

## 서울지역의 LPG 저장 및 충전업소에 관한 Off-Site 위험성평가에 관한 연구

고재선, 김 효\*

서울시립대학교 산업기술연구소, \*서울시립대학교 화학공학과

### Study on the Risk Assessment for the LPG Storages and pupmping stations located in Seoul

Ko Jae-Sun and Kim Hyo\*

Department of Chemical Engineering, the University of Seoul

#### I. 서론

현대 사회의 인구 과밀화와 더불어 지역사회의 사회기반시설(SOC)증가에 따른 화학 물질 사용시설의 경우에 있어서 중대사고의 경향이 높아져 가고 있다. 따라서 기존 위해·위험시설의 안전사고의 문제점과 더불어 신규 위해·위험시설물의 증가에 따른 안전사고의 심각성을 낮추기 위해 필요한 노력을 하지 않으면 안된다. 선진국에서는 산업 시설 및 관련시설에 대하여 지역사회의 전문위원회가 잠재적인 위해 산업의 사고에 대한 off site의 피해 심각성에 대한 평가와 이에 대한 적절한 조언 및 대책을 강구하고 있다.

따라서 본 연구에서는 위해·위험시설이 위치한 지역내 Response Planning System(지역 안전보호를 위한 안전계획)을 위하여 첫째 IAEA의 정량적인 사고 발생 확률의 계산(강도/빈도)과 둘째 시뮬레이션을 통해 사고 피해 정도의 위험성을 법규상 안전거리규제를 고려한 국내 임의의 지역에 대하여(서울시의 LPG 위해·위험시설) 평가, 적용함으로써 기존 시설 또는 신설 부지 개발시 임의의 지역사회 내에서의 유해·위험물질에 대한 포괄적 안전거리 수용기준(수용가능성) 여부를 판별하고자 한다.

#### II. LPG 안전거리 기준 안전거리 산정의 예

##### 2-1. 안전거리의 개념 및 정의

- 사회적 위험성의 범위에 대해 어떤 시설의 활동으로 인하여 사회에 미치는 위험정도가 시설 등의 활동으로 인한 이익과 견주어서 크지 않은 범위를 의미.
- 가스누출시 일정시간동안 일정거리 내에서 누출된 가스가 폭발한계에 도달하지 않

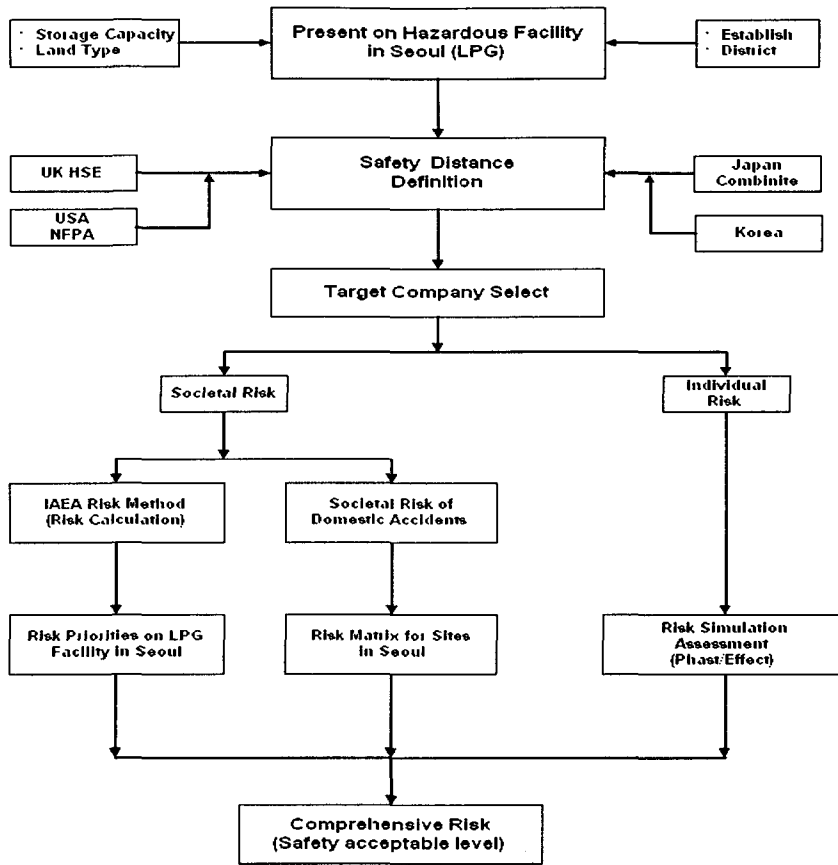


Fig. 1. Evaluation procedure.

는 거리로서 긴급시 응급조치 등으로 대응하기 위한 시간 및 공간을 의미하는 것.

## 2-2. LPG가스 충전소 안전거리 산정의 예

Table 2-1. Minimum Safety Distances to the Storage Capacities

Storage Capacity(T)	Isolate Distance Range		before Revision	after Revision
	$L = 6.37 + 3.29 \sqrt{m}$	$L = 19.69 + 1.57 \sqrt{m}$		
10	15-30.1		17	24
20	15-34.4		21	27
30	15-37.7		24	30
40	15.8-40.0		27	33
50	16.9-43.0		30	36

### III. IAEA Method에 의한 위험도 우선순위

Table 3-1. Risk Priorities for Seoul LPG Stations determined by IAEA Method

분류	물질	저장량 (T)	Ref	등급	피해거리 (ha)	(f <sub>i</sub> ) 인구분포 보정계수 p/ha	(f <sub>m</sub> ) 완화 보정계수	(δ) 인구 밀도	사고 강도	(N <sup>o</sup> <sub>i,m</sub> ) 설비 품질 평균 확률값	(n <sub>o</sub> ) 안전항목 보정계수	(n <sub>p</sub> ) 인구분포/풍향보정계수	사고 빈도	Risk	Ranking
#1	L	90	11	CII	100m (1.5)	준공업 0.2	1	준공업 (80)	24	6	-0.5	+0.5	(6) 1 · 10 <sup>-6</sup>	24 · 10 <sup>-6</sup>	6
#2	L	20	11	BII	50m (0.4)	준공업 (0.2)	1	준공업 (80)	6.4	6	-0.5	+0.5	(6) 1 · 10 <sup>-6</sup>	6.4 · 10 <sup>-6</sup>	10
#3	L	94	11	CII	100m (1.5)	주거 1	1	주거 (40)	60	6	-0.5	0	(5.5) 3 · 10 <sup>-6</sup>	180 · 10 <sup>-6</sup>	2
.....															
#12	L	20	11	BII	50m (0.4)	녹지 0.1	1	녹지 (5)	0.2	6	-0.5	+0.5	(6) 1 · 10 <sup>-6</sup>	2 · 10 <sup>-7</sup>	15
#14	L	20	11	BII	50m (0.4)	상업 1	1	상업 (160)	64	6	-0.5	+0.5	(6) 1 · 10 <sup>-6</sup>	64 · 10 <sup>-6</sup>	3
#15	L	10	11	BII	50m (0.4)	주거 1	1	주거 (20)	8	6	-0.5	+0.5	(6) 1 · 10 <sup>-6</sup>	8 · 10 <sup>-6</sup>	8

### IV. 대상 지역에 적용

#### 4.1. 포괄적 위험도

Table 4-1. Risk matrices of LPG Facilities

Score	1	2	3	4	5	Sub Total (Max)
1.Storage (T)	1-10	11-20	21-50	51-100	100-	5
2. Built (year)	2000-	91-2000	86-90	81-85	-80	5
3.No of Vehicles	300	500	1000	1500	2000-	5
4. Mass Facility	Weight					30
	>200m	200m(5)	150m(4)	100m(3)	<50m(2)	
	0	+1	+2	+3	+4	
	0	Min 0	Max 5	Min 0	Max 8	
5.District Type	Park	Green	Semi industrial	Residence	Commercial	5
6. Risk (F×C)	< 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-5</sup>	> 10 <sup>-4</sup>	5
Total Risk Classification						
Score	1-11	12-22	23-33	34-44	45-55	Total Score
Classification	E	D	C	B	A	55

4.2. 대상지역에 포괄적 위험도 적용

Table 4-2. Comprehensive Risk Range Calculated for Selected Companies

Classification of Facility			Establish (year)	Storage (Ton)	District Type	Mass Facility		No of Vehicles	Risk	T
District	Distance (m)	Weight Score				· Mass Market	· Hospital			
Total RISK	GS	50	81.11.18 (4)	Substance LPG (BLEVE) 15 T (2)	Generally Residence 35,795 1.7km <sup>2</sup> 12.631 (4)	0	0	1800 (4)	C: 113 F: 3 × 10 <sup>6</sup> (4)	38
		100				+3	3			
150	+2	3				6				
200	+1	5				5				
						20				

V. 연구결과의 고찰

5-1. LPG 충전소의 제도적 / 관리적 현황 측면

1) 2001년 현재 서울시 LPG충전소는 총 68개소이며 그 중 10-15ton인 경우는 47개소로서 전체의 69%를 차지하고있으며, 설치지역의 지역 용도별로 분류하여 보면 일반주거지역에 33개소로 49%, 준주거 지역에 6개소로 9%, 일반상업지역에 6개소로 인구밀집지역에 67%를 차지하고있음을 볼 수 있다.

2) LPG설치 년도를 살펴보면 1990년 이전에 설치된 LPG충전소가 전체의 93%를 차지하고 있어 설비의 노후화로 인한 피해가 우려되고 있다.

3) 안전거리를 각 나라별로 비교하면 우리나라와 일본의 경우 지상 20ton 규모에서 각각 21m와 20.8m로서 거의 같고 지상 30ton의 경우 역시 같은 24m로 대동소이한 안전거리를 유지하고 있으며 미국의 경우는 114ton인 경우에 15m를 유지하고있다. 따라서 현재의 우리나라의 안전거리는 법규상으로는 일본과 마찬가지로 미국 에 비하여 강화된 안전거리를 유지하고 있다.

5-2. 서울지역의 대상업체의 포괄적 위험도 분석

서울지역의 대상업체에 포괄적 위험도 분석 적용한 결과 (가) 시설은 B급의 상당히 높은 위험도에 해당됨을 나타내고 있다. 또한 서울지역 LPG 충전소 중 대상업소 15개소의 위험등급은 대개 Item 항목 중 저장량 및 토지용도에 따라 크게 좌우되며 위험도는 B급 또는 C급으로 나타나 다소 위험도가 높음을 알 수 있었다.

5-3. LPG충전소의 사회적 위험에 관한 Matrix

사고통계를 바탕으로 한 LPG 시설에서의 LPG의 사회적 위험도의 특징은 발생건수가 현저히 높는데 반해 사상건수는 낮은 것으로 나타남.

#### 5-4. LPG 대상업체의 IAEA와 시뮬레이션의 비교

LPG 충전소에서 폭발사고가 일어난다면 첫 번째로 피해를 입게되는 변수는 BLEVE에 의한 Fireball에 의한 피해일 것이다.

1) LPG 저장 및 충전업소(15 ton)에 대한 시뮬레이션 (EFFECTS 4.0 / Phast 6.0) 결과 첫째 Consequence 측면에서는 IAEA방법의 강도는 대략 113명으로 50-100m까지의 시뮬레이션의 누적 결과치 114명으로서 거의 같은 결과치를 나타내고 있으며, 둘째 IAEA 방법으로 계산된 빈도는  $3 \times 10^{-4}$ 으로서 설비 수명기간에 발생하며 간헐적으로 일어날 수 있으며 모니터링과 비상대비 안전조치가 설치되어 있지 않아 실질적인 발생가능성이 있는 경우임.

2) 열복사로 인한 상해정도(Thermal Radiation Effect)는 노출된 시간과 사고의 열 플럭스에 의해 의존하는데 본 시뮬레이션 결과 Heat radiation vs. distance의 관계를 살펴보면 100m-26kw/m<sup>2</sup>(1분 이내에 100% 사망, 10초 이내에 중대한 상해), 200-14kw/m<sup>2</sup>(1분 이내에 1% 사망, 10초 이내에 1도 화상)이었다.

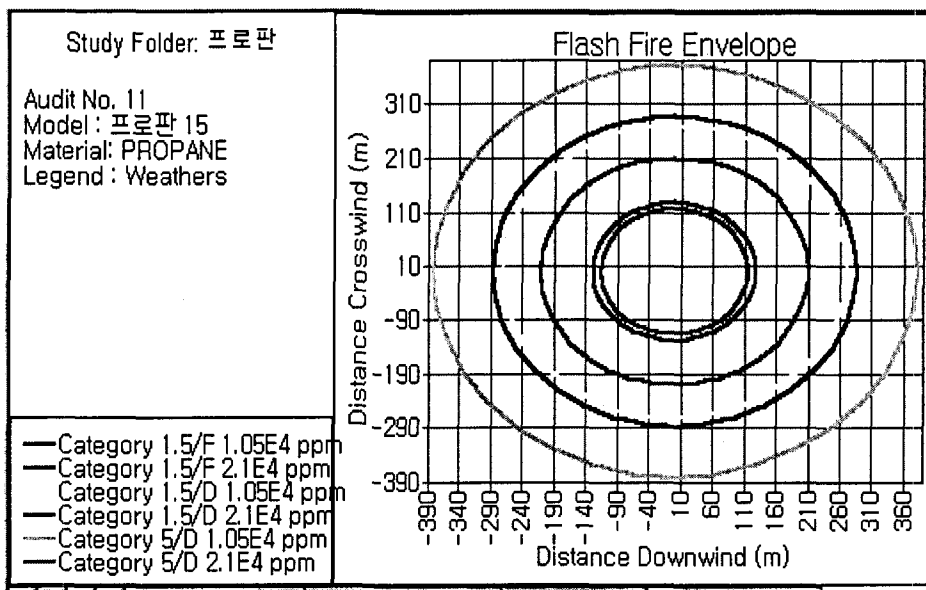


Fig. 2. Flash Fire Envelope

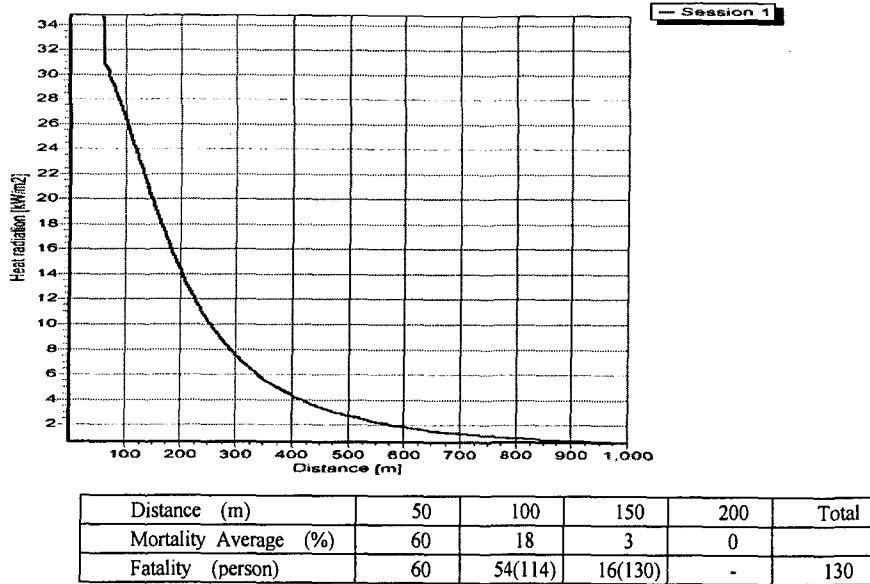


Fig. 3. Mortality vs. distance for the BLEVE in LPG vessel.

## VI. 결론

1. 고정시설에 대한 각각의 사회적 위험수치는 위해·위험시설시설과 그 인근의 주거 지역이나 공공시설사이를 어떻게 격리 수용되어야 하는지를 다루는 토지 이용규제의 이론치로 활용할 수 있음.

2. 유해, 위험시설의 법적인 규제치와 함께 피해를 최소화시킬 수 있는 방호시설의 유무(방호벽, 수막시스템 또는 물 분무시스템) 및 주변상황(도로, 인구밀도, 대량인구밀집 시설; 병원, 학교, 극장 등)과 이를 바탕으로 한 시뮬레이션을 통해 보편 타당한 유연성 있는 접근이 필요함(Comprehensive safety acceptable level).

## 참고문헌

1. Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazard, health & Safety Executive, (1989)
2. Carter, D A; The Scaled Risk Integral, Loss Prevention & Safety Promotion in the Process Industries, Antwerp, Vol II, (1995)
3. Haastrup, P ; Rasmussen, K; A Study of F-N curves for accidents involving highly flammable gases and some toxic gases, Trans IChemE, 72B, 205-210, (November, 1994)
4. IL, Hirst & D A Carter, A "Worst Case", Methodology for Risk Assessment of Major Accident Installations, Paper for CCPS Conference, San Francisco, (September, 1999)