

석유화학공장 Human Error 예방 및 적용사례



에스-오일 (주) 온산공장 안전보건부 지 진곤 차장

Contents

1. 회사 현황
2. Human Error로 인한 사고사례
3. Human factor 요인
4. Human Error 예방대책 및 적용사례



1. 회사 현황



● 공장위치

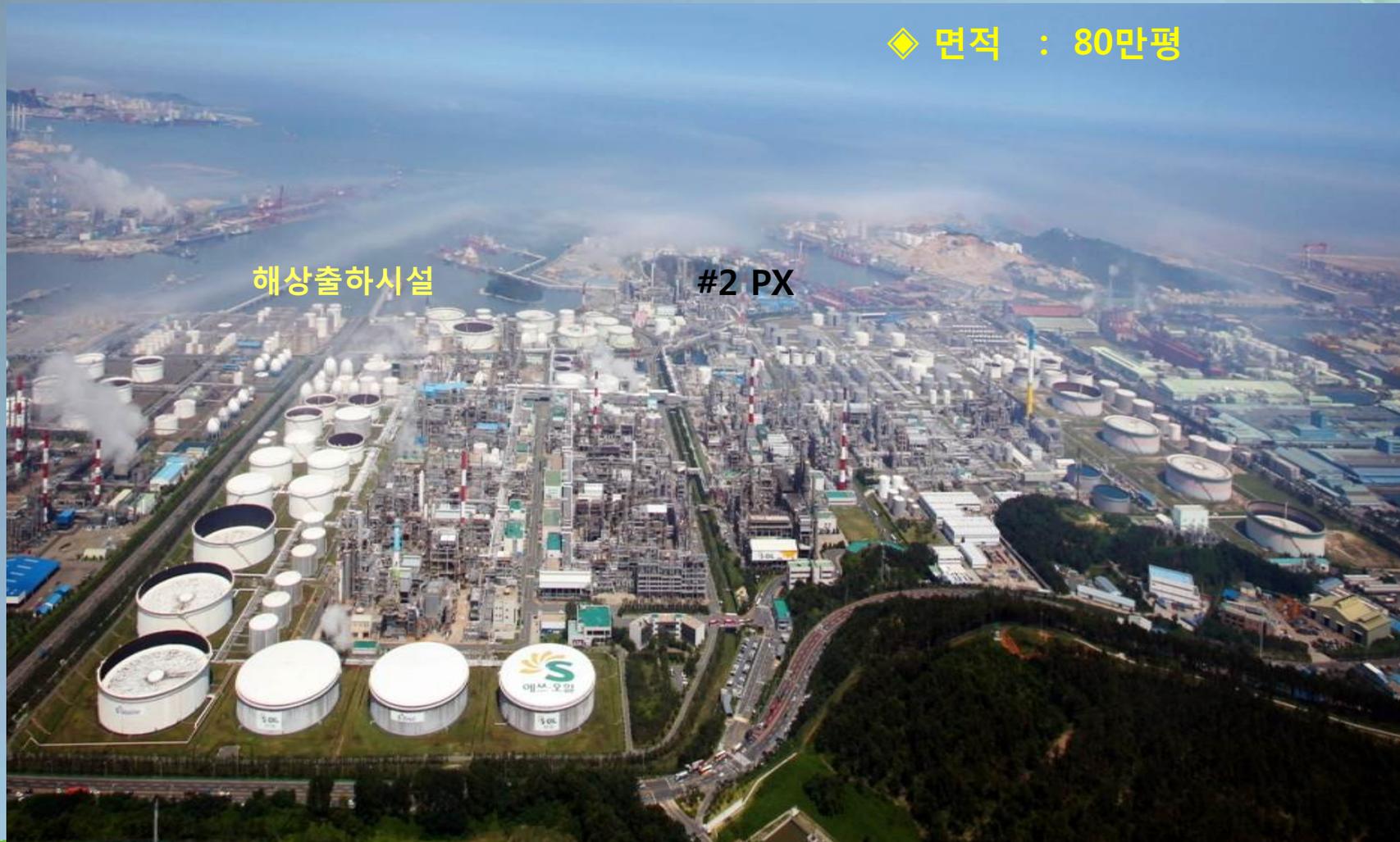


울산광역시 울주군 온산 국가산업단지 내
* 울산으로 부터 남쪽으로 15km지점



공장전경

◆ 면적 : 80만평



해상출하시설

#2 PX

사업장 개요



● 회사개요

- 설립연도 : 1976. 01. 06
- 매출액 : 32조원(2011)
- 대표이사 : 알-마하셔 (사우디)
- 종업원수 : 2,566명(공장 : 1,670 명)

주요 성과

- PSM "P등급" 사업장
- 다우존스 지속가능경영지수(Dow Jones Sustainability Index)월드 기업에 선정
- 2011년 가스안전대상 국무총리상
- 2011년 소방의 날 대통령상
- 지경부 '지속가능경영대상' 대통령상

일시	주요 연혁	로고
1976. 01	한·이 석유주식회사 설립	
1980. 05	제1 원유 정제시설 상업가동	
1980. 06	쌍용정유 주식회사로 상호 변경	
1991. 08	'사우디 ARAMCO' 의 지분참여 (35%)	
1996. 03	B-C 크래킹 센터 가동	
2000. 03	에쓰-오일 주식회사로 상호변경	
2007. 04	'한진에너지' 지분참여 (28.4%)	



사업장 개요

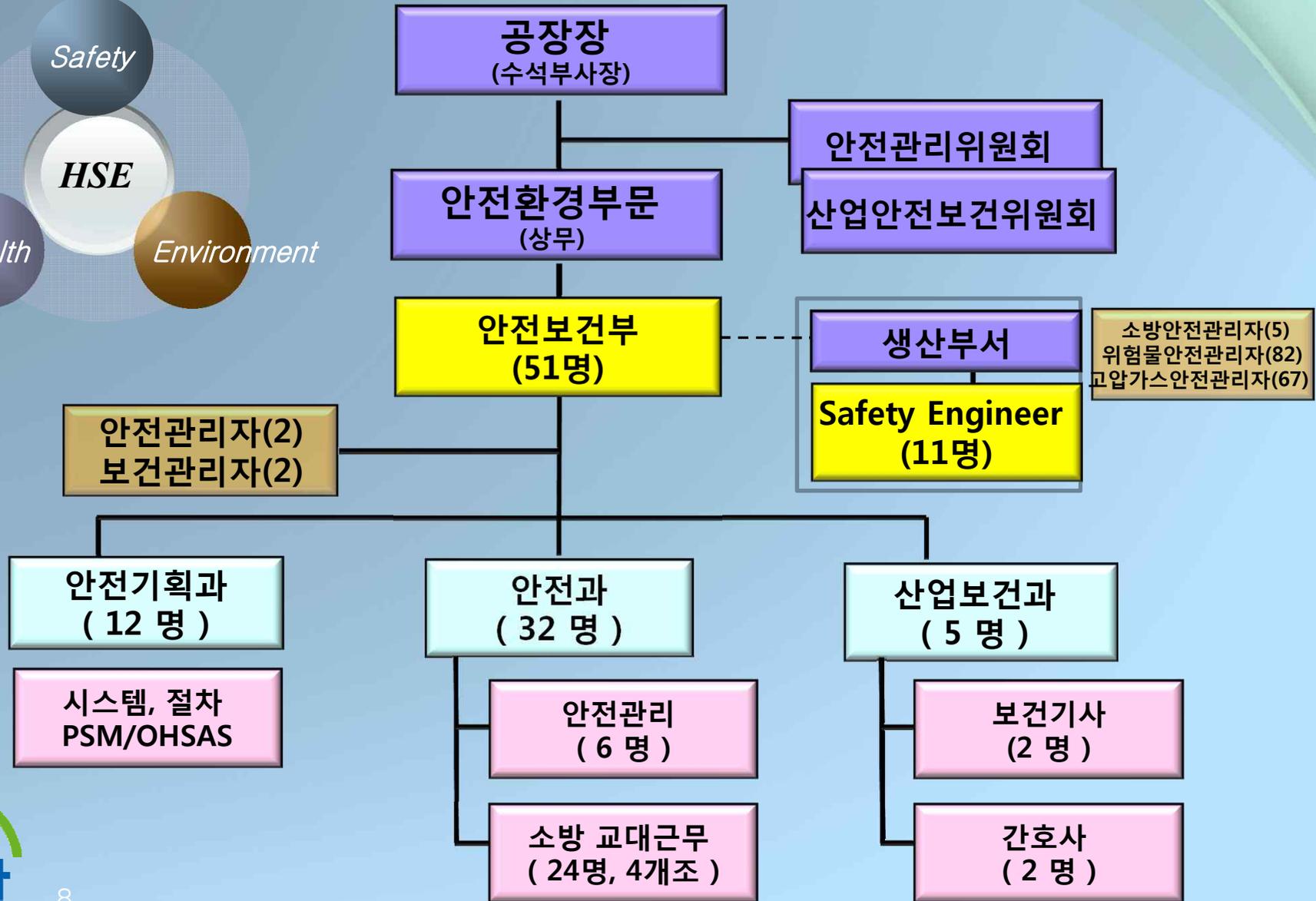
● 주요 공정 현황

BPSD : Barrel per Stream Day

부문별	공정별	생산량	공정사진
원유처리	CDU / CFU	650,000 BPSD	
중질유분해	HYC/R2R	255,000 BPSD	
석유화학	BTX	520,000 Ton	
	PX (TPA)	1,700,000 Ton	
윤활기유	HDT/SH	30,000 BPSD	

- ☒ 단일공장으로 원유처리량 세계 5위 규모
- ☒ 2011년 PX 신규 공장 준공으로 PX생산량 세계 최대 규모

안전보건 조직

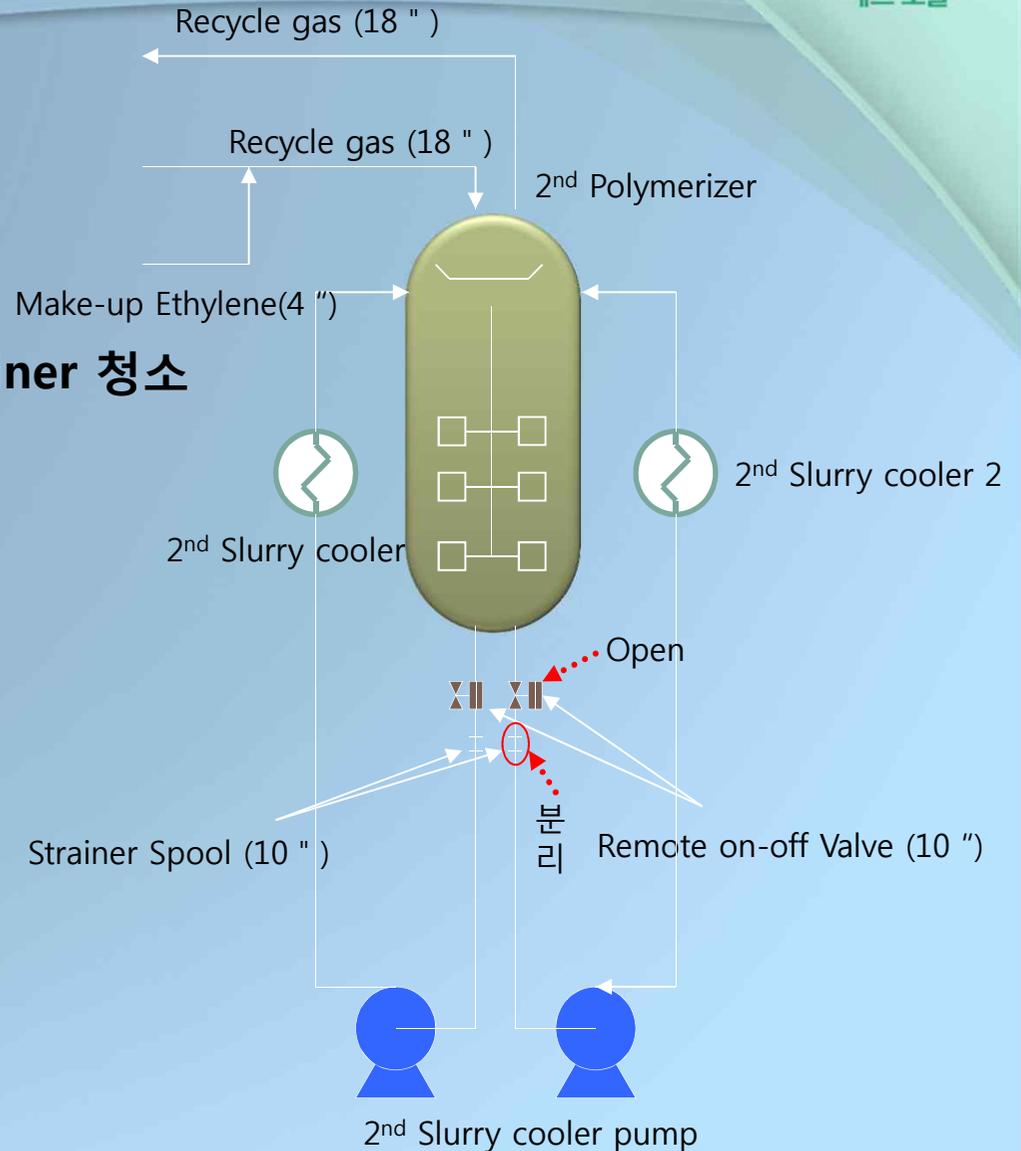


2. Human Error로 인한 사고사례



Case 1. 위험물질 누출 화재 (국내)

- ❖ 사고 설비 : HDPE 제조 반응설비
- ❖ 사고 일시 : 2003. 10. 3
- ❖ 사고원인 :
 - 반응기 Slurry Cooler의 Strainer 청소
 - Strainer Spool Piece의 분리
 - 전단의 MOV 조작
 - Hexane의 누출(약 50톤)
 - 화재·폭발
- ❖ 결과
 - 사망자 : 1명
 - 부상자 : 6명
 - 재산손실 : ?
 - 기업휴지손실 : ?

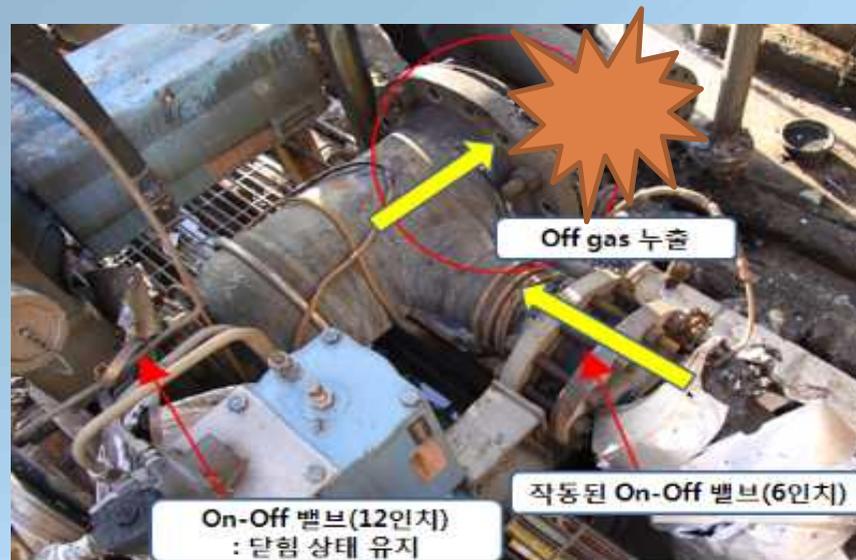


Case 2. 가스누출화재

- ❖ 사고 설비 : PSA (Pressure Swing Adsorption), 수소제조공정
- ❖ 사고 일시 : 2010. 12
- ❖ 사고원인
 - 협력업체에서 Bed 정비작업 후 Service 연결 준비작업 중 조정실에서 밸브 오조작에 의한 가연성가스 누출
 - 6" On/Off로 부터 Off-Gas(수소 86.5% 압력 21kg/cm²)누출 화재
 - 부적절한 blind plate 사용 및 Bolt 체결 미흡

❖ 결 과

- 사망자 : 3명
- 부상자 : 3명



Case 3. S-OIL Human Error 사례



사고일시	사고내용	사고원인
2006.6	Compressor Motor용 6.6KV 용 Cable 내압시험을 Power Off 상태에서 실시 후 다음날 동일 설비 Cable Bolt tightening 작업도중 감전화상	Power가 Off상태인 것으로 착각 (Night에 생산부서에서 전원투입기동 Test 실시)
2007.8	Pump 수리 후 배관 내 OIL을 Service 하는 과정에서 전단 Strainer Drain 밸브를 차단 하지 않아 위험물질 누출	밸브를 잠근 것으로 착각
2011.2	P-11128 펌프정비 작업을 위하여 MCC Room에서 Power-off 시키는 과정에서 운전자의 실수로 가동중인 P-11102A(Desalted Crude Pump)를 Power-off 시켜 공정 S/D	Off-해야 할 Pump Power switch 착각
2012.5	운전중인 Pump의 상태확인을 위한 Lube Oil 점검 과정에서 회전축 보호 커버에 손을 넣어 접촉상해 발생	무의식적인 불안전한 동작

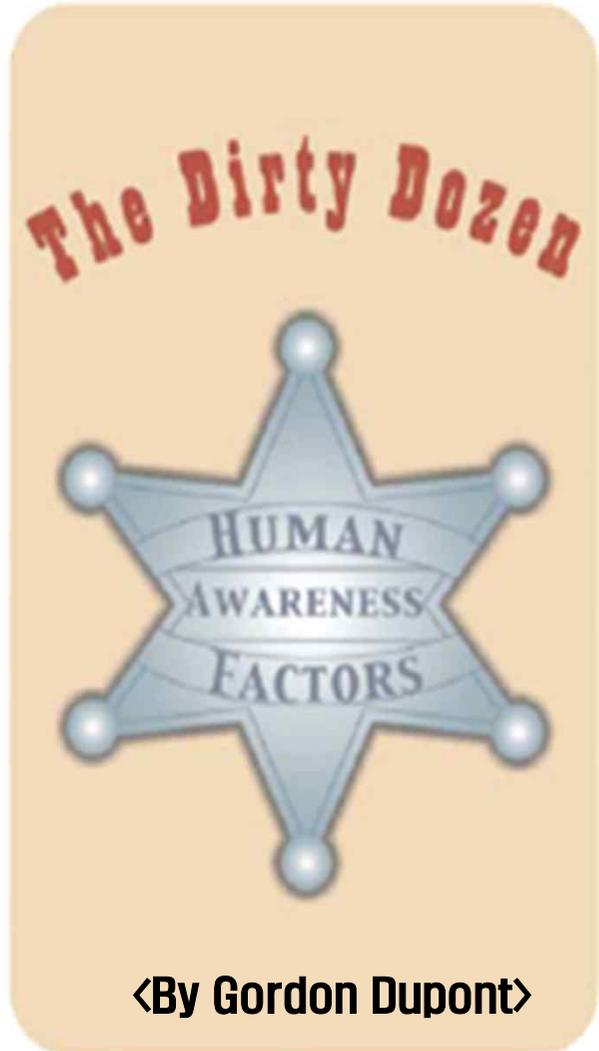
3. Human error 유발 유형



Human Error를 일으키는 요인

Dirty Dozen of Human Error

- Lack of communication
- 경험과신 (Complacency)
- Lack of knowledge
- 주의산만 (Distraction)
- Lack of teamwork
- Fatigue
- Lack of resources
- Time Pressure
- 자기주장의 결여 (Lack of assertiveness)
- Stress
- Lack of awareness
- 관행 (Norms)



Human Error 형태별 대책

Error 유발 형태

Mistake

비의도적인 수행
(상황인식, 정보, 지식부족)



Lapse

작업 순서, 행위 미실행
(단기 기억 상실)

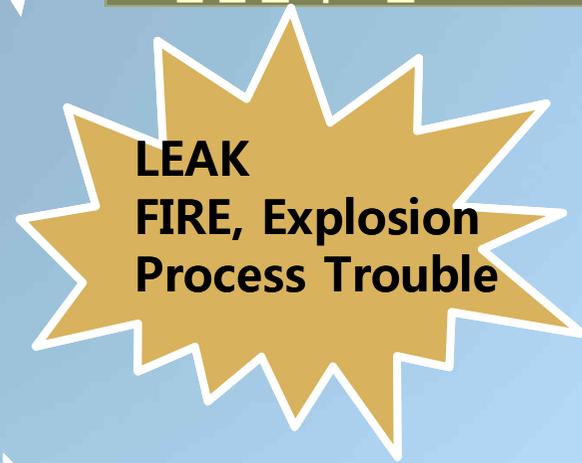


Slip

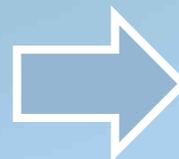
의도와는 다른 조작 행위의
실행 (순간 입력오류)

Countermeasures

- 정기 Human Factor 교육
- 작업자 행동관리
- Error Capturing을 위한 점검절차보완



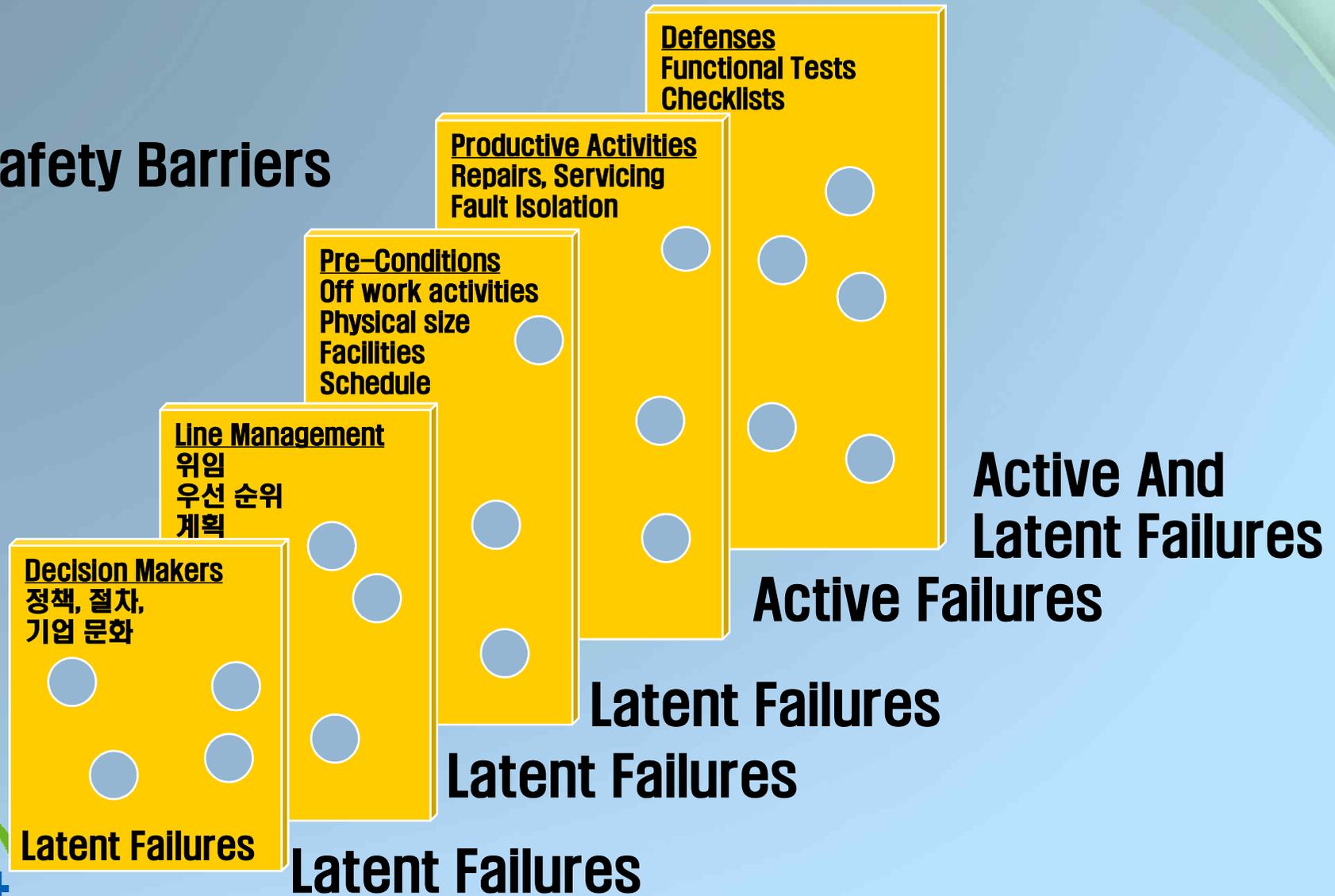
**LEAK
FIRE, Explosion
Process Trouble**



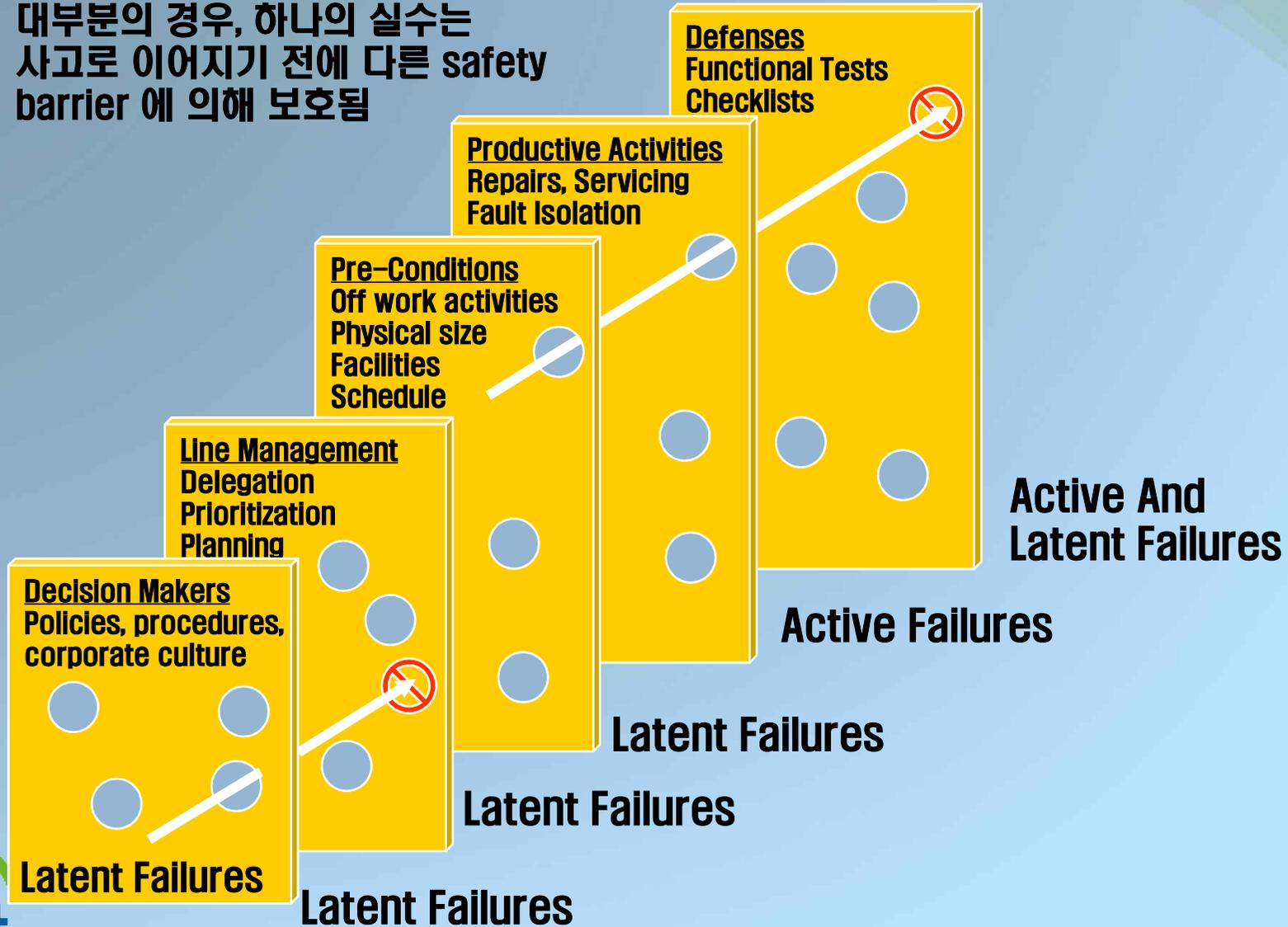
- Fail safe를 위한 설비보완

Swiss cheese 사고원인 모델

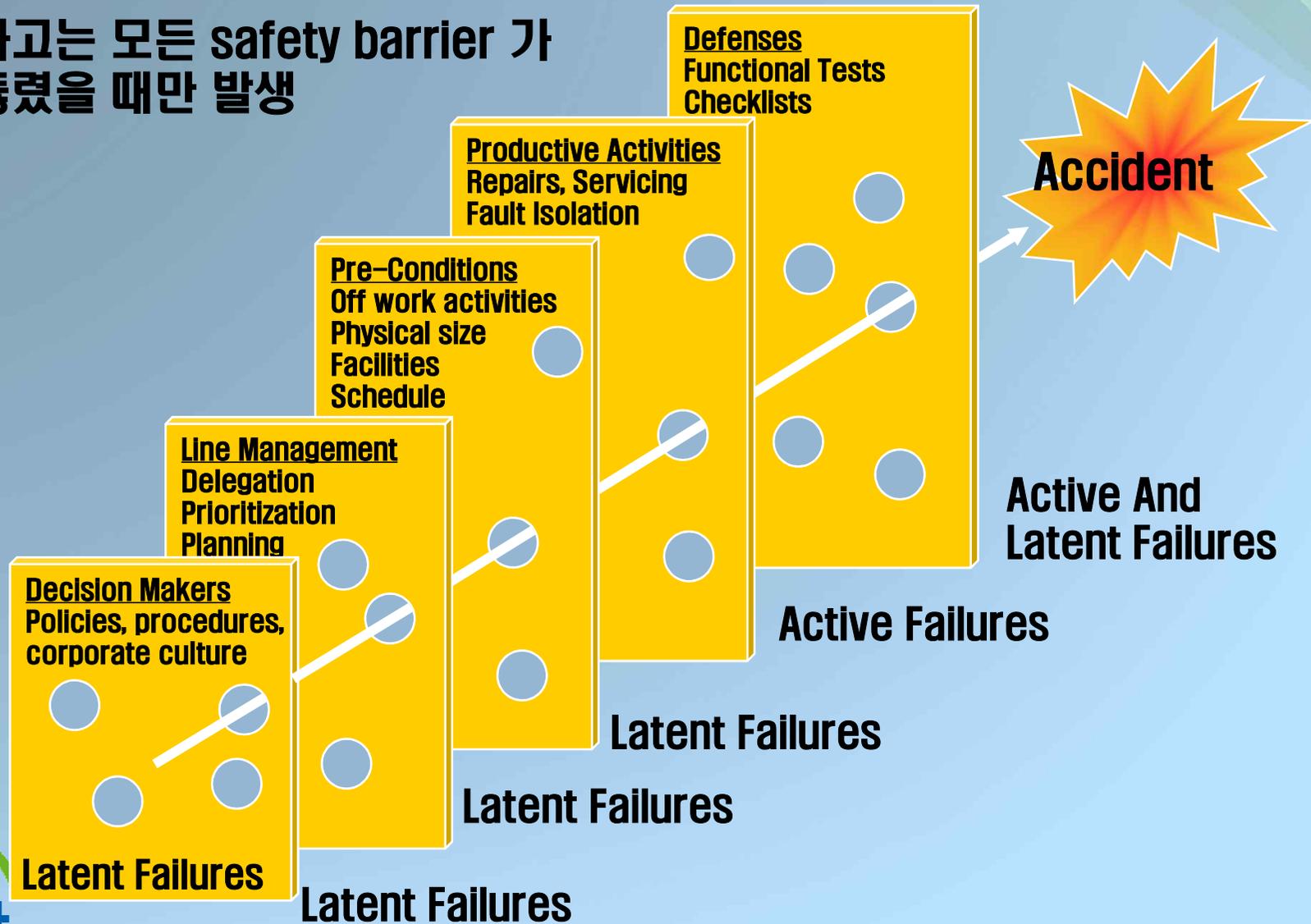
Safety Barriers



대부분의 경우, 하나의 실수는
사고로 이어지기 전에 다른 safety
barrier 에 의해 보호됨



사고는 모든 safety barrier 가
뚫렸을 때만 발생



Human Error 사고 요인

실제 사고요인	오류종류
Pump 정비작업을 위해 전원 스위치 OFF과정에서 정상운전중인 타 Pump전원 스위치 OFF	Cognition 오류
소음이 심한 현장에서 지시사항을 잘못 듣고 잘못된 밸브 조작	Communication 오류
DCS 그래프 모니터가 상하로 위치하여 그래프를 잘못 인식하여 DCS 오 조작	Visual 인식오류
교대근무 인수인계사항 미비로 사후점검 조치 누락	인수인계오류
Pump seal 정비작업 후 전단 Strainer Drain Valve를 잠그지 않고 OIL을 Service 하여 누출	일시적인 행위누락
탱크 Mixer 정비수리 작업 중 착각하여 잘못된 Bolt를 제거하여 위험물 누출	지식결함
유사 (Class는 다름) 한 배관을 서로 바꾸어 장착하여 운전 중 화재	검증절차 미비

Human Error관리 Point



Manuals & Procedures



Operational Controls & Displays



Design for Maintainability



Training



Human/Computer Interaction



Communications

4. Human Error 대책 및 적용사례



Human Error관리원칙

◆ Error Reduction / Elimination:

작업을 정확하게 수행할 수 있도록 쉽게 만들어 줌

- 설비명 표기 명확화 (노란색바탕에 검은색), Numbering 명확화
- 밸브, 전기 Lock out/ Tag 적용
- 모든 제한공간 출입(M/H)에 X-bar설치



◆ Error Capturing:

오류를 검출할 수 있는 점검절차/지침 추가 및 실행

- PMI (Positive Material Identification) 이행
 - 재질오류 확인
- 행동기반 안전 (Behavior based Safety) 도입적용 - 불안정한 행동제거



◆ Error Tolerance:

정비실수 후에도 항공기가 기능을 할 수 있도록 정비작업을 수행

- 항공기 양쪽엔진(both engine)에 동일한 정비작업을 수행하지 않음

◆ Error Audit

작업허가절차 / 작업지침 절차의 이행 감사

안전 최우선 경영

Human factor → 회사 안전문화와 밀접한 관련

Nevertheless, **safety should be given top priority**. I would like to call for all your special attention to the safety of the Project, so that we can be accident-free until its completion.

강력한 경영층 안전메시지

... So far, we have smoothly proceeded with the Project, **with safety as our top priority**...



Refining B/L

Financial KPI	Strategy KPI	Strategic Task	KPI
- ROIC - EBITDA	Achievement of refinery operation excellence	Maximum operation of major units to boost refining margin	Full utilization of major units (Actual/Optimization Plan in production)
		Improvement of maintenance/operation reliability	Increase in operational availability (Actual/Plan in production days)
		Continuous profitability	Profitability Improvement (3 Actual 99%/2 Plan 98%)
		Pursuing process improvement by timely investment	Expansion of higher value-added production capacity
		Improvement of safety management system	Risk assessment by identifying hazard and eliminating potential risk source
		Supporting constructive relationship with labor union	Support constructive relationship with labor union
			Proactive action on safety control (Safety Control Index)
			Evaluation of constructive relationship with labor union
			Successful execution of S-OIL Refinery Expansion Project (Actual/Plan in process)

Operation KPI - Manufacturing expense per production volume
 - Organization management Indicator
Learning & Growth KPI - Assessment of Core Manpower development
 - Execution rate of successor program

임원 Safety KPI 적용



공정안전관리 시스템 강화

■ 안전작업허가

• 비계 사용 전 점검 시스템

모든 비계 설치 및 해체 작업시 사용 전 비계검사관 (Safety Engineer) 으로부터 비계 사용의 안전성 유무를 검사 받은 후 승인 사용토록 제도화

✓ 태그의 종류 : 적색(사용금지), 녹색(사용승인), 노란색(추락방지보호구 의무착용)

✓ 태그 유효기간 : 2개월

• 방호장치, 방폭기능 보유 장비 및 공기구 사용

이동식 전기기계기구는 공장 내 반입시 사전점검 및 기기별 사용허가증 발급 후 사용가능

• Isolation & Lockout & Tagout

작업 전 Main S/W 및 Local S/W Off, 밸브 Close 후 시건 장치 및 Tag 부착배관 차단 후 Blind 설치



공정안전관리 시스템 강화



■ 안전작업허가

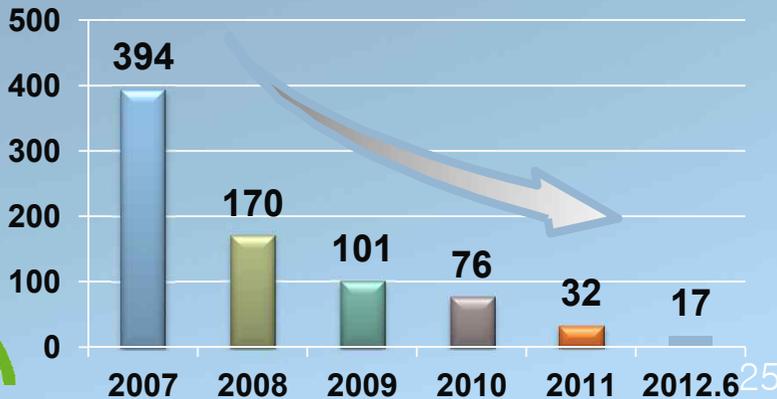
● 작업허가 준수 감사

- ✓ 작업허가 감사 checklist를 이용하여, 2명의 안전 부서원이 임의로 대상부서와 일정을 지정하여 매월 감사 실시
- ✓ 감사결과 조치 : 과별 안전회의 등으로 전 부서원에게 문제점 및 개선방안을 전달
- ✓ 공장장에게 결과 보고 및 안전 마일리지 반영

효과

: 작업허가 감사의 강화로 직원들의 작업허가 절차 준수 의식이 향상되어, 연간 작업허가 위반건수 감소추세

연간 작업허가 위반 건수



안전 앞에 늘 겸손하세요!

작업허가서 감사결과(11.1월)

부서(과)	점차준수 대비점	관련 조치서 내용
수소1과	304-FV-0401 H Sticky 관련 작업 Inter-Lock by-Pass 일지는 작성되어있으나 계기작업허가서 사전 안전조치 확인필요 사항 Inter-Lock by-Pass 해당사항 미확인	5.4.6 작업요청부서 및 작업수행부서 안전조치 확인사항은 항목별로 빠짐없이 확인·기록하고 최종점검 완료 확인 사항을 위하여 추가 조치사항 종료시 특별 안전조치사항에 별도 명시 한다.
수소2과	201 UV 0404 IA Leak 작업관련 작업단계 및 잠재위험 미 작성 작업	5.4.3 작업허가서 발령요청을 발령 부서에서는 미리 제출 받은 작업계획서상 특정 내용 및 작업 단계별 위험성을 파악하기 위하여 작업자와 함께 안전관련 위험해지를 실시한 후 도출된 결과를 작업계획서에 기록한다. 이 경우 반드시 해당 작업자가 모두 참여하고 위험성 확인과 이에 대한 면의 기록 후 작업계획서에 서명하도록 한다.
분해2과	MB-20554 Motor Pulley 교체작업 관련 전립 차단 투입자 미 기록	5.4.5 작업허가서 작업내용 중 발령번호는 작업허가서의 종류에 따라 괴명(이부양제안)-선도-일련번호 순으로 기록하고(예: 영유1-00-001) 작업허가부서에서는 안전조치 확인자를 지칭(안전작업허가서 Switch 차단이 필요한 경우 전용차단자 투입자 지칭을 포함한다)한 후 해당작업을 위한 안전조치 사항을 확인토록 하고 필요시 작업수행자와 함께 안전조치사항을 확인하여야 한다.
동력2과	OS-7785 Diech Line Pin Hole 수리 작업 관련 작업 허가서 과장 서명 누락	5.6.6 5) 담당과장은 끝 업무에 복귀할 것으로 예상되는 출근 직전 또는 사내회의 등 필수 부서에서는 주간계장 또는 과대계장 승인 하에 무단 작업을 실시하고 담당과장 특위서 즉시 확인 사항토록 한다.

3. 감사 의견
 * 세부적인 사항은 원부(현장 작업허가서 감사 현황) 참조
 실제 현장에서 이루어지고 있는 안전작업허가절차 준수여부에 대해 확인결과, Lock-out Tag-out시행이 우수하게 되는 부서가 있는 반면 일부 부서는 절차에 따라 이행되지 않는 부분과 그리고 작업계획서 상의 잠재위험 도출을 위한 작업안전계획서 작성성 파악 및 안전 교육이 이행되지 않는 경향이 있어 Lock-out Tag-out, Interlock By Pass 및 작업계획서 잠재 위험 발굴을 지속적으로 감사항목으로 선정 개선에 힘 매겨지 동원 감사 예정임.

작업허가감사 보고

■ 작업허가 감사 강화 확인사항

작업자가 작업이해도가 낮은 경우 Human Error 발생율이 높아짐

- 작업 중 잠재위험 감소를 위한 작업허가 건 별 작업계획서 제출
- 작업 전 잠재위험발굴 / 교육에 초점을 맞춰 관리

공정안전관리 시스템 강화

■ 안전작업허가 인증제도 시행

- 사고의 40%는 작업허가 미준수에 의한 것인 만큼 운영에 있어서 일정 기준의 자격이 요구됨
 - 기본지식을 갖춘 작업허가자(Issuer) 및 수행자(Receiver)만이 작업허가를 승인토록 하여 작업의 안전성을 향상시키기 위함 (12시간 이수)
 - 대상 : 과장, 주간계장, 교대계장 등 (현재 325명 인증)
(2011년 갱신 214명, 신규 과정 35명 교육 실시)
 - 과정 : 안전작업허가절차 / 위험인식프로그램 / 가스측정방법 / 현장위반사례



교육을 통한 에러예방

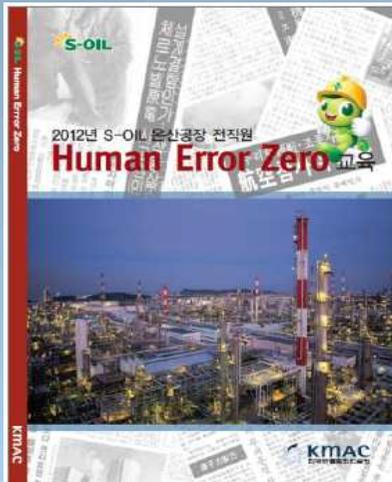
■ 전 사원 Human factor 교육 실시

전 직원에 대하여 Human Factor의 중요성을 강조하고 정기적인 교육을 통하여 Human Error를 최소화하기 위한 목적

- ✓ 2012. 3~4월 20차수에 걸쳐 실시
 - 매3년 주기 (4시간 과정)
 - 외부 전문 컨설팅 전문강사 활용

- ✓ 교육 내용
 - 안전사고의 원인 (동기부여), 휴먼 에러의 이해, 휴먼에러 제로, 위험예지훈련 등

<Human factor 교육결과 향상도>



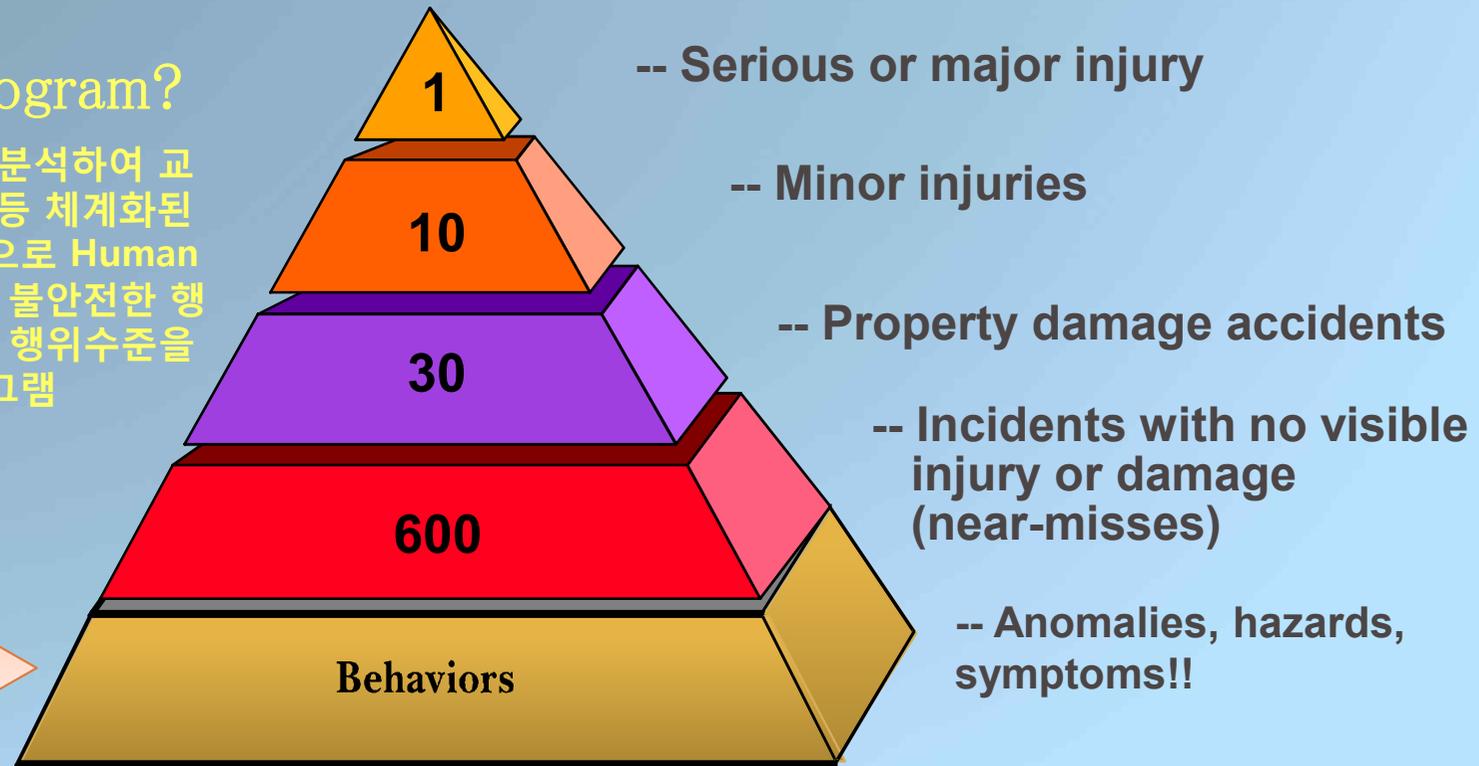
행동기반 안전시스템 도입

■ BBS (Behavior Based Safety) 구축배경

사고의 80% 이상은 사람의 불안정한 행동에 의하여 발생하는 바, 이에 대한 체계적인 관리를 위하여 공장장을 포함하는 전 임직원이 참여하는 안전행동관리 활동필요성 절감

❖ BBS Program?

작업자의 행동을 분석하여 교육, 절차 및 관리 등 체계화된 일련의 개선활동으로 Human Error를 일으키는 불안정한 행동을 하지 않도록 행위수준을 향상시키는 프로그램



행동기반 안전시스템 도입

■ BBS (Behavior Based Safety) 구축 ('12. 2~12월)

■ 실시방법 : 외부 용역에 의한 교육 및 컨설팅

■ BBS 프로그램의 구성

- ① **위험예방기법 (Risk Prevention Technique) :** 잠재 위험요소를 파악, 본인이 현장에서 직접 위험요소를 제거 및 보고. (공장장포함 전 직원 참여)
- ② **작업위험성평가 (JSA, Job Safety Analysis)**
- ③ **직무안전관찰 (Work Safety Observation) :** JSA 결과에 따라 현장에서 작업하는 과정을 체크리스트로 평가하여 잘못된 작업상황을 교정. 관리자가 실시.
- ④ **BBS 위원회 :** BBS 활동 결과물을 통해 현장의 불안정한 요소를 개선하는 정기 위원회, 임원 및 부서장으로 구성.
- ⑤ **BBS 평가 :** BBS 가 계획에 의해 적절하게 이행되고 있는지를 모니터링하여 피드백을 주어 개선하도록 함. 관리자 그룹에서 실시

위험예방기법 (Risk Prevention Techniques)

실시 요령

1. 관찰대상은 임직원 및 협력업체를 포함한 전 인원 및 공장 내 전 지역이 대상이며, 관찰자 본인도 관찰대상이 될 수 있다.
2. 불안정한 행동 및 상태를 발견한 경우는 다음과 같이 개입하여야 한다.
 - 1) 불안정한 행동 발견시 상대방의 행위를 중단시키고 발견한 잠재위험을

위험예방카드 I Risk Prevention Card I	
성명(작성자) :	작성자 소속 : 부(팀) 과
관찰일자 :	피관찰 부서 및 장소 :
관찰된 위험요인 :	
관찰 확인	
<input type="checkbox"/> 불안정한 행동 <input type="checkbox"/> 불안정한 상태	
<input type="checkbox"/> 작업 규정/절차 위반	<input type="checkbox"/> 유해화학물질, 가스 Leak/질식 위험
<input type="checkbox"/> 안전보호구 부적절	<input type="checkbox"/> 넘어짐, 미끄러짐 위험
<input type="checkbox"/> 충돌, 함락	<input type="checkbox"/> 환경오염(대기, 수질, 토양오염 등)
<input type="checkbox"/> 전도, 추락	<input type="checkbox"/> 설비, 공구, 장비, 자재 불량
<input type="checkbox"/> 공구, 장비, 자재잘못 사용	<input type="checkbox"/> 낙아, 비래 위험
<input type="checkbox"/> 중량물 취급	<input type="checkbox"/> 온도 이상, 화상
<input type="checkbox"/> 유리한 행동, 인식모류	<input type="checkbox"/> 전기, 화재 위험
<input type="checkbox"/> 작업자 위치, 작업자세	<input type="checkbox"/> 정리정돈
<input type="checkbox"/> 기타 :	<input type="checkbox"/> 기타 :
관찰 대상자 소속	
<input type="checkbox"/> S-OIL	<input type="checkbox"/> 협력업체
<input type="checkbox"/> 남동, 출고	<input type="checkbox"/> 일반 방문자
관찰된 위험으로부터 예상되는 인적 또는 물적 손실 :	
관찰자의 조치사항 (또는 피관찰부서에 대한 조치 요구사항) :	
시정조치 No. :	

않는다는 것을
고 경청한다.
제시 이행 약속을
개선하고, 해당
내용 및 위험
시스템에서 시정
제, 직접 개선할
SHE시스템에



안전 앞에 늘 겸손하세요!

■ 시스템 도입에 따른 기대효과

- 불안정한 행동이나 상태를 안전한 방향으로 유도하여 잠재적인 Human Error 예방
- 모든 임직원이 WSO/RPT 이행 목표를 부여 받음으로써 안전활동에 주도적으로 참여
 - 안전부서 활동중심 → Line 조직의 Safety Responsibility 강화
 - 최고경영층의 참여로 안전문화 향상
- 안전활동은 안전부서의 역할이라는 통념의 틀을 깨고 Line조직에서 수행토록 유도
- 부서별 목표 성과측정으로 자율활동유도
- 지적이 아닌 코칭을 통하여 자신뿐만 아니라 동료의 안전을 책임지는 문화 정착

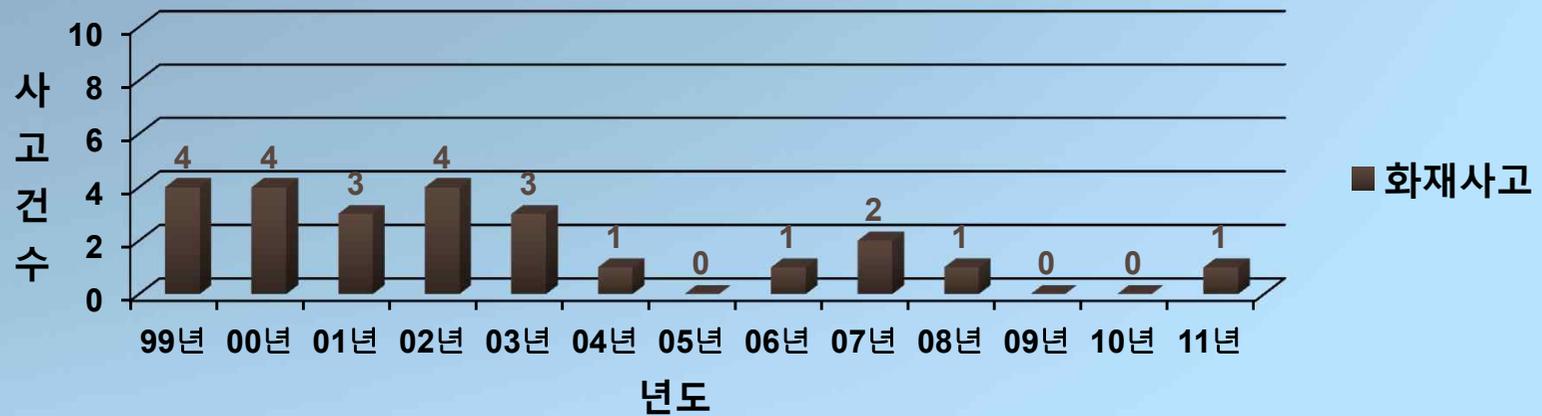


실행효과

❖ 직원 사고성 재해 : 감소 추세



❖ 화재 사고 : 감소 추세



제도적인 지원 요청사항

- PSM 사업장 등급평가 시 BBS 도입운영에 대한 Merit 부여
- BBS 프로그램 도입을 위한 과정개설 및 적극적인 기술지원
(종업원수가 많은 회사의 경우 초기 구축에 교육 등 애로 있음)
- JSA (작업위험성평가) 확산 보급
- 석유화학 공장에 특화된 Human Error 교육과정 개설필요
- 안전관리책임자 법정교육 (6시간/년) 업종별 Safety Leadership 교육프로그램 개발

감사 합니다 !

