

초본계 농업부산물을 이용한 열분해 가스화 시스템 운전 특성

*김수현¹⁾, 구재회²⁾, 박수남³⁾, 서용교⁴⁾, 이일규⁵⁾, 박용철⁶⁾

Operaton characteristics of Pyrolysis gasification system using rice husks

*Suhyun Kim, Jaehoi Gu, Sunam Park, Youngyo Seo, Ilgyu Lee, Youngchul Park

Key words : 열분해, 가스화, 바이오매스, 초본계 농업부산물, 왕겨

Abstract : 화석연료의 고갈과 지구온난화 문제를 해결하기 위한 신재생에너지 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 신재생에너지 기술 중의 하나로 바이오매스를 이용한 기술을 들 수 있는데, 바이오매스 중 초본계 농업부산물인 왕겨, 볏짚은 2007년 기준으로 2,456 천TOE/년의 가치를 가지며, 청정에너지원으로서의 가능성이 높은 것으로 알려져 있으나, 현재 농업부산 폐자원은 퇴비, 가축사료 등의 단순 활용이 대부분을 차지하고 있어, 열분해 가스화를 통한 고효율 에너지 이용 시스템 개발로 기존 단순 활용에 그치던 농업부산 폐자원의 고부가가치 이용이 절실히 필요한 실정이다. 본 연구에서는 초본계 농업부산물인 왕겨를 이용한 열분해 가스화 시스템에 대한 운전 특성 분석 및 해석을 통하여 초본계 농업부산물을 이용한 에너지 자원화 및 고효율 에너지 이용을 위한 방안을 모색하였다.

1. 서론

화석연료의 고갈과 지구온난화 문제를 해결하기 위한 신재생에너지 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 1차 에너지원의 약 97%를 수입에 의존하고 있는 우리나라 역시 에너지확보와 지구온난화 문제 해결에 기여할 수 있는 신재생에너지 기술개발을 활발하게 추진하고 있다. 이러한 신재생에너지 기술 중의 하나로 바이오매스를 이용한 기술을 들 수 있는데, 바이오매스(biomass)는 에너지 전용의 작물과 나무, 농산품과 사료작물, 농작 폐기물과 찌꺼기, 임산 폐기물과 부스러기, 수초, 동물의 배설물, 도시 쓰레기, 그리고 여타의 폐기물에서 추출된 재생가능한 유기 물질로 현재 에너지원으로 쓰여지고 있는 목재, 식물, 농·임산 부산물, 도시 쓰레기와 산업 폐기물 내의 유기 성분등을 일컫는다. 바이오매스를 이용한 에너지화 방법은 발효 또는 에스테르화 반응을 통한 에탄올, 디젤과 같은 액체 연료 생성, 열분해 및 가스화를 통한 가스연료 생성 등으로 다양하다. 바이오매스 중 초본계 농업 부산물인 왕겨, 볏짚은 2007년 기준으로 2,456 천TOE/년의 가치를 가지며, 청정에너지원으로서의 가능성이 높고, 이 중 왕겨는 387 천TOE/년의 가치를 가지고 있다. 그러나, 현재 농업부산 폐자원은 퇴비, 가축사료 등의 단순 활용이 대부분을 차지하고 있어, 농업부산 폐자원의 열분해

가스화를 통한 고효율 에너지 이용 시스템 개발로 기존 단순 활용에 그치던 농업부산 폐자원의 고부가가치 이용이 절실히 필요한 실정이다. 초본계 농업부산물인 왕겨의 경우 국내에서 연간 150 만톤 정도(2007년 기준) 발생하고 있으며, 열분해 가스화를 통해 발생하는 탄화물 및 초액 성분은 바이오 원료 및 IT 소재, 향균제 등 고부가가치로 활용이 가능하며, 농업부산 폐자원 열분해 시스템에서는 발생하는 비응축가스(합성가

- 1) 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터
E-mail : shkim0605@iae.re.kr
Tel : (031)219-2678 Fax : (031)216-9125
- 2) 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터
E-mail : jaehoi@iae.re.kr
Tel : (031)219-2693 Fax : (031)216-9125
- 3) 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터
E-mail : trackerdog@iae.re.kr
Tel : (031)219-2307 Fax : (031)219-2306
- 4) (주)대원 GSI
E-mail : ceo@daewon.com
Tel : (054)973-2221 Fax : (054)973-2230
- 5) (주)대원 GSI
E-mail : daewonces@daewon.com
Tel : (054)973-2221 Fax : (054)973-2230
- 6) (주)대원 GSI
E-mail : dwm@daewon.com
Tel : (054)973-2221 Fax : (054)973-2288

스)를 연소하여 에너지 회수 없이 골뚝으로 배출하고 있으나, 합성가스 연소보일러 및 합성가스 엔진의 적용을 통한 에너지회수 시스템 연계로 고효율 에너지 이용도 가능하다.

본 연구에서는 초본계 농업부산물인 왕겨를 이용한 열분해 가스화 시스템에 대한 운전 특성 분석을 통하여 초본계 농업부산물을 이용한 에너지자원화 및 고효율 에너지 이용을 위한 방안을 모색하였다.

2. 농업부산물 열분해 가스화 시스템 성능 분석

2.1 열분해 가스화 시스템 구성

열분해 가스화 시스템의 원료가 되는 초본계 농업부산물인 왕겨의 성상을 Table 1에 정리하였다. 왕겨는 왕겨저장 및 선별장치를 거쳐 정량공급장치를 통해 열분해 가스화 시스템으로 공급된다. 공급된 시료는 열분해 장치와 응축기를 거쳐 탄화물과 초액으로 전환된다.

Table 1. 농업부산물(왕겨) 조성 분석결과

구분	분석항목	단위	분석결과
Proximate Analysis	수분	wt.%	23.72
	휘발분	wt.%	51.6
	고정탄소	wt.%	14.38
	회분	wt.%	10.3
Ultimate Analysis	C	wt.%	44.14
	H	wt.%	5.13
	N	wt.%	0.51
	S	wt.%	0.05
	O	wt.%	36.66
	Ash	wt.%	13.51
HHV		kcal/kg	4,052

초본계 농업부산물인 왕겨의 열분해 가스화 시스템의 구성도를 Fig. 1에 나타내었다.

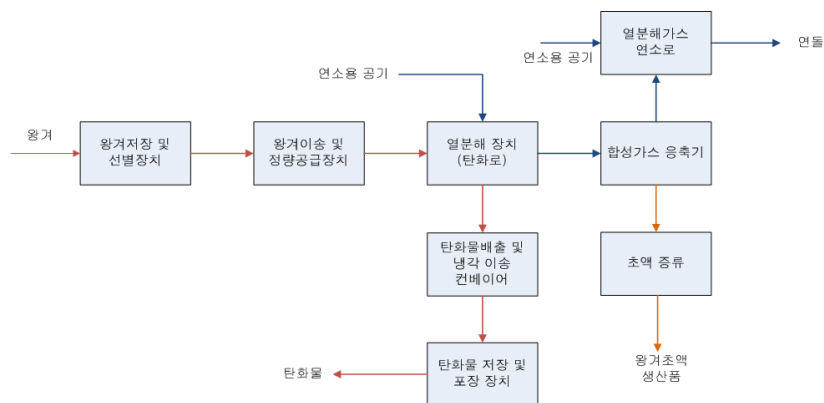


Fig. 1 농업부산물 열분해 가스화 시스템

2.2 열분해 가스화 시스템 운전특성

초본계 농업부산물(왕겨)의 열분해 가스화 시스템 운전특성을 파악하기 위하여 열분해 반응기 후단 및 합성가스 응축기 후단에서 발생하는 가스 및 열분해 장치에서 발생하는 탄화물의 성분을 분석하였다.

열분해 가스화로 후단에서 발생하는 가스의 성분 분석 결과를 Table 2에 나타내었으며, 응축기 후단에서 발생하는 가스의 성분분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 또한 열분해 가스화 로에서 탄화되어 발생하는 탄화물의 성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 열분해 가스화로 후단에서 발생하는 가스화 응축기 후단에서 발생하는 가스의 조성은 큰 차이가 없었으며, 발생되는 탄화물의 성분은 탄소함량이 높아져 발열량이 5,000 kcal/kg 정도로 나타났다.

Table 2. 열분해 가스화로 후단 가스조성

구분	열분해 가스화 로 후단			
	1회	2회	3회	평균
CO ₂	11.3	13.5	13.2	12.7
H ₂	6.1	9.2	11.7	9
N ₂	56.3	50	48.6	51.6
CH ₄	2.2	2.4	2.4	2.3
CO	15	18.2	17.6	17

Table 3. 열분해 가스화로 후단 가스조성

구분	열분해 가스화 로 후단				
	1회	2회	3회	4회	평균
CO ₂	9	13.3	13.2	13.3	12.2
H ₂	7	9.7	9.6	9.6	8.9
N ₂	59.3	50.3	50.3	50.6	52.6
CH ₄	1.4	3.2	3.1	2.8	2.6
CO	12.3	17.4	17.3	17	16

Table 4. 탄화물 조성 분석결과

구분	분석항목	단위	분석결과
Proximate Analysis	수분	wt.%	48.06
	휘발분	wt.%	5.64
	고정탄소	wt.%	27.58
Ultimate Analysis	회분	wt.%	18.72
	C	wt.%	56.53
	H	wt.%	1.84
	N	wt.%	0.31
	S	wt.%	0.01
	O	wt.%	5.28
HHV		kcal/kg	5,071

3. 농업부산물 열분해 가스화 시스템 공정해석

3.1 공정해석 조건 및 결과

현재 초본계 농업부산물(왕겨) 열분해 가스화 시스템에서는 발생하는 비응축가스(합성가스)를 에너지 회수 없이 연소하여 굴뚝으로 배출하고 있으나, 합성가스 연소보일러 및 합성가스 엔진의 적용을 통한 에너지회수 시스템 연계로 고효율 에너지 이용 가능성을 평가하기 위하여 열분해로의 온도변화 및 공급하는 공기유량 변화에 따른 발생 합성가스의 조성변화를 공정해석을 통해 살펴보았다. 공정해석 조건은 Table 5에 정리하였으며 대상시료의 성상은 Table 1의 분석결과를 적용하였고, 해석결과를 Fig. 2~Fig. 4에 나타내었다.

Table 5. 농업부산물 열분해 가스화로 해석조건

구분	조건
시료투입량	416.7 kg/h
온도	500~800℃(100℃ 간격)
공기량	165~665 kg/h

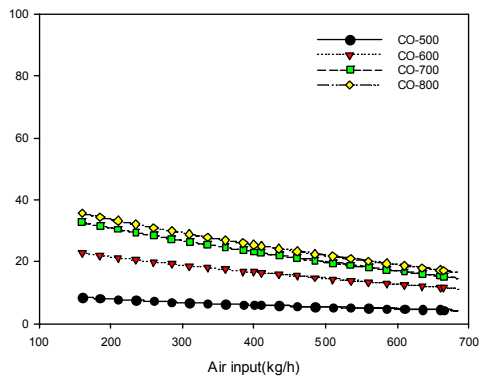


Fig. 2. 열분해 가스화로 후단 CO 조성

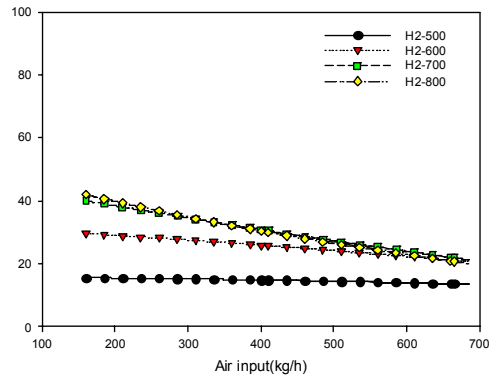


Fig. 3 열분해 가스화로 후단 H₂ 조성

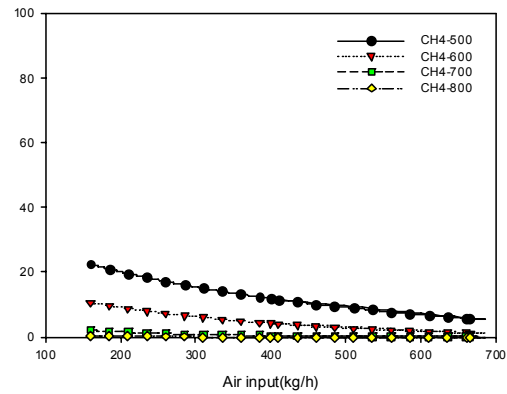


Fig. 4 열분해 가스화로 후단 CH₄ 조성

4. 결론

본 연구에서는 초본계 농업부산물(왕겨)을 이용한 고부가가치 자원화 및 고효율 에너지화 가능성을 모색하기 위하여 농업부산물을 활용한 열분해 가스화 시스템의 운전특성 분석 및 공정해석을 수행하였다. 현재 본 연구에서 대상으로 하고 있는 농업부산물 열분해 가스화 시스템은 농업부산물을 열분해 가스화 하여 탄화물과 초액을 생산하고 응축기 후단에서 발생하는 열분해 가스는 연소시켜 굴뚝으로 배출하는 공정으로, 버려지는 열분해 가스의 에너지 회수 가능성을 모색하기 위하여 열분해 가스화로 및 응축기 후단에서 발생하는 가스 조성을 측정하였다. 분석결과 CO는 16~17%, H₂는 8~9%, CH₄는 2~3%로 1,000 kcal/Nm³ 내외의 발열량을 가지는 것으로 나타났다. 그러나, 공정해석 결과에서 나타난 바와 같이 열분해 가스화로의 운전온도 및 공기유입량의 변화에 따라 발생하는 가스조성이 변화하므로, 열분해 가스화로의 온도와 공기유입량을 조절한다면, 가스엔진 등의 적용을 통해 에너지회수를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] 박동규 외, “툽밥과 왕겨의 열분해 특성 연구”, J.Korean Ind. Eng. Chem., Vol. 18, No. 5, 2007
- [2] 김수현 외, “맥주발효 폐효모액을 이용한 바이오에탄올 제조 공정 해석”, 기후변화학회지, Vol.4, No.1, 2009
- [3] 진영덕 외, “미곡종합처리장 발생 왕겨폐기물의 소각처리 및 연소열의 활용에 관한 연구”, 한국농업기계학회지, Vol. 20, No.3, 1995