

生物工學科의 특성과 당면 과제

具 潤 謨
(仁荷大 生物工學科)

1. 머리말

세계의 인구 증가에 따른 식량 증산, 의약품 개발, 공해 방지 및 해결의 기치를 걸고 1970년대에 출발한 생물·생명공학은 그 눈부신 발전과 공헌으로 이미 20세기 기술의 혁명으로 불리고 있으며 향후의 인류 번영과 복지의 측면에서 가장 촉망되는 학문이다. 인슐린, 인터페론, 감염 예방 백신 등 항생제, 항암제와 인공 감미료 등 특수 식품의 개발로 그 유용성을 인정받은 생물공학은 유전자 조작, 세포 융합 등 기술의 발달로 에너지, 의약, 농축산, 환경 등 여러 분야에서 무한한 응용 가능성을 보이고 있다. 현재 정부의 국책 사업으로 선정된 생물·생명공학은 産學과 정부로부터 막대한 연구 기금을 확보하고 있으며, 각급 우수 기업체들도 생물공학을 중심으로 하는 연구소 설립 및 사업 전환을 서두르고 있어 이 분야의 학문적·산업적 발전을 보장하고 있다. 그러나 본격적인 학문으로서의 생물공학은 다른 공학 분야에 비해 그 역사가 짧고, 생명과학과 공학의 결합이라는 특수성 및 그 광범위성으로 인해 이 분야에 종사하는 전문 인력은 아직 미약한 편이다. 구미 선진국들도 1990년대말까지 생물공학 연구 인원의 절대적인 부족을 보고하고 있어, 국내·외적으로

자질을 갖춘 생물공학도의 육성이 절실히 요청되고 있다. 본고에서는 현재 국내 생물공학과와 특성 외에 한국의 생물공학 일반에 대해서도 아울러 소개하고자 한다.

2. 生物工學의 特性

생물공학을 간단하게 정의하면 생물체 혹은 그로부터 유도된 물질을 이용하여 부가가치가 적은 원료로부터 인류 생활에 보다 가치 있는 물질을 생산하는 과정을 연구하는 학문이다. 생물학적 기술은 종래의 화학적 방법에 비해 ① 반응 특이성(specificity)과 수율(yield)이 높고, ② 상온·상압에서 반응이 진행되어 설비 투자 및 운전비가 낮고, ③ 연속 반응이 생물 세포내에서 수행되며, ④ 유전자 조작에 의한 효소 기술로 필요한 반응을 인위적으로 개발·진행시킬 수 있다는 등의 여러 가지 장점을 가지고 있다. 특히 기존의 공업이 자원의 고갈로 그 연구 개발이 부진한 반면, 광물성이 아닌 동·식물을 원료로 하는 생물공학은 그 자원이 재생 가능하다는 점에서 인류가 가까운 미래에 봉착하게 될 자원 위기에 대처하는 유일한 해결책으로 주목되고 있다.

생물공학 기술은 일반적으로 생물 반응의 기

본 매체인 미생물, 세포 그리고 효소의 선택 및 개발에 관계되는 소위 upstream process 와 이들을 배양 또는 반응시켜 제품을 얻기 위한 공정을 개발하는 downstream process로 구분되어진다. 기존 생물 반응의 수율 및 특이성을 높이기 위한 생물체 개선의 연구(upstream technology)에는 생물학, 미생물학, 생화학, 분자생물학, 의학 등의 기초 과학 지식이 필수적이다. 이에 대하여 upstream process의 결과로 개선된 생물체를 이용하여 발효 및 분리·정제 공정을 거쳐 대량 생산에 이르기까지의 생물 공정 기술(downstream technology)의 개발에는 화학공학, 전기·전자공학 등의 응용과학 지식이 쓰인다. 아무리 훌륭한 upstream technology가 개발되었다 하더라도 이 downstream technology의 뒷받침이 없으면 생산 효율의 저하로 그 생산물은 산업화의 가능성, 즉 경제성을 잃게 된다. 그러므로 균형 있는 생물공학의 발전을 위해서는 upstream 과 downstream 분야 상

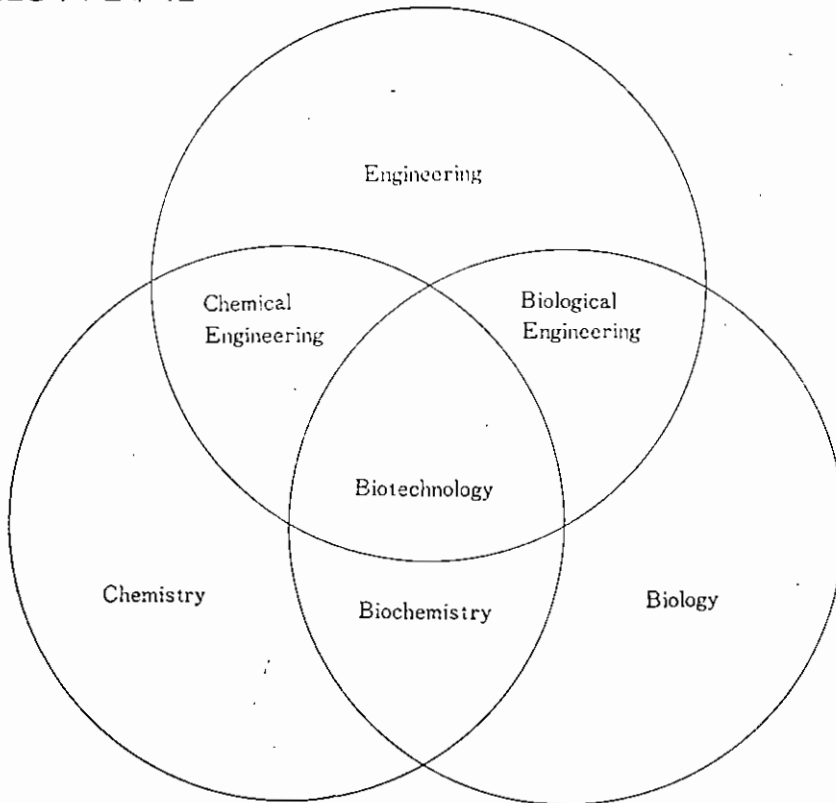
호간의 구체적인 학문적 협력과 더불어 어느 한쪽에 치우치지 않는 조직적인 교육과 투자가 있어야 한다. 생물공학을 구성하는 여러 과학 분야의 상호 연관성은 아래 <표 1>과 같다.

3. 國內 生物工學의 現況과 問題點

우리나라의 생물공학은 선진국에 비해 비교적 늦은 출발을 보이고 있으나, 국내 부존 자원의 부족, 생물공학 기술의 다양성·유용성 등의 인식에 입각하여 1980년대초부터 산·학·관의 적극적인 지원으로 그 양과 질에서 급속한 성장을 보이고 있다.

'82년 과학기술처에 의해 유전공학이 국책 연구 과제로 등장하고, '83년에 유전공학 육성법 공포, '85년에는 생물공학 기술의 연구·개발을 전문으로 하는 유전공학 센터가 설립되었다. 현재 정부 산하 생물공학 관련 연구소는 한국에너지연구소(과학기술처), 농촌진흥청(농림수산

<표 1> 생물공학의 연계 학문



부), 국립보건원(보건사회부) 등 여러 부처에 걸쳐 수십 개에 이르고 있다. 또한 생물공학 기초 기술의 확립, 연구원 확보 및 연구 설비의 확충을 위하여 정부에서는 생물공학을 특정 연구 개발 사업에 포함시켜 '88년도에 국가 주도 연구 사업(24개 과제, 14억 7천만 원), 정부·민간 공동 연구 사업(16개 과제, 19억 원), 목적 기초 연구 사업(신규 8개, 계속 13개 과제, 5억 원), 국제 공동 연구 사업(6개 과제, 1억 9천만 원)으로 나누어 지원하고 있다.

기업체들도 1980년대 초 시대적 요청에 따라 속속 생물공학 기술 개발에 뛰어들었으며, '82년에 이들의 연구 개발 사업을 지원하기 위한 한국유전공학연구조합이 설립되어 현재 그 회원사가 19개에 이른다. 짧은 역사와 어려운 여건 하에서도 간염 백신, T.P.A.(뇌일혈 치료제), 제한 효소 등의 생물공학 제품들을 개발해 내고 있는 이들 기업체들이 태동기의 국내 생물공학 분야에 공헌하는 바는 지대하다고 할 수 있다. 이들은 또한 고도의 생물공학 기술을 확보하고 있는 미국의 연구 기술 및 분위기를 속히 이전 받기 위해 현지 연구소들을 발족시키고 있다(럭키, 제일제당 등).

생물공학 분야의 전문 인력 양성과 기초 연구는 학계에서, 특히 자연대, 약대, 의대, 공대, 농대 등의 생물공학 관련 학과에서 이루어지고 있다. 자연대학의 동·식물학과, 생물학과, 미생물학과, 생화학과, 화학과, 약학대학과 의과대학의 생화학연구실, 미생물학연구실, 약리학연구실, 공과대학의 화학공학과, 공업화학과, 식품공학과, 농과대학의 농화학과 등의 기존 학과에서 부분적으로 생물공학 교육이 행해지고 있다. 근래에 전문적이고 종합적인 생물공학의 연구 및 교육을 위하여 생물공학과, 유전공학과 등이 신설되고 있다. '83년 수원대학에서 유전공학과가 신설된 이래 현재 17개교(〈표 2〉 참조)가 생물공학을 전문으로 하는 학과를 가지고 있으며 '89년 새 학기에 3~4개의 대학에서 생물공학 관련 학과를 신설할 예정이다. 또한 아직 많지 않은 연구 인원들의 효과적인 협력을 위해 각 대학에서 생물공학 전문인에 의해 대학 부설 연구소가 설립되고 있으며, 현재 15개의 연구소가

〈표 2〉 국내 생물공학 관련 학과(명칭별 분류)

학 과 명	대 학 교	정 원	설립연도
생물공학과	대구대학교	78	1985
	부산수산대학	33	1986
	아주대학교	65	1984
	인하대학교	60	1986
미생물공학과	건국대학교	50	
발효공학과	강원대학교	46	
유전공학과	경북대학교	58	1984
	고려대학교	35	1984
	성균관대학교	63	1985
	수원대학교	52	1983
	한림대학교		1987
유전과학과	경희대학교	52	1984
	조선대학교	130	1984
분자생물학과	부산대학교	55	1985
	원광대학교	52	1984
	전북대학교	57	1986
	매계대학		1986

〈표 3〉 대학 부설 유전공학연구소

대 학 교	연 구 소 명	설립 연도
서울대학교	유전공학연구소	1985
경북대학교	유전공학연구소	1985
경상대학교	유전공학연구소	1985
강원대학교	농업과학연구소	1985
전북대학교	생물공학연구소	1985
중앙대학교	유전공학연구소	1985
건국대학교	유전공학연구소	1984
부산대학교	유전공학연구소	1984
수원대학교	유전공학연구소	1985
아주대학교	생물공학연구소	1985
명지대학교	생물공학연구소	1985
충남대학교	생물공학연구소	1986
충북대학교	유전공학연구소	1986
고려대학교	생물공학연구소	1987
전북대학교	유전공학연구소	1987

등록되어 있다(〈표 3〉 참조). 이들 연구소의 연구 활성화를 위해 문교부는 유전공학 육성법에 의거하여 생물공학 연구비를 지원하고 있고('85년 4억 원, '86년 4억 8천만 원, '87년 6억 원, '88년 7억 5천만 원), 매년 연구 결과 발표회를 개최하고 있다. 생물공학 분야는 한

극미생물학회, 한국생화학회, 한국산업미생물학회, 한국유전학회, 한국화학공학회 등에서 활발히 연구 발표가 이루어지고 있다.

이상과 같이 우리나라의 생물공학 발전은 전반적으로 미흡한 편이지만 이 분야에 대한 연구 인력, 연구비 및 사회적 인식 등은 급격히 증가하고 있다. 그러나 한 가지 특기할 만한 사항은 생물공학의 upstream 분야에 비해 생물공학 제품의 경제적 생산을 위한 생물 공정 개발 및 산업화 연구(downstream)에 대해서는 그 투자가 극미하다는 것이다. 세계적인 생물공학의 추세는 1973년 미국 스탠포드대학의 Cohen과 Boyer가 유전자 조작 기술을 개발하면서 시작한 제1세대 유전공학 기술은 현재 거의 완성 단계로 접어들고 있으며, 제2세대 유전공학이라 할 수 있는 소위 단백질 공학, 즉 단백질의 분자 구조를 연구함으로써 목적 물질의 생산성 향상 혹은 새로운 물질(반응)을 창출할 수 있는 기술의 개발이 시도되고 있다. 그러나 이 단백질 공학은 엄청난 인력과 장비 및 지식 축적을 요하는 분야이기 때문에 여러 선진국에서도 극소수 기관을 제외하고는 현재 손을 대지 못하고 있는 형편이고 그 실용성도 20~30년 후의 일로 예측하고 있다. 이에 반하여 제1세대 유전공학 기술의 결과를 상업화하는 생물 공정 기술은 이미 기존의 화학공학에 의해 그 기초가 마련되어 있어 적은 투자로 많은 결과를 얻을 수 있기 때문에 선진국들은 물론 개발도상국들도 이 분야에 대한 기술 개발 경쟁을 벌이고 있는 실정이다. 그 대표적인 예로 세계적으로 유명한 미국의 한 제약회사는 총 개발 투자 비용 중 1/3은 분자 생물학 분야, 1/3은 생물 반응기 개발 분야, 그리고 1/3은 분리·정제 공정 개발 분야에 투자하고 있어 downstream 분야에 2/3의 비중을 두고 있다. 이와 같은 추세에도 불구하고 국내의 downstream process에 대한 경시는 현재까지 기초 분야(upstream)의 집중적인 투자로 인하여 제품의 상업화 연구에 쏟을 여력이 없었던 이 유도 있지만, 정부는 물론 학계와 기업의 정책 입안자들의 생물공학에 대한 인식 부족에 기인한 것이다. 21세기 제3의 산업혁명을 주도할 생물공학의 균형 있는 발전을 위해서는 기초 기

술인 유전 과학에 쏟았던 투자와 노력 이상을 생물 공정 개발 및 산업화 연구에 집중 투자하여야 한다.

4. 國內 生物工學科와 敎科課程

전문적인 생물공학 기술인을 육성하기 위해 '83년 이래 전국 각 대학에 생물공학 관련 학과가 설립되었으며(〈표 2〉 참조), 그 수는 계속 증가할 전망이다. 현재 개설되어 있는 학과의 명칭은 생물공학과(4), 유전공학과(5), 분자생물학과(4), 미생물공학과(1), 발효공학과(1), 유전과학과(2)의 모두 여섯 가지로 되어 있다. 생물공학은 관련 분야가 대단히 넓기 때문에 개설된 학과의 소속 단과대학에 따라 학과의 특성 및 교육 방향이 크게 달라진다. 이들 학과가 소속되어 있는 대학은 〈표 4〉에서 보는 것과 같이 공과대학, 농과대학 및 자연과학대학으로 구분된다. '86년도 기준(15개 학과)의 입학 정원은 총 864명으로 이 가운데 공과대학이 277명, 농과대학이 98명, 그리고 자연과학대학이 489명을 차지하고 있으며, 공과대학 소속 학과들 중에도 적지않은 수가 비공학 분야에 치중하고 있어 전

〈표 4〉 국내 생물공학 관련 학과(소속 대학별 분류)

소 속 대 학	대 학 교
공 과 대 학	강 원 대 학 교
	진 국 대 학 교
	대 구 대 학 교
	아 주 대 학 교
	인 하 대 학 교
자 연 과 학 대 (자연계, 문리대)	경 북 대 학 교
	경 희 대 학 교
	배 재 대 학 교
	부 산 대 학 교
	부 산 수 산 대 학 교
	수 원 대 학 교
	원 광 대 학 교
	전 북 대 학 교
조 선 대 학 교	
한 립 대 학 교	
농 과 대 학	고 려 대 학 교
	성 균 관 대 학 교

반적으로 생물공학 중 기초과학의 교육에 많은 비중을 두고 있음을 알 수 있다. 다시 말해 미생물학과, 동·식물학과 등 기존의 기초과학 계열의 학과들과 대부분의 생물공학 관련 학과들이 upstream 분야에 종사하고 있는 반면, downstream 분야에는 소수의 생물공학 관련 학과와 화학공학과, 공업화학에서 일부 관계하고 있다. 이러한 실정은 생물공학이 공학으로서의 역사가 짧고, 이에 따른 전문 교육 인력 및 사회적 인식의 부족에 의한 것이며 앞으로 산업계의 필연적인 요구에 의해 점차 시정될 것으로 기대한다. 한 가지 지적할 것은 생물공학 관련 학과의 명칭과 실제의 학과 특성이 불분명하게 연결되어 있다는 것이다. 특히 유전공학과에 있어서 교과목과 과 특성(소속 교수의 전공 분야)이 미생물학, 세포조직학 등 기초과학에 있고 과

명칭과는 달리 전혀 공학적인 요소를 포함하고 있지 않은 경우가 대부분이다. 이것은 Genetic Engineering의 'Engineering'에 대한 개념의 혼동 혹은 지난 수십 년간 우리나라 경제 발전을 이끌어 온 '공학'이란 단어에 대한 단순한 매력에 의한 명칭 선호성 등에 기인한 것으로 생각한다. 그러나 과 특성을 명백히 하기 위해서 적어도 신설되는 생물공학 관련 학과들은 downstream의 특성을 포함하는 경우 생물공학과(가장 포괄적), 발효공학과, 유전공학과 등으로 그렇지 않은 경우에는 유전과학과(가장 포괄적), 분자생물학과 등으로 지칭되는 것이 바람직하다.

현재까지 downstream 분야의 생물공학의 교육 및 연구는 화학공학 계열의 공학도가 자연과학대학의 생화학, 미생물학 등을 선택 수강하거나 혹은 졸업 후 대학원에서 얻은 기초과학 지식

〈표 5〉 인하대학교 생물공학과 교과과정

구분	내용 학 수 번 호	교 과 목 명	학점	1학년		2학년		3학년		4학년	
				1학기	2학기	1학기	2학기	1학기	2학기	1학기	2학기
기초전공필수	YA 231,232	물 리 화 학(I, II)	3+3			○	○				
	YA 201	공 학 개 론	2			○					
	YA 221	기 초 회 로	2					○			
	YA 204	응 용 수 학	3						○		
전 공 필 수	AT 231,232	공 업 미 생 물 학(I, II)	3+3			○	○				
	AT 311,312	생 물 공 정 해 석(I, II)	3+3					○	○		
	AT 341,342	생 화 학(I, II)	3+3					○	○		
	AT 351,352	분 자 생 물 학(I, II)	3+3					○	○		
	AT 371,372	단 위 조 작(I, II)	3+3					○	○		
전 공 선 택	AT 221,222	유 기 생 물 화 학(I, II)	3+3								
	AT 291,292	미 생 물 실 험(I, II)	1+1								
	AT 361,362	고 급 수 학(I, II)	3+3								
	AT 381,382	생 화 학 실 험(I, II)	1+1								
	AT 391,392	식 품 공 학(I, II)	3+3								
	AT 411	생 물 반 응 공 학	3								
	AT 471	생 물 화 학 분 리 공 정	3								
	AT 472	생 물 공 정 공 학	3								
	AT 421,422	유 전 공 학(I, II)	3+3								
	AT 431,432	미 생 물 공 학(I, II)	3+3								
	AT 451,452	식 품 가 공 및 실 험(I, II)	3+3								
	AT 441	생 물 공 정 제 어	3								
	AT 491	생 물 공 학 응 용 및 실 험	3								
	AT 481,482	생 의 학 공 학(I, II)	3+3								

을 바탕으로 생물 물질 생산에 공학을 응용하는 것이 그 주류를 이루고 있으나, 소속 학과를 졸업하기 위하여 생물공학과는 직접 관계가 없는 전문 전공 과목을 동시에 이수해야 하므로 비효율적인 교육이 될 수밖에 없다. 또한 대부분의 공학 과목들이 서로 연계되는 특성이 있기 때문에 기초 과학도들의 공학 습득은 거의 시도되지 않고 있다. 생물공학과에서는 효율적인 생물학과 공학의 접합을 4년간의 과내 연구 및 교육에 반영시킨다. 참고로 인하대학교 생물공학과의 교과과정을 <표 5>에 나타내었다. 1·2학년에 걸쳐 화학, 물리, 수학, 전산 등 공학 기초 과목을 이수하며, 2학년에는 생물 반응의 주된 매체인 미생물에 대한 이론과 실험이 더해진다. 3학년에는 미시적 측면에서 생물 물질과 그들 사이의 생물 반응을 이해하기 위하여 생화학, 분자생물학과 관련 실험 과목을 이수하며, 생물 반응을 포함하는 생물 공정의 정량적 해석을 위한 생물 공정 해석, 장치 설계 및 운전을 위한 단위 조작을 이수한다. 4학년에는 전공 선택으로 세분·전문화된 생물반응공학, 생물분리공학 등(이상 downstream)과 유전공학, 미생물공학 등(이상 upstream), 그리고 응용 과목으로 식품공학을 채택하며 각 공정 분야의 실재를 생물공학 실험을 통해 습득하게 한다.

이상과 유사한 교과과정을 통하여 국내 수 개의 생물공학과에서 유능한 생물공학도의 육성을 목표로 정진하고 있다. 생물공학과가 현재 내포하고 있는 문제점으로는 교수 인력 부족으로 인한 재임 교수들의 많은 강의 부담, 연구 재원의 부족, 교육 프로그램 및 교재가 정립되어 있지 않다는 것 등이나 이것들은 신설 학과들이 겪는 공통 현상으로 가까운 미래에 해결될 것으로 예측한다.

또한 고등학교에서 주입식 교육에 익숙해 있던 학생들의 기초과학 과목에 대한 선호성(수학, 공학 과목에 대한 기피성), 취업 전망에 대한 불안 등도 내재하고 있으나 졸업생들이 사회에 진출하여 그 경험이 피드백됨에 따라 자연적으로 해소될 것이다. 생물공학 관련 학과들의 입학 정원은 평균 59 명으로('86년 기준) 나타나고 있고 어느 대학교의 경우 130 명에 달하고 있

으나 장래 신설되는 생물공학과와 수, 생물공학 관련 산업체들의 신설 및 확장 그리고 졸업생들의 취업 동향을 보아 변동시킬 것이며 당분간은 40~50 명 선을 유지하는 것이 현명한 것으로 생각한다.

미국의 경우, downstream 분야의 생물공학 교육은 대부분 화학공학과를 중심으로 하여 이루어진다. 이들 프로그램은 대별하여 외부 기초과학대학에서 미생물학, 생화학 등을 수강시키는 방법, 화학공학과 학부 및 대학원에 걸쳐 Biochemical Process를 강의하는 방법, 학과 내에 생물화학공학 부전공(minority, 박사과정) 제도를 두는 방법, 학과로부터 독립하여 대학원 과정으로 생물화학공학 프로그램을 두는 방법 등으로 나타나고 있다. 또한 M.I.T., Stanford, Berkeley 등의 대학에서 downstream 위주의 생물공학 연구소를 운영하고 있어 생물 공정 개발과 산업화에 대한 열기를 알 수 있다.

5. 生物工學科의 展望

20세기와 더불어 이룩된 과학 문명의 발전은 인류의 생존을 위협할 정도의 산업 공해, 에너지, 식량, 자원의 고갈 등 여러 난제를 유발시켰으나 유전자 조작 등 획기적인 기술과 발전된 공정 기술에 힘입어 생물공학은 이들을 해결할 수 있는 무한한 잠재 능력을 갖게 되었다.

복합 학문으로서의 생물공학은 기초과학과 응용과학 등 여러 분야의 긴밀하고도 균형 있는 협조로 꾸준한 발전을 이룰 것이다. 이제까지 태동기의 생물공학 분야에서는 유능한 인재들이 생물공학 이론에 치우쳐 해외 유학, 학교, 연구소들에 많이 진출하였으나 국내의 식품·제약계 등 생물공학 산업의 팽창으로 생산 현장이나 기업 연구소에서 자격을 갖춘 생물공학도에 대한 많은 수요가 있어 생물공학과와 전망은 무척 밝은 편이다.

일반 대중의 긍정적인 인식, 사회의 제도적 뒷받침과 과학도들의 생명의 존엄성에 바탕을 둔 끊임없는 연구로 생물공학은 21세기 학문의 주류를 이루며 인류 복지 향상에 크게 이바지 할 것이다.

*