

석유화학회사들의 화재위험관리

대형 화재위험(예컨대, Open-Top Floating Roof Tank 화재)에 관한 Data를 효과적으로 이용하기 위한 필요성이 제기되자 16개 석유화학회사들이 공동 참여하여 LASTFIRE 프로젝트 그룹을 결성하고 이들 시설을 조사하였다.

이 프로젝트는 상대적으로 위험이 낮다고 알려진 탱크화재 위험에 대하여 인식을 같이 하는 정유 및 석유화학회사들이 시작하였는데, 그 동기는 탱크화재에 대한 이해부족으로 효과적 대응이나 타당성 있는 위험도 감축 방안을 내놓지 못한데서 찾을 수 있다. 생산손실을 감소시키기 위하여 도입한 Open Top Floating Roof Tank는 다른 형태의 시설에 비해 화재사고 기록이 상대적으로 양호한 것으로 인식되어 이와 관련한 위험을 계량화하지 못해 중대사고 발생 시의 제어 대책이나 사고 확대에 대한 메커니즘, 인명 안전에 대한 잠재적 손실, 환경, 기업휴지 및 재산 가액 등이 잘못 평가되어 왔다.

중대사고 발생시, 위험을 감소시키기 위한 모든 합리적인 대책이 강구되고 있다는 것을 입증하기 위하여 노력하고 있으나, 대부분의 경우 위험감소 대책이 타당하고 효과적인지 판단할 수 있는 데이터는 불충분하다. 화재안전에 대해 규정한 기준이 부적절한 것이라면, 그러한 시설과 관련된 화재위험도를 면밀하게 조사할 필요가 있고, 비용상 효과적인 방법론을 개발하여 현장 특성에 맞는 위험도 감소 대책이 강구되도록 해야 할 것이다.

그러한 의미에서 제안된 LASTFIRE 프로젝트의 목적은 다음과 같다.

- Open Top Floating Roof Tank 화재와 관련하여 현재의 화재위험도 수준이 어디 정도인지를

판단하고

- 이러한 지식에 따라 운전실무와 권장되는 설계법을 확립하여 전 산업계에서 활용할 수 있도록 하며
- 위험도를 높히는 요소 중 어느 부분에 대한 이해가 빈약한지를 찾아내어, 필요하다면 이들의 해결을 위해 보다 발전된 방법론을 제안하자는 것이다.

이와 같은 목적을 달성하기 위하여 화재위험도를 실현 가능한 수준으로 낮추기 위한 화재위험관리(FHM) 방안이 프로젝트 중에 채택되었다. 이전의 화재위험관리는 규정에 의존하여 사고사례의 예방보다는 소화방법에 집중되는 경향이 있었다. 위험도는 사고확률과 사고심도의 곱으로 정의되므로 사고빈도가 최소화되도록 감소시키거나 사고심도를 가능한 한 완화시키는 것이 중요하다.

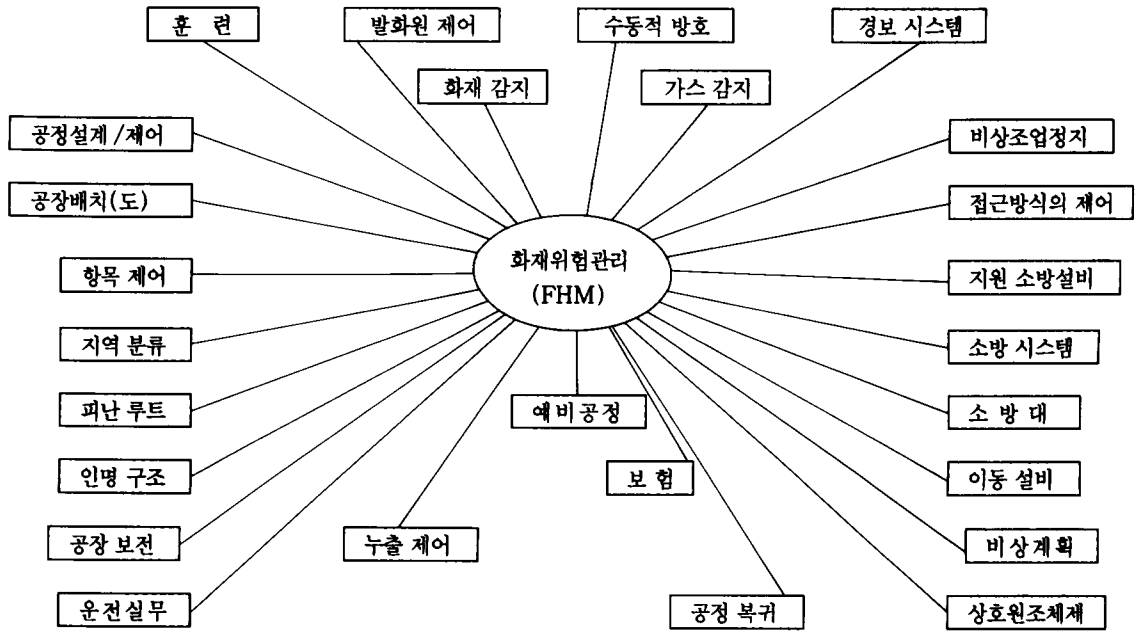
FHM 방식에 의하면 위험도 감소에는 많은 요소들이 기여한다.[그림 1]

상기 요소는 LASTFIRE 프로젝트가 진행되는 동안에 조사되었으며, 채택된 방법론은 다음과 같은 시나리오이다.

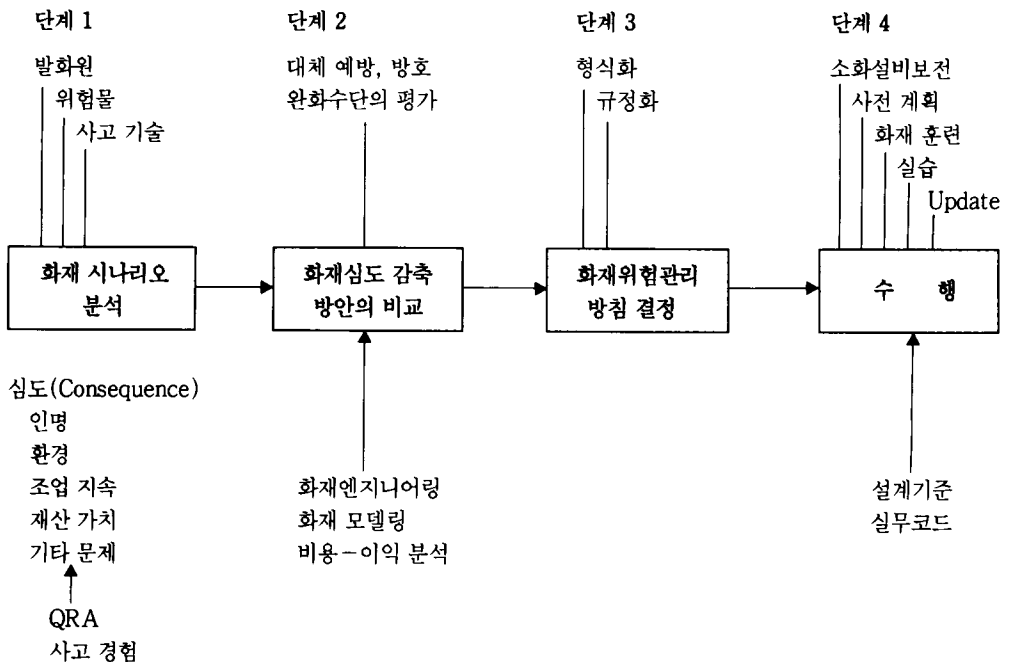
사고이력과 사고경험에 대한 연구를 기반으로 하여 인명안전, 환경, 기업휴지, 재산 및 보험비용이나 일반 구매층의 이미지 저하 등에 대한 잠재적 심도에 따라 사고 시나리오의 형태를 찾아낸다. 그런 다음에 모든 형태에 대한 위험도 감축방안이 조사

되며, 위험도 감축에 따른 이들의 기여요소가 평가된다. 현장의 특성에 맞는 FHM 방침의 개발을 위하여 사고확률과 위험도 감축수단의 비용에 대한 계량화가 또한 필수적인데, 이러한 평가를 통하여 각 위험도 감

축방안에 대한 이익을 제시할 수 있다. LASTFIRE 프로젝트는 각 방안과 그에 소요되는 비용을 조사함으로써 어느 방안이 상황에 적합하고 이익이 되는지 결정할 수 있게 한다.



【그림 1】 화재위험관리(FHM)에 기여하는 요소



【그림 2】 화재위험관리의 단계

■ 프로젝트 접근

프로젝트 코디네이트로는 정유 및 석유화학 시설의 화재·폭발 위험관리 전문컨설팅회사인 Resource Protection International(RPI)社가 지명되었다. 프로젝트 작업반은 상기 RPI社와 BP엔지니어링社, Shell연구소로 구성되어, 사고확률 조사 보고서의 작성 업무가 주어졌다.

이 보고서에는 탱크화재사고 건수를 파악하기 위하여 전세계 핵심 그룹회사들이 소유, 운영하고 있는 시설을 모집단으로 하여 조사·확인한 사항을 보고토록 하고 있다. 이 조사로부터 다음과 같은 사항의 결정이 가능해진다.

- 유력한 발화 메커니즘
- 초기 화재사고의 빈도
- 감지 및 방호 시스템과 소화기술의 효과
- 재산손실 및 사고 대응의 평가

연소확대메커니즘의 검토에서는 초기화재의 원인과 화재가 확대될 수 있었던 메커니즘, 확대에 영향을 미치는 요소 및 긴급한 확대를 감지하거나 결과를 예측하는 현재의 능력 등에 대하여 상세한 내용을 제공한다. 어떠한 확대가 탱크 설계, 구조, 배치, 용량 및 손실 완화에 영향을 미치는지 이들 확대메커니즘에 대하여 상세 내용이 기술된다. 위험도 감축을 위한 선택사항의 검토는 대형 Open Top Floating Roof Tank에 대한 화재위험도 감축수단의 효율 및 실용성, 유효성을 평가하는 데 많은 도움을 준다. 보고서의 정보는 저장탱크의 설계 및 운용중의 모든 포인트에 대해 위험도 감축방안의 수행에 따른 비용-이익의 평가를 위하여 위험도 워크북에 기술된 방법론에 따라 현장의 특정 실무에 대한 자료로 이용된다.

위험도 감축 옵션은 사고 예방과 손실완화 수단 모두를 포함하고 있으며, 거기서 논의된 모든 옵션은 실제로 수행하거나 Open Top Floating Roof Tank의 몇 가지 분석단계에서 이용하기 위하여 제안된다. 일반 설계, 각 옵션에 따른 설치 및 보전상 고려점을 포함하여 보고서의 정보는 국제 전문가그룹의 토론회에 근거한 것이다.

포(Foam)는 대형 탱크화재의 소화에 현재로서는 가장 효과적인 소화약제로 생각되므로, 현재 이용되

고 있는 포에 대한 지식과 경험의 철저한 검토가 프로젝트의 일부분으로 수행되었다. 보고서에서는 사용된 포의 특성과 프로젝트의 범위에 적합한 포의 농도와 평가관점에 대하여 다루고 있으며, 이들은 위험도 감축 옵션에 대한 검토의 연장선상에서 이해해야 한다.

LASTFIRE 프로젝트에서 채택된 FHM 철학의 일부분으로서, 위험도 감축 옵션에 따른 화재위험도 감축을 위하여 현장의 위험성 계량화 및 비교·검토가 가능한 방법론이 개발되었다.

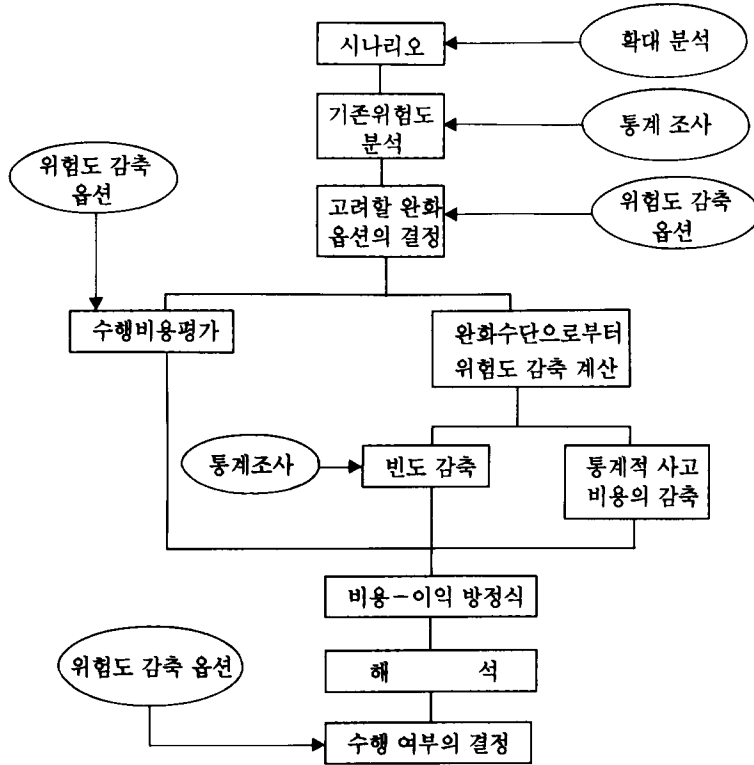
그림3은 현장의 위험도 수준과 특정 위험도 감축 방안을 수행함으로써 달성될 수 있는 위험도 감축의 가능한 수준을 평가하는 것은 비용-이익 분석틀에 기반을 두었다는 것을 나타내고 있다.

위험도 워크북의 목적은 FHM프로세스의 구성원으로서 가장 적합하고 비용적으로도 가장 효과적인 위험도 완화 옵션을 찾아내는데 도움을 줄 수 있는 Tool을 제공하는데 있다. 이 프로젝트에서 얻어진 주요 결론 중의 하나는 대형 Open Top Floating Roof Tank에 대한 정책이 특정 현장의 가능한 위험도 감축 옵션을 통한 비용-이익 분석에 기반을 두어야 한다는 것이다. 사전에 계획된 사고관리와 화재 관리에 대한 포인트는 중대위험을 인명안전이나 환경으로 표현하자는 것이 아니라, 위험도 감축 방안이 비용효과 측면에 근거해야 한다는 것이다. 위험도 워크북은 그러한 비용-이익 분석이 수행될 수 있는 방법론과 예를 보여주고 있다.

LASTFIRE 프로젝트는 대형 Open Top Floating Roof Tanks와 관련된 위험에 대해 포괄적이며 독립적으로 검토된 것이며, 운전자들은 그러한 시설에 대하여 현실적으로 실용 가능한 수준으로 위험도를 낮추기 위하여 적절하고 타당성 있는 방안을 선정 할 수 있는 방법론을 제시하고 있다.

몇 가지 주요 사항을 예시하면,

- 저장탱크 화재는 화재 대응을 사전에 계획된 전략에 잘 대처하기 위하여 준비된 환경이나 인명안전으로 중대위험을 해석해서는 안된다.
- 위험도 감축 옵션 규정에 대한 요건은 각 특정 시설이 서로 다른 조건하에서 운용되고 있기 때문에 어디에나 적용되지는 않는다.



[그림 3] 프로젝트 분배시 필요사항과 위험도 워크북의 방법론

일반적으로 위험도 감축을 고려할 때, 가장 좋은 대응방안은 시설의 전 생애에 걸쳐 FHM 방식을 철저하게 적용하는 것이다. 이것은 특정 현장에 대한 정책 결정을 위험도 감축 옵션의 비용-이익 분석에 근거하여 결론을 얻고자 하는 것이다.

참여 그룹 회원사 내부의 통계분석은 화재사고의 확률에 따라 위험도가 상대적으로 낮아지고 있음을 보여주고 있다. Open Top Floating Roof Tanks 에서 가장 발생 가능성이 높은 화재는 테두리 씬 화재(Rim Seal Fire) 시나리오이다. 관리가 양호한 탱크에서, 테두리 씬 화재가 완전한 표면화재로 확대되기는 매우 어렵다(완전 표면화재로 확대된 화재는 55개 테두리 씬 화재중 단 하나에 불과하였다). 더욱이, 가장 보편적인 발화원은 낙뢰로 알려졌다. 테두리 씬 화재의 빈도와 뇌우 빈도 사이의 상관관계가 통계분석으로 개발되었다. 북유럽에서의 전형적인 테두리 씬 화재 빈도는 $1 \times 10^{-3} / \text{tank-yr}$ 임이 알려졌다. 테두리 씬 화재 이외의 화재에 대한 일반적 사고 빈도는 표1을 참조하기 바란다.

[표 1] 테두리 씬 화재 이외의 화재의 사고 발생빈도

화재 형태	빈도($\times 10^{-5} / \text{tank-yr}$)
Roof Fire 상부로 누출	3
소규모 누출 화재 (혼합기, 배관, 밸브, 플랜지류에서의 누출)	9
대규모 누출 화재(중대한 누출)	6
지붕 침강(Sunken Roof)에 따른 완전 표면화재	3

화재위험도와 관련된 탱크검사 프로그램은 가장 효과적인 위험도 감축수단 중의 하나이다. 화재감지 및 방호시스템에 대한 상세 설계는 현장 경험이 풍부한 화재전문가로부터 얻을 수 있다.

또한, 적절한 훈련과 정기적인 연습으로 사고에 앞서 사고대응 전략을 개발하는 것이 중요하다.

FHM 방안은 현장의 특성분석을 통해 개발되어야 하지만, 지침은 분석으로부터 가장 타당한 방안을 선택할 수 있는 내용의 프로젝트로 규정되어 있다.

“FIRE International”, (97. 10/11)에서 발췌