



유기성 고형연료 연소를 통한 발전사 RPS 달성 전략

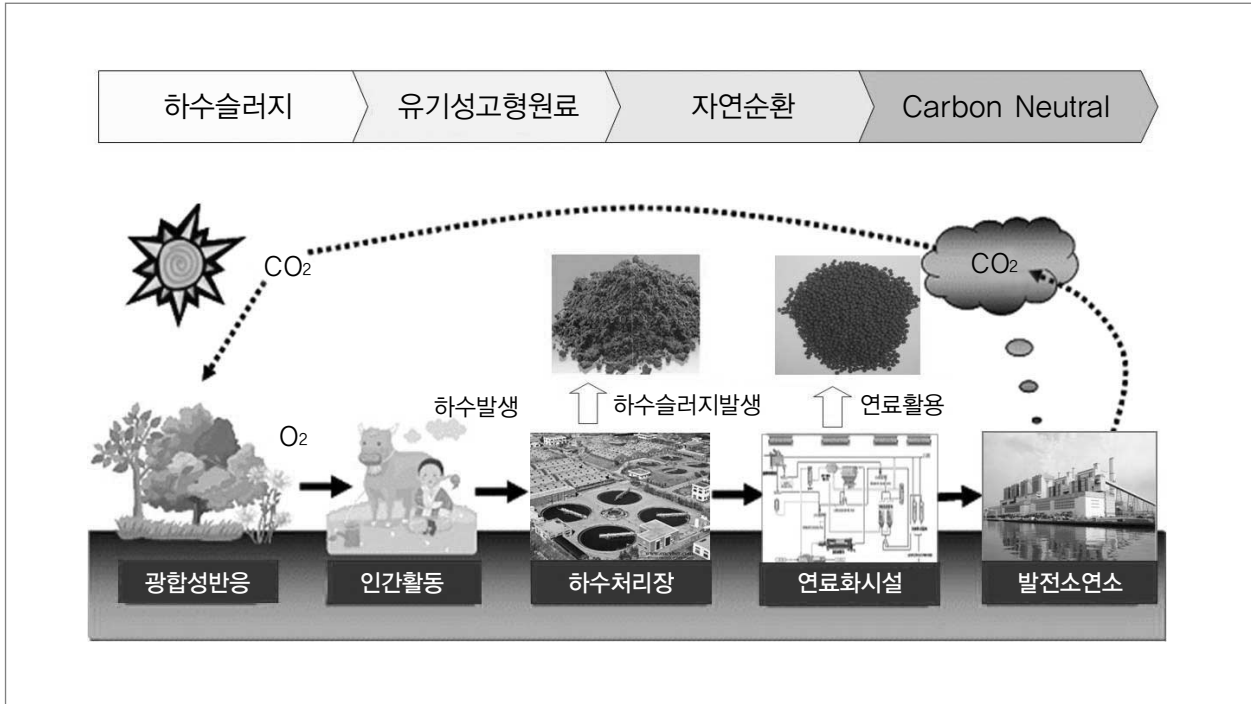


한 광 춘
한국서부발전(주) 발전처 차장

1. 개 황

유기성 고형연료란 하수처리장에서 생활하수에 포함되어 있는 유기물을 먹고 성장한 미생물 덩어리를 처리

하는 과정에서 발생하는 슬러지를 건조·성형하여 만든 바이오매스 연료이다. 따라서 유기성 고형연료를 석탄화력 발전소에서 석탄과 혼합하여 연소할 경우 신재생에너지 전기생산과 온실가스 감축은 물론 수입석탄 대체를 통한 연료비 절감효과를 얻을 수 있다.



[그림 1] 하수슬러지를 활용한 유기성 고품연료 개념

폐기물의 해양배출로 인한 해양오염을 방지하기 위하여 1972년에 국제 협약이 채택되었고, 이에 대한 협약의 개정판인 「런던협약 '96의정서」가 1996년도에 채택되어 2006년에 발효되었으며, 우리나라는 1993년에 본 협약에 가입하였다. 협약의 이행을 위해서 해양환경보전법을 개정하여 2008년부터 단계적으로 하수슬러지의 해양배출 규제를 강화하고 있으며, 2013년부터는 일체의 유기성 폐기물에 대한 해양배출을 금지할 예정이다.

정부는 국내에서 발생하는 하수슬러지 전량을 육상에서 처리하기 위하여 2007년에 「하수슬러지 관리 종합대책」을 수립하였으며, 처리시설에 대한 정책적·재정적 지원을 하고 있다. 한편, 정부는 2009년에 「국가 온실가스 자발적 감축 목표」를 수립하였고, 후속 대책으로 국내 에너지 관련 기업에 대한 기후변화 규제를 강화하기 위하여 각종 법안을 마련하고 있으며, 2012년부터는

온실가스 목표관리제와 신재생에너지 의무화 제도 (RPS, Renewable Portfolio Standard)를 시행할 예정이다.

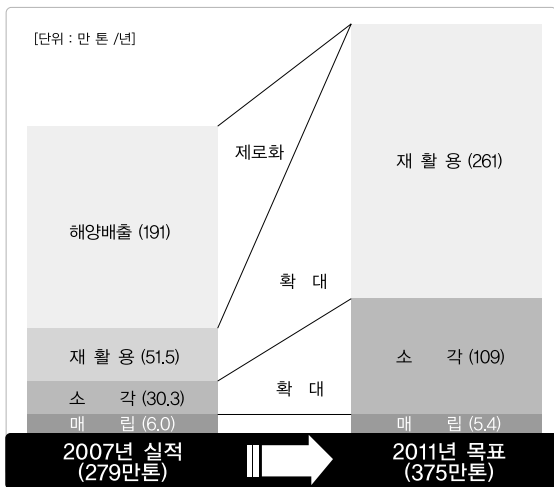
최근 국제 에너지가격 상승과 정부의 기후변화 규제가 강화됨에 따라 발전회사들은 기후변화 규제에 대응하고, 발전원가를 저감하기 위하여 다양한 분야의 신재생 에너지와 대체에너지 확대를 활발하게 추진하고 있으며, 정부의 하수슬러지 처리 정책 변화를 바탕으로 하수슬러지의 발전연료화를 적극 추진하고 있다. 발전사는 RPS 달성을 위한 신재생에너지 포트폴리오의 일환으로 유기성 고품연료 연소 전략과 계획을 2007년도에 최초로 수립하였으며, 첫째 국내 하수슬러지 처리 현황 및 발전연료화 가능성 분석, 둘째 유관기관 협력을 통한 발전연료화 기반조성, 셋째 발전소 연소기술 및 장치의 연구개발, 넷째 500MW급 석탄화력발전소 연소 실증시험 및 상용화 등을 주요내용으로 진행하였다.

2. 현황

가. 국내 하수슬러지 처리 현황 및 발전연료화

가능성 분석

하수슬러지는 그동안 폐기물로 취급되어 왔기 때문에 발전소에서 연소하기 위해서는 발전시설을 폐기물 재활용 시설로 신고해야 할 뿐만 아니라 대기환경보전법의 배출허용 기준이 소각로 수준으로 강화되면서 막대한 환경 비용 발생으로 발전소에서는 연소가 어려운 실정이었다. 그러나 기후변화 대응 효과와 버려지는 미활용에너지의 자원화 측면에서 관련법령의 개정이 필요하였고, 대정부 건의를 통해 2009년도에 관련법령이 개정되어 유기성 고품연료의 규격을 마련하였으며, 재활용 제품으로써 석탄화력발전소에서 연소할 수 있게 되었다.



[그림 2] 하수슬러지 처리 현황 및 2011년 정부 목표

환경부 통계에 따르면 우리나라는 2007년 말 기준 전국에 걸쳐 347개소의 하수처리시설에서 연간 279만 톤의 하수슬러지가 발생되었으며, 올해에는 460개소에서 375만 톤의 하수슬러지가 발생될 것으로 전망된다.

우리나라는 2007년도에 연간 하수슬러지 발생량의 약 68.5%인 약 191만 톤을 해양에 배출하였으나 정부는

올해까지 해양배출을 제로화하고 재활용 비율을 69.5% 까지 증대할 계획을 그림 2와 같이 추진하고 있다.

그러나 국내에는 2009년까지도 유기성 고품연료 제조 시설이 전혀 없어 발전소 연소를 위해서는 연료시장의 형성이 시급한 실정이었다. 따라서 정책을 수립하는 환경부와 하수처리시설을 운영하는 지방자치단체, 그리고 관련기술을 보유하고 있는 국내 산업계 등과 협력하여 유기성 고품연료 활용기술 연구개발과 시장 활성화를 위한 노력을 꾸준히 진행해왔다. 그 결과 지난 2010년에는 수원시 하수처리시설에 110톤(일 규모)의 연료 생산시설이 국내 최초로 준공되었다.

유기성 고품연료는 발생지역에 따라 고위발열량이 약 3,000~4,500kcal/kg에 이르는 갈탄과 유사한 바이오 매스 에너지원으로서 발전연료로 활용이 가능하다.

국내에서 발생한 하수슬러지(279만 톤, 함수율 약 85%, 2007년) 전량을 연료로 제조할 경우에는 약 58만 톤(함수율 10% 이하)의 유기성 고품연료 생산이 가능하며, 이는 발전용량 500MW이상의 석탄화력발전소에서 1년간 사용하는 석탄량(7,000만 톤)의 약 0.83%에 불과한 것으로 나타났다. 따라서 혼소율 3% 수준에서도 국내 하수슬러지 발생량의 약 3.6배를 석탄화력발전소에서 연소할 수 있는 것으로 평가된다. 이들 발전소는 탈질설비, 탈황설비, 고효율 전기집진기 등 최신 환경오염방지 시설을 갖추고 있으므로 환경적으로 안전한 연소가 가능하며, 하수처리시설과 마찬가지로 발전소도 전국에 분포해 있으므로 권역별 하수슬러지 연료화가 용이한 환경을 가지고 있다. 따라서 적극적으로 시장을 확대해 나간다면 2013년에는 국내 유기성 고품연료 시장이 연간 약 30~40만 톤 규모로 성장할 것으로 전망된다.

[표 1] 국내 에너지원별 발전량 전망

(단위 : GWh)

구 분	원자력	석 탄	LNG	유 류	양 수	신재생	합 계
2010년	144,856	193,476	100,690	14,693	2,084	5,949	461,747
	31.4%	41.9%	21.8%	3.2%	0.5%	1.3%	100%
2015년	201,089	220,886	89,891	6,795	2,551	20,009	541,221
	37.2%	40.8%	16.6%	1.3%	0.5%	3.7%	100%
2020년	259,378	217,454	62,081	3,039	6,256	40,648	588,856
	44%	36.9%	10.5%	0.5%	1.1%	6.9%	100%
2024년	295,399	188,411	59,201	2,912	8,202	54,467	608,591
	48.5%	31%	9.7%	0.5%	1.3%	8.9%	100%

※ 자료출처 : 지식경제부, 제5차 전력수급계획, 2010

나. 신재생에너지 발전 전망

제5차 전력수급계획에 따른 국내 에너지원별 발전설비 용량은 표 1과 같이 2024년까지 원자력발전이 31.9%로 증가하고, 석탄발전이 27.9%로 감소하게 된다. 또한 가스와 석유를 이용한 발전설비의 점유율도 감소하고, 신재생에너지는 7.2%로 증가하게 된다. 이는 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 정책이 반영된 것으로써 그 특징은 원자력, 신재생에너지 및 집단에너지의 확대와 석탄, 가스, 석유 등 화석연료의 감소로 요약할 수 있다. 그러나 우리나라는 신재생에너지 자원이 많지 않아서 2024년 신재생에너지 발전량 비율 8.9%의 달성에는 많은 노력과 막대한 투자가 필요할 것으로 예상된다. 따라서 하수슬러지, 임·농부산물, 폐기물 등 버려지는 바이오 매스의 에너지화 확대를 위한 연구와 노력이 절실한 실정이다.

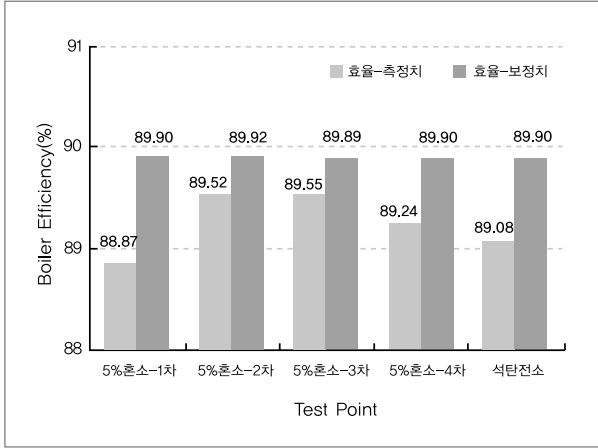
다. 발전소 연소 기술 및 장치의 연구개발

유기성 고형연료의 연소기술과 장치의 연구개발은 한국서부발전(주), 한국중부발전(주), 한전전력연구원, (주)포스코, (주)포스코건설, 포항산업과학연구원 등 산업계와

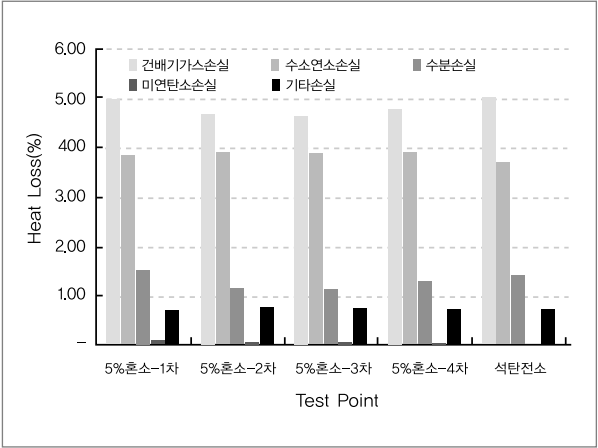
연구기관, 그리고 한국환경공단, 수원시 등 관련기관들의 긴밀한 협력으로 이루어졌다.

유기성 고형연료의 성상특성은 수분(5.8%), 회분(23.9%), 저위발열량(3,708kcal/kg), 중금속 함량(수은, 비소, 카드뮴 등은 불검출, 납 27.8mg/kg) 등이 모두 법에서 규정한 연료의 규격을 만족하여 석탄화력발전소에서 연료로 활용할 수 있는 것으로 평가된다. 단지 질소, 황 및 회분이 석탄보다 높기 때문에 혼소율이 높아질수록 탈질설비 흡수제와 탈황설비 환원제의 소비량, 회(ash) 처리비용 등이 증가하여 환경설비 운영비의 증가가 예상된다. 유기성 고형연료의 회 성분 분석결과 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ 등 주요성분의 함량은 석탄과 유사한 수준을 보였으나 K₂O, P₂O₅ 함량이 석탄보다 높아서 혼소율이 높을 경우에는 탈질설비 촉매의 성능과 석탄 회의 재활용에 영향을 줄 우려가 있지만 혼소율 5% 이내에서는 그 영향이 미미한 것으로 평가되었다.

유기성 고형연료의 연소특성은 탈휘발화 반응이 매우 복잡하게 일어나는 경향을 가지고 있으며, 주요 연소 반응은 휘발분의 연소가 지배하고 있는 것으로 분석된다. 온도 상승에 따라 탈수반응 이후 140~480℃의 범위에서



[그림 3] 유기성 고형연료 5% 혼소 시 보일러 효율



[그림 4] 유기성 고형연료 5% 혼소 시 각종 손실

여러 단계로 탈 휘발화 반응이 일어나며, 이는 높은 함량의 휘발분(약 60%)이 고휘발성 불포화탄화수소 계열과 난분해성 탄화수소 계열로 이루어졌기 때문으로 추정된다.

연료에 대한 특성분석 결과를 토대로 하여 발전소 혼소용 장치를 개발하고, 수원시 하수슬러지 자원화 시설에서 생산된 유기성 고형연료를 사용하여 500MW 석탄화력발전소인 태안발전본부 제3호기에서 실증 연소 시험을 시행하였다.

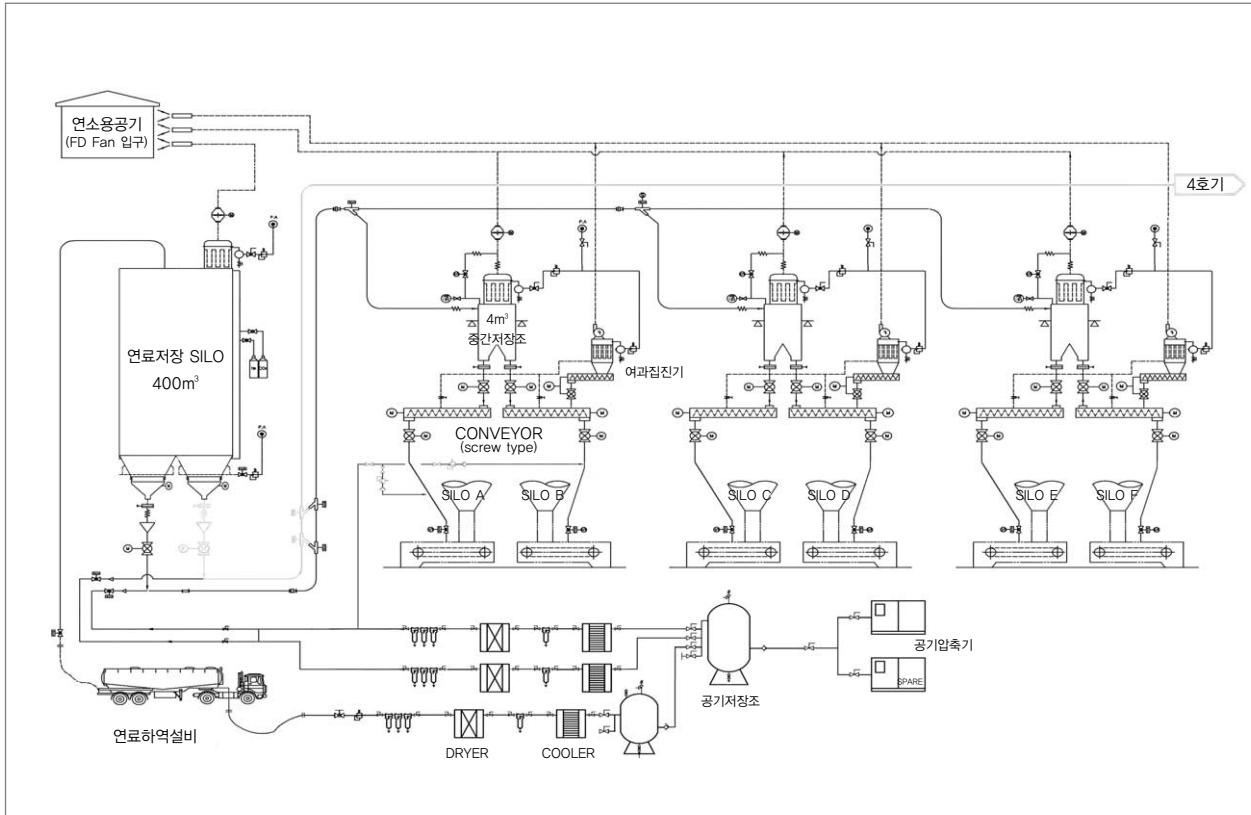
실증시험 결과 유기성 고형연료 혼소율 5%에서의 보일러 효율은 그림 3과 같이 89.9%(보정치 기준)로서 석탄전소와 같은 수준이었으며, 열손실 항목도 그림 4와 같이 동등한 수준으로 나타나 열효율 변화는 연료의 성상이나 운전상황의 미미한 변화에 의해 발생할 수 있을 정도의 범위 안에 제한되었다. 이는 유기성 고형연료의 혼소율이 매우 낮아서 전체적인 연소반응이 석탄에 의해 지배되는 것이 원인으로 평가된다.

또한 보일러에서의 화염특성 변화나 온도분포의 변화가 거의 없고, 화로 내 전열면의 회 부차에 의한 영향인 슬래깅과 파울링에 미치는 영향도 미미한 것으로 나타났다. 보일러 통풍계통의 송풍기, 미분기 등 보조기기의 운전에 미치는 영향이 거의 없고, 대기환경보전법에서

규정한 대기오염물질 23개 항목 측정결과도 모두 기준치보다 매우 낮아서 유기성 고형연료의 혼소가 발전설비 운영과 환경에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다. 단지, 유기성 고형연료의 분쇄특성 때문에 운전전류가 상승하여 미분기 운전비용의 상승요인이 있었지만 정상 운영에 지장을 줄 정도는 아니었다. 그리고 유기성 고형연료 연소시설의 운영에 있어서는 냄새와 비산먼지 방지를 위한 대책이 필요하므로 전 계통을 밀폐시스템으로 설계하는 것이 요구된다.

3. 향후 계획

연구개발 및 실증시험 결과를 반영하여 국내 최초로 연간 15만 톤 규모의 유기성 고형연료 연소시설을 태안 발전본부 제3,4호기에 설치하여 지난 2010년 12월에 상용화하였으며, 유기성 고형연료는 수원시 자원화시설에서 공급하고 있다. 그리고 올해 말 운영을 목표로 당진, 보령, 삼천포화력에 연소시설 설치 확대를 추진 중에 있으며, 연료 공급처를 수도권매립지관리공사, 부산, 광주, 대전 등 지방자치단체 등으로 확대할 나갈 예정이다. 또한 유기성 고형연료에 대해서는 발열량 수준에 따라 적정



하역 및 저장시설



이송용 공기압축기



이송용 투입 설비

[그림 5] 유기성 고품연료 상용시설 장치 구성도 및 이미지

가격을 지불함으로써 지방자치단체 등 연료공급처와 상생의 협력관계를 구축하고, 연료시장 활성화를 지속적으로 추진할 계획이다.

유기성 고품연료의 연소에 따른 효과는 연료로서의 가치와 신재생에너지 가치로 나누어서 평가할 수 있다. 올해 국내 하수슬러지 예상발생량(375만 톤/년)의 약 50%를 연료화 할 경우 유기성고형연료 약 40만 톤을

생산할 수 있으며, 이를 발전소에서 연소할 경우 약 21만 톤의 유연탄 수입 대체효과를 얻을 수 있다. 그리고 연간 약 55만MWh의 신재생에너지 전기를 생산하여 온실가스(CO₂) 약 50만 톤을 감축할 수 있을 뿐만 아니라 해양에 버려지던 하수슬러지의 안전한 활용으로 해양오염 방지를 통한 지구환경 보전과 국가적인 하수슬러지 처리문제의 해결에도 기여할 것이다. KEA