

부천 대성에너지(주) LPG 충전소 가스폭발사고 8주년에 따른 안전관리현황 고찰

탁송수, 이승림, 류영돈, 이수경*
한국가스안전공사, 서울산업대학교 안전공학과

A Study on the Status of Safety Management in LP Gas Filling Stations on Occasion of the 8th Anniversary of the Gas Explosion Accident of the Daesung Energy Company in Bucheon

Songsu Tak, Seungrim Lee, Youngdon Ryu, Sukyung Lee*
Korea Gas Safety Corporation, Dept. of Safety Engineering, Seoul National University of Technology*

I. 서론

우리나라의 가스사용 가구수는 2005년말 기준으로 총 가구수¹⁾의 97.9%에 이를 정도로 도시는 물론 농어촌에서도 취사용이나 난방용으로 가스사용이 일반화되었다. 따라서 어느 누구도 가스사고의 위협으로부터 자유롭지 못하게 되었다고 볼 수 있으며, 실제 남녀노소를 불문하고 가정생활을 통해 취사 및 난방을 위해 직접 가스를 취급하고 있다. 또한 자동차 연료로 LPG가스를 직접 사용하고 있기도 하며, LPG가스를 운반하는 차량들을 매일같이 볼 수 있는 것이 작금의 상황이다.

이는 청정하고 편리한 에너지원의 선호와 정부의 공해저감대책 추진으로 연료용 및 산업용가스의 소비량이 급격히 증가해 왔기 때문으로 볼 수 있다. 최근 5년간(2001년~2005년)의 통계만 보더라도 LNG 소비량은 연평균 10.0%, LPG 소비량은 연평균 2.3%씩 증가하였다.[1]

가스소비량이 증가함에 따라 사고도 급증하여, 단일 사고로 101명의 목숨을 앗아간 사상 최대규모의 피해를 기록한 대구 지하철공사장 가스폭발사고(95년), 탱크로리 2대를 완파시키며 거대한 폭발 화구를 발생시킨 부천 대성에너지 LPG 충전소 가스폭발사고(98년) 등 사고내용²⁾도 최악을 기록했다. 다행히도 96년을 정점으로 사고가 감소하는 추세로 전환되긴 하였으나 아직도 가스안전수준 향상이 절실히 요구되는 실정이다.[2]

본 연구에서는 1998년 9월 발생한 부천 대성에너지 LPG 충전소 사고 8주년에 즈음하여 한국가스안전공사(이하 'KGS'라 함)에서 발간한 종합보고서를 기초로 당시

1) 건설교통통계연보 자료를 이용하여 작성된 『고압가스통계집』(한국가스안전공사 2006년 발행)에 따르면 2005년도말 기준으로 총가구수는 19,071천가구로 “주민등록세대수+ 비주택가스사용 수요가구수+ 비거주용 건물내 주택수”를 말함.

2) 『가스사고연감』(한국가스안전공사 발행)에 의하면 인명피해는 대구지하철 사고 : 사망 101명, 부상 201명, 부천 충전소 사고 : 사망 1명, 부상 91명임

사고내용 및 경과를 되짚어 보고,[3] 사고 이후 강화된 LPG 충전소 안전관리기준 및 현재 LPG 충전소에 대한 안전관리 현황 분석과 향후 개선과제를 제시하고자 한다.

II. 사고개요

2.1. 사고경위

경기도 부천시 오정구 내동 70번지에 소재하고 있는 대성에너지(주) LPG 충전소에서 사고당일인 1998. 9. 11일 14:10경 안전관리자가 없는 상태에서 탱크로리 운전자가 임의로 부탄 탱크로리와 부탄가스 하역라인의 배관을 커플러로 연결하고 가스압축기의 스위치를 작동시킨 다음, 작업현장을 떠나 대기실에서 쉬고 있었다. 이때 탱크로리호스 커플러 이탈 또는 기계실내의 주변에서 원인미상의 가스가 누출되어 화재가 발생하였고, 화재가 확산되면서 하역작업 중이던 탱크로리 2대가 연쇄적으로 폭발하였다.

당시 탱크로리의 폭발³⁾로, 불기둥이 70m 이상 치솟으면서 Fire Ball을 형성하였고 폭발충격으로 충전소 시설은 물론 주위 반경 약 100m 인근 건물까지 화재가 확산되어 일부 건물이 소실되었으며, 당시 탱크로리가 폭발하는 장면을 KBS가 촬영하여 방영함으로써 국민들에게 큰 충격을 주었다.



Fig. 1. Gas explosion(BLEVE) phenomena

Table 1. Development Process of Accident

일시	사고상황	비고
9.10 09:00경	프로판(14톤 880리터) 탱크로리 기계실 부근에 주차	탱크로리 기사
9.11 09:00경	부탄(12톤 910리터) 탱크로리 기계실 부근에 주차	
10:40 ~ 13:30경	KGS 정기검사 실시(기밀시험 포함)	KGS 검사원
14:00 ~ 14:05경	부탄 탱크로리로부터 하역작업 시작	탱크로리 기사
14:07 ~ 14:08경	가스누출 발견(용기운반차량 운전자 및 택시운전기사)	현장목격자
14:09 ~ 14:10경	누출 약 4분 후 착화되어 화재발생	
14:11 ~ 14:12경	프로판가스 충전용기 폭발시작	
14:11 ~ 14:15경	소방서 접보 및 소방대 도착, 화재진압 시작	
14:20:24	8연식 용기충전대에서 엄청난 불길(액체폴에 의한 화재로 추정)	14:20부터 KBS 헬기촬영
14:25:12	프로판 탱크로리 폭발(1차 BLEVE)	
14:27:32	부탄 탱크로리 폭발(2차 BLEVE)	
17:10경	1차 화재진압	
9.17 16:00경	최종 화재진압(지하 저장탱크 가스 소진(燒盡))	

3) 폭발의 형태는 BLEVE(Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion : 비등액체팽창 증기폭발)

2.2. 사고원인

사고원인 조사에 있어서 가스사고조사전문기관인 KGS는 동 사고와 관련이 있다는 이유로 배제되었으며, 국립과학수사연구소를 중심으로 조사가 진행되었다. 사고원인에 대해 검찰은 국립과학수사연구소의 감정결과와 「사고직전 벤트밸브를 이용한 기밀시험이 있었으며, 사고 초기 안전관리책임자가 "기밀시험이 끝난 후 질소가스를 배출하고 밸브를 잠그지 않았다"는 진술을 근거로 최초 가스누출 위치를 부탄가스 이송라인의 벤트밸브」로 단정하였다.

그러나, KGS 사고조사위원회는 안전관리자 및 초기목격자의 진술, 커플러의 파손형태, 밸브등의 개폐상태, 현장수습 당시 화재 형태 등을 분석한 결과를 근거로 「사고당시 대량의 가스누출이 있었으나 벤트밸브에서 누출되는 가스량으로는 동 사고와 같은 대형화재를 일으킬 수 없으며, 부탄가스하역을 위한 탱크 로리 이충진 작업 중 로리호스 또는 와이밸브 커플러가 이탈되어 대량의 가스가 누출, 미상의 점화원에 의해 착화된 후 화재가 확대되어 탱크로리가 파열한 사고」라고 주장하였다.

최초의 발화원인이 된 가스의 누출지점과 발화경로에 대한 가능성으로 ①기계실 내의 배관이 파단되는 등의 원인으로 기계실 내에서부터 액상가스가 다량 누출 ②부탄가스 운반트럭의 하역라인 중에 설치된 벤트밸브가 열려있어 그 곳을 통한 액상 가스의 누출 ③부탄 가스운반트럭에서 지하 저장탱크로 하역작업 중 가스 운반트럭의 하역라인 중 호스의 Y형 밸브에 연결된 커플링의 이상으로 그 곳으로부터 다량의 액상가스 누출 등 3가지 케이스가 제기되었다.

Case 1. 기계실 내의 배관 파단 가능성

사고발생 이후 기계실 배관에 대한 국립과학수사연구소의 정밀검사 결과 배관의 파단은 발견되지 않았으므로 인정할 수 없음.

Case 2. 벤트밸브를 통한 누출 가능성

벤트밸브를 통해 가스가 누출될 경우 높은 압력으로 인해 약 90dB 이상의 소음과 함께 5m 이상 높이의 분출높이로 현장목격자들이 곧바로 인식할 수 있었을 것이나 별다른 이상을 감지하지 못하였다는 일관된 진술을 고려시 인정할 수 없음. 또한, 벤트밸브 가스누출실험 결과에 의하면 벤트밸브를 통해 누출된 가스는 강한 분출압력으로 대기중에서 기화되면서 희석하므로 연무현상을 일으키며 바닥에 체류하는 것은 불가능하나 현장 목격자들이 연무현상 및 온몸이 액체의 가스로 젖었다고 진술하고 있고, KBS 헬기촬영 내용 분석결과 초기화재의 증상은 풀화재 현상으로 보여지며, 이 경우 벤트밸브에서의 누출로는 액상의 가스가 다량으로 바닥에 체류할 수 없으므로 인정할 수 없음.

Case 3. Y형 밸브에 연결된 커플링

이상에 의한 누출 가능성

이탈된 부탄가스 액체라인 Y밸브 커플링은 장착된 상태에서 잠금고리축이 유출압력



Fig. 2. Broken Y valve&coupling of liquid line

및 자중에 의한 크리프 파괴에 의한 것으로, 이탈되어 액상의 부탄가스가 누출될 가능성은 없다는 주장에 대해 금속재료 전문 감정인에 의하면 크리프 파괴는 통상 고열에 500시간 이상 노출되었을 경우 일어나는 것으로 가스화재에 약 30분 정도 노출된 상태로는 일어날 수 없다고 하므로 Y밸브 사전균열에 의한 파단 가능성 있음. 또한, 부탄 탱크로리 폭발시 액혼이 90% 가량 충전된 상태로 나타나 커플링의 파단으로 인해 다량의 가스가 누출된 것으로 볼 수 없다는 주장에 대해 부탄 탱크로리에는 내부온도가 75℃에 이르면 가용전이 녹아 자동으로 입출라인이 막히게 되어 지속적인 누출이 일어날 수 없으므로 Y형 밸브의 커플링이 파단되어 액상의 부탄이 누출된 경우라 하더라도 폭발시까지 상당량의 액상부탄이 탱크에 남아 있을 수 있고, 부탄가스는 가열되면 부피가 급속히 팽창하게 되므로 90% 액혼만으로 Y형 밸브를 통해 다량의 가스가 누출될 가능성이 없다고 단정할 수 없음.

따라서, 벤트밸브 및 커플링에서의 가스누출 현장실험, 금속 전문가 및 안전공학 전문가 등의 학계의견을 종합하여 「탱크로리에서 가스하역 작업 중 사전 균열로 약해져 있던 커플러의 이탈에 의해 가스가 누출·확산되면서 사고가 발생」한 것으로 최종 종결되었다. 참고로, 재판과정에서 검찰 또한 공소장을 변경하였다.

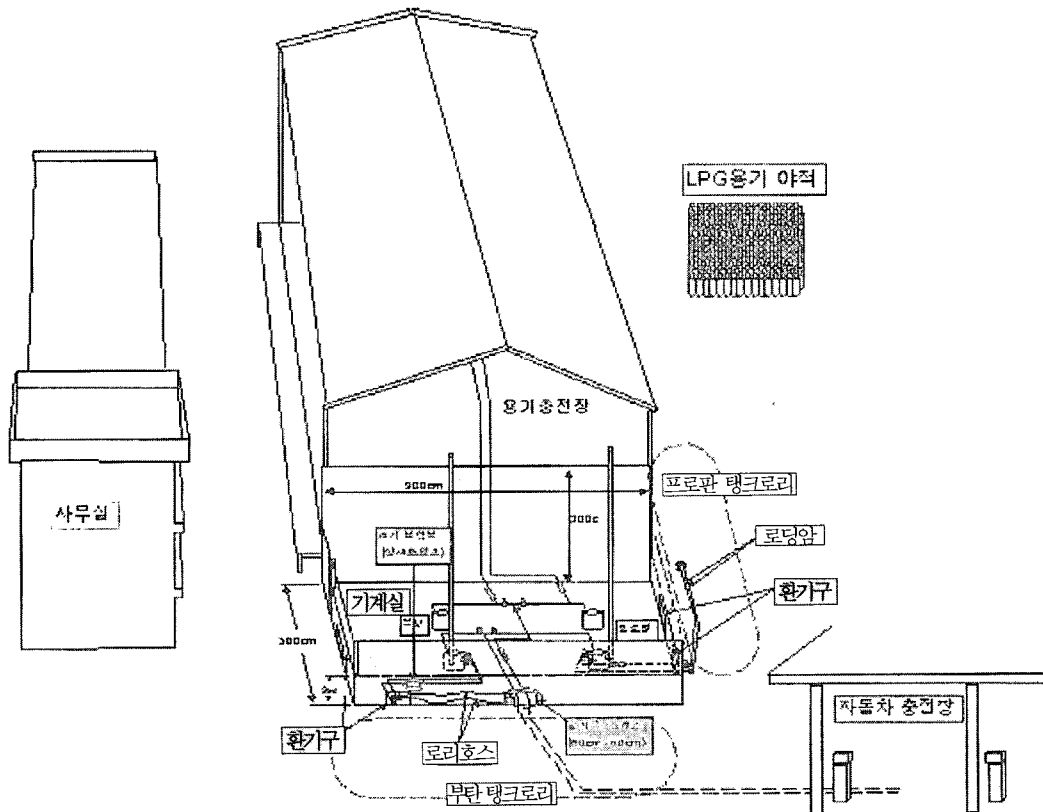


Fig. 3. Site Drawing of Gas Filling Stations in the Daesung Energy Company(I)

2.4. 사고종결까지의 주요일지

1998년 9월 11일 부천 대성에너지(주) LPG 충전소 가스사고 발생 후 검찰, 국립과학수사연구소 등에서 사고현장 감식 및 조사하였다. 이후 9월 17일 인천지방검찰청 부천지청에서 KGS 검사원과 충전소 대표, 탱크로리 운전자 등 사고관련자 3명을 구속하였으며, 10월 12일자로 안전관리자를 포함하여 사고관련자 6명을 업무상과실폭발성물건과열, 업무상과실치사, 업무상과실치상, 업무상실화, 산업안전보건법 위반을 이유로 기소하였다.

1998년 11월 23일 재판이 시작되었으나 안전관리자 등 피고인들의 잦은 증언 번복, 현장실험, 재판부 변동, 검사의 공소장 변경 등으로 재판이 장기화되었으며, 선고가 6회나 연기되는 등 우여곡절 끝에 사건발생 후 약 29개월이 경과한 2001년 2월 16일 선고가 있었다. 선고결과 KGS 검사원 무죄, 그 외 사건관련자는 유죄를 선고받았다. 검사의 항소가 있었으나 서울고등법원은 KGS 검사원에 대한 검사의 항소를 기각하였으며, 대성에너지(주) 충전소 관계자 중 일부에게는 감형을 나머지는 항소를 기각하였다.

부천시와 4개 보험회사가 대성에너지 및 KGS, 사고관련자를 대상으로 한 구상금 청구소송의 민사재판 결과 또한 각 재판부는 KGS에 대한 청구는 기각하고, 대성에너지(주)에 대하여는 부천시와 각 보험회사에 청구금액을 지급하라는 판결을 함으로써 2003년 12월 23일 사고와 관련된 민.형사 소송이 일단락되었다.

III. 사고이후 안전관리현황

3.1. 안전관리 강화조치 내용

사고발생 이후 대책의 일환으로 안전거리 확대 등 시설기준을 강화하였으며, 충전원에 대한 특별교육을 의무화하였다. 또한, 피해자에게 충분한 배상을 할 수 있도록 가스사고배상책임보험 배상한도를 상향조정하였다. 사고 직후 개정법규에서는 보호시설까지의 안전거리를 50m이상으로 확대하였으나 동 조항은 삭제되었다.[5]

Table 4. Regulation change after accident

구 분		사고 前	사고 後
안전거리 확대	사업소경계까지	17 ~ 30m 이상	24 ~ 39m 이상
	지하저장탱크	위 거리의 1/2이상	위 거리의 0.7배 이상
	허가관청 고시	-	2배 이내에서 강화 가능
자동차 용기 충전시설 로딩암	-	설치 의무화	
탱크로리 이입·충전장소	-	살수 또는 물분무장치 설치 의무화	
지하 저장탱크 과충전경보(방지) 장치	-	설치 의무화	
충전원 교육	-	특별교육 의무화	
책임보험 배상한도	사망	3천만원	8천만원
	재산피해	1억원 이상(일률적)	1~10억원 이상(허가별 차등적용)
【기타 주요 개정사항】			
저장능력 50톤 이상으로 대폭 완화(도심외곽으로 이전 경우), 안전관리종합평가 도입, 충전 사업에 필요한 건축물 또는 시설물외에 타건출물 설치금지, 오발진방지장치등 설치 의무화			

3.2. 안전관리 현황 분석

부천 사고 전후 각 8년간의 사고를 비교분석한 결과, 사고건수는 약 63%, 인명피해는 약 91% 대폭 감소한 것을 알 수 있었다. 이는 사고 이후 관련 규정의 강화와 안전의식 함양 등에 힘입어 안전관리수준이 향상되었기 때문으로 분석된다. 그러나, 부천사고 이후 발생빈도가 감소한 것은 인정되나 사고의 심각도(severity)를 고려할 때 지속적으로 발생하고 있는 것은 큰 문제가 아닐 수 없다.(사고이후 8년간 총 12건, '04년 이후 5건 발생)

사고원인을 보면 공급자부주의가 약 68% 대폭 감소하였으나 상대적으로 높은 점유율을 여전히 보이고 있다.(사고이후 8년간 발생한 사고원인의 50% 점유) 사용자부주의에 의한 사고는 가장 낮은 20% 감소율을 보이고 있으나, 오발진방지장치 설치기준이 의무화 등의 이유로 최근 5년간 사용자 부주의 사고는 발생하지 않고 있다. 제품/시설미비의 경우 사고 이후 단 1건으로 약 86% 대폭 감소하였으나 부천사고와 같은 대형사고의 원인이 될 수 있으므로 철저한 관리가 요구된다.

Table 5. Comparison before and after Bucheon accident(1991 ~ 2006)

구분	'91~'98	'99~'06.10월	증감율(%)	비 고
사고건수(건)	32	12	Δ62.5	
인명피해(명)	150	14	Δ90.7	
	사망	6	Δ66.7	부천사고 1명
	부상	144	Δ91.7	부천사고 91명
사고원인 (건)	공급자부주의	19	Δ68.4	기타 2건 비교대상 에서 제외
	사용자부주의	5	Δ20.0	
	제품/시설미비	7	Δ85.7	

주) 충전호스 분리전 차량출발에 의한 사고는 사용자부주의로 분류

Table 6. Accident cases in the LPG filling stations after Bucheon accident

사고 일시	사고장소	사고원인 인명피해	형태별	사고내용
'98.10.6 02:07 (화)	전북 익산시 인화1가	공급자부주의 사망:1명 부상:6명	폭발	충전기가 파손된 상태에서 충전원이 전자밸브 오조작에 의한 액상의 가스가 다량으로 누출 폭발된 사고
'01.05.27 14:00 (일)	충남 태안군 태안읍	사용자 부주의	누출	LP가스 사용차량 운전자가 가스를 충전하기 위하여 후진하면서 운전부주의로 가속페달을 밟아 충전기 보호대를 넘어 돌진하면서 충전기를 추돌하여 하부의 배관에 균열이 발생, 가스가 누출된 사고
'03.12.15 23:15 (월)	충북 옥천군 옥천읍	공급자 부주의 부상:1명	화재	탱크로리 운전자가 부탄탱크에 프로판 12톤을 충전 후 돌아가던 중 오인하여 가스를 충전한 사실을 인지, 충전소 안전관리자에게 연락하자 안전관리자가 부탄탱크에서 탱크로리로 가스를 회수하기 위하여 저장탱크 입구측의 체크밸브 전단밸브를 잠그지 않은 채 체크밸브 캡을 열어 분해하는 과정에서 다량의 가스가 누출, 화재가 발생한 사고
'05.11.24 00:30 (목)	경기 안양시	시설미비 부상:2명	화재	매물배관에 대한 망식조치가 되지 않은 시설로써 저장탱크에서 자동차용 충전기로 이송되는 액체배관의 부식으로 누출된 가스가 배관주위에 매설된 PVC배관의 균열된 틈을 통하여 건물 지하실 및 사무실로 유입된 후 사무실의 전기콘센트 스파크에 의해 인화화재가 발생한 사고

3.3. 향후 개선과제

LPG 충전소 안전관리 현황분석 결과를 통해 향후 개선방향을 다음과 같이 제시하고자 한다.

우선 공급자 측면에서는 여전히 높은 사고발생 빈도를 보이고 있는 공급자부주의 사고를 대폭 감소시키기 위한 노력으로 인적오류 예방활동이 무엇보다 중요할 것이다. 이를 위해서는 모든 업무절차에 대한 표준화와 충전원 등에 대한 체계적인 교육 훈련이 요구된다. 또한, 비상사태 발생시 즉각적인 대응과 피해최소화를 위해 정기적으로 위험성평가(Consequence Analysis)를 실시하여 사업장 및 인근 주변까지를 포함한 실제적인 비상조치계획이 수립되어야 하며, 월 1회 이상의 비상훈련의 실시가 요구된다.

사용자부주의로 인한 사고는 안전관리기준 강화로 최근 발생하고 있지 않으나 사용자의 안전의식 제고를 위해 꾸준한 홍보와 사용자의 과오나 동작상의 실수가 있어도 사고가 발생하지 않도록 하는 Fool proof적 시설보완이 요구된다.(예: 오발진 방지턱 설치등) 충전소의 현장홍보 뿐만 아니라 정부·지자체·KGS의 온-오프라인 홍보 또한 요구된다.

제품 및 시설미비로 인한 사고의 심각도를 고려할 때 위험성평가에 근거한 안전관리(RBM)가 요구된다. 즉, 부천 사고의 원인이 된 커플링 등 개별 설비에 대한 위험도 평가를 실시하고, 위험도에 따른 안전점검 주기 및 방법 등 절차를 정하여 안전관리를 수행하는 것이 제품 및 시설미비로 인한 대형사고를 사전 예방하는 최선의 대책이 될 것이다.

IV. 결 론

부천 대성에너지 LPG 충전소 사고내용 및 경과를 되짚어 보고, 사고 이후 강화된 안전관리기준과 안전관리현황을 분석하였다. 분석결과 LPG 충전소에 대한 안전관리기준을 강화하였음에도 불구하고 여전히 심각도가 높은 사고가 지속적으로 발생하고 있어 추가적인 대책이 요구되고 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 사고원인을 중심으로 비상조치계획 수립 등 몇 가지 향후 개선과제를 제시하였다. 제시된 과제의 성공적인 실행으로 사고제로의 안전한 생활을 영위하기 위해서는 충전사업자 뿐 만 아니라 정부·지자체·KGS 및 사용자 등 관계자 모두의 적극적인 참여와 지원이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국가스안전공사, "고압가스통계", (2006)
- [2] 한국가스안전공사, "2005 가스사고연감", (2006)
- [3] 한국가스안전공사, "부천 대성에너지(주) LPG 충전소 가스 폭발사고 관련 종합보고서", (2003)
- [4] 노삼규외, "LPG 충전소의 BLEVE 현상에 따른 피해효과 분석", KIGAS Vol.3, No.3, December, (1999)
- [5] 한국가스안전공사, "액화석유가스의 안전관리 및 사업법", (2006)