

# 갈탄 난방기의 개발과 성능시험

## Development of a lignite coal heater and performance test

장동일\*      한우석\*      임영일\*      염호\*\*  
 정희원      정희원      정희원

D. I. Chang      W. S. Han      Y. I. Lim      H. Yeom

### 1. 서론

계사 및 돈사에 열풍을 이용하여 난방을 행하는 축산용 난방기는 대부분 열풍을 발생시키는 연료로써 경유를 사용하여 열을 발생시키고 그 열로 공기를 가열하여 공급하는 방식을 취하고 있다. 그러나 이와 같은 방법은 최근의 IMF 이후의 유류비의 상승으로 난방비가 축산 농가에게 상당한 부담을 주는 요인이 되고 있다. 그러므로 부하 변동에 따른 적응성이 다소 떨어지는 단점은 있지만 가격이 유류의 가격(709원/ℓ)과는 비교도 안될 만큼 낮은 갈탄(87원/ℓ)을 연료로(1998년 2월 물가정보)하는 난방기 개발이 필요하게 되었다.

본 연구의 목적은 갈탄을 연료로 하는 농업시설용 난방기를 개발하고, 그 성능을 평가하는데 있다.

### 2. 시작기의 개발

#### 가. 설계 기준

난방기의 용량은 보편적 규모인 양돈 120평, 양계 250평 규모를 적정온도로 유지할 수 있는 80,000 kcal/h를 기준으로 하였으며, 갈탄의 성분 분석은 다음 표 1과 같다.

Table 1. Proximate and element analysis of the coal

Coal species	Proximate analysis				Elementary analysis				
	Moisture	Ash	Volatile matter	Fixed carbon	C	H	O	N	S
Anthracite		19.8	6.6	71.9	73.6	2.5	2.6	0.9	0.37
Batuminous	7.2	8.9	28.2	60.0	77.9	4.5	7.0	0.9	0.7
Subbituminous	23.5	10.5	47.5	42.0	69.1	5.5	24.6	0.8	0.19
Lignite	67.5	1.2	52.8	46.0	67.8	4.8	26.7	0.6	0.25

#### 나. 난방기의 설계

##### 1) 화격자 연소장치의 설계

고체연료 연소장치중 가장 간단한 산포식 고정 화격자 방식을 선택하였다. 이 구조는 타

\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

\*\* 우일산업

이머에 의해 연료가 공급되어지고 그 연료를 노내의 고정된 화격자 위에 고정층을 만들고, 여기에 공기를 보내서 연소시키는 방법이다.

화격자의 면적은 다음 식으로 구하였다.

$$A_c = \frac{J_f \times h_f}{I_A} \dots \dots \dots (1)$$

- 여기서,  $A_c$  = 화격자의 크기( $m^2$ )
- $J_f$  = 연료 주입량( $kg/h$ )
- $h_f$  = 석탄의 발열량( $kcal/h$ )
- $I_A$  = 면적 연소 강도( $kcal/h \cdot m^2$ )

2) 송풍장치

연소 장치에 필요한 공기는 하부에서 불어 주는 방식을 사용하였고, 완전 연소를 위한 이론 공기량과 예비실험을 통한 자료를 바탕으로 하여 선정하였다.

$$V = \alpha \left( 8h + \frac{8c}{3} - ox \right) \dots \dots \dots (2)$$

- 여기서,  $V$  = 이론공기량( $Nm^3/kg.fuel$ )
- $\alpha$  = 변환계수( $3.335, Nm^3/kg$ )
- $h$  = 수소량( $kg/kg.fuel$ )
- $c$  = 탄소량( $kg/kg.fuel$ )
- $ox$  = 산소량( $kg/kg.fuel$ )

3) 재처리장치

재처리는 화격자 밑으로 떨어지는 소각재를 스크류로 수동으로 제거하도록 고안하였다. 개발된 갈탄 난방기의 도면은 그림 1과 같다.

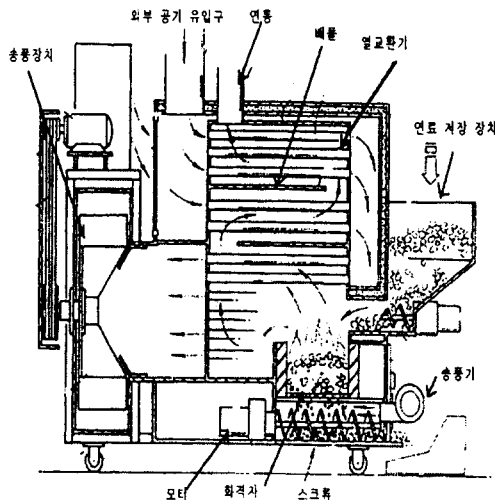


Fig. 1. Schematic diagram of a lignite coal heater.

### 3. 재료 및 방법

#### 가. 실험장치 및 방법

본 실험에서는 갈탄난방기의 성능시험을 위하여 예비실험을 실시한 후 미미점을 보완한 후, 1차, 2차, 3차 실험의 3번에 걸친 반복 실험에 의해 열효율 측정과 개선에 중점을 두고 실험하였다. 또한 3번의 실험을 수행하는 동안 각각의 소요에너지, 즉, 전력, 인력의 요구량과 유해가스의 정도, 안전성 등을 계측 및 분석하였다.

#### 나. 측정장치

갈탄난방기의 열효율계산을 위하여 일정시간마다 열풍출구의 온도, 습도와, 실내의 온도, 습도를 온도습도풍속측정기(Temperature/Humidity/Air velocity meter: Model NO. 37000-00)로 측정하였다. 열풍의 온도, 습도, 풍속은 열풍출구에서 20cm 떨어진 지점에 구멍을 뚫어 측정기를 열풍출구의 중앙에 위치시켜 측정하였으며. 송풍팬 입구의 풍속은 송풍기 입구의 중앙점(0.0675m)에서 측정하였다.

소요에너지 측정에서 전력은 실험개시의 적산전력계의 값과 실험종료시의 값의 차로써 값을 계산하였다. 그리고 인력은 연료투입, 점화, 작동확인 시간을 합한 값을 작업인원에 대한 값으로 계산하였다.

배출가스의 정도는 배출가스분석기(Combustion Analyser : KM 9006)를 통해 CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>의 값을 측정하였다. 배기가스는 배기구로부터 배기관의 직경의 두배가 되는 지점인 50cm 지점에 구멍을 뚫고 측정기를 직경의 중앙점에 집어넣어 측정을 하였다.

#### 다. 성능시험방법

성능시험은 작동전에 적산전력계의 전력값을 기록한 후 각 실험시 목표 연료량중 일정량을 노안에 집어넣고 나머지는 석탄투입고에 집어넣었다. 이때 석탄 투입 및 계기판 작동 등 노동력이 소요되는 부분에서는 인력소요시간을 측정하였다. 점화후 노안의 온도가 안정되어 송풍기가 작동하기 시작할 때부터 20분마다 실내온도, 습도, 열풍 온도, 습도, 풍속, 송풍 풍속, 배기가스, 풍속을 측정하였으며, 연료 투입이 완료되어 송풍기 작동이 멈출 때까지 측정을 계속하였다.

각 실험에 사용한 연료량과 재의 발생량은 다음표 2와 같다.

Table 2. Amount of used coal and ash according to each experiment

Item	Time(h)	Total coal (kg)	Ash(kg)
First experiment	8.5	88	22.2
Second experiment	5.3	50	13.5
Third experiment	5.5	50	13.3

### 4. 결과 및 고찰

#### 가. 열효율

열효율을 한국 공업규격을 따라 계산하였다. 난방기의 열효율은 20~30% 였다.

$$\eta = \frac{Q}{H} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

여기서,  $\eta$  = 열효율(%)

Q = 유효열(kcal/h)

H = 공급열(kcal/h)

나. 소요에너지

각 실험에서 소요된 에너지는 다음 표 3 와 같았다.

Table 3. Energy requirements according to each experiment

Item	Experimental time (h)	Fuel (kWh)	Electric power (kWh)	Manual power (kWh)	Total (kWh)
First experiment	8.5	651.53	0.38	0.12	652.03
Second experiment	5.3	372.09	0.19	0.10	372.38
Third experiment	5.5	372.09	0.23	0.10	372.42

다. 배기가스

그림 2~4는 각 실험에 따른 배기가스의 농도를 나타낸 것으로 CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, 의 농도변화를 나타낸 것이다. CO의 경우 최대 759ppm이었으며, 전 기간동안 평균 319ppm으로 나타났다. NO<sub>x</sub>의 경우에는 최대 212ppm이었으며, 평균 57ppm으로 나타났다. SO<sub>2</sub>는 최대 302ppm이었으며, 평균 99ppm으로 나타났다. 이는 대기환경보전법에 의거 1999년 1월 1일 이후 적용되는 배출허용기준을 적용하였을 경우, CO는 소각보일러로 적용하여 기준치 600ppm과 비교했을 경우 실험에서의 최대값 759ppm은 기준치를 벗어나나 평균값 319ppm은 허용기준을 만족시켰다. 또 NO<sub>x</sub>는 고체연료사용시설로 적용하여 기준치 350ppm과 비교했을 경우 실험에서의 최대값 212ppm과 평균값 57ppm 모두 기준치를 만족시켰다. SO<sub>2</sub>는 고체연료사용시설로 국내에서 생산되는 무연탄을 사용하는 시설로 적용하여 기준치 500ppm과 비교했을 경우 실험에서의 최대값 302ppm과 평균값 99ppm 모두 기준치를 만족시켰다.

바. 문제점 및 개선방향

이 성능실험에서 발견된 문제들은 주로 사용 연료와 관련하여 발생된 것들로서, 불규칙한 연료 크기에 의해 투입구가 막히면 자동 투입이 불가능하였으며 그에 따라 난방기는 작동을 멈추게 되었다. 연료의 특성에 의한 재의 늘어 불음으로 인해 재의배출이 불편하였고, 그로 인해 송풍되는 공기가 원활하게 공급되지 않았다. 또 초기 가열시 송풍기 모터의 잦은 ON, OFF로 모터에 무리를 주었다. 그리고 연료 투입시마다 다량의 CO가 발생하여 개선의 여지가 있었다.

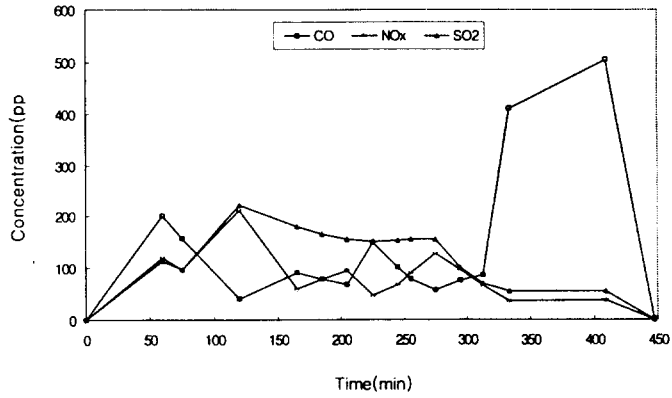


Fig. 2. Concentrations of CO, NO<sub>x</sub>, and SO<sub>2</sub> for the first experiment period.

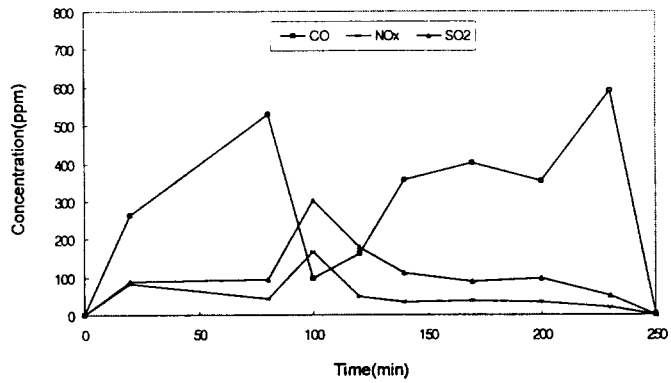


Fig. 3. Concentrations of CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> for the second experiment period.

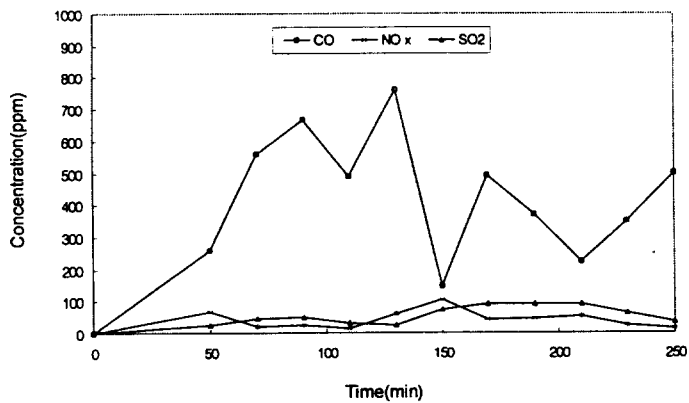


Fig. 4. Concentrations of CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> for the third experiment period.

## 5. 결론

겨울철에 농업시설에서 난방이 많이 행해지고 있으며, 이로 인해 난방비가 많이 소요되어 난방비를 절감할 수 있는 난방기가 절실히 요구되었다.

따라서, 본 연구는 값이 싼 갈탄을 연료로 하는 농업시설용 갈탄난방기를 개발하기 위해 수행되었으며, 연구 결과는 다음과 같다.

1. 갈탄 난방기의 열효율은 20~30% 이었으며, 열효율을 높이기 위해서는 열교환기와 배출 가스열의 재활용이 필요한 것으로 나타났다.
2. 80,000kcal/h의 열량을 발생시키는데, 시간당 72kW/h의 에너지가 소요되었다.
3. 배기 가스의 농도는 CO의 경우 최대 759ppm, 평균319ppm, NOx의 경우 최대 212ppm, 평균 57ppm, 그리고 SO<sub>2</sub>의 경우는 최대 302ppm, 평균 99ppm 이었다. 이는 배출 허용 농도 기준치 이하의 값으로 대기환경법에 저촉되지 않는 것으로 분석되었다.
4. 성능시험에서 연료 투입 불량과 브리지(Bridge) 현상 등의 문제점이 발생되어 이에 대한 개선이 요구되었다.

## 참고문헌

1. 진영덕외 4인. 1995. 미국 종합처리장 발생 왕겨 폐기물의 소각처리 및 연소열의 활용에 관한 연구. 한국농업기계학회지 20(3) : 250~261.
2. 장동일.1998. 갈탄피탄난방기의 성능시험 연구보고서. 충남대학교.
3. 최병운, 이도형. 1993. 연소공학. 동명사.
4. 채재우. 1997. 연소공학. 원창출판사.
5. 한국공업규격표준협회. 열효율 계산방법 통칙. KS A 0801.