

하이테크 시대의 安全管理

■ 머리말

“하이테크 시대의 안전관리” 제목은 그럴듯 하지 만 풀어가기는 어려운 과제이다. 그래서 우선 하이테크 시대를 「고도의 기술을 구사할 수 있는 시대」로 정의하였다.

지금까지의 안전대책은 사고로부터 배우는 것이 주였다. 즉, 사고가 일어나면 당연히 원인 조사를 하고, 그에 의하여 대책이 실행된다. 잠시 지나면 또 다른 장소에서 다른 사고가 일어나고, 그에 따른 대책이 실행된다. 이렇게 하이 안전의 수준이 높아진 것은 사실이다. 그러나 그것은 단지 그 경우에만 적용될 뿐으로서 결코 체계적인 안전대책이라고 할 수 없다.

안전대책의 수립에는 과학기술을 바탕으로 한 체계적 방법이 필요하다. 사고가 난 뒤가 아니라 사고 이전에 잠재 위험을 발견하여 그 위험도를 평가하고 대책을 수립하는 것이 필요한 것이다. 이것이 “위험관리”라고 부르는 안전관리 요건이다. 최근과 같이 기술개발 경쟁이 치열한 조건하에서 이는 필수라고 할 수 있다.

한편, 사람이 플랜트에 적용하는 것이 아니라 플랜트가 사람의 의도대로 따라야 한다는 관점에서 운영하는 것이 안전관리에서 가장 중요하다는 견해가 있다.

또한, 이를 발전시켜 지구의 안전·환경문제까지도 염두에 두어 위험한 물질이나 반응을 되도록 회피할 수 있다.

본고에서는 다음의 3가지 고찰을 통하여 하이테크 시대의 안전관리라고 하는 문제를 소개하고자 한다.

■ 하이테크 시대의 안전관리

1. 위험평가(Risk Assessment)

○ 개 요

본론에 들어가기 전에 용어를 정의하여 두기로 한다. 우선, 위험이라는 것은 일어날 수 있는 잠재적 위험을 말하며 현재화(顯在化)한 것은 아니다.

이에 대하여 리스크는 인간의 생명과 생산활동에 있어 바람직하지 않은 일이 발생할 수 있는 불확실성의 정도로서, 다음의 식으로 정의한다.

$$\text{즉, Risk} = \sum_i f_i C_i$$

f_i = 사고 발생확률

C_i = 사고에 의한 피해의 크기

위험의 평가는 이 리스크에 대한 것이다. 그러나, 가끔 확률은 무시되고 피해의 크기만이 강조된다. 항공기 사고와 일상의 자동차 사고를 배스컴에서 취급하는 것을 보면 이러한 사정을 용이하게 이해할 수 있을 것이다.

리스크는 전술한 바와 같이 불확실한 것이지만 여기에는 확률적인 것, 우발적인 것, 미해명인 것, 예측불능인 것 등이 있다. 또, 위험평가의 결과는 그것을 평가하는 주체의 개인적, 사회적 상황에 의하여 변화한다. 즉, 객관적 위험평가와 주관적 위험평가와는 반드시 일치하는 것은 아니다. 특히, 공장 관계자가 생각하는 리스크가 부근 주민의 생각과 가끔 일치하지 않는 것에 충분한 주의가 필요하다.

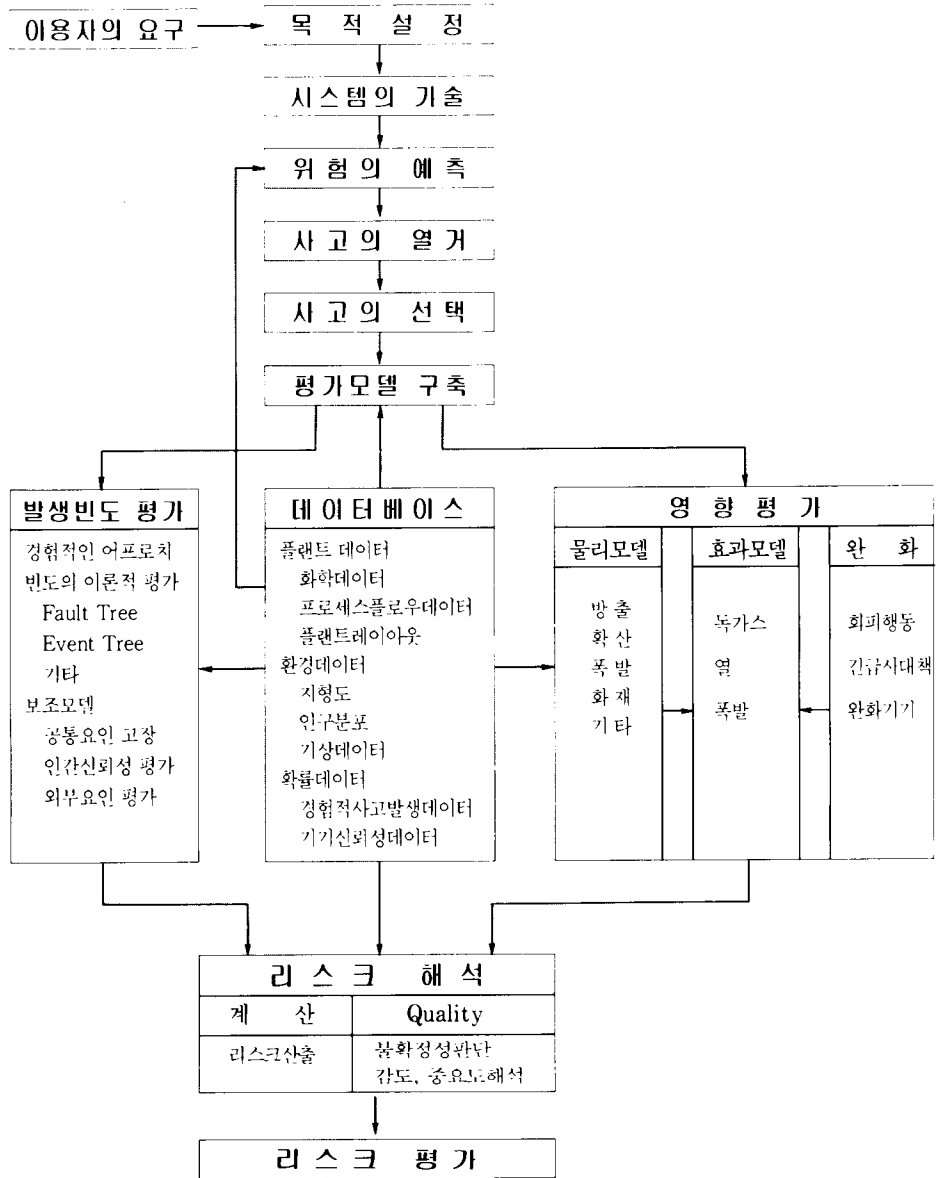
위험평가는, 대상으로 하는 리스크가 공학적으로 또는 사회적으로 허용될 수 있는 것이라면 받아들일 수 있다고 본다. 리스크의 평가에는 발생확률이 중요

하다. 이 목적을 위하여 최근 주목되고 있는 것이 정량적화학공정위험평가(CPQRA)이다.

CPQRA의 예를 그림에 나타내었다. 이를 실시하기 위하여서는 과거의 사고사례나 물질 또는 프로세스에 관한 확률론적 논의가 필요하지만, 그것은 지금까지의 안전기술론으로서 특히 부족한 점이다. 이 개

념은 중요하지만 이를 확립하는 것만으로 안전문제가 해결되는 것은 아니다.

안전대책이나 안전관리를 실행할 때 대상이 되는 것의 결정론적인 해명도 또 필요하고, 확률론과 결정론은 종종 대립관계로 보여질 수 있지만 실제로는 양자가 서로 어울려 추진되는 것이다.



〈그림〉 CPQRA의 예

○ 위험평가 기법

실제 위험평가의 대표적인 기법을 표에 나타내었다. 이들 기법 모두를 행하는 것은 시간적, 경제적

로 가치가 없다고 본다. 적절한 시기에 적절한 기법을 적용하여야 할 것이다.

위험평가기법	기법의개요
■ 안전점검	<ul style="list-style-type: none"> - 프로세스의 수명이 있는 한 임의의 단계에서 실시 가능 - 현존의 시설에 대하여 실시 - 외관검사로부터 성능검사까지 그 폭이 넓음.
■ Check List	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템의 상태를 확인하기 위하여 점검항목을 기재하거나, 리스트를 만들고, - 이에 의하여 점검 실시
■ 상대적 차이	<ul style="list-style-type: none"> - 프로세스, 장치설계, 레이아웃 등이 최선의 상태로 있는지의 여부를 검토하여, - 그 정도에 따라 수치적 차이를 두고 평가
■ 예비적 위험해석 (PHA)	<ul style="list-style-type: none"> - 상세한 설계 내용이 없는 시점에서 프로세스 위험성을 예측적으로 평가하여, - 그 이후의 설계를 안전면에서 방향을 잡는 방법
■ What if 해석	<ul style="list-style-type: none"> - 만약 무엇인가가 일어나면 어떻게 될 것인가 하는 질문을 통하여 - 원하지 않는 사고가 될 위험이나 위험한 상황을 예측한다.
■ What if Check List	<ul style="list-style-type: none"> - What-if 해석과 Check List 방식의 조합
■ HAZOP (위험 및 조작성 해석)	<ul style="list-style-type: none"> - 프로세스의 위험을 여러가지 조작 조건을 변화시켜 해석 - 예를들면, "온도가 상승하면 반응기는 어떻게 될 것인가" 등
■ FMEA (고장모드효과 해석)	<ul style="list-style-type: none"> - 기기나 장치가 고장일 때 어떤 결과가 발생할 것인가 - 또, 그것이 대단히 위험한 상태인가 등을 해석
■ FTA (Fault Tree Analysis)	<ul style="list-style-type: none"> - 정상 상태에서 사고의 결과를 나타내고, - 그것이 어떤 경로로서 발생하였나를, 구성 요소까지 소급하여 해석함으로써 원인을 명확히 함
■ ETA (Event Tree Analysis)	<ul style="list-style-type: none"> - FTA와는 반대로, key가 되는 것으로 부터 사고 혹은 재해의 시나리오를 작성하여, - 대책의 효과와 재해의 크기를 해석
■ 원인·결과 해석	<ul style="list-style-type: none"> - FTA와 ETA를 조합한 것으로서, - 잠재적 사고의 기본적인 원인과 그에 따른 결과를 해석
■ HRA (인간실패성 해석)	<ul style="list-style-type: none"> - 잠재적인 휴먼에러 및 그 내부에 있는 원인을 신뢰성 공학 기법을 이용하여 예측

2. 인간이 지배하는 플랜트

화학산업이나 원자력 산업에서는 Operator나 Maintenance 작업자 예러가 사고의 원인이 되는 경우가 많기 때문에, 지금까지 교육, 훈련, 감사, 점검, 동기부여 등이 강조되어 왔다. 그러나 Operator나 Maintenance 작업자에게는 그런 기회가 없다. 또, 장치나 부품의 파손 또는 고장시에도 사고가 일어난다. 이와 같이 Operator나 Maintenance 작업자 또는 장치가 정상 작동에서 벗어나고, 플랜트의 안전, 제조 및 효율에 중대한 영향이 없도록 가능한 한 사용자에게 적합하도록 제작되어야 한다고 하는 것이 Kletz씨의 주장이다. Kletz씨는 위험의 예측, 위험의 제어를 위한 장치의 추가, Operator의 제어 등의 기대 대신 본질적으로 안전한 설계에 의한 플랜트의 건설을 주장하여 왔다. 그 개요를 다음에 소개한다.

사람에게 적합한 플랜트로서의 제1조건은 위험물의 체류량을 제로로 하든가 소량으로 하는 것이다. 영국에서는 1974년 Flixborough 사고시까지 대부분의 화학기술자는 체류량에 관심을 두지 않았다. 그때까지는 체류량이 많으면 Trip Alarm, 소화시스템을 추가하는 것으로 설계상에서의 안전을 도모하였다. 또, 대형플랜트 대신 소규모 플랜트를 다수 건설함으로써 체류량을 감소시키는 정도였다. 그것은 조인트 부분이나 펌프 등의 수를 단순히 늘린것에 불과하다.

제2조건은 치환이다. 위험한 물질보다는 안전한 것을 사용한다. 가연성물질 대신에 불연성물질을 사용하는 것이 한 예이다.

그것은 원료는 말할 것도 없거니와 중간제품 또는 완제품에도 해당된다.

제3조건은 위험의 감소이다. 위험이 최소인 조건으로 실행한다. 기체상의 위험물질은 액화하여 사용하고, 폭발성의 염료는 분체 대신 슬러지로 취급한다.

제4조건은 될 수 있는대로 단순한 플랜트로 하는 것이고, 제5조건은 재해가 점차 확대하는 소위 도미노 효과가 없는 공장이다. 제6조건은 부정확한 조립이 되지 않도록 하는 것이고 제7조건은 공장의 상태를 한눈에 알 수 있도록 하는 것이다. 제8조건은 빈약한 계획에서도 사고를 일으키지 않도록 하는 것이고, 제9조건은 만약 누설이 있어도 제한적이 되도록 하는 것이며, 제10조건은 제어하기 쉬운 것, 그리고 끝으로 Software도 사람에게 적합한 플랜트일 것 등이다.

3. 화학프로세스의 Green화

최근의 지구 환경문제와 관련하여 화학 분야에서도 「깨끗한 세계를 위한 화학」이 진지하게 검토되어, ① 사람에게 적합한 유기합성의 개발을 가속하려면 어떤 연구와 개발을 하여야 하는가, ② 사람에게 적합한 경로로서 코스트도 낮은 제조를 하기 위하여서는 어떤 기술을 개발하여야 하는가, ③ 사람에게 적합한 화학플랜트를 보다 용이하게 실현하려면 어떤 모델, 데이터베이스 및 알고리즘을 개발하여야 하는가 등에 대하여 검토를 계속하고 있다. Green화라고 하는 것이 환경문제로 다루어질 문제이지 안전공학과는 관련이 없는 것처럼 보이지만 결코 그렇지 않다. 환경문제는 바로 안전과 통하는 길이다.

■ 맺는 말

지금까지 현대의 안전관리에 필요한 Assessment와 인간에게 적합한 플랜트의 형태에 대하여 기술하였다. 변화의 시대에서 이제는 플랜트에서도 개혁이 진행되고 있다. 이러한 가운데서 인간에게 적합한 플랜트의 실현을 도모하는 것이 머지않아 안전관리에 이어질 것이다. ☉