

PB2) 왕겨의 heat flux별 연소특성에 관한 연구

Combustion Characteristics of Rice-husk according to the Change of Heat Flux

박은영 · 박덕신 · 조영민 · 박병현

한국철도기술연구원 환경화재연구팀

1. 서론

바이오매스 연소는 온실 가스, 이산화탄소, 메탄 그리고 질산화물 등의 배출원이다. 게다가 바이오매스 연소는 화학적으로 활성도가 높은 일산화탄소나 아산화질소 같은 물질을 생성하여 오존과 같은 다른 온실 가스 생성에 영향을 미치기도 한다(Levin, 1994). 이러한 연소 과정을 통해 이산화탄소 증가량의 40%, 대류권 오존의 38%에 기여하고 있는 것으로 조사되었다(ES&T, 1995). 또한 바이오매스 연소는 세계적으로 연간 104Tg 에 달하는 입자물질을 배출하는 주요한 오염원이기도 하다(Zamperlini et al., 1997). 우리나라의 경우 가로수에서 발생하는 낙엽과 가을철 농작물 수확 후 생긴 잔여물들이 대부분 노천 소각되고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 불법 노천 소각은 여러 온실 가스를 배출하여 지구 온난화에 영향을 미치게 되므로 이에 대한 체계적인 관리가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 가을철 농작물의 대표적 잔여물인 왕겨를 대상으로 콘 칼로리미터를 이용하여 heat flux를 달리하였을 때 연소 특성에 어떠한 변화가 나타나는지 관찰하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 영국 FTT사의 듀얼 타입 콘 칼로리미터를 이용하여 heat flux가 변화할 때 왕겨의 연소에 의한 일산화탄소 및 이산화탄소의 배출량, 발열량 및 발연량 등의 연소 특성 지수를 동시에 측정하였다. 실험은 ISO 5660 Part 1 및 Part 2의 방법을 따랐으며, 자세한 수행 방법은 박병현 등(2005)을 참조하였다.

3. 결과 및 고찰

콘 칼로리미터를 이용하여 왕겨의 heat flux별 연소 특성을 측정한 결과를 표 1에 제시하였다.

Table 1. Combustion characteristics of rice-husk at different heat flux.

	Heat flux		
	20kW	50kW	70kW
TTI(s)	52	7	2
TTF(s)	97	280	248
THR(MJ/m ²)	6.30	26.94	36.31
t _{fp} (s)	60	15	12
TSR(m ² /m ²)	38.3	19.8	28.9
CO yield(kg/kg)	0.1145	0.0713	0.0475
CO ₂ yield(ke/ke)	1.86	1.64	1.46

TTI(time to ignition)는 실험시작 시간부터 시료에 불꽃이 붙는 순간까지의 시간을 기록한 것으로 20kW heat flux에서 불꽃이 매우 늦게 붙는 것을 알 수 있었다. 또한 TTF(time to flameout)는 시료에 붙었던 불꽃이 사라질 때까지의 시간으로, TTI에서 TTF까지의 시간을 불꽃이 있는 동안 연소한

flaming phase로 볼 수 있다. 50kW와 70kW의 heat flux에서는 거의 유사한 flaming phase 시간이 나타났으나, 20kW에서는 매우 짧은 것으로 나타나 연소과정동안 smoldering phase가 주로 나타남을 알 수 있었다. heat flux가 증가할수록 최대발열량은 높아지고, 최대발열량에 이르는 시간은 짧아지는 경향을 나타내었다. 그리고 총연기발생량은 50kW heat flux에서 가장 낮게 나타났다. 연소가 진행되는 동안 발생하는 일산화탄소와 이산화탄소의 평균값은 heat flux가 낮을수록 더 높은 값을 나타내었다.

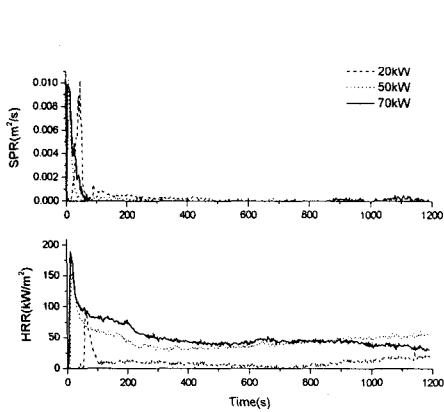


Fig. 1. Smoke production rates and heat release rates of the rice-husk at different heat flux.

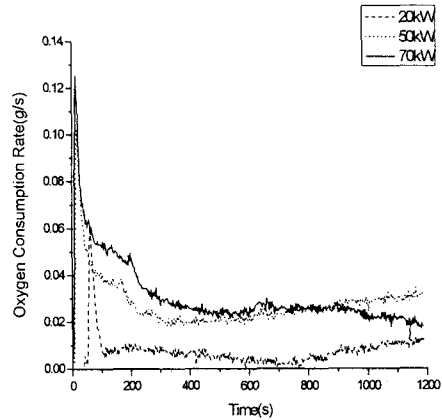


Fig. 2. Oxygen consumption rates of the rice-husk at different heat flux.

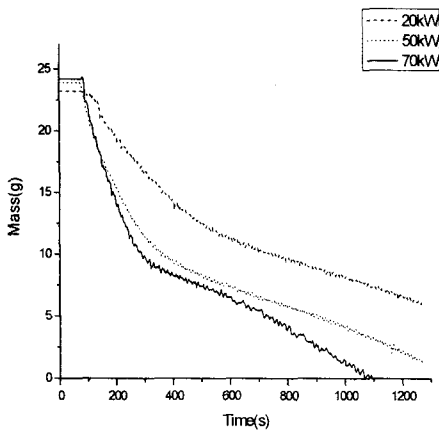


Fig. 3. The mass of remained rice-husk during combustion at different heat flux.

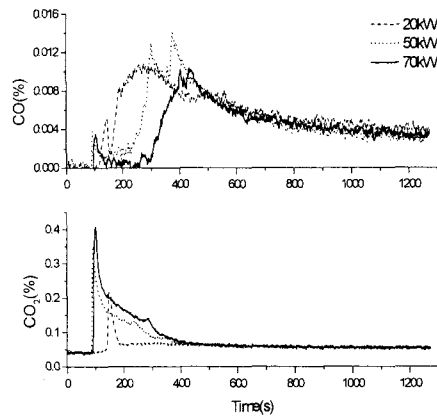


Fig. 4. The percentage of CO and CO2 in emission gas.

그림 1에서 연기발생률은 시료에 불꽃이 붙기 직전에 매우 높게 나타났다가 착화가 되면서 감소하는 경향을 보였으며, 열발생률 역시 착화시간에 따라 달라지는 것을 알 수 있었다. 70kW heat flux에서는 연소 후반부까지 연기가 발생하는 것을 볼 수 있는데, 이는 왕겨가 완전히 연소되면서 나타나는 현상으로 보이며, 열발생률이 후반부에 감소하는 것 역시 완전 연소에 의한 것으로 보인다.

그림 2에서 연소 진행에 따른 산소 소모율은 초기에는 높다가 시간이 지나면서 점차 낮아지는 경향을

보였으며, 산소 소모가 가장 많은 일어나는 시간은 불꽃이 시료에 붙은 이후인 것으로 나타났다. 그림 3에 보인 왕겨의 질량은 연소 초기에 급격하게 감소하다 일정시간 이후 완만한 곡선을 나타내었다. Heat flux가 높을수록 완전한 연소가 일어나고, 곡선 상에서 뚜렷한 변곡점을 보였다.

그림 4에서 일산화탄소는 낮은 heat flux에서 더 높게 생성되었으며, heat flux가 증가할수록 최고 생성 농도에 도달하는 시간이 지연됨을 알 수 있었다. 500초 이상 지나면서 heat flux에 상관없이 일정하게 조금씩 감소하는 경향을 보였다. 이산화탄소 역시 연소 초기에 최대치를 보이다가 급격히 감소하여 400초 이후에는 모든 heat flux에서 일정한 농도로 배출되었다.

참 고 문 헌

- ES&T(1995) The Global Impact of Biomass Burning, An interview with EPA'S Robert Huggett.
- Levine, J. S.(1994) Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change, Chapter 9. Biomass burning and the production of greenhouse gases, edit. Zepp, R. G., John Wiley and Sons, Inc.
- Zamperlini, G.C.M., Santiago, M.R.S., Vilegas, W.(1997) Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in sugarcane soot by GC-MS, Chromatographia 40, 655-663