

온실난방용 연탄보일러 개발

Development of holed briquette boiler in greenhouse

장진택*	강금춘*	유영선*	김영중*	이건중*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J.T.Chang	G.C.Kang	Y.S.Ryou	Y.J.Kim	K.J.Rhee

1. 서론

겨울철 시설농업의 난방비는 생산비의 40%에 달하고 있다. 따라서 국내의 시설농업이 국제 경쟁력을 가지기 위해서는 과도한 난방비 지출을 억제할 수 있는 방법을 개발하여야 하며, 생산비 중 난방비의 비중을 줄이기 위하여는 첫째 단열효과가 우수한 보온재를 개발하여야 하고, 다음 단계에서는 국제유류가격의 폭등에 대비하여 현재 온실난방에 사용하고 있는 석유 대체 에너지원으로 이용할 수 있는 기술을 개발하여야 한다.

시설농가의 온실 난방방식은 주로 온풍난방기를 이용하여 실내공기를 직접 가열하는 것으로 연탄을 이용할 경우에는 이에 적합한 연소방식과 열교환방식을 적용해야 할 것이다. 일반적으로 비닐하우스등에 연탄을 사용하는 경우 연탄 난로, 연탄열풍기내에서 연탄을 연소시켜 그 연소열을 직접 이용하여 실내공기를 가열하게 된다. 그러나 사용하는 난로의 수가 많아지거나, 커다란 연탄도가니에서 많은 양의 연탄을 한번에 교체함으로써 비효율적인 연탄의 연소에 의한 연료의 낭비와 연탄 교체작업에 많은 시간과 노력을 필요로 하며 작업자는 교체 작업시에 분진과 유독가스를 흡입하게 되는 등 많은 불편함과 문제점을 수반하게 된다.

따라서 본 연구에서는 석유 대체에너지원인 연탄을 활용할 경우 연탄교체작업에 따르는 불편함과 문제점등을 해소하고 온실난방에 적합한 온실난방용 연탄보일러시스템을 개발할 목적으로 수행되었다.

2. 재료 및 방법

연탄은 한번 교체하여 하루동안 연소시키는 것을 기본으로 하며, 주간에 연탄보일러에서 연소되어 남는 에너지를 저장하기 위해서는 축열시스템을 구비한 연탄보일러시스템 개발이 이루어져야 한다. 본연구에서는 '98년에 개발한 온실난방용 연탄보일러를 이용하여 시험하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

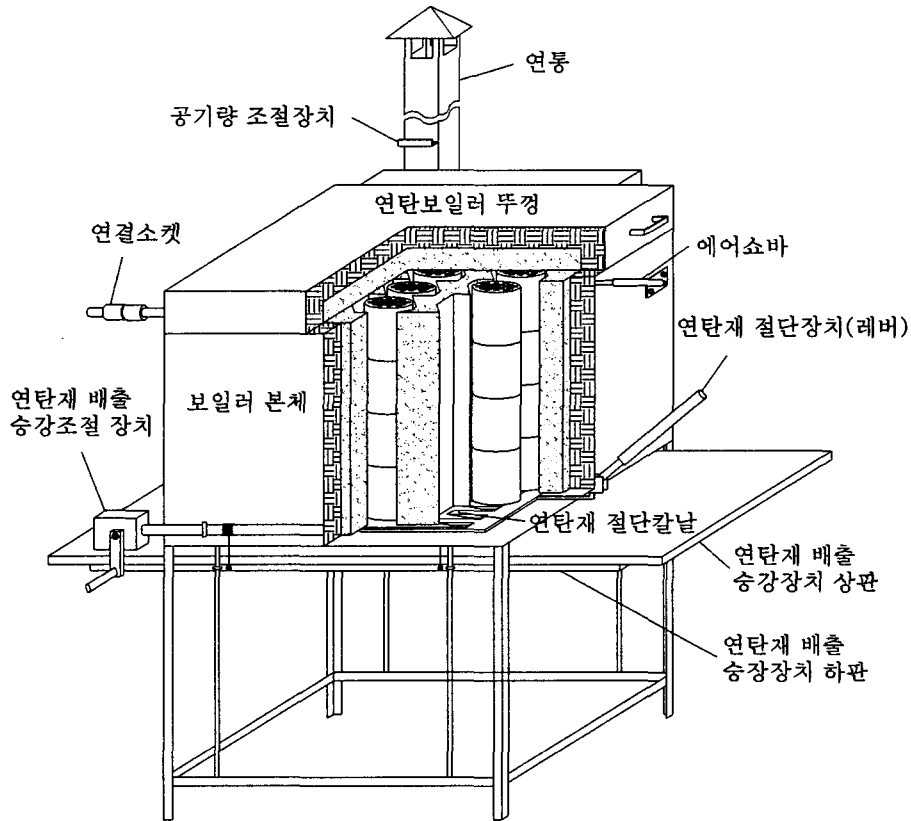


그림 1. 온실난방용 연탄보일러

표 1. 온실난방용 연탄보일러 제원

크 기 (L×W×H)	축열조	투 입 연탄갯수	연탄재 분리	연탄교체
mm 1,055×830×1,430	1.5ton	36개	칼 날 절단식	상부투입 하부배출

그림 1의 온실난방용 연탄보일러는 1회 36장의 연탄을 투입하여 40만kcal의 열량으로 100평 규모의 온실을 난방할 수 있도록 설계하였으며, 연탄교체방법은 연탄재 절단장치 레버를 안쪽으로 움직여 연탄을 연탄재 배출 승강장치위에 올려놓은 뒤 승강조절장치를 돌려 승강장치를 아래쪽으로 내린 후 불씨가 되는 상부의 연탄과 다 연소된 3개의 하부연탄을 연탄재 절단 칼날에 의해 상호 분리하여 분리된 연탄재는 연탄재 배출 승강장치 상판을 앞으로 끌어내어 재를 처리하고, 새 연탄은 연탄보일러 뚜껑을 열고 투입할 수 있도록 제작하였다.

본 연구에서 제작한 연탄보일러시스템의 열전달 방식은 원통좌표계의 일차원 비정상 열전달이며, 편미분방정식을 이용하여 다음과 같은 지배방정식을 구성하였다.

$$\rho c \cdot \partial T / \partial t = k(\partial^2 T / \partial r^2 + 1/r \cdot \partial T / \partial r)$$

여기서 ρc = 단위체적당 물의 열용량(kcal/m³°C)

T = 온도(°C)

t = 시간(sec)

k = 물의 비열

r = 연탄도가니의 반경(m)

위와 같은 지배방정식을 이용하여 연탄보일러를 설계한 결과 연탄보일러 체적은 620 l, 연탄도가니 직경 160mm, 간격 180mm로 실질적인 연탄보일러 체적은 326 l이며, 이때 연도의 크기는 225cm로 나타났다.

연탄보일러는 연탄을 한번 교체한 후 하루동안 연소시키는 관계로 축열조에 열에너지를 축열시키기위하여 펌프로 폐회로의 열매체인 물을 순환시켜 축열조 속의 열을 축열한 후 축열된 물을 방열부에서 방열되도록 시스템을 구성하였다.

이상과 같은 방법으로 제작한 연탄보일러시스템의 효율을 측정하기 위하여 연탄보일러 및 방열부의 온도측정에 Hybrid recorder (DR232, YOCOGAWA CO.)를 사용하였으며, 초음파 유량계(PT868, PANAMETRICS CO.)를 사용하여 유량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 연도개방에 따른 연소시간

그림 2는 연탄보일러의 연도개방에 따른 연소시간 및 발열량을 나타낸 것이다. 연탄보일러의 연도를 완전 개방한 것과 3/4개방한 경우에는 연탄교체 후 8시간동안 최대열량을 얻을 수 있으며, 연도를 1/2 개방 또는 1/4개방한 경우에는 연탄교체 후 5시간동안 일정하게 증가하는 경향으로 나타났으며 그후에는 동일한 열량을 얻을 수 있으며 연도를 1/4개방한 경우 연탄을 한번 교체하여 1일간 연소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

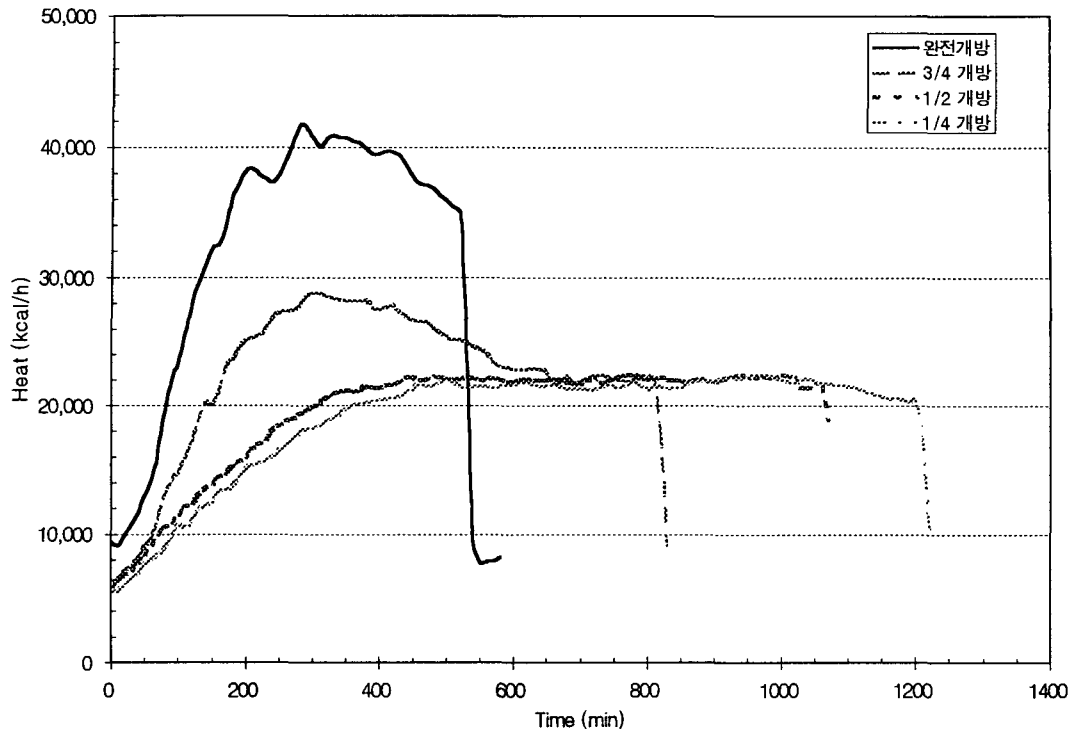


그림 2. 연도개방에 따른 연소시간

나. 연도개방에 따른 열효율

표 2는 연탄보일러의 연도개방에 따른 유효열량 및 열효율을 나타낸것으로, 투입된 연탄 개수는 1회 36장의 총열량이 583,200kcal이며, 연탄보일러의 연도를 1/4개방한 경우 388,299kcal의 유효열량을 얻어 열효율이 66.6%로 나타났다.

표 2. 연도개방에 따른 열효율

구 분	완전개방	3/4 개방	1/2 개방	1/4 개방
유효열량(kcal)	298,597	311,818	351,616	388,299
열효율 (%)	51.2	53.5	60.3	66.6
연소시간 (분)	520	800	1,050	1,200

※ 연탄 총열량 : 583,200 kcal

다. 경제성

온실난방용 연탄보일러의 경제성분석결과 300평 온실을 난방할 경우 온풍난방기에 비하여 연간 연료비는 52% 절약되며, 연간 소요비용도 22% 절감되는 것으로 나타났다.

구 분	연탄보일러시스템	온풍난방기
규 격	72 장/일	120,000 kcal/시간
구입설치가격(천원)	7,000	3,600
내구년한 (연)	5	6
연간사용시간(시간/대)	2,784	659
연간 고정비 (원/년)	1,802,500	819,000
시간당 유동비 (원/시간)	667	5,872
연간유동비(원/년)	1,856,928	3,869,648
연간소요비용(원)	3,659,428	4,688,648
지 수(%)	78	100

4. 요약 및 결론

겨울철 시설농업의 난방비는 생산비의 40%에 달하고 있다. 따라서 국내의 시설농업이 국제 경쟁력을 가지기 위해서는 과도한 난방비 지출을 억제할 수 있는 방법을 개발하여야 하며, 생산비 중 난방비의 비중을 줄이기 위하여는 첫째 단열효과가 우수한 보온재를 개발하여야 하고, 다음 단계에서는 국제유류가격의 폭등에 대비하여 현재 온실난방에 사용하고 있는 석유 대체 에너지원으로 이용할 수 있는 기술을 개발하여야 한다.

시설원예난방 에너지절감을 위한 석유 대체 에너지원인 온실난방용 연탄보일러시스템을 개발하기 위하여 수행한 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다..

- 가. 온실난방용 연탄보일러의 연탄교체방법은 불씨가 되는 상부의 연탄과 다 연소된 3개의 하부연탄을 연탄재 절단 칼날에 의해 상호 분리 교체할 수 있도록 제작하였다.
- 나. 온실난방용 연탄보일러의 유효열량 및 열효율은 연탄보일러의 연도를 1/4개방한 경우 388,299kcal의 유효열량을 얻어 열효율이 66.6%로 나타났다.
- 다. 온실난방용 연탄보일러의 경제성분석결과 300평 온실을 난방할 경우 온풍난방기에 비하여 연간 연료비는 52% 절약되며, 연간 소요비용도 22% 절감되는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김영일 · 문승현 · 박원훈 · 최익수. 1985. 연탄의 연소현상에 관한 연구. 과학기술처.
2. 손응권 · 이상국 · 이동균 · 신흥수 · 김명수 · 박용희. 1983. 연탄 온수보일러의 효율향상. 한국동력자원연구소.
3. 손응권 · 최상일 · 박철우 · 현주수 · 김성완 · 임영준. 1987. 연탄교체 자동감지시스템 개발. 한국동력자원연구소.
4. 손응권 · 최상일 · 현주수 · 김성완. 1988. 연탄교체 자동감지시스템 개발(Ⅱ). 한국동력자원연구소.
5. 최상일 · 손응권 · 현주수 · 김성완. 1989. 연탄 자동교체시스템 개발. 한국동력자원연구소.
6. 최상일 · 손응권 · 현주수 · 김성완. 1990. 연탄 자동교체시스템 개발(Ⅱ). 한국동력자원연구소.
7. 최상일 · 현주수 · 김성완 · 이금배 · 김희국. 1992. 농업용 비닐하우스등에 연탄자동교체기 보급 실용화방안 연구. 한국에너지기술연구소.
8. 최익준 · 손영목 · 김영일 · 정인화 · 박태준 · 조명승. 1985. 가정용 석탄연료 및 연소기기 개발. 한국동력자원연구소.
9. 최익준 · 오창섭 · 진경태 · 민병무. 1985. 가열속도에 따른 석탄 연소속도에 관한 연구. 한국동력자원연구소.