

## 가스폭발 현장사고의 문제점과 대책

HSB-Professional Loss Control차장 백정훈

## 1. 서 론

최근에 우리는 서울 아현동 도시가스폭발, 광주 LPG충전시설 폭발 및 대구 지하 도시가스폭발 등 크고 작은 가스폭발사고를 경험하였으며, 거의 모든 사고가 천재지변에 의한 것이 아닌 인재에 의한 것이었다는데 그 심각성이 더 크다 할 수 있을 것이다. 또한 정부는 사고가 발생할 때마다 무슨 대책 위원회니, 위험시설에 대해 전국적인 안전점검이니 하며 형식 위주의 사후 대책에만 신경을 쓰고 있는 느낌을 받게하고 있다. 금년 4월 28일 발생한 대구시 도시가스 폭발사고는 지난해 발생한 성수대교 붕괴사고와 아현동 도시가스 폭발사고가 발생하여 정부의 중앙안전점검통제회의에서 '국민생활의 안전과 안정'을 목표로 5개 중앙부처 309개 지방조직에서 '95년 3월말 3만 3백 22개소의 주요설비 안전점검이 완료된 시점에서 발생되었다.

가스가 누출 될 경우 가스의 상 및 누출 조건, 점화 시기 등에 따라 우리가 도저히 상상할 수 없는 상태의 화재 및 폭발이 일어나게 되며 그피해 범위 역시 엄청나다는데 주목하여야 할 것이다. 4월 28일 대구에서 발생한 사고는 도시가스가 밀폐된 지하공간에서 누출되어 증기운을 형성하고 확산되던 중 확인되지않은 점화원에 의해 대단한 위력을 갖는 증기운폭발을 일으킨 것으로 추정된다. 이는 1984년 멕시코시티의 액화석유가스(LPG)의 누출로 폭발하여 650명의 사망자를 낸 사고와 1989년 미국 파사데나 필립공장의 폴리프로필렌 반응기에서 누출 폭발로 29명의 사망자와 수천억원의 재산손실을 일으킨 참사등과 함께 갈수록 잦아지는 대형사고의 하나라 할 수 있다. 가스의 누출상 및 조건, 점화시기에 따른 화재, 폭발의 형태를 살펴보면;

### A. Pool Fire

액체 상태의 가스가 Pool을 형성한 후 점화 되어 연소하는 상태이다. 그러나 이 경우 Gas가 액상으로 존재하여야 하므로, 주위의 온도가 대기압에서의 Boiling Point 보다 낮아야 한다. 따라서 Boiling Point가 낮은 가스의 경우 Pool Fire가 일어나기 어려운 반면, Boiling Point가 높은 가스의 경우 동절기에 Pool Fire가 일어날 가능성이 있다.Pool Fire에서는 Pool의 크기 및 일정거리에서 받게 되는 복사열의 크기가 주안점이 된다.

### B. Jet Fire

내압이 존재하는 상태에서 가스가 분출되어 점화되면, 불기둥을 형성하게 되는데, 분출압이 작을 경우 불기둥은 수직방향으로 상승하게 된다. 이 때

불기둥의 길이는 분출 압력 및 분출구의 크기에 따라 결정되며, 불꽃의 중심으로부터 발산되는 복사에너지의 크기가 분석 대상이 된다.

#### C. UVCE(증기운 폭발)

UVCE는 Unconfined Vapor Cloud Explosion의 줄임말로써, 약 5 Ton 이상의 공기보다 무거운 가연성 가스가 누출되어 점화되면 일어날 수 있는 폭발 형태로써, 밀폐된 장소에서 일어나는 폭발에 비하면 폭발압이 낮으나, 폭발 범위가 광범위하고 폭발압의 발생과 함께 열에 의한 피해가 예상되므로 중대사고를 야기하게 된다.

#### D. BLEVE

BLEVE는 Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion의 약어으로써, UVCE와 함께 가장 경계해야 하는 중대재해가 될 것이다. BLEVE는 화재에 노출된 압력탱크가 열해를 받아 발생하는 폭발 현상으로써, 그 시기를 예측하기 어려울 뿐만 아니라 폭발 위력 및 화염 효과가 매우 크므로 인원 및 주변 설비에 막대한 피해를 준다. BLEVE에서는 화구의 크기 및 복사열의 크기 및 화구의 지속 시간이 주요 관심사가 된다.

## 2. 분 론

대구 지하철 공사장 도시가스 폭발참사는 가스 공급업체의 허술한 배관 관리와 지하철 건설업체 및 굴착공사 업체의 안전의식의 결여가 낳은 총체적인 인재였다.

지난해 성수대교 사고 이후 정부는 국무총리를 의장으로 정부관계 부처장관과 민간전문가가 위원이 된 중앙안전점검통제회의를 구성하여 4차에 걸쳐 회의를 실시하였으며, 이 회의에서 논의된 주요내용을 요약하면:

-1차회의(1994. 11. 11)

정부의 모든 역량을 기울여 주요시설의 안전점을 추진

-2차회의(1994. 12. 14)

- 안전관리상 문제가 있는 것은 국민 앞에 솔직히 공개
- 도시가스의 안전관리 대책

- 지하철공사등 도로굴착공사에 따른 가스사고 방지
  - 3차회의 (1995. 1. 17)
  - 성수대교 복구방안확정
  - 4차회의 (1995. 3. 28)
- 교량안전대책
- 가스사고등 각종안전사고 대책

그러나 성수대교 사고 후 4차에 걸쳐 논의된 중앙안전점검통제회의의 결정에도 불구하고 대구에서는 또다시 지하철 도시가스 폭발사고가 발생하였다. 정부 관계부처와 학계, 연구기관 등이 안전점검대책반이 구성되어 주요 설비에 대한 안전점검이 완료된 시점에서 100여명이라는 사망자가 발생한 어처구니 없는 사고가 발생하였다. 그동안 우리 모두가 형식적으로 위험원을 관리해 왔다는 결론 밖에 얻을 수 없다. 이에 가스폭발사고의 문제점이 어디에 있는지 그 대책은 무엇인지에 대해 살펴보고자 한다.

## 2.1 지난 30년간 사고 유형

### A. 공정별사고

1960년 이래 30여년간 발생한 세계 170대 Hydrocarbome-Chemical Process에서의 사고의 비율과 손실금액은 그림 1에서 보는 바와 같이 가스 취급공정의 사고수는 6%이지만 평균 손실금액은 55억불로 그 피해 정도를 가히 상상할 수 있을 것이다.

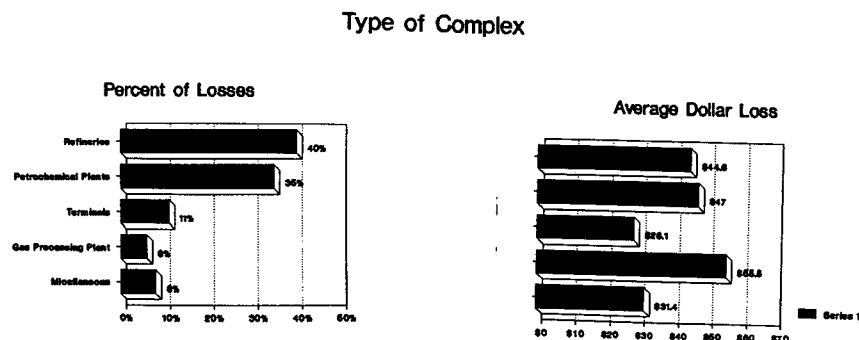


그림 1 사고 비율 및 손실금액

B. 사고의 형태 및 손실금액

표 1은 1960년부터 1990년까지 발생한 세계 170대 사고를 사고 유형별로 분석한 자료로 증기운폭발(Vapor Cloud Explosion)의 엄청난 피해를 말해주고 있다.

표 1 Type of Loss

	% of Losses	Total Losses	Av. Doll Loss (Millions)
Fires	36%	62	\$36.1
Vapor Cloud Explosion	35%	59	\$59.6
Explosion	29%	43	\$33.6
Other	4%	6	\$24.7
Total	100%	170	\$43.2

표 2는 1960년부터 1990년까지 발생한 세계 170대 사고를 공정별로 사고의 형태를 분석한 자료이다.

표 2 Type of Loss by Complex

	Explosions	Fires	Vapor Cloud Explosions	Other
Refinery	15%	48%	31%	6%
Petrochemical	46%	17%	37%	0%
Terminals	22%	44%	28%	6%
Gas Processing	0%	40%	60%	0%
Miscellaneous	7%	50%	36%	7%

2.2 국내 가스폭발사고 일지

1980년 초부터 발생한 국내 가스폭발사고를 살펴보면;

●1981. 12. 26

서울 대한화재보험빌딩 지하상가 가스폭발 3명 사망 130여명부상

- 1982. 5. 10  
경기도 부천시 우풍화학 공장 가스폭발 31명 사상
- 1985. 5. 6  
서울 마포 서대문구 일대 도시가스 연쇄폭발 가옥 20여채 파손
- 1985. 6. 28  
부산 남구 정명산업 지하 LP 가스폭발 13명 중경상
- 1986. 10.  
전남 여천공단내 한양화학 Ethylene 가스폭발 4명 사망
- 1988. 5. 2  
울산 한국비료 가스탱크폭발 6명 사망, 4명 중경상
- 1988. 11. 7  
인천 남구 아파트 도시가스 폭발 1명 사망 26명 부상
- 1990. 12. 15  
서울 암사1동 식당 프로판가스폭발 20명 부상
- 1992. 2. 23  
광주 해양도시가스폭발 12명 부상
- 1992. 10. 2  
경남 양산 웨밀리타운 LP 가스폭발 5명 사망
- 1993. 11. 29  
경남 울산 LP 가스 운반선폭발 10명 부상
- 1994. 1. 9  
광주 무등주유소 LP 가스 폭발 3명 사망, 5명 부상
- 1994. 12. 7  
서울 아현동 도시가스폭발 13명 사망, 65명 부상
- 1995. 4. 28  
대구 지하철 도시가스폭발 100여명 사망

### 2.3 가스폭발 사고의 문제점 및 대책

화학공장에서의 가스폭발사고는 그범위가 크고, 일반 가스취급소에서의 가스폭발사고는 그 문제점이 간단하여 아현동 도시가스폭발 및 대구 지하철 도시가스 폭발사고의 문제점과 대책에 대해 논의하고자 한다.

### 2. 3. 1 가스폭발 사고의 문제점

아현동 및 대구 도시가스 사고의 문제점을 요약하면;

#### A. 제도 및 관계법규

- 현재 시행되고 있는 관계법규는 대부분 위험물을 취급하는 공장이나 제조 시설 내부의 안전 및 피해 방지만을 목적으로해 한계가 있음.
- 대형사고의 유발 책임자에 대한 처벌이 관대함.
- 도시가스 설비에대한 책임 주관부서가 명확하지 않음. 따라서 유사사고 다발의 원인이 되고 있음.
- 가스시설이 소방법상 비관리 대상으로 분류돼 소방본부에서는 연 1회 소방 시설 유무만 점검하고 있음. 따라서 법적인 보완이 시급함.
- 가스설비의 운영에 대한 제도적 장치가 미흡함.
- 예상 피해의 정량화 및 확률의 예측 등으로 가스시설과 인근 인구 밀집 지역과의 이격에 관한 관계법규가 미약함.
- 재발방지를 위한 제도적인 체계가 미비함.

#### B. 안전관리 및 점검

- 사고의 예측에 대한 지식이 부족함.
- 정부의 전문기관이 기업의 안전관리 정도를 감시 측정할 수 있는 능력을 완전히 갖추고 있지 못함.
- 매년 1회 도시가스회사에 대한 정기검사를 실시하여 배관망 등 각종시설의 이상 유무를 정밀점검하게 되어 있으나 전문 인력 및 장비의 부족으로 제대로 이행되고 있지 못함.
- 공사시 대형가스관등 주요 매설물들을 매일 점검하기 위한 점검통로를 설치하게 되어 있으나 그렇지 않은 경우가 많이 있음.
- 서울등 대도시에 방치되어 있는 가스관등 지하 매설물에대한 체계적인 정보 관리 시스템이 되어 있지 않음.
- 경미한 누출 사고가 워낙 많아 중앙통제본부의 자동경보가 울리더라도 현장점검까지는 아예 이루어지지도 않고 확인전화 한통으로 넘어가는 사례가 많음.
- 근무자에 대한 교육이 부족함.

### C. 시설

- 가스설비등 위험설비의 설계, 제작, 설치에 대한 Code & Standard가 미약함
- 가스 Detector의 설치 및 운영이 미흡함.
- 사고 발생시 조기에 진압 할 수 있는 시설이 부족함.
- 설비를 유지보수 하기위한 계획이 부족하며, 인력이 부족함.

### D. Emergency Plan & Response

- 비상사태에 대한 훈련이 안되어 있음.
- 비상사태 발생시 대피 경로가 확보되어 있지 못함.
- 비상사태를 알릴 수 있는 시설이 되어 있지 못함.
- 비뚫힘태를 조기에 탐지할 수 있는 탐지 설비가 확보되어 있지 못함.
- Emergency Stop Valve의 설치 개념 및 수량이 부족함.
- 있슴사태 발생후 수습을 위한 Plan이 결여되어 있음.

### 2.3.2 가스사고의 대책

물사용함로는 써화학 성질을 갖는 여러 가지 물질을 사용함으로써 화학물질  
있는리 적성, 에화성, 폭발성 등 화학물질이 갖고 있는 물리화학적 성질에  
반되 어있다 폭발의 위험성이 수반되어 있다.

하면 업서형사고 는산, 업이, 달발로 하면 서형사고는 산업이 발달하면서  
아 세베소9 , 에년도이 탈리아세 베소에, 1974년도 이탈리아 세베소에 소  
량누 1 와고출 사 년9 년량 누1 와 출 사고 년량누출된 사고와 1984년  
I 출 되어 M 사 출사어 되 MI 어조출사되 MI 어 사출되어 사  
는 으고 발사뻬 으 발사는 뻬발사으 는고뻬 발사으는, 뻬발사고로는 뻬  
있 있었다 . 있었다 있 었다있었 6. 었다있 었다있 었. 다 있었다.

이러한 상황에서 국제적으로는 유럽 국가들 사이에서 세베소지침 (Seveso  
Directives)이 탄생되어 자국의 법안에 중대산업사고 (Major Industrial  
Accidents)의 예방을 추구하게 되었고, 미국에서는 1992년 2월에 OSHA가 연  
방법 (CFR 29 Part 1910-119)에 PSM (Process Safety Management) 제도를  
도입하여 시행하기에 이르렀다.



국내에서도 이와 때를 같이하여 '산업안전보건법 제49조 2항의 변경을 통한 공정안전보고서 제출제도를 도입하기에 이르렀다. 그러나 우리가 이 제도를 좀더 일찍 받아들였다면 아현동 도시가스 폭발사고나 대구 지하철 도시가스 폭발사고와 같은 대형 참사가 예방될 수 있지 않았겠느냐 생각되어 그 구성요소를 살펴보며 대책을 강구해보고자 한다.

공정안전관리제도에서 말하는 구성요소는 보통 14가지 정도로 크게 구분할 수 있다.

- 공정안전정보(Process Safety Information)
- 공정위험분석(Process Hazard Analysis)
- 변경사항관리(Management of Change)
- 운전작업 절차(Operating Procedure)
- 교육, 훈련(Training)
- 용역업체관리(Contractor)
- 비상훈련 계획 및 조치(Emergency Plan & Response)
- 기계성능보전(Mechanical Integrity)
- 안전작업허가(Safety Work Permit)
- 사고조사, 보고(Incident Investigation)
- 시운전 안전작업 검토(Pre-Start Up Review)
- 시행사항 점검(Compliance Audit)
- 주민의 알권리(Right to Know)

#### A. 공정안전정보(Process Safety Information)

●대구시 도시가스 폭발사고의 1차적 원인은 도시가스 배관에 대한 정확한 도면이 없는등 공정안전정보의 부재로부터 야기되었다 해도 과언이 아니다. 따라서 도시가스 및 지하 매설물과 관련된 정보관리시스템(GIS)을 조속히 완료해야 하고

●파이프라인 및 시스템에 대한 설계, 제작, 설치에 대한 Code & Standard를 수립하는 것이 무엇보다 먼저 해결해야할 당면 과제라 생각된다.

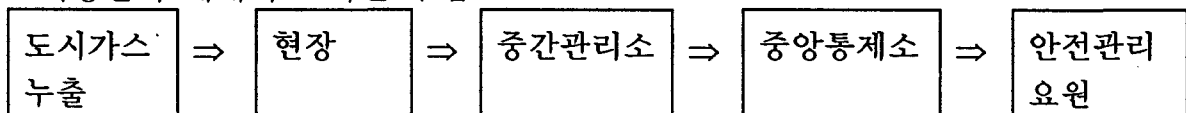
## B. 교육. 훈련

사고의 예방은 부단한 교육과 반복되는 훈련에 의해서 가능하다.

## C. 비상훈련 계획 및 조치

일정량 이상의 가연성 물질이나 독성 물질을 취급하는 사업장에서는 발생 가능한 가상의 시나리오를 작성하여 비상계획 및 대책에 대한 절차를 구비하여야 한다. '95년 4월 28일에 있었던 대구시 지하철 도시가스 폭발사고가 발생하기 이전에 비상조치 계획이 충분히 갖추어 졌었다면 100명이 넘는 사망자가 발생되지 않았을 것이다.

- Emergency Action Plan의 수립
- 가상의 시나리오 작성
- 비상사태 발생시 대처 훈련 및 대피로 확보
- 비상사태 발생시 피해의 최소화 방안 강구
- 긴급구조 체계의 수립
- 비상관리 체계의 조속한 수립



## D. 안전작업허가

대구시 지하철 도시가스의 사고는 천공작업을 했던 하도급업체에서 도로굴착작업 허가 없이 하였고, 그결과 지하에 묻혀 있던 도시가스 100mm 배관이 파손되어 대형사고로 발전된 원인을 제공하였다.

- 모든 굴착작업에 대한 허가제도의 운영 및 관리
- Hot Work에 대한 규정의 수립
- 안전작업 수행시 관리 감독자

## E. 사고조사. 보고

정확한 사고의 조사 및 보고서를 작성하는 것은 유사사고의 재발방지를 목적으로 하고 있는데도 불구하고 사고의 축소와 은폐에 급급한 것이 과거의 실정이라면 이후부터는 정확한 사고의 조사와 모든 사람이 알 수 있도록 홍보를 하는데도 주력하여야 할 것으로 생각된다.

미국을 비롯한 선진국에서는 재발을 방지하기 위한 차원에서 철저한 조사를 한다고 하며 심지어 몇년에 걸쳐 조사를 하는 것도 있다고 한다.

사고조사 및 보고서는;

- 사고발생일
- 사고조사 착수일
- 사고의 상황설명
- 제안사항
- 재발방지 대책 등이 포함되어야 하고 아울러 모든 사람들이 알 수 있도록 홍보하는 것도 잊어서는 안된다.

## 3.0 결 론

현재 서울, 부산, 대구, 인천에서는 대대적인 지하철공사가 벌어지고 있다. 그러나 지하 매설물을 전체적으로 관리. 통제할 수 있는 안전체계가 마련되어 있지 않아 대구 도시가스 사고와 같은 대형사고가 재발될 가능성이 많다. 따라서 지하 매설물에 대한 체계적인 정보관리시스템(GIS)을 조속히 갖추어야 하고 제도적인 뒷받침과 아울러 관계법규의 개정이 뒷받침 되어야 한다. 선진국에서는 피해발생 형태에 따라 사고발생 가능성 및 그 피해 정도를 확률적 계산 근거를 갖고 분석한다. 이 결과에 따라 위험시설물과 인근의 주거지역 또는 도시활동 공간 사이에 안전거리를 산출하여 인구밀도 및 토지이용을 등급별로 매기는 안전규제를 실시하고 있다. 우리도 하루속히 이와 같은 제도를 받아들여야 하리라 생각된다.

이웃 대만에서는 우리보다 먼저 1993년에 위험물질을 취급하는 전사업장을

대상으로 공정안전관리 제도를 입법화하여 추진하고 있으며, 심지어 건설 사업장에서도 본제도를 적용하고 있다고 한다. 따라서 우리나라에서도 공정 안전관리 제도와 같은 과학적이고 지속적인 안전관리 제도를 조속히 정착하여 대형사고의 발생을 미연에 방지해야 할 것으로 생각된다.