

1장 생물화학의 기초

1. 생물공학(biotechnology)과 생명과학(biological science)의 차이점

- ① 생물공학(biotechnology) : 생물체의 유용한 특성을 이용해서 여러 가지 공업적 공정, 공업적 규모로 이루어지는 생화학적 공정.

생물공학 또는 생명공학이라고도 한다. DNA 재조합 기술을 응용한 여러가지 새로운 과학적 방법 등도 이에 속한다.

생물공학의 정의와 대상 내용은 시대에 따라 크게 변화되어 왔다. 현재는 생명과학의 전체 분야를 학제간의 구별없이 연구하는 기초적 학문과 이를 기반으로 새로운 기술의 개발을 목적으로 삼은 응용분야를 모두 내포하고 있다.

유전공학 (genetic engineering)이 대두되면서 바이오테크놀로지란 용어를 쓰기 시작했지만 유전자 공학의 공업적 응용에 국한되지 않고 발효공학, 하이브리도마공학(모노클로날 항체 생산), 농업공학(동식물의 형질전환) 등 광범위한 내용을 포용한다.

- ② 생명과학(biological science) : 생명현상이나 생물의 여러 가지 기능을 밝히고 그 성과를 의료나 환경보존 등 인류복지에 응용하는 종합과학.

인간의 본질을 잘 이해하여 인간과 자연과의 본연의 관계를 해명하는 과학이라고 할 수 있다. 생명과학은 1930년대 미국 등 선진국에서 대두되기 시작하였고 1960년대에 이르러 적극적으로 사용되었다.

이와 같은 것들이 생명과학의 기초가 되고 있는데 이제까지의 과학기술이 물질주의에 치우쳐 환경 파괴 .난치병 등과 같은 뜻밖의 폐해를 가져오게 하였다는 것을 반성하여 단순히 자연과학의 영역에 머무르지 않고 시대적 요청에 따라 윤리나 도덕까지도 포함한 인간생명을 정점으로 하는 새로운 과학을 낳게 되었다.

현재까지의 세계적인 연구목표로서는 ① 생명현상과 생물의 여러 가지의 해명, ② 자연환경의 해명, ③ 정신활동의 해명, ④ 건강유지와 의료의 향상, ⑤ 식량자원의 확보, ⑥ 생물 및 그 기능의 공업에의 응용, ⑦ 인구 문제 등의 7항목을 들고 있다.

그 중에서 시급히 다루어져야 할 과제는 노화현상의 억제연구, 인공장기 등 의료기술에 관한 연구, 생체물질기능의 시뮬레이션과 그 응용, 사고과정의 해명과 그 정보처리 및 의료에의 응용, 생물활성물질의 탐색과 그 응용 등이다.

주요 인터넷 주소

- www.ncbe.reading.ac.uk
- National Center for Biotechnology Education
과 European Initiative for Biotechnology
Education의 홈페이지이다. 유럽 연합의 생물공
학관련 교육기관이 많이 리스트 되어있다.
NCBE에서는 실험실 안전 매뉴얼 등의 구체적인
자료를 제공하고 있다.
- www.jba.or.jpJBA
- 일본 생물산업 협회로서 일본어뿐만 아니라 영
어로도 많은 정보를 제공하고 있다. 일본의 생물
산업이나 생물화학공학분야를 탐색할 수 있는
좋은 사이트이다.

- www.ksbb.or.kr
- 이 법인은 생물 공학 기술(바이오테크놀로지)의 발전과 보급에 이바지하고, 회원 상호 간의 연구 협력과 친목을 도모함을 목적으로 한다.
- www.bio.com
- BIO는 미국중심의 생물산업협회의 업체의 모임으로 미국의 생물산업분야의 업체의 목록과 주소 그리고 바로 각 회사의 인터넷 사이트로 연결될 수 있도록 되어 있다. 미국의 생물산업의 현황을 한눈에 볼 수 있는 백서 및 각종 자료가 제공되고 있다. 그리고 1999년 5월 미국의 시애틀에서 개최될 BIO'99도 소개되어 있다.

2. 생물화학공학이란 연구분야는 어떻게 탄생되었는가?

Shell chemical engineer가 2차 세계대전중 Penicillin 공장의 scale-up(스케일업)에 참여한 것이 화학공학자의 생물산업에 참여의 계기가 되기는 했지만 학문의 형태를 띠기 시작한 것은 동경대학 화공과 출신인 S. Aiba교수에 의해서이다. Aiba 교수는 미국으로 건너가 펜실베니아 대학(Univ. of Pennsylvania)의 A.E. Humphrey 교수 호주의 N. Mils와 함께 최초의 생물화학공학교과서인 『생물화학공학』을 저술하여 1968년에 초판을 발간했다. 최초의 생물공학 학술지인 Bototechnology and Bioengineering은 1959년 『J. of Microbial and Biochemical Engineering and Technology』로 창간되었다가 1961년 현재의 명칭으로 개명되었다.

- 일본과 독일 등 유럽의 생물공학은 주로 양조업 (brewery)에 그 기원을 두고 있고 공학분야의 중요성이 인식된 것은 1950년대 후반부터라고 봐야겠다.
- 생물공학을 정의를 통해 본다면 상당히 많은 것이 포함되어 있지만 학회활동이나 학술지를 본다면 상당히 전문화되어 있어 미생물, 생화학, 기초과학에 가까운 기초관련학회에서 많이 활동하고 있고 생물공학회는 우리나라와 일본에서는 “공학”이라는 이름이 technology보다 engineering이라는 의미가 강하기 때문에 그런지 주로 공학배경을 가진 사람들이 주류를 이루고 있으며 약간의 응용매생물학자들이 참여하고 있는 실정이다.

3. 생물화학공학

생물화학공학은 미생물, 효소, 동물 세포, 식물 세포와 같은 생체가 생산하는 유용 대사산물의 생산을 미생물학, 생화학, 화학공학의 이론적 기본원리를 사용하여 살펴보고 생체 생산물의 생산을 생화학적 현상인 대사과정(metabolic process)과 생명공학제품 등을 효율적으로 생산하는 공정인 생물생산공정(Bioprocess)을 통하여 이해하고 경제적으로 그 생산성을 향상시키고 공업적 생산으로 scale-up하는 방법을 연구하는 학문이다.

※ Biotechnology

- ① 광의 (=Biochemical Engineering) : 생체나 생체 물질(미생물, 효소, 동물세포, 식물세포)의 특성을 개량하고 이용하여 원하는 대사 산물을 만들거나 개선하는 학문
- ② 협의 (=Genetic Engineering) : 유전자 조작 기술

※ Biochemical Engineering

생체나 생체물질의 대사산물을 경제적으로 생산하기 위하여 미생물학, 생화학, 화학공학의 기본원리를 사용하는 공정 중심의 학문

※ Microbial Technology : 미생물에 의해 대사산물을 경제적으로 생산하기 위하여 미생물 대사 중심의 이론

※ Bioprocess Engineering : 화학공학 외에도 기계, 전기, 산업공학적 원리를 생체나 생체물질을 기초로 하여 공정에 응용한 것.

4. 생물화학공학의 교육은 어떻게 이루어지고 있는가?

1. 한국

1973년 KAIST에 생물화학공학과를 설립하였고, 한국생물공학회는 1985년 생물공학기술협의회란 이름으로 출범하였고 1988년 현재의 이름으로 바꾸었다. 그 후 많은 학교에서 생물공학과가 개설되었으며, 나머지 학교들은 화학공학과에서 생물화공교육을 담당하고 있고 연구는 식품공학과에서도 각종 연구가 이루어지고 있다. 최근에는 구조조정으로 생물공학과는 공업화학과 등과 함께 공과대학의 응용화학부나 공업화학부, 화학공학부 등에 통합 운영되고 있다.

2. 미 국

E. GADEN이 'Biotechnologist and Bioengineering' 지를 창설하고 생물화학공학의 대부로 불리고 있는 펜실바니아 대학의 Humphrey교수를 교육시켰다. Humphrey 교수가 본격적으로 생물화학공학 교육을 시작하면서 많은 제자를 양성했다.

미국은 현재 Department of Biochemical and Chemical Engineering(생물화학공학 및 화학공학)으로 이름 붙은 학교가 있으며, 나머지 대학들은 모두 화학공학과에서 본격적인 생물화학공학교육을 시키고 있다. 미국은 현재 생명과학과 화학공학의 두 단계 체제로 되어 있어 생명과학은 세계 최첨단의 연구를 하고 그 뒷부분인 응용생물학부터 생물공정에 이르기까지 화학공학과에서 연구하고 있다.

3. 영 국

미국과 비슷한 형편이나 University College London(런던 대학)이 Biochemical Engineering Program과 Chemical Engineering Program을 분리하여 운영하고 있으며 나머지는 화학공학과에서 교육과 연구를 담당하고 있다.

4. 독 일

화학과에 있는 공업화학부분에 생물화학공학연구가 이루어지고 있고 기계계열의 화공공종연구 대신에 생물공정연구가 이루어지고 있다.

5. 일 본

‘생물학-응용생물학과, 생물공학-화학공학’의 3단계 체제로 되어 있어 전통적인 발효산업과 아울러 많은 업적을 내고 있고 세계적인 경쟁력을 갖고 있다.

일본 대학들의 화학공학과에서는 생물공학에 관한 연구를 거의 수행하지 않다가 최근 들어 화학공학과에서도 활발한 교육과 연구가 이루어지고 있다. 일본에는 농학과, 수산학과 등 전통적인 농수산계열학과도 많지만 생물공학과, 생물화학과, 응용생물학과, 응용 미생물학과, 생명공학과, 화학생명공학과 등 다양한 이름을 가진 응용생물학 및 생물공학계열의 학과가 많이 생겼다.

5. 21세기의 생물공학의 주도 분야는 무엇인가?

- 생물공학이 미래에 가장 영향을 많이 미칠 수 있는 분야는 의학분야이지만 화석연료의 고갈과 지구온난화문제 해결방안으로 바이오매스에 대한 관심이 높아지고 있다.
- ▲ 바이오매스(Biomass)
- 일정지역내에 존재하는 생물의 전량. 지금까지 무용지물로 여겨져온 식물이나 미생물등을 이용해 에너지를 생산하거나 유용물질을 만들어내는 기술이 바이오매스 이용기술이다. 지구온난화의 주범인 이산화탄소를 배출하지 않기 때문에 주목받고 있다.

美日 바이오매스 에너지 기술경쟁치열

유전자 조작 기술을 바탕으로 바이오매스를 에너지와 화학원료로 이용하려는 연구가 미국과 일본에서 본격적으로 추진되고 있다. 오래 전부터 시도해 온 목재나 농업 폐기물 등 식물자원인 바이오매스는 경제성 때문에 실용화에는 이르지 못했으나 최근 들어 유전자 조작 기술의 발달로 사정이 달라져 석유에 버금가는 중요자원으로 각광을 받게 되었다.

폐지, 볏짚, 옥수수 껍질, 톱밥등에 함유되어 있는 대량의 당분을 유전자 조작 미생물을 이용하여 에타놀로 변환시키면 효모를 이용하던 종전의 방법보다 효율이 10배나 높아진다.

미국은 이미 지난 99년 8월 클린턴 대통령이 바이오매스 연구를 국가전략 산업으로 선언, 연구에 총력을 기울이고 있다. 이에 따르면 2010년에는 1차 에너지의 10%를, 2050년까지는 화학생산품의 50%를 바이오매스로 충당할 계획이며 2015년 이후부터는 자동차연료의 15%를 바이오매스로 생산한 에타놀로 바꾼다는 것.

바이오매스 이용 기반기술 개발도 활발해 이미 22건의 미생물 특허가 성립되었다. 에너지 뿐만 아니라 바이오매스를 원료로 한 의약품, 향료 플라스틱 제조 기술연구도 각광을 받고 있다. 나무 역시 이제는 단순한 펄프의 원료가 아니라 살아 있는 화학공장으로 위상이 달라지고 있는 셈.

그러나 현 시점에서는 바이오매스 에너지가 관심의 초점. 일본의 RITE 는 독자적인 차세대 에너지 생산기술 확보를 위해 미국 특허에 저촉되지 않는 새로운 미생물 개발에 사활을 걸고 있다. 게놈 정보 해석을 바탕으로 한 차세대 에너지, 화학공업 패권 싸움은 지금 조용한 가운데 치열하게 전개되고 있는 것이다.

(파이낸셜뉴스 2000/10/31)

□ 쓰레기를 이용한 발전과 난방

미국인들은 매년 2억 5000만톤의 쓰레기를 버린다. 뉴욕에서만 한 해에 1000만톤의 쓰레기가 생긴다. 미국의 쓰레기를 이용하면 석탄 1억톤에 해당하는 에너지를 공급할 수 있다. 그러나 이런 쓰레기는 대부분 매립되고 말아 재활용되지 못하고 있다.

세계의 일반 쓰레기중 절반 가량이 종이다. 부엌쓰레기는 전체의 1/4, 그리고 플라스틱은 1/10에 불과하다. 소각할 수 없는 것은 불과 1/5이며 나머지는 대부분 재활용이 가능하다.

서유럽에는 쓰레기를 태워 전기를 생산하는 발전소가 200개가 넘는다. 1974년 런던에 에드먼턴에 세워진 대규모 발전소는 매년 약 40만톤의 쓰레기를 소각한다. 쓰레기를 태워 얻은 열로 증기를 얻어 발전기를 돌리는 것이다. 이 발전소는 지난 10년 동안에 석탄 100만톤을 절감했다. 서독의 뒤셀도르프에서는 이와 유사한 6개소의 발전소가 지역 난방용 발전을 하고 있다

- 미국 뉴욕의 피크스킬에 건설된 발전소는 하루 2250톤의 쓰레기를 처리, 60메가와트의 전기를 생산하고 있다. 생산공장들에서도 석탄이나 석유대신에 쓰레기를 연료로 사용할 수 있지만 그러자면 우선 쓰레기를 처리해야 한다. 쓰레기를 체로 걸러내면 퇴비로 사용할 수 있는 미세한 유기물가루가 나온다. 스웨덴에서는 모든 고품폐기물의 1/4을 퇴비로 만들어 재활용하고 있다.
- 그다음에 쓰레기 중 금속 등 무거운 것들을 분류해내면 주로 종이와 섬유가 남는다. 이것들은 원통형으로 압축정제하여 연료로 판매하는 것이다.
- 땅 속에 파묻은 쓰레기도 연료원으로 이용할 수 있다. 쓰레기가 썩으면서 발생하는 메탄가스는 지각 밑에서 나오는 천연가스와 비슷하다. 쓰레기가 썩으면서 발생하는 메탄가스는 지각 밑에서 나오는 천연가스와 성분이 비슷하다.

- 쓰레기 1톤당 227입방 미터의 메탄을 생산 할 수 있다. 이 가스를 그대로 방치하면 땅 위로 새어나와 없어 지거나 또는 폭발을 일으키기도 한다. 그러나 이것을 매우 싼 비용으로 뽑아내서 연료 또는 발전용으로 사용할 수 있다. 현재 15개국의 140여개소에 설치된 이같은 설비에서 연간 약 82만5000톤의 석탄을 절약하고 있다. 예컨대, 영국에서는 거대한 쓰레기 더미에서 추출한 가스를 파이프를 통해 벽돌공장에 보내 석탄을 대체하도록 되어 있다.
- 그밖에도 현장에서 가스를 간단한 가스엔진 속에서 태워 발전하는 플랜트 들도 있다. 미래에는 쓰레기더미에 박테리아를 "파종"하여 가스 생산법을 개선하게 될 것이다. 박테리아들 중에는 쓰레기 분해 속도를 촉진해주는 것들이 있다. 쓰레기더미의 특정한 폐기물에 알맞도록 박테리아를 혼합함으로써 가스 생산량을 극대화할 수 있는 것이다.