

대체 에너지원 BIOMASS

李 榮 日

〈農博·한국에너지연구소 放射線農學研究室〉



지구상에서 광합성을 통해 바이오매스 형태로 전환되고 있는年間 태양에너지의 양은 전세계가 사용하는 연간 총에너지의 약 10배 가량이 되는 것으로 추정되고 있다. 또한 지구상에 현재 존재하는 바이오매스총량은 지하에 매장되어 있는 화석연료의 양과 맞먹는다고 추산되고 있는데, 아직도 계속적인 탐사로 화석연료의 양이 증가되고는 있으나 절대치의 양적증가가 불가능한 것이지만 바이오매스는 생산성을 계속 유지할 수 있기때문에 에너지의 영속성에 있어서 우위를 점하고 있다고 보아야 할 것이다.

아직도 세계적인 연료의 공급이 바이오매스 연료가 거의 1/6을 점하고 있다는 사실은 별로 인식되지 못하고 있으며 단순한 펄프나 발열용으로 소모하고 있다.

현재 풍부하게 생산되고 있는 화석연료의 영향으로 바이오매스의 위치가 소외되어 왔으나 석유는 10~15년, 석탄은 50년후에 그 위기가 올 것을 감안할 때 바이오매스의 위치가 상당히 중요함을 느끼지 않을 수 없게 되었다. 그러므로 바이오매스에 의한 에너지생산 프로그램이 많은 개발국가나 개발도상국가에서 고려되고 있는 실정인 바 본稿에서는 주로 바이오매스의 자원 개발을 중심으로 살펴보고자 한다.

◇ 바이오매스의 특성

지구상 식물이 광합성에 의해 생산해 내는 에너지의 양은 3×10^{21} 줄(joule)로 이것은 전세계가 연간 소모하는 에너지 3×10^{20} 줄에 비해 10배가 많은 양에 해당 된다. 또한 지구상에 매장되어 있는 총화석연료(석유, 석탄, 가스, 기타)를 300×10^{21} 줄로 보는데, 이것은 연간 지구상의 광합성생성 에너지의 100배에 해당하는 것으로 지구상 광합성물질을 100년간 축적한 양에 해당되는 것이라 볼 수 있다.

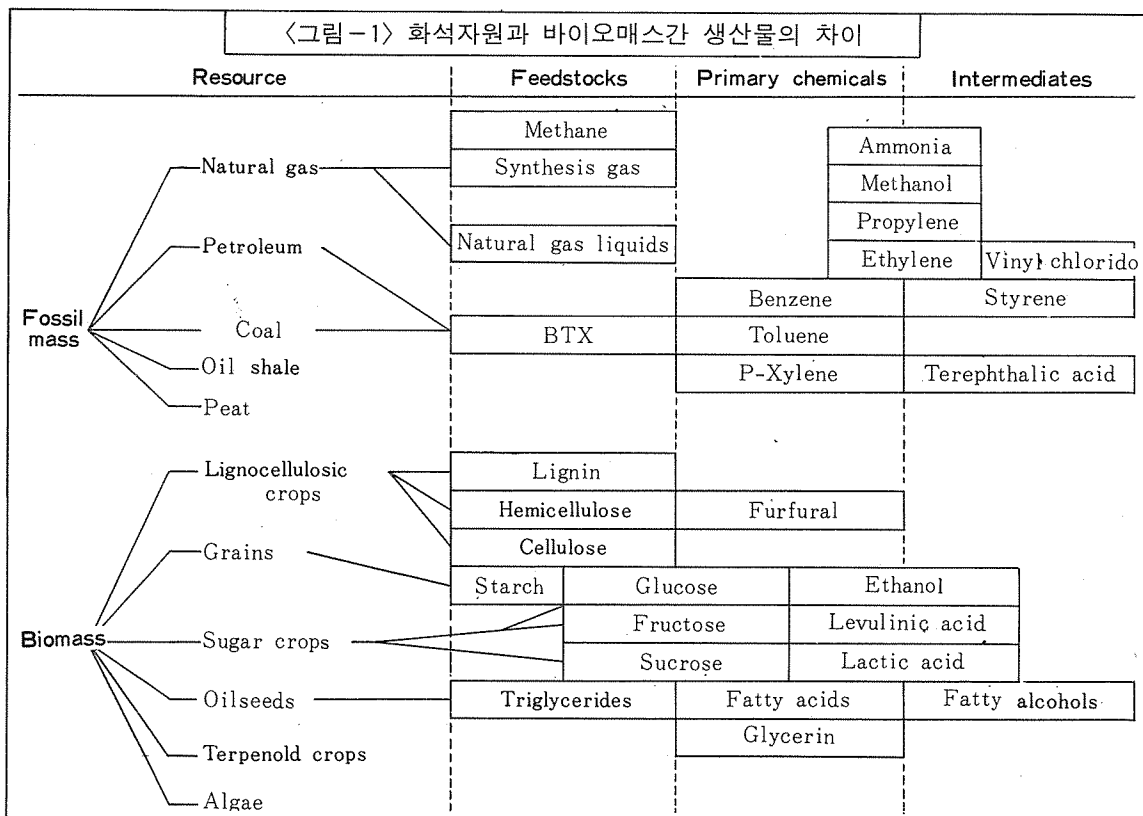
화석연료는 지리적 분포때문에 인위적으로 좌우할 수 없지만 바이오매스는 질적 또는 양적으로 인위적 조작에 의하여 변화시킬 수 있다. 가령 기름을 목적으로 할때는 기름을 생산할 수

〈표-1〉 연료별에너지 축적량비교

Kinds of fuel	Mjoules/kg
Gasoline	45. 1
Diesel fuel	42. 2
Soybean oil	35. 1
Sunflower oil	37. 4
Coconut oil	35. 5
Palm oil	37. 4
Ethanol	29. 3
Methanol	22. 4

점도 있으며 〈표-1〉, 사용도중 산성화의 문제 점도 있는 것이 현실이다. 대체로 바이오매스의 이점을 요약하면 ① 의도하는 데로 에너지를 축적할 수 있고, ② 항상 끊이지 않고 생산할 수 있는 영속성과 ③ 최소의 투자로 기술개발이 가능하며, ④ 현재의 인력이나 원료로 값싸게 개발이 가능하고, ⑥ 대기중 탄산가스의 농도를 높이지 않아 생태계에 안정을 가져올 수 있다는 장점이 있다(지구상의 탄산가스는 지난 120년 동안 25%나 증가 되었다는 보고가 있다).

〈그림-1〉 화석자원과 바이오매스간 생산물의 차이



있는 식물을 재배하고, 전분을 필요로 할때는 전분생산식물을 재배하면 되는 것이므로 항상 융통성을 지니고 있다. 또한 육종방향에 따라서도 임의성을 지니고 있어 1~2%밖에 기름을 생산할 수 없는 식물이라도 그 함유량을 10~20% 이상 증가시킬 수 있다는 점이 한정되어 있는 화석연료와는 비할 수 없는 잠재적 이점인 것이다. 그러나 바이오매스에 의해 생산된 연료들이 화석연료에 비하여 에너지축적이 적다는 단

화석원료와 바이오매스와의 사이에 중간 또는 최종생산물의 차이는 〈그림-1〉에서 보는 바와 같다. 가공공정상에 요하는 경제적 효율성은 물질에 따라서는 바이오매스를 이용하는 것이 훨씬 경제적인 것도 많다. 바이오매스는 유형의 함유량이 화석원료에 비해 훨씬 적기때문에 가공도중 발생하거나 최종산물의 소모에 의한 유해가스의 발생이 극도로 적기 때문에 공해가 적어질 것으로 예상되기도 한다.

◇ 바이오매스자원종류

◎ 단세포적 바이오매스

미생물을 이용한 태양에너지의 고정인데 편의 상 Algae, Azolla등을 이에 포함시켰다. Algae 나 미생물은 거의 모든 곳에서 잘 자랄 수 있을 뿐만아니라 보통 3~5%의 태양에너지를 고정할 수 있는 능력이 있고 또 생육주기도 빠르기 때문에 에너지 회수가 빠른 특성을 지니고 있어 장차 에너지원으로서의 개발전망이 밝다. 메탄가스생산 이외에도 직접 연료로 쓸 수 있으며 동물사료로도 효용이 크고 단위면적당 생산량도 거의 300톤/ha나 된다. 박테리아는 태양에너지를 직접 고정하는 이외에도 *Penicillium digitatum*같은 세균은 우라늄을 농축하는가 하면, 수소, 메탄가스생산에도 미생물이 이용되는 것이므로 우수한 세균의 분리와 더불어 보다 효율이 높은 세균계통을 육성하는 것이 바람직하다. 현재 미생물 육종분야는 유전자조작기술을 도입함으로써 보다 효과적인 육종결과가 나타날 것으로 기대된다. 미생물에 의한 수소가스의 생산은 수소가 곧 화석오일과 대체할수 있는 것이므로 보다 경제적으로 미생물을 이용한 수소가스를 생산할 수 있도록 연구개발하는 것도 바람직 하겠다.

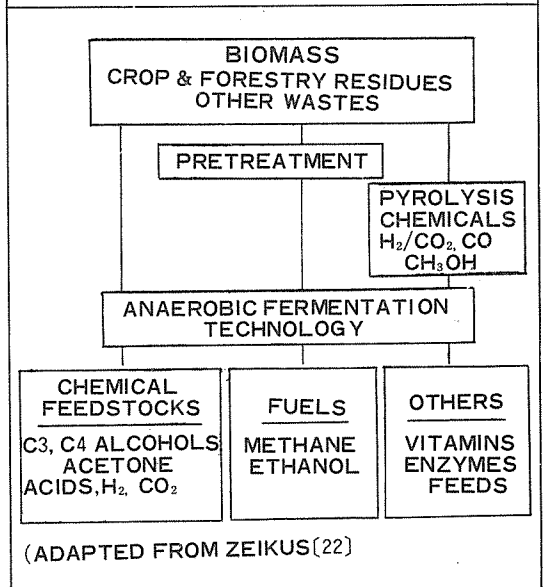
간접적으로는 人畜의 배설물 또는 도시의 쓰레기등을 에너지로 전환할 수 있도록 이분야의 연구가 활발히 진행되고 있다.

◎ 육생계 바이오매스

수목류, 초본류를 총 막라한 산림에 해당하는 것과 재배하는 모든 작물이 이 범주에 속하는데 현재 바이오매스라면 이 부류에 속하는 것이 대부분이다. 특히 산림자원에 속하는 바이오매스가 지구상의 전 바이오매스를 점하고 있어 연료공급의 1/6을 점하고 있는 것도 산림자원으로부터 얻어진 것이다. 재배에 의한 바이오매스는 공업용·사료용·식용농작물로서, 특히 오일·전분·설탕등을 생산하는 작물이 대체 에너지원으로 개발되어야 할 식물들이고 자연상태

에 존재하나 아직 미개발된 식물을 발굴하여 개량해야 할 종류는 많다. 특히 개발하려는 바이오매스자원은 작물재배가 어려운 鹽地 또는 척박지에 잘 자랄 수 있는 것으로 개발해야 하기 때문에 상당히 집중적으로 개량해 나가야 할 것이다. 이에 수반해서 원시적 산림자원을 개량된 바이오매스자원으로 대체해야만 현재의 광합성효율을 1~2%에서 적어도 5%이상 끌어 올릴 수 있을 것이고 결국 광합성산물은 현재 보다 5배이상 증가하게 만들어야 할 것이다. 국내 산림자원만을 석탄1톤 기준으로 환산해서 1,170백만톤에 이르고 작물재배에 의한 바이오매스량도 3천만톤에 이른다.

<그림-2> 염기발효를 통해서 바이오매스로부터 얻을 수 있는 연료 및 화학물질



◎ 수생계 바이오매스

주로 녹조, 갈조, 홍조류등 바다식물이 이에 속하는데 바다는 지구면적의 3/4를 점하는 것이므로 무시할 수 없는 바이오매스의 보고라고 할 수 있다. 그러나 아직 개발되지 않은 상태여서 바이오매스의 이용면에서 별로 관심을 갖지 못하고 있지만 鹽生식물의 개발은 멀지않은 장래에 바이오매스생산에 한 몫을 차지하게 될 것이 분명하다. 바다식물은 특히 태양광선의 이용범위가 넓어 광합성효율을 높이는 연구소재

가 되고 있다.

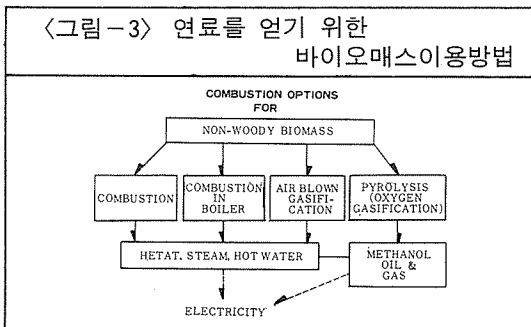
◎ 잔류성 바이오매스

人畜에 의한 배설물 또는 도시에서 나오는 쓰레기의 바이오매스량은 대단히 많다. 도시쓰레기나 하수오물까지도 가스나 화학물질로 전환해서 쓰려는 연구가 한창 진행되고 있고, 농림업에서 수확후 남는 잔여 바이오매스만도 10~20%나 됴므로 이의 적절한 이용을 주목적으로 기술개발에 힘쓰고 있다. 人畜의 배설물은 메탄가스의 생산에 오래전부터 이용되어 왔다.

◇ 바이오매스의 이용면

바이오매스는 <그림-2>와 같은 과정을 거쳐 여러가지 물질생산에 이용될 전망이다. 그러나 아직은 단순한 연료로 쓰이고 있을 정도로 극히 비효율적인 소모를 하고 있다. 촉매개발에 의한 가스화, 열분해 등의 공정을 거쳐 메탄올, oil, 가스등의 연료를 생산하여 사용코자 하는 시도가 한창 진행되고 있다<그림-3>. 이러한 과정은 상당히 진보된 기술이 요하게 되나 효율면에서는 대단히 높은 것이다. 목재를 가스화하는데는 석탄보다 훨씬 용이하고 또 열처리에 의해 ethylene을 쉽게 얻을 수 있는 이점이 있다.

<그림-3> 연료를 얻기 위한 바이오매스이용방법



알코올생산은 주로 설탕이나 전분을 생산하는 작물에 적용되는 것으로 되어 있으나 앞으로 모든 바이오매스에서 가능하게 될 전망이다. 사탕수수, 사탕무, 감자, 고무마, 카사바, 양, 뽕뽕지등을 대상으로 단위면적당 생산량을 최

대한으로 끌어 올리려는 육종방향과 기술이 적용되고 있다. 이미 알코올을 내연기관의 연료로 대체하려는 연구가 브라질에서 대대적으로 추진되고 있으며, 바이오매스의 양적증가는 물론 효율적인 알코올생산의 공정상 문제도 병행해서 해결토록 경주하고 있다.

식물성 oil은 2차대전시 일본이 엔진의 연료로 사용한 바 있었드시 내연기관의 연료로 시도되고 있었으나 화석 oil의 팽창으로 중단되었었다. 그러나 화석 oil의 한계성 때문에 식물성 oil의 개발이 불가피 하게 되었고 oil을 생산하는 식물을 대상으로 연구가 진행되고 있다.

고분자탄수화물은 석유를 대신할 수 있을 뿐만 아니라 고무생산에 의한 산업적 이용이 현재에도 매우 활발하다. 천연고무를 생산할 수 있는 식물은 *Hevea Brasiliensis*를 비롯하여 *Parthenium Argentatum*, *Euphorbia*, *Asclepias*등이 주목받고 있는 수종들인데, 대부분 열대에서만 재배가 가능한 수종이다. 이 수종들의 재배범위를 넓히기 위한 육종연구들이 유전공학 적 기법을 적용하여 활발히 진행되고 있다.

◇ 맺는 말

작물육종분야에서 먼저 바이오매스수종을 개발해야 하고 특히 鹽害地, 척박지에서도 잘 생육할 수 있는 식물을 육성해야만 할것이다. 이러한 식물은 1년생이나 영년생보다는 2~3년생의 과목정도의 형태를 목표로 해야 될 것이다.

생산된 바이오매스를 경제적이고도 손쉽게 대량전환시킬 수 있는 공정기술이 개발되어야 할 것이며 이 과정은 화학적 수단, 미생물적 수단, 또는 화학적 방법과 생물적 방법을 병행하는 수단을 개발해야 될 것이다. 최근 유전공학의 발달은 미생물에 의한 전환기술을 보다 진일보 시킬 것으로 전망된다.

바이오매스 생산에 따른 토양의 물리·화학적 변화에 대책을 수립해야 하기 때문에 토양중의 영양균형, 침식, 토성에 대한 장기적 대책을 강구할 수 있도록 조처해야 할 것이다.