

바이오연료의 새로운 대안

- 목질계 셀룰로오스



박기영 교수
순천대학교 자연과학대학 기초과학부
대통령 자문 정책기획위원

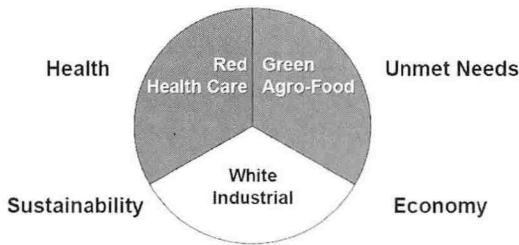
화석연료의 고갈과 지역적 편재 및 중동정세의 불안정 등으로 인한 최근의 고유가 체제가 장기적으로 고착화될 것으로 예상되고 있으며 환경오염의 악화로 인한 기후변화가 더욱 심화되면서 세계 경제성장의 지속가능성이 위협받고 있다는 인류 미래에 대한 회의적인 전망이 쏟아지고 있는 실정이다.

특히 올해 노벨평화상은 지구온난화를 강조하고 전 세계적 차원의 해결을 촉구하면서 환경운동가로 변신한 앨 고어 전 미국 부통령과 함께 IPCC(유엔정부간기후변화위원회)가 공동수상을 하였다. 이는 지구온난화로 인한 기후변화와 해수면 상승 등의 위험이 인류의 미래를 위협하는 요소로 점차 현실화되고 있다는 것을



전 지구가 인지하고, 이에 대한 대책을 실천해야 함을 강조한 것으로 보아야 한다.

이러한 변화에 따라 미국과 유럽연합을 중심으로 화학산업을 생물산업과 결합하여 친환경적 산업으로 전환하려는 움직임이 활발하다.¹⁾ 미국은 정부 주도로 바이오연료 등을 확대하는 정책을 강조하고 있으며 유럽은 화학기업이 앞장서면서 유럽연합의 여러 위원회가 이를 지원하고 있다. 물론 이 과정에서 바이오에너지 사용 확대와 함께 국제 곡물가 인상이 뒤따르고 우리나라의 동물 사료가격을 비롯하여 밀가루의 소비자가격까지 인상되면서 이러한 정책의 여파가 만만치 않은 것 또한 현실로 나타나고 있다.



<그림 1> 바이오산업의 3대 분류

자료: Sijbesma F. White Biotechnology: Promises, concerns & challenges, Kekulé-cyclus & DSM, 2006

생물(바이오)산업의 영역은 크게 세 분야로 나눌 수 있다. 최근 독일을 비롯한 유럽에서는

바이오기술의 각 응용분야를 색깔을 통해 분류하였는데, 붉은 색의 Red BT는 의·약학 분야, 녹색의 Green BT는 농업 분야, 산업이나 환경 분야에 적용되는 바이오기술은 흰색의 White BT로 표현하고 있다.

이 세 분야의 산업은 대부분 산업 초기의 생성기 혹은 성장초기 단계로 볼 수 있으며 현재 빠르게 성장 중에 있다. 특히 Red BT 분야 중 바이오신약 분야는 신제품이 시장에 도입되면서 신규 수요를 창출하고 있다.

『White Biotechnology』란 산업 생산이나 환경과 관련된 제조과정에 효모(Yeast), 균류(Bacteria) 또는 효소(Enzyme) 등 미생물 혹은 동물, 식물 유래 물질을 이용하는 기술로 정의될 수 있다.²⁾

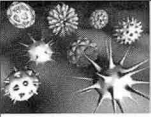
유럽은 White BT의 발전을 위해서 『EuropaBio』라는 산업연합체 (<http://www.europabio.org>)를 만들어 활발하게 활동하고 있다. 듀폰이 의욕적으로 개발한 식물성 원료 기반의 “Sorona”라는 소재는 엔지니어링 플라스틱에 버금가는 기능을 지닌 고급 기능성 소재로서 자동차 부품, 기능성 의류 등의 원료로 사용될 예정이라고 한다.

BASF도 지난해(2006년) 초 자체 개발한 생분해성 플라스틱 “Ecovio”를 생산했는데 시장에서의 반응이 아주 좋아서 공급이 수요를 따라

1) 이하부분 발췌하여 게재, 바이오소재, 우리나라 소재산업의 현황과 전망, 국회 산자위 연구보고서, 2007

2) White Biotechnology, 화학산업에 근본적 변화를 일으킬 전망, Chemical Journal, 2003.11.18.

<http://blog.naver.com/biologist04/100000402225>에서 재인용



가지 못할 형편이라고 한다.³⁾ 옥수수인지오 슴이 들어 있는 침구도 우리나라에서 이미 판매되고 있는 실정이다.

향후 White Biotechnology의 영향을 가장 크게 받을 부문은 석유 등의 화석원료를 기반으로 하는 화학부문이 될 전망이다. Cargill Dow, DuPont 등에 의해서 활발히 연구가 진행되고 있는 이 분야는 바이오연료(biofuel)로 사용될 에탄올을 대량 생산하거나 석유화학산업의 핵심원료인 에틸렌을 경쟁력 있는 가격으로 생산 가능할 것으로 예상된다. 이럴 경우 현재와 같이 중동 석유에 의존함으로써 생기는 여러 문제들을 해결할 수 있을 전망이다.⁴⁾

고유가가 장기화되면서 석유 대체자원의 확보가 각 국가 및 기업의 중대한 과제로 부상하고 있다.⁵⁾ 바이오에너지(Bio-Energy)는 식물과 동물 등의 바이오매스를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 기체, 고체연료나 전기·열 형태로 이용하는 에너지로서 유가 등락 등에 영향을 받지 않고 공급될 수 있으며, 친환경적인 에너지라는 이유로 각광을 받고 있다.⁶⁾

자동차의 연료로 사용될 수 있는 바이오에너지는 크게 바이오에탄올과 바이오디젤 등의 액

체형과 바이오가스 등의 가스형으로 분류한다. 바이오에탄올은 휘발유를 대체할 수 있고 신재생에너지로서 당질계 작물인 사탕수수, 사탕무, 밀, 옥수수 등의 탄수화물을 발효, 분해시켜 추출한다. 경유를 대체할 수 있는 바이오디젤은 유채씨, 해바라기씨, 팜유 등의 식물성 기름과 동물성 기름 및 폐식용유 등에서 추출한다.

바이오가스는 나무, 농작물의 잔여물, 풀 등에서 추출되는 목질계 셀룰로오스에서 추출되는 에너지원으로 미국이 중심이 되어 기술개발을 통한 상용화를 검토하고 있다.⁷⁾

최근 국제곡물가가 크게 인상되면서 바이오에너지의 원료작물을 곡물이 아닌 다른 자원으로 얻으려는 움직임도 활발하다. 미국 등을 중심으로 농업폐기물을 이용하는 방안에 대한 논의와 연구개발이 시작되고 있다. 이중 가장 주목 받고 있는 바이오매스는 옥수수대와 벧집이나 나무칩 등 목질계 농업폐기물 들이다.⁸⁾

최근에는 이들 원료로부터 얻는 바이오에너지를 제2세대라고 하여 이들 목질계 재료를 이용하는 방안이 연구되고 있는데 이 분야는 현재 연구개발 단계 수준에 불과하다.

미국 부시대통령은 2006년 연두교서에서 옥수수가 아니라 나무 칩이나 줄기, 스위치그래스

3) 홍정기, 주목해야할 화학산업의 5대 트렌드, LG 주간경제, 2007.1.31.

4) Sijbesma F. White Biotechnology: Promises, concerns & challenges, Kekulé-cyclus & DSM, 2006

5) 홍정기, 탈석유 시대를 여는 메탄올, LG주간경제, 2007.5.30.

6) 「Sustainable Bioenergy : A Framework for Decision Makers」, UN-Energy, 2007

7) 강희찬, 한국형 바이오연료의 가능성 평가 및 시사점, 비용/편익 분석을 중심으로, 삼성경제연구소, 2007.1.4.

8) Achieving Sustainable Production of Agricultural Biomass for Biorefinery Feedstocks, Biotechnology Industrial Organization, 2006



로부터 에탄올을 생산할 수 있는 최첨단기술을 개발하는 연구에 연구개발 자금을 투자하겠다고 발표했으며 2007년도부터 많은 연구자금을 투입하고 있다.⁹⁾

목질계 셀룰로오즈의 원료로는 옥수수대, 밀짚, 벼짚, 포플러 등을 비롯하여 키가 매우 크게 자라는 북아메리카(버지니아주와 같은 온대기후 지역)에 자생하는 다년생의 식물인 스위치그래스 등이 있는데 이들 식물들에는 당류로 전환 가능한 셀룰로오즈, 헤미셀룰로오즈 및 리그닌 등을 포함하고 있다.

제1세대 바이오에너지와 제2세대 바이오에너지의 사용을 확대하기 위해서는 보다 많은 영역에서 연구개발이 필요하다. 특히 제2세대 바이오에너지를 위해서는 첫째로는 셀룰로오즈 바이오매스를 에탄올로 전환하는 과정에서의 기술적 장애를 극복하는 것이다.

목질 셀룰로오즈에는 에너지원인 당이 생물학적, 화학적 분해에 잘 견딜 수 있는 복잡한 다량체 형태로서 세포벽을 구성하고 있으므로 이의 조성분해 기술을 적절하게 개발·응용하는 연구개발이 필요하다.

특히 현재 생명과학분야에서 이용되고 있는 현대 분자생물학적 기술을 이용하여 바이오연료로 활용할 수 있도록 특수하게 최적의 상태로 디자인된 혁신적 에너지 작물(innovative

energy crops)을 개발하는 것이 필요하다. 새롭게 개발되는 에너지 작물은 저온이나 고온에서도 잘 경작되면서 물이 부족한 초원이나 사막지대에서도 경작가능한 작물을 개발하려고 한다.

또한 생육속도도 매우 빠르게 변형된 작물로서 재배 후 수년 내에 벌목이 가능한 목분류에 매우 높은 관심을 갖고 연구를 활발하게 진행하고 있다.

최근에 발전하고 있는 과학기술 역량으로 본다면 특히 시스템생물학의 발전을 고려할 때 이러한 작물개발이 유전자 변형 과정을 거치지 않으면 유전자 변형 과정 없이도 가능할 것으로 여겨진다.¹⁰⁾ ㉔



Staw from rice, such as this variety developed by USDA, is an attractive source of cellulosic biomass. Source: USDA.



For rice, as with wheat, large quantities of cellulosic biomass remain on the field after harvest. Source: USDA.

벼짚: 셀룰로오즈 바이오매스 이용

밀짚도 바이오매스로 사용될 수 있는 우수한 자원

출처: Achieving Sustainable Production of Agricultural Biomass for Biorefinery Feedstocks, Biotechnology Industrial Organization, 2006

9) Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol, A Joint Research Agenda, A research Roadmap Resulting from the Biomass to Biofuels Workshop, Office of Science, US Department of Energy, 2006

10) Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol, A Joint Research Agenda, A research Roadmap Resulting from the Biomass to Biofuels Workshop, Office of Science, US Department of Energy, 2006