조심조심 코리아
작업전 안전점검 당신의 생명을 지킵니다

화학물질 취급사업장의

화재·폭발·누출 사고 예방 길잡이

2016. 3

산업재해예방
안전보건공단

CONTENTS

I. 최근 화학사고 분석 결과 01

II. 화학사고 예방을 위한 주요 안전보건사항 21

III. 화재·폭발·누출 사고사례 및 예방대책 91

IV. 안전보건관리정보 10계명 139

V. 안전보건 미디어 활용법 151

VI. 공정안전보고서 등 제도 소개 165

I

최근 화학사고 분석 결과

1 배경 04

2 분석개요 05

3 사고분석 07

1 배 경

○ 최근들어 화재, 폭발 및 독성물질 누출 등 화학사고가 빈번하게 발행하고 있어 최근 6년간 발생한 화학사고(중대산업사고* 및 기타화학사고**)를 분석하여 동종사고 예방에 기여하고자 함

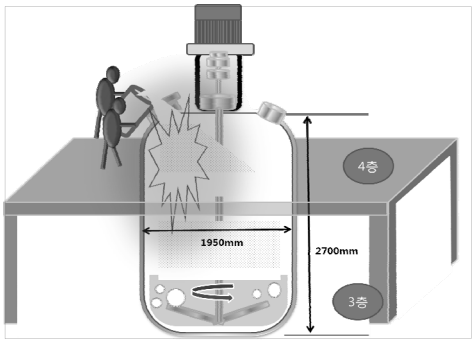
* 중대산업사고 : PSM 대상설비에서 대상물질에 의해 인명피해를 동반한 화재, 폭발 및 독성물질 누출사고

** 기타화학사고 : 중대산업사고가 아닌 화재, 폭발 및 독성물질 누출 사고

사고사례

◆ ○○제약 반응기 원료 투입과정 중 화재사고

2016. 1.월 ○○시 소재 ○○제약 원료의약품 공장에서 분말상태의 록소프로펜산(Loxoprofen acid)을 반응기에 투입하는 과정에서 화재·폭발 발생



◆ ○○오일 등유 누출에 의한 화재사고

2016년 1월 ○○시 소재 ○○오일 내 Condensate 원유분리탑에서 등유 스트리퍼(Kerosene Stripper)로 연결되는 배관의 드레인(Drain) 배관 투시경(Sight Glass)에서 고온(218℃)의 등유가 누출되어 화재 발생

2 분석개요

1. 분석 범위

❍ 2010년부터 2016년 2월까지 발생한 화학사고 100건

- 중대산업사고 40건*
- 기타화학사고 60건**

* ○○화학 ○○공장 1,4-dioxane 폭발(8명 사망), ○○산업 PE 폭발(6명 사망) 등

** ○○○로벌 불화수소 누출(5명 사망), ○○○트 용해공정 폭발사고(4명 사망) 등

2. 분석 내용

❍ 년도별 사고발생 현황

❍ 센터별 사고발생 현황

❍ PSM 등급별(사고 당시) 사고발생 현황

❍ 인적/물적 원인별 사고발생 현황

❍ 설비별 사고발생 현황

❍ 작업상황별 사고발생 현황

❍ 발생형태별 사고발생 현황

❍ 점화원별 화재/폭발 사고발생 현황

❍ 위험물별 사고발생 현황

❍ 원하청업체별 인명피해 현황

❍ 규모별 인명피해 현황

❍ 년도별 사망자 발생 현황

3. 분석 결과

❍ 중대산업사고가 2014년부터 증가 추세

※ 2014년 이후 중대산업사고의 정의가 사망자가 아닌 부상자 1명 이상 발생한 화재, 폭발 및 독성물질 누출사고로 명확해지면서 급격하게 증가됨

❍ 전체 화학사고는 S등급에서 가장 많이 발생[488개소에서 35건(7%) 발생]

– 등급 대비로는 P등급에서 가장 많이 발생[104개소에서 16건(15%) 발생]

※ M+ : 401개소에서 11건(3%) 발생, M– : 158개소에서 15건(9%) 발생

❍ 중대산업사고는 인적원인에 의해 대다수 발생[40건 중 31건(78%)]

– 안전작업절차 미흡(18건), 작업허가절차 미흡(9건)

❍ 중대산업사고는 저장탱크(14건), 반응기(5건), 혼합조(4건) 순으로 발생

– 기타화학사고는 배관(17건), 집진기(4건), 밸브(3건) 순으로 발생

❍ 전체 화학사고는 정상운전 중(48건), 정비보수 중(34건)에 대다수 발생

– 정상운전 중 발생한 중대산업사고는 50인 미만에서 가장 많이 발생(41%)

– 정비작업 중 발생한 중대산업사고는 1,000인 이상에서 가장 많이 발생(50%)

❍ 중대산업사고는 안전운전절차 미준수(21건), 작안전업허가 미준수(10건)에 의해 다수 발생

– 기타화학사고는 설비유지관리 미흡으로 다수 발생(26건)

❍ 발생형태는 화재(36건), 폭발(34건), 누출(22건) 순으로 발생

– 화재 및 폭발의 점화원은 정전기(25건), 전기스파크(11건) 순임

❍ 사망자는 원청업체(30명)와 하청업체에서(31명) 비슷하게 발생

– 100인 이상 사업장 사망자의 59%(44명중 25명)가 하청업체에서 발생

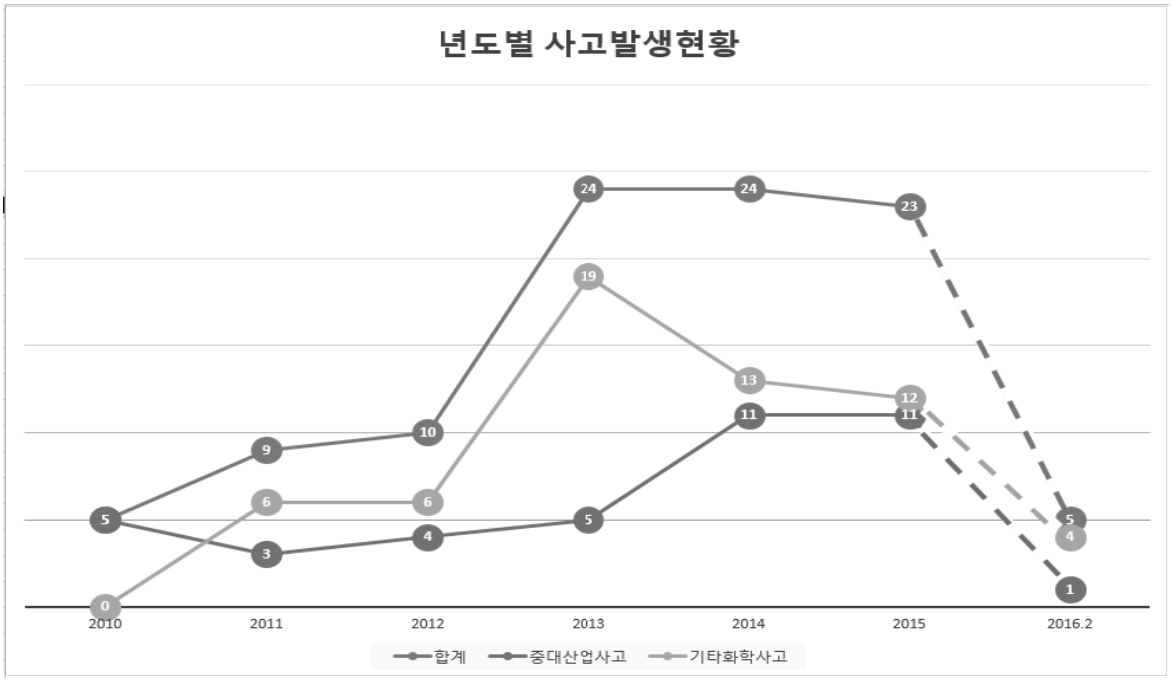
– 100인 미만 사업장 사망자의 65%(17명중 11명)가 원청업체에서 발생

3 사고분석

1. 년도별 사고발생 현황

(단위 : 건)

년도	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	100	40	60
2010년	5	5	0
2011년	9	3	6
2012년	10	4	6
2013년	24	5	19
2014년	24	11	13
2015년	23	11	12
2016년 2월	5	1	4



❍ 중대산업사고는 '14년부터 증가 추세

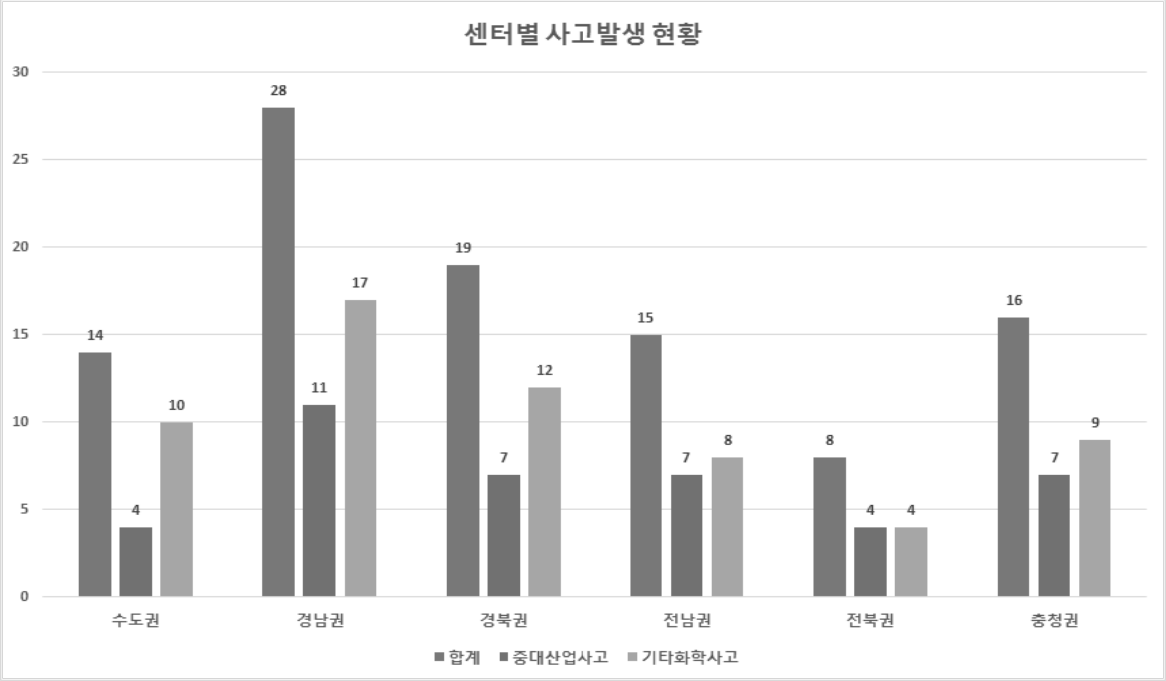
※ 2014년 이후 중대산업사고의 정의가 사망자가 아닌 부상자 1명 이상 발생한 화재, 폭발 및 독성물질 누출사고로 명확해지면서 급격하게 증가됨

❍ 기타화학사고는 '13년부터 증가 추세

2. 중대산업사고예방 센터별 사고발생 현황

(단위 : 건)

센터	합계	중대산업사고	기타화학사고	사업장수
합계	100	40	60	1,865
수도권	14(14.0%)	4(10.0%)	10(16.7%)	506(27.1%)
경남권	28(28.0%)	11(27.5%)	17(28.3%)	391(21.0%)
경북권	19(19.0%)	7(17.5%)	12(20.0%)	238(12.8%)
전남권	15(15.0%)	7(17.5%)	8(13.3%)	197(10.6%)
전북권	8(8.0%)	4(10%)	4(6.7%)	142(7.6%)
충청권	16(16.0%)	7(17.5%)	9(15.0%)	391(21.0%)



❍ 전체 화학사고는 경남권(28건), 경북권(19건), 충청권(16건) 순으로 발생

– 사업장 대비로는 경북권[238개소에서 19건(8.0%) 발생], 전남권(197개소에서 15건(7.6%) 발생] 순으로 발생

❍ 중대산업사고는 경남권(11건), 전남권(7건) 등에서 다수 발생

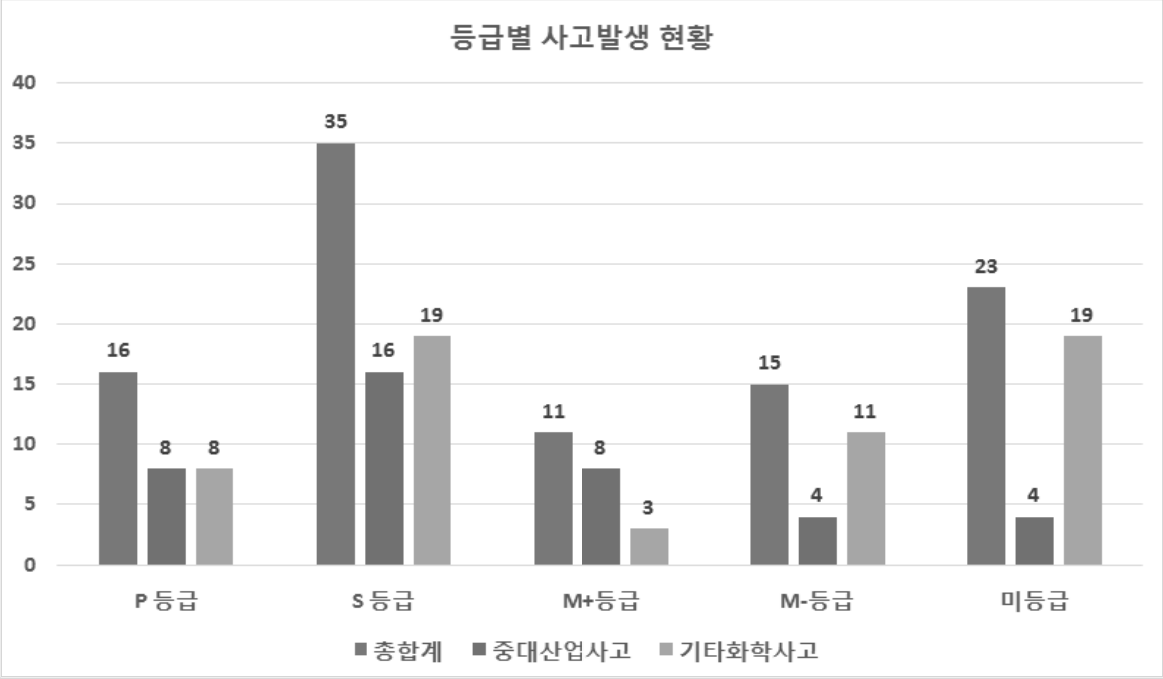
– 사업장 대비로는 전남권[197개소에서 7건(3.6%) 발생], 경북권(238개소에서 7건(2.9%) 발생] 순으로 발생

3. PSM 등급별(사고 당시) 사고발생 현황

(단위 : 건)

등급	합계	중대산업사고	기타화학사고	등급현황
합계	100(100%)	40(100%)	60(100%)	1,865(100%)
P등급	16(16%)	8(20%)	8(13%)	104(6%)
S등급	**35(35%)**	**16(40%)**	**19(32%)**	**488(26%)**
M+등급	11(11%)	8(20%)	3(5%)	401(20%)
M-등급	15(15%)	4(10%)	11(18%)	158(9%)
미등급	23(23%)	4(10%)	19(32%)	714(39%)

※ PSM 비대상은 미등급으로 간주



❍ 전체 화학사고는 S등급에서 가장 많이 발생[488개소에서 35건(7%) 발생]

– 등급 대비로는 P등급에서 가장 많이 발생[104개소에서 16건(15%) 발생]

※ M+ : 401개소에서 11건(3%) 발생, M– : 158개소에서 15건(9%) 발생

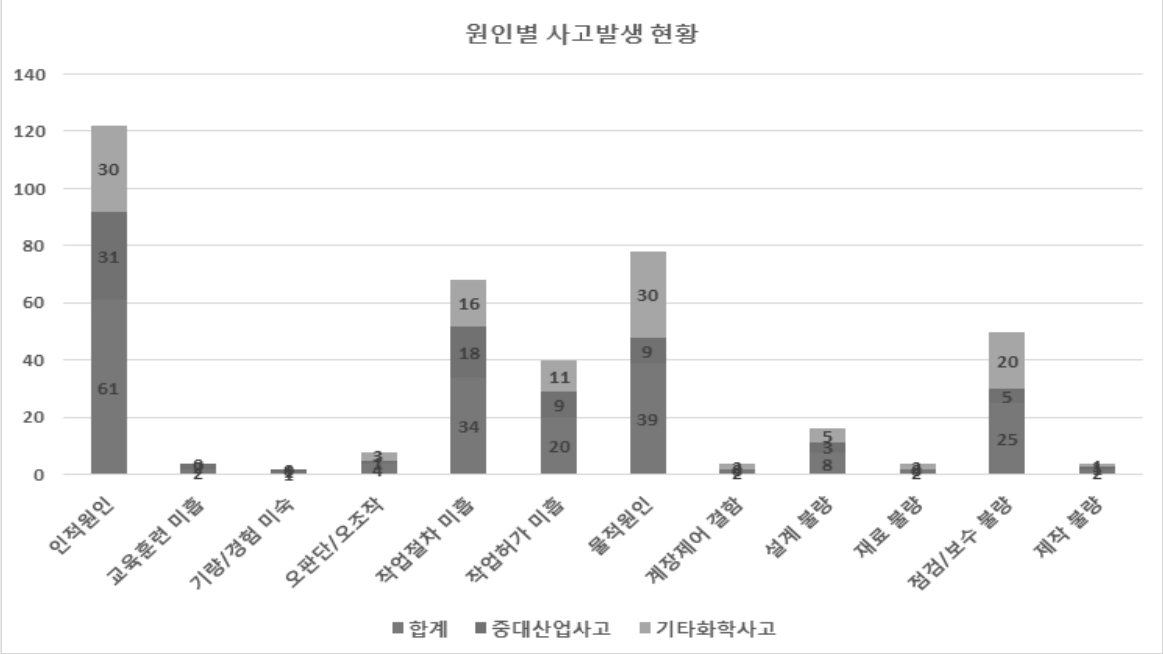
❍ 중대산업사고는 등급 대비 P등급에서 가장 많이 발생[104개소에서 8건(8%) 발생

※ S : 488개소에서 16건(3%), M+ : 401개소에서 8건(2%), M– : 158개소에서 15건(3%), 미등급 : 714개소에서 4건(0.6%) 발생

4. 인적/물적 원인별 사고발생 현황

(단위 : 건)

위험물	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	100	40	60
인적원인	61	31	30
교육훈련 미흡	2	2	0
기량 및 경험 미숙	1	1	0
오판단 및 오조작	4	1	3
안전작업절차 미흡	**34**	**18**	**16**
작업허가절차 미흡	**20**	**9**	**11**
물적원인	39	9	30
계장제어계통 결함	2	0	2
설계 불량	8	3	5
재료 불량	2	0	2
점검 및 보수 불량	**25**	**5**	**20**
제작 불량	2	1	1



❍ 중대산업사고는 인적원인에 의해 대다수 발생[40건중 31건(78%)]

– 안전작업절차 미흡(18건), 작업허가절차 미흡(9건) 순으로 발생

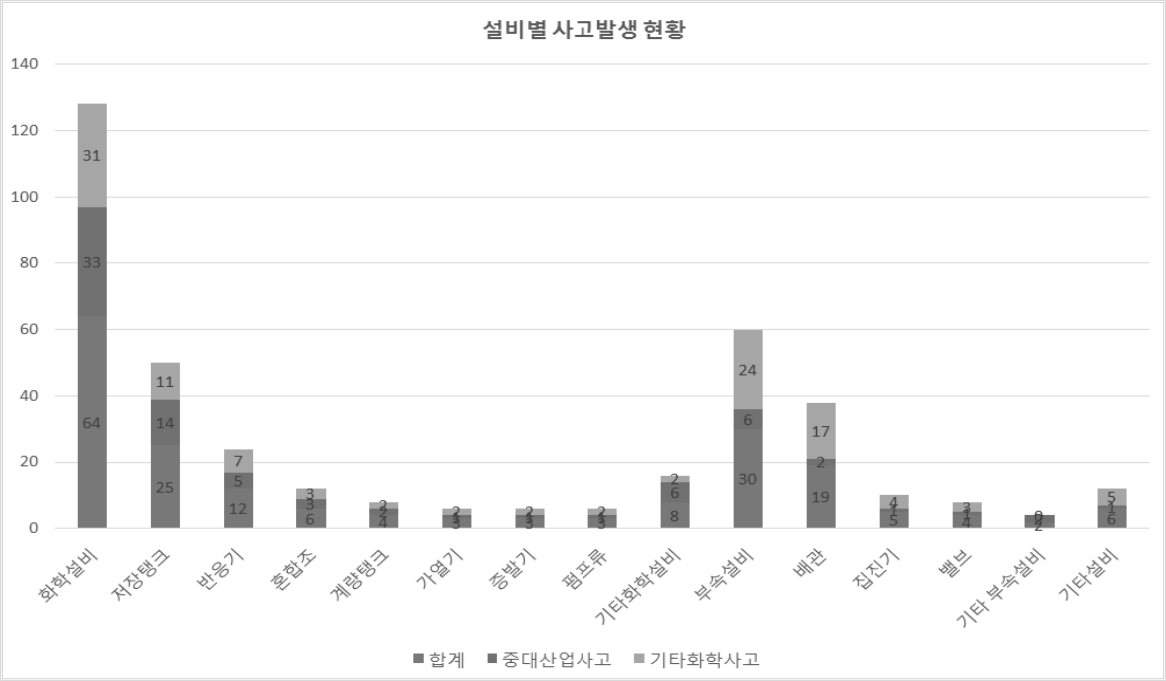
❍ 기타화학사고는 인적원인(30건)과 물적원인(30건)이 비슷

– 점검 및 보수 불량(20건), 안전작업절차 미흡(16건) 순으로 발생

5. 설비별 사고발생 현황

(단위 : 건)

설비	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	100	40	60
화학설비	64	33	31
화학물질_반응_또는_혼합장치	18	8	10
반응기	**12**	**5**	**7**
혼합조	6	3	3
화학물질_분리장치	2	1	1
증류탑	1	0	1
흡수탑	1	1	0
화학물질_저장설비_또는_계량설비	30	17	13
계량탱크	4	2	2
사일로	1	1	0
저장탱크	**25**	**14**	**11**
열교환기류	6	2	4
가열기	3	1	2
증발기	3	1	2
점화기를_직접_사용하는_열교환기류	2	1	1
고로	2	1	1
분체화학물질_분리장치	3	3	0
건조기	1	1	0
분체분리기	2	2	0
화학물질_이송_또는_압축설비	3	1	2
펌프류	3	1	2
부속설비	30	6	24
화학물질_이송_관련_설비	23	3	20
배관	**19**	**2**	**17**
밸브	4	1	3
폐가스처리설비	2	2	0
세정기	1	1	0
플레어스택	1	1	0
분진처리설비	5	1	4
집진기	5	1	4
기타	6	1	5



❍ 중대산업사고는 화학설비에서 대다수 발생(33건)

– 저장탱크(14건), 반응기(5건), 혼합조(3건) 순으로 발생

❍ 기타화학사고는 화학설비(30건)와 부속설비(25건)에서 비슷하게 발생

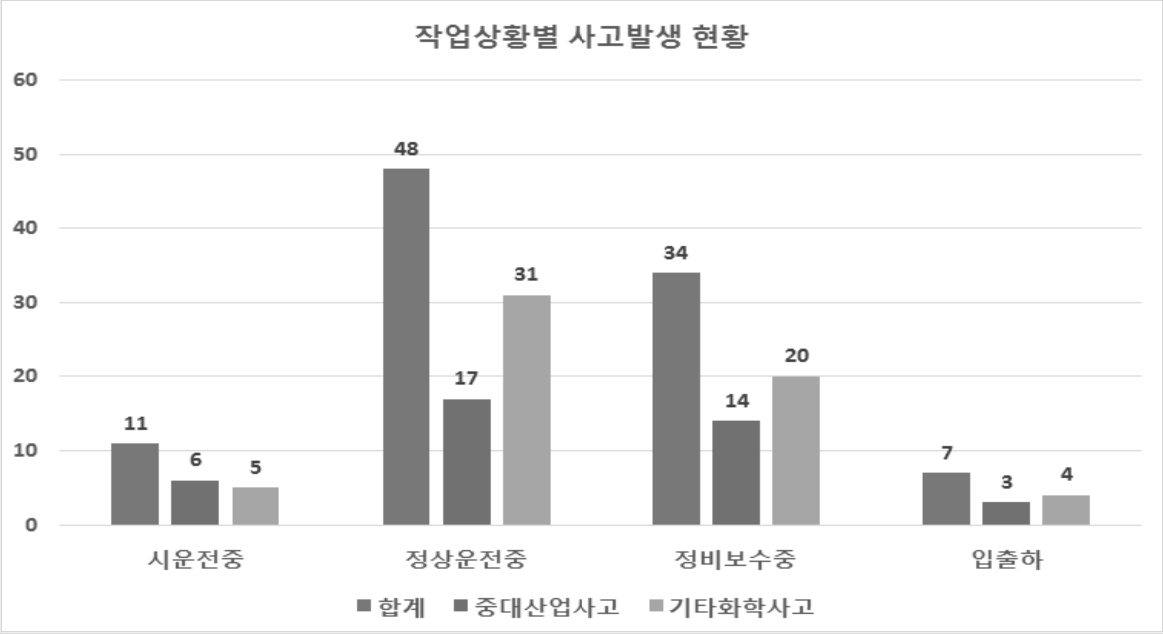
– 배관(17건), 집진기(4건), 밸브(3건) 순으로 발생

❍ 중대산업사고(1건) 및 기타화학사고(5건)가 일부 기타설비에서 발생

6. 작업상황별 사고발생 현황

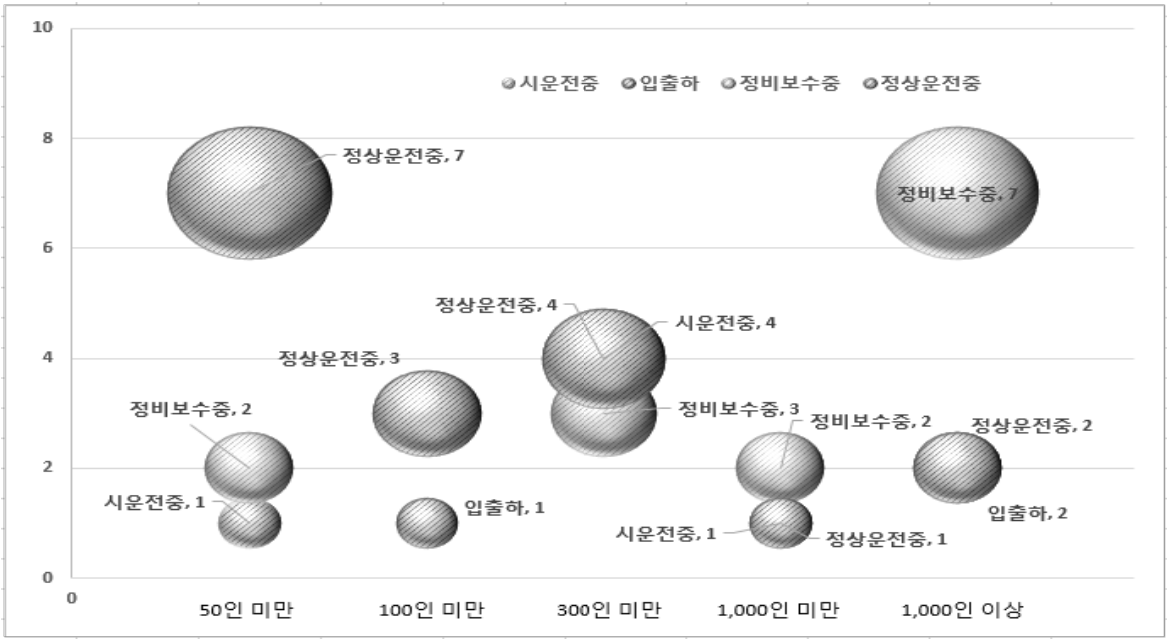
(단위 : 건)

작업상황	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	100	40	60
시운전중	11	6	5
50인 미만	1	1	0
100인 미만	0	0	0
300인 미만	5	4	1
1000인 미만	1	1	0
1000인 이상	4	0	4
정상운전중	48	17	31
50인 미만	16	7	9
100인 미만	5	3	2
300인 미만	8	4	4
1000인 미만	7	1	6
1000인 이상	12	2	10
정비보수중	34	14	20
50인 미만	8	2	6
100인 미만	2	0	2
300인 미만	8	3	5
1000인 미만	4	2	2
1000인 이상	12	7	5
입 · 출하	7	3	4
50인 미만	3	0	3
100인 미만	2	1	1
300인 미만	0	0	0
1000인 미만	0	0	0
1000인 이상	2	2	0



❍ 중대산업사고는 정상운전중(17건) 및 정비보수중(14건) 대다수 발생

❍ 기타화학사고는 정상운전중(31건) 및 정비보수중(20건) 대다수 발생



❍ 정상운전중에 발생한 중대산업사고는 50인 미만에서 가장 많이 발생

– 17건 중 7건(41.1%) 발생, 1,000인 이상에서는 2건(11.8%) 발생

❍ 정비작업중에 발생한 중대산업사고는 1,000인 이상에서 가장 많이 발생

– 14건 중 7건(50.0%) 발생, 50인 미만에서는 2건(14.3%) 발생

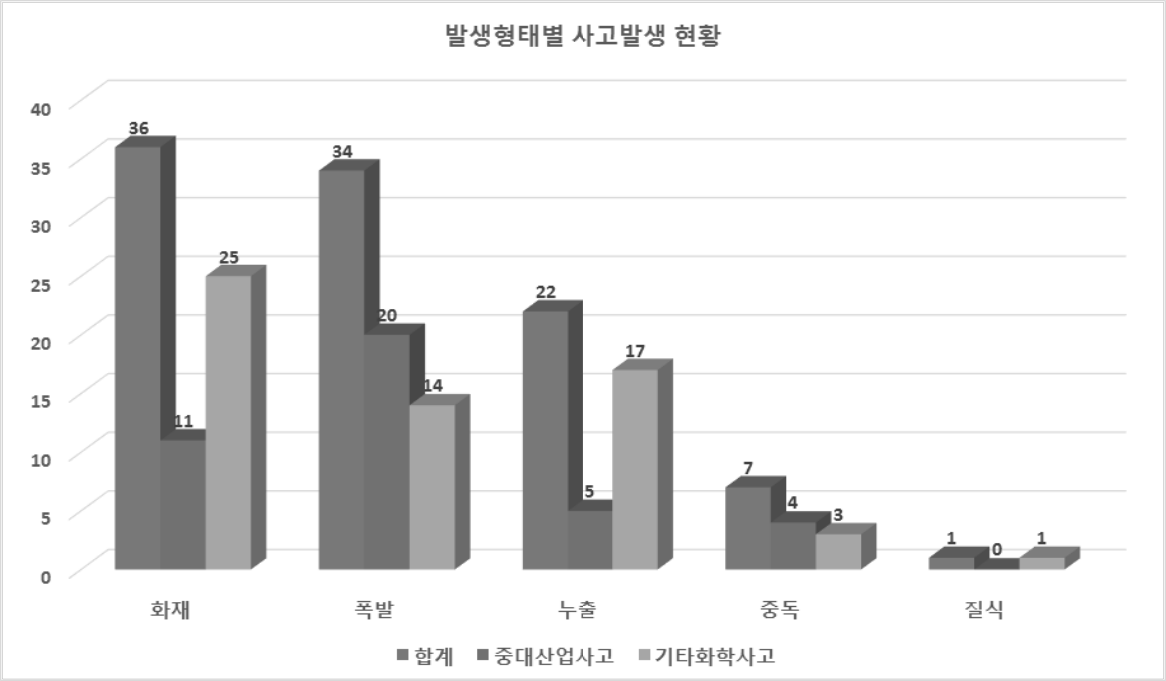
7. 발생형태별 사고발생 현황

(단위 : 건)

발생형태	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	100	40	60
화재	36	11	25
폭발	34	20	14
누출	22	5	17
중독*	7	4	3
질식**	1	0	1

* 중독 : 독성물질 흡입에 의한 사고

** 질식 : 산소농도 결핍에 의한 사고



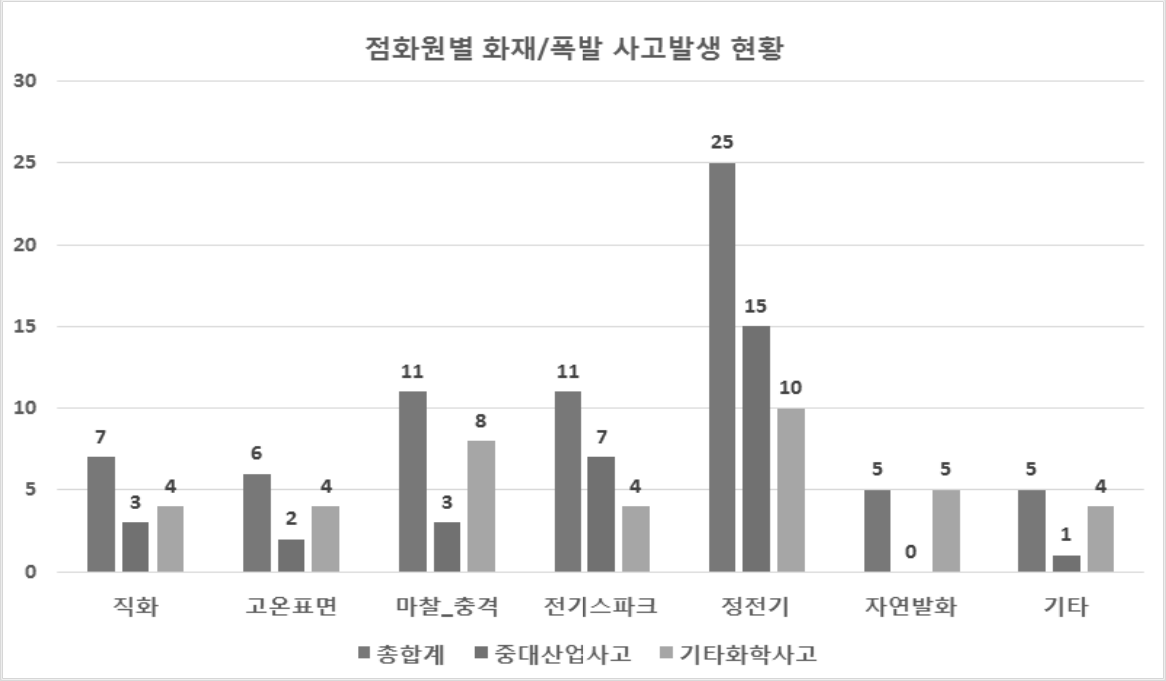
❍ 중대산업사고는 폭발 및 화재 사고가 다수 발생(각각 20건과 11건)

❍ 폭발사고는 기타화학사고 보다 중대산업사고로 이어지는 경향이 큼

8. 점화원별 화재/폭발 사고발생 현황

(단위 : 건)

점화원	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	70	31	39
직화	7	3	4
고온표면	6	2	4
마찰/충격	11	3	8
전기스파크	11	7	4
정전기	25	15	10
자연발화	5	0	5
기타	5	1	4



❍ 중대산업사고는 정전기(15건), 전기스파크(7건) 순으로 의해 발생

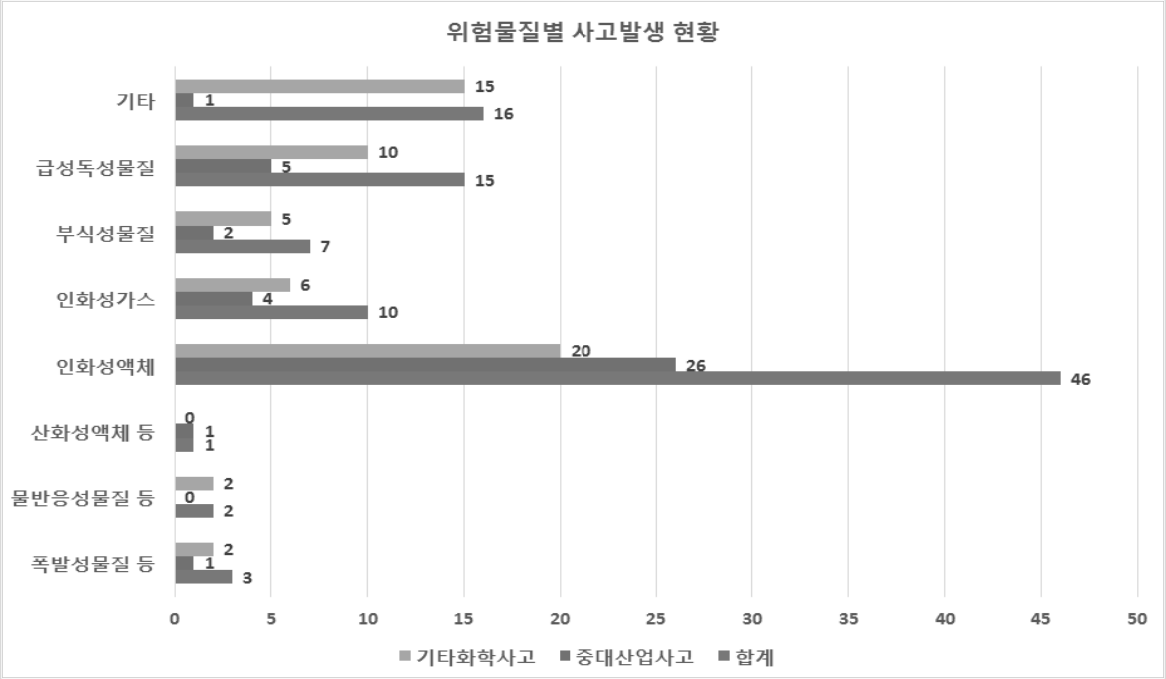
– 정전기에 의한 화재 · 폭발이 전체의 48% 차지

❍ 기타화학사고는 정전기(10건), 마찰/충격(8건) 순으로 의해 발생

9. 위험물별 사고발생 현황

(단위 : 건)

위험물	합계	중대산업사고	기타화학사고
합계	100	40	60
폭발성물질 등	3	1	2
물반응성물질 등	2	0	2
산화성액체 등	1	1	0
인화성액체	**46**	**26**	**20**
인화성가스	10	4	6
부식성물질	7	2	5
급성독성물질	15	5	10
기타	16	1	15



❍ 인화성액체에 의한 사고가 가장 많이 발생(46건)

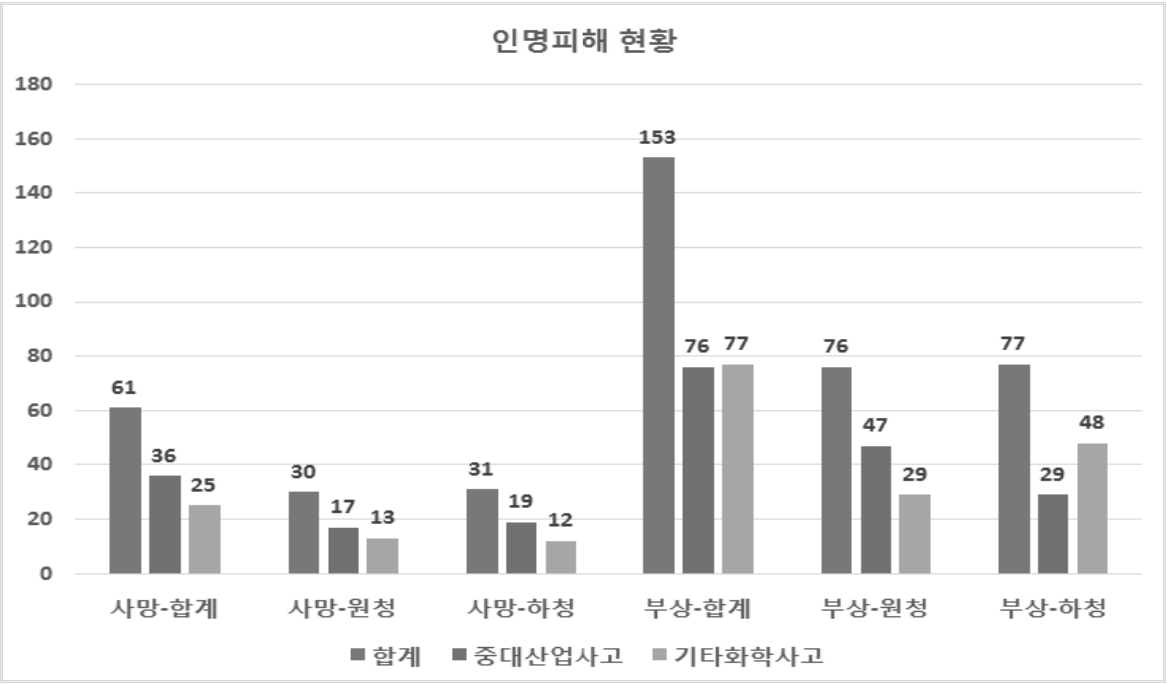
❍ 중대산업사고는 인화성가스(4건)와 급성독성물질(5건)에서도 다수 발생

❍ 기타화학사고는 기타(비위험물)에서도 다수 발생(15건)

10. 원 · 하청업체별 인명피해 현황

(단위 : 명)

구분	합계	중대산업사고	기타화학사고
사망 합계	**61**	**36**	**25**
원청–사망	30	17	13
하청–사망	31	19	12
부상 합계	**153**	**76**	**77**
원청–부상	76	47	29
하청–부상	77	29	48



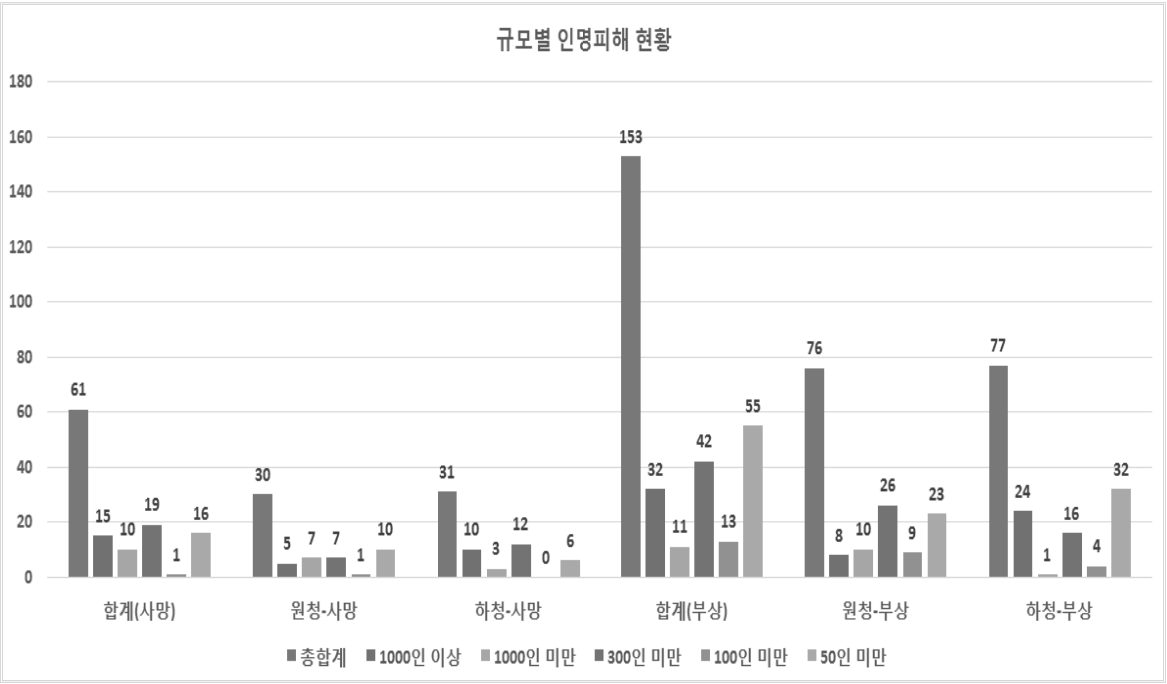
❍ 사망자와 부상자는 원 · 하청 구분없이 유사하게 발생

– 대기업 사고의 인명피해는 대부분 하청업체에서 발생하나 중소기업 사고는 대부분 원청업체에서 발생한 것으로 추정(다음 페이지 참조)

11. 규모별 인명피해 현황

(단위 : 명)

구분	합계	1,000인 이상	1,000인 미만	300인 미만	100인 미만	50인 미만
합계(사망)	61	15	10	19	1	16
원청-사망	30	5	7	7	1	10
하청-사망	31	10	3	12	0	6
합계(부상)	153	32	11	42	13	55
원청-부상	76	8	10	26	9	23
하청-부상	77	24	1	16	4	32



❍ 100인 이상 사업장의 사망자는 약 59%(44명중 25명)가 협력업체에서 발생

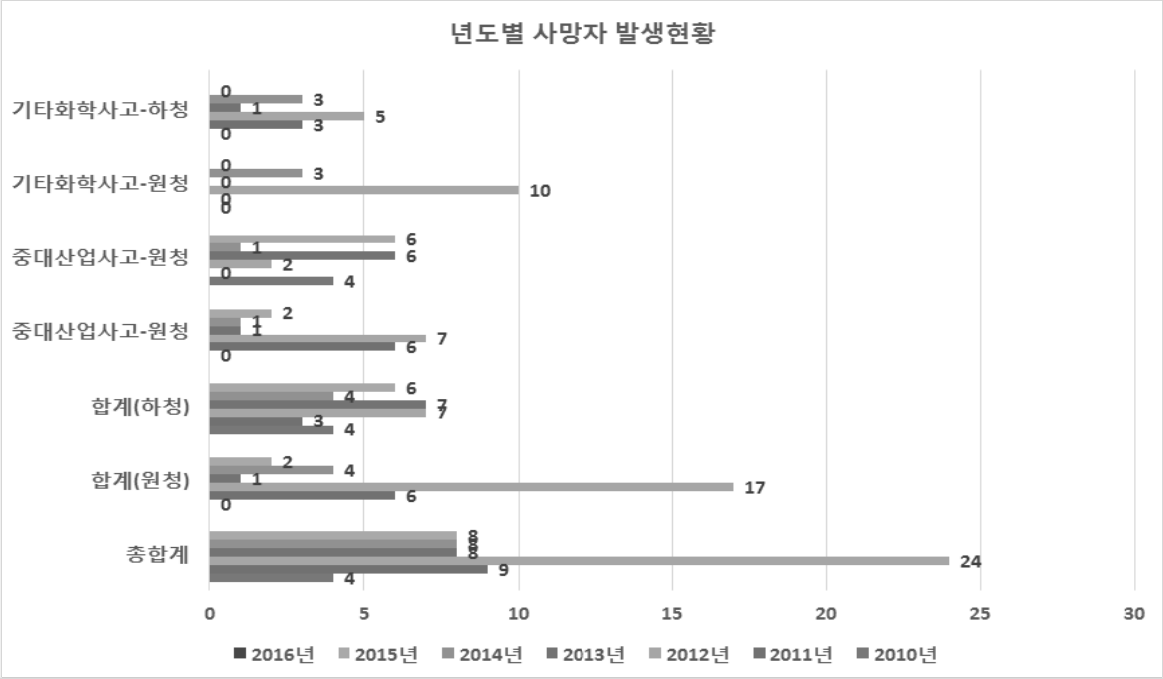
– 100인 이상 원청업체 사망 : LG화학 청주공장(6명), 티케이케미칼(5명)

❍ 100인 미만 사업장의 사망자는 약 65%(17명중 11명)가 원청업체에서 발생

12. 년도별 사망자 발생 현황

(단위 : 명)

센터	총합계	합계		중대산업사고		기타화학사고	
		원청	하청	원청	하청	원청	하청
합계	61	30	31	17	19	13	12
2010년	4	0	4	0	4	0	0
2011년	9	6	3	6	0	0	3
2012년	**24**	**17**	**7**	**7**	**2**	**10**	**5**
2013년	8	1	7	1	6	0	1
2014년	8	4	4	1	1	3	3
2015년	8	2	6	2	6	0	0
2016년	0	0	0	0	0	0	0

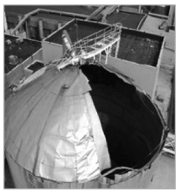


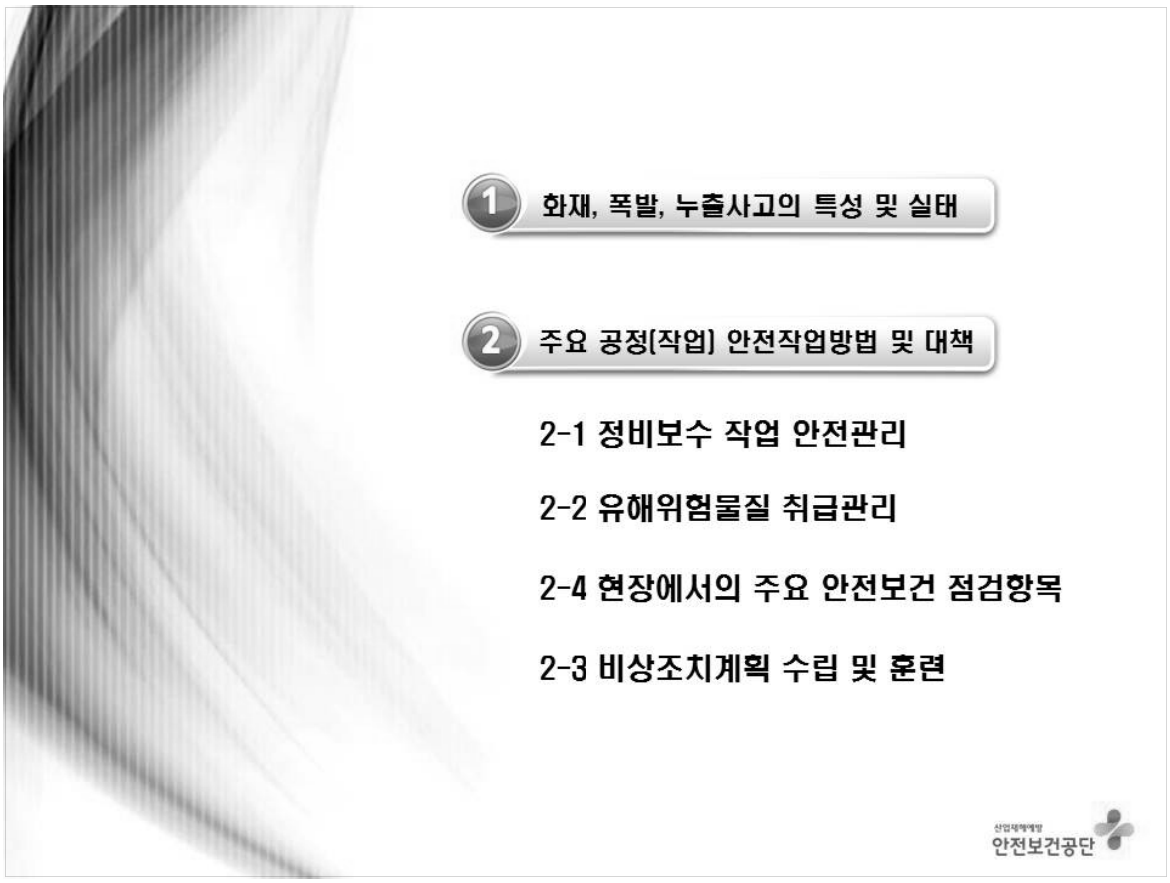
❍ 2012년에 중대산업사고와 기타화학사고에서 사망자가 최대 발생(24명)

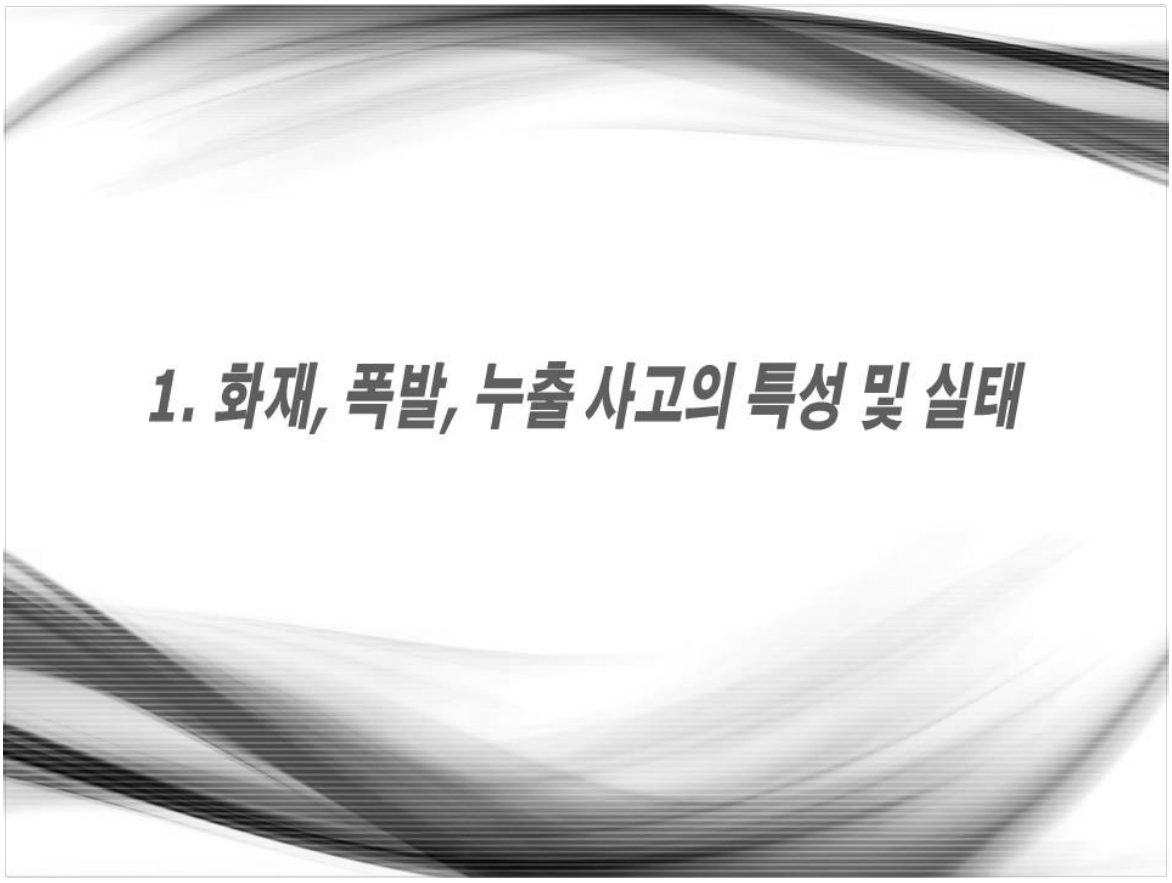
- ○○○로벌(5명), ○○화학 ○○공장(8명) 및 ○○○트(4명) 사고 발생
- 2012년을 제외하고는 10명 미만의 사망자 발생

II

화학사고 예방을 위한 주요 안전보건사항




1 화재, 폭발, 누출사고의 특성 및 실태
2 주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책
2-1 정비보수 작업 안전관리
2-2 유해위험물질 취급관리
2-4 현장에서의 주요 안전보건 점검항목
2-3 비상조치계획 수립 및 훈련
안전보건공단


1. 화재, 폭발, 누출 사고의 특성 및 실태

화재, 폭발, 누출 사고의 특성 및 실태

화재폭발누출 사고의 주요 특성

- 가연성 가스 및 인화성 액체 등 유해위험물질에 의한 화재, 폭발, 누출, 질식 등이 대다수
- 정비보수 등 비정상적 작업에서 안전수칙 및 안전절차 미준수, 위험물에 대한 위험정보 미인지 등에 의한 사고 증대
- 사고 빈도는 작고 대량의 사상자 발생 등 강도가 매우 크고, 사업장 근로자 및 인근지역 등 연쇄적인 피해확산, 민원야기
- 산업 다양화에 의한 다종·다량의 화학물질 사용, 신규 화학물질의 사용으로 인한 사고 위험성 증대
- 막대한 경제적 손실 및 사회적 물의로 인한 일반 대중의 관심 대상으로 사업장의 이미지 타격 등 집중관리 필요

대기업 및 중소 사업장의 실태

구 분	대기업(정유 및 석유화학공장)	중소규모(화학제품 제조업, 기타산업)
법적 규제 (화학물질)	ㅇ 산안법 제49조의2 PSM에 의거 철저 규제 강화, 자율안전관리 정착	ㅇ 5인 미만 사업장 산안법 PSM제출 적용확대(14.1.1), 자율안전관리 미흡
설비가동방식	ㅇ 연속식(Continuous Process) ㅇ 완전 자동화 ㅇ 공정운전상 문제점(위험성) 즉시 인지(DCS)	ㅇ 회분식(Batch Process) ㅇ 반자동화 또는 수동방식 ㅇ 공정 운전상 문제점(위험성) 즉시 인지곤란
제 품	ㅇ 소품종 대량 생산	ㅇ 다품종 소량생산 ※ 잦은 공정변경에 따른 위험성 점증
안전관리체제 및 인력	ㅇ 전담 안전관리 부서 설치 ㅇ 안전관리 우수인력 확보 ㅇ 숙련된 현장근로자 확보	ㅇ 전담부서 미 설치 ㅇ 안전관리인력 전무 ㅇ 잦은 이직에 따른 숙련공 확보 곤란
설비의 유지보수	ㅇ 주기적 설비.보수체계 구축	ㅇ 생산 불가시만 설비 보수 ※ 잦은 고장, 작업환경 취약
기업 또는 사업주 안전의식	ㅇ 대기업(그룹)의 이미지 및 제품 수출을 위한 기반조성 차원에서 안전관리에 대한 지대한 관심	ㅇ 안전에 대한 의식 저조 ※생산 및 판매에만 관심 집중
작업조건	ㅇ 작업환경 양호 ㅇ 높은 임금수준(근로자 장기근무)	ㅇ 작업조건 및 작업환경취약 ※ 3D업종 포함 ㅇ 낮은 임금수준(이직율 증가)

화재, 폭발, 누출 사고의 특성 및 실태

중대재해? 와 중대산업사고?의 차이

산업재해

사망자 1인
부상자 2인(3월)
직업성 질병자 10인

중대재해
일반재해

•중대산업사고(Major Industrial Accident)?

- 위험물질 누출, 화재, 폭발 등으로 인하여 사업장 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 사고
(산업안전보건법 제49조의2)

화재폭발에 대한 이해

화재와 폭발 구분

- 에너지 방출속도의 차이 : 화재<<폭발(Micro sec). 폭발사고는 대피 여유가 없음
- 화재는 개방계, 폭발의 경우 밀폐계 **뿐 아니라 개방계에서 증기운이 폭발하는 경우도 있음**

폭발의 성립조건 및 폭발방지

- **가연성가스 및 인화성액체의 취급 시 폭발이 전제조건**

① **공기 또는 산소와 혼합된** 가연성 가스, 증기 및 분진이 일정 농도범위(폭발범위)에 있을 때
② **혼합된 물질의 일부에** 점화원이 존재하여 **어떤 에너지(최소점화에너지) 이상의** 에너지를 가할 수 있을 때

- **따라서, 폭발을 방지하기 위해서는**

① **가연성 가스, 증기 및 분진이 폭발범위 내로 축적되지 않도록** 환기 실시
② 공기 또는 산소의 혼입 차단**(불활성 가스 봉입 등)**
③ **용접 및 용단 작업의 불꽃, 기계 및 전기적인** 점화원의 제거 또는 억제

화재폭발에 대한 이해

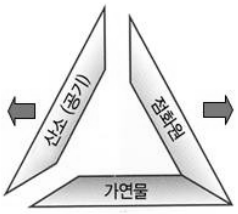
연소와 소화의 의미

◈ 연소 : 물질이 공기 중에서 산소와 산화반응을 일으켜 열과 빛을 발생 하는 현상

◈ 화재 : 인간에게 해로운 불

연소(화재)의 3각형

질식 소화법
(차단 소화법)



냉각소화법

제거 소화법

▲ 모든 변이 접속 : 연소(화재)

가연물, 산소, 점화원의 3요소가 결합하면 화재가 발생

▲ 한 변 탈락 : 소화

가연물, 산소, 점화원의 3요소 중 하나 이상을 제거하거나 격리시키면 불이 꺼짐

인화점

◈ 인화점이란?

➢ 가연성 액체의 표면 증발->연소범위 혼합물-> 점화원을 가까이 했을 때 인화되는 가장 낮은 온도, 즉, 불이 붙을 수 있는 가장 낮은 온도

➢ 가솔린, 신너 등 인화성액체 : 온도가 올라가면 자체의 증기압 증가 → 액체표면에서 증기 발생

➢ 증기농도가 작으면 불이 붙지 않으나 일정농도 이상 시 → 점화원에 의해 불이 붙음

화재폭발에 대한 이해

인화점 의미

< 이소프로필 알코올(IPA) 인화점 : 12℃>

자신의 인화점 보다낮은 온도로 있을 때

우리나라 겨울철
IPA 표면에 증기가 없거나 또는 농도가 작아서 불이 붙지 않는다.

자신의 인화점 보다 높은 온도로 있을 때

우리나라 봄, 여름. 가을
증기 농도가 많아서 불이 붙는다.

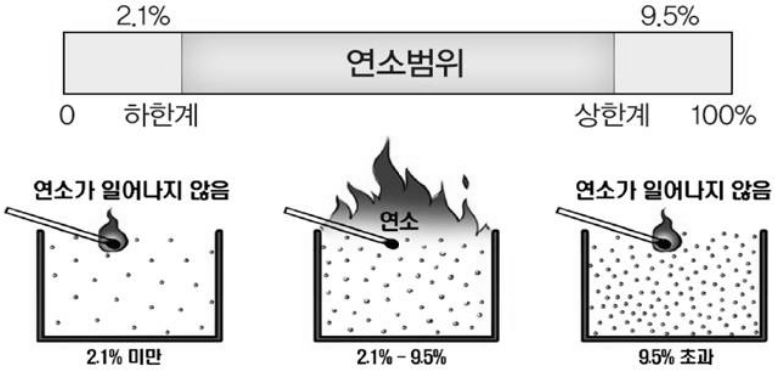
<주요 물질 인화점>

- ✓ 가솔린 : -43℃
- ✓ 신 너 : -5℃
- ✓ 아세톤 : -20℃
- ✓ 경 유 : 60℃
- ✓ IPA : 12℃

연소범위(폭발범위)

✓ 가연물, 산소, 점화원의 3요소가 있어도 불이 붙지 않고 공기 중에 가연성가스가 일정범위 이내로 함유되어 있어야 연소가 가능한 경우가 있는데 이를 연소범위 또는 폭발범위라고 함

(예 : OOO가스는 공기 중 농도가 7%이하이거나 20%이상인 경우 화재•폭발이 발생하지 않음)



화재폭발에 대한 이해

위험물질의 연소(폭발)범위

물 질 명	연소범위(공기내의 부피%)	UFL-LFL
1. 산화에틸렌	3.6 ~ 100	96.4
2. 디보란	1 ~ 99	98
3. 아세틸렌	2.5 ~ 80	77.5
4. 수 소	4.1 ~ 74	69.9
5. 트리클로로에틸렌	12 ~ 40	28
6. 일산화탄소	12.5 ~ 74	61.5
7. 메틸클로로포름	6.8 ~ 10.5	3.7
8. 카본디설파이드	1.25 ~ 44	42.8
9. 황화수소	4.3 ~ 45.5	41.2
10. 암모니아	15 ~ 28	13
11. 에틸알콜	3.3 ~ 19	15.7
12. 아세톤	2.5 ~ 13	10.5
13. 메 탄	5.3 ~ 14	8.7
14. 에 탄	3.2 ~ 12.5	9.3
15. 프로판	2.4 ~ 9.5	7.1
16. 부 탄	1.8 ~ 8.4	6.6
17. 펜 탄	1.4 ~ 7.8	6.4
18. 벤 젠	1.4 ~ 6.7	5.3
19. 톨루엔	1.3 ~ 6.7	5.4
20. 가솔린	1.4 ~ 6.2	4.8

인화점/연소점/발화점

- 인화점 : 액체 표면에서 증발이 일어나 연소범위의 혼합물을 만들어 점화가 가능한 가장 낮은 온도
- 연소점 : 인화된 후 연소가 지속될 수 있는 가장 낮은 온도
- 발화점 : 별도의 점화원이 없어도 가연성 물질을 계속 가열하면 일정온도에 도달 시 불이 붙게 되는 온도
  (예 : 가솔린의 발화점 : 257℃, 목재의 발화점 : 350℃)

<물질별 인화점과 발화점>

물질명	인화점 (℃)	발화점 (℃)	물질명	인화점 (℃)	발화점 (℃)
1. 수 소	Gas	579	11. 아세톤	-17.8	538
2. 메 탄	-188	538	12. 벤 젠	-11.1	562
3. 에 탄	-141	515	16. M.E.K	-4.4	516
4. 부 탄	-60	405	13. 톨루엔	4.4	536
5. 프로필렌	-108	497	9. 메틸알콜	12.2	464
6. 산화에틸렌	-28.9	426.7	10. 에틸알콜	12.8	423
7. 펜 탄	-49	260	14. 등 유	40~60	260
8. 가솔린	-43	280	15. 경 유	50~70	257

화재폭발에 대한 이해

가연물 및 산화제 종류

➢ 가연물

- ✓ 고체 : 종이, 나무, 석탄, 섬유, 플라스틱, 금속 분말 등
- ✓ 액체 : 가솔린, 등유, 경유, 아세톤, 톨루엔, 메탄올 등
- ✓ 기체 : 메탄, 프로판, 부탁, 수소, 아세틸렌, 일산화탄소 등

➢ 산화제

- ✓ 기체 : 산소, 불소, 염소(이중 대부분은 공기 중 산소와의 반응임)
- ✓ 액체 : 과산화수소, 과염소산
- ✓ 고체 : 질산염, 금속 과산화물

점화원의 종류

➢ 점화원 분류

- ✓ 기계적 점화원 : 충격, 마찰, 단열압축 등
- ✓ 전기적 점화원 : 정전기 등
- ✓ 열적 점화원 : 나화, 고열표면, 용융물, 용접불꽃 등
- ✓ 자연 발화

< 주요화재의 점화원 >

점 화 원	백분율
전기적(모터의 배선)	23%
담뱃불	18%
마찰(베어링 또는 파손부품)	10%
과열물질(비정상적인 고온)	8%
고열표면(보일러, 램프 등으로부터의 열)	7%
버너화염(토치의 오용 등)	7%
연소스파크(스파크 및 타다 남은 불)	5%
자연발화(쓰레기 등)	4%
절삭 및 용접(스파크, 아크, 열 등)	4%
노출(새로운 지역으로 불똥의 튐)	3%
방화(방화화재)	3%
기계적 스파크(그라인더, 분쇄기 등)	2%
용융물질(뜨거운 용융물 누출)	2%
화학작용(공정이 제어되지 못함)	1%
정전기방전(축적된 에너지 방출)	1%
번개(피뢰침을 사용하지 않은 곳)	1%
기타	1%

화재폭발에 대한 이해

산업화재

Pool Fire(액면화재)

✓ 개방된 용기 내에 탄화수소계가 저장된 상태에서 증발되는 연료에 점화되어 난류적인 확산형 화재 : 화재를 초기 진화하지 않으면 진화가 어려움

산업화재

Jet-Fire(분출화재)

- 탄화수소계의 이송배관이나 용기로부터 고속으로 누출이 계속될 때 점화되어 화재로 이어지는 경우로 난류 확산형 화재(중대한 피해를 가져올 수 있는 화재임)

화재폭발에 대한 이해

화재의 구분 및 소방설비의 종류

▶ A급 화재(일반화재)
- 연소 후 재를 남기는 종류의 화재로 가장 일반적임
- 물을 함유한 용액으로 냉각, 질식소화의 효과를 이용하여 소화

▶ B급 화재(유류화재)
- 연소 후 재를 남기지 않는 종류의 화재로 유류, 가스 등의 가연성 액체나 기체 등의 화재
- 포말, 분말소화약재를 사용하여 소화

▶ C급 화재(전기화재)
- 통전 중인 전기설비에서 발생하는 화재
- 이산화탄소, 할론, 분말 등의 소화약제로 소화

▶ D급 화재(금속화재)
- 금속 또는 금속분에 발생하는 화재
- 팽창 질석, 건조규조토 등으로 소화

폭발 종류 및 예방대책

폭발의 종류(1)

▶ 물리적 폭발 : 진공용기의 압괴, 과열액체의 급격한 비등에 의한 증기폭발, 용기의 과압 과충진 등에 의한 용기파열 등

▶ 화학적 폭발 : 화학반응에 의해 단기간에 급격한 압력상승을 수반할 때 폭발이 이뤄짐 (폭발 시 많은 양의 열이 발생)

※ 화학적 폭발의 종류

구분	특 징	예
산화폭발	비 정상적인 연소 시 가연성 물질이 공기와의 혼합•화합으로 산화반응을 일으킴	가연성가스, 증기, 미스트와 공기와의 혼합, 밀폐공간 내부에 가연성가스 체류 시 등
분해폭발	자기분해성 물질의 분해	산화에틸렌, 아세틸렌의 분해반응, 디아조화합물의 분해열 등
중합폭발	발열중합반응 시 온도조절(냉각 등) 실패로 인한 급격한 압력상승, 2차로 증기운 폭발을 일으킴	촉매 이상으로 인한 이상반응, 냉각설비 고장으로 인한 온도조절실패 등

폭발 종류 및 예방대책

폭발의 종류(2)

▶ **폭발물질에 따른 분류 : 일반적으로 폭발물질의 형태에 따라 분류하며 가스폭발, 분진폭발, 미스트 폭발, 고체 폭발 및 증기폭발 등으로 분류 할 수 있음**

< 기인물질에 의한 분류 >

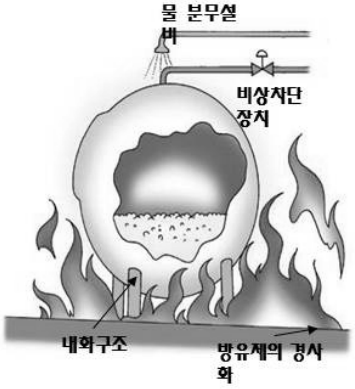
구분	특징	예시
가스폭발	-메탄, 수소, 아세틸렌 등의 가연성 가스 -가솔린, 알코올 등 인화성 액체의 증기	- 공기와의 혼합 상태에서 점화원으로 인한 산화반응 - 용기 등 밀폐 공간에서는 분해, 중합반응
증기폭발	-고압 포화약, 액체의 급속 가열 극저온 액화가스의 수면 유출 등	- 물리적 폭발로서 급속한 기화현상에 의한 체적팽창 - 보일러 등 고압포화수의 급속한 방출 - 물 등에 고온의 용융금속 등이 대량 유입
미스트 폭발	- 윤활유, 기계유 등 가연성 액체	- 가연성 액체가 안개상태로 공기 중에 누출되어 가스-공기와의 부유 상태 혼합물을 형성하여 폭발
고체폭발	-화약류, 유기 과산화물, 유기 발포제 등	- 위험물질 자체에 갖고 있는 산소와 산화반응으로 폭발
분진폭발	-금속분, 농산물, 석탄, 유황, 합성수지 및 섬유 등 가연성 분진	- 공기 중 부유분진이 폭발 하한계 이상의 농도로 유지될 때 점화원에 의해 폭발

폭발의 형태(1)

▶ **비등액체 팽창증기 폭발(BLEVE) : 비점 이상의 압력으로 유지되는 액체가 들어 있는 탱크가 파열될 때 발생**

<비등액체 팽창증기 폭발의 진행과정>

① 액체가 들어 있는 탱크 주위에서 화재 발생
② 화재로 인한 열에 의해 탱크의 벽이 가열됨
③ 액위 이하의 탱크 벽은 액에 의해 냉각되나, 액의 온도는 올라가고 탱크내의 압력이 증가
④ 화염의 열을 제거 시킬 액이 없고 증기만 존재하는 탱크의 벽이나 천장에 도달하면, 화염에 접촉하는 부위의 금속온도가 상승하여 그 구조적 강도를 잃음
⑤ 탱크가 파열되고 그 내용물은 폭발적으로 증가



<방지대책>

① 내화구조, ② 방유제의 경사화, ③ 물분무 설비, ④ 비상차단장치(Remote Control), ⑤ 내부 위험물의 출하(Pumping) 설비, ⑥ 감압장치, ⑦ 훈련

폭발의 형태(2)

➢ 화구(Fire-Ball) : 탄화수소계 연료의 연소가 난류적으로 빠르게 확장되는 것으로 일반적으로 공과 같이 형성되는 것을 말함

< 비등액체팽창증기폭발(BLEVE)에 의하여 생성된 공 같은 모양의 화염 덩어리 >

폭발의 형태(3)

➢ 증기운 폭발(VCE : Vapor Cloud Explosion): 화학공정산업에서 가장 위험하고 파괴적인 폭발은 증기운 폭발(VCE)이며, 이러한 폭발은 다음과 같은 단계로 일어남

① 다량의 가연성 증기가 급격히 방출, 일반적으로 이러한 현상은 과열로 압축된 액체의 용기가 파열 할 때 일어남
② 플랜트에서 증기가 분산되어 공기와 혼합
③ 증기운의 점화

2. 주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

인화성 액체 등 위험물을 호스 또는 배관을 통한 탱크, 드럼 등 충전

- 원료 충전하기 전 탱크의 액위(Level) 확인, 규정용량 미만(90% 미만)으로 충전
- 제품의 입.출하 시에는 탱크로리의 엔진가동을 금지
- 경사면 탱크로리의 주.정차 금지
- 위험물 이송시 호스 풀림 등을 방지하기 위한 연결 조인트 잠금장치 등을 사용체결
- 인화성물질 및 가연성가스 충전 시 접지 및 본딩 실시, 필요시 작업자에게는 제전복 및 제전화 등 정전기방지조치실시
- 용제의 주입구 끝단은 최대한 용기의 바닥까지 내려 자유낙하로 인한 정전기 발생을 최소화
- 폭발위험장소에서 사용하는 공구는 공기작동식 또는 스파크 미발생 방폭공구 사용
- 드럼 내용물을 이송 시에는 펌프를 사용하거나 공기압축기를 사용할 경우에는 압력 조절기 후단에 안전밸브를 설치
- 밸브조작방법 및 순서 등에 관한 안전수칙 게시

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

높은 온도와 압력으로 운전되는 화학반응 공정

- 원료, 촉매, 제품 등에 대한 물질안전보건자료 작성 및 물질에 대한 가연성, 독성, 반응성 등 유해.위험성 및 특성을 이해하도록 교육철저.
- 폭발위험장소의 방폭형 전기기계기구를 사용.
- 진공운전을 포함한 압력을 유발할 수 있는 반응기에는 반응특성 및 용량을 고려하여 안전밸브 또는 파열판 등 압력방출장치를 설치
- 압력방출장치의 전.후단에는 원칙적으로 차단밸브 설치 금지
- 안전밸브 토출구나 벤트 배관은 안전한 지역으로 유도.
- 발열반응인 경우에는 반응열의 제어 및 이상반응시의 조치 강구
- 반응기 자켓 또는 코일 냉각수나 스팀밸브가 열렸는지 잠겼는지를 쉽게 알 수 있도록 표시.
- 공정 관련도면 및 운전절차서는 현장과 일치되게 작성 후 게시
- 작업자가 안전운전절차를 준수하고 있는지 확인, 공정안전교육을 실시.

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

위험물 물질을 가열, 건조하는 공정

- 건조설비의 점화장치(버너)는 점화전에 연소실을 환기
- 온도측정장치 또는 온도제어장치가 정상적으로 작동되는지를 확인
- 위험물건조설비는 정전기 발생을 억제하거나 제거하기 위해 접지 및 본딩(Bonding)을 실시
- 위험물건조설비는 방폭구조의 전기기계기구 사용
- 위험물건조설비는 폭발을 대비하여 폭발구를 설치
- 위험물건조설비의 배풍기 날개는 스파크가 나지 않는 재질로 설치
- 위험물건조설비의 열원으로서 직화 사용금지

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

정비 보수 작업 시 용접, 용단 등에 의한 화기작업(1)

- 가연성가스 및 인화성물질 등 위험물을 취급하는 장소에서는 원칙적으로 화기작업을 금지(부득이 폭발위험장소에서 실시할 경우에는 화기작업허가서를 발급 및 승인 후 작업을 실시)
- 작업 전 협력업체를 포함한 정비작업자에 대한 취급 위험물질.공정의 위험성 및 비상대피요령, 소화요령 등에 대하여 교육을 실시
- 화염 또는 스파크 등이 인근 공정설비에 영향이 있다고 판단되는 범위의 지역은 작업구역으로 설정하고 통행 및 출입을 제한.
- 화기작업 전에 작업 대상 기기 및 작업구역 내에서 가연성물질 및 독성물질의 가스농도를 측정하여 허가서에 기록.
- 배관 및 용기내의 위험물질을 완전히 비우고 세정한 후 가스농도를 측정
- 밀폐공간에서의 작업을 수행할 때에는 작업 전에 밀폐공간 내의 공기를 신선한 공기로 충분히 치환하는 등의 조치(강제환기 등)

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

정비 보수 작업 시 용접, 용단 등에 의한 화기작업(2)

- 기름, 스케일, 슬러지 등을 치환(퍼지) 시에는 스팀을 사용
- 화기작업 중 용접불티 등이 인접 가연성물질에 비산되어 화재가 발생하지 않도록 비산 불티차단막 또는 불받이포를 설치하고 개방된 맨홀과 하수구 등을 밀폐
  ※ 용접시 불티는 수평거리로 약 11m 정도까지 비산됨(3,000 ℃ 이상의 고온체)
- 작업현장에는 소화기를 비치하거나 소방차를 대기
- 입회자는 작업 전/중/후 안전상태를 확인, 작업 중 주기적인 가스농도의 측정 등 안전업무수행
- 화재/폭발이 우려되는 장소에서 사용하는 공구는 공기 작동식 또는 방폭형 공구사용
- 고압산소를 용접.용단 목적 이외에 용도로 사용금지, 고압가스용기는 단단히 지지 고정
- 가스용기 밸브는 서서히 개폐하고, 윤활유를 사용금지
- 호스는 손상을 받지 않도록 보호하고, 누설 등의 결함 여부를 확인
- 화재/폭발이 발생할 경우를 대비하여 대피 및 비상연락체계를 수립

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

가스용접, 절단 작업

구 분	주요발생원인	대 책
화 재	불티 비산	1. 가연물의 제거 및 청소 2. 불꽃받이나 방염시트 사용 3. 소화기 비치
	용접부분 뒷면의 가연물 가열	1. 용접부 뒷면 점검 2. 작업종료후 점검
폭 발	토치나 호스에서 가스 누설	1. 토치나 호스의 누설점검. 2. 작업장 떠날때 밸브 잠금 3. 휴게시간 중 환기좋은곳에 토치를 내어둠 4. 호스에 명찰부착
	용기 내부 잔류가스 폭발	1. 내부에 가스,증기 체류 점검 2. 개방, 환기, 물채움 등 조치
화 상	산소를 공기대신 환기,압력시험용으로 사용	1. 용접목적외 산소사용 금지 2. 난연성 작업복 착용 3. 교육, 소화기 비치

☆ 작업 전 안전작업허가서 발행 / 안전조치

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

방수 및 도장작업

- 방수액, 도료, 신너 등 재료에 대한 MSDS 파악/교육 : 구성성분, 물성(인화점, 폭발한계 등) 및 위험특성
- 위험물질은 별도 저장소에 안전하게 보관 : 당일 작업에 필요한 최소량만 불출 사용
- 작업장 환기상태 점검 : 밀폐공간 경우 강제환기(기계적 환기) 가연성가스 체류 방지
- 작업장 근처 용접,용단, 연삭 작업 등 화기사용 금지 : 부득이한 경우 사전 승인 / 안전조치 후 작업
- 조명등, 송풍기, 스위치 등은 방폭형 사용 : 정전기, 기계적 스파크 등 점화원도 방지
- 마스크, 보안경 등 보호구 착용
- 작업장내 흡연 / 취식 금지
- 도료,신너 등 인화물질 사용후 위험물창고 보관
- 유기용제 넣었던 빈 용기는 밀폐하여, 별도 보관
- 폐기절차에 따라 안전하게 폐기
- 작업장에 소화기를 비치하여 초기소화
- 비상탈출 통로 확보 및 숙지

주요 공정(작업) 안전작업방법 및 대책

화재/폭발/누출 사고는 철저한 예방과 관리가 우선

MSDS 파악 / 교육	작업절차, 시설기준, 표지, 물질대체
누출방지 / 환기대책	저장/취급방법, 보호구, 안전장치, 예방정비
점화원 관리	방폭, 안전작업허가서, 정전기 제거, 정리정돈
소화, 경보, 대피설비	비상조치계획, 훈련

2-1. 정비·보수 작업 안전관리

정비 보수 작업 안전관리

정비 · 보수에 관한 일반사항

1. 정비•보수 계획 및 준비
2. 정비계획서의 작성
3. 정비 절차서의 작성
4. 특수작업허가서 및 절차서
5. 정비 작업수행 및 결과보고

정비 · 보수에 대한 교육

1. 정비•보수 작업 전 교육
   - ➢ 공정 및 설비에 대한 일반사항
   - ➢ 정비작업 절차에 관한 사항
   - ➢ 정비작업시 안전관리에 관한 사항
     - 기자재 운반, 설비해체, 용기출입, 화기작업, 설비조립, 수압 및 기밀시
2. 협력업체 및 일용근로자에 대한 교육
3. 교육실시 기록의 유지

정비 보수 작업 안전관리

정비 · 검사 등 협력업체관리

1. 정비•검사 등 협력업체의 선정
   - ➢ 장비리스트, 정비,검사능력, 기술력, 안전관리 등

2. 정비•검사 등 협력업체의 안전관리
   - ➢ 정비 대상공정 및 설비에 대해서 화재•폭발•독성물질의 누출에 대한 정보
   - ➢ 안전작업허가서 발급 받은 후 작업실시
   - ➢ 협력업체 근로자에게 안전교육실시

3. 비상사태 발생시 비상탈출구 확인, 응급조치사항, 구급장비 사용법 등 비상사태 행동요령

4. 공정안전교육
5. 변경 시 검토항목
   - ➢ 기본설계 검토
   - ➢ 안전설계 검토
   - ➢ 환경사항 검토
   - ➢ 화기작업 및 밀폐작업 절차검토
   - ➢ 신설 또는 보완된 정비절차서
   - ➢ 정비기록 보완 및 정비업체 교육
   - ➢ 신설 또는 보완된 운전정차서
   - ➢ 운전원 교육
   - ➢ 가동전 안전점검
   - ➢ 공정안전자료 보완
   - ➢ 공정 위험성평가
   - ➢ 예비품 점검 기타 등

정비 보수 작업 안전관리

안전작업허가(위험작업 승인)

1. 안전작업허가란?

사업장 내에서 이루어지는 작업 중 중대재해나 중대산업사고 위험과 직결되는 특별히 유해・위험한 작업에 대한 안전보건을 확보하기 위하여 작업 전 안전작업계획의 수립, 관계자의 안전요건 확인 및 승인, 작업 중 현장의 안전조치 확인, 작업 후 안전 여부 확인 등 체계화된 일련의 조치

2. 안전작업허가의 대상

- **화기 작업**
- **상온 작업(점화원 유발작업)**
- **밀폐공간출입 작업**
- **전기차단(정전) 작업**
- **굴착 작업**
- **고소작업, 중대산업사고, 사망위험이 높은 작업 등**

안전작업허가(위험작업 승인) 대상

화기작업

- 스파크, 불꽃 등 점화원이 발생하는 작업

밀폐공간출입

- 질식 및 가연성가스 체류 위험이 있는 장소의 출입
(예 : 탱크, 맨홀, 반응기, 지하실 등)

정전작업

- 전원 차단이 수반되는 점검 및 보수작업
(예 : 반응기청소, 전기설비 정비 등)

방사선 사용작업

- 비파괴검사작업, 방사선 사용설비의 정비보수 작업

고소작업

- 떨어짐 위험이 있는 작업

굴착작업

- 지하배관이 있는 경우의 굴착작업

● 상기 이외 사업장에서 특별한 안전관리가 필요하다고 판단하는 작업, 즉 중장비 사용작업, 유해화학물질 취급 작업 등

정비 보수 작업 안전관리

위험작업 승인 및 운영절차 (예)

- 작업허가 대상 여부 확인 및 작업허가서 작성
- 안전보건(환경) 책임부서(자)의 내용 검토 및 승인
- 작업지역 담당부서의 승인 및 확인
- 승인 내용에 따른 관련사항 전달, 교육 및 감독
- 작업승인 내용의 현장 게시
- 작업자는 지시받은 안전사항 준수
- 관련된 사항의 협조 및 현장의 안전작업 여부 확인
- 작업의 안전종료 및 현장정리와 복구 확인

3. 작업허가서의 작성시 주의사항

- 작업허가서 발급자는 현장을 확인하고 작업에 필요한 안전조치
- 인근 작업부서관련 운전부서의 책임자 협조
- 작업허가서 중 허가시간, 수행작업개요, 작업상 취해야 할 안전조치 사항, 작업자에 대한 안전 요구사항 등
- 작업허가 시간은 8시간을 초과할 수 없음. 초과시 재발급
- 산소 농도, 가연성가스 농도, 독성가스 농도는 주기적으로 측정 및 기록

4. 안전작업허가서의 승인 및 확인

- 허가서 발급 시 현장을 반드시 확인 후 승인할 것
- 작업 시 현장 관리감독 철저
- 작업허가 상의 안전조치 사항을 확인 철저 등

정비 보수 작업 안전관리

화기작업 안전

• 안전조치사항

- 작업구역의 설정
- 가연성 물질 및 독성물질의 농도측정
- 차량 등의 출입제한
- 밸브차단 표지 부착
- 가연성 또는 독성물질의 방출 및 처리
- 가연성 물질의 보호
- 화기안전담당자의 입회
- 소화장비의 비치

밀폐공간 작업안전

• 안전조치사항

- 압력(내용물)방출 및 냉각
- 질소 내지 공기 등으로 치환
- 밸브 이중잠금 또는 맹판 설치 등 배관을 격리
- 기기내의 작동부분을 전기적, 기계적으로 차단
- 가연성물질 및 독성물질의 가스농도 측정
- 산소농도의 측정
- 입회자의 감독하에 작업실시

정비 보수 작업 안전관리

정전작업 안전

• 안전조치사항

- 작업 전 전원차단
- 전원 재투입 방지 조치(담당자 외 다른 사람의 전원투입 방지, Lock out/Tag Out) 부착
- 작업장소의 무전압 여부확인
- 접지 및 단락접지
- 폭발위험장소 여부 확인
- 작업완료 후 복구조치
- 입회자의 감독하에 작업실시

굴착작업 안전

굴착작업 순서

① 굴착작업 필요성에 따른 작업계획 수립 → ② 지하 매설물에 대한 정보 수집 →
③ 케이블과 배관 위치 탐지 → ④ 굴착작업 허가서 발급 및 승인 →
⑤ 안전한 방법에 의한 굴착(수작업 도구로 배관의 실제 위치 완전한 파악 후 기계 사용)

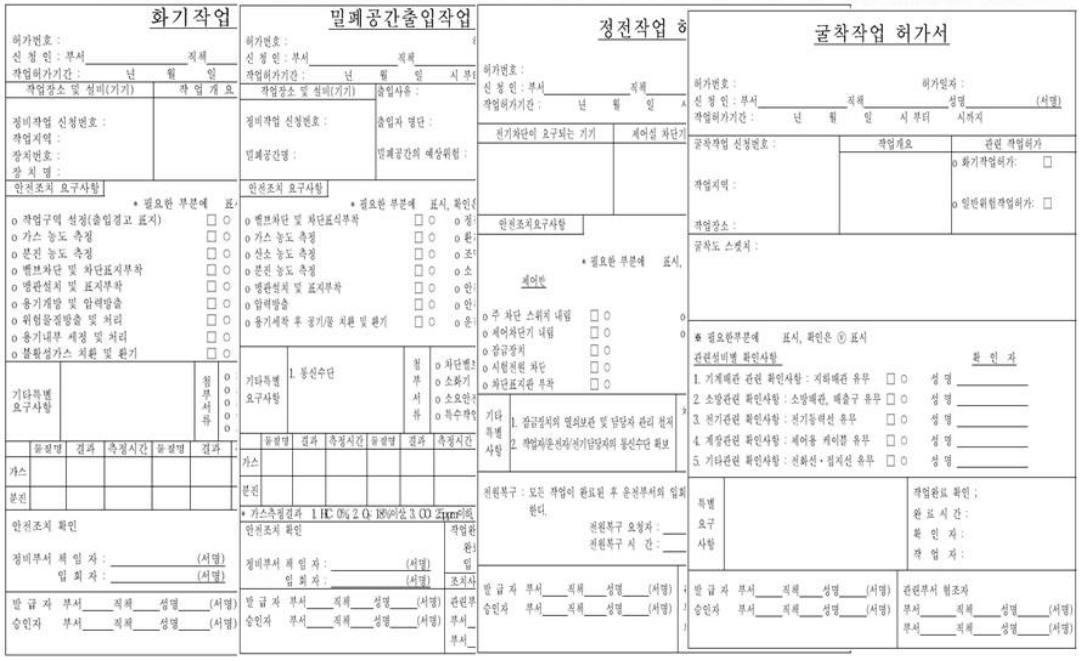
• 안전조치사항

- 굴착면 안전기울기 준수
- 매설물, 장애물 손상방지
- 도시가스의 누출, 메탄가스 등의 발생이 우려되는 경우 화기사용 금지
- 작업자 이외의 자가 접근 하지 못하도록 표지판 설치 또는 감시인 배치
- 배관, 전력선, 계장선, 전화선 등이 있는 경우 수동굴착 실시
- 굴착순서 및 관리감독자의 지휘하에 작업실시

정비 보수 작업 안전관리

안전작업허가서(예시)

*** KOSHA Guide P-94-2014(안전작업허가 지침 참조)**



용기 등 입조작업 안전

1. 용기의 운전정지 및 청소작업

- ➢ 용기의 운전정지
- ➢ 중단상태의 확인
- ➢ 용기 내용물의 배출
- ➢ 청소준비
- ➢ 점화원 억제 : 기계적 · 전기적 · 정전기 등

2. 용기의 격리

- ➢ 맹판 설치
- ➢ 밸브 등의 시건
- ➢ 교반기 등의 전기적 차단, 시건 후 열쇠는 작업자 소지
- ➢ 꼬리표 부착

[유체 제거·퍼지·차단 확인]

[가스누출 여부 측정]

[내용물 완전 제거]

정비 보수 작업 안전관리

3. 주요 점검사항

항 목	확 인 내 용
작업책임자	작업책임자의 결정
작 업 자	작업의 위험성에 대하여 교육 이수여부 이상발생시 긴급 조치요령 숙지여부 작업자 개인보호구 착용상태
작 업 장 소	작업장소의 적절한 위치에 "작업 중","화기엄금","출입금지"등의 표지 부착여부 맨홀 등 개방여부 용기와 연결된 배관 등 이탈 또는 맹판 등 완전히 차단유무 적절한 환기 여부 송, 배기구의 적절 위치 방폭형 전기기구 사용여부/전기기구(코드)등의 절연상태 확인 필요한 보호구 준비 여부 : 공기 호흡기, 안전모, 안전공구 등 필요한 작업도구 준비여부(사다리, 안전도구 등) 담배, 성냥, 라이터 등 소지 여부 피난구 등 대피 준비 상태

4. 용기 출입 및 안전관리

- 가연성가스 농도 측정, 산소농도 측정, 독성가스농도 측정
- 주기적으로 측정 및 관리, 2인1조 및 현장관리감독 철저

용기 세척작업 안전

1. 물 세척

- 용기 내 화학물질이 수용성인 경우 실시
- 물 세척 시 증기공간이 생기지 않도록 실시
- 배출 시에 진공에 의한 파손 주의
- 수용성 화학물질 : 아세톤, 에탄올 등

2. 스팀세척

- 용기내부 온도가 최소한 77℃이상이 되도록 스팀 유입
- 스팀 유입 시 정전기적 스파크가 발생되지 않도록 주의
  (파이프 또는 노즐은 용기에 접지)
- 스팀은 용기 바닥 가까운 연결부위를 통해 유입
- 스팀 세척 후에 공기로 치환하고 가연성 가스/독성 가스 농도 측정 실시

정비 보수 작업 안전관리

3. 화학 세척

- 화학 세척 시 내용물과 세척제의 반응유무 확인
- 방호복, 보안경, 방독마스크, 공기호흡기 등 보호구 착용
- 세척용 화학물질 제조업자의 지시 준수

4. 불활성 가스로 치환

- 스팀 및 물의 사용이 부적당할 경우 불활성가스로 치환
- 불활성가스로 치환 후 산소농도는 최소한 18% 이상일 것
- 질식에 주의할 것
- 벤트 및 드레인 실시 시 밸브를 신중히 개방
- Purge 방법
- 연속 Purge, 압력 Purge, 진공 Purge

용기의 환기작업 안전

1. 용기 내 환기

- 산소농도 : 18% 이상 확인
- H2S농도 : 10ppm 이하 확인
- 산소 농도, 가연성 가스 농도, 독성가스 농도 주기적으로 측정 및 관리
- 공기호흡기, 산소마스크 착용
- 방독마스크 착용시 주의
- 정전 등 비상시 대체방안 수립

2. 환기의 방법

- 자연환기, 기계적 환기 : 배기식, 송기식, 송기 및 배기식
- 충분한 시간 동안 환기 실시
- 작업 시에도 환기를 계속적으로 실시
- 방폭형 환기설비 사용
- 이동식 전기 사용시 접지 실시

정비 보수 작업 안전관리

3. 가스농도 및 산소농도 측정

- 용기 내 작업 전•후 주기적으로 농도측정 및 기록관리
- 측정순서는 산소농도, 가연성가스 및 증기, 독성가스 순으로 측정
- 독성가스가 체류하거나 불활성가스가 정체할 염려가 있는 장소
- 용기내부 수직방향 및 수평방향으로 각각 3곳 이상
  ※ 넓은 장소 수직, 수평방향으로 약 5m이내
- 작업자가 출입하는 장소
- 산소농도측정기, 가스농도측정기의 주기적 검정 실시

설비의 유지관리

1. 정비이력서에 정비•보수결과 기록유지
2. 설비의 이상이나 고장의 발생 빈도에 따라 점검주기를 증가
3. 정비 이력서의 내용
   - 기기의 설계 명세 및 데이터
   - 정비일자, 정비담당자
   - 정비구분(예방정비, 정기정비)
   - 고장 일시 및 고장원인
   - 정비내용

정비 보수 작업 안전관리

정비, 보수 시 체크리스트(1)

구분	점검 항목	적합	부적합
① 정기보수 작업계획수립	✓ 정기보수계획 및 수리작업스케줄 작성 여부 ✓ 정비절차서 및 단계별 확인 체크리스트 작성 여부 ✓ 용기내부 입조 작업 등의 특수작업허가서의 사전 승인여부 ✓ 공정책임자와 사전 협조 여부 ✓ 보수안전교육계획 수립 빛 교육실시 여부		
② 책임자의 지정 및 연락체계	✓ 보수책임자와 안전담당자의 지정 여부 ✓ 매일 작업 전 작업안전에 관한 회의 소집 여부 ✓ 작업자가 안전사항을 숙지하고 있는지 여부 ✓ 작업자간의 연락체계 숙지 여부 ✓ 협력업체 작업자간의 연락, 협조 여부		
③ 퍼지 및 배출 시 안전확보	✓ 내용물 배출 및 상압 유지 확인 여부 ✓ 용기 및 배관내 잔류물의 여부 ✓ 화학세척 또는 물세척 실시여부 ✓ 가스퍼지와 가스감지 실시 여부 ✓ 맹판 취부 및 표식 부착여부 ✓ 밀폐용기 내 입조작업시 산소농도 측정, 산소마스크 착용여부		

정비, 보수 시 체크리스트(2)

구분	점검 항목	적합	부적합
④ 유해, 위험물질 취급안전	✓ 독성물질 등 유해, 위험물질의 표시 및 표지판 설치 ✓ 유해, 위험물질의 위험성에 대한 교육 여부 ✓ 가스 중독 시 대책 수립 여부 ✓ 세척작업 중 중독 발생 시 대책 수립 여부 ✓ 산, 알칼리성 물질 비산 대책 수립 여부 ✓ 작업장내 환기 적정 여부 ✓ 폭발위험장소에서의 방폭형 안전공구 사용 여부 ✓ 유해, 위험물질 보관장소의 적정성 여부		
⑤ 화기작업 시 안전	✓ 작업장 내 기름 제거 실시 여부 ✓ 화기작업허가서의 사전승인 여부 ✓ 불꽃 비산방지 대책 실시 여부 ✓ 소화기의 준비 및 기능 이상 여부 ✓ 흡연통제 및 임시 흡연장소의 지정 여부		
⑥ 전기기계, 기구의 안전	✓ 누전차단기 작동여부 ✓ 전기기계, 기구 등의 충전부 방호와 접지 확인 여부		
⑦ 비상조치계획	✓ 가스중독자 발생 시 비상연락과 응급조치 수립 여부 ✓ 화재, 폭발 발생 시 대피 및 연락체계 수립 여부 ✓ 작업자의 개인 보호구 사용법 숙지 여부		

2-2. 유해·위험물질 취급 관리

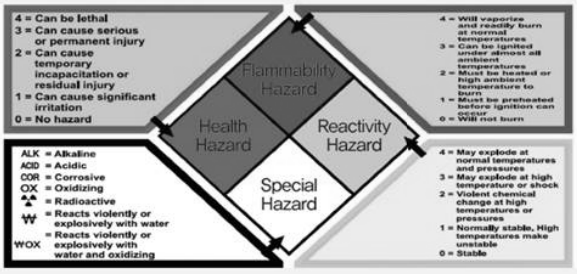
화학물질 인화성에 대한 이해

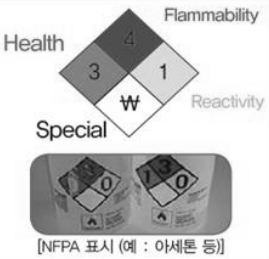
화학물질의 인화성이란?

- 화학물질이 얼마나 쉽게 연소가 이루어지는가에 대한 위험정도를 의미
- 인화성이 높으면 쉽게 불이 붙고, 화재위험이 높다고 할 수 있음
- 인화성이 높은 화학물질은 화재와 폭발을 유발함

안전 TIP : 화학물질 위험성 분류

- 미국 NFPA(National Fire Protection Association) 704의 물질 위험 등급 분류 기준에 유해성(건강), 인화성(화재), 반응성(폭발), 기타 특성 위험으로 구분 됨
  - NFPA지수의 의미는 4(매우 높은 위험), 2(보통), 0(위험 없음)이고, 대부분 사고사례는 직업병/중독사망은 유해성 3 이상, 화재는 인화성 3 이상, 폭발은 반응성 1이상의 물질이 관계되어 있음
  - 해당 지수는 MSDS 2번 항목의 유해성·위험성에 언급되고, 용기·저장탱크 등에 부착되는 경우가 있음





[NFPA 표시 (예 : 아세톤 등)]

- 고용노동부 고시「화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준」에 물리적 위험성(16종), 건강 유해성(11종), 환경 유해성(1종)으로 물질을 분류하고, 각 분류별로 다른 위험지수를 적용(1~6, A~F 등)

화학물질 인화성에 대한 이해

화학물질 인화성의 파악방법

• 인화점

- 화학물질의 인화성은 인화점이 가장 중요하며, 인화점이 낮을수록 위험하다.
- 화학물질에서 증발된 증기가 공기와 섞여서 최저폭발범위 이상의 가연성 혼합기체를 형성하는 최저온도를 말한다.
- 액체상태의 물질은 인화점 이하의 온도에서 화재나 폭발이 일어나지 않는다.
- 기체상태의 물질은 연소범위만 조성되면 화재나 폭발이 가능하다.
- 각 법과 기준의 인화성 위험분류도 인화점을 기준으로 한다.

1) 산업안전보건법

- 인화성액체 : 인화점 60℃ 미만의 물질

2) 위험물안전관리법

제4류(인화성액체) 물질분류	정의
제1석유류	인화점 21℃ 미만(아세톤, 휘발유 등)
제2석유류	인화점 21℃ 이상 70℃ 미만(등유, 경유 등)
제3석유류	인화점 70℃ 이상 200℃ 미만(중유 등)
제4석유류	인화점 200℃ 이상 250℃ 미만(기어유 등)

3) NFPA 지수의 인화성 분류

인화성 지수	정의 및 대상물질
4	인화점 23℃ 미만 및 비등점 38℃ 미만(LNG, 실란)
3	인화점 23℃ 미만이고 비등점 38℃ 이상 인화점 23℃ 이상 38℃ 이하(휘발유, 아세톤, 등유)
2	인화점 38℃ 이상 93℃ 이하(경유, 중유)
1	인화점 93℃ 이상(식용유, 열매체유)
0	타지 않음(물)

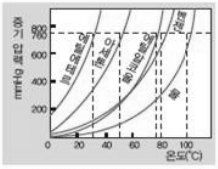
화학물질 인화성의 파악방법

• MSDS의 내용

- 2. 유해성·위험성항목에 포함된 유해성·위험성 분류 내용, 경고표지항목에 포함되는 그림문자, 신호어, 유해·위험문구, 예방조치문구 등
- 그림문자 ◇가 있는 경우 인화성물질이므로 화재폭발 예방조치와 관련된 내용을 검토
- 물질위험분류 수치는 낮을수록(1, A 등) 위험이 높으므로 NFPA 지수와 혼동하지 않도록 한다.

• 증기압

- 액체의 증기압이 높을수록 증기화되는 양이 많아지고 인화점은 낮아짐
- 온도가 높을수록 증기압은 증가하고, 증기압이 1기압(760mmHg) 이상이면 기체로 존재함
- 증기압이 1기압이 되는 지점을 비등점이라 함

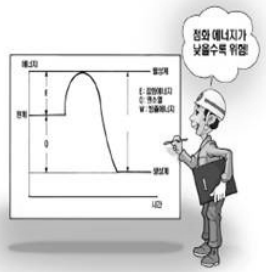


(증기 압력 곡선과 끓는 점)

• 발화점

- 점화원이 없는 상태에서 물질자체의 에너지로 인해 연소가 발생하는 온도
- 대부분 발화점은 400~500℃ 내외이나 특이하게 낮은 경우 위험하다.(예 : 이황화탄소 102℃) 방폭기기의 온도등급(TA, TB, TC)을 결정함

• 점화에너지

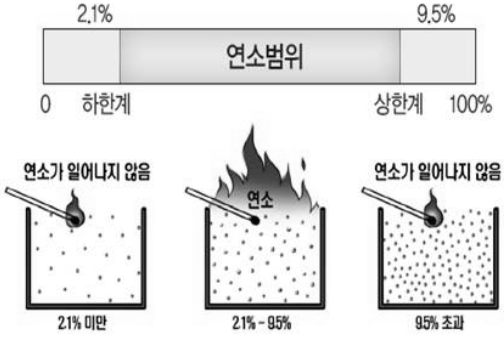


- 점화에너지가 낮으면 쉽게 불이 붙고 점화에너지가 높으면 연소에 필요한 활성화에너지가 높아 쉽게 불이 붙지 않는다.
- 대부분 물질의 점화에너지는 0.2~2.5mJ 내외이나 수소는 0.02mJ로서 정전기로도 쉽게 점화되며, 암모니아는 수백mJ로서 점화위험성이 낮다.

화학물질 인화성에 대한 이해

화학물질 인화성의 파악방법

- **폭발범위(Explosion Limit) 또는 연소범위 (Flammability Limit)**
  - 증기나 가스는 폭발범위 내에서만 연소가 가능하다. 폭발하한계가 낮거나 폭발범위의 폭이 클수록 인화성위험이 높다.



- **취급온도**
  - 인화점이 높더라도 취급온도가 그 이상 높을 경우 화재·폭발위험이 있게 된다.
- **취급압력**
  - 취급압력이 높을수록 만일의 누출시 방출량이 많아지므로 위험하게 된다.
- **취급량**
  - 취급량이 많을수록 누출량과 화재 및 폭발피해가 크게 된다.
- **환기량 및 환기형태 등 환기조건**
  - 환기조건은 폭발분위기 형성 가능성이나 폭발위험 지역 설정범위가 결정된다.

인화성 가스란?

- 폭발한계 농도의 하한(폭발하한)이 13퍼센트 이하 또는 상하한의 차가(폭발상한–폭발하한)가 12퍼센트 이상인 것으로서 1기압 20℃에서 가스 상태인 물질
- 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 도시가스(NG), LPG, 암모니아 등

※ 폭발하한(LEL : Lower Explosive Limit) : 공기 중에서 인화성가스 등의 농도가 이 값 미만에서는 폭발되지 않는 한계
※ 폭발상한(UEL : Upper Explosive Limit) : 공기 중에서 인화성가스 등의 농도가 이 값을 넘는 경우에는 폭발되지 않는 한계

화학물질 인화성에 대한 이해

인화성 가스의 종류

물질명	Cas. No	주요 용도	유해위험성				
			인화성	고압가스	발암성	산화성	자극성/특정독성
수소	1333-74-0	암모니아, 염산, 메탄올 합성 원료, 수소첨가제	●	●			
아세틸렌	74-86-2	용접·절단용 가스 합성섬유 및 고무 원료	●	●			●
에틸렌	74-85-1	석유화학제품 원료		●		●	
메탄	74-82-8	메탄올 원료, 천연가스 주성분	●	●			
에탄	74-84-0	염소화 유도체, 냉동제	●	●			●
프로판	74-98-6	LPG 성분, 냉매	●	●			●
부탄	106-97-8	냉동제, 첨가제, LPG 성분	●	●	●		●
천연가스	8006-14-2	연료	●				
LPG	68476-85-7	가정용 연료, 용접	●	●	●		

인화성 가스 취급관리

- **안전하게 취급**
  - 누출되면 쉽게 화재를 유발하므로 누출되지 않는 밀폐구조로 취급
  - 인화성가스 사용, 저장장소는 누설 여부를 알 수 있도록 가스경보장치 설치
  - 인화성가스 취급장소에서는 흡연, 용접, 그라인딩 작업, 비방폭형 전기기기 사용을 금지하고, 접지 조치로 인체 및 설비 정전기를 없애는 등 점화원 제거
- **안전하게 저장**
  - 직사광선을 피하고 환기가 잘 되는 곳에 저장하여 용기온도를 40℃ 이하로 유지
  - 용기가 넘어질 위험이 없도록 하고 용기에 충격 행위 금지
  - 운반하는 경우에는 캡을 씌울 것. 캡은 전용 도구로 개방할 것
  - 커플링 연결시 규정된 힘으로 체결/분리하고 와셔는 1회 사용 후 폐기
  - 용기의 부식·마모 또는 변형상태를 점검 후 사용
- **누출 및 화재폭발시 대응방법**
  - 인화성가스 누출시 지연된 폭발을 수반하는 경우가 많으므로 원격이나 안전한 방법으로 차단할 수 없으면 접근을 지양하고 경보 후 대피 조치
  - 폭발 후 누출로 인한 Jet Fire 발생시 가스차단 외에는 소화할 수 없으므로 다 타도록 내버려 두고 인접시설의 피해방지에 주력

화학물질 인화성에 대한 이해

인화성 액체란?

인화성액체란 상온상압(섭씨 20도 1기압)에서 액체상태로서 불에 탈 수 있는 물질을 말하며 국내에서는 통상적으로 산업안전보건법과 위험물안전관리법에 따라 인화성액체를 관리하고 있음

산업안전보건법

- 인화성액체란 표준압력(101.3㎪)하에서 인화점이 60℃ 이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질을 말한다.

위험물안전관리법

- "인화성액체"라 함은 액체(제3석유류, 제4석유류 및 동식물유류에 있어서는 1기압과 섭씨 20도에서 액상인 것에 한한다)로서 인화의 위험성이 있는 것을 말한다.

1. 특수인화물
2. 제1석유류 : 인화점 21℃ 미만(아세톤, 휘발류 등)
3. 알코올류
4. 제2석유류 : 인화점 21℃ 이상 70℃ 미만(등유, 경유 등)
5. 제3석유류 : 인화점 70℃ 이상 200℃ 미만(중유 등)
6. 제4석유류 : 인화점 200℃ 이상 250℃ 미만(기어유 등)
7. 동식물유류

인화성 액체 취급관리

- **안전하게 취급**
  - 압력을 가하거나, 자르거나, 용접, 납땜, 접합, 뚫기, 연마 또는 열에 폭로, 화염, 불꽃, 정전기 등 점화원 금지
  - 취급 중인 용기는 덮개를 사용하여 증발억제
  - 반응기의 맨홀 밀폐 및 배기벤트로 실내로 증발하지 않도록 함
  - 취급시 모든 용기, 배관을 반드시 접지, 제전복 및 제전화 착용
  - 폭발위험지역 내 전기기구는 방폭형을 사용
  - 반응기나 밀폐용기 내부 정전기 위험시 퍼지하여 MOC 이하로 관리

- **안전하게 저장**
  - 용기는 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 저장
  - 저장용기 및 배관은 접지 및 본딩 실시
  - 저장탱크에 방유제 설치
- **누출 및 화재폭발시 대응방법**
  - 누출 및 화재시 자동 또는 원격으로 원료공급 정지 가능하도록 설치
  - 수용성, 불용성, 물반응성 등을 고려 물질특성에 맞는 적절한 소화기 및 소화설비 설치
  - 대형화재시 복사열을 고려, 실제 화재진압 가능하도록 소화전 배치
  - 실내화재시 유독가스가 생성되므로 지체하지 말고 신속히 대피
  - 이상반응 위험이 있을 경우 원료공급중지–냉각–억제제 투입–대피 시점을 미리 정할 것

화학물질 인화성에 대한 이해

인화성 물질 취급에 따른 준수사항

개인보호구 착용

배기설비 가동
/ 용기 밀폐

금연 화기엄금

밀폐공간에서는 공기공급식 송기마스크 착용
면 마스크, 일반방진 방독 마스크 착용 금지

인화성 물질 취급에 따른 준수사항

- 취급 현장에 관련 안전보건표지의 부착

(예: 등)

- 취급 지역을 폭발위험장소로 설정 및 방폭형 전기설비 사용

- 취급용기나 탱크에 해당물질 경고표시

- 취급물질의 유해위험성, 올바른 취급방법, MSDS를 이해하는 방법 등을 교육

- 기타 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 위험물 안전관리법 시행규칙에서 정한 내용

화학물질 유해성에 대한 이해

화학물질의 유해성이란?

- 화학물질로 인하여 생물체, 특히 인체의 건강과 생명에 어느 정도의 유해한 정도를 미치는가에 대한 정도와 특성
- 유해성이 높은 화학물질은 직업병, 작업중 고농도 폭로로 인한 중대재해, 환경피해 및 이로 인한 민원 등 사업장 내부 및 외부의 문제를 야기시킴

[독성물질 누출사고 영향]

[독성물질 누출로 인한 농작물 고사]

- 가스상태 독성물질의 다량누출시 상상하기 어려운 피해를 초래할 수 있으므로, 만일의 누출시 누출농도와 피해범위를 미리 예측 평가하고 그 결과를 바탕으로 사고확율 감소조치, 만일의 사고시 대응조치, 대피반경 설정 등 사고대응조치를 준비

독성 Level	관심농도	농도값의 의미(1시간내 미대피시)
1	ERPG 1	사망가능
2	ERPG 2	중상가능
3	ERPG 3	상해가능

※ ERPG (Emergency Response Planning Guideline) : 미국 AIHA에서 비상대피와 관련하여 1시간내 대피하지 않을 경우 발생할 수 있는 상황별 농도

물질 유해성의 파악방법

- **급성독성 물질 대상여부 및 독성치**
  - 급성독성 물질은 그림 표지(☠) 의미 그대로 치명적 재해(사망) 및 직업병과 관련이 높음

    〈급성독성 물질기준(안전보건규칙 별표1의 7항)〉

    1) LD_{50}(경구, 쥐) 300mg/kg-(체중) 이하인 화학물질

    2) LD_{50}(경피, 토끼 또는 쥐) 1000mg/kg-(체중) 이하인 화학물질

    3) 가스 LC_{50}(쥐, 4시간 흡입)이 2500ppm 이하인 화학물질, 증기 LC_{50}(쥐, 4시간 흡입)이 10mg/ℓ 이하인 화학물질, 분진 또는 미스트 1mg/ℓ 이하인 화학물질

    ※ LD(Lethal Dose), LC(Lethal Concentration)

    ※ LD_{50}과 LC_{50}은 해당 생물체에 입으로 마시거나, 피부를 통해 흡수시키거나, 흡입하게 했을 때 50%가 죽는 확율의 농도를 말한다.
  - 화학물질의 유해성은 독성치인 LD_{50} 경구, LD_{50} 경피, LC_{50}의 값을 주로 참고한다.
  - NFPA의 유해성 등급분류도 LC_{50} 값을 기준으로 함

〈표〉 NFPA 유해성 등급분류의 LC_{50} 기준

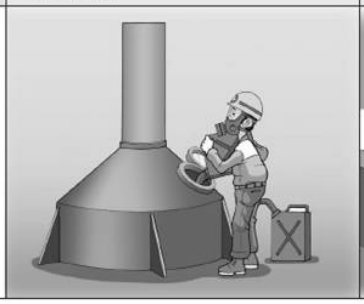
유해성지수	건강위험
4	LC_{50} 1000ppm 이하 (예 : 염소, 불화수소)
3	LC_{50} 3000ppm 이하 (예 : 포스겐, 염화수소)
2	LC_{50} 5000ppm 이하 (예 : 에틸알콜, 메틸알콜)
1	LC_{50} 10000ppm 이하 (예 : 질산암모늄)
0	무해함(물)

※ 산안법상 급성독성물질(LC_{50} 2500ppm 이하)은 NFPA 지수 3 또는 4에 해당

화학물질 유해성에 대한 이해

물질 유해성의 파악방법

- **작업환경측정 허용농도**
  - 측정시간을 고려하여 정해진 수치(TLV : Time Limited Value)로서 조건에 따라 3가지 기준치 적용

TLV-TWA(Time Weighted Average)	TLV-STEL(Short Time Exposure Limit)	TLV-C(Ceiling)
• 8시간 근무하는 경우를 가정하여 측정하고, 평가하는 값 • 일상적인 작업에 적용	• 15분간 일일 4회 근무하는 것을 가정하여 측정하고 평가하는 값 • 원료충진, 투입이나 출하 등 단시간 고농도 작업에 적용	• 작업 중 어느 순간도 넘지 말아야 할 농도로서 일부 독성물질에 대해 적용
		

- 고용노동부고시(화학물질 및 물리적인자의 노출기준)을 통하여 공표되며, MSDS의 '8항. 노출방지 및 개인보호구/가.화학물질의 노출기준'에도 표기됨

물질 유해성의 파악방법

- **증기압**
  - 증기압은 액체가 액면에서 기체화되는 압력이므로 액체의 증기압이 높을수록 증기화된 가스의 양이 많아지고 인체의 노출위험은 높아짐
  - 증기압 1기압(760mmHg) 이상의 화학물질은 기체로 존재하므로 누출시 확산 및 중독 위험이 상당히 높음(예 : 불화수소, 염소 등)

- **MSDS의 내용**
  - 2. 유해성·위험성 항목에 포함된 유해성·위험성 분류 내용, 경고표지 항목에 포함되는 그림문자, 신호어, 유해·위험문구, 예방조치문구 등
  - 그림문자 가 있는 경우 급성독성물질이므로 유해성 및 건강상의 예방조치와 관련한 내용을 검토
  - 물질위험분류 수치가 낮을수록(1, A 등) 위험이 높으므로 NFPA 지수와 혼동하지 않아야 함

취급 중 유해성에 영향을 미치는 요소

- **취급온도 및 압력**
  - 취급온도와 압력이 높을수록 만일의 누출시 누출량이 많게됨
  - 취급온도가 높을수록 증기압이 증가하여 증발량 및 대기 중 농도가 높아짐
  - 액체라 하더라도 압력이 인가되어 누출되면 흄 상태로 누출되어 대기농도와 흡입독성 및 경피독성 위험이 모두 증가하여 가스보다 더 위험할 수 있다.

- **취급량 및 취급조건**
  - 취급량이 높을수록 잠재누출위험이 크다.
  - 화학물질이 밀폐된 상태로 취급되지 않고 개방상태로 사용되거나 용기의 개구부 면적이 넓을수록, 또 발산원에서 근접하여 작업할수록 노출위험이 크다.

- **환기량 및 환기형태 등 환기조건**
  - 환기량과 환기방법은 작업장내 위험물질 체류농도와 직접적인 관계가 있다.

[용제 취급 작업장 환기 사례]

양호 환기

불량 환기

화학물질 유해성에 대한 이해

유해성 물질 취급에 따른 준수사항

- 작업환경측정 대상 화학물질을 취급할 경우 작업환경측정 및 특수건강진단 실시
- 작업현장에 관련 안전보건표지 부착 (예, 등)
- 독성물질 취급시 누출방지 조치
  1. 사업장 내 저장 및 취급량을 최소화
  2. 설비의 연결 부분은 누출되지 않도록 밀착시키고 매월 1회 이상 연결부분 점검
  3. 폐기·처리하여야 하는 경우에는 냉각·분리·흡수·흡착·소각 등의 처리
  4. 급성 독성물질이 사고로 외부에 방출될 경우 저장·포집 또는 처리설비를 설치하여 안전하게 회수
  5. 폐기·처리 또는 방출하는 설비는 자동 또는 원격조정할 수 있는 수동조작 구조로 설치
  6. 취급 설비의 작동이 중지된 경우에는 근로자가 쉽게 알 수 있도록 필요한 경보설비를 근로자와 가까운 장소에 설치
  7. 외부로 누출된 경우에는 감지·경보할 수 있는 설비를 구비
- 취급설비의 국소배기설비 설치, 안전한 작업방법 수립, 관리감독, 적정 보호구 착용
- 화학물질의 유해위험성, 올바른 취급방법, MSDS의 이해방법 등을 교육

화학물질의 반응성이란?

- 화학물질이 다른 화학물질, 물 또는 충격에 반응하여 상당한 에너지, 압력파, 압력, 온도의 상승을 유발하는 특성을 말함

- 반응성의 정도는 반응조건의 용이성 및 반응 후 발생하는 에너지의 강도가 조합되어 분류됨
- 반응성이 높은 화학물질은 강력한 폭발을 수반하며 이로 인한 2차 화재, 건물의 붕괴나 물체의 비래로 작업자 및 인근주민의 치명적인 상해사고를 유발함
- 반응성 물질은 많지 않지만 사고시 큰 피해를 주게 되므로 반응성이 있는 물질의 파악과 반응조건의 파악이 매우 중요함
- 반응조건에 따른 제어방법, 만일의 반응사고시 피해 예측과 이에 따른 이격거리 확보, 방폭벽설치, 사고 예방방안, 사고시 대응방안보완 등의 조치가 필요함
- NFPA 지수 3개 분야(유해성, 인화성, 반응성) 중 반응성 지수는 등급1 물질도 대폭발을 야기하므로 일단 반응성 지수가 1 이상이면 상당히 정밀한 검토가 필요함

화학물질 반응성에 대한 이해

물질 반응성 파악방법

- NFPA 704의 분류에 따른 반응성지수를 확인하는 것이 가장 쉽고 합리적이다.
- 특별한 조건에서의 반응성은 NFPA 지수 표시 사각형 하단에 별도의 문자로 표시된다.
  예) ₩(물반응성), OX(산화성 물질)
- MSDS 2. 유해성·위험성항목에 포함된 유해성·위험성 분류 내용, 경고표지항목에 포함되는 그림문자, 신호어, 유해·위험문구, 예방조치문구 등
  – 산화성 물질( ), 폭발성물질( )은 반응성이 높으며 부식성 물질( )도 대부분 NFPA 반응성 지수가 1 이상이다.

취급 중 반응성에 영향을 미치는 요소

- 취급온도 및 압력
  – 중합반응시 폭발할 수 있는 물질(NFPA 반응성 지수 1)의 경우 취급온도와 압력이 상승하면 어느 순간 반응성이 급격하게 높아지고 반응 폭주가 발생한다.

반응성 물질 취급에 따른 준수사항

- 화학물질취급시 작업현장에 관련 안전보건표지 부착 (예: 등)
- 화학물질의 유해위험성, 올바른 취급방법, MSDS의 이해방법 등을 교육
- NFPA 반응성지수가 1 이상인 경우 MSDS의 '10항 안정성 및 반응성' 에서 반응을 일으키는 조건과 '7항 취급 및 저장방법' 의 내용대로 저장, 취급하는지 확인
- NFPA 반응성지수가 1 이상인 경우 물과의 반응성이 있는 경우가 있고, 화재시 물을 사용한 주수 진화시 오히려 더 큰 폭발을 유발할 수 있음
  – MSDS의 '5항 폭발화재시 대처방법' 에 물 사용 가능 또는 불가능 여부 확인

2-3. 비상조치 계획 수립 및 훈련

비상조치계획 수립 및 훈련

비상조치계획이란?

➢ **정의 : 손상이나 손실을 가져오는 예기치 못한 사건과 화재 ·폭발, 화학물질 누출 및 공정이탈에 대한 완화와 제어조치를 뜻하는 넓은 범위의 활동**

- 사업장의 비상사태(Emergency)는 인명손실을 가지는 경우를 말함
- 사업장내와 사업장 밖의 모두에 재산상의 막대한 손실과 혼란 야기

➢ **발생요인** : Human error

➢ **화학공장사태의 비상사태 요인**
- 화재
- 폭발
- 독성물질 누출

➢ **절대 안전(Absolute safety)는 달성하기 어려움**
- 실질적인 피해감소를 위한 비상조치 계획 필요

비상조치계획 수립 및 훈련

비상사태의 형태(1)

비상사태

➢ **화재 : 화학공장에서 자주 발생하는 대형 사고**

- 대처방안
  - 위험물질이 누출되지 않도록 함
  - 누출이 되어 화재가 발생하면 가능한 한 신속히 진화시켜야 함.
  - 화재가 발생되면 신속하게 화재가 발생되었다는 것을 전 공장에 알려야 함.

➢ **폭발**

- 폭발은 비상사태 뿐만 아니라 화재 또한 동반하는 대형사고
- 아무 사전경고가 없음
  - 중대산업사고를 사전에 예방
  - 신속한 비상조치계획을 강구 필요

➢ **독성 화학물질 노출**

- 근로자 뿐만 아니라 지역주민 ·환경에까지도 영향을 미치기 때문에 평소에 누출로 인한 비상조치계획 강구 필요

비상사태의 형태(2)

자연재해

➢ **홍수**
- 순간적인 것 : 미리 그 조짐을 알 수 없음
- 정상적인 것 : 대체적으로 천천히 이루어지며 예측할 수 있는 경고가 있음

- 폭풍 · 화재 및 감전사고 동반
- 화학공장 등에서는 추가적으로 홍수에 대비한 대책을 강구

➢ **태풍**

- 지형학적인 지역에 한정
- 기상학의 발달로 사전 경보시스템을 통해 비상대책을 사전에 조직화 할 수 있음
- 폭우를 동반하는 경우가 많으므로 태풍경보가 발효되면 홍수에 대한 조치가 필요

➢ **지진**

- 순식간에 예고없이 발생하기 때문에 대응할 시간이 없음
- 주된 피해 - 벽이 무너지고 건물 ·플랜트 시설이 무너짐
  - 화재가 발생하고 소화용수의 공급이 끊기게 되어 손실을 입음

➢ **낙뢰**

- 순식간에 많은 에너지를 동반함
- 예상치 못한 장소에서 기기 오작동, 화재폭발로 이어질 수 있음

비상조치계획 수립 및 훈련

비상조치 계획의 수립

목적

① 초기에 진압하여 비상사태의 확산을 줄인다.

② 사람과 재산에 대한 사고 피해를 최소화한다.

③ 생산중단기간을 줄인다.

비상조치계획서에 포함할 내용

- 목 적
- 비상사태 구분
- 비상조치계획의 수립 및 검토
- 비상대피계획
- 비상사태의 발령
- 비상경보통신체계
- 비상사태의 종결
- 비상조치 위원회의 구성
- 비상통제소의 설치와 기능
- 운전정지 절차
- 비상훈련의 실시 및 조정

위험성 및 재해의 파악과 분석

발생가능성이 있는 재해 파악시 고려사항

- 최대피해 규모
- 최대피해의 발생과정
- 피해 최소화를 위한 조치시간
- 조기 진압 시 피해감소 정도의 예측
- 과거의 유사한 중대사고의 기록
- 각 사건의 결과예측

예상되는 비상사태에 대한 분석 시 고려사항

- 공정별, 예상 비상 사태별 목록
- 예상 비상 사태별 피해상황을 가정
- 비상사태 전개과정과 차단대책

비상조치계획 수립 및 훈련

비상조치계획의 내용(1)

비상조치의 기본원칙

- ✓ 인적 손실에 최우선 목표를 둔다.
- ✓ 가능한 모든 비상사태를 포함한다.
- ✓ 비상통제조직의 업무분장과 임무를 분명하게 정한다.
- ✓ 비상조치계획은 분명하고 명료하게 작성하여야 한다.
- ✓ 비상조치계획은 모든 근로자가 쉽게 활용할 수 **있도록 한다.**

비상조치계획의 내용(2)

비상조치계획에 포함사항

- 전 근로자의 사전 교육
- 비상시 대피절차와 비상대피로의 지정
- 공정설비에 대한 대상과 절차
- 비상대피후의 임무와 절차
- 피해자에 대한 구조.응급조치 절차
- 비상사태 발생시 통제조직 및 업무분장
- 사고 발생시 및 비상대피시의 보호구 착용 지침
- 비상사태 종료 후 오염물질 제거 등 수습 절차
- 주민 홍보 계획
- 외부기관과의 통신과 협력체제

비상조치계획 수립 및 훈련

비상경보 체계(1)

경보시설의 설치

- 설비의 규모에 따라 적절한 수의 경보시설 확보
- 소음수준이 높은 곳에서는 시각적 경보시설 설치
- 각종 비상경보는 주1회 작동 테스트 실시

비상 경보의 종류-1

- 경계경보
  - × 경계경보는 비상 사이렌으로 3분간 장음으로 취명
  - × 필요 시 공정상의 이상 또는 독성물질의 누출위험이 없을 때까지 취명하며 다음과 같은 조치를 취하도록 함
  - 모든 안전작업허가서는 효력을 상실하며 허가서는 발급자에게 반납
  - 흡연과 가열기구는 사용 금지
  - 운전요원은 필요한 안전조치와 함께 비상사태 지휘자의 지시에 따름

비상경보 체계(2)

비상 경보의 종류-2

- 가스누출 경보
  - × 이 경보는 고.저음의 파상음이 연속성으로 취명됨
  - × 이 경보는 가연성 또는 독성가스가 계속 누출되는 것을 말하며 다음과 같이 조치
    - 모든 안전작업 허가서의 효력이 상실되며 발행권자에게 반납
    - 흡연과 가열기구의 사용 금지
    - 정비요원과 불필요한 요원을 조정실의 확인을 거쳐 소속부서에 대기
    - 근무중의 운전요원은 비상지휘자의 안내에 따라 비상운전정지 조치
    - 독성가스 누출시는 비상방송의 안내에 따라 호흡보호 장비를 휴대하고 비상지휘자의 지시에 따름
- 대피경보
  - × 이 경보는 단음으로 비상사태 종료까지 방송
  - × 이 경보는 폭발 또는 독성물질의 다량 누출 등 급박한 위험상황일 때 방송 이때의 비상방송에서는 대피에 필요한 지시사항과 대피경로, 장소를 반복하여 안내

비상조치계획 수립 및 훈련

비상경보 체계(3)

비상 경보의 종류-3

➢ 화재경보

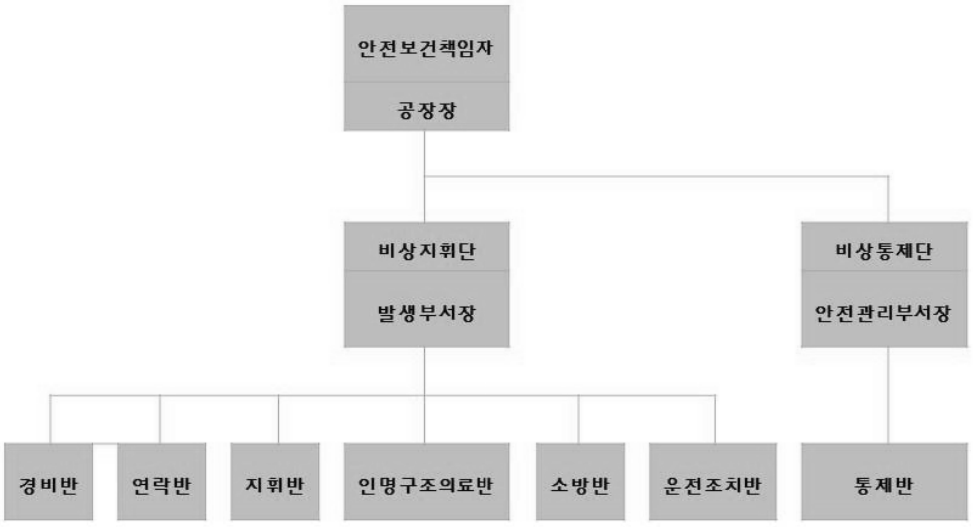
× 이 경보는 5초 간격으로 중단음으로 계속 방송
× 이 경보가 발신되면 다음과 같은 조치를 취함
- 모든 안전작업 허가서는 무효처리
- 모든 방문자와 불필요한 인원은 통제실의 확인을 거쳐 지정된 장소로 대피

➢ 해제경보

× 이 신호는 1분간 장음으로 방송하며, 비상방송을 통해 상황의 종료와 조치사항에 대하여 안내한다.

비상통제 조직의 구성과 임무(예 1)

비상통제 조직의 예



비상조치계획 수립 및 훈련

비상통제 조직의 구성과 임무(예 2)

비상통제 조직의 임무

통제조직	조치사항	비고
안전보건책임자	o 비상체제로의 전환 o 비상사태 조치 결정 o 보도통제	
비상지휘단	o 비상통제 조직의 동원과 지휘 o 사고속보의 작성과 보고 o 재발방지대책의 수립과 실행	
비상통제단	o 통제본부의 설치 o 소방지원단의 지원요청 등 관련기관의 보고 o 사고원인 조사 및 언론통제	
운전조치반	o 재난발생공정의 비상운전정지 o 비상발전기 및 소방펌프의 작동	
소방반	o 화재진화활동 및 발생방지	
인명구조 및 의료반	o 인명구조 및 부상자 확인 o 응급치료 및 후송	
지휘반	o 비상지휘단장 보좌 o 경보취명, 비상방송	
통제반	o 비상상황의 파악과 보고 o 비상연락망의 가동 o 비상통제조직의 동원	
경비반	o 방문객 명단 파악과 보고 o 진입통제와 소방지원단의 안내	

비상조치 계획의 교육 및 훈련

➢ 교육

- x 비상조치계획은 모든 근로자에게 배부하여 숙지토록 하고 여러 가지 형태의 비상사태에 대처할 수 있는 능력을 가질 수 있도록 주기적으로 교육을 실시

➢ 훈련

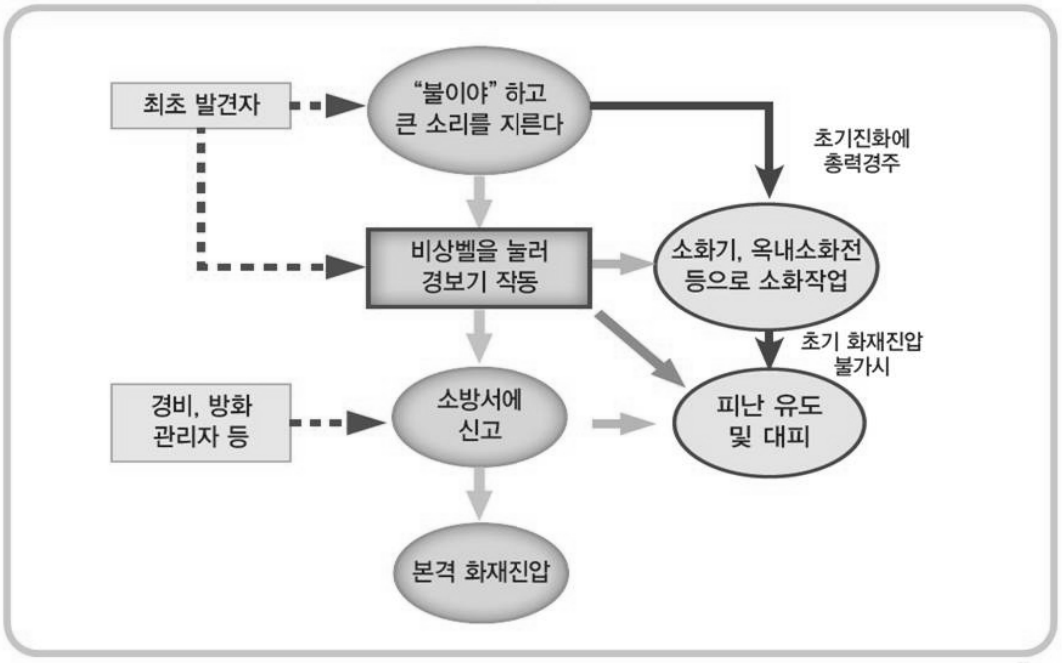
- x 비상 및 재난대책은 비상운전 절차에서부터 피난, 소방계획에 이르기까지 전반적인 비상훈련을 월 1회 이상 각 교대조 및 생산팀 단위로 실시

➢ 운전정지 절차

- x 공정 전반에 대한 비상운전정지 절차를 각 공정 단위별로 비치하고 모든 작업자에게 배부한 후 훈련을 실시하여 숙지

비상조치계획 수립 및 훈련

화재시 119 신고내용(예)



비상통제소의 설치

① 적절한 수의 통신수단
② 라디오 등 방송설비
③ 개인보호구 및 기타 구조장비
④ 풍속 및 풍향계
⑤ 비상조치 기관의 명부
⑥ 시설물 관련 도면 및 자료

주민홍보 계획

① 유해.위험설비의 종류
② 유해물질 및 그 관리대책
③ 비상사태 발생 경보체계 등 인지방법
④ 비상사태 발생시 주민행동요령
⑤ 중대사고가 주민에게 미치는 영향
⑥ 중대사고로 입은 상해에 대한 적절한 치료방법

2-4. 현장에서의 주요 안전보건 점검항목

현장에서의 주요 안전보건 점검항목

일반관리 사항

점 검 사 항	
➢ 원, 부 자재의 목록 및 취급기준은 설정되었는가? (취급물질의 잠재적 위험성 조사 여부) ➢ 위험물 취급, 작업 시 안전지침 및 작업규정은 작성되어 있는가? ➢ 저장설비 내부는 적정 조건이 유지되는가? ➢ 공정 내에 위험물의 체류량을 최소화하고 있는가? ➢ 위험한 공정시설은 개방된 구조하에 있는가? (적정한 환기 및 소방설비 유무) ➢ 원, 부 재료와 Utility는 가장 안전한 지역으로 공급 되는가? ➢ Battery Limit 밖에서 공급을 차단할 수 있는가? ➢ 모든 Block Valve는 조작이 용이한 적정장소에 위치하고 있으며 식별이 가능하도록 표시되어 있는가? ➢ 원·부 재료 및 Utility 배관, 그리고 TATION은 확실히 갖추어져 있는가?	➢ 위험물질 비상 유출 대비 예방대책은? ➢ 건축물의 바닥, 벽, 기둥, 계단 및 지붕 등에는 불연성 재료를 사용 하였는가? ➢ 특이한 부식문제는 없는가? - 공정, 주변환경에 의한 부식 - 누출 또는 튜브 파손 시 위험한 부 반응을 일으킬 수 있는 화학물질 사용 ➢ 가스 검지기 및 경보기 설치 상태는 적정한가? ➢ 정상운전, 비상운전 및 정비작업에 대비한 절차가 수립되어 있는가? ➢ 예비품 확보 및 예방정비 계획의 수립은 적정한가? ➢ 자체검사는 실시하고 있는가? ➢ 저장용기에 가연성, 독성 및 안전취급방법 등의 표지판이 부착되어 있는가?

현장에서의 주요 안전보건 점검항목

일반배치/건축물 점검사항

점 검 사 항
<일반배치> ➢ 적절한 배수로 및 충분한 통로가 확보되어 있는가? ➢ 방화벽, 방유제(Dike)및 별도의 안전대(Guardrail)가 필요한 곳이 있는가? ➢ 지하에 위험성이 있는 방해물이 있는가? ➢ 상부의 공간제약으로 인한 위험성이 있는가? ➢ 비상시 접근 및 탈출은 용이한가? ➢ 긴급 차량 (소방차, 구급차 등)의 접근이 가능한가? ➢ 원료와 제품을 위한 안전한 야적장은 확보하고 있는가? ➢ 안전작업을 위한 적합한 작업대가 설치되어 있는가? ➢ 양중기 (HOIST & ELEVATOR) 는 적절한 설계와 안전장치가 있는가? ➢ 상부의 전선과 충분한 거리가 확보되었는가?
<건축물> ➢ 충분한 계단, 사다리 및 비상구가 있는가? ➢ 방화문이 필요한 곳에 설치되어 있는가? ➢ 필요 장소에 "머리주의" 등 안전표지판이 있는가? ➢ 환기상태는 적절한가? ➢ 지붕에 올라가기 위해 사다리 또는 계단이 필요한가? ➢ 필요한 장소에 보안경이 비치되어 있는가? ➢ 철제 구조물 등에 내화구조가 필요한 장소에 되어 있는가?

공정 점검사항

점 검 사 항	
➢ 작업자의 유해. 위험 물질의 폭로로부터 보호대책이 수립되어 있는가? ➢ 특별한 흄(Fume) 또는 분진후드(Hood)가 필요한 장소에 설치되어 있는가? ➢ 불안정한 물질은 적절하게 저장되어 있는가? ➢ 실험실에서 폭발위험에 대한 공정검토가 되었는가? ➢ 폭발로부터 보호하기 위한 대책이 있는가? ➢ 오 조작 또는 오염으로 인한 이상반응 위험성이 있는가? ➢ 운전자가 공정상의 화학반응을 완전히 이해하고 검토 되었는가? ➢ 비상시에 반응물의 긴급 배출을 위한 긴급 배출 설비가 되어 있는가? ➢ 기계장치의 고장으로 타 설비 위험에 영향이 미치지 않는가? ➢ 배관 또는 기기의 급격한 차단으로 인하여 위험성이 있는가?	➢ 분무(Spray), 흄(Fume), 증기(Mist) 또는 소음으로 인한 인근 주민에게 위험을 줄 가능성이 있는가? ➢ 독성물질의 배출처리 설비가 설치되어 있는가? ➢ 공정폐수에 위험물이 포함되어 있는가? ➢ 모든 화학물질에 대한 유해. 위험성이 목록화 되어 있는가? ➢ 자동적으로 두 개 또는 그 이상의 유틸리티가 공급되지 않음으로써 발생 가능한 위험을 없는가? ➢ 설계 변경을 하여 안전요소를 조정하였는가? ➢ 중대재해 및 복합성 재해의 결과에 대한 영향을 검토하였는가? ➢ 공정도(PFD, P&ID)가 최근 설비와 일치되도록 수정되어 있는가? ➢ 소음을 가능한 한 완벽하게 차단 또는 분리시킬 수 있는가?

현장에서의 주요 안전보건 점검항목

배관 점검사항

점 검 사 항	
➢ 세안, 샤워 설비가 적정장소에 설치되어 있는가? ➢ 열팽창을 고려한 안전조치가 되어 있는가? ➢ 월류(Overflow)배관은 안전지역까지 설치되어 있는가? ➢ 배기관은 안전지역까지 설치되어 있는가? ➢ 배관은 시방서에 따라 설치되었는가? ➢ 청소용 호스가 필요한가? ➢ 필요한 곳에 Check Valve가 설치되어 있는가? ➢ 파손되기 쉬운 배관에 대한 안전성은 고려되었는가? ➢ 화학물질에 의해 배관 외부의 손상 가능성은 있는가? ➢ 비상용 밸브가 설치되어 있는가?	➢ 길고 큰 배기관의 지지대는 적절한가? ➢ 응축수 배관은 안전하게 설계되었는가? ➢ Relief Valve배관은 Plugging이 방지토록 설치되었는가? ➢ 모든 공정 펌프의 토출측에 압력계가 설치되었는가? ➢ 화재나 다른 비상시 안전지역에서 가연성 유체의 공급시설을 중지 시킬 수 있는가? ➢ 근로자를 보호하기 위한 보온이 되어 있는가? ➢ 물 분무 설비가 필요한가? ➢ 스팀라인은 보온이 되어있는가?

장치/배출설비 점검사항

점 검 사 항	
<장치> ➢ 최고 사용 압력이 정확하게 설치 되었는가? ➢ 부식허용 여유가 고려되었는가? ➢ 위험기기는 특별히 격리되어 있는가? ➢ 벨트, Pulley, Sheave 및 기어 등에 대한 방호장치가 되어 있는가? ➢ 방호장치를 점검하기 위한 계획이 되어 있는가? ➢ 저장탱크에 방유제(Dike)는 되어 있는가? ➢ 저장탱크에 안전대는 설치되어 있는가? ➢ 재질이 화학물질에 적합하게 고려되었는가? ➢ 공정 압력을 고려하여 장치의 교체 또는 교정 등이 검토되었는가? ➢ 배관의 지지는 펌프나 장치와 별도로 지지 되었는가? ➢ 정밀기계에 자동주유가 되는가? ➢ 비상 시 대비한 예비기기가 필요한 곳에 설치되어 있는가?	<배출설비> ➢ 안전밸브 또는 파열판은 필요한 장소에 설치되는가? ➢ 내식성 재질을 사용하였는가? ➢ 배출설비가 적정하게 설치되었는가? (크기, 방향, 배치 등) ➢ 배출 배관 상에 화염방지기가 필요한 곳에 설치되어 있는가? ➢ 필요한 장소에 안전밸브를 보호하기 위한 파열판이 설치되어 있는가? ➢ 필요한 장소에 파열판과 안전밸브 사이 배관상에 압력게이지가 설치되어 있는가?

현장에서의 주요 안전보건 점검항목

계장전기 설비 점검사항

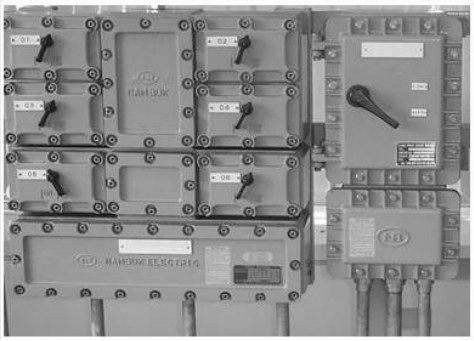
점 검 사 항	
➢ 모든 제어장치는 Fail Safe로 운전되는가? ➢ 공정에 필요한 경우 이중의 계기가 설치되어 있는가? ➢ 모든 장치에 표지판이 설치되어 있는가? ➢ 계장용 Tubing은 보호되고 있는가? ➢ 계기가 Fail시 운전제어를 위한 안전장치가 강구되는가? ➢ 계기의 응답지체(Response Lag)를 고려하여 공정의 안전성을 검토하였는가? ➢ 모든 Switch에 운전표지판(Start-Stop)이 부착되어 있는가? ➢ 모든 기기에 잠금 보호장치가 설치되어 있는가? ➢ 단전이 될 경우에 설비에 영향을 미칠 요인이 검토되어 있는가? ➢ 옥내와 작업장에 충분한 조명시설이 되어 있는가?	➢ 계측설비 (Sight Glasses), 샤워 (Shower) 및 세안설비에 조명이 되어 있는가? ➢ 전기회로를 보호하기 위한 적절한 차단기가 설치되어 있는가? ➢ 모든 기기는 접지가 되어 있는가 ? ➢ 안전운전을 위하여 특별히 연동장치가 필요한 곳에 설치되어 있는가? ➢ 비상전원 설비가 설치되어 있는가? ➢ 비상조명 설비가 설치되어 있는가? ➢ 방폭 설비가 필요한 전기기계기구가 선정되어 있는가? ➢ 모든 스위치 박스나 배전반은 규격에 맞는 덮개를 사용하는가? ➢ 필요한 모든 비상연락장비는 갖추어져 있는가?

안전장치/원부재료 점검사항

점 검 사 항	
<안전장치> ➢ 소화기가 비치되어 있는가? ➢ 보호구(공기마스크)는 적절히 사용하는가? ➢ 차단막(Diking Material)이 비치되어 있는가? ➢ 색조 지시계 (Colorimetrie Indicator Tube)가 필요한가? ➢ 가연성 감지기 등이 필요한 장소에 설치되어 있는가? ➢ 공정지역에 적합한 소방설비가 적절하게 설치되어 있는가? ➢ 비상조치 및 경보설비가 설치되어 있는가?	<원부재료> ➢ 원료 및 제품에 특별한 운반장비가 필요한가? ➢ 원료 및 제품이 극한적인 날씨변화에 영향을 받는가? ➢ 독성 또는 화재발생시 발생할 수 있는 유해. 위험물질은 없는가? ➢ 적정한 용기가 사용되는가? ➢ 용기에 사용물질의 독성, 인화성, 안전성 등의 표시를 하였는가? ➢ 누출 시에 발생할 수 있는 상황을 고려하였는가? ➢ 용기, 저장탱크, 창고에서 물질을 취급하는 근무자에 대한 특별한 지침은 있는가? ➢ 창고에 각각의 물질에 대한 극한상태의 취급지침이 있는가?

현장에서의 주요 안전보건 점검항목

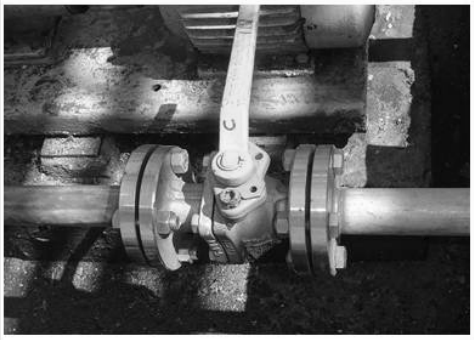
현장점검 사례

	
비방폭형 분전함	방폭형 분전함
X	O
방폭형 전기기계·기구	

현장점검 사례

배관 용접상태	용접상태
X	O
배관 용접상태	

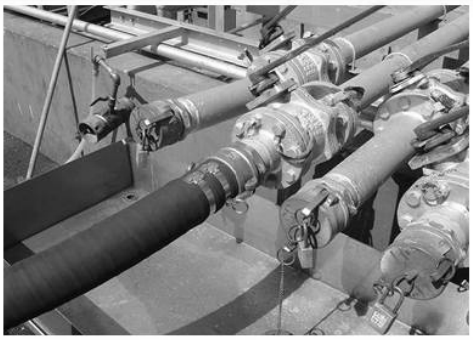
현장점검 사례

	
볼트, 너트 체결상태	체결상태
X	O
배관 연결부	

현장점검 사례

배관에 물질명 미표시	각 배관에 물질명 표시
X	O
배관에 물질명 식별표시	

현장점검 사례

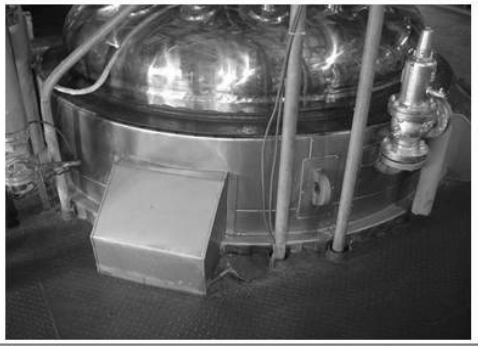


적정규격 이송호스 및 호스밴드 사용

O

적정규격 이송호스 및 접속용구

현장점검 사례

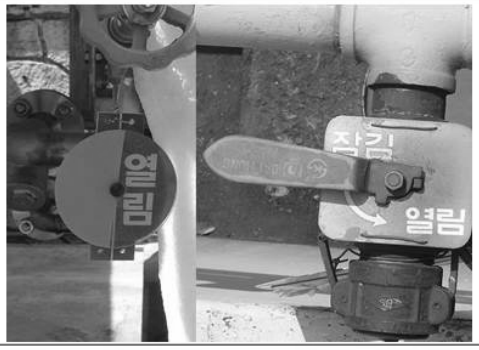


위험물 취급설비(반응기) 접지

O

정전기 대전방지용 접지

현장점검 사례



잠김, 열림 표시구분
O
밸브 개폐 방향 표시

현장점검 사례

정상구역과 위험구역(적색) 구분
O
정상구역 식별표시

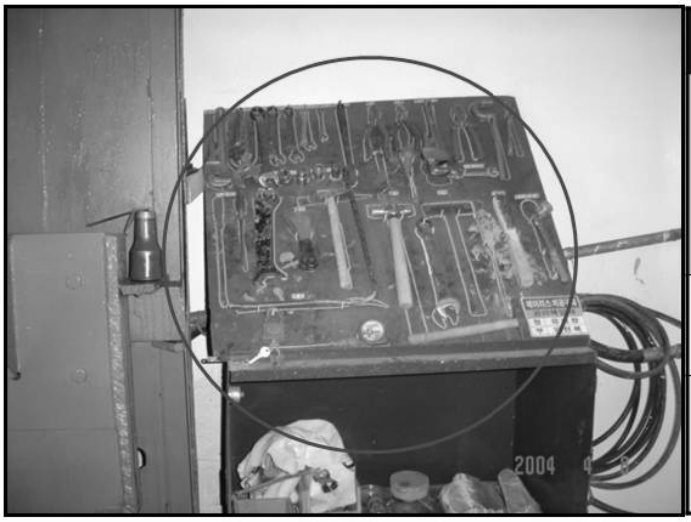
현장점검 사례(대피로 설정 및 게시 우수사례)

구분	내 용
설명	가연물질취급 등 화재가 발생하기 쉬운 장소에 비상대피로 설정 및 확보
장소	냉동창고 등 건물내부
관련 법규	안전규칙 제17조 [비상구의 설치]

현장점검 사례(가설통로에 유도등 설치 우수사례)

구분	내 용
설명	화기사용 장소에 화재 등 비상시 신속히 대피할 수 있는 통로 설치
장소	건물내부 등
비고	대피방향과 유도등의 방향 불일치 안전규칙 제17조 [비상구의 설치]

현장점검 사례(방폭용수공구 사용 우수사례)



구분	내 용
설명	도장작업 등 화재 폭발 우려 장소에서는 불꽃이 발생하지 않는 방폭형 수공구 사용
장소	도장공정,세척공정
관련 법규	안전규칙 제239조 [위험물 등이 있는 장소의 화기 등의 사용금지]

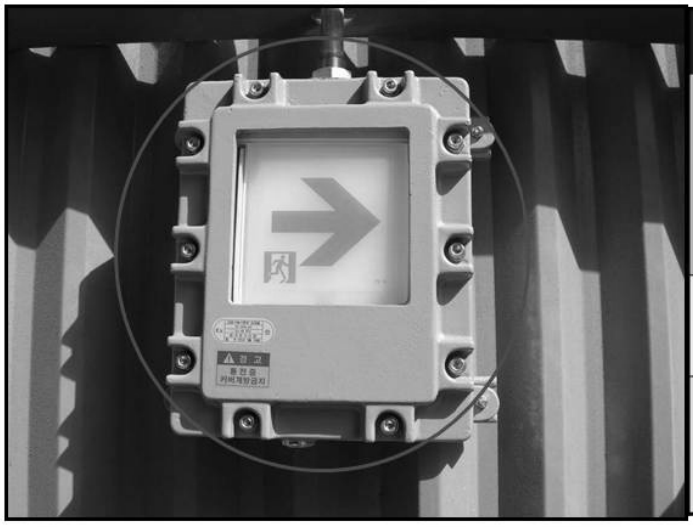
현장점검 사례(이동식 방폭형 조명등 사용 우수사례)

구분	내 용
설명	인화성 물질 취급장소에서 사용하는 조명설비 방폭형 조명등 사용
장소	세척공정, 도장공정
관련 법규	안전규칙 제239조 [위험물 등이 있는 장소 화기등의 사용금지]

현장점검 사례(방폭형 조명등 가설 설치 우수사례)

구분	내 용
설명	인화성 물질 취급장소에서 설치하는가설 조명설비 방폭형 설치
장소	도장공정
관련 법규	안전규칙 제239조 [위험물 등이 있는 장소 화기등의 사용금지]

현장점검 사례(방폭지역 방폭형 유도등 설치 우수사례)



구분	내 용
설명	인화성 물질 취급장소에서 설치화는 유도등 방폭형 것 설치
장소	페인트제조공정 도장공정
관련 법규	안전규칙 제239조 [위험물 등이 있는 장소 화기등의 사용금지]

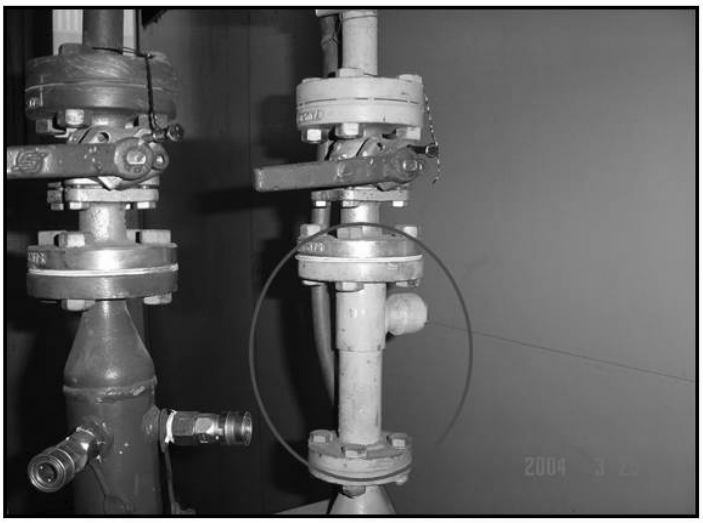
현장점검 사례(가스명 표기(Tag.) 우수사례)

구분	내 용
설명	가스절단기 잘못 연결 사용에 따른 위험을 예방하기 위해 연결구 근처에 물질명칭 게시
장소	용접작업장
관련 법규	안전규칙 제260조 [공급 원재료의 종류 등의 표시]

현장점검 사례(인화성물질 탱크의 방유제 관리 우수사례)

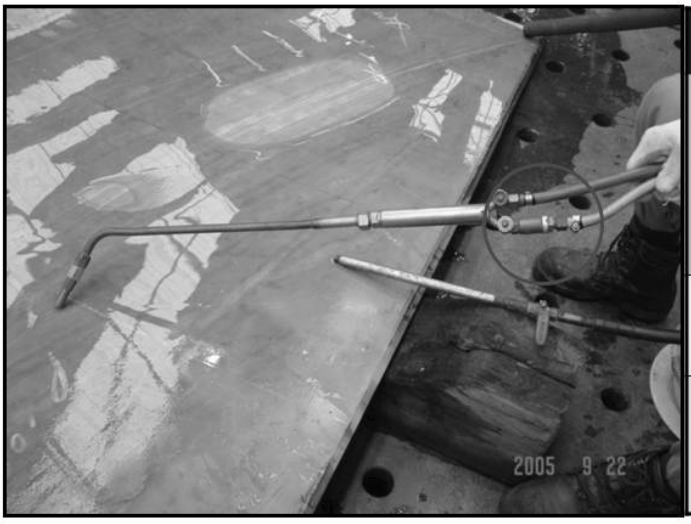
구분	내 용
설명	위험물 누출을 대비하여 위험물 저장소 주변에 방유제 설치
장소	위험물저장소
관련 법규	안전규칙 제272조 [방유제 설치]

현장점검 사례(가스호스 연결구 근처 역화방지기(건식)설치 우수사례)



구분	내 용
설명	가스절단기 잘못 사용에 따른 역화를 예방하기 위해 매너폴더 근처에 역화방지기를 설치
장소	조립및 용접공정
관련 법규	안전규칙 제293조 [가스집합용접장치의 배관]

현장점검 사례(가스용단기에 역화방지기(건식)설치 우수사례)



구분	내 용
설명	가스절단기 잘못 사용에 따른 역화를 예방하기 위해 가스절단기에 역화방지기를 설치
장소	가공,용접공정
관련 법규	안전규칙 제289조 [안전기의 설치]

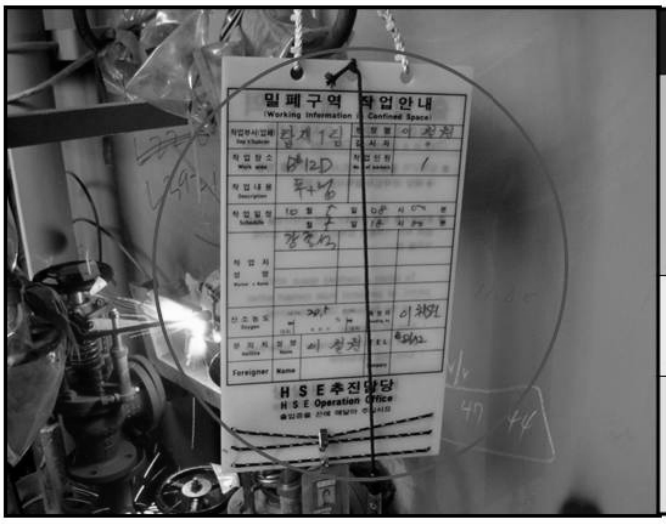
현장점검 사례(용접장소 배기 덕트(난연성 재질) 사용 우수사례)

구분	내 용
설명	용접장소의 환기설비중 닥트 재질을 난연성 재질을 사용하지 않음
장소	밀폐공간, 용접공정
비고	비난연성재질 안전규칙 제240조 [유류 등이 있는 배관이나 용기 용접 등]

현장점검 사례(용접불티 비산방지 불받이포(난연성) 설치 우수사례)

구분	내 용
설명	용접불티의 비산방지를 위해 용접장소 하부에 불받이포를 설치
장소	용접등 화기취급장소
비고	용접방화포 안전규칙 제241조 [통풍등이 충분하지 않은 장소에서의 용접 등]

현장점검 사례(화재위험장소 작업현황 게시 우수사례)



구분	내 용
설명	화재, 산소결핍 등이 발생하기 쉬운 장소 작업현황 게시로 사고 때 작업인원 확인 및 인명구출 용이
장소	밀폐공간 화기취급작업장
비고	복잡한 표지판 및 경고표지 누락

무엇이 잘못되었나?(경고표지 미부착

경고표지 미부착

경고표지 잘못 부착

(방유제 관리)

방유제 내산처리 미흡

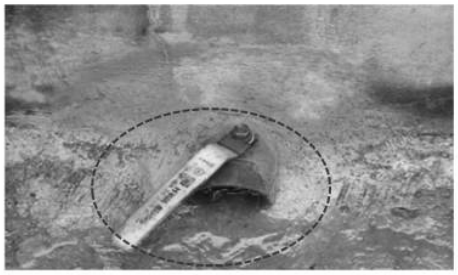
방유턱 관리 미흡

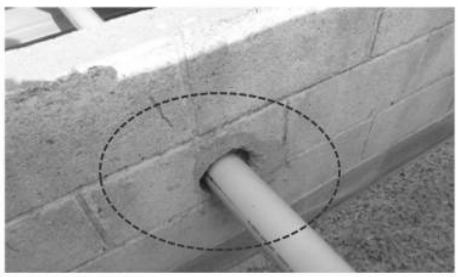
방유제 진입 계단 미흡

무엇이 잘못되었나?(방유제 배관 관리)

방유제 관통배관 관리

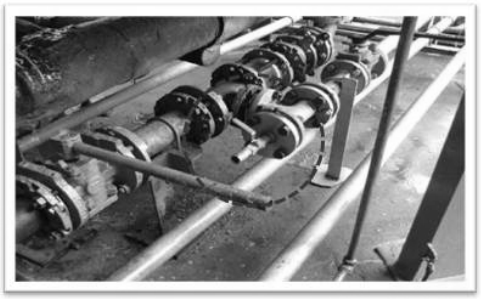
방유제 드레인 밸브 개폐여부





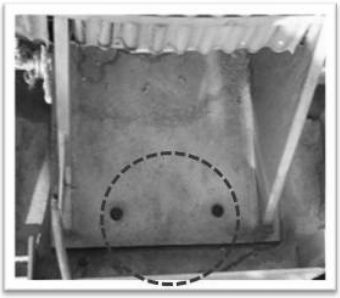
(드레인 밸브 관리)

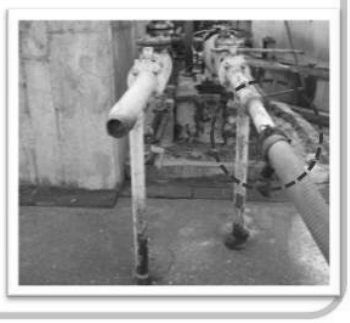
드레인 밸브 막음조치 미흡



무엇이 잘못되었나?(볼트 연결 미흡)

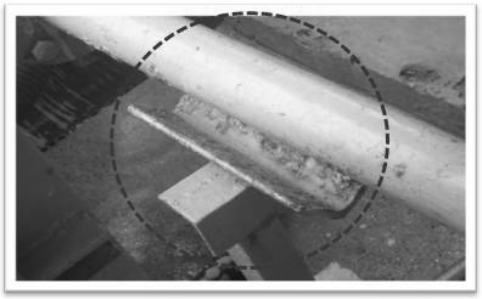
볼트 조임 미흡

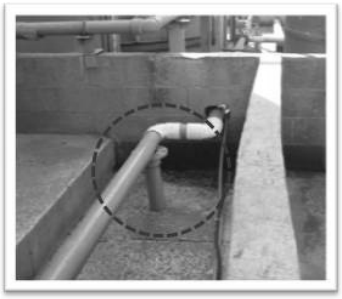




(배관지지 미흡)

배관지지 미흡

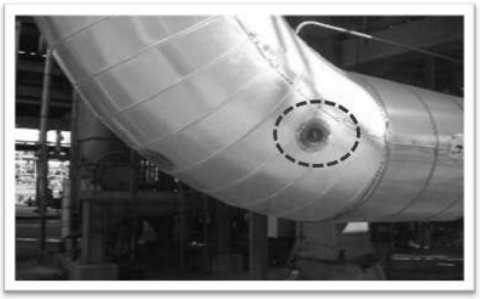




무엇이 잘못되었나?(설비 관리 미흡)

부식된 배관 방치

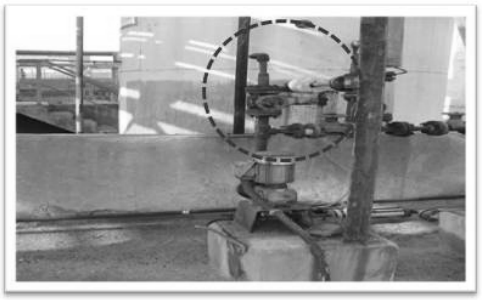
두께 측정을 위한 점검홀 설치(바람직함)



FRP 탱크 측면 손상

(계기 관리 불량)

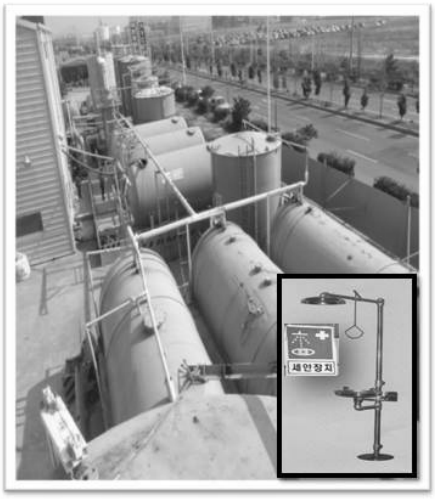
계기 미설치 및 부적정



계기 관리 불량

무엇이 잘못되었나?(세안 설비)

세안설비 미설치



세안설비 차단밸브 설치

보온재 미설치

(가스감지기 설치 오류)

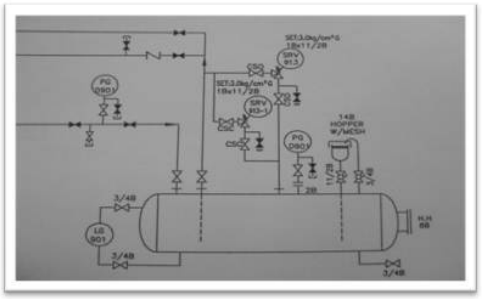
가스감지기 설치위치 오류

가스감지기 신호값 오류

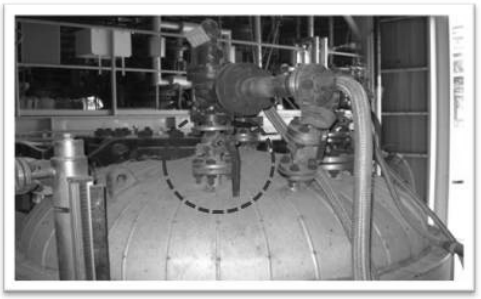
가스누출 경보기 미설치

무엇이 잘못되었나?(안전밸브 관리상태 미흡)

안전밸브 차단밸브 시건(예)



안전밸브 전단 차단밸브 설치



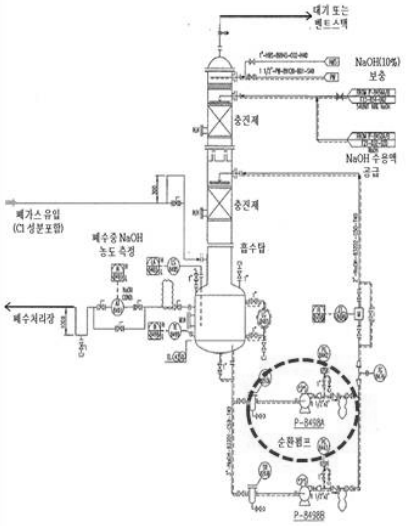
(보호구함 관리불량)

보호구함 관리 불량

보호구 수량 부족

무엇이 잘못되었나?(스크러버 관리 소홀)

순환펌프 작동 여부 확인

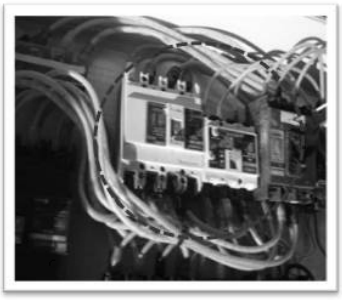


기액분리 전단의 차단밸브

스크러버 연결배관 분리

(전기안전 미흡)

제어반 차단기 부하명 미표기



출하펌프 On/Off 미표기

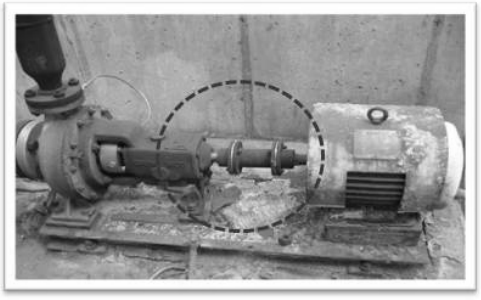
변압기 방호울 미설치

펌프 접지선 탈락

낙뢰대비 피뢰침 미실시

무엇이 잘못되었나(기타)

동력전달부 방호조치 미흡



작업장 통행로 확보

추락방지 조치 미흡

III

화재·폭발·누출 사고사례 및 예방대책

1 화재 · 폭발 · 누출 사고 사례

2 회분식 반응기 사고 사례

3 기타 사고 사례

본 사고사례는 안전보건 관계자 교육용으로 제작된 자료로 사고발생원인 및 원인추정 과정이 사실과 다를 수 있으며, 사고와 관련한 민형사상 판단근거로 삼을 수 없음을 알려 드립니다.

산업재해예방 안전보건공단

1. 화재.폭발.누출 사고사례

감광제 원료공정 원심분리기 폭발

재해개요

'13.01.11(금) 11:15 전북 완주 소재 ○○ 상사(주) 전주2공장 내 감광제 원료 생산공정에서 원심분리기를 이용한 감광제 원료, 를, 톨루엔을 분리하던 중 원심분리기 내부에서 폭발이 발생하여 원심분리기 덮개에 머리를 맞아 사망한 재해

〈폭발이 발생한 원심분리기〉

〈원심분리기에 공급되는 질소배관〉

피해현황

사망 1명, 원심기 2대 전파

재해발생원인 및 대책

➢ 불활성가스(질소) 미공급으로 인한 폭발
- ① 가연물(톨루엔), ② 산소(질소 미공급), ③ 점화원(고속회전으로 인한 정전기)에 의해 폭발

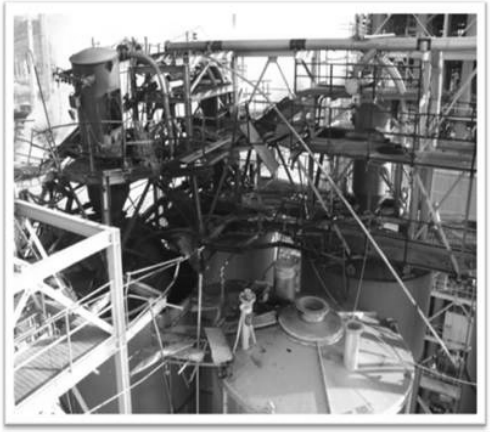
✓ 불활성가스(질소) 공급하여 산소농도 감소

✓ 원심분리기 내 정전기 발생 억제

HDPE 저장 사일로 폭발사고(1-2)

재해개요

'13.03.14(목) 20:50 경 전남 여수 소재 ○○산업(주) 여수 2공장에서 HDPE(High Density Polyethylene) 저장 사일로에서 폭발사고가 발생



〈폭발사고가 발생한 사일로 상부〉

피해현황

6명 사망, 11명 중경상 (사일로 보수업체 근로자)

재해발생원인 및 대책

➢ 사일로 맨홀을 설치하는 과정에서 화기작업으로 인한 용접불티가 사일로 내부에 침적된 HDPE 분진에 착화되어 폭발

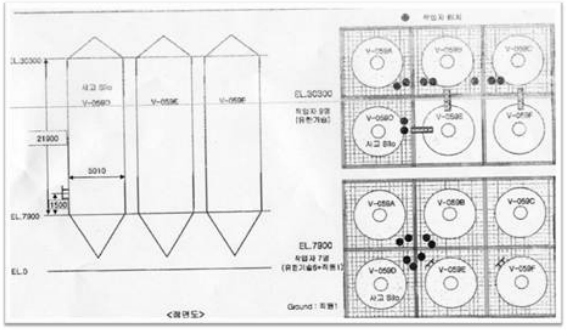
✓ 정비작업 전 사일로 내부의 가연물을 제거하는 절차 확립

✓ 협력업체 근로자 보호를 위한 유해위험 정보의 전달이 필요

HDPE 저장 사일로 폭발사고(2-2)

〈정상 사일로 모습〉

〈최초 폭발 사일로〉



OLED공정 화재 폭발 사고

재해개요

'12.08.23(목) 10:10 충북 청주 소재 ○○ 화학(주)청주공장 OLED재료 생산팀에서 반제품 재결정 작업 중 용매로 사용한 1,4-Dioxane을 200L 드럼으로 회수하는 과정에서 폭발이 발생하여 8명이 사망하고 3명이 부상

〈폭발 후 비산된 드럼〉

〈드럼주입구〉

피해현황

사망 8명, 부상 3명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 인화성액체 취급시 폭발분위기 형성
  - 1,4-Dioxane 드럼 회수과정에서 드럼 주입구를 통해 외부로 유출되어 폭발분위기 조성
- ➢ 정전기 등 점화원 발생 억제 조치 미흡
  - 비전도성 플렉시블 호스사용 및 접지 미실시로 정전기 발생
- ✓ 정전기 등이 발생하지 않도록 접지 실시

나트륨 보관 중 빗물 유입으로 폭발

재해개요

'13.7.4, 16:40분경 00케미칼에서 약품 저장실에서 저장중인 1kg의 고체 나트륨(캔 포장되었으나 용기가 부식된 것으로 추정)에 빗물이 스며들어 반응에 의한 자연발화 및 폭발

<사고발생 창고>

피해현황

저장설비 일부 소손

재해발생원인 및 대책

- ➢ 환기구를 통한 빗물유입 및 보관용기 부식
- ✓ 빗물유입방지 및 장기간 보관중인 용기 폐기

건조로 가스 폭발

재해개요

'13.7.15, 12시 경 분체 도장용 건조로 운전 온도 미달로 건조로의 점검 및 수동 조작 중 건조로 내부에서 폭발이 발생

<폭발 후 건조로 내부>

<폭발 후 건물외부>

피해현황

사망1명, 부상3명, 건조로, 건물, 차량 10여대 파손

재해발생원인 및 대책

- ➢ 건조로의 수동조작에 의한 과다연료 공급 또는 누설
- ➢ 건조로 점화시 사전환기 부족
- ✓ 설비 고장 시 전문가에 의한 점검 및 보수실시 하고 검증되지 않은 임의운전 지양
- ➢ 누출가스 감지에도 불구하고 무리한 운전시도
- ✓ 이상 발생 시 원인제거 후 운전

저장탱크의 난간설치 용접 중 탱크 폭발

재해개요

'13.8.2 사업장내 소디움알루미네이트 저장탱크의 안전난간 설치용 용접작업중 저장탱크가 폭발하여 탱크 상부가 분리, 비래하고 작업중이던 근로자 추락 1명 사망, 1명 중상

[사진1] 사고발생 저장탱크 및 분리된 상판

[사진2] 사고발생 저장탱크 내부

피해현황

사망 1명, 부상 1명, 탱크 1기 상부 파손

재해발생원인 및 대책

➢ **탱크내부의 수소 점화**
- 탱크내부 저장물질의 미반응 물질로 부터 수소 발생 또는 물질과 용기간의 반응으로 수소발생

➢ **안전작업절차에 따른 가스검지 및 퍼지 미실시**
- 용기에 대한 화기 작업 시 용기내부의 가연성물질을 확인하기 위한 조치 미비

✓ **작업 전 가스검지 및 퍼지 등 안전작업절차 운영**

제강공장 가열대 가열 작업 중 가스 폭발

재해개요

'12.12.31, ㈜○○○스틸 제강 공장의 래들 가열작업 시도 중 가열용 가스로 인한 폭발사고가 발생하여 가열설비가 파손, 비래하고 1명 사망

〈폭발로 인한 비래물(가열대 지붕)〉

〈폭발로 인한 비래물(방열판)〉

피해현황

사망 1명, 가열설비 파손

재해발생원인 및 대책

➢ **점화계통설비의 고장**

➢ **점화전 사전퍼지 기능불량**
- 점화 실패 시 내부공기의 사전퍼지를 통한 가스배출이 이루어지지 않음

✓ **가스공급 및 점화확인 설비기능이상**

✓ **가열로 가동전 점검철저 및 재가동 전 퍼지**

인화성액체 유증기 점화, 폭발

재해개요

'13.1.19 14시40분경 포장작업장내에서 사용하던 이동식 드럼펌프에 1.5m길이의 PVC배관(20A)을 삽입하기 위하여 토치를 이용하여 배관을 가열하다 포장작업으로부터 체류된 인화성액체 유증기가 점화되어 화재 · 폭발 발생 및 3명 부상

<화재발생 공장동 전소된 모습>

이동식 드럼 펌프(동종 펌프)

피해현황

부상 3명, 공장동 전소 (피해액 약 14억원)

재해발생원인 및 대책

- ➢ 화재 · 폭발 우려가 있는 장소에서 환기 미실시
  - ✓ 국소배기장치 설치, 가동하고 작업 실시
- ➢ 화재 · 폭발 우려 장소에 가스검지 및 경보장치 미설치
  - ✓ 가스검지 및 경보장치 설치, 지속적 유지관리
- ➢ 플라스틱제의 위험물 용기 사용으로 피해확대
  - ✓ 위험물안전관리법에 따른 불연성 용기사용

탱크로리 상부 절단작업 중 증기 폭발

재해개요

'13.6.20, 17시 40분경 인화성액체 탱크로리 상부에서 휘발성 유기화합물 흡입구 설치를 위한 절단작업 중 탱크내부의 인화성액체의 증기폭발로 작업자 1명 부상

<탱크로리 상부>

피해현황

부상 1명

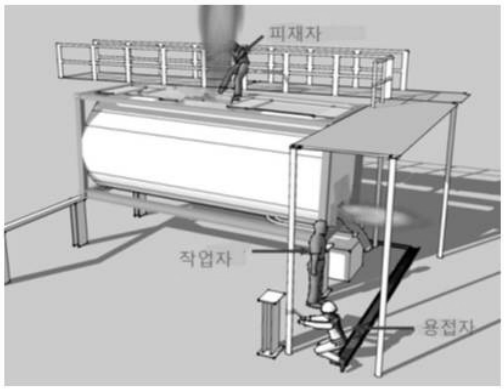
재해발생원인 및 대책

- ➢ 인화성 분위기 제거 미흡
  - ✓ 작업전 탱크로리의 충분한 환기
  - ✓ 불활성 가스로 치환하거나 충수상태에서 작업
  - ✓ 작업 전, 작업 중 탱크내부 가연성가스 측정

탱크 컨테이너 세척 시 상부 맨홀 조작 중 폭발

재해개요

'13.10.10일 탱크컨테이너의 세척과정에서 인접 용접작업시 비산된 불꽃이 세척수 배출구 부근의 인화성증기에 점화후 컨테이너 내부의 인화성증기에 폭발을 유발하여 세척용 맨홀덮개가 비산, 1명 사망



< 작업상황도 >

피해현황

사망 1명

재해발생원인 및 대책

➢ 인화성 분위기 제거 미흡

✓ 용접작업 전 작업장과 탱크로리의 충분한 환기
✓ 용접작업 전, 작업 중 작업장내 가연성가스 측정
✓ 용접작업 전 컨테이너의 배수구 차단
✓ 용접작업 시 안전작업승인 프로그램 운영

반응기에 송진 투입 중 정전기 폭발

재해개요

'13.4.3일 13:40분경 반응기에 접착제 원료인 송진을 투입하던 중 원인 미상의 화재가 발생하여 투입작업을 하던 작업자 3인 부상

<사고 발생 반응기 전경>

<화재 후 투입 백 상태>

피해현황

부상 3명

재해발생원인 및 대책

➢ 송진의 정전기로 인한 화재로 추정

✓ 취급물질의 분진폭발 특성 확인
✓ 취급 포대의 정전기 상태 확인
✓ 정전기 위험이 있을 경우 제전 성능의 포장재 사용

중유탱크 내부 히터 과열로 폭발

재해개요

'13.3.7, 사업장내 중유저장탱크의 중유를 출하한 후 잔량이 4천 리터가 남은 상태에서 탱크가 폭발하여 탱크상부가 비래, 화재발생.

<사고발생 탱크>

피해현황

탱크 1기 파손 및 원료손실

재해발생원인 및 대책

➢ 중유 가온을 위한 전기히터 사용

✓ 전기히터 대신 스팀을 사용한 가온방식 사용

전기히터의 공기중 노출로 점화원 제공

✓ 히터는 배출밸브 유면 이하로 위치

염소가스 충전 중 누출사고

재해개요

'13.03.05(화) 08:50 경북 구미시 소재 (주)○○ 케미칼에서 염소가스 충전공정에서 액상인 염소 약 1리터(배관내부 잔류염소)가 누출되어 작업자 1명이 중독되고, 인근 사업장 근로자가 대피한 사고

<염소용기 충전장 내부>

<세정탑(Scrubber) 모습>

피해현황

부상 1명, 인근사업장 근로자 대피

재해발생원인 및 대책

➢ 세정탑용 송풍기의 고장으로 인한 가동정지로 용기 충전후 충전배관 내부에 잔류된 염소가 외부로 누출

✓ 재해설비는 비상전원투입 시스템 구축

✓ 독성물질의 충전설비는 옥내충전구조 및 옥내 누출 시 포집, 중화설비 구축

● 플랜지에서 MC 누출로 중독

재해개요

'13.02.28(월) 12:30 충북 청주시 소재 (주) ○○ 이노베이션 내 MC(Methylene Chloride)추출기 정비작업 중 플랜지 부분에서 누출된 MC 증기에 노출(흡입)되어 작업자 2명이 부상한 재해

<누출사고가 발생한 MC 추출기(30톤 저장)>

<MC추출기 상부 누출 플랜지>

피해현황

부상 2명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 플랜지 부위에서 MC가 누출되어 아래쪽 작업자 중독(공기보다 무거워 아래쪽 작업자 2명 흡입 중독)
- ➢ 방독면 등 보호장구 미착용
- ➢ 주기적인 설비점검 미실시
- ➢ 환기장치 미작동(입구쪽 환기장치 미가동)

- ✓ 취급물질에 적합한 개인보호구 착용
- ✓ 국소배기장치 등 환기장치 정상가동

● 불산탱크 하부 밸브 수리작업 중 불산 누출

재해개요

'13.01.28(월) 07:50 경기 화성 소재 ○○ 전자(주) 화성사업장 1층 케미컬 공급장소에서 50% 불산탱크 하부 밸브 누출 방지조치작업을 하던 작업자 5명이 누출된 불산에서 발생한 증기에 노출되어 1명 사망, 4명 부상한 재해

<사고발생 탱크>

<불산 누출 부위>

피해현황

사망 1명, 부상 4명(병원 후송 치료 후 퇴원)

재해발생원인 및 대책

- ➢ 유해물질 누출시 대피하지 않고 계속 작업하여 중독
- ➢ 불산취급시 보호장구 착용 미흡
  - -불침투성 보호복, 보호장갑 및 보호장화 착용 미흡
- ➢ 정비 보수 작업 시 설비가동 정지 후 안전조치 실시후 작업

- ✓ 취급 물질에 적합한 개인보호구 착용
- ✓ 정비 작업 시 설비가동 정지상태에서 작업
- ✓ 관리대상 유해물질 누출 시 신속한 대피 실시

배관플랜지 연결부 파손으로 불산 누출

재해개요

'13.01.15(화) 21:53 충북 청주시 소재 (주) ○○ 에서 탱크 상부에서 액위게이지 점검후 내려오던 중 미끄러지면서 배관위로 떨어져 충격에 의해 배관과 탱크 연결 플랜지(PVC 재질) 부위가 파손되어 불산 혼합액 약 1,500L 누출

피해현황

부상 1명 (불산 혼합액에 안면부 노출)

재해발생원인 및 대책

- ➢ 탱크 상부 통행용 사다리 미설치로 인한 추락
  - 통행용 사다리 미설치로 인한 추락으로 충격에 약한 연결 플랜지(PVC) 파손으로 인한 불산 혼합액 누출
- ✓ 안전하게 통행할 수 있는 수직사다리 설치
- ✓ 탱크 상부에 추락방지용 안전난간 설치
- ✓ 약품투입이나 점검하는 방법 개선

염산 저장탱크 연결배관 파손으로 염산 유출

재해개요

'13.01.12(토) 07:30 경북 상주시 소재 ○○ 폴리실리콘(주) 염산(35%) 저장탱크 연결배관 보수작업 중 부속품(리듀서) 파손으로 염산이 방유제 내부로 유출되었으며, 누출된 염산 흄이 확산되어 인근 주민 대피

피해현황

인근 주민 대피

재해발생원인 및 대책

- ➢ 염산이 남아 있는 상태에서 보수작업 실시
  - 유출되는 리듀서 파손시 저장탱크 잔량이 전체 유출되는 상황에서 잔량을 다른 저장탱크로 이송하지 않고 보수 작업 실시
- ➢ 배관 해체 작업방법(순서) 부적절
- ✓ 염산 잔량을 다른 탱크로 이송 후 보수작업 실시
- ✓ 배관 해체시 배관지지대 추가설치 등 작업방법 변경

불화수소 이송작업 중 누출

재해개요

'12.09.27(목) 15:40 경북 구미시 소재 (주) ○○ 글로벌 구미공장 출하 작업장에서 액화불화수소를 이동 탱크컨테이너에서 희석설비로 이동작업 준비중에 이송밸브가 실수로 개방되면서 액화 불화수소가 누출되면서 작업자 5명이 사망하고 확산된 불화수소로 인해 인근 주민대피 및 농작물 피해

<누출직전 작업자가 밟은 배관 핸들(추정)>

<사고발생 이동탱크 컨테이너>

피해현황

사망 5명 및 인근 지역주민 대피, 농작물 피해

재해발생원인 및 대책

- ➢ 관리대상 유해물질 취급 작업수칙 미준수
  - 무수불산 밸브 핸들을 발로 지지한 상태로 작업하던 중 밸브가 불시에 개방되어 무수불산 누출
- ➢ 개인보호구 미착용 및 부적절한 보호구 착용

- ✓ 관리대상 유해물질 취급시 안전작업수칙 준수 철저
- ✓ 취급 물질에 적합한 개인보호구 착용 철저
- ✓ 오작동 방지를 위한 밸브종류 개선

탱크로 부터 PVC 유연제 누출

재해개요

'13.1.30 ,16:30 ○○ 수지 소유 옥외저장탱크에 보관된 DINP가 밸브고장으로 200 리터 가량 누출됨.

<누출 밸브>

<유수분리기>

피해현황

인명재해 없음. DINP 약 200 리터 누출

재해발생원인 및 대책

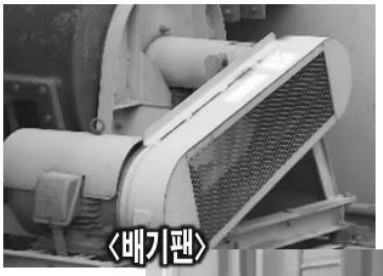
- ➢ 배출측 밸브고장
- ➢ 유수분리기의 배출밸브 상시 개방
  - 방유제 배출밸브를 상시 개방 상태로 방치

- ✓ 화학물질 취급밸브의 상시 점검 및 관리 철저
- ✓ 배관내 동결방지를 위한 드레인 밸브 설치 및 배수
- ✓ 방유제 우수 배출밸브는 평상시 잠금 상태로 관리

건조 중 유해가스 누출

재해개요

'13. 4. 10, 04:00경 렌즈생산 공정에서 코팅렌즈가 투입된 오븐기에서 고열에 의해 발생 된 다량의 유해성분(아황산가스)이 인근사업장으로 유출되어 인명피해가 발생함



피해현황

부상 220명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 온도 조절장치와 냉각장치의 고장
  - ✓ 설비 점검 철저 및 이상발생시 원인제거
- ➢ 중화설비용량을 초과하여 처리되지 않은 유해가스 배출
  - ✓ 중화설비 장치 추가 설비

중간 저장조로 부터 세척액 누출

재해개요

'13. 4. 20, 08:30경 사업장내 등 도금 공정에서 넘침을 방지하기 위한 레벨센서 이상으로 중간저장조로부터 세척액(황산 및 과산화수소 희석액)이 넘쳐 작업장 바닥으로 누출

피해현황

위험물누출(인적, 물적 피해 없음)

재해발생원인 및 대책

- ➢ 레벨센서(적외선 센서)고장
  - ✓ 설비 예방점검 철저 및 이상발생시 원인제거

배관 플랜지에서 불산 누출

재해개요

'13.5.6일 7:30분경 사업장내 옥외 불산저장탱크로부터 공정으로 불산을 이송하는 과정에서 배관연결부 플랜지에서 불산 누출

<사고 발생 옥외저장소>

<누출 플랜지 모습>

피해현황

불산 약 100리터 누출(인적, 물적 피해 없음)

재해발생원인 및 대책

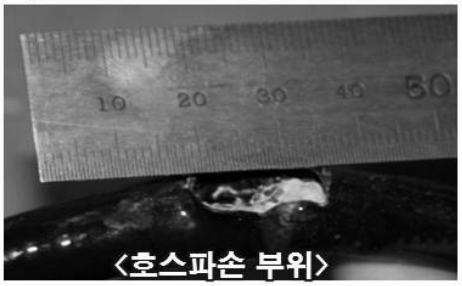
➢ 배관 누출 점검 미흡

✓ 급성독성물질 취급 설비 및 배관의 정기점검
✓ 배관 플랜지의 누출방지 예방보전 프로그램 운영

암모니아 용기 연결호스로 부터 누출

재해개요

'13.7.23, 자동차 부품 열처리 업체에서 암모니아용기(50kg)와 이송배관을 연결하는 ¼인치 고압호스의 파열로 암모니아 누출


<호스파손 부위>

<암모니아 공급설비>

피해현황

암모니아 약 3kg 누출

재해발생원인 및 대책

➢ 호스 연결 시 꺽임 발생
✓ 호스 연결시 무리한 꺽임이나 비틀림이 없도록 연결

➢ 급성독성물질 취급 고압호스에 대한 점검 미비
✓ 암모니아 등 급성독성물질의 취급설비 및 배관으로 부터 누출방지를 위한 점검 및 예방정비 철저

반도체 생산용 염소가스 공급배관의 밸브 누출

재해개요

’ 13. 3.22, 반도체 생산용 염소공급배관의 보수 과정에서 배관의 쳐짐현상으로 배관 연결부에서 가스가 누출되고 작업자들이 대피함.

<배관연결부>

<연결부위 마킹의 어긋난 상태>

피해현황

염소가스 미량누출

재해발생원인 및 대책

➢ 최초 배관연결시 조임력이 충분하지 않았음.

✓ 규정에 따른 체결 후 마킹 표시

➢ 급성독성물질 취급설비에 대한 정기점검 미흡

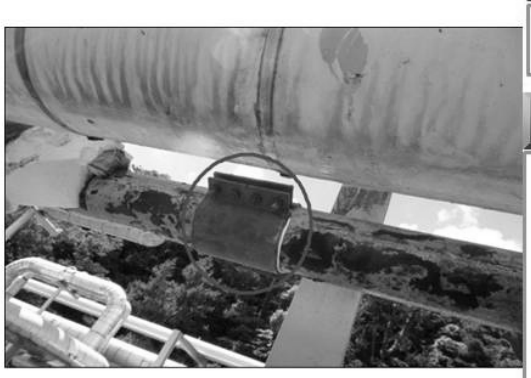
✓ 급성독성물질 취급 저장설비의 누출여부 정기 점검

✓ 배관 누출 감지시 자동차단될 수 있도록 연동 권장

가성소다 누출로 하천오염

재해개요

‘13.7.16, 11:58분경 ㈜00화학에서 가성소다를 해상출하하기 위해 펌프로 선박으로 이송 중 배관에서 핀홀이 발생하여 가성소다가 누출되었으며 일부 하천으로 유입됨. 방재벽을 사용하여 바다로의 방출 차단



<누출 후 방지조치>

피해현황

가성소다 약 200kg 누출

재해발생원인 및 대책

➢ 급성독성 취급설비에 대한 누출예방 점검 미흡

✓ 사업장외부배관에 대한 점검을 주기적으로 실시하도록 검사절차에 반영

✓ 해상오염방지를 위한 배관부식관리 철저

수소치환작업 중 체크밸브로부터 가스누출 및 화재

재해개요

'13.7.23, 000발전소에서 가스배관의 시운전 단계에서 수소가스 치환 작업 중 배관 중간에 설치된 체크밸브에서 가스가 누출되면서 화재가 발생하고 현장 근로자가 화상을 입음

<배관 누출부위>

피해현황

밸브 누출부분 소손 및 인근작업자 화상

재해발생원인 및 대책

➢ 시운전 단계에서의 가스투입전 누설시험 미비

✓ 배관에 가스 투입 전 누설시험 철저

RTO 열원회수용 열매유 온도상승으로 팽창화재

재해개요

'13.2.22, 00㈜에서 VOC소각용 RTO의 열원회수용 열교환기 입출구 열매유 온도가 급상승하면서 배관내 열매유가 비등하여 팽창탱크 벤트부로 배출되면서 자연발화로 화재가 발생

<화재발생 열매보일러>

피해현황

RTO소손 및 공정중단 (약 10일)

재해발생원인 및 대책

➢ 배관내 열매유 막힘 등의 원인으로 펌프압력 저하

✓ 배관내부의 주기적 점검

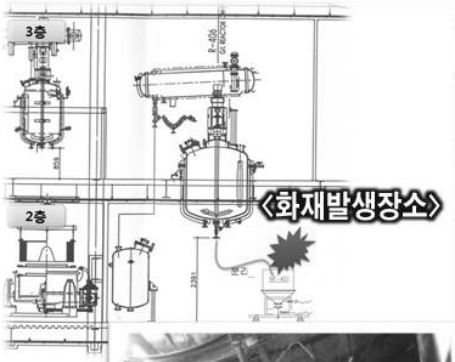
➢ 열교환기 설치 후 내부 점검정비 미흡

✓ 열교환기 튜브에서의 막힘 현상을 방지하기 위한 주기적 점검실시

신제품 양산 시험 중 여과기 화재

재해개요

'13.02.18(월) 20:20 경기 화성 소재 ○○ 제약(주) 신제품 양산 시험과정에서 중간생성물(시클로헥산 혼합물)을 플렉시블 호스로 여과기로 이송하여 감압여과 하던 중 화재가 발생하여 근로자 2명이 화상을 당했으며 입고 합성동이 전소됨



〈화재발생 합성동 2,3층 내부〉

피해현황

부상 2명, 합성동 2,3층 전소

재해발생원인 및 대책

➢ 폭발분위기 형성 및 정전기 발생으로 인한 화재발생
시클로헥산 혼합물 증기가 폭발분위기를 형성하고 반응기에서 여과기로 이송중 비전도성 플렉시블 호스에 의한 정전기 발생

✓ 정전기 발생억제(본딩 및 접지 실시)

✓ 폭발분위기 억제
- 여과기 덮개를 닫고 이송하는 등 시클로헥산이 공기 중에 증발되지 않도록 조치

아크릴산과 수지 혼합공정의 설비 과열 화재

재해개요

'13.11.4, ㈜0000켐텍의 아크릴산과 수지혼합 과정에서 설비과열로 화재가 발생하여 진압 과정에서 아크릴산이 누출되고 인근주민이 대피함

〈사고발생 탱크〉

피해현황

반응기 주위화재 및 아크릴산 누출

재해발생원인 및 대책

➢ 교반기 과열로 추정

✓ 전기설비의 과열방지 기능 확보

➢ 공정내부 소화시 공정물질 누출

✓ 공정물질 누출시 처리할 수 있는 집수조 확보

세척조 화재로 공장 소실

재해개요

'13.5.30, 8시경 0000㈜에서 세척조에 담겨있던 세척제가 비등하여 넘친 후 화재발생으로 공장소실

〈세척조 화재후 모습〉

〈세척실 화재후 모습〉

피해현황

공장동 소실(피해액 약 1억 5천)

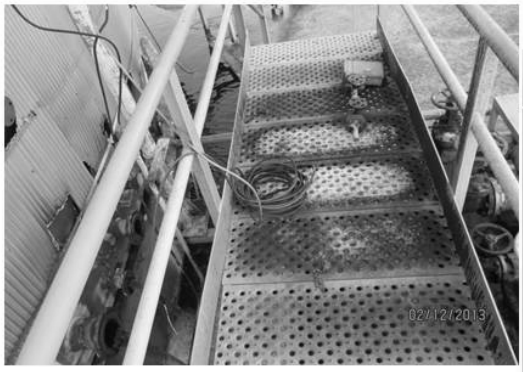
재해발생원인 및 대책

- ➢ 세척조의 온도조절 및 냉각기능 고장
- ✓ 설비 점검 철저 및 이상발생시 원인제거
- ➢ 인화점이 낮은 세척제 및 비방폭형 전기설비 사용
- ✓ 인화성이 적은 세척제 사용 및 국소배기설비 설치
- ✓ 폭발위험지역 설정 및 방폭형 전기설비 사용

벤젠 저장탱크 보수 중 Roof Seal(우레탄)화재

재해개요

'13.12.2, 13:15분경 NCC공장의 SM공장 벤젠저장탱크에서 탱크내부 용접작업중 용접불꽃이 탱크 내부의 가연물(플로팅 루프 둘레의 기밀용 우레탄으로 추정)에 점화하여 화재가 발생한 것으로 추정



〈용접부위 (노즐) 및 화재흔적 〉

피해현황

탱크 일부 소손

재해발생원인 및 대책

- ➢ 화기작업에 대한 안전조치 미흡
- ✓ 주위 가연물이 있을 경우 차단벽 설치 후 작업 및 감시인 역할 철저

폐수처리장 화재

재해개요

'13.10.11, 사고당일 11:10분경 00㈜의 폐수처리장의 모래여과기 역세척 피트 내부에서 화재가 발생하여 자체 소방대에 의해 5분만에 진화됨

<화재현장 >

피해현황

역세척 피트 상부 소손

재해발생원인 및 대책

➢ 역세척 피트 상부에 장기간 체류하고 있던 폐수에 포함된 유증기가 미지의 점화원에 의하여 발화함

해상운반선 상부 C5 잔사유 샘플링 작업 중 화재

재해개요

'13.8.19, 7:50분경 부두에서 C5 잔사유를 해상운반선에 선적 후 해치를 개방하여 샘플링 작업 중 화재가 발생하여 작업 중이던 근로자 4명이 화상을 입음

<샘플작업해치 >

피해현황

근로자 4명 화상

재해발생원인 및 대책

➢ 작업자 정전기로 인한 화재로 추정

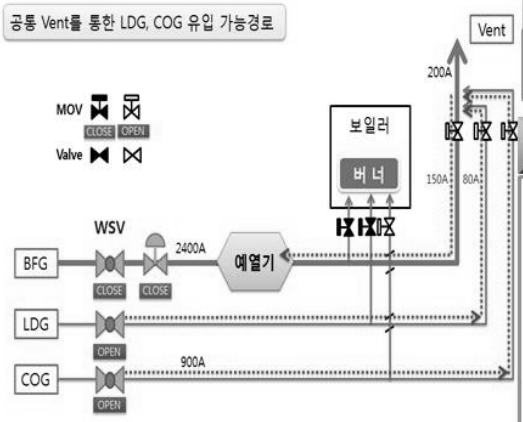
✓ 작업 전 정전기 제전조치 시행 후 작업투입

보일러 보수 중 LDG(CO) 가스유입 중독

재해개요

'13.11.26, 18:40분경 ◯◯제철소내 LDG가스를 사용하는 보일러의 BFG 예열기 내부의 보수작업 중 다른 라인의 가스 벤트부로 부터 예열기 내부로 역류된 LDG (CO)가스에 중독되어 인명사고 발생

※ BFG(Blast Furnace Gas) : 고로 부생가스, LDG(Linze Donawitz Gas) : 전로 부생가스



<가스역류 추정 경로>

피해현황

1명 사망, 8명 부상

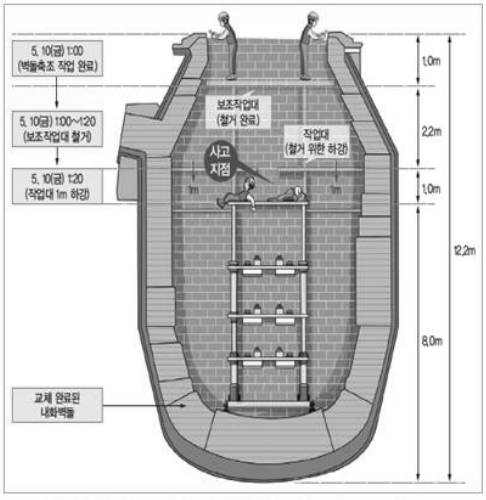
재해발생원인 및 대책

- ➢ 밀폐공간 작업에 따른 위험성평가 미흡
- ✓ 독성가스의 유입 가능성 및 작업중 위험에 대한 위험성평가실시
- ✓ 위험이 초래되지 않도록 보완대책 수립
- ➢ 안전작업허가 절차 미준수 및 비상대응 미비
- ✓ 작업위험에 대한 대책마련 및 작업허가절차 준수
- ✓ 위험이 인지된 순간 즉각적인 안전조치 실시

로내 아르곤 가스 유입으로 질식

재해개요

'13.05.10(금) 01:20 경 충남 당진 송악읍 소재 ◯◯제철(주) 당진공장내 제강공장에서 협력업체 근로자가 내화벽돌 축조작업 중 노내의 아르곤(Ar) 가스 유입에 따른 공기 중에 산소결핍으로 인하여 5명이 사망한 재해



<질식사고가 발생한 전기로 내부>

피해현황

5명 사망 (노내 공사업체 근로자)

재해발생원인 및 대책

- ➢ 전로의 내화벽돌 축조작업 및 관련 작업이 완료되지 않는 상태에서 아르곤(Ar)가스배관이 연결되어 로 내부로 아르곤(Ar)가스가 유입
- ➢ 안전작업허가 운영 미흡
- ✓ 원청과 협력업체간의 정보공유

LCD생산설비 배기배관 보수시 잔류가스 중독

재해개요

'13.3.21, LCD공장의 CVD 생산설비의 스크러버 연결 배기가스배관 (150A) 교체작업중 작업자 2명이 배관내에 잔류한 NF3 등 독성가스를 흡입하여 중독된 것으로 추정

<교체된 배기배관>

피해현황

작업자 건강이상 호소

재해발생원인 및 대책

➢ 배관내 잔류물질에 대한 정확한 위험성평가 미흡

✓ 배관잔류 독성물질에 대한 분석 및 작업절차에 반영

배관작업에 따른 독성가스 잔류여부 확인미흡

✓ 위험성평가에 따라 배관 내 잔류한 독성물질의 확인 및 작업안전조치

폐 슬러지 처리 중 황화수소 가스 중독

재해개요

'13.11.5, 21:40분경 000㈜의 BTX생산공장 수황화나트륨(NaHS)제조 공정에서 대형PE용기 하단에 있는 슬러지를 폐수 집수조로 운반하기 위해 바가지를 이용하여 소형 용기로 퍼 담던 근로자 2명이 황화수소가스에 중독됨.

<사고발생 탱크>

<폐 슬러지 작업을 실시한 PE탱크 및 소형용기 >

피해현황

2명 부상

재해발생원인 및 대책

➢ 작업 중 보호구 미착용

✓ 독성가스가 발생할 수 있는 작업중에는 해당가스에 유효한 방독마스크를 항상 착용

사고로부터의 교훈

1) 취급 유해물질에 대한 유해성 파악 철저
- ✓ 작업자에 대한 유해물질 정보 제공 및 교육실시
- ✓ 배관 등의 교체 작업시 안전조치 실시

2) 유해물질 누출에 대비한 설비 점검 등 철저
- ✓ 정기적인 설비점검 실시
- ✓ 고압 연결배관 및 가스킷의 주기적 점검
- ✓ 누출에 대비한 가스감지기 및 중화설비(스크러버) 설치 및 정상가동

3) 작업표준(운전매뉴얼) 준수
- ✓ 입출하, 취급 및 보수 작업에 활용할 수 있는 작업표준(운전매뉴얼) 구비
- ✓ 작업표준에 대한 교육 또는 표지판 활용을 통한 작업수칙 준수 철저

4) 비상훈련 철저
- ✓ 유해물질 누출에 대비한 비상조치계획 수립(비상조치 및 연락기관 등 포함)
- ✓ 주기적인 비상훈련으로 누출시 신속하게 조치

2. 회분식 반응기 화재폭발누출 사고사례

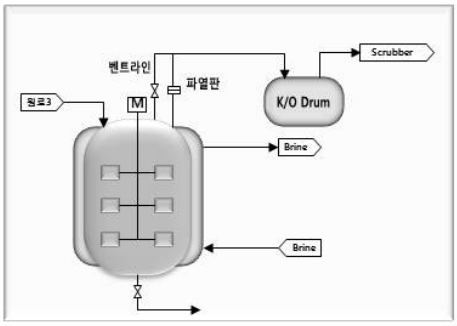
회분식 반응기 이상반응으로 초산증기 누출

재해개요 '14년 8월 31일 충남 홍성군 소재 (주)○○○○리서치 NBBA 생산공정 반응기에서 무수초산과 질산을 투입하여 반응하던 중 질산을 한번에 투입하여 발열반응으로 Acetyl Nitrate가 분해반응되면서 압력이 상승하여 반응기 맨홀로 초산증기 누출

※ NBBA(Nitro Benzene Boronic Acid) : OLED 전자재료

[피해현황] 작업자 1명 부상

사고발생 반응기



반응기 계통도

회분식 반응기 이상반응으로 초산증기 누출

재해발생원인 안전운전절차 미준수 및 반응폭주 누출방지조치 미흡

- **원료 과량투입, 반응기 온도제어 불량 등 안전운전절차 미준수**

  질산을 한번에 투입(작업표준 : 1시간 주기 2회), -2℃의 높은 온도(정상온도 -7~-10℃)에서 투입하여 반응열로 인한 Acetyl Nitrate의 분해반응으로 과압발생 → 파열판 작동, 맨홀 틈새로 누출

  ※ Acetyl Nitrate는 60℃ 이상에서 격렬하게 열분해함

- **반응기 반응폭주에 따른 누출방지조치 미흡**

  벤트라인 밸브를 잠근 상태에서 맨홀 클램프를 체결하지 않아 초산증기 누출

재해예방대책 안전운전절차 준수

- **원료 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 고려한 안전운전절차 준수**

  반응기 원료 투입량, 투입시기, 온도조건 등을 준수하여 발열반응을 제어하면서 작업 수행

- **반응기 안전운전을 위한 안전조치 실시**

  맨홀부위 누출방지를 위해 항상 클램프를 체결하고 상압운전시에 벤트라인을 개방하여 과압방지조치 실시

폴리우레탄 접착제 제조공정 반응기 폭발 · 화재

재해개요 '14년 4월 15일(화) 경기도 안산시 소재 ○○케미칼(주) 폴리우레탄수지 접착제 제조공장 내 반응기에서 반응온도 제어 실패로 인화성 반응물이 작업장 내로 분출되어, 공기와 혼합되어 폭발분위기가 형성된 상태에서 점화원에 의해 폭발

※ 원료투입 → 50℃ 승온 → 개시제 투입 → 스팀밸브 Open → 1분 후 스팀밸브 Close → 반응물 분출

[피해현황] 작업자 1명 사망, 5명 부상, 공장동 소실

소실된 공장 2층 작업장

재해자 발견 위치

폴리우레탄 접착제 제조공정 반응기 폭발 · 화재

재해발생원인 반응폭주 및 대처 미흡

- **반응기 온도제어 실패로 반응폭주 발생**
  발열반응으로 냉각수로 온도를 조절해야 하나, 스팀밸브로 승온하여 온도가 MEK의 비점을 초과하여 반응물이 비등, 반응폭주가 발생한 것으로 추정
- **취급물질의 위험성에 대한 내용 숙지 및 대처 미흡**
  반응물의 성질, 상태, 취급방법, 안전수칙에 관한 사항 및 응급처치·대피요령 등을 숙지하지 못하여 반응폭주시 냉각수 밸브를 여는 등의 조치를 하지 않음

재해예방대책 자동경보장치, 긴급차단장치 설치 및 취급물질 특성 숙지

- **반응기 등 특수화학설비에 자동경보장치 및 긴급차단장치 설치**
  이상상태 발생에 따른 원재료 긴급차단, 제품 방출, 불활성가스 주입, 냉각수 공급 등에 필요한 장치를 설치하고 그 장치를 안전하고 정확하게 유지보수
- **특별안전 · 보건교육을 통하여 취급물질과 설비에 대한 안전작업방법 숙지**
  반응기 사용 및 세척작업 등 유해·위험작업에 대하여 특별안전보건교육 실시

계면활성제 제조 반응기의 제어 실패로 인한 폭주반응

재해개요 '15년 3월 17일 전남 여수시 소재 ○○○케미칼 계면활성제 제조공장 내 반응공정에서 반응열 제어 실패로 추정되는 폭주반응으로 반응기 및 주변 생산설비 파손

※ 폭발은 아민, EO(Ethylene Oxide) 투입 후 60℃까지 승온시키는 과정에서 폭주반응이 발생하여 반응기가 폭발함

[피해현황] 3명 병원후송, 반응기 완파 등 공장동 소실

공장 외부 전경

폭발로 파괴된 반응기

계면활성제 제조 반응기의 제어 실패로 인한 폭주반응

재해발생원인 반응기 온도제어 실패 및 압력방출장치 미설치

- **반응열 제어 실패에 의한 폭주반응(추정)**
  발열반응시 반응열 제어 실패로 온도가 상승하여 폭주반응으로 추정
- **폭주반응 가능성이 있는 반응기에 파열판 미설치**
  폭주반응 발생시에는 폭발압력을 외부로 방출하는 파열판을 설치하지 않음

재해예방대책 냉각시스템 확보 및 압력방출장치 설치

- **효과적인 반응열 제어방법 확보**
  반응열을 효과적으로 제어하기 위한 충분한 냉각시스템을 설치
- **압력방출장치(파열판 등) 설치**
  폭주반응 위험이 있는 반응기는 일시에 폭발적으로 증가하는 압력을 외부로 방출하기 위한 압력방출장치(파열판 등)을 설치

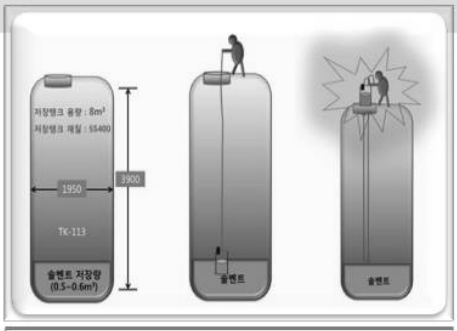
바닥방수제 배합공정 배합기 화재사고

재해개요 '15년 3월 18일 충북 진천군 소재 ○○화학㈜ 바닥방수제 배합공정에서 점도 조절용 배합기에 용제를 투입하기 위해 용제를 담은 과정 중 용제 저장조 상부에서 화재

※ 폭발은 제품 배합완료 후 점도를 맞추기 위해 수작업으로 용제저장조 상부에서 플라스틱 용기를 사용하여 용제를 담는 작업 중 폭발 발생

[피해현황] 사망 2명, 공장동 소실

사고발생 현장



용제저장조 상부 작업과정

바닥방수제 배합공정 배합기 화재사고

재해발생원인 폭발분위기 형성

- **저장조 상부에서 플라스틱 용기로 용제를 담기 위해 흔드는 과정에서 폭발분위기 형성**
- **점화원 : 정전기 방전(추정)**
  (정전기 방전) 작업과정에서 인체, 용기 손잡이(금속), 금속 추 등에 대전된 정전기 방전

재해예방대책 폭발분위기 형성 억제 및 가스폭발위험장소 관리 철저

- **설비개선으로 폭발분위기 형성 억제**
  고정식 이송배관 및 이송펌프를 설치하여 원료 자동계량 및 투입구조로 설비 개선
- **방폭형 전기기계 · 기구 등 사용**
  인화성 액체의 증기로 인해 폭발분위기를 형성할 수 있는 지역은 방폭형 전기기계·기구를 사용하고 정전기 대전방지를 위한 접지 실시

회분식 반응공정의 특성

산업재해예방 안전보건공단

1. 회분식 반응공정 개요

산업재해예방 안전보건공단

연속식에 비해 단위조작이 복잡 · 다양

반응기 준비 → 반응물 투입 1st 투입, 2nd 정률투입 → 배출(Blow Down)

Initial Check
Vacuum/Purge

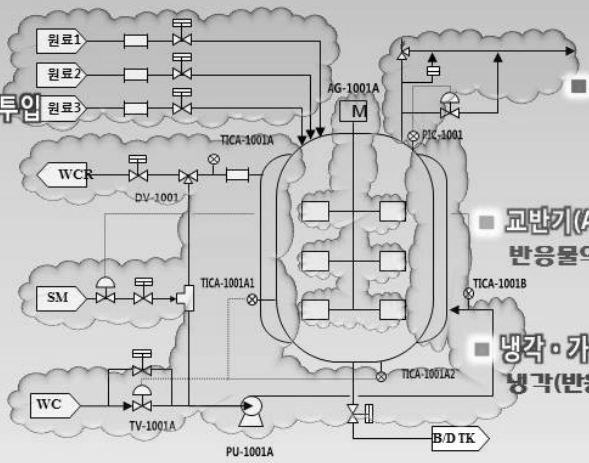
B/D Tank로 배출

반응기 승온 → 온도 유지(가열 · 냉각) → 숙성 → 냉각

여러 가지 단위조작(Unit Operation)으로 자동제어가 어렵고, 수동조작이 많음

➡ 오조작 또는 이상반응 발생시 조기 조치 미흡 등으로 반응폭주 등 폭발 · 화재 위험성 높음

■ 여러 가지 원부원료 투입



■ 압력 Relief 시스템
안전밸브, 압력제어 등

■ 교반기(Agitator)
반응물의 혼합, 반응기 내 온도 균일

■ 냉각 · 가열 시스템
냉각(반응열 제거), 가열(반응온도 승온)

53

2. 회분식 반응 특성

산업재해예방 안전보건공단

물질수지, 에너지수지의 일반식

회분식 공정은 단계별로 반응기 내부 조성, 상태, 온도, 압력 등이 시간에 따라 변함

➡ 물질과 에너지의 생성량과 소멸량을 계산하여 축적량을 정확히 계산하는 것이 중요

(물 질) 최초 유입량에서 생성량(반응생성물), 소멸량에 따라 축적량(최종 유출량) 계산

※ 반응 중 반응기에서 외부로 물질 유출이 없으므로 유출량은 "0"

유입량 + 생성량 − 소멸량 − 유출량 = 축적량

(원료 등 투입량) (반응 생성물) (반응된 투입량) (반응 중 외부 유출 "0") (반응완료 후 유출량)

(에너지) 발열 반응열(또는 흡열 반응열), 가열능력, 냉각능력으로 축적열 계산

※ 발열 반응열을 충분히 제거할 수 있는 냉각시스템이 필요

유입량 + 생성량 − 소멸량 − 유출량 = 축적량

(가열·공급한 열량) (발열 반응열) (흡열 반응열) (냉각·제거한 열량) (?)

54

3. 회분식 반응공정의 잠재위험요인(1)

산업재해예방 안전보건공단

잠재위험요인 | 회분식 공정 | 화학반응 | 화학물질 특성

회분식 공정 특성

- 공정 운전이 여러 단계로 구성
- Batch별 Start-up, Shutdown 빈번함
- 장치결함 예측이 연속공정보다 어려움
- Grade 변경시 운전조건 변화
- 현장 작업자의 수동운전이 많음

➡

- 인적오류 가능성 높음
- 장치결함 가능성 높음
- 장치결함 예측이 어려움
- 인적피해 가능성 높음
- 인적피해 규모가 큼

회분식 공정 주의사항

- 화학물질 : 원료, 제품, 부산물 등 취급물질에 대한 물질 정보 필요
- 장치 설치 및 배치 : 배기설비 및 방폭설비 적용 여부 판단
- 장치 : 빈번한 가동·정지, 다양한 물질취급으로 인해 수명예측이 어려움
- 계장설비 및 제어시스템 : Grade 변경으로 인해 운전조건이 다양함
- 운전 및 절차서 : Grade 변경에 따른 운전조건 변화로 인적오류 가능성이 높음

55

3. 회분식 반응공정의 잠재위험요인(2)

산업재해예방 안전보건공단

잠재위험요인 | 회분식 공정 | **화학반응** | 화학물질 특성

① 반응물, 반응혼합물 및 생성물의 열적 불안정성

② 발열반응 또는 극심한 비등 ③ 가스발생(기체 상 증가)

발열반응	중간	위험
흡열반응	낮음	중간
	가스발생 증가↑	

발열반응
온도증가 → 가스발생(압력 ↑)
온도변화 → 반응열 변화, 부반응 가능성

잘못된 반응물 투입(투입량, 투입시기 등)

과량 투입, 반응물 투입시기 오류(정상범위에서 벗어난 온도 · 압력에서 투입)

원료 공급비율 오류 → 반응속도 증가 → 발열반응시 냉각 실패 → 반응폭주 가능성

56

3. 회분식 반응공정의 잠재위험요인(3)

산업재해예방 안전보건공단

잠재위험요인 | 회분식 공정 | 화학반응 | **화학물질 특성**

반응물 · 생성물의 물리적, 화학적 특성 파악이 중요

- **물리적 성질**
  운전조건(온도, 압력 등)에 따라 물리적 상태 변화 예측 가능
- **화학적 성질**
  정상조건을 벗어난 상황에서 물질이 분해되거나 다른 반응을 일으키는지 예측 가능

회분식 반응공정에서는 정상반응에서의 반응물과 생성물의 물리적, 화학적 특성을 완전히 파악한 후 이러한 물질들이 분해되거나 부반응을 일으키지 않는 상태를 유지하는 것이 중요

57

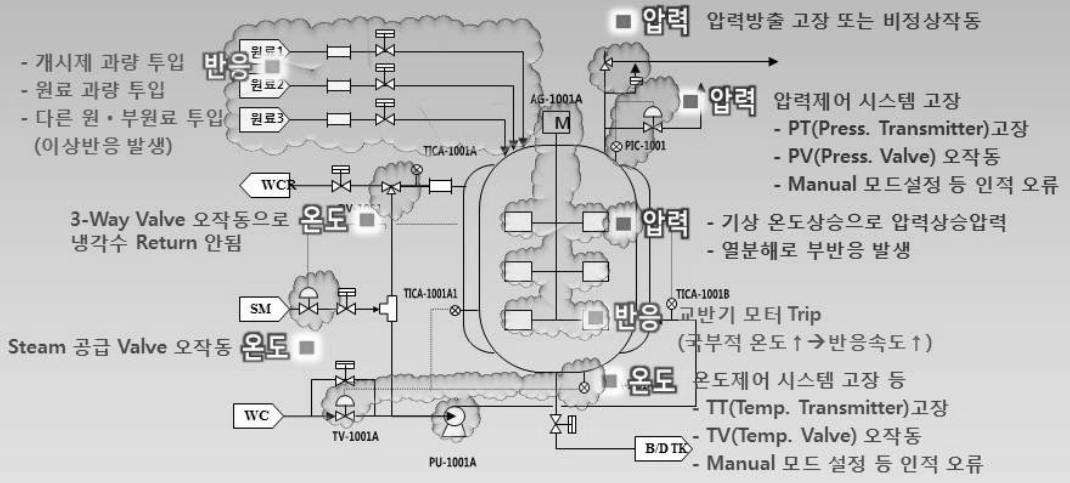
4. 회분식 반응기 사고원인

산업재해예방 안전보건공단

반응기 압력상승에 따른 파열이 가장 위험

물리적 폭발 · 파열 후 반응기 내 유해 · 위험물질 누출로 피해 확산

주 원인은 ■압력상승, ■온도제어 실패, ■반응제어 실패 등이 있음



58

회분식 반응기 안전설계

산업재해예방 안전보건공단

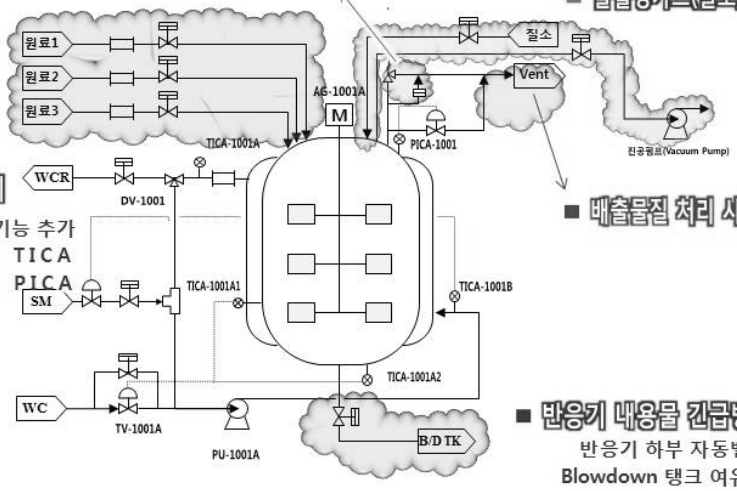
회분식 반응기 안전 · 방호장치

압력방출장치, 원료차단 · 반응물 방출, 온도 · 압력 경보장치

■ 긴급 원료차단 밸브 설치

■ 안전밸브, 파열판 설치

■ 불활성가스(질소) Blanket 시스템



■ 압력계, 온도계 경보장치

자동제어의 경우 Alarm 기능 추가

TI → TIA, TIC → TICA

PI → PIA, PIC → PICA

■ 배출물질 처리 시스템

■ 반응기 내용물 긴급방출장치

반응기 하부 자동밸브 설치

Blowdown 탱크 여유있게 설치

반응기 설계기준(1)

압력용기 및 열교환기 기준에 준하여 설계 및 제작

- KS B 6750-3 일반산업용 압력용기 설계 및 제조일반

  ANSI/ASME Section Ⅷ, Div. Ⅰ, "Unfired Pressure Vessel"

  KOSHA Guide D-37-2012 "화학설비 등의 공정설계에 관한 기술지침"

  KOSHA Guide D-15-2012 "화학설비의 재질선정에 관한 기술지침"

압력

최대운전압력	설계압력	비 고
7 MPa G 이하	최대운전압력 * 110% 또는 최대운전압력 + 180kPa 중 큰 값	최소설계압력은 350kPa 이상으로 설계
7 MPa G 초과	최대운전압력 * 105% 또는 최대운전압력 + 700kPa 중 큰 값	

■ 진 공

- 진공 하에서 운전하는 경우 완전진공으로 설계
- 진공 하에서 운전되지 않더라도 진공이 걸릴 수 있는 경우에는 완전진공으로 설계

반응기 설계기준(2)

온도

설계온도 : 정상운전온도 + 30℃

- 반응기에 공급되는 냉각시스템의 중단을 고려하여 온도 결정

냉각기 · 응축기의 냉각수 측 설계온도 : 90℃

- 이때 공정유체 측의 운전온도는 200℃ 이하이어야 하며, 바닷물을 냉각수로 사용하는 경우 150℃ 이하로 설정

대부분의 회분식 반응기에서의 냉각중단은 부반응 또는 이상반응 초래

따라서, 온도경보장치에 따른 비상대응시스템을 갖추거나, 설계온도를 일반공정용기 보다 높은 값으로 설계

반응기 설계기준(3)

부식

종 류	재질 및 부식여유
일반유체	일반탄소강은 사용기간을 10년으로 3mm 부식여유
부식성이 강한 유체	크래드강 또는 용접오버레이강 사용
부식성이 강한 액체를 낮은 온도에서 취급	공정용기 내부에 내산시멘트 등으로 코팅

재질

배관 및 Fitting류의 재질 선정

- KOSHA Guide D-37-2012 "화학설비 등의 공정설계에 관한 기술지침"
- KOSHA Guide D-15-2012 "화학설비의 재질선정에 관한 기술지침"

온도변화가 심한 배관 및 Fitting류

회분식 반응기에서 열매와 냉매가 접촉되거나
시간에 따라 열매를 취급하다가 냉매를 취급하게 되는 경우
열적 피로에 의한 누출위험이 다른 설비보다 높으므로 특별한 주의를 요함

반응기 설계기준(4)

가열 냉각

가열 · 냉각 시스템 : 가열시스템과 냉각시스템 분리

- 반응기의 Jacket을 냉각시스템으로 선택하였다면, 내부 Coil을 가열시스템으로 선정하여 별도의 가열·냉각시스템으로 설계

제어시스템 : 자동제어시스템 도입

- 인적 오류 등 사고발생확률을 감소시키기 위해서는 자동제어시스템 도입

열매 공급조건 : 이상반응을 초래하지 않는 조건

- 열매가 과잉공급 되더라도 공정물질의 분해반응과 같은 이상반응을 초래하지 않는 조건으로 공급

비상정지 : 열매공급 배관에 긴급차단밸브 설치

- 발열반응이 수반되는 반응기는 열매공급 배관에 긴급차단밸브를 설치하여 반응기 내 열량축적을 가능한 빠른 시간에 방지할 수 있음

안전방출시스템

압력 방출

과압방지를 위한 압력방출장치, 배출물질 처리설비

회분식 반응기의 정상운전압력 이상의 과압이 발생할 경우 압력을 안전하게 방출할 수 있는 압력방출장치와 배출물질 처리설비가 필요

■ **압력방출시스템의 역할**

- 설비의 위험성으로부터 근로자 보호
- 설비가 손상되는 것을 방지
- 보험료 절감
- 압력교란에 따른 화학물질 손실 최소화
- 주변에 있는 설비파손 방지
- 정부의 규정 이행

■ **압력방출시스템 구성**

- (압력방출장치) 안전밸브, 릴리프밸브, 파열판 등
- (방출물처리장치) 플레어스텍, 스크러버, 녹아웃드럼, 브로우다운 시스템 등

■ **설계시 유의사항**

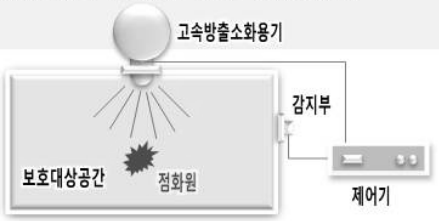
- (충분한 용량) 시스템으로부터 충분한 양의 유체를 뽑아낼 수 있어야 함
- (신뢰성) 안전밸브는 최후의 안전조치로 고도의 신뢰성이 요구됨
- (2차 On/Off 밸브 설치) 방출유체가 위험물질 또는 급격한 압력강하 유발물질인 경우 릴리프 배관에 2차 On/Off 밸브를 설치
- (방출유량) 최대 유량흐름 조건에서 밸브의 방출유량 결정

폭발억제장치 설치 기준

기술지침

회분식 반응기에서 취급하는 공정물질이 폭발위험이 있을 경우

➡ KOSHA Guide D-16-2012 폭발억제장치의 설치에 관한 기술지침

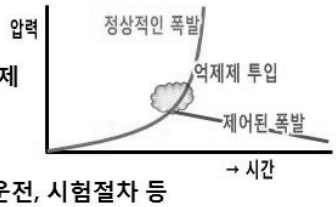


■ **폭발억제장치 구조**

폭발억제장치는 감지부, 제어부, 소화약제부로 구성

■ **폭연억제의 원리**

- 점화시간으로부터 약 0.2sec 경과 후 최고압력에 도달
- 점화 초기에 약제를 분사하여 산화반응을 제한함으로써 압력상승 억제



■ **설계시 고려사항**

- 폭발물질의 폭발특성, 방호되는 장치, 감지기술, 억제제 종류, 설치, 운전, 시험절차 등

※ 억제제 : 고속방출 소화용기 내에 가압된 상태로 충전되어 화재가 폭연으로 발전하지 않도록 하는 소화약제 종류

- (설치) 폭발억제장치는 고속차단밸브, 공기식 이송시스템 가동정지 또는 폭발방산구 등과 같은 장치 또는 시스템과 연동되게 설치

3. 기타 사고 사례

유기용제 혼합 중 폭발(3-1)

재해개요

2007. 8. 17(금) 11:56경 자동차 흠집제거용 컴파운드 제조공장에서 유기용제 혼합용 배합기 내부에서 폭발이 발생

<재해 발생 현장>

사고물질 및 발생설비

○ 배합기 : Vertical Type(높이 : 2,000 × 직경 : 1,000)
○ 유용성 원료 : 유기용제(BTX 등 방향족 탄화수소)
연마제(Powder)
○ 교반Motor : 비방폭형

피해현황

사망 2명, 부상 5명

재해발생원인 및 대책

➢ 인화성 증기 폭발분위기 조성 및 점화원 작용

✓ 배합기 질소 등 불활성 가스 투입 설비 설치
✓ 인화성물질 정전기 방지를 위한 접지설비
✓ 배합기 승온방식 개선(스팀, 온수 등 간접 방식)
✓ 국소배기장치 설치
✓ 폭발위험분위기 형성지역 방폭형 전기기계기구 설치 및 접지설비 설치
✓ 가연성 가스 누출감지 경보기 설치
✓ 소화기 등 비치 및 MSDS교육 철저

유기용제 혼합 중 폭발사고(3-2)

제조공정

유용성 원료	유기용제 + 왁스 + 연마제(Powder)

※ 재해발생공정

수용성 원료	물 + 유화제

→ 배합 → 냉각 → 배출 → 충진 → 라벨 부착 → 출하

※ 재해발생 당시 자동차 흠집제거용 컴파운드 제조공정 중 첫 단계인 "유용성 원료"를 혼합

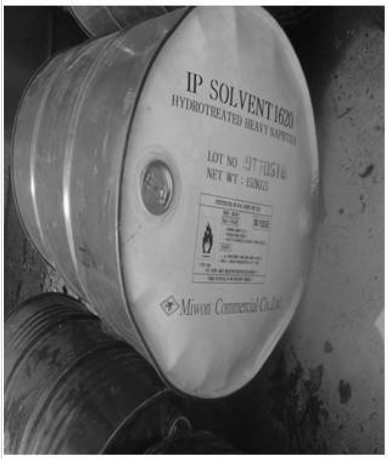
< 유용성 원료 혼합방법 >

ㅇ 1단계 : 유용성 원료 혼합용 배합기에 컴파운드를 투입
ㅇ 2단계 : 90 ~ 100℃로 승온(배합기 하부에서 버너로 가열 : 직화)
ㅇ 3단계 : 가열 및 교반(Motor)시키면서 연마제(Powder), 왁스를 투입
ㅇ 4단계 : 배합이 완료된 후 냉각
ㅇ 5단계 : 유용성 원료 혼합이 완성된 후 별도 만들어진 수용성 원료(물+유화제)를 혼합

[배합기 가열용 직화 Burner]

유기용제 혼합 중 폭발사고(3-3)

관련사진



야적장에 적재되어 있던 Solvent 드럼

임펠러 및 Motor

소손된 배합기

LPG-산소절단 중 불꽃 역화로 용기 폭발(2-1)

재해개요

2012. 6. 16(토), 열처리 작업장에서 템퍼링(Tempering) 공정에서 LPG-산소 용접(절단)기로 절단 작업을 하던 중 토치에서 가연성 가스가 나오지 않아서 이를 조정하던 중 불꽃이 역화되어 LPG용기가 폭발

※ LPG & 산소 사용 압력비 : 통상 절단작업에서 LPG는 0.03~0.1 MPa 산소는 0.3~0.8 MPa 정도로 작업하므로 산소와 LPG의 압력비는 약10배 정도 임.

<재해발생 상황 및 현장>

피해현황

사망 1명, 부상 2명

재해발생원인 및 대책

➢ 취관(토치) 팁의 막힘, 가스 소진 등으로 인한 역화

✓ 안전기(역화방지기)를 가연성가스 압력조정기 후단과 취관(토치)호스 사이에 설치
✓ 토치의 화구 및 LPG용기 충진 상태 확인 철저
✓ 용기에 설치된 압력계 정상상태로 관리

LPG-산소절단 중 불꽃 역화로 용기 폭발(2-2)

관련사진

<폭발한 LPG용기>

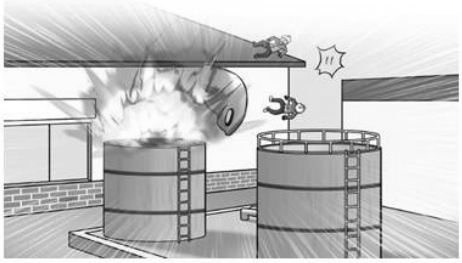
<LPG호스 탄 흔적>

<주변으로 날아간 산소용기>

위험물 저장탱크 배관연결 작업 중 폭발(2-1)

재해개요

'11.07.10(일) 01:18경, 위험물 저장탱크 상부(높이 6M)에서 배관 연결 및 용접작업 중 탱크 내부에 잔류하고 있던 인화성물질(톨루엔)이 폭발하면서 상부 경판과 함께 날아가 떨어짐



<재해발생 상황 및 현장>

피해현황

사망 2명

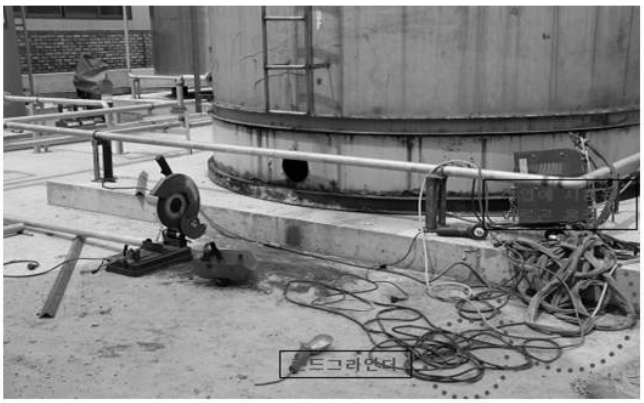
재해발생원인 및 대책

- ➢ 인화성 물질 미 제거 상태로 용접 등 작업진행
  - ✓ 유류 등이 있는 배관이나 용기의 용접 작업시 사전 위험물 제거
  - ✓ 저장탱크 재사용시 세척, 가연성가스농도측정 등의 정비 및 설치작업 절차서 작성
  - ✓ 화기작업에 대한 안전작업허가제도 도입
- ➢ 폭발 및 화재 우려 장소 관리감독 미흡
  - ✓ 폭발, 화재 발생 우려 장소에서 불꽃이나 아크 발생 등의 화기기계기구 공구의 사용 금지
  - ✓ 현장안전교육 및 관리감독 철저

위험물 저장탱크 배관연결 작업 중 폭발(2-2)

관련사진

<폭발한 저장탱크>



<작업장에서 사용한 기계기구>

래들 내 체류 중인 가연성가스 폭발(2-1)

재해개요

2011. 8. 2(월), 18:58분경 스테인레스(STS) 공장 내에서 래들(Ladle) 벽 내장 내화재 양생과정에서 발생된 것으로 추정되는 가연성가스(수소)가 폭발

* 래들(Ladle) : 제강공장의 노에서 정련, 용해된 용탕(鋼)을 받는 쇳물 바가지

<재해발생 상황 및 현장>

피해현황

사망 1명, 부상 2명

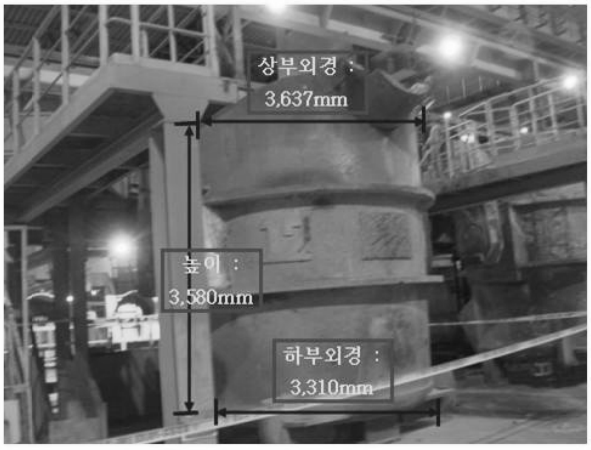
재해발생원인 및 대책

- ➢ 위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용 금지 조치 미실시(알루미늄이 물과 반응하여 발생한 가연성가스(수소)가 래들안에 유입, 용접기 등 불꽃작업)
- ✓ 위험물 등이 있는 장소에서 화기 등의 사용 금지조치 실시
- ✓ 내화재 양생시 통풍, 환기 등의 조치 실시
- ✓ 래들 내화재 시공 작업 표준 보완
- ✓ 양생과정에 대한 주의사항, 화재폭발 방지요령 등 보완 및 교육실시

래들 내 체류 중인 가연성가스 폭발(2-2)

관련사진

<폭발로 뒤집어진 벽 내장용 중장 덮개>



<바닥에서 본 사고 래들 정면 모습>

폐화약 소각처리 중 폭발사고

재해개요

2007. 2. 21(수) 오전 10시 05분경 (주)○○화약에서 폐화약(○○화약 제품)을 소각하는 과정에서 폭발, 2명 사망(작업자), 9명 부상, 폭발압에 의해 폐기장 내 벽돌 등의 비래 후 5개 공실 지붕 및 유리창 일부 파손(반경 약 90m이내)

<소각장 및 폐기물 내용물>

<폭발잔해 뇌관>

피해현황

사망 2명, 부상 9명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 소각 폐기물의 사전분류 및 확인 미흡
  - ✓ 폭발성 물질에 대한 사전 분류 및 안전조치
- ➢ 관계자 외 작업자의 출입
  - ✓ 폭발위험장소에 대한 관계자 외 출입금지 철저
- ➢ 공정안전보고서 내용 미준수
  - ✓ 공정안전보고서 및 보고서 하부 기준 준수

화장품케이스 코팅작업 중 폭발,화재

재해개요

2007. 8. 9(금) 20:41분경 아파트형 공장 3층에 위치한 스프레이 코팅 부스 내에서 화장품케이스 코팅 후 다른 제품 코팅 작업을 위해 코팅액을 공급하는 배관 및 스프레이 노즐을 세척하기 위해 에어펌프를 이용하여 신너를 분사하는 과정에서 발생한 인화성 증기에 비방폭형 모터 등의 점화원에 의해 폭발 및 화재

<사고발생 현장>

<코딩부스>

피해현황

사망 6명, 부상 2명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 폭발 위험분위기조성 및 점화원 발생(신너 인화성 증기, 비방폭형 컨베이어 모터, 정전기, 히터고온표면, 기계적 마찰)
- ✓ 방폭전기설비 사용, 접지 및 제전장치, 건조설비 개선
- ➢ 가스감지기 미설치
- ✓ 가스누출감지 경보기 설치
- ➢ 작업장내 위험물 과다보관
- ✓ 작업장내 위험물 필요량 만 보관하고 나머지는 별도보관
- ➢ 비상구 미설치
- ✓ 출입구와 다른 방향으로 별도의 비상구 설치

보일러 경유 저장탱크 용접작업 중 폭발, 화재(1-2)

재해개요

2006. 08. 04(금) 오후 3시30분경, 충남 금산군 군북면 소재 00산업(주)에서, 당사 소속 근로자가 보일러 경유 저장탱크(1.02㎥) 누출부위를 보수하기 위하여 탱크내부에 남아 있던 경유(100ℓ 정도)를 비운 후, 전기용접기를 사용하여 탱크 측면 모서리부를 용접작업 중 폭발과 함께 화재가 발생

<재해발생 경유탱크>

피해현황

사망 1명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 경유 저장탱크 내부 인화성 증기 체류(전기용접기 용접불꽃)
- ✓ 탱크 내부의 인화성증기를 불활성 가스, 물 등으로 완전 치환 및 제거
- ➢ 작업절차 무시(탱크에 물 채우는 작업 무시)
- ✓ 유해위험성과 안전작업요령 교육 및 관리감독 철저

보일러 경유 저장탱크 용접작업 중 폭발, 화재(2-2)

관련사진

파손된 저장탱크 및 전기용접기 모습

유기용제 드럼통을 용접기로 절단작업 중 폭발(1-2)

재해개요

2006년 10월, 공장내에서 철재를 담는 용기를 만들기 위해 MEK(메틸에틸케톤)가 들어 있었던 빈 드럼통의 상부를 산소용접(절단)기로 절단하던 중 드럼통 내부에 잔류된 인화성 증기에 점화.폭발하면서 드럼통이 비래

<재해발생상황도>

피해현황

사망 1명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 인화성물질 MEK 잔류상태 미확인
  - ✓ 물질의 특성 파악 및 잔류량 상태 등 확인
- ➢ 작업방법 불량
  - ✓ 드럼통 내부 인화성 증기 완전치환 및 제거, 절단금지

유기용제 드럼통을 용접기로 절단작업 중 폭발(2-2)

관련사진

[드럼통 : 상판 용단 흔적, 하판이 떨어져 나감]

[드럼통에 부착된 위험물 경고표시]

유해물질 오주입으로 유독가스 누출(1-2)

재해개요

2006. 8. 17 13:50경 인쇄회로기판 제조공장에서 위험물 납품업체인 직원(단독작업)이 1층에서 염산탱크(3층) 주입구(Hose)를 염소산나트륨 주입구로 오인하여, 잘못 연결 후 염산탱크에 염소산나트륨을 주입하므로써, 이상반응으로 유독가스가 발생

<재해발생상황도>

피해현황

인근사업장 근로자 72명 누출

재해발생원인 및 대책

- ➢ 위험물 주입구 내용물 표기 미흡
  - ✓ 탱크 주입구에 내용물 정보를 알 수 있도록 명칭부착
- ➢ 위험물 주입구(이동용 배관) 설치 상태 미흡
  - ✓ 위험물 주입 및 배출구는 고정행 설치
- ➢ 위험물 정보지식 미흡(1개월 미만 신규작업자)
  - ✓ 취급물질에 대한 위험성 및 안전작업요령 등 안전보건교육 철저

생성물

○ 염소산나트륨(23%)과 염산(30%) 혼합에 의한 부산물 반응식

$2NaClO_3 + 2HCl = \underline{2ClO_2 + Cl_2} + 2NaCl + H_2O$

※ 염소(Cl_2), 이산화염소(ClO_2) 발생

유해물질 오주입으로 유독가스 누출(2-2)

관련사진

1층 위험물 주입 . 배출 배관(Hose)

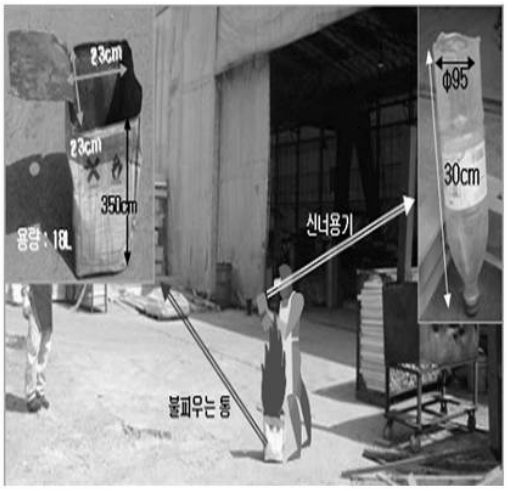
염산탱크 주입구 라인의 내용물 표기

위험물 탱크 및 배출처리설비(3층)

옥외작업장에서 시너 사용 점화 중 화재(2-1)

재해개요

2007. 4. 7, 09:00분경 OO패널 작업현장에서 추운 날씨에 모닥불을 피우기 위해 18ℓ 용량의 빈 유기용제 용기를 가져다 시너를 사용해 불을 피우던 중 점화원에 시너가 접촉되어 시너의 급격한 연소로 인해 작업복 바지에 불이 옮겨 붙어 화상



<재해발생 상황>

피해현황

사망 1명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 위험물 관리 미흡
  - ✓ 도장 작업장내 방치된 인화성물질 별도 보관
  - ✓ 담당자 지정관리, 위험물질 저장소는 시건조치
- ➢ 소화기 미비치
  - ✓ 불사용 장소에 소화기 등 화재진압설비 비치 및 교육

옥외작업장에서 시너 사용 점화 중 화재(2-2)

관련사진

<재해현장 및 시너 점화 상황>

식물성 유지저장 탱크 상부 용접 작업 중 폭발, 화재

재해개요

2006년 9월 식물성유지 옥외 저장탱크(지름 3.5m, 높이 7.5m, 용량 80톤) 상부에서, 레벨게이지 설치작업을 위해 용접작업 및 드릴 천공작업을 하던 중 열려져 있었던 해치를 통해 용접불티가 저장탱크 내부로 비산되면서 저장탱크가 폭발

<재해발생 상황>

피해현황

사망 3명

재해발생원인 및 대책

- ➢ 장기간 미사용으로 인한 탱크내부 산패작용 등으로 가연성가스 체류
- ✓ 사전 안전조치(가연성가스 존재여부 확인, 화기작업 허가 등) 후 작업
- ✓ 작업 전 안전보건교육, 관리 감독 등 철저

저장탱크 화재사고(2-1)

재해개요

2010.04.22, 폐 유기용제를 폐수저장탱크로 이송 완료 후 창고 내부에 체류되어 있던 유증기를 선풍기로 불어내던 중 선풍기 모터와 출입구 측면에 설치된 분전반 주변에서 발생된 전기스파크로 추정되는 점화원에 의해 화재가 발생

<폐기물 창고 및 폐수저장탱크 상부>

피해현황

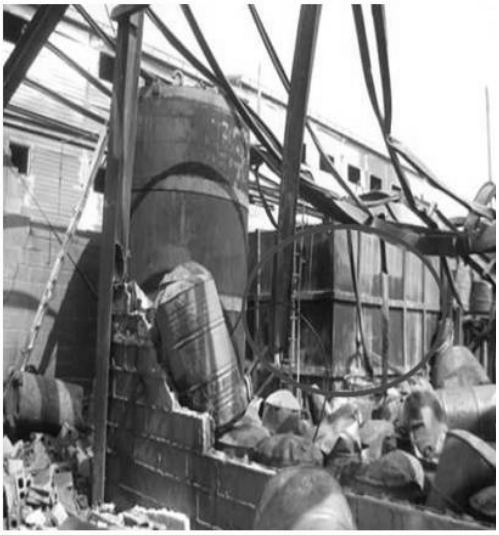
인명피해 없음, 창고 및 사무실 전소, 탱크로리 등 10여대 차량전소

재해발생원인 및 대책

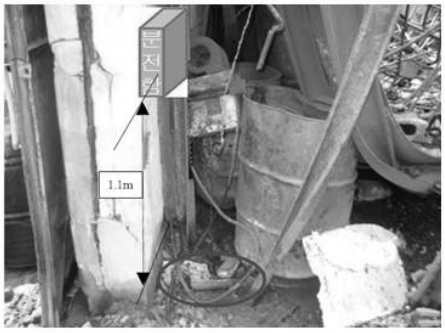
- ➢ 폐수 저장탱크를 폐 유기용제탱크로 용도변경
  - ✓ 지정된 위험물 저장탱크에서 만 취급
- ➢ 지정되지 않은 장소에서 유기용제 취급
  - ✓ 지정된 위험물 취급소에서 실시
- ➢ 폭발위험분위기에서 비방폭형 전기기계기구 사용
  - ✓ 유증기 체류 폭발위험장소에서는 방폭형 전기기계기구 사용

저장탱크 화재사고(2-2)

관련사진



<폐기물 창고 및 화재사고 현장>



필름 점착액 제조 중 화재(2-1)

재해개요

2007. 4. 6(금), 13:10경 LCD 필름 점착액 제조공정에서 점착액을 제조하기 위해 이동용 혼합용기(용량 약 1㎥)를 계량기에 올려 놓고 먼저 MEK, 바인더 등 원료를 소량 계량하여 먼저 투입 한 뒤 외부 저장탱크로 부터의 공급배관을 통해 소형용기(용량 18리터)에 톨루엔을 공급받던 중 용기 내에 화재가 발생하여 동 건물 2층 기숙사에서 쉬던 근로자들이 대피하던 중 화상 및 유독가스 질식

<전소된 작업장 및 기숙사 전경>

주요 취급위험물질

* 메틸에틸케톤(MEK) : 인화점(-14℃), 폭발한계 2.0%~11.8%
* 톨루엔 : 인화점(11℃), 폭발한계 6.7%~36%

피해현황

사망 1명, 부상 4명, 공장동 전소

재해발생원인 및 대책

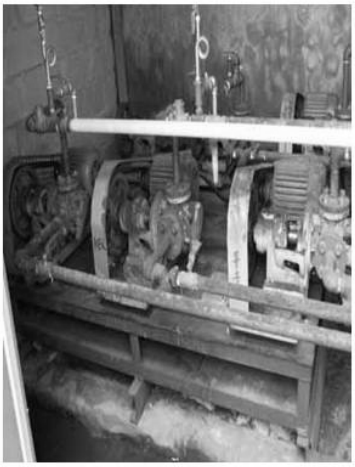
- ➢ 톨루엔 공급 중 용기 상부에 국부적으로 폭발위험분위기 형성 및 PE재질 이동용 배관 정전기 축적
  - ✓ 도전성재질의 배관, 제전 및 등전위 접지 실시
  - ✓ 배관유속(1m/sec이하), 낙차 최소화로 마찰 정전기 감소
  - ✓ 고농도의 유증기 확산 방지를 위한 국소배기장치 설치
  - ✓ 혼합기 등 용제 취급 용기에 필요부분 제외하고 덮개 설치
- ➢ 긴급 차단 미흡으로 연소 확대 및 대피로 미화보로 신속 대피 곤란
  - ✓ 위험물 이송 시 긴급차단기능 확보 및 방폭형 기구 사용
  - ✓ 바닥, 벽, 기둥 등 불연성 재료 및 방화구획 설치
  - ✓ 가스계 자동소화설비 설치
  - ✓ 비상대피로 지정 및 훈련, 안전작업요령의 작성 등

필름 점착액 제조 중 화재(2-2)

관련사진

<이동용 점착제 혼합기>

<톨루엔 취급 소형용기>



<톨루엔 공급 펌프>

발수제 도포작업 중 화재

재해개요

2011. 6, 오후 6시 30분경 어린이집 보수공사 중 계단 바닥 방수작업을 위해 롤러로 발수제 도포작업 중 도포된 발수제 표면 유증기의 폭발위험분위기가 형성되면서 롤러의 마찰 정전기로 인해 화재가 발생

<재해발생 상황 및 현장>

피해현황

사망 1명

재해발생원인 및 대책

➢ 취급 화학물질에 대한 위험성 주지 미흡

* 발수제 : 묻거나 흐르는 정도의 수분을 튕겨냄으로써 차단하는 역할을 하도록 합성된 물질로 95% 이상의 유기용제에 희석해 중합물로 합성한 것. 인화점이 40~50℃ 수준으로 낮아 불이 붙고 폭발 및 화재가 나기 쉽다.

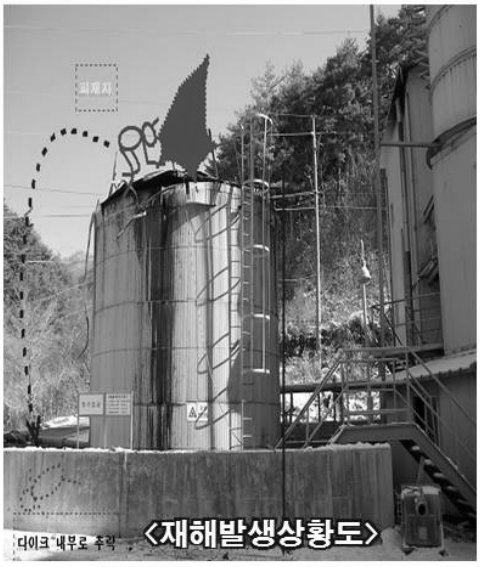
✓ 취급 화학물질에 대한 MSDS 비치 및 교육 철저

✓ 정전기 예방을 위한 접촉면적인 작은 붓이나 대전용 카본브러쉬 등 정전기발생 최소화

유류저장탱크 폭발, 화재로 인한 떨어짐

재해개요

2007년 1월 7일 06:32분경 멀티소성로 현장에서 높이 6m의 연료용 유류저장탱크(정제연료유, 저유량 150,000L) 상부에서 맨홀 개구부를 통해 탱크내부의 유류잔량을 확인하던 중 폭발,화재 발생



<재해발생상황도>

피해현황

사망 1명

재해발생원인 및 대책

➢ 위험물 장소에서의 화기관리 소홀

✓ 가연성증기 발생 장소 라이터 등 점화원 관리철저

➢ 자동계측장치의 정비 소홀

✓ 레벨게이지 즉시 정비

➢ 잔유량 확인 작업절차 불량

✓ 별도 레벨 측정구에 전용로프 투입 등 작업절차마련

➢ 보호구 착용 미흡(턱끈 미조임)

✓ 안전모 올바르게 착용

IV
안전보건관리정보 10계명

사업주가 꼭 알아야 할

산업안전보건법 10 계명

1 제5조(사업주 의무)

- 근로자의 안전과 건강 유지 · 증진
  - 산업재해예방 기준 준수
  - 근로자의 신체적 피로와 정신적 스트레스 등을 줄일 수 있는 쾌적한 작업환경 조성 및 근로조건 개선
  - 근로자에게 안전보건정보 제공
- 국가의 산업재해 예방 시책에 따라야 함

2 제10조(산업재해 발생 기록 및 보고)

- 사업주는 산업재해로 사망자 또는 3일 이상 휴업이 필요한 부상자, 질병자가 발생하는 경우 산업재해 조사표를 작성하여 관할 지방고용노동관서장에게 제출(발생한 날부터 1개월 이내)

3 제12조(안전 · 보건표지의 부착)

- 사업주는 아래와 같은 목적으로 안전 · 보건표지와 작업안전수칙을 부착하여야 함
  - 유해하거나 위험한 시설 및 장소에 대한 경고
  - 비상시 조치에 대한 안내
  - 안전의식 고취

4 제23조(안전조치)

- 사업주는 아래의 위험을 예방하기 위해 필요한 조치를 하여야 함
  - ① 기계 · 기구 그 밖의 설비에 의한 위험, ② 폭발성, 발화성 및 인화성 물질 등에 의한 위험, ③ 전기, 열, 그 밖의 에너지에 의한 위험
  - 굴착, 채석, 하역, 벌목, 운송, 조작, 운반, 해체, 중량물 취급 등의 작업을 할 때 불량한 작업방법 등으로 인한 위험
  - ① 추락할 위험 장소, ② 토사, 구축물 등이 붕괴할 우려가 있는 장소, ③ 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 장소, ④ 그 밖에 작업 시 천재지변으로 인한 위험이 발생할 우려가 있는 장소

5 제24조(보건조치)

- 사업주는 아래의 건강장해를 예방하기 위해 필요한 조치를 하여야 함
  - 원재료, 가스, 증기, 분진, 흄, 미스트, 산소결핍, 병원체 등에 의한 건강장해
  - 방사선, 유해광선, 고온, 저온, 초음파, 소음, 진동 이상기압 등에 의한 건강장해
  - 사업장에서 배출되는 기체, 액체 또는 찌꺼기 등에 의한 건강장해
  - 계측감시, 컴퓨터 단말기 조작, 정밀공작 등의 작업에 의한 건강장해
  - 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해
  - 환기, 채광, 조명, 보온, 방습, 청결 등의 적정기준을 유지하지 아니하여 발생하는 건강장해

6 제31조(안전 · 보건교육)

- 소속 근로자에 대한 안전 · 보건교육을 실시
  - 정기교육 : 사무직 · 판매 업무 종사 근로자(매 분기 3시간 이상)
    사무직 · 판매 업무 종사 근로자 외(매 분기 6시간 이상)
  - 채용시 교육 : 8시간 이상
  - 작업내용 변경시 교육 : 2시간 이상
  - 특별교육 : 유해하거나 위험한 작업 수행 근로자에 대해 16시간 이상

7 제33조(유해하거나 위험한 기계 · 기구 등의 방호조치)

- 유해 · 위험 작업이 필요하거나 동력으로 작동하는 기계 · 기구의 경우 방호조치를 하여야 하며, 방호조치를 하여야 할 기계 · 기구 및 방호조치의 내용은 아래와 같음
  - **예초기** : 날 접촉 예방장치
  - **원심기** : 회전체 접촉 예방장치
  - **공기압축기** : 압력방출장치
  - **지게차** : 헤드가드, 백레스트, 전조등, 후미등, 안전벨트
  - **포장기계** : 구동부 방호 연동장치
  - **작동부분 돌기** : 묻힘형 또는 덮개부착
  - **동력전달 부분 및 속도조절 부분** : 덮개 또는 방호망 설치
  - **회전기계 물림점(롤러, 기어 등)** : 덮개 또는 울 설치

※ 방호조치를 하지 않는 경우, 양도, 대여, 설치, 사용 하거나 양도, 대여 목적으로 진열 금지

8 제41조(물질안전보건자료 작성 · 비치)

- 유해성 · 위험성 분류기준에 해당하는 화학물질을 양도 · 제공하는 경우 물질안전보건자료 작성 · 제공
- 화학물질 취급사업주는 작업장 내 근로자가 쉽게 볼 수 있는 곳에 물질안전보건자료 게시 · 비치
- 화학물질을 양도 · 제공하는 자 또는 취급사업주는 화학물질을 담은 용기 등에 경고표지 부착
- ① 화학물질 제조 · 사용 · 운반 · 저장작업에 근로자를 배치한 경우, ②새로운 화학물질이 도입된 경우, ③ 유해성 · 위험성 정보가 변경된 경우 근로자 교육 실시

9 제42조(작업환경측정)

- 소음, 분진, 화학적 인자 등 유해인자(191종)에 노출되는 근로자가 있는 작업장의 경우 건강보호 및 쾌적한 작업환경 조성을 위해 작업환경측정 실시(1회/6개월)
- 측정 결과 노출기준을 초과하는 경우, 해당 시설 · 설비의 설치 · 개선 등의 조치를 이행

10 제43조(건강진단)

- 근로자의 건강을 보호 · 유지하기 위하여 건강진단을 실시
  - 일반건강진단 : 모든 근로자(사무직: 1회/2년, 그 밖의 근로자: 1회/년)
  - 특수건강진단 : 화학물질, 소음, 분진, 야간작업 등 유해인자(179종)에 노출되는 근로자
  - 배치 전 건강진단 : 특수건강진단 대상 유해인자에 노출되는 업무에 배치되는 근로자
- 검진 결과 건강이상자(유소견자)에 대해 작업장소 변경, 근로시간 단축, 시설 · 설비의 설치 · 개선 등 건강보호조치 이행

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

사업주와 근로자가 꼭 알아야 할

산업현장 안전보건수칙 10계명

* 작업 근로자들은 신체에 이상 증상이 나타나면 관리자에게 보고, 의사 진료 및 고용노동부에 통보하여야 합니다.

1

사업주는 **작업 전 안전점검**을 하도록 하고. 작업하는 장소를 항상 청결하게 **정리정돈** 해야 합니다.

2

사업주는 작업장으로 통하는 장소 또는 작업장 내에 **안전통로를 확보**해야 합니다.

3

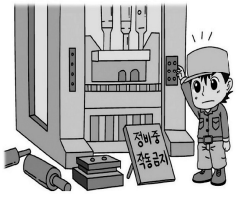
사업주는 작업에 적합한 **개인 보호구를 지급**하고 근로자는 반드시 **착용**해야 합니다.

4

사업주는 전기작업 시 **접지**를 하고 각각의 사용목적에 적합한 **절연용 보호구**를 근로자에게 지급하여 착용하도록 해야 합니다.

5

사업주는 **기계 · 설비 정비시** 기동장치에 **잠금장치**를 하고 **표지판**을 부착해야 합니다.



6

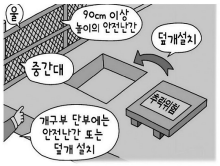
사업주는 **유해 · 위험 화학물질**을 취급하는 경우 용기 등에 **경고 표지**를 부착해야 합니다.

7

사업주는 프레스, 전단기, 압력용기 등 **유해 위험 기계 · 기구를 사용**할 때에는 적합한 방호장치를 설치해야 합니다.

8

사업주는 근로자가 **추락**하거나 넘어질 위험이 있는 장소에는 **안전 난간, 개구부 덮개** 등을 설치해야 합니다.



9

사업주는 금속의 **용접 · 용단** 등의 작업 시 **인화성 · 폭발성 물질을 격리**해야 합니다.

10

사업주는 근로자가 **밀폐공간**에서 작업하는 경우 **작업 전 · 작업 중 산소농도** 등을 측정해야 합니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

제조업 화학사고* 예방관리 10계명

* 화재 · 폭발 · 누출 등 화학물질을 취급하는 공정에서 설비결함 및 관리소홀로 발생할 수 있는 사고를 말합니다.

1

화학물질을 취급하기 전에 반드시 **물질안전보건자료(MSDS)의 유해성 · 위험성**을 숙지하고 적절한 **보호구**를 착용하여야 합니다.

2

화학물질은 물질의 특성에 따라 구분하여 **작업장 내 보관을 최소화하고 MSDS 게시 · 경고 표지를 부착**하여 안전한 장소에 보관하여야 합니다.

3

화학설비 **정비 · 보수 작업** 시 **안전작업 허가서 발행, 관리감독자 배치** 등 위험요인 관리를 강화하여야 합니다.

4

안전밸브, 파열판, 역화방지기, 긴급차단밸브 등 적절한 **안전장치**를 설치하고 정상작동 여부를 정기적으로 확인하여야 합니다.

5

위험물을 취급하는 공정에서는 **불꽃, 스파크, 정전기, 충격, 마찰, 흡연** 등 **화재 원인**이 발생하지 않도록 관리하여야 합니다.

6

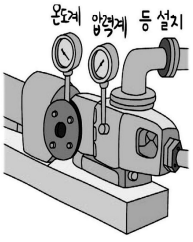
화기작업 시에는 인화성 가스, 가연성 물질 등 **위험물을 제거(확인 포함)하고 용접불티 비산 방지 덮개** 설치, **소화기 비치** 등 안전조치를 하여야 합니다.

7

인화성 액체의 증기 · 가스 또는 고체로 인해 **폭발 위험이 있는 장소**에는 **방폭구조의 전기 기계 · 기구**를 설치하고 **환기**를 자주 실시하여야 합니다.

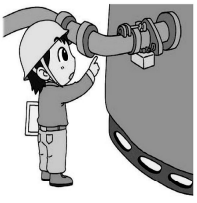
8

화학물질 혼합 · 가열 시에는 **발열 · 분해 등 이상반응**을 파악하기 위하여 **온도계 · 압력계 · 유량계 등의 계측장치를 설치**하고, **이물질이 혼입**되지 않도록 하여야 합니다.



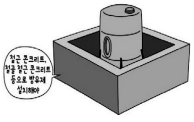
9

화학물질 저장 및 취급설비의 **배관 연결부, 밸브** 등은 **새지 않도록 유지**하고 **수시로 누출여부 확인** 등 유지보수를 강화하여야 합니다.



10

위험물질을 **액체상태로 저장**할 경우, 저장설비 파손에 의한 누출 시 **외부 확산을 방지**하기 위해 **방유제**를 설치하고 균열 등 누출 위험 요인이 없도록 하여야 합니다.



고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

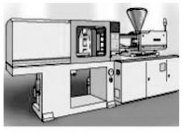
- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

제조업 재해 유형별·작업별 재해 예방대책

5대 재해 유형

1 끼임

- 기계설비의 위험한 부분에는 센서, 덮개 등 방호장치를 설치해야 합니다.
- 정비 · 수리 등의 작업 시에는 반드시 기계를 정지한 후 작업을 실시하고, 조작부에는 잠금장치 및 '수리 중' 표지판을 설치해야 합니다.



2 화재/폭발 · 파열

- 인화성 물질 등을 취급하는 설비, 탱크 등은 누출이 없도록 조치해야 합니다.
- 용접작업 시 불받이포 등 불티 비산을 방지하기 위한 덮개 등 조치를 취하고 소화기를 비치합니다.

3 물체에 맞음

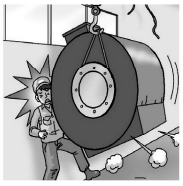
- 지게차로 중량물을 운반할 때에는 전용 팔레트 등으로 포장하여 운반합니다.
- 크레인에는 손상된 와이어로프 사용을 금지하고 있으며 훅 해지장치를 설치하고 인양물에 적합한 전용 줄걸이 용구를 사용해야 합니다.

4 떨어짐

- 트럭 하역은 적재함과 높이가 같은 전용 입 · 출하장에서 작업하고, 작업 시에는 안전모를 착용합니다.
- 대형설비나 제품 위에서의 작업 시에는 고소작업대 등 전용 승강설비를 사용하고 작업발판을 설치합니다.

5 부딪힘

- 지게차 운행 시에는 운전자 시야를 확보할 수 있도록 적재하고, 제한속도를 지정하여 과속하지 않도록 조치해야 합니다.
- 크레인으로 중량물을 인양할 때에는 물건이 기울지 않도록 수직으로 인양하고, 작동하는 사람이나 인근 근로자 근처로 이동시키지 않아야 합니다.



5대 작업

1 크레인 취급 작업

- 과부하방지장치 등 크레인 방호장치를 설치하고 기능을 유지해야 합니다.
- 크레인 상부레일의 점검통로를 확보하고, 안전대 걸이 설치 및 안전대 착용을 준수합니다.
- 인양물 운반 구간에는 근로자가 출입하지 않도록 해야 합니다.

2 지게차 취급 작업

- 지게차 운전자는 유자격자로 하고, 지게차 포크에 화물 적재시 기울어지지 않도록 하고 반드시 전용 팔레트를 사용 합니다.
- 경사면에서의 급선회를 금지하고, 지게차에 좌석 안전띠 설치 및 착용을 준수해야 합니다.

3 사다리 취급 작업

- 사다리의 상단은 걸쳐 놓은 지점으로부터 60cm 이상 올라가도록 설치합니다.
- 사다리 승 · 하강 시 두 손이 답단을 잡을 수 있도록 물건을 손에 든 채 오르내리는 것을 금지합니다.

4 리프트 취급 작업

- 리프트에 과부하방지, 권과방지, 비상정지장치 등 방호장치를 설치하고 정격하중을 표시하여 준수합니다.
- 리프트 출입문을 설치하고 개방 시에는 작동되지 않도록 연동장치를 설치해야 합니다.

5 컨베이어 취급 작업

- 컨베이어 보수 · 점검용 통로 설치 및 추락방지 조치를 실시합니다.
- 정비, 수리작업 중 조작부에는 잠금장치 및 수리 중 표지판을 설치합니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

3 3 3 질식재해 예방수칙!!

1st 3 3자간(원청 사업주, 협력업체, 작업 근로자) 정보전달 및 보건기준 준수

❶ 원청 사업주 : 질식을 일으킬 수 있는 밀폐공간 및 가스의 유입 · 누출 등 유해요인 등에 대한 위험정보를 파악하고 협력업체에 제공하여야 합니다.

❷ 협 력 업 체 : 원청이 제공한 위험정보를 확인하고 작업근로자에게 밀폐공간 및 작업공간 내 가스의 유입 · 누출 가능성 등 유해요인 등의 위험정보를 알리고 사전에 반드시 교육하여야 합니다.

❸ 작업근로자 : 원청 사업주 및 협력업체에서 제공한 위험정보 숙지 및 보건기준을 준수하여 작업하여야 합니다.

2nd 3 3대 절차(밀폐공간 평가 ➔ 출입금지 표시 ➔ 출입허가제) 준수

❶ 밀폐공간 평가 : 유지 · 보수 등 근로자가 출입하여 작업하는 장소 및 설비가 질식위험 밀폐공간에 해당되는지 여부를 평가해야 합니다.

※ 입 · 출입이 제한되고, 환기가 불충분하여 산소결핍 · 가스로 인한 질식 · 화재 · 폭발 등의 위험이 있으며, 근로자가 상주할 목적이 아닌 장소로 설계된 공간은 밀폐공간으로 평가

❷ 출입금지 표시 : 밀폐공간으로 평가된 장소에는 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하는 표시를 게시하고 출입을 금지시켜야 합니다.

❸ 출 입 허 가 제 : 작업을 수행하기 전 유해가스 차단조치, 산소 및 유해가스 농도 측정, 환기설비 가동, 보호구 비치 등의 보건기준을 충족하는 경우 출입을 허가토록 하는 시스템을 구축하여 운영합니다.

3rd 3 밀폐공간 작업 필수 3대 안전수칙 반드시 준수

- **밀폐공간에서 작업을 수행하는 경우, 3자(원청 사업주, 협력업체, 작업근로자)는 밀폐공간 작업 필수 3대 안전수칙을 반드시 준수하여야 합니다.**

밀폐공간 작업 필수 3대 안전수칙	❶ 작업전 · 작업중 산소 및 유해가스 농도 측정 ❷ 작업전 · 작업중 환기 실시 ❸ 작업시 송기마스크 등 보호장비 필히 착용

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

사업주(관리자)는 화학물질을 취급하기 전에 반드시 물질안전보건자료(MSDS)를 확보하여 유해성 · 위험성을 인지하여야 합니다.

근로자가 보기 쉬운 장소에 MSDS를 게시 · 비치하고, 용기 및 덜어 쓰는 용기 등에 반드시 경고 표지를 부착하여야 합니다.

취급근로자에게 반드시 인체에 미치는 영향, 취급시 주의사항 등에 대한 교육을 실시하여야 합니다.

작업시에는 화학물질 발산원을 밀폐하거나 환기설비(국소배기장치, 환풍기 등)를 가동하여 화학물질에 노출되지 않도록하여야 합니다.

화학물질

메틸알코올, 벤젠, 신나 등을 포함하여 사업장에서 사용하는 대부분의 물질을 말합니다.

안전보건 관리 10계명

※ 화학물질 관련정보는 안전보건공단의 화학물질정보 전용 홈페이지(http://msds.kosha.or.kr/)를 활용하시기 바랍니다.

근로자에게 적합한 개인보호구(방독마스크, 보호복 등)를 지급 및 착용하도록 관리하여야 합니다.

정기적으로 작업환경을 측정 · 평가하고, 작업환경을 개선하여야 합니다.

근로자 건강관리를 위하여 정기적으로 특수건강진단을 실시하여야 합니다.

근로자가 세면 · 목욕 등을 할 수 있도록 세척시설을 설치하고, 작업 후에는 작업복과 노출된 신체 부위를 깨끗하게 세척하여야 합니다.

화학물질을 취급하는 실내작업장에서는 담배를 피우거나 음식물을 먹어서는 안됩니다.

화학물질 취급으로 신체에 이상(구토, 호흡곤란, 피부발진 등)이 발생되면 반드시 관리자에게 보고하고 의사의 적절한 진료를 받아야 합니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

장비별 공통 안전수칙 10계명

1 작업시작 전 장비 및 주변 안전점검을 실시합니다.

2 기계의 종류 및 능력, 운행경로, 작업방법 등의 작업계획서를 작성합니다.

3 유도자 또는 신호수를 배치하고 일정한 방법으로 신호를 주고받습니다.

4 전도, 접촉 등의 방지를 위한 조치를 실시합니다.

5 장비별 용도 외의 사용을 제한합니다.

6 허용 하중 초과 등의 제한 내용을 준수해야 합니다.

7 정비 · 수리 등의 작업 시 안전블록을 설치하고, 작업순서를 지켜야 합니다.

8 제한 운행속도 표지 및 준수에 대한 관리감독을 철저히 합니다.

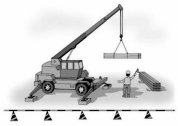
9 유자격 운전원 배치를 반드시 확인합니다.

10 운전석 이탈 시 엔진을 정지하고 브레이크를 작동해야 합니다.

굴삭기

- 버켓 탈락방지용 안전핀 설치
- 비탈면 전도방지 위한 작업경로 확보
- 후진 시 경보장치 작동상태 확인
- 양중작업 등 목적 외 사용금지
- 운전원 안전벨트 착용 및 승차석 이외에 근로자 탑승 금지

이동식 크레인



- 안전인증(KCs) 여부 확인('09.10.1 이후 출고 제품)
- 아웃트리거 하부에는 침하 방지 조치
- 후크 해지장치 정상작동 확인
- 물체 인양 시 작업반경 내 근로자 접근 통제 조치
- 고압선 등 주변 장애물 위험요인 파악
- 줄걸이 용구의 사용상태 확인
- 인양자재 묶음상태 및 2줄 걸이 확인

덤프트럭

- 노견 붕괴, 지반 침하 등의 위험 사전 방지 조치
- 후진 시 경보장치 작동상태 확인
- 브레이크 작동상태 확인 철저
- 운전위치 이탈 시에는 브레이크 조치
- 타이어 마모상태 확인

고소작업대

- 안전인증(KCs) 여부 확인('09.7.1 이후 출고 제품)
- 설치장소의 지반 다짐 및 수평상태 확인
- 아웃트리거 및 받침대 적정여부 확인
- 작업대에 근로자 탑승 시 안전대 사용
- 작업반경 내 근로자 출입통제 실시
- 작업대는 정격하중을 초과하지 않도록 조치
- 작업대 고정 및 연결상태 사전점검

지게차

- 운전자의 시야 확보
- 지게차의 허용 하중을 초과하지 않도록 운행 실시
- 후진 경보장치를 설치하고 후진 시 작동상태 확인
- 포크리프트 위에 탑승 금지
- 경광등 설치 사용

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

건설업 안전보건관리 10계명

1

작업 전 안전점검과 **작업 중 정리정돈** 상태를 확인하여 위험을 사전에 제거 또는 통제한 후 작업하는 것을 습관화해야 합니다.

2

사업주는 근로자가 노출될 수 있는 유해 위험요인으로부터 보호가 되도록 안전모, 안전화, 안전대 등 적정 **개인보호구**를 지급하고 착용하도록 하여야 합니다.

3

떨어짐 위험 작업 시에는 폭 40cm 이상의 견고한 **작업발판**을 설치하고, 측면에는 적합한 **안전난간**을 설치하여 떨어짐 재해를 예방하여야 합니다.

4

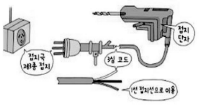
건설장비는 장비종류 및 능력, 작업방법, 운행경로가 포함된 **작업계획서**를 반드시 작성하여 이행하고 **유도자**를 배치하여야 합니다.

5

개구부에는 충분한 강도를 지닌 **덮개**를 뒤집히거나 떨어지지 않도록 설치하고, 어두운 장소에서도 식별이 가능하도록 **표시**를 하여야 합니다.

6

감전재해를 예방하기 위해서는 가설전기의 **접지**상태 및 **누전차단기** 작동여부 등을 확인하고 필요 시 정전 후 작업을 실시하여야 합니다.

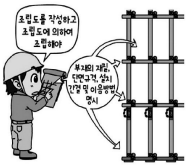


7

떨어짐 위험이 있는 장소에서 작업발판 설치가 곤란한 경우에는 추락방지용 **안전방망**을 작업면에서 가까운 지점에 설치하여야 합니다.

8

거푸집 동바리 조립 및 해체 작업 시에는 거푸집 동바리 구조 검토 후 **조립도**를 작성하고, 이를 준수하여 작업을 실시하여야 합니다.



9

사다리 설치 시 **견고한 구조**, **일정 답단** 간격 유지, 걸침 부위 **60cm이상** 여장 확보, 벌어짐 및 전도방지 조치를 하여야 합니다.

10

비계 작업 시에는 벽 연결을 규정대로 설치하고 **최대 적재하중**을 준수하며 해체 시 작업순서를 정하여 **관리감독자가 지휘**하여야 합니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

서비스업 안전보건관리 10계명

1

물이나 기름이 있는 장소에서 작업을 하는 경우에는 **미끄럼 방지 신발**을 착용하여야 합니다.

2

높은 장소에서 작업을 하는 경우에는 **안전모와 안전대**를 착용하고 2인1조로 작업하여야 합니다.

3

무거운 물건은 **이동대차** 또는 **2인 1조**로 운반하여야 합니다.

4

이륜차 운전자는 **승차용 안전모**를 착용하고 **교통법규**를 준수 하여야 합니다.

5

뜨거운 음식 등은 **이동대차**로 운반하고 **화상방지 장갑**을 착용하여야 합니다.

6

화기를 사용하는 장소에는 반드시 **소화기**를 비치하여야 합니다.

7

외부인에 의한 수리 · 점검 작업을 하는 경우 원청사에서 **안전작업 허가서**를 발급하고, **작업관리자**를 배치하여야 합니다.

8

바닥 물청소, 사다리 등을 설치하여 작업하는 경우에는 **안전라인**(Safety Line)을 설치하여야 합니다.

9

계단 끝단과 경사진 통로에는 **미끄럼 방지조치**를 하여야 합니다.

10

야간작업 근로자는 **특수건강진단**을 받아야 합니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

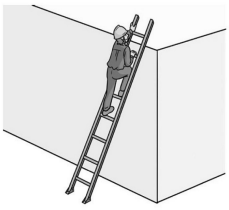
사다리작업 안전보건관리 10계명

1

사다리는 손상 · 부식 등이 없는 **견고한 구조**의 것을 사용하여야 합니다.

2

사다리는 바닥이 **평평한 장소**에 흔들림이 없도록 설치하여야 합니다.



3

사다리에 오르는 작업을 하는 경우에는 **안전모**와 **안전대**를 착용하여야 합니다.

4

사다리를 통행이 빈번한 장소에 설치할 경우에는 작업장소 주변에 **접근금지 표지판**을 설치하고, **유도자**를 배치하여야 합니다.

5

사다리 작업은 반드시 **2인 1조**로 실시하여야 합니다.

6

접이식(A형) 사다리는 접히거나 펼쳐지지 않도록 **벌어짐 방지장치(Locking)**를 설치하고 넘어짐 방지를 위해 아웃트리거 등을 설치하여야 합니다.

7

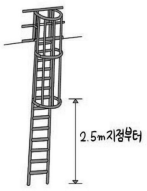
일자형 사다리의 상단은 걸쳐 놓은 부분으로부터 **60cm 이상** 올라가도록 설치하여야 합니다.

8

이동식 사다리를 통로로 설치하는 경우 기울기는 **70도 이하**로 유지하여야 합니다.

9

고정식 사다리의 높이가 7m 이상인 경우에는 바닥으로부터 높이가 2.5m 되는 지점부터 **등받이 울**을 설치하여야 합니다.



10

사다리식 통로의 길이가 10m 이상인 경우에는 **5m 이내 마다 계단참을 설치**하여야 합니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단

- 본 자료는 근로자들이 작업 현장에서 항상 볼 수 있는 장소에 부착하여 주시기 바랍니다 -

V
안전보건 미디어 활용법

안전보건 자료
100배 활용법!
안전보건 자료 찾아보려면
공단 홈페이지 검색
스마트폰으로 자료 찾아보려면
위기탈출 어플 다운로드
인쇄자료 받아보려면
공단 지부 자료전시실 방문

안전보건 자료 찾아보려면
공단 홈페이지를 검색하세요
공단 홈페이지에서 자료를 직접 검색하여 원하는 자료를 찾을 수 있습니다
1 통합검색 2 안전보건자료실 3 e-실무길잡이
http://www.kosha.or.kr
1 통합검색
2 안전보건자료실
3 e-실무길잡이

스마트폰으로 자료 찾아보려면

안전보건 위기탈출 어플을 다운로드 하세요

다양하고 유용한 안전보건 자료를
스마트폰 애플리케이션을 통해
이용하실 수 있습니다

애플리케이션 설치방법

- 안드로이드 폰 : 플레이스토어 접속 〉 안전보건공단 검색 〉 해당 앱 설치
- 애플 아이폰 : 앱스토어 접속 〉 안전보건공단 검색 〉 해당 앱 설치

인쇄자료 받아보려면

공단 산하기관 자료전시실을 방문하세요

공단에서 발간한 다양한 인쇄물, 시청각 자료 등을
산하기관 자료 전시실을 통해 무료로 제공하고 있습니다.
가까운 산하기관에 방문하시면 받아보실 수 있습니다

현장안전을 지켜주는
안전보건 교육자료
근로자용 안전보건 교육자료가 필요하세요?
공단에서 제공하고있는 교재와 교안을 활용해보세요
안전보건 교육 교재
안전보건 교육 교안 (PPT)
거리미화원 및 관련종사자
거푸집작업
안전

외국인용 자료
행복한 근로현장을 만들기!
취약계층을 위한 자료를 활용해보세요
외국인 근로자용 안전보건 자료는 13개 언어로 제공됩니다
중국어, 인도네시아어, 베트남어, 영어(필리핀), 태국어, 방글라데시어, 우즈백어,
몽골어, 파키스탄어, 스리랑카어, 미얀마어, 네팔어, 캄보디아어
보호구 착용은
습관입니다
PHILIPPINES
Safety Guide for
Migrant Workers
UZBEKISTAN
Руководство для безопасной работы
иностранных рабочих

장년·여성근로자용 자료

행복한 근로현장을 만들기!
취약계층을 위한 자료를 활용해보세요

안전의식을 높여주는 포스터, 스티커

근로자의 안전의식을 고취할 수 있도록
안전보건 포스터와 스티커를 제공하고 있습니다

안전의식을 높여주는

리플릿

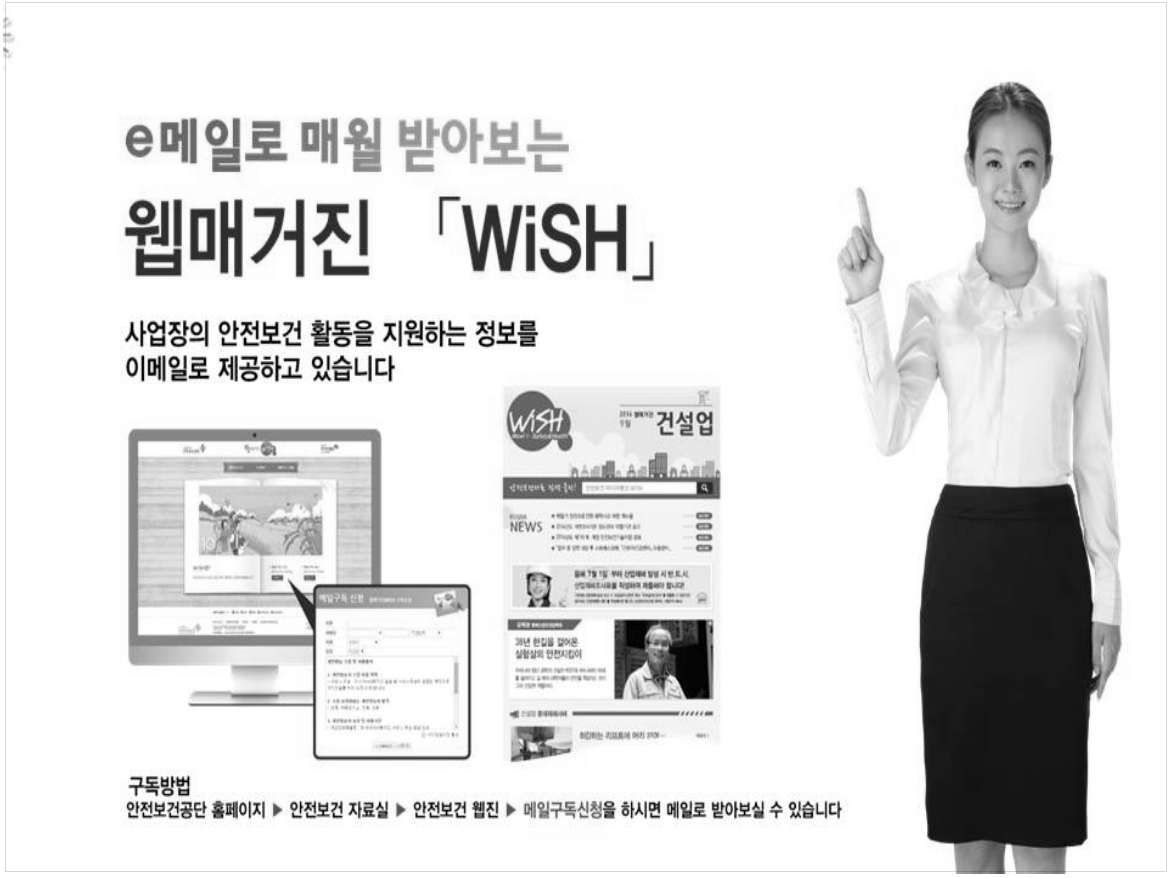
업종별, 기계기구 설비별 안전작업방법, 재해사례 등
핵심 안전보건 정보를 알기쉽게
1~4면 내외로 요약하여 제공하고 있습니다

매월 무료로 받아보는 유용한 정보

월간 「안전보건」

사업장의 안전보건활동을 지원하기 위해 매월 발행되는
무료 정기간행물(인쇄물) 입니다

구독방법
안전보건공단 홈페이지 ▶ 안전보건 자료실 ▶ 월간 안전보건 ▶ 구독신청을 하시면 우편으로 받아보실 수 있습니다


e메일로 매월 받아보는
웹매거진 「WiSH」
사업장의 안전보건 활동을 지원하는 정보를
이메일로 제공하고 있습니다
건설업
NEWS
구독방법
안전보건공단 홈페이지 ▶ 안전보건 자료실 ▶ 안전보건 웹진 ▶ 메일구독신청을 하시면 메일로 받아보실 수 있습니다

보고 듣고 느끼는
시청각 동영상 자료
사업장의 유해위험요인을 근로자가 쉽게 이해할 수 있도록
안전보건 동영상을 제공하고 있습니다
이동식 비계
건설안전체험

보고 듣고 느끼는
시청각 동영상 자료
안전보건 재해사례를 쉽고 재미있게 교육할 수 있도록
애니메이션으로 제공하고 있습니다

맞춤형 업종별 자료
안전보건 실무길잡이
각종재해 상황에 맞춘 알맞는 정보를 찾아보세요
e-실무길잡이가 도와드릴게요
제조업
건설용 금속제품 제조업
기계기구 제조업
식료품 제조업
선박건조 및 수리업
플라스틱 가공제품 제조업 등
서비스업
건물관리업
위생 및 유사서비스업
음식 및 숙박업 등

다운로드 방법

안전보건공단 앱 서비스 제공 안내

안전보건공단 앱 서비스 제공안내

① 사고포착 : 전국 실시간 산업재해 속보 제공
② 다국어회화 : 외국인 근로자와의 의사소통을 위한 13개국 1,300개 문장 제공
③ 응급처치 : 산업현장 및 일상생활 응급상황 대처법 제공
④ 안전점검 : 기계기구 및 작업별 안전보건 점검 체크리스트 제공
⑤ 안전보건미디어 : 재해사례, 전자책, 동영상 등 안전보건 자료 제공
⑥ 건강증진 : 나의 건강수준 평가, 중량물 취급방법, 건강증진센터 안내
⑦ 안전날씨 : 날씨 변화에 따른 산재 위험지수 등 실시간 제공
⑧ 건설업 기초안전보건교육 조회 : 건설업 기초안전보건교육 이수여부 및 교육기관 안내
⑨ 안전보건기술지침 : 15개 분야의 안전보건기술지침 조회
⑩ MSDS 요약정보 : 물질안전보건자료 요약정보 검색
⑪ 바이오리듬 : 개인별 및 그룹별 바이오리듬 제공

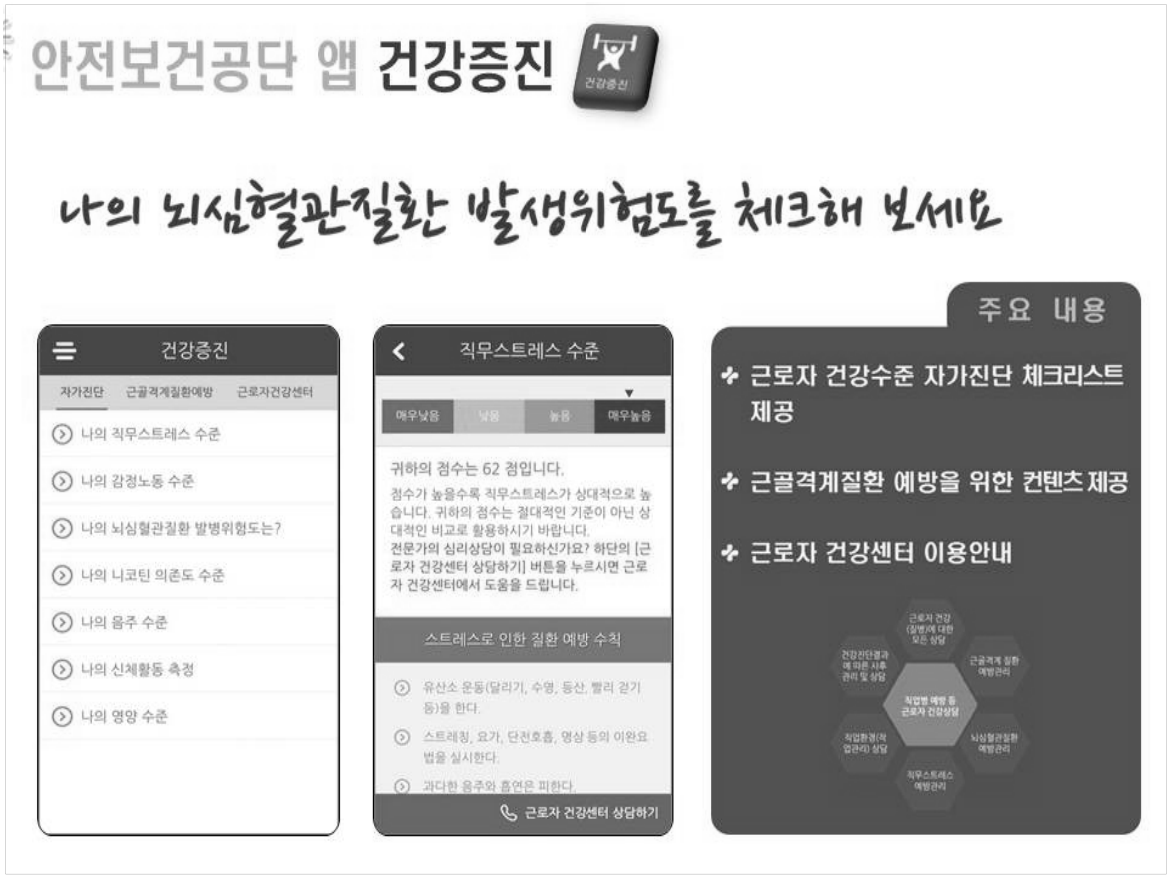
안전보건공단 앱 사고포착
앗! 내 주변에서 이런 사고가 발생한다구요?
사고포착
재해속보
재해사례
현장제보
+ 더보기
대구 도금공장서 화학물질 유출 사고…46명 부상(종합 2보)
창원서 용접작업 근로자 철관에 깔려 숨져
충주 공사현장 크레인서 근로자 3명 추락…2명 사망
부산서 모델하우스 철거작업하던 60대 추락사
화물차량에 적재중이던 레일이 낙하
화물차량에 덮개를 씌우던 중 추락
지게차로 하역중이던 석고보드 붕괴
리치스태커로 이적중인 컨테이너에 협착
공장 내 이동 중 지게차와 충돌
주요 내용
전국 실시간 사고(재해) 속보 제공
재해사례 (재해발생원인 및 재해예방 대책) 제공
안전사고 현장 제보 기능

안전보건공단 앱 다국어회화
이제 외국인과 의사소통 힘들지 않아요~
다국어 회화 Global Talk
기본표현(190)
건강관련(229)
공공장소(167)
여행(178)
안전보건(408)
직장생활(59)
고용(34)
단어(59)
Google 번역기
안전수칙(150)
중량물 작업시 두사람이 하세요
处理重物时，必须两人。
추리 쪼옹우쓰 삐쉬 리앙르언
산소농도를 측정한 후 작업하세요
위험한 화학물질입니다.
담당자만 조작이 가능합니다.
가스 누출 여부를 확인하고 작업하세요
주요 내용
안전보건, 일상생활 등 다양한 상황별 1,300개 회화 문장 제공
13개국 원어민의 정확한 음성 제공
문장 크게보기 기능
处理重物时，必须两人。
추리 쪼옹우쓰 삐쉬 리앙르언

안전보건공단 앱 응급조치
으악! 뱀에 물렸어~ 어떡하지?
응급조치
안전보건공단
긴급상황
기본처치
사고유형
질병유형
상식
신체부위:머리
신체부위:가슴,복부
신체부위:팔,다리
응급조치
안전보건공단
긴급상황
심폐소생술
심장충격기(AED) 사용법
의식이 없는 사람의 처치
호흡불가 환자의 처치(기도폐쇄환자)
주요 내용
다양한 응급상황 대처방법 삽화 제공
뱀에 물렸을 때
독사
일반뱀
생활 속 잘못된 운동법 등 재미있는 응급상식 제공

안전보건공단 앱 안전점검
지게차, 크레인, 사출성형기··· 안전점검 체크리스트가 필요해~
안전보건공단
점검하기
점검결과
공유양식
양식 만들기
지게차 (Forklift) v1.0
주요 내용
기계설비 · 업종 · 주제별 등 점검양식 (체크리스트) 제공
지게차 (Forklift) v1.0
천장크레인(Overhead crane) v1.0
기계프레스(확동클러치형, Positive clutch press) v1.0
유압프레스(Oil-hydraulic press) v1.0
사용자가 직접 점검양식을 만들어 사용할 수 있는 「양식만들기」 기능
점검결과 문서변환 기능

안전보건공단 앱 안전보건미디어
대한민국에서 가장 큰 스마트폰 안전보건 미디어 서재
안전보건 미디어
안전보건정보
전자책
시청각
리플릿(OPL) >
더보기
갱립소 안전작업
목재 건조 설비 안전작업
국소배기장치 안전작업
재해사례 >
화물차량에 적재중이던 레일이 낙하
안전보건도서 >
월간안전보건 >
실무길잡이 >
주요 내용
리플릿(OPL), 재해사례, 웹툰 제공
안전보건도서, 월간지 안전보건, 실무 길잡이 등 전자책 제공
동영상, 애니메이션 등 시청각 미디어 제공


안전보건공단 앱 건강증진
나의 뇌심혈관질환 발생위험도를 체크해 보세요
건강증진
자가진단
근골격계질환예방
근로자건강센터
나의 직무스트레스 수준
나의 감정노동 수준
나의 뇌심혈관질환 발병위험도는?
나의 니코틴 의존도 수준
나의 음주 수준
나의 신체활동 측정
나의 영양 수준
직무스트레스 수준
매우낮음
낮음
높음
매우높음
귀하의 점수는 62 점입니다.
점수가 높을수록 직무스트레스가 상대적으로 높습니다. 귀하의 점수는 절대적인 기준이 아닌 상대적인 비교로 활용하시기 바랍니다.
전문가의 심리상담이 필요하신가요? 하단의 [근로자 건강센터 상담하기] 버튼을 누르시면 근로자 건강센터에서 도움을 드립니다.
스트레스로 인한 질환 예방 수칙
유산소 운동(달리기, 수영, 등산, 빨리 걷기 등)을 한다.
스트레칭, 요가, 단전호흡, 명상 등의 이완요법을 실시한다.
과다한 음주와 흡연은 피한다.
근로자 건강센터 상담하기
주요 내용
근로자 건강수준 자가진단 체크리스트 제공
근골격계질환 예방을 위한 컨텐츠 제공
근로자 건강센터 이용안내

안전보건공단 앱 안전날씨

오늘은 화재지수가 위험이네요. 불조심 하세요

주요 내용

- 현재 위치별 기상정보 제공
- 날씨에 따른 산재 위험지수 및 건강지수 제공

안전보건공단 앱 바이오리듬

바이오리듬으로 안전과 건강을 지키세요

주요 내용

- 나의 신체, 감성, 지성 바이오리듬 제공

- 그룹별 바이오리듬 및 8가지 공동작업의 추천일 제공

VI

공정안전보고서 등 제도 소개

1 공정안전보고서(PSM) 심사 · 확인

법령요지

• **법 제49조의2(공정안전보고서의 제출 등)** ① 대통령령으로 정하는 유해 · 위험설비를 보유한 사업장의 사업주는 그 설비로부터의 위험물질 누출, 화재, 폭발 등으로 인하여 사업장 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 사고로서 대통령령으로 정하는 사고(이하 이 조에서 "중대산업사고"라 한다)를 예방하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 공정안전보고서를 작성하여 고용노동부장관에게 제출하여 심사를 받아야 한다. 이 경우 공정안전보고서의 내용이 중대산업사고를 예방하기 위하여 적합하다고 통보받기 전에는 관련 설비를 가동하여서는 아니 된다.

PSM 제출대상

– (대상) 7개 업종*은 보유설비, 그 외 업종은 21개 화학물질을 규정수량** 이상 제조, 취급 또는 저장하는 설비 · 공정이 설치, 이전 또는 주요구조부분 변경 시

* 7개 업종 : ①원유정제 처리업, ②기타 석유정제물 재처리업, ③석유화학계 기초화학물 또는 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업, ④질소/인산 및 칼리질 비료, ⑤복합비료 제조업(단순혼합 또는 배합에 의한 경우는 제외), ⑥농약제조업(원제제조), ⑦화약 및 불꽃제품 제조업

** 51개 화학물질 및 규정수량

번호	유해 · 위험물질	규정량(kg)
1	인화성 가스	제조 · 취급: 5,000(저장: 200,000)
2	인화성 액체	제조 · 취급: 5,000(저장: 200,000)
3	메틸 이소시아네이트	제조 · 취급 · 저장: 150
4	포스겐	제조 · 취급 · 저장: 750
5	아크릴로니트릴	제조 · 취급 · 저장: 20,000
6	암모니아	제조 · 취급 · 저장: 200,000
7	염소	제조 · 취급 · 저장: 20,000
8	이산화황	제조 · 취급 · 저장: 250,000
9	삼산화황	제조 · 취급 · 저장: 75,000
10	이황화탄소	제조 · 취급 · 저장: 5,000
11	시안화수소	제조 · 취급 · 저장: 1,000
12	불화수소(무수불산)	제조 · 취급 · 저장: 1,000
13	염화수소(무수염산)	제조 · 취급 · 저장: 20,000
14	황화수소	제조 · 취급 · 저장: 1,000
15	질산암모늄	제조 · 취급 · 저장: 500,000
16	니트로글리세린	제조 · 취급 · 저장: 10,000
17	트리니트로톨루엔	제조 · 취급 · 저장: 50,000
18	수소	제조 · 취급 · 저장: 50,000
19	산화에틸렌	제조 · 취급 · 저장: 10,000
20	포스핀	제조 · 취급 · 저장: 50
21	실란(Silane)	제조 · 취급 · 저장: 50
22	질산(중량 94.5% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 250
23	발연황산(삼산화황 중량 65% 이상 80% 미만)	제조 · 취급 · 저장: 500,000
24	과산화수소(중량 52% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 3,500

25	톨루엔디이소시아네이트	제조 · 취급 · 저장: 100,000
26	클로로술폰산	제조 · 취급 · 저장: 500,000
27	브롬화수소	제조 · 취급 · 저장: 2,500
28	삼염화인	제조 · 취급 · 저장: 750,000
29	염화 벤질	제조 · 취급 · 저장: 750,000
30	이산화염소	제조 · 취급 · 저장: 500
31	염화 티오닐	제조 · 취급 · 저장: 150
32	브롬	제조 · 취급 · 저장: 100,000
33	일산화질소	제조 · 취급 · 저장: 1,000
34	붕소 트리염화물	제조 · 취급 · 저장: 1,500
35	메틸에틸케톤과산화물	제조 · 취급 · 저장: 2,500
36	삼불화 붕소	제조 · 취급 · 저장: 150
37	니트로아닐린	제조 · 취급 · 저장: 2,500
38	염소 트리플루오르화	제조 · 취급 · 저장: 500
39	불소	제조 · 취급 · 저장: 20,000
40	시아누르 플루오르화물	제조 · 취급 · 저장: 50
41	질소 트리플루오르화물	제조 · 취급 · 저장: 2,500
42	니트로 셀룰로오스(질소 함유량 12.6% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 100,000
43	과산화벤조일	제조 · 취급 · 저장: 3,500
44	과염소산 암모늄	제조 · 취급 · 저장: 3,500
45	디클로로실란	제조 · 취급 · 저장: 1,500
46	디에틸 알루미늄 염화물	제조 · 취급 · 저장: 2,500
47	디이소프로필 퍼옥시디카보네이트	제조 · 취급 · 저장: 3,500
48	불산(중량 1% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 1,000
49	염산(중량 10% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 20,000
50	황산(중량 10% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 20,000
51	암모니아수(중량 10% 이상)	제조 · 취급 · 저장: 20,000

〈비고〉

1. 인화성 가스란 인화한계 농도의 최저한도가 13퍼센트 이하 또는 최고한도와 최저한도의 차가 12퍼센트 이상인 것으로서 표준압력(101.3 ㎪)하의 20℃에서 가스 상태인 물질
2. 인화성 액체란 표준압력(101.3 ㎪)하에서 인화점이 60℃ 이하이거나 고온 · 고압의 공정운전조건으로 인하여 화재 · 폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질
3. 인화점의 수치는 타구밀폐식 또는 펜스키말테식 등의 인화점 측정기로 표준압력(101.3 ㎪)에서 측정한 수치 중 작은 수치
4. 유해 · 위험물질의 규정량이란 제조 · 취급 · 저장 설비에서 공정과정 중에 저장되는 양을 포함하여 하루 동안 최대로 제조 · 취급 또는 저장할 수 있는 양
5. 규정량은 화학물질의 순도 100퍼센트를 기준으로 산출하되, 농도가 규정되어 있는 화학물질은 해당 농도 기준
6. 두 종류 이상의 유해 · 위험물질을 제조 · 취급 · 저장하는 경우에는 해당 유해 · 위험물질 각각의 제조 · 취급 · 저장량을 구한 후 다음 공식에 따라 산출한 값 R이 1 이상인 경우 유해 · 위험설비로 봄. 이때 동일한 유해 · 위험물질을 제조 · 취급 · 저장하는 경우 각각의 양을 모두 고려

$$R = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \cdots\cdots\cdots\cdots + \frac{C_n}{T_n}$$

주) C_n : 위험물질 각각의 제조 · 취급 · 저장량, T_n : 위험물질 각각의 규정량

※ PSM보고서 구성 내용

①공정안전자료 ②공정위험성 평가서 ③안전운전 지침서 ④설비점검 · 검사 · 유지 · 보수계획 ⑤안전작업 허가 ⑥하도급업체 관리 ⑦근로자 교육 ⑧가동전 점검 ⑨변경요소 관리 ⑩자체감사 ⑪사고조사 ⑫비상조치계획

② 유해 · 위험방지계획서 심사 · 확인

법령요지

• **법 제48조(유해 · 위험방지계획서의 제출 등)** ① 대통령령으로 정하는 업종 및 규모에 해당하는 사업의 사업주는 해당 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물 · 기계 · 기구 및 설비 등 일체를 설치 · 이전하거나 그 주요 구조부분을 변경할 때에는 이 법 또는 이 법에 따른 명령에서 정하는 유해 · 위험 방지 사항에 관한 계획서(이하 "유해 · 위험방지계획서"라 한다)를 작성하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 고용노동부장관에게 제출하여야 한다.

유해 · 위험방지계획서 제출대상

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">제 출 대 상</th></tr>
<tr><td>업종에 의한 대상</td><td colspan="2">▶ 전기계약용량 300kW 이상인 한국표준산업분류표(9차, 2007년)의 13대 업종으로써 제품생산 공정과 직접적으로 관련된 건설물 · 기계 · 기구 및 설비 등 일체를 설치 · 이전 또는 전기정격용량 100kW이상 증설 · 교체 · 개조 · 이설하는 경우(업종은 공장등록증 확인)
<table>
<tr><th>업종코드</th><th>업종명(중분류)</th><th>업종코드</th><th>업종명(중분류)</th></tr>
<tr><td>10***</td><td>식료품 제조업</td><td>261**</td><td>반도체 제조업</td></tr>
<tr><td>16***</td><td>목재 및 나무제품 제조업</td><td>262**</td><td>전자부품 제조업</td></tr>
<tr><td>20***</td><td>화학물질 및 화학제품 제조업</td><td>29***</td><td>기타 기계 및 장비 제조업</td></tr>
<tr><td>22***</td><td>고무제품 및 플라스틱제품 제조업</td><td>30***</td><td>자동차 및 트레일러 제조업</td></tr>
<tr><td>23***</td><td>비금속 광물제품 제조업</td><td>32***</td><td>가구 제조업</td></tr>
<tr><td>24***</td><td>1차 금속 제조업</td><td>33***</td><td>기타 제품 제조업</td></tr>
<tr><td>25***</td><td colspan="3">금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)</td></tr>
</table>
* 비금속 광물제품 제조업(23***), 금속가공제품 제조업(25***) ['09.2.1 이후 적용]
* 화학물질 및 화학제품 제조업(20***), 반도체 제조업(261**), 전자부품 제조업(262**) ['14.9.13 이후 적용]
* 상기 외 8개 업종 [2012.7.1이후 적용]</td></tr>
<tr><td rowspan="6">설비에 의한 대상 (모든업종, '09.2.1 이후 적용)</td><td>용해로</td><td>▶ 3톤 이상 금속 또는 비금속광물 용해로를 설치 · 이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우</td></tr>
<tr><td>화학설비</td><td>▶ 안전보건규칙 별표1의 위험물질을 안전보건규칙 별표9 기준량 이상을 저장 · 제조 · 취급하는 「안전보건규칙」제273조에 따른 "특수화학설비"를 설치 · 이전하거나 생산량 증가, 원료 · 제품 변경을 위해 교체 · 변경 · 추가하는 경우</td></tr>
<tr><td>건조설비</td><td>▶ 유기화합물 건조, 인화성증기 · 가연성가스 발생, 건조시 가연성 분진이 발생하는 연료 최대 사용량이 매시간당 50킬로그램 이상 또는 최대소비전력이 50킬로와트 이상인 건조설비를 설치 · 이전하거나 열원의 종류를 변경하는 경우</td></tr>
<tr><td>가스집합 용접장치</td><td>▶ 인화성가스 집합량이 1,000kg이상인 고정식 가스집합 용접장치를 설치 · 이전하거나 가스집합용량, 주관의 구조를 변경하는 경우</td></tr>
<tr><td rowspan="2">국소배기 전체환기 밀폐설비</td><td>▶ 안전검사 대상 물질 49종을 제거하는 국소배기장치(이동식 제외), 전체환기장치 및 밀폐설비를 설치 · 이전하거나 설비의 추가, 변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우: 배풍량 60m^3/min 이상</td></tr>
<tr><td>▶ 안전검사 대상물질 49종 이외의 허가대상, 관리대상물질 사용 또는 분진작업장소에 국소배기장치(이동식제외), 밀폐설비 및 전체환기장치를 설치 · 이전하거나 설비의 추가, 변경으로 인하여 후드 제어풍속 감소 또는 배풍량이 증가하는 경우 : 배풍량 150m^3/min 이상</td></tr>
</table>

☞ **(전기계약용량 판단법)**
(1) 전기사용계약서(6kW이상), 전기사용계약변경신청서, 사용설비내역서 등을 통해 전기계약용량 300kW 사용 여부를 확인
(2) 각 설비별 판단법을 활용하여 대상여부 확인

본 자료에 관하여 궁금한 사항은 한국산업안전보건공단 본부 산업안전실로 문의하시기 바랍니다.
(전화 : 052-703-0617)

이 자료는 한국산업안전보건공단의 허락 없이 타기관에서 부분 또는 전부를 복사, 복제, 전제하는 것은 저작권법에 저촉됩니다.

화학물질 취급사업장의

화재·폭발·누출 사고 예방 길잡이

발행일 2016년 3월 발행
발행인 한국산업안전보건공단 이사장 이 영 순
발행처 한국산업안전보건공단 산업안전실
주 소 안전보건공단
울산광역시 중구 종가로 400(북정동)
Tel 052.7030.617
홈페이지 www.kosha.or.kr
인쇄처 대일인쇄(주) 052-260-3110