

바이오매스자원의 열화학적이용 동향 및 과제

Perspectives on Thermo-chemical Utilization of Biomass Resources

*홍 성 구 (한경대)

*Hong, Seonggu

Abstract

Global warming is one of the major international concerns and renewable energy development and utilization are getting more attention recently. One of the competitive renewable energy alternatives is biomass. This paper describes the major concepts of gasification and fuel gas applications.

I. 서론

2002년 8월 26일에서 9월 4일까지 열렸던 “지속가능한 개발에 대한 세계정상회의”에서는 대체에너지 보급확대, 화석연료이용의 제한 등에 대한 논의와 실질적인 방안에 대해 논의가 있었으나, 미국 등 일부국가의 적극적인 참여의지 결여로 구체화되지 못하였다. 그러나 이에 대한 논의와 움직임은 지속될 것으로 보이며, 머지 않은 장래에 우리나라를 포함한 산업화된 국가에서 대체에너지에 대한 연구 및 실용화와 보급은 확대될 전망이다. 대체에너지에는 태양에너지, 풍력, (소)수력, 지열, 바이오매스 등이 포함되며, 이 가운데 태양에너지와 바이오매스 자원이 부존량 및 가채량이 큰 것으로 평가되고 있다.

바이오매스는 태양에너지가 축적된 물질로 간주할 수 있으며, 각종 유기물이 이에 해당한다. 대표적인 바이오매스로는 볏짚, 왕겨 등의 농업부산물, 축분, 임업폐기물, 음식물쓰레기, 수처리과정에서 발생하는 슬러지 등이 있다. 바이오매스를 에너지로 전환하는 방법은 알콜이나 메탄가스를 생산하는 생화학적 공정, 연료가스나 숯 등을 생산하는 열화학적 공정, 그리고 직접 소각방식이 있다. 소각방식은 단위 무게당 낮은 열량과 같은 바이오매스의 특성으로 바람직하지 못하다. 발효공정이 중심이 되는 생화학적 공정과 가스화나 열분해를 이용하는 열화학적 공정은 기술적으로 오랜 역사를 가지고 있으며, 상당한 부분에 있어서 정립된 분야이다. 열화학적 공정은 생화학적 공정에서 필요한 폐기물을 처분과정이 상대적으로 적기 때문에 유리하다.

열화학적 공정은 최근에 바이오매스 자원의 에너지회수방안으로 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 특히 가스화(Gasification)는 생산되는 연료가스를 엔진을 구동하여 전기를 생산하거나 연소시켜 난방에 이용하는 등의 적용사례가 급증하고 있는 실정이다. 대체, 청정에너지원으로 그 이용체계가 농촌지역에서 정립된다면 보조 에너지원으로서 그리고 비상전력 또는 에너지원으로서 그 가치가 대단히 높다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 최근에 이루어지고 있는 바이오매스의 열화학적 에너지 전환 및 이용기술 동향을 살펴보고, 국내에서 특히 농촌지역에서 도입하는 데 있어서 요구되는 제반 여건 및 앞으로의 과제를 제시하고자 한다.

II. 바이오매스자원의 의의

바이오매스는 생물량 또는 생체량으로 이용되고 있다. 에너지이용과 관련되어 바이오매스는 기존의 동식물, 미생물의 유기물 뿐만 아니라, 유기계 폐기물 등을 모두 포함하는 것이라고 할 수 있다. 바이오매스 자원의 특성은 재생이 가능하며, 넓은 지역에 분산되어 있는 특징을 가지고 있다. 특히 농촌지역에서는 농업 부산물이 다량으로 발생하고 있으나, 적절한 방법으로 활용되지 못하는 경우가 많다.

국내에서 바이오매스 이용과 관련된 연구는 에너지기술연구소에서 이루어진 바 있다. 바이오매스 자원의 부존량 조사 및 에너지에 대한 평가가 중심이 된 이 조사에서는 구체적이고 실질적인 이용방안을 제시하지 못하였으나, 바이오매스 자원의 중요성을 인식하고 부존량과 같은 기초자료를 정리, 제시하였다는데 그 의의가 크다. 1980년대 말 농업부산물 중 왕겨와 맥류는 주로 퇴비와 연료로 이용되고 있는 것으로 나타났다. 양적으로는 미곡의 벃짚과 왕겨가 조사된 바이오매스 중 50% 이상을 차지하고 있으며, 과수의 가지 또한 16% 수준에 이른다. 건중량에 대한 발열량은 벃짚 3,418, 왕겨 3,616, 옥수수대 4,097, 과수 가지 4,320 Kcal/kg 로 나타났다. 농촌지역에서 이용 가능한 바이오매스에는 축분, 산림 폐목재 등을 추가할 수 있다. 축산분뇨의 메탄가스 이용을 기준으로 에너지량 또한 1980년 말 현재 $52,200 \times 10^6$ kcal/year로서 사육두수가 급격하게 늘어난 현 시점에서의 에너지량은 이 보다 훨씬 더 클 것으로 추정할 수 있다. 물론 이와 같은 바이오매스의 이용 가능량 모두를 에너지로 전환한다는 것은 불가능하다. 산재된 바이오매스의 수집, 전처리 등의 비용을 고려할 때 그 이용은 지역적 제약이 따르기 때문이다.

III. 열화학적 전환공정 및 연료가스의 이용

열화학적 공정을 통해 연료를 생산하는 방법은 연료가스를 생산하는 가스화공정과 공기가 없는 조건에서 열분해하여 차콜, 열분해 가스 등을 얻는 Pyrolysis 공정이 있다. 흔히 혼용되는 경우도 있으나 엄격하게 가스화는 제한된 공기 또는 산소를 공급하여 가연성 연료가스를 생산하는 것이라 할 수 있다.

1. 가스화 공정

가스화공정은 기본적으로 제한된 양의 공기, 산소, 수증기 등을 반응조에 공급하여 바이오매스를 분해 CO, CO₂, H₂, CH₄ 등의 가스와 수증기, 질소산화물 등이 발생하며, 타르, 연소재, 분진 등이 부산물로 발생시킨다. 생산된 연료가스는 터어빈, 엔진, 보일러 등의 목적에 적합하게 정화한 후 열이나 열병합 목적으로 이용될 수 있다.

바이오매스는 주로 탄소, 수소, 그리고 산소로 구성되어 있다. 가스화장치에서는 이러한 바이오매스가 부분적인 연소과정에서 가열되는데, 그 과정은 건조, 열분해, 산화, 환원의 과정으로 나누어 볼 수 있다. 건조과정에서는 바이오매스 속에 포함된 수분이 증발되고, 열분해과정에서 열분해 가스와 차콜이 생성된다. 열분해 가스는 산화과정에서 일부가 이산화탄소, 수증기 등으로 전환되며, 최종의 환원과정에서는 일산화탄소, 수소, 메탄가스 등이 생성된다. 이러한 일련의 과정은 바이오매스의 종류, 형태, 가스화장치 내 온도 등에 의해 영향을 받는다.

2. 가스화장치(Gasifier)

가스화 장치에 대한 이용은 100년 이상의 역사를 가지고 있으며, 적지 않은 상용화가 된 시기도 있었다. 따라서 많은 종류와 형태의 가스화장치가 개발되었다. 상(床)의 종류에 따라서 유동상, 고정상으로 분류하며, 공기의 흐름방향 및 연료가스의 방향에 따라서 역방향, 순방향 등으로 구분할 수 있다. 또한 가스화장치 내의 반응온도에 따라서 생산되는 연료가스의 생산량, 조성 등이 영향을 받게 된다. 가스화장치는 적용되는 바이오매스의 특성과 연료가스의 조성 및 이용 조건 등을 고려하여 설계되어야 한다. 효율, 경제성, 그리고 바이오매스 공급량 등을 고려하여 가스화장치의 규모를 결정할 수 있다.

3. 연료가스의 이용

가스화공정을 통해서 생산된 연료가스는 연료를 이용하는 장치에 적합하게 정제되어야 한다. 정제되지 않은 연료가스에는 타르나 분진과 같은 물질이 다량 포함되어 있기 때문에 엔진이나 터빈에 손상을 주지 않도록 정제하는 시설이 갖추어져야 한다. 특히 타르의 제거는 중요한 부분이다.

연료가스의 열량은 $4.5 - 6 \text{ MJ/Nm}^3$ 정도이다. 내연기관을 포함한 각종 엔진에 이용하여 전력생산 또는 열병합에 이용할 수 있다. 최근에는 마이크로 터빈의 개발로 인해 효율적이고 저공해 열병합이 효과적으로 도입될 수 있다.

IV 바이오매스 열화학적 이용동향

대체에너지 개발 및 보급에 대한 정책적인 지원으로 특히 유럽지역에서는 다양한 형태로 바이오매스 에너지이용이 현실화되고 있는 실정이다. 온실가스 감축과 관련된 국제협약에 소극적인 미국에서도 장기적인 대처 방안으로서 바이오매스의 대규모 이용을 위한 기초연구 및 실용화를 적극적으로 추진하고 있는 실정이다. 특히 에너지 작물의 재배 등에 대한 연구는 다른 국가에 비해서 더욱 활발하다고 판단된다.

1. 축분

축분 특히 계분을 이용한 열병합발전은 영국을 포함한 유럽에서 왕성하게 실용화되고 있다. 농가 규모의 60 kW 내외의 소규모에서 축산지역을 대상으로 가동되는 수십 MW 수준의 대규모에 이르기까지 다양하게 실용화가 시도되거나 가동 중인 경우가 있다.

2. 농업 및 임업부산물

농업부산물의 가스화 및 열병합을 연계하여 운영하는 경우는 훨씬 다양한 국가에서 시도되고 있으며, 적지 않은 국가에서 가동 중에 있다. 중국에서도 볏짚과 왕겨를 주요 대상 바이오매스로 하여 1 MW 규모의 열병합 발전을 추진하고 있으며, 저개발 국가에서 소규모 농촌지역의 에너지보급 사업의 일환으로 추진되는 경우도 있다. 미국의 경우도 최근 목재를 이용한 대규모 연료가스 생산에 성공하여 인접한 발전소에 공급하는 등의 성과를 보이고 있다.

3. 부속장치의 개발

연료가스를 보다 효율적으로 이용하기 위해서는 적합한 엔진이나 가스터어빈의 개발이 필수적이다. 최근에는 우수한 마이크로 가스터어빈의 개발이 미국, 스웨덴 등을 중심으로 이루어져 저공해, 고효율 발전이 가능해졌다. 이러한 가스터어빈을 이용해 전력을 생산하고, 배기가스의 열을 회수할 수 있는 열교환장치의 연결을 통해서 80%이상의 효율을 달성할 수 있게 되었다.

V. 과제와 전망

바이오매스의 열화학적 공정, 특히 가스화공정은 기본적으로 잘 정립된 기술이다. 청정 대체에너지의 개발과 무단 방치하는 경우 오염을 유발할 수 있는 각종 바이오매스의 효율적 이용, 그리고 농촌지역의 비상전력 및 보조 에너지원으로서 바이오매스의 가스화이용은 농촌지역의 생산 및 생활기반으로서 중요한 기능을 담당할 수 있을 것이다. 조만간 대체에너지 이용 비율이 국가별로 할당되는 경우 필연적으로 도입되어야 할 부문이기에 이에 대한 연구 및 개발이 더없이 중요한 시점에 있다고 볼 수 있다.

그러나 바이오매스는 그 특성상 넓은 지역에 산재해 있고 생산량이 시기적으로 편중되어 있기 때문에 가스화공정과 관련된 기술뿐만 아니라, 수집체계, 전처리 공정, 그리고 연료가스의 지역에 적합한 활용 등의 문제가 더욱 중요하다. 수집체계와 부존량을 고려하여 가스화 및 이용시설을 갖출 수 있는 지역을 설정하는 방법도 중요한 과제라고 할 수 있다. 또한 바이오매스는 기존의 방식으로 활용되고 있는 양이 적지 않기 때문에 이와 결합하여 연료가스로 활용하는 경우 대상 지역의 종합적인 바이오매스 관리 및 활용현황과 연계하여 계획되어야 할 것이다.

VI. 맺는말

바이오매스 자원의 열화학적 공정과 그 이용과 관련된 현황 및 과제 등에 대해 살펴보았다. 에너지 자원이 거의 없는 우리나라에서는 에너지 자원의 신규 개발은 대단히 중요한 의의를 갖는다. 이를 위해서는 국내 주요 바이오매스 자원에 적합한 가스화장치의 도입 또는 개발, 부존특성을 고려한 입지의 지역의 선정과 적정 수집체계가 정립되어야 할 것이다. 또한 생산된 연료가스를 적정하게 활용할 수 있는 열병합 시스템이나 가스엔진 등이 구축된다면 농촌지역 및 생산시설의 냉난방, 비상전력시설 등을 제공하여 보다 안정적인 농업생산기반 및 생활환경을 구축이 가능하다고 판단된다.

참고문헌

1. 김영복, 2002, 에너지절약형 농업기계화, (<http://aginfo.snu.ac.kr/ipforum.siemsta98-3/sub1.htm>)
2. 윤정인, 양영명, 설원실, 김재돌(역), 2000, 에너지 시스템, 태훈출판사, 265p.
3. 한국전력공사, 1999, 복합발전 - 열병합발전 이론과 실무, 신기술, 275p.
4. 홍성구, 2000, 농업부산물의 발열량 조사, 한국농공학회 학술발표회 논문집, pp.563-568.
5. 本多淳裕, 1986, Bioenergy - 生物界資源, 廢棄物의 有效利用, 省energy center, 171p.
6. McLaughlin, S. B. and M. E. Walsh, 1998, Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy, *Biomass and Bioenergy* 14(4):317-324.
7. Tchobanoglous, G., H. Theisen, and S.A. Vigil, 1993, Integrated Solid Waste Management, 978p.
8. Walsh, M. E., 1998, U.S. Bioenergy crop economic analysis : Status and Needs, *Biomass and Bioenergy*, 14(4):341-350.