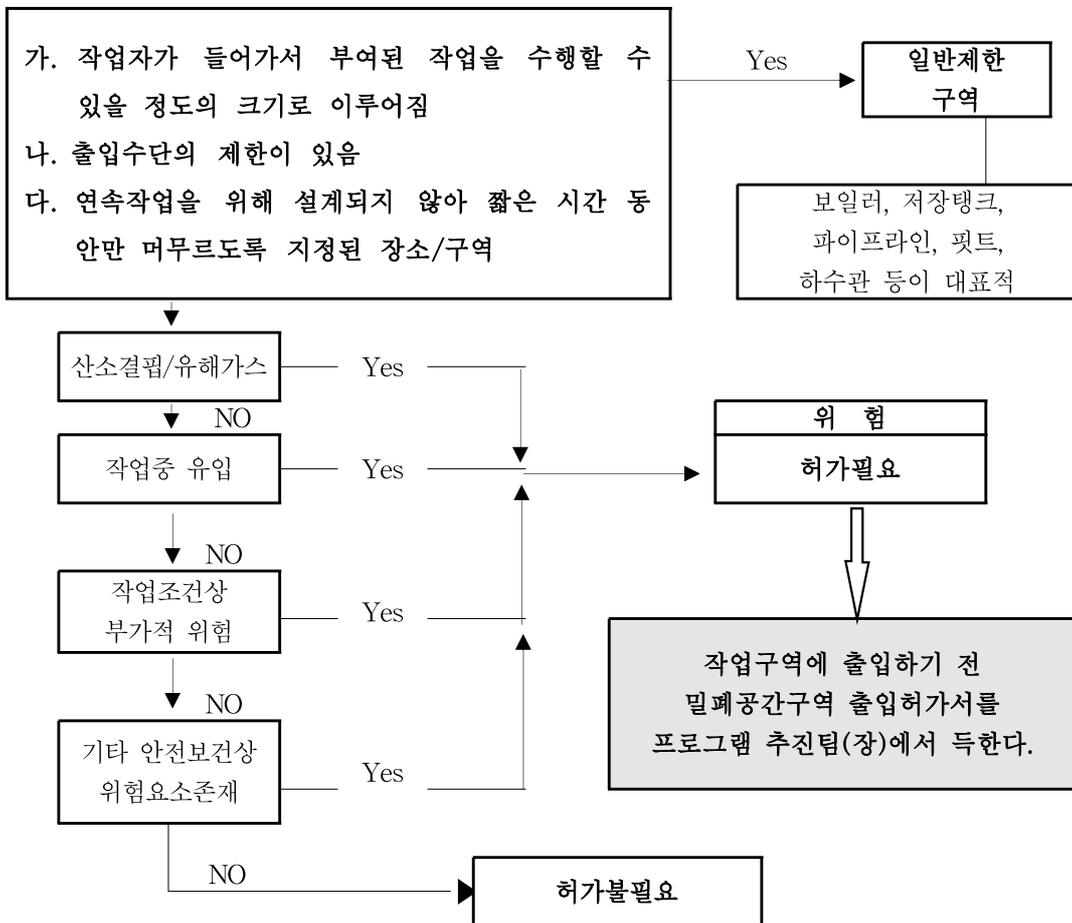
3) 밀폐공간작업의 절차

밀폐공간작업시 아래의 기본 작업절차를 준수하고, 관리감독자는 작업자들이 기본 작업절차를 숙지하여 시행하도록 교육한다. 밀폐공간 작업의 특성을 고려하여 선정된 TOP 7작업에 대한 절차는 [부록 4]와 같다.



4) 밀폐공간 작업(출입) 허가서 발급

- (1) 작업 전에는 밀폐공간 출입을 금하고 작업 관련 관리감독자, 감시인 등은 아래 작업허가서를 작성하여 추진팀(장)에게서 발급받은 후 작업을 시행한다([별첨 5] 허가서 예시 참조).
- (2) 추진팀의 작업관리감독자는 작업 전에 작업자에게 작업위험요인 파악에 대한 대응방법에 대해 교육을 실시한다.
- (3) 밀폐공간의 작업허가 흐름도



7. 밀폐공간에서의 작업

1) 밀폐공간 출입 전 확인사항

밀폐공간 출입 전 아래의 사항을 반드시 확인한다.(Check List 활용)

확 인 사 항	확인(√표)	비 고
① 작업허가서에 기재된 내용을 충족하고 있는가?		
② 밀폐공간 출입자가 안전한 작업방법 등에 대한 사전교육을 받았는가?		
③ 감시인에게 각 단계의 안전을 확인하게 하며 작업수행 중 상주토록 조치하였는가?		
④ 입구의 크기가 응급상황시 쉽게 접근하고 빠져올 수 있는 충분한 크기인가?		
⑤ 밀폐공간 내 유해가스 존재 여부 대한 사전 측정을 실시하였는가?		
⑥ 화재·폭발의 우려가 있는 장소인가? 방폭형 구조장비는 준비되었는가?		
⑦ 보호구, 응급구조체계, 구조장비, 연락통신장비, 경보설비 정상여부를 점검하였는가?		
⑧ 작업중 유해가스의 계속발생으로 가스농도의 연속측정이 필요한 작업인가?		

2) 밀폐공간 작업방법

- (1) 밀폐공간 출입자는 개인 휴대용 측정기구를 휴대하여 작업 중 산소 및 유해가스 농도에 대하여 지속적으로 모니터링을 실시한다.
- (2) 밀폐공간 내에서 양수기 등의 내연기관 사용 또는 슬러지제거, 콘

크리트 양생작업과 같이 작업을 하는 과정에서 유해가스가 계속 발생한 가능성이 있을 경우에는 산소농도 및 유해가스 농도를 연속 측정한다.

- (3) 밀폐공간 출입자는 휴대용 측정기구가 경보를 울리면 즉시 밀폐공간을 떠나야 한다.
- (4) 측정기구에서 경보음이 울릴 때 출입자가 작업현장에서 떠나는 것을 감시인은 필히 확인한다.
- (5) 작업현장 상황이 구조활동을 요구할 정도로 심각할 때 출입자는 반드시 감시인으로 하여금 즉시 비상구조 요청을 한다. 감시인은 일리고 비상시의 구중활동이 개시되도록 한다.
- (6) 재해자 발생시 구조를 위해 공기호흡기 착용 등 안전조치 없이 절대로 밀폐공간에 들어가지 않는다. 가급적 밀폐공간 외부에서 구조활동을 실시하고 부득이한 경우 공기호흡기 등을 착용하고 진입하되 119에 알려 필요한 추가적 조치가 시행되도록 한다.
- (7) 밀폐공간 출입자는 다음사항을 꼭 실천한다.
 - 가) 감시인 단독으로 밀폐공간에 출입하여 작업실시 금지
 - 나) 출입자는 작업 전 유해가스 존재여부를 확인하는 등 안전작업 수칙을 철저히 준수
 - 나) 유해가스가 존재 가능한 장소에서는 수시 측정 및 적정한 공기가 유지되도록 환기조치하고 비상시를 대비하여 응급구조설비를 비치
 - 다) 공기공급식 호흡용보호구를 착용하고 안전작업수칙에 따라 작업수행
 - 라) 감시인의 가시범위를 벗어나지 말고, 부득이하게 벗어나야 하는 경우 무전기 등을 이용하려 수시로 연락

8. 산소 및 유해가스 농도 측정

1) 측정자

밀폐공간에서의 산소 및 유해가스 농도 측정방법은 다음의 사항을 준수하여 실시하고 그 결과는 기록하여 보존한다. 산소 및 유해가스 농도 측정 관리자는 제 안전보건규칙 제619조의2에 따라 다음과 같다.

- ① 관리감독자
- ② 법 제15조제1항에 따른 안전관리자 또는 법 제16조제1항에 따른 보건관리자
- ③ 법 제15조제4항에 따른 안전관리전문기관
- ④ 법 제16조제3항에 따라 준용되는 법 제15조제4항에 따른 보건관리전문기관
- ⑤ 법 제42조제4항에 따른 지정측정기관

2) 산소 및 유해가스 농도를 반드시 측정해야 하는 경우

- (1) 당일의 작업을 개시하기 전
- (2) 교대제로 작업을 행할 경우 작업 당일 최초 교대가 행해져서 작업이 시작되기 전
- (3) 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있던 장소를 떠났다가 돌아와 다시 작업을 개시하기 전
- (4) 근로자의 건강, 환기장치 등에 이상이 있을 때

- (5) 작업을 하는 과정에서 유해가스가 발생할 가능성이 있을 경우(연속 측정)
- (6) 작업자 또는 추진팀에서 측정이 필요하다고 인정되는 경우

3) 산소 및 유해가스농도의 판정기준

산소 및 유해가스 농도의 측정 후 판정기준은 각각의 측정위치에서 측정된 최고농도를 적용한다.

<보건규칙 제17조제3항의 적정공기 농도 범위>

측정가스	기준농도
산소(O ₂)	18% ~ 23.5%
탄산가스(CO ₂)	1.5% 미만
황화수소(H ₂ S)	10ppm 미만
가연성 가스, 증기, 미스트	폭발하한 농도의 10% 미만
공기와 혼합된 가연성 분진을 포함하는 공기	폭발하한 농도 25% 미만
인화성 물질	25% 미만
일산화탄소	30 ppm 미만

4) 산소 및 유해가스의 정확한 측정을 위한 필수조건 및 장비목록

<필수조건>

- 밀폐공간 내 산소 및 유해가스 특성에 맞는 적절한 측정기 선택하여 구비한다.
- 측정기는 유지보수관리를 통하여, 정밀도를 유지한다.
- 측정기기의 사용 및 취급방법, 유지 및 보수방법을 충분히 습득한다.
- 측정 전에 기준농도, 경보설정농도를 정확하게 교정하여 측정기를 사용한다.

밀폐공간을 사내에 보유하고 있는 사업장은 필요한 측정장비를 보유하여 현황을 관리하고 대여가 요구되는 경우 해당 측정장비 목록에 이를 기록한다.

① 보유 측정장비 현황

장비명	수량	모델명	측정가 스	구입년 월	최근교정 일	교 정 주 기	교정기관명 (연락처)	매뉴얼 보유여 부
산소농도 측정기	1대	Finch-Com	산 소	2003.7	2005.7.10	2년	()	미보유

② 대여장비 현황(작업개시 3일전 방문하여 대여한다)

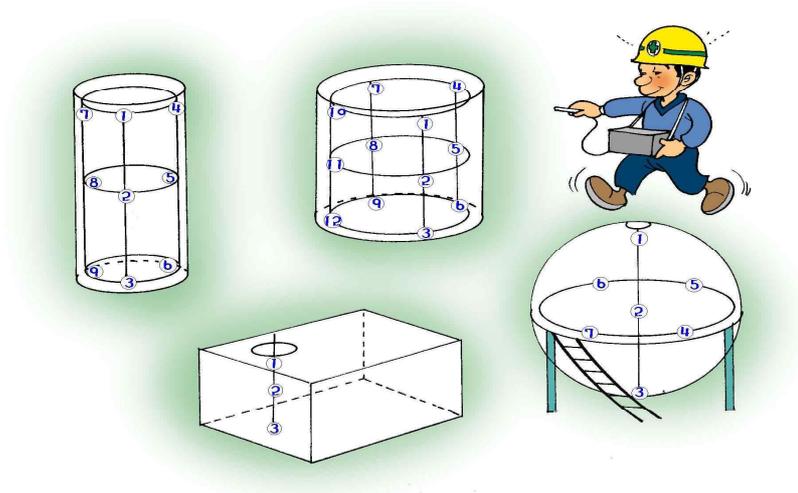
장비명	필요수 량	측정가 스	대여기관	대여일 수	연락처	담당자
멀티가스분 석기측정기	2대	H ₂ S, CO ₂ , CO	안전보건공단 ○○지역본부/지도원	7일	123-5678	

5) 산소 및 유해가스 농도 측정 방법 및 유의사항

(1) 산소 및 유해가스 농도의 측정지점 및 측정방법은 다음과 같이 한다.

측정지점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작업장소에 대해서 수직방향 및 수평방향으로 각각 3개소 이상 ○ 작업에 따라 근로자가 출입하는 장소로서 작업시 근로자의 호흡 위치를 중심
측정방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 휴대용측정기 또는 검지관을 이용하여 산소 및 유해가스 농도를 측정한다. ○ 탱크 등 깊은 장소의 농도를 측정시에는 고무호스나 PVC로 된 채기관을 사용한다. <ul style="list-style-type: none"> ※ 채기관은 1m마다 작은 눈금으로, 5m마다 큰 눈금으로 표시를 하여 깊이측정 ○ 산소 및 유해가스 농도 측정시에는 면적, 깊이를 고려하여 밀폐공간 내부를 골고루 측정한다. ○ 공기 채취시에는 채기관의 내부용적 이상의 피검공기로 완전히 치환 후 측정한다.

※ 미국방재협회 권고기준인 NFPA 350에 따르면 밀폐공간에서의 산소 및 유해가스 측정은 내부 공기가 정체되어 있는 경우 상하 및 좌우 1.2 m 이하의 간격으로 측정하도록 제안되고 있다.



<작업장소 형태별 측정지점>

2) 산소 및 유해가스 농도 측정 시에는 다음의 사항을 주의하여 측정한다.

<유의사항>

- 측정자(보건관리자, 안전관리자, 관리감독자, 안전담당자 등)는 측정방법을 충분히 숙지
- 밀폐공간 외부에서 측정하는 것을 원칙으로 하되 측정자는 안전에 유의
- 긴급사태에 대비 측정자의 보조자를 배치토록 하고 보조자도 구명밧줄을 준비
- 밀폐공간 내에 들어가 측정할 경우 측정자 및 보조자는 공기호흡기와 송기 마스크 등 호흡용보호구를 필요시 착용
- 측정에 필요한 장비 등은 방폭형 구조로 된 것을 사용

9. 밀폐공간에서의 환기

밀폐공간 작업 시 작업장소에서 적절한 공기가 유지되도록 환기를 실시한 후 작업을 하며, 작업공간 내에서 유해가스가 지속적으로 발생한 경우(양수기 가동, 슬러지 제거작업 등)에는 계속적으로 환기를 실시한다. 환기장치에 대해서는 자체 보유와 필요시 대여 현황을 목록을 만들어 관리한다.

명칭	수량	모델명	사양	플렉시블 호스	보유 여부	비고
환기팬	1대		20CMM, 1Hp, 220V	5m, 2개	미보유	안전보건공단에서 대여

- 장비 대여는 작업개시 3일전 한국산업안전공단을 방문하여 대여한다.
- 연락처 : 한국산업안전보건공단 ○○지도원/지역본부 보건기술팀

02) 123-4567

1) 환기에 대한 일반적 주의 사항

질식 및 유해가스 중독을 방지하기 위한 가장 근본적인 대책은 작업자가 위험한 장소에 들어서기 전에 신선한 공기로 충분히 환기시킨 후 측정을 실시하여 산소농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 탄산가스의 농도가 1.5퍼센트 미만, 황화수소의 농도가 10피피엠 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만임을 확인하여야 한다. 아울러 좁은 장소나 산소를 흡수 혹은 유해가스를 발생시킬 우려가 있는 물질이 있는 장소와 산소결핍 공기가 용출하거나 침입할 우려가 있는 장소에서는 작업자가 안에 있는 동안 지속적으로 환기를 시키는 것이 바람직하다.

환기를 실시하여 밀폐공간의 산소농도나 유해가스의 농도를 일정 기준으로 유지할 수 없는 경우에는 공기호흡기 혹은 송기마스크와 같은 보호구를 착용하고 작업을 실시해야 하는데, 이 경우에도 가급적 환기를 계속하여 산소농도를 조금이라도 높이고 유해가스 농도를 다소라고 억제하는 것이 안전 상 매우 중요하다.

환기는 관리감독자의 지휘아래 실시하고, 위험장소 출입 전에 반드시 농도를 측정하여 모든 측정지점의 산소농도가 18% 이상이 되도록 하고, 아울러 유해가스의 농도가 일정 수준 이하임을 확인할 필요가 있다. 측정은 법에서 규정된 자가 반드시 실시한다. 산소농도 또는 유해가스 농도가 안전한 것으로 확인되어 출입작업 개시 지휘를 받기 전까지는 공기호흡기를 장착하지 않고 위험장소에 출입해서는 안 된다.

작업 중 지속적인 환기가 필요한 경우는 작업자가 한명이라도 내부에 있는 한 환기를 중단해서는 안 된다. 만약 정전 등으로 환기가 중단될 경우에는 즉시 외부로 근로자를 대피시킬 필요가 있다.

2) 환기를 필요로 하는 장소

기초갱과 탱크 안처럼 통풍의 나쁜 밀폐공간은 모두 환기의 대상이 된다고 할 수 있다. 특히 산소결핍위험 장소에서는 산소농도를 18% 이하, 황화수소 등 유해가스가 발생될 우려가 있는 장소에서는 해당 가스가 일정수준 이하로 유지될 수 있도록 환기를 실시할 필요가 있다. 다만 폭발방지 때문에 질소를 봉입한 탱크 안에 들어갈 때처럼 환기를 할 수 없는 경우, 매우 긴 수평 갱, 깊은 구멍 등과 같이 환기하기가 현저히 곤란한 경우에는 공기호흡기 등을 사용할 필요가 있다.

유해가스의 경우 어느 수준까지 환기가 필요한가에 대해서는 논란의 여지는 있으나 미국방재협회 기준인 NFPA 350에서는 직업노출기준의 50%에 해당하는 관리수준(action level)을 적용하여 이 수준 이하의 경

우 공기호흡기 등 보호구 없이 밀폐공간에 출입하는 것이 가능하다고 정하고 있다.

3) 환기 시 고려되어야 한 오염물질의 특성

환기장치를 선정할 때에는 해당 공간에 존재하거나 발생할 가능성이 있는 가스, 증기 등 오염물질의 다음과 같은 특성을 고려하도록 한다.

- ① 공기, 가스, 증기, 및 분진 등의 특성
- ② 가스와 증기의 밀도
- ③ 액체와 잔재물의 비중
- ④ 증기압과 발생률
- ⑤ 공기오염물질에 대한 밀폐공간 온도의 영향
- ⑥ 가스, 증기, 분진의 화재/폭발 상하한
- ⑦ 인화점
- ⑧ 끓는점
- ⑨ 오염물질의 독성(직업노출기준)
- ⑩ 오염물질의 안정성 등

4) 환기 방법

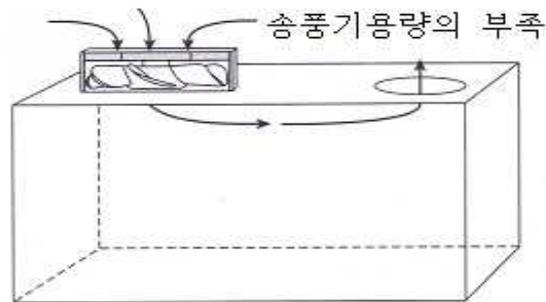
밀폐공간에 대한 환기는 개방된 작업환경과 마찬가지로 자연환기에 의한 방법과 기계식 환기에 의한 방법이 있다.

자연환기에 의한 방법은 맨홀 등의 개구부에서 자연풍력 등을 이용하여 환기하는 방식을 말하나 대부분 계획된 환기량을 확보할 수 없는 경우가 많으며, 환기의 효율도 좋지 않으며, 환기되지 않는 포켓(pocket)부를 남기는 등 단점이 많아 바람직한 방안이라고 말하기 쉽지 않다. 따라서 개구부의 수가 충분히 많다던가 하여 자연적인 환기량을 확보할 수 있는 경우를 제외하고는 밀폐공간에서 거의 적용되기 어렵

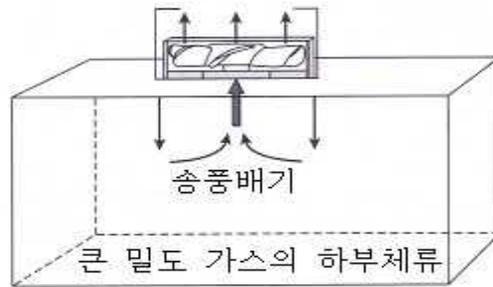
다. 특히 유해가스나 불활성 가스 등이 공기보다 매우 가볍거나 무거워서 공간 상부나 바닥 등 특정 위치에 정체하는 때에는 자연환기 방법은 더욱 효과를 발휘하지 못하게 된다.

기계식 환기시설을 사용하는 것은 송풍기 등의 기계력을 이용하여 환기하는 방법으로 배기식, 송기식 및 송배기 혼합식의 3종류가 있다. 이 방법은 환기장치에 대한 비용과 적절한 관리를 요구하고 어느 환기에 대한 기본적인 지식과 기술이 필요하지만 자연환기보다 짧은 시간에 계획된 환기를 실시할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 기계식 환기를 행하는 경우에는 다음과 같은 주의가 필요하다.

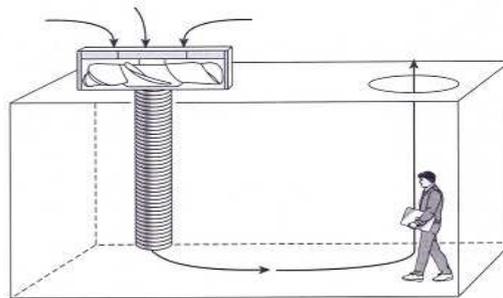
- ① 충분한 용량의 공기를 공급할 능력을 가진 환기설비로 충분한 시간동안 환기를 실시한다.
- ② 송배기가 끊어지지 않고 작업장 내부가 균일하게 환기될 수 있도록 주의한다. 특히 미국 권고기준인 NFPA 350에서 제시하고 있는 다음의 그림들을 참조하여 공간 내에 짧은 회전흐름(short circuiting)이 나타나서 환기 사각 지대가 생기지 않도록 하고, 필요한 경우에는 급기나 배기용 덕트를 적절히 활용한 급배기가 진행되도록 하여 내부 공기가 충분히 외부공기로 치환되도록 한다.



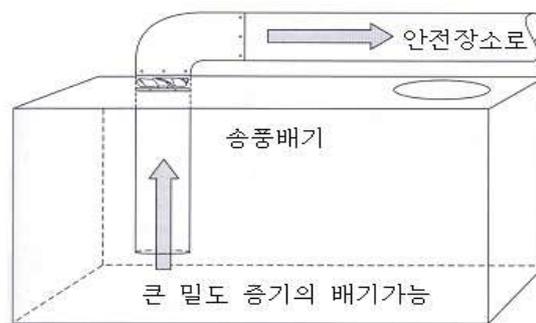
급기시의 짧은 회전흐름



배기시의 짧은 회전흐름

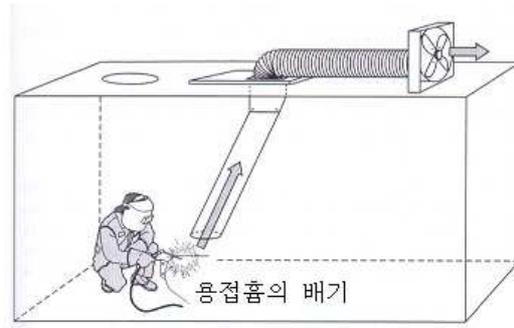


송풍 시 덕트의 활용



배기 시 덕트의 활용

- ③ 밀폐공간의 코너나 오목부 등에도 환기에 의해 신선한 공기가 공급될 수 있도록 유의한다.



국소배기장치를 활용한 배기

- ④ 신선한 공기의 유출구는 될 수 있는 한 근로자의 작업위치에 가까이 두도록 한다.
- ⑤ 필요한 동력원을 확보한다. 모든 환기설비는 작업 중 운전이 중단되지 않도록 전원을 이중으로 하던가 아니면 예비의 자가발전기를 갖추는 것이 바람직하다.

다만, 가솔린 엔진 등의 내연기관의 달린 휴대용 발전기를 사용하는 경우에는 엔진의 배기가스가 송기에 들어가지 않도록 발전기의 두는 장소에 특히 주의를 기울일 필요가 있다.

5) 순수산소의 사용 금지

환기를 위해서 순수산소를 사용하는 것은 금지되어야 한다. 이 경우 순산소라는 것은 순도 100% 수준만 아니라, 용기에 들어간 시판의 산소 가스나 액체산소의 증발에 의하여 발생하는 산소를 모두 포함한다.

일반적으로 가연물은 산소농도가 높을수록 타기 쉽고 작은 불원에서 불이 붙게 되므로 특히 산소 농도가 25%를 넘어선 상태(산소 과다라고 부름)에서는 인간의 피부, 모발 및 내화 처리한 작업복도 쉽게 타게 된다.

같은 장소에서 산소를 환기에 사용했을 경우, 산소 농도의 조절이 어려워며 국부적으로 산소 과다 상태가 되어 화재, 폭발, 화상 등의 위험이 크다는 점을 감안하여 순수산소에 의한 환기를 금지하고 있다. 또한 고농도의 산소를 오랫동안 호흡하면 산소중독(산소 과다증)을 일으킬 가능성도 있다.

6) 작업장별 구체적인 환기 방법

(1) 우물, 기초갱 등의 비압기공법의 작업장

휴대형 축류송풍기 및 주름관을 이용하여 일반적으로는 송풍식으로 환기한다. 환기는 15분 이상 계속하고 그 후 산소농도를 측정하여 18% 이상인 것을 확인하고 출입한다. 시간당 공기교환횟수는 20회 이상이 권장된다.

또한 해당 장소에서 작업하는 동안 환기를 계속한다. 환기용 공기는 신선한 것으로 근로자 한명당 10 m³/분 이상을 필요로 라 수 있다.

(2) 잠함, 압력실드 등 압력공법의 작업실

사전에 환기설비를 사용하여 기압실 및 작업실에 대해 기적 5배 이상의 신선한 공기로 환기를 실시하고, 환기 후에 산소농도를 측정하여 18%이상 인 것을 확인하고 출입한다. 또한 해당 장소에서 작업하는 동안 환기를 계속한다. 모래층 또는 모래자갈에 도달하는 경우 압기공법 작업실 내 압력이 급격히 저하되지만 이 경우에도 송기량이 감소시키지 않고 환기를 계속할 필요가 있다. 시간당 공기교환횟수는 20회 이상이 권장된다.

(3) 하수 암거 등

암거 내의 환기는 외기의 풍향을 고려하여 송풍기를 배치해서 환기를 실시하는 것이 좋다. 송기는 15분 이상 지속하고, 그 후에 산소농도를 측정하여 산소농도가 18%이상, 유해가스 농도가 일정수준 이하임을 확인하고 출입한다. 아울러 해당 장소에서 작업을 하는 동안 환기를 계속할 필요가 있으며 시간당 공기교환횟수는 20회 이상이 권장된다.

다만 메탄가스 등의 가연성 가스가 용출하여 폭발하한계 이상의 농도가 될 우려가 있는 장소에서는 전기불꽃에 의한 인화폭발 위험이 있으므로 방폭구조의 송풍기를 사용하거나 바람의 위쪽으로부터 송기를 실시한다. 이 경우 환기용 송풍기는 맨홀 안에 매달지 않고 맨홀 밖에 두고 나선형관을 이용하여 환기하는 것이 안전하다.

한 송기측 맨홀의 풍하측과 배기측 맨홀의 풍상측에 캔버스제 칸막이를 세워주면 바람으로 인해 칸막이 전후에 기압차를 만들어 저 환기에 도움이 될 수 있다.

(4) 황화수소가 발생할 우려가 없는 탱크, 보일러, 화학 설비 등의 내부

해당 장소의 기적 5배 이상의 신선한 공기로 환기한 후 산소농도 측정을 실시하여 산소농도가 18%이상임을 확인하고 출입한다. 또한 작업을 계속하고 있는 동안 20회/hr 이상이 되게 환기를 지속한다.

맨홀을 통하여 송기 및 배기를 하는 경우, 내부 전체가 잘 환기될 수 있도록 송기구와 배기구를 최대한 떨어진 곳에 위치시키고, 송기구의 방향은 기류가 배기구에서 단절되지 않는 방향으로 한다. 예를 들어 송풍관을 되도록 깊숙이 넣어 배치한다. 또한 송풍관은 되도록 구부러지지 않게 꺾 펴고 관에 주름이 잡히지 않도록 하여 효율을 높인다.

(5) 기타의 장소

해당 장소 기적 5배 이상의 신선한 공기로 환기한 후 농도를 측정해서 산소농도가 18%이상, 유해가스의 농도가 일정수준 이하임을 확인하고 출입한다. 아울러 작업하는 동안 20회/hr 이상의 비율로 내부를 균일하게 환기할 수 있도록 환기를 지속할 필요가 있다.

(6) 이동형의 환기장치 사용상의 주의 사항

- ① 휴대용 송풍기는 방폭형 구조의 것과 그렇지 않은 것이 있으므로 폭발위험 구역 내에서는 반드시 방폭형 구조를 사용한다.
- ② 휴대용 송풍기 표찰에 표시되어 있는 풍량, 풍압은 모두가 최대치(바람 0때의 풍량, 풍량 0때의 정압)인 경우가 많다. 송풍관을 사용하는 경우에는 해당 저항에 따라 풍량이 적어지므로 송풍관의 길이에 따라서 큰 송풍기를 사용한다. 송풍기 1대로 풍압이 부족하고 풍량을 확보할 수 없는 경우에는 송풍관의 중간에 2대 이상의 송풍기를 직렬로 연결하여 운전한다. 이 경우 접속 방향이 잘못되지 않도록 주의한다.
- ③ 송풍관에서는 링형과 나선형의 것이 있다. 링 모양의 것은 내부가 풍압에 의해서 늘어나는 구조로 되어 있으므로 흡입 측에 사용하지 않는다.
- ④ 송풍관 연결하여 사용하는 경우 한쪽 링을 비틀어 타원형으로 만든 뒤 한쪽 끝을 링 안에 넣고 잘 맞을 때까지 당겨준 후 해당 부분을 호스밴드로 고정시켜 준다.
- ⑤ 송풍 시 기류는 바람 출구로부터 상당히 먼 곳까지 도달하지만 흡입기류는 흡입구의 바로 근처밖에 닿지 않으므로(통상 배기가 흡기에 비해 30배 거리까지 바람의 영향을 미침) 흡입측 송기관 끝에는 푸드를 달거나 칸막이를 세워 송기가 바로 흡입구 앞에서 끊

어지지 않도록 한다.

- ⑥ 송풍관이 휘거나 느슨해지거나 주름이 생긴 상태가 되면 통기저항이 커지므로 잘 펴주고 구부러지지 않도록 배열한다. 또한 용접불꽃이 있는 경우에는 구멍이 생길 수 있으므로 해당 작업장소에서는 함석판을 위에 거는 등 필요한 조치를 취한다.
- ⑦ 가변형 환기장치를 사용하는 경우에는 다음 사항을 점검한다.

가) 휴대용 팬

- 전동기는 고장이 나지 않았는가.
- 전원 코드는 단선되지 않았으며, 콘센트는 접촉 불량인 아닌가.
- 주 코드와 단자함과의 접속은 좋은가.
- 가동시켰을 때 이상 소음과 진동은 없는가.
- 운전 시 과열되지 않는가.
- "환기 중, 조작금지" 표지판을 설치하였는가.

나) 송풍관

- 불탄 구멍이나 틈은 없는가.
- 링 스파이럴은 망가지지 않았는가.
- 내부에 먼지가 쌓이지 않았나.
- 접속부는 잘 고정되어 있는가.

10. 보호구의 사용

밀폐공간 작업시 질식 및 중독에 의한 사고를 예방하기 위해 공기호흡기 및 송기마스크 등의 보호구를 반드시 착용한 상태에서 작업을 하고, 사용시 사용장소 및 사용방법 등을 충분히 숙지한 후 사용한다. 다만, 작업시 보호구를 착용하는 것이 원칙이나 측정결과 등으로 밀폐공간 내에서의 작업이 안전하다고 판단될 경우 보호구를 착용하지 않아도

된다. 밀폐공간을 보유한 사업장은 공기호흡기 등의 보유와 필요시 대여를 위한 현황을 파악하여 관리한다. 공기호흡기 등에 대한 기술은 일본 중앙노동대해방지협회의 자료를 참조한 것이다.

명 칭	수 량	모델명	사 양	가스 충진	호스길이	보 유 여 부	비 고
공기호흡기	1대		300kg/cm ² , 30분	필요	-	미보 유	안전보건공단 에서 대여
송기마스크	1대	전동식	220V	불필 요	10m	〃	〃

- 장비 대여는 작업개시 3일전 한국산업안전공단을 방문하여 대여한다.
- 연락처 : 한국산업안전보건공단 ○○지도원/지역본부 보건기술팀
02) 123-4567

1) 공기호흡기

(1) 구조

공기호흡기는 일정한 규격이 정해져있으며 흡기 때는 열리고 흡기를 정지했을 때 및 배기 때는 닫히는 급기조정밸브를 갖춘 호흡요구형과 바깥 공기 압력보다 일정 압력만 면체 내에서 항상 유지되도록 설계되어 면체 내가 일정 정압 이하가 되면 작동하는 압력요구형이 있다.

유효 사용시간은 공기통의 용량과 충전압력에 의해 정해지지만 공기 소비량은 사용자의 작업조건(노동 강도)에 의해서 다르기 때문에 동일한 공기호흡기라도 사용시간이 다르다는 점에 주의할 필요가 있다. 예를 들면 공기호흡기를 차고 피재자를 구출할 때, 복귀 시 피재자와 함께 대피하게 되면 해당 작업내용은 중노동이 되어 호흡량은 증대하고 또 이동속도도 느려지므로 유효 사용시간 배분에 매우 주의를 기울여야

한다.

또한, 고기압 하에서 작업할 때 일반 공기호흡기는 그 압력에 따라서 사용 가능시간이 짧아지므로 주의해야 한다. 이러한 작업환경에서는 대기압·고기압 겸용 공기 호흡기를 사용하는 것이 바람직하다.

(2) 착용 전 점검

공기호흡기를 사용하기 전에 반드시 관리감독자가 점검을 실시하고 올바르게 작동하고 있는 것을 확인해야 한다. 점검 절차의 예는 다음과 같다.

- ① 외관의 점검 : 사용 상 성능에 영향을 주는 변형, 상처, 금(crack) 등의 이상이 없음을 확인하다. 또한 공기통 접속부 등이 확실히 연결되어 있는지를 확인하다
- ② 공기통 잔압의 점검 : 공기통의 스톱밸브(메인밸브)를 조용히 열고 실린더 내의 압력을 압력계로 확인한다. 압력이 저하하고 있는 경우에는 유효 사용시간이 그에 비례하고 짧아진다. 최고 충전압력에 비하여 3 MPa (30kgf/cm²) 이상 압력이 저하한 경우에는 다시 충전한다.
- ③ 고압연결부의 점검 : 공기통의 스톱밸브(메인밸브)를 닫고 약 1분간 압력계 지침의 변화를 관찰하여 지시침에 변화가 없음을 확인하다. 1 MPa (10 kgf/cm²) 이상 강하하는 경우에는 접속부 O링의 손상, 이물질 유입 등이 원인일 수 있으므로 각 접속부를 다시 점검한다. 그럼에도 불구하고 1 MPa (10 kgf/cm²) 이상 강하하는 경우는 업체에 수리를 의뢰한다.
- ④ 경보기의 점검 : 바이패스 밸브를 조금 열고 서서히 압력을 강화시켜 설정된 압력(일반적으로는 약 3MPa(약 30 kgf/cm²))에서 경보가 작동하는 것을 확인한다. 작동정지 후 바이패스 밸브를 열어

남은 압력을 뺀 후 바이패스 밸브를 잠근다.

- ⑤ 점검 후 공기통의 스톱밸브가 잠겨 있음을 확인한다. 또한 압력요구형에 대해서는 다음 사항을 점검한다.
- 양압 기구의 점검 : 앞에서 기술한 ②의 점검에서 계속 잠금 레버를 OFF→ON → OFF로 바꾸어 ON일 때 면체에서 힘껏 공기가 분출되고 있는 것을 확인한다.

(3) 장착 및 사용 방법

착용 전 점검이 확실히 이루어져서 이상이 없는 것이 확인된 경우에는 다음과 같이 사용한다.

- ① 호흡기 장착 : 호흡기를 깊어지고 양쪽의 밴드를 뒤쪽 아래로 잡아당긴다. 이 경우 실린더를 최대한 등의 위쪽에 깊어지는 것이 다음 행동을 용이하게 한다. 다음에 가슴밴드와 허리밴드를 매고 호흡기가 딱 몸에 맞도록 조절한다.
- ② 공기통의 스톱밸브(메인밸브)를 조용히 연다.
- ③ 면체 장착 : 면체를 얼굴 턱으로부터 머리 쪽으로 쓰고 머리끈을 후두부 쪽으로 당겨서 쓴 후 좌우로 균등하게 맞추어 얼굴을 안면에 밀착시킨다. 이 때 머리끈이 너무 느슨하지도 않고 너무 강하지도 않도록 해준다.
- ④ 면체의 기밀검사 : 흡입관을 두겹으로 꺾어서 강하게 잡고 숨을 쉬면서 기밀을 확인한다. 또한 압력요구형의 경우는 양압 기구를 확인 : 록레버를 OFF→ON한다. 얼굴의 뺨 부분에 손가락을 넣어 공기가 섞 소리를 내며 새는 것을 확인하다.
- ⑤ 상기 항목에 이상이 없으면 작업을 시작한다.
- ⑥ 사용 중에는 가끔씩 압력계를 보면서 공기의 잔량을 확인하면서 작업에 임한다.

- ⑦ 압력계가 경보설정압력(일반적으로는 약 3 MPa(약 30 kgf/cm²)로 떨어졌을 때나 경보기가 울리면 즉시 작업을 중단하고 안전한 곳에 대피한다. 작업장소로부터 안전한 곳까지의 거리가 길면 도중의 공기소비를 고려하여 미리 작업중단 압력을 결정해 둔다.
- ⑧ 특정 원인으로 흡기가 원활하지 못하게 된 경우에도 당황해서 면체를 벗지 않도록 주의한다.

바이패스 밸브가 달린 호흡기의 경우에는 바이패스 밸브를 더 열고 얼굴 내로 공기를 불어넣으면서 안전한 장소로 탈출하도록 한다. 또한 바이패스 밸브는 다음의 경우에 사용한다.

- 압력 조절기 고장 시의 긴급 급기
- 점검 시의 잔압 제거
- 면체 내에 유해한 공기가 섞인 경우의 배기
- 면체가 흐려졌을 때 배기

(4) 탈착 방법

- ① 면체를 벗은 후 스톱밸브(메인밸브)를 닫고 호흡기를 벗는다.
- ② 바이패스 밸브를 열어 안의 남은 압력을 뺀 후 바이패스 밸브를 닫는다. 또한 압력요구형의 경우에는 먼저 잠금레버를 ON→OFF로 한다.

(5) 사용 후의 정비

사용 후에는 그대로 방치하지 말고 다음 번 사용에 대비하여 정비한다.

- ① 호흡기를 사용한 후에는 각 부분을 마른 천으로 잘 닦아 오염된 부분을 소제한다. 마른 천으로 소제가 어려우면 깨끗한 물로 씻고 그늘에서 잘 말린다.
- ② 면체는 얼굴의 땀과 기름으로 더러워지기 때문에 증성세제나 비누

를 사용하여 잘 행구고 소독용 알코올로 소독해 준다.

- ③ 고무부분은 특히 기름이나 유기용제에 약하기 때문에 신너와 휘발유로 닦지 않는다. 기름때는 중성세제를 가한 미지근한 물로 소제 한 뒤 그늘에서 건조한다. 고무는 자외선에 약하고 균열이 발생하기 쉬우므로 직사광선에 아래서 건조시키지 않는다.
- ④ 사용이 끝난 실린더를 기계에서 빼낸 후, 스톱밸브(메인밸브) 접속부 보호 및 이물질 막기 위한 공기통 캡을 조인다.
- ⑤ 공기 충전이 끝난 예비 공기통을 호흡기에 설치하여 조립한다. 이때 스톱밸브(메인밸브)를 조금 열어 나사부의 이물질을 털어낸다. 조립 후 스톱밸브를 열어 내부압력을 확인한 후 스톱밸브를 닫는다.
- ⑥ 공기통을 교환하는 경우에는 반드시 동일 규격의 공기통과 맞교환하고, 산소통 등을 절대 사용해서는 안 된다.
- ⑦ 사용이 끝난 실린더는 다음 사용에 대비해서 공기를 다시 충전한다. 공기통을 충전할 때는 반드시 고압가스안전관리법에 따라 허가를 받은 가스충전소를 이용한다.
- ⑧ 공기통, 조절기, 압력계 등의 고압 공기에 접하는 부분은 주유를 하거나 기름을 바르지 않는다. 고압공기는 물건을 연소시키는 힘이 강하므로 기름을 발라두면 폭발위험이 있다.

(6) 보관과 정기 점검

공기호흡기는 언제라도 즉시 안전하게 사용할 수 있도록 정비해 두고 수납상자에 넣어서 보관한다. 보관 장소는 직사광선이 없고 건조한 장소로서 여름철에도 기온이 40°C이하의 곳을 선정한다.

또한, 퇴피 및 구출 시 사용하는 공기호흡기는 긴급 시 즉시 꺼내서 사용할 수 있는 곳에 보관해 둔다.

- ① 호흡기는 일상점검 외에 3개월(사용 빈도가 높은 경우 그 이하)마다 1회 정기점검을 실시하고 그 결과를 기록한다. 호흡기는 금속, 플라스틱, 고무, 직물 등 성질이 다른 각종 재료가 모여서 만들어진 것이므로 각각의 특성을 고려하여 점검과 정비를 실시해야 한다.
- ② 용기는 고압가스안전관리법에 따라 제조 후 일정기간마다 내압검사가 의무화되어 있으므로 내압검사 유효기간 내인 것을 확인 후 사용한다.
- ③ 면체, 공기흡입관, 호기밸브 등 생명에 직접 관련된 중요한 부품은 고무로 되어 있으므로 이들에 대한 점검과 정비는 신중을 기한다. 고무부품은 제조 후 시간 경과와 더불어 자연스럽게 노화하고 탄력을 잃게 되므로 특히 정비보관이 부적당한 경우에는 의외로 빨리 손상된다. 사용빈도가 많지 않고 정비 보관이 양호한, 면체, 공기흡입관은 3년, 호기밸브는 1년을 교환기준으로 하되, 일반적으로 면체와 공기흡입관은 1년, 호기밸브는 6개월 정도마다 교환하는 것이 보다 안전하다.

공기호흡기와 같은 자급식 호흡기의 장점은 행동 범위에 제약을 받지 않으며 조사 및 구조 활동 등에 적합하다는 점이지만 한편으로는 무겁고 유효 사용시간도 짧다는 단점도 지니고 있다.

이에 비해 송기마스크는 행동범위는 한정되지만 가볍고 유효 사용시간이 길면서 제한이 없기 때문에 일정 장소에서 장시간 작업하는 경우에 적합하다. 송기마스크에는 자연의 대기를 급기원으로 하는 호스마스크와, 압축공기를 급기원으로 하는 에어라인 마스크가 있다.

2) 전동 송풍기식 호스마스크

(1) 구조

전동송풍기를 깨끗한 공기가 있는 곳에 설치해두고 그에 따라 호스, 면체 등을 통해서 환기하는 구조이며, 환기를 위한 적당한 풍량조절을 위해 중간에 유량조절장치를 갖추고 있다. 면체를 사용하는 전동 송풍기식 호스마스크는 송풍기가 특정 사고로 정지했을 경우 흡기저항은 매우 높지만 착용자의 폐력으로 숨을 쉴 수 있는 폐력흡입이 가능한 구조로 볼 수 있다.

(2) 취급 상의 주의 사항

- ① 위험성이 높은 곳에서 사고에 의해 송풍기가 정지했을 경우 탈출할 수 있는 구조의 면체를 적용하여 사용한다.
- ② 송풍기는 산소결핍 공기, 유해가스, 악취, 먼지 등이 없는 장소를 선정하여 설치하고 운전한다.
- ③ 전동송풍기는 장시간 운전하면 필터에 먼지가 부착되고 저항이 늘어나 환기량이 감소하거나 모터가 과열될 수가 있으므로 필터를 정기적으로 점검하고 더러워진 경우 물로 흔들어 씻고 건조시킨다.
- ④ 전동송풍기의 사용 중에는 전원개폐기 및 코드플러그에 "송기마스크 사용 중"이란 표시를 하여 타인이 전원을 차단하지 못하도록 한다.
- ⑤ 2개 이상의 호스를 동시에 접속할 수 있는 전동송풍기의 경우 사용하지 않는 접속구에는 부속 캡을 닫아둔다.
- ⑥ 전동송풍기의 회전수를 조정할 수 있는 형식의 경우에는 호스의 수와 길이에 따라서 적절한 회전수로 조절하고 사용한다.

- ⑦ 전동송풍기는 일반적으로 방폭구조가 아니므로 메탄가스, LP가스 및 기타 가연성 가스의 농도가 폭발하한을 넘어설 우려가 있는 위험 장소에 설치하여 사용해서는 안 된다. 아울러 방폭구조를 사용하는 경우라 하더라도 사용상의 주의사항을 보다 엄격하게 적용한다.

3) 수동 송풍기식 호스 마스크

(1) 구조

수동송풍기를 깨끗한 공기가 있는 곳에 설치하여 호스와 연결된 면체 등을 통해 환기가 이루어지는 구조로 중간에 환기 풍량을 조절하기 위한 유량조절장치(또는 공기 조절 봉투)을 갖추고 있으며 전원이 없는 장소나 긴급한 경우 사용에 편리하다.

(2) 취급 상의 주의 사항

수동 송풍기를 돌리는 작업은 상당히 힘든 일이므로 장시간 연속하여 사용하는 경우 2명 이상이 교체로 핸들 회전작업을 실시한다.

4) 일정유량형 에어라인 마스크

(1) 구조

압축공기 배관, 공기 압축기 또는 대형 공기통의 압축공기를 중압 호스와 면체 등을 통해서 착용자에게 환기하는 구조로 중간에 송풍량 조절을 위한 유량조절장치와 압축공기 중의 먼지, 기름, 미스트 등을 여과하는 여과장치를 갖추고 있다. 또한 구조가 간단하고 가격이 저렴하다.

(2) 취급 상의 주의 사항

- ① 착용자의 호흡에 관계없이 일정량의 공기를 불어넣는 형식이기 때문에 송풍량이 충분하면 면체를 통한 누설이 약간 있어도 공기가 틈새에서 밖으로 흘러나오는 때문에 위험성이 적다. 하지만 호기 시에도 공기가 유출되고 있으므로 공기의 낭비가 많은 형태에 속한다.
- ② 일정량의 공기가 항상 흐르고 있기 때문에 눈, 코, 입, 목 등에 건조감을 느끼게 된다.
- ③ 일정유량형 에어라인 마스크는 공기 흡기관이 뒤틀리는 경우 에어라인의 압력이 공기 흡기관에 막혀 과열될 수 있으므로 주의한다.

5) 호흡요구형(디맨드형) 에어 마스크

(1) 구조

일정유량형의 단점을 제거하기 위해 연결관 재질을 중압 호스로 하고 폐력 밸브를 장착하여 착용자의 호흡에 따라서 면체 내로 압축공기가 공급되도록 한 것이다.

(2) 취급 상의 주의 사항

착용자가 공기를 흡입하는 경우 면체 내가 환경압력에 비해 음압이 되므로 면체의 기밀성이 매우 중요하다.

6) 압력요구형(프레셔 디맨드형) 에어라인 마스크

(1) 구조

앞의 호흡요구형에 압력요구형 밸브를 장착한 것으로 면체 내가 항상 정압을 유지하는 형식이다. 때문에 외기가 침투할 가능성이 낮아 안전성이 높은 형식에 속한다.

(2) 취급 상의 주의 사항

앞에서 기술한 일정유량형, 호흡요구형 및 공기호흡기의 내용에 준한다.

7) 복합형 에어라인 마스크

호흡요구형 혹은 압력요구형 에어라인 마스크와 공기호흡기를 합쳐놓은 것이 복합형 에어라인 마스크이다. 이 형식은 공기통은 통상 2 L 정도의 작은 것을 사용하다. 복합형 에어라인 마스크는 호흡요구형 또는 압력요구형 에어라인 마스크로 언제나 사용될 수 있으며, 급기가 단절된 위급상황에서는 급기원을 소형 공기통으로 바꾸어주면 해당 압축공기가 착용자에게 제공되므로 공기호흡기를 사용하면서 탈출이 가능해서 극히 위험성 높은 장소의 경우 이 방식 적용이 아주 적합하다.

8) 송기 마스크의 취급에 관한 유의 사항

앞에서 기술한 바와 같이 송기 마스크는 여러 가지 종류로 분류되고 있지만, 안전한 작업을 위해서는 각각의 특징을 확인하여 적절히 선택하여야 한다. 또한 상시 사용할 수 있도록 평소에 청소, 점검 및 정비도

중요하다.

- ① 공기 흡입구는 산소결핍 공기, 유해가스, 악취, 먼지 등이 침입할 우려가 없는 곳에 설치하다
- ② 에어라인 마스크의 급기원은 압축공기에서 발생될 수 있으므로 급유식 압축공기를 사용할 경우에는 압축공기 중에 섞인 오일 등을 제거하기 위해 관 중에 활성탄을 넣은 여과장치를 장착한다. 또한 사용 중에 유취를 느끼면 여과 장치 내 활성탄의 파과가 진행되고 있는 것이므로 새로운 활성탄으로 바꾸어 준다. 또한 대형공기통을 사용하는 경우 취급은 공기호흡기에 준한다.
- ③ 급기원으로 사용하는 컴프레서는 운전 중에 과열되지 않도록 정비 점검을 꼼꼼히 수행한다. 컴프레서가 과열되면 오일 미스트 강하게 발생하여 활성탄이 빨리 파과되고 과열 압축공기에 의해 활성탄 자연 발화에 의해 일산화탄소가 생성되어 마스크를 사용하고 작업하던 노동자들이 급성중독으로 사망할 수 있다. 또한 활성탄은 가연성 물질이어서 가열되면 발화할 위험이 있으므로 여과장치의 활성탄을 고온에 방치하거나 가열해서는 안 된다.

에어라인 마스크에 공급되는 공기의 질의 경우 북미에서는 ANSI/Compressed Gas Association (CGA) G-7.1-1989인 Breathing air quality standards를 적용하고 있으면 이는 OSHA에 의해 채택된 기준이기도 한다(29 CFR, 1910.134). 이 기준은 다음과 같다.

- Oxygen: 19.5%~23.5% (20%~22% Canada)
- Hydrocarbon (condensed oil) 5 mg/m³ maximum (<1 mg/m³ in Canada)
- Carbon Monoxide (CO): 10 ppm maximum (5 ppm in Canada)
- Carbon Dioxide (CO₂): 1,000 ppm maximum (500 ppm in Canada)

- Odor: No noticeable tastes or smells
- Water Content:
 - High pressure cylinder air must have a dew point of at least -50°F (-45.6°C) at 1 atmosphere (14.7psi).
 - Low pressure breathing air must have a dew point of at least 10°F (5.56°C) below the ambient temperature at 1 atmosphere (14.7 psi)
 - Canada: 5°C below lowest temperature, 27 ppm maximum water vapor
- Total Volatile Hydrocarbons (Canada): 5 ppm maximum
- ④ 호스 또는 중압 호스를 도로와 바닥에 방치하면 차량이나 낙하물 등에 의해 압박되어 급기가 끊길 우려가 있으므로 호스는 안전한 장소를 선정하여 배역하고 차량 등에 밟히지 않도록 한다.
- ⑤ 송풍식 마스크에 사용하는 면체에는 다양한 형태의 것들이 있다. 통상적으로는 전면형 면체를 위험도가 적은 경우에는 반면형 면체를 사용한다.

헤이스켈드와 후드는 안면에 밀착하지 않아서 착용이 쾌적하지만 방호능력이 다소 낮고, 만일 공기공급이 두절되는 경우 순간적으로 방호능력이 상실되기 때문에 생명건강 즉시 위험농도 등에서 사용해서는 안된다. 후드를 선택할 경우에 특히 주의할 점은 송풍량으로, 호흡에 필요한 양뿐만 아니라 호기에 의해 후드내의 온도가 높아져서 근로자가 불쾌감을 느낄 수 있으므로 충분한 양을 제공해야 한다. 후드 내의 온습도 및 방호능력을 고려하여 보통의 작업환경에서 가벼운 작업을 할 때의 송풍량은 100~150 g/min가 적절하다.

9) 정기 점검

송풍식 마스크는 사용 전에 반드시 작동점검을 하여 이상이 없음을 확인하고 사용한다. 또 1개월에 1회 정기 점검 및 정비를 실시하여 언제든지 사용할 수 있는 상태를 유지하도록 한다. 송풍식 마스크의 점검 항목은 공기호흡기의 점검에 준한다.

10) 안전보호구

밀폐공간에서는 질식이나 유해가스에 의한 중독 이외에 화재폭발, 익사, 매몰, 전기감전, 기계기구에 의한 사고 등 다양한 안전사고이외에 추락이나 전도와 같은 재해도 발생될 우려가 높으므로 안전사고에 대비한 다양한 관리대책을 수립하여 시행하여야만 한다. 이는 밀폐공간에서의 화재폭발을 가능성은 제외하고는 대개 일반적인 안전조치와 유사하다고 할 수 있다.

(1) 탱크나 맨홀과 같이 사다리를 사용하여 내부로 내려가야 하는 경우에는 안전대, 구조용삼각대나 그 밖의 구명밧줄 등을 사용하여 안전을 확보하여야 한다.

(2) 비상시에 작업근로자를 피난시키거나 구출하기 위하여 안전대, 구조용삼각대, 사다리, 구명밧줄 등 필요한 용구를 준비하고 이것의 사용방법을 작업근로자가 자세히 알도록 하여야 한다.

밀폐공간 작업 조치 및 보호장비(요약 예시)

분야	장비명	사용용도	사진(예)	비고
산소 및 유해가스 농도 측정	산소농도 측정기	산소농도 측정		농도 측정기에 구비된 센서의 수명주기가 끝난 경우에는 반드시 교체를 해주어야 한다.
	혼합가스농도 측정기	산소·황화수소·일산화탄소·가연성가스 (메탄) 농도측정		
환기	공기치환용 환기팬	밀폐공간 내부를 신선한 외부공기로 치환		
호흡용 보호구	공기호흡기	밀폐공간 내 재해자 구조 시 사용하거나, 환기가 어려운 장소 또는 작업 중에 유해 가스 발생으로 질식위험이 있을 경우에 사용		
	송기마스크 (에어라인 마스크)			
출입통제	밀폐공간 출입금지 표지판	밀폐공간 작업장소에서의 작업자 외 출입 통제		
기타 안전장비	무전기	감시자와 밀폐공간 내 작업자와의 상호연락		
	휴대용 랜턴	조명확보		
	안전대·구명 밧줄	재해자 구조용		
	구조용삼각대·윈치	재해자 구조용		

11. 사고 시 조치요령

산소결핍증 또는 유해가스 중독사고를 막는 데 있어 관건은 산소결핍의 공기 또는 유해가스가 포함된 공기를 흡입하지 않는 것이다. 그러므로 관리감독자의 지휘에 따라 올바른 작업방법을 지키고, 위험장소에 출입 전에는 반드시 산소와 함께 존재하거나 발생될 우려가 있는 유해가스를 측정하고 안전한 농도가 될 때까지 환기를 실시하여야 한다. 측정했을 때에 안전한 농도라도 좁은 장소나 산소결핍 공기나 불활성 가스 등이 새어나와 산소농도가 저하될 우려가 있는 장소와 유해가스가 발생할 우려가 있는 장소에서는 밀폐공간 내에 들어가 있는 동안 환기를 지속적으로 실시하여야 하며, 환기가 되지 않거나 충분하지 않을 경우에는 공기호흡기를 사용하도록 한다. 만일 작업 중 산소결핍이나 유해가스 발생의 원인이 되는 이상을 발견하거나 사고가 발생한 경우에는 당황하지 않고 올바른 조치를 취하여 피해를 최소화하도록 할 필요가 있다.

지금까지 불행하게 발생한 사고 예를 보면 초기의 가벼운 증상을 간과해서 작업을 계속하는 바람에 중대재해로 발전하였거나, 사고발생 시 관리감독자 등에게 연락을 제대로 취하지 않아 적절한 조치가 강구되지 못하였거나, 혹은 구조에 나선 사람이 당황하여 공기호흡기와 생명줄을 착용하지 않고 산소결핍 위험장소에 출입하여 더욱 피해가 커진 사례가 적지 않았다.

1) 이상시의 대피

환기가 지속적으로 실시되고 있는 경우에도 유해위험한 상황이 발생할 수 있는 데, 이러한 경우는 환기장치의 고장 또는 환기력 부족, 산소

결핍 공기 또는 유해가스의 이상 발생이나 유입, 오조작에 의한 질소나 탄산가스 등의 유입 등이 원인이 된다.

해당 유해위험상태의 원인이 되는 이상을 발견하여 관리감독자에게 통보하기위해 법적으로 감시인을 두는 등을 배치하도록 규정되어 있지만, 각 작업자도 항상 위와 같은 이상 유무 가능성에 주의를 기울이고, 발견했을 때는 즉시 관리감독자에게 알릴 필요가 있다.

작업장소가 위험상태의 비정상적임을 깨달은 때, 산소결핍증이나 유해가스 중독에 걸렸다고 생각한 때, 동료가 쓰러진 때 등에는 작업을 즉시 중단하고 깨끗한 공기가 있는 장소에 대피하고 연락 등 필요한 조치를 취해야 한다. 산소결핍증의 초기에는 안면 창백 또는 홍조, 맥박 및 호흡수의 증가, 답답함, 발한, 기운빠짐, 현기증, 두통 등이 나타나므로 이러한 증상이 나타나는 경우에는 일단 산소결핍증이 아닌지를 의심해 본다. 또한 해당 증상은 감기 등의 다른 병 때문에도 나타나게 되므로 이들 병으로 잘못 알기 쉬워 주의할 필요하다.

또한 환기가 나쁜 장소에 들어갈 경우에서 먼저 들어온 사람이 뚜렷한 원인이 발견되다 않았는데 갑자기 넘어지거나 사다리를 내려오는 도중 먼저 내려오고 있던 사람이 갑자기 추락해서 정신을 잃어버린 경우에는 우선 산소결핍으로 인한 것이 아닌가를 의심해 보아야 한다.

황화수소는 0.3ppm의 매우 낮은 농도에서도 달걀 썩는 독특한 취기를 느끼지만, 높은 농도의 황화수소를 마시게 되면 순간적으로 후각이 마비되어 전혀 취기를 느끼지 못하고 의식을 잃고 쓰러질 수 있다.

대피 후에는 작업장소의 산소농도를 다시 측정하거나 환기장치의 이상유무를 다시 점검하여, 산소농도와 환기장치가 정상적인 것을 확인하고 난 뒤 작업을 재개해야 한다.

2) 사고 발생시의 구조

동료 등이 산소결핍증이나 유해가스 중독에 이환되어 넘어졌을 경우에는 당장 구출하여 응급처치를 실시하고 소생시키는 것이 중요하지만, 이 경우에는 관리감독자 등에게 사고 내용을 전파하고 그 지휘에 따라 구조작업에 임하는 것이 필요하다. 구조작업 시에는 당황하여 생명줄이나 공기호흡기 등 보호구의 착용을 잊거나 잘못된 사용법을 적용하여 구조하는 사람까지가 산소결핍증이나 유해가스 중독에 걸리지 않도록 평소에 보호구의 사용법 등을 연습하여 숙달시켜 두는 것도 매우 중요하다

3) 안전대와 생명선

추락 우려가 있는 산소결핍 위험장소에서 작업하는 경우 안전대 등을 사용해야 한다. 특히 산소결핍이나 황화수소 발생위험이 있는 갭, 맨홀, 우물 등에서 사다리를 타고 내려오는 작업을 하는 경우와 탱크, 화학설비, 사일로, 냉장고 등 내부의 산소결핍 등의 우려가 있는 곳의 발판 위에서 작업을 행하는 경우에는 산소결핍 공기 등을 흡입하면 근무력과 의식상실로 전락할 수 있으므로 난간이나 울타리 등의 추락방호 설비가 있는 경우에도 안전대와 생명줄을 사용할 필요가 있다.

(1) 안전대의 구조

안전대의 구조는 산업안전보건 관련 법규에 따라 정해져 있으므로, 이들 규격에 적합한 것을 선정하고 항상 점검과 관리하여 올바르게 사용하는 것이 중요하다. 안전대를 크게 나누면 로프의 일단을 벨트의 고리에 걸고 다른 쪽 끝을 스텝이나 링 등을 이용하여 구조물에 달아(1개

걸이용) 사용하는 안전대와 기둥이나 철탑 등 너머로 돌린 밧줄의 양끝을 벨트에 고정하여(U자형 고리) 사용하는 안전대인 하네스형이 있으므로 작업 형태에 따라 적절한 것을 골라서 사용하도록 한다. 또한 안전대를 1개 걸이용으로 사용하는 경우에는 밧줄 끝을 수직 메인 로우프에 고정하는 기구로 그림(로프 지퍼, 로립)이 있다. 하네스형 안전대는 하중이 몸통뿐만 아니라 어깨, 가슴, 몸통에 분산되어 걸리므로 보다 안전하다. 또한 직립에 가까운 형태로 매달리게 되므로 깊은 장소에서 구조 작업 등에 사용하기가 상대적으로 용이한 형태이다.

(2) 안전대 등의 사용 방법

- ① 안전대 및 기타의 생명줄(이하 “안전대 등”이라 함)을 1개걸이용으로 사용하는 경우에는 안전대 등을 안전하게 고정할 수 있는 설비가 필요하다. 해당 설비는 난간, 울타리, 스텝 등의 튼튼한 구조물로 밧줄이 손상될 우려가 없는 부분을 이용하거나 전용의 고정설비를 설치한다.
- ② 안전대 등을 1개 걸이용으로 사용할 때 추락하여 허공에 매달렸을 경우에는 체중에 따른 충격이 모두 벨트를 맨 복부에 가해진다. 실험결과 내장의 장애를 막기 위해서는 낙하 시의 충격이 900 kg 이하여야 한다. 이는 체중 62 kg의 사람이 안전대를 달고 2 m 낙하할 경우의 충격에 상당한다. 따라서 밧줄의 장착은 추락할 경우 낙하거리가 2m 이하가 되도록 하여 되도록 늘어지게 얇게 하거나 혹은 허리띠보다 위의 위치에 고정해야 한다. 갱내 등을 오르내리면서 작업하는 하는 경우에는 위쪽으로 마련한 고정도구에 주 로프를 고정하고 여기에 그림을 사용하고 안전대 밧줄을 고정한다. 작업에 따라 오르내릴 때는 그림의 위치를 조정하여 밧줄이 항상 느슨해지지 않도록 한다. 또 쇼크속업소버를 밧줄에 달아 사용하

- 게 되면 추락하여 허공에 매달렸을 경우 충격흡수에 효과적이다.
- ③ 벨트는 느슨하지도 않고 강하지도 않게 체결한다. 추락하여 허공에 매달렸을 경우 인간의 허리 관절은 앞으로는 꺾이지만 뒤로는 꺾이지 않아 허공에 매달리는 충격으로 등뼈가 부러질 우려가 있으므로 벨트 고리는 몸 앞쪽에 오도록 하지 않는다.
- ④ 1개 걸이용 안전대는 한줄의 고리형태로 사용하는 것이 원칙이나, 고리가 벨트의 좌우에 붙어 있는 모양은 낙하거리를 짧게 하기 때문에 체중이 걸리지 않는 U자형 상태로 사용하는 것은 좋지만 체중이 실리는 경우에는 U자형 안전대를 사용해서는 안 된다. 체중을 실리는 U자 형태로 사용하는 경우에는 U자형 안전대를 사용해야 한다.
- ⑤ U자형 안전대를 사용 중 혹은 고리에 걸 필요가 있는 경우에는 추락방지를 위해서 보조로프를 사용한다.
- ⑥ 깊은 탱크, 복잡한 화학 설비, 선박의 홀드 등 외부 감시가 어려운 장소로 들어 가 작업하는 경우에는 생명줄을 연결하고 한 끝을 밖에서 감시하는 사람이 갖는 것이 바람직하다. 생명줄은 안의 작업자와 밖의 감시자 사이의 신호용으로도 사용되며 만일의 경우에는 이를 이용하여 신속한 구조활동도 가능해 진다. 생명줄은 작업행동의 범위를 지나치게 좁히지 않도록 충분한 길이의 것을 준비해야 하지만, 송기식 마스크를 장착하고 있는 경우에는 호스 길이보다 길어서는 안 된다.
- ⑦ 안전대 등은 사용 전에 점검하고 사용 후에는 더러운 것은 중성세제를 녹인 미지근한 물로 씻고 눅눅한 것은 충분히 건조시킨다(화기 건조는 피할 것). 가죽부품에는 피혁보호용 기름을 발라주고 수납상자에 넣어 습기가 없고 직사광선이 들지 않는 장소에 보관한다.

12. 응급처치

1) 응급비상연락체계

산소결핍 위험작업에서, 산소결핍증 또는 유해가스 중독이 발생한 경우에는 주위 상황을 확인하고 자기 안전을 확인한 후에 즉시 부상자를 구출하며 부상자의 호흡이 정지하였거나 심장이 정지한 때에는 119에 통보하고 신속하게 호흡과 심장박동을 회복시키는 심폐소생술(인공호흡, 흉부압박) 등의 실시해야 한다. 응급 재해 발생 시 프로그램 추진팀 또는 병원, 119 구조대와 연락할 수 있는 비상연락체계를 다음과 같이 구성한다.

추진팀 연락처		관내병원 연락처		구조대 연락처		유관기관	
프로그램 총괄자		○○병원		긴급전화 119		노동관서	
프로그램 관리자							
추진팀원1		○○병원		관 내 소방 서	안전공단		
추진팀원2							
추진팀원3		○○병원			경찰서		
기타 관련자							

만약 응급 재해가 발생하면, 구축된 비상연락망에 따라 병원 또는 구조대, 추진팀에 신속히 연락하고 재해자에 대해서는 구조대가 도착하기 전까지 주위 사람의 도움을 받아 인공호흡, 심폐소생술 등 적절한 응급처치를 실시한다.

2) 발견시의 대응 순서

(1) 반응의 확인

응급처치 시에는 처음에 부상자의 상태를 파악해야만 한다. 반응, 호흡, 기도이물, 출혈 등의 유무를 확인한다. 상태를 확인한 후에 119에 신고하여도 되지만 호흡정지(또는 정상적으로 평소 호흡을 하지 않은)의 경우에는 신속하게 일차구명처치를 실시해야 한다.

먼저 부상자의 반응(응답이나 행동)이 있는지 확인한다. 반응의 유무를 확인함으로써 심폐소생술이 필요한 상황인지의 여부를 초기에 판별을 할 수 있다. 부상자의 어깨를 툭툭 두드리며 큰 소리로 부르는 등의 자극을 주어 반응이 있는지를 확인한다. 만약 이때 반응이 있다면 회복체위로 안정을 취하게 한다. 이때는 반드시 옆에 관찰자를 두어 부상자의 경과를 관찰하고 평상시의 호흡이 없어진 경우 바로 대응할 수 있도록 한다. 또한 반응이 있어도 이물질 때문에 질식하는 경우에는 뒤에서 기술하는 기도이물제거를 실시한다.

(2) 큰소리로 외치며 주변의 주의 환기

일차구명조치는 가능한 한 단독으로 시행하는 것을 피해야 한다. 만약 부상자의 반응이 없다면 해당 장소에서 큰소리로 외치며 주변의 주의를 환기시키는 것이 중요한 스텝이다.

(3) 119번 통보(긴급 통보) 및 AED의 수배

누군가가 가까이 오면 그 사람으로 하여금 119에 신고하게 하고 근처에 있는 AED를 가져오도록 요청하면서 자신은 구명처치를 시작한다. 주위에 사람이 없이 구조하는 경우에는 우선 스스로 119에 신고를 행하고 근처에 있는 것을 알고 있다면 AED를 찾아 온 후 구명처치를 시작한다.

2) 기도 확보

부상자가 반응이 없는 경우에는 외상 여부에 관계없이 턱 들고 머리 젖히기 방법에 따라 기도를 확보한다. 턱 들고 머리 젖히기는 우선 반듯이 눕힌 부상자의 얼굴을 옆에서 보는 위치에 앉아서 한 손으로 병자의 이마를 감싸고 다른 한 손의 손가락 끝을 병자의 턱 끝(뼈 있는 딱딱한 부분)에 대고 들어 올린다. 이렇게 하면 부상자의 목 안이 넓혀지기 때문에 기도가 쉽게 확보된다.

3) 호흡의 확인

호흡은 “정상적인 호흡인가”를 점검한다. 호흡 확인은 자세를 낮추고 부상자의 입가에 얼굴을 대고,

- ① 가슴이 호흡에 따라 오르내리고 있는가.
- ② 병자의 호흡 소리는 들리는가.
- ③ 병자의 숨이 볼에서 느껴지는가.

등을 “보고, 듣고, 느껴서”판단한다.

정상적인 호흡이 아닌 경우나 약 10초간 관찰해도 판단할 수 없는 경우에는 심폐정지로 본다. 흐느끼는 듯한 불규칙 호흡(사망 전의 호흡, 이른바 숨이 멎을 때의 호흡)만을 쉬는 경우도 정상적인 호흡이 아니므로 심폐정지로 본다. 이러한 경우에는 즉시심폐소생을 개시하여야 한다.

반응이 없으나 정상적인 호흡을 쉬는 경우 부상자를 관찰하면서 구조대 도착을 기다린다. 필요하다면 부상자를 회복체위인 옆으로 눕힌다(측와위 자세).

4) 인공호흡

“정상적인 호흡”이 없는 경우에는 심폐정지로 간주하여 구강 대 구강 인공호흡을 2차례 시도한다. 구강 대 구강 인공호흡의 실시는 기도를

연 상태로 실시하는 것이 요령이다. 기도확보를 한 위치에서 구조자가 입을 크게 벌리고 부상자의 입술주변을 덮듯이 하며 약 1초 정도 가슴의 올라가는 것이 보일 정도 양의 입김을 불어넣는다. 이 때 부상자의 코를 막아서 숨이 새어나가지 않도록 한다.

첫번째 인공호흡에 의해 가슴이 들리는 것을 확인하지 못하는 경우에는 기도를 확보하고 2차 인공호흡을 시도한다. 2번째가 끝나면 (각각 가슴의 부풀어 오름을 확인 된 경우와 그렇지 않은 경우 모두) 추가적인 인공호흡을 하지 말고 바로 흉부압박을 개시해야 한다.

기도가 열려 있으면 가슴이 커져 불어넣을 때 저항이 없지만 기도가 폐쇄된 상태에서 불어넣으며 불어넣는 공기가 위에 유입되어 위가 팽창하고 위 내용물이 입 쪽으로 역류하게 된다. 이 때문에 목이 막혀 기도 폐쇄가 일어날 위험이 있으므로 주의해야 한다.

이 방식에서는 불어넣은 공기의 배출에 대해서는 신경을 쓸 필요가 없이 숨을 불어넣기만 하면 된다. 불어넣은 공기의 배출은 가슴의 탄력에 의한 자연스럽게 이루어진다.

또한 구강 대 구강 인공호흡을 할 때는 감염위험이 낮은 해도 0은 아니므로 가능하면 감염보호구(편방향 밸브가 호기구에 달린 기구 등)을 사용하는 것이 바람직하다. 만약 구조자가 인공호흡이 주저되는 경우에는 인공호흡을 생략하고 바로 흉부압박만 실시하는 단순한 소생술만을 수행해도 좋다. 인공호흡이 지체되어 흉부압박의 개시가 늦어지는 것은 피해야 한다.

5) 흉부압박

2차례 인공호흡에 이어 (혹은 인공호흡을 생략하기로 한 경우) 심장 마사지를 위한 흉부압박을 조속히 시작한다. 흉부압박이란 가슴 한복판에 있는 흉골 하반부(유두와 유두를 잇는 선의 가운데를 기준으로 삼는

다. 이 위치에 한쪽 손 손바닥의 기부(아래부분)를 대고 그 위에 다른 손을 올리고 어깨가 가슴뼈의 바로 위에 되는 자세로 양팔을 구부리지 않은 채 누르면 흉골을 압박할 수 있다.

이때는 팔의 힘만으로 누르는 것이 아니라 몸 전체의 체중을 손바닥 끝에 실리게 압박하는 것이 요령이다. 가슴이 4~5cm정도 가라앉을 정도의 힘으로 1분에 약 100회 속도가 되게 압박한다. 압박을 해제(이완)할 때에는 손바닥 끝 부분이 가슴에서 떨어지거나 이탈하여 위치가 어긋나지 않도록 주의하면서 가슴이 제자리로 돌아올 때까지 충분히 압박을 해제하는 것이 중요하다. 이 압박과 이완에서 1회 흉부압박이 된다.

또한 부상자가 부드러운 이불에 위에 위치해 있는 경우 등에 흉부압박을 하면 충분히 압박되지 않아 효과가 없을 수 있으므로 평평한 단단한 바닥(굳은 판자 등)을 등지고 압박한다.

AED를 이용하여 심장충격을 가하는 경우나 계단에서 부상자를 이동시키는 경우 등 특수한 상황이 아닌 한 흉부압박 중단 시간은 최대 10초 이내로 제한한다.

6) 흉부압박 30회와 인공호흡 2회의 조합

인공호흡을 조용히 2번 실시 후 그대로 몸을 비틀어 가슴뼈에 손을 얹고 흉부압박을 30회 실시 후 다시 인공호흡을 2회 실시한다. 이를 한 사이클로 하여 응급 구조대가 도착할 때까지, 혹은 AED가 도착해서 병자의 몸에 장착될 때까지 반복한다. 또한 흉부압박 30번 기준은 어렵hit수는 이므로 hit수의 정확성에 집착할 필요는 없다.

흉부압박과 인공호흡의 사이클은 가능한 한 두 사람 이상이 함께 실시하는 것이 바람직하지만 구조자가 한명 밖에 없을 때에도 실시가 가능하며 혼자서도 할 수 있도록 평소에 훈련해두는 것이 바람직하다.

또한 흉부압박은 예상 이상으로 노력을 요하는 작업이기 때문에 잠시

간 혼자서 실시하면 자연히 압박이 약해지기 쉽다. 구조자가 두명 이상이라면 흉부압박을 실시하고 있는 사람이 피로를 느끼지 않더라도 약 2분(5사이클)을 기준으로 다른 구조자와 교대하도록 한다. 아울러 구조자가 처음부터 두 사람 있는 경우에는 우선 한명이 심폐소생술을 수행하고 나머지 1인은 119 통보나 AED 수배 등을 실시한 후 서로 교대하며 심폐소생술을 실시해도 좋다

7) 심폐소생 효과와 중지의 타이밍

심폐소생에 효과가 나타나면, 계속 수행하는 경우 병자가 신음소리를 내며 평소대로 숨을 쉬기 시작하거나 혹은 어떤 응답이나 목적이 있는 행동(예를 들면, 싫어하는 등의 신체 동작)이 나타난다. 이 경우에는 심폐소생술을 중단하고 관찰을 계속하면서 구조대의 도착을 기다린다. 아무런 반응이 없으면 AED를 장착할 때까지 혹은 구급대원이나 의사에게 인계 시까지 심폐소생술을 바로 속행한다.

8) AED 사용

“정상적 호흡”이 없으면 즉시 심폐소생술을 시작하고 AED(자동심장충격기)이 도착하면 신속하게 사용한다. AED는 심장마비에 대해 긴급 치료법으로 행해지는 전기적 심장충격(전기쇼크)으로 일반시민도 간편하고 안전하게 사용할 수 있도록 개발하여 실용화된 것이다 이 AED를 장착하면 자동적으로 심전도를 해석하여 심장충격의 필요여부를 판별하며 심장충격이 필요한 경우에는 전기충격을 음성 메시지로 알려주게 된다. AED의 사용절차는 다음과 같다.

(1) AED의 준비

AED를 설치되어 있는 장소에서는 눈에 띄게 AED마크가 붙은 전용

상자가 놓여 있다. 상자를 열면 경고 벨이 울리는 경우가 있지만 경고 음에 신경쓰지 말고 꺼내서 부상자 앞으로 옮기고 부상자의 머리 가까이 위치시킨다.

(2) 전원을 넣기

AED의 뚜껑을 열고 전원 버튼을 눌러 전원을 넣는다. 기종에 따라서는 뚜껑을 열면 전원이 자동으로 들어오는 것도 있다. 전원을 넣고 난 이후에는 음성 메시지와 점멸등의 지시에 따라 조작을 수행한다.

(3) 전극 패드 붙이기

우선 부상자의 가슴을 드러내게 하고(버튼과 고리 등이 없는 경우에는 옷을 잘라낼 필요가 있음) 피부가 젖어 있는 경우는 수분을 닦아낸 후 파스 등을 붙이고 있으면 이를 벗기고 잘 닦아준다. 다음으로 AED에 들어 있는 전극패드를 꺼내서 1장을 가슴의 오른쪽 위(쇄골 밑의 흉골 오른쪽)에, 다른 1장을 가슴 왼쪽(옆 아래에서 5~8 cm 아래, 유두의 비탈 아래)에 공기가 들어가지 않도록 피부에 밀착해서 붙인다. 기종에 따라서는 이 후 케이블을 AED 본체에 접속시킬 필요가 있는 것도 있으므로 음성 메시지에 따른다.

(4) 심전도 해석

“부상자로부터 떨어지세요.”라는 음성 메시지가 나오면 자동적으로 심전도에 대한 해석이 시작된다. 이때 누군가가 부상자와 대화를 하게 되면 해석이 잘 되지 않을 수 있으므로 주위 사람들에게 물러나도록 전한다.

(5) 전기자극과 심폐소생술 재개

AED가 심전도를 자동 해석하고 전기충격이 필요한 경우에는 “충격이 필요합니다.”등의 음성메시지가 나오며 충전이 시작된다. 이때 다시 부상자와 접촉하고 있는 사람이 없는지를 확인한다. 충전이 완료되어 전기충격을 가하라는 메시지가 나오면 충격버튼을 눌러 전기충격을 가한다. 이때 부상자는 전극패드를 통해서 강한 전기가 흐르므로 몸이 순간적으로 움찔하게 된다.

전기충격 후에는 바로 흉부압박을 시작하여 심폐소생술을 시행한다. 또한 심전도 자동해석결과 “충격은 불필요합니다.”등의 메시지가 나오는 경우에도 바로 흉부압박을 재개하는 심폐소생술을 실시한다. 어느 경우에도 전극패드는 그대로 뜯지 않고 두고 AED의 전원도 넣은 채 심폐소생술을 실시한다.

(6) 심폐소생술과 AED의 반복

심폐소생술을 재개한 후 2분(흉부압박 30회와 인공호흡 2번의 조합을 5사이클)정도가 지나면 AED가 음성메시지와 함께 심전도 해석을 시작하여 4)와 5)의 순서를 수행한다. 이후 응급구조대가 도착하기 전까지 4)~6)의 순서를 반복한다. 또한 부상자가(싫어하고) 움직이는 행동 등을 하는 경우에는 앞의 7)에서 기술한 내용에 따라 구급대를 기다려도 좋지만, 이 경우에도 전극패드를 벗기지 말고 AED의 전원도 넣은 상태로 두어 다시 심폐정지가 일어났을 때 곧바로 대응할 수 있도록 대비한다.

9) 기도 이물질의 제거

기도에 이물질이 막혀 질식 때문에 죽음에 이르는 경우도 적지 않다. 부상자가 강하게 기침을 하는 것이 가능한 경우에는 기침에 의해 이물

질이 배출되는 경우도 있으므로 주의 깊게 지켜본다. 하지만 기침을 하지 않는 경우나 기침이 약해지고 있는 경우는 질식으로 판단하여 신속히 119에 통보하고 다음과 같은 조치를 취하도록 한다.

(1) 반응이 있는 경우

부상자가 반응(어떤 응답이나 목적이 있는 행동)을 보이는 경우에는 우선 복부압박법(임산부나 유아에게는 행하지 않음.)이나 등 타격법에 의한 이물제거를 시도한다. 이 경우 가능하다면 복부압박법을 우선적으로 실시한다. 헛수와 무관하게 이물질이 튀어나오거나 반응이 없어질 때까지 계속한다.

① 복부압박법

병자의 뒤에서 허리부근에 손을 돌려서 한쪽 손으로 배꼽의 위치를 확인한다. 한 손으로 주먹을 만들고 엄지 측을 그 위쪽 명치 아래 위치에 대고 배꼽을 확인한 후 한쪽 손을 주먹에 덧씌우고 재빨리 위쪽으로 향하게 밀어 올린다. 이 방법은 부상자의 내장을 상하게 할 우려가 있으므로 이물제거 후에는 의사의 진찰을 반드시 받게 한다. 또한 임산부나 유아에게 행해서는 안 된다.

② 등 타격법

부상의 뒤에서 좌우의 견갑골의 중간을 손바닥 아래부분으로 강하게 몇차례 연속으로 밀어준다. 임산부나 유아에게는 이 방법만을 쓴다.

(2) 반응이 없는 경우

반응이 없는 경우에는 전술한 심폐소생술을 개시한다. 도중에 이물질이 보일 경우에는 이물질이 기도 속에서 역류하지 않도록 조심스럽게 제거해 준다. 다만 보이지 않음에도 손가락으로 찾거나 이물질을 찾기 위해 심폐소생술을 중단해서는 안 된다.

다음은 응급처치의 순서와 방법을 요약한 것이므로 참조한다.

<<맥박은 뛰나 호흡이 없는 경우에 실시>>

순서	실시 방법
의식확인 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어깨를 가볍게 두드리며 이름을 호명 ○ 목뼈손상의 가능성이 있는 경우 목 뒤쪽을 한손으로 받쳐줌 ○ 환자의 몸을 심하게 흔드는 것은 금지
구조요청 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 즉시 전화로 119 또는 병원에 구조요청 ○ 주변 사람에게 도움 요청(“도와주세요!” 라고 외침)
자세교정 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 바닥이 딱딱한 곳에 인공호흡을 할 수 있는 자세로 바로 눕힘 ○ 목과 머리를 받쳐 주면서 통나무를 굴리듯이 하여 자세를 교정함
기도(숨길)확보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재해자의 머리 쪽에 무릎을 꿇음 ○ 재해자의 눈썹 바로위 부분의 이마에 한손을 대고 머리를 뒤로 젖힘 ○ 다른손의 손가락(2,3,4지를 동시이용) 끝으로 턱을 올려 기도확보 ※ 목뼈의 손상이 의심될 경우 ○ 턱 밑에 손을 넣어 턱을 앞쪽으로 밀고 ⇒ 머리를 뒤로 당김(목을 뒤로 젖히지 않도록 주의)⇒ 엄지손가락으로 입을 개방
호흡확인(3~5초간) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재해자의 얼굴에 자신의 뺨을 밀착시킴 ○ 재해자의 가슴이 뛰는지 확인 ○ 재해자의 숨소리 확인 ○ 재해자가 내쉬는 입김이 느껴지는지 확인
2회 숨 불어넣기 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재해자의 코를 한손으로 쥐고 ○ 다른 손가락으로 턱을 들어올리는 자세 유지 ○ 재해자의 입을 구조자의 입으로 완전히 감싸고 밀착시킨 후 ○ 1.5~2초씩 두 번 숨을 불어 넣음 ○ 숨을 불어넣을 때마다 가슴이 오르내리는지 관찰 ○ 호흡간격은 5초 간격으로 약 1분에 10~12회 정도 반복 실시
자세교정 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인공호흡 실시로 호흡과 맥박이 있을 경우 구토시 이물질이 기도로 유입되지 않도록 “측와위 자세” 로 자세 변경 ○ 구조대를 기다림

<<호흡과 맥박이 모두 없는 경우에 실시>>

순 서	실 시 방 법
의식확인 ~ 2회 숨 불어 넣기	0 인공호흡법의 의식확인 ⇒ 구조요청 ⇒ 자세교정 ⇒ 기도(숨길)확보 ⇒ 호흡확인 ⇒ 2회 숨 불어넣기까지 1회 실시
경동맥 확인 	0 경동맥에서 5~10초간 맥박 측정 ※ 경동맥의 위치 : 목의 갑상연골(울대뼈)에 손가락을 대고 옆으로 1~2cm 미끄러져 내려와 우묵하게 들어간 곳
인공호흡 	0 2회 숨 불어 넣기 2회 실시(호흡간격은 약 5초에 1회씩) 0 숨을 불어넣을 때와 입을 떼었을 때 가슴이 오르내리는지 관찰
심폐소생술	0 흉부압박 위치 확인 : 양쪽 늑골선이 만나는 명치 부위 0 한손의 손등에 다른 손을 겹치고 각지를 꺾어서 손가락을 잡아 당김 0 팔꿈치가 구부러지지 않도록 하고, 어깨와 손은 일직선으로 유지 0 흉부압박 깊이는 4~5cm의 깊이로 압박 0 흉부압박의 속도와 횟수 : 1분간 80~100회의 속도 유지 0 심폐소생술 속도와 횟수 : 1분간 4주기 실시 0 1주기 : 흉부압박 15회 실시 후 인공호흡을 2회 실시(15 : 2)  <p> <위치확인> <흉부압박 자세> <흉부압박의 깊이> </p>
경동맥 확인~ 심폐소생술 반복실시	0 심폐소생술 1분 실시 후 경동맥 확인하여 맥박이 뛰면 호흡확인 0 맥박/호흡이 없을 경우 심폐소생술 반복 실시(1분간 4주기)  <p> <경동맥 확인> 반 <흉부압박:인공호흡=15 : 2> </p>
자세교정 	0 인공호흡 실시로 호흡과 맥박이 있을 경우 구토시 이물질이 기도로 유입되지 않도록 “측와위 자세”로 자세 변경 0 구조대를 기다림

13 교육·훈련의 실시

1) 교육·훈련의 시기와 대상

회사는 밀폐공간에서 작업하는 작업자, 관리감독자, 프로그램 추진팀 원 등에 대하여 년 2회 집체안전보건교육을 실시하며, 밀폐공간 작업시마다 관리감독자는 작업자, 감시인 등을 대상으로 작업 전 수시안전보건교육을 실시한다. 교육일지는 [별첨 6]의 예시를 참조한다.

안전보건교육내용	교육일정 및 강사
<ul style="list-style-type: none"> ○ 유해가스의 종류, 유해·위험성 ○ 산소 및 유해가스의 농도 측정방법 ○ 공기호흡기 등 보호구의 사용방법 및 보수점검요령 ○ 공정별 표준작업요령 ○ 사고발생 시의 대처요령 ○ 응급처치요령 ○ 기타 안전보건상의 조치 등 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 집체안전보건교육 <ul style="list-style-type: none"> - 일정 : 2~3월, 10월 각 1회 - 강사 <ul style="list-style-type: none"> ·한국산업안전공단(02-123-4567) ·보건대행기관(02-111-2222) ○ 수시안전보건교육 <ul style="list-style-type: none"> - 일정 : 밀폐공간 작업허가서 발행시 - 강사 : 추진팀장 또는 관리감독자 ○ 기타사항 <ul style="list-style-type: none"> - 교육일지 작성, 결재 및 보관 - 교육일지양식 [별첨2] 활용

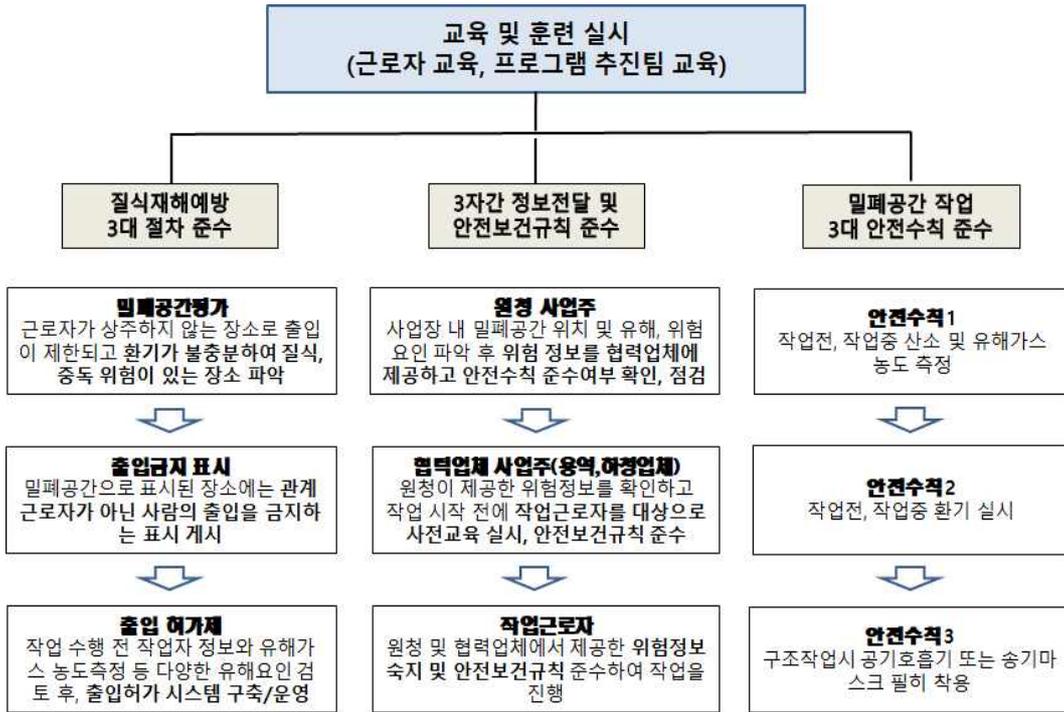
※ 최신의 정보를 담은 교육자료를 준비

※ 교육일지의 내실화 : 교육사진 촬영, 방명록 작성, 교육자료 첨부 등

※ 교육시 교육대상 전원이 교육에 참여토록 하고 미참석자는 별도 교육 실시

2) 교육·훈련의 내용

수립된 프로그램 시행 시 교육 및 훈련 실시 내용의 예시는 다음과 같다.



밀폐공간 작업과 관련된 교육훈련에 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 작업하려는 밀폐공간 내 유해가스의 종류, 유해·위험성
- ② 유해가스의 농도 측정에 관한 사항
- ③ 송기마스크 또는 공기호흡기의 착용과 사용방법에 관한 사항
- ④ 환기설비 가동 등 안전한 작업방법에 관한 사항
- ⑤ 사고발생 시 응급조치 요령
- ⑥ 구조용 장비 미착용 시 구조금지 등 비상시 구출에 관한 사항 등
- ⑦ 그 밖의 안전보건상의 조치 등

[별첨 1] 밀폐공간 및 조문별 해설

1. 다음의 지층에 접하거나 통하는 우물·수직갱·터널·잠함·피트 또는 그밖에 이와 유사한 것의 내부

가. 상층에 물이 통과하지 않는 지층이 있는 역암층 중 함수 또는 용수가 없거나 적은 부분

나. 제1철 염류 또는 제1망간 염류를 함유하는 지층

다. 메탄·에탄 또는 부탄을 함유하는 지층

라. 탄산수를 용출하고 있거나 용출할 우려가 있는 지층

해설) 제1호는 지상에 개구부를 가진 우물, 수직갱, 터널, 잠함, 피트(우물 등) 으로 산소결핍이 발생할 수 있는 장소를 말한다.

가목의 역암층은 입자가 2 mm 이상인 암석을 함유하는 다공질의 층으로 내부에 용수 등이 없거나 적은 경우 천연가스 등이 함유되었을 가능성이 있다. 특히 일본과 같은 화산지대의 경우 화산활동에 따른 가스가 존재할 수 있어 내부에 들어간 근로자가 산소결핍 재해를 입을 수 있다. 아울러 바로 상층에 물이 통과하지 않는 지층인 점토고결층 등이 존재하는 경우 해당 역암층은 내부에 가스가 차 있을 가능성이 훨씬 높아진다.

나목의 제1철 염류는 산화제1철이 있으며, 제1망간 염류로는 산화제1망간이 있다. 이들 염류는 환원상태에 있으므로 해당 지층은 산소를 만나는 경우 제2염류가 되면서 해당 산소를 소모하게 된다. 특정 지층이 환원상태에 있는지를 확인하는 방법으로는 산화환원전위계를 이용한 측정치가 음의 값을 가지는 경우와 2,2'-비피리딘 시약이 적색으로 바뀌는 경우 등으로 확인이 가능하다.

다목의 메탄, 에탄, 부탄 등을 함유하는 지층에는 다음과 같은 경우들

이 있다.

- 유기물을 다량 함유한 층(예를 들면 쓰레기 매립장 등)이 혐기성 상태에 있어 메탄가스가 심하게 발생되고 있는 층
- 녹색 옹회암으로 된 지층으로 단층 혹은 전리가 있는 경우, 혈암으로 된 지층으로 단층 혹은 전리가 있는 경우, 흑색 변성암과 녹색 변성암의 경계에서 점토화된 사문암으로 된 경우로 화산지대 등에서 특히 가스의 돌출이 우려되는 지층
- 탄산수를 용출하고 있거나 용출할 우려가 있는 지층(탄산수를 함유한 광천수가 있는 지층)
- 소택을 매립한 지층과 오염된 향만 등의 간척지와 같은 부토층 아울러 “그밖에 유사한 것”에는 맨홀, 수평갱, 경사갱, 심층공법의 깊은 갱 및 실드공법 적용 작업실 등이 있다.

2. 장기간 사용하지 않은 우물 등의 내부

해설) 여기에서 장기간이란 약 3개월 이상이 방치된 경우를 말하며, 이 기간 동안 산소가 소모되었으나 내부가 충분히 환기되지 않아서 산소결핍이 발생했을 가능성이 있는 경우이다.

3. 케이블·가스관 또는 지하에 부설되어 있는 매설물을 수용하기 위하여 지하에 부설한 암거·맨홀 또는 피트의 내부

해설) 장기간에 걸쳐 환기가 이루어지지 않았을 가능성이 높은 산소결핍장소로서, 지하에 부설된 매설물체로는 급수관, 온수관, 증기관 및 송유관 등이 있다. 전선이나 전화선을 설치한 지하관로도 여기에 당연히 포함된다.

4. 빗물·하천의 유수 또는 용수가 있거나 있었던 통·암거·맨홀 또는 피트의 내부

해설) 빗물, 하천의 유수 또는 용출수가 체류하고 있거나 있었던 통 등에서 해당되는 물에 함유되어 있던 유기물이 가라앉아 있다가 부패

함에 따라 산소결핍이 발생할 우려가 있는 장소에 해당한다. 이 때 통 등에는 공사가 완결되지 않은 경우가 포함된다.

5. 바닷물이 있거나 있었던 열교환기·관·암거·맨홀·둑 또는 피트의 내부

해설) 해수 중에는 다양한 조개류와 해조류가 함유되어 있다. 제5호는 해수가 체류하고 있거나, 체류한 적이 있었거나, 상당기간 들어 있거나, 혹은 들어있었던 장소로 해수중의 유기물이 죽은 후 부패함에 따라 산소결핍의 우려가 있으므로 고려하여 규정된 것이다. 또한 조개류 등의 생물체가 열교환기 내부의 표면에 부착하여 누적되면 역시 부패 등에 의해 산소결핍이 발생할 가능성이 있다.

6. 장기간 밀폐된 강재(鋼材)의 보일러·탱크·반응탑이나 그 밖에 그 내벽이 산화하기 쉬운 시설(그 내벽이 스테인리스강으로 된 것 또는 그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것은 제외한다)의 내부

해설) 여기에서 장기간이란 밀폐된 보일러 등의 내부공기 중 산소에 의해 내벽이 산화되고 그 결과 내부공기가 산소결핍 상태가 될 가능성이 있는 경우를 말한다. 밀폐된 강재 등 내벽의 산화의 속도는 내부의 온도, 습도, 수분의 존재여부, 내부공기의 양 등 다양한 환경조건에 따라 차이가 있으므로 일관적으로 그 기간을 정하기는 어렵다. 따라서 상황에 따라 장기간의 시간이 달라지지만 이 경우 특히 다음과 같은 조건에 유의해야 한다.

- 강재 등의 내부에 수분이 존재하게 되면 수일 정도의 단기간에 내벽의 산화가 진행된다.
- 내부에 수분이 존재하지 않거나 상대습도가 50% 이하인 경우에는 수개월 이상에 걸쳐 산화가 진행된다.

제6호에서 “그밖에 내벽이 산화되기 쉬운 시설”에는 강재로 된 압력 용기, 반응기, 추출기, 분리기, 열교환기 및 선박의 이중바닥 등이 있다. 이 경우에도 역시 완성되지 않은 시설도 산소결핍 발생 가능성을 내포한다.

“그 내벽의 산화를 방지하기 위하여 필요한 조치가 되어 있는 것”이란 다음의 경우를 말한다.

- KS규격 등에 따른 내식내열초합금재나 니켈크롬합금재 또는 동등 이상의 재질로 이루어진 경우
- 내벽에 방청도장을 한 것으로 유리, 합성수지 등 산화되기 어려운 물질로 내벽이 도포된 경우
- 실리카겔이나 알루미늄 등 또는 동등이상의 능력을 지닌 건조제를 사용하여 내부가 건조상태에 있거나 상대습도가 50% 이하로 유지된 경우(이 경우 내부의 건조상태는 월 1회 이상 건조제를 유효성능을 확인하여야 함).
- 전기식 부식방지장치가 설치되어 있는 경우, 이 경우 당해 장치는 내벽 전체에 부식방지가 효능을 미치거나 효과가 미치지 못하는 부분은 녹이 슬지 않는 재질로 되어 있거나 방청 등의 조치가 이루어져 있어야 한다.
- 내부가 항상 만수상태를 유지하여 근로자 출입이 불가능한 경우

7. 석탄·아탄·황화광·강재·원목·건성유(乾性油)·어유(魚油) 또는 그 밖의 공기 중의 산소를 흡수하는 물질이 들어 있는 탱크 또는 호퍼(hopper) 등의 저장시설이나 선창의 내부

해설) 물리화학적 특성 상 산소를 소모하는 물질에 의해 특정 장소의 산소가 결핍될 우려가 있는 경우로 “공기 중의 산소를 흡수하는 물질”로는 산화가 용이한 아탄이나 어유가 있으며 산소를 광합성에 이용하는 열매채소 등이 있다. 여기에서 선창에는 거룻배와 같이 통상

적으로 자연환기에 의한 통풍이 원활한 경우는 해당되지 않는다. 건성의 대표적인 것으로는 아마유, 들기름 및 보일(boil)유 등이 있다.

8. 천장·바닥 또는 벽이 건성유를 함유하는 페인트로 도장되어 그 페인트가 건조되기 전에 밀폐된 지하실·창고 또는 탱크 등 통풍이 불충분한 시설의 내부

해설) 물질의 특성 상 산소를 소모하는 도료를 통풍이 불충분한 장소에 사용하는 경우로 건성유란 앞에서 언급한 아마유, 들기름 및 보일(boil)유 등 건조 중에 산소를 소비하는 기유를 말한다. “통풍이 불충분한 장소”란 문이나 창문 등의 개방구를 통해 자연환기가 거의 이루어질 가능성이 없는 장소로 갱이나 피트 등도 여기에 해당한다고 볼 수 있다.

9. 곡물 또는 사료의 저장용 창고 또는 피트의 내부, 과일의 숙성용 창고 또는 피트의 내부, 종자의 발아용 창고 또는 피트의 내부, 벼싧류의 재배를 위하여 사용하고 있는 사일로(silo), 그 밖에 곡물 또는 사료종자를 적재한 선창의 내부

해설) 상온에서 발아, 호흡, 숙성에 밀폐공간의 산소를 소비되는 경우이다. “곡물 또는 사료”란 벼, 콩, 옥수수 및 생선찌꺼기 등을 말하며, “과일의 숙성”의 대표적인 것으로는 바나나 숙성이 있다. “종자의 발아”에는 곡물의 싹을 재배하거나 맥아를 제조하는 경우 등이 해당된다. 곡물을 대규모로 저장하는 사일로의 경우 내부에서 곡물의 호흡에 의해 산소의 소모되면 이산화탄소가 다량 발생하여 곡물저장에 유리한 환경이 조성되므로 산소결핍현상이 상존할 가능성이 높다. 질소비료를 다량 사용한 경작지에서 수확된 곡물이 사일로에 보관되면 초기 수일에 걸쳐 이산화질소(NO₂) 가스가 사일로 상부에 체류하는 경우도 있다. 근본적으로 곡물의 발효는 산소가 없는 상태에서 이루어

지며 광합성과 달리 햇빛을 강하게 요구하지 않으므로 곡물 등이 저장된 선장에서 광도가 낮은 경우에도 발효가 진행된다.

10. 간장·주류·효모 그 밖에 발효하는 물품이 들어 있거나 들어 있었던 탱크·창고 또는 양조주의 내부

해설) 앞에서 언급한 바와 같이 발효과정은 산소와 광을 요구하지 않는 상태이므로 발효가 이루어지고 있거나 이루어진 환경은 기본적으로 산소결핍 환경일 수밖에 없다. “그 밖에 발효하는 물품”에는 누룩, 포도주 원료 및 맥아 등이 있다.

11. 분뇨, 오염된 흙, 썩은 물, 폐수, 오수, 그 밖에 부패하거나 분해되기 쉬운 물질이 들어있는 정화조·침전조·집수조·탱크·암거·맨홀·관 또는 피트의 내부

해설) 산업현장에서는 다양한 형태의 오수를 만날 수 있는데 펄프폐액(펄프제조 공정에서 나오는 펄프 슬러리를 포함), 전분폐액, 가죽무두질 공정의 폐수, 쓰레기 처리장 폐수, 쓰레기 소각장 냉각처리 폐액 및 식당 하수 등이 있다. “그 밖에 부패하거나 분해되기 쉬운 물질”로는 생선찌꺼기, 생쓰레기, 소각쓰레기 등이 있다. 이상의 물질들은 다량의 유기물을 함유하고 있어서 밀폐된 공간에서 정체상태에 있는 경우 초기에는 호기성 미생물에 의해 유기물의 분해가 이루어지나 얼마 지나지 않은 빠른 쉽게 산소가 소모되고 혐기성 상태가 되므로 혐기성 미생물에 의한 유기물 분해가 진행되게 된다. 호기성 상태에서 분해된 유기물은 이산화탄소와 물로 변화되지만 혐기성 상태에서는 황화수소와 일산화탄소의 발생원이 되며 질소산화물의 경우 암모니아인 환원상태로 배출된다.

12. 드라이아이스를 사용하는 냉장고·냉동고·냉동화물자동차 또는 냉동컨테이너의 내부

해설) 드라이아이스는 이산화탄소를 고체화시킨 물질로 상온상압에 노출되면 이산화탄소 가스로 변화하면서 주변의 열을 흡수하게 되므로 물질을 냉각시키거나 온도를 낮추려는 경우 널리 이용되게 된다. 장시간 저온이 요구되는 냉장고·냉동고·냉동화물자동차 또는 냉동컨테이너의 경우 기본적으로 폐쇄순환형 냉각장치가 있어 드라이아이스를 사용하는 경우는 드물지만 단시간 용도로 일시적으로 사용하거나 대형 아이스박스와 냉각장치가 없는 시설이나 창고 등에 드라이아이스를 사용하는 경우 문제가 될 수 있다. 아울러 방청 등을 목적으로 선창이나 물탱크 등에 도포한 물시멘트(시멘트 페이스트)를 드라이아이스를 이용하여 처리 하는 작업의 경우에도 해당 공간에 다량의 이산화탄소를 발생시킬 수 있으므로 해당 근로자에게 질식재해를 유발시킬 우려가 있다.

13. 헬륨·아르곤·질소·프레온·탄산가스 또는 그 밖의 불활성기체가 들어 있거나 있었던 보일러·탱크 또는 반응탑 등 시설의 내부

해설) 헬륨 등의 불활성 가스는 다양한 산업에서 다양한 이유 때문에 사용되고 있으며 특히 제품이나 중간생성물의 산화를 방지하기 위한 공업적 목적으로 사용이 급격히 증가하고 있다. 잘 알려진 바와 같이 불활성기체는 인체에 해를 주지는 않으나 산소를 몰아내므로 산고결핍에 의한 재해를 유발한다. 보일러·탱크 또는 반응탑 이외에 압력용기, 가스홀더, 반응기, 압출기, 분리기, 열교환기, 선박의 이중바닥, 액화질소를 이용하는 냉동시설과 사과 저장시설 등이 포함되며 모양이 완전히 완성된 형태가 아닌 경우에도 밀폐공간

14. 산소농도가 18퍼센트 미만 또는 23.5퍼센트 이상, 탄산가스농도가 1.5퍼센트 이상, 일산화탄소농도가 30피피엠 이상 또는 황화수소농도가 10피피엠 이상인 장소의 내부

해설) 제 14호는 제1호에서 제13호까지의 밀폐공간에 해당하지 않는 장소로서 산소결핍 등의 재해가 발생할 수 있는 곳을 포괄적으로 규제하고 있는 경우이다. 휘발유를 사용하는 내연기관에서 발생한 일산화탄소에 의해 야기된 중독재해나 단무지 공장에서 황화수소에 의한 중독사고가 일어난 것 등이 의 조건에 해당될 수 있음에 유의해야 한다.

15. 갈탄·목탄·연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소(養生場所) 및 가설숙소 내부

해설) 저온에서는 콘크리트의 양생이 상당히 지연되므로 통상 3~4℃ 이하가 되는 겨울철의 건축 및 건설현장에서는 양생에 불리한 환경이 조성될 가능성이 높다. 따라서 공기단축을 요하여 강제로 양생환경의 온도를 높여주는 경우가 왕왕 있어왔다. 외부에 노출된 장소의 경우 양생온도를 높여주는 것은 경제적으로 실효성이 낮을 수 있으나 건물(특히 지하실)과 같이 통풍이 불안전하고 소규모인 장소에서는 저렴한 연료를 사용하는 경우 충분한 경제력을 지니게 되어 갈탄 등을 사용하는 양생이 효과를 지니게 된다. 밀폐된 장소에서 갈탄 등을 연소시키게 되면 산소의 공급제한으로 비교적 오랜 시간 연소열을 발생시킬 수 있는 장점은 있으나 반대로 일산화탄소가 다량 발생되어 작업근로자를 중독에 이르게 할 수 있다. 가설숙소의 경우 겨울철에 갈탄 등을 사용하게 되면 불완전 연소에 의해 일산화탄소 중독이 발생할 우려가 있으며 특히 야간의 경우 무색무취인 이 기체에 의해 문제가 커질 가능성이 높다. 소규모 임시 숙소의 경우 더욱 주의가 요망된다 고 할 수 있다.

16. 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부

해설) 화학물질이 들어있던 반응기나 탱크는 산소결핍이나 황화수소 중독이 발생할 수 있는 장소는 아니나 휘발성이 강한 유기화합물이 함유된 물질이 들어 있었던 곳의 경우 충분한 환기없이 근로자가 출입하게 되면 해당 유기화합물에 의한 급성중독이 발생할 가능성이 있다. 석유화합물이 들어 있었던 선박의 탱크나 유기화합물이 충분히 환기되지 않은 화학탱크 등에서 이러한 일일 가끔 발생한 경우가 있다.

17. 유해가스가 들어있던 배관이나 집진기의 내부

해설) 제16호와 같이 산소결핍이 발생할 가능성이 있는 장소는 아니나 기존에 들어 있던 유해가스가 충분히 환기되지 않은 상태에서 유지관리나 수리를 위해 출입하여 근로자가 급성중독이 이환된 경우가 과거에 있었다.

18. 근로자가 상주(常住)하지 않는 공간으로서 출입이 제한되어 있는 장소의 내부

해설) 미국직업안전보건청(OSHA)의 정의에 따르면 밀폐공간(confined space)은 ① 공간이 충분히 커서 근로자의 몸이 안에 들어가서 할당된 작업을 할 수 있을 것, ② 출입수단(출입구 등)이 한정되어 있거나 제한되어 있는 경우, ③ 지속적으로 내부에서 사람이 머물도록 설계되지 않은 경우의 세가지 요건을 만족하여야 한다. 제18호에서 규정하는 경우가 바로 여기에 해당한다고 볼 수 있다. 하지만 OSHA의 정의는 정확하게 밀폐공간을 의미하며 유해위험요인이 존재하여 근로자가 상해를 입을 우려가 있는 경우에 적용되는 허가밀폐공간(permit-required confined space)과는 구별되어야 한다. 다시 말하면 OSHA의 3가지 조건에 충족하지만 유해위험요인이 전혀 존재하지 않는 밀폐공간은 내부에서 필요한 작업을 하려는 경우 밀폐공간 작업프로그램이나 허가(permit)를 필요로 하는 공간에 해당되지 않으며 안전 상의 위험이나 건강 상의 유해성이 존

재하는지 아닌지의 여부는 해당 공간의 상태와 조건을 고려하여 사업주가 판단할 수밖에 없다. OSHA의 경우 이러한 곳을 비허가밀폐공간(nonpermit confined space)이라고 정의하고 있으며 지속적으로 환기가 이루어지고 있는 지하배전실이나 건물의 천정 등이 여기에 해당한다.

[별첨 2] 밀폐공간 출입금지표지(안전보건 규칙, 별지 제4호서식)

1. 양식



2. 규격 및 색상

- 가. 규격: 밀폐공간의 크기에 따라 적당한 규격으로 하되, 최소한 가로 21센티미터, 세로 29.7센티미터 이상으로 한다.
- 나. 색상: 전체 바탕은 흰색, 글씨는 검정색, 위험 글씨는 노란색, 전체 테두리 및 위험 글자 영역의 바탕은 빨간색으로 한다.

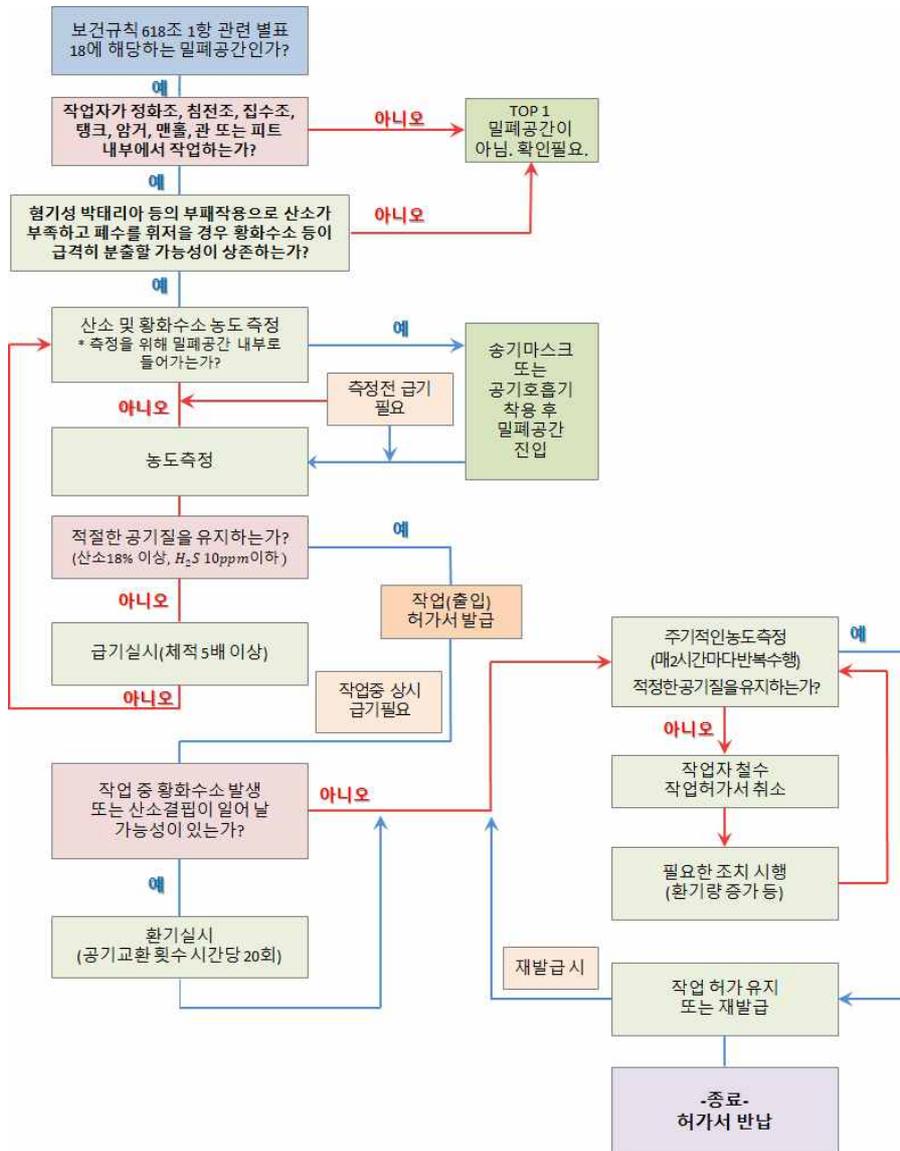
[별첨 3] 밀폐공간 작업 프로그램 평가표(예시)

밀폐공간 작업 프로그램 평가표

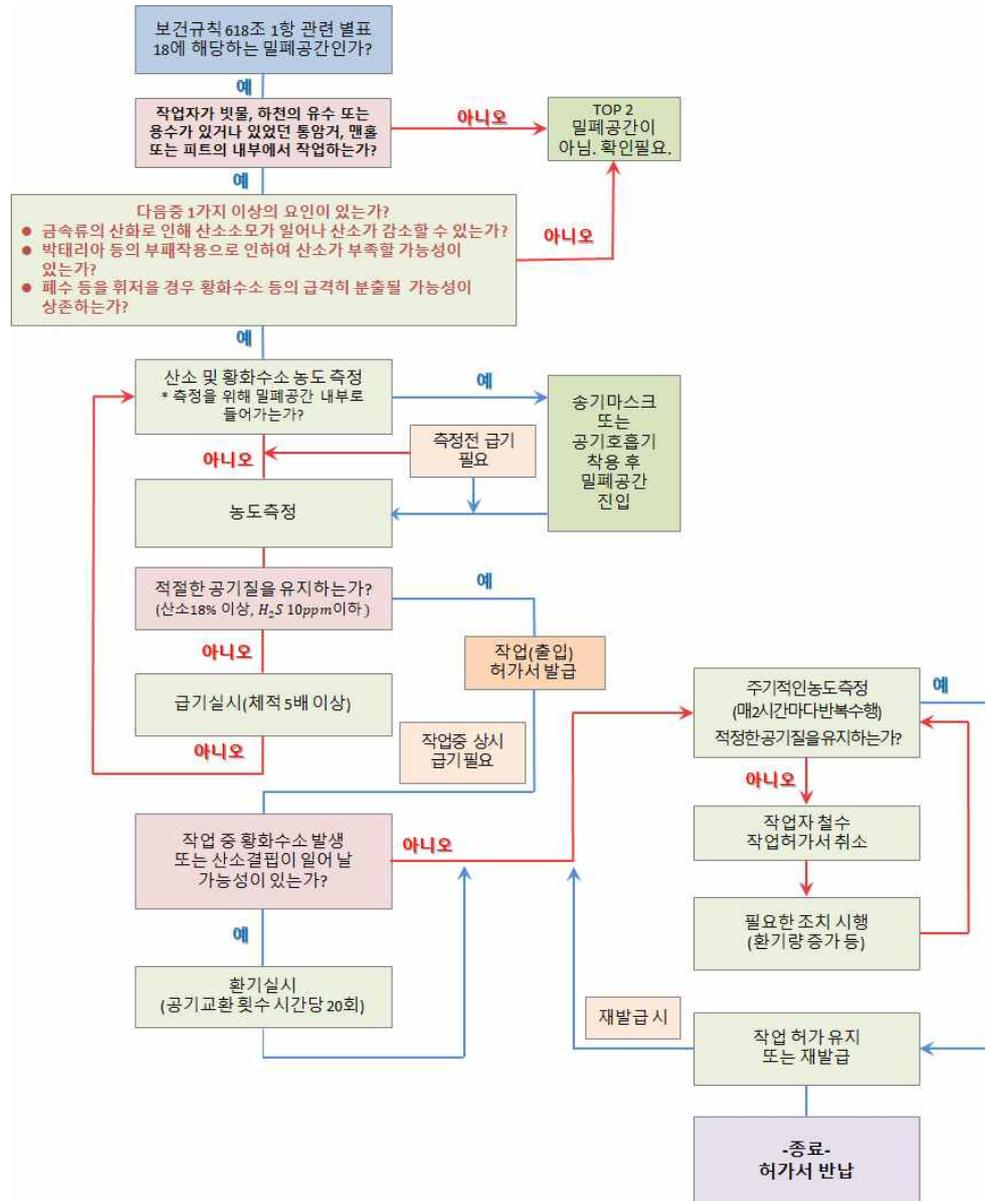
구분	번호	평가항목	평가 (O, X)
밀폐공간허가	1	밀폐공간 작업장소 보유현황 및 위치 등에 대한 자료가 작성되어 있는가?	
	2	밀폐공간 출입시 작업허가서를 작성하여 발급 받았는가?	
	3	작업허가서는 규정양식을 사용하여 올바르게 작성되었는가?	
	4	프로그램 추진팀(장)은 작업허가서를 적법한 절차에 의해 발급하였는가?	
산소 및 유해가스 농도측정	5	산소 및 유해가스 농도 측정대상 물질은 적정하게 선택되었으며 측정시 누락된 물질은 없는가?	
	6	측정장비의 신뢰성(교정 등)은 확보되었는가?	
	7	측정지점수, 측정방법 등은 정해진 규정을 준수하였는가?	
	8	측정결과에 대한 판정은 적합하게 이루어졌는가?	
환기대책	9	밀폐공간 작업장소에 따라 적합한 환기방법, 환기량 선정 등 환기대책은 적절하게 수립되었는가?	
	10	환기팬의 점검은 주기적으로 실시하였는가?	
보호구 선정 및 사용	11	보호구의 종류 및 수량은 충분한가?	
	12	보호구의 보유수량 및 대여필요장비 목록은 작성되어 있는가?	
	13	작업에 따라 적합한 보호구가 선정되어 사용되었는가?	
	14	누출검사를 매사용 시마다 시행하도록 하고 있는가?	
	15	보호구를 주기적으로 청소, 점검 등을 실시하는가?	
응급처리체계	16	응급상황 발생시 비상연락을 위한 체계는 구축되어 있는가?	
	17	응급전화, 무전기 등의 통신장비는 구비되어 있는가?	
교육 및 훈련의 적정성	18	프로그램관리자, 관리감독자, 작업자 등에 대한 교육계획을 수립하여 시행하고 있는가	
	19	밀폐공간 작업시마다 작업자에게 교육을 실시하고 있는가?	
	20	관련교육을 실시하는 경우 교육내용 등을 기록하고 보존하는가?	
	21	교육내용, 자료 등은 적절하며 최신성을 유지하고 있는가?	
	22	교육받은 자는 교육내용을 충분히 숙지하여 작업에 올바르게 적용하고 있는가?	

[별첨 4] TOP 7 작업에 따른 밀폐공간 작업절차의 흐름도

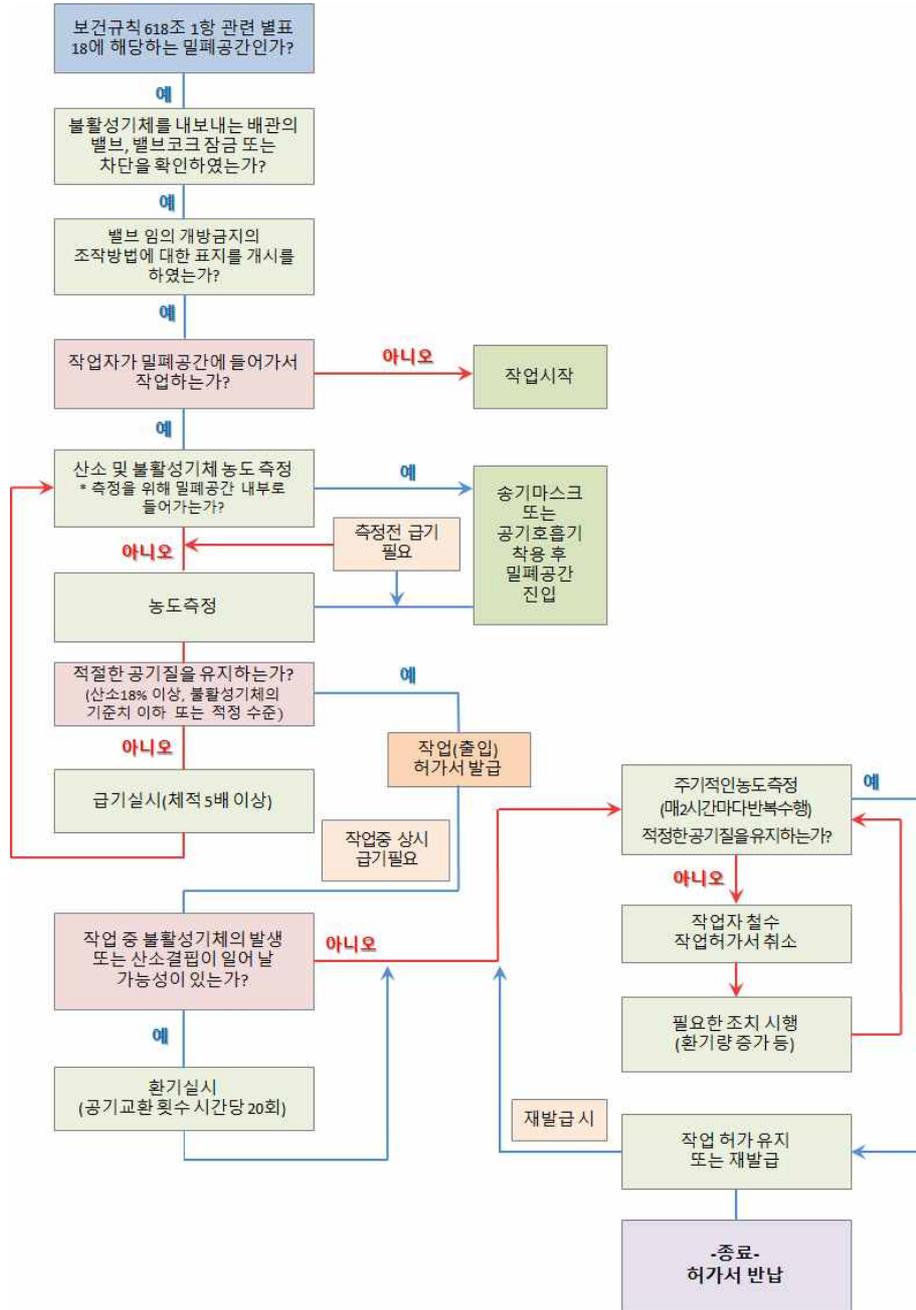
TOP 1. 정확조, 침전조, 집수조, 탱크, 암거, 맨홀, 관 또는 피트내



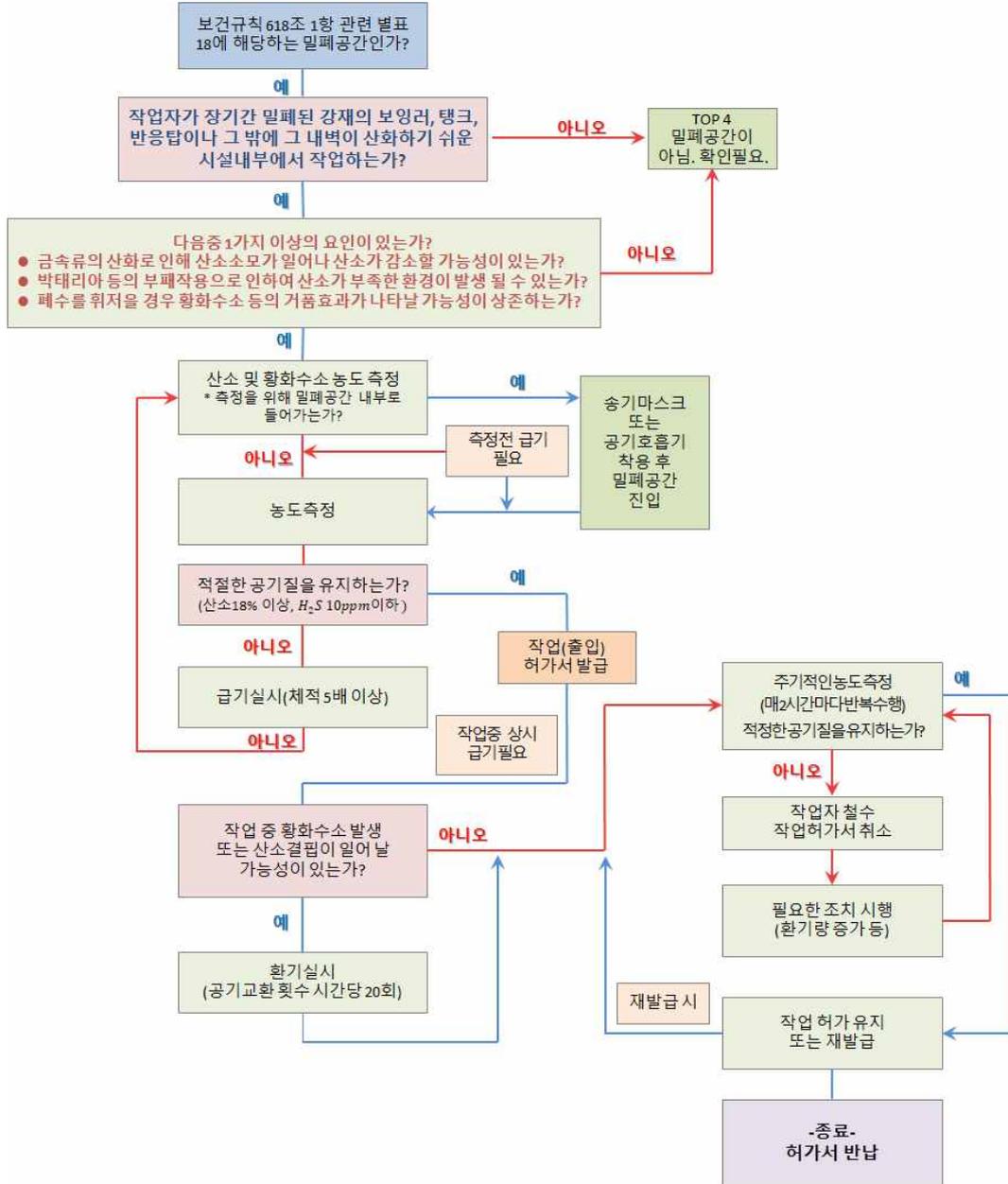
TOP 2. 빗물, 하천 우수 또는 용출수가 있거나 있었던 통암, 맨홀 또는 피트의 내부



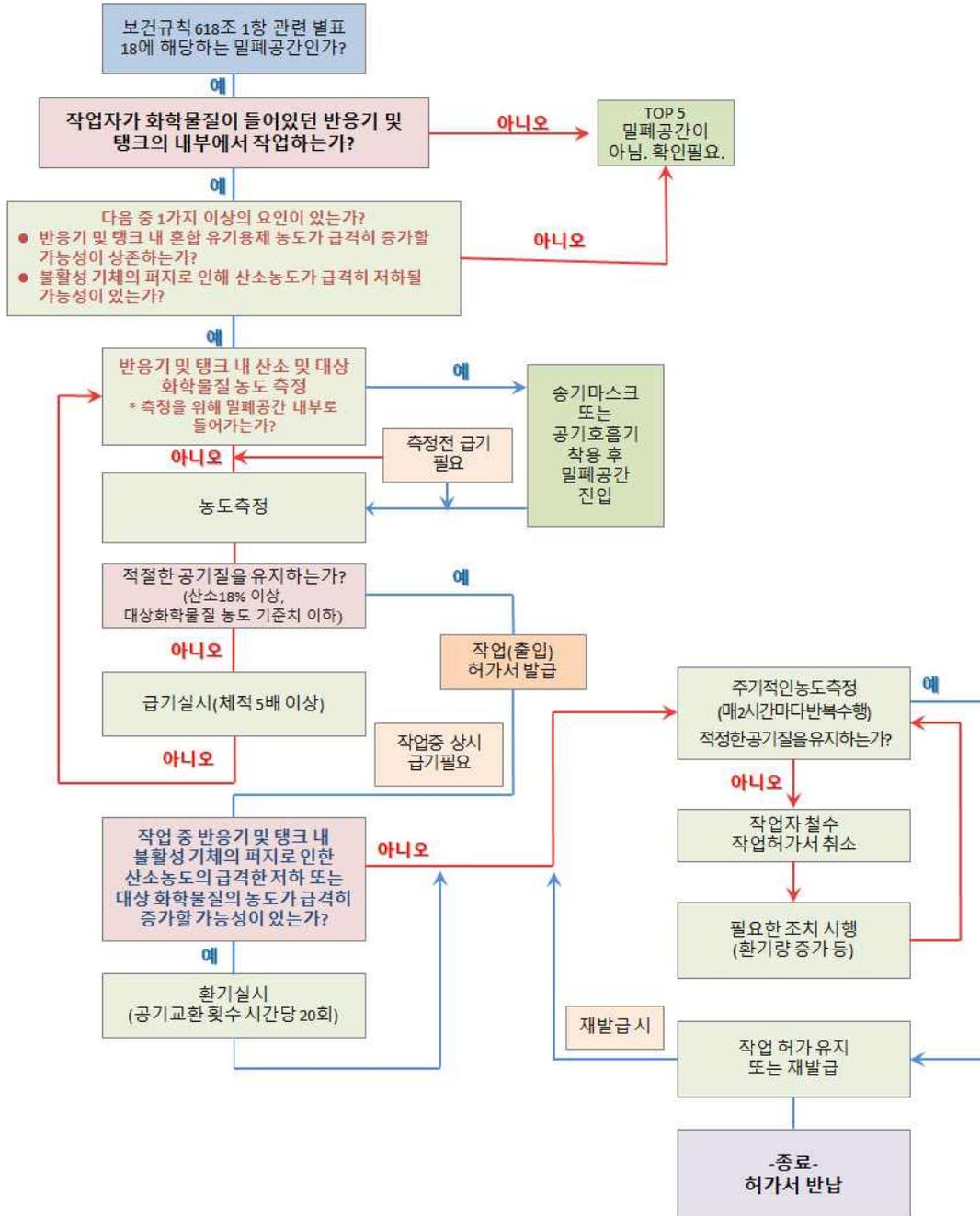
TOP. 3 헬륨, 아르곤, 질소, 프레온, 탄산가스 또는 그 밖의 불활성 기체가 들어있거나 있었던 보일러, 탱크, 또는 반응탑 등 시설의 내부



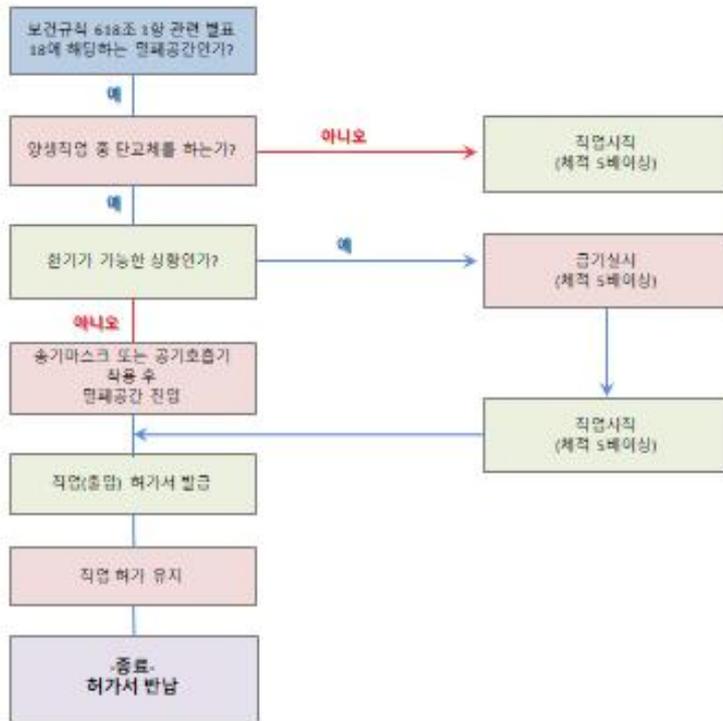
TOP 4 장기간 밀폐된 강재의 보일러, 탱크, 반응탑이나 그밖에 그 내벽이 산하기 쉬운 시설내부



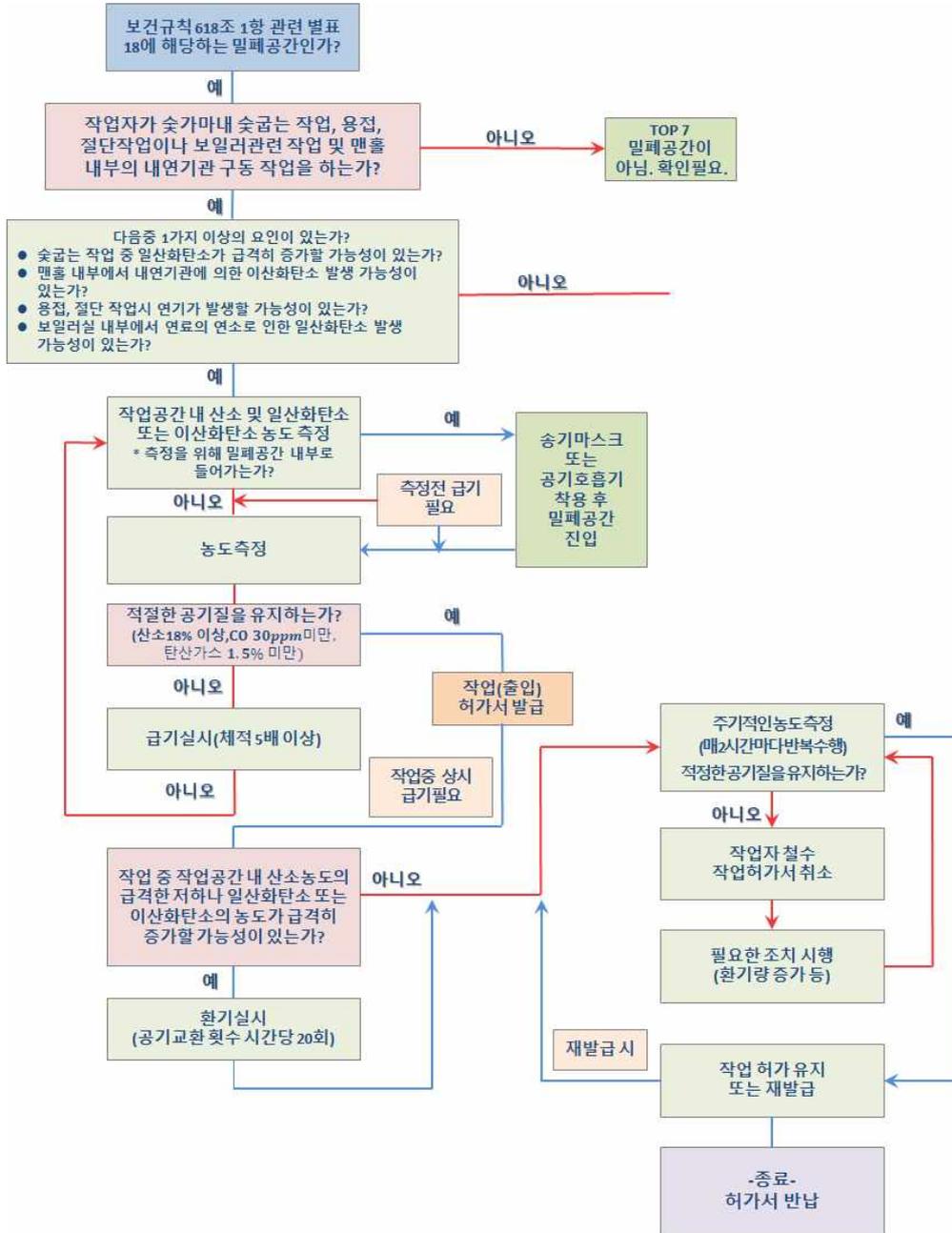
TOP 5 화학물질이 들어있던 반응기 및 탱크의 내부



TOP 6 갈탄, 목탄, 연탄난로를 사용하는 콘크리트 양생장소 및 가설숙소 내부



TOP 7 기타중독 (일산화탄소, 이산화탄소)



[별첨 5] 밀폐공간작업 허가서(예시)

밀폐공간 작업 허가서				
○ 신청인 : 부서 _____ 직책 _____ 성명 _____ (서명)				
○ 작업수행시간 : ____월__일__시 ~ ____월__일__시				
○ 작업장소 : _____				
○ 작업내용 : _____				
○ 출입자명단 : _____				
○ 작업관리감독자 : 부서 _____ 직책 _____ 성명 _____ (서명)				
위 공간에서의 작업을 다음의 조건하에서만 허가함.				
1. 화기작업허가 필요유무: <input type="checkbox"/> 필요 <input type="checkbox"/> 불필요				
2. 내연기관(양수기) 또는 갈탄 등의 사용여부 : <input type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용(양수기등 작업중 가능성도 검증)				
3. 안전조치 요구사항				
확인항목		해당여부		확인결과
안전담당자지정 및 감시인 배치				
벨브차단, 맹판설치, 불활성가스 치환, 용기세정				
산소농도 및 유해가스농도 (계속)측정				
환기시설 설치				
전화 및 무선기기 구비				
방폭형 전기기계기구의 사용				
소화기 비치				
공기공급식 호흡용보호구 비치				
안전장구 구비				
안전교육 실시				
4. 산소 및 유해가스 농도 측정결과				
측정물질명	측정농도	측정시간	측정자	감시인 확인
5. 특별조치 필요사항 :				
최종허가자	부서	직책	성명	(서명)

[별첨 6] 안전보건 교육일지(예시)

안 전 보 건 교 육 일 지		결		○ ○		○ ○	
		담 당					
		재					
교육일시	2006년 월 일 요일		시 분 ~ 시 분				
교육구분	1. 신규채용자 교육(8시간이상) 2. 작업내용 변경시 교육(2시간이상) 3. 안전보건특별교육(16시간이상) 4. 관리감독자 교육(년간 16시간이상) 5. 근로자 정기교육(생산직 : 매월 2시간 이상, 사무직 : 매월 1시간이상) 6. 기타 () 교육						
교육인원	구 분	계	남	여	비 고		
	교육대상 근로자수						
교육자료	교안	○	TP		VTR	기타	
교육목적							
교육내용							
교육실시자 및 장소	성 명		직 명		교육실시 장소		
교육평가 및 의견							
특기 사항							

Abstract

Study for the Manual of Safe Work Programme for Confined Spaces

Chan-Seok Moon

Dept. of Industrial Health, Catholic University of Pusan

OBJECTIVES:

In this study 'Technical Guidelines for the Implementation of Confined Space Health Work Program' was revised, and a confined space health work program and manual for each work type were developed, and a new database of the confined space workplace database was constructed.

METHODS:

Revise the KOSHA Guides [Technical Guidelines for Enforcement of Confined Space Health Work Program (KOSHA Guide H-80-2012) and Technical Guidelines for access permission system of Confined Space (KOSHA Guide H-156-2014)] in accordance with the amendment to the

Regulations on Occupational Health Standards, including the confirmation of the location of confined spaces in the workplace and the permit-required procedures of employers. Develop a confined space health work program and manual for each work type. To update the database of the confined space possession business and to establish the establishment plan.

RESULTS:

Compared with the US and Japan, industrial accidents caused by confined spaces were twice as high as in the US and Japan. The legal standards for confined spaces were compared with US OSHA, UK HSE, Japan's welfare work. There is no significant difference in comparing the legal standards of each country.

Utilizing the latest five-year industrial complex DB (2012-2016), the disaster situation in the confined space in Korea has been classified according to the disaster factors(year, month area, season, origin materials, place of occurrence, cause of disaster, etc.). The causes of the disaster were hydrogen sulfide, carbon monoxide, and oxygen deficiency. The place of occurrence was the highest in sewage treatment plant, septic tank, construction site, and manhole. By construction sector, construction industry and manufacturing industry showed the highest.

Integrate Technical Guidelines for Enforcement of Confined Space Health Work Program(KOSHA Guide H-80-2012) and Technical Guidelines for access permission system of Confined Space (KOSHA Guide H-156-2014) and added the rules for the revised Industrial Safety and Health Standard in 2017. In order to update the database data, the data was classified by

classifying materials classified into each type of enclosed space and classifying each group classified by category again. There were many cases where the operation of confined spaces were not classified correctly by type of industry, and then the on-site confirmation indicated that the manager was not aware or clearly understanding of the confined spaces. Thus, the extent to which the operator could perform KOSHA Guide could be determined to vary the occurrence of the accident of the confined spaces.

CONCLUSIONS:

There was no difference when comparing the legal standards for confined space of Korea with the foreign countries. The confined space health work program at the complex is very detailed and detailed. As the industry develops, it is important to be aware of the importance of a confined space health work program and to raise awareness of it.

〈〈연 구 진〉〉

연 구 기 관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 문찬석 (교수, 부산가톨릭대학교)

공동연구자 : 박정균 (부산가톨릭대학교 산업보건센터)

〈〈연 구 기 간〉〉

2017. 4 . 14 ~ 2017. 10. 31

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

2017-연구원-871

밀폐공간 작업프로그램 작성 매뉴얼 연구

발 행 일 : 2017년 11월 30일
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장
연구책임자 : 부산가톨릭대학교 산업보건학과 문찬석
발 행 처 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
전 화 : (052) 7030-907
F A X : (052) 7030-337
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
