

# 국내 화학공장에서의 위험관리 방안

글 권혁면 한국산업안전보건공단 전문기술실장 공학박사

## 1. 머리말

2008년 1월 7일 경기도 이천시에 소재하는 냉동회사가 건축 중이던 지하 1층 냉동창고 마무리 공사 중 원인 미상의 점화원에 의한 화재·폭발이 발생하였다. 우레탄 보온재 등 가연물의 불완전 연소로 인한 유독성 가스에 질식하여 작업자 40명이 사망하고 10명이 부상하였다.

2008년 3월 1일 경북 김천시에 소재하는 페놀수지 제조공장에서 반응 폭주로 인해 발생한 과압을 견디지 못한 탱크가 폭발 후 화재가 발생하여 근로자 2명이 사망하고 10명이 다치는 사고가 발생하였다. 2008년 12월 5일에는 경기도 이천시에 소재하는 물류창고 내에서 출입문 설치작업을 하기 위해 근로자 3명이 전기용접 작업을 하던 중 샌드위치패널에 용접불꽃이 착화되어 근처 냉동실 등에서 작업하고 있던 근로자 8명이 사망하고 2명이 부상당하였으며, 지하 1층 및 지상 2개 층 물류창고가 전소하였다.

이와 같은 사고의 잠재위험 속에 살아가고 있는 우리들에게 독일의 사회학자 울리히 벡은 “문명이라는 화산 위에서 살아가기”라는 표현으로 현대사회를 위험사회로 정의하였다. 특히 화학산업은 경제적인 측면에서 우리에게 없어서는 안 될 중요한 필수자원을 제공하고 있는 반면에, 새로운 위험물질의 등장과 기존 위험물질의 급격한 사용증가로 작업자뿐만 아니라 일반 대중 모두가 이러한 위험물질과 관련된 위험에 처하게 되는 경우가 증가하고 있다.

최근 기술의 발달로 화학공장을 설치하는 경우 계획단계부터 안전한 설계 및 안전운전 절차를 만들어 과거와 같은 시행착오는 자주 겪지는 않지만 대형폭발과 같은 화학사고는 다수의 사상자 및 환경피해가 발생할 가능성이 커지게 되므로, 일반대중을 포함한 이해당사자들이 화학공장에 대하여 더욱더 철저한 안전 관리를 요구하고 있다. 우리나라에서는 사업장의 화학사고 예방을 위하여 1996년부터 공정안전관리제도(PSM, Process Safety Management)를 시행하고 있으며 이를 통해 화학사고 감소와 대외 신뢰도 증대 등 여러 가지 효과가 나타나고 있으나 선진국의 통계와 비교해 보면 아직 더 많은 노력을 기울여야 한다.

## 2. 최근 화학사고 발생현황

2008년에는 전국 화학공장에서 11건의 주요 화학사고가 발생하여 6명이 사망하고 25명이 부상을 입었다. 특히 구미에서 발생한 반응기 폭발사고는 설비유지관리 불량으로 2명이 사망하고 10명이 부상당하는 결과를 낳았다. 이 중에 공정안전관리대상 사업장에서는 6건, 비대상에서는 5건의 사고가 발생하였다. 최근에 발생하는 사고의 원인은 안전작업 허가절차 및 설비유지관리 불량 등이 사고의 주요원인으로 나타나고 있다.

### 3. 연도별 화학사고 발생추이

우리나라에 공정안전관리제도가 시행된 1996년부터 2008년까지의 주요 화학사고 발생건수를 분석해 보면<표 1 참조> 1996년 20건에 비해 2008년 작년 한 해 동안 6건이 발생, 사고발생 비율이 대폭 감소하는 성과를 거두어 공정안전관리제도의 실효성을 반영하고 있다고 할 수 있다. 최근의 사고발생건수는 OECD 국가의 화학사고 발생평균건수와 비교해도 높은 수치는 아니다.

반면에 공정안전관리 제도가 적용되지 않고 있는 PSM 비대상 사업장에서는 동일기간에 사고가 감소하지 않고 증감을 반복하고 있어 화학사고 예방을 위한 적극적 관리의 필요성을 반증하고 있다.

(단위:건수)

구 분	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	계
PSM 대상	20	20	11	8	10	6	8	18	11	5	4	7	6	134
PSM 비대상	5	5	3	1	5	3	4	6	14	10	8	5	5	74
계	25	25	14	9	15	9	12	24	25	15	12	12	11	208

<표 1> 연도별 주요 화학사고 현황

### 4. 업종별 화학사고 발생추이

업종별 화학사고 발생현황에서 기타 화학제품 제조업은 주로 공정안전관리제도를 적용받지 않는 중소규모 화학공장의 화재폭발 및 독성물질 누출사고가 대부분을 차지하며, 이와 같은 중소규모 화학공장에서의 위험물에 의한 화학사고가 66건이 발생되었다.

이러한 수치는 전체 사고 중에 1/3을 차지할 정도로 높은 편이므로, 현재 시행하고 있는 공정안전관리제도를 중소규모 화학공장에도 확장하여 종합적 안전관리를 할 필요가 있는 것으로 분석된다.

정밀화학 분야의 사고 또한 11건으로 이의 주된 발생원인은 새로운 제품의 개발이나 신규물질의 사용이 이루어지고 있어 물질 자체의 위험성이나 제조공정 및 설계 등에 대한 검증이 사전에 실시되지 못하는데 기인하는 것으로 분석된다.<표 2 참조>

(단위:건수)

구 분	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	계
정유	7	6		6				3	1					24
석유화학	4	4	5		5	4	1	3	1		1			28
정밀화학	2	1	2	1			3	1			1			11
화학제품		1		1	1			4	2	7	7	4	5	32
도시가스/LPG								1						1
화약제품	3	1	1			1	1	2		1		1		11
선박건조·수리업	1	2								2		1	1	7
기타화학	5	7	3	1	6	4	6	8	17	2		4	2	65
기타산업	3	3	3		2		1	2	4	3	3	2	3	29
계	25	25	14	9	15	9	12	24	25	15	12	12	11	208

<표 2> 업종별 주요 화학사고 발생 현황

### 5. 사고원인 분석

PSM 대상 사업장에서의 사고원인은 안전작업 허가절차 미준수가 66건으로 31.73%, 운전절차 미준수가 각 54건으로 25.96%, 설비결함 및 설계오류가 22건으로 10.57%를 점유하고 있다. <표 3 참조>

사 고 원 인	건 수	점유율(%)
안전작업 허가절차 미준수	66	31.73
설비 유지관리 불량	29	13.94
운전절차 미준수	54	25.96
설계오류/설비결함	22	10.57
안전장치 미설치/미작동	15	7.21
변경관리 미실시	4	1.92
물질의 위험성 미확인/이상반응	13	6.25
분류 불가	5	2.40
계	208	100

<표 3> 사고원인별 현황

원인별 분류 중 안전작업 절차 및 안전운전 절차 미준수는 관리감독자를 비롯한 정비작업자, 운전자 실수 등 인간의 실수가 주요 원인이다. 이는 선진국과 비교하여 볼 때 우리나라 근로자의 안전인식 수준이 낮은 것으로 분석되고 있으며, 안전작업 표준이나 안전작업 절차 등 인간의 실수를 통제할 수 있는 제도의 확립이 필요하다는 것을 의미한다. 또한 설계결함에 의한 사고를 줄이기 위해서는 설계단계에서의 안전개념의 철저한 도입과 공정안전보고서의 철저한 심사가 필요하다고 하겠다. 한편, 정비작업 불량 및 부적절한 검사 실시로 인한 기계적 결함에 의한 사고를 예방하기 위해서는 안전점검 및 검사, 예방정비를 철저히 해야 한다.

### 6. 사고 피해 분석

구 분	PSM 대상	PSM 비대상	계
사고 건수	134	74	208
사망자 수	87	75	162
부상자 수	346	259	605

<표 4> 사고로 인한 사망자 수 및 재해자 수

사고 시의 사망자 수는 PSM 대상 사업장에서 87명으로 사고 건당 0.6명, PSM 비대상 사업장에서 75명으로 사고건당 1.0명이다. 부상자 수는 PSM 대상 사업장에서 346명으로 사고건당 2.6명, PSM 비대상 사업장에서 259명으로 사고건당 3.5명이다. 이는 PSM 대상 사업장보다 상대적으로 2배 가까이 큰 것으로 분석되고 있다. <표 4 참조> 따라서 PSM 비대상 사업장을 제도권으로 흡수하여 철저한 공정안전 관리를 시행할 경우 사망 등의 치명적인 사고는 줄일 수 있을 것이다.

### 7. 사고예방을 위한 제언

#### 가. 중소화학공장의 사고예방 방안

<표 4>에서 보았듯이 PSM으로 관리되고 있는 사업장과 그렇지 않은 사업장의 사고 건수당 피

해 규모에서 큰 차이를 보인다. 따라서 화학사고의 위험이 있는 사업장은 규모에 관계없이 PSM 제도를 적용하는 것이 필요하다. <표 5>는 국내외 PSM 적용물질을 비교하여 정리하였다. 국내 PSM 적용 물질이 선진국에 비해 상대적으로 적어 위험한 중소화학공장들이 PSM제도의 틀 안에서 관리되고 있지 않아 사고발생의 잠재위험이 상존하고 있다고 하겠다.

국 가	관계법규	적용대상
한국	산업안전보건법	8개 업종 21개 물질
미국	산업안전보건법	약 260여종의 화학물질 규정수량 이상 지정
EU	96/82 EC	180여종의 유해위험물질과 규정수량 지정
영국	COMAH	약 1,174개 사업장 적용(2006년 현재)
독일	연방누출방지법	322여종의 유해위험물질과 규정수량 지정
네덜란드	화학사고예방법	약 510개 사업장 대상(2006년 현재)

<표 5> 각국의 공정안전관리제도 적용 물질 비교

#### 나. 사고예방을 위한 Process Management 기능 강화

현재 국내 화학공장 화학사고예방제도에는 안전보건경영시스템의 개념이 잘 정립되어 있다. 안전보건경영시스템이란 '최고경영자가 경영 방침에 안전보건정책을 선언하고, 이에 대한 실행계획을 수립(Plan)하여 이를 실행 및 운영(Do), 점검 및 시정조치(Check)하며, 그 결과를 최고경영자가 검토(Action)하는 등 P-D-C-A 순환과정을 통하여 지속적인 개선이 이루어지도록 하는 체계적인 안전보건활동'으로 정의된다.

공정안전보고서 '심사'에 해당되는 'P', '현장 확인'에 해당하는 'D', '이행상태평가'에 해당되는 'C', '지속적 개선'에 해당하는 'A' 등 PSM 도입 취지에 부합되는 관리체계를 가지고 PSM을 실행함으로써 많은 효과를 보았다. 그러나 <표 4> 사고원인별 현황에서 보았듯이 사고가 심사(P)나 확인(D)단계보다는 운전절차, 안전작업허가 등 이행(C)단계에서 많이 발생하므로 이에 대한 강화가 필요하다.

이행단계에서 안전을 확보하기 위해서는 위험관리가 적절히 이행되는지 확인하는 것이 필요하다. 이를 위해 공정안전 수준을 상시 평가하여 관리하는 것이 요구되며 공정안전평가 지수를 활용할 경우 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

- ① 위험관리에 대한 향상된 확신
- ② 위험관리시스템의 적합성 제시
- ③ 중대사고를 통한 취약분야 파악 회피
- ④ 필요치 않은 안전평가 정보의 수집 및 보고 회피
- ⑤ 품질관리 등을 위해 수집된 기타정보의 활용

영국 HSE에서는 파국적인 실패 전에 사전 경고를 위하여 이행 수준을 평가하는 모델을 보급하고 있다. 네덜란드는 화학공장에서 SEVESO 지침을 수행하는데 있어서 Management 기능을 강화하기 위하여 화학사고 예방을 위한 안전경영시스템 기준(NTA8620)을 2006년에 개발하여 사업장에 보급한 바 있다.

이와 같이 위험이 얼마나 효과적으로 관리되는지 측정하고 이를 통해 취약 분야를 개선해 나가는 것이 안전보건관리시스템의 주요 요소가 되므로 우리나라 화학공장에서도 이와 같은 모델을 도입·운영함으로써 화학사고의 예방에 힘써야 할 것이다. ㉞