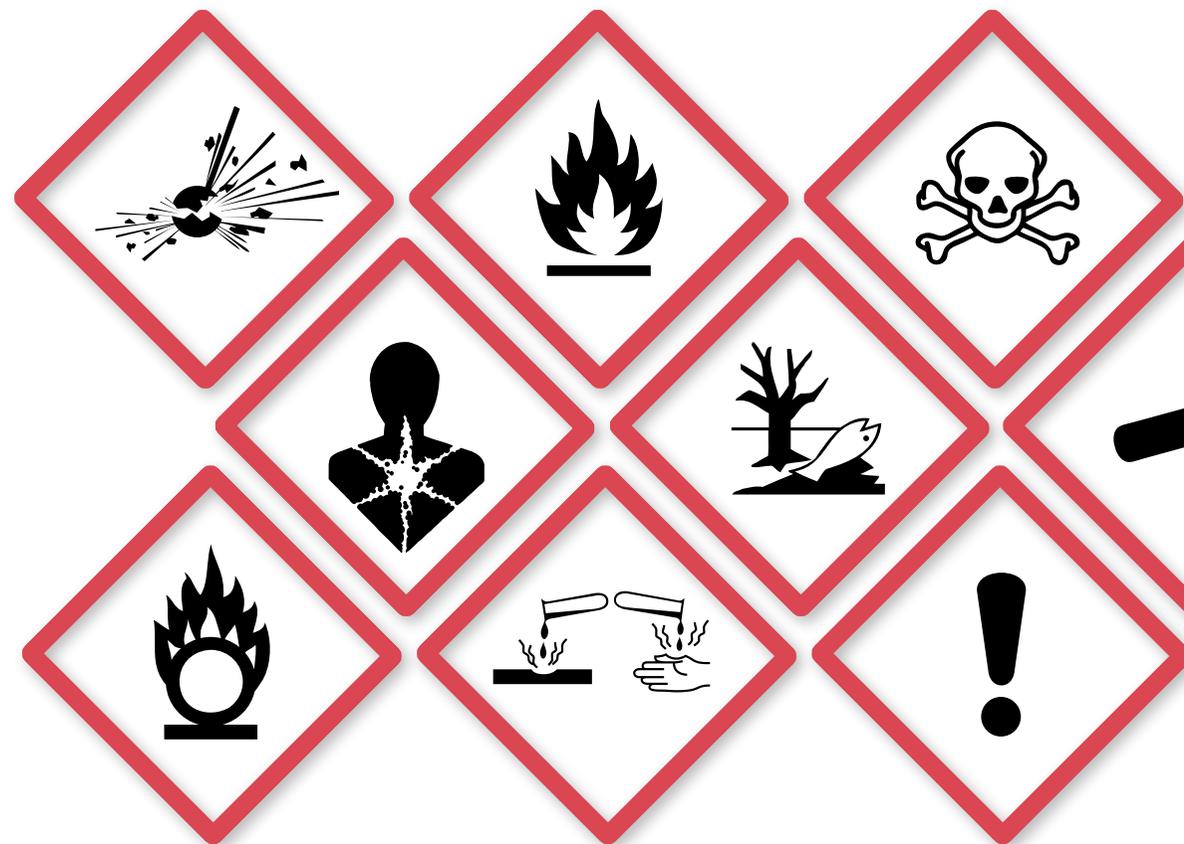


중·소규모 사업장 화재·폭발 사고예방 핸드북 HANDBOOK

중·소규모 사업장 화재·폭발 사고예방 핸드북 HANDBOOK



중·소규모 사업장 화재·폭발 사고예방 핸드북 HANDBOOK

Contents

산업안전 대진단 및 안전보건관리체계 구축 핵심요소	02
I. 화학사고의 정의	14
II. 화재·폭발 및 누출 위험 개요	16
III. 화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한 주요 확인사항	28
IV. 화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책(중대산업사고 포함)	66

산업안전 대진단 및 안전보건관리체계 구축 핵심요소



2024 산업안전 대진단

“안전보건관리체계” 진단하고 개선해 보세요!



산업안전 대진단, 무엇인가요?

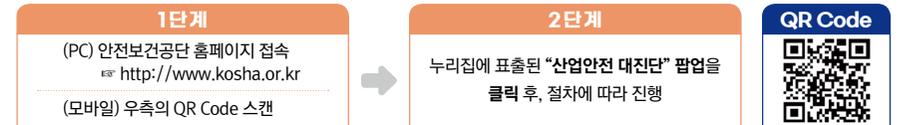
- 중대재해 예방 및 중대재해처벌법 대비를 위해 중소기업(5~50인 미만) 83만개소의 안전보건관리체계 구축·이행을 자가진단하고, 정부의 맞춤형 지원사업과 연계하여 안전수준을 개선하는 것입니다.

산업안전 대진단, 왜 해야 하나요?

- 「산업안전 대진단」을 통해 중소기업에서 중대재해처벌법에 대비하고 안전보건관리체계를 구축·이행하는데 도움을 받을 수 있습니다.
- 궁극적으로는 사업장의 안전보건관리체계 구축 등 안전 및 보건 확보 의무를 이행함으로써 중대재해를 예방할 수 있습니다.

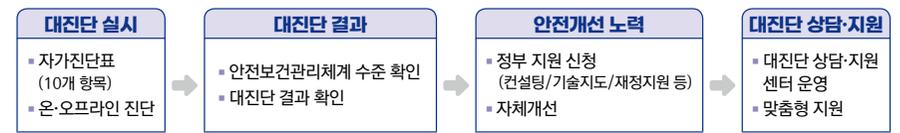
산업안전 대진단, 어떻게 참여할 수 있나요?

- (온라인) PC·모바일로 접속하며, 접속 방법은 아래의 절차를 따라하세요.



- (오프라인) 우편·방문을 통해 안내받은 자가진단표를 작성하고, 산업안전 대진단 상담·지원센터를 통해 상담·지원 받을 수 있습니다.
- (산업안전 대진단 상담·지원 문의) ☎ 1544-1133

산업안전 대진단, 어떻게 진행 되나요?



산업안전 대진단, 어떤 혜택이 있나요?

- 첫째, 대진단 실시 후 지원신청 사업장은 신속한 상담·지원을 받을 수 있습니다.
- 둘째, 상담·지원센터에서 사업장 맞춤형 지원을 받을 수 있습니다.
- 셋째, 중대재해를 예방하고, 중대재해처벌법에 대비할 수 있습니다.

안전보건관리체계 구축 7가지 핵심요소

01. 경영자 리더십

- 안전보건에 대한 의지를 밝히고, 목표를 정합니다.
- 안전보건에 필요한 자원(인력·시설·장비)을 배정합니다.
- 구성원의 권한과 책임을 정하고, 참여를 독려합니다.

02. 근로자의 참여

- 안전보건관리 전반에 관한 정보를 공개합니다.
- 모든 구성원이 참여할 수 있는 절차를 마련합니다.
- 자유롭게 의견을 제시할 수 있는 문화를 조성합니다.

03. 위험요인 파악

- 위험요인에 따른 정보를 수집하고 정리합니다.
- 산업재해 및 아차사고를 조사합니다.
- 위험기계·기구·설비 등을 파악합니다.
- 유해인자를 파악합니다.
- 위험장소 및 작업형태별 위험요인을 파악합니다.

04. 위험요인 제거·대체 및 통제

- 위험요인별 위험성을 평가합니다.
- 위험요인별 제거·대체 및 통제방안을 검토합니다.
- 종합적인 대책을 수립하고 이행합니다.
- 교육훈련을 실시합니다.

05. 비상조치 계획 수립

- 위험요인을 바탕으로 '시나리오'를 작성합니다.
- '재해 발생 시나리오' 별 조치계획을 수립합니다.
- 조치계획에 따라 주기적으로 훈련합니다.

06. 도급·용역·위탁 시 안전보건 확보

- 산업재해 예방 능력을 갖춘 사업주를 선정합니다.
- 안전보건관리체계 구축·운영 시 사업장 내 모든 구성원이 보호받을 수 있도록 합니다.

07. 평가 및 개선

- 안전보건 목표를 설정하고 관리합니다.
- '안전보건관리체계'가 제대로 운영되는지 점검합니다.
- 발굴된 문제점을 주기적으로 검토하고 개선합니다.

① 경영자 리더십

실행전략 | 1 안전보건에 대한 의지를 밝히고, 목표를 정합니다.



- 「안전보건 증진·유지」를 핵심적인 경영방침으로 하고, 사업장 내 모든 구성원이 인지 할 수 있도록 합니다.
- 하청업체, 파견업체, 공급판매업체 및 고객에게도 안전보건 경영방침을 알립니다.
- '재해예방 활동'을 중심으로 목표를 정하고 정기 평가
- 사업장 내 작업환경 변화가 있는 경우 사전에 안전보건 확보방안 마련, 관련 수급인과의 협의

실행전략 | 2 안전보건에 필요한 자원(인력·시설·장비)을 배정합니다.



- 안전보건 조직(담당자)의 제안이 원활하게 이행될 수 있도록 조직 체계 구성 및 재편
 - [대기업] 가급적 경영자 직속 기구로 배치
 - [중소기업] 정부의 기술지도 사업, 안전관리전문기관 및 보건관리전문기관 등 외부 자원 활용 검토
- 안전보건 계획 수립 및 이행을 위한 예산 배정
 - 위험요인 제거·대체 및 통제를 위한 시설·장비 확충, 안전보건 담당자 배치, 비상조치 계획 수립·훈련 등 구체적인 계획을 수립하고 이행할 수 있는 예산 배정

실행전략 | 3 구성원의 권한과 책임을 정하고, 참여를 독려합니다.



- 사업장 안전보건 확보를 위한 충분한 인력이 있는지 확인하고, 부족한 경우 추가 확보
- 안전관리자·보건관리자만이 아닌, 모든 경영자와 관리자의 기본적인 업무임을 명확화
- 안전보건관리규정 등 사내 규정에 위험요인별 제거대체 및 통제방안에 대한 주요 내용과 구성원의 권한과 역할 규정
- 구성원이 관심을 가지고 참여할 수 있도록 충분한 시간 부여, 적극적 참여자에 인센티브 등 긍정적 분위기 조성

2 근로자의 참여

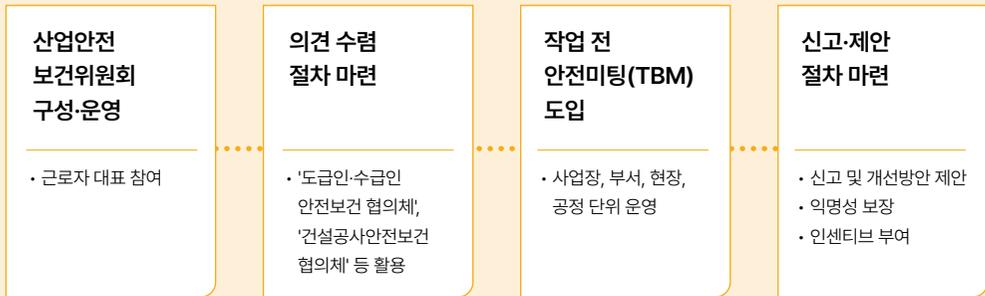
실행전략 | 1 안전보건관리 전반에 관련된 정보를 공개합니다.

- 안전보건관리와 관련된 모든 정보는 공개가 원칙



- 안전보건 경영방침과 목표, 안전보건관리규정 등 홈페이지에 게시
- 사업장 내 유해·위험기계·기구 및 물질, 아차사고 발생 현황 등 정보 공개

실행전략 | 2 모든 구성원이 참여할 수 있는 절차를 마련합니다.



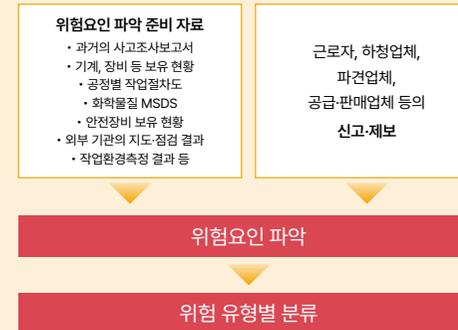
실행전략 | 3 자유롭게 의견을 제시할 수 있는 문화를 조성합니다.



- 신고제안에 대한 인센티브 마련, 불이익은 제거
- 정기적으로 조치결과 공개·안전보건 활동은 근무시간으로 인정
- 위험요인 제거 대체 및 통제방안 마련 시, 해당 작업과 연계된 작업자 참여
- 하청, 파견, 공급판매 업체와 의견 교환

3 위험요인 파악

실행전략 | 1 위험요인에 대한 정보를 수집하고 정리합니다.



- 경영자·관리자는 현장 작업자의 참여를 바탕으로 위험요인 발굴
- 위험요인 발굴·신고 절차 마련
- 하청업체, 파견업체, 공급·판매업체 및 고객도 사업장 내 위험요인을 신고 및 제보

실행전략 | 2 산업재해 및 아차사고를 조사합니다.



- 사업장 내에서 발생한 모든 '산업재해'와 '아차사고' 현황을 분석하여 위험요인 파악
 - 아차사고 공유 채팅방 개설
 - 우수발굴자 포상제 도입 등 활용
- 사고 조사는 안전보건 담당자 및 전문가를 중심으로 해당 작업자 또는 동종·유사 작업자 참여

실행전략 | 3 위험기계·기구·설비 등을 파악합니다.



- 사업장 내 모든 기계·기구·설비의 위험 유무 파악
- 새로운 기계 등을 구매할 때는 안전하게 설계된 제품을 선택(설계를 통한 예방 원칙)
- 기계·기구·설비를 관리대장을 통해 관리

③ 위험요인 파악

실행전략 | 4 유해인자를 파악합니다.

유해 인자

안전보건에 위해를 야기하는 것

- [화학적 인자] 화학제품 제조·수입자가 의무적으로 제공하는 물질 안전보건자료(MSDS)에 있는 화학 물질의 명칭, 유해·위험성 정보, CAS번호 확인*(www.msds.kosha.or.kr / MSDSinfo)
* 고용노동부 고시 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」 준수 여부
- [물리적 인자] 소음·진동·방사선·기압·기온 등이 적정 수준인지 확인
- [생물학적 인자] 혈액매개 감염인자, 공기매개 감염인자, 곤충·동물 매개 감염인자 등 확인
- [인간공학적 인자] 근골격계 부담작업, 직무스트레스 등 확인

실행전략 | 5 위험장소 및 작업형태별 위험요인을 파악합니다.

현장 작업자 등 모든 구성원이 참여하여 위험장소와 위험작업 조사

'기계·기구·설비 유해인자' 및 '재해유형'과 연계하여 파악	건설현장의 경우 공정의 변화에 따라 계속해서 파악
[재해유형] 떨어짐, 끼임, 부딪힘, 깔림·뒤집힘, 화재폭발누출, 질식, 폭염 등	[건설공정] 터파기 → 흙막이 → 지보공 조립 → 기초바닥공사 철골설치 → 철근조립 → 거푸집 → 콘크리트 타설 → 마감 → 내부인테리어
사출성형기(위험기계) 수리작업 → 끼임재해 비계(위험장소)에서 거푸집 설치 작업 → 떨어짐 재해	1. [계획설계단계] 유해위험요인 검토(발주·설계자) 2. [시공계획 수립] 주요 공정별 위험성평가(연간·월간) 3. [일일] 단위작업별 사전 위험요인 확인 4. [작업 직전] 안전미팅(TBM) 통한 위험요인 재확인

참고 | 작업내용별 위험요인 관리 방법

비정형 작업* 위험요인 관리
* 상시적으로 이뤄지는 작업이 아닌 특정 사건 발생에 따라(신규설치, 정비·점검) 또는 여러 공간(문반, 상·하역 등)에서 이뤄지는 정형화되지 않는 작업

작업별 위험요인을 파악 및 관리를 위한 공식화된 절차* 운영
* ① 신규작업 등의 위험요인 파악 → ② 고위험 작업의 경우 안전작업절차 마련 → ③ 도급·용역의 경우 작업의 안전성 확인 후 허가 → ④ 주기적 확인

작업의 위험요인은 작업장소, 기계·기구·설비, 유해인자, 재해유형과 연계 파악

작업별 위험 관리대상 예시

단위작업 장소	작업내용	위험 코드	관련·기계·기구·설비(관리번호)	화학물질명(CAS No)	발생가능 재해형태	관련 협력업체	위험성	비고
P1 구역	지게차 이용 운반작업	H-P1-01	지게차(00000)	-	부딪힘	無	고	작업지휘자 배치
Q2 구역	화학물질 보충작업	-	OO탱크(00000)	톨루엔()	화재, 폭발	有	고	작업허가서 발급대상

④ 위험요인 제거·대체 및 통제

실행전략 | 1 위험요인별 위험성을 평가합니다.

'발생가능성'과 '중대성'을 예측하여 위험요인별 우선순위 결정

위험요인 유형별 분류

- 발굴한 위험요인은 유형별로 분류하여 기록·관리
① 위험기계 등 ② 유해인자(화학물질, 물리적 인자, 생물학적 인자)
③ 위험장소(떨어짐, 맞음, 깔림, 부딪힘, 밀폐 등) ④ 작업형태

위험성 평가

- 산재사고 발생 가능성 예측
- [중대성(위험성) 예측] 재해의 규모(재해자 수)와 사망, 중증 부상 및 질병 등 재해의 정도 * 「사업장 위험성평가에 관한 지침(고용노동부 고시)」 참고

위험요소별 우선순위 결정

실행전략 | 2 위험요인별 제거·대체 및 통제방안을 검토합니다.

'제거 → 대체 → 통제' 순으로 제어 검토, 요인별로 복수의 방안 검토

효과高

제거

대체

공학적 통제

행정적 통제

PPE

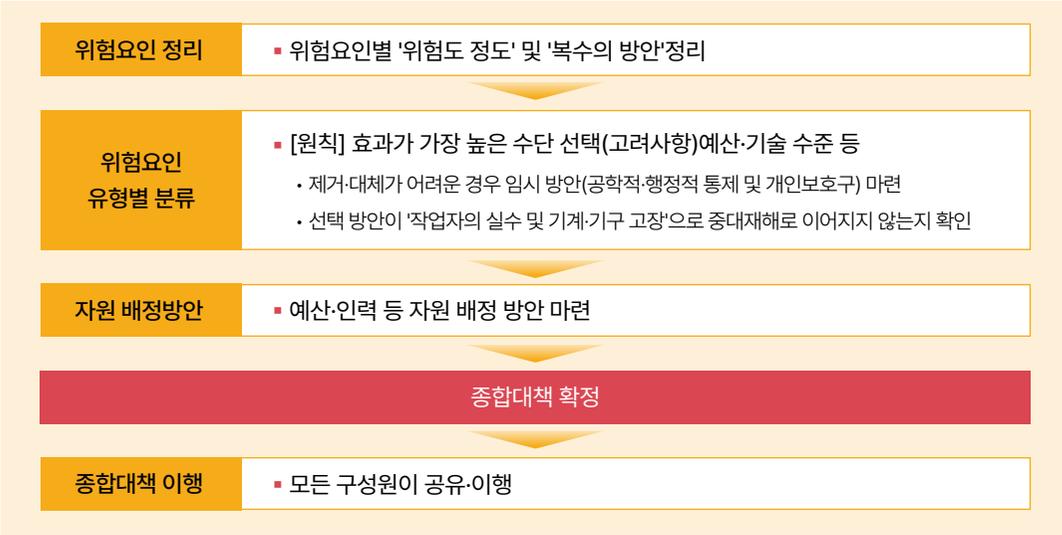
효과低

- [위험요소 제거] 구조 변경 등 위험요인의 물리적 제거 (예: 밀폐공간 내 기계 → 외부로 재배치)
- [위험요소 대체] 위험성이 낮은 위험요인으로 대체 (예: 메탄올 → 에탄올)
- [공학적 통제] 위험요인과 작업자를 격리 (예: 방호장치, 환기장치 설치)
- [행정적 통제] 작업방법 변경 (예: 작업절차서 정비, 작업허가제 도입 등)
- 개인보호구(PPE) 활용방안 마련 (예: 송기마스크 등)

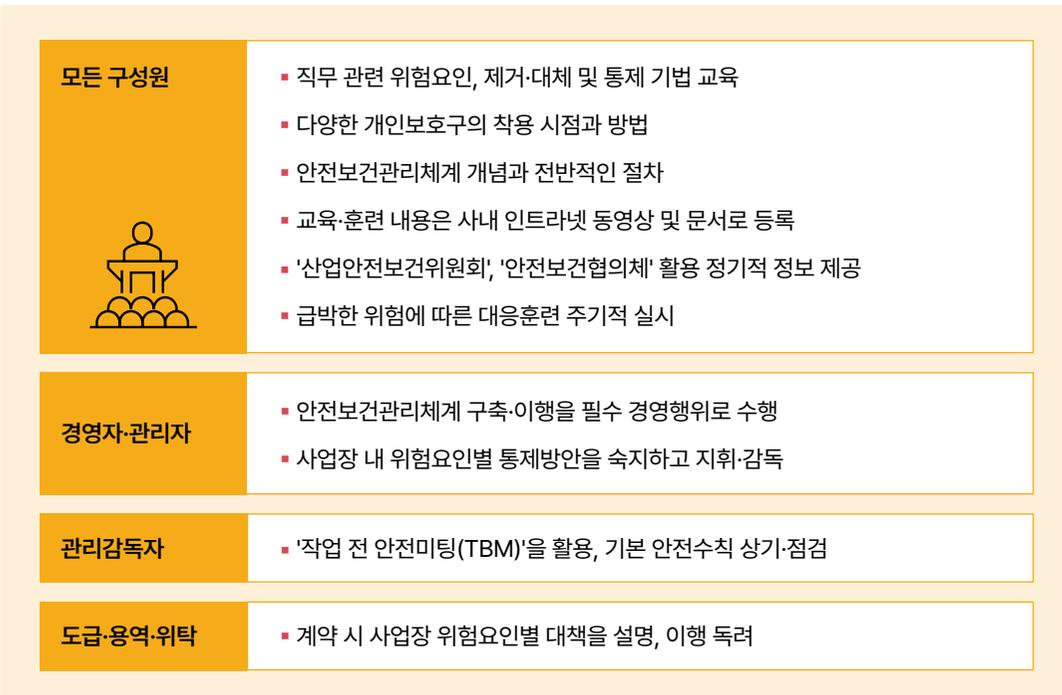
현장작업자, 관리감독자, 안전보건담당자가 함께 논의 하되, 자체적으로 어려울 경우 전문가 자문

④ 위험요인 제거·대체 및 통제

실행전략 | 3 종합적인 대책을 수립하고 이행합니다.

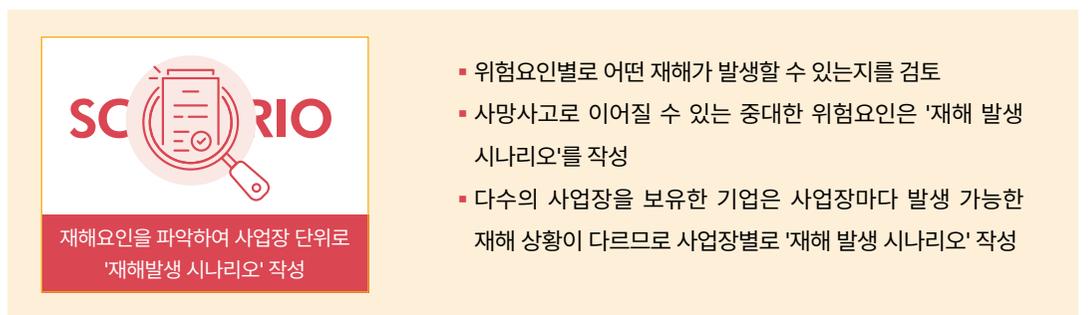


실행전략 | 4 교육훈련을 실시합니다.

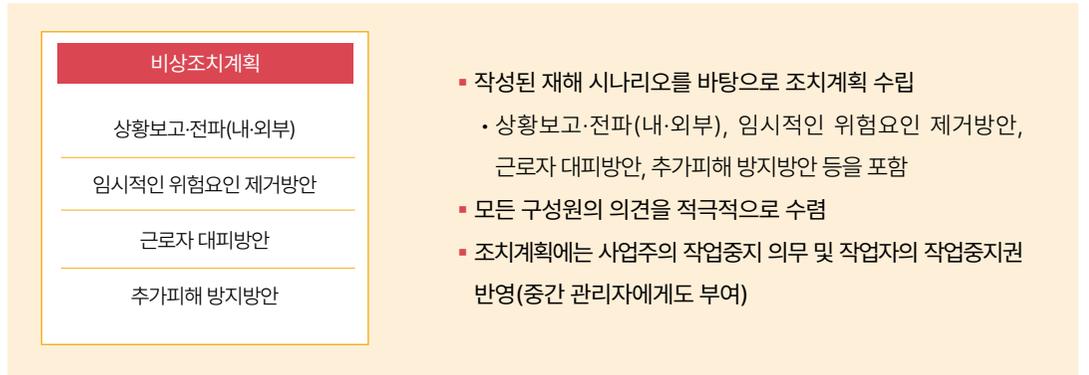


⑤ 비상조치계획 수립

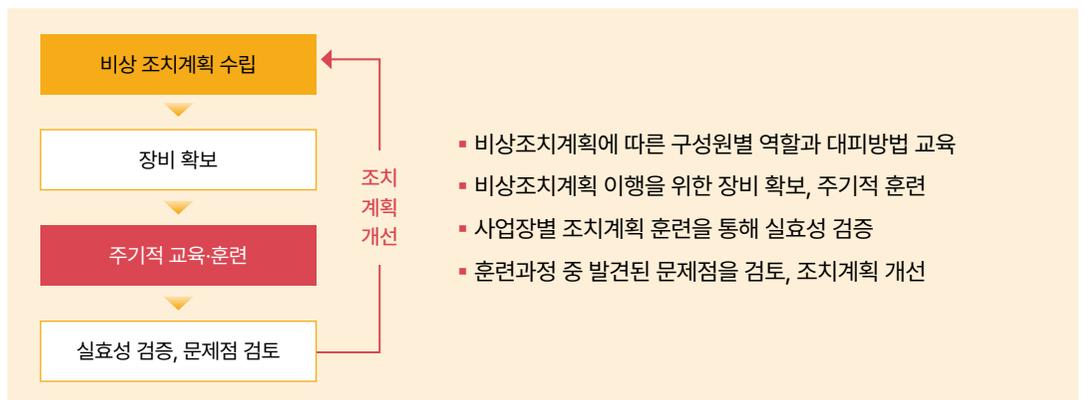
실행전략 | 1 위험요인을 바탕으로 '시나리오'를 작성합니다.



실행전략 | 2 '재해 발생 시나리오' 별 조치계획을 수립합니다.



실행전략 | 3 비상조치계획에 따라 주기적으로 훈련합니다.



6 도급·용역·위탁 시 안전보건 확보

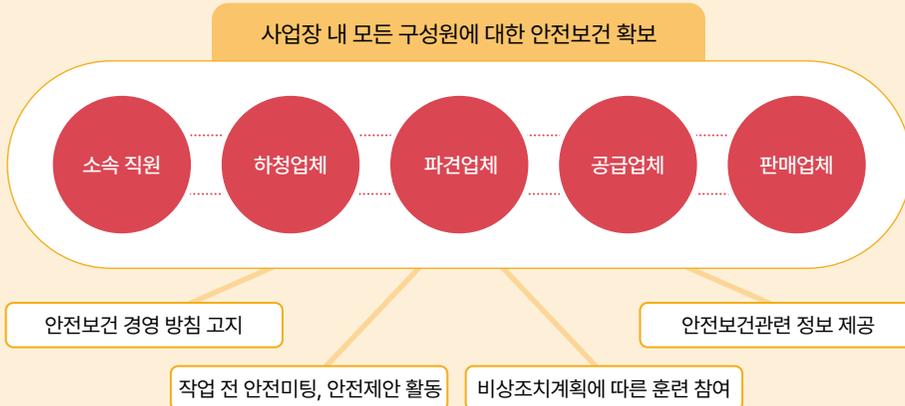
실행전략 | 1 산업재해 예방 능력을 갖춘 사업주를 선정합니다.



- 안전보건 수준을 평가하여 안전보건 확보가 어려워 보이는 경우에는 계약하지 않음
- 계약서에 사업장 '안전보건 확보에 필요한 조건' 명시
 - 예) 안전보건관리규정 제출, 표준작업계획·작업허가제 등 사내 작업 절차 준수, 정기 순회점검 및 '작업 전 안전미팅 실시', 비상훈련 참여, 정기 안전보건교육 실시 등
 - 불이행의 경우에 대한 조치방안도 미리 마련
- 업종의 특성 등을 고려하여, 사업장 내 안전보건 확보를 위한 충분한 비용과 작업기간 등을 보장
 - 예) 건설업: 건설공사기간에 관한 기준 포함

실행전략 | 2 사업장 내 모든 구성원이 보호받을 수 있도록 합니다.

사업장 내 모든 구성원에 대한 안전보건 확보



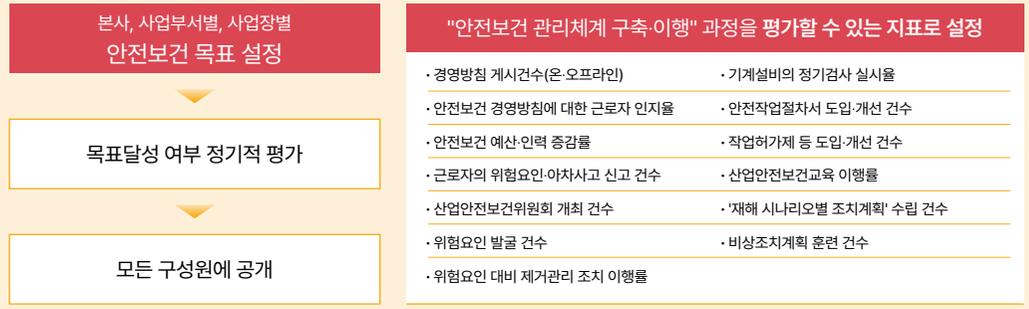
소속 직원, 하청업체, 파견업체, 공급업체, 판매업체

안전보건 경영 방침 고지, 안전보건관련 정보 제공, 작업 전 안전미팅, 안전제안 활동, 비상조치계획에 따른 훈련 참여

- 사업장 내 모든 구성원의 안전보건이 확보되고 있는지, 확인·평가 개선
- 하청·파견·공급·판매업체 등에 안전보건관리 정보 제공, 소통·협력체계 구성

7 평가 및 개선

실행전략 | 1 안전보건 목표를 설정하고 관리합니다.



본사, 사업부서별, 사업장별 안전보건 목표 설정

목표달성 여부 정기적 평가

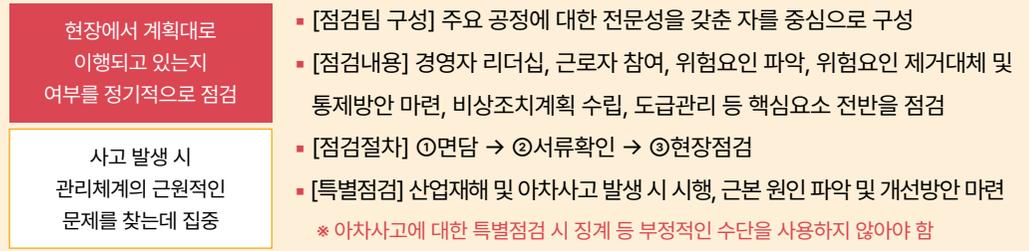
모든 구성원에 공개

"안전보건 관리체계 구축 이행" 과정을 평가할 수 있는 지표로 설정

- 경영방침 제시건수(온·오프라인)
- 기계설비의 정기검사 실시율
- 안전보건 경영방침에 대한 근로자 인지도
- 안전작업절차서 도입·개선 건수
- 안전보건 예산 인력 증감을
- 작업허가제 등 도입·개선 건수
- 근로자의 위험요인·아차사고 신고 건수
- 산업안전보건교육 이행률
- 산업안전보건위원회 개최 건수
- '재해 시나리오별 조치계획' 수립 건수
- 위험요인 발굴 건수
- 비상조치계획 훈련 건수
- 위험요인 대비 제거관리 조치 이행률

- 설정한 목표에 대한 평가 결과가 양호함에도 산업재해 발생건수가 증가하는 경우에는 목표가 올바르게 설정되었는지 점검하여 개선

실행전략 | 2 '안전보건관리체계'가 제대로 운영되는지 확인합니다.

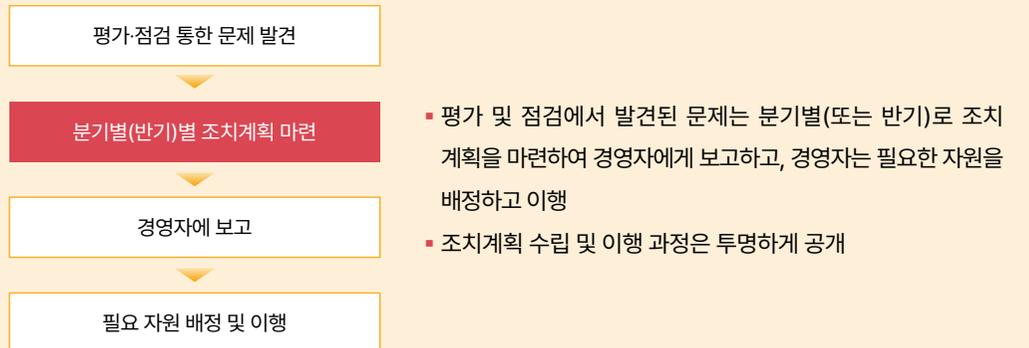


현장에서 계획대로 이행되고 있는지 여부를 정기적으로 점검

사고 발생 시 관리체계의 근원적인 문제를 찾는데 집중

- [점검팀 구성] 주요 공정에 대한 전문성을 갖춘 자를 중심으로 구성
- [점검내용] 경영자 리더십, 근로자 참여, 위험요인 파악, 위험요인 제거대책 및 통제방안 마련, 비상조치계획 수립, 도급관리 등 핵심요소 전반을 점검
- [점검절차] ①면담 → ②서류확인 → ③현장점검
- [특별점검] 산업재해 및 아차사고 발생 시 시행, 근본 원인 파악 및 개선방안 마련
 - ※ 아차사고에 대한 특별점검 시 징계 등 부정적인 수단을 사용하지 않아야 함

실행전략 | 3 발굴된 문제점을 주기적으로 검토하고 개선합니다.



평가·점검 통한 문제 발견

분기별(반기)별 조치계획 마련

경영자에 보고

필요 자원 배정 및 이행

- 평가 및 점검에서 발견된 문제는 분기별(또는 반기)로 조치 계획을 마련하여 경영자에게 보고하고, 경영자는 필요한 자원을 배정하고 이행
- 조치계획 수립 및 이행 과정은 투명하게 공개

I. 화학사고의 정의



화학사고의 정의

화학사고란?

- 화학사고는 「중대산업사고 예방센터운영규정」 참조 제2조(정의)에서 다음과 같이 정의하고 있습니다.

[제2조(정의)] '화학사고'란 화학물질이 시설의 교체 등 작업 시 작업자의 과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고 등으로 인하여 유출·누출되거나 화재·폭발하는 등 사람이나 환경에 영향을 주는 일체의 상황을 말한다.



- 또한, 화학물질 관련 국내 주요 법령은 아래와 같이 구분할 수 있습니다.

국내 화학물질 관련 주요 법령

관리대상	소관부처	관련법령	관리목적
사업장 유해·위험 물질	고용노동부	산업안전보건법	산업재해 예방 및 근로자의 안전보건의 유지·증진
화학물질	환경부	<ul style="list-style-type: none"> • 화학물질관리법 • 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률 • 잔류성유기오염물질관리법 	화학물질로 인한 사람의 건강 및 환경보호
위험물, 화약류	산업통상자원부 행정안전부	고압가스안전관리법 • 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률 (총포화약법) • 위험물안전관리법(소방청)	위험물, 화약류 등으로 인한 위험과 재해 방지

II. 화재·폭발 및 누출 위험 개요

- 화재·폭발 현상의 이해
- 물질의 유해·위험 특성 개요



화재·폭발 현상의 이해

화재·폭발 발생 메커니즘 및 관리대책

- 가연물이 혼합된 공기가 점화원과 접촉하는 순간 화재·폭발이 발생합니다.

 위험물	+	 산소(공기)	+	 점화원
인화성 가스				용접 불꽃
인화성 액체의 증기				용단 불티
인화성 고체휘발유 등 유류				불꽃(화염)
LPG, 도시가스				정전기
신너등 유기용제				전기 스파크
세척용제				충격 및 마찰
수소, 아세틸렌				뜨거운 표면
알코올 류				

1. 가연물 관리

- **작업 시작 전 가연물의 제거·폐지·차단 확인**
 - 제거작업 전 가연물의 물질 특성 파악 후 시작
 - 작업장 주변 가연물 제거, 용기나 배관 내용물 배출 표시 등 안전조치사항 확인
 - 용접불꽃 비산방지를 위한 각종 개구부 차단 여부 확인
- **가스 분진 누출 여부 측정**
 - 독성, 가연성 가스 퍼지 후 가스잔류 여부 확인
 - 용단 전 냉각 후 테스트 홀을 통하여 가스 감지
 - 비중, 환기상태, 누출원 등을 고려하여 실시
- **내용물 제거 시 안전대책**
 - 가연성 가스 분진-제거 후 공기로 치환
 - 잔존물 이송 시 철제 호스 사용 및 접지
 - Non-Spark 재질의 방폭 공구 사용

2. 점화원 관리

- **가연성 물질, 인화성 물질 근처에 화기작업 금지**
 - 스티로폼 등 가연물 주변, 인화성 물질 취급설비 (용기·배관 등) 근처 및 인화성 물질 취급, 밀폐공간에서 화기작업(용접·용단 등) 금지
- **안전점검 및 화기작업 허가 철저**
 - 작업 전 안전점검 및 화기작업허가 철저
 - 작업허가서에 명시된 안전보건조치사항 확인
 - 작업내용 변동에 따른 추가위험 대응 조치

화기작업 중 확인사항

- 주변 작업 조건의 변동 및 위험물질 유입 여부
- 작업 중 지속적인 인화성 가스 측정
- 작업 관계자 외 인원의 출입통제
- 불꽃으로 인한 주변의 화재 가능성 방지 조치

- **중점관리 철저**
 - 산소와 점화원은 제거가 불가능하므로 가연물에 대한 집중관리(격리·제거·방호)가 중요

3. 산소 관리

- **불활성화**
 - 폭발이 일어날 수 없는 범위까지 산소를 질소 또는 이산화탄소 등과 같은 불활성가스로 대체 하는 방법을 취할 수 있는데 이 방법은 매우 효과적이거나 밀폐단위 공정에서만 적용이 가능
- **밀폐용기 내 공기 혼입 방지**
 - 맨홀, 호퍼, 밸브, 벤트 등이 개방되지 않도록 잠금조치 및 관리 철저
 - 배관에 공기가 혼입되지 않도록 체크밸브 등을 설치
- **산소 이외의 산화제 혼입 방지**
 - 질산염, 금속산화물, 과산화수소, 염소 등을 취급 하는 경우 산소가 발생하지 않도록 취급에 유의



물질의 유해·위험 특성 개요

- **유해성·위험성 분류**
 - 화학물질이 가지는 유해성·위험성을 한 눈에 파악할 수 있습니다. GHS에서는 화학물질을 아래와 같은 유해성·위험성으로 분류하고 있습니다.
 - 일반적으로 'OO 유해성 구분 OO(숫자)'로 표시되는데 보통 구분의 숫자가 작을수록 더 큰 유해성·위험성을 의미합니다.



· [예시] '인화성 액체 구분 1'은 '인화성 액체 구분3'보다 더 낮은 온도에서 화재가 날 수 있으므로 더 위험합니다.

물리적 위험성		건강 및 환경 유해성	
01 폭발성 물질	09 인화성 액체	17 급성 독성(경구, 경피, 흡입)	24 생식독성
02 자기반응성 물질	10 인화성 고체	18 피부 부식성 또는 자극성	25 특정표적장기 독성 - 1회 노출
03 유기과산화물	11 자연발화성 액체	19 심한 눈 손상 또는 자극성	26 특정표적장기 독성 - 반복노출
04 산화성 가스	12 자연발화성 고체	25 특정표적장기 독성 - 1회 노출	27 흡인 유해성
05 산화성 액체	13 물반응성 물질	20 호흡기 과민성	28 환경 유해성
06 산화성 고체	14 고압가스	21 피부 과민성	
07 인화성 가스	15 자기발열성 물질	22 발암성	
08 인화성 에어로졸	16 금속부식성 물질	23 생식세포 변이원성	

① 폭발



폭발성 물질

- TNT, 다이너마이트 같은 폭발물에서 탄약, 불꽃놀이와 같은 제품도 포함됩니다.
- 위험하므로 자격이 없는 사람은 취급하지 않는 것이 바람직합니다.

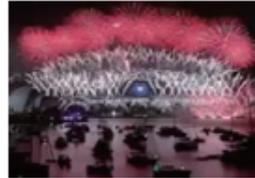
폭발성 물질 예시



Explosive substances



Explosive articles



Pyrotechnic substances



자기반응성 물질·유기과산화물

- 열(온도)과 마찰 등에 민감하여 폭발적으로 반응할 수 있으니 주의해야 합니다.
- 반응성이 커 다른 물질과 격렬하게 반응할 수 있습니다. 그러므로 다른 물질을 담았던 용기에 담으면 안 됩니다.

유기과산화물 예시



MEKP



Dicumyl Peroxide



Didecyl Peroxide



Acetone Peroxide

② 화재(가연성)



인화성 가스·액체·고체·에어로졸

- 점화원(열, 불, 스파크 등)이 있으면 화재가 날 수 있습니다.
- 인화성 가스나 액체에서 발생한 증기가 밀폐된 공간(예. 도장 부스)에 체적되면 화재가 발생하여 위험할 수 있으니, 용기나 설비를 접지하거나 방폭 설비를 설치하여 점화 가능성을 감소시키는 것이 바람직합니다.
- 해당 위험성이 있는 화학물질의 취급, 저장 장소 가까이에서는 담배를 피워서는 안 됩니다.

인화성 가스 예시 - 프로판, 아세틸렌, LPG, 부탄 등

인화성 액체 예시 - 에탄올, 알코올, 매니큐어, 아세톤, 페인트, 등유, 휘발유 등

인화성 고체 예시



Sulphur



Magnesium



Naphthalene



Matches, Safety



자연발화성 액체·고체

- 점화원이 없이도 공기와 접촉하여 자연적으로 발화할 수 있습니다.
- 「MSDS 제9항」에 낮은 자연발화점이 기재되어 있습니다. 저장 시 자연 발화점을 유념하여 저장하지 않으면 아무도 모르는 사이에 불이 날 수 있습니다.
- 공기에 접촉하지 않기 위해 내용물을 적절한 액체 또는 불활성 가스로 충전하여 보관하거나 밀봉하여 보관(부틸 리튬)하는 경우도 있을 수 있습니다.
- 불순물이 섞이는 경우 자연적으로 발화할 수 있으므로 주의해야 합니다.



자기발열성 물질

- 공기 중에서 열을 축적하여 스스로 열을 발생하는 물질입니다.
- 열축적은 세제공에 비례하고, 열방출은 제공에 비례하므로 부피가 커지면 열축적이 가속화되어 발열할 수 있으므로 저온을 유지하고 저장 시 적하물 사이에 간격을 유지하여야 합니다.



물반응성 물질

- 물과 접촉하여 자연적으로 발화되거나 인화성 가스를 발생하는 물질입니다.
- 물과 접촉하지 않도록 불활성 기체 하에서 취급·저장하거나 습기를 주의하여 건조한 상태를 유지하여야 합니다.
- 화재 시 소화제로 물을 쓰는 것은 위험할 수 있습니다.



산화성 가스·액체·고체

- 연소를 촉진하므로 불이 났을 때 화재를 더욱 격렬하게 할 수 있습니다.
- 그러므로 가연성 물질과 따로 보관하여야 합니다.
- 산화성물질은 부식성을 보일 수 있으므로 취급 시 보호구를 착용하여야 합니다.

인화성 표시와 차이가 있습니다.

③ 기타



고압가스

- 가압(실린더, 봄베 등의 용기)되어 충전되어 있는 가스입니다.
- 열에 노출되면 용기가 폭발하여 위험할 수 있습니다.
- 냉동액화가스(예. 액화질소) 같은 경우 내용물이 극저온이므로 주의해야 합니다.

고압가스 예시 - 수소, 아세틸렌, 액화암모니아, 액화탄산가스, 질소, 액화석유가스, 산소



금속부식성 물질

- 금속을 부식시켜 손상을 주는 물질입니다.
- 본래의 용기 외에 다른 용기에 담게되면 용기를 부식시켜 누출 등의 위험이 있습니다.

④ 건강 유해성



급성 독성

- 짧은 시간에 입(경구), 피부(경피), 호흡기(흡입)를 통하여 노출되어 죽음에 이르게 할 수 있는 물질입니다. 해골 그림문자가 표시된 화학물질을 취급하는 경우 특히 주의하여야 합니다.
- 「11항. 독성에 관한 정보」에 보통 LD50(경구,경피), LC50(흡입)의 표현과 함께 수치로 제시되어 있으며, 값이 작을수록 유해함을 뜻합니다.
- 이러한 표시가 있는 물질 중에는 전쟁 중에 사람을 죽이기 위한 용도로 쓰인 물질도 있습니다.
- 취급 후 취급 부위를 철저히 씻어야 하며, 눈, 피부, 의복에 묻지 않도록 해야 합니다.
- 일반적으로 화학물질을 먹는 경우는 없지만, 해당 물질을 취급하며 음식물을 먹거나 흡연하는 행동은 손에 묻은 화학물질이 입에 들어갈 수 있으므로 절대 금해야 합니다.
- 취급 시 보호구를 착용해서 노출되지 않도록 해야 합니다.

급성 독성 물질 노출에 의한 사망

급성 독성(경피) 물질인 TMAH로 세척작업을 하며 피부에 노출된 지 불과 10여 분만에 사망한 사례가 있습니다. 근로자가 MSDS나 경고표지를 통하여 해골 그림문자를 확인하여 보호구를 착용하였다면 사고를 막을 수도 있었던 안타까운 사례입니다.



피부 부식성 또는 자극성·심한 눈 손상 또는 자극성

- 부식성은 눈과 피부에 비가역적인 변화(괴사, 조직손상)를 주는 물질입니다.
- 자극성은 회복 가능(가역적)한 손상을 말합니다.
- 눈 부식에 관한 별도의 자료가 없는 경우, 피부 자극성은 심한 눈 손상을 가진다고 볼 수 있습니다.



호흡기 과민성·피부 과민성

- 과민성은 갑작성, 알레르기 반응이라고도 하며, 과민성 물질에 노출되면 호흡기와 피부의 면역체계에 영향을 주어 과민하게 반응(알레르기)하게 될 수 있습니다.
- 일단 한 번 과민반응이 일어나면 낮은 농도에 노출되어도 반응이 일어나게 됩니다.
- 호흡기 과민반응으로 천식이 있으며, 피부가 과민반응을 일으키면 두드러기, 발적, 반점, 부종이 나타나게 됩니다.



발암성·생식세포 변이원성·생식독성

- 많은 경우에 CMR*로 세가지 유해성이 함께 언급되기도 합니다.
- 발암성은 암을 유발하는 것이며, 생식세포 변이원성은 자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식세포에 영향을 주는 것, 생식독성은 정자와 난자에 영향 등 생식기능에 영향 및 태아 기형 등 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 것을 말합니다.

* CMR: C(Carcinogenicity, 발암성), M(Mutagenicity, 변이원성), R(Reproductivetoxicity, 생식독성)

GHS 기준에 의한 CMR물질 구분

- 발암성(Carcinogenicity) 물질
 - 암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질
 - 1A: 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질
 - 1B: 시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질
 - 2: 사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, <구분1>로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질
- 생식세포 변이원성(Mutagenicity)물질
 - 자손에게 유전될 수 있는 사람의 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있는 물질
 - 1A: 사람에게서의 역학조사 연구결과 양성의 증거가 있는 물질
 - 1B: 다음 어느 하나에 해당하는 물질
 - ① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 유전성 생식세포 변이원성 시험에서 양성
 - ② 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성이고, 생식세포에 돌연변이를 일으킬 수 있다는 증거가 있음
 - ③ 노출된 사람의 정자 세포에서 이수체 발생빈도의 증가와 같이 사람의 생식세포 변이원성 시험에서 양성
 - 2: 다음 어느 하나에 해당되어 생식세포에 유전성 돌연변이를 일으킬 가능성이 있는 물질
 - ① 포유류를 이용한 생체내(in vivo) 체세포 변이원성 시험에서 양성

- ② 기타 시험동물을 이용한 생체 내(in vivo) 체세포 유전독성 시험에서 양성이고, 시험관 내(in vitro) 변이원성 시험에서 추가로 입증된 경우
- ③ 포유류 세포를 이용한 변이원성시험에서 양성이며, 알려진 생식세포 변이원성 물질과 화학적 구조활성 관계를 가지는 경우

▪ 생식독성(Reproductive toxicity) 물질

- 생식기능, 생식능력 또는 태아의 발생·발육에 유해한 영향을 주는 물질
- 1A: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 판단할 정도의 사람에서의 증거가 있는 물질
- 1B: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 추정할 정도의 동물 시험 증거가 있는 물질
- 2: 사람에게 성적기능, 생식능력이나 발육에 악영향을 주는 것으로 의심할 정도의 사람 또는 동물시험 증거가 있는 물질
- 수유독성: 다음 어느 하나에 해당하는 물질
 - ① 흡수, 대사, 분포 및 배설에 대한 연구에서, 해당 물질이 잠재적으로 유독한 수준으로 모유에 존재할 가능성을 보임
 - ② 동물에 대한 1세대 또는 2세대 연구결과에서, 모유를 통해 전이되어 자손에게 유해영향을 주거나, 모유의 질에 유해영향을 준다는 명확한 증거가 있음
 - ③ 수유기간 동안 아기에게 유해성을 유발한다는 사람에 대한 증거가 있음

주요 기관의 발암성 구분

▪ IARC

- Group1: 인체 발암성 물질(인체 발암성에 충분한 근거자료가 있는 경우)
- Group 2A: 인체 발암 추정 물질(인체 자료는 제한적이지만 실험동물자료가 충분)
- Group 2B: 인체 발암 가능 물질(인체 자료가 제한적이고 실험동물 자료도 충분하지 않은 경우)
- Group 3: 인체 발암성 비분류 물질(인체 발암성에 대해서는 증거가 부적당하고 동물실험에서는 부적당하거나 제한된 증거)
- Group 4: 인체 비발암성 추정 물질(인간과 동물에서 발암성이 없다는 증거)

- ACGIH
 - A1: 인체에 대한 발암성 확인물질
 - A2: 인체에 대한 발암성 의심물질
 - A3: 동물에서는 발암성이 있으나 인체에서는 발암성이 확인되지 않은 물질
 - A4: 인체 발암성 미분류 물질
 - A5: 인체 비발암 물질
- NTP
 - K: Known To Be Human Carcinogen
 - R: Reasonably Anticipated To Be Human Carcinogen

2-bromopropane과 생식독성

- 전자부품공장의 여성근로자들이 2-브로모프로판(2-bromopropane)에 중독돼 생리불순, 난소부전증과 같은 집단적인 생식독성 증상을 보였으며, 남성근로자의 경우도 이로 인한 무정자증 등이 나타난 사례가 있습니다.



특정표적장기 독성(1회 및 반복 노출)

- 1회 또는 반복 노출에 따라 화학물질이 간, 신장, 신경계 등 특정 장기에 유해한 영향을 줄 수 있습니다.
- 노말렉산으로 전자제품을 세척하던 외국인 근로자들이 신경계에 영향을 받아 보행장애(앉은뱅이병) 및 상지의 무력감과 감각장애가 발생한 사례가 있습니다.



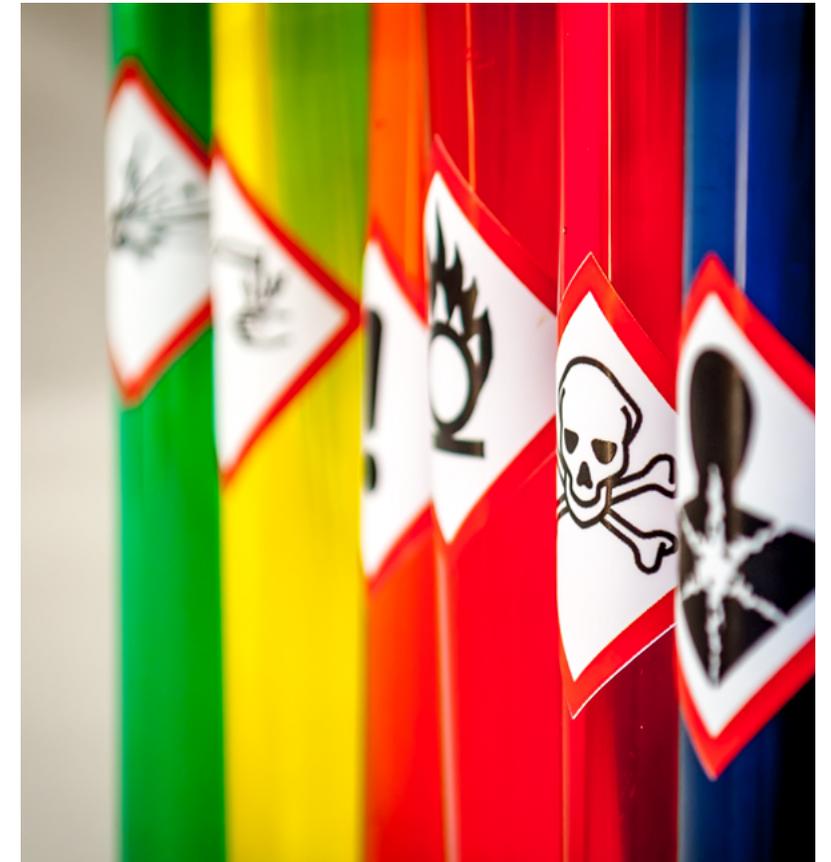
흡인 유해성

- 액체나 고체 물질이 코와 입을 통하여 직접적으로 또는 구토와 같이 간접적으로 기도를 통해 호흡기계로 들어가 화학적 폐렴, 폐손상을 줄 수 있습니다.

⑤ 수생 환경 유해성



- 급성 또는 만성적으로 어류, 갑각류(새우 등), 조류(수생 식물)등에 유해한 영향을 주는 것을 말하며, 먹이 사슬에 따라 간접적으로 사람에게 영향을 줄 수 있습니다.
- 보통 LC₅₀, EC₅₀, ErC₅₀의 표현과 함께 수치로 제시되어 있으며, 값이 작을수록 수생생물에 유해함을 뜻합니다.



III. 화재·폭발 및 누출사고 예방을 위한 주요 확인사항

- 유해·위험물질 관리방법
- 유해·위험 예방조치



유해·위험물질 관리방법

01. 사업장에서 화학물질 취급 시 확인해야 할 사항



01

- 첫 번째, 사업장에서 취급하고 있는 화학물질의 목록을 정리합니다.



02

- 두 번째, 목록에 있는 화학물질별로 MSDS를 비치 혹은 게시하고 있는지 확인합니다.



03

- 세 번째, 목록에 있는 화학물질별 용기 및 포장에 경고표지가 부착되어 있는지 확인합니다.



04

- 네 번째, 화학물질을 취급하는 작업공정별로 관리요령을 게시합니다.



05

- 다섯 번째, 화학물질을 취급하는 근로자들을 대상으로 교육을 실시합니다.



4) 응급조치 요령

- 눈에 들어갔을 때 :
- 피부에 접촉했을 때 :
- 흡입했을 때 :
- 먹었을 때 :
- 기타 의사의 주의사항 :

- 응급조치는 화학물질과의 접촉 또는 사고로 인체에 노출되었을 때 취하는 조치입니다.
- 사용자는 화학제품을 사용하기 전에 응급조치에 관한 사항을 먼저 숙지해야 합니다.



5) 폭발·화재 시 대처방법

- 적절한(및 부적절한) 소화제 :
- 화학물질로부터 생기는 특정 유해성(예. 연소시 발생 유해물질) :
- 화재 진압 시 착용할 보호구 및 예방조치 :

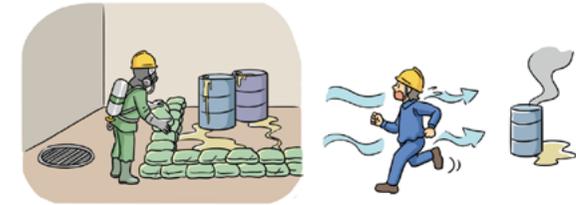


- 적절한(및 부적절한) 소화제
 - 화학물질의 성질에 따라 분말 소화제, 이산화탄소 소화제, 정규포말 소화제, 물을 뿌려(살수) 소화 등 적당한 소화제가 기재되어 있습니다.
 - 물과 반응하여 폭발, 산화, 부식 등의 성질을 일으키는 물질(예. 물반응성 물질)은 물을 소화제로 사용해서는 안된다는 등 부적절한 소화제가 있으면 기재되어 있으니 주의해야 합니다.
 - 화학물질을 사용하기 전에 그 화학물질에 맞는 소화제를 미리 알아두어야 합니다.
- 화학물질로부터 생기는 특정 유해성
 - 일반적인 사용 환경에서 특별한 유해성이 없더라도 화재 시 고온에 의하여 독성물질 등을 발생시킬 수 있으니 주의해야 합니다.
 - 「5항」에 기재가 없더라도 「제10항. 안정성 및 반응성」도 추가로 참고하는 것이 좋습니다.

6) 누출 사고 시 대처방법

- 인체를 보호하기 위해 필요한 조치사항 및 보호구 :
- 환경을 보호하기 위해 필요한 조치사항 :
- 정화 또는 제거방법 :

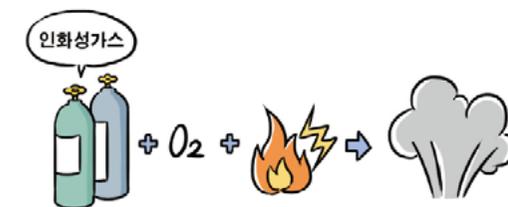
- 누출 사고 시에는 화학물질의 정화 및 제거도 중요하지만 누출로 인한 2차 사고도 예방해야 합니다. 누출 시에는 일반적인 사용환경보다 고농도로 노출될 수 있으므로 주의해야 합니다. 「제8항. 개인보호구」를 참조할 수 있습니다.
- 정화 또는 제거 시에는 화학물질에 적합한 정화제를 사용하여야 합니다.



7) 취급 및 저장방법

- 안전취급요령 :
- 안전한 저장 방법(피해야 할 조건을 포함함) :

- 어떤 물질을 안전하게 취급 및 보관하고 제품의 질을 유지하기 위하여 특별한 조건이 요구될 수 있습니다.
- 화학물질의 물리적 위험성과 긴밀히 연관돼 있습니다. 예) 폭발성, 자기반응성, 유기과산 화물은 온도, 압력, 마찰 등에 민감하고 인화성 물질은 온도, 물반응성은 습도에 영향을 받을 수 있습니다. 자기발화성 물질은 충진제에 넣어 보관해야 하는 경우도 있으며, 자연발화성 물질이나 자기발열성 물질을 잘못 저장하는 경우 아무도 모르는 새 불이 날 수도 있습니다.
- 「7항」에 기재가 없더라도 「제10항. 안정성 및 반응성」도 추가로 참고하는 것이 좋습니다.



8) 노출방지 및 개인보호구



- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| ① 화학물질의 노출기준,
생물학적 노출 기준 등 : | ③ 개인보호구
· 호흡기 보호 :
· 눈 보호 : | · 손 보호 :
· 신체 보호 : |
| ② 적절한 공학적 관리 : | | |

■ 노출기준

- 노출기준이란 1일 8시간을 기준으로 노출기준 이하로 노출되는 경우 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 않는 공기 중의 농도입니다. 감수성이 예민한 근로자는 노출기준 이하의 작업환경에서도 영향을 받을 수 있습니다.
- 작업환경측정을 실시하는 경우, 측정값(노출수준)과 노출기준을 비교하여 작업환경을 평가할 수 있습니다.

■ 관련 용어

- ① 시간가중 평균 노출기준(TWA): 1일 8시간 작업기준
- ② 단시간 노출기준(STEL): 1회 15분간 노출기준
- ③ 최고 노출기준, 천장값(C): 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 안 되는 기준
* 화학물질의 노출기준은 고용노동부고시 제2020-48호 『화학물질 및 물리적 인자의 노출기준』에서 확인할 수 있습니다.

■ 공학적 관리

- 국소배기장치는 발생원 근처에서 진공청소기와 같이 오염원을 빨아들이는 것으로 공학적 관리에서 환기를 시키는 것보다 우선 고려되어야 합니다.

■ 개인보호구

- 다양한 형태의 보호구가 있으므로 화학물질에 맞는 보호구를 선택하여 사용하여야 합니다.
- 호흡용보호구는 화학물질의 특성과 노출농도를 고려하여 결정해야 합니다. 화학물질의 특성에 따라 필터의 종류와 정화통을 선택하고 노출농도에 따라 공기 정화식, 공기공급식 등을 알맞게 선택해야 합니다.
- 부식성이나 피부를 통한 침투가 가능한 화학물질인 경우 전면형 호흡 보호구와 불침투성의 보호장갑, 보호의 등을 착용해야 할 것입니다.

급성독성 물질 노출에 의한 사망

급성 독성(경피) 물질인 TMAH로 세척작업을 하며 피부에 노출된 지 불과 10여 분만에 사망한 사례가 있습니다. 근로자가 전면형 호흡 보호구와 불침투성의 보호장갑, 보호의 등의 보호구를 착용하였다면 사고를 막을 수도 있었던 안타까운 사례입니다.

9) 물리화학적 특성



- | | |
|------------------------|------------------|
| · 외관(물리적 상태, 색 등) : | · 증기압 : |
| · 냄새 : | · 용해도 : |
| · 냄새역치 : | · 증기밀도 : |
| · pH : | · 비중 : |
| · 녹는점, 어는점 : | · n-옥탄올/물 분배계수 : |
| · 초기 끓는점과 끓는점의 범위 : | · 자연발화 온도 : |
| · 인화점 : | · 분해온도 : |
| · 증발속도 : | · 점도 : |
| · 인화성(고체, 기체) : | · 분자량 : |
| · 인화 또는 폭발 범위의 상한/하한 : | |

■ 냄새, 냄새역치

- 화학물질의 냄새로 물질이 있다는 것과 농도를 대략적으로 알 수 있습니다.

■ pH

- 물질의 산성/알칼리성을 나타내는 지표입니다. 14까지의 값을 가지는 pH는 7이 중성이며 높거나(14에 가까운 값) 낮은(0에 가까운 값) pH는 부식성이 있으니 주의하여야 합니다.

■ 녹는점/어는점

- 녹는점(어는점)은 고체(액체)에서 액체(고체)로 변하는 온도(물의 녹는점/어는점은 0°C)로 화학물질의 물리적 상태가 변할 수 있으므로 저장 및 취급 시 참고하여야 합니다. 녹는점/어는점이 상온보다 높으면 고체로, 낮으면 액체로 존재합니다.

■ 끓는점

- 액체가 기체로 변화하기 시작하는 온도로 저장 및 취급 시 참고하여야 합니다. 끓는점이 상온보다 높으면 액체로, 낮으면 기체로 존재하게 됩니다.

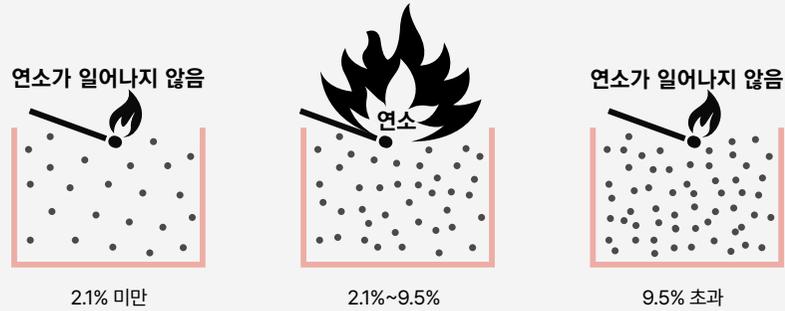
■ 인화점

- 점화원에 의해 불이 붙을 만큼의 가연성 증기가 발생하는 최저 온도로 인화점이 낮을수록 화재위험이 큼니다. 인화성 액체는 저장 시 되도록 인화점 이하로 하여야 화재의 위험을 줄일 수 있습니다.

■ 인화 또는 폭발 범위의 상한/하한

- 해당물질의 기체나 증기가 이 범위 내의 농도로 공기와 혼합하면 점화할 수 있습니다. 하한값이 낮을수록, 상한값과 하한값의 차이가 클수록 화재위험이 높게 됩니다.

폭발범위의 예



- 증기압
 - 액체나 고체가 증기를 발산할 수 있는 능력입니다. 온도가 높을수록 증기압이 커지며, 높은 숫자일수록 많은 증기를 발생시킬 수 있음을 뜻합니다.
- 용해도
 - 물과 같은 용매에 녹는 정도가 수치로 표현되어 있습니다. 수용성/ 불용성 등에 따라 법적규제가 달라지는 경우도 있습니다.
- 증기밀도
 - 공기(=1)에 상대적인 기체나 증기의 밀도로 1보다 작으면 확산되어 흐트러지기 쉬우나, 1보다 크면 가라앉아 퇴적될 수 있으므로 주의해야 합니다.
- 비중
 - 물(=1)에 상대적인 고체나 액체의 밀도로 1보다 작으면 물 위로 뜨고, 1보다 크면 가라앉게 됩니다.
- n-옥탄올/ 물 분배계수
 - 물질이 n-옥탄올(지방을 상징)과 물 중 어느쪽에 친한가를 나타내는 수치입니다. 0보다 크고 값이 클수록 지방에 잘 녹고, 반대로 0보다 작고 값이 작을수록 물에 잘 녹는 것을 뜻합니다. n-옥탄올/ 물 분배계수를 보고 물질이 체내(지방)에 잔류할 것인가, 환경(물)으로 배출될 것인가를 예측할 수 있습니다. 0보다 크고 값이 클수록 지방에 잘 녹는 것이므로 인체에도 잔류하기 쉽게 됩니다.
- 자연발화 온도
 - 물질이 점화원 없이도 불이 붙을 수 있는 최저온도입니다. 값이 작을수록 자연적인 화재의 위험이 큼니다.

10) 안전성 및 반응성

- 화학적 안정성 및 유해 반응의 가능성 :
- 피해야 할 조건(정전기 방전, 충격, 진동 등) :
- 피해야 할 물질 :
- 분해 시 생성되는 유해물질 :

- 저장 및 취급 시 추가적으로 참고하여야 합니다.
- 일반적인 취급 및 저장 환경이 아닌 다른 환경에서 화학물질을 사용하는 경우 주의 깊게 봐야할 정보입니다. 열, 공기, 물, 햇빛, 다른 물질 등에 의한 영향을 참고할 수 있습니다. 예를 들어, 화학물질 옆에서 잠깐 동안 용접을 하는 경우에 각별히 신경써서 봐야할 정보입니다.



11) 독성에 관한 정보



- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 가능성이 높은 노출 경로에 관한 정보 : ② 건강 유해성 정보 <ul style="list-style-type: none"> · 급성독성 : · 피부 부식성 또는 자극성 : · 심한 눈 손상성 또는 자극성 : · 호흡기 과민성 : · 피부 과민성 : | <ul style="list-style-type: none"> · 발암성 : · 생식세포 변이원성 : · 생식독성 : · 특정 표적장기 독성 (1회 노출) : · 특정 표적장기 독성 (반복 노출) : · 흡인 유해성 : |
|--|--|

12) 환경에 미치는 영향

- 생태 독성 : • 토양 이동성 :
- 잔류성 및 분해성 : • 기타 유해 영향 :
- 생물 농축성 :



13) 폐기 시 주의사항

- 폐기 방법 :
- 폐기 시 주의사항(오염된 용기 및 포장의 폐기 방법을 포함함) :

폐기 시에는 「제13항」을 참조하거나, 환경부 또는 각 지자체의 환경관련 법률과 규정에 따라 화학물질을 폐기하여야 합니다.



14) 운송에 필요한 정보

- 유엔 번호 : • 사용자가 운송 또는 운송 수단에
- 용기등급(해당하는 경우) : 관련해 알 필요가 있거나 필요한
- 해양오염물질(해당 또는 특별한 안전대책 :
- 비해당으로 표기) : • 유엔 적정 선정명 :
- 운송에서의 위험성 등급 :

오랫동안 UN의 전문가들에 의해 위험물이 분류되어 축적된 정보가 운송하는데 이용되어 왔습니다. 운송방식(해상, 육상, 항공, 내수로, 철도 등)에 따라 세부적인 차이는 있으나, 같은 위험물에는 동일하게 4자리 수의 UN 번호가 부여되어 있습니다. 각 UN 번호에는 위험성 등급과 함께 일반적으로 용기등급이 함께 있습니다. 쉽게 말하면 위험성 등급은 위험성 종류, 용기등급(I, II, III이 있으며 작을수록 위험)은 해당 위험성의 정도로 생각할 수 있습니다. 주요 위험성 등급은 아래와 같습니다.

UN의 위험성 등급	위험성 등급
• Class 1 : 폭발물	• Class 1 : 폭발물
• Class 2.1 / 2.3 : 인화성 가스 / 독성 가스	• Class 2.1 / 2.3 : 인화성 가스 / 독성 가스
• Class 3 : 인화성 액체	• Class 3 : 인화성 액체
• Class 4.1 / 4.2 / 4.3 : 인화성 고체, 자기반응성 물질 / 자연발화성 물질, 자기발열성 물질 / 물반응성 물질	• Class 4.1 / 4.2 / 4.3 : 인화성 고체, 자기반응성 물질 / 자연발화성 물질, 자기발열성 물질 / 물반응성 물질
• Class 5.1 / 5.2 : 산화성 물질 / 유기과산화물	• Class 5.1 / 5.2 : 산화성 물질 / 유기과산화물
• Class 6.1 : 급성 독성 물질	• Class 6.1 : 급성 독성 물질
• Class 8 : 부식성 물질	• Class 8 : 부식성 물질

15) 법적 규제 현황

- 산업안전보건법에 의한 규제 :
- 화학물질관리법에 의한 규제 :
- 위험물안전관리법에 의한 규제 :
- 폐기물관리법에 의한 규제 :
- 기타 국내 및 외국법에 의한 규제 :

유해한 화학물질을 각 법에서 규제하고 있습니다. 취급하는 화학물질의 규제내용을 알고 법에서 요구하는 사항들을 준수해야 합니다.

제목필요	제목필요	제목필요
산업안전보건법	금지물질	제조·수입·양도·제공 또는 사용이 금지되는 유해물질 「산업안전보건법 제 117조 및 시행령 제87조」
	허가 대상 유해물질	제조 또는 사용 허가를 받아야 하는 물질 「산업안전 보건법 제 118조 및 시행령 제88조」
	관리대상 유해물질	법에서 정하는 관리가 필요한 물질로 「산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 12」에서 정한 물질 「산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조 부터 제451조까지」
	허용기준 이하 유지 대상 유해인자	정해진 노출기준 이하로 관리해야 하는 물질 「산업안전보건법 제 107조 및 시행령 84조」
	작업환경측정 대상 유해인자	사업장의 작업환경측정을 실시해야 하는 물질 「산업안전보건법 제 125조」 및 「시행규칙 별표 21」
	특수건강진단 대상 유해인자	취급근로자의 특수검진을 실시해야 하는 물질 「산업안전보건법 제 130조, 201조」 및 「시행규칙 별표 22」
	공정안전보고서(PSM) 제출 대상 유해·위험물질	「산업안전보건법 제 44조」, 「시행령 제43조」 및 「시행령 별표 13」
	위험물질	「산업안전보건기준에 관한 규칙 제 16조」 및 「별표 1」
	노출기준 설정 유해인자	고용노동부고시 제2020-48호 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」
화학물질관리법*	금지물질	모든 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관·저장, 운반 또는 사용을 금지「화학물질관리법 제18조 등」
	허가물질	환경부장관의 허가를 받아 제조, 수입, 사용 「화학물질관리법 제19 조 등」
	제한물질	특정 용도로 사용되는 경우 위해성이 크다고 인정되는 화학물질로서 그 용도로의 제조, 수입, 판매, 보관·저장, 운반 또는 사용을 금지「화학물질관리법 제20조 등」
	유독물질	유해성이 있는 화학물질로서 대통령령으로 정하는 기준에 따라 환경부장관이 정하여 고시한 것「화학물질관리법 제20조 등」
	사고대비물질	급성독성·폭발성 등이 강하여 화학사고의 발생 가능성이 높거나 화학사고가 발생한 경우에 그 피해 규모가 클 것으로 우려되는 화학물질「화학물질관리법 제39조 등」
위험물안전관리법	「위험물안전관리법 시행령 별표 1」의 물질	

* 종전의 유해화학물질관리법에서 화학물질관리법으로 개정

유해·위험 예방조치

01. 화학설비 및 압력용기 등

기본적으로 체크하여야 할 사항

산업안전보건기준에 관한 규칙			
제255조	화학설비를 설치하는 건축물의 구조	제261조	안전밸브 등의 설치
제256조	부식 방지	제262조	파열판의 설치
제257조	덮개 등의 접합부	제263조	파열판 및 안전밸브의 직렬설치
제258조	밸브 등의 개폐 방향의 표시 등	제264조	안전밸브 등의 작동요건
제259조	밸브 등의 재질	제265조	안전밸브 등의 배출용량
제260조	공급 원재료의 종류 등의 표시	제266조	차단밸브의 설치 금지

* 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

화학설비를 설치하는 건축물의 구조

- 화학 설비 및 그 부속설비를 건축물 내부에 설치하는 경우, 바닥, 벽, 기둥, 계단, 지붕 등에 불연성 재료 사용



부식방지

- 화학설비 또는 그 배관(화학설비 또는 그 배관의 밸브나 곡은 제외) 중 위험물 또는 인화점이 섭씨 60°C 이상인 물질(이하 '위험물질 등')이 접촉하는 부분에 대해서

- 부식되어 폭발·화재, 누출 방지를 위하여 위험물질 등의 종류·온도·농도 등에 따라 부식이 잘 되지 않는 재료를 사용하거나 도장(塗裝) 등의 조치 실시

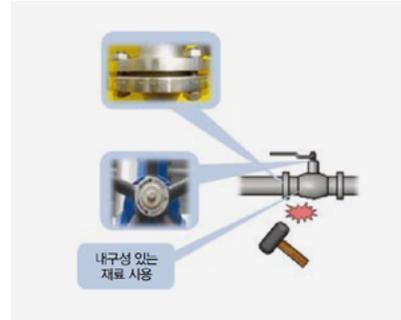
* 부식이 잘되지 않는 재료는 티타늄, 유리, 자기, 고무, 합성수지 등의 내식성 재료로 라이닝한 것으로 연간 부식률이 0.025mm/y 이하를 말하고, 도장 등이란 내식도료의 도포, 산화피막처리, 전기방식처리 등을 말하며, 내구연한을 적절히 정하여 기간 내에 그 부분을 교환하는 뜻으로 해석이 가능하다.

* 추가 정보는 KOSHA GUIDE M-116-2012 『기기 및 배관의 부식관리 기술지침』 참조

덮개 등의 접합부

- 화학 설비 또는 그 배관의 덮개, 플랜지, 밸브, 콕의 접합부는 적절한 개스킷(Gasket)을 사용하고 접합면을 밀착시키는 등의 조치 실시

※ 추가 정보는 KOSHA GUIDE D-9-2012 『플랜지 및 개스킷 등의 접합부에 관한 기술 지침』 참조



밸브 등의 재질

- 개폐 빈도, 위험물질의 종류, 온도, 농도에 따라 내구성 있는 재료 사용

밸브 등의 개폐방향의 표시

- 화학 설비/ 배관의 밸브, 콕, 스위치, 누름 버튼 등에 대하여 오조작 방지를 위하여 열고 닫는 방향을 색채 등으로 표시하여 구분

물질의 종류	식별색
물	파랑
증기	어두운 빨강
공기	흰색
가스	연한 노랑
산 또는 알칼리	회보라
기름	어두운 주황
전기	연한 주황

유체명 및 흐름방향 표시(예)

※ 한국산업규격 『KS A 0503(배관계의 식별 표시)』 참조



각 배관에 물질명 표시(예)



밸브 개폐 방향 표시(예)

공급 원재료의 종류 등의 표시

- 근로자가 보기 쉬운 위치에 원재료의 종류, 원재료가 공급되는 설비명 등을 표시

안전밸브 등의 설치

- 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 다음의 어느 하나에 해당되는 설비에 폭발방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판을 설치

 압력용기	안지름이 150mm 이하인 압력용기는 제외, 관형 열교환기의 경우 관의 파열로 인하여 상승한 압력이 최고 사용압력을 초과할 우려가 있는 경우만 해당	 정변위 압축기	
 정변위 펌프	토출측에 차단밸브가 설치된 것	 배관	2개 이상의 밸브에 의하여 차단되어 대기온도에서 액체의 열팽창에 의해 파열 우려가 있는 것으로 한정
 과압 위험 설비	그 밖의 화학설비 및 부속설비로 해당설비의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 것		
 안전밸브 (Safety Valve & Relief Valve)	 파열판 (Rupture Disc)	 안전밸브 등 설치 (예)	

- 다단형 압축기 또는 직렬로 접속된 공기압축기에 대해서는 각 단 또는 각 공기 압축기별로 안전밸브 등을 설치
- 검사주기마다 안전밸브가 적정하게 작동하는지 검사한 후, 납으로 봉인 사용. 단, 공기나 질소취급용기 등에 설치된 안전밸브 중 안전밸브 자체에 부착된 레버 또는 고리를 통하여 수시로 안전밸브가 적정하게 작동하는지를 확인할 수 있는 경우 예외
 - 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우: 매년 1회 이상
 - 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우: 2년마다 1회 이상
 - 공정안전보고서 제출 대상으로 공정안전보고서 이행상태 평가 결과가 우수한 사업장의 안전밸브의 경우: 4년마다 1회 이상
- 납으로 봉인된 안전밸브를 해체하거나 조정할 수 없도록 조치

파열판의 설치

- 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 파열판 설치 필요



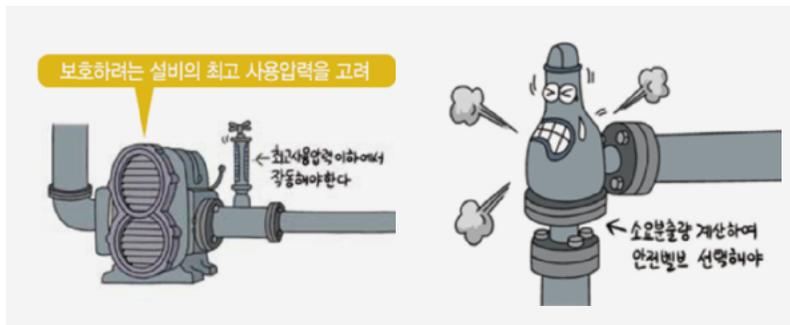
※ 파열판은 안전밸브에 대체할 수 있는 가압 또는 음압 방지장치로 판 입구측의 압력이 설정압력에 도달하면 판이 파열하면서 유체가 분출 또는 유입하도록 용기 등에 설치된 얇은 판이 대부분이지만 graphite 재질은 두껍다.

파열판 및 안전밸브의 직렬설치

- 급성 독성물질이 지속적으로 외부에 유출될 수 있는 화학설비 및 그 부속설비에 파열판과 안전밸브를 직렬로 설치하고 그 사이에는 압력지시계 또는 자동경보장치를 설치

안전밸브 등의 작동요건/ 배출용량

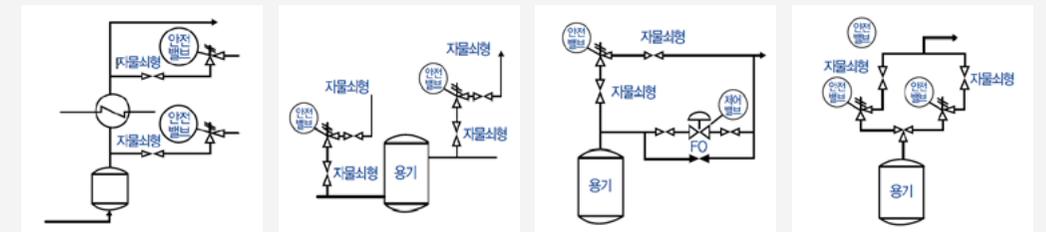
- 안전밸브 등이 보호하려는 설비의 최고사용압력 이하에서 작동되도록 조치. 단, 안전밸브 등이 2개 이상 설치된 경우 1개는 최고사용압력의 1.05배(외부 화재 대비는 1.1배) 이하에서 작동되도록 설치
- 안전밸브 등의 배출 용량은 소요분출량을 계산하여 가장 큰 수치를 적용



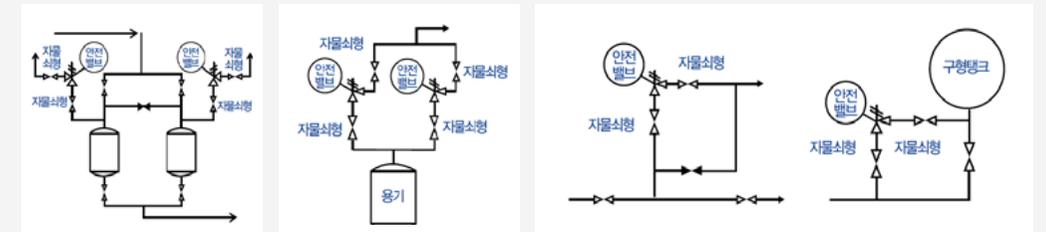
차단밸브의 설치 금지

- 안전밸브 등의 전단·후단에 차단밸브 설치 금지. 단, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 자물쇠형 또는 이에 준하는 형식의 차단밸브를 설치할 수 있음
 - 인접한 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브 등이 각각 설치되어 있고, 해당 화학설비 및 그 부속설비의 연결 배관에 차단 밸브가 없는 경우
 - 안전밸브 등의 배출 용량의 2분의 1 이상에 해당하는 용량의 자동 압력 조절 밸브(구동용 동력원의 공급을 차단하는 경우 열리는 구조인 것으로 한정)와 안전밸브 등이 병렬로 연결된 경우
 - 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브 등이 복수 방식으로 설치된 경우
 - 예비용 설비를 설치하고 각각의 설비에 안전밸브 등이 설치된 경우
 - 열팽창에 의하여 상승된 압력을 낮추기 위한 목적으로 안전밸브가 설치된 경우
 - 하나의 Flare stack에 둘 이상의 단위공정의 Flare header를 연결하여 사용하는 경우로 각각의 단위공정의 플레어헤더에 설치된 차단 밸브의 열림·닫힘 상태를 중앙제어실에서 알 수 있도록 조치한 경우

차단밸브를 설치할 수 있는 경우 예시



인접한 용기에 안전밸브가 이중으로 설치된 경우 인접한 용기에 안전밸브가 이중으로 설치된 경우 (단, 기체용기) 배출용량의 50% 이상에 Control Valve(FO)와 안전 밸브가 병렬로 설치된 경우 3Way Valve 복수 방식으로 안전밸브를 설치한 경우



예비용 용기와 각각에 안전밸브가 설치된 경우 복수방식으로 안전밸브를 설치한 경우 열팽창 안전밸브인 경우

일터에서
적용하여야 할
유해·위험
예방 조치

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙	
제267조 배출물질의 처리	제274조 자동경보장치의 설치 등
제268조 통기 설비	제275조 긴급차단장치의 설치 등
제269조 화염 방지기의 설치 등	제276조 예비동력원 등
제270조 내화기준	제277조 사용 전의 점검 등
제271조 안전거리	제278조 개조·수리 등
제272조 방유제 설치	제279조 대피 등
제273조 계측장치 등의 설치	

* 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

배출물질의 처리

- 안전밸브 등으로부터 배출되는 위험물은 연소·흡수·세정·포집 또는 회수 등의 방법으로 처리. 단, 다음의 경우 배출 위험물을 안전한 장소로 유도하여 외부로 직접 배출 가능
 - 배출물을 연소·흡수·포집, 회수 등의 방법으로 처리 시 파열판 기능 저해 우려가 있는 경우
 - 배출물질을 연소 처리할 때에 유해성 가스를 발생시킬 우려가 있는 경우
 - 고압 위험물이 대량배출되어 연소·흡수·포집, 회수 등으로 완전히 처리할 수 없는 경우
 - 공정 설비가 있는 지역과 떨어진 인화성 가스, 인화성 액체 저장탱크에 안전밸브 등이 설치될 때에 저장탱크에 냉각설비 또는 자동소화 설비 등 안전상의 조치를 하였을 경우
 - 배출량이 적거나 배출 시 급격히 분산되어 재해의 우려가 없으며, 냉각설비 또는 자동소화 설비를 설치하는 등 안전상의 조치를 하였을 경우

배출 위험물의 포집, 연소처리의 예



통기 설비

- 인화성 액체를 저장·취급하는 대기압 탱크에는 통기관 또는 통기 밸브(breather valve) 등 (이하 '통기 설비')을 설치
- 통기 설비는 충분한 용량의 것을 사용, 철저히 유지·보수



- * 통기관은 진공 또는 가압 상태가 되지 않도록 대기로 개방된 배관을 말함
- * 통기 밸브는 평상시에 닫힌 상태로 있다가 탱크의 압력이 미리 설정된 압력에 도달하면 밸브가 열려 탱크 내부의 가스, 증기 등을 외부로 방출하거나 또는 탱크 내부로 외부 공기를 흡입하는 밸브임
- * 비상(긴급)통기 설비는 탱크주변의 화재로 인해 일시에 발생되는 많은 량의 가스·증기 등을 방출할 수 있는 긴급 압력방출 맨홀뚜껑, 긴급압력방출 계기뚜껑(Gauge hatch) 등이 있음

화염 방지기 등의 설치

- 인화성 액체 및 인화성 가스를 저장 취급하는 화학설비에서 증기나 가스를 대기로 방출하는 경우 외부로부터의 화염을 방지하기 위하여 화염 방지기를 그 설비 상단에 설치
 - 단, 대기로 연결된 통기관에 화염방지 기능이 있는 통기 밸브가 설치되어 있거나, 인화점이 섭씨 38°C 이상 60°C 이하인 인화성 액체를 저장·취급할 때에 화염방지 기능을 가지는 인화 방지망을 설치한 경우 예외
- 화염 방지기를 설치하는 경우 「산업표준화법」에 따른 화염 방지 장치 기준에 적합한 것을 설치하며, 항상 철저히 보수·유지 실시
 - * 통기 밸브가 있는 경우 당해 화학설비와 통기 밸브 사이에 화염 방지기를 설치
 - * 기타 KOSHA GUIDE P-70-2019 『화염 방지기 설치 등에 관한 기술지침』 참조



내화 기준

- 다음에 해당하는 건축물은 내화 구조로 하며, 성능 유지를 위해 점검·보수 등 실시
 - 건축물의 기둥 및 보: 지상 1층(지상 1층의 높이가 6m를 초과하는 경우 6m)까지
 - 높이 30cm 이상 위험물 저장·취급용기의 지지대: 지상으로부터 지지대의 끝부분까지
 - 배관·전선관 등 지지대: 지상으로부터 1단(1단 높이가 6m 초과하는 경우 6m)까지



※기타 KOSHA GUIDE D-45-2012 『내화 구조에 관한 기술지침』 참조

- 철 구조물은 화재 등으로 철의 온도가 450°C 이상 올라가면 강도가 현저히 떨어져 철 구조물의 붕괴, 변형, 파손 등의 위험이 있으므로, 화재 후 1~4시간 이상 견디도록 내화 시공을 해야 함
- 내화 시공 방법은 콘크리트, 피복, 뿔철, 도료, 판재 등이 있으며, 일반적으로 콘크리트 1인치는 약 1시간의 내화성능이 있으며, 콘크리트는 흡습된 상태에서 화재가 발생하면 내부의 물이 기화, 팽창되어 내화콘크리트가 파손되어 내화 기능이 떨어질 위험이 있으므로 발수 기능이 있는 콘크리트로 시공하고, 외부에 도료 등을 칠하여 흡습을 예방하고, 평상시 균열이나 파손된 부분을 보수하여야 함

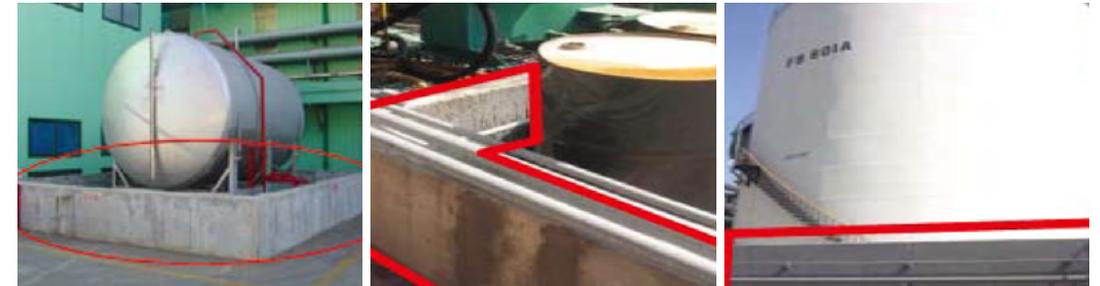
안전 거리

- 위험물을 저장·취급하는 화학설비 및 그 부속설비를 설치하는 경우 「산업안전보건 기준에 관한 규칙 별표 8」에 따라 설비 및 시설 간에 충분한 안전거리를 유지
- 단, 다른 법령에 따라 안전거리 또는 보유 공지를 유지하거나, 공정안전보고서를 제출하여 피해 최소화를 위한 위험성 평가를 통하여 그 안전성을 확인받은 경우 예외

구분	안전거리
단위공정시설 및 설비로부터 다른 단위공정 시설 및 설비의 사이	설비의 바깥 면으로부터 10미터 이상
플래어스택으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크 또는 위험물질 하역설비의 사이	플래어스택으로부터 반경 20미터 이상. 단, 단위공정시설 등이 불연재로 시공된 자봉 아래에 설치된 경우 예외
위험물질 저장탱크로부터 단위공정시설 및 설비, 보일러 또는 가열로의 사이	저장탱크의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 단, 저장탱크의 방호벽, 원격조종 화설비 또는 살수설비를 설치한 경우 예외
사무실·연구실·실험실·정비실 또는 식당으로부터 단위공정시설 및 설비, 위험물질 저장탱크, 위험물질 하역설비, 보일러 또는 가열로의 사이	사무실 등의 바깥 면으로부터 20미터 이상. 단, 난방용 보일러인 경우 또는 사무실 등의 벽을 방호구조로 설치한 경우 예외

방유제 설치

- 인화성 액체, 인화성 가스, 부식성 물질, 급성 독성 물질을 저장하는 탱크를 설치하는 경우 누출, 확산을 방지하기 위하여 방유제(防油堤)를 설치



※기타 KOSHA GUIDE D-8-2017 『방유제 설치에 관한 기술지침』 참조

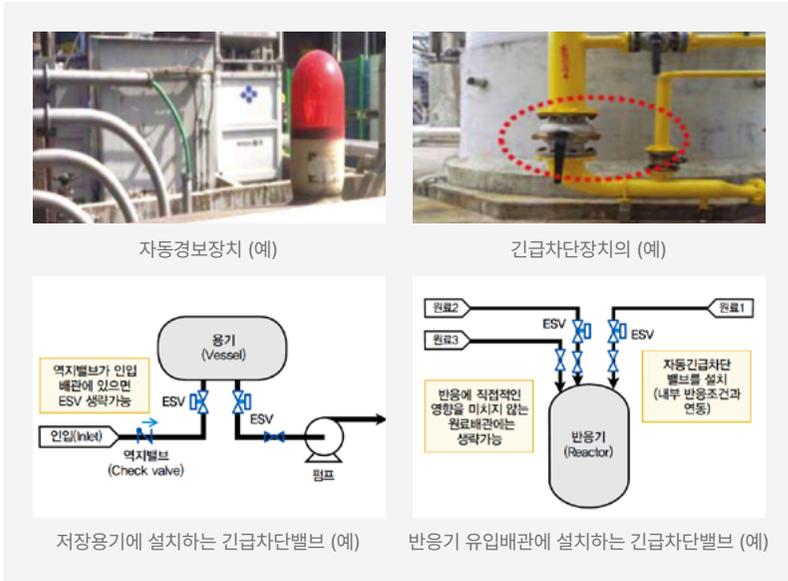
계측장치 등의 설치



- 「산업안전보건기준에 관한 규칙 별표 9」에 따른 위험물을 같은 표에서 정한 기준량 이상으로 제조하거나 취급하는 다음의 어느 하나에 해당하는 화학설비(이하 '특수화학설비')를 설치하는 경우 내부의 이상 상태를 조기에 파악하기 위하여 필요한 온도계·유량계·압력계 등의 계측장치를 설치
 - 발열반응이 일어나는 반응장치
 - 증류·정류·증발·추출 등 분리를 하는 장치
 - 가열시켜 주는 물질의 온도가 가열되는 위험물질의 분해온도 또는 발화점보다 높은 상태에서 운전되는 설비
 - 위험물질이 발생할 우려가 있는 설비
 - 온도가 섭씨 350°C 이상이거나 압력이 980kPa 이상인 상태에서 운전되는 설비
 - 가열로 또는 가열기

자동경보장치의 설치 등/ 긴급차단장치의 설치 등

- 특수화학설비를 설치하는 경우, 그 내부의 이상 상태를 조기에 파악하기 위하여 필요한 자동경보장치를 설치. 곤란한 경우 감시인을 두고 그 특수화학설비의 운전 중 설비를 감시하도록 하는 등의 조치 필요
- 특수화학설비를 설치하는 경우, 이상 상태 발생에 따른 폭발·화재, 누출을 방지하기 위하여 원재료 공급의 긴급 차단, 제품 등의 방출, 불활성가스의 주입이나 냉각 용수 등의 공급을 위하여 필요한 장치 등을 설치



· 화재발생 가능 지역에 설치하는 긴급차단밸브는 화재시 화염에 견딜 수 있는 재질을 사용하여야하고, 전기나 압축공기 등의 동력원이 차단되면 닫히는 구조이어야 하며, 긴급차단밸브의 전기설비와 압축공기공급배관은 화재시 15분 이상 작동이 가능하도록 불연성 또는 내화조치를 하여야 한다.



긴급차단밸브 (예)

* 기타 KOSHA GUIDE D-11-2012 『긴급차단밸브의 설치에 관한 기술지침』 참조

예비동력원

- 특수화학설비와 그 부속설비에 사용하는 동력원에 대하여 다음 사항을 준수
 - 동력원의 이상에 의한 폭발, 화재 방지를 위해 즉시 사용가능한 예비동력원을 갖춤
 - 밸브·콕·스위치 등에 대해서 잠금장치를 하고 색채표시 등으로 구분

사용 전의 점검 등

- 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 화학설비 및 그 부속설비의 안전검사 내용을 점검한 후 해당 설비를 사용
 - 처음으로 사용하는 경우, 분해·개조·수리를 한 경우
 - 계속하여 1개월 이상 사용하지 아니한 후 다시 사용하는 경우

- 해당 화학설비 또는 그 부속설비의 용도를 변경하는 경우(사용하는 원재료의 종류를 변경하는 경우를 포함)에도 해당 설비의 다음 사항을 점검한 후 사용
 - 그 설비 내부에 폭발이나 화재의 우려가 있는 물질이 있는지 여부
 - 안전밸브·긴급차단장치 및 그 밖의 방호장치 기능의 이상 유무
 - 냉각장치·가열장치·교반장치·압축장치·계측장치 및 제어장치 기능의 이상 유무

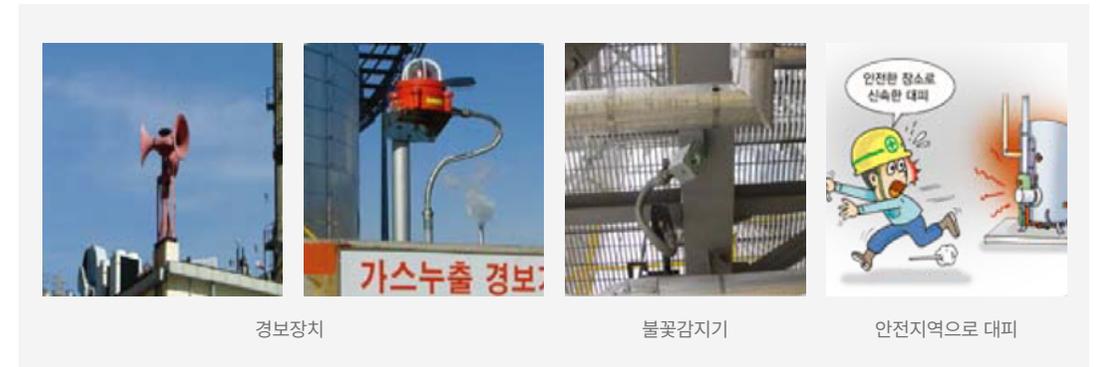
개조·수리 등

- 화학설비와 그 부속설비의 개조·수리 및 청소 등을 위하여 해당 설비를 분해하거나 해당 설비의 내부에서 작업을 하는 경우 다음 사항을 준수
 - 작업책임자를 정하여 해당 작업을 지휘토록 조치
 - 작업장소에 위험물 등이 누출되거나 고온의 수증기가 새어나오지 않도록 조치
 - 작업장 및 그 주변의 인화성 액체의 증기나 인화성 가스농도를 수시로 측정



대피 등

- 폭발이나 화재에 의한 산업재해발생의 급박한 위험이 있는 경우 즉시 작업을 중지하고 근로자를 안전한 장소로 대피 조치
- 작업장에 관계자가 아닌 사람의 출입을 금지하고, 그 취지를 보기 쉬운 장소에 표시



02. 화기 등의 관리

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙			
제239조	위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용금지	제243조	소화설비
제240조	유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 등	제244조	방화조치
제241조	화재 위험 작업 시의 준수 사항	제245조	화기사용 장소의 화재 방지
제242조	화기사용 금지	제246조	소각장

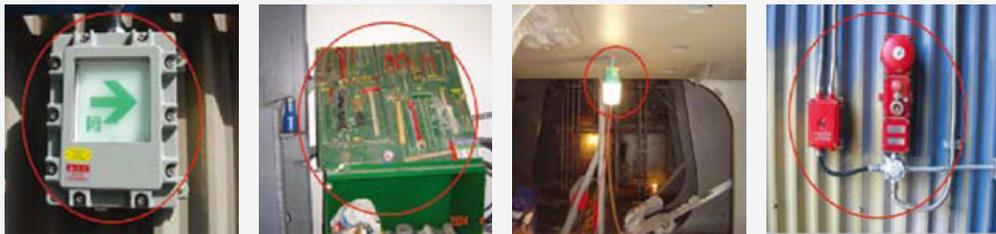
* 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

일터에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용금지

- 위험물이 있어 폭발, 화재가 발생할 우려가 있는 장소 또는 그 상부에서 불꽃이나 아크를 발생하거나 고온으로 될 우려가 있는 화기·기계·기구 및 공구 등을 사용해서는 안 됨

방폭형 전기기계기구 등 사용 예



방폭형 유도등

방폭형 수공구

방폭형 임시 조명등

방폭형 화재발신기

유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 등

- 위험물, 위험물 외의 인화성 유류 또는 인화성 고체가 있을 우려가 있는 배관·탱크 또는 드럼 등의 용기에 대하여
- 미리 위험물 외의 인화성 유류, 인화성 고체, 위험물을 제거하는 등 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치를 한 후가 아니면 화재위험 작업을 시켜서는 아니 됨



비산방지용 불받이포

통풍 등이 충분하지 않은 장소에서의 용접 등

- 통풍, 환기가 충분하지 않은 장소에서 용접·용단 및 금속의 가열 등 화기를 사용하는 작업, 연삭숫돌에 의한 건식 연마작업 등 그 밖에 불꽃이 될 우려가 있는 작업 등을 하는 경우
 - 통풍, 환기를 위하여 산소를 사용해서는 아니 됨
- 통풍이나 환기가 충분하지 않고 가연물이 있는 건축물 내부, 설비 내부에서 용접·용단 등과 같은 화기 작업을 하는 경우 화재예방에 필요한 다음의 사항을 준수함

- ① 작업 준비 및 작업 절차 수립
- ② 작업장 내 위험물의 사용·보관 현황 파악
- ③ 화기작업에 따른 인근 인화성 액체에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
- ④ 용접불티 비산방지덮개, 용접방화포 등 불꽃, 불티 등 비산방지조치
- ⑤ 인화성 액체의 증기가 남아 있지 않도록 환기 등의 조치
- ⑥ 작업근로자에 대한 화재예방 및 피난교육 등 비상조치



화기 사용 금지

- 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에 화기 사용 금지
 - 화재, 폭발위험 장소에서 부득이 하게 정비, 운전을 위하여 화기사용을 해야 하는 경우 사전에 가연성이나 인화성물질을 제거하고, 소화기 비치 등 사전 안전조치를 철저히 한다.
 - 화기작업 절차에 따라 화기작업 허가를 받은 후 사용할 수 있다.



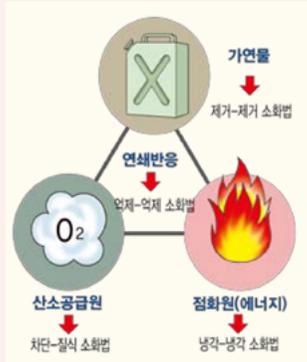
Check Box
소화 원리 /
소화기 종류 및 특징 /
사용 및 유지관리

소화설비

- 건축물, 화학설비 또는 위험물 건조설비가 있는 장소, 그 밖에 위험물이 아닌 인화성 유류 등 폭발이나 화재의 원인이 될 우려가 있는 물질을 취급하는 장소(이하 '건축물 등')에는 소화설비를 설치
- 소화설비는 건축물 등의 규모·넓이 및 취급하는 물질의 종류 등에 따라 예상되는 폭발이나 화재를 예방하기에 적합하여야 함

소화 원리

- 소화는 물리적소화와 화학적소화로 나눌 수 있다. 물리적소화에는 냉각소화, 질식소화, 제거소화가 있고 화학적소화는 억제소화를 말한다.
- [냉각소화] 열 균형을 깨뜨려 온도를 낮추어 소화한다.
- [질식소화] 산소를 차단해 농도 15% 이하로 조정하여 소화한다.
- [제거소화] 가연물을 제거하여 소화한다.
- [억제소화] 연쇄반응을 단절해 소화한다.



화재분류에 따른 적용 소화기

화재분류	종류	소화기 표시	소화방법	적용 소화기	비고
일반 화재	A급	백색	냉각소화	산-알카리, 포(泡), 물(주수) 소화기	목재, 섬유, 종이류 화재
유류 및 가스화재	B급	황색	질식소화	CO ₂ , 증발성 액체, 분말, 포 소화기	가연성 액체 및 가스 화재
전기 화재	C급	청색	질식소화	CO ₂ , 증발성 액체	전기 통전 전기기구 화재
금속 화재	D급	-	피복에 의한 질식	마른모래, 팽창질석	가연성 금속(Mg, Na, K 등)

화재의 종류에 따른 소화기 적용성 분류



소화기의 종류 및 특징

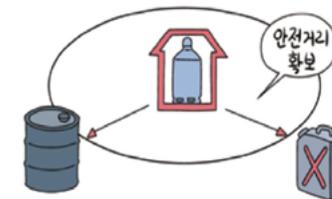
- [물 소화기]** 물 또는 물에 계면 활성제 등을 첨가 사용
- [산알카리 소화기]** 중탄산나트륨 수용액과 황산의 혼합 시 화학반응에 의해 발생되는 이산화탄소를 가압원으로 방사
- [포 소화기]** 화학포 소화기에 기계포 소화기가 있으며, 거품이 연소면을 덮어 질식 및 냉각에 의해 소화
- [분말 소화기]** 가스가압식과 축압식이 있으며, 연쇄반응 억제효과
- [이산화탄소 소화기]** 축압식의 일종으로 액화CO₂를 사용하며, 질식 작용에 의한 소화효과
- [할로겐화합물 소화기]** 할로겐 화합물을 소화약제로 사용, 연쇄반응 억제효과 큼

소화기 사용 및 유지관리

- 물 소화기**
 - 동결방지, 소화수량 충전확인, 피스톤 작동상태 확인
- 분말 소화기**
 - 한 번 사용한 경우는 밸브와 밸브캡 사이에 분말이 끼여 장기간에 걸친 압력손실 우려가 있으므로 주기적 확인
 - 축압식은 재충전, 가스가압식은 가압용기 교체
- 할론 소화기**
 - 온도변화가 민감한 장소는 피할 것
 - 지하층 및 무창층장소의 사용에 유의(질식 등)
 - 소화기 중량을 측정하여 충전량 확인
- 이산화탄소 소화기**
 - 직사광선 및 고온다습 장소는 피할 것
 - 지하층 및 무창층 장소의 사용에 유의(질식 등)
 - 사용 중 동상에 유의할 것
 - 소화기 중량을 측정하여 충전량 확인

방화조치

- 화로, 가열로, 가열 장치, 소각로, 철제 굴뚝, 그 밖에 화재를 일으킬 위험이 있는 설비 및 건축물과 그 밖에 인화성 액체와의 사이에는 방화에 필요한 안전거리를 유지하거나 불연성 물체를 차열(遮熱) 재료로 하여 방호



화기사용 장소의 화재 방지

- 흡연장소 및 난로 등 화기를 사용하는 장소에 화재예방에 필요한 설비 설치
- 화기를 사용한 사람은 불티가 남지 않도록 뒤처리를 확실하게 해야 함

소각장

- 소각장 설치 시 화재가 번질 위험이 없는 위치에 설치하거나 불연성 재료로 설치

03. 위험물 등의 취급

일터에서 적용하여야 할 유해·위험 예방 조치

기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙			
제225조	위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치	제232조	폭발 또는 화재 등의 예방
제226조	물과의 접촉 금지	제233조	가스용접 등의 작업
제227조	호스 등을 사용한 인화성 액체 등의 주입	제234조	가스등의 용기
제228조	가솔린이 남아 있는 설비에 등유 등의 주입	제235조	서로 다른 물질의 접촉에 의한 발화 등의 방지
제229조	산화에틸렌 등의 취급	제236조	화재 위험이 있는 작업의 장소 등
제230조	폭발 위험이 있는 장소의 설정 및 관리	제237조	자연발화의 방지
제231조	인화성 액체 등을 수시로 취급하는 장소	제238조	유류 등이 묻어 있는 걸레 등의 처리

* 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치

- 위험물질을 제조하거나 취급하는 경우 폭발·화재 및 누출을 방지하기 위한 적절한 방호조치를 하지 아니하고는 다음의 행위를 해서는 아니 됨

위험물질	행위 금지 사항 및 물질의 예
<p>폭발성 물질/ 유기과산화물</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근시키거나 가열하거나 마찰시키거나 충격을 가하는 행위 질산에스테르류, 니트로화합물, 아조화합물, 하이드라진, 유기과산화물 등
<p>물반응성 물질 및 인화성 고체</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 각각 그 특성에 따라 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근, 발화를 촉진하는 물질 또는 물에 접촉, 가열, 마찰, 충격을 가하는 행위 리튬, 칼륨, 나트륨, 황, 황인, 마그네슘분말, 금속분말, 유기 금속화합물 등
<p>산화성액체/ 산화성고체</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 분해가 촉진될 우려가 있는 물질에 접촉, 가열, 마찰, 충격을 가하는 행위 염소산 및 그 염류, 과산화수소 및 무기과산화물, 질산 및 그 염류 등
<p>인화성 액체</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 인화점이 60°C 이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근, 주입, 가열, 증발시키는 행위 메탄올, 아세톤, 산화프로필렌, 노르말헥산, 가솔린, 등유, 경유 등 인화점이 60°C 이하인 액체
<p>인화성 가스</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 인화한계 농도의 최저한도가 13%이하 또는 최고한도와 최저 한도의 차가 12%이상인 것으로서 표준압력하의 20°C에서 가스상태인 물질 화기나 그 밖에 점화원이 될 우려가 있는 것에 접근, 압축·가열, 주입하는 행위 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 등

부식성 물질/ 급성독성물질



- 누출시키는 등으로 인체에 접촉시키는 행위
- 부식성 물질: 황산·염산·질산 등의 부식성산류, 가성소다·수산화칼륨 등의 부식성 염기류
- 급성독성물질
- ① LD50(경구, 쥐)이 kg당 300밀리그램 - (체중)이하인 화학물질
- ② LD50(경피, 토끼 또는 쥐)이 kg당 1000밀리그램 - (체중) 이하인 화학물질
- ③ 가스 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 2500ppm 이하인 화학물질, 증기 LC50(쥐, 4시간 흡입)이 10mg/ℓ 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트 1mg/ℓ 이하인 화학물질

* 추가적인 세부 내용은 「산업안전보건기준에 관한 규칙 별표1」의 위험물질의 종류를 참고한다.



물과의 접촉 금지

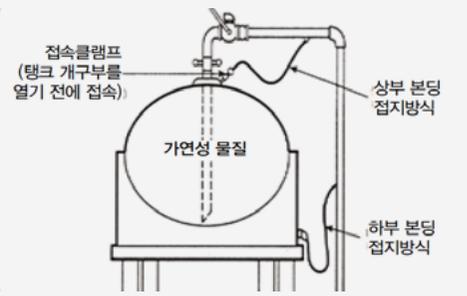
- 물반응성 물질·인화성 고체를 취급하는 경우 물 접촉 방지를 위해 완전 밀폐 용기에 저장 또는 취급, 빗물 등이 스며들지 않는 건축물 내에 보관 또는 취급하도록 조치
 - 호스 등을 사용한 인화성 액체 등의 주입
 - 위험물을 액체 상태에서 호스 또는 배관 등을 사용하여 화학설비, 탱크로리, 드럼 등에 주입하는 작업을 하는 경우에는 그 호스 또는 배관 등의 결합부를 확실히 연결하고 누출이 없는지를 확인한 후에 작업 실시
- * 화학설비 및 그 부속설비의 종류는 「산업안전보건기준에 관한 규칙 별표7」을 참조한다.

가솔린이 남은 설비에 등유 등 주입

- 화학설비로서 가솔린이 남아 있는 화학설비(위험물을 저장하는 것으로 한정), 탱크로리, 드럼 등에 등유나 경유를 주입하는 작업을 하는 경우 미리 그 내부를 깨끗하게 씻어내고,
 - 가솔린 증기를 불활성 가스로 바꾸는 등 안전한 상태로 되어 있는지를 확인한 후에 그 작업 실시. 단, 다음의 조치를 하는 경우 적용제외
 - 주입 전 탱크·드럼 등과 주입설비 사이에 접속선이나 접지선을 연결하여 전위차를 줄임
 - 주입하는 경우 그 액표면의 높이가 주입관의 선단 높이를 넘을 때까지 주입 속도를 초당 1미터 이하가 되도록 조치
- * 이동식 탱크로리는 운반상황에 따라 경유와 가솔린을 수시로 바꾸어 주입하다 정전기 등에 화재가 발생한다. 이는 가솔린을 비운 후에는 공기보다 3~4배 무거운 가솔린증기가 폭발 상한값 이상의 농도로 잔류되어 있는 탱크로리의 내부에 등유나 경유를 주입할 경우, 가솔린 증기가 액체 등유와 경유에 급속히 용해되어 내부의 압력이 낮아져 외부공기가 탱크 내부로 유입되어 가솔린 증기 농도가 폭발 한계 이내로 도달하여 충격, 정전기 등의 점화원에 의한 증기폭발 위험이 있다.

※ 인화성 액체를 고무타이어로 절연된 탱크로나 드럼 등에 주입하는 경우 운반체와 주입하는 경우 운반체와 주입배관 간에는 하단의 <그림>과 같이 상호 본딩하여 전위차가 없도록 한다.

<그림>
탱크로리의 접지 방식
(상부 주입 방식)



산화에틸렌 등의 취급

- 산화에틸렌, 아세트알데히드 또는 산화프로필렌을 화학설비, 탱크로리, 드럼 등에 주입 작업과 저장하는 경우
 - 미리(항상) 그 내부를 불활성가스로 바꾸는 등 안전한 상태로 되어 있는지 확인 후 해당 작업을 실시하거나 저장

- 물성특징
 - 산화에틸렌(폭발범위 3.0~100%), 아세트알데히드(분자량 44.05, 녹는점 -121°C, 폭발범위 4.0~60.0%), 산화프로필렌(폭발범위 1.9 ~ 36.3%)은 폭발범위가 넓어 폭발위험성이 높다.
 - 독성물질, 발암성 추정물질로 미국NFPA에서 화재등급이 4로 폭발범위가 넓고 인화점이 낮고 분자구조상 산소를 함유하고 있어 400°C 이상 온도가 상승하면 분해반응이 일어나 급격한 압력상승으로 폭발위험이 매우 높다.

※ KOSHA GUIDE D-141-2014 『산화에틸렌 취급설비의 안전에 관한 기술지침』 참조

폭발 위험이 있는 장소의 설정 및 관리

- 인화성 액체의 증기나 인화성 가스 등을 제조·취급 또는 사용하는 장소, 인화성 고체를 제조·사용하는 장소에 폭발 위험 장소의 구분도(區分圖)를 작성하는 경우 「산업표준화법」에 따라 가스 폭발 위험 장소 또는 분진 폭발 위험 장소로 설정하여 관리

※ 폭발 위험 장소의 구분도를 작성·관리하도록 조치

더 많은 안전보건 정보는?

K S C IEC
60079-10-1
『폭발분위기-제10-1부
폭발 위험 장소의 구분』

KOSHA
GUIDE-143-2013
『위험성 평가를
기반으로 하는 인화성
액체 취급장소의
폭발 위험 장소 설정에
관한 기술지침』 참조

인화성 액체 등을 수시로 취급하는 장소

- 인화성 액체, 인화성 가스 등을 수시로 취급하는 장소에서 환기가 충분하지 않은 상태에서 전기기계·기구 작동 금지
- 수시로 밀폐된 공간에서 스프레이 건을 사용하여 인화성 액체로 세척·도장 등의 작업을 하는 경우 다음 조치 후 전기기계·기구를 작동
 - 인화성 액체, 인화성 가스 등으로 폭발 위험 분위기가 조성되지 않도록 해당 물질의 공기 중 농도가 인화하한계값의 25%를 넘지 않도록 충분한 환기를 유지
 - 조명 등은 고무, 실리콘 등의 패킹이나 실링 재료를 사용하여 완전히 밀봉
 - 가열성 전기기계·기구를 사용하는 경우에는 세척 또는 도장용 스프레이 건과 동시에 작동되지 않도록 연동 장치 등의 조치 실시
 - 방폭구조 외의 스위치와 콘센트 등의 전기기기는 밀폐 공간 외부에 설치
 - ※ 상기에도 불구하고 방폭성능을 갖는 전기기계·기구에 대해서는 사용가능

폭발 또는 화재 등의 예방

- 인화성 액체의 증기, 인화성 가스, 인화성 고체가 존재하여 폭발, 화재가 발생할 우려가 있는 장소에서 폭발, 화재를 예방하기 위하여 통풍·환기 및 분진 제거 등의 조치 실시
- 증기나 가스에 의한 폭발, 화재를 미리 감지하기 위하여 가스 검지 및 경보 장치를 설치. 단, 「산업표준화법」에 따른 0종 또는 1종 폭발 위험 장소에 해당하는 경우 방폭구조 전기기계·기구를 설치한 경우에는 예외

가스 용접 등의 작업

- 인화성 가스, 불활성 가스 및 산소(이하 '가스 등')를 사용하여 금속의 용접·용단, 가열 작업을 하는 경우, 가스 등의 누출, 방출로 인한 폭발·화재, 화상을 예방하기 위하여 다음 사항을 준수
 - 호스와 취관(吹管)은 손상·마모 등에 의하여 가스 등의 누출 우려가 없는 것을 사용
 - 취관 및 호스의 상호 접촉부분은 호스밴드, 호스클립 등 조임 기구를 사용하여 가스 등이 누출되지 않도록 조치
 - 호스에 가스 등을 공급 시 미리 그 호스에서 가스 등이 방출되지 않도록 필요 조치
 - 사용 중인 가스 등을 공급하는 공급구의 밸브나 콕에는 사용하는 사람의 이름표를 붙이는 등 공급에 대한 오조작을 방지하기 위한 표시 실시
 - 용단작업 시 취관으로부터 산소의 과잉 방출로 인한 화상을 예방하기 위하여 근로자가 조절 밸브를 서서히 조작하도록 주지

- 작업 중단, 종료 시 장소를 떠날 경우 가스 등의 공급구의 밸브나 콕을 잠글 것
- 가스 등의 분기관은 전용 접속 기구를 사용하여 불량 체결을 방지하며, 서로 이어지지 않는 구조의 접속 기구 사용, 서로 다른 색상의 배관·호스의 사용 및 꼬리표 부착 등을 통하여 서로 다른 가스배관과의 불량 체결을 방지



가스 등의 용기

- 금속 용접·용단, 가열에 사용되는 가스 등의 용기를 취급하는 경우 다음 사항을 준수
 - ① 통풍이나 환기가 불충분한 장소/ 화기를 사용하는 장소 및 그 부근
 - ② 위험물 또는 '제236조'에 따른 인화성 액체를 취급하는 장소 및 그 부근 다음의 어느 하나에 해당하는 장소에서 사용, 설치·저장, 방치 금지
 - 용기의 온도를 섭씨 40°C 이하로 유지할 것
 - 전도의 위험이 없도록 하고, 충격을 가하지 않도록 하며, 운반 시 캡을 씌울 것
 - 사용하는 경우에는 용기의 마개에 부착되어 있는 유류 및 먼지를 제거할 것
 - 밸브의 개폐는 서서히 할 것
 - 사용 전 또는 사용 중인 용기와 그 밖의 용기를 명확히 구별하여 보관할 것
 - 용해아세틸렌의 용기는 세워 둘 것
 - 용기의 부식·마모 또는 변형 상태를 점검한 후 사용할 것

Check Box
고압가스 용기외면
도색 및 가스명칭
표시방법

가스 종류	일반용		의료용	
	도색	문자	도색	문자
가연성· 독성가스	액체석유가스	회색	적색	-
	수소	주황색	백색	-
	아세틸렌	황색	흑색	-
	액화암모니아	백색	흑색	-
	액화염소	갈색	백색	-
	그 밖의 가스	회색	백색	회색
그 밖의 가스	산소	녹색	백색	백색
	액화탄산가스	청색	백색	회색
	질소	회색	백색	흑색
	소방용 용기	위험물안전관리법	백색	-
	이산화질소	회색	백색	청색
	헬륨	회색	백색	갈색
	에틸렌	회색	백색	자색
	싸이크로프로판	회색	백색	주황색
	그 밖의 가스	회색	백색	회색

* 용기에 표시하는 그림문자는 GHS MSDS규정에 따라 마름모꼴에 표시하고, 용도에 따라 선박용, 자동차용 등을 표시한다.

서로 다른 물질의 접촉에 의한 발화 등의 방지

- 서로 다른 물질끼리 접촉함으로써 인하여 해당 물질이 발화하거나 폭발할 위험이 있는 경우 해당 물질을 가까이 저장하거나 동일한 운반기에 적재해서는 아니 됨. 단, 접촉방지를 위한 조치를 한 경우에는 예외 적용

Check Box
유별을 달리하는
위험물의 혼재기준

구분	산화성고체	가연성고체	발화성물질	인화성액체	자기반응성	산화성액체
산화성고체		x	x	x	x	x
가연성고체	x		x	○	○	x
발화성물질	x	x		○	x	x
인화성액체	x	○	○		○	○
자기반응성	x	○	x	○		x
산화성액체	x	x	x	○	x	

비고 ① 'x' 표시는 혼재할 수 없음을 표시한다. ② '○' 표시는 혼재할 수 있음을 표시한다.
③ 이 표는 지정수량의 1/10 이하의 위험물에 대하여는 적용하지 아니한다.

출처 : 위험물안전관리법 시행규칙 별표 19 [부표 2]

화재 위험이 있는 작업의 장소 등

- 합성섬유·면·양모·천조각·톱밥·짚·종이류 또는 그 밖에 인화성 액체를 다량으로 취급하는 작업을 하는 장소·설비 등은 화재예방을 위하여 적절한 구조로 배치
 - 적절한 배치: 방화상 필요한 거리 유지 방법과 이런 장소로부터 격리시키는 방법
 - 적절한 구조: 화재 발생 방지와 소화에 편리하도록 하는 방법 등

자연발화의 방지

- 질화면, 알킬알루미늄 등 자연발화의 위험이 있는 물질을 쌓아 두는 경우 위험한 온도로 상승하지 못하도록 화재예방을 위한 조치 실시

물성특징

- 알킬알루미늄, 알킬리튬 등과 같은 물질은 누출하면 공기 중의 수분과 반응하여 인화성 가스가 발생하고, 반응열에 의하여 자동으로 점화되므로, 통풍이 잘 되도록 하고 직사광선을 피하여 밀봉상태로 저장한다.
- 산업용 질화면(나이트로셀룰로스, 면약, 면화약)은 화약, 도료, 특수 잉크 등에 사용하며, 질소의 함유량에 따라 공업용과 화약용으로 구분한다. 저장용기 파손 등으로 질화면이 건조한 상태에서 충격, 마찰, 열에 노출되면 점화될 수 있으므로 항상 습한 상태로 유지한다.

유류 등이 묻어 있는 걸레 등의 처리

- 기름 또는 인쇄용 잉크류 등이 묻은 천조각이나 휴지 등은 뚜껑이 있는 불연성 용기에 담아 두는 등 화재예방을 위한 조치 실시

* 한곳에 장시간 쌓아두면 기름이나 잉크류 등이 공기 중 산소와 산화반응을 발생된 열이 계속 축적될 경우 자연발화에 의한 화재위험이 있으므로 즉시 소각 등으로 가능한 빨리 처리하거나 열이 축적되지 않도록 한다.



기본적으로 체크하여야 할 조항

산업안전보건기준에 관한 규칙	
제296조	지하작업장 등
제297조	부식성 액체의 압송설비
제298조	공기 외의 가스 사용 제한
제299조	독성이 있는 물질의 누출 방지
제300조	기밀시험시의 위험 방지

※ 상기 조항 이외에 추가적으로 적용되는 관련 법령 및 조항이 있음을 유념한다.

일터에서
적용하여야 할
유해·위험
예방 조치

지하작업장

- 인화성 가스가 발생할 우려가 있는 지하작업장에서 작업하는 경우(제350조에 따른 터널 등의 건설작업의 경우 제외) 또는 가스도관에서 가스가 발산될 위험이 있는 장소에서 굴착작업(해당 작업이 이루어지는 장소 및 그와 근접한 장소에서 이루어지는 지반의 굴삭 또는 이에 수반한 토석의 운반 등의 작업)을 하는 경우 폭발이나 화재를 방지하기 위하여 다음 조치 실시
 - 가스 농도를 측정하는 사람을 지명하고 다음의 경우에 해당 가스 농도를 측정

- 매일 작업을 시작하기 전
- 가스의 누출이 의심되는 경우
- 가스가 발생하거나 정체할 위험이 있는 장소가 있는 경우
- 장시간 작업을 계속하는 경우(4시간마다 가스 농도를 측정)



가스농도측정기

- 가스의 농도가 인화하한계 값의 25% 이상으로 밝혀진 경우 즉시 근로자를 안전한 장소에 대피시키고 화기, 기타 점화 원이 될 우려가 있는 기계·기구 등의 사용을 중지하며 통풍·환기 등의 조치 실시

부식성 액체의 압송설비

- 부식성 물질을 동력을 사용하여 호스로 압송하는 작업을 하는 경우 해당 압송에 사용하는 설비에 대하여 다음의 조치 실시
 - 압송에 사용하는 설비를 운전하는 사람(이하 '운전자')이 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치를 할 것
 - 호스와 그 접속용구는 내식성, 내열성 및 내한성을 가진 것 사용
 - 호스에 사용정격압력을 표시하고 그 사용정격압력을 초과하여 압송하지 아니할 것
 - 호스 내부에 이상압력이 가해져 위험할 경우 사용 설비에 과압방지장치 설치
 - 호스와 호스 외의 관 및 호스 간의 접속부분에 접속용구를 사용하여 누출이 없도록 확실히 접속
 - 운전자를 지정하고 압송에 사용하는 설비의 운전 및 압력계의 감시를 하도록 조치
 - 호스 및 그 접속용구는 매일 사용하기 전에 점검하고 손상·부식 등의 결함에 의하여 압송하는 부식성 액체가 날아 흩어지거나 새어나갈 위험이 있으면 교환 조치



공기 외의 가스 사용 제한

- 압축한 가스의 압력을 사용하여 부식성 액체를 압송하는 작업을 하는 경우 공기가 아닌 가스를 해당 압축가스로 사용해서는 아니 됨
 - 단, 해당 작업을 마친 후 즉시 가스를 배출한 경우나 가스가 남아 있음에 표시하는 등 근로자가 압송에 사용한 설비의 내부에 출입하여도 질식 위험이 발생할 우려가 없도록 조치한 경우 질소, 탄산가스를 사용 가능



독성이 있는 물질의 누출방지

- 사업장 내 급성 독성물질의 저장 및 취급량을 최소화할 것
- 급성 독성물질을 취급 저장하는 설비의 연결 부분은 누출되지 않도록 밀착시키고 매월 1회 이상 연결부분에 이상이 있는지를 점검할 것



- 급성 독성물질을 폐기·처리하여야 하는 경우에는 냉각·분리·흡수·흡착·소각 등의 처리공정을 통하여 급성 독성물질이 외부로 방출되지 않도록 할 것
- 급성 독성물질 취급설비의 이상 운전으로 급성 독성물질이 외부로 방출될 경우에는 저장·포집 또는 처리설비를 설치하여 안전하게 회수할 수 있도록 할 것



- 급성 독성물질을 폐기·처리 또는 방출하는 설비를 설치하는 경우에는 자동으로 작동될 수 있는 구조로 하거나 원격조정 할 수 있는 수동조작구조로 설치
- 급성 독성물질을 취급하는 설비의 작동이 중지된 경우에는 근로자가 쉽게 알 수 있도록 필요한 경보설비를 근로자와 가까운 장소에 설치
- 급성 독성물질이 외부로 누출된 경우 감지·경보할 수 있는 설비를 구비



기밀시험 시의 위험방지

- 배관, 용기, 그 밖의 설비에 대하여 불활성가스(질소, 탄산가스등)의 압력을 이용하여 기밀시험을 하는 경우 국가교정기관에서 교정을 받은 압력계를 설치하고 내부압력을 수시로 확인
 - 압력계는 기밀시험을 하는 배관의 내부압력을 확인할 수 있도록 작업자가 보기 쉬운 장소에 설치
 - 기밀시험을 종료한 후 설비 내부를 점검할 때 반드시 환기를 하고 불활성가스가 남아 있는지를 측정하여 안전한 상태를 확인한 후 점검
 - 기밀시험장비가 주입압력에 충분히 견딜 수 있도록 견고하게 설치하며, 이상압력에 의한 연결파이프 등의 파열방지를 위한 안전조치를 하고 그 상태를 미리 확인
- * 기밀시험은 누설여부를 확인하는 것이지 내압력을 확인하는 것은 수압시험을 하여야 하고, 내압시험을 기밀시험으로 대신할 경우에는 용기 등의 파열을 고려하여 방벽을 쌓는 등의 특별한 안전조치를 하고 실시하여야 한다.



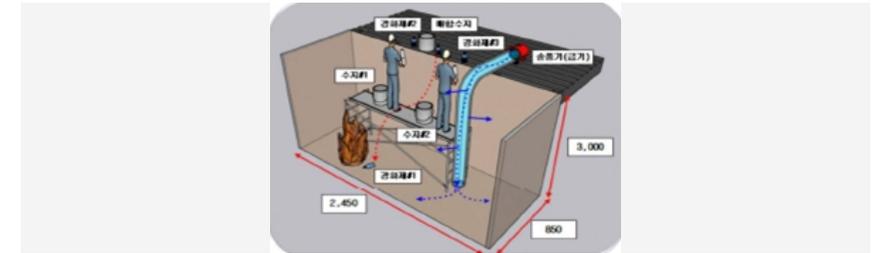
IV. 화재·폭발·누출 등 사고사례 및 예방대책 (중대산업사고 포함)

- 화재
- 폭발
- 누출



화재		도금조 보수작업 중 화재	
재해일자	2022년 6월	상해정도	부상 2명
작업명	도금조 보수작업	기인물	경화제

재해발생 개요



2022년 6월 부산시 사하구 소재 0000에서 도금조 보수작업 중 도금조 상부에 있던 경화제가 떨어지면서 화재가 발생하여 근로자 2명이 화상을 입음

현장 상황

- [도금조 보수] 도금조 내부 표면 보수를 위해 FRP 적층공사를 진행함
 - 작업순서: 면처리 → 배합 → 적층 → 경화 → 검사
 - ※ 본 재해는 적층 작업 중 발생, 배합된 수지액을 롤러로 도포하여 유리섬유를 붙이는 작업
- [경화제] FRP 적층 시 사용되는 인화성 물질이 도금조 위에 소분되어 방치됨

재해발생 원인

- [인화성분위기] 도금조 표면 보수에 사용되는 물질이 인화성 분위기 형성
 - 손상된 FRP 적층면의 접착성 향상을 위해 그라인딩 시 FRP 분진(가연성 분진)이 형성, 도금조 내부 바닥에 분산
 - 경화제에 포함된 스티렌모너머 등 인화점이 낮은 물질이 증발하여 인화성 분위기 형성
- [자연발화] FRP 분진과 경화제가 혼촉되어 발생한 반응열이 축적, 온도가 상승하여 경화제에 포함된 MEKPO의 자연발화온도에 도달

재해예방 대책

- ① 도금조 내부 작업 시 작업 전·작업 중 환기 조치 실시
 - FRP 적층 시 사용되는 수지는 인화성 물질로 화재위험분위기를 형성할 수 있으므로 급·배기장치를 설치하여 충분한 환기를 실시
- ② 유기과산화물 취급 시 유의
 - 유기과산화물 등 위험물질이 포함된 경화제를 소분해서 사용 시 Dropper 형태의 전용 액체 용기를 이용
 - 작업이 끝난 후 보관장소로 이동
 - 이물질의 침투나 보관용기 누설이 없도록 관리 철저

화재 인화성액체 이용 여과 작업 중 화재사고

재해일자	2016년 ○월	상해정도	부상 1명
작업명	여과 및 세척	기인물	정전기(점화원)

재해발생 개요



충북 음성군 대소면 소재 의약품 생산업체에서 합성·추출과정을 거쳐 결정화된 농축액을 여과·세척하는 작업 중 정전기로 추정되는 화재가 발생하여 전신에 화상을 입은 사고

재해발생 원인

- 여과기 내부 폭발분위기 형성 방지
 - 여과기는 여과기 덮개의 틈새로 외기가 유입될 수 있는 구조이며, 여과기 내부는 배기량이 유입량(질소 공급량과 유증기발생량)을 초과하여 내부 음압으로 외기가 유입되며 폭발분위기 형성
- 정전기 발생 억제조치 미흡
 - 배관에 잔류한 세척액을 질소로 밀어낼 때 비전도성 유체가 흐르는 동안 배관과의 마찰로 생긴 정전기가 유체에 축적되고, 정전기 축적된 유체가 노즐에서 분사될 때 분출대전이 발생, 노즐에서 분사된 후 비말에도 대전되며 정전기가 점차 강화된 것으로 추정
- 밸브조작 순서 등 방법 미지정
 - 질소의 공급·차단을 통한 액상물질의 이송 등 시스템 운전에 필요한 모든 밸브를 수동으로 조작하고 있고 이를 단순히 작업자의 경험과 판단에 의해 밸브 조작

재해예방 대책

- 덮개 등의 접합부에서 누출방지 조치
 - 여과기 용기와 덮개 사이는 위험물 누출을 방지하기 위해 전 둘레에 걸쳐 적절한 가스킷 사용, 덮개는 일체형으로 실링이 유지되도록 아이볼트 체결
- 정전기 발생(비말대전) 억제조치
 - 잔류 세척액을 질소로 밀어낼 시 여과기 몸체 및 덮개에 정전기적 접지 실시 및 비말대전이 생기지 않도록 세척액이 여과기 용기 하부에서부터 채워지도록 침액배관(Dip-pipe)을 설치
- 화학설비 및 그 부속설비 사용 작업에 대한 사전조사 및 작업계획서 작성
 - 중간생성물 농축액이나 인화성물질인 세척액 여과 및 세척작업 시 밸브 조작, 덮개의 위험물 누출여부 점검, 운전 일시 정지 또는 부분적으로 중단된 경우의 작업방법 또는 운전 재개 시의 작업방법(세척액 투입배관의 연결 및 해체방법 포함), 이상 상태 발생 시의 조치(세척액의 투입량이 부족하거나 과다하게 공급되는 경우 포함), 위험물 누출 시의 조치(세척액 투입배관을 연결하거나 해체할 때) 등에 대한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업 실시

화재 반응기 내벽 청소 작업 중 화재·폭발

재해일자	2020년 2월	상해정도	부상 2명
작업명	반응기 내벽 청소 작업	기인물	점화원

재해발생 개요



2020년 2월 (주)OOOO에서 반응기 내벽에 붙어있던 중간생성물 세척을 위해 맨홀을 열고 플라스틱 용기로 인화성 액체를 뿌리던 중 화재·폭발 발생(부상 2명)

유사 재해사례

- 2019.12. 반응기 세척을 위해 호스를 이용하여 인화성 액체를 뿌리던 중 화재·폭발(부상 2명)
- 2016.03. 반응기에 인화성액체 투입 후 분말 원료 추가 투입 중 인화성 액체 증기 폭발(부상 2명)

재해발생 원인

- 반응기 내 불활성 조치 미흡
 - 반응기의 세척작업을 위해 맨홀을 개방하기 전 치환(불활성가스) 또는 세척작업(물)을 실시하여 폭발위험분위기를 제거하여야 하나 미실시함
- 점화원(정전기) 관리 미흡
 - 반응기 세척작업 시 정전기를 축적시킬 수 있는 플라스틱 용기를 사용함
- 세척 작업 방법 부적절
 - 맨홀을 열고 외부 공기 유입이 가능한 상태에서 인화성 액체를 뿌리는 방식의 세척방법 채택

재해예방 대책

- 폭발 위험 분위기 형성 방지
 - 인화성액체를 사용함으로써 반응기 내 폭발 위험 분위기 형성의 우려가 있는 경우, 불활성가스로 치환하거나 물, 스팀 등을 사용하여 세척작업을 실시함으로써 폭발 위험 분위기 형성 방지
- 점화원(정전기) 방지조치 실시
 - 세척제 등을 담은 용기 및 도구는 정전기 대전방지가 가능한 도전성(금속제) 재질 사용
 - 반응기, 배관 등 정전기 대전방지용 접지 실시
 - 인체대전 방지를 위한 제전복, 대전방지용 안전화 등 착용
- 세척 작업 방법 변경
 - 인화성 액체를 사용하여 세척 작업 전 반응기 내부를 불활성가스로 치환 하는 등 폭발 위험 분위기를 제거한 후 세척작업 진행

화재 고무원료 생산 공정 교반기 맨홀부위에서 용매 누출로 인한 화재

재해일자	2016년 8월	상해정도	부상 5명
작업명	용매 순환 작업	기인물	교반기, 핵산 등

재해발생 개요 전남 여수시 소재 OOOOO(주) OOO 고무원료(EPDM)* 생산 공정의 교반기 맨홀부위에서 핵산 등 내용물 누출로 인한 화재가 발생하여 인근에 있던 작업자 5명이 화상을 입은 사고.

* EPDM(ethylene propylene diene monomer): 절연전선, O-ring 등 내후성과 전기절연성이 우수한 고무 원료로 사용

- 재해발생 원인**
- 맨홀 누출방지 조치 미흡
 - 맨홀에 삽입하는 Retaining plate가 개스킷보다 직경이 작아 Retaining plate의 끝부분에 의해 개스킷 외륜과 Sealing element 경계면이 손상을 입음.
 - 개스킷과 Retaining plate의 중심이 맞지 않아 개스킷의 Sealing element 부분과 Retaining plate가 균일하게 접합되지 않음.
 - 공정지역에 비방폭형 디젤엔진 지게차 출입
 - 디젤엔진을 사용하는 지게차의 머플러(muffler) 등 배기계통 또는 배기가스등의 고온부위나 지게차 시동 및 운전과 관련된 전기회로(비방폭)의 전기에너지가 점화원이 될 수 있으나 공정지역 출입을 제한하지 않음.
 - 기밀시험방법 부적합
 - 자체 규정 상 최고사용압력의 1.1배 이상으로 기밀시험을 실시하고, 시험 중에는 비눗물로 누출 여부를 검증하도록 되어 있으며, 이러한 시험과정 및 결과는 철저히 기록 유지하도록 되어 있으나 부적절한 압력(10kg/cm²)으로 기밀시험을 실시하고 이에 대한 상세한 시험과정 및 결과 등을 기록관리하지 않음.

- 재해예방 대책**
- 맨홀 누출방지 조치 보완
 - 맨홀에 설치하는 Retaining plate의 크기는 개스킷의 크기와 동일하게 변경하여 Retaining plate로 인하여 개스킷이 손상되지 않도록 하여야 하며, 볼트 체결 시에는 개스킷과 Retaining plate의 중심을 맞추어 개스킷의 Sealing element 부분과 Retaining plate가 균일하게 접합되도록 하여야 함.
 - 공정위험지역에 비방폭형 지게차 출입금지
 - 운전 중인 공정 내에 디젤엔진 지게차의 출입을 금지하고 출입 필요한 경우 공정과 가까운 도로까지로 출입지역을 제한하는 것이 바람직함. 이 경우에도 주변에 가연성증기 가스 누출 여부를 확인하고 이상이 없는 경우에만 사용하여야 하며, 사용시간도 최소화 시켜야함.
 - 기밀시험방법 준수 철저
 - 기밀시험은 최고사용압력의 1.1배 이상으로 실시하는 등 시험압력과 시험방법을 사내 기준으로 실시하고, 기밀시험 특성상 누출현상을 육안으로 확인하기 어려우므로 시험 중에는 비눗물로 누출여부를 검증하기 바람. 아울러 시험압력, 압력유지시간 등 모든 시험과정 및 결과는 철저히 기록 유지하여야 함.

화재 톨루엔 주입작업 중 정전기에 의한 화재

재해일자	2016년 ○월	상해정도	사망 1명
작업명	용제 배합	기인물	정전기(점화원)



재해발생 개요 2016년 ○월 경기도 김포에 소재한 OOOO 사업장 내 배합실에서 재해자가 이형지에 도포하는 실리콘 이형제 배합을 위해 원료인 톨루엔을 지하 저장탱크로부터 배합용기에 주입하던 중 배합용기에서 정전기 방전에 의한 화재가 발생한 사고임

재해발생 원인

- [가연물] 톨루엔 증기
- [산소] 대기 중의 공기
- [점화원] 고무호스와 배합용기 가장자리 원형테두리 간 정전기 방전
 - 톨루엔 고정배관에 절연재질의 고무호스를 연결하여 배합용기 상부에서 직접 톨루엔을 주입하던 중 고무호스와 배합용기 가장자리 간에 정전기 방전이 일어나 화재가 발생함

- 재해예방 대책**
- 도전성 재질의 호스 사용
 - 정전기가 축적되지 않는 도전성 재질의 호스로 교체
 - 등전위 본딩 실시
 - 배합용기와 주입배관 사이에 정전기 방전이 일어나지 않도록 주입배관과 배합용기 사이를 직접 본딩
 - 배합용기에 전용 접지면 설치
 - 각 도전체를 접지
 - 톨루엔 주입방식 개선
 - 용기 상부 주입방식(Splash filling)에서 용기 하부 주입방식으로 개선
 - 주입배관을 용기 하부까지 확장(Dip pipe)하고 끝단에 45도 컷팁 또는 티(Tee) 사용
 - 초기 배관 내 유속을 1m/sec 이하로 유지

폭발 폐황산 이송작업 중 폭발

재해일자	2022년 5월	상해정도	부상 1명
작업명	폐황산 이송 작업	기인물	폭발

재해발생 개요



2022년 5월 전라북도 소재 000에서 폐황산을 IBC 용기로 이액하던 중 IBC 용기에서 폭발이 발생하여 근로자가 화상을 입음

작업 상황

- 비정상 작업
 - [정상] 폐황산 전용 IBC용기에 폐황산 이액
 - [비정상] 재생오일 전용 용기에 잔류하는 재생오일을 제거하지 않고 폐황산 주입

재해발생 원인

- ① 직접원인
 - [인화성액체] IBC용기에 인화성 액체가 포함된 재생오일 잔류
 - [용기 내부 정전기] 황산 이액시 발생하는 충돌대전, 분출대전 등 작업상황에서 발생 할 수 있는 정전기 축적
- ② 기여요인
 - [잔류물질 관리] IBC 용기에 잔류하는 재생오일 미제거
 - [전용 용기] 폐황산 전용 IBC 용기를 사용해야 하지만 재생오일 전용 IBC 용기 사용
 - [재고 관리] 폐황산 전용 IBC 용기의 재고 관리 미실시

재해예방 대책

- ① 취급물질별 작업 절차서 수립
 - 공정에서 취급하는 모든 물질에 대한 작업 절차서 작성
- ② IBC 용기 재고관리 시스템 구축
 - 공정유체 취급량을 고려하여 IBC 용기의 재고를 관리하도록 시스템 구축
- ③ 위험성 평가 실시
 - 생산 절차/ 작업 절차에 대한 누락없이 위험성 평가 실시
- ④ 정전기 축적 방지조치 실시
 - 인화성 물질 취급 시 정전기 축적을 방지하기 위해 접지봉 및 접지 장치 사용
 - 작업자로 인한 정전기 발생(인체대전)을 억제하기 위해 제전복 및 제전화 착용

폭발 폐유저장탱크 상부 작업 중 폭발

재해일자	2022년 4월	상해정도	사망 1명, 부상 1명
작업명	폐유저장탱크 상부 작업	기인물	화재·폭발

재해발생 개요



2022년 4월 충남 소재 (주)OO 공장부지 내 옥외 저장탱크 상부에 설치된 통기관 연장 작업 중, 폭발이 발생하여 상부에서 작업 중이던 재해자 1명이 사망하고, 1명이 부상당한 재해.

작업 상황

- 불안정한 상태 및 작업
 - 인화성 가스 농도 측정 미실시
 - 화기작업 전 인화성 가스의 농도 미측정

재해발생 원인

- ① 직접원인
 - [인화성증기] 폐유 저장탱크의 통기관으로 배출되는 인화성 유증기에 토치 불꽃이 점화원으로 작용
- ② 기여요인
 - [물질 정보 확인 미흡] 성분이 일정하지 않고 이물질이 혼입될 우려가 있는 폐유가 다양한 경로를 통하여 대량 입고 된 후, 물리적 방법만으로 정제가 이루어져 취급 및 저장 중인 폐유 내에 인화성 액체의 포함여부를 확인할 수가 없음
 - [작업절차 부적절] 저장된 폐유의 위험성(인화성 액체 포함 또는 인화성 증기 발생)을 알지 못하는 상태에서 화재·폭발 예방조치 없이 탱크상부에서 토치를 사용하여 화기작업을 실시함

재해예방 대책

- 화재폭발 예방 조치 및 작업 절차 변경
 - 위험물 혹은 인화성 유류 등이 있을 우려가 있는 배관, 저장탱크, 드럼 등 용기와 관련된 작업 전 인화성 가스 농도를 측정하고,
 - 인화성액체를 제거 후 화기작업을 실시하거나, 안전한 장소에서 화기작업을 실시 후 위험장소에서는 볼팅(Bolting) 등의 작업을 수행하여 화기작업으로 인한 점화원을 제거하여야 함
- 물질 정보 확인
 - 폐유 수거시 업체로부터 물질안전보건자료(MSDS)등을 받아 물질의 위험성을 확인하고, 인화성, 독성에 관한 정보를 근로자에게 교육하여 사고를 예방하여야 함
 - 작업 전 인화성 가스 농도 측정/ 화재 예방 조치 및 비 화기작업으로 절차 변경
 - 저장·취급 중인 물질의 위험성 확인

폭발 **드럼통 용단작업 중 폭발**

재해일자	2022년 2월	상해정도	사망 1명
작업명	드럼통 용단작업	기인물	폭발

재해발생 개요



2022년 2월 울산 소재 OOOO에서 산소-LPG 가스절단기로 드럼통 용단 작업을 준비하던 중 드럼통이 폭발하여 작업자가 파편(경판부)에 후두부를 맞아 사망

작업 상황

- **불안정한 행동**
 - [잔류 물질 미확인] 드럼통은 도료가 인화성물질로 구분되어 잔류물질 및 그 증기가 가연물이 될 수 있음
 - 드럼통 주입구 및 통기구 닫힌 밀폐상태로 보관
 - [점화된 토치 방지] 드럼통 상부 점화된 산소-LPG 가스 절단기 토치를 올려 놓고 동료 작업자와 대화
 - 점화된 토치에 의해 드럼통 경판에 구멍 생성 → 산소 유입

재해발생 원인

- ① **직접원인**
 - [점화원] 점화된 토치를 가연성 물질 저장했던 드럼통 상부에 방지
 - [내용물] 내용물 확인하지 않고 주입구 및 통기구 닫힌 밀폐상태보관
- ② **기여요인**
 - [안전조치] 작업 중단 시(동료와 대화) 가스 등을 공급하는 공급구 밸브나 콕 미차단
 - [교육] 인화성 액체 취급작업시 해당 물질에 대한 유해·위험성과 취급 시 주의사항 등에 대한 근로자의 교육 미실시
 - [위험요인] 드럼통 용단작업에 대한 위험요인 파악에 따른 필요조치 미이행

재해예방 대책

- ① **점화된 토치 소화 및 드럼통 내 잔류상태 확인 후 제거**
 - 작업 중단 및 휴식 시 사용했던 가스 등의 공급구 밸브나 콕을 반드시 차단하여 토치 소화상태 확인
 - 가스절단작업 전 내부세척 또는 퍼지·플러싱 등의 방법으로 인화성물질 체류 차단 후 작업 수행
- ② **인화성 액체 취급 작업에 대한 교육 실시**
 - 인화성 액체의 성질이나 상태, 취급방법 및 안전수칙, 화기 등 위험방지에 관한 사항에 대해 교육을 실시하고 해당물질의 유해성, 위험성 및 취급 시 주의사항을 근로자가 숙지토록 조치
 - 폭발이나 화재의 예방을 위한 조치/ 위험성평가 실시/ 특별안전보건교육 실시

폭발 **열매유 보일러 팽창탱크 화재·폭발**

재해일자	2022년 1월	상해정도	사망 1명, 부상 2명
작업명	열매유 보일러	기인물	화재·폭발

재해발생 개요



2022년 1월 충북 소재 (주)OO 보일러실(4층)에서 열매유 보일러 팽창탱크 2기의 폭발, 화재가 발생하여 근로자 1명 사망, 2명 부상당한 재해

※ 팽창탱크 A가 1차 폭발 후 화재영향 등으로 팽창탱크 B가 폭발한 것으로 추정

작업 상황

- **불안정한 상태 및 작업**
 - [열매유의 부적절한 사용] 열매유의 끓는점(335°C)이상의 고온으로 장기간 사용(17개월)하여 열매유가 열화, 기화 및 열 분해됨

재해발생 원인

- ① **직접원인**
 - [열매유 기화 및 열분해] 열매유 순환배관 및 팽창탱크 내 기화된 열매유 증기가 채워지고, 열 분해된 수소가 가연물이 됨
- ② **기여요인**
 - [설비의 용도 외 사용] 열매유 팽창탱크를 상압탱크로 설계, 설치하였으나 질소 공급 설비를 추가하면서 압력용기로 변경하여 사용
 - [작업계획서 미작성] 열매유가 급격히 줄어드는 등 이상발생 시 작업계획서(안전운전절차서)에 따라 조치하여야 하나 따르지 않음

재해예방 대책

- **열매유 특성을 반영한 사용 및 관리**
 - 열매유는 주로 수분에 의한 오염, 공기접촉에 의한 산화, 장기간 고온으로 사용할 경우 열화 또는 분해 등의 위험이 있으므로,
 - 사용온도에 적합한 열매유를 선정하여 안전한 온도범위로 운전하여야 하며, 열매유 사용 기준 미달할 경우 적합한 시기에 교체 또는 보충 등 관리
- **작업계획서(안전운전절차서)작성 및 준수**
 - 각 상황 별로 안전하게 설비운전을 할 수 있도록 작업계획서를 상세하게 작성하여 그 계획서에 따라 안전하게 운전
 - 작성된 작업계획서는 관련 근로자에게 교육하여 정상운전뿐만 아니라 시운전 및 비상 상황시에 적절하게 조치
- **설비 및 공정 등의 변경 시 위험성평가 실시**
 - 공정 사용유체, 설비 등을 변경하여 용도 외 사용할 경우 변경으로 인해 발생하는 유해위험요인에 대하여 상세히 검토 후 실행

폭발 탱크로리 용접 작업 중 화재·폭발

재해일자	2021년 8월	상해정도	사망 1명
작업명	탱크로리 용접 작업	기인물	유증기 점화

재해발생 개요



2021년 8월 OOOO 공장에서 이온정제유 운반용 탱크로리 상부에 유증기 회수 배관 설치 용접작업 중 탱크 내부에 잔류하고 있던 유증기가 점화되어 화재·폭발이 발생하여 1명이 사망한 재해.

유사 재해사례

- 2013. 10. 탱크로리 상부에서 내부 청소작업 중 불상의 이유로 탱크로리 폭발로 1명 사망
- 2011. 09. 폐유 운반용 탱크로리 상부맨홀 볼트를 산소 절단기로 제거하던 중 폭발로 1명 사망

재해예방 대책

- 용접 작업 전 탱크로리 내부 잔류 연료 제거 및 세정조치**
 - 탱크 보수를 위한 용접 작업 전 탱크로리 내 연료를 완전히 제거하고, 물 등을 이용해 철저히 세척한 후, 탱크로리 내부에 잔류가스 농도를 측정하여 정상인 경우에만 용접작업 실시
- 연료탱크 용접작업 전 위험성 평가 철저**
 - 연료탱크 용접 작업 전 잔류 연료에 의한 화재·폭발의 위험성을 사전 검토하여 세정, 잔류가스 검지, 불활성화 등 조치 실시

폭발 과압에 의한 스팀보일러 폭발

재해일자	2018년 6월	상해정도	사망 2명
작업명	보일러에 폐의류 투입	기인물	보일러

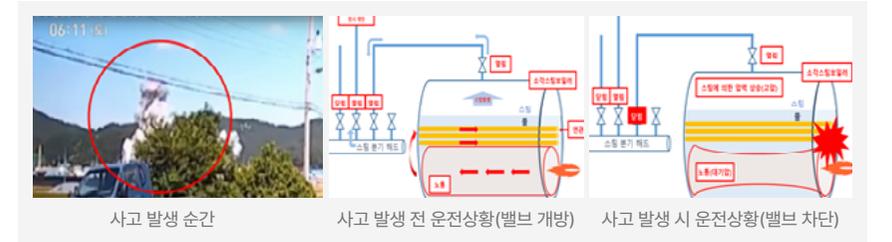
재해발생 개요



경북 고령군 소재 (주)OOO 보일러실에서, OOENG가 운영하는 소각스팀보일러가 과압에 의해 폭발하여 소각스팀보일러에 폐의류를 투입하던 작업자 2명이 사망한 재해

재해발생 원인

- 보일러의 스팀 배출배관 밸브를 차단한 상태에서 보일러 계속 가동**
 - 보일러에서 발생한 스팀이 보일러 내부에 축적될 수밖에 없는 상태에서 계속하여 열원이 공급됨으로써, 보일러 내부에 설계압력(7 kgf/cm²) 이상의 과압 발생
- 보일러 내부의 과압을 방출시키는 압력방출용 안전밸브 미작동**
 - 보일러에 설치된 안전밸브의 압력방출 작동부가 부식·고착되어 작동하지 않음으로써 소각스팀보일러 내부에 발생한 과압을 외부로 방출하지 못하여 보일러 폭발



재해예방 대책

- 보일러의 안전성 확보 철저**
 - 압력방출장치치는 매년 1회 이상 설정압력에서 적정하게 작동하는지를 검사한 후 납으로 봉인하여 사용
 - 압력방출장치인 안전밸브의 기능이 정상적으로 작동될 수 있도록 유지·관리
 - 보일러에 대한 정기검사(설치검사, 계속사용검사) 철저
- 보일러 운전자의 불안정한 행동 예방활동 철저**
 - 보일러 운전자에게 열관리 및 방호장치에 관한 사항, 작업순서 및 방법에 관한 사항 등을 포함한 산업안전·보건 특별교육 실시
 - 보일러 운전자격을 갖춘 자가 보일러를 운전하도록 관리

폭발 RTO설비 점검 중 폭발

재해일자	2017년 0월	상해정도	사망 1명
작업명	RTO 설비 점검	가해물	RTO 파편 등

재해발생 개요



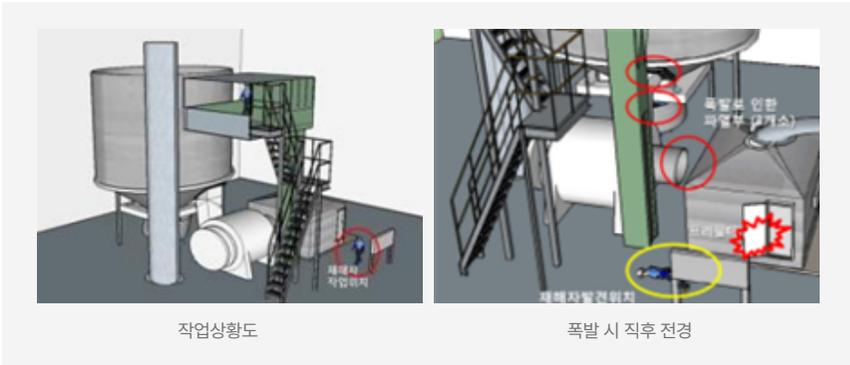
페가스 소각시설(RTO)

폭발 부위

2017년 0월 경기도 안산시 소재 OO에서 재해자가 페가스 소각시설의 이상온도 상승여부를 점검하던 중 잔류VOC(휘발성유기화합물)에 의한 폭발로 인해 18:59분경 사망한 재해

재해발생 원인

- 연소실 내 미처리 잔류가스 배기 불량 등
 - 퍼지팬(F-102)의 고장 및 트립 등이 발생할 경우 다량의 미처리 잔류가스가 연소실 하부에 체류할 수 있으며 이때 형성된 폭발 분위기에 원인 미상의 점화원이 가해져 폭발한 것으로 추정



작업상황도

폭발 시 직후 전경

재해예방 대책

- 긴급 압력방출장치(파열판) 및 폭발 방산구 설치
 - 소각설비 및 배관(또는 덕트) 등에는 화재·폭발을 대비하여 긴급방출장치(파열판), 폭발방산구 등을 설치하여 관리하여야 함
- 연소실 내 미처리 잔류 가스 배기·순환 조치 실시
 - 배기·순환팬 고장 등에 대비한 예비설비(보조팬), 경보(Alarm) 등 연동장치(인터록) 설치 등 설비 신뢰도 확보

폭발 PF(페놀폼)단열제 제조공장 반응기 폭발사고

재해일자	2015년 0월	상해정도	설비·건물 파손(인명피해 없음)
작업명	중합반응	기인물	작업 오류

재해발생 개요



사고발생 현장 외부

사고발생 현장 내부

반응기

충북 청주시 옥산면 소재 PF(페놀폼)단열제 제조공장에서 페놀수지와 파라포름알데히드를 중합반응 중 촉매(수산화칼륨수용액) 투입 작업 오류로 인해 반응기 내 폭주반응이 일어나면서 반응기가 폭발한 재해로 인명피해는 없으나 사회적 물의를 일으킴

재해발생 원인

- 촉매 투입시기 오류 등 안전운전절차 미준수
 - 페놀수지 투입 후 촉매(수산화칼륨수용액)를 정량 투입해야 하나, 촉매 투입밸브 고장으로 적정량의 촉매 일부가 투입되지 않은 상태에서 운전, 이를 인지한 작업자가 잔여 촉매를 투입 → 폭주반응으로 반응기 폭발
- 급격한 압력상승을 대비한 파열판 미설치
 - 10m³ 반응기에 20A 크기의 안전밸브가 설치되어 있으나, 급격한 압력발생을 해소하기에는 미흡

재해예방 대책

- 촉매 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전절차 준수 및 인터록 설치
 - 반응기 원료(촉매) 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전 절차 준수
 - 작업자의 실수가 있을 경우를 대비하여 인터록 설치
- 공정 중 반응폭주 등 급격한 압력상승을 해소할 수 있는 적절한 방호장치 설치

누출 **공기구동 밸브 조작기 오작동으로 인한 혼합C₄ 누출**

재해일자	2018년 8월	상해정도	부상 1명
작업명	열교환기 세척작업	기인물	열교환기, 공압밸브, 혼합C ₄ 등

재해발생 개요



전남 여수시 소재 OO(주) NCC 1팀 BD공장에서 열교환기 세척 후 이동식크레인으로 열교환기 덮개(channel)를 설치하던 중 증류컬럼의 공기구동 밸브 조작기 오작동으로 밸브가 열려 증류컬럼 내부의 혼합C₄ 및 추출용제가 누출되어 협력업체 근로자 4명이 흡입하여 대피 중 1명이 부상을 입은 사고

재해발생 원인

- **공압밸브 작동원 미차단**
 - 공압밸브를 닫은 후 오작동이나 오작동에 의해 공압밸브가 열려 위험물이 누출
- **공압밸브 조작 절차 미준수**
 - 최초 공압밸브를 닫은 후 클러치가 완전한 수동 선택이 되었는지 안전핀 결속 여부를 확인하지 않음
- **작업발판 부적절 설치**
 - 작업자가 열교환기 덮개(channel) 부위로 이동할 수 있게 설치된 작업발판이 공압밸브 조작부위 근처에 설치되어 밸브 조작부위에 접촉함



재해예방 대책

- **공압밸브 작동원 차단**
 - 공압밸브와 같은 작동원에 의해 조작되는 밸브는 조작 후 불시 작동을 방지하기 위해 반드시 작동원을 차단하여야 하며, 현장 밸브 조작스위치와 작동원 차단밸브에 시건 및 표지를 부착하여 다른 작업자의 오작동을 방지
- **공압밸브 조작 절차 준수**
 - 공압밸브 조작 절차서의 내용이 현장에서 준수될 수 있도록 하고, 클러치 수동 등 절차서 준수 여부를 작업자가 과정에서 확인할 수 있도록 조치
- **작업에 적합한 작업발판 설치**
 - 정비작업 시 작업에 필요한 작업자의 이동 경로, 장애물, 설비 간섭 등을 고려한 작업발판을 설치하여 작업자가 현장 조작스위치 등을 잡고 이동하는 경우가 발생하지 않도록 설치

누출 **염소 탱크로리 하역작업 중 염소 누출**

재해일자	2018년 5월	상해정도	부상 3명
작업명	염소 하역작업	기인물	염소하역설비, 염소 등

재해발생 개요



울산광역시 소재 OO(주) 울산공장 염소하역장에서 염소하역작업 중 질소퍼지를 위해 설치된 플렉시블 호스 일부가 파손되어 염소가스가 누출되어 근로자 3명 및 인근 근로자 25명이 호흡계통에 불편함을 느껴 병원진료를 받은 사고임

재해발생 원인

- **부적절한 호스 사용**
 - 염소에 부식 저항성이 없는 스테인레스 304를 선정하고 사용압력 보다 낮은 압력등급의 호스를 사용함
- **염소 외부 누출방지조치 미흡**
 - 급성 독성물질인 염소가 외부로 누출되는 경우를 대비한 방재설비가 설치되어 있지 않음
- **염소 하역작업시 배관에 정체구간 발생**
 - 염소 하역작업 시 플렉시블 호스에 잔류물을 제거하지 않아 염소가 정체하여 부식 발생
- **변경관리 미흡**
 - 염소 플렉시블 호스 직경 변경사항이 발생하였으나 변경관리(공정안전자료, 위험성평가 등)를 실시하지 않음

재해예방 대책

- **물질 및 사용조건에 적합한 호스 사용**
 - 염소를 취급하는 플렉시블 호스는 염소에 내화학성이 있는 재질, 두께 등으로 설치 및 사용
- **염소 외부 누출방지조치 실시**
 - 급성 독성물질인 염소가 누출되었을 경우에는 외부 확산이 되지 않도록 유출방지 및 회수설비(워터컷튼 등)를 설치
- **설계 시와 동일하게 설비 설치**
 - 설계 당시와 동일하게 질소배관에 밸브를 설치하여 염소 하역작업시 플렉시블 호스에 염소가 정체되지 않도록 조치
- **변경관리 철저**
 - 안전에 중대한 변경요소가 발생할 경우에는 적합하게 변경관리를 실시하여 위험요인을 제거

누출 황산 하역작업 중 플렉시블 호스 파손

재해일자	2018년 5월	상해정도	부상 1명
작업명	황산 하역작업	기인물	황산 하역설비, 황산 등

재해발생 개요



울산광역시 온산읍 소재 ○○(주) 황산하역장에서 탱크로리의 황산을 플렉시블 호스를 통해 저장탱크로 이송하는 과정 중 탱크로리와 플렉시블 호스 연결부에서 소량의 황산이 비산되어 작업자의 얼굴과 목부위에 화상을 입은 사고.

재해발생 원인

- ▶ **플렉시블 호스 관리 미흡**
 - 플렉시블 호스 점검 및 교체기준이 없어 장기간 방치로 인한 커플링 연결부 분리로 황산이 비산됨
- ▶ **적합한 보호구 미착용**
 - 위험물질(황산) 하역작업 등의 취급작업 시에 적합한 보호구를 착용하지 않음



재해예방 대책

- ▶ **플렉시블 호스 점검주기 마련 및 점검**
 - 플렉시블 호스는 작업부하, 작업환경, 운전조건을 고려하여 적절한 점검주기를 마련, 점검 사용
 - 커플링이나 피팅류와 연결된 소스는 인접 300mm 부위를 특별히 주의하여 점검
 - 호스를 완전히 펼친 상태에서 다음의 손상 유무를 점검하여 이상이 없을 시 사용(외피의 갈라짐, 브레이드 부식, 호스 내부 침식, 비틀림 등)
- ▶ **취급물질에 적합한 보호구 착용**
 - 위험물질 하역작업 등의 취급작업 시에 적합한 보호구를 착용하고 작업

누출 스트레이너 교체 중 염산 누출

재해일자	2018년 5월	상해정도	부상 1명
작업명	스트레이너 교체작업	기인물	스트레이너, 염산

재해발생 개요



충남 보령시 소재 ○○(주) ○○호기에서 염산공급 펌프 스트레이너가 손상되어 탈착, 교체과정에서 염산이 누출되었으며, 염산 누출 차단을 위해 차단밸브를 잠그는 도중에 염산 35%가 좌측 눈에 비산되어 상해를 입은 사고.

재해발생 원인

- ▶ **위험물질 차단 및 제거조치 미실시**
 - 염산 스트레이너를 교체 시 운전중인 염산배관을 차단 및 잔류 염산을 제거하지 않고 작업을 실시함
- ▶ **보호구 착용 미흡**
 - 염산 스트레이너 교체작업 시 일시적으로 안면보호구를 벗고 작업을 실시함
- ▶ **안전 작업 허가 승인 전 현장 확인 미실시**
 - 안전 작업 허가 승인 시 원청 현장관리자가 작업 현장의 안전상태를 확인하지 않고 승인함
- ▶ **안전운전 절차서 작성 및 작업 위험성 평가 실시 미흡**
 - 염산 스트레이너 교체 작업 절차가 마련되어 있지 않았고, 작업 시작 전 위험요인에 대한 상세한 평가가 누락됨

재해예방 대책

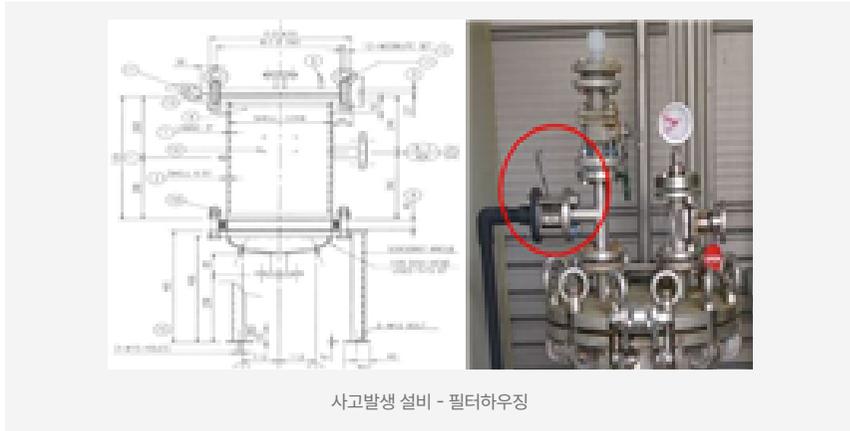
- ▶ **작업 전 위험물질 차단 및 제거 조치**
 - 위험물질이 포함된 배관 부속품을 교체 시에는 작업전 배관과 연결된 공정설비 등은 차단 및 격리 조치
- ▶ **위험물질 취급작업 시 적합한 보호구 착용**
 - 위험물질이 포함된 설비 보수, 교체작업 중에는 적합한 보호구를 항상 착용
- ▶ **안전작업허가 승인 전 현장확인 철저**
 - 안전작업허가 승인 시 반드시 원청 현장관리자가 작업현장의 안전상태를 확인하고 안전할 경우 작업승인
- ▶ **안전운전 절차서 작성 및 작업위험성 평가 실시 철저**
 - 정기적 작업은 안전운전 절차를 누락 없이 작성하고, 작업 전에는 작업위험성 평가 실시
 - 작성된 안전운전 절차 및 위험성 평가를 원·하청 근로자에게 교육 및 공유

누출

불산(HF, 55%) 상차작업 중 누출

재해일자	2016년 6월	상해정도	부상 1명
작업명	불산(55%) 상하차 작업	기인물	파열판, 불산(55%) 등

재해발생 개요



충남 금산군 소재 OOOO(주)에서 불산(HF,55%)을 IBC*로부터 여과작업을 거쳐 탱크로리로 이송작업 중 여과 설비인 필터하우징 상부에 부착된 파열판(Rupture Disk)의 파열로 불산(HF,55%)이 배관을 통해 집수조 주변 트렌치 상부면을 따라 불화수소 하역장 외부로 유출된 사고

* IBC(Intermediate Bulk Container): 선박이나 차량으로 위험물질을 운송하기 위한 용기임.

재해발생 원인

- 필터하우징의 이상과압으로 인한 파열판 파열**
 - [이송펌프 토출압력의 과다] IBC에서 필터를 거쳐 탱크로리로 불산을 이송하는 이송펌프(에어다이하프럼)에 구동용으로 공급되는 압축공기 공급 시 작업자가 밸브 수동 오조작으로 인한 압축공기의 과다 공급으로 인해 이상 과압 발생.
 - [이송 중 필터 막힘] 필터하우징 내부에 사용하는 카트리지는 사고발생 기준 2달 전부터 작업물량이 기존 대비 10배로 증가하였으나 교체를 하지 않아 불순물 등에 의해 필터가 막혔을 가능성이 높음.
- 비상집수조와 폐수조 사이의 수중펌프 작동 불능**
 - [레벨 스위치 관리 미흡] 비상집수조 내에 있는 레벨스위치는 부유식으로 움직이는 범위에 이물질 등이 끼여 작동하지 않은 것으로 추정.
- 불산(HF,55%)의 경보설비 등 미설치**
 - 불화수소 하역장 내에는 불화수소(HF, 100%) 감지기가 하역장 상부에 1개 설치되어 있으나, 불산(HF, 55%)의 누출을 감지할 수 있는 적절한 누액 감지장치가 미설치됨.



재해예방 대책

- 위험물질(불산 55%) 누출 방지 조치 강화**
 - [펌프 구동용 압축공기의 과압방지 대책 수립] 이송펌프의 구동용 압축공기 라인에 정압밸브(Regulator Valve)를 설치하여 과압을 방지하고, 정압밸브의 고장을 대비하여 정압밸브의 후단에 적정압력의 안전밸브를 설치해야 함.
 - [필터의 막힘상태 상시 확인] 필터의 막힘 상태를 확인할 수 있는 차압계의 설치가 필요하며, 경보값을 설정하고 목시 관리가 가능해야 함.
- 비상집수조 내의 레벨스위치의 적정성 유지**
 - 비상집수조 내의 수중펌프에 연동되는 레벨 스위치의 사용 환경을 검토 후 오작동이 되지 않도록 해당 사용 환경에 적합한 레벨게이지를 사용하여 연동설비의 정상 작동에 대한 적정성 유지(PH Meter, 수위에 따른 접점 센서 부착, 물리적 간섭의 가능성이 적은 부유식 등)
- 관리대상물질(불산, HF55%)에 대한 경보설비 설치**
 - 사업주는 관리대상 물질을 1일 평균 합계 100리터 이상 취급하는 장소에는 해당 물질이 셀 우려가 있는 경우 누액 감지기 등의 경보설비를 설치하거나 경보용 기구를 갖추어야 함.



2024년

중·소규모 사업장 화재·폭발 사고예방 핸드북 HANDBOOK

2024-전문기술실-156

비매품

발행처 한국산업안전보건공단 이사장 안종주

발행인 한국산업안전보건공단 전문기술실

발행일 2024년 4월

주소 울산광역시 중구 중가로 400

전화 052-703-0605

홈페이지 www.kosha.or.kr

