

# 시설원예용 중유 온풍난방기에 관한 실험적 연구

## Experimental study on Space Heater for Green house Using Bunker-C Fuel

김종진\* 이승수\* 최규성\* 박병식\* 김혁주\* 구점섭\*\* 서정덕\*\*\* 노수영\*\*\*

정회원

정회원

정회원

정회원

J.J.Kim S.S.Lee K.S.Choi B.S.Park H.J.Kim J.S.Koo J.D.So S.Y.No

### 1. 서론

시설원예용 난방기의 연료로 주로 보일러 등유가 사용되었다. 그러나 연료단가가 높아 기존의 연료의 대체필요성이 높아 가고 있다. 일반적으로 초기설치비가 높더라도 저가의 연료를 사용하려는 경향이 있다. 본 연구에서는 기존의 보일러등유 전용 온풍난방기에 중유를 사용하여 저가의 연료를 사용할 수 있는 온풍난방기의 설계기술을 확립을 위하여 필요한 열설계 자료를 얻고자한다.

중유 전용 온풍난방기의 합리적인 설계를 위해서는 복사전열과 연관내에서의 대류전열 특성을 파악하여야 한다. 이미 보일러 등유(이하 난방유)를 이용한 온풍난방기의 연소실과 연관에서의 전열특성에 대한 연구를 한국에너지기술연구소에서 수행한 바가 있다. 그러나 중유를 사용하는 온풍난방기의 전열특성에 관한 연구는 찾아 볼 수가 없다. 따라서 본 연구를 통하여 중유온풍난방기의 전열특성을 파악하기 위한 실험 자료를 확보하고, 난방유를 사용하는 온풍난방기의 전열특성에 관한 선행연구결과와 중유온풍난방기의 전열특성을 비교·검토하고자 한다.

### 2. 실험장치 및 실험방법

#### 2-1. 실험장치

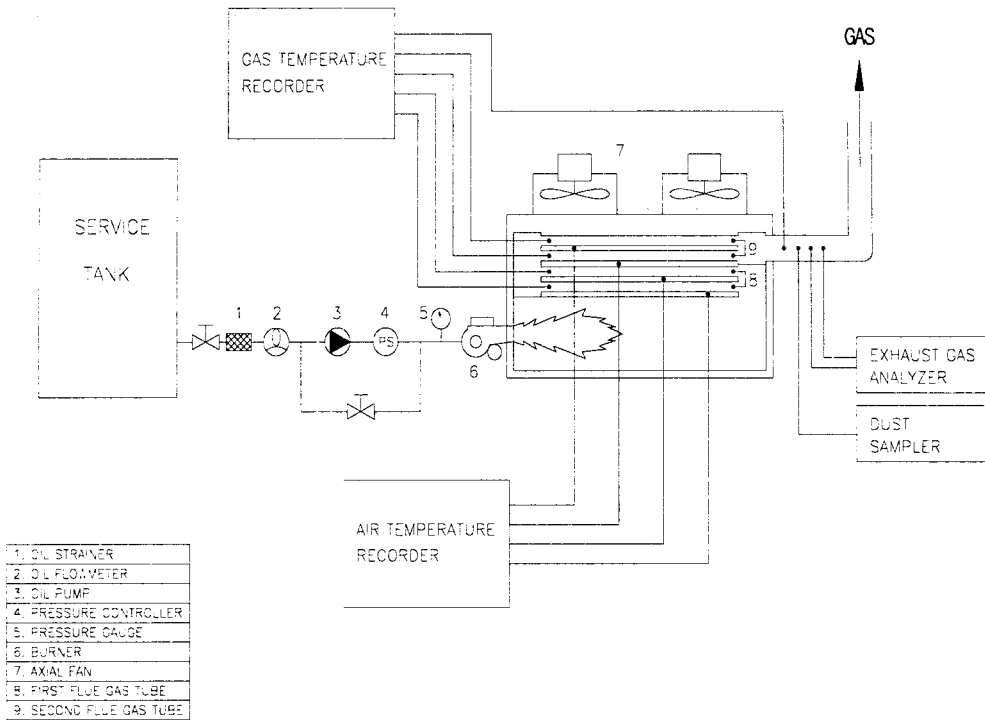
[그림 1]에 온풍난방기의 성능 시험에 사용한 실험장치의 개략도를 도시하고, [그림 2]에 성능시험에 사용한 온풍난방기의 구조도 및 온도측정 probe 설치위치를 도시한다.

---

\* 한국에너지기술연구소 에너지효율연구부 보일러연소로연구팀

\*\* 합명회사 신흥기업사 신흥기술연구소

\*\*\* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과



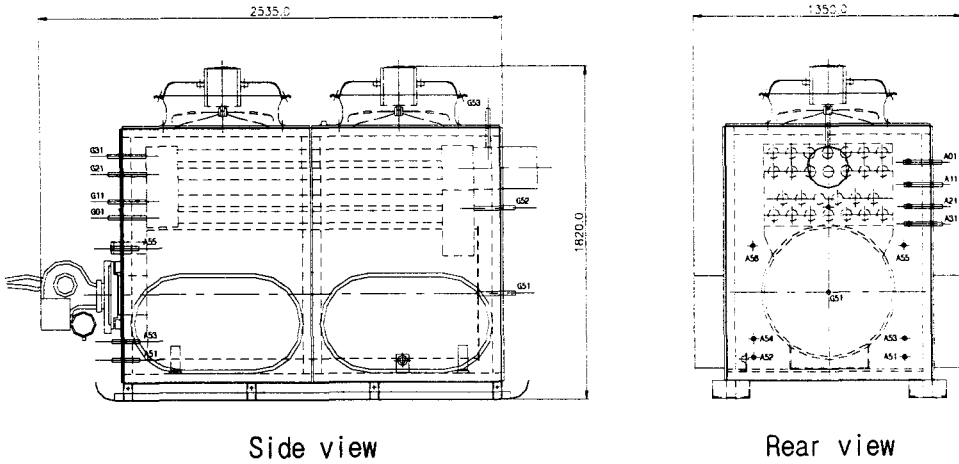
[그림 1] 성능시험 장치의 개략도

[그림 2]의 온풍난방기는 본 연구의 참여기업인 (합)신흥기업사에서 시판하고 있는 용량 200,000 Kcal/h의 온풍난방기를 개조하여 각 부의 온도를 측정할 수 있도록 [그림 2](b)와 같이 온도측정 probe를 설치하였다.

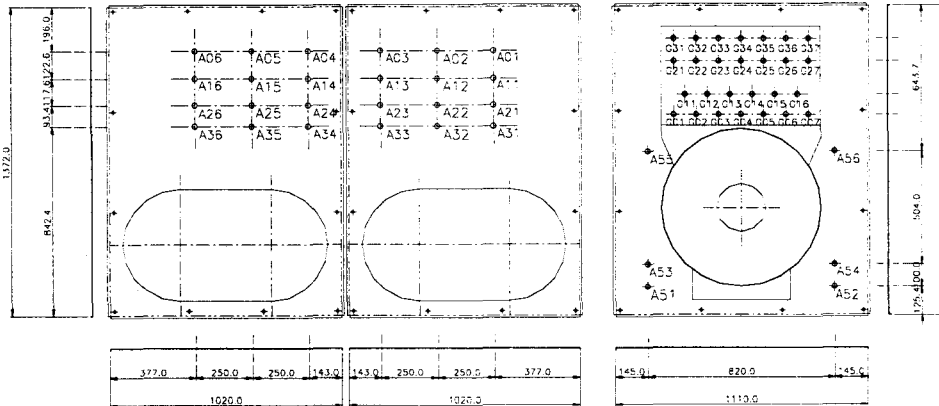
연관에서의 전열특성을 파악하기 위해 모든 연관내부에  $\phi 8 \times 2000\text{mm}$ 의 K-type 열전대를 설치하고 이 온도측정 probe를 100mm 간격으로 이송하며 연관내부에서 온도분포를 측정하도록 하였다. 열전대 출력은 Yokogawa hybrid recorder HR-1300과 model 3088에 의해 기록된다.

연료소비량의 측정을 위해서는 Oval 유량계를 사용하였다. 공기비의 측정은 배기가스중의 산소( $\text{O}_2$ )농도를 측정하여 환산하였으며,  $\text{CO}_2$ 와  $\text{SO}_2$ 의 배출량도 동시에 측정하였다. 배기가스의 분석에는 Siemens사의 Ultramat 23을 사용하였다.

연료로서는 중유(Bunker-C)를 사용하여, 온풍용 공기량은 약  $350 \text{ Nm}^3/\text{h}$  (rev=1,744 rpm)로 일정하게 유지하였다. 그리고 난방유와는 달리 원활한 연료의 연소를 위해 중유는 예열이 필요하므로 온도조절이 가능한 히터를 서비스 탱크에 장착하여  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 유지하였고 버너자체의 예열기는  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하였다.



(a) 온풍난방기



A01-A56 : Air temp. probe

G01-G37 : Gas temp. probe

(b) 온도 probe 위치

[그림 2] 성능 시험용 온풍난방기 구조도 및 온도 probe 위치

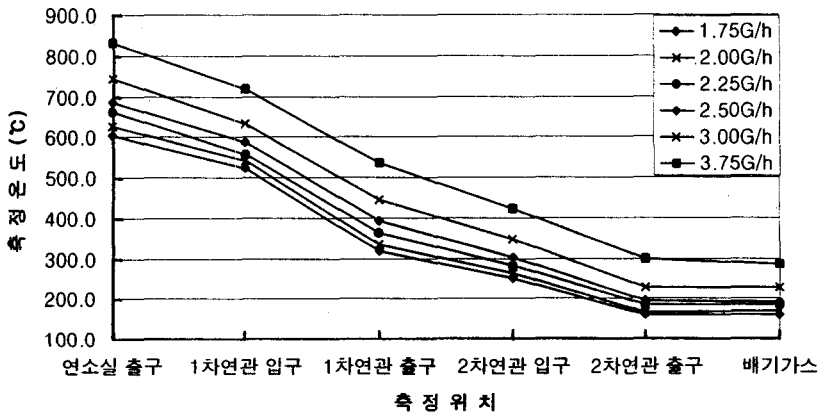
## 2.2 실험방법

먼저  $25\text{kgf/cm}^2$ 의 펌프압력 하에서, 분사노즐(1.75G/h, 2.0G/h, 2.5G/h, 3.0G/h, 3.75G/h)을 변화시켰고 각 노즐에 대해서 분사압력을 변화시켜 그에 따른 온도분포를 측정하였다. 그리고 동일 입열량의 난방유와 중유를 연소시켜 연관내 온도분포를 난방유를 이용한 연구<sup>(1)</sup>에서 온풍난방기 설계프로그램의 기본자료와 비교하였다.

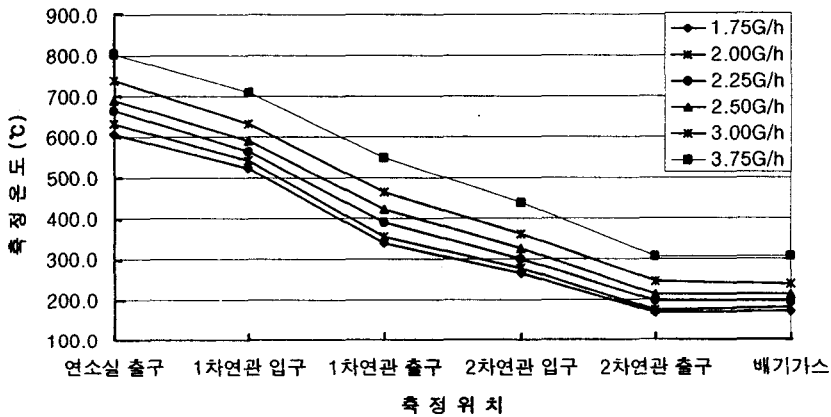
## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 분사노즐별 온도분포

[그림 3] 은 배기가스중의 산소농도를 3%와 5%로 대로 유지하면서 노즐을 변경 교체 하면서 실험한 경우에 얻은 연관내 온도분포를 도시한다.



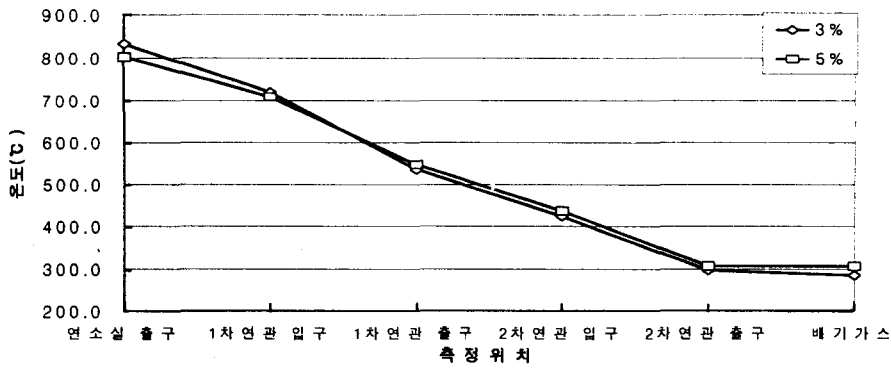
(a) 노즐별 연소가스 온도변화(O<sub>2</sub>:3%)



(b) 노즐별 연소가스 온도변화(O<sub>2</sub>:5%)

[그림 3] 노즐별 온도분포

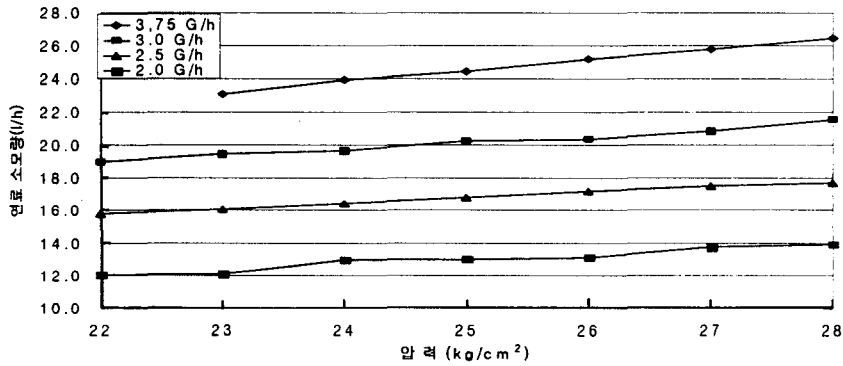
분사노즐의 사이즈가 연료소비량과 비례하기 때문에 분사노즐이 클수록 연관내 온도는 높음을 알 수 있다. 전체적인 온도변화의 경향은 연소실 출구로부터 배기구까지 온도가 떨어지는데 특히 1차연관에서 온도변화의 폭이 크다. [그림 4] 에서 주목할만한 점은 배기가스의 농도가 3%인 경우에 연소실 출구의 온도가 5%인 경우보다 높은 반면 배기가스의 온도는 반대의 현상을 보여준다. 이는 대류전열 효과인 것으로 판단된다. 위의 결과는 난방유를 이용한 결과<sup>(1)</sup>와 같은 경향을 보여준다. 난방유 실험과 같이 저공기비 운전이 시스템효율을 상승시킴을 보여준다.



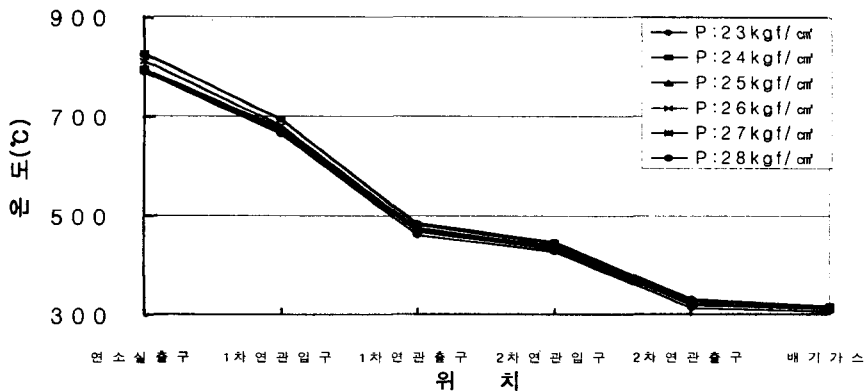
[그림 4] 산소농도에 따른 온도 비교

### 3-2. 압력변화에 따른 온도분포

[그림 5] 는 노즐별 압력변화에 대한 연료소비율을 보여준다.



[그림 5] 압력변화에 대한 각 노즐별 연료소비량



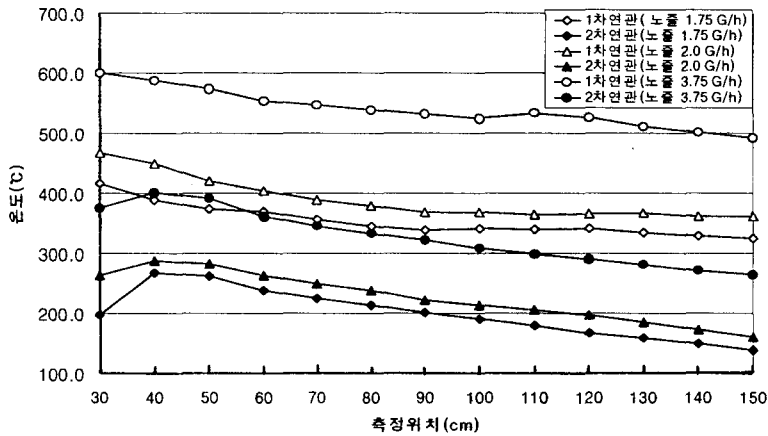
[그림 6] 압력변화에 따른 온도분포

연료소비율은 압력에 완만하게 비례함을 알 수 있다. 선형 보간을 통해 압력범위 이외

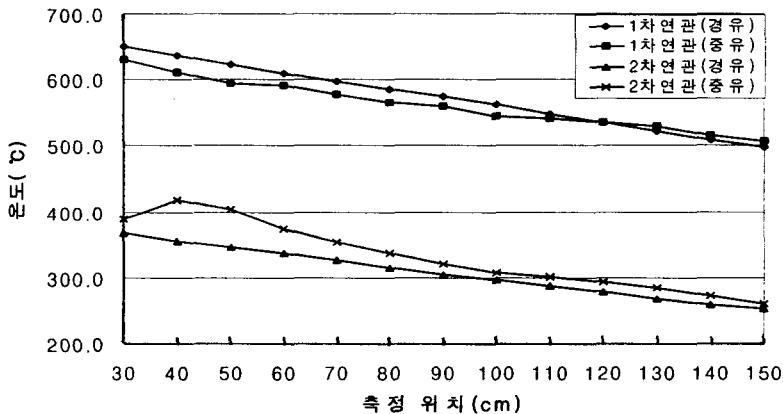
의 압력에서 연료소비량을 예상할 수 있다. [그림 6]에서 3.75 G/h 노즐에서 압력변화에 대한 연관내 온도분포를 보여준다. 연료량 변화가 적은 만큼 온도차가 적게 난다. 분사압이 높을수록 연료소비량이 많기 때문에 연관내 온도분포는 높지만 연소실 출구온도가 최대 50 °C 정도의 차이가 나고 온풍기 배기구로 갈수록 그 차이는 작아진다.

### 3-3. 동일 입열량하에서 비교

난방유와 중유는 비중과 발열량이 다르기 때문에 같은 연료량을 소비시키더라도 연관내 온도분포는 다르다. 그래서 같은 입열량의 연료를 소비시켜 연관내 온도차이를 비교하였다.



[그림 7] 노즐별 1,2차연관내 온도분포



[그림 8] 동일 입열량의 난방유와 중유연료의 경우 연관내 온도분포

[그림 7]에서 난방유를 이용한 실험에서 얻어진 자료와 비교하기 위하여 노즐을 변경

교체하면서 연관내 온도를 10cm 간격마다 측정하였다. 전체적으로 실온의 공기와 먼저 접하는 2차 연관내 온도 하락이 크고 1차연관 측에서는 완만한 온도 하락을 보인다.

[그림 8]에서는 위의 결과중 3.75 G/h 노즐에 대해서 동일 입열량의 난방유와 중유연료를 비교하였다. 연관내에 온도분포를 보면 1차연관에서는 난방유를 연료로 사용할 경우에 온도가 대략 20~15℃ 정도 중유를 연료로 한 경우보다 높고 120cm 지점에서 반전되어 2차연관에서는 중유를 연료로 사용한 경우에서 온도가 높게 나온다. 이는 중유 연료 경우 연소실 출구 온도가 난방유의 경우보다 낮게 나타나는 것은 중유화염이 난방유 화염보다 휘도가 높기 때문인 것으로 사료된다. 전체적으로 난방유에서는 1차연관과 2차연관의 온도차가 265℃ 이고 중유는 229℃이다. 난방유일 경우에 1,2차연관 주위를 흐르는 공기에 열전달율이 중유보다 더 높음을 알 수 있다.

#### 4. 요약 및 결론

1. 노즐별 연관내 온도 분포는 노즐 치수에 거의 비례하는 경향을 보여준다. 대류전열 효과로 배기가스중의 산소농도가 3% 인 경우 1차연관의 온도가 5% 인 경우보다 높지만 2차연관 출구에서는 정반대의 현상이 일어난다. 저공기비로 온풍난방기를 운전하면 시스템효율이 상승하는데 이는 난방유를 이용한 실험과 같은 결과이다.
2. 각 노즐에 대해서 분사펌프의 압력을 변화시킬 경우에 최대압력하에서 높은 온도분포를 보여준다. 압력의 변화는 노즐의 크기변화보다 연료량과 연관내 온도변화가 적다.
3. 동일 입열량의 난방유와 중유를 소비시킬 경우에 1차연관에서는 난방유가 더 높은 온도를 보여주지만 2차연관에서는 반대의 현상이 일어난다. 전체적으로 난방유를 연소시켰을 때 1,2차 연관의 온도차가 더 크므로 연소가스로부터 공기로의 열 전달이 높음을 알 수 있다. 그러므로 중유 전용 온풍 난방기에 있어 1,2차 연관의 배열이 난방유연료 온풍난방기와는 달라져야함을 보여준다.

#### 5. 참고문헌

1. 김종진 외, 시설원예용 온풍난방기에 관한 실험적 연구, 한국농업기계학회 1999년 동계학술대회 논문집, Vol.4, No.1, 1999
2. 김종진, 연소관리기법 기술 세미나 에너지 관리공단 충북지부, 1989
3. 김종진, 이창용, 성두용, 이효국, 보일러 열 설계 매뉴얼, 한국에너지기술연구소 보일러연구팀, 1984
4. 島村弘志, 1981, O<sub>2</sub>トリミングシステムによるボイラの低空氣比燃焼, 化學裝置, 81(6):136~141
5. 농업기계 규격, 1991, 농업용 온풍난방기 시험 방법, NAMRI T 7010