

# 석유화학공장의 가스폭발사고 방재대책



강 순 중  
<한국산업안전공단 기술위원실장>

## 1. 서론

운전원이 LPG 탱크의 내부에 고여있는 물을 분리해내기 위해 드레인(Drain)밸브를 완전히 열고 물을 빼내기 시작하였다. 처음에는 물이 빠져나오다가 몇분이 지난 다음에 갑자기 고압의 LP 가스가 이 밸브를 통해 분출하게 되었다. 그러자 운전원은 무서워서 드레인 밸브를 잠그지 못하고 밖으로 나와 버렸다.

드레인 밸브로부터 계속해서 방출된 LP 가스는 150m 떨어진 공공도로까지 확산하게 되었고 이 도로위를 질주하던 자동차의 엔진에서 생기는 불꽃이 LP 가스를 발화시켜 화재가 발생하였다. LP 가스를 방출하고 있는 탱크의 하부까지 불길로 휩싸이게 되어 탱크는 가열되었다. 이로 인해 탱크는 폭발하였고, 폭발로 생긴 파편은 주위의 탱크를 파괴시키면서

서 연쇄적으로 폭발, 화재가 발생하였다. 이 사고로 소방사 다수를 포함하여 18명이 사망하고 81명이 중상을 입었으며 막대한 재산 피해를 가져오게 되었다.

위 내용은 1966년 프랑스 횡단의 석유화학 공장에서 발생한 가스폭발 화재사고로서 운전원의 사소한 실수에 의해 귀중한 인명피해와 막대한 경제적 손실을 가져온 좋은 실례라 할 수 있을 것이다.

이와 같이 인화성 가스류를 취급하는 대부분의 석유화학 공장에서는 운전원의 사소한 오조작이나 설비의 결함에 의하여 대형 사고가 유발되기 때문에 이에대한 세심한 대책이 강구되어야 한다.

여기에서는 최근에 발생한 국내외의 폭발, 화재사고를 요약하여 소개하고 우리나라 석유화학공장의 취약점과 사고방지 대책을 개괄적으로 제시하고자 한다.

## 2. 국내외 화학공장에서의 화재 및 폭발사고 사례

최근 2년간 국내외에서 발생한 가스폭발 화재사고(국내 14건, 국외 16건)를 무작위로 발췌하여 사고원인을 분석하여 보면, 여러가지 복합적인 요인으로(물리 또는 기계적 결함과 운전자의 오조작 등)발생되었으나, 대체적으로 화학설비의 결함과 안전장치의 미

흡, 운전원의 오조작 등 세가지로 대별할 수 있다. 이들 세가지 원인에 의한 사고는 30건중 각각 18건, 7건, 5건으로써 설비 및 안전장치결함이 80% 이상을 점하고 있는 것으로 판단된다.

설비의 결함은 설계단계에서의 안전기준 적용미흡과 제작결함, 정비점검 및 자체검사소홀 등에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 안전장치결함 역시 설계단계에서의 기준적용 미흡과 정비점검 소홀이 주요원인으로 나타나고 있다.

<표 1> 과 <표 2> 는 화학공장에서 저장되고 있는 인화성 가스류에 의한 직접적인 화재와 폭발, 가연성 물질의 분해에 의해 발생된 폭발성 가스로 일어난 화재와 폭발 사고로 연결된 경우를 발췌한 것이다.

화학공장에서의 화재, 폭발 사고는 다른 산업에서의 사고와는 달리 많은 인명피해와 막대한 재산피해를 유발하고 때에 따라서는 공공의 안전과 사회문제까지 확대되는 경우가 있기 때문에, 이에 대한 국가적 차원의 관심과 사업주의 확실한 안전대책 수립이 화학공업의 안정적 발전을 위하여 절대적으로 필요하다고 볼 수 있다.

## 3. 석유화학공장의 안전대책

위에서 언급된 재해사례와 우리

나라 화학공장의 진단결과를 토대로 국내화학공장의 안전상 취약점과 대책을 개괄적으로 제시하면 다음과 같다.

가. 설계단계에서부터 안전기준 준수

현재까지 우리나라는 공장이 설립되어 오랜기간이 지난 다음에 안전상의 문제점이 발견되면(사고가 많이 발생하게 되면)사후에 가서 안전진단을 하여 시설을 개조하거나 보완하는 사례가 많다.

공장이 설치되기 이전에 즉, 설계단계에서 안전문제를 사전에 자체적으로 또는 전문가에 의해 검토하는 것은 공장의 안전을 확보하는데 중요한 사항이다. 그 이유로서는

<표 1 > 국내 주요사고 사례

사고 일시	회 사 명	사 고 개 요	주요사고원인
'88. 5. 2	○○비료 (울산)	<ul style="list-style-type: none"> <li>DIPM합성중 반응기 화재폭발</li> <li>생산건물 전파, 6명 사망, 4명 중경상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응기 안전장치불비</li> <li>운전조치 미흡</li> </ul>
'88. 6.26	○○ 여천공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>부탄 저장탱크 청소중 화재 폭발</li> <li>2명 사망, 2명 중경상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>부적합한 공구사용</li> <li>안전조치 미흡</li> </ul>
'88. 8. 19	○○ 화학 (경기도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>보일러 공기공급다트 시운전 폭발</li> <li>1명 사망, 2명 중경상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시운전 작업순서 착오</li> <li>안전조치 미흡</li> </ul>
'89. 3. 12	○○ 공업 (경기도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>폴리우레탄 코팅중 건조설비 폭발</li> <li>건물 대파, 2명 사망, 1명 중상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건조설비 안전 장치 불비</li> </ul>
'89. 7. 10	○○ 화학 (인천)	<ul style="list-style-type: none"> <li>폴리 알루미늄 크로라이드 생산중 스퀴지 교반조 화재폭발</li> <li>건물전파, 사망 1명, 4명 중경상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교반조에 안전밸브 미설치</li> <li>교반조 용접부위 부식</li> </ul>
'89. 9. 18	○○ 섬유 (경기도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>섬유 염색작업중 염색기 폭발</li> <li>건물반파 1명 사망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험물질 혼입 이상반응 발생</li> </ul>
'89. 10	○○ 기업 (인천)	<ul style="list-style-type: none"> <li>분진 제거작업중 집진기에서 분진 폭발</li> <li>공장 건물 전소, 2명 사망, 6명 중상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정전기 제거장치 미비</li> <li>비방폭형 전기 설비</li> </ul>
'89. 10. 4	○○ 여천공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>ABS 압출작업중 압출기 화재 폭발</li> <li>건물대파, 16명 사망, 20여명 중경상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>압출기 안전조치 미비</li> <li>작업관리 감독 미흡</li> </ul>
89. 11. 24	○○ 도봉공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>실험실 발효조 폭발</li> <li>1명 사망, 1명 중상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험물질 누출</li> <li>화기사용 미숙</li> </ul>
'90. 1. 28	○○ 정유 울산공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>에칠렌 저장탱크 파열로 가스누출</li> <li>인근지역 교통차단, 주민대피</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>부속설비 고장</li> <li>작업감독 미흡</li> </ul>
'90. 1. 30	○○ 정유 울산공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>매탄 분리탑 상부 후렌지에서 가스 누출, 화재 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스캐트 불량 및 공구사용 잘못</li> </ul>
'90. 3. 13	○○ 화학 (울산)	<ul style="list-style-type: none"> <li>아황산가스 흡수설비에서 대기로 가스 방출</li> <li>인근주민 대피</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>부속설비 고장</li> <li>정비점검 미흡</li> </ul>
'90. 3. 18	○○ 정유 (대산)	<ul style="list-style-type: none"> <li>유황회수 설비의 소각로에서 유독가스 대기로 방출</li> <li>인근주민 소요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시운전중 유황 회수설비 고장</li> </ul>
'90. 7. 22	○○ 정유 울산공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>석유가스 저장 구형 탱크 드레인에서 가스 누출</li> <li>탱크파열, 폭발, 화재</li> <li>인근주민 대피, 소동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>드레인 포트 설계 및 제작 결함</li> <li>안전관련 설비 미흡</li> </ul>

첫째, 산업안전보건법이나 가스 안전 관련법규, 에너지 관련법규, 소방법규 등에서 규정하고 있는 안전기준의 대부분은 설계 단계에서 반영될 사항이다. 안전기준은 근로자와 공공의 안전 그리고 시

설의 안전을 위해 지켜야 할 최소한의 기준이다. 따라서 설계 단계에서의 안전설계 기준을 준수토록 지도, 감독하는 것은 사업주 또는 설계자의 기본 임무이며, 이 업무의 철저한 이행이야말로 안전보

건기준 준수를 유도하기 위한 기본단계라 볼 수 있기 때문이다.

둘째, 설계단계에서의 사전안전성에 대한 기술검토를 통하여 설계, 보완, 변경사항을 반영하는 것은 어렵지 않기 때문이다. 여러가

<표 2 > 외국의 가스폭발, 화재 사고사례

사 고 일 시	사고장소	공 장 종 류	사 고 개 요	사. 상 자	비 고
'87. 6. 2	프랑스 라이온	석유정제	기름 저장탱크 14기 연쇄 폭발, 24시간 동안 화재발생	• 2명 사망 • 16명 중상	로이타
'87. 7. 3	벨지움 안티워프	석유화학	에칠렌 옥사이드 증류탑 폭발화재	• 14명 중상	ECN
'87. 7. 22	미국. 뉴욕	LPG 제조	프로판 가스를 떨어뜨려 제조시설 폭발. 화재	• 4명 사망 • 11명 중상	UPI
'87. 8. 9	미국. 펜실바니아	석유화학	가솔린 저장탱크가 벙크로 폭발. 31시간동안 화재발생	• 미확인	뉴욕 타임즈
'87. 8. 15	사우디	가스출하 시설	전기설비 결합으로 LPG에 점화 가스 출하시설 폭발	• 4명 중상	UPI
'87. 10. 21	미국. 오하이오	프라스틱 제조	용융포리마 탱크 폭발 화재	• 1명 사망 • 15명 중경상	JOC
'87. 10. 30	미국. 텍사스	석유정제	불화수소 수송배관 파열	• 200명 중상 • 3,000명 경상	UPI
'87. 11.14	미국. 텍사스	석유화학	부탄가스 누출로 공장 연쇄 폭발	• 3명 사망 • 37명 중상	뉴욕 타임즈
'99. 5. 5	미국. 루이지아나	석유정제	축매 분해탑(Cracker)의 파열로 폭발. 화재 발생하여 전공장에 연쇄 폭발 발생	• 7명 사망 • 70명 중상 • 2,800명 경상	UPI
'88. 6. 15	이탈리아 제노아	비료생산	수소탱크가 폭발하여 비료공장 파손	• 2명 사망 • 2명 중상	ECN
'88. 6. 17	미국. 매세추세츠	염소 화합물생산	빛물과 염소 펠레트가 반응하여 염소가스 방출되고 화재 발생	• 275명 중상	뉴욕 타임즈
'88. 6. 23	멕시코 구아드우	석유화학	가솔린 저장탱크가 터지면서 화재. 폭발	• 2명 사상 • 15명 중상	Press Assoc
'88. 6. 27	포르투갈 사인스	석유 저장	석유저장 탱크의 지붕이 갑자기 터지면서 화재폭발	• 2명 사망 • 3명 중상	로이드
'88. 6. 28	미국. 인디아나	장치 제작	재료 표면처리 과정에 독성가스 발생	• 4명 사망 • 14명 중상	뉴욕 타임즈
'88. 7. 6	유럽. 북해	영국의 해상 석유 채굴 플랫폼	가스압축기에서 발생된 화염이 전 플랫폼을 폭발 시켰음	• 사망 166명 • 영국 석유 생산의 12% 감소	타임즈
'88.7.15	미국. 캘리포니아	석유 정제	폐수 저장 탱크 용접중 폐수중의 기름이 증기로 되면서 폭발	• 1명 사망 • 2명 중상	UPI

지 법규에서 정해진 안전기준이나 설계기준등이 반영되었는지의 여부를 검토하는 과정에서 설계도면 등의 보완이나 변경은 사업장 설치공사가 이루어지기 전에 행해지기 때문에 경제적인 손실없이 반영될 수 있다.

따라서 시설개선이나 작업방법의 근본적 개선을 위해서는 안전보건 기준이 쉽게 반영될 수 있는 설계단계에서의 안전성에 대한 기술검토가 확대 강화되어야 재해예방을 위한 기본바탕이 정착될 것이다.

셋째, 사후 기술점검과 진단을 통한 시설개선이나 작업방법 개선에는 한계가 있기 때문이다. 사업장이 설치되어 일정기간 운영되는 과정에서 산업재해(중대재해)가 발생하게 되면 사업체는 자체적으로 재해원인을 조사하거나 전문가관에 의뢰하여 기술지도와 점검, 진단 등을 실시하는 경우가 많다.

그러나 이 과정에서 안전기준이 준수되지 않아 시설변경이나 작업방법 개선이 필요하다고 인정될 경우라 할지라도 실제적으로 수용하기 어려운 경우가 많다. 이미 복잡하게 얽힌 설비들이 설치되어 있어서 시설대체 등이 불가할 경우가 있는가하면 구조적으로 안전 조치를 할 수 없는 경우도 있다.

또한 시설개선을 위해서는 막대한 경비가 소요될 경우가 있어서 사업주 입장에서 기피하는 경우가 있게 된다. 따라서 실질적 개선보

다는 형식적인 개선으로 잠재적 위험요인은 그대로 방치하는 경우가 있게 되고 그에 따라서는 기술지도 진단 결과가 비현실적으로 비칠 경우가 있게 된다.

#### 나. 자동화설비(DCS) 운전요원 양성시급

'80년대 중반부터 우리나라 화학공장은 자동화 설비를 도입하여 적은 인력에 의한 공장운전을 시도하기 시작하였으며, 최근에 와서는 대부분의 신·증설 석유화학공장은 물론 기존공장도 자동화 운전으로 바뀌고 있다.

석유화학공장에 도입되고 있는 자동화 운전방법은 분산제어방식 DCS(Distributed Control System)으로서 컴퓨터에 의한 제어방식이며, 이를 조작 관리하기 위해서는 장기간의 훈련과 전문적인 기능이 필요하게 된다.

그러나 우리나라에는 아직까지 DCS 운전에 숙달된 기능인력이 절대 부족한 실정임에도 이를 전문적으로 훈련시키는 기관이 국내에는 없으며 이들의 훈련을 외국에 의존하고 있는 실정이다.

따라서 공장의 신·증설에 따라 DCS운전에 숙달된 기능인력을 확보하기 위해 각사마다 스카우트가 치열한 실정인어서 이와같은 화학공장은 DCS 운전에 덜 숙련된 운전자에 의해 조작행위가 이루어지는 취약점을 갖고있다. 따라서 DCS 조작실수에 의한 대형사고가 발생할 가능성이 높은 것으로 판

단된다.

각사는 자체적으로 DCS 운전요원 양성계획을 수립하여 충분히 숙달된 요원을 여유있게 확보하여야 할 것이고 이것이야말로 화학공장의 안전을 유지, 발전시킬 수 있는 중요한 과제로 생각한다.

#### 다. 유해위험물질처리설비의 고장대책수립 긴요

화학공장의 각종 설비에서는 단 위조작 공정상 유해위험물질을 방출해야 하는 경우가 많다. 이경우 유해위험물질을 냉각, 회수, 흡수, 세정, 소각 등을 통하여 안전한 상태로 처리한 다음에 외부로 배출하여야 한다.

유해위험물질을 처리하는 설비가 고장을 일으켰을 때는 처리안된 유해위험물질이 그대로 작업장내 또는 외부로 배출될 수 밖에 없기 때문에 폭발과 화재의 위험이 존재하게 되고, 작업장내에는 물론 인근지역까지 환경을 오염시키는 원인이 된다.

사고사례를 보면 가스를 압축이송하는 브라워가 고장났음에도 불구하고 무리하게 생산작업을 시도하다가 가스 저장탱크의 압력이 상승하여 폭발하는 경우가 있었다.

따라서 이와같은 처리설비는 항상 가동되도록 보수하고 유지하는 것이 절대적이다. 아울러 처리설비의 고장에 대비하여 주요부분은 예비 설비를 갖추어야 무리한 생산작업으로 인한 사고발생을 최소

화할 수 있을 것이다.

#### 라. 형식적인 자체검사의 개선

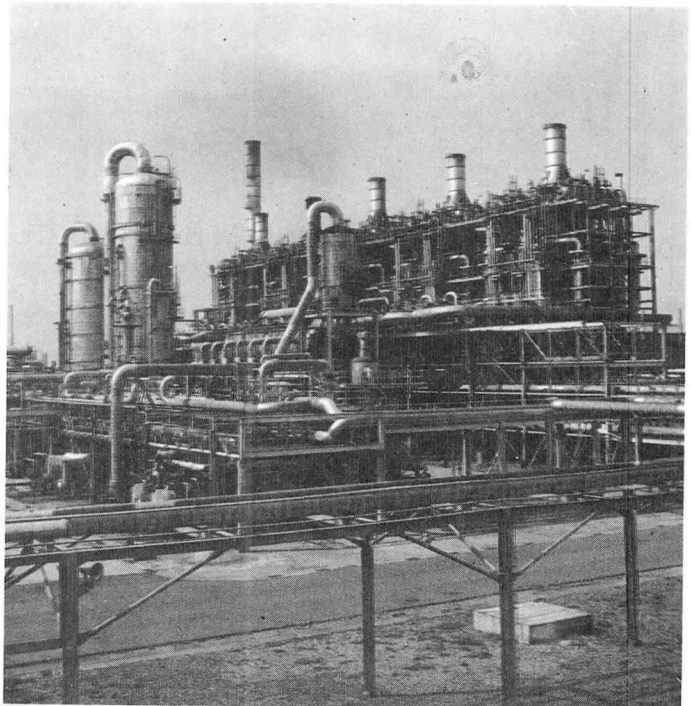
화학공장의 설계가 아무리 안전하게 계획되었다 하더라도 실제 운전중에 설비의 결함으로 인하여 사고가 발생한 경우가 많다. 많은 화학공장의 자체검사가 형식적으로 행해지고 있고 특히 비파괴검사 등이 철저하게 이루어지고 있지 않아 용접부위의 부식이나 엘보, 티 등의 취약부분에서 많은 결함이 발견되어 사고의 잠재적 원인이 되고 있다.

자체검사시에는 압력용기, 배관의 취약부(엘보, 티 등)에는 비파괴검사를 2년마다 1회씩 정기적으로 실시하여 부식, 균열 등의 유무를 검사하여 잔여수명을 추정하고, 설비대체 또는 정비시점을 정확히 추정하여 예방정비를 실시함으로써 대형사고를 미연에 방지토록 하여야 한다.

#### 마. 밸브, 후렌지 등에서의 기밀점검 철저

사고사례를 보면 밸브가 새거나 후렌지 가스켓의 재질이 부적합하여 유해위험물질이 밖으로 누출되는 경우가 많고, 가스켓을 설치한 후 기밀시험을 제대로 하지 않을 뿐 아니라 실제운전중에도 이를 발견하지 못하여 화재, 폭발사고가 발생하는 경우가 많다.

화학설비는 대체로 사용압력이 높기 때문에 미세한 결함에 의해 대량의 유해위험물질이 누출되어 대형사고를 일으키는 경우가 많



다.

따라서 밸브, 후렌지 등에서의 누출을 방지하기 위해 적절한 가스켓의 사용은 물론 철저한 기밀시험을 실시하여 이상이 없음을 확인한후 운전 개시를 하여야 한다.

#### 바. 압력조절기능 확보

압력용기에 설치되어야 하는 안전밸브, 파열판 또는 압력자동조절기 등과 같은 안전장치의 기능이 항상 유지되어야 하는데, 사고사례를 보면 압력용기인 위험설비에 처음부터 안전장치를 설치하지 않았거나 또는 그 기능이 유지되

지 못한 경우가 있었으며, 어떤 경우에는 운전자가 마음대로 안전장치의 기능을 차단시킬 수 있도록 되어있어 사고의 원인이 된 경우가 있다.

화학설비에서의 안전장치의 기능은 운전중 절대적으로 확보되어야 하며 그 기능을 무시하고 운전한다는 것은 대형사고를 유발시키는 결정적인 요인이 된다.

따라서 화학설비를 운전할때는 안전밸브, 파열판, 압력조절기 등 안전장치의 기능이 항상 확보될 수 있는 구조로 되어야 한다.㉞