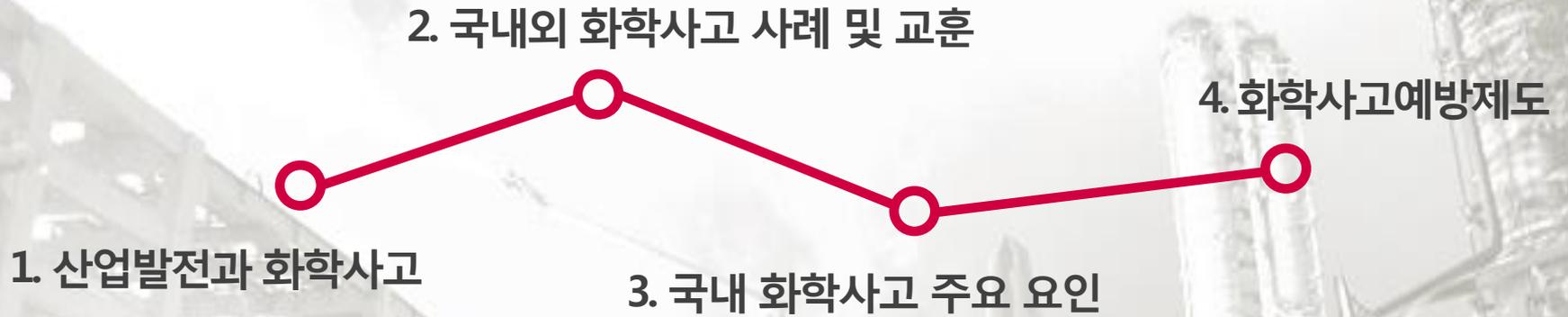


# 대형화학사고 현황과 예방.대응

주 종 대



# Index





# 1. 산업발전과 화학사고

---

# 한국의 국가 경쟁력 비교

## 국가경쟁력 평가

 **25위**

(스위스 국제경영개발연구원 평가)

### 한국 국가경쟁력 추이



### 2015 IMD 국가경쟁력 순위

- 1위  미국
- 2위  홍콩
- 3위  싱가포르
- 4위  스위스
- 5위  캐나다



## ● 주요 국내산업 경쟁력 종합평가

	경쟁력		세계시장 지배력
	가격	비가격	
조선	최상위	상위	최상위
자동차	상위	상위	중위
컴퓨터	중위	상위	중위
통신기기	상위	상위	상위
가전	중위	상위	중위
반도체	중위	상위	상위
철강	중위	중위	중위
석유화학	중위	중위	중위
섬유	중위	중위	중위

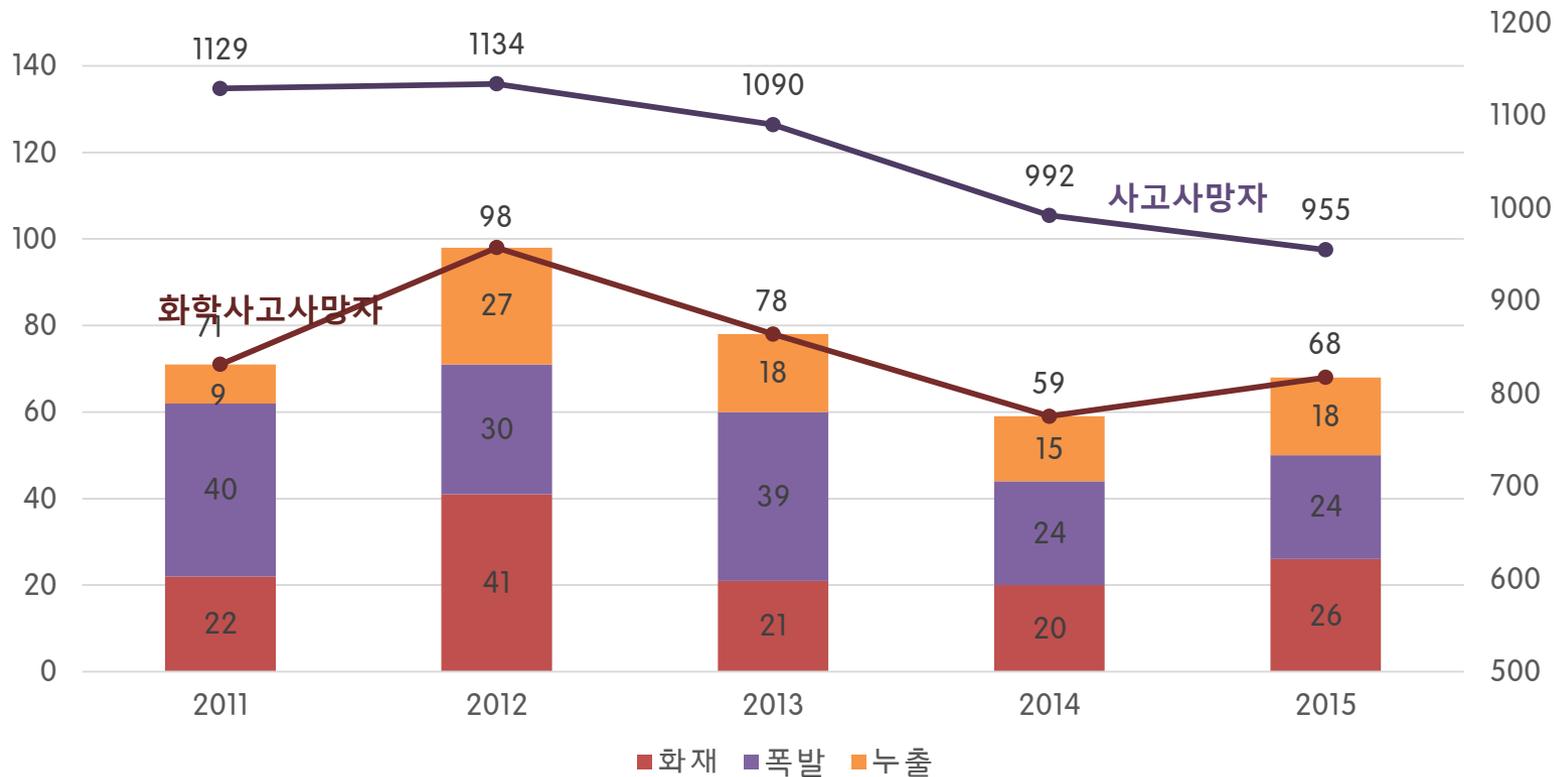
(신은경제연구소 제공)

# 국내.외 주요 화학사고 발생현황

사고 사례	발생 장소	피해 규모
세베소 다이옥신 누출사고(76)	TCB사(이탈리아)	22만명 병원치료
보팔 MIC 누출사고(84)	유니온카바이트(인도)	10,000명 사망
페맥스 LPG저장소 폭발사고(84)	페맥스(멕시코)	144명 사망
필립스공장 헥산 누출사고(89)	필립스(미국)	148명 사상
00화학 여수공장 ABS압출기 폭발사고(89)	00화학(여수)	39명 사상
낙동강 페놀 유출사고(91)	00전자(구미)	낙동강 오염
00000 MEK반응기 폭발(00)	00000(여수)	25명 사상
00000 불화수소 누출(12)	00000(구미)	5명 사망, 농작물 피해
00산업 사일로 폭발(13)	00산업(여수)	6명 사망, 11명부상
000 저유소 화재(14)	000 (인천)	1명 사망
000 독성물질 누출 사고(15)	000(군산)	1명 부상, 농작물 피해
00케미칼 환경설비 폭발사고(15)	00케미칼(울산)	6명 사망

# 국내 화학사고(화재, 폭발 및 누출)의 추이

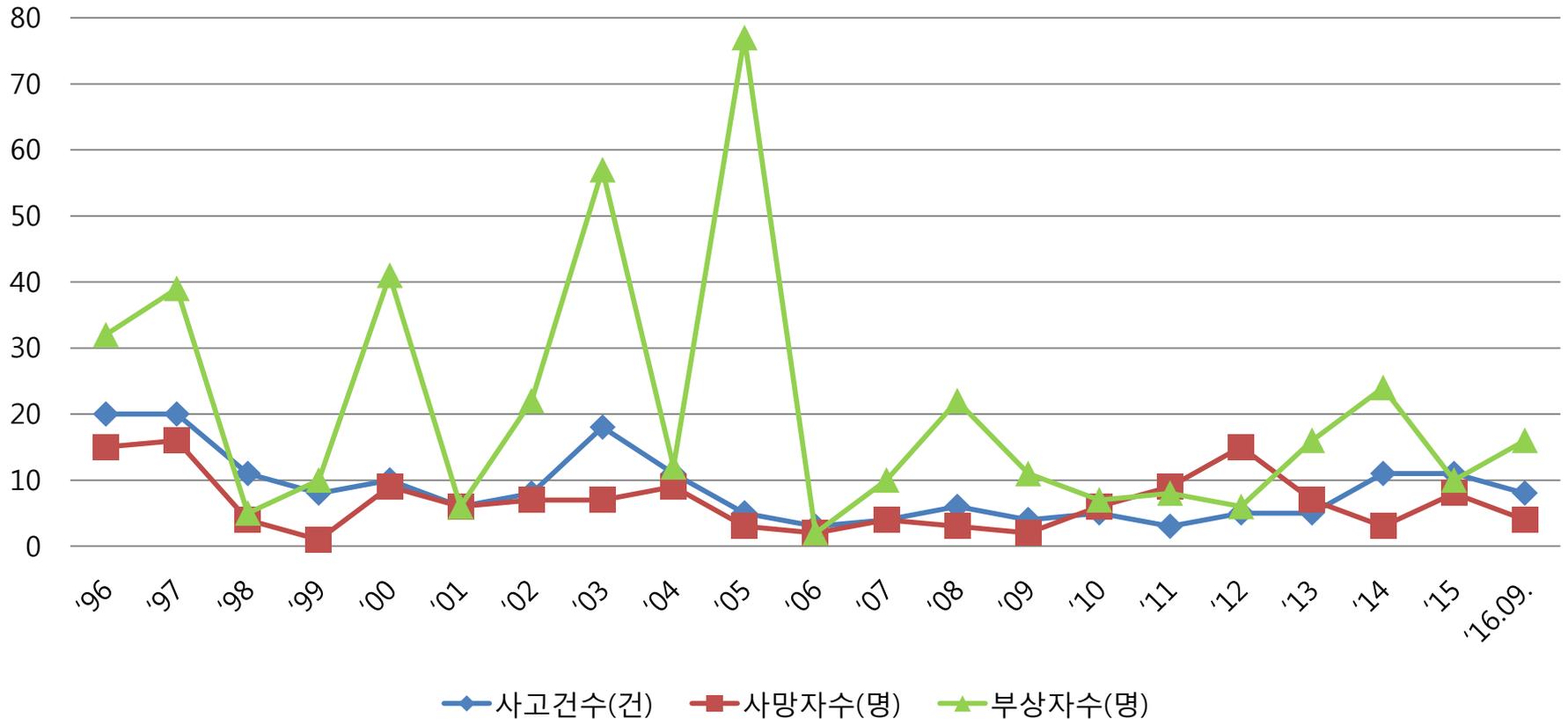
- 최근 5년간 화학사고 사망자는 평균 75명(전체 사고사망자는 평균 1,060명)
- 사망자 추이 : 98명('12년) → 78명('13년) → 59명('14년) → 68명('15년)



\* 출처 : '15년 고용부 산재통계

# 국내 중대산업사고 발생 추이

- 중대산업사고 추이 : 5건('12년)→5건('13년) → 11건('14년) → 11건('15년)
- ※ '14년부터 PSM 대상 확대 및 중대산업사고 정의 변경(화재폭발 또는 위험물 누출로 부상 1명 이상)으로 관리범위 확대



\* 출처 : '15년 고용부 중대산업사고통계



## 2. 국내외 화학사고 사례 및 교훈

---

# 국내 화학사고 사례(1)

## 경북 구미 산업단지 ○○글로벌 불화수소 누출

'12. 9. 27

### 사고개요

액상 HF(99.7%)를 탱크로리(21톤)로 저장탱크에 충전 준비 중 밸브가 개방되어 누출

### 피해규모

- 5명 사망 / 18명 부상, 8톤 누출 및 확산,
- 인근 주민 1,000명 대피(반경 1.5km),
- 6개 초등학교 휴교령,
- 멜론, 포도, 대추 등 과실밭 농작물 피해,
- 인근공장 생산차질 200억원 등 특별재난지역 선포

### 사고원인

- Human Error 유발 밸브 설치,
- HF 하역 설비에 적합한 설비 미흡, 안전절차 미준수,
- 개인보호구 미착용, 비상조치계획 미흡
- 각 부처간 소통 및 지역 비상대응 미수립



불화수소 누출 모습

# 국내 화학사고 사례(1)

## 경북 구미 산업단지 ○○글로벌 불화수소 누출

'12. 9. 27

### 사고교훈

- 화학사고가 국가적 관심사로 부각
- 대형 사고 시 Control Tower, 비상 정보 공유 및 주민 소통 강화 계기
- 유해물질 사용 소규모 사업장 대한 사각지대 해소방안 강구
- 공장설계 단계부터 전문가 검토
- 공장운전 시 안전보건경영시스템 정착
- 개인보호구, 안전교육, 안전수칙 준수



# 국내 화학사고 사례(2)

## 경기 화성 ○○전자 불산 누출

'13. 1. 28/5. 4

### 사고개요

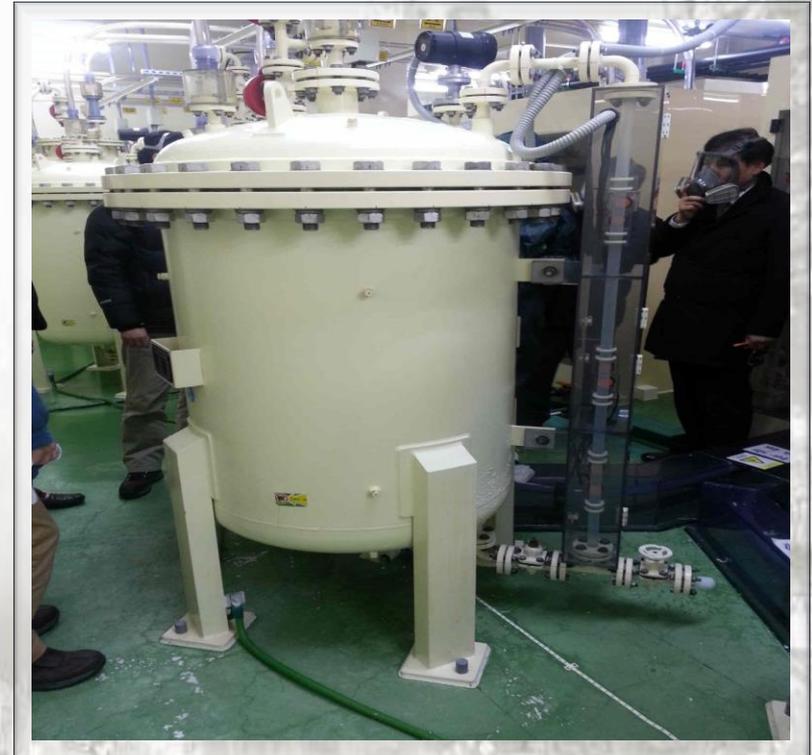
○○전자 하청업체인 (주)○○서비스 소속 근로자가 반도체 제조공장 화학약품중양공급실에서 불산(50% 수용액) 차단밸브 수리작업 중 불산 누출 (동일장소 반복 발생)

### 피해규모

- 1차 : 사상자 5명(사망 1, 부상 4)
- 2차 : 부상자 3명 발생

### 사고원인

- 불산증기 배기조치 미흡
- 적정보호구 미착용 등의 안전조치 소홀
- 원하청간 소통부재, 협력업체 관리 소홀



# 국내 화학사고 사례(3)

## 전남 여수 ○○산업 HDPE 사일로 폭발사고

'13. 3. 14

### 사고개요

고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 공장내 정비보수기간 중 HDPE 저장 사일로에서 맨홀 설치작업 중 용접 불꽃에 의한 가연성 분진 폭발 사고 발생

### 피해규모

- 6명 사망, 11명 부상/ 저장 사일로 4기 파손
- 공장 가동 손실 약 1,600억원

### 사고원인

- 저장 사이로내 가연성 분진제거 미흡
- 용접 중 보수 협력업체 관리 미흡
- 작업에 대한 위험정보 공유 부재
- 용접 전 분진 농도 미측정
- 정비보수 시 안전관리 계획 미흡



# 국내 화학사고 사례(4)

## 울산 ○○정유공장 원유 누출사고

'14. 4. 4

### 사고개요

부상지붕형 원유저장탱크(FRT)에서 탱크 동체하부에 설치된 믹서 임펠러의 날개깃이 파손과 믹서의 지지부분(볼트)이 파손되어 축이 이탈되면서 탱크에 저장된 원유가 대량(약 2.4만 m<sup>3</sup>) 유출

### 피해규모

- 인명피해없음 / 탱크1기 파손, 토양오염

### 사고원인

- 설비 제작 결함
- 임펠러 날개깃 파손에 대한 검토 미흡
- 방유제 관통부 등의 밀봉조치 미흡
- 방유제 내부의 구매 부적절



# 국내 화학사고 사례(5)

## 울산 ○○케미칼 환경설비 폭발사고

'15. 7. 3

### 사고개요

'15년 7월 3(금) 9:16경 울산시 소재 ○○케미칼 폐수처리장 고농도 폐수집수조 상부에서 폐수 및 악취제거 환경설비 증설공사를 위해 폐수 이송배관 연결 작업(화기작업 등) 중 폐수집수조 내부에서 폭발 발생함.

### 피해규모

- 환경설비 공사 협력업체 근로자 6명 사망
- 집수조(800m<sup>3</sup>) 상부 콘크리트 구조물 전파

### 사고원인

- 공정 폐수 집수조내 폭발성 분위기 형성 인지 소홀
  - 인화성 증기 제거 조치 미흡(송풍기 미가동)
- 폭발위험장소 상부에서 화기 작업(용접, 철재 절단)
- 안전부서의 역할 부족(안전작업허가시 안전조치 미확인)
- 위험작업에 대한 정보 공유 부족(협력업체 등)
- 변경관리 시 위험성 평가 소홀



# 국외 화학사고 사례(1)-미국

## 미국 BP 정유공장 폭발·화재 사고

'05. 3. 23

### 사고개요

미국(Texas city) BP 정유공장 Isomerization unit에서 시운전 중 인화성 액체가 Blow down으로 분출되어 VCE 및 화재 발생([www.csb.gov](http://www.csb.gov))

### 피해규모

- 15명 사망 / 180명 부상/4만3천명 주민 격리,  
반경 1km 주택 피해
- 재산손실 15억 달러(추정)

### 사고원인

- 운전원 실수(밸브 잠금 망각)로 과압 발생으로 릴리프 시스템으로 인화성 액체 방출
- 설계잘못 : 압력게이지 및 릴리프시스템
- 작업자용 트레일러 위치 통제 미흡
- 합병등으로 인한 안전투자 부족
- 공정안전리더쉽 및 공정안전문화 미흡



# 국외 화학사고 사례(2)-영국

## 영국 Bunfeild 저유소 폭발·화재 사고

'05. 12. 11

### 사고개요

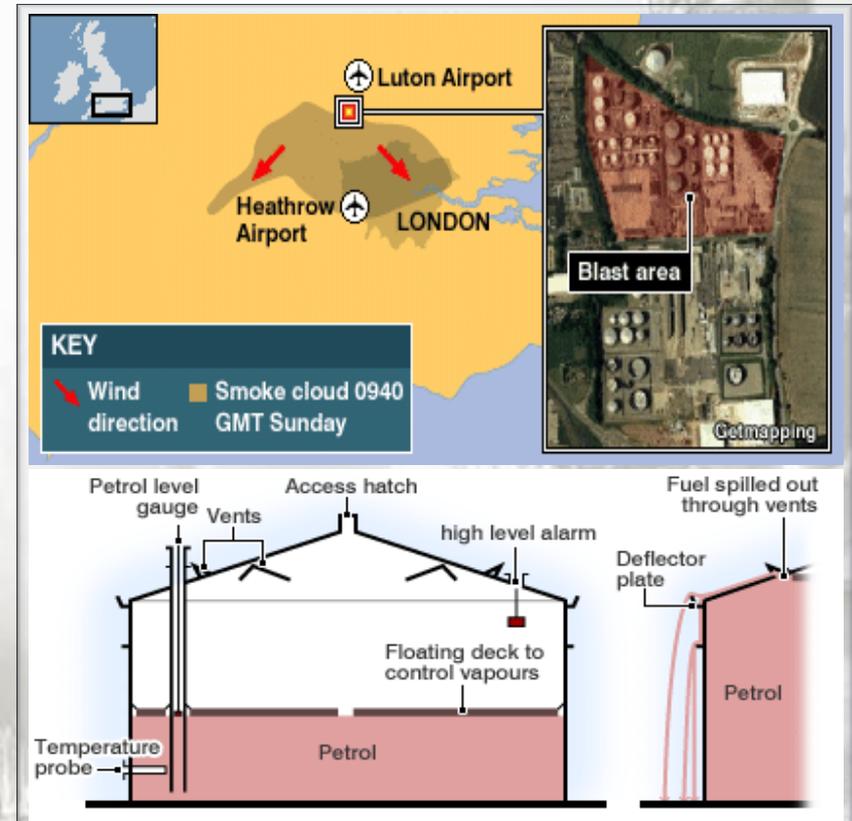
영국(Buncefield 시) Hertfordshire저유소(HOSL) 에서 가솔린 저장탱크의 overflow에 의한 유증기 확산으로 인한 VCE 폭발 후 화재사고 발생, 3일간 화재 지속

### 피해규모

- 43명 부상/반경 3km내 300개 주택 파손, 2천여명 대피, 지진 2.4규모
- 28개 탱크 중 22개 전파, 환경파괴 심각

### 사고원인

- 과충전 방지 장치의 고장 방치
- 운전원의 현장 patrol 미흡
- 방유제 관리 미흡(파손 방치)
- 소화설비 파손으로 인한 초기 대응 미흡
- 연기에 의한 대기오염 및 포소화약제로 인한 수질오염



# 국외 화학사고 사례(3)-일본

## 일본 지바현 석유화학공장 화재사고

'11. 3. 11

### 사고개요

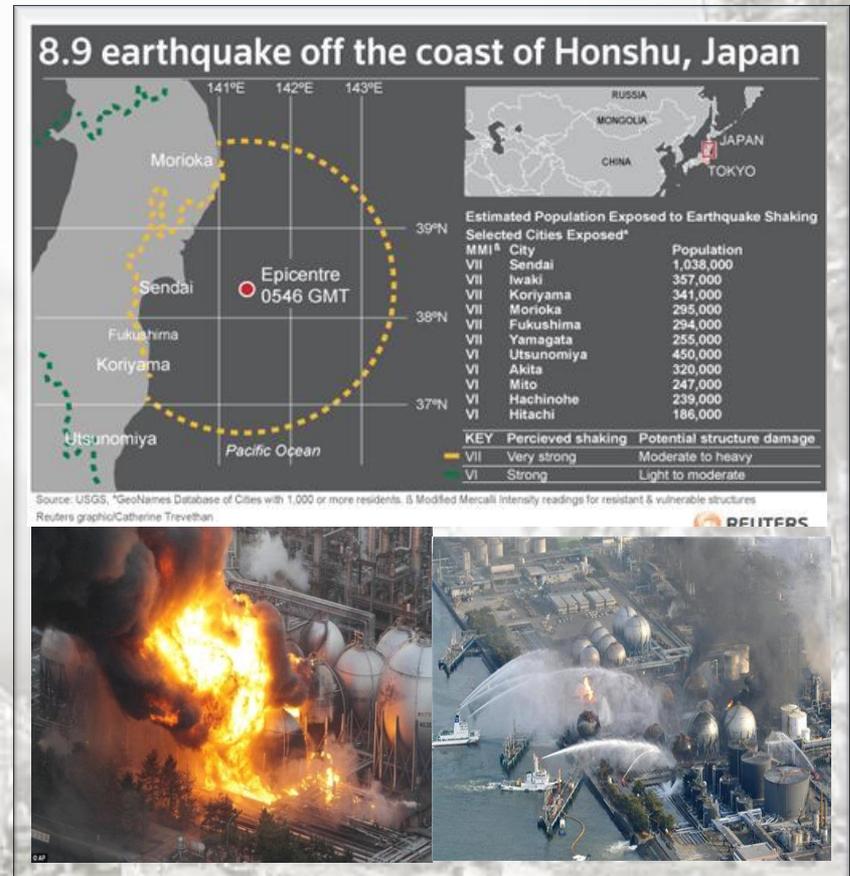
일본 혼슈지방 지진(규모 8.9)여파로 인접 지바현 정유 및 석유화학공장의 LPG 탱크에서 1차 인화성 증기가 누출된 화재가 발생하여 10일간 화재 지속

### 피해규모

- 1명 부상/5명 경미한 부상
- 20개 단위 석유화학공장 정지

### 사고교훈

- 육상뿐만 아니라 해상에서 진화작업
- 인접 정유공장의 소방요원 지원

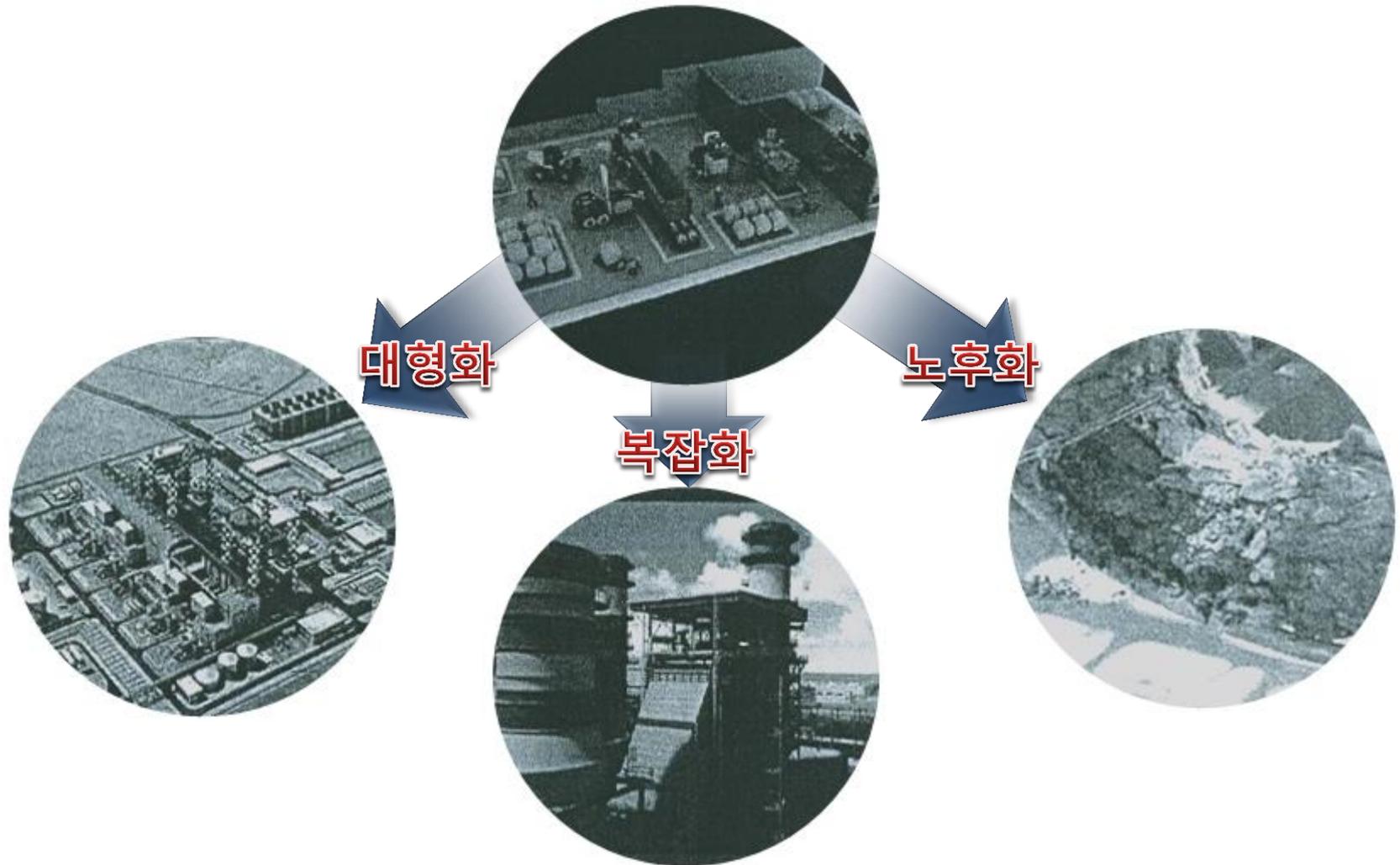




### 3. 국내 화학사고 주요 요인

---

## 화학공장의 특성과 변화



## 화학공장의 특성과 변화

국내 유통 화학물질

4만 3천여종

- 유독물질 : 666종 (벤젠, 페놀 등)
- 사고대비물질 : 69종 (파라-옥틸페놀 등)
- 취급제한물질 : 46종 (사염화탄소 등)
- 금지물질 : 27종 (PCB 등)

신규 화학물질

연간 400여종

- 유통량 : 104 백 만톤
- 취급업체 : 9,000여 개소

# 최근 화학사고의 발생경향 및 문제점

## 1. 관리 소홀 업종(건설공사) 및 작업(철거작업)에서 발생

※ 최근 5년간 화학사고에 의한 사망자 412명 중 11%만 중대산업사고

## 2. 화학물질 정보 전달 부재에 따른 사고 발생

※ 정비보수, 철거, 폐기물 회수 재상작업 시

## 3. 위험 작업의 외주화에 따른 사고 다수 발생

– 원청업체보다 협력업체 작업자 피해 발생

## 4. 중소 회분식 반응기 보유 사업장에서 다수 발생

※ 매년 평균 10건의 폭발화재 사고 발생

## 5. 전문 기술 Knowhow 부재에 따른 사고 발생

– 공무 및 안전 등 지원부서의 outsourcing 일반화

# 화학사고 예방 대책

1. 제조업 중심 예방에서 건설·서비스·창고업 및 철거작업 등 비일상작업에도 관심(전담제 및 위험경보제 강화)
2. 작업자(하청업체 포함)에게 철저한 위험정보 전달 및 안전 교육 실시
3. 발주자 및 원청업체의 책임 강화(산업안전보건법 개정 작업 중)
  - CEO의 공정안전리더십이 매우 중요
  - 공사기간 연장, 발주자 및 원청업체 벌칙 강화
  - 도급인가 대상 확대, 위험작업 재하도급 금지(안)
4. 회분식 반응기 사업장 집중 예방
  - 정전기제거 및 전용 원료 투입장치, 접지 및 대전 방지조치
  - 위험성평가 기반, 반응폭주 대책, 자동화 운전 등
5. 운전원 및 공무 담당자 능력 향상 필수불가결
  - 운전, 검사·정비 기술 Knowhow 전수

A faded background image of an industrial facility. On the left, a large building with a complex steel frame is visible. In the center and right, several tall, cylindrical smokestacks or chimneys rise into the sky, with thick plumes of white smoke or steam being emitted from them. The overall scene is hazy, suggesting a large-scale industrial operation or a site affected by an event.

## 4. 화학사고 예방 제도

# 화학사고예방 관련제도 도입경과



- **EPCRA** : Emergency Planning and Community Right- to-Know Act
- **OSHA** : Occupational Safety and Health Act
- **PSM** : Process Safety Management
- **RMP** : Risk Management Plan

# 화학사고예방 제도 비교

구분	한국	일본	영국	미국	독일
관계 법규	산업안전보건법 (법 49조의2)	석유화학 콤비나트법	중대산업사고 예방 규칙('15) (COMAH)	산업안전보건 특별법 (29 CFR 1910.119)	중대산업사고 예방법령 (12 Blm Sch V)
적용	.기준량 이상의 51종 위험물질 취 급설비 및 원유정 제 처리업 등 8개 업종	.석유화학단지내 의 석유화학업체 에 적용	.기준량 이상의 41종 위험물질 및 13개 그룹물 질 취급설비	.기준이상의 136종 위험물질, 10,000 lbs 이상의 가연성 물질 취급 설비	.연방누출방지법 적용설비로써, 기준이상 332종 취급설비
작성 내용	.공정안전자료 .공정위험성 평가서 .안전운전계획 .비상조치계획	.공정안전보고서 제출의무 없음	.유해위험물질 자료 .공정설비 관련자료 .안전관리조직 자료 .잠재적인 중대사고 에 관한 정보	.공정안전자료 .공정위험성평가서 .안전운전계획 .비상조치계획	.유해위험물질자료 .위험설비 안전에 관한 기술자료 .위험원 관련자료 .잠재적 중대사고정보

# EU의 화학사고예방제도 발전

## '76년 Seveso 사고, ICMESA공장 Dioxin 누출 계기

EC Major Hazard  
Directive 82/501제정

Seveso II Directive  
Directive 1996 제정

Seveso III Directive  
Directive 2012.7 제정

### '82년 세베소 I 지침 제정

- 공정설비 6종, 저장탱크설비 9종
- 178개 물질 기준량

### '96년 세베소 지침 II 제정

- 24개월 이내에 자국법에 반영
- 정량적 위험성평가 강화
- 토지이용계획 수립

### '12년 세베소 지침 III 제정 (15.6월 시행)

- 화학물질의 위험기반분류 체계 도입
- EU Regulation on Classification, Labeling and Packaging of substances(CLP)
- 주민에 취급물질 공고 및 참여 강화

# 한국의 PSM제도 변천 과정

'95. 1. 5.

(제정) 산업안전보건법에 도입 → 본격시행('96. 1. 1.)  
'97. 5. 16. 합성수지제조업 업종 추가

'00. 1. 7.

(완화) 5년 주기의 공정안전보고서 재제출·재심사 규정 폐지  
공정안전보고서 재제출·재심사 제도 폐지 결정(규제개혁위원회, '99년 6월)  
※ 보고서 변경사유 발생시에만 보완·비치토록 규제완화

'05. 3. 31.

(강화) 공정안전보고서 이행상태평가 제도 도입

4년 주기의 이행상태평가 제도 도입 및 이행상태를 평가한 결과, 보완상태가 불량한 경우 공정안전보고서 재제출(제49조의2 제8항)

'14. 1. 1.

(강화) 공정공정안전보고서 제출대상 사업장 규모 확대

기존 5인 이상 사업장 → 전 규모 사업장으로 확대 시행

'14. 9. 13.

(강화) 공정공정안전보고서 제출대상 물질 확대

유해·위험물질 21종 → 51종으로 확대

'16. 8. 18.

(강화) 고시개정(이행상태평가 기준 세분화 97 → 162항목)

# 한국의 PSM사업장 수 및 등급 구분 추이

## ▶ 제출대상 사업장 규모 확대

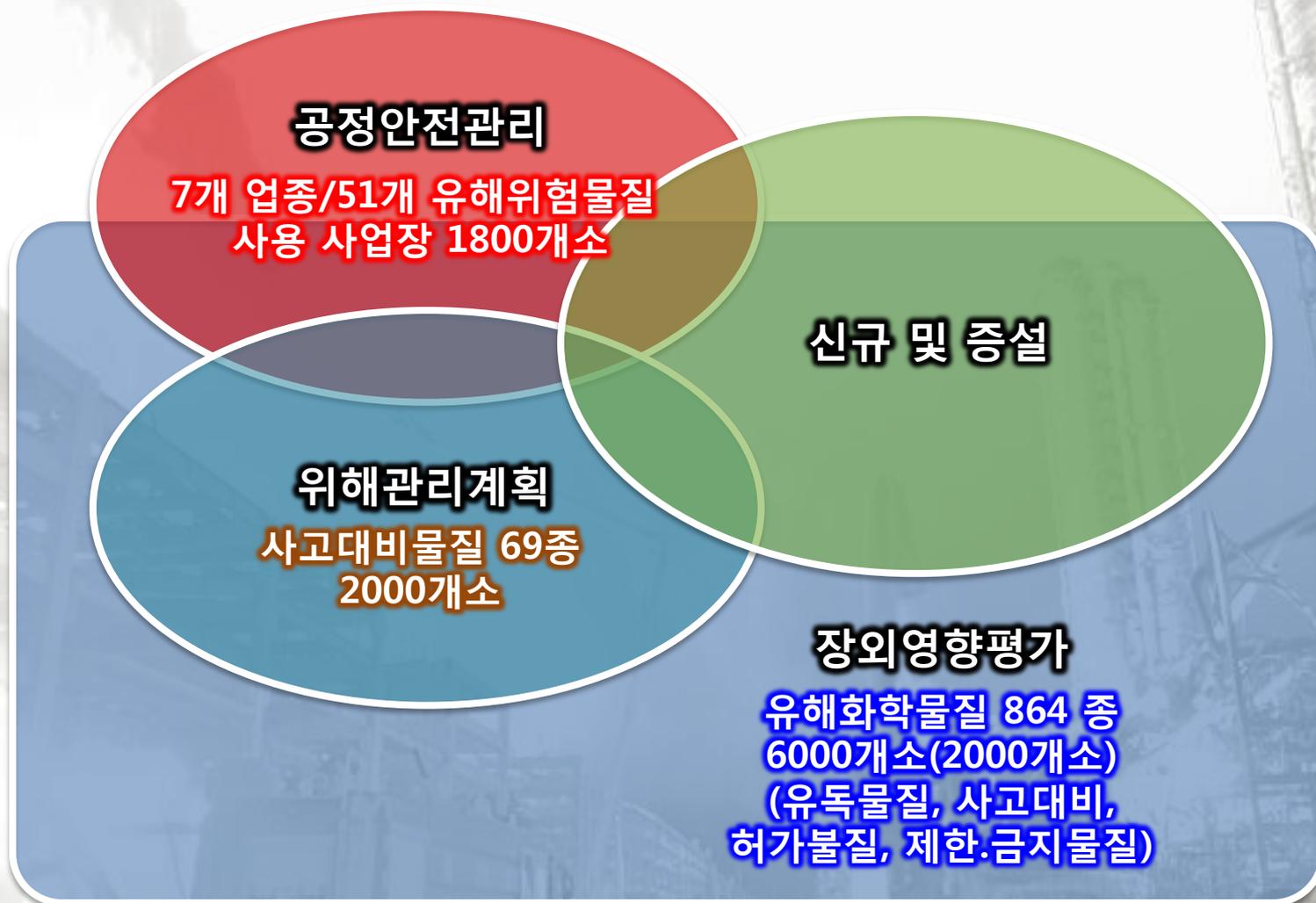
- 5인 이상 사업장 → 전 규모 사업장(시행 '14.1.1.)

## ▶ 제출대상 화학물질 확대

- 21종 → 51종으로 확대(시행 '14.9.13.)



# PSM 공정안전관리/위해관리계획/장외영향평가 대상





# 참고 : 중국의 화학사고 대응 체계

## 중국의 화학사고 예방 활동

**01** 2011년 현재 중국내 28,515 개소 석유화학공장 운전 중으로 총 수입은 약 1.8조달러로 GDP의 약 24% 정도임.

- 지난 10년 화학사고가 300건 이상 발생하여, 2007년에 비상조치계획에 관한 법 제정
- 각 화학공장별로 비상조치계획을 수립하고, 주기적으로 비상훈련 실시
- 15개 석유화학 사업 : 주요 감독 대상(2009년부터), 60개 화학물질 사용업체 등록
- 지난 15년간 30개의 화학공장 전용 공단 운전(189개 사업장)
- 화학사고는 2005년 후 꾸준히 감소하나, 2011년 50건 이상 발생, 120명 이상 사망함.
  - . 환경 피해 사고는 2011년 106건 발생하고(화학공장에서 30% 발생)
  - . 중대사고는 50건의 약 30% 정도, 환경오염 대비를 위한 경보발령은 약 120건 정도임.

## 중국의 화학사고 예방 활동

### 02 공정안전관리 제도 도입

- 2010년에 PSM standard 도입(미국, EU, 한국과 유사), 12 개 실행 요소 등  
. 2012년 8월 7일 위험성 평가 제도를 도입하여 매 5년마다 실시
- 2011년부터 “화학사고 보고에 관한 법”이 제정되어 중대사고가 보고됨.
- 경제 발전에 따라 화학사고 예방 대비 대응전략이 필요
- PSM 시스템 조속 정착 필요
- 국제기구 및 전문가의 도움이 필요
- 환경오염 예방을 위한 의식 고취 필요

감사합니다 !



주종대 ; [chemsafe@hanmail.net](mailto:chemsafe@hanmail.net)