KIGAS Vol.2, No.1, April, 1998
(Journal of the Korean Institute of Gas

가스난방용 적외선 히터의 연소배기가스 특성해석

김영규 · 권정락* · 김청균**

*한국가스안전공사 가스안전기술연구센터
**홍익대학교 기계공학과
(1997년 8월 10일 접수, 1998년 4월 2일 채택)

Analysis of the Characteristics of Flue Gas in Infrared Mobile Heaters for Gas Room Heating

Young-Gyu Kim · Jeong-Rock Kwon* and Chung-Kyun Kim**

*Gas Safety Technology & Research Center, KGS
**Dept. of Mechanical Eng., Hongik University
(Received 10 August 1997; accepted 2 April 1998)

요 약

본 연구에서는 부탄가스를 연료로 사용하고 있는 이동식 적외선 가스히터의 연소시 배출되는 배기가스의 농도수준과 특성을 분석하였다. 실험은 연소챔버의 크기와 챔버의 온도를 고려하여 실험을 수행하였다. 산소결핍 안전장치가 작동하는 O_2의 농도는 챔버의 내용적에 관계없이 18.3%로 각각 나타났고, 작동하는 시간은 내용적이 클수록 늦게 작동하였다. 밀폐공간에서 연소시 O_2와 CO_2는 선형성을 가지며, CO농도는 O_2나 CO_2의 발생수준과는 관계없이 연소가 시작된 10분 이후부터 그 발생폭이 불규칙적으로 크게 나타났다. 이들 결과는 가스 난방기를 실내에서 사용할 때 충분한 환기를 통하여 불안전 연소를 방지하고 O_2감소에 따른 질식사고와 CO에 의한 중독사고를 예방할 수 있다는 측면에서 대단히 중요하다.

Abstract - This paper deals with the combustion characteristics of flue gas in infared mobile heaters. The experimental work has been performed to obtain the concentration levels and combustion characteristics of flue gas with varying chamber size and room temperature. The experimental results showed that oxygen depletion sensor device was operated at the oxygen concentration level of 18.3% for all the chamber size. The combustion characteristics of oxygen and carbon dioxide show a linearity. After 10 minutes the combustion property of carbon monoxide occurs at random without a level of oxygen and carbon dioxide in closed space of the heater. In these results, it is very important to prevent incomplete combustion through a sufficient ventilation, and accident prevention with a reduction of the oxygen and diffusion of toxic carbon monoxide.

Key words : Gas appliance, Infrared mobile heater, Oxygen depletion sensor, Flue gas

1. 서 론

80년대에 급속한 경제성장과 함께 석유화학 공업이 발전하면서 액화석유가스(LPG : liquefied petroleum gas)의 생산 공급량은 크게 증가하였으며, 소득수준의 향상에 힘입어 액화석유가스는 취사용 뿐만 아니라 자동차 연료용, 난방용으로 계속 높은 증가율을 보여왔다[1,2]. 그러나 최근 가정용이나 상업용은 LPG 보급량의 한계와 액화천연가스(LNG : liquefied natural gas)의 공급확대로 성장속도가 둔화되고는 있으나 화석연료의 사용규제 강화로 여전히 증가가 예상된다. 청정에너지 연료로 인식되는 가스에너지의 국내보급이 확대되고 안정화 되면서 가스 난방기의 열효율과 신속한 난방효과 때문에 특히 이동식 가스 난방기 수요는 급증하는 추세에 있으며, 이에 따른 가스기기(gas appliance)의 안전성 문제가 높게 제기되고 있다.

가스 난방기(gas room heater)에는 바닥이나 벽에 설치하여 사용하는 가스난로, 팬히터, 가스 온풍기, 가스 온수기, 적외선 히터 등이 있다[3,4]. 이러한 가스 난방기는 전기나 석유 난방기에 비하여 설치나 이동 측면에서 제약성이 있으므로 이동과 사용영역이 비교적 자유로운 이동식 적외선 히터(infrared mobile heater)에 대한 선호도가 최근 높아지고 있다. 부탄연료 사용의 다각화로 80년대말 유럽형 적외선 히터가 소개되면서 스페인에서 수입되기 시작한 적외선 히터는 그 기능상 이동의 편리함과 현대인의 생활감각에 적합하여 보조난방기기로서 호평을 받아왔으며, 우리나라에서는 90년대초에 국산화가 이루어졌다.

적외선 히터[1]와 같은 개방형 가스기기를 실내에서 사용하게 됨에 따라서 CO 등의 불완전 연소가스로 인한 질식사고의 위험성이 있어 안전장치가 필요하다. 개방형 난방기기에서 환기가 잘 이루어지지 않거나 산소농도가 저하하여 불완전 연소가 이루어지면 이로 인한 CO가 다량 발생하게 된다. 산소결핍 안전장치(ODS : oxygen depletion sensor)[5]는 공기중의 산소농도가 주의한계 수준까지 저하할 경우에 적외선 히터의 가스통로를 자동적으로 차단하는 제어장치의 일종이다.

ODS의 개략적인 구조는 Fig. 1과 같으며, 밀폐된 공간에서 장시간 사용하게 되면 공기중의 산소농도가 서서히 저하하게 되어 A부분의 공기구멍으로 흡입되는 1차공기의 산소농도가 떨어지므로 연소속도보다 분출속도가 빨라져 불꽃 뜨임(flame lifting)이 일어나게 된다. 따라서 B부분의 열전대 끝단에 닿아있던 정상불꽃이 약화되어 자체의 기전력이 떨어지게 되고, 마그네틱 밸브(MPU : magnetic power unit)의 가스통로를 막아 메인버너로 통하는 가스를 차단하는 구조로 되어 있다[6].

실내에서 사용하는 가스 난방기의 사고통계를 보면 CO에 의한 중독사고와 질식사고가 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다[7]. 이와 같은 사고를 방지하기 위하여 실내 공기가 기준한도 이상으로 오염되면 자동적으로 가스를 차단시킬 수 있는 산소결핍 안전장치와 연소배기가스(flue gas)의 특성을 실험적으로 규명하는 것은 대단히 중요한 의미를 갖는다.

따라서 본 연구에서는 가스 난방기의 일종인 적외선 히터의 산소결핍에 따른 위험성, CO_2 및 CO에 관련된 연소상태를 비교분석함으로써 가스 난방기의 안전성과 신뢰성을 제고하고자 한다.

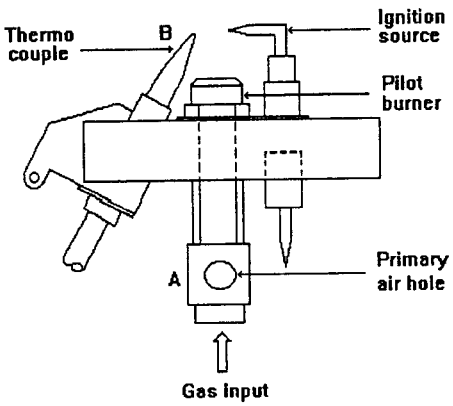

Fig. 1. Structure of the oxygen depletion sensor

2. 이론해석

적외선 히터를 일정 공간내에서 연소시키는 것은 밀폐된 공간에서 엔진을 운전시켜 불완전 가스를 배출하는 것과 같은 개념으로 생각할 수 있다. 즉, 내부공간내에 필요한 공기를 끌어들이고, 그 공간에서 직접 연소 배출물을 생성시킨다. 이러한 경우 다음과 같은 조건이 내부공간에서 발생하게 된다.

① 주위공기의 O_2 농도는 정상수준 (O_2 < 20.93%) 이하로 계속 감소한다.

② CO_2 농도는 정상수준 (CO_2 > 0.038%) 이상으로 계속 증가한다.

③ CO는 주위 분위기 (CO > 0) 속으로 계

속 확산한다.

적외선 히터와 같은 개방형 연소에서 발열량이 5,000 kcal/m^{3}인 가스 난방기의 경우 부탄 1m^{3}를 완전 연소시키는데 필요한 이론공기량은 약 4.6m^{3}이다. 그러나 실제로는 그 이상의 과잉공기량(excess air)이 요구되어 연소에 필요한 산소가 소비된다. 따라서 일정량의 환기가 이루어지고 있을 때 실내의 산소농도 변화는 다음식으로 주어진다[8].

$$K = \frac{0.21\beta G}{Q+(\beta-\alpha)G}\exp\left[-\{Q+(\beta-\alpha)G\}\frac{t}{V}\right] + \frac{0.21Q-0.21\alpha G}{Q+(\beta-\alpha)G} \quad (1)$$

여기서 V : 실내 용적 (m^3)
K : 임의시간에서의 산소농도
Q : 환기량 (m^3/h)
t : 시간 (h)
G : 가스 소비량 (m^3/h)
α : 공급가스의 이론 공기량 (m^3/m^3)
β : 공급가스의 이론배기 가스량 (m^3/m^3)

식 (1)에서 $(\beta-\alpha)G$가 Q에 비례하여 매우 작으므로 무시하고, 환기 회수 $n=Q/V$를 도입하여 정리하면 산소농도식 K는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$K = \frac{0.21\beta G}{Q}(e^{-nt}-1)+0.21 \quad (2)$$

일정한 실내공간에서 산소농도의 감소는 O_2의 소비량과 환기량 Q로 결정된다. 따라서 적외선 히터와 같은 개방형 연소기를 실내에서 사용할 때 실내의 공기상태와 직접 관련이 있는 것은 환기(ventilation)이고, 환기 회수에 따라서 실내의 산소농도는 변한다. 산소농도의 변화는 가스기기의 구조 등과 같은 여러 설계조건에 따라 다르게 되므로 간단히 정의하기는 어렵다. 그러나 실내공기중 산소농도가 약 19% 정도로 감소하면 유해한 CO가 발생하기 시작하는 것으로 실험에 의해 확인 되었다[5]. 산소농도 계산식을 사용하여 K=0.19일 때 1 m^3/h 가스당 필요한 환기량은 50 m^3/h, 최대 가스량은 G=0.018Q를 각각 이론적으로 구할 수 있다. 따라서 환기량 Q를 알면 사용 가능한 최대 가스량 G도 윗식에서 구할 수 있다.

한편, 연소시 산소농도가 감소하면 주위 이산화탄소 농도는 동시에 증가하게 되어 일정한 선형성을 갖는다. 연소반응 결과 산소에서 이산화탄소로의 변화는 간단하게 다음의 관계식으로 표현된다[8].

$$\zeta = \lambda - \psi(\lambda/\varepsilon) \quad (3)$$
$$\psi = \varepsilon/\lambda(\lambda-\zeta)$$

여기서 ζ : O_2의 농도
ψ : CO_2의 농도
λ : 오염되지 않은 대기중의 O_2의 규정농도 (20.93%)
ε : 완전 연소 반응후의 CO_2의 농도

프로판의 경우 ε=13.72이고, 부탄은 ε=14.02이다. 따라서 식 (3)을 부탄가스에 대해 정리하면 다음식과 같다.

$$\zeta = \lambda - 1.51\psi \quad (4)$$
$$\psi = 0.663(\lambda-\zeta)$$

식 (3)를 이용하여 메탄에도 적용할 수 있는데, 메탄의 경우 ε값은 11.88로 정의되므로 정리하여 관계식을 얻을 수 있다. 적외선 히터의 연료로 사용하는 부탄은 산소와의 연소반응으로 이산화탄소와 물이 생성되고, 기타 불완전연소 등의 원인으로 인하여 CO나 SOx, NOx 등이 소량 발생하게 된다. 식 (3)의 O_2와 CO_2의 상관 관계에서 O_2의 연소에 따른 CO_2의 값과 CO_2의 값을 가지고 O_2의 값을 각각 예상할 수 있다. Table 1에서는 각국이 정하고 있는 O_2와 CO_2 농도에 대한 규제 기준치를 제시하였다[9~11]

Table 1. Standard of O_2 and CO_2 concentrations

	O_2(%)	CO_2(%)
U.K.	18.6~19.74	0.8~1.5
U.S.A	18	1.96
Korea	18~19	-

3. 실 험

3.1. 실험모델

적외선 히터는 부탄가스 전용 난방제품으로 일명 용기 내장식 난방기라고도 하며, 열전달 방식에 따라서 방사식, 대류식, 촉매식으로 구분된다. 이것은 가스용기를 내장시키고 하부에 바퀴가 부착되어 실내에서 자유로이 이동하면서 사용할 수 있도록 설계된 난로로서 사용 중에 불이 꺼지는 경우는 자동적으로 가스통로를

차단해 주는 소화 안전장치와 실내의 산소농도가 부족한 경우에 작동되는 산소결핍 안전장치, 넘어졌을 때 화재 및 누설을 방지하는 전도 안전장치가 각각 부착되어 있다. 또한 실내에서 용기를 사용하게 되므로 용기밸브와 압력 조정기의 연결이 완전하지 않으면 사용이 불가능하도록 특수하게 설계되었다.

본 실험에서 사용한 실험모델은 동일용량, 동일방식의 적외선 히터 제품으로 대표적인 구조는 Fig. 2에 주어졌다.

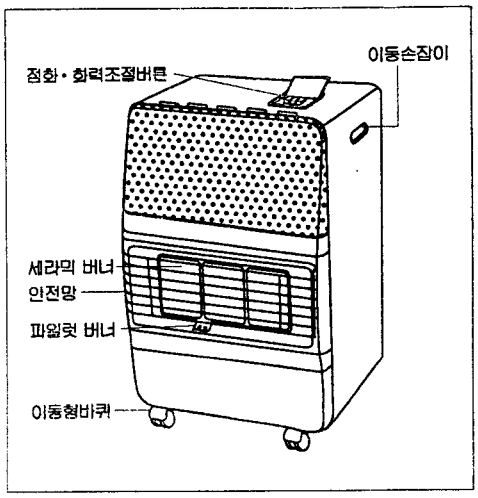

Fig. 2. Typical model of infrared mobile heater.

3.2. 실험장치 및 방법

본 연구에서 사용한 실험장치는 산소결핍 정도를 측정하기 위한 실험챔버와 연소가스를 분석하는 시스템으로 Fig. 3과 같이 구성되었으며, 연소시 발생되는 불완전 연소가스는 CO/CO_2 분석기(Model : KM-9004, Kane Int. Ltd)를 사용하여 측정하였다.

산소결핍 측정은 예비실험을 통하여 동일 모델중 가장 안정적인 연소상태를 보여주는 적외선 히터를 사용하여 Table 2에 주어진 챔버에 대하여 동일 조건으로 실험을 실시하였다. 실험은 ODS 챔버내에서 온도를 20±5℃로 일정하게 유지하여 동일 모델의 적외선 히터를 연소시키면서 ODS가 작동할 때까지 연소상태 변화를 국내에서 제작하여 사용되고 있는 실험챔버 크기별로 구분하여 실험을 실시하였다. 또한 내용적이 영국기준에 근접한 챔버 K의 내부온도를 26±5℃로 유지시켜 시험품별로 수차에 걸쳐서 연소실험을 실시하였다.

국내의 경우 산소결핍 안전장치 실험용 챔버의 크기는 4.5m^3 이상으로, 실험실의 온도는 유럽규격에서 제시하는 26±5℃에서 최근에는 20±5℃로 하향 조정하여 규정하고 있다[10]. 적외선 히터의 실험조건은 항온을 유지하여야 하고, ODS 작동에 영향을 미치는 조건 차이가 없어야 한다. 따라서 실험챔버는 냉난방 시스템으로서 일정온도로 실험실을 제어하기 위해 팬을 사용하여 공기를 순환시켜 항온상태를 유지해야 한다. 본 실험에 사용된 실험챔버에서의 풍향흐름을 Fig. 4에서 개략적으로 보여주고 있다. 또한 챔버크기는 국가별로 그 기준이 약간씩 다르며, Table 2에서는 국가별 챔버의 기준이 주어졌다[9~11].

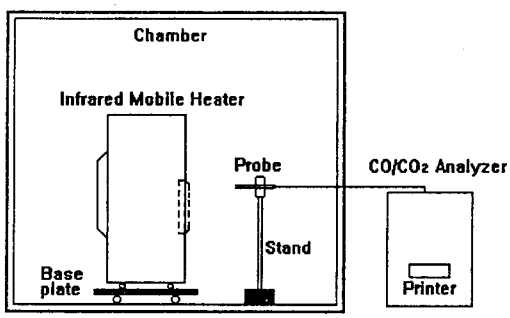

Fig. 3. Experimental apparatus.

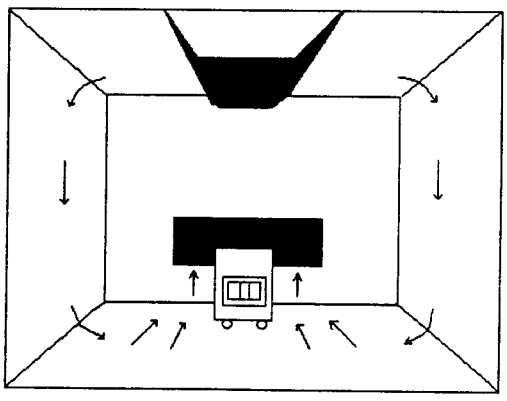

Fig. 4. Schematic diagram of internal air flow in a test chamber

Table 2. Standard of chamber size

	Internal volume(W×L×H)
U.K.	17.5m^3 above
U.S.A.	28m^3 above
Korea	4.5m^3 above

4. 실험결과 및 고찰

4.1. 챔버크기의 영향

밀폐된 내부공간에서는 개방형 연소기를 사용하는 경우 산소농도가 정상수준(20.93%)이하로 계속 감소하게 되면 위험수준에 이르기전 산소결핍 안전장치가 작동하여 질식사고를 예방할 수 있어야 한다.

연소에 따른 배기가스는 Fig. 3에서 제시한 것처럼 정면에서 측정하였고, 실험챔버의 크기별로 ODS가 작동할 때 항온상태에서의 연소결과를 3회씩 측정하여 그 평균값을 Table 3에 제시하였다. Table 3의 결과를 보면, 항온을 유지하면서 ODS가 작동하는데 걸리는 시간은 챔버의 크기가 클수록 전체면적을 오염시키는데 걸리는 시간이 길게 나타나고, 그 크기에 비례하였다. ODS의 작동점을 CO가 급격히 발생하기 이전의 안정적 범위내로 이끌어 내기위해서는 구성요소중 열전대의 성능과 불꽃과의 접점위치, 파일럿 버너의 안정성(노즐과 1차공기구의 크기, 혼합관의 길이), 압전소자의 위치, ODS 구성, 세라믹 플레이트와의 거리 등과 같은 설계요소와 관계가 있고, 또한 이들이 안정적 수준을 갖추고 있어야 하며, ODS가 작동될 때 ODS부분의 리프팅이 열전대의 팁 부분이상으로 확실하게 일어나야 한다.

Table 3. Experimental results of flue gas according to chamber types

Chamber type	Internal volume (m^3)	ODS operating time (min)	Flue gas			Measured position
			O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (ppm)	
K	18.75	40	18.3	1.8	23	Front
L	7.6	21	18.3	1.8	27	Front
M	6.86	20	18.3	1.8	30	Front

Figs. 5~6은 연소시간에 따른 O_2의 감소결과와 CO_2의 증가에 대한 실험결과치와 이론결과치를 비교하여 보여주고 있다. Fig. 5의 실험결과를 살펴보면, 챔버크기에 따른 O_2의 수준은 선형적인 감소경향으로 나타났는데 연소시간에 따라서 챔버가 큰 K형에서의 감소정도는 낮게 일어남을 보여주고 있다. 즉, O_2의 감소률은 챔버크기가 가장 큰 K형에서 상대적으로 작은 L, M형에 비하여 완만하게 O_2가 감소하고 있는데, 이것은 챔버의 내용적이 크기 때문에 그만큼 챔버내의 연소에 의한 배기가스 농도가 낮아 ODS가 작동하는데 까지의 걸리는 시간이 길어짐을 의미한다. 한편, O_2 농도 이론식 (1)을 수치적으로 해석한 결과에 의하면 챔버 K에서는 실험결과와 일치하였으며, 챔버가 작은 L, M에서는 정성적으로는 일치하는 경향을 보인 반면에 정량적인 측면에서는 약간 차이를 보여준다.

Fig. 6에서 CO_2의 발생은 O_2의 증가와는 반대로 증가하는 것을 보여주어 O_2 감소가 적은 K형 챔버의 경우 CO_2 증가도 L형이나 M형의 챔버에 비하여 비교적 완만함을 보여준다. 식 (1)을 수치해석하여 얻은 결과를 CO_2 농도식 (4)에 적용한 결과, 챔버 K에서는 CO_2의 발생이 비교적 일치함을 보여주고 있으나 챔버 L과 M의 경우는 시간이 경과할수록 차이를 보여주고 있다. 이와 같은 실험결과로 볼 때 O_2의 감소나 CO_2의 증가수준은 챔버가 큰 경우, 즉 실내용적이 크면 이론결과와 실험결과는 정성적·정량적측면에서 서로 일치하는 것으로 나타났으며, 실내용적이 작으면 그 결과는 정성적으로만 잘 일치함을 알 수 있다.

Fig. 7은 연소시간에 따라 발생되고 있는 CO의 분포수준을 보여주고 있는데 챔버가 작은 L과 M형의 경우가 K형의 경우보다 급격하게 CO가 증가함을 나타나고, 최종 CO 농도 또한 M, L, K형 순으로 높게 나타났다. 특히 챔버가 작은 L과 M형의 경우는 연소후 10분 정도가 지나면 CO의 발생이 급격하게 증가함을 보여준다.

동일한 용량의 적외선 히터로서 연소한 경우 챔버크기가 클수록 O_2 감소에 비해 CO 증가율은 둔하고, 챔버크기가 작을수록 CO는 증가하였다. 그리고 ODS의 작동시 O_2의 작동점이 모두 18.3%에서 작동하였으나 시간별 발생하는 CO 농도가 서로 상이하여 챔버크기에 따라 ODS가 작동하는 O_2 농도보다는 CO 농도와 관계가 있을 것으로 생각된다.

4.2. 배기가스 농도 해석

산소결핍 측정용 챔버내의 온도조건을 유럽기준과 동일한 K형 챔버의 내부를 26±5℃로 유지시킨후 실험모델별 연소배기 가스를 각각

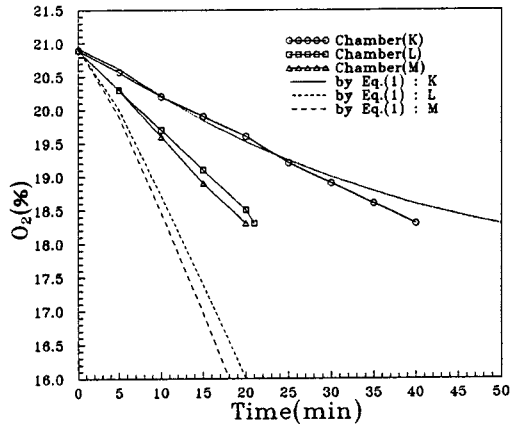

Fig. 5. Distribution level of O_2 as a function of combustion time.

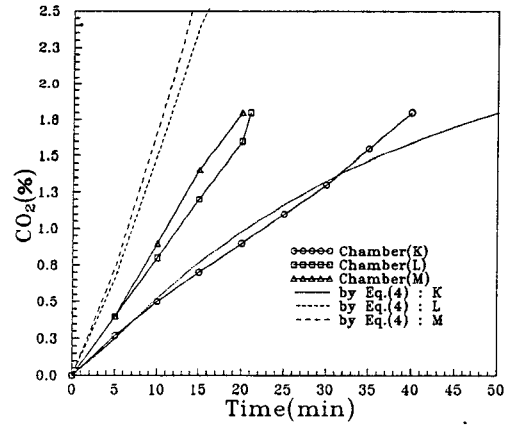

Fig. 6. Distribution level of CO_2 as a function of combustion time.

3회씩 측정하여 평균값을 Table 4에 제시하였으며, 그 결과를 요약하여 Figs. 8~12에 나타내었다. 여기서 실험모델 A~E는 가스소비량과 연소방식이 동일한 5개사의 제품으로서 본 실험에 적용하면 연소시 생성되는 배기가스의 특성을 해석하는데 도움이 될 것으로 예측된다.

Fig. 8은 연소시간이 증가함에 따른 산소의 감소률을 보여주고 있는데, 모델 A~E 모두 산소농도는 반비례적으로 감소하며 각 실험모델간의 산소 감소폭은 비교적 크게 나타났다. 또한 ODS의 작동시간은 챔버의 온도를 20±5℃로 유지하였을 때보다 약 10분정도 늦게 작동되어 챔버내의 온도조건이 높을수록 O_2의 감소

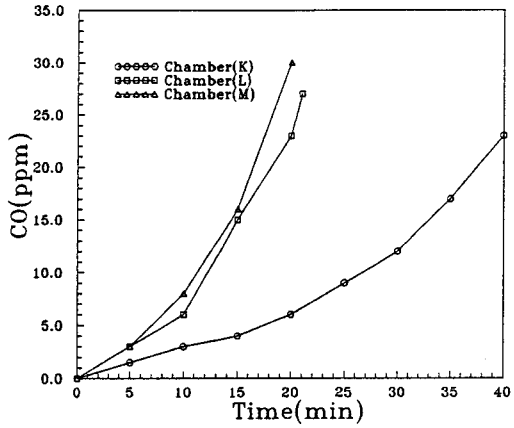

Fig. 7. Distribution level of CO as a function of combustion time

속도가 늦어짐을 알 수 있다.

Fig. 9의 결과를 살펴보면 이산화탄소는 연소시간이 증가하면서 발생률도 비례하여 높게 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 일정 공간내에서 적외선 히터를 연소시키면 연소에 의한 산소가 감소하면서 이산화탄소의 발생률이 높아지기 때문으로 설명된다.

Fig. 10에서 일산화탄소의 발생률은 산소나 이산화탄소의 발생결과와는 다른 경향을 보여주고 있는데, 특히 연소 초기부터 CO 발생폭이 매우 넓게 나타나기 시작하면서 연소시간 10분을 지나 50분까지 실험제품 전체에 대한 발생폭은 거의 일정수준인 것으로 나타났다. 또한 인체에 유해한 CO는 산소 발생률이 가장 낮게 나타난 실험품 B, C에서 가장 낮게 발생되고 있음을 보여주고 있다. CO는 적외선 히터의 발열체가 세라믹 플레이트 형태이기 때문에 가스발생으로 부터 발열체인 세라믹 플레이트까지의 연소 시스템이 불안정할 경우 불완전 연소에 의해서도 발생하게 되고, 적외선 히터의 연소조건이 양호하더라도 밀폐공간내에서 장시간 사용시 산소결핍에 의해 1차공기의 혼합되는 연소용 혼합공기의 상태가 불안정해져 연소에 필요한 산소농도가 저하함에 따라 발생된다. 국내외에서 제조된 적외선 히터는 모두 산소결핍 안전장치가 설치되어 있어 CO의 발생량이 일정수준에 이르기전에 안전장치가 작동된다. 그러나 시스템의 불안정으로 다량의 CO가 밀폐공간에 배출되어 있는 상태에서 인간이 호흡하게 되면 CO에 의한 중독사고를 일으키게 된다.

Figs. 11~12는 이산화탄소의 증가에 따른 산소와 일산화탄소의 발생정도를 보여주는 결

과로서 A~E 모델의 결과를 살펴보면 산소감소 정도는 E, D, A의 순으로 낮게 발생되었고, 일산화탄소의 경우 이산화탄소 1.5%까지를 고려하면 모델 C가 가장 낮게 나타났고 그 다음이 B, A의 순으로 각각 나타났다. 적외선 히터의 연소과정은 산화과정으로 산소감소와 이산화탄소의 증가로 이어지기 때문에 이들의 상관관계는 중요한 의미가 있다. 또한 CO는 이산화탄소 발생초기부터 폭넓게 발생되는 경향을 보여주며, 특히 모델 E, D에서 높게 나타나고 있다. CO는 이산화탄소의 증가와 비례하지는 않으나 산소 감소정도가 작을수록 CO가 높게 발생됨을 알 수 있다.

Table 4. Experimental results of flue gas according to the models

Flue gas	Company model	Measured time(min)					
		0	10	20	30	40	50
O_2 (%)	A	20.9	20.2	19.7	19.2	18.6	18.1
	B	20.9	20.2	19.6	19	18.5	17.8
	C	20.9	20.2	19.6	19	18.4	17.8
	D	20.9	20.3	19.7	19.2	18.7	18.3
	E	20.9	20.2	19.6	19.1	18.6	18.5
CO_2 (%)	A	0	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9
	B	0	0.5	0.9	1.3	1.7	2.1
	C	0	0.3	0.9	1.3	1.7	2.1
	D	0	0.4	0.8	1.1	1.4	1.7
	E	0	0.4	0.8	1.1	1.5	1.6
CO (ppm)	A	0	6	13	20	28	36
	B	0	6	12	19	27	36
	C	0	2	11	18	28	45
	D	0	6	17	27	40	50
	E	0	14	25	33	43	48

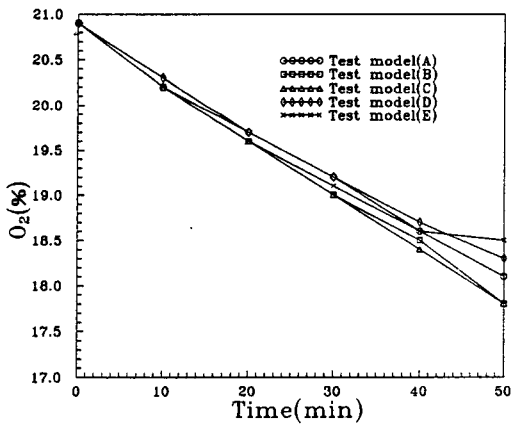

Fig. 8. Distribution level of O_2 as a function of combustion time in Chamber K.

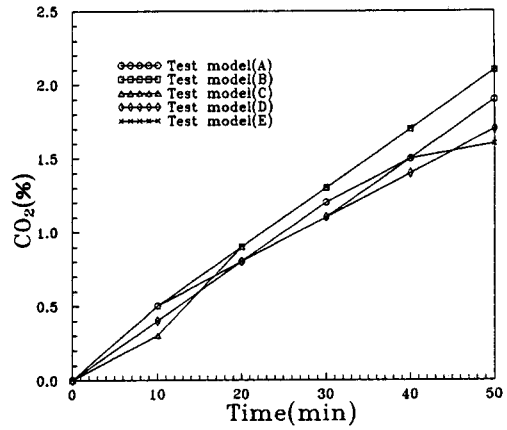

Fig. 9. Distribution level of CO_2 as a function of combustion time in Chamber K.

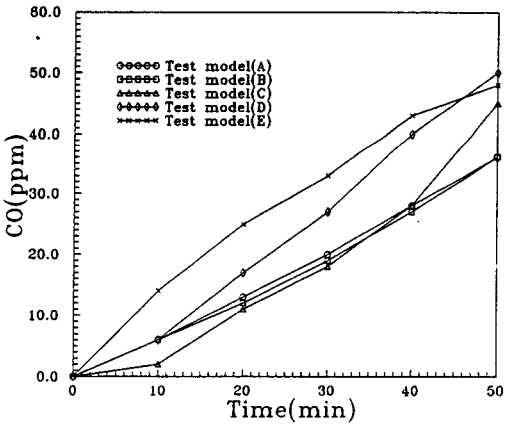

Fig. 10. Distribution level of CO as a function of combustion time in Chamber K.

5. 결 론

본 연구에서는 개방형 연소기의 일종인 적외선 히터의 연소에 따른 배기가스 특성과 영향성을 알아보기 위하여 챔버크기와 모델을 고려하여 실험적으로 수행하였다.

산소결핍 실험에서 ODS가 작동하는 O_2의 농도는 챔버의 내용적에 관계없이 18.3%로 각각 나타났고, ODS가 작동하는 시간은 내용적이

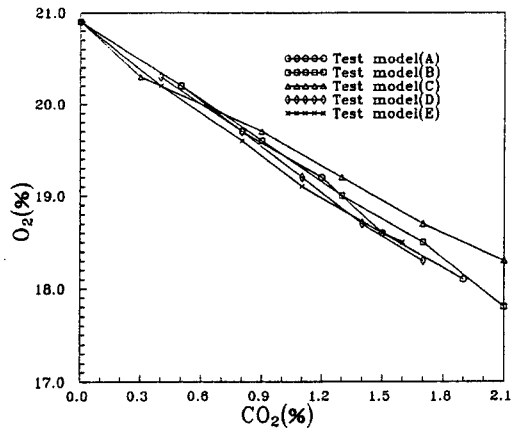

Fig. 11. Relationship of O_2 and CO_2 concentration in chamber K.

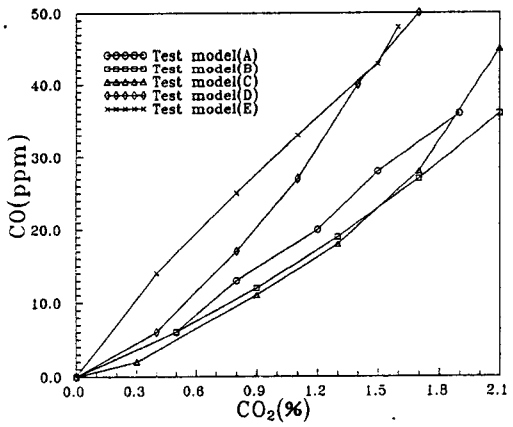

Fig. 12. Relationship of CO and CO_2 concentration in chamber K.

클수록 늦게 작동하였다. 밀폐공간에서 연소시 O_2와 CO_2는 일정한 선형성을 가지며, CO 농도는 O_2나 CO_2의 발생 수준과는 관계없이 불규칙적으로 발생하였다. 또한 CO는 연소후 10분부터 그 발생폭이 커지며, 챔버내의 초기 온도 조건이 6℃ 상승함에 따라 ODS는 약 10분 정도 늦게 작동되므로 챔버내의 온도가 높을수록 ODS 작동시간이 길어짐을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 적외선 히터와 같은 개방형 연소기를 실내에서 사용할 때 적정한 환기를 통하여 불완전 연소를 방지하고, 충분한 공기량을 공급하여 O_2 감소에 따른 질식사고와 CO에 의한 중독사고를 예방할 수 있을 뿐만 아니라 가스의 연소 안정성을 높일 수 있다는 측면에서 중요한 의미를 갖는다.

참고문헌

1. 日本ガス協會 : ガス器具の知識, 168~176 (1980).
2. 한국가스안전공사 : 가스사업체계 및 제도 개선에 관한 연구(1997).
3. 日本ガス協會 : 都市ガス工業(器具編), 76~81(1977).
4. 高壓ガス保安協會 : 最新のLPガス燃燒機器, 46~56(1987).
5. P. S. Stefani : Oxygen Depletion Safety Systems for Unvented Gas-Fired Space Heaters and Water Heaters, 5~15(1983).
6. George Jasper : "Gas Service Technology 3", Ernest Benn ltd, 174~181(1980).
7. 한국가스안전공사 : 가스사고편람(1997).
8. 日本東京ガス : ガス器具の基礎常識, 73~87 (1975).
9. BS 5258, Part 10 : Safety of Domestic Gas Appliances-Flueless Space Heaters (1980).
10. ANSI Z 21.11.2 : Gas Fired Room Heaters (1989).
11. KS G 5160 : 가스난로(1995).