



## LPG용 압력방출밸브 방출관 설치기준 개선방안

†이진한 · 엄석화\* · 김래현

서울과학기술대학교 에너지환경대학원, \*한국가스안전공사 가스안전연구원  
(2012년 6월 5일 접수, 2012년 8월 27일 수정, 2012년 8월 27일 채택)

### A Study on Standards for Pressure Relief Valve Vent Pipes from LPG Storage Tanks

†Jin Han Lee · Suk Hwa Eom\* · Lae Hyun Kim

Graduate School of Energy & Environment, Seoul National Univ. of Technology

\*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

(Received June 5, 2012; Revised August 27, 2012; Accepted August 27, 2012)

#### 요약

LPG 저장설비에 부착된 압력방출밸브 방출관으로부터 분출된 가스의 확산에 대해 검토하였다. 통상 방출관은 안전한 장소인 수직 상방향으로 분출되도록 설치되어야 하며, 방출된 가스가 착화되더라도 저장탱크, 장치, 배관에 화염이 닿지 않도록 설치되어야 한다[1][2]. 그러나 우리나라에서는 방출구를 통한 분출방향에 대한 기준이 없이 다양한 방출구 형태가 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 4가지 방출방향 즉 수직상방, 수직하방, 수평 2, 수직 4방향에 대해서 고려하였다. 방출구로부터 분출된 가스의 확산 시뮬레이션은 상용소프트웨어인 FLACS를 사용하였다. 이를 통해 수직하방, 수평 2, 수직 4방향으로 분출하도록 방출구를 설치하는 것은 지면에서의 착화를 방지하는 데 불리한 것으로 나타났다. 따라서 안전밸브로부터 분출된 가스를 방출구를 통해 안전하게 분출하기 위해서는 수직상방으로 분출되는 것이 최선임을 알 수 있었다.

**Abstract** - The dispersion of gas discharged from the vent pipes of pressure relief valves attached LPG (Liquefied Petroleum Gas) storage tank was studied. In general, vent pipes should be positioned so that they discharge vertically upwards in a safe place, and installed so that, in the event of ignition of discharged gas, flame impingement on any vessel, equipment or piping is avoided[1][2]. In Korea, on the other hand, there are various type of the end of vent pipes because there is no rule for discharge directions from the vent pipes. In this paper, we took 4 types of vent directions from the pipes in to account, such as vertically upward, vertically downward, vertically 4-way and horizontally 2-way direction. A software package, FLACS, was adopted to simulate gas dispersion from the vent pipes. We found that vertically downward, vertically 4-way and horizontally 2-way discharge from vent pipes were undesirable to avoid ignition on near ground. Therefore, it was obvious that vertically upward opening of a vent pipe is the best option to discharge in a safe place.

**Key words** : vent pipe, pressure relief valve, jet dispersion, FLACS, LPG

†주저자:imhappy@kgs.or.kr

## I. 서론

LPG 저장탱크에 설치되는 안전밸브(과압안전장치) 방출관의 방출구(방출관 끝)는 주위에 화기 등이 없는 안전한 위치로서 지면으로부터 5m 이상의 높이 또는 저장탱크 상부로부터 2m이상의 높이에 설치토록 규정하고 있으나, 방출구를 통한 가스의 분출방향에 대해서는 규정하고 있지 않다. 그러다 보니 국내에 설치되어 있는 방출구는 빗물 유입을 막기 위해 지상을 향하여 설치된 사례가 많으나, 이는 유사시 분출된 가스로 인해 지면 근처 또는 설비주변에 화재 또는 폭발범위가 형성될 수 있어 위험관리 측면에서 바람직하지 않다. 최근 일본 사례를 참조하여 개정된 LPG 소형저장탱크의 설치기준에는 안전밸브 방출구를 상방향으로 분출토록 규정하고 있는 사례는 이러한 위험을 방지하기 위한 기준으로 판단된다.

외국(영국, 미국 등)의 경우 방출구는 방출가스의 분출방향을 상방향으로 규정하고 있으며, 빗물 유입 방지를 위한 캡을 씌우되 흐름이 방해받지 않을 것을 규정하고 있다. 한편, 캡을 씌우더라도 여전히 빗물 유입에 따른 부식으로 안전밸브의 시트가 고착되는 것을 방지하기 위해 방출관에 드레인 밸브를 부착토록 하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 안전밸브를 통한 분출에 따른 확산효과에 대한 시뮬레이션을 통해 주변 지역에 미치는 영향을 분석 한 후 그 결과를 토대로 주변 착화물과의 이격거리, 방출구의 방향 등에 대해 안전하게 설치될 수 있는 기준을 제안하고 자 한다.

## II. 국내외 사례

### 2.1. 국내 사례

우리나라 안전밸브 방출관에 대한 기준은 고압가스 안전관리법, 액화석유가스 안전 및 사업관리법, 도시가스사업법 공통으로 방출구 높이에 대해서만 규정하고 있으며, 방출구(방출방향, 방출관 끝의 모양)에 대해서는 규정하고 있지 않다. 다만, 액화석유가스 안전 및 사업관리법에 따른 LPG 저장탱크 중 저장능력 3톤미만인 소형저장탱크에 설치하는 안전밸브 방출구는 상방향 분출을 규정하고 있으며, 레인캡과 방출관 하부에 드레인밸브를 설치토록 규정하고 있다. 일반 LPG 저장탱크의 안전밸브 방출구의 분출방향 및 모양에 대한 표준적인 기준이 없어 현재까지 다양한 방출구의 형태가 설치되어 있다. 분출방향은 상방향보다는 측방향 또는 하방향 설치가 일반적이며 이는 빗물, 눈 등의 유입으로 인한 안전밸브 시트의 부식으로 인한 고착을 방지하기 위한

것으로 유지관리에 유리하기 때문이다. 기존에 설치된 방출구 형태에 대한 사례는 Fig. 1에 나타내었다.

### 2.2. 국외 사례

영국의 LPG 시설의 안전밸브 방출관에 대한 기준은 영국 LP가스협회에서 발간한 코드 LPG Code of Practice Part 1 (Bulk LPG Storage at Fixed Installations)에 규정된 방출관 설치기준을 요약하면 다음과 같다.

- 방출관 높이 : 저장탱크보다 1.8m 높게(직경 1.5m초과 탱크)
- 방출 방향 : 수직 상방향 (vertically upwards)의 안전한 위치로 방출
- 방출관 끝 : Rain Cap으로 보호(드레인이 없는 안전밸브)

미국의 LPG시설에 대한 기준은 화재방재협회의 NFPA 58[2]에 안전밸브 방출관 설치기준을 구체적으로 규정하고 있다. 이를 요약하면 아래와 같다.

- 방출관 높이 : 지상 저장탱크보다 2.1m 높게(내용적 7.6m<sup>3</sup> 초과), 다만, 충전소 지하 저장탱크 : 지면보다 3m 높게
- 방출 방향 : 수직 상방향 (vertically upwards)의 장애물이 없는 공기 중으로 방출
- 방출관 끝 : Rain Cap으로 보호(분출시 흐름을 방해하지 않을 것)

한편, 미국석유협회의 API RP 520 Part II[5]에도 안전밸브 설치기준을 규정하고 있으며, 여기서 방출관

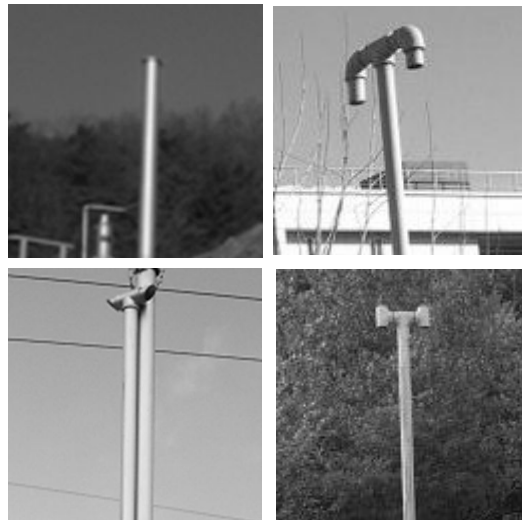


Fig. 1. Typical shape of vent pipe installed in Korea

드레인 설치하거나 드레인을 내장한 안전밸브 설치할 것을 규정하고 있다.

### III. 접근방법

국내에 설치된 방출관 끝의 대표적 형상인 상방, 하방, 수평양방, 수직상하방의 4가지에 대해 분출시 확산모델링을 실시하였다. Fig. 2에 시뮬레이션을 위해 사용한 형상을 나타내었다. 안전밸브로부터 분출되는 가스에 대한 확산시뮬레이션의 목적은 안전밸브로부터 분출된 가스의 공기 중 확산거동을 모사하여 안전하게 분출가스를 공기 중으로 확산시킬 수 있는 방출구 형태를 찾고 주변의 착화물이 될 수 있는 건물 또는 공정장치들과의 이격거리를 정하기 위함이다.

방출구에서 식 (1)으로부터 계산될 수 있다[3]. 여기서 방출관에서의 압력강하를 무시하였으며, 분출계수는 양정식 안전밸브의 전형적인 값인 0.65를 사용하였다.

$$W = \frac{ACK_d K_b P_1 \sqrt{\frac{M}{ZT}}}{13160} \quad (1)$$

- 여기서,  $W$  = 분출 유량 [kg/hr]
- $A$  = 분출면적 [mm<sup>2</sup>]
- $C$  = 비열비에 따른 상수
- $K_d$  = 분출계수
- $K_b$  = 배압 보정계수
- $P_1$  = 분출량결정압력 [kPa(a)]
- $M$  = 분자량
- $Z$  = 압축계수
- $T$  = 분출량결정압력에서의 온도[K]

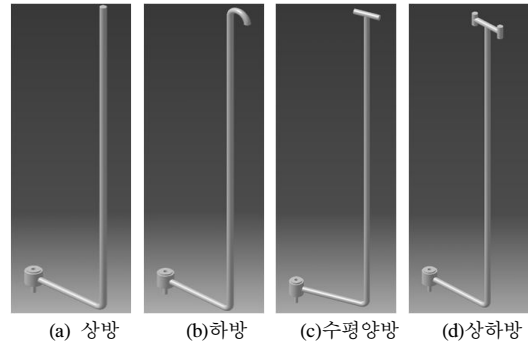
시뮬레이션에 사용한 가스는 프로판이다. 시뮬레이션을 위한 안전밸브 사양 및 이에 따른 출구 분출 유량을 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다.

방출구 형태에 따른 가스분출시 확산영향 시뮬레이션은 상용 CFD 소프트웨어인 FLACS ver. 9.0을 사용하였다[4].

시뮬레이션에 사용된 주요 경계조건은 온도 = 20°C, 대기압력 = 1atm, 누출형태 = JET, 누출 입력변수 = 유량(Table 1의 방출유량)으로 설정하였다. 방출된 가스는 바람의 방향, 속도에 영향을 받으나 보수성을 주기위해 무시하였다. 일반적으로 바람이 부는 상태에서 누출이 발생하면 바람의 방향에 따라 휘어짐이 발생하나, 풍속이 빠를수록 공기 중으로

**Table 1.** Specification of safety valve

밸브호칭지름 항 목	50A	40A	25A	15A
입구 구경(mm)	50	40	25	15
양정(mm)	12.5	10	6.3	3.75
출구 직경(mm)	80	65	40	25
설정압력(Mpa)	2.18	2.18	2.18	2.18
방출유량(kg/hr)	27,118	17,356	6,834	2,441



**Fig. 2.** Shape of vent pipe for Simulation

빠르게 희석되어 화재 또는 폭발의 위험이 줄어든다.

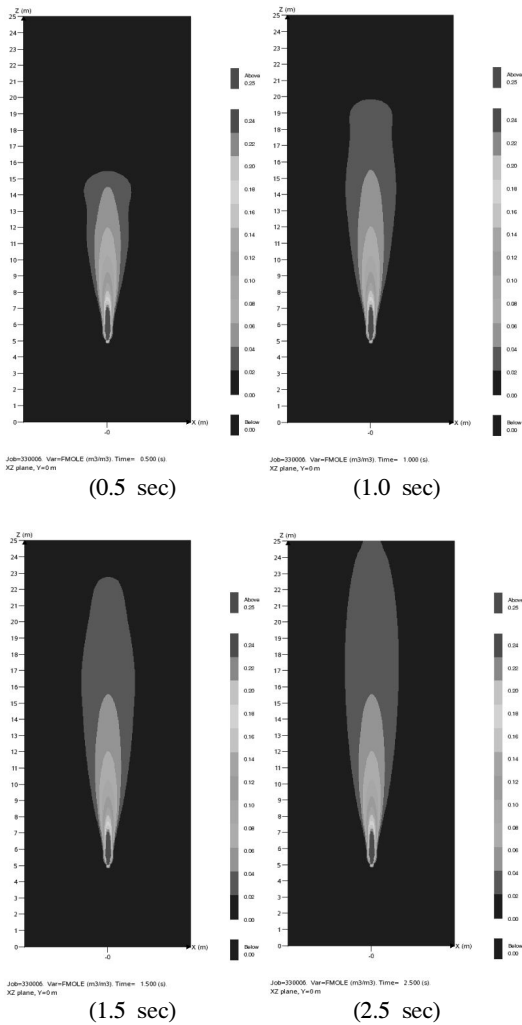
### IV. 결과 및 고찰

#### 4.1. 방출구 형태에 따른 변화

방출구 형태별로 안전밸브 분출시 공기 중으로 안전하게 방출되는 지를 검토하였다. 안전밸브의 입구 관지름을 호칭지름 50A로 동일한 조건에서 방출구 형태만 변화하여 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 이때 방출구 높이는 가스기술기준[3]에 따라 최소 높이인 지면으로부터 5m로 가정하였다.

먼저, 안전밸브로부터 분출된 가스가 방출관을 통해 상방향( Fig.2 (a))으로 분출시 안전밸브 분출시 공기 중으로 안전하게 방출되는 지를 시뮬레이션 하여 Fig. 3에 나타내었다. 방출 개시 후 2.5초 이후에 공기 중 확산이 정상상태에 도달하는 것으로 나타났으며, 방출구로부터 12m 높이에서 수평방향으로 반경 1.4 m, 상방향으로 20m(지면으로부터 25m)이상 까지 프로판의 최저 착화농도인 2.1%이상의 증기운이 형성됨을 알 수 있었다.

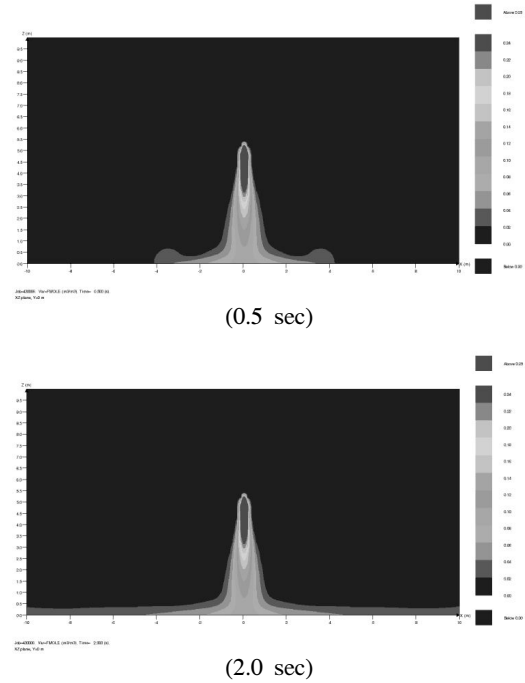
위 결과로 볼 때 상방향으로 상당히 높은 위치까지 착화범위까지 형성되므로 방출가스가 안전하게 공기 중으로 방출되게 하기 위해서는 장애물이 존재



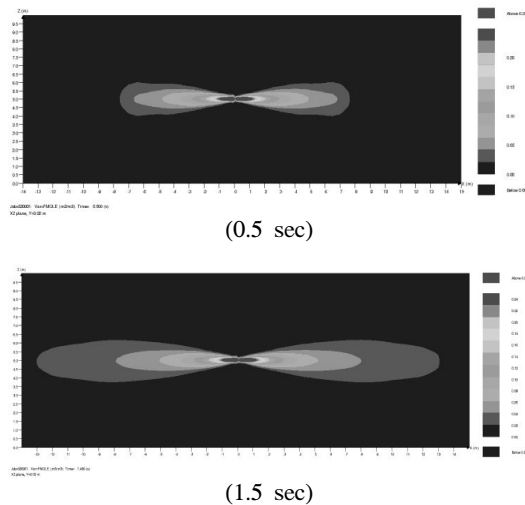
**Fig. 3.** Simulation result for upward discharge

하지 않도록 방출관을 설치하는 것이 바람직하다. 하방향(Fig.2 (b)) 분출시 방출가스의 확산현상을 시뮬레이션 한 결과를 Fig 4에 나타내었다. 약 2초 경과 후 정상상태에 도달하며, 지면에서의 수평방향으로 10m이상 지역까지 폭발범위가 형성되는 것을 알 수 있다. 따라서 착화원이 지면과 가까운 곳에 위치하는 것을 고려할 때 방출된 가스로 인해 사고가 발생할 수 있어 하방향 방출은 안전관리 상 바람직하지 않음을 확인할 수 있었다.

방출관을 통해 수평양방향(Fig.2 (c)) 분출시 방출가스의 확산현상을 시뮬레이션 한 결과를 Fig 5에 나타내었다. 약 2초 경과 후 정상상태에 도달하며,



**Fig. 4.** Simulation result for downward discharge



**Fig. 5.** Simulation result for horizontally 2-way discharge

방출구로부터 방출방향인 수평방향으로 약 14m이상 거리까지 폭발범위가 형성되는 것을 알 수 있다. 만약 수평방향으로 장애물이 없고 사람이 접근하지

LPG용 압력방출밸브 방출관 설치기준 개선방안

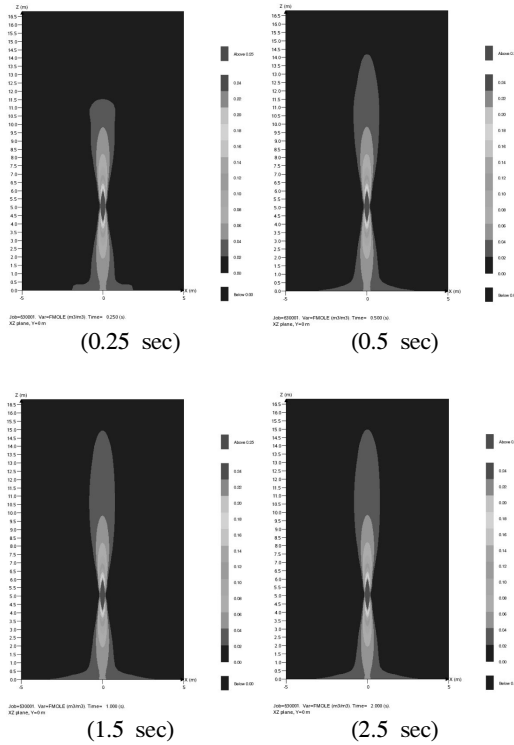


Fig. 6. Simulation result for vertically 4-way discharge

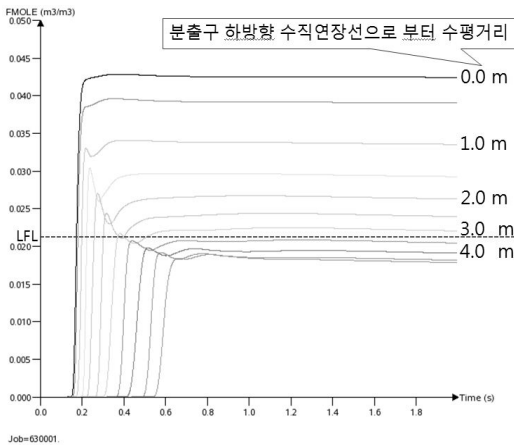


Fig. 7. Mole fraction on near ground for vertically 4-way discharge

않는 공터에 방출관을 설치한다면 가능한 방법이 되겠지만 설비를 유지하는 관리자나 불특정인 사람이

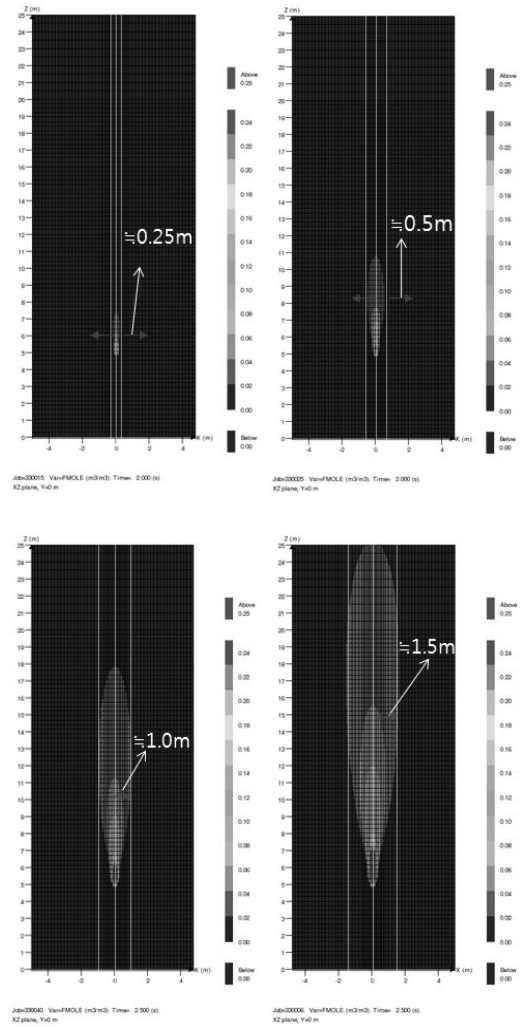


Fig. 8. Lower flammable limit range around gas vent pipes

접근할 가능성이 있는 곳에서는 바람직하지 않은 방출방향이라고 볼 수 있다. 실제로 방출관을 설치할 당시에는 주변에 건물과 같은 장애물이 없었으나 차후에 부지경계 밖에 건물이 설치될 가능성이 있으므로 이 또한 바람직한 방출 방법이 아니라고 판단된다.

마지막으로, H자 형의 수직상하방향(Fig.2 (d)) 분출시 방출가스의 확산현상을 시뮬레이션 한 결과를 Fig 6에 나타내었다.

H자 형의 수직상하방향 분출의 경우 4방향으로 분산되어 분출되므로 각 분출구의 유량이 줄어든다. 그럼에도 불구하고 지면에서 착화범위에 드는 증기

운이 형성됨을 알 수 있었다. Fig 7에 분출구로부터 하방향 수직연장선에서 수평거리에 따른 증기운의 농도를 나타내었는데, 반경 3m이상까지 폭발범위가 형성됨을 알 수 있었다.

결과적으로 4가지 분출구 형태의 분출시 착화 가능성을 시뮬레이션을 통해 검토한 결과 상방향 분출이 가장 안전하다는 결론을 얻었다.

#### 4.2. 분출구경에 따른 변화

상방향으로 분출하는 방법이 4.1에서 전술한 바와 같이 나머지 3가지 형태보다는 안전하지만 분출구 상방향으로 증기운이 형성된다. 착화범위에 드는 농도범위의 증기운 주변에는 건물 등 착화원이 존재하지 않도록 이격하여 수평거리를 유지하는 것이 필요하다.

착화범위 내 증기운의 크기는 안전밸브로부터 분출되는 가스의 유량에 비례한다. 따라서 안전밸브의 분출구경에 따라 이격하여야 하는 거리가 달라진다. 안전밸브 구경에 따른 필요 이격거리를 찾기위해 여기서는 현장에서 많이 사용되는 안전밸브 입구 호칭지름이 다른 4종(호칭지름 15A, 25A, 40A, 50A)에 대해 착화범위에 드는 범위를 시뮬레이션을 통해 관찰하였다. 안전밸브의 세부적인 사양은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

Fig. 8에 상방향 분출시 안전밸브 호칭지름별 수평방향 착화농도 범위에 대해 시뮬레이션 한 결과를 나타내었다. 안전밸브 입구 호칭지름이 15A일 경우 수평방향으로 최대 약 0.25m, 25A인 경우 약 0.5m, 40A인 경우 약 1.0m, 50A인 경우 약 1.5m 범위는 가연범위에 들어갈 수 있는 것으로 나타났다.

### V. 결 론

본 시뮬레이션 결과, LPG용 안전밸브의 방출구의 방출방향은 수직상방향이 가장 안전에 유리하며, 수직상방향으로 분출하더라도 분출된 가스운으로 인해 가연범위가 형성되므로 건물, 설비는 수평거리를 유지해야 함을 알 수 있었다. 위 결론에 따라 다음과 같이 LPG용 안전밸브 방출구 설치기준을 제안하였는데 이 수평거리는 안전밸브 입구 호칭지름에 따른 시뮬레이션 결과에 약 30%정도의 안전율을 적용하였다. 다만, 수직분출 구조는 눈, 비등의 유입에 따른 부식으로 밸브시트의 고착으로 비상시 안전밸

**Fig. 9.** separation distance from vent pipes

입구 호칭지름	수평거리
50A	2.0 m
40A	1.3 m
25A	0.7 m
15A	0.3 m

브가 작동되지 않을 가능성이 있으므로 이를 방지하기 위해 외국[5]과 마찬가지로 레인캡과 하부 드레인밸브를 설치하도록 다음과 같이 기술기준 개정안을 제안하였다.

1. 가스방출관의 방출구는 공기중에 수직 상방향으로 가스를 분출하는 구조로서 방출구의 수직 상방향 연장선으로부터 다음의 안전밸브 규격에 따른 수평거리이내에 장애물이 없는 안전한 곳으로 분출하는 구조로 한다.
2. 가스방출관 끝에는 빗물이 유입되지 않도록 캡을 설치하고, 가스방출관 하부에는 드레인밸브를 설치한다. 다만, 안전밸브에 드레인밸브가 내장되어 있는 경우에는 드레인밸브를 설치하지 않을 수 있다.

### 참고문헌

- [1] LPGA, *LP Gas Code of Practice 1, Bulk LPG Storage at Fixed Installations Part 1 : 2004 - Design, Installation and Operation of Vessels Located Above Ground*, LP Gas Association, (2004)
- [2] NFPA, *NFPA 58 : Liquefied Petroleum Gas Code*, 2008 Edition, National Fire Protection Association, (2008)
- [3] 가스기술기준위원회, *KGS FP331 액화석유가스 용기 충전의 시설 · 기술 · 검사 · 정밀안전진단 · 안전성평가 기준*, 가스기술기준위원회, (2012)
- [4] GexCon, *FLACS v9.1 User's Manual*, CMR Gexcon, (2010)
- [5] API, *API RP 520 : 2003, Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries : Part 2 - Installation*, American Petroleum Institute, (2003)