

# 도시가스 - 공기혼합기체의 폭발특성에 관한 연구

박승호\*, 임우섭\*, 목연수\*\*, 최재욱\*\*  
부경대학교 대학원\*, 부경대학교 안전공학과\*\*

## 1. 서 론

현대산업사회의 급속한 발전으로 사용이 편리하고, 깨끗한 연료인 도시가스의 사용량은 점점 더 증대될 뿐만 아니라 사용형태 또한 다양화되고 있어, 이에 따른 사고도 증가하고 있으며 사고의 규모도 대형화 되어가고 있다.<sup>1)</sup> 일반적으로 가스폭발의 경우 개방된 영역에서 보다 밀폐된 영역에서 발생할 경우 폭발압력에 의한 파괴효과는 더욱 증가한다.<sup>2)</sup> 이러한 부분에 대해 많은 학자들은 단일가스와 산화제를 혼합시킨 형태의 가스 폭발에 대한 특성을 연구하여 왔다.<sup>3)~8)</sup> 그러나 산소농도의 변화에 따른 가연성 가스의 폭발범위, 폭발시 초기압력의 변화, 최소점화에너지에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실제 산업현장이나 일반 음식점 또는 가정에서 가장 많이 사용되는 연료인 도시가스의 폭발특성에 관해 세부적인 연구 자료를 제시함으로써 화재 및 폭발 예방을 위한 관리 지침을 제공하고자 함이다.

## 2. 실 험

### 2.1. 시료가스

본 연구에 사용된 시료는 일본 동경지방에 공급하여 사용되고 있는 도시가스로서 메탄 88.5%, 에탄 4.6%, 프로판 5.4%, 부탄 1.5%로 구성되어 있으며, 그 가스의 특성을 Table 1에 나타내었다.

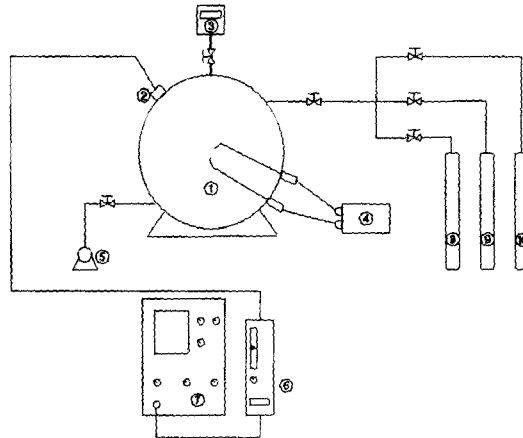
Table 1. Properties of sample gas.

성 질	가 스 명 (13A)
분 자 량	18.786
발 열 량	11,000 Kcal/m <sup>3</sup>
이론 공기량	10.95 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
착 화 온 도	630~730 °C
비중(공기=1.0)	0.655
연 소 범 위	4~14 %
연 소 속 도	39 cm/sec
부 취 제	TBM · DMS

\* TBM(Tertiary Butyl Mercapthane), DMS(Dimethyl Sulphite)

## 2.2 실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 Fig.1과 같으며, 실험에 사용된 폭발용기는 원주형으로 직경이 18cm, 높이가 20.5cm로서 용기의 체적이 3.65 l 이며 용기의 전방부를 제외한 나머지는 두께 4cm의 스텐레스로 제작되어 있으며, 전방부는 용기내부를 관찰할 수 있도록 석영유리로 제작한 것이다. 또한 폭발압력 측정에 사용된 압력센서는 KYOWA제로서 0~30kgf/cm<sup>3</sup>까지 측정할 수 있으며 센서의 위치는 점화원과의 방향과 거리에 무관<sup>4)</sup>하게 용기의 뒷편 중앙부에 부착하였다. 점화원으로는 용량방전형을 사용하였고 전극은 차량용 점화콘덴서를 사용하였다. 점화원은 용기의 중앙부에 고정되어 있다. 압력 센서에서 측정된 폭발압력의 파형을 나타내기 위해 KYOWA의 DPM-603A 앰플리파이어를 통해서 신호를 증폭하여 IWATSU사의 DS-6020 DUAL BEAM 오실로스코프를 통해 파형을 나타내었다.



- |                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| ① Explosion vessel         | ⑥ Amplifier     |
| ② Pressure sensor          | ⑦ Oscilloscope  |
| ③ Pressure gage            | ⑧ Oxygen tank   |
| ④ High voltage transformer | ⑨ Nitrogen Tank |
| ⑤ Vacuum pump              | ⑩ Town Gas Tank |

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

## 2.3 실험방법

가스 폭발의 경우 온도에 의해서 폭발범위의 변화가 있으므로 실험의 재현성을 좋게 하기 위하여 온도는 20±2℃의 항온조건으로 실험을 행하였다. 먼저 폭발통 내부를 진공펌프를 이용하여 폭발통 상부에 설치된 압력계의 수치가 -760mmHg까지 진공을 만든다. 도시가스의 농도는 헨리의 법칙의 농도계산에 의한 시료가스를 먼저 주입하고 시료가스의 주입후 시료가스의 밸브를 잠근다. 그후 공기주입부를 통하여 산소농도에 해

당하는 공기를 주입하고 질소를 주입한다. 이때 밸브를 최대한 열어 공기가 빠르게 폭발통으로 유입되어 폭발통 내부에 난류가 형성되어 시료가스와 실험상의 산소농도를 지닌 가스가 잘 혼합될 수 있게 한다. 가스의 주입이 끝나면 점화플러그를 연결하여 점화스위치를 눌러 폭발유무를 육안으로 확인한다. 또한 오실로스코프상에 나타난 상의 파형을 저장하여 폭발압력을 계산한다. 도시가스농도의 변화는 하한과 상한 부근에서는 데이터의 정확성을 위해 0.25%씩 변화를 시켜 실험하였으며 폭발범위안에서는 1%씩 변화를 시켜 데이터를 구하였다.

Fig. 2.은 오실로스코프상에 나타난 파형을 나타낸 것으로서 파형의 가장 높은점이 최대폭발압력이며 접선의 기울기가 최대가 되는 것이 최대폭발압력상승속도이고, 최대폭발압력을 최대폭발압력에 도달하는데 걸리는 시간( $\Delta t$ )으로 나눈 것이 폭발압력 상승속도이다.

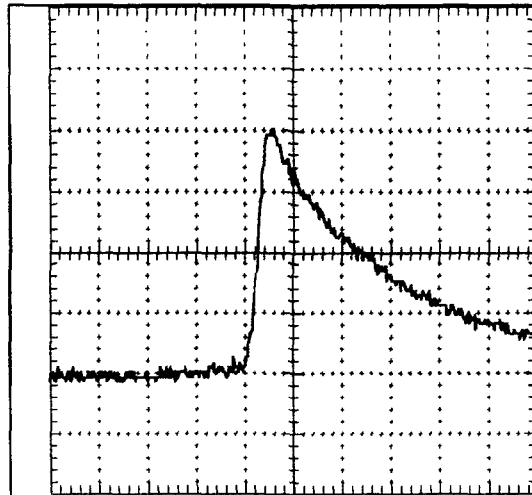


Fig. 2. The plotted Wave from the Oscilloscope.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 산소농도변화에 따라 도시가스의 폭발범위와 최대폭발압력 산소농도를 변화시켜가면서 측정된 결과 한계산소농도가 11%로 측정되었으며, 공기중의 도시가스의 폭발범위는 이론적인 Le Chatelier에 적용시켜 비교 검토하였다. Fig.3에는 산소농도 변화에 따른 폭발범위의 변화를 나타내었으며, 산소농도가 감소할 경우 하한계는 거의 변화가 없었으며, 상한계는 급격하게 감소하였다. 또한 Fig. 4에 최대폭발압력은 산소농도가 감소할수록 급격하게 감소하는 경향으로 나타났다.

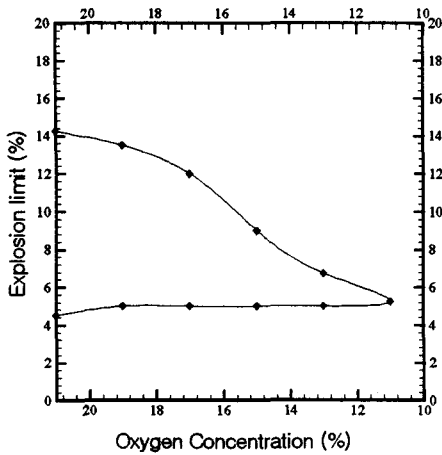


Fig. 3 Explosion limit of Town gas with the change of oxygen concentration.

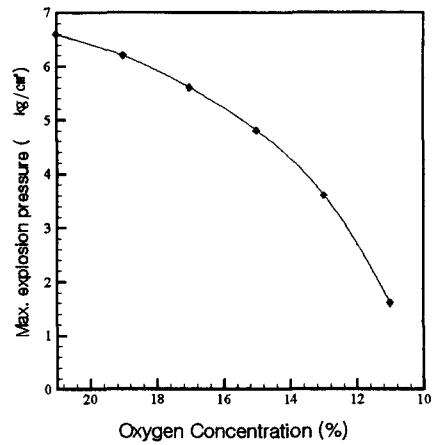


Fig. 4 Maximum explosion pressure of Town gas with the change of oxygen concentration

#### 4. 결론

- 1) 산소농도 변화에 대한 측정결과 한계산소농도 11%를 구하였다.
- 2) 산소농도가 감소할 경우 하한계는 거의 변화가 없으나 상한계는 급격하게 감소하였다.
- 3) 산소농도가 감소할수록 최대폭발압력이 급격하게 감소하였다.
- 4) 실험으로 측정된 폭발하한계 및 상한계와 이론식인 Le Chatelier식의 값과 비교하여 거의 일치되는 값을 구하였다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 한국가스안전공사, 가스사고연감, KGS 99-056, 1998.
- 2) 平野橋右, 가스爆發豫防技術, 海文堂, 1993.
- 3) 梅口, 可燃性 가스 및 蒸氣의 爆發危險性, 高壓가스保安協會, pp. 11-12, 1971.
- 4) 오규형 외, 可燃性 가스의 爆發特性에 관한 研究, 한국산업안전학회지, Vol.7, No.3, 1992.
- 5) 한우섭 외, 할로젠화 탄화수소의 첨가에 의한 폭발한계의 변화, 한국산업안전학회지, Vol.9, No.3, 1994.
- 6) 배정일 외, 농도 불균일 LPG-공기 혼합기체의 폭발특성, 한국산업안전학회지, Vol.8, No.4, 1993.
- 7) 과학기술처, 폭발성 가스의 폭발 특성에 관한 연구, UDC 614. 833, 1989.
- 8) 과학기술처, 수소, 메탄, 아세틸렌, 에틸렌 및 프로판 가스의 폭발특성비교(I)(II), UDC 614. 838, 1988.