

## 危險管理를 위한 중대결정

본 내용은 LOSS PREVENTION '92년 8월호에 게재된 "Risk Management Success Calls for Hard Decisions"를 번역한 것으로, 석유화학공정의 안전관리자는 사고가 발생했을 때 과실을 의심받으면 소송에 휘말릴 수 있으므로 현명하게 대처하여야 한다는 내용을 실고 있다.

현명한 위험관리자라면 ①訴訟의 可能性 ②法規의 適用 ③危險에 대한 명확한 定義 ④危險管理의 選擇性 ⑤危險評價 責任의 委任 ⑥危險管理 手段들에 대하여 될 수 있는한 많은 지식이 있어야 한다. 더욱이 財政이 궁극적으로 손실방지대책을 제한하기 때문에 위험관리 費用分析이 필요하다.

### 訴訟可能性

사고 조사자들은 즉시 무엇이 잘못되었는지 발견한다. 그들의 사고 조사목적은 가능성 있는 원인들을 결정하는 것이지만, 책임의 평가가 우선된다.

사고조사의 목적은 過失 당사자들을 찾아서 그들을 起訴하는 것이다. 예를 들면, 1971년 로스엔젤리스에서 Water District 터널 폭발사고로 17명의 작업자가 사망하였는데 공사감독과 안전관리자는 刑事上 過失로 형을 선고받아 감옥에 투옥되었다. 그 후 시카고에 위치한 필름 제조 공장에서는 또다른 종업원 사망사고로 2명의 사무원과 한명의 감독이 살인죄로 기소되었다.

### 責任性

한가지 중요한 추세는 권한의 확대없이 책임성만 증가된다는 것이다. 1989년 2명의 연방공무원이 불법으로 위험한 폐기물을 저장·처리·유기한 혐의로 유죄판결을 받았다.

연방공무원이 有罪判決을 받은 첫번째의 경우가 되는 동 사건에서 연방 공무원은 연방 환경법을 위반하여 유죄판결을 받았다.

연방공무원이기 때문에 법을 무시하여도 괜찮다는 인식을 갖지 않도록 평결문에서 판결하고 있다고 담당검사가 기자들에게 설명하고, 그들이 잠재적으로 위험한 상태가 계속되고 있다고 반복해서 경고를 받았다고 주장하였다. 그러나 그들은 경고를 계속 받았다는 사실을 부인하였고, 環境法規를 강제로 집행할 권한이 없다고 주장하였다.

그들은 충분한 재산을 가진 사람도 아니고, 스스로의 운명을 보호하지도 못하였다.

그들은 발생한 사건을 결정할 권한도, 그렇게 할 수단도 없는 평범한 공무원이었다. 권한없는 책임이 이 사건에서 명백히 제기되고 있다.

많은 重大事故에서 개인 혹은 단체가 과실로 재판에 회부되지 않는다는 것을 보여준다. 여러건의 항공기사고에서 조종사의 실수가 인정됨에도 불구하고 거의 조종사들은 항공기사고에서 고소당하지 않는다. NASA의 관계자들이 적절한 위험관리 기술을 사용하였다면, 1986년 쉘러저

호 사고는 방지되었을 수도 있었을 것이나, 그 직무를 태만히 한 것으로 인해 아무도 고소당하지 않고 있다.

1984년 12월 인도 보팔의 비극적 사고에 대해 인도 정부는 유니온 카바이드사의 누구를 고소할지를 아직까지 확정하지 못하고 있다.

개인적인 책임은 매우 특수한 상황에서 문제가 된다.

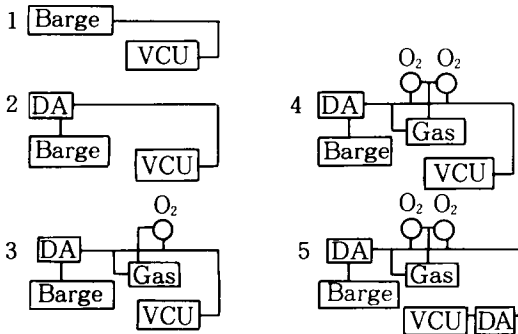
자본력이 풍부한 대기업이 連累되는 큰 사고가 아니고, 단지 사고가 조그만하여 그 사고원인이 밝혀지거나, 사고를 미연에 방지할 수 있는 사람이 누구인지를 확인할 수 있다면 그 개인은 법적으로 책임이 있을 수 있다.

### 法規

OSHA와 EPA기준은 공장가동, 공정 및 공정물질의 제어방법뿐 아니라 위험관리 기법도 규정하고 있다.

설비에서 배출되는 기체, 액체 및 고체폐기물이 기업의 收益性에 영향을 미친다는 것을 고려하지 않고 규제되어 있다. 규정이 강화됨에 따라서 중소기업을 운영하는 데에는 강화된 규정에 맞는 기술 및 숙련성이 요구되기 때문에 경제적으로 부담이 되고 있다.

(그림1) Vapor collection system control options



OSHA기준(29, CFR 1910. 19 : 高危險 化學物質의 安全管理)은 약 28,000개의 공장에 영향을 미칠 것이고, 공정 및 작업자의 효과적인 안전관리 규정 제정을 요구하고 있다.

### 危險의 定義

위험이란 危險의 可能性과 事故의 結果 양쪽 모두를 고려하는 가능성이 있는 損失의 定量的, 定性的 表現으로 정의한다.

그러한 정의는 자주 불완전하게 되며, 이 정의로는 사고와 사고의 심도에 대한 가능성은 잘 적용되지만, 두개의 또다른 요소에는 적용되지 않는다. 그중 한 요소는 사고가 일어나는 기회, 즉 위험에 노출된 기회이다.

Pipe Line과 철도가 교차된 지점에서 열차사고로 손상된 Pipe Line의 사고 상황을 고려해 보자.

사고가 일어날 가능성은 그 교차로를 지나는 열차의 수와 그 지점을 지나는 화물자동차(Pipe Line에 손상을 입힐 수 있는 위험한 물질을 적재한 화물자동차) 숫자에 달려있다. 만일 교통량이 감소하면 위험도 감소하고, 교통량이 증가하면 위험은 따라서 증가한다.

또다른 배제된 요소는 위험에서 얼마나 많은 사람들이 그 위험을 인지하고 있는가와 인지된 危險要素(Perceived Risk Factor)이다. 이러한 요소의 누락은 정확하게 정량화하기 어렵기 때문에 발생한다.

몇년전 항공기 납치가 새로운 형태로 나타났지만, 그 사건에서 아무도 죽지 않았기 때문에 항공기에서 인지된 위험은 증가하지 않았다. 항공기 납치사건에서 살인과 테러가 시작됨에 따라 인지된 強度(Severity)가 증가되었고, 따라서 인지된 위험이 무척 증가하였다.

그 위험요소는 너무 높아 유럽 전체가 항공기

폭파와 항공기 납치사고의 결과로 관광수입에 막대한 손실을 입었다.

## 選擇權

위험을 관리하는 선택권은 다섯가지 형태로 분류된다.

危險의 引受 - 인지된 위험과 실질적 위험이 낮다면, 위험을 무조건 인수한다.

여행을 할 때 항공기가 폭발할 위험은 있으나, 그 위험이 꽤히 받아들일 정도로 낮다면, 그 이상 위험을 낮추기 위한 별도 조치는 필요가 없다.

制御裝置를 통한 危險減少 - 충분한 공정 제어 장치들(안전밸브, 차단밸브, Overflow 설비)은 공정장치의 파손으로 사고가 일어날 수 있는 장소에 사용된다.

危險管理 節次導入 - 수동시스템으로 가동되는 설비는 적절한 가동을 위하여 상세하게 기록된 가동순서에 따라 운영되어야 한다.

OSHA 규정은 위험한 지역 혹은 설비에서 일하는 작업자에게 효과적인 훈련 프로그램을 요구하며, 정기적인 훈련을 받도록 규정하고 있다.

各 危險 單位工程의 離隔配置 - 폭발 위험성이 있는 공장에서의 폭발의 확대를 막기 위하여 각 공정간에 이격거리를 둔다.

위험물 옥외탱크 저장시설에 있어서 하나의 탱크에서 다른 탱크로 연소확대방지를 위하여 탱크 간에 이격거리를 둔다. 이러한 개념은 반응성물질이 다른 화학반응을 일으키는 물질과 섞이지 않도록 하고, 물리적으로 공정흐름을 분리하는데 사용될 수 있다.

危險의 轉嫁 - 보험회사는 보험료를 받고 危險을 擔保할 수 있다. 위험이 높은 공장은 보험료가 증가된다. 많은 비용으로 위험을 전가시키는 것은 가장 매력이 낮은 선택권이다.

## 責任의 委任

최근까지 안전관리자의 주요한 업무는 생산부서와 수익을 올리는 부서 뒤에서 OSHA와 EPA 기준만을 지키는 보조업무였으며, 안전업무는 수익성 업무에 反하는 업무로 생각되어 왔다.

생산책임·안전·보건·위험물 및 대기오염 규정이 제정됨에 따라 안전 및 위험관리부서는 기업의 경영조직내로 통합되었다.

현재는 낮은 위험을 관리하는 것이 높은 위험을 관리하는 것보다 기업의 收益性 提高에 도움이 된다는 것을 인식한다.

보건·안전업무는 대개 라인조직에 편성되어 있지 않다. 대부분 기업에서는 보건·안전업무를 실제적 권한과 책임이 없는 스텝조직에 편성하는 경향이 있다.

보건·안전업무는 기업의 경영정책과 경영활동에서 무시되는 경향이 있으며, 기업에서 위험관리업무를 실행하려 하면, 라인조직으로 통합하여 운영하여야 한다.

책임과 권한은 경영조직을 통하여 위에서 아래로 쉽게 전달되어야 하고, 라인조직내에서 부여받은 권한은 환경·보건·안전업무에 대한 책임을 져야 한다.

재산의 보호와 안전한 작업조건의 확보·관계법규 준수 및 위험을 관리하는 정책과 계획안들은 조직의 최고 경영자로부터 말단까지 경영조직을 통하여 전달된다.

라인조직에서 부여된 권한은 정책과 계획안을 부여받아 실행에 옮기게 된다. 잠재된 위험을 확인하여 가장 효과적인 비용으로 위험감소안을 실행하는 것이 라인조직내에서 부여받은 권한이다.

상위 직급의 관리자들은 ①危險分析 ②各 危險分析案의 檢討 ③修正案 檢討 및 設備 設置 ④安全에 關聯된 모든 記錄과 分析案을 維持·保

管해야 한다.

## 危險管理 手段

이상적인 위험관리는 “요람에서 무덤까지”라는 말이 적용되며, 위험관리는 시스템설계에서 시작하여 시스템이 가동중단되어 없어질 때까지 지속된다.

위험관리와 위험분석을 통합하여 적용할 가장 좋은 시점은 工程 設計段階로서 공정설계단계에서는 설비를 교체하거나, 위험한 공정을 서로 이격 거리를 두고 배치하거나, 충분한 제어장치의 추가 설치를 설계도면만을 수정함으로써 가능하다.

설계가 끝나고 공장건설을 시작함에 따라 위험관리업무가 건설되는 각 공정(설비)에 적용되며, 설계와 건설 과정의 각 요소들을 조정하는 관리계획은 작업자의 훈련·설비유지안·안전설비의 점검·모든 안전설비에 대한 끊임없는 위험분석에 따라 수행된다.

시스템이 가동됨에 따라 안전장치들이 효과적으로 배치·적용되었는지 평가한다.

설계가 끝난 자동 안전장치에 대하여는 설계상의 기능성·효율성 및 완벽성을 점검하여야 한다.

설비가 수명을 다하여 가동이 중단되기 전에 廢棄計劃段階에 앞서 危險決算을 한다.

위험물은 분리하고, 폐기될 설비에 대한 모든 환경법규의 적용계획을 세운 뒤 환경·안전법규를 적용하여 설비를 폐기한다.

## 危險管理 決定에서의 問題点

위험을 분석하는 사람은 위험을 정의하고, 조정하는데 있어서 위험분석 기법의 선택에 신중을 기하여야 한다.

몇가지 혼란시키는 요소 때문에 위험을 감소시

키는 위험관리 선택권이 완화(약화)되는 경향이 있다. 예를 들면, HAZOP은 危險을 發見하고, 危險을 減少시키는 潛在的 手段을 具體化시키는 가장 일반화된 技法이다.

위험관리의 일반적 문제점은 이용가능한 財政을 가장 합리적으로 분산시키는 것을 결정하는 것이다. HAZOP 위원회는 회사의 예산을 초과하는 ‘希望事項’들을 권장하는 경향이 있다.

위험관리에 부딪히는 또다른 문제는 어떤 수준으로 工程을 自動化하느냐 하는 것으로서 자동화된 각 공정은 설비와 작업자의 위험을 감소시킨다. 그러나 자동화는 비용이 많이 들지만, 투자한 만큼 반드시 공정과 설비에 효과가 나타나는 것을 아니며, 자동화 그 자체에도 일련의 문제점은 있다.

작업자가 非常警報와 警告燈을 실수로 지나칠 수도 있는 시스템 고장사고에 대하여 자동화된 설비는 투자된 만큼 효과적으로 작동된다.

위험한 사고를 일으킬 수 있는 시스템고장의 방지를 위해서는 이중, 삼중의 안전장치가 요구되며, 사망사고나 중요한 설비의 손상이 예상되는 장소에서 삼중, 사중의 안전장치설치가 고려되어야 한다.

## 訓練

공정이 보다 복잡하게 됨에 따라 훈련도 보다 복잡하게 된다. 콘트롤 룸 근무자가 시스템 고장에 대하여 올바르게 대처하고, 작동되는 설비의 모든 부분을 정상적으로 가동할 수 있기까지는 수 년간의 직업교육 및 훈련이 필요하며, 또한 훈련은 충분하고 반복적이어야 한다.

작업자들은 자기가 맡은 일에 불필요한 기술을 사용하지 말고, 바로 그 일에 맞는 기술을 적절히 驅使할 필요성이 있다.

작업자들은 기술부족 상태로 근무하지 말고, 업무의 모든 면을 충분히 배울 필요성이 있다.

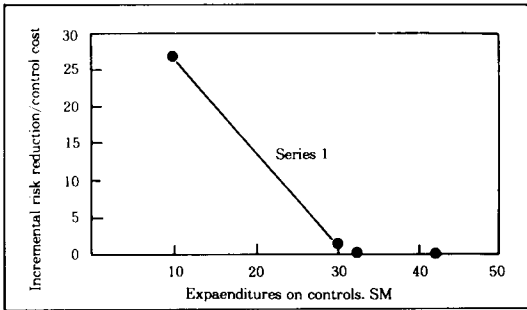
중복된 훈련은 작업자들에게 업무의 機能性을 向上시키고, 예기치 못한 상황에 대처할 능력을 제공한다.

業務의 標準化는 작업자의 熟練性을 評價하는데 기본이 된다. 그렇지 않으면 좀더 많은 훈련이 필요하게 된다. 정기적으로 훈련을 반복함으로써 작업자의 작업기술을 숙달시킨다.

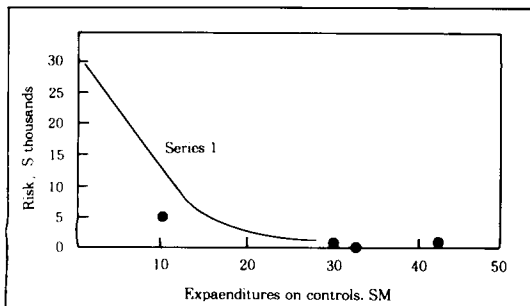
故障에 대한 情報集積 및 최소한도의 非稼動時間으로 공정을 운영하는 가장 좋은 방법은 효과적으로 공정을 유지·관리하는 데 있으나, 유지관리를 잘하는 것이 근본적으로 안전한 공정을 대신하지 못 한다는 것을 기억할 필요가 있다.

밝혀진 고장에 대한 자료는 위험의 정량적인 평가와 결정을 하는데 있어서 직접적으로 관련된 유일한 것이다. 고장에 대한 어떠한 다른 자료는 그것의 정확성과 적용성에는 한계가 있다.

(그림2) 위험감소의 성장



(그림3) 위험과 비용의 관계 예



(표1)비용과 고장율

	Failure rate	Cost
Detonation arrestor	0.01/day	\$ 10,000
Purge gas system	5.95e-6/hr	\$ 20,000
Add O <sub>2</sub> analyzer	5.95e-6/hr	\$ 2,000

(표2) 위험-비용 상관관계의 선택성

Scenario number	Control cost	Annual depreciation	Annual risk	d(risk)/d(cost)
1	\$ 0	\$ 0	\$ 32,000	-
2	\$ 10,000	\$ 1,000	\$ 4,800	27.2
3	\$ 30,000	\$ 3,000	\$ 67	1.6
4	\$ 32,000	\$ 3,200	\$ 1.0	0.02
5	\$ 42,000	\$ 4,200	\$ 0.14	2e-4

### 올바른 選擇

경영진이 위임할 수 없는 한가지 결정권은 얼마나 큰 위험까지 받아들일 수 있느냐 하는 것이다.

어떠한 공정과 작업도 위험에서 자유로울 수가 없으며, 중요한 것은 공정의 위험을 감소시키기 위해서는 비용이 많이 든다는 것이다.

관련된 모든 것에 대하여 충분한 수준까지 위험을 감소시키는 것은 불가능하므로 위험의 분석이 정확해야 하고, 공정한 위험감소안이 제출되어야 하는 것이 절대 필요하다. 그래야만 경영진은 올바른 결정을 할 수 있다.

### Vapor Collection System 예

위험 - 비용 상관관계 선택성 (Risk - Cost Trade Options)을 나타내는 사례에 따라서 단순화된 Vapor Collection System을 고려해 보자.

탄화수소가 채워진 탱크에서 나오는 배관은 탄화수소 가스를 회수하거나 분해시키는 공정으로 연결된다. 이 시스템은 靜電氣나 自然發火性的의 潛在的 火災·爆發로부터 보호되어야 한다. 문제는 용인될 수 있는 수준까지 위험을 감소시키기

위해서는 이용가능한 제어설비들을 어떻게 사용하느냐를 규정하는 데 있다.

이 문제를 평가하는 데는 다섯가지 기본적인 단계가 있다.

1. 법에서 요구하는 제어설비가 무엇인가를 확인하여 설치.

미국에서는 Vapor Collection System에 대한 제어설비 설치에 Coast Guard Regulations (33CFR Part 154)에 나타나 있다.

2. 제어되지 않거나 최소한도로 제어되는 시스템의 위험을 추산.

설비손실이나 작업자 안전에 대한 잠재적 위험은 추가로 제어설비들을 설치하지 않아도 된다.

사고로부터 예견된 재정적 손실은 가동중단·소송비용·증가된 보험료·손상된 기업 이미지에 기인한 영업손실 등을 고려해야 한다.

시스템과 제어설비들에 대한 고장 데이터는 정량화된다. Vapor Collection System내의 발화는 탱크를 채우는 동안 발생한 정전기, 탱크내의 자연발화성 물질, 옥외 지지대 옆의 파이프에서 방전된 정전기 등에서 발생한다.

1년간 발화할 확률은 0.016이고, 폭발사고로부터 재정적 손실을 200만불이라고 가정하면, 연간 위험은 32,000불이 될 것이다. 연간 손실이 32,000불이라는 사실은 추가적으로 공정제어설비가 설치되어야 한다는 것을 의미한다.

3. 합리적이고 실행가능한 여러가지 제어설비 중 확실하게 선택.

爆轟防止裝置(Detonation Arrestor)와 可燃範圍 밖으로 가스를 감소시키는 가스 퍼지 시스템(Purge Gas System)은 일반적으로 선택할 수 있는 제어설비이다.

4가지 선택할 수 있는 제어시스템이 그림1에 나타나 있다.

첫번째 제어시스템은 Vapor Collection System에서 한개의 폭굉방지장치만을 고려하고

있다.

두번째 제어시스템은 混合가스를 가연범위 밖으로 稀釋시키기 위해서 질소가스시스템이 추가되었다. 산소분해기는 질소공급을 조절한다.

세번째 제어시스템은 질소가스시스템에 이중의 산소분해기를 추가로 설치하였다.

네번째 제어시스템은 폭굉방지장치를 추가로 설치하였다. 그 시스템은 發火시키는 물질이 없고, 시스템의 전원연결을 확실하게 하는 절차 및 유지관리상 점검이 추가된다.

제어설비들의 비용과 고장률은 표1에 나타나 있다.

시스템설비 비용은 耐久年限 10년으로 계산한다.

4. 각각 선택한 제어설비의 비용과 위험감소는 정량화.

위험에 있어서 표2의 감소액은 추가로 설치된 제어설비에 따라 평가된다.

5. 적절한 수준의 제어설비를 결정하기 위해서는 각각 선택할 수 있는 설비들을 비교.

그림2는 추가된 제어설비에 따라 감소되는 통계를 나타낸다.

한 개의 폭굉방지기를 설치하는 첫번째 제어시스템은 연간 제어설비 설치비용보다 27배 위험을 감소시킨다. 두번째 제어시스템은 또한 제어설치비용보다 많은 위험을 감소시킨다.

추가로 설치되는 설비들은 사고로 비용을 추가로 들게하는 것을 막아 준다.

그림3은 추가로 제어설비를 설치함에 따라 위험이 얼마나 감소하는지 보여 준다.

- \* OSHA (Occupational Safety & Health Administration)
- \* EPA (Environmental Protection Administration)
- \* HAZOP (Hazard And Operability Study)