폐자원도 이제는 ‘ 효자 ’- 바이오매스 시대가 열린다

- 폐지 · 음식물쓰레기 · 분뇨도주요 에너지원, 해조류이용 바이오 연료 개발 활발 -

바이오매스. 과거에는 ‘ 쓰레기나폐자원으로천대받던 자원들이 고유가 시대의 새로운 에너지원으로 탈바꿈하고 있다. 우리나라에서도 우뭇가사리 · 구멍갈파래 등의 해조류를 이용한바이오에탄올을생산하는기술등이개발되고있다.

고유가 시대를 맞아 전세계가신재생에너지기술개발경쟁에나서면서‘ 폐자원도 다시 보자 ’는 새로운 구호가 주목받고 있다. 바로 바이오매스(bio mass)를 활용한 에너지 기술 확보가 과학 기술계뿐 아니라 사회의 화두로 떠오르고 있기 때문. 바이오매스는 태양 에너지를 받은 식물과 미생물의광합성에의해생성된식물체나균체, 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 모든 생물 유기체를 일컫는다. 곡물 · 감자 · 사탕수수뿐만 아니라 임목과 볏짚 · 왕겨 같은 농수산물, 가축의분뇨와 미생물의 균체를 포함하는 단백질계 자원까지 모두 바이오매스에 속한다. 이런 바이오매스를 통해 만들어진 종이나 음식물 쓰레기도 바이오매스로분류된다.

바이오매스 활용 에너지 생산의 장단점

장점	단점
- 녹조류, 폐목재류 쓰레기 등 풍부한 자원과 큰 파급 효과	- 자원이 흩어져 있어 원료를 수거하고 처리하는 비용이 과다
- 버려지는 쓰레기 등을 활용하는 환경 친화적 생산 시스템	- 에너지원으로 사용되는 원료가 다양한 만큼 필요 기술도 다양
- 이산화탄소를 소모시켜 온실가스 등 환경오염 저감	- 목재류, 녹조류 등을 과도하게 이용할 경우 환경 파괴 위험 상존
- 생성 에너지의 형태가 에탄올, 메탄올, 가스 등으로 다양	- 원료에서 에너지를 뽑아내기 위해 대규모 설비 투자가 필요

자료: 에너지관리공단.

한마디로 과거에는‘ 쓰레기나 폐자원 의 부류에 속해 천대받던 자원들이 고유가 시대를 맞아에너지를만들어내는효자로탈바꿈하고있는셈이다.

바이오매스의 종류와 장단점

위에서 설명한 것처럼 바이오매스는 살아있는동식물미생물의유기물량(보통건조 중량이나 탄소량으로 표시)을 의미한다. 생태학용어상구분으로는나무의 줄기, 뿌리, 잎등이대표적인바이오매스다. 일종의 죽은 유기물인 유기계 폐기물(폐재료나 가축 분뇨 등)은 엄밀하게얘기하면 바이오매스가 아니다. 하지만 산업계에서는 유기계 폐기물도바이오매스에포함시키는것이보통이다. 물론 바이오매스는 버려지는 자원을활용한다는점에서훌륭한에너지원이지만장점과단점을모두갖고있다.

바이오매스의 장점으로는 에너지를 저장할 수있다는점, 재생이가능하다는점, 물과 온도조건만맞으면 지구상어느곳에서나 얻을 수 있다는 점, 최소의 자본으로 이용기술의개발이가능하다는점, 원자력의이용과비교할때환경보전적으로안전하다는점등을들수있다.

반면, 단점으로는 넓은면적의토지가필요하다는 점, 토지 이용 면에서 농업과 경합한다는 점, 자원 부존량의 지역 차가 크다는점, 비료 · 토양 · 물에너지등의투입이필요하다는점, 문란하게개발하면오히려 환경 파괴를 초래한다는 점 등이 있다. 또한, 바이오매스의생산 · 수집 · 운반변환에관련한기술적문제와 투입된에너지및 경제성을 고려해야 한다는 점은 부담이다. 특히, 바이오매스가 특정 지역에 에너지를 공급하는 용도로 많이 쓰이는 만큼 지역의 특성과적용기술의특징, 공급가능한바이오매스의 성격 등을 종합적으로 고려해 도입 여부를 판단해야 한다는 것이 전문가들의의견이다.

바이오매스 종류별 비교

구분	곡물류	목재류	해조류
추수 횟수	1년에 1 2회	약 8년에 1회	1년에 4 6회
헥타르당 생산량	180톤	9톤	565톤
헥타르당 Co_2 흡수력	5 10톤	4.6톤	36.7톤
에너지 수율	30 35%	20 25%	45% 이상
리터당 생산비	0.2 0.3달러	0.4달러	0.2달러
부정적 요소	식량과 연계	산림 파괴	특별한 요소 없음

자료: 한국생산기술연구원.

어떤 원리로 에너지 만드나

한국에너지기술연구원 김미선 박사는 “ 바이오매스로 에너지를 만드는 기본적인 원리는수분함양이적은자원은이를 태워 서열과가스를발생시키고, 반대로수분이 많은 자원은 유기물을 이용해 에너지원을 얻기 위한 방법으로 균주를 투입하거나 특정한화학공정을 거쳐알코올성분이나메탄가스등을발생시킨다 ”고설명했다.

실제로 기름기가 많은 유채 · 콩 등의 작물은직접짜서기름을추출한뒤이를바이오디젤로 만든다. 반면, 보리 · 옥수수등은 술을만드는주정 공정과비슷한공정을거친다. 해당곡물로부터당분을얻은뒤이를 발효시켜에탄올을얻는것.

나무나 볏짚 등 섬유소 식물체도 효소를 이용해 당분으로 변환시킨 뒤 곡물이나 전분류를 이용한 에너지원 추출과 비슷한 공정을 통해 에탄올을얻어낸다. 최근한국생산기술연구원 · 한국해양연구원등 정부 출연연구소에서 성과를 내고 있는 녹조류를 이용한 바이오 에탄올 생산도 이런 공정을 거친다. 그러나, 섬유소식물체는상황에따라 직접 연소되는 방식으로 에너지로 변환되거나, 가스화시킨뒤촉매반응을일으켜 메탄올을생산하는두가지방법을모두사용할수있다.

에너지생산과관련없을것같아보이는 음식 쓰레기, 가축 분뇨, 동물체 등도 혐기발효를통해 메탄가스로바뀐다. 혐기발효는산소가 없는 곳에서만사는혐기성(嫌氣性) 미생물을활용해가스를 발생시키는 것을말한다. 여기서생산된메탄가스는다시 2차처리 공정을 거쳐에너지를 내는데 필요한가스만최종적으로추출한다.

폐타이어와 폐플라스틱, 폐기물 등을 활용하는 폐기물 에너지는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 열분해해 기름을 생산하거나 소각에 의해 열을 회수하는 원리로 에너지를 발생시킨다. 종이 · 나무 · 플라스틱 등 가연성 폐기물을 부수고 건조시켜 만든‘ 성형 고체연료(RDF)’와 자동차폐윤활유등의폐유를이온정제, 열분해 정제, 감암 증류 등의 방법을 동원해 정제한재생유가대표적이다.

이 밖에 고무 · 타이어 · 합성수지 등을 열분해해 청정한 연료유를 생산하거나, 가연성 폐기물에서 발생하는 소각 열을 시멘트나 철광석 제련에 필요한 열원으로 이용하기도한다.

국내외 기술 동향은

일단 국내에서는 녹조류를 이용한 바이오 에탄올을 생산하는 기술이 속속 개발되고 있다. 옥수수나 밀 등을 재배할 땅과 자원이부족한우리나라의입장에서는국내외의 해양을 이용해 대량으로 바이오 에탄올을 얻겠다는 전략이다. 실제로 생산기술연구원은바이오에탄올을대량생산할 수 있는최적의해조류로우뭇가사리를선택하고 지난해부터대량 생산기술축적을위한양산기술과설비구축에나선상태다.

해조류에서 바이오 연료를 생산하는 첫

단계는 원료를 잘게 나누고 갈아서 분말 형태로 만드는 작업이다. 다당류로 이루어진 분말에효소를넣어단당류로분해하는것이 다음이다. 이어전통술제조방법과유사하게 단당류를 발효시켜 에탄올과 부탄올, 아세톤 등을 추출하는 것이 마지막 과정이다. 이렇게생산된바이오에탄올의열량은휘발유의80% 수준, 부탄올은거의100% 수준에 가깝다. 에탄올 연료를 쓰는 자동차의 엔진 효율이좀더높아야하는이유다. 현재바이오 연료 생산 기술의 핵심인 다당류를 단당류로쪼개는당화기술, 이를다시에탄올로 만드는발효 · 추출기술면에서대량생산에 도전할 만큼 상당 수준에 올라 있다는 것이 생산기술연구원측설명이다.

해양연구원도최근강원대학교와공동연구를통해제주연안의해조류인구멍갈파래를 이용해 대체 에너지 바이오 에탄올을 생산하는 데 성공했다고 밝혔다. 연구원 소속 강도형박사팀은지난수년사이제주지역에서녹조현상을일으켰던구멍갈파래가광합성으로바이오에탄올의원료인전분을만들어낸다는 점에 주목하고 연구에 착수했다. 결국 구멍갈파래에서 추출한 탄수화물 성분에서바이오에탄올을얻어내는데초점을맞춘연구팀에 따르면생산기술연구원이 우뭇가사리에서 바이오 에탄올을 만들어내는데성공한것보다더높은에탄올농도와 수득률(收得率)을보인것으로알려졌다.

현재생산기술연구원은녹조류의대량생산과 재배를 위해 해외 협력도 진행하고 있다. 베트남과 인도네시아 등 바다의 수온이 높은동남아국가들과의협력을통해대량으로원료를생산하는기술을개발하기위해서다. 한국 남해와 제주 지역, 서해안 일부 지역에서는 우뭇가사리의 추수가 1년에 2 3회가능하지만수온이높은적도지역에서는 연5 6회까지해조류수확이가능하다.

한편, 폐기물을 활용한 에너지 변환 부문에서는 고려소각로가 산업 폐기물 소각 장치를상용화했고, LG화학은폐플라스틱열분해상업화공정을시험하고있으며, 에너지기술연구원과 기계연구원에서는 각각 폐타이어 오일화 기술과 도시 폐기물 고형 연료화장치를개발한바있다.

이 밖에 가스화 발전의 전단계로도 볼 수 있는 바이오매스 직접 연소 발전 기술은 영국 · 덴마크 · 스웨덴 등지에서 활발히 보급되고 있다. 덴마크 마프예르크 열병합 발전소의 경우 연간 15만 톤의 쓰레기와 5만 톤의밀짚, 3만톤의나무칩을연소시켜발전용량 38MW에 해당하는 전력과 열을 공급하고 있다. 우리나라에는아직 발전 설비를 갖춘 소각장은 없고 안양 평촌 쓰레기 소각장, 대구성서소각장이열공급시설을가동하고있다. 또한, 바이오가스발전은유기성 폐기물인 음식물 쓰레기 등을 고농도 혐기 반응기에서 소화시켜 메탄을 발생시키고, 이를 발전에 이용하는 방식이다. 지난1988년프랑스아미앙에최초의발전소가건설된 이래유럽에서만수십기가가동되고있다.

매립지 가스 발전은 독일과 미국이 가장 활발하게시행하고 있다. 이미수백만 톤의 석유에 해당하는 에너지를 만들어내고 있을 정도다. 매립지 가스 발전은 쓰레기의 성질과매립조건에 따라사용처가다른 것이 특징이다. 네덜란드에서는흡착법 등을 이용해 CO_2와 황화수소 등을 소각, 매립지 가스를 도시가스로 공급한다. 하지만브라질에서는 생산된 가스가 자동차의 연료로 쓰인다.

대우건설이 경기도 이천시 모전영농단지에 설치한 바이오가스발전설비.

아직은 갈 길 먼 바이오매스 에너지

바이오매스 연구는 버려지거나 주목하지 않았던자원에서에너지를얻는다는점에서 긍정적이다. 하지만 상용화를 위해서 해결되어야할기술적, 환경적문제들이많은것도 사실이다. 실례로 녹조류를 이용한 바이오 에탄올 생산의 경우 가시적인 성과가 나오고있지만대량생산과경제성확보까지는 가야 할 길이 멀다는 것이 에너지 전문가들의 평가다. 대량으로 녹조류를 생산해 원료를 공급받아야 하는 데다 대량의 바이오 연료를 생산할 전체 공정 시스템을 갖춘 사례가국내외에서없기때문이다.

우리나라 입장에서는 바이오매스를 이용한에너지생산분야에서세계시장을이끌어나갈수있는기술이탄생할수있도록선택과집중의전략이중요하다다. 연구원간, 사업단간의 경쟁을 통한 연구도 좋지만 함께 힘을모아더좋은성과를낼수있다는판단이드는연구의경우서로의벽을허물고과감하게 인력과 예산을 집중해야 할 것이다. 한편, 바이오매스를 활용한 에너지원 개발을바라보면서우리는반드시인류의에너지 소비 방식을 재점검해야 한다. 쓰레기에서 에너지를찾을정도로인류는석유와에너지 소비에취해있다는' 불편한진실 을인정해야할시점이다. 물론이러한불편한진실을 인정하는것은생활속의실천으로연결되어야할것이다. 아이들에게는정규교육과정을 통해 환경과 재활용 자원의 중요성을 알려주고, 지역 사회와 가정에서는 에너지를 적게쓰거나쓰지않는생활환경을구축하는데앞장섰으면한다.

김은표
매일경제신문사과학기술부기자