



작업 전 **안전점검** 당신의 **생명**을 지킵니다

2015년도 질식재해 예방을 위한 기술 및 정책 세미나

2015. 7. 7(화)

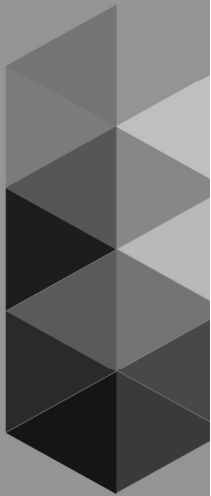




작업 전 안전점검 당신의 생명을 지킵니다

2015년도 질식재해 예방을 위한 기술 및 정책 세미나

2015. 7. 7(화)



2015년도 『질식재해 예방을 위한 기술 및 정책 세미나』

- 제48회 산업안전보건강조주간 세미나(안전보건공단 및 한국산업보건학회 공동 주관) -

Ⅰ 일 시 : 2015. 7. 7(화) 13:30~16:00(2시간)

Ⅰ 장 소 : COEX 컨퍼런스센터 307호

Ⅰ 세미나 발표내용

시 간	주 제	발 표 자	비 고
13:30~14:00	접 수	-	-
14:00~14:05	인 사 말 씀	-	-
14:05~14:20	사업장 질식재해 원인과 건강 피해	강태선 교수	아주대학교
14:20~15:05	최근 질식재해 원인 및 예방대책 - 프레온 가스누출 질식재해 사례 - 아르곤 가스누출 질식재해 사례 - 질소 가스누출 질식재해 사례	신용남 팀장 김규완 팀장 이유진 연구원	안전보건공단 대전지역본부 충남지사 연구원
15:05~15:20	사업장 질식재해 예방 모범사례	김영수 부장	Air Products Korea
15:20~15:35	밀폐공간 질식재해예방 정책추진방향	김정호 서기관	고용노동부
15:35~16:00	패널 토의	고용노동부 안전보건공단 한국산업보건학회	참석자 전원

CONTENTS

2015년도 질식재해 예방을 위한 기술 및 정책 세미나

I. 사업장 질식재해 원인과 건강 피해 1

– Confined Space 주요 논점(질식재해 예방을 중심으로)

아주대학교 강 태 선 교수

II. 최근 질식재해 원인 및 예방대책 13

1. 프레온 가스누출 질식재해 사례 15

안전보건공단 대전지역본부 신 용 남 팀장

2. 아르곤 가스누출 질식재해 사례 35

안전보건공단 충남지사 김 규 완 팀장

3. 질소 가스누출 질식재해 사례 53

안전보건연구원 이 유 진 연구원

III. 사업장 질식재해 예방 모범사례 67

Air Products Korea 김 영 수 부장

IV. 밀폐공간 질식재해예방 정책추진방향 79

고용노동부 김 정 호 서기관

I

사업장 질식재해 원인과 건강 피해

- Confined Space 주요 논점(질식재해 예방을 중심으로) -

아주대학교
강 태 선 교수

Confined Space 주요 논점

- 질식재해 예방을 중심으로 -

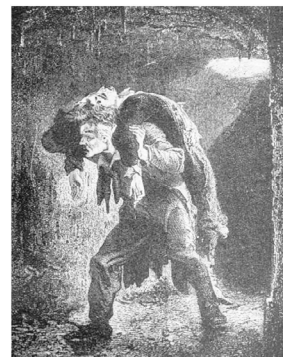


- 일시 : 2015년 7월 7일
- 발제 : 강태선 (hsekang@ajou.ac.kr)
아주대 공대 환경안전공학과 대학원

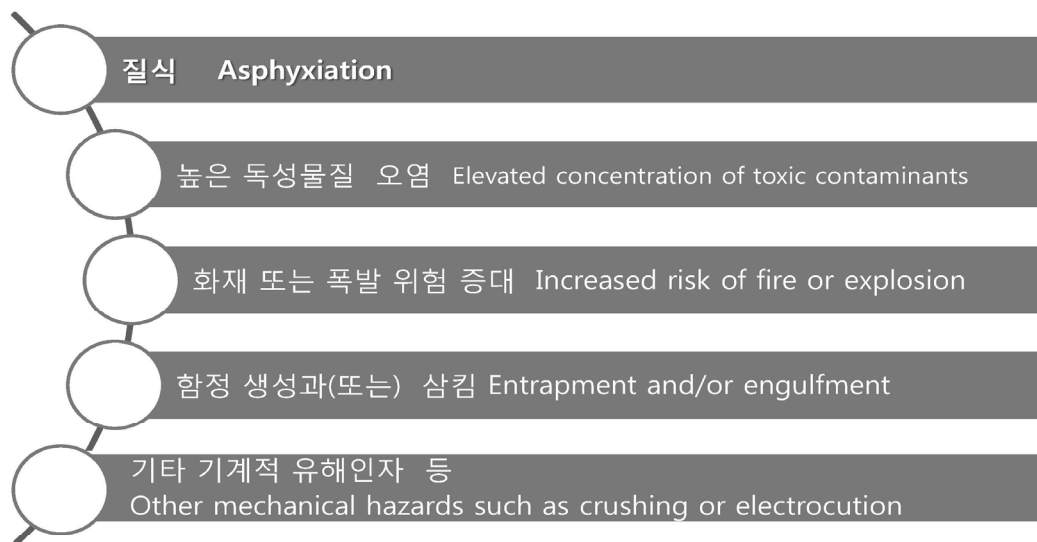
'전투의 거센 소용돌이가 지난 뒤, 이번에는 유독 가스와 함정의 동굴이었다. 혼란 뒤에 시궁창이었다. 장발장은 하나의 지옥에서 다른 지옥으로 떨어진 것이다.'

'도살자의 직업을 누구나 싫어해서 오랫동안 사형 집행인에게만 맡겨져 있었듯이 하수도 청소부의 일도 옛날에는 거의 그와 같은 정도로 위험해서 역시 민중들의 혐오를 받았다. 그 구린내 나는 구덩이 속에 석공들로 하여금 들어가게 하려면 비싼 임금을 치러야 했고 우물을 파는 인부의 사다리도 그곳에 내려가기를 주저했다. '하수도에 내려가는 것은 무덤 속에 들어가는 일이다'라는 속담까지 사람들의 입에 오르내렸다.'

빅토르 위고의 <레미제라블> 중에서



Confined Space의 5가지 범주



DiNardi, Salvatore R. The occupational environment: its evaluation, control, and management. AIHA Press (American Industrial Hygiene Association), 2003.

Confined Space 정의

전체적으로 또는 부분적으로 닫힌 작업공간

An Enclosed or partially enclosed workplace

독성 또는 가연성 오염물질이 축적
되기 쉽고

Subject to the accumulation of toxic
and flammable contaminants

출입 수단이 제한된

Limited means of entry and exit

산소결핍 또는 기타 공기 중 유해
인자가 발생할지도 모르는

May develop an oxygen deficiency or
other atmospheric hazard

작업자가 상주하도록 고안되지 않은

Not intended for continuous employee
occupancy

Confined space 관련 법 (미국)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 29 CFR 1910.146 — Permit Required Confined Spaces | <ul style="list-style-type: none"> • 29 CFR 1910.94(d) — Open Surface Tanks • 29 CFR 1910.268 — Telecommunications • 29 CFR 1910.269 — Electric Power, Generation, Transmission and Distribution • 29 CFR 1910.272 — Grain Handling Facilities • 9 CFR 1915 Subpart B — Shipyard Employment • 29 CFR 1926.21(6) — Safety Education and Training • 29 CFR 1926.352(g) — Fire Prevention |
| <ul style="list-style-type: none"> • 29 CFR 1910.147 — Control of Hazardous Energy • 29 CFR 1910.146 — Permit Required Confined Spaces • 29 CFR 1910.147 — Control of Hazardous Energy • CFR 1910.119 — Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals • 29 CFR 1910.134 — Respiratory Protection • 29 CFR 1910.253 — Welding, Cutting and Brazing | |

- **Permit-Required Confined Space**
- **Non-permit Confined Space**

Confined space 관련 법 (한국)

● **산업안전보건법 제24조>산업안전보건기준에 관한 규칙**

제10장	제1절 통칙	253
밀폐공간 작업으로 인한 건강장해 의 예방	제2절 밀폐공간 내 작업 시의 조치 등	254
	제3절 유해가스 발생장소 등에 대한 조치기준	256
	제4절 관리 등	260
	제5절 보호구 등	262
253		

대상 사업	적용 규정
3. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 사업(제6호 또는 제7호에 해당하는 사업은 제외한다) 가. 「 광산보안법 」 적용 사업(광업 중 광물의 채광·채굴·선광 또는 제련 등의 공정으로 한정하며, 제조공정은 제외한다) 나. 「 원자력법 」 적용 사업(발전업 중 원자력 발전설비를 이용하여 전기를 생산하는 사업장으로 한정한다) 다. 「 항공법 」 적용 사업(항공기, 우주선 및 부품제조업과 여객선, 화물선, 창고 및 운송관련 서비스업 중 항공 관련 사업은 제외한다) 라. 「 선박안전법 」 적용 사업(선박 및 보트 건조업은 제외한다)	법 제1장, 제16조, 제17조, 제24조 , 제25조, 제26조(보건에 관한 사항만 해당한다), 제27조, 제29조제8항, 제31조(보건에 관한 사항만 해당한다), 제32조부터 제34조까지, 제34조의2부터 제34조의4까지, 제35조, 제35조의2부터 제35조의4까지, 제36조, 제36조의2, 제36조의3, 제37조, 제38조, 제38조의2부터 제38조의5까지, 제40조, 제41조, 제5장, 제6장, 제6장의2, 제8장 및 제9장

Confined Space의 질식유발 유해인자

● 산소결핍 (Oxygen deficiency) : health effect

Effect	Atmospheric Oxygen (dry air, sea level)	
	Concentration %	Pressure mm Hg
no symptoms	16 to 20.9	122 to 159
increased heart and breathing rate, some loss of coordination, increased breathing volume, impaired attention and thinking	16	122
abnormal fatigue upon exertion, emotional upset, faulty coordination, impaired judgment	14	106
very poor judgment and coordination, impaired respiration that may cause permanent heart damage, nausea and vomiting	12	91
nausea, vomiting, lethargic movements, perhaps unconsciousness, inability to perform vigorous movement or loss of all movement, unconsciousness followed by death	< 10	< 76
convulsions, shortness of breath, cardiac standstill, spasmodic breathing, death in minutes	< 6	< 46
unconsciousness after one or two breaths	< 4	< 30

NIOSH 1976a, Miller and Mazur 1984, after ANSI 1992, after CSA 1993

● 산소결핍 (Oxygen deficiency) : Fatality Factor vs % O₂

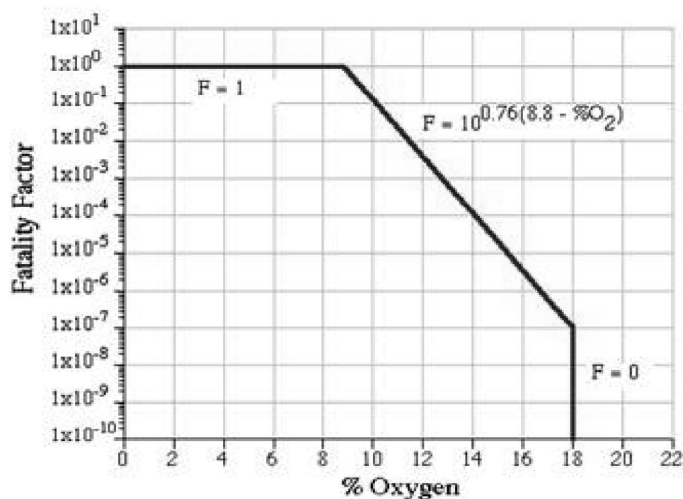


Figure Fatality factor F_i versus the lowest attainable oxygen concentration that can result from a given event

● 산소결핍 (Oxygen deficiency) : 20.9% vs 19.5% vs 18 %

- 사람의 몸은 호흡한 공기 중 산소분압 보다는 동맥혈내의 산소분압에 따라 반응함에 주의해야 함 : 작업장 고도, CO나 Methylene Chloride 등 화학적 질식제의 존재 여부, 작업강도
- 산소농도의 실제 표준은 가급적 20.9% 가 되는 것이 바람직한데, 이 농도가 아니라는 것은 작업장에서 '확인, 평가 및 관리가 시급한 어떤 변화'가 진행되고 있음을 말하기 때문임

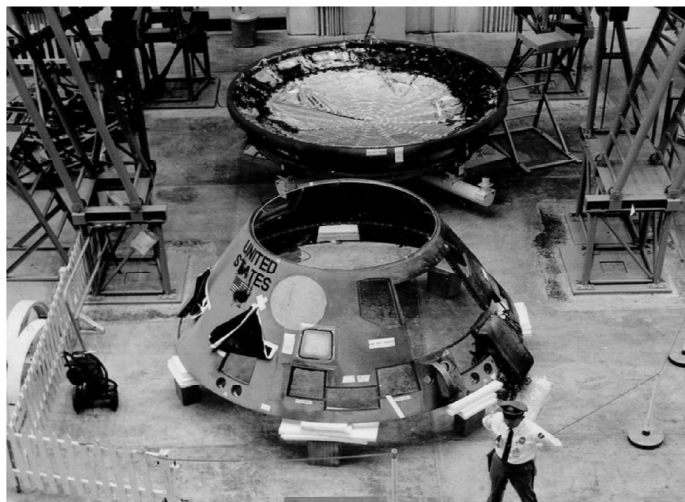
- 고도별 산소분압 (Altitudes Encountered During Travel; Hultgren 1992).

Altitude		Atmospheric Pressure		Equivalent Oxygen Level %	Comments
ft	m	Total mm Hg	Oxygen mm Hg		
0	0	760	159	20.9	sea level, dry reference atmosphere
5000 to 8000	1525 to 2440	636 to 570	133 to 120	17.5 to 15.8	moderate altitude
8000 to 14,000	2440 to 4270	570 to 456	120 to 95	15.8 to 12.5	high altitude
14,000 to 18,000	4270 to 5490	456 to 390	95 to 82	12.5 to 10	very high altitude
18,000 to 29,028	5490 to 8850	390 to 249	82 to 52	10.8 to 6.8	extreme altitude

Neil McManus, C. I. H., and CSP ROH. "Oxygen: Health Effects and Regulatory Limits." (2009). 재인용

Confined Space의 질식유발 유해인자

● 산소충만 (Oxygen enrichment)



Apollo 1 Fire, 1967, NASA

Confined Space의 질식유발 유해인자

● 산소충만 (Oxygen enrichment) : health effect

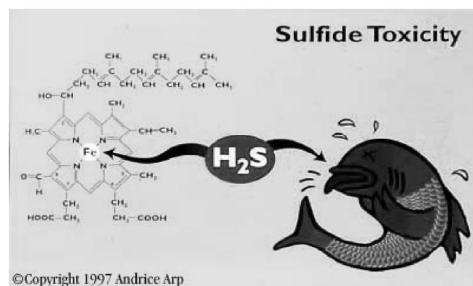
Atmospheric Pressure		
Total mm Hg	Oxygen mm Hg	Comments
760	159	sea level
	400	respiratory irritation
	760	throat irritation; no systemic effects provided that exposure is brief
	1520	tracheal irritation, slight burning on inhalation; tolerance increased when periods of oxygen interspersed with air; reduced vital capacity develops
	>1520	signs and symptoms of oxygen poisoning: tingling of fingers and toes, visual disturbances, acoustic hallucinations, confusion, muscle twitch, nausea, vertigo, possible convulsions
	>2280	nervous signs and symptoms twitching, vertigo, anxiety, paresthesia in toes and fingers, nausea, convulsive seizures

Yarborough 1947, Donald 1947, after Dukes-Dobos and Badger 1977, after Behnke 1978.

Neil McManus, C. I. H., and CSP ROH. "Oxygen: Health Effects and Regulatory Limits." (2009). 재 인용

Confined Space의 질식유발 유해인자

- 불활성기체의 사용 (Use of inert gas)
- 독성가스, 증기, 미스트, 연기, 분진 등 (Presence of toxic gases, vapors, mists, smoke, fibers or dusts)
 - 황화수소(Hydrogen sulfide), 시안화수소 (Hydrogen cyanide) etc



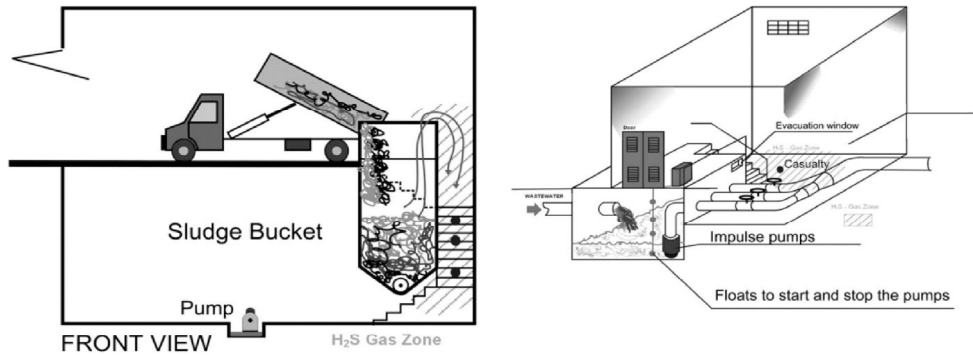
<http://www.accessexcellence.org/>

- 황화수소(Hydrogen sulfide)의 사람에 대한 급성영향

Hydrogen sulphide levels (p.p.m.)	Effects
0.003-0.02	Odour threshold
50	Eye and respiratory irritation
150	Olfactory nerve paralysis
250	Exposure may cause pulmonary oedema
500	Anxiety, headache, ataxia, dizziness, stimulation of respiration, amnesia, unconsciousness
750	Quickly unconscious; death without rescue
1000	Rapid collapse; respiratory paralysis leading to death
5000	Immediate death

Fuller, Douglas C., and Anthony J. Suruda. "Occupationally related hydrogen sulfide deaths in the United States from 1984 to 1994." *Journal of occupational and environmental medicine* 42.9 (2000): 939-942.

Nogué, S., et al. "Fatal hydrogen sulphide poisoning in unconfined spaces." *Occupational medicine* 61.3 (2011): 212-214. 재인용



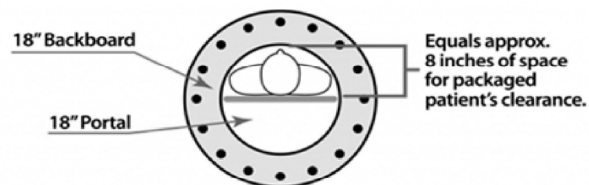
CASE REPORT

Fatal hydrogen sulphide poisoning in unconfined spaces

Nogué, S., et al. "Fatal hydrogen sulphide poisoning in unconfined spaces." Occupational medicine 61.3 (2011): 212-214.

Confined Space 구조의 현실 관하여

- 소방공무원의 전문성 부족, 사업장 구조대 부재



성인남성의 평균적인 어깨 길이가 18인치이며, 공기호흡기를 착용하거나 혹은 환자를 들것으로 옮길 경우 이보다 8인치 정도 더 직경이 넓어야 한다. (26인치)

참고문헌

DiNardi, Salvatore R. The occupational environment: its evaluation, control, and management. AIHA Press (American Industrial Hygiene Association), 2003.

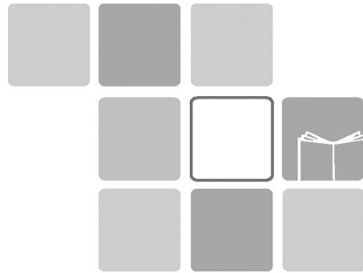
Neil McManus, C. I. H., and CSP ROH. "Oxygen: Health Effects and Regulatory Limits"

Nogué, S., et al. "Fatal hydrogen sulphide poisoning in unconfined spaces." *Occupational medicine* 61.3 (2011): 212-214.

II

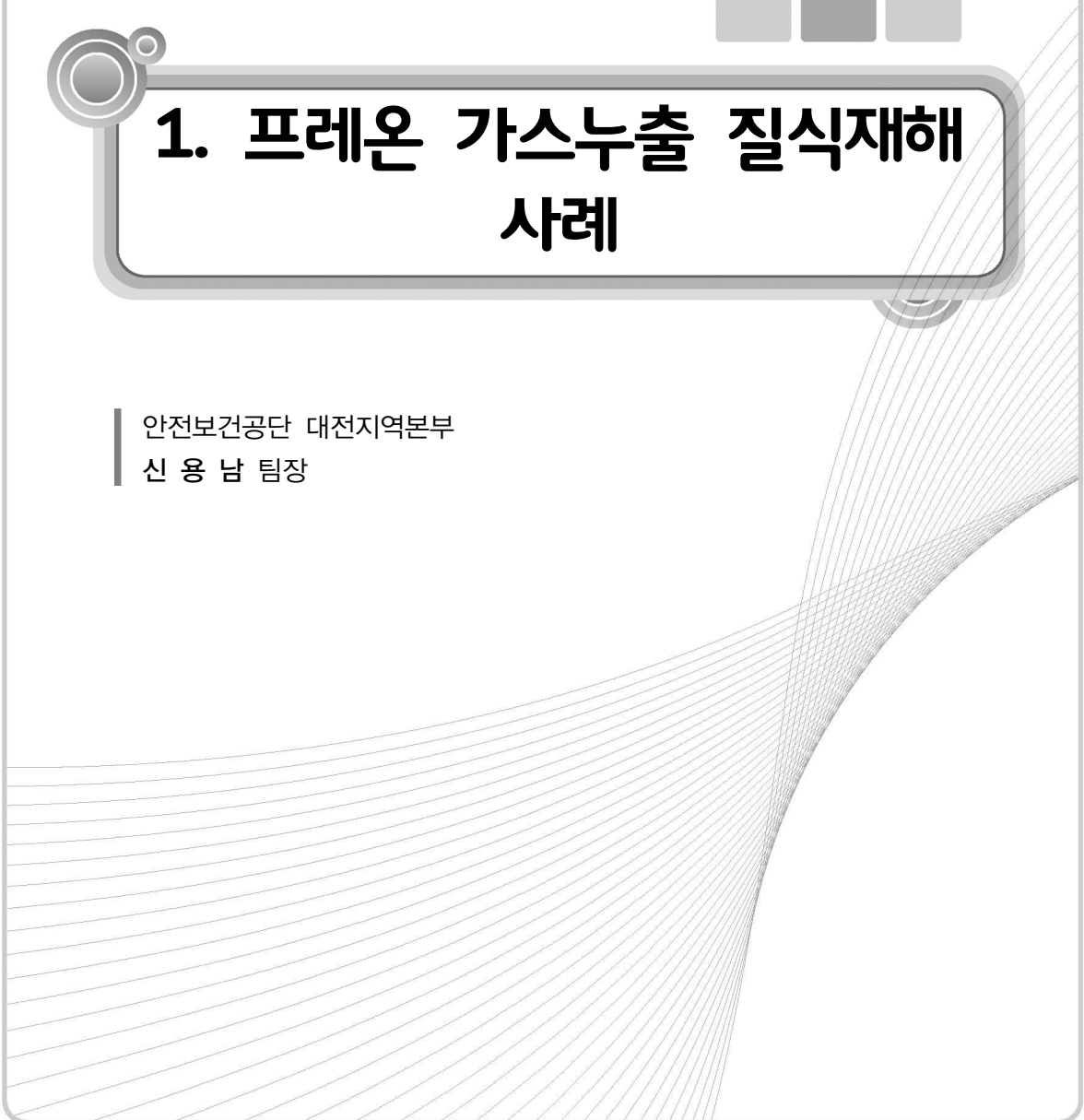
최근 질식재해 원인 및 예방대책

- 1. 프레온 가스누출 질식재해 사례
- 2. 아르곤 가스누출 질식재해 사례
- 3. 질소 가스누출 질식재해 사례



1. 프레온 가스누출 질식재해 사례

안전보건공단 대전지역본부
신 용 남 팀장





OO마트 프레온 질식사고 소개 및 제언

산업재해예방
안전보건공단
대전지역본부



건설보건팀장 신용남

발표 순서

산업재해예방
안전보건공단

I. 프레온 질식 사고 개요

II. 사고 원인 조사

III. 질식사고 예방 대책 및 제언

I . 프레온 질식 사고 개요

사고개요

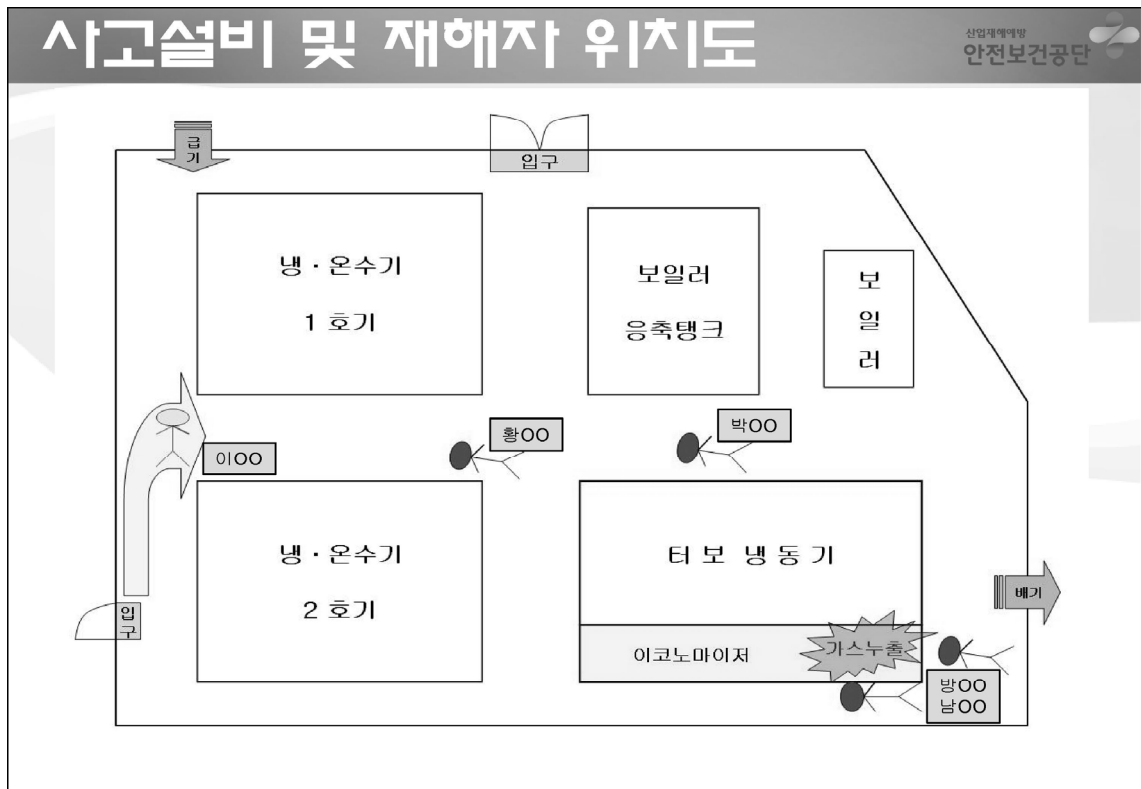
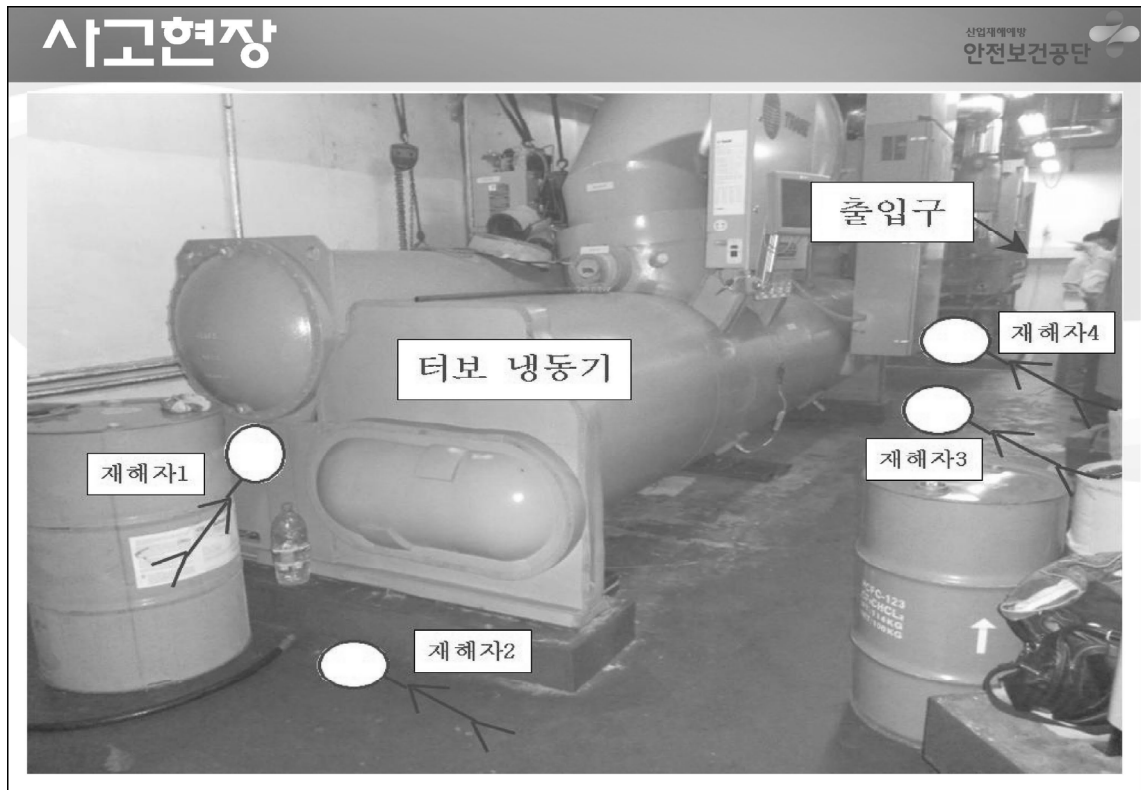
● 개요

- 2011. 7. 2일(토) 오전 2시 40분 ~ 4시경 OO시 소재 OO마트 지하기계실에서 냉동기 보수작업자 4명이 누출된 냉매(프레온123) 가스에 질식

● 피해현황 : 사망 4명

● 사고원인 추정

- 환기가 불량한 지하실에서 보호구를 착용하지 않고 냉동기 보수 작업하다 다량의 냉매가스에 노출되어 질식 사망한 것으로 추정



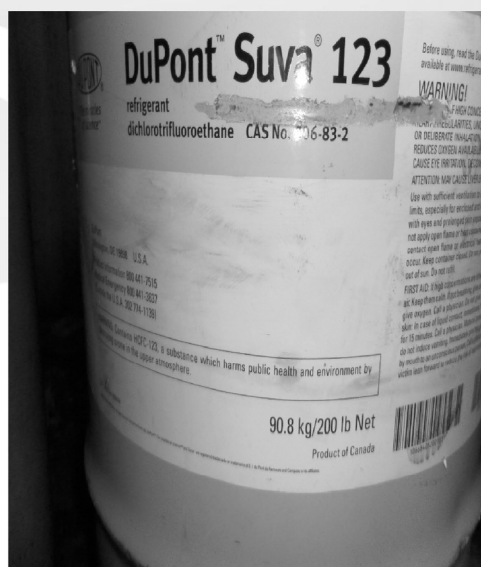
사고현장_터보냉동기

산업재해예방
안전보건공단



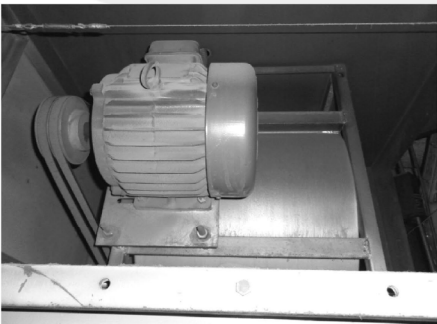
사고현장_프레온 냉매 용기

산업재해예방
안전보건공단



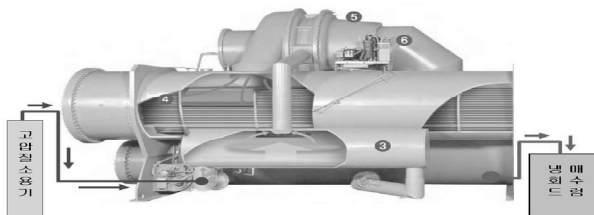
사고현장_급배기 시설

산업재해예방
안전보건공단



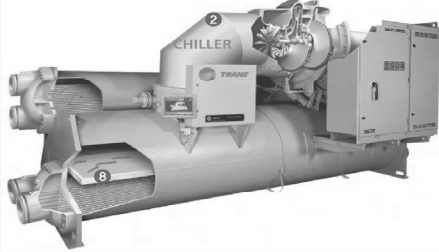
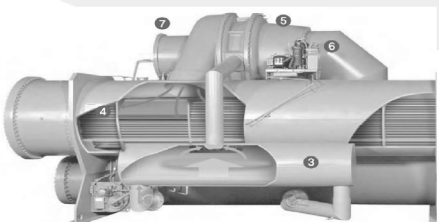
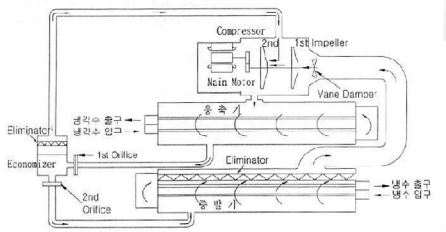
사고현장_냉매 회수

산업재해예방
안전보건공단



터보 냉동기의 주요요소

산업재해예방
안전보건공단

	② MULTISTAGE COMPRESSOR ③ ECONOMIZER ④ REFRIGERANT ⑤ DIRECT DRIVE COMPRESSOR ⑥ EARTHWISE PURGE ⑦ SEMI-HERMETIC DESIGN ⑧ LOW CHARGE EVAPORATOR
	
냉동사이클 : ① 증발 과정 ② 압축 과정 ③ 응축 과정 ⑤ 감압과정	

산업재해예방
안전보건공단

II. 사고 원인 조사

재해 현장 일반현황

산업재해예방
안전보건공단

- 재해발생 현장은 OO마트(도소매 및 소비자용품수리업)에서 발주한 터보냉동기 A/S 작업 현장으로,
 - 지하1층 기계실에는 터보냉동기(1대) 외에 흡수식냉온수기(2대), 온수저장탱크(1대), 보일러(1대) 설치. 가동 중
 - 지상 1층과는 계단으로 통하도록 되어 있음
 - 입구에 출입문이 있고 기계실 측면에도 장비운반용 출입문이 있으나 평소 닫혀 있음
 - 기계실 면적은 132㎡이며 높이는 5.6m 임

터보냉동기 하자보수를 하게 된 배경

산업재해예방
안전보건공단

- 터보냉동기는 사고 전(2011. 5. 31) 설치 완료하였고, 설치 당시 지하 1층 기계실 입구가 좁아 터보냉동기를 분해 재조립 한 후 설치하였으나,
 - 냉동기 조립과정에서 비닐조각 등 이물질이 냉동기에 들어가는 하자 발생
 - 이를 제거하기 위해 설치 이후 3-4회 정도 수리를 함 (OO회사 기술팀장 송○○, OOENG 직원 박○○ 진술)
- ※ 사고설비는 기존 냉온수기의 보조설비로 용량 500 냉동톤으로 프레온123 냉매가 사용되며 매장 및 사무실, 휴게실, 탈의실 등 지원 시설에 냉각수를 공급하여 시설을 냉방하는 설비
(설계치 : 냉각수 공급온도 7℃ 회수온도 9℃)

재해발생 과정

산업재해예방
안전보건공단

- 2011. 6. 1.(수) 터보냉동기 설치완료 후 가동 중 소음발생하고 냉동성능이 저하되어 OO마트에서 A/S 요청
- 7. 1(금) 오후 10시 30분경 OOOOO(주) 소속 1명과 협력업체 OOENG 소속 3명이 터보냉동기가 설치되어 있는 기계실에 도착하여 준비작업 시작.
 - ※ 준비작업 내용
 - 현장책임자 기계실에서 터보냉동기 모니터 확인
 - 나머지 직원 3명은 작업공구를 기계실내로 옮기는 작업 수행
- 7. 1(금) 24시경 작업자 4명 터보냉동기 A/S 작업 시작
 - ※ 작업내용
 - 터보냉동기 이코노마이저(저압부) 분리 작업
 - 터보냉동기 중발기.용축기 내부 내시경 점검 작업

(위 작업을 수행하기 위해서는 냉동기에 들어있는 냉매 회수작업이 선행되어야 함)

재해발생 과정

산업재해예방
안전보건공단

- 7. 2(토) 오전 1시 30분경 당직자가 1차 점검, 오전 2시 40분경 2차 점검 시 이상 없었음
- 오전 4시경 당직근무자가 쇼케이스(냉동·냉장제품보관 및 진열 장소) 점검을 위해 이동 중 기계실입구에서 작업자가 쓰러진 것을 발견, 119에 신고
- 오전 4시 12분경 2명 1차 병원 이송, 오전 4시 30분경 2명 2차 병원 이송하였으나 모두 사망

재해당일 작업내용

산업재해예방
안전보건공단

○ 재해 당일 기계실에서 작업 내용 및 순서

- ① 냉동기 냉매(프레온123) 회수 작업
- ② 연결된 질소호스 제거
- ③ 체인블럭 / 임팩트렌치 등을 활용하여

이코노마이저 등 설비 배관분리 및 내부 점검작업

▶ 용어 설명

체인블럭 : 물건을 들어 올리는 장치. 여러 개의 기어를 조합하여 작은 힘으로 무거운 물체를 들어 올리거나 내리는 데 사용되는 설비

임팩트렌치 : 압축 공기 등의 에너지를 이용하여 볼트 · 너트 등을 체결하는 공구

재해당일 작업내용

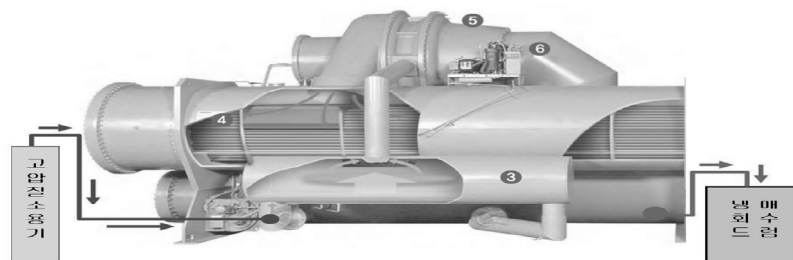
산업재해예방
안전보건공단

※ 프레온 냉매회수 절차

- 이코노마이저 하단 서비스밸브 배관(1/4인치)에 질소가압용 호스 연결
 - 이코노마이저에 연결된 질소가압용 호스와 질소 저장용기 (봄베) 연결
 - 터보냉동기 하단 부위(중발기 하단)에 있는 서비스밸브 배관(3/4인치)에 호스를 연결하고 연결된 호스의 다른 한 쪽은 냉매 회수용 용기(드럼통)에 넣음
 - 질소 저장용기 측 밸브를 서서히 열어 중발기 상단 패널 저압오일 게이지 압력이 5 psi 될 때까지 가압
- ⇒ 이렇게 하면 가압된 질소에 의해 터보냉동기 안에 들어 있는 프레온 냉매가 저장용기로 이송되나 터보냉동기 기계적 구조상 100% 회수는 불가능함.

프레온 냉매회수작업 절차

산업재해예방
안전보건공단



질소호스 연결
(이코노마이저)



고압질소용기 연결



냉매 회수용 호스
(증발기 하단 연결)



냉매회수용 호스 냉매
회수드럼 구멍에 넣음

프레온 123 유해성

산업재해예방
안전보건공단

○ 프레온 123(2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane, $C_2HCl_2F_3$)

- 무채색으로 달콤한 냄새가 나며 휘발성이 강한 물질
- 25℃에서 증기압 683mmHg, 증기비중 5.4
- 단시간 노출 시 두통, 마취, 현기증세를 보이며 5,000ppm(0.5%) 이상에서 급성영향이 발생하고 32,000ppm(3.3%)에 노출될 경우 4시간 이내에 쥐 50%가 사망하는 것으로 알려져 있음.
- 제조사(듀폰)의 경우 1분 동안 2,500ppm(0.25%) 이상의 프레온 123에 노출 시 긴급 대피토록 권고함.

※ 프레온123은 프레온(CFC-11)의 대체 냉매제로 저압터보냉동기 냉매제로 널리 사용

재해발생장소 공기질 측정

산업재해예방
안전보건공단

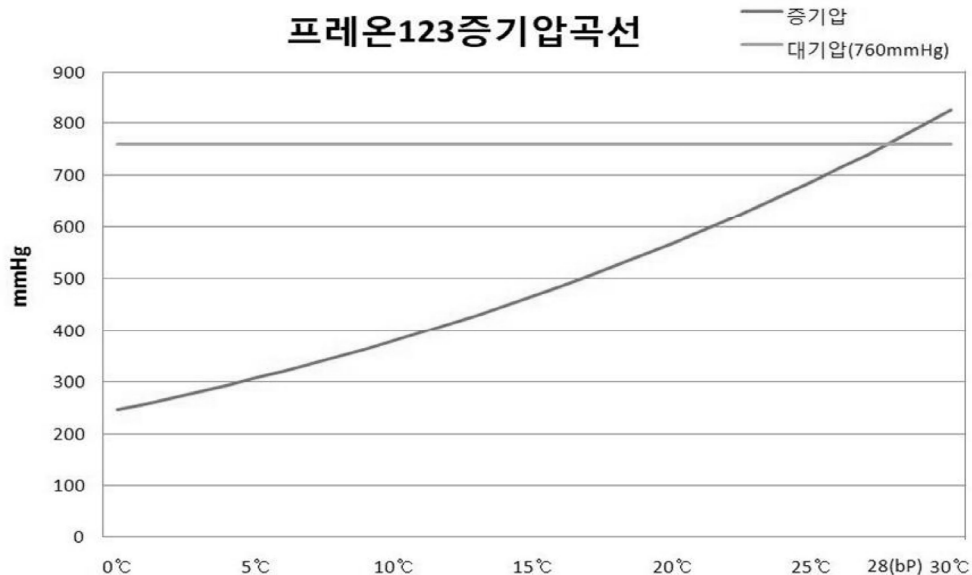
※ 작업환경측정결과 (측정일자 : '11. 7. 2. 10:30 ~ 12:00)

구 분	산소	일산화탄소	황화수소
기계실 (벽과 냉동실 안쪽)	20.6 %	불검출	불검출
기계실(정중앙)	20.6 %	불검출	불검출
기계실(입구)	20.6 %	불검출	불검출

측정장비명 : 복합가스측정기(모델명 X5 Portable Gas Detector)

프레온 123 유해성

산업재해예방
안전보건공단



사고 원인 추정

산업재해예방
안전보건공단

○ 질소에 의한 질식 가능성

냉매를 회수할 때 냉매용 질소를 사용하나,

- 질소호스와 설비와의 연결부위를 견고하게 조여 사용하기 때문에 질소 가압 또는 냉매 이송 도중 호스가 이탈 위험 없고
- 작업자 부주의로 질소가 누출되어 질식될 가능성은 거의 없다 함.

(2011. 7. 2(토) OOOOOO(주) 노OO 이사 진술내용과
2011. 7. 3(일) 박OO과장 면접조사 시 확인 내용임)

재해발생 과정

산업재해예방
안전보건공단

○ 프레온 123가스에 의한 질식 사망

- 기계실 입구는 개방되어 있으나 터보냉동기가 안쪽에 설치
- 배기구가 바닥으로부터 4.5m지점에 설치되어 전체환기가 거의 이루어지지 어려운 구조
- 피해자는 보호구를 착용하지 않은 상태에서 환기가 불량한 지하실에서 냉동기 보수작업 수행 중 질식 사망

※ 다량의 프레온 냉매가 누출 될 경우 냉매는 높은 중기압에 의해 빠르게 중기 상태로 증발하고 공기보다 약 5배 이상 무거우므로 작업자들이 일하는 바닥에 쉽게 체류하게 되고 체류된 냉매가스가 공기를 위로 밀어내기 때문에 작업장 바닥은 산소결핍 상태가 될 수 있음

(프레온 123 중기비중 5.4, 중기압(25℃) : 683mmHg)

- 특히, 작업자들이 일하는 작업장소가 벽면과 근접하고 탱크 등 벽에 막혀있어 환기상태가 매우 불량한 조건임

사고 원인 추정

산업재해예방
안전보건공단

○ 프레온가스에 의한 질식사망을 뒷받침할 수 있는 진술 내용

- 작업자들은 프레온이 인체에 해롭지 않다고 송기마스크 등 보호구는 착용하지 않고 작업.
(OOENG 박○○, (주)OO 최초목격자 이○○, OO(주) 노○○ 이사)
- 최초목격자가 현장에서 쓰러진 재해자(박○○)쪽으로 몸을 숙일 때 가스가 바닥에 깔려 있어서 냄새를 맡자 정신이 멍해지고 몸에 힘이 짝 빠지는 느낌이 들어 비틀거리며 기계실을 나왔다 함.(최초목격자 이○○ 진술)
- 미회수 냉매 관련 진술내용
냉동기 용량 최대 330kg, 냉동기 남아있는 냉매 5-30kg 추정(OOOO(주) 노○○ 이사)

프레온123 누출량 추정

산업재해예방
안전보건공단

○ 누출량 추정

- 사고설비(터보냉동기)의 냉매 저장량 : 330kg
- 회수된 냉매 : 300kg (270kg + 30kg)
- ... 현장확인 및 관계자 진술(OOOO(주) 노○○ 이사)에 따라
최소 5kg에서 최대 30kg가 남아 있는 것으로 추정
최악의 상황을 가정하여 30kg가 누출되었을 것으로 추정

○ 프레온 123 물질 특성

- 비점(끓는점, bp) : 28℃
- 증기압(25℃에서) : 683mmHg
※ 대기압(1기압)은 760mmHg으로 프레온123은 25℃에서 90%가 기체로 증발되는 증발 속도가 매우 높은 물질임
- 비중(kg/ℓ) : 1.463(25℃) - 증기비중 : 5.4(공기 = 1)
- ※ 프레온123 증기는 공기보다 5.4배 무거움

프레온123 누출량 추정

산업재해예방
안전보건공단

○ 누출 프레온 123 중기 발생량

가. 누출 프레온123 중기 발생량

대기압 25℃에서 프레온123(분자량 152.9)의 중기량은 152.9g 일 때 24.45ℓ가 발생되므로 30kg가 누출되었을 때 중기발생량(㎥)은 4.8㎥임

$$\text{중기 발생량 (m}^3\text{)} = \frac{24.45\ell \times 30\text{kg}}{152.9\text{g}} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{m}^3}{1000\ell} = 4.8\text{m}^3$$

나. 기계실 체적

- 기계실 바닥 면적 : 132㎡, - 천장 높이 : 5.6m - 체적 : 740㎥
- 기계실 설비 면적 : 34㎡인
- 유효 바닥 면적 : 98㎡

다. 냉매 30kg 누출(중기량 4.8㎥)시 프레온 농도 및 산소농도

높이	50cm	1m	1.5m	2m	3m	4m	비고
체적	49㎥	98㎥	147㎥	196㎥	294㎥	392㎥	
프레온123 농도	9.8%	4.9%	3.3%	2.5%	1.6%	1.2%	
산소농도(고루분포)	11.2%	16.1%	17.7%	18.5%	19.4	19.8	

재해조사 하면서 궁금증

산업재해예방
안전보건공단

- 사고가 난 터보냉동기를 화학설비로 볼 수 있는지?
- 사용 화학물질(프레온123)을 위험물로 볼 수 있는지?
- 사용 화학물질(프레온123)을 관리대상물질로 볼 수 있는지?
- 사고가 난 작업을 밀폐공간작업으로 볼 수 있는지?
- 한꺼번에 4명이 사망할 수 있는지 ?

환기팬(배기팬) 가동에 따른 환기량 적정성 평가

1. 전체환기장치의 성능 관련 규정

산업보건기준에 관한 규칙 제176조[전체환기장치의 성능]에 의거 단일 성분의 유기화합물이 발생하는 작업장에 대한 전체환기장치 설치 시 다음 환기량 이상으로 설치하도록 하고 있음.

작업시간 1시간당 필요환기량

$$= (24.1 \times \text{비중} \times \text{유해물질의 사용량} \times K \times 10^6) / (\text{분자량} \times \text{유해물질의 노출기준})$$

 주) 시간당 필요환기량 단위 : m^3/hr
 유해물질의 시간당 사용량 단위 : g/hr
 K=안전계수로서
 K=1 ; 공기혼합 원활, K=2 ; 공기혼합 보통, K=3 ; 공기혼합 불완전한 경우 사용

2. 기계실 필요 전체환기량 산정

- 유해물질의 사용량 : 프레온 123 냉매 30kg
 - 유해물질의 노출기준 : 1000 ppm
 근거 : 냉매의 제조사(듀폰)의 물질안전보건자료 비상상황 시 1시간 동안 1,000ppm 이하로 유지하여야 한다는 점 고려
- ※ 자료출처: 듀폰사 "Recommendations for storage, Handling and Use of SUVA (HCFC-123)

환기팬(배기팬) 가동에 따른 환기량 적정성 평가

- 전체 환기량 추정

지하기계실의 필요 전체환기량은 1시간당 14,000 m^3 의 배기량 필요

작업시간 1시간당 필요 환기량(m^3/hr)

$$= (24.1 \times \text{비중} \times \text{유해물질의 사용량} \times K \times 10^6) / (\text{분자량} \times \text{유해물질의 노출기준})$$

$$= (24.1 \times 30 \times 3 \times 10^6) / (153 \times 1000)$$

$$= 14,176 \approx 14,000 \text{ m}^3/\text{hr} \dots\dots\dots \text{안전계수 3적용}$$

3. 기계실 배기팬 성능 검토

배기팬 후드(직사각형 후드)내 제어풍속을 측정한 결과 평균 0.32m/s이고 후드 개구면적(2면 개방)이 1.3 m^2 (1,000mm×650mm, 2개)로,

시간당 배풍량은 제어풍속 × 후드면적 × 3,600 이므로

$$= 0.32(\text{m/sec}) \times 1.3(\text{m}^2) \times 3,600(\text{sec/hr}) = 1497.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

1,500 m^3/hr (25 m^3/min)로 필요환기량(14,000 m^3/hr)의 약 1/10 수준임.

※ 한편, (사업장에서 제출한 자료에 의하면 풍량 12,000 m^3/hr (200 m^3/min), 소요동력 2.2kW인 것으로 나타난 바, 실제 배기되는 배풍량은 배기팬 사양의 12.5% 성능을 보임.

연기발생기를 이용한 환기평가

산업재해예방
안전보건공단

1. 평가 개요

- 평가일자 : 2011. 7. 4 오후 3시경
- 평가자 : 안전보건공단 OO지사
- 입원자 : 경찰 및 고용노동부 담당근로감독관, OO마트 관계자 등
- 방법 : 연기발생기를 이용한 기계실내 공기흐름 상태평가 (재해상황 같은 조건)

2. 평가 결과

기계실 내부의 기류는 외부 기상조건 및 급배기 팬 가동여부와 상관없이 내부 기류가 거의 없는 것으로 평가됨.

실험결과, 발생연기는 배기팬을 통해 배기되지 않고 연기발생기 발생기류에 의해 바닥으로부터 확산되는 상태였음.



연기발생 사진



작업장 연기체류

사고발생 후 후속조치

산업재해예방
안전보건공단

1. OO마트 사망사고 원인조사 모델링 연구_OO대 산학협력단

- 연구기간 : 2011년 10월 20일 ~ 11월 30일
- 연구방법 : 중대재해조사결과를 토대로 컴퓨터를 활용한 재해 발생상황 및 원인 예측 모델링 수행

2. 안전보건가이드 제작 _3,300부, ' 12년 1월 배포

- 자료명 : 「냉동설비등 유해가스 취급설비가 있는 기계실 작업 안전보건가이드」
- 배포대상: 유해가스취급 기계실보유 사업장, 유지보수업체 등

3. 연구결과 공유

- 연구결과 공단 지역본부/지사에 전파하여 기술지원 및 교육 등 질식사망사고 예방사업에 활용토록 조치
('11.12.21. 문서시행 ;문서번호 직업건강실-4010호)

III. 질식사고 예방대책 및 제언

질식재해 예방대책

☐ 프레온 123 취급 장소에 대한 안전보건조치 사항

- 배관을 해체 또는 부착작업시 환기 실시 및 근로자에게 송기마스크 등의 지급·착용
- 환기장치는 발산원에 최대한 근접하게 설치하고 작업하는 동안 환기장치 가동
- 프레온 가스 작업장 재유입방지조치 실시
- 배관의 밸브나 콕 또는 스위치나 누름단추 등에 명칭과 개폐의 방향 등 조작방법에 관한 표지 게시
- 안전판으로부터 배출되는 프레온 가스가 직접 외부로 내보내기 위한 설비 설치

☐ 관리적 사항

- 화학설비 개조·수리작업 시 당해 작업방법 및 순서를 정하고 미리 관계근로자에게 교육 실시

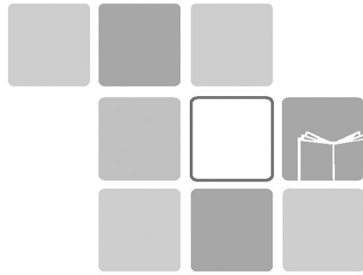
제언

산업재해예방
안전보건공단

1. 가스누출 등으로 일시적으로 산소결핍 상태가 될 수 있는 "지하기계실"을 밀폐공간장소에 포함토록 규칙 개정 필요
2. 프레온 냉동기 등 프레온 냉매 취급설비가 지하공간에 설치되는 경우 질식재해예방을 위해 가스누출감지장치 설치 필요
3. 프레온가스 독성치 보다는 "질식"위험성 인식제고 필요
4. 프레온을 산안법 관리를 받는 물질에 포함하는 방안 검토 필요
 - 환기가 불충분한 공간에서 쉽게 질식사고를 일으킬 수 있는 물질임에도 산안법상 관리대상물질(위험물, 관리대상물질, 측정/특검대상물질)이 아님



경청해 주셔서
감사합니다.



2. 아르곤 가스누출 질식재해 사례

안전보건공단 충남지사
김 규 완 팀장

아르곤 가스누출 질식사고 원인 및 예방대책

안전보건공단 충남지사 김규완

2015. 7. 7.

목 차

- 1 제철공장 내 주요 취급 및 발생 가스
- 2 재해발생 경위
- 3 재해발생 원인 조사
- 4 재해발생 원인 및 예방대책
- 5 제언

1. 제철공장 내 주요 취급 및 발생 가스

1. 제조 · 사용 가스

- N₂(Nitrogen)
- Ar(Argon)

2. 부생가스

- BFG(Blast Furnace Gas)
- COG(Coke Oven Gas)
- LDG(Lintz Donawiz Gas)

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY



Chemical Name : Nitrogen

CAS # : 7727-37-9

Molecular Weight : 28.01

**Physical State : Odourless, Tasteless,
Colourless Gas**

Relative Vapour Density : 0.97_(air=1.0)

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

Ar

Chemical Name : Argon

Atomic Number : 18

Atomic Weight : 39.948

Classification : Noble Gas

Relative Vapour Density : 1.66_(air=1.0)

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

BFG

(Blast Furnace Gas)

CO 20~22%

H₂ 3~4%

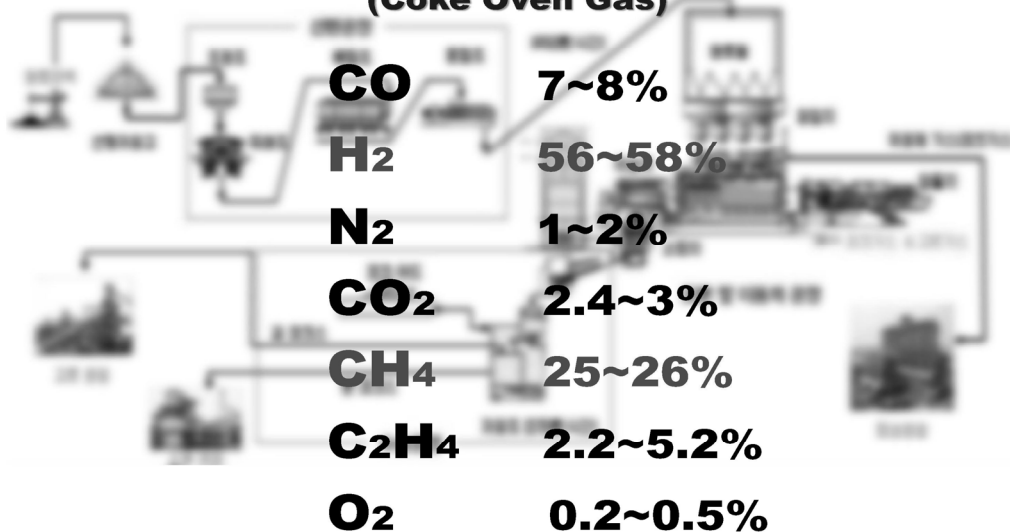
N₂ 54~56%

CO₂ 20~22%

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

COG

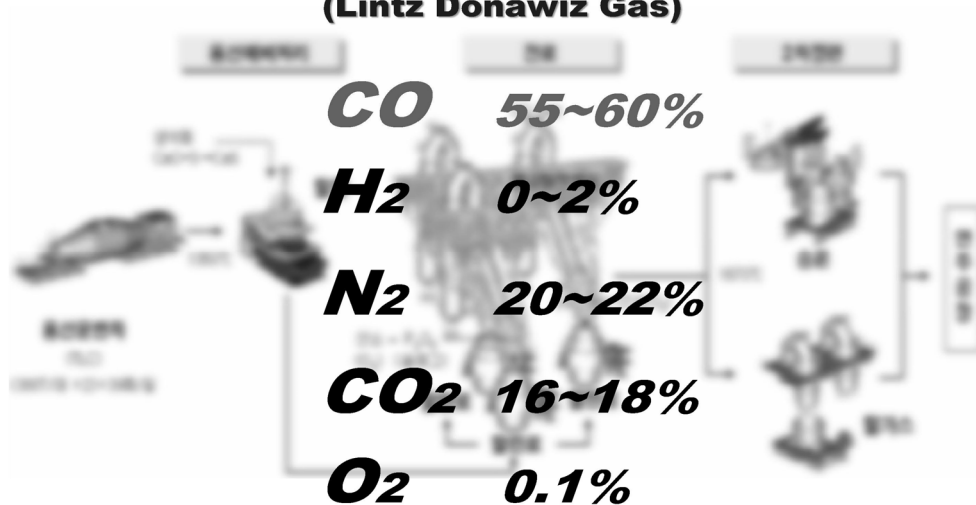
(Coke Oven Gas)



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

LDG

(Lintz Donawitz Gas)



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

2. 재해발생 경위

2013. 5.10(금) 01:40경

○ ○ 제철(주)에서

협력업체 근로자 5명이

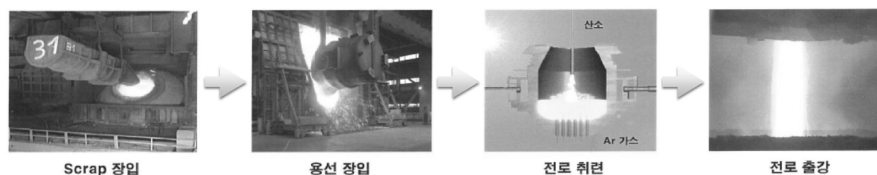
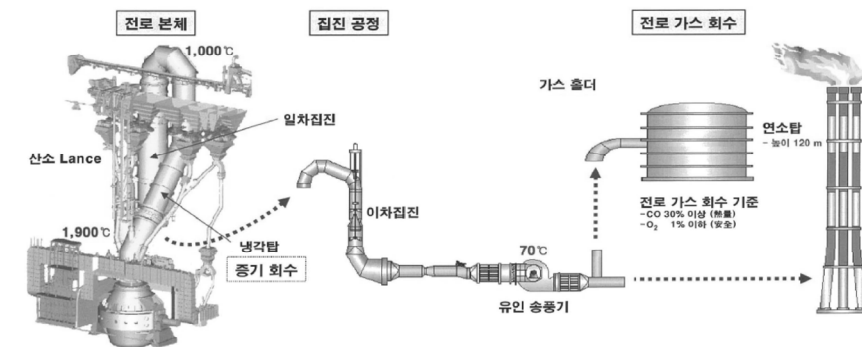
제강공장 전로 내의 내화벽돌 축조작업 중에

노내에 유입된 아르곤(Ar) 가스에 의한 산소결핍으로

질식 · 사망

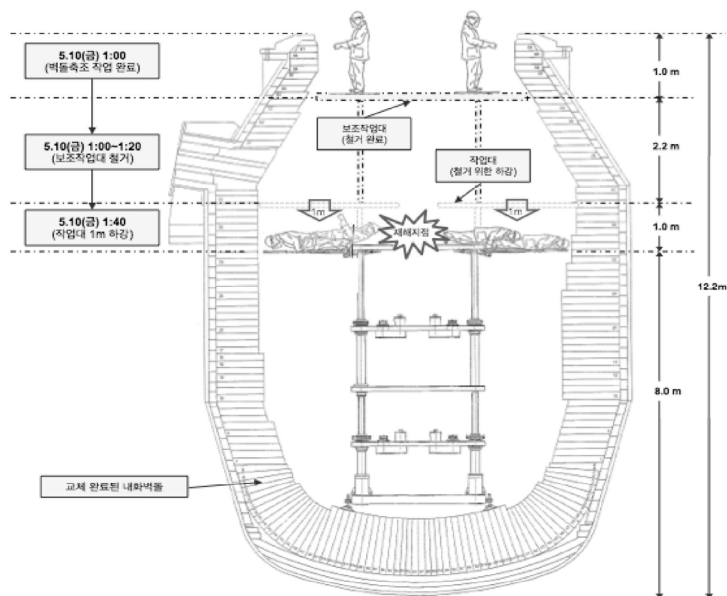
KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

전로 공정도



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

재해 상황도



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

3. 재해발생 원인 조사

가스농도 측정

높이 기준(m)		O ₂ (%)			CO (ppm)		
안전난간 상부	전로입구	1차	2차	3차	1차	2차	3차
1.0	2.0	20.9	20.9	20.9	0	0	0
2.0	1.0	20.9	20.9	20.9	0	0	0
3.0(전로입구)	0.0	20.9	20.9	20.9	0	0	0
4.0	1.0	20.9	20.9	20.9	0	0	0
5.0	2.0	20.9	20.9	20.9	0	0	0
6.0	3.0	20.5	20.7	20.7	0	0	0
7.0	4.0	12.1	13.6	16.3	7	7	3
7.2 (작업대 상부)	4.2	10.1	-	-	10	-	-
약 8.0	5.0	0.9	2.9	5.6	5	12	12
약 9.0*	6.0	0.2	0.9	1.6	7	10	11

※ 측정시간(가연성가스 및 황화수소 미검출)

- 1차 : 09:30 ~ 10:30, 2차 : 15:10 ~ 15:40, 3차 : 18:03 ~ 18:30

※ 1차 측정 후 국과수에서 작업대 가동으로 2,3차 시기의 작업대 높이가 7m로 변경됨

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

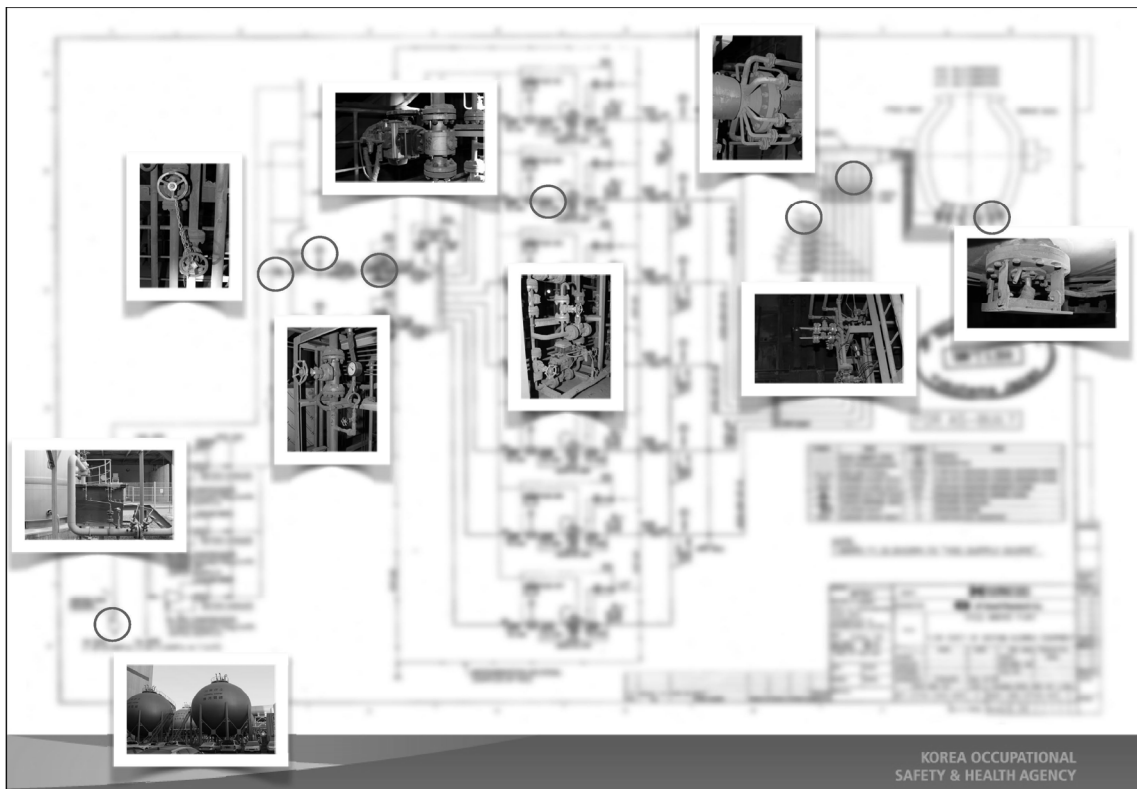
전로 내 아르곤 가스 유입 추정

추정 1. 전로 정지 전후 유입 가능성

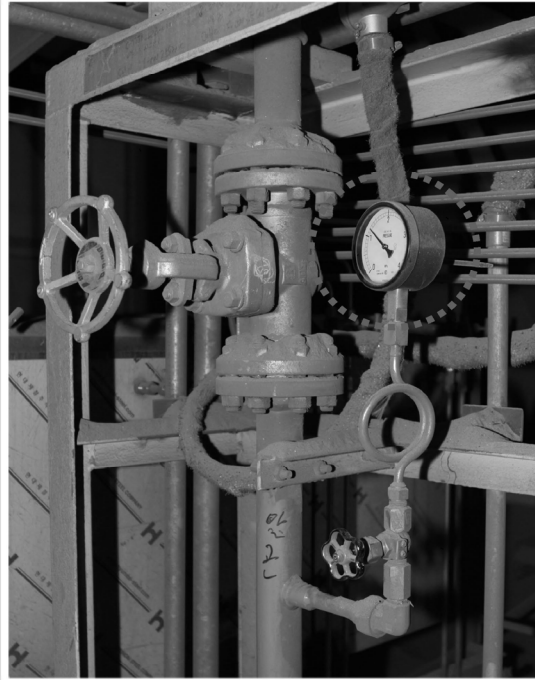
추정 2. 누설시험 후 유연호스 연결 상태에서
통기시험에 의한 유입 가능성

추정 3. 유연호스 연결 상태에서 밸브 오작동으로 인한
유입 가능성

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

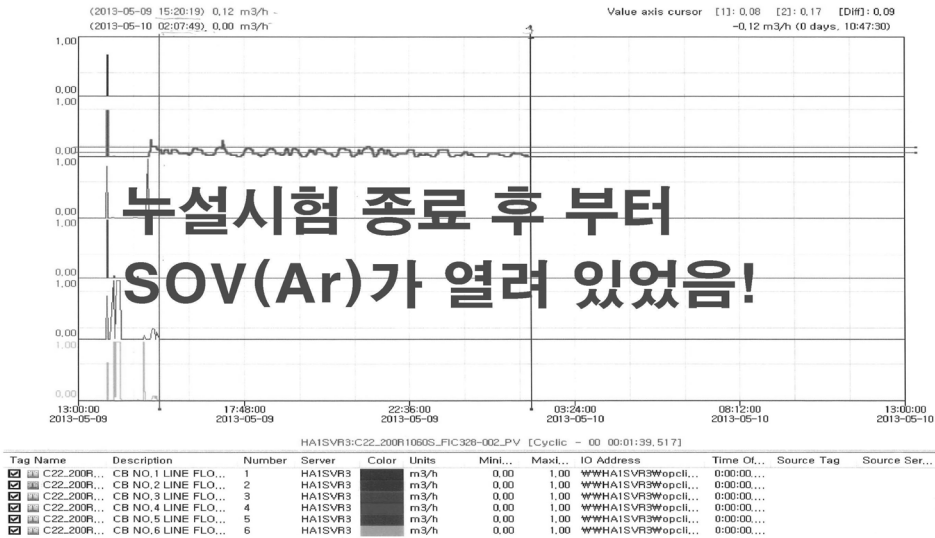


KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY



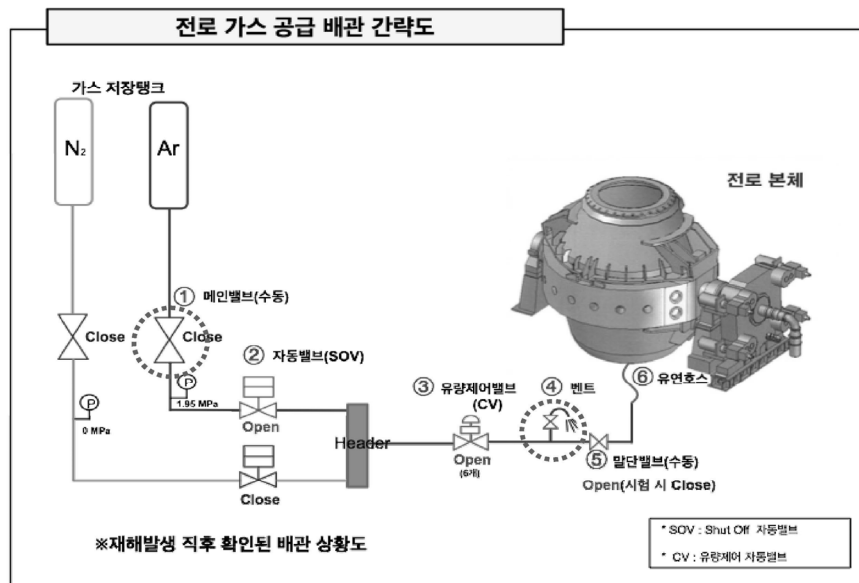
KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

가스공급 시스템 분석(Log Data, Event Data)



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

메인밸브 테스트

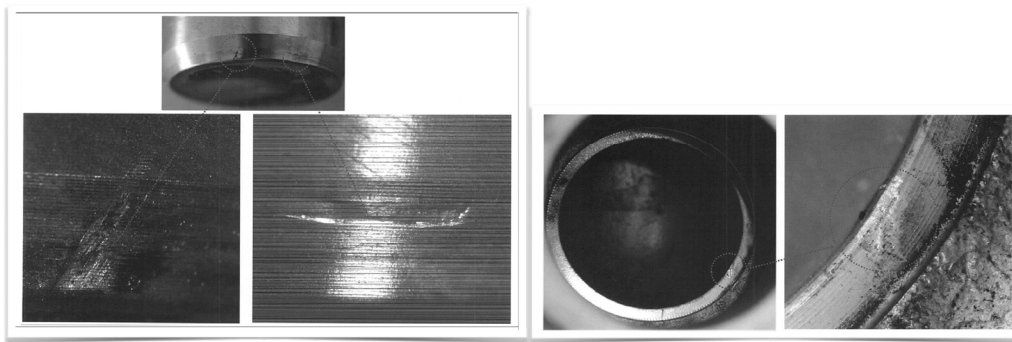
KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

국관수 조사결과

1. 디스크 및 시트 손상흔적 발견



2. 누설 확인 : 5.6~10.0 Nm³/hr

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

아르곤가스 유입량 추정

○ 국과수 누설시험에 따른 아르곤 가스 유입 계산량 : 약 87.9 m³(최대)

$$10 \text{ Nm}^3/\text{hr} \times 10\text{hr} \times 0.85 = 85 \text{ Nm}^3/\text{hr}$$

※ Nm³(노말 루베) : 공기 20℃, 1 기압, 수분량 50% 기준의 m³

※ 아르곤(Ar)에 대한 Conversion factor : 0.85 (자료출처 : GLOOR)

내화벽돌 축조 작업 시 전로내부의 온도를 30℃라 하면,

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2} = \frac{1 \text{ atm} \times 85 \text{ m}^3 \times (273 + 30)}{(273 + 20) \times 1 \text{ atm}} = 87.9 \text{ m}^3$$

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

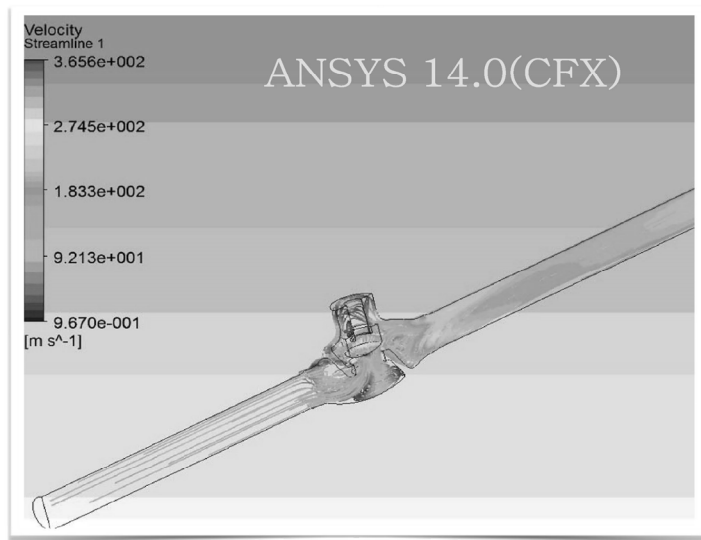
검찰의 요구사항

$$87.9 \text{ m}^3 \approx 183.3 \text{ m}^3$$

메인 수동밸브 조작에 의한 Ar 유입 가능성 확인 요청

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

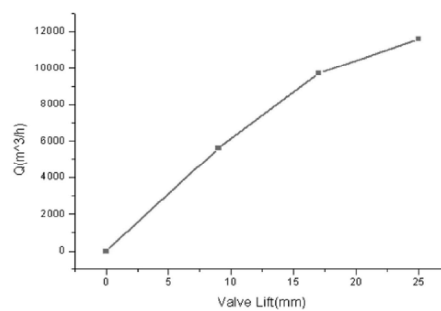
유한요소모델 해석(NSV 제공)



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

최종 해석 결과

	A[X]	B[Y]
1	0	0
2	9	5609.16
3	17	9713.31
4	25	11614.86
5		
6		
7		
8		
9		



KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

밸브 Lifting에 따른 유입량 계산

$$\text{수식} : y = -0.429x^3 + 4.6696x^2 + 615.96x + 6^{-10}$$

밸브 Lift (mm)	유입량 (air, m ³ /h)	아르곤 (Conversion Factor = 0.85)	비 고
0.030	18.48	15.71	
0.031	19.10	16.23	
0.032	19.72	16.76	
0.033	20.33	17.28	
0.034	20.95	17.81	
0.035	21.56	18.33	근사치
0.036	22.18	18.85	
0.037	22.80	19.38	
0.038	23.41	19.90	
0.039	24.03	20.43	

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

밸브 Lifting에 따른 유입량 계산

$$\text{수식} : y = -0.429x^3 + 4.6696x^2 + 615.96x + 6^{-10}$$

밸브 Lift (mm)	유입량 (air, m ³ /h)	아르곤 (Conversion Factor = 0.85)	비 고
0.030	18.48	15.71	
0.031	19.10	16.23	
0.032	19.72	16.76	
0.033	20.33	17.28	
0.034	20.95	17.81	
0.035	21.56	18.33	근사치
0.036	22.18	18.85	
0.037	22.80	19.38	
0.038	23.41	19.90	
0.039	24.03	20.43	

6.89 × 10⁻³

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

4. 재해발생 원인 및 예방대책

[직접원인]

1. 아르곤 가스 공급용 수동 메인밸브의 기밀 상태 불량
2. 밀폐공간 보건작업 프로그램 수립 · 시행 미 실시

[간접원인]

1. 내화벽돌 교체작업에 관련된 안전작업표준 미정립
2. 밀폐공간 및 고소작업에 대한 안전작업허가 운영 미흡
3. 전로 정비작업 전반에 대한 작업자들의 이해도 미흡
4. 전로의 정비작업에 대한 종합관리 부재
5. 비상조치계획(비상시 대비 및 대응) 미흡

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

4. 재해발생 원인 및 예방대책

[직접원인]

1. 아르곤 가스 공급용 수동 메인밸브의 기밀 상태 불량
2. 밀폐공간 보건작업 프로그램 수립 · 시행 미 실시

Control Tower 부재!

[간접원인]

1. 내화벽돌 교체작업에 관련된 안전작업표준 미정립
2. 밀폐공간 및 고소작업에 대한 안전작업허가 운영 미흡
3. 전로 정비작업 전반에 대한 작업자들의 이해도 미흡
4. 전로의 정비작업에 대한 종합관리 부재
5. 비상조치계획(비상시 대비 및 대응) 미흡

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

5. 제언

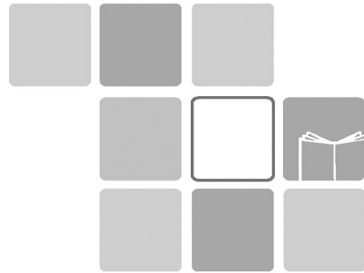
1. 밀폐공간에 대한 용어 재정립
2. 밀폐공간작업 사전신고 제도 도입
3. 질식 위험가스에 냄새 식별물질 추가

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY

감사합니다.

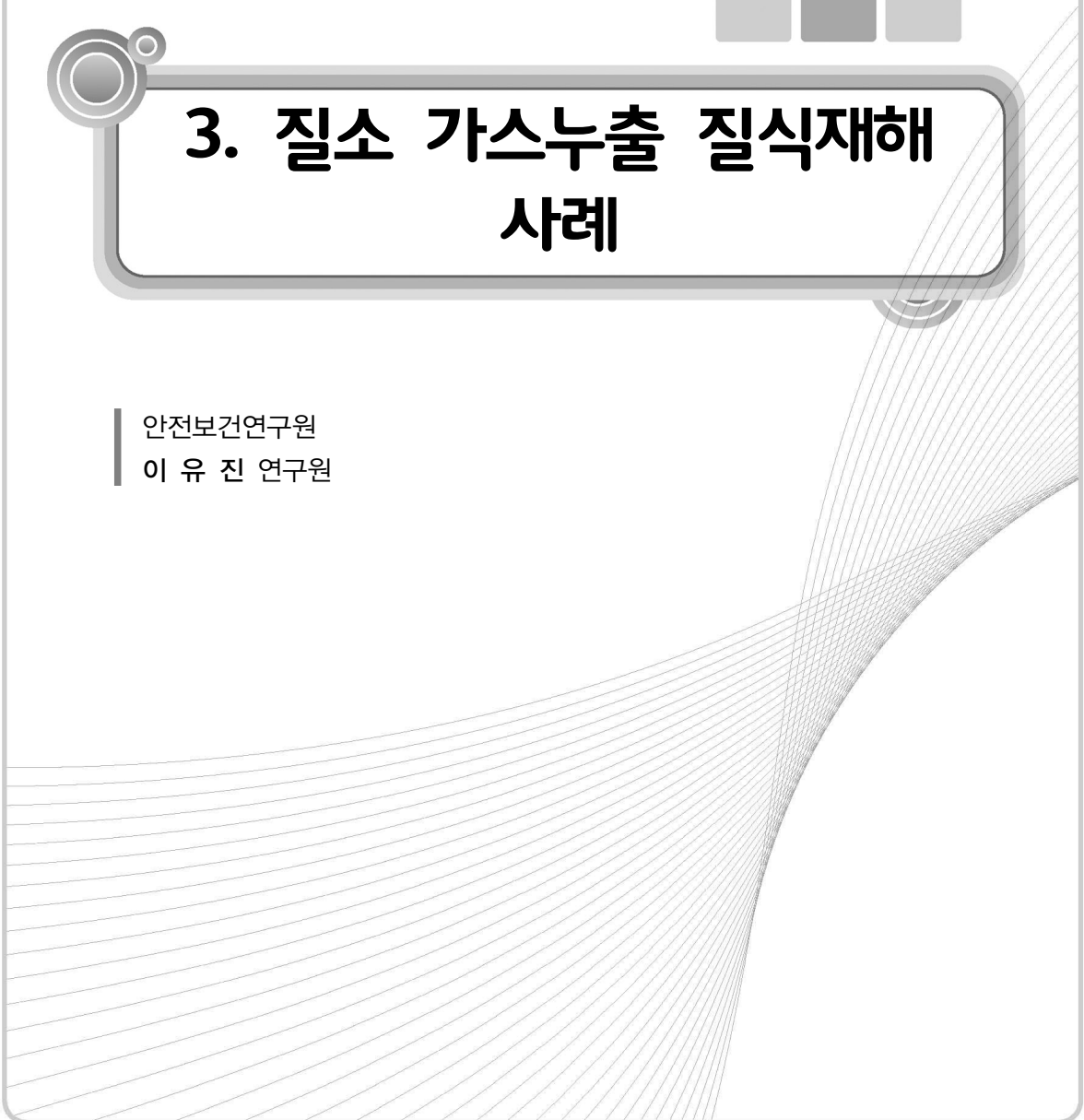


KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY



3. 질소 가스누출 질식재해 사례

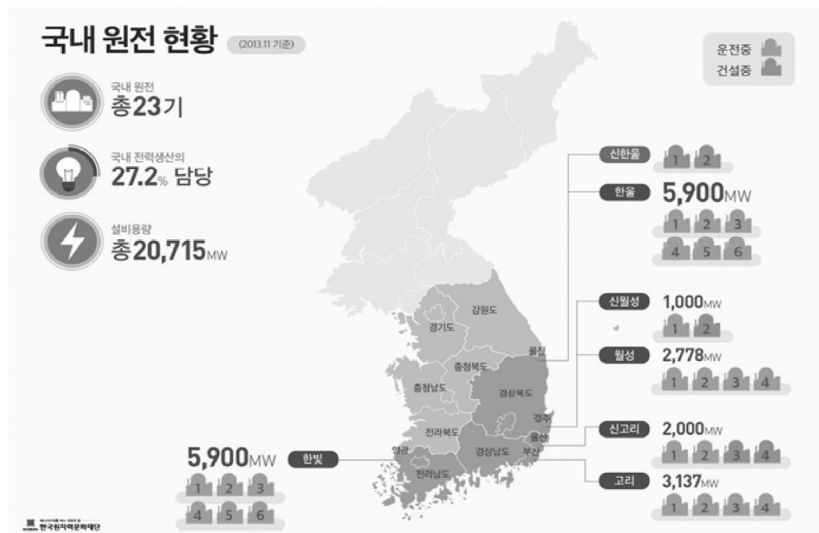
안전보건연구원
이 유 진 연구원



질소 가스누출 질식재해 사례

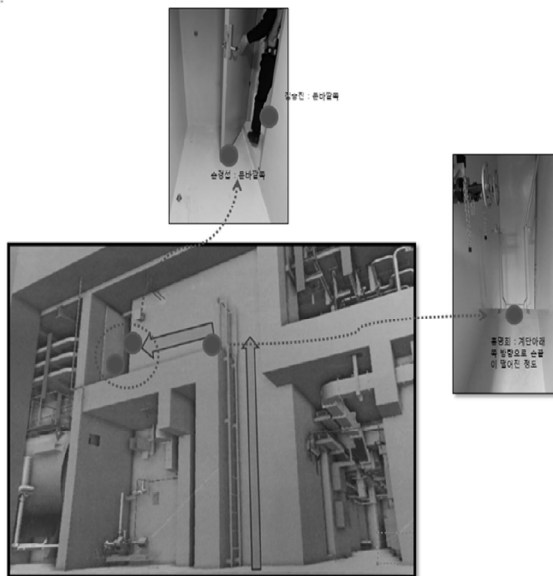
산업안전보건연구원 직업건강연구팀 이유진 과장

국내 원전의 분포 현황



사고의 개요

■ 2014년 12월 26일(금) 원자력 신축건설 현장에서 안전순찰을 하던 밸브 실링 업체인 **건설 안전관리원 2명이 오전에 연락 두절되었다는 사실을 **건설 안전담당자 최모 씨가 인지하였고, 이를 안전관리 용역업체 담당팀장인 홍○○에 보고하고 함께 구조에 나섰다. 홍○○가 구조 장비 없이 밸브룸(16시 58분) 쪽으로 올라갔다가 사다리 방향으로 쓰러졌으며 호흡과 의식이 없는 상태로 발견되어 이송되었으나 3명 모두 사망한 재해임. 마지막 3번째 홍 ○○은 동료들에 의해 사고 인지후 구조시까지 30분이 초과하지 않음.



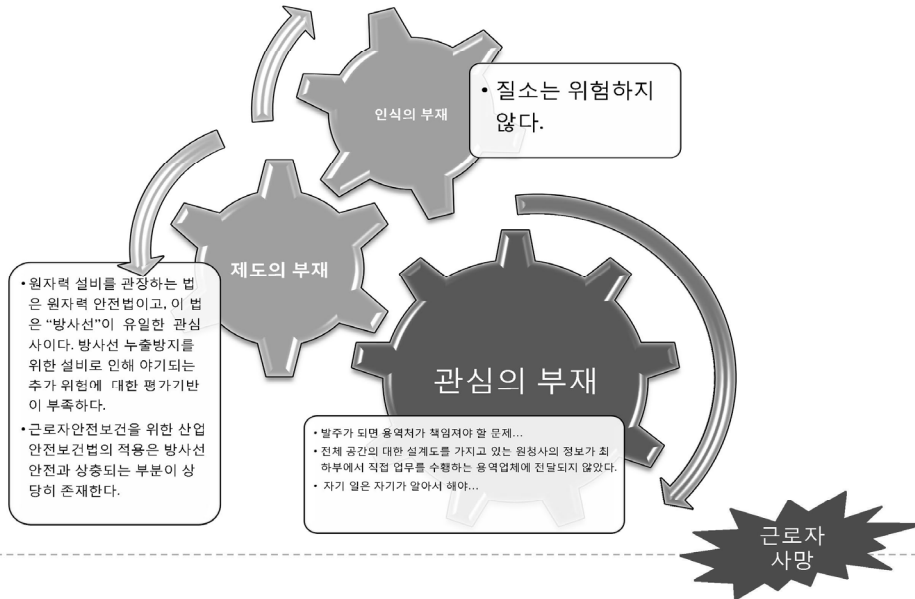
● 재해자, 번호는 사고 순서

사고원인은?

“원자력 설비 내 밸브결함으로 누출된 질소에 의한 질식사”



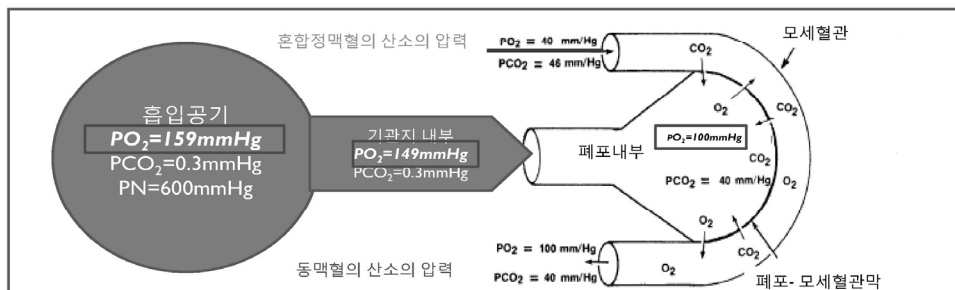
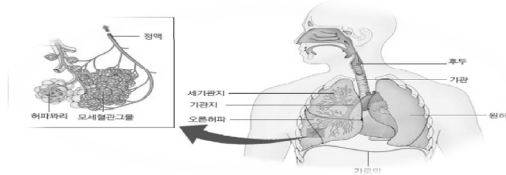
사고 원인은?



질소가 위험할 수 있다.

“위험을 보는 것부터가 안전의 시작이다”

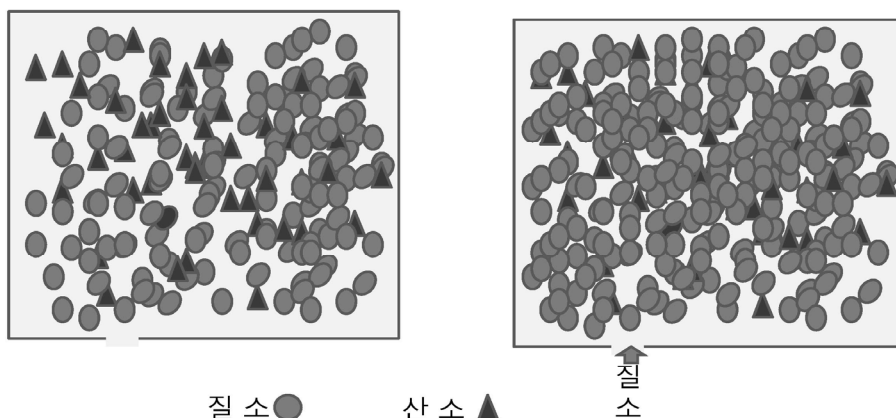
“호흡의 원리” 이해하기



■ 흡입공기의 압력은 159mmHg이나 코, 후두 기관지 등의 호흡계를 거치면서 실제 산소교환이 이루어지는 폐포에 도달하면 산소압력은 100mmHg로 떨어진다. 신체 내 산소공급이 이루어지기 위해서는 폐포 내 산소압이 40mmHg 이상이어야 분압차에 의한 산소교환이 가능하다.



제한된 공간에서의 질소 증가는 산소분압의 감소를 의미



■ 신체 내 산소공급은 공기와 신체를 구성하고 있는 산소 압력차에 의한 단순확산으로 이루어진다.
 ■ 제한된 공간에서 질소의 증가는 일정한 공간 내를 차지하는 전체 공기내의 산소의 분율을 감소시키며 호흡에 필요한 산소압력을 떨어뜨리며 인체 내 산소공급을 방해한다.



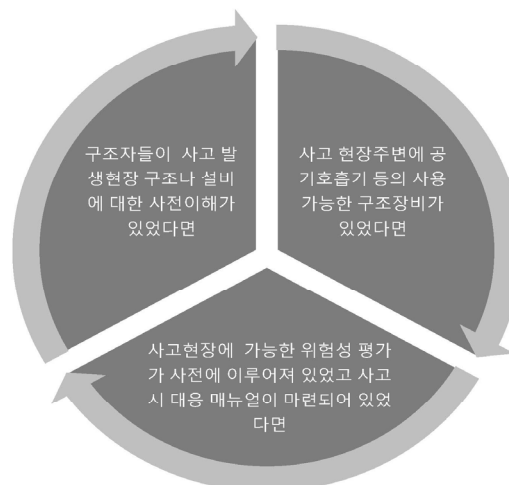
산소농도의 감소에 따른 산소압력의 변화

산소결핍의 의한 급성 인체반응	해수면 위치의 건조한 대기	
	산소농도(%)	산소압력(mmHg)
건강한 상태에서 증상 없음	16-20.9	122-159
호흡수 및 심박동수 증가, 신체기능조절 능력 일부, 호흡량 증가, 집중력, 사고력 저하	16	122
움직임 시 비정상적인 피로, 정서적 혼미, 기능상실, 판단력 손상	14	107
심각한 판단력 및 조정기능 상실, 호흡손상, 시야가 좁아짐,	12	91
영구적 심장손상에 따른 격렬한 움직임, 구역, 구토, 기력 없는 움직임. 무의식 유발가능성, 움직이지 못함, 무의식 이후 사망	<10	<76
경련, 짧은 호흡, 심정지, 경련성 호흡, 수분 내 사망	<6	<46
1-2호흡 후 무의식, 사망	<4	<30

[산소농도(산소 분압)에 따른 인체반응, After NIOSH 1976, Miller and Mazur 1984, and CSA 1993]

▶ 호흡기전에 손상(12%이하)이 오면 소생이 불가능하다.

3번째 희생자는 어쩌면 살릴 수 있지 않았을까?





전환 : 원자력 내부 설비에서의 제한된 공간이란?

“위험을 보는 것부터가 안전의 시작이다”

방사선 기본 방호원칙



- **정당화 원칙**: 방사선 피폭상황의 변화를 초래하는 모든 결정은 필요유무보다 이로운이 커야 한다.
- **방호최적화 원칙**: 피폭 발생 가능성, 피폭자 수 및 개인선량 크기는 경제적, 사회적 인자를 고려해 합리적으로 달성할 수 있는 범위에서 낮게 유지되어야 한다.
- **선량한도적용 원칙**: 환자 의료피폭을 제외하고 계획피폭상황의 규제된 선원으로부터 개인이 받는 총 선량은 ICRP가 규정한 적정 한도를 초과하지 않아야 한다.

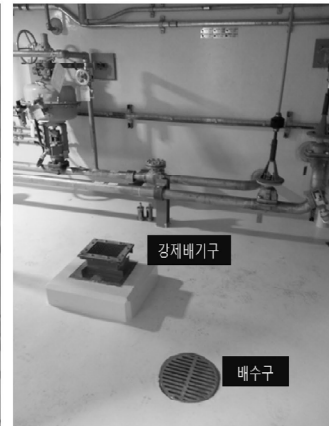
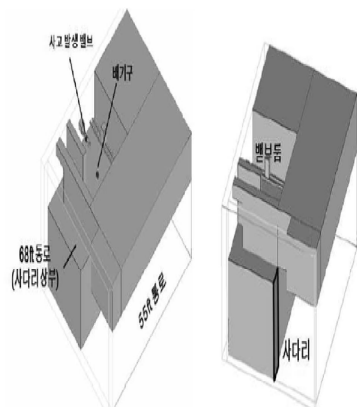
방사선 기본 방호원칙이 밀폐공간을 만들어..

- ▶ 원자력 설비의 환기나 구조는 방사선 누출사고나 상황에 대비해 방사선이 설비내부에서도 최소한의 확산이 이루어지도록 설계.
- ▶ 구역별 공기는 공조시설에 의해 복도는 약간의 양압이 방사선 누출이 예상되는 설비나 구역은 약간의 음압이 걸려 외부 확산이 없도록 설계됨.
- ▶ 방사선 누출예상구역은 **10cm이상의 벽으로** 문을 열었을 때 바로 개방되는 구조가 아닌 격벽을 하나더 만들어 1차 방사선 누출을 방지하는 구조로 설계

“ 이 설비로 야기되는 설비의 위험요인, 유해인자, 인적 특성에 따르는 2적 잠재위험에 대한 위험성 평가가 이루어졌는가?”



밸브룸 내부의 전경



“밸브룸은 문을 열고 들어가는 구조로 내부설비가 제한된 공간의 특성을 지닐 수 있다는 위험인식이 없었다” 사고 당시 공조시스템은 가동되지 않았다.



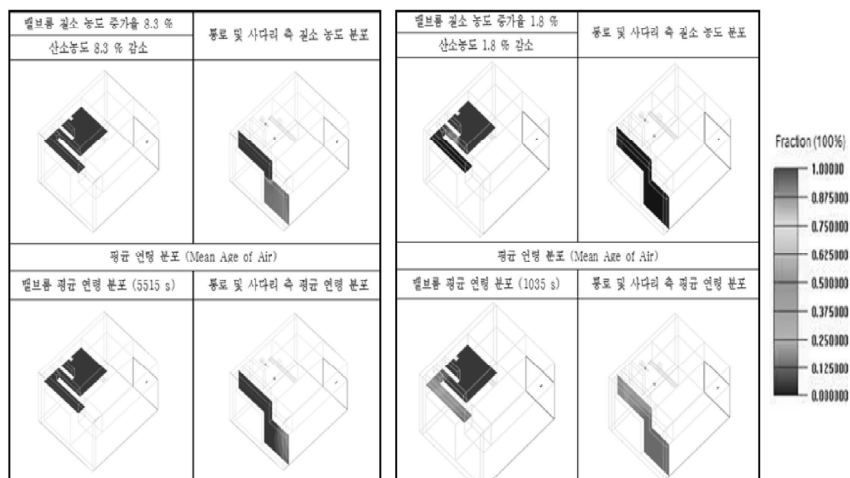
환기장치가 가동되지 않았을 때의 공기의 흐름



환기장치의 가동유무에 따른 산소농도의 변화

[환기가동 중지 상태 : 산소농도(12.6%)]

[환기 정상가동 상태 : 산소농도(19%)]



기술적 개선방안 : 밸브 설계 시 안전사양요구

부속품 설계단계에서 안전사양강화

- 동일 요구사항에 대한 납품업체의 이해가 달라 동일 사양의 밸브가 제조사에 따라 달리 제작되었으며 이것이 밸브 손상 시 누출로 이어지는 결과에 도달함.
- 따라서 손상 시 혹은 교체 시 안전성에 대한 원청사의 검증단계가 필요함.

기술적 개선방안 : 질식발생가능구역 지정관리

질소발생가능 구역 지정 관리

- 해당지역 환기분석(잠재성을 포함)을 통해 밀폐공간의 특성을 띄는 특성을 나타내며, 이 지역에 특정물질을 이송하는 배관이 관통하여 누출로 인한 질식이나 중독 발생가능성이 예측될 때 “질식발생가능구역”으로 지정하여 관리
- 질소발생가능 구역은 설비 설계도에 반영되어 부분 용역 시 반드시 제공되어야 할 기본 정보로 관리가 필요하며 현장에 표식으로 지정되어야 함.



기술적 개선방안 : 질식발생에 대한 경고체계 확립

산소 및 유해가스 모니터링 및 경고설비 설치

- 근로자가 질식발생가능 지역에서 투입전, 작업중, 후의 공기 상태를 모니터링 할 수 있는 경고시스템 설치 및 안내



기술적 개선방안 : 환기의 개선

질식 발생가능지역에 비상시 사용할 보조환기설비의 비치 및 관리 필요

- 방사선 확산방지 최소화에 기초한 환기설계로 공조설계변경이나 일부 구역의 환기상태변화는 전체의 시스템의 균형을 파괴함으로 현실적으로 불가능함.
- 질식발생가능지역에 한시적으로 보강해 줄 보조환기설비를 배치하고 상시 사용이 가능하도록 관리하고 현장작업자들을 훈련하여야 함.



기술적 개선방안 : 비상시 구조능력 배양

인명구조 시 기본 행동 수칙 등 구조장비의 현장비치

- 구조장비의 현장 미비치로 구조가 늦어지지 않도록 조치 .
- 공기호흡기의 상시 정상상태유지 관리 .



제도적 개선 : 원자력 설비내의 근로자 보호정책

원자력법의 안전 기조변화 필요

- 원자력 설비 내 안전은 방사선 안전에 초점이 맞추어져 있으며 원자력 안전위원회의 감시하에 설비가 유지 관리되고 있음.
- 원자력 설비내의 방사선을 제외한 다양한 위험요인에 대한 인식전환이 필요하며 이들에 대한 위험성 평가 및 대책이 절실

산업안전보건법 적용의 사각지대

- 원자력 설비는 방사선 사고에 대한 공익의 피해를 최소화 하기 위해 설계된 구조로 사고 발생시 근로자의 고립이 가능토록 설계 되었음으로
- 이 특성으로 야기될 수 있는 밀폐공간에 의한 질식재해 발생가능성을 염두해 두고 산업안전보건법상 “밀폐공간의 정의”부분에 대한 원자력설비내의 환기평가에서 인위적인 환기흐름이 없는 공기 흐름이 없는 밀폐공간의 특성이 가능함을 명시 적용토록 해야 함.

경청해주셔서
감사합니다.

III

사업장 질식재해 예방 모범사례

Air Products Korea

김 영 수 부장

사업장 질식사고 예방 모범사례

김영수 부장

공정안전

Air Products Korea

July 7, 2015



주제

1. 옥내설비 (Hazardous Enclosures)
2. 밀폐공간 (Confined Space)



Hazardous Enclosure란?

- 벽면 기준 **25%** 이하로 개방된 공간
- 질식, 산소과잉, 독성, 가연성 등 공정물질의 누출로 인한 위험성이 존재하는 곳
- 평상시 작업자가 상주하여 근무하거나 빈번한 출입이 가능한 곳
- 일반적으로 출입을 위한 특별한 작업허가가 필요하지 않음
- 예) 옥내 공정지역, 조정실(분석기 포함), 압축기실, 보일러실, 분석기실, 실린더 저장소, 차량 정비소 등

AIR
PRODUCTS

Hazardous Enclosure의 예 - 옥내공정지역



AIR
PRODUCTS

Hazardous Enclosure의 예 - 조정실



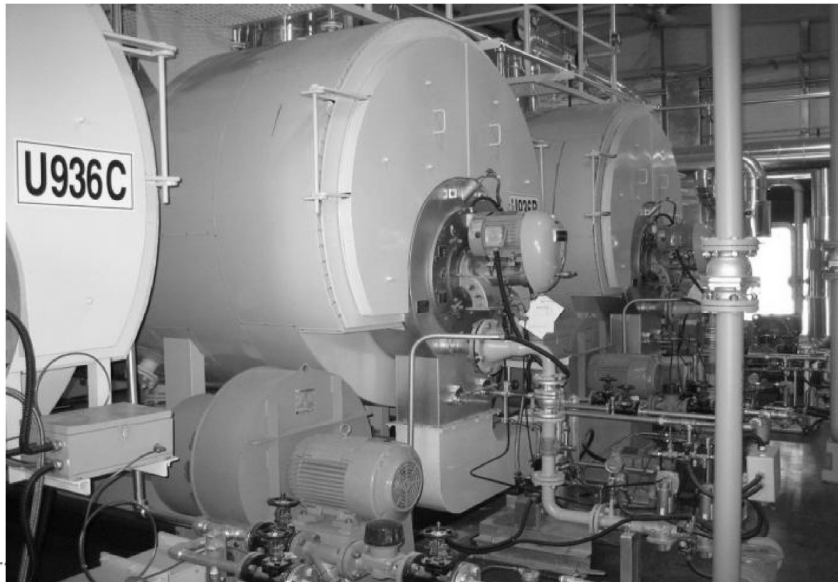
AIR PRODUCTS

Hazardous Enclosure의 예 - 압축기실

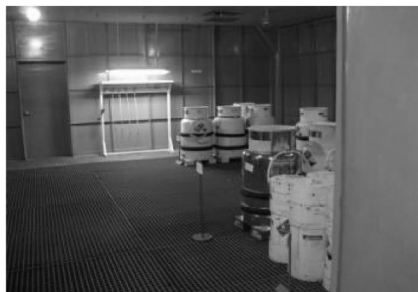


AIR PRODUCTS

Hazardous Enclosure의 예 - 보일러실

AIR
PRODUCTS 

Hazardous Enclosure의 예 - 실린더 저장소

AIR
PRODUCTS 

Hazardous Enclosure의 예 - 분석기실



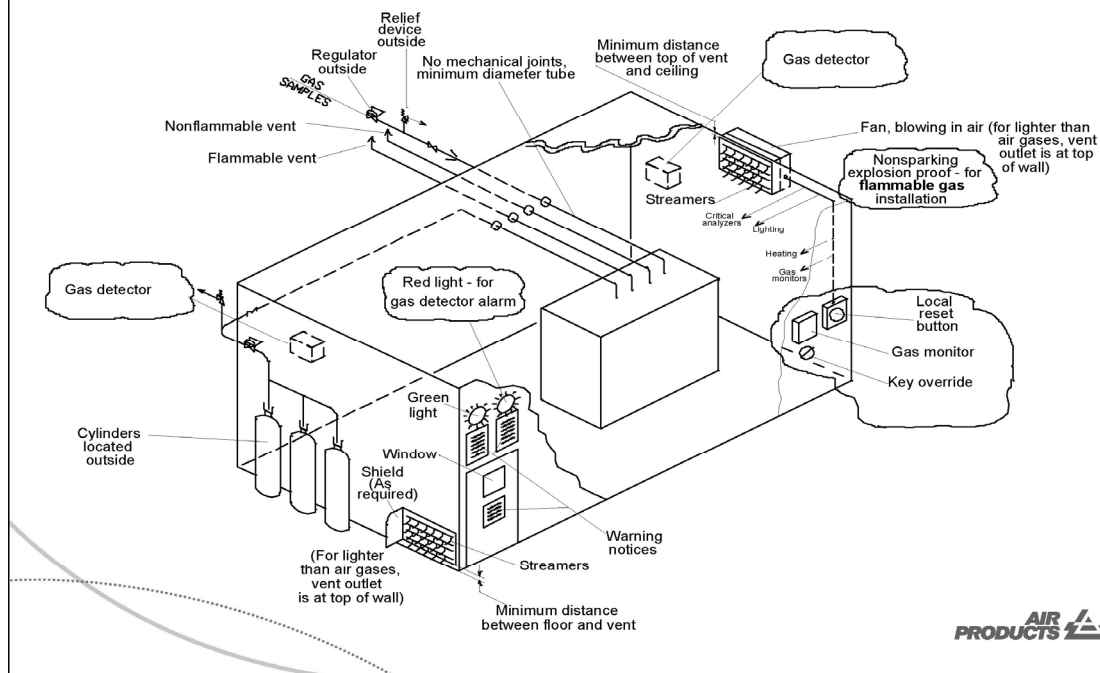
AIR
PRODUCTS 

Hazardous Enclosure의 예 - 차량 정비소



AIR
PRODUCTS 

Hazardous Enclosure 설계/관리 개념



환기, 경보, 감지

	Asphyxiant		Oxidizer		Flammable	
room size ft3	< 10000	> 10000	< 10000	> 10000	< 10000	> 10000
room size m3	< 283	> 283	< 283	> 283	< 283	> 283
Ventilation Rate (air changes/hr)	6	4	9	6	10*	6
* In order to comply with the UK IP15 2nd edition area classification code requirements for buildings where flammable atmospheres may occur inside, to meet the well ventilated ' definition in the code, the ventilation rate shall be 12 air changes per hour minimum.						
Ventilation Failure Warning Lights and Notice Required (see 3ES80101 Section 8 for requirements)						
Warning Notice Wording in both English and the language(s) of the country in which the plant is located	<u>DANGER</u> GREEN LIGHT OUT INDICATES POSSIBLE VENTILATION FAILURE					
Atmospheric Gas Monitor, Audible Alarms, and Warning Lights and Notice Required (see 3ES80101 Section 9 for requirements)						
Warning Notice Wording in both English and the language(s) of the country in which the plant is located	<u>DANGER</u> AUDIBLE ALARM AND RED FLASHING LIGHT INDICATE POSSIBLE [ASPHYXIATING] [OXYGEN/OXIDIZER-RICH]** HAZARD				<u>DANGER</u> AUDIBLE ALARM AND RED FLASHING LIGHT INDICATE [FLAMMABLE] [TOXIC]** HAZARD	
** [] Delete as applicable						
Alarm Setpoints	Minimum: 19.5% O2		Maximum: 23.5% O2, For other oxidizers, see Table C-1		Maximum: 25% LFL	

경보등 표지 예



PRODUCTS 

주요 개선 사례

- 감지기 미설치
- 감지기 설정치 오류 - 예, 산소 **19.5%**
- 감지기 감지 위치 오류
- 경보장치/표지 미설치
- 요구 환기량 부족
- 환기상태 모니터링 불량
- 정기적 점검 프로그램 마련
- 상주근무 지역 소화기 - **CO₂** 대신 질식위험이 없는 약제 사용
- 작업자 인식 교육
- 정량적 안전성평가를 통해 리스크 판단

PRODUCTS 

밀폐공간(Confined Space)란?

- 작업자가 내부에서 작업 가능한 충분히 공간이 있으며,
- 출입을 통제하는 수단이 있고, 작업자가 상주할 수 없는 지역
- 유해 화학물질에 노출될 위험성이 존재, 또는 아래로 경사가 지거나 단면적이 좁아져 작업자가 갇히거나 질식우려가 있는 구조
- 기타 심각한 안전 또는 건강 유해성이 존재
- 특별한 안전작업 허가 및 장비 필요
- 예) 공정용기, 냉각탑, 저장 탱크, 사일로, 피트/지하실, 통/믹서 및 반응기, 굴착된 공간, 우수 하수구, 장비 하우스, 탱커 트럭 등



AIR
PRODUCTS

밀폐공간의 예



AIR
PRODUCTS

밀폐공간의 예



AIR PRODUCTS 

밀폐공간 작업을 위한 교육

- 출입자, 감독자, 구조자 교육
- 작업 허가 및 락아웃/태그아웃(LOTO)
- 특수 안전 장비 사용(비계 등)
- 응급 치료/ 심폐소생술
- 전기 안전
- 호흡기 보호구 선택 및 사용
- 개인 보호 장비(PPE)
- 대기질 모니터(산소, 가연성, 독성)
- 화기 작업
- 추락보호



AIR PRODUCTS 

밀폐공간 관리

- 밀폐공간 평가 및 유해성 파악 - 허가서 작성시 작업뿐만 아니라 구조 가능성을 고려하여 개인 보호 장비 뿐만 아니라 필요한 구조 장비 마련 및 교육
- 안전작업 허가 또는 밀폐 공간 출입 허가 프로그램을 통한 허가 없이는 절대 밀폐 공간에 들어가는 안됨.
- 적절한 허가 없이는 인체의 일부라도 밀폐 공간에 들어갈 수 없음.
- 훈련되고 승인된 구조자만 밀폐 공간 구조를 시도해야 함. - 밀폐 공간 사망 사고의 **3분의 2**가 준비없이 구조하려고 들어 갔던 사람들에게 일어났음.



AIR
PRODUCTS 

감사합니다

AIR
PRODUCTS 

IV

밀폐공간 질식재해예방 정책추진방향

고용노동부
김 정 호 서기관

밀폐공간 질식재해 예방 정책방향

2015.7.7

김정호

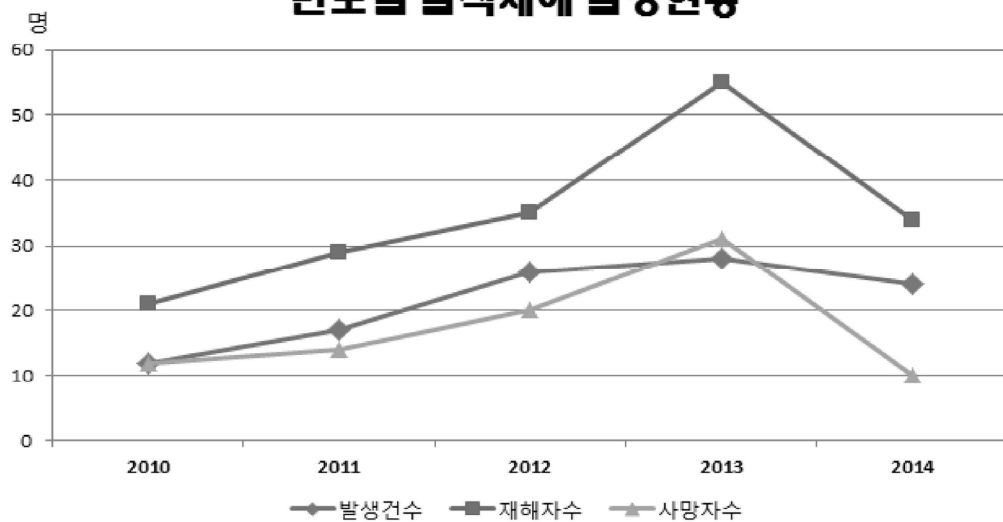
고용노동부 산업보건과 기술서기관
산업위생관리기술사, 공인노무사

목 차

- ⊕ 현황
- ⊕ 사고 사례
- ⊕ 현행 제도 개요
- ⊕ 문제점
- ⊕ 정책 방향

현황

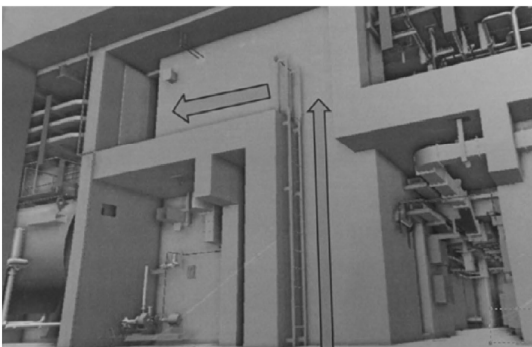
년도별 질식재해 발생현황



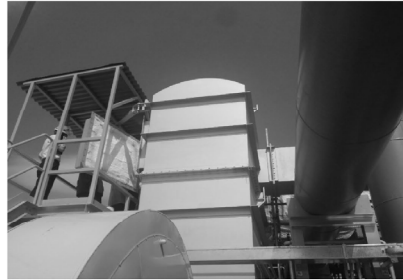
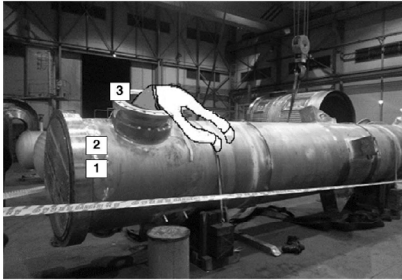
사고 사례

사고 사례

⊕ '14.12.26 울산 울주군 원전 건설현장 질소 누출 3명 사망



사고 사례



‘14.12.15

경기 화성 ○○아파트 공사현장
갈탄 일산화탄소 중독 2명 사망

‘14.12.8

충북 음성 ○○기업에서
화학물질 반응기에 들어갔다가
질식 1명 사망

사고 사례

- ⊕ ‘14.12.15 경기도 화성 소재 극동건설(주) 시공 아파트 공사현장에서 근로자가 갈탄난로에서 발생한 일산화탄소에 중독되어 2명 사망
- ⊕ ‘14.12.8 충북 음성 소재 업체에서 화학물질이 들어있던 반응기에 근로자가 들어갔다가 질식되어 1명 사망

현행 제도 개요

현행 제도

⊕ 밀폐공간 내 작업시의 조치

- 밀폐공간 보건작업 프로그램 수립 시행
 - ▶ 적정 공기상태 측정 평가, 교육훈련, 보호구 착용 관리, 기타
- 환기
 - ▶ 적정 공기 상태 유지(작업 전, 작업 중); 곤란 시 송기마스크 등 착용
- 산소농도 등의 측정
 - ▶ 측정 결과 적정 공기가 유지되지 않고 있다고 보이는 경우 송기마스크 등의 착용

현행 제도

⊕ 밀폐공간 내 작업시의 조치(2)

- 인원 점검
 - ▶ 입퇴장 시 인원 점검
- 출입 금지
 - ▶ 출입을 금지하고 그 내용을 게시
- 연락
 - ▶ 작업장과 외부 감시인 간 상시 연락을 취할 수 있는 설비 설치
- 사고시 대피 등
 - ▶ 즉시 작업 중단, 대피
- 대피용 기구의 비치
 - ▶ 송기마스크 등, 사다리 및 섬유 로프 등기구 비치
- 구출시 송기마스크 사용
 - ▶ 구출작업 근로자에게 송기마스크 등 지급

현행 제도

⊕ 유해가스 발생 장소 등에 대한 조치

- 용접 등에 관한 조치
 - ▶ 탱크, 보일러 또는 반응탑 내부 등 통풍 불충분한 장소에서 용접 용단 작업 시 작업장 가스산소농도 측정 및 환기; 송기마스크 등 지급
- 불활성기체의 누출
 - ▶ 보일러 탱크 반응탑 선창 등의 장소 - 밸브나 콕을 잠그거나 차단판, 잠금장치 설치하고 임의 개방 금지 및 표시
 - ▶ 배관 밸브나 콕 등에는 명칭과 개폐 방향 표시
- 불활성기체의 유입 방지
 - ▶ 즉시 작업 중단, 대피

현행 제도

⌘ 관리

- 감시인의 배치
 - ▶ 상시 작업상황 감시
- 긴급 구조 훈련 및 결과 기록 보존
 - ▶ 긴급 상황 발생시 대응
 - ▶ 비상연락체계 운영
 - ▶ 구조용 장비의 사용
 - ▶ 송기마스크 등의 착용
 - ▶ 응급 처치에 관한 훈련(6월에 1회)
- 안전한 작업방법 등의 주지
 - ▶ 작업을 시작할 때 바다 산소 및 유해가스 농도 측정에 관한 사항
 - ▶ 사고시 응급조치 요령
 - ▶ 환기 설비 가동 등 안전한 작업방법에 관한 사항
 - ▶ 보호구 착용과 사용 방법
 - ▶ 구조용 장비 사용 등 비상시 구출에 관한 사항

현행 제도

⌘ 보호구 지급

- 질병 감염의 우려가 있는 경우 개인 전용의 것을 지급
- 안전대 등
 - ▶ 추락 우려가 있는 경우 안전대나 구명 밧줄, 송기마스크 등을 지급
 - ▶ 착용설비 설치

문제점

문제점

- ⊕ 밀폐공간에 대한 이해 부족
- ⊕ 질식 사고의 지속 발생
 - 일산화탄소 중독 사례 등
- ⊕ 밀폐공간 출입 금지 표지 모호
- ⊕ 체계적인 보건관리 미흡
- ⊕ 근본적인 예방 수단 미규정

정책 방향

유해가스의 범위 명확화

- ⊕ (현행) 탄산가스·황화수소 등
- ⊕ (개선) 일산화탄소·탄산가스·황화수소 등
- ⊕ (이유)
 - 유해가스의 범위 불명확
 - 일산화탄소에 의한 질식 재해 지속 발생

출입금지 표지 개선

- ⌘ 밀폐공간의 크기에 따라 적당한 규격
- ⌘ 최소 가로 21 cm × 세로 29.7 cm 이상



밀폐공간 보건작업 프로그램 보완

- 수립 내용(현행)
 - ▶ 작업 시작 전 공기 상태 측정·평가
 - ▶ 응급조치 등 안전보건 교육 및 훈련
 - ▶ 공기호흡기나 송기마스크 등의 착용과 관리
 - ▶ 기타 밀폐공간 작업근로자 건강장해 예방에 관한 사항
- 보완 방향
 - ▶ 수립: 밀폐공간 작업 시 → 밀폐공간을 보유한 사업장의 사업주
- 내용 추가
 - ▶ 사업장 내 밀폐공간 위치와 질식·중독 등을 일으킬 수 있는 유해인자
 - ▶ 밀폐공간 작업 허가에 관한 사항
 - ▶ 밀폐공간 내 환기에 관한 사항
 - ▶ 산소농도 측정 등에 관한 교육 및 훈련
 - ▶ 연락체계 구축·운영에 관한 사항
 - ▶ 송기마스크나 공기호흡기의 착용과 관리

밀폐공간 작업 허가제 도입

- ⊕ (작업 허가) 밀폐공간 작업 시 아래 사항을 사전 서면 점검, 산소 농도 측정, 환기 및 보호구 등의 기준 충족 시
 - 작업 일자, 작업 시간 또는 작업 기간
 - 작업 장소
 - 작업명 및 작업 내용
 - 작업 인원 및 작업자 성명
 - 산소 농도 등의 측정 시간, 측정 결과, 측정자 성명
 - 사전 환기 여부 및 작업 중 환기 방안
 - 작업 시 착용할 보호구
 - 감시인 성명 및 관리감독자 성명
- ⊕ (작업 허가 내용 게시) 작업 종료 시 까지 직접 또는 수급사업주로 하여금 밀폐공간 작업장 출입구에 게시

도급사업 보건조치 강화

- ⊕ 정보 제공 의무 신설
 - 밀폐공간 작업을 포함하고 있다는 사실
 - 밀폐공간 위치와 질식 유해인자
 - 사전 작업 허가를 받아야 한다는 사실
 - 작업 기간 및 상호 연락체계
 - 작업 시 가스를 공급하거나 가스의 종류를 변경하여 공급하거나 또는 가스 공급을 차단하는 경우 그 사실
- ⊕ 작업 허가
 - 허가 사항에 대한 그 준수내용을 사전에 서면 점검
 - 산소 농도 측정, 환기 및 보호구 등 기준 충족 시 허가
- ⊕ (작업 허가 내용 게시) 작업 종료 시 까지 직접 또는 수급사업주로 하여금 밀폐공간 작업장 출입구에 게시

보호구 지급 기준 설정

- ⊕ 밀폐공간 작업 시 공기호흡기 또는 송기마스크 지급·착용
 - 환기에도 불구하고 작업장 공간을 충분히 환기하기 곤란한 경우
 - 적정공기 상태 여부를 확인하기 어려운 경우

정책 추진 사항

- ⊕ 밀폐공간 보유사업장 지속 감독 (지방관서)
 - 건설현장
 - ▶ 콘크리트 양생 중인 건설현장 (동절기 유해업종)
 - 유해위험방지계획 심사대상 현장
 - ▶ 공정률 70% 이상 또는 시운전 단계
 - 화학업종
 - ▶ 화학설비, 플랜트, 반응기 등 질식위험설비 보유사업장
- ⊕ 질식재해 예방 기술지도(공단)
- ⊕ 동절기 및 상시 질식재해 위험 사업장
- ⊕ 질식재해 발생경고(Alert) 및 예방조치 안내
- ⊕ 홍보 강화
 - TV, 라디오 등



MEMO

MEMO

MEMO

MEMO

MEMO

이 책자를 한국산업안전보건공단의 승인없이 부분 또는 전부를 복사, 복제, 전재하는 것은 저작권법에 저촉됩니다.

2015년도 질식재해 예방을 위한 기술 및 정책 세미나

발 행 일 2015년 7월
발 행 인 이 영 순
발 행 처 한국산업안전보건공단 직업건강실
주 소 울산시 중구 종가로 400
전 화 (052)7030-648

인 쇄 한국척수장애인협회 (031)421-8418

〈비매품〉

2015년도
질식재해 예방을 위한
기술 및 정책 세미나

KOREA OCCUPATIONAL
SAFETY & HEALTH AGENCY