

LPG방출 실험

이창수 이장우 박찬옥 김선혁 임지환
한국가스안전공사

1. 서론

가스사고중 단순 누설, 누설에 의한 폭발 및 화재사고가 '77년부터 '95년까지 전체사고의 87.2%를 차지하고 있고, '95년 한해동안에는 90%를 초과하여 발생하였으나, 사고의 원인은 명백하게 규명하면서도 폭발 또는 화재발생에 따른 가스의 누출량을 입증하기 위한 자료나 실험자료가 없어 사고조사에 곤란을 겪고있었으며,

이에 따라 가스의 누출량을 추정할 때 조정기의 용량이나 일반적인 누출량 계산식에 근거하여 가스의 누출량을 추산하여 폭발 및 화재발생의 원인을 추정하고 있는 등 사고발생과정을 설명하는데 미진한 부분이 많아 실제로 LPG의 누출량을 측정하여 그 기록을 사고조사시 활용하고

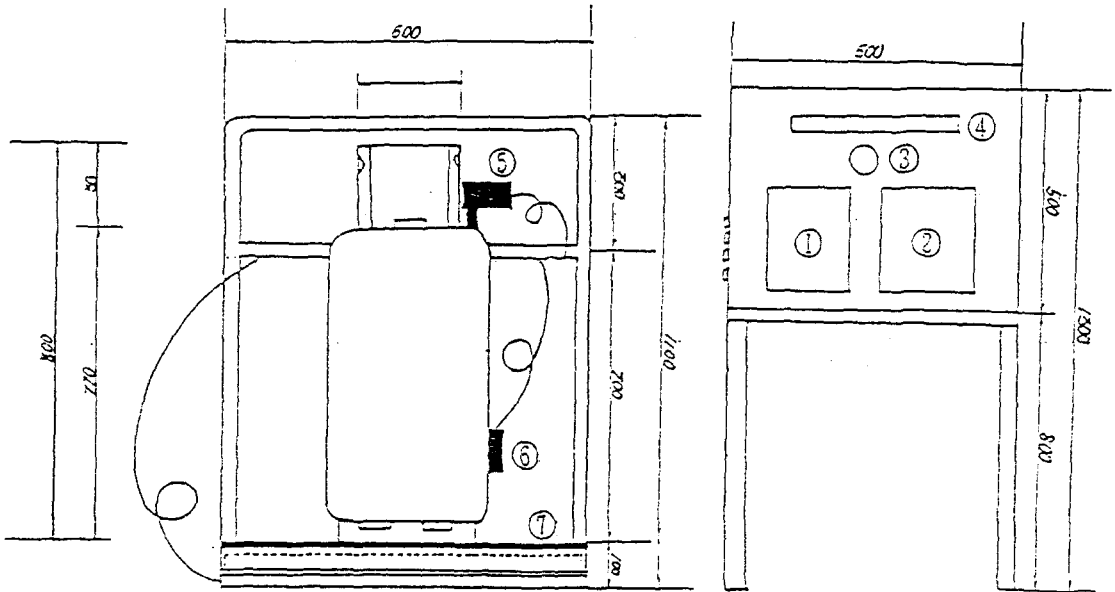
사고 발생과정을 과학적으로 입증하는데 다소 보탬이 되도록 하기 위하여 이번 실험을 실시하게 되었고 본 실험의 통계적인 수치를 전적으로 실제 사고에 적용하기란 아직까지 미흡한 점이 많다고 생각되나 정확한 사고원인조사가 가스안전관리 정책수립의 기본 바탕이 되어야 함으로 이러한 실험이 계속 발전적으로 실시되어 자료로 활용될 수 있기를 바라며,

다소 아쉽고 미흡한 점도 많은 실험이었으나 가스의 누출량에 대한 첫 실험이었다는 점에 의의를 두고, 앞으로 이와 같은 실험이 지속되어 가스안전에 관한 실험 및 자료수집이 활발해 질 수 있기를 바란다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1. 실험장치

실험장치의 개략도는 그림 1과 같으며, 용기내부압력은 가정 혹은 식당에서 흔히 사용하는 20kg LPG용기를 특수 제작하여 사용하였고, 용기표면온도와 용기의 질량 등은 Digital Recorder를 통하여 기록하였다.



- ① LOAD CELL CONTROLLER
- ② RECORDER
- ③ POWER LAMP
- ④ NAME PLATE
- ⑤ PRESSURE TRANSMITTER
- ⑥ TEMPERATURE TRANSMITTER
- ⑦ LOAD CELL

그림 1. 실험장치도

2.2 실험 방법

- 용기를 외부에 방치한 상태로 4일 동안 11번의 실험을 반복하였고, 각 실험마다. 각각 다른 조건으로 측정하였다. 각 실험마다의 실험 방법은 표 1과 같다.

구분	실험방법
실험1	밸브 → 조정기(W) → 가스방출
실험2	밸브 → 가스방출
실험3	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 가스방출
실험4	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브(중간밸브 전단 호스절단) → 가스방출
실험5	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브 → 호스 → 2구렌지 1구 개방 → 가스방출
실험6	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브 → 호스 → 2구렌지 2구 개방 → 가스방출
실험7	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브 1/2 개방 → 호스 → 2구렌지 2구 개방 → 가스방출
실험8	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브 → 호스 1/3 절단 → 2구렌지 2구 잠금 → 가스방출
실험9	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브 → 호스 1/2 절단 → 2구렌지 2구 잠금 → 가스방출
실험10	밸브 → 조정기(W) → 호스 → 중간밸브 → 2구렌지 1구 1/2 개방 → 가스방출
실험11	밸브 → 조정기(K) → 가스방출

표1. 가스방출 실험방법

3. 조정기 출구에서의 방출 실험내용(실험 1)

(1) 누적방출량

가스밸브를 여는 순간부터 다량의 가스가 조정기를 거쳐 방출되었으며, 5분 경과시 0.18kg, 10분경과시 1.29kg의 가스가 방출되었으나 용기의 표면온도가 영하로 내려감에 따라 5분이 지나면서 부터는 방출량이 감소하기 시작하였고, 10kg의 가스가 방출되는 데는 2시간 30분이 소요되었고, 20kg용기의 가스 전량이 대기 중으로 방출되기까지는 14시간 10분이 소요되었다.(그림 3 용기밸브에서의 방출의 경우 3분만에 6kg의 가스가 방출되었다.)

따라서, 가스가 대기 중으로 방출되는 양은 기화잠열(기화열)에 따라 결정됨을 알 수 있다.

(2) 단위방출량

방출 시작 초기에는 일시적으로 많은 량의 가스가 방출되었고, 이에 따라 기화에 필요한 열의 부족으로 용기 표면 온도가 영하로 급격히 내려가게 되었으며, 20분 경과후 용기 표면의 얼음 생성으로 인한 기화열의 부족으로 단위방출량이 현저히 감소, 이후의 단위방출량은 일정하게 유지· 방출되었다.

(3) 내부 압력

방출 시작부터 많은 량의 가스가 방출되어 내부압력이 급격히 감소하기 시작하여 1분 경과시 방출 전의 내부 압력과 1.2kg/cm². G의 차이가 생겼고, 60분이 경과하면서 대기압에 가까운 압력(0.6kg/cm². G)으로 감소하였으며, 이때부터 가스의 방출량이 미미하여 내부압력은 계속 0kg/cm². G로 유지되었다.

(4) 표면 온도

방출시작후 16초 정도 경과되면서 용기의 표면 온도가 영하로 내려갔고, 이때부터 기화에 필요한 열의 부족으로 가스의 방출 량이 적어지기 시작하였으며, 용기 표면의 최저 온도는 방출 시작후 50분에 영하 20℃로 낮아졌으며, 5시간 경과 후 부터는 용기 표면온도는 서서히 상승하였다.

(5) 종합 분석

용기 밸브를 완전 개방한 상태로 압력조정기를 통하여 가스가 대기 중으로 방출될 때에는 방출 초기 10분 동안에 20kg 용기내의 1/3의 가스가 일시적으로 방출됨과 동시에 용기 내부의 압력이 급격히 내려가고, 용기 표면의 온도가 영하의 온도로 급격히 하강하는 것으로 측정되었다.

따라서, 방출 초기에 많은 량의 가스가 방출되고, 시간이 경과할 수록 방출량이 현저히 감소한 후 방출량은 일정하게 유지됨은 알 수 있다. 실험에 대한 종합적인 그래프는 그림 2 와 같다.

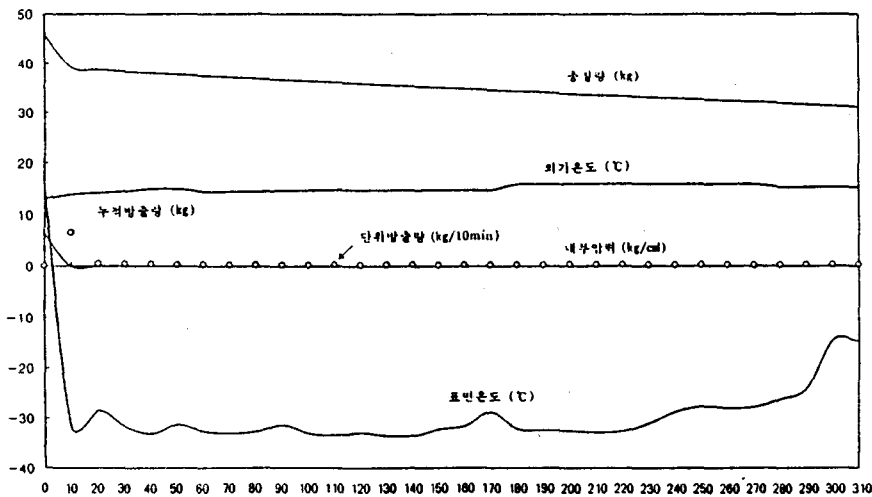


그림 1-2 조정기 출구 방출의 경우 질량 및 온도 등의 변화

4. 조건별 실험결과

이하 설명은 생략하고 실험별 종합 그래프는 다음과 같다.

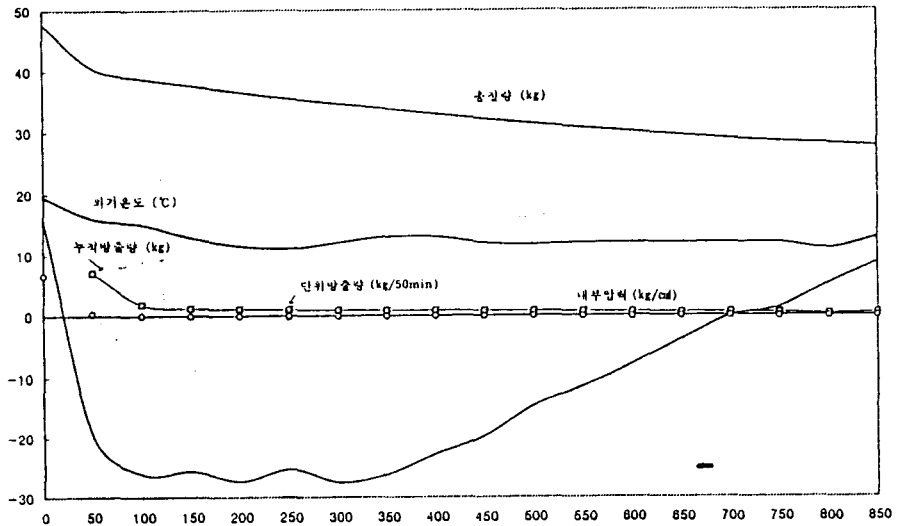


그림 2-2 용기밸브 방출의 경우 질량 및 온도 등의 변화

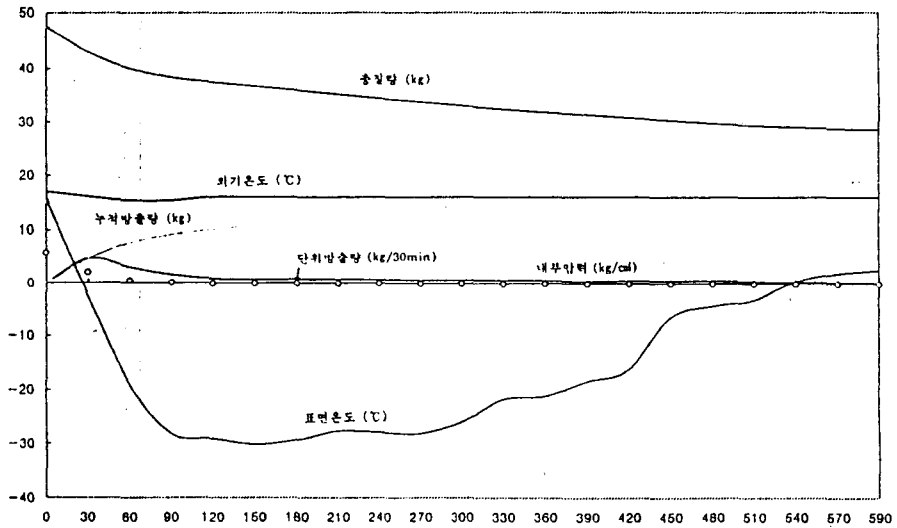


그림 3-2 염화비닐호스 방출의 경우 질량 및 온도 등의 변화

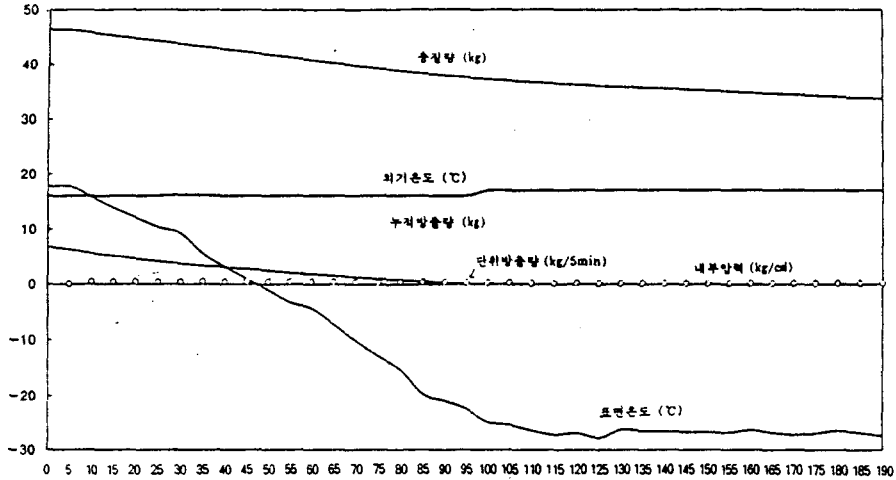


그림 4-2 중간밸브 방출의 경우 질량 및 온도 등의 변화 상기의 7가지의 실험결과는 지면 관계상 생략한다.

5. 결론

LPG의 폭발이나 화재는 대부분이 가스의 누출로 인하여 발생되고 있으며, 가스 사고 현장에서 가스누출량을 언급할 경우 용기의 공급 시간, 조정기의 시간당 방출량, 가스연소기의 소비량, 사용자의 진술, 폭발 위력 및 피해범위 등을 근거로 하여 사고조사시 추정하고 있다.

그러나, 이번 가스 누출 실험이 완벽하다고는 할 수 없으나, 실험 결과를 종합한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었으며, 미비사항은 사고조사기법 연구과제로 남겼다.

첫째, 가스 용기 표면의 결빙 등이 생성되었을 경우에는 압력조정기에서 방출되는 량이 정상적(4kg/h)으로 방출되지 않고, 더 많은 양이 방출되었으며,

둘째, 가스 용기 표면이 결빙되었을 경우, 가스 용기 내의 압력은 0kg/cm² 정도밖에 안된다는 사실이다.

셋째, 중간 밸브가 완전히 개방된 상태에서 호스가 이탈되었을 경우 1시간만에 5.69kg의 가스를 방출시켜 실제 조정기의 시간당(4kg/h)보다 더 많은 방출로써 632.22m³/의 체적 공간에서 폭발이 일어날 수 있다는 것을 알 수 있었다.

이번 실험은 이론적인 계산식을 전혀 고려하지 않고 실제 용기에서 가스가 누출되는지를 알고 자 한 실험으로서 감정에 앞서 실시하는 현장 사고감식에 활용하기 위한 자료수집 이다.