

## 화학공장에서의 효과적인 안전관리를 지원하는 위험성평가 기법에 대한 소개 및 고려사항

김연중, 정원진  
(주) 유피테크

### Chemical Risk Assessment, An Important Part of Process Safety Management

Y. J. Kim, W. J. Jung  
United Pacific Technology, Inc.

#### 1. 서론

화학공장을 비롯한 위험성을 내포한 시설물의 안전관리 관련 프로그램이 각 업계와 정부차원에서 활발하게 논의되고 있다. 특히 사고발생시 인적·물적 손실은 물론 환경에 지대한 과급효과를 야기하는 석유화학업계 분야의 안전관리 관련해서는 선진국의 예와 유사한 규정이 마련되어 곧 법적효력을 갖고 실시될 예정이다. 이미 소개된 안전관리시스템의 여러 요소는 외형상 다소 상이하여 보이지만, 실제로 대부분의 안전관리 모델은 (1) 사고방지를 위한 위험가능성의 예측 및 그 결과를 운전·보수에 적용하는 부분과, (2) 사고 발생시 그 결과를 최소화하는 방안으로 대별된다. 따라서 잠재 위험성을 찾아내는 위험성평가(Process Hazard Analysis, PHA)의 역할은 안전관리시스템 안에서 그 비중이 매우 크고 또한 위험성평가 기법의 도입 및 활용이 전체 안전관리시스템 구축에 미치는 영향 역시 크다. 본문에서는 대표적인 PHA 기법에 대한 소개와 그 기법의 선택배경 및 활용도에 대하여 언급하고자 한다.

#### 2. 본론

##### 2. 1 공정(또는 시설물)의 건전성 유지

공정의 건전성(Process Integrity)을 유지하는 요소를 간단히 도식화 한다면 그림 1과 같이 표현된다. 석유화학 시설물을 포함한 대부분의 장치산업체에서 일어나는 여러 활동(Activity)은 운전, 보수, 변경활동, 위험관리, 종업원에 대한 교육등으로 분류될 수 있다. 그리고 각 분야는 그림 1에서 보여지듯이 지원(Support) 관계를 갖고 있으며, 이 활동의 총량은 곧 그 회사의 문화·가치 수준 그리고 경쟁력으로 해석된다. 위험성평가는 위험관리 요소중 하나로 운전 및 보수활동, 변경 발생시 잠재 위험성분석 관점에서 지원하는 역할을 한다. 위험성평가는 따라서 그 대상 활동·공정의 특성, 활용 목적에 따라 적절하게 선택될 필요성이 있다.

##### 2. 2 위험성평가 기법

위험성(Risk) 분석은 다음의 3개의 질문에 대한 대답을 하는 것이라고 설명할 수 있다.

- 무엇이 잘못될 수 있는가? (What can go wrong ?)
- 그러한 일의 발생 가능성은? (How likely is it ?)
- 그러한 일로 인한 결과의 규모는? (What is the consequence ?)

여러 자료에서 소개하고 있는 10여 가지의 위험성평가기법은 크게 정성적, 정량적으로 구별된다. 정성적, 정량적 기법은 위의 3개의 질문에 대한 대답을 표 1에서와 같이 한다. 여러 기법중 대표적인 정성, 정량적인 기법과 그의 특징에 대한 소개는 표 2와 같다.

어느 분석도 마찬가지이지만, 위험성분석에도 한계성과 제약성이 각 기법에 따라 있다. 한가지 분석 기법을 도입해서 모든 위험요소와 그의 원인을 완전하게 찾아 내는 것은 매우 어렵다. 또한 동일한 기법으로 같은 대상을 분석 할지라도 그것을 수행하는 개인 또는 팀의 경험과 관점에 따라 결과가 달라진다는 한계성이 있다. 또한 특정 기법을 분석 담당자가 자신의 경험 또는 상식에만 근거하여 선택하는 것이 일반적이다. 하지만 각 기법이 갖는 장,단점을 고려하고 주어진 시간과 여러 조건을 비교하여 유리한 기법을 선택한다면 제한된 조건에서 그 효과를 극대화할 수 있다.

여러 기법을 그의 활용도와 난이도를 고려하여 세가지로 분류할 수 있는데, 그 대표적인 4가지를 표 2에서 소개하고 있다. 중요한 위험성의 발견에만 분석의 목적을 국한시키고 상세한 분석을 원치 않을 경우에는 간단하고 경제적인 기법을 선택할 필요가 있다. 표 2의 여러 방법중에 PrHA가 이 부류에 속한다. 예로, 신규 프로젝트의 경우, 기본설계가 끝난후 상세설계로 이어지는 단계에서 상세분석을 수행하기에는 관련 정보가 부족하고 또한 프로젝트의 진도에 맞추어야 하는 제약이 있다. 하지만 수행할 분석의 목적이 주요 위험성과 조업도 문제의 발견이고, 제한된 시간안에 결과를 얻고자 한다면 PrHA와 같은 접근방법이 효과적이다. 물론 공정과 위험성분석에 익숙한 엔지니어가 PrHA에 참여한다는 것이 전제가 된다.

두번째 부류로 대표적인 것에는 HAZOP을 들수가 있는데, 첫번째 부류보다 한층 조직적 접근이 활용되기에 상세한 분석이 가능하다. 따라서 분석을 위한 준비 및 수행에 필요한 노력의 정도는 앞의 경우보다 크다. 예를 들면, 평균정도로 복잡한 공정일 경우, 공정도(P&ID) 1장당 하루(6시간)의 Meeting 시간이 소요된다. 이 시간을 참석자 수로 곱한다면 총소요시간은 결코 작지 않다. 만일 분석에 참석하는 팀원들이 HAZOP 기법에 익숙하여 있지 않다면, 앞에서 산출한 것보다 상당한 시간을 더 소비하여야 한다. 또한 HAZOP 리더가 준비 및 보고서 작성에 추가로 투자 하는 시간을 고려하면 적지않은 부담이 분석에 요구된다.

세번째 부류에는 FTA, ETA가 속한다. 이 기법들은 명확히 정의된 대상을 분석하는 목적으로 사용된다. 즉, 앞에서 언급된 기법을 활용하여 발견된 위험성에 대한 상세분석이라는 목적을 달성하기에 적합한 방법이다. 기법에 익숙해지려면 많은 훈련이 필요하고, 대개 한명의 담당자가 분석을 수행하기에 그의 주관적 견해가 결과의 객관성에 영향을 미칠 가능성이 있다. 또한 이 기법을 통한 결과의 객관성은 풍부한 시설물 고유의 이력 데이터 및 기타 데이터의 지원이 필요하기에 특정한 목적에 적용하는 것을 추천한다. 앞에서 소개한 여러 기법을 적절히 선택하기 위해서는 다음과 같은 몇가지 항목을 고려할 필요가 있다.

- 주어진 시간과 비용의 규모
- 분석팀의 경험과 지식
- 분석의 목적, 대상, 범위
- 안전성에 관련된 자료의 충분도
- 공정의 특성
- 프로젝트의 단계

위의 여러 측면중 기법 선택을 위하여 분석 담당자가 특히 관심을 두어야하는 측면은 마지막 두 항목이다. 첫 네개 항목들은 분석담당자가 특별히 연구할 필요없이 이해되는 조건들이다.

공정의 특성을 이해하는데는 (1) 공정의 크기, 복잡도, (2) 독성, 발화성등 공정 물질의 위험도, (3) 위험물질의 총량, (4) 운전의 난이도, (5) 공정 주변의 조업자 수, (6) 공정의 현재 나이등의 측면을 고려하여야 한다. 각 측면별로 중요성 (Weight)를 부여하여, 대상 공정의 위험측면 중요성의 총점에 따라 적절한 기법을 결정하는 것이 바람직하다. 프로젝트의 단계는 (1) 개념설계, (2) 기본설계, (3) 상세설계, (4) 기존공정, (5) 공정폐쇄등으로 분류되는데, 이 측면 역시 위험성평가 기법 선택에 영향을 주는 요소이다.

### 3. 결론

안전관리시스템의 여러 요소중 위험성평가의 위상과 중요성을 소개 하였다. 석유화학업계와 같이 위험성을 내포하고 있는 업체들은 경제적인 측면, 안전 및 환경의 측면 그리고 종업원의 안전 존중 측면등을 모두 고려하여 불태 안전도, 조업도의 제고를 위한 한층 수준 높은 노력이 요청된다. 따라서 안전관리시스템의 도입에 즈음하여 그를 효율적으로 지원하는 위험성평가의 여러 기법에 대한 적절한 이해와 활용의 필요성은 크다.

### 참고문헌

1. 김명준 외: "Hazard and Operability (HAZOP) Study의 효율적인 운영 및 그 결과의 이용", 화학공업과 기술, 12권 제4호, 1994
2. Ganger, J.J. and Bearrow, M.E.: Hydrocarbon Processing, "How to Prioritize Process Hazard Analysis", October, 1993

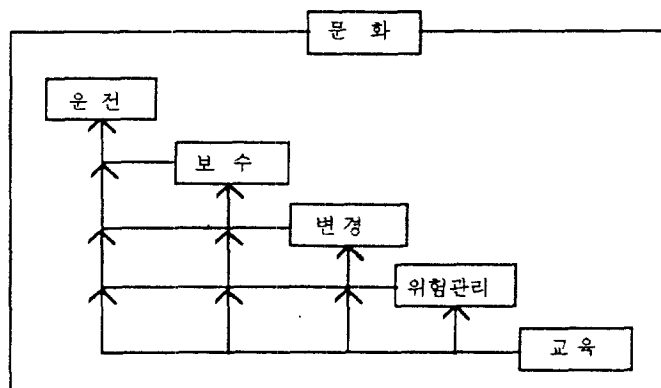


그림 1. 공정의 건전성을 위한 요소

표 1. 정성·정량적 위험성 분석의 비교

위험성 관련한 3가지 질문				
무엇이 잘못될 수 있는가?		잘못될 가능성은?	결과의 규모는?	
구분	시나리오의 정의	시나리오의 계량화	결과의 분석	결과의 형태
정성적 기법	조직적(Systematic)으로 시나리오를 나열함	경험과 공학적 판단에 의해 빈도를 예측	경험과 공학적 판단에 의해 손실 정도를 예측	시나리오가 서열화됨
정량적 기법	논리적인 모델로 시스템을 표현함	시나리오 발생 빈도와 그의 신뢰도가 계산됨	손실정도 및 그의 신뢰도가 계산됨	위험도 곡선 및 서열화된 위험도 계산함

표 2. 대표적 위험성평가기법 및 그의 특징

기법	분류	특징
Preliminary Hazard Analysis (PrHA)	정성적 기법	<ol style="list-style-type: none"> <li>1-2명이 수행 가능</li> <li>대부분의 설계, 절차서에 적용 가능</li> <li>적절한 경험으로 수행 가능</li> <li>단일사건, 중대 위험성 관련 분석</li> <li>위험성평가 관련 사전교육 요청됨</li> </ol>
Hazard and Operability (HAZOP)	정성적 기법	<ol style="list-style-type: none"> <li>구조적이며 자유토론 방식</li> <li>일반적으로 5-7명의 팀이 수행</li> <li>명확히 준비된 설계, 절차서에 적용 가능</li> <li>리더와 서기의 역할이 중요</li> <li>팀 멤버의 경험, 지식이 분석결과에 영향</li> <li>단일사건에 대한 분석</li> </ol>
Fault Tree Analysis (FTA)	정성, 정량적	<ol style="list-style-type: none"> <li>연역적 접근 방법</li> <li>기법에 숙련된 개인이 수행</li> <li>부울대수 이용</li> <li>명확히 정의된 대상의 상세분석에 유리</li> <li>시나리오(전후관계)가 비가시적이다.</li> <li>정적인(Static) 표현</li> <li>인적오류, 공통원인 고장 포함</li> <li>다중사건의 분석에 유리</li> </ol>
Event Tree Analysis (ETA)	정성, 정량적	<ol style="list-style-type: none"> <li>귀납적 접근 방법</li> <li>성공/실패 경위의 동시 취급이 가능</li> <li>분석 담당자가 모든 논리를 선택할 수 있음</li> <li>명확히 정의된 대상에 적용 가능</li> <li>시나리오가 가시적이다.</li> <li>시간대(Time-Like Dimension) 표현</li> <li>인적오류 포함이 가능</li> <li>초기사건에 따른 사고 추이 분석</li> </ol>