

LPG 판매업소의 위험성 제어계획 Planning for Safety Control on LPG Distribution Depot.

노삼규*
전성우**
강태희**
서영민**

Abstract

The safety of LPG vessel storage has been simply designed and controled with blast wave barrier structure concept regardless of its quantity or hazardous situation. The limit of regal controls on LPG vessel storage need to be identified in terms of safety buffer distance from LPG explosion. The level of overpressure effect and heat radiation to the neighbouring structure and human activity required to be estimated to find the gap between existing controls on such storage. PHAST and IAEA manual for risk rankings and assessment had been applied to get the required safety distance for neighbouring facilities, Japanese legal control for such facilities were also investigated. To this context the issues on LPG vessel storage required additional safety distance between existing blast wave barrier structure and safety separation distances.

국문 요약

LPG 판매업소의 용기보관창고는 보관량이나 위해 상황을 충분히 고려하지 않은 상태로 단순히 방폭벽 구조에 의한 안전규제에 의존해 왔다. 따라서 LPG폭발로 인한 보관창고의 안전규정은 안전완충거리를 충분히 확보하고 있는지 확인할 필요가 있다. 기존의 안전규제는 그러한 보관창고로부터 사고시 인근에 위치한 구조물과 연간 활동에 미치는 잠재적 초과압력이나 방출열의 정도를 고려하고 있는지 그 확인이 요구된다. 본 연구는 PHAST와 IAEA의 위험성 평가와 우선 순위 선정수법, 일본의 LPG 판매소 안전규정 등을 통하여 안전거리를 산출하였다. 이 결과에 의하면 기존의 LPG판매소의 방폭벽은 추가적인 안전거리가 요구된다.

* 광운대학교 건축공학과 교수, 본 학회 정회원

** 광운대학교 건축공학과 석사과정

본 연구는 1998년도 광운대 학술 연구비 및 한국과학재단(KOSEF 96-0602-01-01-3)의 지원 결과임.

1. 서론 및 연구배경

국내 가스 관련사고의 사상자는 최근에 급격한 상승세를 나타내고 있으며, 특히 LPG사고는 위험관리 특성상 사고빈도보다는 강도가 큰 위험으로 분류되어 사고시 다수의 인명이나 재산 피해를 동반하는 중대 재해로 발전되기 쉽다.

국내의 LPG 판매업소는 주로 도시내에 산재하여 있으며 저장·취급용량, 취급빈도 등이 극히 높고, 잠재적 위험성이 크기 때문에 사고발생시 인근 주변에 어느 정도의 피해를 미칠 가능성이 잠재하고 있다. 따라서 법이 보장하는 안전거리 기준이 현실에 적합한가를 검토할 필요가 있다.

또한 고압가스 관련법에 따른 안전이격거리나 방폭벽은 LPG 판매업소의 경우 인근에 미치는 피해로부터 어느 정도의 안전성을 확보하고 있는지 그 설명이 분명치 않다. 국내의 관련법규는 LPG 충전설비 및 저장설비에 대한 저장능력별 안전 이격거리를 지정하고 있으나, 도시 내에 산재한 LPG 판매업소에 적용되는 법규는 따로 없으며, 현실적으로 방호벽을 설치한 판매저장시설에 대하여 취급량에 따른 안전거리의 확보와 무관하게 인허가를 시행하고 있다.

본 연구에서는 국내의 LPG 판매업소에 가스 누출시 화재·폭발의 강도는 어느 정도 범위까지 위험성이 미치는가를 검토하며, 건축법 및 고압가스 등 관계법규에서 의미하는 안전거리 개념에 판매시설 외부에 미치는 위험성을 제어하기 위한 산술적 의미의 한계를 분석한다. 또한 일본의 관련법규와 국제연합의 위험성 평가를 통하여 LPG 판매소 인근의 시설 및 인명에 미치는 강도와 안전거리 기준의 적용한계 및 타당성을 비교 분석하여, 국내의 LPG판매

업소 시설안전거리가 갖추어야 할 기준을 제시한다.

2. LPG 관련 시설의 안전거리 관련법규 및 개념

2.1 LPG 저장·취급 시설에 관한 법규

국내의 위험물 관련 안전관리법은 크게 소방법, 건축법, 고압가스 관리법이 있으나, 소방법은 액화석유가스(LPG)관련, 제조·저장시설에 대하여 다루지 않고 있으며, 서울시 건축조례에는 당해 용도에 사용되는 바닥면적의 합계가 200m²이상인 공해공장·액화석유가스 충전소·위험물 제조소·위험물 저장소의 경우 인접대지경계선으로부터 띄어야할 거리는 4m이상이다.¹⁾ 그러나 이는 위험물 제조소나 충전소의 위험물 취급용량에 관계없이 최소거리를 요구하고 있으며 실제로 인허가 시에는 액화석유가스 안전 및 사업관리법에 준용한다. 따라서 LPG 판매업소에 대한 규제는 액화석유의 가스 안전 및 사업관리법에 적용을 받고 있다. 액화석유가스시설 중 저장설비 및 충전설비는 그 외면으로부터 10톤 이하의 경우 제1종 보호시설은 17m이고 제2종 보호시설은 12m이상의 이격거리를 요구하고 있다. 그러나 이 규정은 실제로 대규모 저장설비 및 충전설비인 영업소에만 적용될 수밖에 없다. 왜냐하면 LPG판매업소는 일반적으로 최대저장량이 2~3톤이며 저장창고의 면적도 19~30m² 정도로 이 법이 정하는 최저치인 10톤 미만의 사업장이 요구하는 12~17m의 안전이격거리는 인구 밀도

1) 건축조례 제56조 위험물 제조 및 저장 시설물 취급장소의 경우 [인접대지경계선으로부터 띄어야할 거리]

가 높고 여유공간이 좁은 도심에서는 거의 존재할 수 없다. 액화석유가스안전 및 사업관리법시행규칙에서 저장소 면적이 19m² 이상이고 저장량이 2.9톤 미만으로서 소비자에게 최종 공급하는 LPG 판매업소에 대한 이격거리 규정은 따로 없는 실정이다.

일본의 경우 LPG 판매·저장시설은 콤비나트 보안규칙에 의거하여 가연성 가스의 보안거리는 폭발에 의한 폭발압에 따라 미치는 인적 피해로부터 피할 수 있는 거리를 확보하게 되어 있으며, 이때 제조시설의 경우 50m의 이격거리 또는 산식에 의한 거리를 확보하게 되어 있다. 그러나 방호벽을 설치할 경우 기본적으로 안전거리를 유지하나 경우에 따라 보안거리를 60%정도로 단축할 수 있도록 되어 있으며 이때 방호벽이 설치되어 있더라도 반드시 최소 안전거리를 지키고 있다.

국내의 LPG 판매업소도 방호벽의 설치를 최근 들어 철저히 시행하고 있으나 일본과 같이 소규모 판매시설에 대한 안전이산거리를 산출식에 의거하여 적용하고 있지 않는 실정이다. 국내의 경우 도시내 산재된 LPG 판매업소의 가스사고로부터 어느 정도 이격거리를 확보해야 인근의 주민과 구조물이 안전한가를 조사할 필요성이 있다.

2.2 LPG 관련 시설의 안전거리 법규 기준의 개념

국내에서는 LPG의 저장·취급 시설에서 시설 및 장치간의 사고시 파괴를 방지하는 차원으로 LPG 누출시 시설 주변에 폭발하한계(LFL)²⁾가 형성되는 곳에서부터 안전거

2) 폭발하한계(연소하한계)
가연성증기와 공기의 혼합물은 가연성증기가 특정

리를 규제한다. 그러나 이러한 개념은 LPG 판매업소와 같이 주변에 인가나 상업시설 등이 밀집 해있는 곳에 적용될 경우, 폭발하한계가 보장하는 안전거리는 인간이나 주변시설의 안전에 충분하다고 볼 수 없다. 한편 폭발하한계(LFL)를 적용하면 아무리 완벽한 설계·시공을 하였을 지라도 조금씩은 가스가 누설된다. 누설된 가스가 공기와 혼합하게 되어 폭발하한계 내의 상태를 형성하는 위험장소³⁾가 존재하게 된다. 그러므로 방폭벽·방폭설비·소화설비등 안전설비를 완벽하게 설치하여도 위험장소는 일정하게되고 도심지내의 LPG판매업소에 적용하더라도 주변인구에 미치는 피해정도는 일정하게 되어 안전거리 단축에 어려움이 있다.

반면에 일본뿐만 아니라 UN등 국제기구나 서구에서 적용하는 안전기준은 LPG의 저장·취급 시설에서 누출되어 화재·폭발시에 인체에 미치는 치사⁴⁾나 부상 또는 재산에 미치는 정도를 기준으로 안전거리를 규제하고 있다. 그러므로 방화벽, 환기설비의 강화, 방폭벽, 소화설비 등 안전설비를 강화하였을 때에는 그 거리가 완화되므로 도심지 내에서도 안전거리를 단축시킬 수가 있다. 따라서 방폭벽을 설치할 경우 일본에

농도 이상에서만 착화하여 연소하는데 연소할 수 있는 최소한의 농도조성을 폭발하한계라고 한다.

3) 위험장소는 다음과 같이 분류한다.

- 0종장소 : 위험분위기가 보통의 상태에서 계속해서 발생하거나 또는 발생할 염려가 있는 장소
- 1종장소 : 보통장소에서 위험분위기를 발생할 염려가 있는 장소
- 2종장소 : 이상상태에서 위험분위기를 발생할 염려가 있는 장소

4) IAEA의 fatal level

- 화재의 경우 5 ~ 10kw/m² 이상의 열에 30초간 노출되면 중대사고(1%의 사망률)가 발생할 수 있다.
- 폭발의 경우 과압이 1bar이상이고 파편이 높은 밀도로 비산하는 폭발중심의 주변에서는 100% 사망할 수 있다.

서와 같이 안전거리 단축을 준용할 수가 있다.

2.3 LPG 판매소의 방폭벽과 안전거리

폭발 위험이 있는 용기를 취급할 경우 주위의 건조물 및 인간의 피해를 줄이거나 없애기 위하여 각종 방호책을 구축할 필요가 있다. 최선의 방호책이라고 할 수 있는 것은 폭발원부터 피해대상을 충분한 거리로 유지하는 것이다. 폭발의 위험성이 있는 시설에 대해서는 고압가스관계법에 의해 정해진 안전거리 확보가 의무화 되어있다. 이들 법은 재해의 방지 및 주거시설 등에 대한 공공의 안전을 확보하는 것이다.

국내의 LPG관련취급소의 경우 방폭벽 규정은 충전설비의 경우 불연재료 또는 난연성 재료를 사용한 가벼운 지붕을 설치하도록 되어 있으며 현실적으로도 석면 슬레이트 지붕을 사용하는 경우가 있다.

또한 방폭벽은 철근콘크리트나 Block방호벽, 강판제 방폭벽을 설치하도록 되어 있다. 최근 허가된 판매업소는 대부분 강판제 방폭벽을 설치하고 있다. 이때 두께 6mm이상의 강판을 1.8m이하의 간격으로 세운 지주와 결속하여 높이 2m 이상으로 설치하도록 되어있다. 이러한 방폭벽은 50Kg용기가 저장창고 중심으로부터 외벽까지 약 3m의 거리가 있다고 가정할 때 벽에 미치는 최대초과압력 또는 폭발시 파편효과(missail effect)가 미치는 영향을 볼 때 약 150psi로 외벽이 완전히 붕괴가 된다. 또한 20Kg용기가 폭발할 때에도 100psi로 역시 외벽이 완전히 붕괴된다.⁵⁾ 그러므로 LPG 판매업소에서 방폭벽만 설치하고 안전이격거리를 규정하고 있

지 않은 국내에서는 인근 주민과 구조물 안전을 위하여 안전이격거리 규정을 제정할 필요성이 있다.

일본에서의 방폭벽은 콤비나트보안규칙 제3조의 가연성 가스제조시설의 보안거리에 의하여 방호벽을 설치하는 시설에 대해서도 보안거리의 단축이 인정된다. 단, 방호벽은 용지의 취득, 시설의 이전 등이 극히 곤란한 경우 통상산업부장관이 적절하다고 인정하는 구조 및 장소에 설치되는 것에 한한다. 따라서 원칙적으로 방폭벽의 설치유무에 관계없이 보안거리는 유지되어야 한다.

3. 사례 연구

본 사례연구에서는 PHAST(Process Hazard Analysis Software Tools) Professional 프로그램과 일본의 콤비나트 보안규칙 및 일반고압가스 보안규칙의 산식에 의하여 산출된 DATA를 이용하여 국내의 LPG 판매업소에서 화재·폭발시 과압 및 방출열에 따른 피해거리를 산출하였다. 또한 UN에서 개발한IAEA(International Atomic Energy Agency) 매뉴얼을 이용하여 사고시 강도를 산출하였다. 결과를 산출함에 있어 용기 내에 있는 LPG가 전량 누출된 것으

$$W = \frac{\eta M E_c}{E_{CTNT}}$$

$$R_G = Z_0 W^{1/3}$$

- W = equivalent mass of TNT(kg or lb)
- M = mass of flammable material released
- η = empirical explosion yield (or efficiency) (ranges from 0.01 to 0.10)
- E_c = lower heat of combustion of flammable gas (kJ/kg or Btu/lb)
- E_{CTNT} = heat of combustion of TNT (4437~4765kJ/kg or 1943~2049Btu/lb)
- R_G = radial distance from charge (ft)
- Z_0 = scaled ground distance (ft/lb^{1/3})

5) TNT당량과 환산거리

로 가정하였고 LPG판매업소 주변의 구조물의 형태나 위치는 고려하지 않았다.

3.1 PHAST Professional 프로그램에 의한 결과

LPG판매업소에 저장되어 있는 LPG용기 중에서 20Kg과 50Kg용기가 각각 폭발하였을 때와 LPG판매업소의 최대 저장량인 2.9ton이 전량 누출되었다는 가정하에 PHAST 프로그램을 이용하여 폭발시의 과압 및 방출열을 산정하였고 그 결과는 Fig. 1. ~ Fig. 6.에 나타나 있다.

3.1.1 LPG 용기 폭발시 과압에 따른 피해거리

과압에 따른 피해거리는 인체와 건물에 미치는 영향을 비교할 필요가 있다. [표.1]에 따르면 주로 가정에서 사용하는 20Kg의 LPG용기가 폭발하였을 때 건물에 중대한 손상을 입히는 과압은 10.16psi이고 이때의 피해거리는 14m로 산출되었다. 또한 주변 인근의 주민이 100% 사망할 수 있는 과압은 14.51psi이고 이때의 피해거리는 5m로 산출되었다. 그러나 이 data는 방폭벽을 설치하지 않았을 때의 피해거리로서 “방폭벽 설치시 안전이격거리를 60% 단축시킬 수 있다”는 콤비나트 보안규칙의 단축거리조항을 적용한다면 건물과 인체에 영향을 미치는 거리는 각각 8.4m와 9m로 산출되었다.

표1. 폭발과압이 건물과 인체에 미치는 영향

건물에 미치는 영향	
빌딩 대부분이 완전히 파괴	10.16 psi
빌딩에 중대한 손상	5.08 psi
수리할수 있는 정도의 빌딩 손상	1.45 psi
광범위한 유리창 파괴	0.73 psi
10%의 유리창 파괴	0.29 psi
사람에 미치는 영향	
100%의 치사율	72.56~116.09 psi
50%의 치사율	50.79~72.56 psi
치사율의 한계선	29.02~43.53 psi
폐에 심각한 손상	19.30~29.02 psi
50%의 고막파열(20세 이상)	29.02~33.81 psi
50%의 고막파열(20세 미만)	14.51~19.30 psi

자료 : Methods and procedures for Health and Environmental Risk Assessment

CPQRA(Chemical Process Quantitative Risk Assessment)에 따르면 인간이 100% 사망할 수 있는 과압은 72.56 ~ 116.09psi 정도 이지만 그 과압이 미치기 전에 파편, 구조물의 붕괴 또는 몸의 비산에 의하여 사망하게 된다.

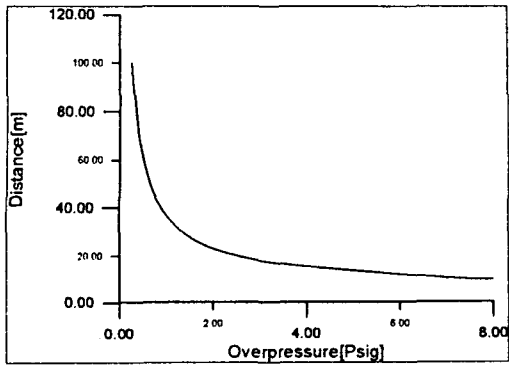


Fig. 1. 20Kg의 LPG 용기 폭발시 과압에 따른 피해거리

자료 : PHAST 결과

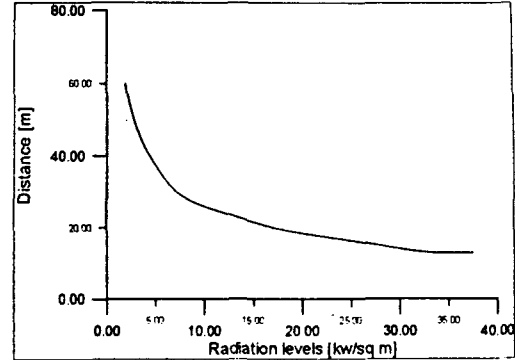


Fig. 4. 20Kg의 LPG용기 폭발시 방출열에 따른 피해거리

자료 : PHAST 결과

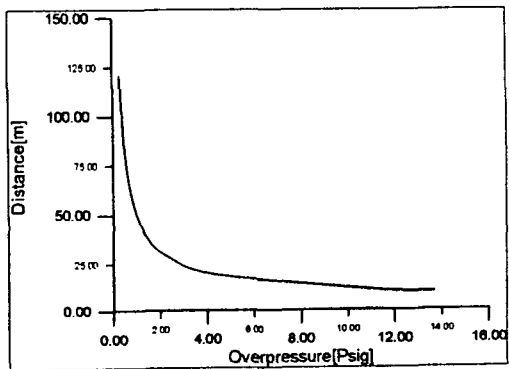


Fig. 2. 50Kg의 LPG용기 폭발시 과압에 따른 피해거리

자료 : PHAST 결과

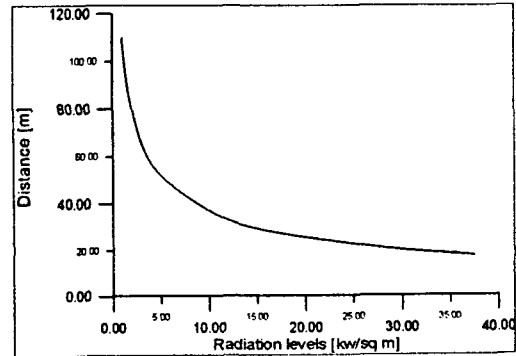


Fig. 5. 50Kg의 LPG용기 폭발시 방출열에 따른 피해거리

자료 : PHAST 결과

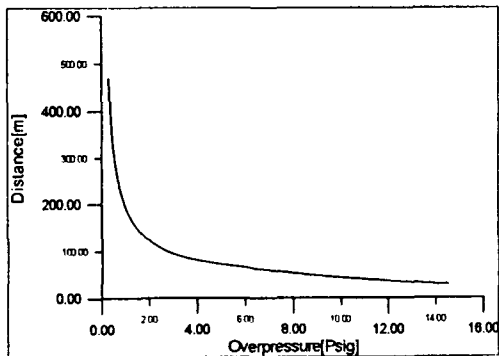


Fig. 3. LPG 2.9ton의 폭발시 과압에 따른 피해거리

자료 : PHAST 결과

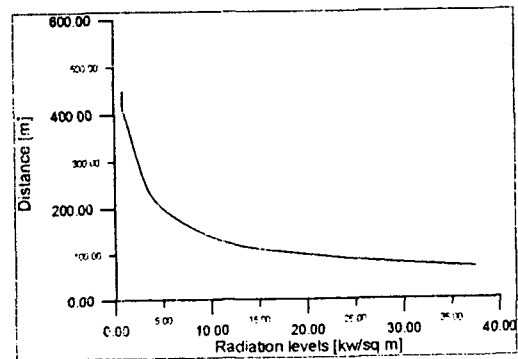


Fig. 6. LPG 2.9ton이 폭발시 방출열에 따른 피해거리

자료 : PHAST 결과

주로 영업용으로 사용하는 50Kg의 LPG 용기가 폭발하였을 경우를 산출해 보면 건물에 중대한 손상을 입히는 피해거리는 18m이고 인간이 100% 사망할 수 있는 피해거리는 9.5m로 나타난다. 방폭벽을 설치 시 단축거리를 적용하면 건물과 인체에 영향을 미치는 거리는 각각 10.8m와 12.6m로 산출되었다.

단 테러나 사보타지와 같은 경우를 제외하고는 거의 발생할 확률이 적으나 LPG 판매업소의 최대저장량인 2.9ton이 폭발하였을 때에 건물에 중대한 손상을 입히는 피해거리는 45m이고 인간이 100% 사망할 수 있는 피해거리는 78m로 나타난다.

3.1.2 LPG 용기 폭발시 방출 열에 따른 피해 거리

방출열에 따른 피해거리도 인체와 설비에 미치는 영향을 검토하였다. [표.2]와[표.3]에 따르면 25.0kw/m²이상의 방출 열에 노출되었을 때 인간은 1분 이내에 100% 사망한다. 그리고 방출 열이 25.0kw/m²일 때 숲에 장시간 노출시 자연발화 되고 방호되지 않은 강은 결함을 유발시킬 수 있는 열응력 온도까지 상승하게 된다. Fig. 4.에 따르면 20Kg의 LPG용기가 폭발시 25.0kw/m²의 방출열이 미치는 피해거리는 17.5m이다. 또한 Fig. 5. 와 Fig. 6.에 의하면 50Kg의 LPG용기와 LPG판매업소의 최대저장량인 2.9ton이 폭발하였을 때에는 각각 22.5m와 87.5m까지 25.0kw/m²의 방출열이 미치게 된다.

표 2. 방출열이 설비에 미치는 영향

사고시 방출열 (kw/m ²)	설비에 미치는 영향
37.5	· 공정 설비에 손상 · Cellulosic 설비에 노출되었을 때 1분 이내에 점화
25.0	· 숲에 장시간 노출되었을 때 자연발화 · 방호되지 않은 강은 결함원인이 될 수 있는 열응력 온도까지 도달 · 압력용기의 교체 또는 압력용기의 결함발생
12.5	· 숲을 연소시키는 최소점화에너지 · 플라스틱관이 용융 · 얇은 강이 화재로 인하여 구조적 결함을 야기하는데 충분한 높은 수준의 열응력까지 도달할 수 있다.

자료 : Methods and procedures for Health and Environmental Risk Assessment

표 3. 방출열이 인체에 미치는 영향

사고시 방출열 (kw/m ²)	인체에 미치는 상해
37.5	· 1분 이내에 100% 사망 · 10초 이내에 100% 사망
25.0	· 1분 이내에 100% 사망 · 10초 이내에 중대한 상해
12.5	· 1분 이내에 1% 사망 · 10초 이내에 1도 화상
4.7	· 20초 이상 노출시 고통을 야기시킨다. 그러나 수포는 형성되지 않는다. · 30초 이상 노출시에는 상해 가능성이 있다.
2.1	· 1분후에 고통을 야기시키는 최소한계
1.6	· 장시간 노출되어도 고통이 없다.

자료 : Methods and procedures for Health and Environmental Risk Assessment

3.2 일본의 콤비나트 보안규칙에 따른 안전 이격거리

표 4. 에 따르면 방호벽이 설치되지 않았을 때 LPG판매업소로부터 안전이격거리는 20Kg과 50Kg의 LPG 용기일 때에는 각각 0.9m와 1.22m이고 LPG 판매업소 최대저장량인 2.9ton일 때에는 4.72m이다. 또한 방폭벽을 설치하였을 때의 안전이격거리는 20Kg, 50Kg, 2.9ton에 대하여 각각 0.54m, 0.74m, 2.58m이 된다. 이러한 안전거리는 폭발시에 peak과압이 0.125Kg/cm²가 미치는 거리를 기준으로 하여 산정된 것이다.

표 4. 콤비나트 보안규칙의 안전거리 산출식

방호벽 無	방호벽 有
$X = 0.48 \sqrt[3]{K \cdot W}$	$X = 0.29 \sqrt[3]{K \cdot W}$
<ul style="list-style-type: none"> · X : 안전거리(m) · K : 폭발계수 · W : 폭발물의 양(ton) 	

3.3 일본의 일반고압가스 보안규칙에 따른 안전이격거리

3.1과 3.2에서 산출된 data는 LPG판매업소의 저장실에 저장되어있는 저장량을 기준으로 산출하였으나 이 절에서는 용기저장실에 따른 이격거리를 산출하였다. 액화석유가스의 안전 및 사업관리법에 따르면 LPG판매업소에 대한 용기 저장실의 면적은 19m²이상으로 설치하여야 한다. 일본의 일반고압가스 보안규칙에서 면적에 따른 안전이격거리는 Fig. 7과 Fig. 8.에 나타나있는 바와 같이 1종 보호시설과 2종 보호시설에 따라서 분류하고

있다. 면적이 19m²일 때 제1종 보호시설과의 이격거리는 19.62m이고 제 2종 보호시설과의 이격거리는 13.07m이다. 이때 방폭벽 설치시 콤비나트 보안규칙의 단축거리 조항을 적용한다면 제1종 보호시설은 11.77m이고 제 2종 보호시설은 7.85m이다.

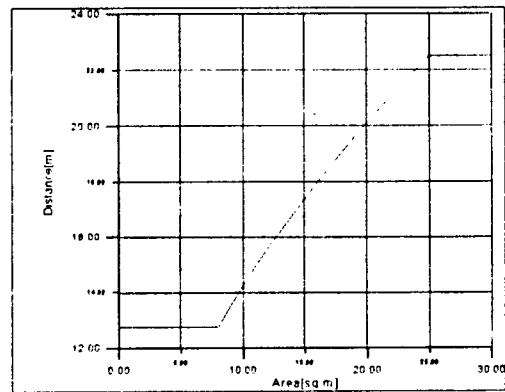


Fig. 7. 용기 저장소의 면적에 따른 제1종 보호시설과의 이격거리

자료 : 액화석유가스 및 일반고압가스 보안규칙 및 콤비나트 보안규칙(1997, 일본)

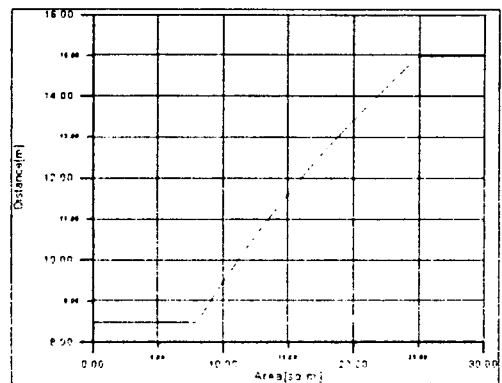


Fig. 8. 용기 저장소의 면적에 따른 제2종 보호시설과의 이격거리

자료 : 액화석유가스 및 일반고압가스 보안규칙 및 콤비나트 보안규칙(1997, 일본)

3.4 국제원자력기구(IAEA) 메뉴얼을 이용한 위험성 평가

LPG 판매업소에서 액화석유가스 및 사업 관리법에 명시되어 있는 최대저장량인 2.9톤이 전량 누출되었다는 가정 하에 국제원자력기구(IAEA) 메뉴얼에 적용하면, LPG 판매업소 주변의 인구밀도를 160인/ha로 가정하였을 때 폭발시 피해지역은 0.2ha, 최대 유효거리는 25m, 사고시 외적강도는 25.6인이다. 이때 25m내에 거주하는 주민은 100% 사망하게 된다. 또한 LPG 판매업소에서 사고가 일어날 확률은 1×10^{-4} 사고건수/년으로 산출되었다. 그러므로 적어도 25m 이상의 이격거리를 요구하고 있다고 할 수 있다.⁶⁾

6) IAEA 메뉴얼에 따른 강도 및 빈도산정

(1) 대중에 대한 중대사고의 강도산정

이 방법은 각각의 분석 대상 활동에 대한 중대사고로 야기되어지는 강도산정에 근거하는데 이러한 강도는 피해지역에 그 지역 내의 인구밀도를 곱하고 보정계수를 적용한다. 이러한 계수들은 가장 인접한 주거지역과의 거리, 그 지역내의 인구분포 그리고 가능한 피해 완화행위를 나타낸다.

각각의 정해진 활동(하첨자 a)에 대한 물질(하첨자 s)에 의해서 야기되는 사고의 외적강도($C_{a,s}$, 치사자수/사고)는 식1을 사용하여 계산되어질 수 있다.

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_a \cdot f_m \dots \dots \dots$$

- $C_{a,s}$: 사고의 외적강도(치사자수/사고)
- A : 피해지역 (hectares, 1ha=10⁴m²)
- δ : 피해구역내 주거지역에서의 인구 밀도(사람/ha)
- f_a : 피해지역에서 인구분포에 따른 지역 보정계수
- f_m : 완화효과에 대한 보정계수

(2) 고정설비에 대한 중대사고의 확률산정

이 방법은 각각의 분석대상 활동에 대한 중대 사고로 야기되어지는 강도 산정에 근거하는데 이러한 강도는 피해지역에 그 지역내의 인구 밀도를 곱하고 보정계수를 적용한다. 이러한 계수들은 가장 인접한 주거지역과의 거리, 그 지역내의 인구분포 그리고 가능한 피해 완화 행위를 나타낸다.

$$N_{i,s} = N_{i,s}^* + n_i + n_r + n_o \dots \dots \dots$$

- $N_{i,s}$: 위험한 고정설비(i)에 대한 위험물질(s)을

이와같이 현재 국내의 LPG판매업소에서 는 방폭벽만을 설치할 뿐 안전거리 기준이 마련되어있지 않고있다. 그러나 사례검토를 통하여 LPG 판매업소의 폭발시 주변의 대인·대물에게 큰 위험을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있다. 국내에서도 근시일 내에 안전거리 기준을 제안하여야 할 것이다. 또한 방폭벽 등 폭발시 피해를 경감할 수 있는 안전설비를 갖추었을 경우 안전거리 단축을 적용하여야 할 것이다.

4. 결론

현재 국내의 안전거리 기준 배경이 일본의 고압가스관련법규 및 액화석유가스 관련법규를 적용하고 있는데 일본의 경우에는 대형 LPG 충전소와 저장소뿐만 아니라 소규모로 운영하고있는 LPG 판매업소에 대해서도 보안거리규정을 두고 있다. 하지만 우리의 현실은 일본의 안전거리 접근방법을 그대로 적용함에도 불구하고 유독 LPG판매업소에 대한 안전이격거리 기준이 마련되어 있지 않다.

본 사례연구에서 PHAST 프로그램이나 IAEA메뉴얼에 의한 Risk 산출식에 의하면 LPG판매업소에서 적은 량(20Kg, 50Kg)의 폭발이라도 인근의 대인·대물에 치명적인 피해를 입힐 수 있다는 것을 알 수가 있다. 방호벽만을 설치할 뿐 안전이격거리를 규정하고 있지 않은 국내에서는 안전성 및 경제성에 적합한 이격거리 기준을 마련하여야 할 것이

포함한 사고들의 빈도수($P_{i,s}$, 사고건수/년)

- $N_{i,s}^*$: 설비와 물질에 대한 평균 확률값
- n_i : 적재/적하 작업빈도에 대한 확률값 보정계수
- n_r : 가연성 물질과 관련된 안전시스템에 대한 확률값 보정계수
- n_o : 안전관리와 조직에 대한 확률값 보정계수

다. LPG 가스용기의 화재·폭발시 과압에 의하여 방폭벽이 붕괴된다는 사실을 알 수가 있었다. 그러나 방폭벽이 붕괴하여 비산하는 미사일 효과(missail effect)에 대한 실험 데이터를 이후의 논문에서 보완하여야 할 것이다. 본 연구 결과를 요약하면,

첫째, 국내의 안전거리 기준은 화재·폭발시 과압이나 방출열등이 시설에 미치는 영향을 근거로 하고 있기 때문에 UN의 위험성 평가 접근 매뉴얼 등에 의한 해외에서 적용하고 있는 인체에 미치는 영향을 근거로 하는 안전거리보다는 위험반경이 더 크다.

둘째, LPG 판매업소의 화재·폭발시 방출열 및 과압으로부터 피해를 경감할 수 있는 안전거리 조항을 법규상에 규정하고 있지 않기 때문에 허가 시에 안전거리에 관한 검사를 하고 있지 않다.

셋째, 각 관리관청에서는 그 지역내의 LPG 판매업소에서 평상시 또는 peak시의 저장량을 파악하고 있지 못하고 있기 때문에 화재·폭발시 신속·정확한 비상대응을 하기가 어렵고 법규에 명시되어 있는 최대 저장량보다 더 많이 저장하여 그 만큼 위험성이 증대될 수 있다.

넷째, 감독기관에서 기술검토를 실시할 때 기술검토 내용에는 안전거리 기준이 누락되어 있다. 왜냐하면 액화석유가스의 안전 및 사업관리법에서 사업관리 규정 자체 내에 판매업소에 관한 안전거리 규정이 없기 때문이다.

다섯째, 국내에서는 판매업소의 저장실이 협소하여 용기 일부가 저장실 앞의 도로나 공지에 임시로 방치되어 있어 잠재위험이 높다고 할 수 있다. 따라서 감독기관이나 해당 관청에서는 정기점검 이외에 수시로 점검을 실시하여 저장실의 처리용량 내에서 관리될 수 있도록 하여야 한다.

참 고 문 헌

- 1) “高壓가스取扱法 關係規則 明解 早見表”石油産業新聞社
- 2) 高壓가스 Vol.20 No.9 (1983)
- 3) 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に關する法規集 (第17次 改訂版)
- 4) 液化石油ガス器具等の檢定等に關する政省令・告示一運用及び解説付き(平成2年6月發行)
- 5) 改正 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に關する法律 (平成8年4月發行)
- 6) 改正 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に關する法律新旧對照表 (平成8年4月發行)
- 7) 高壓ガス取扱法令關係通 集 (第6次改訂版-第2)
- 8) 液化石油ガス保安規則,一般高壓ガス保安規則及びコンビナート等保安規則に基ツく事業所保安検査の實施要領 (昭和62年11月發行)
- 9) 液化石油ガス法則別通運集 (平成3年7月發行)
- 10) Procedural Guide for Integrated Health and Environmental Risk Assessment and Safety Management in Large Industrial Areas (1997)
- 11) “Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries”IAEA (1996)
- 12) Chemical Process Quantitative Risk Analysis
- 13) Daniel A. Crowl/Prentice Hall “Chemical Process Safety : Fundamentals with Applications”(1990)
- 14) “가스사고연감” 한국가스안전공(1995)
- 15) 김시현, 이철희 공저 “고압가스안전관리법 (관계법규)” 구민사 (1997)
- 16) 노삼규 “토지이용의 위험성 제어계획” 한국 화재 소방학회 (1996)
- 17) 노삼규 “도시재해의 위험성 수용한계와 위험성 범주의 선택” 한국학술진흥재단 (1996)