

미국의 LOSS PREVENTION 기법

Kenneth W. Dungan, 대표이사
HSB Professional Loss Control

본문에서는 다음사항에 대해 논한다 :

1. 미국의 화학공업산업 분야에서 현재 행하고 있는 손실관리기법
2. 손실관리기법의 발전 과정
3. 앞으로의 손실관리기법 동향

미국내의 화학공장들은 경제적, 사회적 그리고 정치적 영향을 받으면서 운영되고 있다. 이들 각기 다른 영향의 상충은 솔선적이고 규제성이 있는 행동으로 이어지게 되었는데 이러한 행동은 오늘날 매우 잘 알려진 공정안전관리(Process Safety Management) 의 근간이 되었다.

1. 역사적배경

역사적인 측면에서 보면 1950년대에서 1970년대 사이의 건축물은 정유, 가스, 그리고 화학산업을 풍요하게 해 주었다. 따라서 사용가능한 조업 기금이 마련되었다. 많은 손실 방지 및 조절이 보험회사에 의해 그들의 재정상의 위험을 방지하기 위해 영향을 받았다. 손실 보호 및 조절의 기본은 이미 일어난 손실에 감응한다. 규칙 및 지침서들이 이 당시에 만들어 졌다.(예를 들어 프로세스 구조물을 지탱하고 있는 철구조물은 지상에서 35피트(약11미터) 높이까지 2시간을 견딜 수 있는 내화피복을 입히거나, 반응용기의 경우 0.25gpm/sq.ft 의 살수량을 갖는 스프레이 시스템을 설치 하여야 한다.

손실은 계속적으로 일어났다. 1968년 미국보험협회(American Insurance Associations) 에서는 화학공업 및 계열 산업의 위험성 조사 라는 기술 보고서가 발간되었는데 이것은 동분야에서의 수

백개의 대형 화재 및 폭발에 관한 정밀 조사로써 위험요인을 밝힌 보고서였다. 이보고서의 머릿말은 아직까지도 오늘날 미국의 화학공업 분야의 정확한 소견으로 여겨진다. 다음은 위에서 언급한 보고서의 머릿말이다.

화학산업 및 계열산업의 위험성 조사

머릿말

“화학산업 및 계열산업은 미국 산업의 가장 큰 보루이다. 최근 조사에 의하면 1951년 이래로 생산 시설이 거의 두배로 늘었다 한다. 화학산업은 지난 15년 동안 미국이 산업화 초기 부터 150여년간 건설해온 공장및 장비와 같은 규모의 새로운 공장과 장비를 신설하였다. 그러나 급격한 성장 뒤에는 화재, 폭발, 장비의 하자, 휴지, 사상등의 증가가 따랐다. 따라서 지금이야 말로 잠깐 정지하고 재산과 인명의 심각한 손실을 방지하기 위하여, 경험으로 부터 손실 요인을 연구하고 위험성 평가 방법 및 사고를 방지하고 예방할 수 있는 방법을 연구할 때인 것이다.“ 손실을 가져다 주는 9개의 위험성 요인은(표1)과 같다.

안전 및 방화업무에 참여해온 화학공학엔지니어들은 그들이 배운 교훈을 서로 나누어 갖을 필요가 있다는 것을 인식하게 되었다. 그리하여 1967년 2월 첫번째 미국화학학회에서 손실예방에 관한 좌담회가 열렸다. 많은 미국화학회회의 손실 예방좌담회에서는 그들의 목적을 다음과 같이 명확히 하고 있다 :

“공정산업분야에서 매해 일어나고 있는 사고는

표 1. 위험성 요인

<p>지난 20여년간 화공산업 및 제철산업에서 일어난 수백건의 화재 및 폭발 사건에 대한 조직적인 조사가 행하여 졌다. 본 연구에서 활용한 화재 및 폭발 사고 사례는 위험 요인 분석을 위한 충분한 정보를 보유하고 있는 사건들에 한정 되었다. 다음은 분석된 위험 요인들이다.</p>	<p>물질의 독성 위험-화학제품의 부적당한 포장 및 표시</p>
<p>1. 공장 위치의 문제점-폭풍, 범람, 지진 등의 자연적인 재난에의 노출-공업용수 및 소화용수와 기타 설비의 공급에 불리한 입지-인근 공장으로부터의 심각한 위험으로부터의 노출-공공 소방대 및 비상구조대의 저신뢰도-비상장비의 운송상의 문제점-불충분한 폐기물 처리 시설-위험 공정을 실내에 유치해야 하는 기후상의 문제점.</p>	<p>5. 화학공정의 문제점-공정 온도 및 압력 변화에 대한 정보 부족-부산물 혹은 부가반응에 의한 위험-공정반응에 대한 평가 부족-폭발 반응과 관련된 공정의 확인 부족-환경문제의 불충분한 평가-공정의 극한조건에 대한 요구사항의 경시</p>
<p>2. 불충분한 공장 배치 및 간격-과밀한 프로세스 지역 및 저장 지역-매우 위험한 공정이 충분히 이격되어있지 아니함-고가이고 교환하기 어려운 장비의 위험에의 노출-비상탈출 시설의 결여-유지보수 및 비상조치를 위한 공간의 부족-점화원이 위험근원에 너무 가까움-위험한 공정이 위험근원에 노출되어 있음-공장에 존재하는 위험근원의 불충분한 분류</p>	<p>6. 물질이동의 문제-단위조작동안 화학제품의 통제 부족으로 부터 오는 위험-위험한 분진의 통제 부족-배관 문제-운송시 위험 물질에 대한 부적합한 확인-공장에서 상차, 하차상의 문제-인화성 가스와 증기의 문제-열전달조작의 불충분한 통제-공압 컨베이어의 폭발 문제-폐기물 및 공해 문제</p>
<p>3. 사용요구사항에 맞지 않는 구조물-규약에서 요구하는 사항을 무시한 건물, 전기설비, 배수장치 등-불충분한 내화시설-폭발압 방출용 벽의 부재 혹은 위험공정의 격리 미비-건물의 내폭발 시설 미비 및 환기 불량, 비상피난 설비의 부재-규약을 만족시키지 못하는 전기 장비-중요한 전선의 미보호</p>	<p>7. 운전 실수-공장의 모든 부분의 운전에 관한 상세한 설명서 및 지침서의 부족-불충분한 교육 훈련계획-감독 소홀-불충분한 스타트업 및 셧다운 절차-불충분한 검사 및 정리, 정돈-작업허가 시스템을 통한 위험 통제의 불충분-비상통제 계획의 부재-부적합한 훈련</p>
<p>4. 불충분한 물질 평가-관련된 모든 물질의 화재, 보건, 화학적 안정성에 대한 평가 미비-위험 물질의 총량 규제 미비-위험물질의 공정 환경에 대한 불충분한 평가-충분히 검토되지 않은 위해</p>	<p>8. 장비의 고장-장비 설계상의 위험-부식 및 침식-금속피로-제작상 결함-부적합한 조정-설계한계를 상회하는 공정-미흡한 유지 계획-부적합한 수리 및 교체 계획-"Fail Safe" 장비의 부족-건축기준 및 자재시방의 확인 소홀</p>
	<p>9. 비효과적인 손실조절 계획-최고경영자의 불충분한 지원-부과된 책임감의 결여-사고예방계획의 미흡-소방활동인원, 장비, 조직의 부족-비효과적인 폭발 예방 및 통제 계획-비상계획의 부족-보일러 및 기계류의 위험에 대한 불만족스런 안전확인-다른 공장 그룹간의 손실예방을 위한 협조 부족-비효율적인 사고 조사</p>

많은 사람들을 다치게 했고, 재산피해를 주었으며, 이익을 감소 시켰다. 경험은 소중한 스승이다. 안전 및 사고예방 부문에서 교훈을 배우기 위해서 치루어야 하는 대가는 너무나 크다. 우리 모두는 우리의 경험을 나누어 가짐으로 해서 이득을 볼

수 있다. 우리 모두는 우리 각자의 조업의 경험에서 배운 교훈을 서로 공유함으로써 이익을 보게 된다.

1976년 2월 휴스턴주 텍사스에서 열린 미국화공 학회를 매개로해서 손실예방과 손실경험에 관한

정보를 교환하는 공개토론회가 열렸다. 종종 “안전에는 비밀이 없다”고 이야기들 한다. 여기 기고된 원고와 토론은 안전에 비밀이 있을 수 없다는 사실을 증명한다. 미국방화협회는 토론에 스스로 참석한 참가자 모두에게 그리고 손실예방안내서를 공정산업에 유용하게 만든 것에 감사를 표한다.”

화학공정안전에 관한 지식의 확장에 많은 진전이 이루어 지기는 하였으나, 손실은 계속적으로 일어났다. 그러던중 1970년대 말에 경제조건이 바뀌기 시작했다. 많은 제품의 이익폭이 좁아졌다. 따라서 경쟁적이 되기 위해 예산이 삭감되었다. 유지보수, 운전, 비상대응에 관련된 인원들이 줄어졌다. 자본사용의 감소는 새로운 공장 건설의 감소와 낡은 공장의 증가를 의미하였다. 환경보호에 관한 규제 시작은 부가적인 경비를 요구하였고 새로운 설비에 관한 계획을 불확실하게 하였다. 때를 같이하여 보험료가 떨어졌다. 따라서 보험회사들은 보험가입자에게 제공하였던 공학적 서비스를 위한 자금이 부족하게 되었다. 게다가 보험가입자들에게 주어지는 보험 인센티브도 감소하게 되었다.

위에서 지적한 문제들의 대부분은 미국에서만 독특한 문제는 아니었다. 대중들에게 화학공장의 위험에 관한 주의를 환기시키는 중대사고가 세계적으로 일어났다. 표2에서는 사회적, 정치적 관심을 일으킨 중대사고를 소개하였다. 이러한 사고들은 공장시설 보호차원의 손실예방에서 공장의 직원 및 환경의 보호차원의 손실예방으로 변하게 하였다.

표 2. 화학공장의 중대재해

Flixborough	1974
Seveso	1976
Bhopal	1984
Mexico City	1984
Piper Alpha(North Sea)	1988
Phillips Petroleum(Texas)	1989

2. 규제측면의 반응

영국 Flixborough에서의 Cyclohexane 폭발 및 이태리 Seveso에서의 Dioxin 누출 사고는 EEC (European Economic Community)로 하여금 세베소지령을 발령케 하였다. 이 지령은 중대사고를 야기시킬 수 있는 사업장에 대해 환경보호 그리고 인원의 보건, 안전을 골자로하고 있다.

World Bank 역시 산업개발기금의 한 영역으로써 인명과 환경에 대한 중요 위험요소를 발견하고 분석하고, 조절할 수 있는 지침서를 마련하였다.

650명의 생명을 앗아간 멕시코시티의 LP 가스 폭발 사고와 2000명 이상의 사망자를 발생시킨 보팔시의 Methyl Isocyanate 누출 사고는 미국내에서 많은 사람들의 관심을 이끌기에 충분하였다. 이사건들은 정부와 산업계 그리고 노동자들의 참여도를 높여 주었다. 의회는 비상계획 및 주민의 알권리라 불리는 Re-authorizatin Act(SARA) 및 Superfund Amendments 의 Title III를 통과시켰다.

SARA Title III는 지정수량(TPQ) 이상의 360가지 위험물질에 대한 비상계획을 요구한다. 위험물질의 목록은 근본적으로 의회에 의해서 정의 되었으나 EPA(Environmental Protection Agency)에 의해서 추가 될 수 있다.

계획은 주정부, 지방의회, 산업계들의 협조를 요구한다. 각 주의 주지사는 주비상대응위원회를 지정하여야 한다. 이 위원회는 주를 구획하고 각 구역별로 비상계획위원회를 구성할 의무가 있다.

지정수량 이상의 위험물을 취급하는 곳은 주비상대응위원회(SERC)와 구역비상계획위원회(LEPC)에 신고하여야 한다. 그들은 또한 위험물 사고에 대비한 지역비상계획의 준비에 참여 하여야 한다. 이러한 위험물질들을 취급하는 산업체는 구역비상계획위원회와 함께 일할 공장비상조절자의 이름을 구역비상계획위원회에 제출하여야 한

다. 초기 계획은 1988년 10월 17일 까지 완성되게 되어 있었다.

주비상대응위원회 와 구역비상계획위원회는 공장으로 부터 수집한 화학물질에 대한 정보를 일반 대중의 요구에 응답하여야만 한다.

주민들의 알 권리는 공장의 종업원에게 강조 될 것이 아니라 지역주민에게 강조 되어야 한다. 1988년 북해유전의 Piper Alpha 사고나 1989년 텍사스의 Phillip Petroleum 공장 폭발 사고는 공장내 종업원들에게 주의가 모아졌다. 미국의 노동부는 미국대중의 위험에 대한 인식도에 반응하여 매우 위험한 화학물질의 공정안전관리(29CFR 1910.119)라고 이름 붙여진 법을 1990년 7월 17일에 제정하였다. OSHA에서는 공정안전관리의 필요성을 다음과 같이 설명하고 있다 :

“OSHA는 매우 위험한 화학물질을 취급하는 공정이 누출과 같은 잠재적 사고를 갖고 있고 이것이 중대재해를 야기할 수 있을 것으로 믿는다. “매우 위험한”이란 말은 독성, 인화성, 반응성 혹은 폭발성 성질을 갖고있는 물질로서 본법령에서 규정하고 있다. OSHA가 보유하고 있는 정보에 의하면 1989년 텍사스주 파사데나의 Phillips Petroleum 에서와 같이 사고는 수년간 일한 사업장에서 일어났고 또 계속적으로 일어나고 있다. Phillips 폭발사고에서는 23명이 사망하였고, 130명이 부상당했다. Phillips폭발사고와 같은 사고의 보고서에서는 이러한 사업장에는 종업원들을 위협하는 위험이 상당량 도사리고 있기 때문에 이에 관한 강제기준이 꼭 필요하며 이러한 기준의 적용은 사고에 의한 누출, 화재, 그리고 폭발로 부터 야기되는 사상자의 수를 줄일 수 있다는 것을 명확하게 보여준다.”

동시에 미국의 환경청에서는 1990년 Clean Air Act 개정안에 의해 화학물질의 누출사고 예방에 관한 법률을 제정하기에 이르렀다. 이 새법령은 시나리오에 의한 위험분석과 위험관리계획을 요구하고 있는 점이 OSHA법령과 구별된다.

3. 업계의 반응

화학생산자협의회(Cheical Manufactures Association)와 같은 상공단체들은 공정안전을 증진시키는데 도움이 되는 프로그램을 마련하였다. CMA의 Responsible Care와 같은 프로그램은 지역사회의 인식 및 비상대응 프로그램에서 발전된 것이다. 이 프로그램은 관리실행 측면에서의 몇가지 규칙으로 이루어져 있다 :

- * 지역사회와의 인식 및 비상대응-지역사회로의 공개성과 대화를 강조하고 있는 SARA Title III의 많은 부분을 도입하였다.
 - * 공해방지규칙-방출 및 폐기물의 양을 줄이는 것을 목적으로 함
 - * 공정안전규칙-공정안전에서 관리자의 지도력을 강조하면서 OSHA 29 CFR 1910.119의 조항을 많이 포함하고 있다.
 - * 배분에 관한 규칙-운송, 배분, 그리고 저장에 관련 경영의 참여를 다룬다.
 - * 보건과 안전에 관한 규칙-종업원들의 노출을 감소시키는 절차에 초점을 맞추었다.
 - * 제품관리에 관한 규칙-현재 준비되고 있음.
- 미국석유회(American Petroleum Institute)는 1990년 “공정위험관리의 지침서”라 명명된 권장실행사항 750을 마련하였다. 이들 지침서는 OSHA 법령과 매우 흡사하다.

기술적인 견지에서 볼 때, 미국화공학회(API)에서는 지난 40여년간 활발히 석유화학 및 화학공장의 공정안전 및 손실조절에 공학적방법을 사용하는 것을 연구 권장해 왔다.

미국화공학회는 설계자, 건설자, 운전자, 안전 전문가, 그리고 학계와의 매우 긴밀한 관계를 통해서 대화를 증진시켜 왔고, 고도의 산업안전기준으로의 개선을 촉진하여 왔다. 그들의 발간물과 토론회들은 화공전문가들에게 사고 원인과 예방에 관한 정보의 근원이 되어왔다.

규제의 변화와 경영진들의 인식의 증대에 부응하여 미국화공학회는 1985sus 화학공정안전센터

(Center for Chemical Process Safety)를 발족시켰다. 이센터에서는 화학공정안전을 적용시키기 위한 기술지침을 공급하는 것을 주업무로 한다.

첫번째 CCPS 사업은 위험평가(Hazard Evaluation)절차를 위한 지침서의 준비였었다. 이 사업의 목적은 다음과 같았다 :

“관련 인원을 육성하고 산업체의 안전 준수수준을 향상시키기 위한 유용하고 이해하기 쉬운 교과서를 준비하려 한다. 이것은 평가와 특별한 적용을 위한 방법의 선택을 포함하여, 위험을 발견하

고, 분석하고, 줄여주는 방법을 소개한다. 이것은 다양한 방법의 요약, 기술, 유용한 부록을 포함한다. 서류는 주기적으로 갱신하여야 하며, 이서류는 위험관리와 같은 추가 업무에 기초 자료로 사용되어 진다.”

CCPS는 화학공정안전의 기술관리를 위한 지침서를 포함하는 추가 지침서를 1989년 11월에 마련하였다. 이 책은 공정안전관리의 기술적인 측면을 제공한다.

산업체나 규제기관이나 서로 비슷한 접근을 시도 하였다. 표3(Table 3)에서는 관련 서류들을 비교하고 있다.

표 3. Comparison of PSM Systems

CMA RESPONSIBLE CARE	AICHe CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY	OSHA 29 CFR 1910. 119	AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
Management Leadership	Accountability	Process Safety Information	Process Safety Information
Commitment	Process Knowledge and Documentation	Process Hazard Analysis	Process Hazards Analysis
Accountability	Project Reviews and Design Procedures	Operating Procedures	Management of Change
Performance Measurement	Risk Management	Training Contractors	Operating Procedures Safe Work Practices
Incident Investigation	Management of Change	Pre-Startup Safety Review	Training
Information Sharing	Process Equipment Integrity	Mechanical Integrity	Critical Equipment QA and Mechanical Integrity
CAER Integration	Incident Investigation	Hot Work Permits	
Technology	Training and Performance	Management of Change	Pre-startup Safety Review
Design Documentation	Human Factors	Incident Investigations	Emergency Response and Control
Process Hazards Information	Standards, Codes, and Laws	Emergency Planning and Response	Process-Related Incident Investigation
Process Hazard Analysis	Audits and Corrective Actions	Compliance Safety Audit	Auditing of PHM Systems
Management of Change	Enhancement of Process Safety Knowledge		
Facilities			
Siting			
Codes and Standards			
Safety Reviews			
Maintenance and Inspection			
Multiple Safeguards			
EmergencyManagement			
Personnel			
Job Skills			
Safe Work Practices			
Initial Training			
Employee Proficiency			
Fitness for Duty			
Contractors			

4. 공정안전의 적용

최근에 미국의 화학산업은 그들의 기존 공장에 대해서 OSHA 법규중 일부분인 공정위험분석업무에 초점을 맞추고들 있다. CCPS의 위험평가를 위한 지침서는 접근방법을 선택할 수 있는 도움을 준다. 표4에는 OSHA가 요구하는 6가지 방법을 소개하였다.

표 4. 공정 위험 분석 방법

What-if
Check-list
What-if /Check-list
Hazard and Operability Study(HAZOP)
Failure Mode and Effects Analysis(FMEA)
Fault Tree Analysis

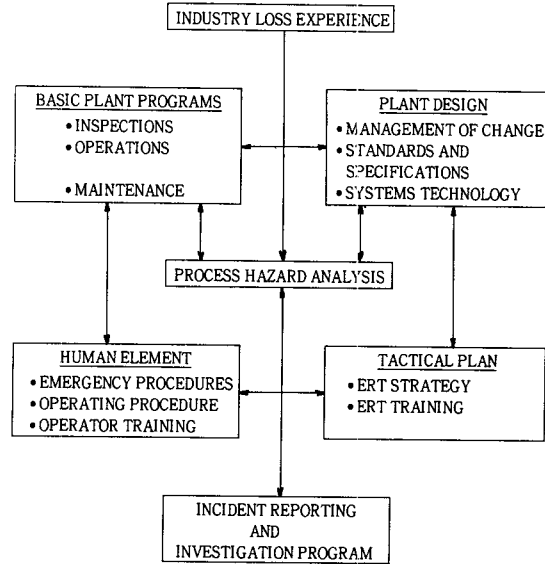
CCPS의 지침서는 이러한 방법들과 응용방법에 대해서 더욱더 자세한 설명을 하고 있다. 공정안전은 단순한 위험분석보다 더 많은 것을 요구한다. 공정위험분석(PHA)의 결과는 무엇을 의미하는가? PHA의 결과가 설계나 운전상의 결정에 어떻게 반영되었는가? PHA는 투자효과면에서 여러가지 선택안을 놓고 결정할 때 가장 훌륭하게 사용될 수 있는 도구이다.

공정안전관리는 기계나 장비보다 훨씬 더 복잡하다. 운전, 훈련, 그리고 안전작업시행 등의 성패는 공장 종업원에 의해 좌우 된다. 게다가 변화의 관리 및 기계의 보전성등은 안전하고 신뢰도 높은 공장을 유지하는데 있어서 핵심이 된다. 화학산업 분야에서 성공하려면 회사는 공장 설계와 운전을 PSM프로그램 안으로 모두 통합하여야 한다. 그림1은 설계와 운전과의 상호작용을 보여주고 있고 또한 PHA가 어떻게 공장의 안전과 신뢰도의 증진에 기여하는가를 보여준다.

5. 앞으로의 추세

미국화학산업에 대한 미래의 도전은 공정안전을 기업문화에 통합시키는 일이다. 이 일을 가능케 하는 수단이 PSM인 것이다. CCPS는 “품질관

그림 1.



리와 공정안전관리를 통합하기 위한 지침서”를 개발하는 작업을 하고 있다. 공정안전은 품질관리에서 처럼 라인 조직으로 부터 통솔력이 나와야만 달성될 수 있다. 책임감은 설계에서 부터 운전까지, 유지보수에서 비상대응까지 모든 점에 있어서 주어져야한다. 모든 사람들은 공정안전을 위한 말은바 역할이 있다. 따라서 모든 사람이 그들의 역할을 이해하고 열심히 그 역할을 감당해 나가야 하는 것이다.

6. 건의사항

회사가 크건 작건간에, 풍요하건 어렵건간에 화학공정안전의 지속적인 개선에 대한 태도를 분명히 하여야 한다. 이러한 개선을 향한 중요한 일보는 포괄적인 공정안전관리의 시행이라 할 수 있겠다. 조직이 PSM 프로그램의 적용을 시작하려 할 때 명심해야 할 사항이 몇가지 있다.

첫째로, PSM을 적용하는 사람의 능력과 완전성이 PSM 시스템을 선택하는 것보다 더 중요하다. 가장 뛰어난 사람이 PSM을 개발, 적용하는 노력에 관련 되어야 한다.

둘째로, PSM 철학으로의 변화에 단체적인 거부감이 생기기 쉽다. 만약 기존의 전파되고 있는 품질개선 프로그램이 있다면, 이 품질관리 프로그램에 PSM노력이 업혀져야 한다.

셋째로, PSM에 소요되는 경비에 대한 이득을 이해시킬 수 있는 창의적인 방법이 매우 중요하다. 5년이나 10년 후 언제쯤 경영자가 이 모든 재

원에 대해서 의문을 갖을 수도 있다.

마지막으로 네번째, 골고루 돌아갈 재원이 없다 - 그들은 현명하고 지속적으로 사용되어야 한다. 관리자들은 경험을 다른 사람들과 공유하게 함으로써 투자비용의 지레작용을 할 수 있는 방법을 찾아야 한다. 지속적인 공정안전의 개선으로의 진보를 이룩할 시간은 바로 지금인 것이다.