

# 연소조건 변화에 따른 LP가스버너의 배기특성

오택흠 · 이병곤\*†

동대문소방서 가스계 · \*충북대학교 안전공학과  
(1999. 6. 9. 접수 / 200. 10. 15. 채택)

## Emission Characteristics of LP Gas Burner for the Variation of Combustion Conditions

Taek-Hum Oh · Byung-Kon Lee\*†

Gas Department of Dongdaemun Fire Station · \*Department of Safety Engineering, ChungBuk National University  
(Received June 9, 1999 / Accepted October 15, 2001)

**Abstract :** An experimental study was carried out to investigate the emission characteristics of LP gas burner for the practical combustion conditions including fan voltage, inlet area, gas pressure, emission resistance, duct length and height. The result shows that CO is almost remains constant for the emission fan voltage, but significantly increases with the reduction rate of air inlet, up to 3000ppm at 50% of reduction rate. Also, the variation of gas pressure has no effect to CO of gas boiler due to its governor which controls gas pressure secondly, but it gives an rapid increase of CO for the gas range. The emission resistance test shows that CO is suddenly increased with the reduction rate of emission duct above 70% and main burner is stopped at 90%. The reverse wind test shows that CO is suddenly increased with the air velocity above 7m/s and main burner is stopped at 9m/s. The more horizontal length of emission duct is long and the vertical height is low, CO is infinitesimally increased.

**Key Words :** LP gas burner, combustion, emission characteristics

### 1. 서 론

가정용 가스연소기기는 높은 열효율과 신속한 난방효과로 보급이 급격히 확대되고 있다. 그러나 가스로 인한 화재폭발이나 중독사고도 빈발하여, 1998년의 가스사고건수는 397건(화재폭발 227건, 가스누출 109건, 중독 및 산소결핍 19건, 기타 42건), 사망자는 42명(LPG 34명, 도시가스 8명), 부상자는 509명(LPG 472명, 도시가스 20명, 고압가스 17명)에 달하고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 사고통계에서 가스 종류별로는 LPG가 대부분이며, 가스누출 및 가스중독도 상당한 비중을 차지하는 것을 알 수 있다.

가스중독의 대부분은 일산화탄소(CO)에 의한 것인데, CO는 독성물질로서 혈액중의 산소 운반을 억제하여 산소결핍으로 질식하게 한다. 흡입시간, 연

령, 체질에 따라 차이가 있으나, 공기중의 CO가 0.02%가 되면 두통을 일으키며, 고압가스 안전관리법에서는 허용농도를 50ppm, 한국가스안전공사의 배기 시험기준의 허용한도는 가스보일러 1200ppm,<sup>2)</sup> 가스레인지 1400ppm<sup>3)</sup>이다. 배기가스 중의 NO<sub>x</sub>는 대표적인 공해물질로서 연소온도가 높고, 산소농도가 높을 때, 고온에서 연소가스의 체류시간이 갈 때 많이 발생한다. 일본의 동경도에서는 50ppm를 저공해형 연소기 기준으로 설정하였으며,<sup>4)</sup> 미국산업보건협회<sup>5)</sup>에서는 가정용 가스기기에 대해서 허용농도를 3ppm으로 규정하고 있으나, 국내에서는 아직 규정한 바 없다. CO<sub>2</sub>는 과다흡입시 질식의 위험이 있으며, 공중 위생상 허용한도는 1.2%이며,<sup>6)</sup> 지구환경과 기후협약문제로 전세계적으로 그 방출량을 줄여야 하는 문제에 당면하고 있다.

본 연구에서는 LP가스를 사용하는 가스보일러 및 가스레인지에 대하여 사용자의 입장에서 사용할 때 발생할 수 있는 인자들, 즉 배기팬 전압의 변동,

† To whom correspondence should be addressed.  
bkleee@cbucc.chungbuk.ac.kr

급기구 면적의 변화, 가스의 압력변화, 배기저항의 변화 및 배기덕트의 수평길이, 수직높이 변화 등에 대한 배기가스의 변화를 실험적으로 고찰하였으며, 특히 CO의 농도변화에 주안점을 두었다.

## 2. 실험

### 2.1. 실험장치 및 기기

본 연구에서 사용한 가스보일러는 국산 강제급기 및 강제배기식의 2종류로서 A형은 열용량 16000 kcal/h, 배기팬 회전수 감지식, 급기구 면적 14cm<sup>2</sup>, 배기덕트 직경 70mm이며, B형은 20000kcal/h, 풍압 스위치식, 급기구 면적 25cm<sup>2</sup>, 배기덕트 직경 75mm 이다.

가스레인지의 열용량 7000kcal/h, 급기구 면적 3.5 cm<sup>2</sup>로서 가스보일러와 비교하기 위하여 1종류를 선정하였다. 실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같으며, 가스보일러에서는 배기덕트 500mm 지점에 연소가스 분석기(KANE MAY-9004형, 측정범위 : CO는 0~4000 ppm, CO<sub>2</sub>는 0~20%, NO<sub>x</sub>는 0~800ppm)로 CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>를 측정하였다. 가스레인지에서는 가로 400 mm×세로 400mm의 포집기를 500mm 상부에 설치하고 포집기 상부 후드에서 배기가스 성분을 측정하였다. 또, 열전대로 가스보일러에서는 열교환기하 단부 20mm 위치에서, 가스레인지에서는 50mm 상부

에서 연소가스의 온도를 측정하였다. 실험은 버너에 점화한 후 15분 이상 경과하여 연소상태가 안정된 다음에 시행하였고, 3회 이상 측정하여 평균하였다.

### 2.2. 실험방법

**2.2.1. 배기팬 전압변동에 따른 배기가스의 변화**  
가스연소기기를 사용할 때 전압변동에 따른 배기가스의 변화를 고찰하기 위하여, 슬라이덕스를 사용하여 배기팬의 전압을 정격 220V와 정격에서 15% 감소한 187V, 10% 증가한 242V로 변화하여 배기가스의 성분을 측정하였다.

### 2.2.2. 급기구 면적의 변화에 따른 배기가스의 변화

가스연소기기의 급기구가 이물질, 퇴적물등으로 막혔을 때 배기가스의 변화를 고찰하기 위하여 급기구 면적을 전체의 1/8(12.5%)씩 막아서 100, 87.5, 75, 67.5, 50%까지 단계적으로 변화시키면서 배기가스의 성분을 측정하였다.

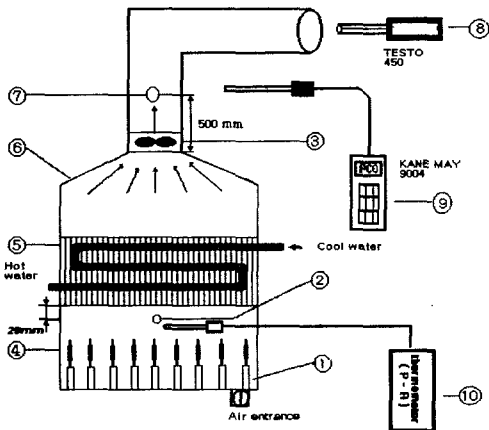
### 2.2.3. LP가스 공급압력변화에 따른 배기가스의 변화

LP가스용기 압력조정기의 불량이나 조정불량 등으로 가스의 압력이 변화하였을 때 배기가스의 변화를 고찰하기 위하여 정격 280±50mmH<sub>2</sub>O에서 100~600mmH<sub>2</sub>O까지 변화시키면서 배기가스의 성분을 측정하였다.

### 2.2.4. 배기저항에 따른 과대풍압안전장치 실험과 배기가스의 변화

가스보일러에서는 연소시 배기가 역류하는 것을 방지하기 위하여 과대풍압안전장치<sup>6)</sup>를 설치하도록 의무화하고 있다. 과대풍압안전장치는 배기팬의 고장, 배기통 말단부의 과대풍압, 배기통의 찌그러짐·막힘 등으로 배기가 원활하지 못할 때 자동으로 버너의 가스 공급을 차단하는 장치이다. 질식사고는 이러한 안전장치가 제대로 기능을 하지 못할 때 발생한다. 과대풍압안전장치의 종류에는 배기팬의 회전수를 감지하는 배기팬 회전수 감지(rpm sensor)식과 배기가스의 압력을 측정하는 풍압스위치(air pressure switch)식 등이 있다.<sup>7)</sup>

본 연구에서는 배기팬 회전수 감지식과 풍압스위치식의 가스보일러에 대하여, 배기팬 회전수 감지식은 배기저항실험을, 풍압스위치식은 역풍실험을 시



1. main burner
2. temperature measurement hole under heat exchanger
3. emission fan
4. combustion room
5. heat exchanger
6. emission duct
7. combustion gas analysis hole
8. anemometer
9. combustion gas analysis equipment
10. thermomometer

Fig. 1. Schematic view of gas boiler and experimental apparatus

행하였다. 배기저항실험은 배기덕트 말단부의 단면적을 0~100%까지 10%씩 폐쇄시켜가면서, 역풍실험은 송풍기로 배기덕트 말단부에 풍속을 1m/s 단위로 높여가면서 역풍을 가하여 배기가스의 변화를 고찰하였다.

### 2.2.5. 배기덕트 수직높이 및 수평길이 변화에 따른 연소상태

본 연구의 배기덕트는 수평관을 거쳐 수직관으로 배출된다. 배기덕트의 수평길이가 길면 배기저항이 증가하고, 수직높이가 높아지면 통풍력이 증가한다. 이러한 배기덕트의 수평길이와 수직높이가 연소에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 수평관 길이를 1, 3, 5m로 변화시키고 각각의 수평관에 대하여 수직관 높이를 2, 4, 6, 8, 10m로 변화시켜 배기가스 성분을 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1. 배기팬 전압변동에 따른 배기가스의 변화

Fig. 2는 가스보일러의 배기팬 전압변동에 따른 CO, NO<sub>x</sub>의 변화로서, CO는 본 연구의 전압변동 범위에서는 거의 변화하지 않았으며, 가스보일러 A, B 모두 허용한도 50ppm 이하이고 B가 A보다 적게 발생한다. 연소가스온도는 전압이 커짐에 따라 가스보일러 A, B 공히 약 960°C에서 1000°C로 상승하였다. NO<sub>x</sub>는 이러한 연소가스온도의 상승으로 전압이 커짐에 따라 완만하게 증가하며, 60ppm 이상이 발생하여 공해방지를 위해서는 NO<sub>x</sub>의 저감이 필요하다.

Fig. 3은 CO<sub>2</sub>의 변화로서 정격 220V에서 7%가

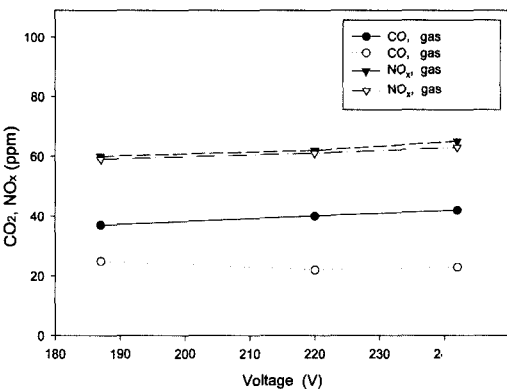


Fig. 2. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with voltage of emission fan for gas boiler

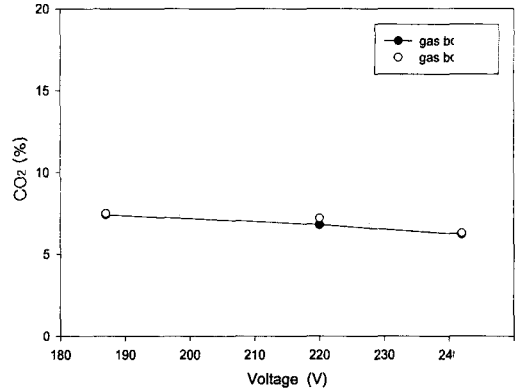


Fig. 3. Variation of CO<sub>2</sub> with voltage of emission fan for gas boiler

발생하며 전압이 커지면 다소 감소하는데, 이것은 배기팬 회전수가 증가하여 배기유속이 빨라져서 연소가스의 체류시간이 짧고 산소농도가 커지기 때문이다.

### 3.2. 급기구 면적의 변화에 따른 배기가스의 변화

Fig. 4는 가스보일러의 급기구 면적비에 대한 CO, NO<sub>x</sub>의 변화로서, 급기구 면적이 작을수록 급기풍량은 급기팬으로 일정하게 공급되나 급기구 면적의 폐쇄로 유속이 빨라지고 급기저항이 커져서 화염이 비산(lifting)되며 연소가 안정되지 않아 CO가 급격히 증가한다. 급기구 면적비가 50%인 경우 CO는 3000ppm 이상이 발생하여 배기가 잘 되지 않으면 질식과 중독이 우려된다. 그럼에서 NO<sub>x</sub>는 A, B가 거의 같고 일정한데, 이것은 연소가스온도가 약 960°C로 낮게 유지되는 때문이다. Fig. 5는 가스레인지

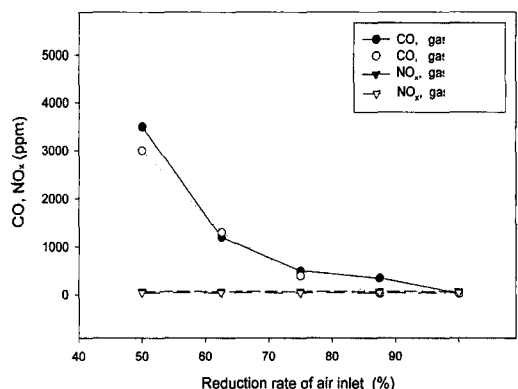


Fig. 4. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with reduction rate of air inlet for gas boiler

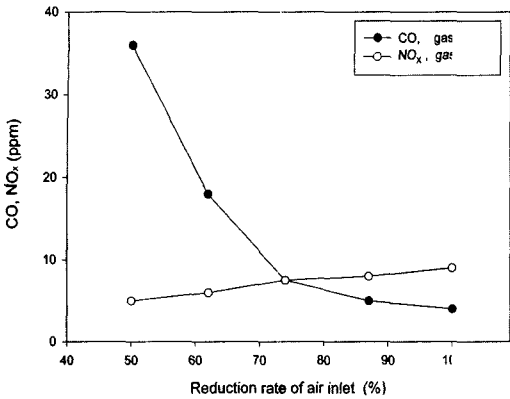


Fig. 5. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with reduction rate of air inlet for gas range

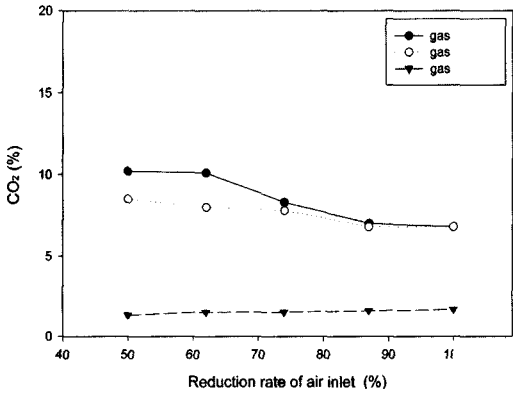


Fig. 6. Variation of CO<sub>2</sub> with the reduction rate of air inlet for gas boiler and gas range

의 CO, NO<sub>x</sub>로서 경향은 가스보일러와 유사하나 배출량은 매우 작다. 급기구 면적비가 100%인 경우 CO는 5ppm이 발생하나, 면적이 50%가 되면 35ppm으로 증가한다. Fig. 6은 가스보일러 및 가스레인지의 CO<sub>2</sub>로서, 밀폐식인 가스보일러에서는 급기구 면적이 작을수록 유속의 영향으로 7%에서 10%로 다소 증가한다. 가스레인은 개방형 연소로 거의 변화가 없으며 배출량도 1% 정도로 낮다.

### 3. LP가스 공급압력변화에 따른 배기가스의 변화

Fig. 7은 가스보일러에 공급되는 LP가스의 압력 변화에 따른 CO 및 NO<sub>x</sub>의 변화로서, 가스압력을 정격 280mmH<sub>2</sub>O에서 100~600mmH<sub>2</sub>O로 변화시켜도 압력이 높아짐에 따라 화염이 커지나 이상연소는

거의 없었고 CO, NO<sub>x</sub>의 변화량도 작은데, 이는 가스보일러내의 내장된 압력조정기(governor)에서 2차적으로 압력을 조정하기 때문이다. CO는 200mmH<sub>2</sub>O에서 최소이며 압력이 높거나 낮으면 다소 증가한다. 연소가스온도는 공통적으로 280mmH<sub>2</sub>O에서 약 960°C에서 압력에 따라 높아져 600mmH<sub>2</sub>O에서 약 1100°C로 상승하였다. 이러한 연소가스온도의 상승에 따라 NO<sub>x</sub>는 압력이 높을수록 다소 증가한다. Fig. 8은 내장된 압력조정기가 없는 가스레인지의 경우로서 압력 100~400mmH<sub>2</sub>O에서는 압력증가에 따라 화염이 커지며 정상적으로 연소가 이루어지나, 400mmH<sub>2</sub>O 이상에서는 불꽃이 더 커지며 푸른색 화염으로 리프팅(lifting)이 발생하였고, 100mmH<sub>2</sub>O 이하에서는 역화현상이 발생하였다. 가스레인지의 CO는 압력에 따라 증가하여 600mmH<sub>2</sub>O에서 약 10ppm으로 정격 280mmH<sub>2</sub>O의 2배 정도 발생한다.

Fig. 9는 가스보일러와 가스레인지에 대한 CO<sub>2</sub>의 변화로서, 압력의 증감에 따라 거의 변화가 없는데,

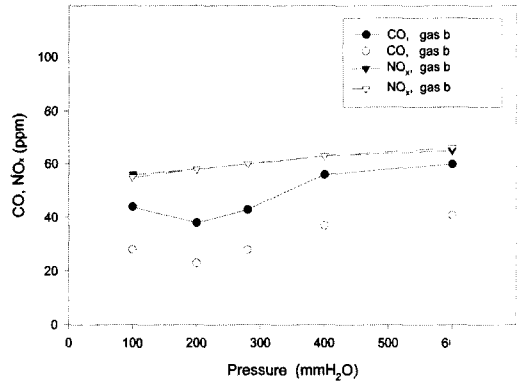


Fig. 7. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with LP gas pressure for gas boiler

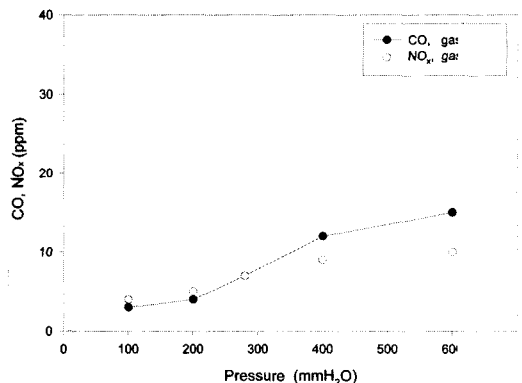


Fig. 8. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with LP gas pressure for gas range

연소조건 변화에 따른 LPG가스버너의 배기특성

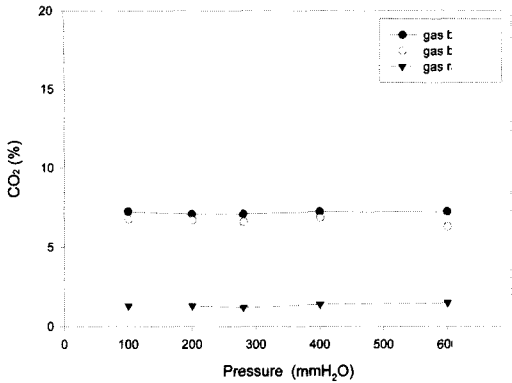


Fig. 9. Variation of CO<sub>2</sub> with LPG supply pressure for gas boiler and gas range

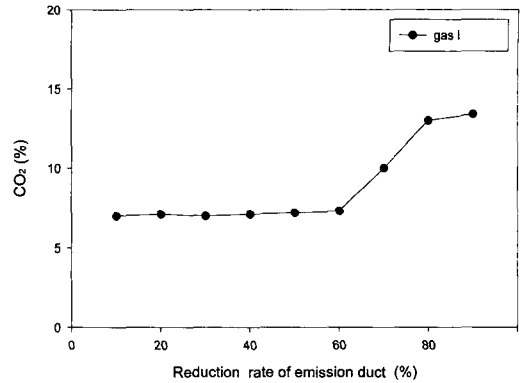


Fig. 11. Variation of CO<sub>2</sub> with reduction rate of emission duct for gas boiler (rpm sensor type)

가스보일러에서는 상기한 압력조정의 영향이며, 가스레인지에서는 개방형 연소로 연료증가에 의한 연소온도의 상승으로 공기의 흡입도 커지는 때문으로 생각된다.

3.4. 배기저항에 따른 과대풍압안전장치 실험과 배기가스의 변화

3.4.1. 배기팬 회전수 감지식의 배기저항실험

Fig. 10은 배기팬 회전수 감지식인 가스보일러 A의 배기저항실험 결과로서, CO는 배기덕트 말단부 단면적이 70% 이상 폐쇄될 때 배기저항으로 배기가 원활히 배출되지 못하여 불완전연소로 급격히 증가하며, 90%에서 4000ppm 이상이 되어 안전장치가 작동하여 연소가 중지되었다. 연소가스온도는 약 960°C로 유지되었으며, NO<sub>x</sub>는 변화가 거의 없었다. Fig. 11은 CO<sub>2</sub>의 변화로서 CO와 유사하게 단면적비 60 %까지는 7%를 유지하다가 그 이후 약 13%로 증가한다.

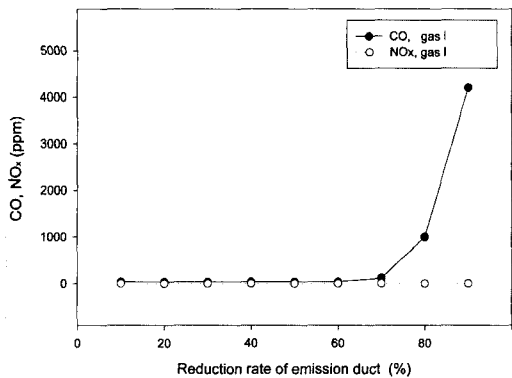


Fig. 10. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with reduction rate of emission duct for gas boiler (rpm sensor type)

3.4.2. 풍압스위치식의 역풍실험

Fig. 12는 풍압스위치식인 가스보일러 B의 역풍실험 결과로서, CO는 풍속 7m/s 이후 급격히 증가하여 9m/s에서 4000ppm 이상이 되어 안전장치가 작동하여 연소가 중지되었다. 이 경우도 연소가스온도는 약 960°C로 유지되어 NO<sub>x</sub>의 변화는 거의 없었다.

Fig. 13은 CO<sub>2</sub>의 변화로서 CO와 유사하게 7m/s까지는 약 7%로 유지되다가 그 이후 급격히 증가하여 9m/s에서는 16% 이상이 발생된다.

3.5. 배기덕트 수평길이 및 수직높이 변화에 따른 배기가스의 변화

Fig. 14는 가스보일러 A의 배기덕트 수평길이 및 수직높이에 따른 CO 및 NO<sub>x</sub>의 변화로서, CO는 수평길이가 길수록 배기저항이 커져서 불완전연소로 다소 증가하며, 수직높이는 높을수록 통풍력이 증가하여 연소조건이 개선되어 미소하나마 감소한다. 연

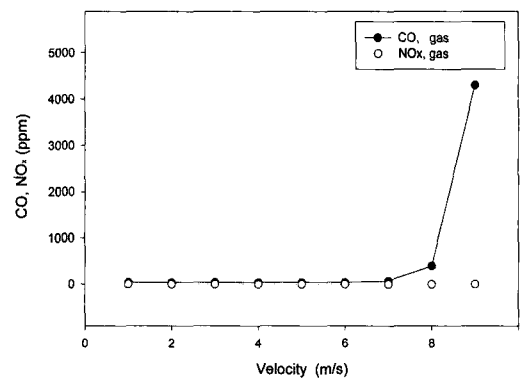


Fig. 12. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with reverse air velocity for gas boiler (air pressure switch type)

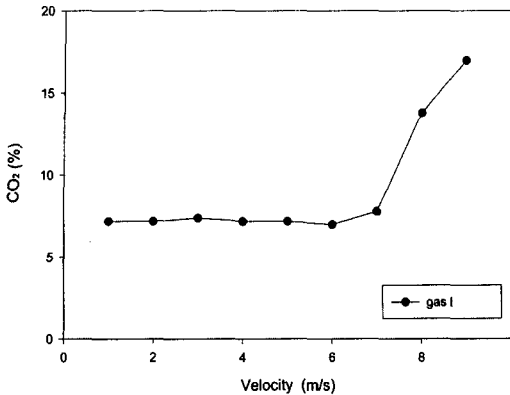


Fig. 13. Variation of CO<sub>2</sub> with reverse air velocity for gas boiler (air pressure switch type)

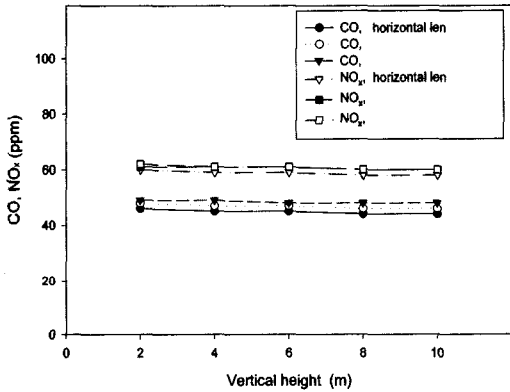


Fig. 14. Variation of CO, NO<sub>x</sub> with an emission duct height and length for gas boiler

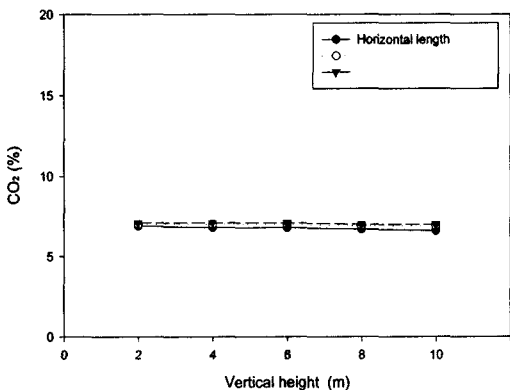


Fig. 15. Variation of CO<sub>2</sub> with an emission duct height and length for gas boiler

소가스온도는 수직높이에는 별로 영향을 받지 않았고, 수평길이 1m일 때 970°C에서 5m일 때 975°C로

약간 상승하였다. NO<sub>x</sub>는 이러한 연소가스온도의 상승으로 수평길이가 길수록 다소 증가하며, 수직높이가 높을수록 미소하게 감소한다.

Fig. 15는 CO<sub>2</sub>의 변화로서, CO와 유사하게 수평길이가 길수록 다소 증가하나 수직높이에는 거의 변화가 없다.

#### 4. 결론

LP가스를 사용하는 가스보일러 및 가스레인지에 대하여 배기팬 전압의 변동, 급기구 면적의 변화, 가스의 압력변화, 배기저항의 변화 및 배기덕트의 수평, 수직길이 변화시의 배기가스의 변화를 실험하고 본 실험 조건하에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 급기구 면적이 작을수록 CO는 급격히 증가하여 50% 감소할 때 3000ppm 이상이 발생하여 배기가 잘 되지 않으면 질식과 중독이 우려된다.

2) 가스압력을 증가시켜도 가스보일러는 내장된 압력조정기에 의하여 배기가스의 변화가 작으나, 가스레인지에서는 400mmH<sub>2</sub>O 이상에서 이상연소가 발생하고 압력증가에 따라 CO가 증가한다.

3) 배기저항실험 결과 배기덕트 말단부의 단면적이 70% 이상 폐쇄될 때 CO가 급격히 증가하며, 90%에서 4000ppm 이상이 되어 연소가 중지된다.

4) 역풍실험 결과 CO는 풍속 7m/s 이후 급격히 증가하며, 9m/s에서 4000ppm 이상이 되어 연소가 중지된다.

5) 배기덕트의 수평길이가 길수록, 수직높이가 낮을수록 CO가 증가한다.

#### 참고문헌

- 1) 한국가스안전공사, 국내 가스 사고 사례집, 1998.
- 2) 한국가스안전공사, 가스보일러 검사기준, 1996.
- 3) 한국가스안전공사, 가스레인지 검사기준, 1996.
- 4) 정중수, 박은성, 가스보일러용 세미 분철편 버어너의 배기특성 연구, 공기조화·냉동공학 논문집 7권, 3호, pp. 353~358, 1995.
- 5) American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 5th ed., 1986.
- 6) 황용규, 소방설비기사, 크라운출판사, 1998.
- 7) 한국가스안전공사, 가스보일러의 배기팬이 연소 상태에 미치는 영향, 1992.