

우리나라는 좁은 국토에 많은 인구가 밀집한 관계로 단위면적당 폐기물의 발생량이 세계 최고 수준이며, 해양 오염 방지를 위해 유기성 폐기물 해양 배출을 금지한 런던협약 등 기후변화 관련 규제가 강화되고 있다. 또한 화석연료의 고갈화로 대체에너지 개발이 시급한 현시점에서 폐자원 에너지화 사업의 인프라 구축 및 대응책 수립이 요구되고 있다. 이에 우리나라는 2008년 5월 「폐기물 에너지화 종합대책」 이후 2009년 7월 「폐자원 및 바이오매스 에너지 대책」 실행계획 수립으로 폐기물 에너지화 사업 도입을 적극 추진하고 있다. 폐자원 에너지화 기술은 화석연료 대체로 인한 온실가스 감축효과가 있어 폐기물 처리, 화석연료 대체, 온실가스 감축이라는 일석삼조의 기술이다.

기후변화대응 녹색기술의 현주소와 미래



김 주 영 | 폐자원 에너지화 Non-CO₂ 온실가스 사업단 팀장

tel. 02-2220-4065 | loseave@nate.com

폐자원을 이용한 에너지화 기술은 유기성폐기물 및 바이오매스 연료화 기술, 가연성폐기물 연료화 기술로 구분할 수 있으며, 현재 이외에도 기존 소각시설의 여열회수를 통한 에너지 활용 기술 등이 개발 중에 있다. 런던협약 및 해양환경보전을 위해 해양투기가 금지되는 유기성폐기물은 하수슬러지, 가축분뇨, 음식물류폐기물 폐수(음폐수) 등으로 이들을 각각 소화나 가스화 공정을 통해 에너지화 하거나 병합처리를 통하여 에너지를 생산하는 기술이 개발되고 있다.

유기성폐기물을 이용한 에너지화 기술은 바이오가스(메탄) 생산 기술, 고품 연료화 기술, 수소 생산 기술 등으로 구분할 수 있다. 유기성폐기물을 이용한 바이오가스 생산 기술은 1970년대 초반에서 1980년대까지는 주로 농가에서 퇴비화 과정 중에 발생하는 바이오가스를 취사용으로 사용하면서부터 개발되기 시작하였다. 그러나 부식가스의 발생, 반응장치 및 미생물 생장 조건 유지의 어려움, 낮은 처리효율 등으로 기술개발이 진전되지 못하였다. 이러한 기술적인 한계점을 개선하고자 최근 들어 고품질 함량이 높은 폐기물을 처리할 수 있는 혐기성 소화 공법 및 유기성폐기물 병합소화를 통해 바이오가스 생성을 극대화하고 에너지 생성을 최대화하는 기술 연구 등이 진행되고 있다.

유기성폐기물 병합소화처리를 통한 에너지화 연구는 1997년 '대체 에너지 기술 개발 기본계획'에 의거하여 본격적으로 시작되었다. 혐기성 소화에 의한 바이오가스 에너지화 연구개발은 국내 일부 기업에서 현재 소규모의 Pilot Plant 연구가 진행되고 있으며 대규모 실증 Plant 사업도 추진되고 있다. 국내의 실증 공정 사례로는 파주시, 의왕시, 부천시, 이천시 등이 있다. 유기성 슬러지 연료화 기술은 낮은 외부 에너지 비용, 연료로서의 높은 가치, 하수처리장 내에서의 직접적인 처리 가능 등의 많은 장점을 갖고 있지만 국내의 경우 석탄 등의 화석연료를 대체하기 위해서는 발열량을 더욱 증가시켜야 한다. 현재 국내의 경우 탄화, 고화기술은 일부 기업에서 보유하고 있으며, 발열량 개선 후 발전소 등의 혼소연료로 사용될 전망이다. 가스화 에너지 이용기술은 건조기가 설치된 하수슬러지 처리장 등을 대상으로 개발되고 있으며 잔재물의 재활용도 검토되고 있다. 유기성폐기물로부터 수소를 생산하기 위한 기술개발은 아직까지 기초연구가 소규모로 진행되고 있으나, 최근 환경문제와 더불어 수소에너지의 필요성이 요구됨에 따라 정부나 기업체에서 대형화하는 등 연구 개발을 서두르고 있다.

활용가치가 높은 바이오매스를 이용한 에너지 생산기술은 간벌

목이나 원목의 가공공정에서 발생하는 부산물을 목재 에너지 생산에 활용하기 위해 개발되어 왔다. 기존 연구개발사업에 의해 소형 열이용시설 및 가정 부문에 목질연료 공급의 활성화를 목적으로 유럽에서 크게 확대되고 있는 우드펠릿 연료 제조 기술 및 보일러 시스템을 개발한 상태이다. 바이오매스를 이용한 열병합 발전기술은 상업유동층 연소기술이 상용화되어 있으나 외국기술을 도입하여 사용하고 있어 독자적인 국내기술 개발이 시급한 실정이다. 유럽, 일본, 미국 등 선진국의 유기성 폐기물 및 바이오매스 활용기술은 정부주도의 정책적·제도적 지원 아래 자국의 실정에 맞는 바이오에너지 사용기술을 개발하여 보급하고 있다. 매립부지 확보가 어려운 EU와 일본 등에서는 유기성폐기물을 메탄생성 반응기에서 소화함으로써 바이오가스를 생성하여 열에너지원 또는 발전연료로 사용하는 기술을 개발·보급하고 있다. 유기성슬러지의 고품연료화 기술은 일본이 가장 높은 기술 수준을 보유하고 있으며, 유기성슬러지를 건조/고화/용융/탄화 등의 방법으로 연료화하여 생산된 제품을 시멘트, 철강, 발전소에 연료로 활용하고 있다. 또한 독일, 일본 등에서는 유기성폐기물로부터 수소를 생산하기 위한 환경조화형 기술개발이 정부주도하에 활발히 진행되고 있다.

바이오매스를 이용한 에너지 생산기술에 대한 주요 국가들의 현황을 살펴보면, 미국의 경우 정부주도하에 연료용 알코올 및 바이오디젤 보급, LFG 이용에 주력하고 있으며, 현재 옥수수를 원료로 한 바이오에탄올 혼합 연료가 시판되고 있다. 또한 폐기물 가스화 기술개발에 지속적인 투자로 석탄 대신 폐기물을 이용하도록 기존의 가스화기를 응용하는 연구가 진행되어 다양한 형태의 가스화기와 가스화 공정을 개발하여 현재 상용화 단계에 진입하였다. 유럽의 경우 EU 차원의 기술개발 및 실증 사업이 이루어지고 있으며, 바이오에너지 공급 사업자를 중심으로 보급 확대가 일어나고 있다. 일본에서는 도시고형폐기물 소각열 발전과 메탄을 생산기술 위주로 개발되고 있으며, 바이오매스의 열병합 기술개발 및 보급에 주력하고 있다.

가연성폐기물을 에너지로 활용하는 기술은 RDF 및 RPF를 생산하는 기술과 열분해·가스화 공정을 통한 에너지 회수 기술로 구분할 수 있다. 국내의 폐기물 고품 연료화 및 이용기술은 2000년에 이르러 관련 기술에 대한 집중적인 연구가 진행되어 RDF 제조 및 연소 보일러, 발전 시스템 개발에 관한 기술이 개발되었으며 발전 효율 향상을 위한 연구가 진행되고 있다. 가연성폐기물 처리를 위한 열처리 기술개발 현황이 기존 완전연소 위주의 소각방식에서 열분해·가스화 및 용융기술로 바뀌면서 이를 위해 학계/연구계를 중심으로 다양한 기술 접근이 이루어지고 있으나 국내의 경우, 실증규모 적용까지는 아직

이루어지지 않은 실정이다. 페타이어나 페플라스틱을 이용한 액화 기술의 경우, 국내는 관련 기술이 지속적으로 개발되었으나 대규모 실증화 설비에까지 이르지 못하였다.

이에 반해 일본이나 유럽에서는 1990년대에 열분해·가스화 실증화설비 건설을 시작하여 2000년대에 본격적인 상업화 설비 구축을 활발히 진행하고 있다. 일본에서는 산업폐기물, 일반폐기물을 포함한 지역형 폐기물 처리가 각지에서 진행되고 있어 산업단지 내의 산업폐기물, 일반폐기물, Shredder Dust를 가스화 용융로 - 고효율 발전설비로 연계하여 처리하고 있다. 또한 새로운 열분해·가스화 방식 개발을 위해 다양한 폐기물을 대상으로 지속적인 연구를 진행하고 있으며 향후 가스화기 및 가스 세정기술의 발전과 더불어 이 분야 기술의 실규모 적용 사례가 더욱 늘어날 전망이다. 페플라스틱이나 페타이어를 이용한 액화기술도 1970년대부터 석유의 대체에너지로 관심을 끌기 시작하여 최근 실증화 단계에 진입하기에 이르렀으나 경제성 측면에서 극복해야 할 과제들이 남아 있는 실정이다.

앞서 언급한 바와 같이 기존 가연성 폐기물 열처리리의 가장 일반적인 방식은 소각 방식이었다. 많은 소각시설들이 운영되어 왔으나 이들 시설로부터 에너지를 이용하는 방안은 크게 연구되지 못하였다. 그러나 근래에 소각시설 열이용에 많은 관심을 갖게 되면서 그 지역의 기반 열원시설로 자리를 잡게 되었고 에너지 전환효율을 높이기 위한 다양한 기술들이 도입되고 있다. 국내의 소각열 이용 방안은 주로 폐열 보일러에 의한 온수제조 및 난방, 고압증기 발전, 열병합 발전 등을 통한 에너지 이용 네트워크 구축 방법으로 주로 이루어져 왔다. 일본의 경우에는 열공급 시스템의 주요 기술인 '고성능 열교환 기술', '고효율 냉·온열 제조기술', '고밀도 열수송기술', '대규모 도시형 축열 기술' 등의 기술개발을 수행해 왔다.

폐기물의 자원화는 국제적인 관심사로서 많은 국가에서 매립 및 소각의 한계성을 극복하기 위하여 "자원순환형 사회형성", "Zero Waste" 라는 슬로건하에서 폐기물의 발생량을 원천적으로 줄이면서, 발생된 것을 자원화하기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 음식물쓰레기의 직매립 금지와 해양배출의 금지는 유기성 폐기물처리방식의 근본적인 변화를 요구하고 있어 기술개발이 시급한 실정이다. 선진국과 비교하여 국내의 폐기물 에너지화 기술은 기술의 종류에 따라 차이가 있지만 현재 50~80% 정도이다. 이는 기술수준의 단계별 평가기준에 따라 기술의 응용연구 및 실증/상업화가 이루어진 수준으로 국내시장뿐만 아니라 세계시장에 경쟁력을 갖추기 위해서는 기술의 수준을 선진국 수준으로 향상시켜야 한다.