



연료용 합성가스 생산을 위한 바이오매스와 폐플라스틱의 혼합가스화

Co-Gasification of Woodchip and Plastic Waste for Producing Fuel Gas

홍성구*†

Hong, Seong Gu

ABSTRACT

Gasification is a therm-chemical conversion process to convert various solid fuels into gaseous fuels under limited supply of oxygen in high temperature environment. Considering current availability of biomass resources in this country, the gasification is more attractive than any other technologies in that the process can accept various combustible solid fuels including plastic wastes. Mixed fuels of biomass and polyethylene pellets were used in gasification experiments in this study in order to assess their potential for synthesis gas production. The results showed that higher reaction temperatures were observed in mixed fuel compared to woodchip experiments. In addition, carbon monoxide, hydrogen, and methane concentrations were increased in the synthesis gas. Heating values of the synthesis gas were also higher than those from woodchip gasification. There are hundred thousand tons of agricultural plastic wastes generated in Korea every year. Co-gasification of biomass and agricultural plastic waste would provide affordable gaseous fuels in rural society.

Keywords: Gasification; Plastic Waste; Biomass; Woodchip; Synthesis Gas; Downdraft Gasifier

1. 서 론

바이오매스 가스화는 바이오매스 등으로부터 연료로 이용할 수 있는 합성가스를 생산하는 열화학적 전환공정이다. 가스화 반응은 탄소가 부분 산화되어 일산화탄소가 생성되는 반응, 탄소가 완전 산화되는 반응, 그리고 탄소와 수분이 반응하여 일어나는 수성가스 반응 등이 주요 핵심 반응으로 구성된다 (Hong and Wang, 2011). 가스화는 발열반응으로서 산화제로 공기나 산소 또는 수증기를 이용한다. 산화제로서 공기가 공급되면 공기 중의 질소가 반응하지 않고 그대로 배출되므로 가스의 열량이 높지 않기 때문에 산소를 산화제로 이용하기도 한다. 공기를 이용하는 가스화 반응에서 얻어지는 합성가스는 발열량이 4-6 MJ/Nm³ 수준이다. 가스화 공정에 의해 얻어지는 합성가스는 일산화탄소 (CO)와 수소 (H₂)가 주 가연성분으로 구성되고 소량의 메탄 등이 포함되어 있으며, 기체 연료로 직접이용하거나 화학반응공정을 거쳐 메탄올이나 기타 분자량이 더 큰 액체화합물을 생산하

는 원료로 이용된다.

가스화 공정은 바이오매스 뿐만 아니라 가연성 연료를 잠재적으로 모두 이용할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 물론 연료 중의 수분과 회분의 양이 가스화 공정의 에너지 전환 효율에 영향을 미치지만, 운전 조건 등을 적절히 조정하여 다양한 가연성 연료를 이용할 수 있다. 따라서 가용 에너지 자원이 풍부하지 않은 우리나라에서는 바이오매스 가스화 시설 도입을 고려할 때에 농촌 폐비닐 등을 함께 이용하는 방안을 검토할 필요가 있다. 국내 농업부문에 발생되는 바이오매스 부존량은 약 11,600천 톤으로서 이 가운데 벧짚과 왕겨가 75 %를 차지하고 나머지는 고추 줄기나 과수 전정가지 등이 차지하고 있다 (박 등, 2011; 홍, 2004). 그러나 농업 부산물 바이오매스 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 벧짚과 왕겨는 축산농가에 의해 이미 조사료나 깔짚으로 이용되고 있으며, 왕겨는 다양한 용도로 타 산업분야에서 활용되고 있는 실정이므로 실제 활용 가능한 양은 제한적이다.

폐비닐과 폐플라스틱은 석유로부터 생산되는 중합체로서 연료로서의 활용 가능성이 매우 높다. 국내 농촌지역에서는 비닐하우스 건축이나 멀칭용으로 많은 양의 폴리에틸렌 필름을 사용하고 있다. 농업용 비닐은 일정 기간 사용 후 폐기물로 발생되어 이를 수거하고 재활용하기 위해 다양한 노력이 경주되고 있다. 2010년 현재 영농 폐비닐 발생량은 32.4만 톤으로 2009년 31만여 톤에 비해 1.4만 톤이 증가하였다 (한국환경공단, 2011). 영

* 한경대학교 지역자원시스템공학과
 † Corresponding author Tel.: +82-31-670-5134
 Fax: +82-31-670-5139
 E-mail: bb9@hknu.ac.kr

2012년 4월 13일 투고
 2012년 5월 2일 심사완료
 2012년 5월 15일 게재확정

농 폐비닐 중 대표적인 폴리에틸렌 (PE)은 크게 저밀도 폴리에틸렌 (LDPE)과 고밀도 폴리에틸렌 (HDPE)으로 구분된다. LDPE는 고압 폴리에틸렌으로 불리우며 인장강도는 약간 작지만 내충격성은 큰 반면에 HDPE는 저압 폴리머로서 신장과 내충격성이 작고 촉감도 딱딱한 특징을 갖는다. 농업용 폐비닐의 발생량을 재질별로 증감을 살펴보면 비닐하우스용과 멀칭용 LDPE는 증가하였으나 HDPE나 기타 PVC 등의 영농 폐기물은 다소 감소한 것으로 나타났다. PE의 발열량은 40 MJ/kg 이상으로 매우 높다. 그러나 폴리에틸렌으로 만들어진 농업용 비닐 등을 가스화 연료로 바이오매스와 함께 이용하기 위해서는 물성과 화학적 조성이 다르므로 가스화 공정에 투입할 때에 연료의 흐름, 합성가스 조성, 반응 특성 등을 충분히 이해해야 한다. 현재 상업적으로 생산되는 목편과 한국환경공단에서 폐비닐을 수거하여 생산하는 폐비닐 펠렛을 혼합한 연료를 이용하여 혼합 가스화에 대한 적용성을 검토하였다. 국내바이오매스와 폐비닐을 이용하여 생산되는 합성가스는 농촌지역에서 난방용 경유 등을 대체하는데 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 바이오매스와 농촌지역에서 발생하는 폐비닐을 이용하여 합성가스를 생산하는 공정을 평가하기 위하여 혼합가스화 특성을 분석하였다. 이를 위하여 목편 단독 가스화 실험과 혼합 가스화 실험을 수행하였으며, 가스화 반응 온도 및 합성가스 중 주요 가연성분의 조성비를 비교·분석하여 폐비닐과 목편의 혼합가스화 방안을 분석하였다. 연소 혹은 가스화 반응에서 유해 화합물을 유발할 수 있는 염소 등의 성분이 연료 중에 포함되어 있지 않으므로 합성가스 중의 유해 화합물에 대한 분석이나 평가는 포함하지 않고 가스 조성과 온도 등 반응 특성을 중심으로 분석하였다.

II. 바이오매스와 폐플라스틱의 혼합 가스화 기술

바이오매스와 폴리에틸렌을 이용하여 혼합가스화를 시도한 사례는 이미 해외에서도 찾아볼 수 있다. Garcia-Bacaicoa et al. (2008)은 HDPE와 바이오매스를 연료로 이용하여 가스화하여 엔진발전기에 적용시킨 바 있다. HDPE의 혼합 비율은 중량비로 15 %까지 실험을 수행하여 합성가스의 조성은 수소 14 %, 일산화탄소 9-22 %, 이산화탄소 7-17 % 등으로 나타났다. HDPE의 비율이 높아지면 이에 상응하는 공기 요구량이 크게 증가하여 공기와 가스의 유속이 커지는 문제점이 발생하는 것으로 나타났다. 바이오매스 단독으로 가스화할 때에 비해서 반응온도가 높아 가스화 효율이나 가스 조성 등이 대체로 유리한 것으로 나타났다. 이들이 이용한 바이오매스 연료는 40×40×50 mm, HDPE는 5×5×2 mm 내외의 크기의 펠렛을 이용하였다.

Pinto et al. (2002)은 유동층 가스화장치에서 바이오매스와

플라스틱 폐기물을 이용하여 합성가스 생산에 대한 연구를 시도한 바 있다. 플라스틱 폐기물을 혼합할 때 가스 중 일산화탄소의 농도가 감소하나 수소의 농도는 최고 50 %까지 증가하는 것으로 나타났다. 이들의 실험에서는 산화제로서 수증기를 이용하였다. 수증기를 산화제로 이용하면 공기를 이용할 때에 비해 질소에 의한 합성가스의 열량저하를 막을 수 있고, 고가의 산소를 이용할 필요가 없는 장점이 있다. 단, 수증기를 생산하는 설비가 추가로 요구된다는 단점이 있다. 이들의 실험에서는 전기로 내부에 설치된 유동층 가스화장치를 이용하였다.

Dalai et al. (2009)은 역시 수증기를 산화제로 이용하여 고품질 폐기물 연료 (Refused derived fuel, RDF)로부터 합성가스를 생산한 바 있다. 고정층 가스화장치에서 얻어진 합성가스는 반응부에서의 온도가 너무 높지 않을 때 열량이 높은 것으로 나타났다. 회분의 함량은 일반적인 RDF에 비해서 낮은 1 % 내외를 가져 가스화 반응에 큰 문제는 없었던 조건으로 판단된다.

Chiemchaisri et al. (2010)은 역시 매립지에서 회수된 RDF를 이용하여 가스화를 시도하였다. 매립지에서 회수된 플라스틱 폐기물은 주로 폐비닐로서 카사바 뿌리를 혼합하여 RDF로 성형한 후 브리켓으로 만들어 가스화장치에 투입하였다. 폐플라스틱의 함량을 55 % 수준으로 제한하여 하향식 가스화장치에서 가스를 얻은 결과 발열량은 매우 낮아 평균적으로 1.76 MJ/m³로 나타났으며, 냉가스 효율은 66 % 수준이었다.

III. 재료 및 방법

1. 가스화 장치

본 연구에서 이용된 가스화 장치는 반응부 직경이 100 mm인 고정층 하향식으로서 바이오매스 소비량은 약 30 kg/h이고, 열손실을 최소화하기 위하여 가스화 장치 하부의 내벽에는 내화벽돌로 단열을 하였다. 가스화장치 내부 연료 소비속도는 저열을 이용하여 측정된 무게변화로 계산하였다. 가스화장치 내부의 온도변화를 측정하기 위하여 K type 열전대를 산화부, 환원부, 연료로 채워져 있는 건조부에 설치하였다. 환원부를 거쳐 배출되는 가스는 철솜이 채워져 있는 고온필터를 거친 후 물세정탑, 수분 응축기, 그리고 활성탄이 채워져 있는 저온필터를 통해 정제하였다. 가스는 저온필터 다음에 설치되어 있는 1 kW 용량의 루츠블로워 (Roots blower)를 이용하여 흡인하여 버너에서 연소될 수 있도록 하였다. 공기의 유량 측정을 위해서 가스화장치 전단에 벤츄리식 유량계를 설치하였고, 가스의 유량은 루츠블로워 후단에 동일한 형식의 벤츄리식 유량계를 설치하여 측정하였다. Fig. 1은 가스화 장치와 가스정제 설비 등의 계통을 보여주고 있다.

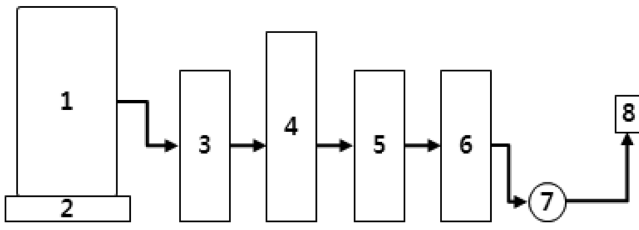


Fig. 1 Gasifier connected with gas cleaning facilities (1: gasifier, 2: scale, 3: hot filter, 4: water scrubber, 5: condenser, 6: cold filter, 7: roots blower, 8: burner)



Fig. 2 Downdraft gasifier (left) and hot filter before water scrubber (right)

2. 가스화 연료

가스화 실험에 이용된 연료로는 강원도 홍천에 소재한 신우임산(주)으로부터 구입한 목편과 한국환경공단에서 폐비닐을 수집하여 생산하는 폐비닐 펠렛을 이용하였다. 목편은 구입 당시 40~50 % 수준의 높은 함수비를 가져 실내외에서 건조한 후 가스화 실험용 연료로 이용하였다. 폐비닐 펠렛은 5 mm 내외로 크기가 일정하고 흑색으로서 별도의 건조과정은 거치지 않고 중량비로 목편과 혼합하여 실험용 연료로 이용하였다.

3. 가스 분석

가스화 장치 및 각각의 가스 정제설비에는 차압센서와 온도센서가 부착되어 운전 상태를 확인할 수 있도록 하였으며, 자료 분석을 위해서 Kingview® data acquisition software를 이용하였다. 가스 성분별 조성은 Sensoronic사의 가스측정기 GSR-300P를 이용하여 수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄, 산소의 농도를 측정하였고, 신뢰성을 위하여 별도로 기체크로마토그래피 (Agilent 7890A)를 이용해 측정농도를 비교하였다. 기체크로마토그래피를 이용한 가스의 분석은 Tedlar® bag으로 포집한 시료를 이용하였

다. Micropacked 컬럼 (ShinCarbon ST 19808-800901, 2 m × 1 mm, 미국 Restek사)과 열전도도 검출기(TCD)를 이용하여 H₂, CO, CO₂, CH₄ 등에 대해 분석하였다. 시료 주입량은 0.1 mL, 주입온도는 150 °C, 압력은 20 psi, 오븐의 온도는 50 °C에서 시작하여 분당 20 °C로 200 °C까지 상승시킨 후 1분간 지속시켰다. TCD의 온도는 250 °C로 유지하였다.

4. 가스화 실험

바이오매스와 폐비닐 펠렛 혼합연료에 대한 가스화 특성에 대한 분석은 목편 연료를 단독으로 가스화 결과와 비교하여 수행하였다. 루츠블로워를 통해 흡인하는 가스의 양은 일정하게 유지하여 실험을 수행하였다. 연료는 상부의 투입구를 통해 넣고 배치(batch)식으로 실험하였다. 연료의 흐름이 원활히 이루어지도록 가스화 장치에 부착된 회전식 교반장치를 움직였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 목편 가스화

목편 단독으로 수행한 가스화 실험은 약 18분 가량 지속하였다. 유입된 공기의 유량은 13.82 m³/h, 가스 유량은 29.31 m³/h로 계산되었다. 반응 시간동안 측정된 산화부의 최대 온도는 1,210 °C였으며, 환원부에서는 1,043 °C로 나타났다. 점화 후 가스화 반응 초기에 산화부의 온도가 급격히 상승하여 안정화된 이후 산화부 온도는 1,000~1,200 °C 수준을 유지하여 평균 1,040 °C를 보였다. 반면에 환원부의 온도는 600 °C 수준으로서 단열에 의해 과도한 열손실은 발생하지 않은 것으로 판단된다. 목편 단독에 의한 가스화 반응과정에서 산화부와 환원부에서의 온도변화, 그리고 연료 소비에 따른 중량 변화는 Fig. 3와

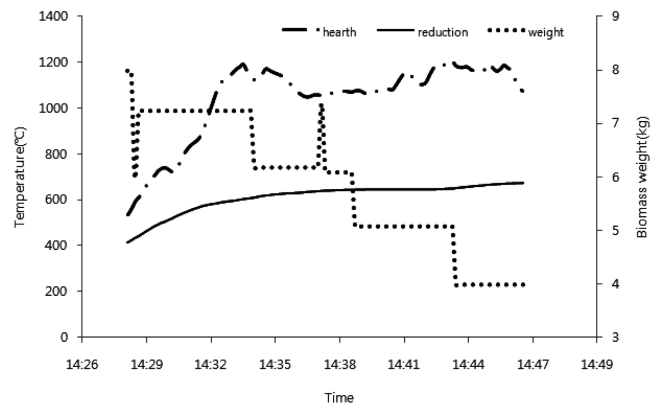


Fig. 3 Temperature changes in hearth and reduction zones along with biomass fuel consumption

Table 1 Synthesis gas compositions and lower heating values for woodchip fuel

Gas component	Concentrations (%)
CO	15.5~17.5
CO ₂	8.5~10.1
CH ₄	3.8~7.3
H ₂	10.9~12.4
O ₂	0.8~3.2
LHV (MJ/Nm ³)	4.49~6.45

같다. 14시 37분 경에 보이는 무게의 순간적인 변화는 교반 핸들의 조작으로 인해 발생한 것이다.

가스화 반응시간 동안의 공기 대비 가스 유량비는 약 2.12 수준으로 다소 높게 나타났다. 일반적으로 공기 대비 가스 유량비는 1.5 수준인데 산소가 검출된 것을 볼 때 가스 정제 설비에서 적은 양의 공기가 유입되었을 것으로 추정된다. 그럼에도 불구하고 합성가스의 열량은 일반적인 바이오매스 합성가스의 열량의 범위 내에 들었다. 목편만을 이용한 가스화 실험결과 얻어진 합성가스의 조성 및 발열량은 Table 1에 제시된 바와 같다. CO의 농도는 15.5~17.5%, H₂는 10.9~12.4%, 가스의 저위 발열량은 4.5~6.5 MJ/Nm³으로 나타났다.

2. 목편과 폐비닐 펠렛의 혼합 가스화

폐비닐 펠렛을 목편 중량의 10%로 혼합한 연료에 대한 가스화 실험에서는 고온필터가 막히는 현상이 발생하여 보다 상대적으로 반응시간이 짧은 10여 분 동안 수행하였다. 혼합 연료를 가스화 한 결과 목편을 단독으로 가스화하였을 때에 비해서 산화부에서의 온도가 높았다. 산화부에서의 최고 온도는 1,265 °C, 환원부에서의 최고온도는 1,125 °C로 각각 나타났다. 이는 폐비닐 펠렛이 탄소와 수소로 구성되어 있고 함수비가 낮기 때문에 단위 중량당 열량이 개선되었기 때문으로 판단된다. 혼합 연료의 소비 속도는 14.83 kg/h으로서 연료 단위중량당 공기 소비량은 1.17 m³/kg, 가스 생산량은 2.13 m³/kg으로 나타났다. 바이오매스 가스화 반응에 있어서 공기 소비량 대비 가스 생산량의 비는 1.67 수준과 비교할 때 PE 혼합 목편의 가스화 실험에서는 약간 높게 나타났다. Garcia-Bacaicoa et al. (2008)의 연구에서 언급된 바와 같이 PE가 혼합된 바이오매스 연료를 이용한 가스화에서는 단위 중량당 공기요구량이 크기 때문에 공기대비 가스량의 비가 높게 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 4와 5는 목편과 폐비닐 펠렛 혼합연료를 가스화할 때 시간에 따른 온도변화와 송기량의 변화를 각각 보여주고 있다. 가스화장치의 무게 변화는 연료의 반응 속도를 나타내고 있다. 가스화 반응이 시작된 이후 산화부의 온도는 급격히 상승하여 수

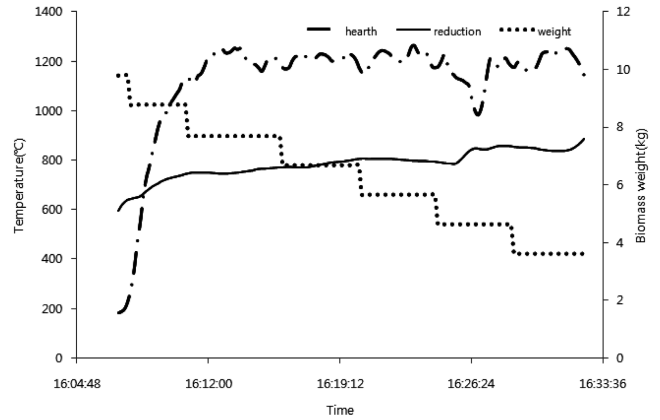


Fig. 4 Changes in temperature and fuel consumptions when gasifying mixed fuels of biomass and PE pellets

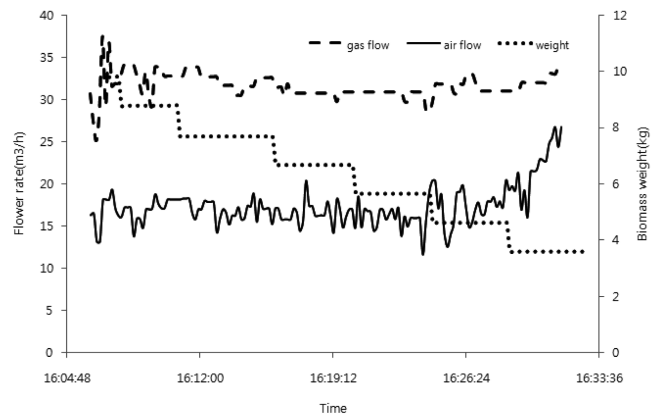


Fig. 5 Changes in flow rates of air and synthesis gas when gasifying mixed fuels of biomass and PE pellets

분 이내에 200 °C에서 1,200 °C 정도가 되었고, 환원부의 경우 이전 실험의 영향으로 600 °C에서 점진적으로 800 °C 정도로 상승하였다. 환원부에서의 온도는 충분한 단열로 인해 실험 종료 이후에도 상당시간 높은 온도를 유지하였다. 가스화 장치의 단열이 이루어지지 않은 경우 산화부와 환원부의 온도가 상대적으로 낮게 나타났다 (Hong and Wang, 2011). 가스화장치의 환원부에서는 흡열반응이 진행되므로 열손실이 최소화되어야 하며 산화부에서 충분한 열이 지속적으로 공급되어야 안정적인 반응과 가연성분의 농도가 높게 나타난다. 송기량과 가스 생산량은 각각 16 m³/h, 32 m³/h 수준을 유지하였으며, 가스화 반응이 안정적으로 이루어졌음을 Fig. 5에서 알 수 있다.

목편만을 가스화했을 때에 비해 폐비닐 펠렛을 포함한 경우 전체적으로 가스의 질이 개선되었다. CO의 농도는 17~19%, H₂는 12% 수준으로 나타났다. 특히 CH₄의 농도가 목편 단독 가스화에서는 3.8~7.3%였으나 폐비닐 펠렛을 포함했을 때에는 9% 수준으로 상승하였다. 전반적으로 이러한 유용 성분의 농도

Table 2 Concentrations of gas components and heating values of synthesis gas from mixed fuel of biomass and PE pellets

Gas / LHV	Concentrations (%) / heating values
CO %	17.4~19.5
CO ₂ %	10.9~12.5
CH ₄ %	8.5~9.9
H ₂ %	12.4~12.8
O ₂ %	0~1.09
LHV (MJ/Nm ³)	6.58~7.39
LHV (kcal/Nm ³)	1571.8~1765.3

가 상승하여 합성가스의 열량은 6.58~7.39 MJ/Nm³ 정도로 높아졌다. 산화부에서 상대적으로 높은 온도로 인해 보다 양질의 합성가스를 얻을 수 있었던 것으로 판단된다.

3. 폐비닐 혼합가스화의 활용성

상기 주어진 조건 하에서 목편과 혼합 연료의 가스화 실험을 수행한 결과, 가스화 반응 상태변수로서 온도와 합성가스의 조성을 고려할 때 폐비닐 펠렛을 혼합한 연료는 목편을 단독으로 가스화할 때에 비해 유리함을 알 수 있었다. 국내 바이오매스 자원의 제한된 부존량을 생각하면 농촌지역에서 대량으로 발생하는 폐비닐의 혼합 가스화는 에너지 생산과 폐기물의 재이용이라는 중요한 가능성을 제시하고 있다. Table 3에서는 폐비닐을 포함한 다양한 폐기물의 고위발열량 값을 보여주고 있다. 앞서서 언급한 바와 같이 폐비닐은 여러 바이오매스에 비해 열량이 매우 높음을 알 수 있다.

국내 폐비닐 발생량은 30만톤 이상으로서 한국환경공단에서 수거하여 세척 등의 전처리과정을 거쳐 펠렛 등을 생산하여 가공을 위한 원료로 이용되고 있다. 최근 4년 동안의 폐비닐 발생량은 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 주요 시설재배 작물별 폐비닐 발생량은 Table 4와 같이 ha당 적게는 0.7 ton에서 많게는 1.4 ton

Table 3 Higher heating values for selected wastes (Perry and Green, 1998)

Waste	Higher Heating Value (HHV, kJ/kg)
Coffee ground	11,397-15,119
Leather	27,912-45,822
Vinyl scrap	40,705
Corn cob	18,608-19,306
Rice Hulls	12,095-15,119
Polyethylene*	44,600
Paper waste	13,695-18,608

* Walters et al., 2000

이상이다. 이렇게 농촌지역에서 발생하는 폐비닐을 바이오매스와 함께 가스화하는 경우 수거-운반을 위한 노력이 불필요하게 되고, 시설농가나 마을에서 이용이 가능한 가스 연료를 공급할 수 있다. 더우기 멸칭용 폐비닐은 흡이 많이 포함되어 원료 생산에 이용되기 위해서는 충분히 세척하는 것이 필요하다. 반면에 가스화 공정에서는 이러한 불연성 물질이 일부 포함되어도 크게 문제가 되지 않는다. 물론 이들이 포함되는 경우 열효율이 떨어지는 문제점을 예상할 수 있으나, 세척공정을 최소화할 수 있다는 장점이 있다.

한편 본 연구에서 확인된 바와 같이 폐비닐을 혼합하여 바이오매스 연료를 가스화할 때에는 반응온도가 상승하므로, 바이오매스 연료의 함수비를 엄격히 낮출 필요가 줄어든다. 석탄이나 발열량이 높은 연료를 가스화 할 때에는 수증기를 주입하여 온도를 낮추거나 가스화 반응을 냉각할 필요가 있는데, 함수비가 상대적으로 높은 바이오매스를 공급하면 수분이 공급되는 효과를 가지므로 수성가스화 반응에 의한 흡열반응이 우세하게 되어 에너지 전환효율이 향상될 수 있다. 즉, 폐비닐을 바이오매스와 함께 혼합가스화 할 때에는 반응 온도가 높기 때문에 바이오매스 연료의 함수비를 15 % 수준으로 낮추기 위한 건조 공정을 생략할 수도 있다.

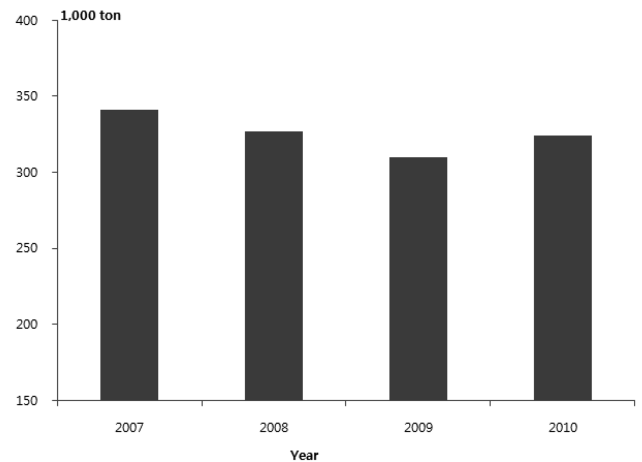


Fig. 6 Yearly generation of agricultural vinyl waste and PE in Korea (Korea Environment Corporation, 2010)

Table 4 Polyethylene usage in greenhouse for growing different plants (Huh, et al., 2002)

Plant type	ton/ha
Pepper	1.479
Strawberry	1.421
Lettuce	1.063
Cucumber	1.295
Water melone	1.392
Tomato	0.716

V. 결 론

국내 바이오매스 부존자원을 고려할 때 바이오매스 가스화 공정의 도입 가능성은 지역에 따라서 크게 제한된다. 그러나 열화학적 변환공정으로서 가스화는 농촌지역에 산재한 영농 폐비닐을 함께 이용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 가능성을 확인하기 위하여 본 연구에서는 상업용 목편과 한국환경공단에서 얻은 폐비닐 펠렛을 이용하여 일련의 가스화 실험을 수행하였다. PE 재질의 영농폐비닐로부터 생산된 폐비닐 펠렛을 혼합하였을 때에 목편만을 단독으로 이용하였을 때에 비해서 가스화 반응 온도가 상승하였고, 생성되는 가스 중의 유용 성분 농도가 증가하였고 발열량 역시 상승하였다. 제한된 조건의 실험이었으나 목편 단독에 비해서 폐비닐을 혼합한 연료의 가스화는 적용 가능성이 충분히 높다는 것을 확인할 수 있었다. 농촌지역에서 대량으로 발생하는 영농 폐비닐을 바이오매스 가스화 공정에서 이용하는 경우 첫째 가용 자원의 확대를 통한 재생에너지 시설의 보급, 둘째 폐비닐의 효율적인 이용, 셋째 농촌지역의 에너지 자급도의 향상 등을 기대할 수 있다. 본 연구에서 이루어진 실험 및 고찰을 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 목편 단독에 비해서 목편과 폐비닐 펠렛의 혼합연료를 이용할 때에 가스화 장치의 산화부와 환원부에서의 최고 온도가 더 높게 나타났으며,
2. 일산화탄소, 수소, 그리고 메탄의 농도가 상승하였고, 이로 인해 합성가스의 발열량이 개선되는 것을 확인하였다.
3. 중량비 10 %의 폐비닐 펠렛 혼합 조건 하에서 연료 단위중량당 공기량이나 가스 생산량에 있어서 큰 차이는 보이지 않았다.
4. 흡과 같은 불연성 물질이 소량 포함되는 경우 열손실로 인한 효율저하가 예상되나, 가스화 반응이 가능하며, 폐비닐 혼합비를 높이는 경우 반응온도를 유지할 수 있으며 바이오매스 연료의 함수비를 낮추기 위한 노력을 절감할 수 있는 등의 장점이 있다.

REFERENCES

1. Chiemchaisri, C., B. Charnnok, and C. Visvanathan, 2010. Recovery of plastic wastes from dumpsite as refuse-derived fuel and its utilization in small gasification system. *Bioresource Technology* 101(5): 1522-1527.
2. Dalai, A. K., N. Batta, I. Eswaramoorthi, and G. J. Schoenau, 2009. Gasification of refuse derived fuel in a fixed bed reactor for syngas production. *Waste Management* 29(1): 252-258.
3. Garcia-Bacaicoa, P., J. F. Mastral, J. Ceamanos, C. Berruoco, and S. Serrano, 2008. Gasification of biomass/high density polyethylene mixtures in a downdraft gasifier. *Bioresource Technology* 99(13): 5485-5491.
4. Hong, S. G. 2004. Evaluation of agricultural biomass resources for renewable energy : Biomass from orchards and non-paddy fields. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 46(3): 85-92.
5. Hong, S. G. and Long Wang. 2011. Experimental evaluation of synthesis gas production from air dried woodchip. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 53(6): 17-22.
6. Huh Jang, C. Y. Kang, D. W. Kim, N. Y. Kim, and Y. Jee. 2002. Management and Collection of Agricultural Plastic Wastes. Korea Rural Economy Institute Report C2002-19 (in Korean).
7. Korea Environmental Corporation. 2011. Statistics on Agricultural Waste in 2010. <http://www.keco.or.kr> (in Korean).
8. Park, W. K., N. B. Park, J. D. Shin, S. G. Hong, and S. I. Kwon. 2011. Estimation of Biomass Resource Conversion Factor and Potential Production in Agricultural Sector. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 30(3): 252-260 (in Korean).
9. Perry, R. H. and D. W. Green. 1998. Perry's Chemical Engineers' Handbook : The 7th edition, McGraw-Hill Co. Inc.
10. Pinto, F., C. Franco, R. N. Andr?, M. Miranda, I. Gulyurtlu, and I. Cabrita, 2002. Co-gasification study of biomass mixed with plastic wastes. *Fuel* 81(3): 291-297.
11. Walters, R. N., S. M. Hackett, and R. E. Lyon, 2000. Heats of combustion of high temperature polymers. *Fire and Materials* 24(5): 245-252.