

시설원예용 온풍난방기에 관한 실험적 연구

Study on Space Heater for Green Houses

김종진*, 김종균*, 최규성*, 김혁주*, 박병식*, 서정덕, 노수영**
정희원, 비회원, 비회원, 비회원, 비회원, 정희원, 정희원
J.J.Kim, J.K.Kim, K.S.Choi, H.J.Kim, B.S.Park, J.D.So, S.Y.No

1. 서론

시설원예의 난방을 위한 난방기기로서는 온풍난방기 및 온수난방을 위한 보일러가 널리 이용되고 있다. 그러나 대부분의 시설원예의 난방은 온풍난방기에 의존하고 있고 일부 대형 시설의 경우에만 온수보일러를 이용하고 있다. 그러나 이 온풍난방기에 대하여 기술적으로 체계적인 연구가 국내에서 진행된 바가 거의 없다. 온풍난방기의 제작업체는 전국에 널리 산재하여 있지만, 어떤 체계적인 연구도 진행된 바가 없고, 단지 경험적으로 온풍난방기를 설계제작하고 있다.

온풍난방기의 합리적인 설계를 위해서는 연소실에서 복사전열과 대류부인 연관에서의 대류전열 특성을 파악하여야만 가능하게 된다. 이 전열특성을 파악하기 위해서는 온풍난방기의 각부에서의 온도분포를 측정하여 한다. 그러나 온풍난방기의 연소실이나 연관에서의 전열특성 파악을 위한 연구가 거의 진행된 바가 없으며 온풍난방기 내부에서의 온도분포의 측정에 관한 연구결과도 찾아 볼 수가 없다. 온풍난방기의 검사기준은 단지 온풍난방기의 성능만을 평가하는 실험만을 규정하고 있어서 성능검사 시에도 배기가스의 온도만을 측정한다. 따라서 온풍난방기의 합리적인 설계를 위한 전열특성의 해석을 위한 어떤 구체적인 자료도 국내에서 찾아볼 수가 없다.

따라서 본 연구에서는 온풍난방기의 열설계기술을 확립하기 위하여 온풍난방기의 특성실험을 실시하였다. 온풍난방기의 온풍공급용 팬의 성능을 시험하였고, 연소가스와 공기의 각부에서 온도를 측정하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

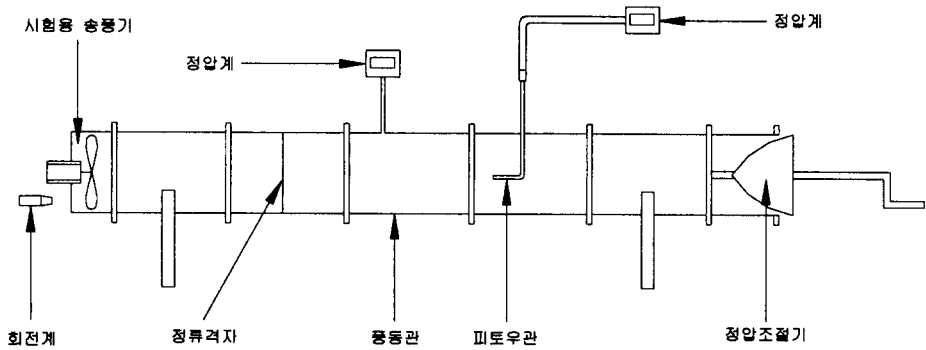
2-1 온풍공급용 팬의 성능실험 및 실험방법

[그림 1]에 온풍난방기에 장착하여 사용하는 온풍공급용 팬의 성능시험 장치를 도시한다.

온풍난방기에 장착될 2개의 온풍공급용 팬을 각각 [그림 1]의 실험장치에 장착하여 KS B 6311 “송풍기의 시험 및 검사방법”에 준하여 성능시험을 실시하였다.

* 한국에너지기술연구소 에너지효율연구부 보일러·연소로연구팀

** 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

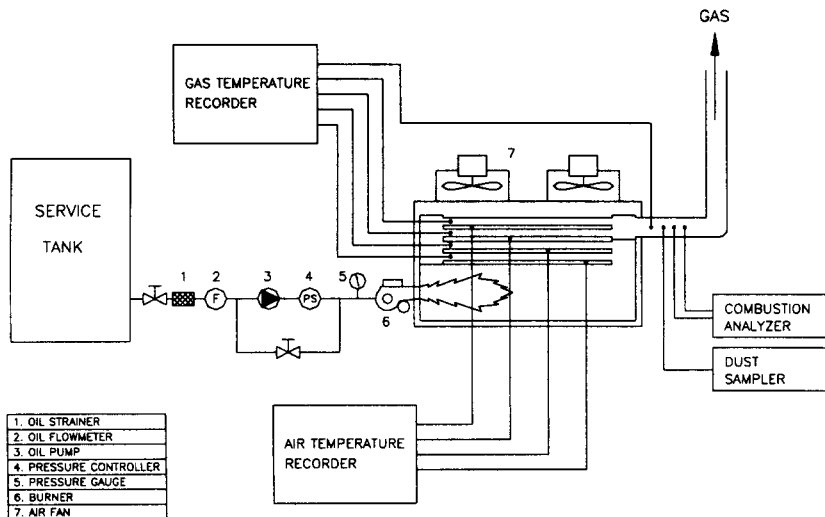


[그림 1] 온풍기용 팬의 성능시험 장치

정압조절기를 조작하여 온풍공급용 팬의 토출압을 조절하면서 그 성능을 시험하였다. 정압측정용 마노미터는 Okano Works Ltd.의 Digital 마노미터를 사용하였고, 피토관의 동압측정을 위해서는 TSI사 8360-M의 마노미터를 사용하였다. 또 전류의 측정을 위해서는 Yokogawa 사의 model 2433 AC power meter를 사용하였다.

2-2 온풍난방기의 성능시험장치 및 실험방법

[그림 2]에 온풍난방기의 성능시험에 사용한 실험장치의 개략도를 도시하고, [그림 3]에 성능시험에 사용한 온풍난방기의 구조도 및 온도측정 probe 설치위치를 도시한다.

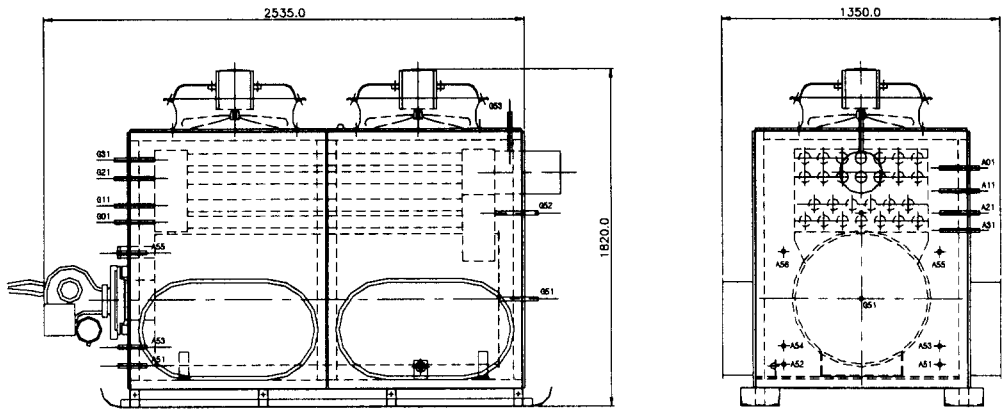


[그림 2] 성능시험 장치의 개략도

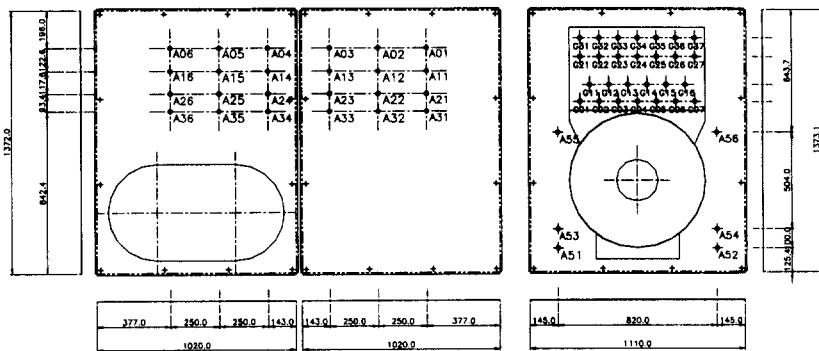
[그림 3](a)의 온풍난방기는 본 연구의 참여기업인 (주)신흥기업사에서 시판하고 있는 용량 200,000 kcal/h의 온풍난방기를 개조하여 각 부의 온도를 측정할 수 있도록 [그림 3](b)와 같이 온도측정 probe를 설치하였다.

연관에서의 전열특성을 파악하기 위해 모든 연관내부에 $\phi 8\text{mm} \times L2,000\text{mm}$ 의 k-type 열전대를 설치하고 이 온도측정 probe를 10mm 간격으로 이송하며 연관내부에서 온도분포를 측정하였다. 공기측의 온도변화를 측정하기 위하여 1차연관 출구, 1차연관 사이, 2차연관 입구, 2차연관 출구에도 $\phi 6\text{mm}$ k-type 열전대를 설치하였다. 가스측과 공기측의 열전대 출력은 Yokogawa Hybrid recorder HR-1300와 model 3088에 의해 계측 기록하였다.

온풍난방기의 성능실험을 위하여 연료로서는 난방유를 사용하여, 온풍용 공기량은 약 350 Nm³/min (회전수 1,744rpm)으로 일정하게 유지하고, 연소량과 공기비를 변수로 하여 특성 실험을 실시하였다. 연소량은 분사노즐을 교체하여 변경하였으며, 연소량의 측정을 위해서는



(a) 성능시험용 온풍난방기 구조도



(b) 온도 probe 설치 위치

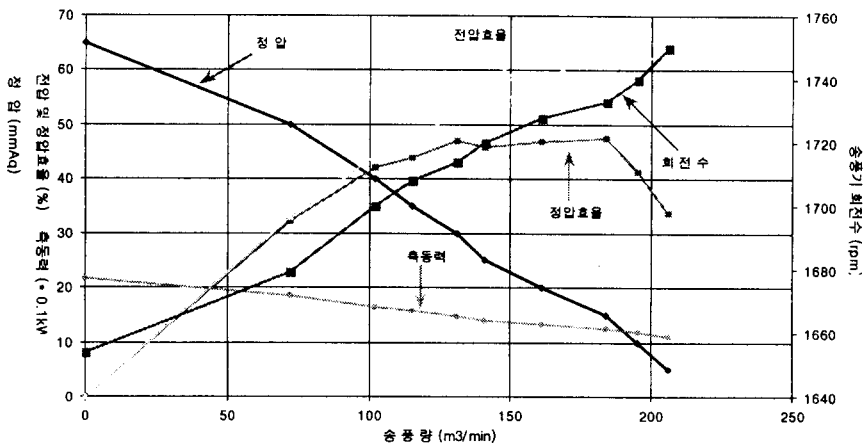
[그림 3] 성능시험용 온풍난방기 구조도 및 온도 probe 위치

Oval 유량계를 사용하였다. 공기비의 측정은 배기가스 중의 산소(O₂)농도를 측정하여 환산하였으며, CO와 SO_x의 배출량도 동시에 측정하였다. 배기가스의 분석에는 Siemens사의 Ultramat 23 (O₂농도측정은 전기화학식 센서, CO와 SO_x 농도측정은 NDIR법)을 사용하였다.

3. 실험결과

온풍난방기에 장착된 온풍공급용 팬의 성능시험 결과를 [그림 4]에 도시한다.

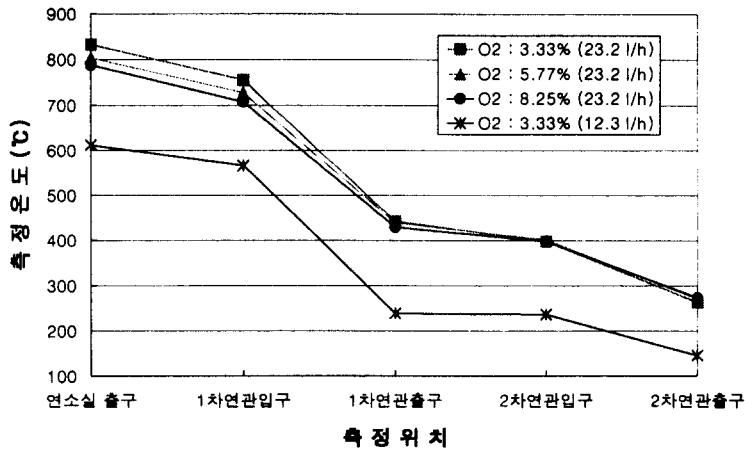
회전수와 송풍량의 관계는 거의 직선적인 관계를 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 온풍난방기에 이 팬을 장착하는 경우 온풍공급용 팬의 회전수를 측정하면 쉽게 [그림 4]의 결과를 이용하여 온풍공급용 팬의 성능을 확인할 수 있다.



[그림 4] 온풍공급용 팬의 성능시험 결과

[그림 5]는 연소실 출구, 1차연관 출구, 2차연관 출구에서 연소가스온도를 측정한 결과이다. 연소량이 23.3 l/h인 경우 연소실출구에서 연소가스온도는 약 800℃이고, 1차연관 입구온도는 700~770℃이며, 1차연관에서는 약 300℃의 온도가 강하한다. 또 2차연관 입구에서 가스온도는 약 400℃이고, 2차연관 출구에서는 약 270℃로 배기가스가 배출된다. 연소실출구 또는 1차연관 입구에서 연소가스온도는 배기가스 중의 산소농도가 3.33%인 경우에 가장 높고, 산소농도가 가장 높은 8.25%인 경우에 가장 낮다. 그러나 2차연관 출구에서 가스온도는 산소농도가 3.33%의 경우가 가장 낮고, 산소농도가 8.25%인 경우가 가장 높아진다. 이와 같이 대류전열부에서 가스온도가 산소농도의 변화에 따라 반전되는 것은 대류전열 효과인 것으로 판단된다. 이 그림에서 저공기비로 온풍난방기를 운전하면 과잉공기의 감소에 의한 에너지 절약뿐만 아니라 최종 배기가스온도도 낮아져서 시스템효율이 상승되는 것을 알 수 있다.

부분부하 운전성능을 파악하기 위하여 연료분사 노즐을 교체하여 연소량을 12.3 l/h로 실



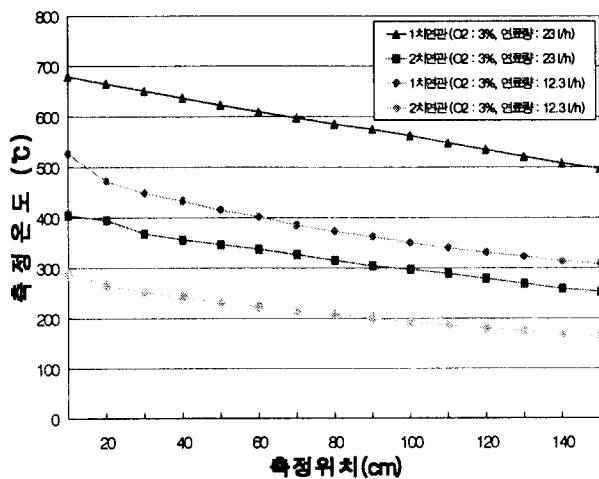
[그림 5] 각 부에서의 온도측정 결과

협한 경우 각부에서 온도는 연소량이 23.3 l/h인 경우와 매우 유사한 경향을 가지며, 두 경우 연소실 출구에서 약 200℃의 온도차가 있지만 2차연관 출구에서는 약 150℃의 온도차가 있는 것으로 나타났다.

1차연관과 2차연관 내부의 연소가스온도를 측정된 결과를 [그림 6]에 도시하고, 온풍용 공기의 온도분포를 [그림 7]에 도시한다.

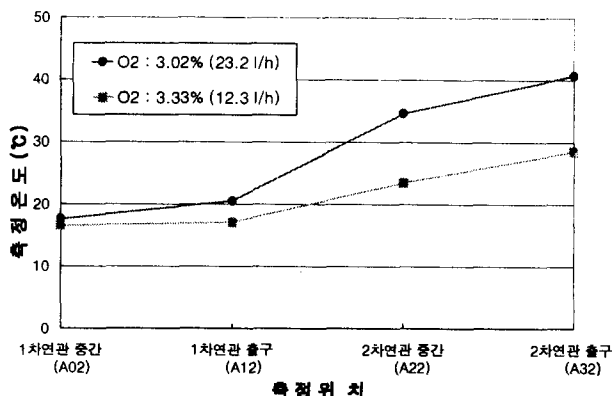
고부하 운전시나 저부하 운전시의 연관내부 온도분포는 매우 유사하며, 1차연관과 2차연관에서 가스온도는 거의 유사하게 감소하는 것으로 나타났다. 이 온도분포 측정결과를 온풍 난방기 설계프로그램의 기본자료로 활용할 계획이다.

온풍공급용 팬에서 공급된 공기가 1차연관부(A00~A12)에서는 온도상승이 완만하지만 2차연관부(A12~A32)에서는 온도가 비교적 크게 상승함을 알 수 있다. 이것은 가스측의 온



[그림 6] 연관내부의 가스온도분포

도강하가 1차연관에서 급격하고 2차연관에서 비교적 완만한 것과 일치한다. 이것은 고온 대류전열부인 1차연관의 LMTD (Logarithm Mean Temperature Difference ; 대수평균온도차)가 저온 대류전열부인 2차연관의 LMTD보다 큰 것에 기인한다.



[그림 7] 온풍용 공기의 온도변화

4. 결론

1. 연소실출구 또는 1차연관 입구에서 연소가스온도는 배기가스 중의 산소농도가 3.33%인 경우에 가장 높고, 산소농도가 가장 높은 8.25%인 경우에 가장 낮지만, 2차연관 출구에서 가스온도는 산소농도가 3.33%의 경우가 가장 낮고, 산소농도가 8.25%인 경우가 가장 높아진다. 이와 같이 대류전열부에서 가스온도가 산소농도의 변화에 따라 반전되는 것은 대류전열 효과인 것으로 판단된다.
2. 저공기비로 온풍난방기를 운전하면 과잉공기의 감소에 의한 에너지 절약뿐만 아니라 최종 배기가스온도도 낮아져서 시스템효율이 상승한다.
3. 온풍난방기 연관내부에서의 온도분포 측정결과, 연관내부의 온도감소는 거의 모든 조건에서 매우 유사하게 나타났다. 이 결과는 온풍난방기의 열설계자료로 활용될 수 있다.

5. 후기

본 연구는 농림수산기술관리센터에서 지원한 농림부 기획과제인 “시설원예용 저가연료 대체기술개발” 연구의 일환으로 수행된 내용의 일부입니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

6. 참고문헌

1. 안정균, 농업용난방기의 송풍기 풍량과 배출온도에 관한 연구, 건국대학교 석사학위 논문, 1993
2. 한국공업규격, 송풍기의 시험 및 검사 방법, KS B 6311, 1972
3. 김종진 외, 보일러 열설계 매뉴얼, 한국에너지기술연구소 보일러연구팀, 1984