



21세기 에너지 및 화학공정 안전의 현재와 미래
- 기업의 **Leadership**을 위한 선도적 **HSE** 기술의
현황과 미래

2012. 04. 26.

윤 인 섭

서울대학교 화학생명공학부 교수
한국안전전문기관협의회 회장



목차



❖ 개요

❖ 안전기술의 새로운 패러다임

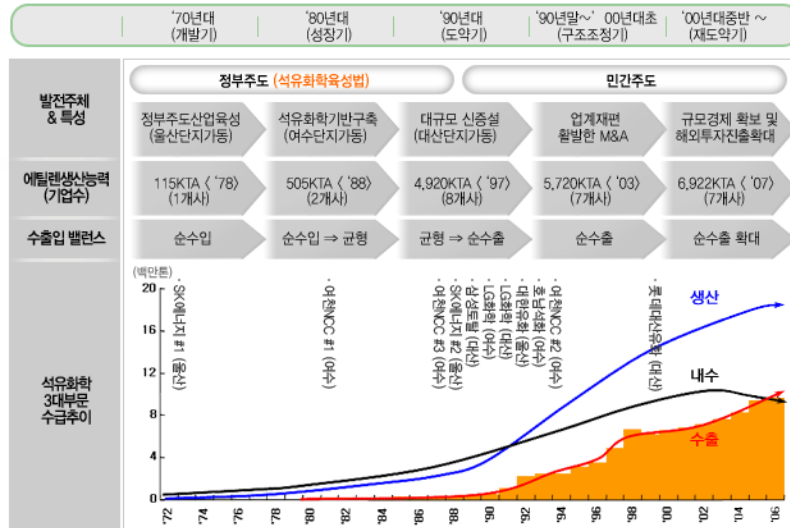
1. 안전에 대한 패러다임의 변화
2. 공정 산업에서의 안전관리 시스템의 변화

❖ 안전문화와 기술의 발전

1. 안전문화와 경영
2. 공정 산업에서의 체계적인 안전 기술

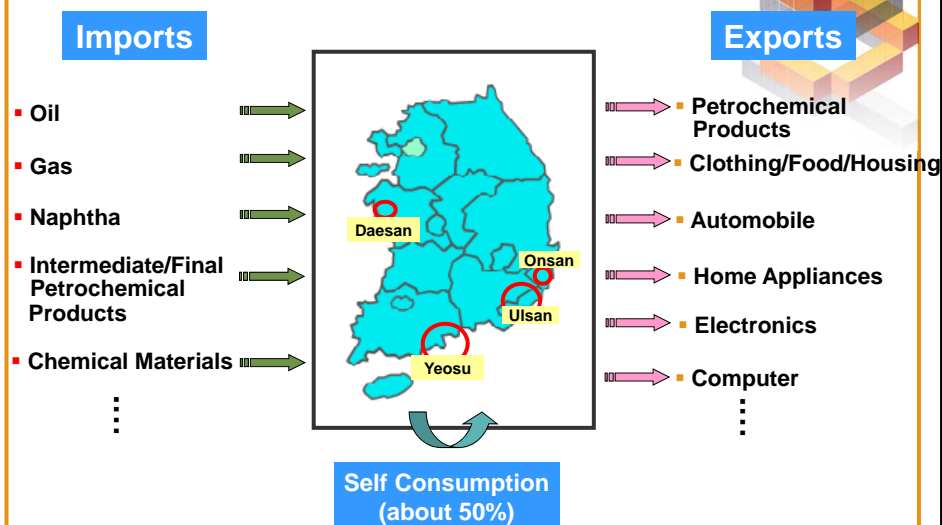
❖ 결론

석유화학산업의 발전



3

한국의 화학산업의 현재 (1)



4

한국의 화학산업의 현재 (2)

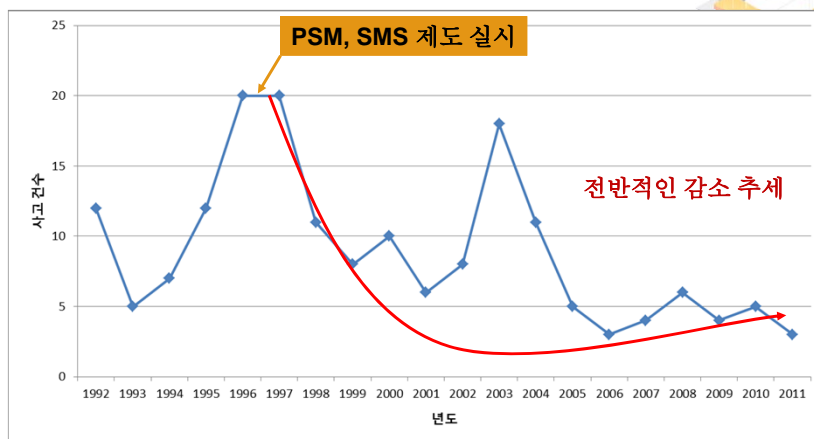
1. GDP(6%)→모든 산업에 막대한 영향 (30% 이상)
2. 에틸렌 생산량 (2010)
→약 7.5 백만 톤 (세계 제 5위)
3. 약 1500개의 중간/최종 제품 생산
4. 7개 지역에 주로 분포 (3 large & 4 medium sized)
5. 해마다 대략 10-20 건의 사고가 3-5건으로 줄어들었음
6. 미래는 일본같이 점진적 사고 수 증가 예상



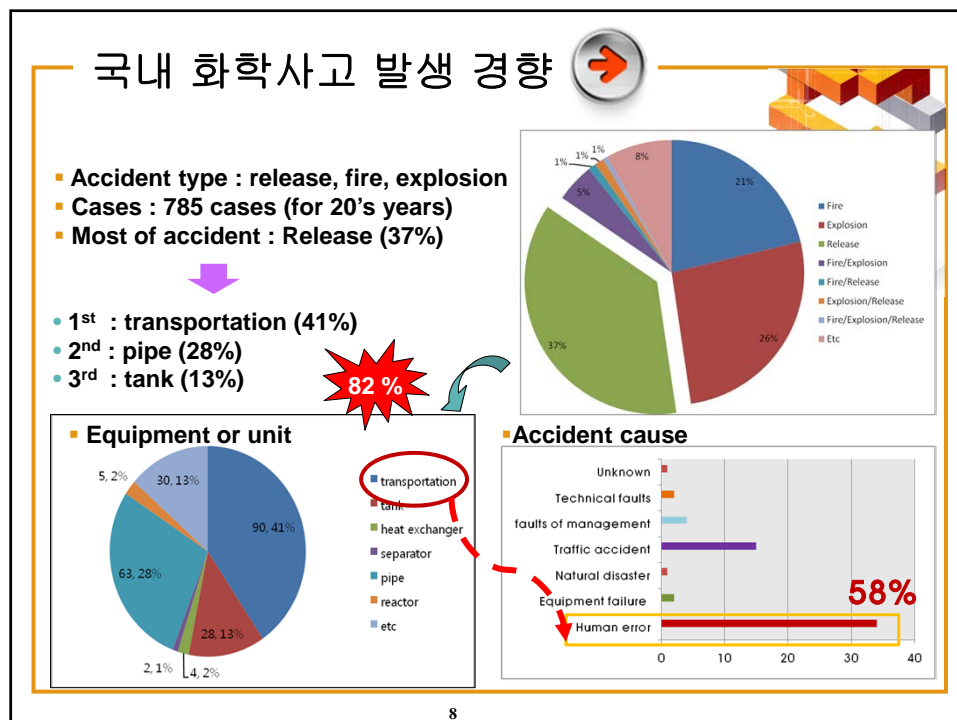
5

중대화학사고 발생 추이

최근 20년간 L 자형 타입의 변화



6



주요 산업 재해



- 화재
- 폭발
- 독극물 누출

9

주요 사고

1974년 영국 Flixborough

- 155 °C, 7.9 atm에서 바이패스 파이프의 파열
- 30톤의 시클로hexan 증기운 형성
- 10일간 공장 내 재고물질의 화재 및 폭발
- 28명 사망, 89명 부상



10

주요 사고

1976년 이탈리아

- 반응기 내에서의 반응폭주
- 2 kg의 다이옥신 증기운 형성
- 700명 사상, 730명 대피
- 반경 252 km 이내 지역이 오염 (40여 개 공장)



11

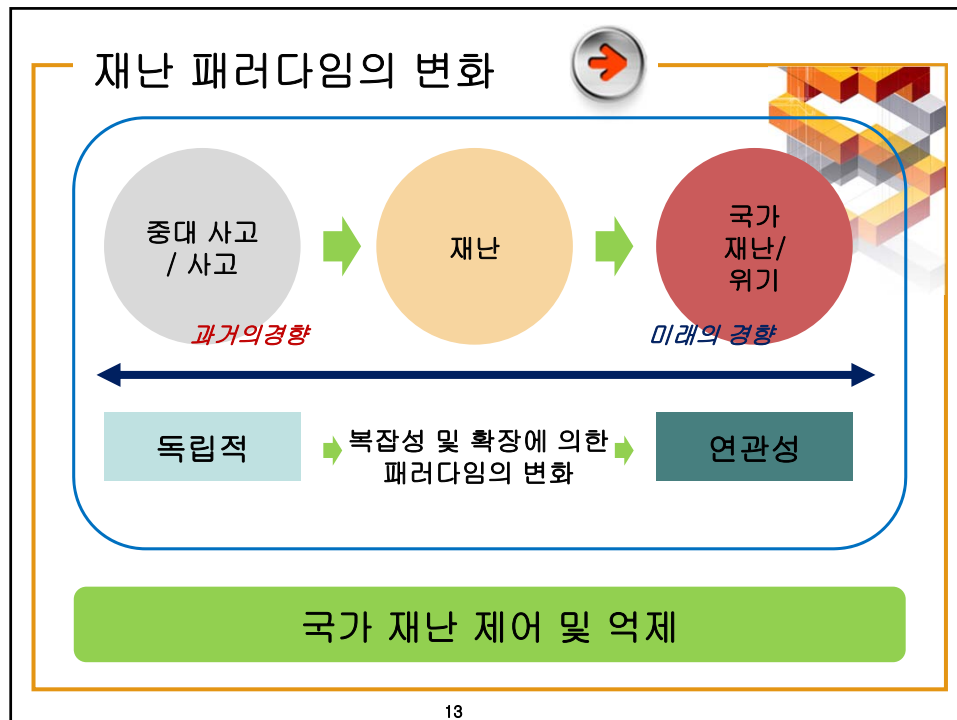
주요 사고

1984년 인도 Bhopal

- 스크러버와 플레어 시스템의 미작동
- 독성 물질인 MIC 25톤의 증기운 형성
- 사망자 2,000 이상, 부상자 20,000여 명



12



- ## 안전 패러다임의 변화
-
- ❖ 개요
 - ❖ 안전기술의 새로운 패러다임
 1. 안전에 대한 패러다임의 변화
 2. 공정 산업에서의 안전관리 시스템의 변화
 - ❖ 안전 문화와 기술의 발전
 1. 안전문화와 경영
 2. 공정 산업에서의 체계적인 안전 기술
 - ❖ 결론
- 14

화학 산업에서 안전의 현주소

- ❖ 생산 시스템, 제어시스템, 근로자 상호간의 불균형
- ❖ 부가가치 물질의 생산을 위한 위험한 설계와 조업 조건
- ❖ 새로운 물질과 제품 생산 및 제조 산업에서의 새로운 기술에 따른 안전관리 시스템의 한계
- ❖ 지식집약형 제조 산업
- ❖ 자동화 및 지식의 부족
- ❖ 작업과 유지 및 보수는 정확한 분석을 바탕으로 한 숙련된 전문가를 필요로 함
- ❖ 사고 빈도는 낮지만 결과나 영향은 매우 치명적

15

EU, Seveso directive

- ❖ 1982년 Seveso 가이드라인의 제정
 - 6가지 단위 공정, 9가지 저장탱크
 - 178개 화학 물질의 수량 기준
- ❖ 1996년 Seveso 가이드라인(II)의 제정
 - 24개월 이내에 각 州에 국내법 적용
 - 차이점
 - 정량적 위험성 평가에 대한 강화
 - 토지 사용시스템의 설치
- ❖ 2011년 Seveso 가이드라인(III)의 제정
 - hazard-based classification system for chemicals
 - European Regulation on classification, labeling and packaging of substances (CLP).

16

OECD



❖ OECD 단체

- 12개 위원회 - 경제정책, 환경, 무역 등과 연관

❖ 화학 공장 사고 예방의 실행 가능한 주제를 다루는 그룹

- 5개 그룹 중 하나는 환경과 관련된 주제를 다룸
- 화학공장 사고 예방 가이드 및 워크숍 개최와 같은 활동

❖ OECD 워크숍 (서울)

- 날짜 : 2001년 6월 26일 ~ 6월 29일(4일 간)
- 주제 : 산업 안전, 보건 및 환경의 통합 관리
- 참석자 : 미국과 영국을 포함한 15개국 396명

※ 위험 관리 모델을 위해 IRMS를 채택함

17

통합된 안전, 보건, 환경 및 Quality 시스템 (SHE & Q)



❖ 통합 시스템의 필요성

- 관련 규제의 강화 및 관련된 안전, 보건, 환경 규제의 중복
- SHE & Q 시스템의 관리효율 증대
- 중복된 관리적 절차 단순화
- 손실 감소 및 사고의 근본 원인 제거
- 작업 비용 감소
- PSM 및 EMS 작업에 대한 빠른 향상 요구
- OECD 서울 워크숍 기간 동안 추가작업 제안 및 시스템의 필요성 옹호
- 작업장에서의 신속한 의사결정

18

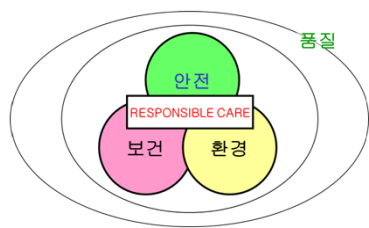
Responsible Care

❖ 해외

- 1985년 CCPA에 의해 Responsible Care의 최초 시행
- 2000년 21개 정회원 국가 및 24개 준회원 국가에서 시행

❖ 국내

- 1988년 12월 Responsible Care 위원회 조직
- 1999년 12월 Korea Responsible Care Council



- 근로자 안전 · 보건, PSM
- 공공 · 지역안전 · 환경, RMP
- 유통과정의 안전 · 보건 · 환경
- Product Stewardship, 생산부터 폐기까지
- 환경오염 예방, Pollutant's Pay 원칙
- 지역주민과 공동체 인식 · 비상대응

19

국제적 경향 및 미래의 사고

안전/환경 규제와 패러다임의 변화

기후 변화에 의한 피해 증가



세계화로 인한 경쟁 심화

사회 간 갈등 증가

20

21세기 안전/환경을 위한 기업/정부/NGO 목표 및 역할

- ❖ 2개의 주요 목표
 - 공공 안전 보장
 - 기업간 경쟁의 강화
- ❖ 정부와 민간단체 사이의 새로운 관계 선언
 - 파트너쉽
- ❖ 정부의 역할
 - 법률 기준 수정 및 엄격한 법률 적용 시스템 보장
 - 자체 안전 시스템을 조직하는데 필요한 측정 기준 개발
 - 사고/아차 사고의 정확한 보고 및 통계
- ❖ 기업의 역할
 - 명확한 안전관리 시스템을 통한 자율적인 규제
- ❖ 아웃소싱, 하청업체, 비정규 근로자 등을 위한 준비

21

안전관리의 경제적 효과

			
EXPLORATION & PRODUCTION	LIQUEFACTION	SHIPPING	REGASIFICATION & STORAGE
\$0.5-\$1.0/MMBtu	\$0.8-\$1.20/MMBtu	\$0.4-\$1.0/MMBtu	\$0.3-\$0.5/MMBtu

기존 산업의 기술적 발전이 한계에 이르렀을 때
- 위험관리는 경쟁력을 향상시킬 수 있다
(새로운 이윤 창출의 해결책).

22

2.2 화학 산업에서의 안전관리 시스템의 변화

국내 화학단지의 문제점 - 기술적 측면

- ❖ 사고이력관리의 부족
 - 투명한 사고집계, 관리가 필요
- ❖ 사고기준의 강화필요
 - 아차 사고 집계를 누락해선 안됨
- ❖ 연구소지원의 미비
 - 효율적인 안전/환경/보건 관리를 위한 연구 필요
- ❖ 장기적,단기적 안전/환경/보건계획 수립의 개선
 - 각 사업장 별로 단기적, 장기적인 계획 수립이 요구됨
- ❖ 안전/환경/보건 계획을 위한 데이터베이스의 강화 필요
- ❖ 환경 피해의 90 %는 화학사고의 원인으로 부터 발생
- ❖ 중앙/지방 정부의 안전관리 정책의 중복성 및 비효율성



국내 화학단지의 개선점 - 기술적 측면

❖ 안전조직의 위상강화

- 안전조직의 책임과 권한 부여를 통한 적극적인 안전관리 유도

❖ 협력업체관리강화

- 일본은 현재 협력업체 사고의 책임을 상당부분 감수
- 협력업체 직원에 대한 교육강화
 - 비용절감을 위해 회사 공동으로 교육 프로그램을 운영 실시

❖ 교육의 충실

- 교육내용의 강화 및 교육 후 평가에 개선이 요구되며 교육결과를 인사고과에 반영 필요

25

국내 화학단지의 개선점 - 기술적 측면

❖ 안전 투자의 효율성 강화

- 안전투자비용을 매출액대비 1% 이상 되어야 함

❖ 콤비나트내 기업들간의 협력 강화

- 사고 시 각 공장들간의 긴밀한 연락 및 협력대응 체계 마련이 시급하며, 우수시스템에 대한 benchmarking 필요

❖ 산업단지 내 사고발생시 사고처리, 비상대응, 인명구조, 언론대응 등의 임무를 총괄할 조직 구성이 필요

- 대만의 경우 ERIC에서 이러한 모든 활동을 총괄

❖ 지속적인 자체내의 RC (Responsible Care) 감사를 통해서 안전관리의 개선점 확인이 필요

26

국내 화학단지의 문제점 - 사회적 측면

- ❖ 투명한 안전관리 요구
 - 모든 사고발생을 신속, 정확하게 대외적으로 공개
- ❖ 주민과의 신뢰관계
 - 지속적인 관심 및 정보 공유를 통한 주민과의 신뢰관계 개선
- ❖ 안전관련 정보 접근성 증대
 - 일본의 경우처럼 RC리포트의 인터넷 공개나 정기적으로 자신들의 안전관리 활동을 지역사회에 공개
- ❖ 콤비나트 주변지역 어린이, 청소년들에게 좋은 이미지 부각 필요 절실
 - 이를 위해 각종 공익 활동 프로그램의 개발 및 강화
- ❖ 회사 내 안전 문화 양성 필요

27

국제적인 추세

미츠시마 산업단지에서 추진 중인 복합적인
재난 예방



28

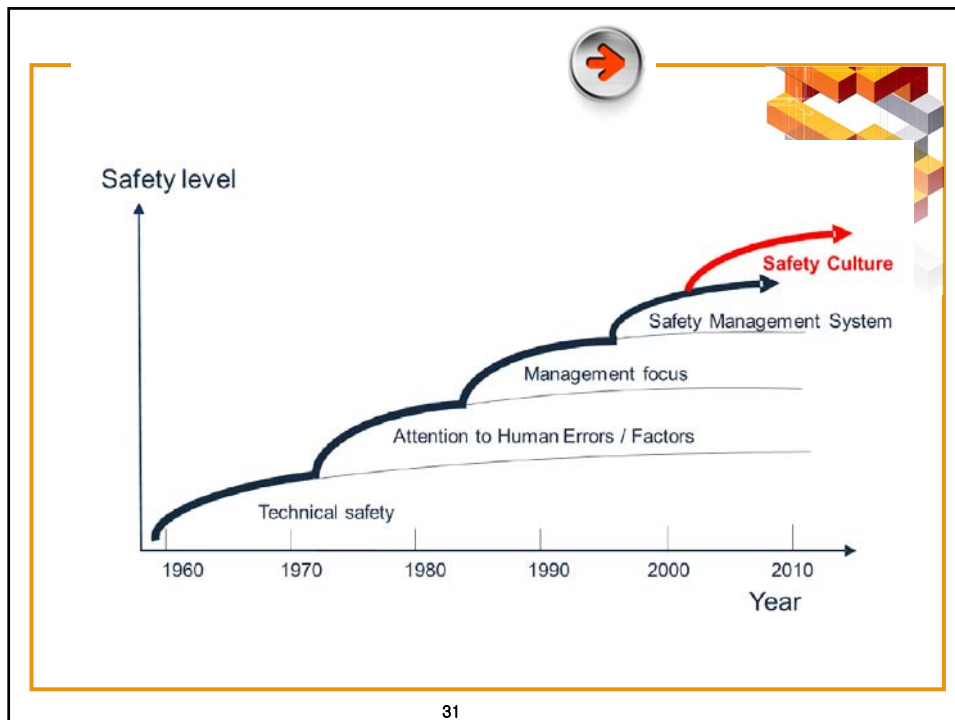


- ❖ 안전의 개요
- ❖ 안전기술의 새로운 패러다임
 - 1. 안전에 대한 패러다임의 변화
 - 2. 공정 산업에서의 안전관리 시스템의 변화
- ❖ 안전 문화와 기술의 발전
 - 1. 안전 문화와 경영
 - 2. 공정 산업에서의 체계적인 안전 기술
- ❖ 결론

29



3.1 안전 문화와 경영



현재의 문제점

1. 잘못된 인식 : “사고는 운이 나빠서 발생한다.”
2. 무관심 : “안전을 무시해도 지금 당장의 생활과 생산성에는 아무런 지장이 없다.”
3. 작업 추진 방법의 오류 : “그냥 해보자. ”, “빨리 하자. ”, “단지 몇 가지 지식만 있으면 된다.”
4. 사고는 자연스러운 결과일 뿐 항상 일어날 수 있는 것이다.
5. 결과지상주의 만연
6. 임시방편 : 임시변통의 방법 사용, “그냥 대충하자!”
7. 책임 전가 : “이건 네 잘못이야.”
8. 법적 책임 회피 : “운정 주의 만연”, “법을 지키는 것은 손해를 보는 것이다.”
9. 책임감 부족
10. 과도한 스트레스

32

안전 문화



안전 문화의 수준

- ❖ 자발적으로 행하는가?
- ❖ 주도적으로 행하는가?
- ❖ 안전 문화를 의무로 인식하는가?
- ❖ 책임감을 갖고 행하는가?

33

안전 경영 및 정책



안전 경영 및 정책

- ❖ 안전은 새로운 원리에 의존해야 한다.
- ❖ 자발적인 안전 규제는 앞으로의 제조 산업에서 유일한 해결책이 될 것이다.
- ❖ 안전 문화 분위기 유지

34

안전 경영 및 정책



누가 무엇을 할지 결정하기 위해



- ❖ 고위급 관리자 (최고 경영자)
- ❖ 안전관리자
- ❖ 숙련된 중견 근로자
- ❖ 고용주 및 근로자
- ❖ 외부 전문가에 의한 자문 및 객관적 평가

35

리더십은 왜 중요한가?



- 효과적인 건강 유지 및 안전 수행은 위에서부터 내려온다;
 - 위원회들은 모두 건강과 안전에 공동적이고 개인적 책임감을 지닌다.
 - 임원 및 위원회들은 안전 지침과 관련하여 자신들의 행동을 개인적으로 뿐만 아니라 공동으로 점검해볼 필요가 있다.

36



HSE 의장은 산업 리더들에게 실천을 촉구 (2008년)

- 200여 산업체 리더들은 오늘날의 공정안전을 위협하는 주요 위험 산업 연구 목적으로 처음 참석하였다. The Health and Safety Executive (HSE) 는 리더들을 위해 기본 기준을 만들어 'Leading from the top- avoiding major incidents' 회담(2008년)에서. 텍사스 시티, Sellafield의 Buncefield와 Thorp plant의 사고로부터 좋은 사례 연구를 할 수 있게 하고 있다.
- HSE 의장 Judith Hackitt은 " 우리는 최근 토론했던 여러 문제들과 각종 메시지, 우려, 도전과제로부터 이미 유사한 사항들을 보아왔다." 고 말했다.

37



HSE 의장은 산업 리더들에게 실천을 촉구 (2008년)

- 회담에서의 주요 내용들:
 - 공정 안전은 회의실에서는 이루어질 수 없다. 상급 관리자는 최전선 관계자와 대화하고 그들의 말을 들어야 한다.
 - 주요 위험 사업을 관리 시, 모든 사람들이 공정 안전이 무엇이며 그것이 왜 중요한지를 확실히 이해한다고 보장할 수 없다.
 - 단순한 경쟁의 틀에서 벗어나 CEO 포럼 등의 개최로 공정 안전 지식 축적 및 사례 연구를 수행해야 한다.
 - 견고하면서도 실질적인 **peer review process**를 위한 지원이 필요하다.
 - 주요 수행 지표들은 공정 안전 관리를 위한 중요 도구이다.
- ❖ 국내 H 대기업에서 행한 국제안전포럼(2011)에서도 같은 결론이 나옴.

38



이점과 비용 (Cost & Benefits)

- 건강과 안전의 이점
- 건강과 안전을 강조하는 것은 규정이라는 짐으로 보여서는 안 된다: 이는 중요한 기회를 제공한다. 이점에 포함되는 것들:
 - 비용 감소;
 - 위험 감소;
 - 직원 결석 빈도 및 이직률 감소;
 - 낮아진 사고 발생률;
 - 법적 조치의 부담감 감소;
 - 공급자와 파트너 간의 존속 향상;
 - 회사 책임감과 관련하여 투자자, 고객, 사회로부터 좋은 평판;
 - 직원 건강 및 행복지수 향상, 동기부여로 생산성 증대.

39



사례 연구 (2008)- British Sugar (1)

- 회사는 훌륭한 안전 기록을 가지고 있었지만, 발생 가능한 사건들에 대한 인식은 없었다 – 연간 3명의 사망자 발생. 건강과 안전은 항상 우선 순위였으나, 행동에 변화를 가져올 시각의 변화가 없었다. 이는 다음을 포함한다:
 - CEO는 이사들에 건강과 안전에 대한 책임을 부여하고, 이사회에서 매달 보고하도록 한다;
 - 직원들, 교역 단체 등과 효과적인 근무 파트너 십을 만들도록 한다;
 - 행동 변화를 촉구할 수 있는 프로그램과 감사가 필요하다;
 - 연간 건강과 안전 목표를 잡고 이를 달성하기 위해 노력하도록 한다.

40



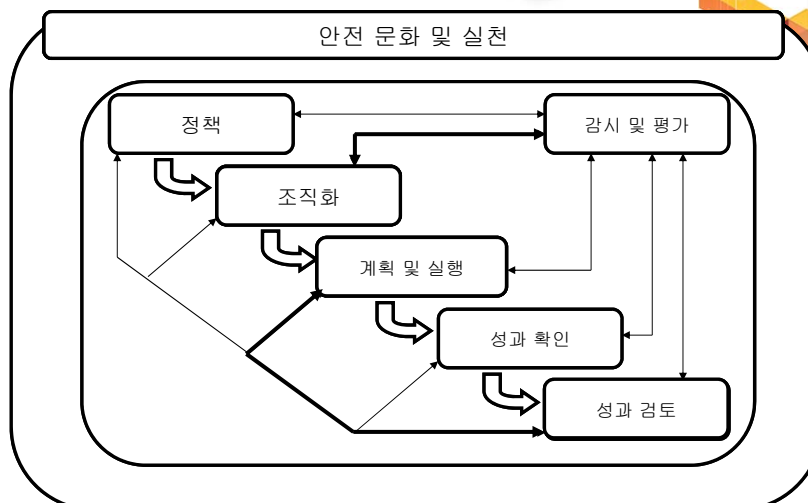
사례 연구 (2008) - British Sugar (2)

- 결과:
- 2년간 상해로 인한 시간 낭비 **43%** 감소;
- 1년간 주요 이슈 **63%** 감소;
- 건강과 안전 위험에 대한 이사들의 이해력 상승.

41

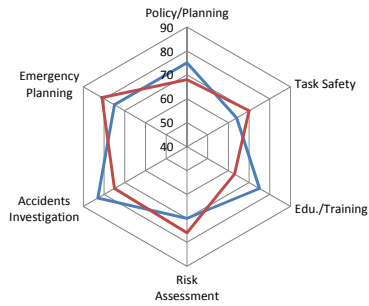


안전 문화와 실행 향상

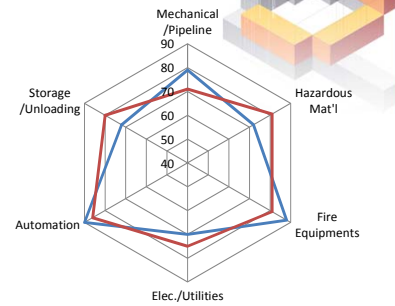


42

방사형 차트 결과



소프트웨어 부문



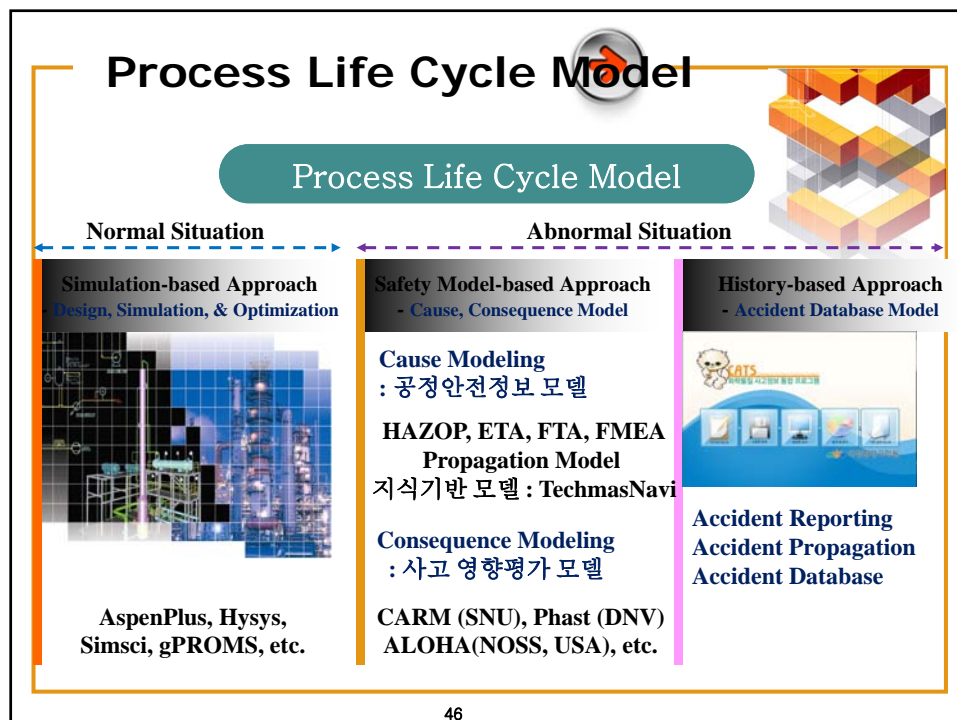
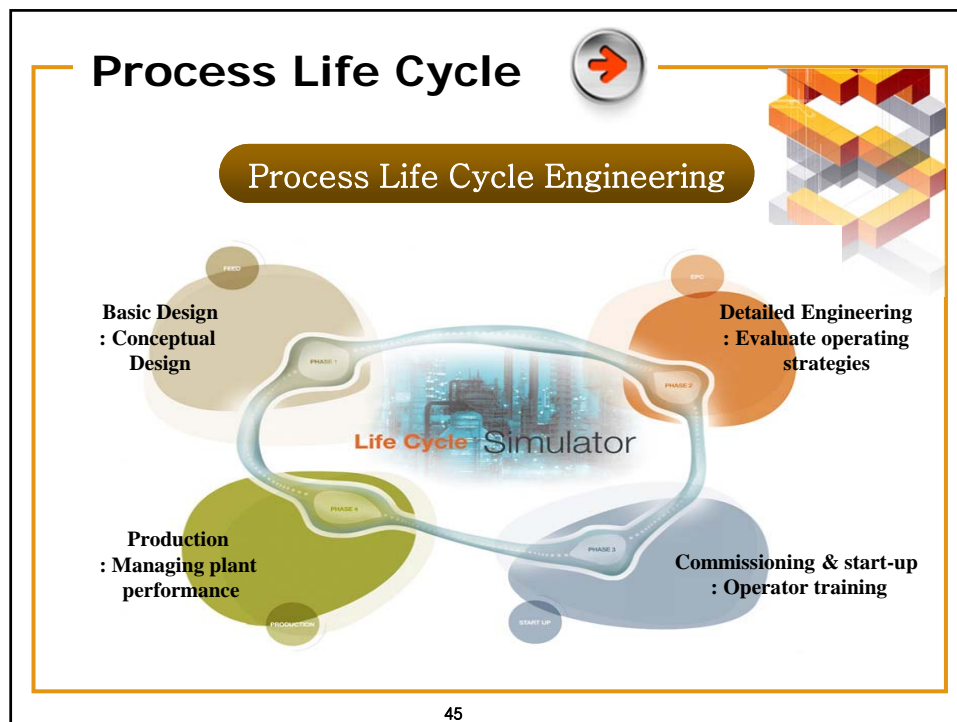
하드웨어 부문

- ✓ 대분류 : 12개 (소프트웨어, 하드웨어)
- ✓ 소분류 : 423개 항목

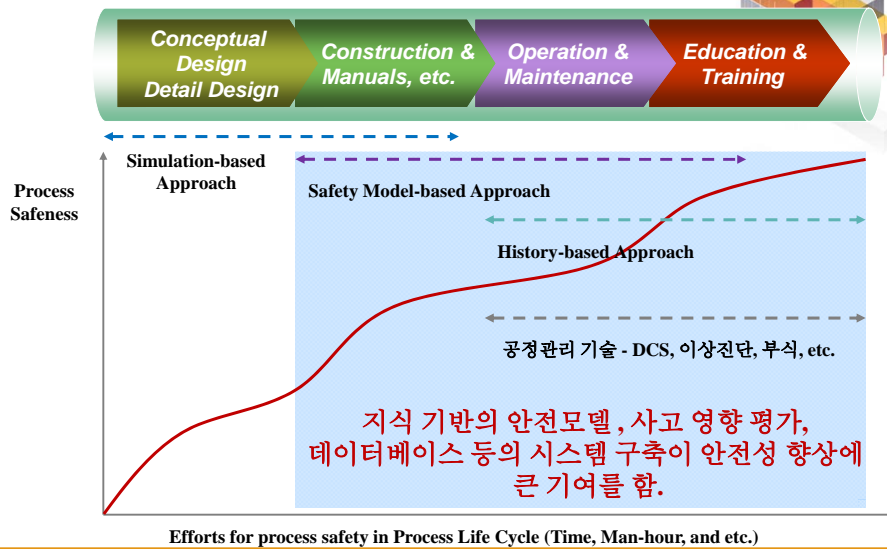
— 평가된 회사
— 주변 단지 평균

3.2 공정 산업에서의 체계적인 안전 기술





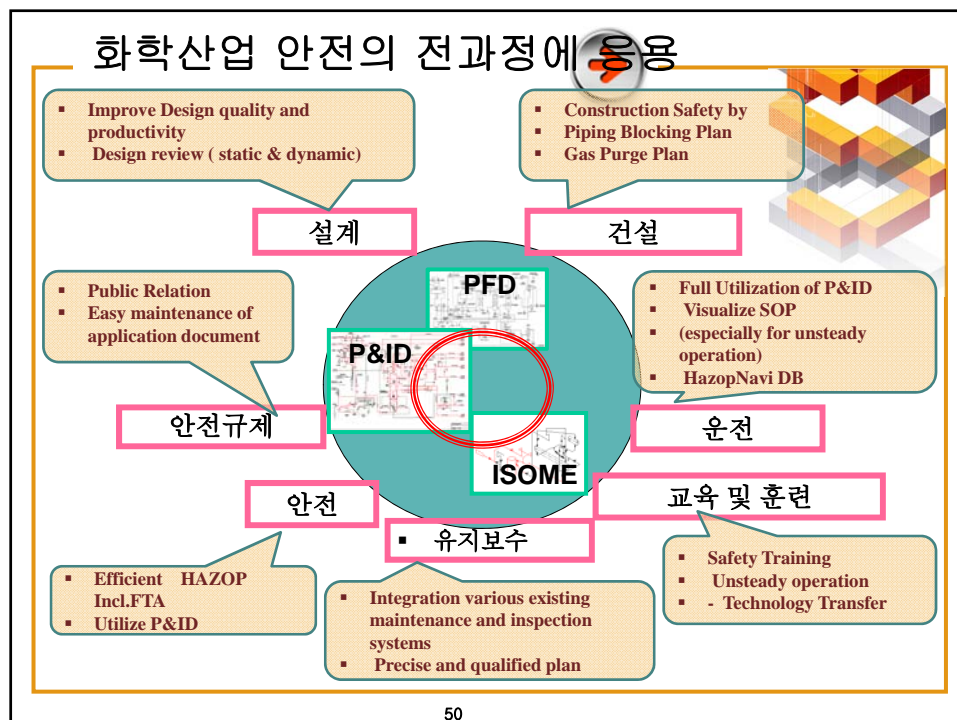
Efforts for Process Safety in Process Life Cycle



47

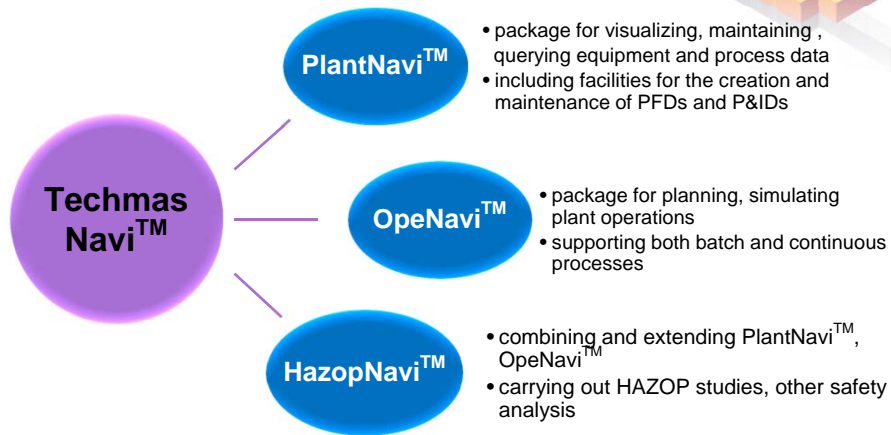
- ❖ 화학공정의 전과정에서 안전/환경/보건은 일관되고 효율적으로 수행되어야 한다.
- ❖ 우리나라의 경우 70년대 석유화학의 개발시기 부터 현재 석유화학의 재도약의 기회의 시기까지 화학공장의 전과정을 수행하고 있다.
- ❖ 현재는 과거와 같이 공정 운전 뿐만 아니라 공정안전관리분야도 Process Life Cycle의 개념에서 접근하고 개선 시켜야 한다.

48



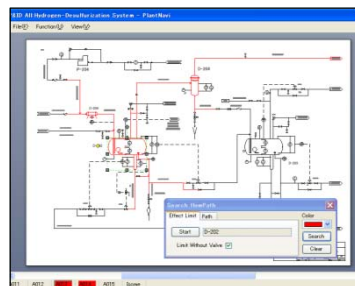
TechmasNavi™ and SyS+Tech™

Confirming the operating systems, procedures for equipment control, HAZOP using PFD, P&ID

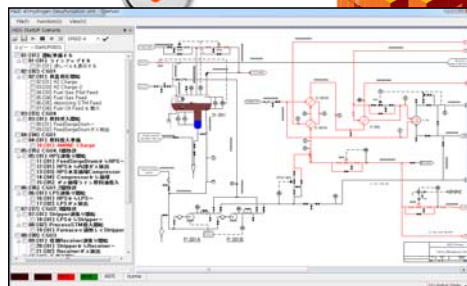


51

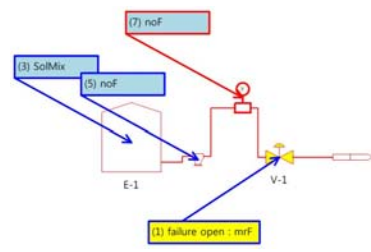
Example of TechmasNavi System



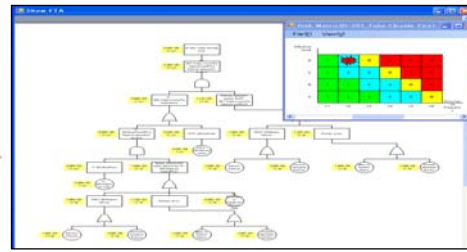
PlantNavi



OpeNavi



HazopNavi



FTANavi

52



- ❖ 안전의 개요
- ❖ 안전기술의 새로운 패러다임
 - 1. 안전에 대한 패러다임의 변화
 - 2. 공정 산업에서의 안전관리 시스템의 변화
- ❖ 안전 문화와 기술의 발전
 - 1. 안전 문화와 경영
 - 2. 공정 산업에서의 체계적인 안전 기술
- ❖ 결론

53



안전 향상의 키워드

- ❖ 중대 사고로부터 얻은 교훈
- ❖ 위험요인 제어 및 억제
- ❖ 안전에 관한 새로운 규정 및 규제의 시도
- ❖ 안전 리더쉽의 향상
- ❖ 안전 문화 및 실천의 향상
- ❖ 안전과 관련된 정보 및 시스템의 통합
- ❖ 안전에 관한 새로운 기술의 개발

54

국내의 세계에서 바라보는 안전기술의 현황 (2011)

Process Safety Research in Developing Countries



J.P. Gupta

Director

Rajiv Gandhi Institute of Petroleum Technology
Rae Bareli (U.P.), India

MKOPSC Workshop on Agenda for
Process Safety Research in the 21st
Century

55

2006-2010 (Based on 1st Author affiliation)



Country	JLPPI	JHM	PSEP	Total
Argentina		3		3
Bangladesh			1	1
Bulgaria			3	3
Brazil	7	27	6	40
Chile		4		4
Colombia				
China	35	227	37	299
Egypt		14	3	17
India	6	158	20	184
Indonesia			1	1
Iran	2	11	2	15
Kazakhstan				

56

Contd...

2006-2010 (Based on 1st Author affiliation)

Country	JLPPI	JHM	PSEP	Total
Malaysia	3	10	10	23
Mexico		2		2
Philippines			4	4
Pakistan		9		9
Poland	16	11	1	28
Romania	2	2	1	5
Russia	14			14
South Africa		25		25
South Korea	10	45	2	57
Sri-Lanka			1	1
Taiwan	20	131	15	166
Turkey		181	6	187
Ukraine	2	1		3

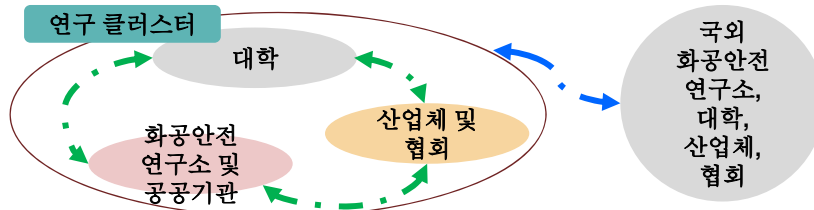
57

화학공정 안전관리의 국제화의 필요성

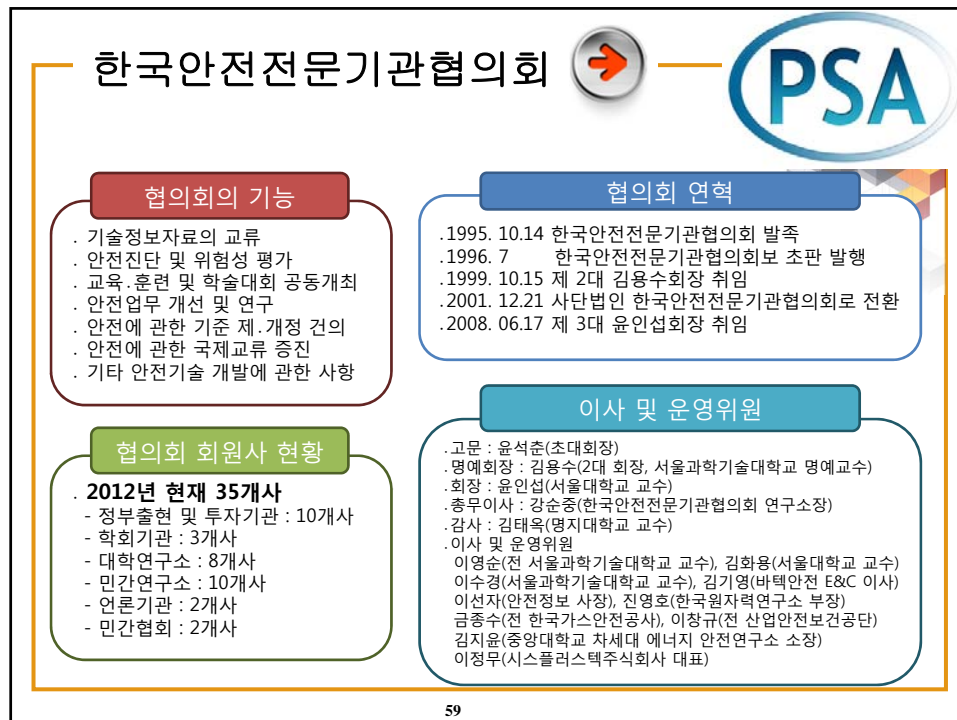
- ❖ 논문 발표 : 2006-2010 (Based on 1st Author affiliation) - 9위 (중국 : 299편)
- ❖ 안전관리 대표 부서 : 3곳, (인도 : 52곳)

* J.P. Gupta, India, presented at MKOPSC Workshop on Agenda for Process Safety Research in the 21st Century

- ❖ 화학산업의 안전성 향상을 위한 **산학연의 협력 단체**가 필요함
- ❖ 안전기술의 평가 및 국제적 수준의 **안전 기술자의 양성**이 요구됨
- ❖ 화학산업체의 안전성에 대한 노력을 뒷받침할 수 있는 **학계와 연구소의 노력이 요구됨** (수준 높은 연구 및 발표, 등)
- ❖ 북한의 의식주 산업인 화학산업의 인프라 구축 및 안전관리



58



59



60

국제 안전관련 학회



“Green Technology for Safety
in Oil and Gas Industries”

2012년 6월 27일 ~ 30일
서울대학교, 호암교수회관
www.wcogi2012.org

Main Topic and Program

1. Safety issues for emerging processes
2. Risk assessment and management
3. Instrumentational systems and equipment integrity
4. Safety culture, safety code, case studies
5. Fire, explosion and reactive chemicals
6. Hazard control and containment
7. Other topics related to oil and gas industries safety

Important Dates

- Early Registration: April, 2012
- Program Announcement: May, 2012

Contact

- E-mail : wcogi2012@pslab.snu.ac.kr
- Tel : 02-880-1581

61

국가 및 조직 경쟁력 (1)



2010 - 2020 : 지속 가능한 성장

$$S = F [E^3 S^2 G]$$

Energy Polices

USA

Latin America

China (BRICS)

Europe

Japan

62

국가 및 조직 경쟁력 (2)



한국 (180여개의 에너지 수입국 중 하나)

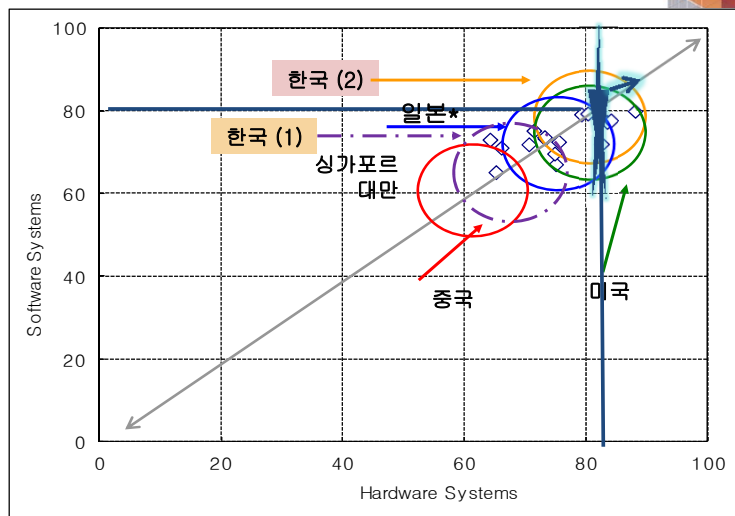
$$S = F [E^3 S^2 G]$$

Economy (4~5%),
Energy (Diversity & Gas),
Environment (Green growth & GHG reduction),
Security (Diverse sources & Transportation routes),
Safety (Big S),
Globalization (Standardization & Pricing)

어떻게 ?

63

안전을 기반으로 한 국가 경쟁력 (3)



64

Reference



- ❖ 윤인섭, 특수재난대책론, 소방방재청, 2009.
- ❖ Yuji Naka, New Paradigm for Supporting Life-Cycle Engineering, Industrial & Engineering Chemistry Research, 2011.
- ❖ A Frontiers of Research Workshop, Process Safety Research Agenda for the 21st Century, Texas, 2011.
- ❖ 일본안전학회, 일본안전공학심포지엄 프로시딩, 2011.
- ❖ 장남진, 지속가능공정설계를 위한 퍼지 로직에 기반을 둔 본질적인 안전에 관한 연구, 서울대학교, 2012.
- ❖ 윤인섭, 삼성Total, 삼성토탈 Auditing 보고서, 서울대학교, 2009
- ❖ 윤인섭, CCS 도입을 위한 법제도 개선방안 연구보고서, 서울대학교, 2011.
- ❖ 윤인섭, Management and Leadership for Safety Improvement in the Future Industries , 현대안전포럼, 2011.
- ❖ 윤인섭, 화학산업 안전의 현재와 미래, 2011 Green Chemistry Forum, 2011.

65

Reference



- ❖ Jang, N., J. Koo, D. Shin, M. S. Jo, Y. Yoon, and E. S. Yoon, "Development of chemical accident database: Considerations, accident trend analysis and suggestions" , *Korean J. Chem. Eng.*, 29(1), 36-41, 2012.
- ❖ Jang, N., K. Han, J. Koo, Y. Yoon, J. Yong and E. S. Yoon, "Development of Chemical Accident Classification Codes and Tool for Management in Process Industries" , *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 42(10), 742-757, 2009.
- ❖ 윤인섭, 연구보고서, 재난·안전관리 전문 인력 양성 기획연구 - 소방방재 전문인력 활용방안 중심으로, 소방방재청, 2008.
- ❖ 윤인섭, 연구보고서, 여수지역 석유화학단지 특별안전점검, 한국석유화학공업협회, 2004.
- ❖ 윤인섭, 연구보고서, 석유화학단지 안전관리체계 구축, 한국석유화학공업협회, 2006.
- ❖ 윤인섭, 연구보고서, 화학물질 사고이력관리시스템 구축, 국립환경과학원, 2010.

66

