

바이오매스 가스화

Biomass Gasification

홍 성 구*
Hong, Seong gu

Q: 재생에너지원으로서 바이오매스란?

A: 바이오매스는 현재 전세계적으로 공급되는 에너지의 14% 이상을 공급하고 있다. 일부 개발도상국에서는 50~90%를 차지하고 있으며, 최근 유럽 국가를 중심으로 대규모 설비가 가동 중에 있다. 바이오매스는 생태학적 용어로써 생물량을 의미하나 에너지 분야에서는 연료 등으로 활용이 가능한 것으로서 태양광을 이용하여 광합성되는 유기물 및 유기물을 소비하여 생성되는 모든 생물 유기체를 일컫는다. 선진국에서도 중요한 에너지원으로서 위치를 굳혀가고 있으며, 미국은 7천만 TOE (TOE: tons of oil equivalent, 10^7 kcal), 국가마다 다르나 유럽은 2~4천만 TOE가 바이오매스를 통해서 공급되고 있다.

바이오매스의 종류로는 목질계, 볏짚이나 왕겨와 같은 농산부산물, 축분과 같이 함수비가 상대적으로 높은 유기성 폐기물 등이 있다. 이 가운데 목질계 바이오매스는 주로 화목이나 숲의 형태로 활용되고 있으며, 축분은 혐기성 소화과정에 의해서 안정화함과 동시에 메탄이

주성분인 바이오가스를 얻을 수 있다. 이외에 사탕수수나 전분계는 에탄올 생산을 위해 이용할 수 있으나 식량 등의 다른 용도와 경합관계에 있다.

Q: 바이오에너지 변환기술의 종류와 가스화 공정이란?

A: 바이오매스를 다른 형태의 에너지로 전환하는 기술에는 직접연소, 열화학적 전환, 그리고 생화학적 전환 등으로 분류할 수 있다. 직접연소는 주로 건조과정을 거친 후 소각을 통해서 열에너지를 얻는 방법이다. 직접연소의 경우 바이오매스가 갖는 단위 중량 혹은 부피당 에너지량이 적기 때문에 연료로서의 취급이 불리하다.

열화학적 전환으로서는 열분해법 또는 가스화 방법이 대표적이다. 열분해법/가스화는 과거 오랜 동안 석탄을 열분해하여 연료로서 취급이 용이한 석탄가스, 차콜 등을 생산하는 방법으로 이용되어 왔다. 목재를 열화학적으로 전환하는 경우 목탄, 바이오 오일, 타르, 그리고

* 환경대학교 지역자원시스템공학과 교수(bb9@hknu.ac.kr)

가스 등을 생산할 수 있다. 이러한 생산물은 에너지 밀도가 높아서 많은 관심을 받고 있으나, 다양한 적용기법 특히 소규모 이용에 대한 연구와 개발은 제한적으로 이루어져 왔다.

생화학적 처리방법은 바이오매스를 생화학적 또는 미생물의 작용을 이용하여 바이오가스, 에탄올 및 메탄올과 같은 기체 혹은 액체 연료를 생산하는 것이다. 특히 축산폐수와 같은 유기물의 혐기성 분해를 통해 메탄가스를 생산하거나 당, 전분 등을 이용하여 에탄올을 생산하는 것이 대표적인 생화학적 처리방법이다. 브라질에서는 에탄올을 교통 연료로서 널리 사용하고 있으며, 비교적 에탄올을 생산하는 기술은 비교적 잘 확립되어 있다.

우리나라 농촌지역에서 발생하는 농산 바이오매스 자원의 적절한 활용방법은 부존 특성 및 전환 공정의 실용화 가능성을 평가하고, 실용화 가능성, 경제성, 바이오매스의 지속적 공급 등을 고려하여 결정하여야 한다. 대부분의 바이오매스 에너지활용 기술은 단일 공법의 개발 및 효율성 평가에 국한되었다. 농촌지역의 바이오매스 자원의 부존 특성을 시공간적 분석을 기초로 한 활용방안은 제시되지 않았다. 예를 들어 지금까지 상대적으로 연구와 개발이 상당히 진행된 메탄가스 이용은 가용 유기성 폐기물의 부존량에 대한 조사와 소화액의 처분에 대한 계획이 수립되어야 한다.

바이오에너지와 관련된 기술 가운데 가스화(Gasification)는 열화학적 변환공정의 하나로서, 이론공기량 보다 적은양의 공기나 산소를 산화제로 공급하여 일산화탄소(CO)와 수소(H₂)를 포함하는 가연성 합성가스를 생산하는 기술이다. 공기를 산화제로 이용할 때에는 합성가스 중에 질소가 다량 포함되므로 합성가스의 열량은 5MJ/Nm³ 수준에 지나지 않는다.

천연가스의 열량에 비해서 상대적으로 매우 낮은 열량이나, 완전연소를 위한 산소량이 상대적으로 적기 때문에 연료와 공기의 혼합비가 갖는 열량은 휘발유-공기 혼합기의 68% 내외의 수준이 된다. 따라서 내연기관에 적용이 가능하다. 실제로 제1차 세계대전 당시 많은 수의 목탄가스 차량이 운행되었다.

가스화 공정을 통해 건조된 바이오매스 1 kg은 3~3.6 kWh 정도의 열이나 1.4 kWh의 열과 함께 0.7~0.9kWh의 전기를 생산할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이미 상용화된 가스화 장치는 크기나 유형에 따라서 다양하다. 현재 인도, 태국, 인도네시아 등에서는 소규모 가스화장치를 취사용 등으로 활용하고 있다. 우리나라 농촌지역에서의 바이오매스를 대체 에너지원으로 활용하기 위해서는 기존의 열화학적 처리공법을 검토하고 국내 바이오매스 자원의 부존 특성에 적합한 공법을 선택하여 활용하는 것이 요구된다.

Q: 바이오매스 가스화기술의 현황 및 전망은?

A: 국제적으로 온실가스 감축에 대한 구체적인 방안이 논의되고 있는 상황에서 조만간 국내에서도 에너지의 효율적 이용 및 대체에너지 개발 등에 대한 국가차원의 계획이 수립될 것으로 판단된다. 따라서 가채 잠재량이 상대적으로 높은 바이오매스 자원의 실용화 사업은 더욱 용이하게 추진될 수 있다고 판단된다. 또한 열화학적 에너지 전환기술을 통해 폐기물을 이용하는 경우 일반 소각에 비해서 오염발생 가능성이 상대적으로 낮기 때문에 이에 대한 실용화는 더욱 촉진될 것으로 판단된다.

현재 열화학적 전환기술 뿐만 아니라 생물

화학적 전환기술에 대해 국내외적으로 막대한 연구비가 투자되고 있는 상황에서, 앞으로 바이오매스의 에너지 활용기술 및 관련 산업은 치열한 경쟁을 맞게 될 것이다.

현재 산업자원부를 주축으로 국가차원에서 에너지이용의 효율제고 및 신재생에너지 개발에 대한 투자와 실용화에 대한 지원이 지속적으로 증가하고 있는 상황이므로 가채 잠재량이 높은 바이오매스의 에너지전환기술은 그 의의가 매우 크다.

Q: 바이오매스 가스화기술을 농공학적 시각에서 어떻게 바라볼 것인가?

A: 유용한 자원으로서 바이오매스는 농업 및 농촌과 관련된 부문에서 접근하는 것이 바람직하다. 물론 가스화공정 기술의 핵심은 화공 및 기계공학적 성격이 강하다고 볼 수 있으나, 핵심적인 원리는 상당히 오래전부터 적용된 바 있는 것이므로 농공분야에서 도입하기 어렵지는 않다고 판단된다. 오히려 최근에 가스화와 관련된 기술개발은 생산되는 합성가스의 처리와 가스화를 위한 바이오매스 연료의 체계적이고 안정적인 공급과 전처리 부분에 있다. 합성가스의 처리는 내연기관에 적용할 때 매우 중요한 부분이다. 합성가스 중에 포함된 타르와 분진은 엔진의 마모나 부식을 유발하기 때문이다. 그러나 합성가스를 연소를 위한 목적으로 적용한다면 결국 바이오매스 연료의 공급과 전처리 부분이 더욱 중요한 위치를 차지하게 된다. 내연기관 이외에 합성가스는 냉난방을 위한 흡수식 히트펌프의 구동, 급탕 및 난방을 위한 보일러의 구동이 대표적이다. 이들 적용기술은 농업시설 및 농촌마을 단위로 적용한다면 대단히 효율적일 것으로 예상된다.

가스화를 위한 연료로서 바이오매스는 넓은 지역에 낮은 밀도로 분포하고 있다. 따라서 토지이용을 고려하여 바이오매스 발생량을 파악하고 가스화/합성가스 이용적지를 선정하는 것이 바이오매스 가스화 기술의 성공을 결정한다고 보아도 무리는 없다. 간벌목이나 숲가꾸기 산물의 발생량, 농업부산물 바이오매스, 축산분뇨 등에 대한 시공간적인 분포를 고려하여 농업-농촌을 위한 또 다른 형태의 생산기반시설 및 체계를 구축하는 것이 가능하다는 것이다. 이러한 인식은 더 나아가 도시와 농촌을 포함한 지역단위 자원 순환형 생산기반시설로 확대해 나아갈 수 있을 것이다.

러시아의 기준으로 2005년 공식적으로 발효된 교토의정서에 따라서 주요 선진국들은 2012년 1차 이행기간까지 1990년 대비 온실가스를 최소 5% 감축하여야 한다. 1차 이행기간이 종료된 이후에는 온실가스 배출량을 감안하면 우리나라가 감축의무 부담국에 포함될 가능성이 매우 높다. 이러한 가능성은 경쟁력이 상대적으로 높은 바이오에너지 분야가 더욱 확대될 수 있음을 의미하며, 농공학분야에서 더욱 더 관심을 가지고 적극적인 입장을 보일 필요가 있음을 시사한다.