

해빙기 가스사고분석 및 사고예방 대책 제시

박 교 식 · 김 은 정

한국가스안전공사

(2000년 4월 4일 접수, 2000년 6월 23일 채택)

Gas Accident Analysis and Suggestion of Countermeasure at Thawing Season

Kyo-Shik Park and Eun-Jung Kim

Korea Gas Safety Corporation

(Received 4 April 2000 ; Accepted 23 June 2000)

요 약

연료가스의 사용이 늘어남에 따라 이로 인한 가스사고를 적절하게 관리할 필요성이 증대되고 있다. 최근 4년 동안 발생했던 사고를 체계적으로 분석하여 사고 발생에 영향을 미치는 주된 요인을 찾아내고 이를 사고감소 대책을 제시하는데 활용한다. 해빙기는 연평균치보다 사고발생비율이 높아 상대적으로 취약한 기간으로 분석되었다. 동 기간동안 LPG(Liquefied petroleum gas) 사고는 연 평균치와 비슷하나 전체적으로 차지하는 비중이 높으며 원인별로는 사용자취급부주의에 의한 사고와 제품불량 혹은 시설미비에 의한 사고가 많아 이에 대한 대책이 시급한 것으로 나타났다. 동 기간동안 도시가스사고는 연 평균치보다 높아 전반적으로 주의 깊게 관리할 필요가 있으며 특히 원인별로 시설미비로 인한 사고 및 타공사로 인한 사고가 비중이 높았다. 비중이 높은 사고나 연 평균치보다 사고비율이 높은 사고에 대해 이를 저감할 수 있는 대책을 제안하였다.

Abstract - It is required that fuel gas accidents should be managed carefully along with the increase of fuel gas consumption. Factors to cause accidents were investigated through a systematic analysis of gas accidents during recent 4 years, which could be applied to prepare countermeasures to reduce gas accidents. The thawing season is found to be weak to gas accidents, showing a slightly higher rate of accident occurring than average. During this term although the number of LPG accident is similar to that of yearly average, countermeasures are required for LPG facilities since the portion of accident is large; in detail, user's carelessness, defective facility, or instrument failure are major causes. The number of city gas accident facility is larger than that of yearly average; particularly, defective facilities, third-party work, and appliance failure are major causes. As a result, countermeasures have been suggested for the accident of large portion or above yearly average.

Key words : Factors to cause accidents, countermeasure to reduce gas accidents, LPG accident, city gas accident

1. 서 론

가스는 편의성과 위험성을 동시에 지닌 물질로서 그 사용이 늘어감에 따라 대형사고의 위험도 날로 증대되고 있다. 우리 나라에서 가스가 민생연료로 사용된 역사가 이미 40년을 바라보고 있어서, LPG는 '60년대초부터 일부 부유층에서 사용되기 시작하여 '60년대말부터는 본격적으로 보급되기 시작하였다. 천연가스는 '87년부터 수도권 수요자들에 공급되어서 도시가스로 사용되기 시작한 지도 10년이 넘었다. 이에 따라 '98년에 LPG를 포함한 가스의 1차 에너지소비 점유율은 12.3%에 달하고 있고, 2010년에는 천연가스만의 1차 에너지소비 점유율이 10%를 훨씬 상회할 것으로 전망되고 있다.[1]

가스의 사용이 이처럼 증가함에 따라 가스로 인한 사고도 크게 증가해 '90년대초 100여건에 불과하던 것이 '90년대 중반 약 600건으로 늘어났다. 가스사고는 '95년을 정점으로 매년 줄어들고 있지만 '99년에도 225건을 기록하고 있어서 보다 체계적인 안전관리와 사고예방 대책이 요구된다.[2]

가스사고는 한국가스안전공사에서 취합·분석하며 가스사고 자료를 활용하여 월간, 분기별 및 연도별로 추세를 분석하고, 기술적 제반 기준에 따른 과학적인 요인 분석을 실시하며 체계적 분류 기준에 의해 원인 및 형태 등을 파악한다. 가스사고는 시설별 특징에 따라 LPG사고, 도시가스사고 및 일반고압가스사고로 분류한다. 즉 부탄을 포함한 LPG 시설에서 발생하는 LPG 사고, LPG와 공기를 혼합한 가스나 천연가스를 도시배관으로 공급·사용하는 시설에서 발생하는 도시가스사고 및 석유화학·정유 등 고압가스설비에서 발생하는 일반고압가스사고가 있다. '96 ~ '99년 사고 중 LPG와 도시가스로 인한 사고가 95.4%로 대부분을 차지하는 반면 일반고압가스설비에서 발생하는 사고는 4.6%에 불과하였다.

또한 사고의 발생원인에 따라 사용자 취급부주의, 공급자 취급부주의, 타공사 사고, 제품불량, 시설미비 및 고의사고 등으로 분류하며 사용처별로는 단독주택, 공동주택, 요식업소, 허가업소(제조, 충전, 저장 등) 및 공급시설(배관, 정압기, 차량 등) 등으로 분류한다. 사고의 결과형태에 따라 누출, 폭발, 화재, CO중독, 산소결핍 및 파열 등으로 분류하고 가스사고의

인명 또는 재산의 피해 정도에 따라 각각 1급, 2급, 3급 및 4급으로 분류한다.[2, 3]

사고의 원인은 그 성격에 따라 크게 2가지 혹은 3가지로 분류하기도 한다. 우선 기술적인 원인에 의해 외층(outer layer) 적인 분류를 실시하고 내층(inner layer)적인 원인에 따라 잠재위험을 제거할 수 있는 방법을 제시한다.[4] 혹은 불안정한 상황, 불안정한 행위 및 부적정한 시야 확보 등의 원인에 의해서 사고가 일어난다고 본다.[5] 최근 미국 직업안전보건국(OSHA, Occupational Safety and Health Administration)에서는 홈페이지에 사고의 원인을 직접원인, 간접원인 및 기본 원인으로 분류하고 각각에 대해 적절한 대책을 마련하여서 이 중 하나를 제거함으로써 사고를 줄일 수 있다고 하였다.[6]

해빙기(3월~4월)에는 건축 및 도로굴착 공사 등이 활발해지고, 이사 등도 빈번해짐에 따라 가스시설의 철거 및 설치 관련 사고가 다른 기간보다 더 많아 질 것이 예상되며 또한 연약지반 붕괴 등에 의한 배관손상 사고 등이 예상된다. 본 논문에서는 '96 ~ '99년 해빙기에 집중적으로 발생한 가스 사고의 유형 및 원인을 분석하여 사고 발생 원인에 대한 적절한 대책을 강구함으로써 해빙기 가스사고예방대책을 체계적으로 제시하고자 한다. 단 고의사고는 개인이 자해 또는 가해를 목적으로 고의로 사고를 일으키는 것으로서 발생 메커니즘이 다르므로 분석에서 제외한다.

2. 사고 경향

표 1에서 보듯이 최근 4년간 해빙기에 발생한 사고는 총 290건으로서 같은 기간 발생한 사고의 연평균치인 279건 보다 높게 나타나 사고에 취약한 시기라 볼 수 있다. 가스별로는 LPG가 197건(67.9%), 도시가스가 84건(29.0%) 발생하였으며, 이로 인한 인명피해는 사망 35명, 부상 257명이 발생하였다. 이 두 사고가 대부분(96.9%)을 차지하지만 주된 발생원인이나 사고발생 추세 등은 다소 다른 양상을 보인다.

LPG사고는 연평균치인 196건 보다 약 0.5% 증가한 197건이나 전체 사고 중 차지하는 비중이 67.9%로 매우 높고 원인별로는 사용자 혹은 공급자취급부주의에 의한 사고와 제품불량 혹은 시설미비에 의한 사고가 많았다. 특히 사용자취급부주의에 의한 사고는 52건으로서 연

평균치인 41건보다 매우 높고 차지하는 비중도 컸다. 반면 LPG사고 중 타공사로 인한 사고는 가장 크다. '98년, '99년 발생하지 않았고, 도시가스의 경

Table 1. Gas accidents at March and April, between '96 ~ '99.

가스별	원인	세부원인	'96	'97	'98	'99	계	'96~'99년 총사고	년 평균*
LPG	인적 오류	사용자	18	17	11	6	52	245	41
		공급자	5	10	4	2	21	150	25
		타공사	0	1	1	0	2	17	3
	설비 결함	시설미비	5	9	10	8	32	192	32
		제품불량	14	15	2	3	34	204	34
	고의		10	15	17	11	53	316	53
	기타		1	1	1	0	3	43	8
소계		53	68	46	30	197	1,167	196	
도시 가스	인적 오류	사용자	3	4	0	0	7	32	5
		공급자	2	2	1	2	7	51	9
		타공사	7	6	3	0	16	105	18
	설비 결함	시설미비	20	9	0	0	29	156	26
		제품불량	2	2	4	1	9	44	7
	고의		0	0	1	0	1	10	2
	기타		6	6	2	1	15	33	6
소계		40	29	11	4	84	431	73	
기타		0	4	2	3	9	77	13	
합계		93	101	59	37	290	1,675	279	

* 연 평균치는 2개월 동안 평균사고발생치로서 해빙기인 3~4월 사고발생치와의 비교를 위해 산출함

- 1) 굵은 글씨체는 사고 중 차지하는 비중이 크거나 사고 감소율이 뚜렷하지 않아 대책이 필요한 분야를 나타냄
- 2) 기울임체는 고의사고로서 분석에서 제외함

도시가스사고는 연 평균치인 73건 보다 약 15.1% 높은 84건을 기록하여 전반적으로 주의 깊게 관리할 필요가 있으며 시설미비로 인한 사고 및 타공사로 인한 사고가 비중이 높았다. 특히 시설미비에 의한 사고는 29건으로서 연평균치인 26건보다 높고 차지하는 비중도 가장

우 사용자취급부주의사고도 최근 2년 동안 발생하지 않았다. 기타 LPG사고는 차량출동, 자연재해에 의한 호스손상 등이 있었고, 도시가스사고는 노출 혹은 매설배관에 대한 외부충격, 고물상에 의한 손상 등이 있었다.

3. 사고 분석

3.1. LPG 시설

해빙기 중 LPG에 의한 사고는 사용자취급부주의에 의한 사고가 가장 많았고 제품불량 또는 시설미비로 인한 사고가 각각 34건, 32건으로 다음을 차지했으며 공급자취급부주의사고가 21건이었다.

표 2에서 보듯이 해빙기 사고 중 가장 높은

비중을 차지하는 것이 사용자취급부주의에 의한 사고로서 '99년 큰 폭으로 감소하였지만 연평균치인 41건 보다 26.8% 높은 52건으로서 중점적으로 관리해야 할 항목이다. 체결불량사고는 사용자취급부주의에 의한 사고 중 비중이 가장 높으며 세부적으로 배관 혹은 호스의 연결부 이완, 나사 혹은 부품 등의 조임불량, 밸브 등의 개방 방치 및 기기의 장착불량 등이 있었다. 부탄캔을 연료로 사용하는 연소기를 사용하면서 지나치게 넓은 조리기구를 이용함으로써 조리 중 복사열로 인해 부탄캔이 과열되면서 폭발하는 사고도 많으며 사용자취급부주의에 의한 사고 중 두 번째로 큰 원인이다. 이 밖에 요식업소에서 점화를 확인하지 않고 가스는 계속 누출되어 다른 연소기에 인화되거나 재점화시 폭발하는 경우, 호스이탈, 이·충전시 잔가스 미제거, 오개방, 혹은 연소기를 켜 놓은 채 방치해서 과열로 사고가 발생하는 경우 등이 있었다.

표 3에서 보듯이 제품불량에 의한 사고는 34건으로서 두 번째로 큰 비중이나 '98년부터 매우 큰 폭으로 줄어들고 있어서 한국가스안전공사가 중점적으로 추진해 온 가스용기, 조정기 및 밸브 등에 대한 품질검사 및 안전관리대책 등이 적절함을 나타낸다. 특히 보일러사고는 '98년 이후 발생하지 않아서 보일러에 대한 제품검사 등 안전관리대책이 적절하였다고 볼 수 있다.

표 4에서 보듯이 해빙기 사고 중 세 번째로 높은 점유율을 차지하고 있는 시설미비에 의한 사고는 연결부 이완 및 마감조치 미비에 의한 사고가 높은 점유율을 차지하고 있는데, 이 중 마감조치 미비에 의한 사고는 매년 증가 추세이고, 특히 '99년 해빙기 기간에는 높은 사고 발생율을 보임에 따라 향후 동사고 예방을 위한 홍보 및 점검에 더욱 철저를 기하여야 할 것이다.

마감조치 미비 사고 중 사고 발생율이 가장 높은 유형은 연소기 철거후 배관 또는 호스를 방치하여 발생한 사고로서 12건이며 가스시설 시공, 철거 및 시설전환 공사 후 방치하는 경우도 각 1건씩 보고되었다. 사용처별 마감조치 미비에 의한 사고는 요식업소가 5건으로 가장 높고, 단독주택 및 공동주택에서는 각각 4건씩 발생하였다. 연결부 이완에 의한 사고는 중간밸브 또는 연소기 연결부 이완에 의한 가스 누출 사고가 각각 4건으로서 대부분을 차지하고

있으며 사용처별 연결부 이완에 의한 가스 누출 사고는 주택에서의 중간밸브 연결부 이완에 의한 사고가 8건으로서 가장 높은 점유율을 차지하고 있다.

Table 2. LPG accidents by user's carelessness in detail

구분	'96	'97	'98	'99	계
체결불량	7	10	4	2	23
부탄캔 과열	5	5	2	1	13
기타	6	2	5	3	16
계	18	17	11	6	52

Table 3. LPG accidents by instrument failure in detail

구분	'96	'97	'98	'99	계
용기 용접부	6	5	2	0	13
조정기	2	3	0	2	7
밸브	2	3	0	1	6
보일러	2	2	0	0	4
기타	2	2	0	0	4
계	14	15	2	3	34

Table 4. LPG accidents by defective facilities in detail

구분	'96	'97	'98	'99	계
마감조치미비	1	2	3	8	14
연결부이완	3	3	4	0	10
연소기설치불량	1	1	2	0	4
기타	0	3	1	0	4
계	5	9	10	8	32

3.2. 도시가스 시설

도시가스사고 중 가장 큰 비중을 차지하는 것이 시설미비에 의한 사고(29건)로서 배관 혹은 호스연결부에서의 누설 및 배기구불량에 의한 CO 중독 등이나, '98년 이후 매우 큰 폭으로

로 감소해서 '98년 2건, '99년 1건만 발생함으로써 이에 대한 안전관리대책이 성공적임을 나타낸다. 타공사로 인한 도시가스 시설 손상 사고는 두 번째로 큰 원인으로 이를 각종 공사 유형별로 분류하여 보면, 상수도도 관련 공사가 발생한 사고가 8건으로 절반 이상을 차지하고 있고 이 밖에 도로관련공사, 전력공사 혹은 지하철공사 등에 의한 사고도 발생하였다.

'96년, '98년 및 '99년 해빙기에는 지반침하로 인한 도시가스 배관 손상사고는 발생하지 않았으나, '97년에는 3건이 발생하였다. 사용처별로 분류하면, 2건이 아파트단지 내에서 발생하였고, 1건은 다세대주택 주변에서의 공사 중 발생한 사고이므로, 주택가 주변에서의 지반침하에 대한 각별한 주의가 요구된다.

지반침하로 인하여 손상이 발생한 부위별로 살펴보면, 2건이 입상관 방향의 연결부에서 가스가 누출되었고, 1건은 매물배관 용착부가 이탈되어 가스가 누출된 사고이다.

4. 사고예방대책 제시

사고는 그 관리특성상 세부적인 분석결과를 대외적으로 공표하는 경우가 외국의 경우 매우 드물고 우리나라의 경우도 전례가 없으므로 이들을 비교·검토하기는 매우 어렵다. 또한 우리나라의 경우 가스안전기기 보급률 및 체계적거래환율 등 안전조치에 대한 정량적인 자료가 매우 부족하여 이를 사고와 연계시키기도 쉽지 않은 형편이다. 서론에서 언급했듯이 최근 4년간 가스사고의 대부분(95.4%)이 LPG 혹은 도시가스사고이므로 정부의 안전관리대책도 이들 부분에서의 사고를 예방하기 위한 대책 중심으로 추진되어 왔다. 해빙기 사고예방대책도 그 일환으로서 사고빈도가 절대적으로 높거나 다른 시기에 비해 사고빈도가 높은 원인에 대해 이를 저감하기 위한 대책이 마련되어야 할 것이다.

LPG사고의 경우 사고 건수에서는 연평균치와 비슷하나 전체 사고건수 중 67.9%를 차지하여 이에 대한 대책이 필요하다. 고의사고는 연평균치와 비슷하고 가장 높은 값을 보이지만 개인이 자해 또는 가해를 목적으로 고의로 사고를 일으키는 것으로서 발생 메커니즘이 다르므로 분석에서 제외한다. 사용자 취급부주의, 제품불량, 시설미비, 공급자 취급부주의 순으로 사고의 주요원인이며 이들이 전체 사고원인의

70.6%를 차지한다. 사용자 취급부주의에 의한 사고가 공급자 취급부주의에 의한 사고보다 약 2.5배 많고 큰 감소도 나타내지 않아 주된 원인에 대한 대책이 필요하다. 또한 시설미비에 대한 사고도 큰 비중을 차지하고 있으며 크게 감소하지 않아 적절한 대책이 필요하다. 즉 사용자, 공급자 혹은 시설면에서 체결불량, 마감조치 미비 및 연결부 이완사고에 대한 대책으로서 배관 혹은 호스의 연결부 등에서 이완이 발생하지 않도록 조치하고 배관공사 및 연소기 철거시 등에는 마감조치를 철저히 하며 배관 연결부 등이 기온 상승에 따라 이완됨으로 인한 가스 누출이 없도록 플랜지, 유니온 등을 집중 점검해야 한다. 또한 LPG시설에서 도시가스로 전환하거나 체적거래시설로 전환시 기존 시설을 방치하여 사용자가 혼동하지 않도록 반드시 철거 조치해야 한다. 반면 제품불량에 의한 사고는 34건으로 LPG사고 중 17.2%를 차지하나 대부분(29건)이 '96, '97년에 발생하였으며 큰 폭으로 줄고 있어서 그 동안 한국 가스안전공사가 중점적으로 추진한 용기검사 등 안전대책이 성공적이었음을 나타낸다.

도시가스사고 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 시설미비로 인한 사고이나 '98년 이후 한 건도 발생하지 않아 시설의 관리를 철저히 하도록 유도되었음을 알 수 있다. 타공사로 인한 사고는 '99년 들어 발생하지 않았으나 도시가스사고 중에서 차지하는 비중이 여전히 크므로 이에 대한 대책도 필요하다. 즉 도시가스 공급 지역에서 각종 굴착공사는 가스배관 매설 상황을 해당 도시가스사에 반드시 확인하도록 하며 가스배관 매설지점의 굴착공사는 해당 도시가스사의 담당자 입회하에 정해진 규정을 준수하여 시공하도록 한다. 또한 가스배관과 근접된 1m 이내에서는 중장비로 굴착하지 말고 반드시 인력으로 굴착하도록 하고, 가스배관과 근접된 구간의 파일설치나 보링 등은 반드시 유도관(가이드파이프)을 설치하며, 유도관을 통하여 천공하도록 한다. 배관시공과정에서 코팅 손상여부 확인 및 분기공사 등으로 인하여 손상된 코팅부에 대한 보수를 철저히 하고 주기적인 방식전위 측정 및 절연상태 점검을 실시하며 지하철 건설 등 주변환경 변화에 대한 철저한 조사 및 대책을 수립하여 방식관리를 적절하고도 지속적으로 수행하여야 한다. 또한 해빙기에는 전반적으로 지반과 기초가 느슨해지기 쉬우므로 가스배관이 매설된 지역을 점검

하여 지반침하 여부를 확인하고 축대나 옹벽 담장 등에 금이 간 곳이 없는지 살펴보고 새로 발견된 균열이나 전도의 우려가 보이면 즉시 기초 보강이나 지반보강 조치를 하도록 한다. 지하수위가 높은 곳은 동결과 융해가 반복되어 배관에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 가스배관 매설 깊이를 동결심도 이하로 깊게 매설하도록 한다. 이처럼 시설에 대한 적절한 직접적인 대책마련 외에도 가스사용자나 공급자 및 공사시공자에 대한 홍보 및 교육도 병행되어야 한다는 점이다. 즉 사용자가 가스기기를 설치 또는 철거할 때 반드시 판매점이나 지역관리소에 의뢰하도록 계도하며 사용자에게 대하여 미사용 가스용품(난방기, 보일러 등)의 보관 및 관리 유지 방법과 중간밸브·연소기와 호스 연결 상태를 주기적으로 자율 점검할 것을 홍보한다. 타공사시 배관 손상 사고는 주로 가스배관 손상방지를 위한 작업기준 등의 규정을 충실히 준수하지 아니하여 발생하고 있는 사고가 대부분이므로, 공사시공자에 대한 안전교육시 사고 사례 주지 및 작업 수칙 등에 대한 교육이 요구된다.

반면 LPG사고와는 달리 사용자 혹은 공급자취급부주의 사고는 차지하는 비중이 각각 8.3%로서 매우 작고 제품불량에 의한 사고도 10.7%로 비교적 작은 편이다.

향후, 가스사고의 보다 체계적인 분류 및 분석을 위해서는 사고의 분석목적에 사고예방에 두고 사고 원인을 직접원인, 간접원인 및 기초원인 등으로 세분하고 이에 대한 대책도 물리적인 원인제거, 교육·홍보 시행 혹은 제도적인 보완 등으로 구분하여 관리할 필요가 있다고 본다.

참 고 문 헌

1. 제 5차 장기 천연가스 수급계획, <http://www.kogas.or.kr>, 2000.
2. 가스사고연감, 한국가스안전공사, 1996 ~ 1999.
3. 고압가스보안 총람, 일본 고압가스보안협회, 1997
4. Trevor Kletz, Learning from Accident, 2nd Ed., Butterworth Heinemann, Oxford, 1994
5. Patrick A. Michaud, Accident Prevention and OSHA Compliance, Lewis Publisher, Florida, 1995.
6. OSHA, "Accident Investigation", <http://www.osha-slc.gov/SLTC>