

학술세미나

제주지역 생물산업의 진단과 전망

- 2001년 2월 9일(금) 오후 2시
- 제주도중소기업종합지원센터 국제회의실(2층)

- 주최 : 제 주 발 전 연 구 원
제주대학교 과학아카데미
제주대학교 생명과학연구소
- 후원 : 제 주 도

세미나 일정

- 등 록 : 13:30 ~ 14:00
- 개 회 식 : 14:00 ~ 14:20
국민의례
개 회 사 : 이문교 / 제주발전연구원장
축 사 : 우근민 / 제주도지사
- 기조강연 : 14:20 ~ 14:50
주제 : 세계의 생물산업은 어떻게 발전하고 있는가?
발표 : 복성해 / 한국생명공학연구원 원장
- 제1주제 : 우리나라의 생물산업 육성 정책(15:00 ~ 16:00)
사회 : 양영오 / 제주대학교 과학아카데미 원장
발표 : 김철두 / 산업자원부 생활산업국장
토론 : 류기중 / 제주대학교 원예생명과학부 교수
오재윤 / 제주도 자치경제국장
고정보 / 제주발전연구원 연구실장
- 제2주제 : 제주도의 생물산업 육성 방향(16:10 ~ 17:10)
사회 : 김찬식 / 제주대학교 원예생명과학부 교수
발표 : 고영환 / 제주대학교 생명과학연구소장
토론 : 장호민 / 한국생명공학연구원 기획부장
김광호 / 제주도 농업기술원 기술지원국장
강희경 / 제주대학교 의학과 교수
- 제3주제 : 우리나라 생물산업체의 현실과 기대(17:20 ~ 18:20)
사회 : 김세재 / 제주대학교 생물학과 교수
발표 : 이행우 / (주)벤티리 대표
토론 : 이남호 / 제주대학교 화학과 교수
김영춘 / 중소기업진흥공단 제주지역본부장
권혁모 / 제주농업시험장 원예과장
- 만찬 : 18:30 ~ 19:30

청정 제주를 생물산업의 요람으로

오늘 바쁘신 가운데도 불구하고 본 세미나에 참석해 주신 내·외 귀빈 여러분 감사합니다.

특히, 기조강연과 주제발표를 흔쾌히 맡아 주신 복성해 한국생명공학연구원장님, 김철두 산업자원부 생물산업국장님, 고영환 제주대학교 생명과학연구소장님, 이행우 (주)벤티리 사장님, 그리고 사회자와 토론자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

생물산업은 인류가 직면하고 있는 식량, 질병, 에너지, 환경 등의 여러 가지 어려운 문제를 해결하여 인간의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 고부가가치 지식 집약형 산업입니다.

생물산업은 미생물, 동물, 식물과 같은 다양한 생명체 자체를 소재로 사용하기 때문에 기존 산업에 비해 자원 의존적이 아니며, 확인 또는 미확인된 많은 생명체와 그 안에 함유되어 있는 생리활성 또는 기능성 물질을 대상으로 하고 있어 무한한 발전가능성을 지닌 친환경산업입니다.

그러나 생물산업은 기술집약형 산업으로 제품개발에 장기간이 소요되고 기술개발의 성공에 대해 확신을 갖기 어렵다는 점에서 적극적인 투자를 하는데 쉽지 않은 분야이기도 합니다.

생물산업의 특징은 범위가 광범위하고 파급효과도 매우 크다고 합니다. 생물산업의 부가가치는 금 1kg 가격을 1로 했을 때 대표적인 생물산업 상품의 하나인 인터페론의 환산 가치는 금의 357배나 되고, 금의 14배인 반도체산업(256MD램) 보다도 25배나 부가가치가 높다는 것이 학계의 정설입니다. 결국, 생물산업의 엄청난 부가가치는 인간의 두뇌에 의존하고 있으므로 이를 지식산업이라고 합니다.

산업사회는 공간을 정복하였고, 정보화 사회는 시간을 정복했으며, 다가오는 생명공학 사회는 물질을 정복한다는 학자들의 주장은 생물산업의 파급효과를

예측하는데 중요한 논거가 될 것입니다.

따라서 생물산업의 전망은 매우 밝다고 합니다. 생물산업의 세계 수요는 향후 10년간 연평균 10% 이상의 초고속 성장을 기록할 것으로 전망하고 있습니다. 고령화 시대의 도래, 건강과 삶의 질 향상에 대한 끊임없는 욕구, 날로 높아가는 생물다양성에 대한 인식, 생명기술과 정보통신 기술의 융합에 의한 신산업 창출 등이 이를 뒷받침하고 있습니다.

산업자원부는 2010년 세계 6위권 진입을 목표로 「생물산업발전 종합대책」을 마련하여 시행하고 있음을 고려할 때 제주에서도 생물산업에 대한 보다 적극적인 대응정책이 요구됩니다.

제주도는 생물자원의 보고입니다. ‘구슬은 껴야 보배’라는 속담처럼 양질의 풍부한 자원이 있어도 이를 개발하고 산업화시키기 위한 노력과 기술이 없다면 고부가가치의 잠재 자원은 사장될 수밖에 없습니다.

제주에서 생물산업을 육성한다는 것은 그리 쉬운 문제는 아닙니다. 고도의 기술과 자본을 필요로 하는 만큼 중앙정부의 적극적인 지원이 필요합니다.

제주에는 외국 농산물의 분별없는 수입과 감귤산업의 전망에 대한 불확실성이 겹쳐 산업의 방황시기를 맞고 있습니다. 이러한 산업의 혼란 상태를 극복하기 위하여 기획된 오늘의 생물산업 주제 세미나는 큰 뜻을 가진다고 생각합니다.

저는 오늘 세미나를 통해 제주지역 생물산업의 현 주소를 진단하고, 제주도가 지향해야 할 생물산업의 발전 방향을 모색함으로써, 제주지역 실정에 적합한 생물산업을 특화할 수 있는 과제를 도출하고 중앙정부의 지원을 유도할 수 있는 대안이 모색되기를 기대합니다.

마지막으로 본 세미나를 공동으로 기획하고 개최하는데 동참해주신 제주대학교 과학아카데미 양영오 원장님, 생명과학연구소 고영환 소장님께 이 자리를 빌어 감사의 말씀을 드리며, 아울러 적극적으로 후원해 주신 제주도 관계자 여러분께 감사드립니다.

감사합니다.

2001년 2월 9일

제주발전연구원장李文敎

바이오산업은 21세기 지식기반산업의 핵심

우리나라 생물산업 발전을 주도해 나가시는 복성해 한국생명공학연구원장님과 김칠두 산업자원부 생활산업국장님, 그리고 생물산업 관련 석학, 공무원, 업체 관계자 여러분.

오늘 제주발전연구원과 제주대학교 과학아카데미 그리고 생명과학연구소가 공동으로 주최하여 「제주지역 생물산업의 진단과 전망」이라는 주제의 학술세미나를 열게 됨을 진심으로 축하드립니다.

저는 지식기반시대인 21세기야말로 우리 제주도민을 위하여 준비된 세기라고 감히 말씀드리고 싶습니다.

제주는 21세기 대표적인 지식기반산업으로 평가되는 바이오산업을 일으킬 최적의 여건을 갖추고 있기 때문입니다.

우리에게는 바이오산업의 펀드멘탈인 1,800여종의 식물과 300여종의 새, 3,300여종의 곤충 등을 가진 세계적인 생태계의 보고이며 이것은 우리의 최대의 자산입니다.

생명공학기술을 이용하여 각종 유용물질을 제조·생산하는 바이오산업은 환경친화적, 자원·에너지절약형 산업, 고부가가치를 창출하는 미래산업으로서 기존 산업구조 개편의 대안으로 적합한 산업이 될 것입니다.

이미 우리도에서는 이러한 바이오산업의 일환으로 친환경농업을 장려하고 친환경종자육성센터 설치를 역점사업으로 추진하고 있으며, 특히 지역단위로

는 제주도가 세계 처음으로 국제수역 사무국으로부터 구제역이 없는 청정지역으로 인증을 받았습니다.

그리고 작년 7월에 이미 국제자유도시 기반조성을 위한 '제주지역 전략특화 산업 기술개발계획' 수립을 위한 연구를 바이오산업 중심으로 진행중에 있으며, 또한 산업자원부의 지역산업발전계획 수립과 관련 제주대학교와 공동으로 바이오산업 실태조사를 지난해에 마친 상태입니다.

지금 우리나라 바이오산업은 산업화 태동기 단계이고 기술경쟁력은 선진국의 약 60% 수준으로서 최근 들어 업계와 시·도에서 투자관심이 높아지고 있습니다.

저는 바이오산업에 관한 한 전국 지방자치단체 중에서 가장 앞서 가는 도가 될 수 있도록 여러분과 의논하면서 일을 해 나갈 것임을 말씀드립니다.

우리도에서 가칭 "제주바이오산업발전협의회"의 설치를 추진해 나가는 것도 이러한 맥락입니다.

오늘 이 세미나가 제주 바이오산업의 새 시대를 여는 계기가 되기를 기대합니다.

이 행사를 주관하시는 이문교 제주발전연구원장님, 제주대학교 양영오 과학아카데미원장님, 고영환 생명과학연구소장님, 그리고 주제발표와 토론을 해주실 분들께 깊은 감사를 드리며, 여러분 모두의 건승을 기원합니다.

감사합니다.

2001년 2월 9일

제주도지사 禹 瑾 敏

주제 발표

제주지역 생물산업의 진단과 전망

기조강연 : 세계의 생물산업은 어떻게 발전하고 있는가?

복성해 / 한국생명공학연구원 원장

제 1주제 : 우리나라의 생물산업 육성 정책

김철두 / 산업자원부 생활산업국장

제 2주제 : 제주도의 생물산업 육성 방향

고영환 / 제주대학교 생명과학연구소장

제 3주제 : 우리나라 생물산업체의 현실과 기대

이행우 / (주) 벤트리 대표

세계의 생물산업은 어떻게 발전하고 있는가?

복 성 해 원장

(한국생명공학연구원)

< 목 차 >

- I. 서론
- II. 생명공학 발전 추이
- III. 주요 선진국의 생명공학 발전 전략 및 대응 동향
- IV. 주요 선진국의 생명공학 혁신시스템 비교
- V. 우리나라 생명공학 현황 및 육성 방안
- VI. 결론 및 제언

I. 서론

인류는 농업시대와 산업시대를 거쳐 최근 정보화시대에 이르기까지 끊임없는 기술혁신 과정을 통해 인류에 놓인 공간적, 시간적인 제약들을 극복하여 왔고, 역사상 유례없는 높은 부를 향유하고 있다. 그러나, 인류는 아직 해결하지 못하고 있는 다양한 난제 즉, 기아문제, 불치·난치의 질병문제, 노화문제, 공해로 인한 지구환경문제, 화석에너지 고갈문제 등의 삶을 제약하는 근본적인 문제들을 안고 있다.

21세기를 시작하는 현시점에서 인류는 이러한 난제들의 해결은 물론 기존 재화와 용역의 근본적인 기능개선이 생명공학을 통해 가능하다는 기대를 걸고 있고, 생명공학의 획기적인 기술변화 속도에 의해 이러한 기대는 이제 구체적인 일정으로 전망되고 있다. 그래서 사람들은 생명공학 기술의 출현과 그 파급 영향을 ‘인류 달착륙’이나 ‘성경의 영향’과 비유하기를 주저하지 않고 있다.

지구상의 미생물, 식물 및 인간을 포함하는 동물 등의 생명체를 산업적으로 유용하게 활용하는 기술로 정의되는 생명공학은 크게 전통 생명공학과 현대 생명공학으로 분류되고 있다. 전통 생명공학은 B.C. 1750년 경 슈메르인들의 양조발효 기술에서 그 시작이 기록되고 있고, 최근까지 빵, 치즈, 된장 등 미생물을 생물학적 처리과정을 통해 이용하는 기술에서 찾아볼 수 있다. 본 고 논의의 초점이 되는 현대 생명공학은 1953년 왓슨과 크릭에 의해 DNA 이중나선 구조가 밝혀진 이후, 1973년 Stanley Cohen and Herbert Boyer에 의해 처음 소개된 유전자재조합기술(Recombinant DNA Technology)을 포함하여, 세포융합기술, 핵치환기술 등의 유전공학기술 및 단백질공학기술, 안티센스기술 등으로 정의되고 있다.

현대 생명공학 기술은 미국, 영국, 독일, 일본 등 일부 선진국을 중심으로 1970년대 후반과 1980년 R&D 도입기를 거쳐, 1990년대 왕성한 개발성과를 이룩하였고, 이들 중 일부는 상업화하기에 이르렀다. 이러한 생명공학 R&D 및 상업화는 최근 들어 가속적으로 증가하고 있고 미생물, 동식물, 인간 유전체 연구 및 그 위치와 기능 연구 등에 의해 더욱 체증적으로 구체화될 것으로 전망된다.

이러한 생명공학 기술은 새롭고 보다 안전한 백신생산, 유전적 질병치료, 질병의 진단·예방, 보다 나은 신약개발, 농산물의 양적 증산 및 질적 개선, 식품영양 개선, 수질·공기 오염저감, 바이오 촉매에 의한 바이오 신공정 기술 등에서 기존의 기술들과 구별되는 획기적인 유용성을 보이고 있다. 이와 같이, 생명공학은 한 산업분야에 제한되지 않고, 보건·의료 분야는 물론, 농업, 식품, 환경, 화학, 공정, 계측, 에너지, 자원, 전기, 기계 등 기존의 거의 모든 산업분야에 영향을 미치기 시작하였고, 이러한 파급 영향의 정도와 속도는 생명공학의 급속한 기술혁신 속도에 따라 보다 크고 빠르게 가속화될 것으로 전망된다.

생명공학 기술이 인류에 대한 이러한 획기적인 유용성과 무한한 잠재력으로 인해 주요 선진국은 생명공학을 21세기 국가산업과 경제를 부양할 핵심산업으로 대대적인 투자를 아끼지 않고 있고, 관련 기술혁신에 심혈을 기울이고 있다. 이는 생명공학 기술이 기존에 인류가 극복하지 못하였던 한계를 극복할 수 있는 기술로서 막대한 수요를 창출할 수 있고, WTO체제하에서 특허화된 독점적 경쟁력을 가진 신기술에 의해 막대한 부를 창출할 수 있을 것으로 기대하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

최근, 우리나라도 미국, 영국, 일본 등 주요 선진국에 비해 시장규모와 정부투자면에서 매우 낮은 수준을 보이고 있으나, 정부부처를 중심으로 기초·응용기술 개발

(1,170억원, 2001년), 산업화 기반조성(634억원), 농업분야 기술개발(206억원), 보건의료분야 기술개발(295억원) 등에 중점을 두고 적극적인 투자의욕을 보이고 있다. 민간 부문에 있어서도 2000년 현재 바이오벤처기업의 수가 300여개에 이르는 등 빠른 증가추이를 보이고 있다.

21세기에 인류는 ‘생명공학’에 의해 모든 생명체의 비밀을 알고 이를 활용하게 되어, 질병, 기아, 공해, 에너지 등 그간 인류 삶의 제약조건들을 극복할 것이다. 21세기를 시작하는 현재, 세계는 생명공학 기초기술 R&D 단계에서 응용기술 R&D 단계로, 일부 기술에 대해서는 상업화 단계로 들어서고 있다. 이러한 단계에서 주요 선진국들은 기술 및 시장 선점을 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다, 이는 각 국의 유전체 연구, 프로테오믹스 연구, 바이오인포매틱스 연구 등 생명공학 기초 및 응용연구 R&D에 대한 투자 및 전문인력 양성, 활용 측면에서 쉽게 파악될 수 있다.

세계 각국이 생명공학을 21세기 핵심 기술로, 관련 산업을 핵심 기간산업으로 선택하고, 기술혁신에 집중하고 있는 현 시점에서 우리는 무엇을 어떻게 해야할 것인가? 첨단 선도기술에 의해 산업과 경제가 주도되고 이러한 기술의 보유여부에 의해 국가경제의 부가 좌우되어 왔음을 고려할 때, 그리고 생명공학이 인류에 미치는 무한한 파급적 영향을 고려할 때 우리가 나아갈 방향은 명확할 것이다.

본고는 우리나라 생명공학의 발전방안 모색을 목적으로, 먼저, 세계 생명공학 발전 과정을 살펴보고, 둘째 세계 주요국의 생명공학 기술 및 산업동향을 고찰하고, 셋째 우리나라 생명공학 현황을 고찰할 것이다.

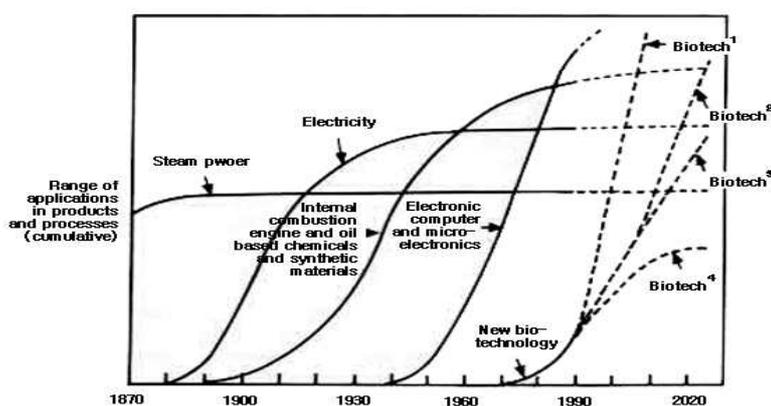
II. 생명공학 발전추이

1. 21세기 생명공학 발전전망

생명공학은 현재의 R&D 속도, 기술적 잠재력 및 기존의 다른 기술의 발전과정과 비교할 때 향후 15~30년후에 기반기술 및 기간산업으로 정착될 것으로 전망된다.

아래 그림은 Freeman 교수(영국)가 생명공학 발전과정에 대한 전망을 표현한 것이다. Freeman 교수는 그가 집필한 『The Diffusion of Biotechnology Through the Economy : The Time Scale(1989)』에서 어떠한 신기술이 실제로 인간사회에 사회·경제적 차원에서 구조적인 변혁을 가져올 수 있을 정도로 혁신적이기 위해서는 다음의 5가지 조건을 충족시켜야 한다고 지적하였다. 첫째, 생산물과 생산공정의 개선을 수반하는 새로운 상품의 출현, 둘째, 많은 유관제품과 서비스의 비용절감 효과, 셋째, 사회적·정치적 수용, 넷째, 환경적 수용, 다섯째, 경제시스템 전반에 걸친 확산이 그것이다.

<그림 1> 타 기술과 비교한 생명공학기술의 발전전망



* 자료 : 「The Biotechnology Revolution」, 1995.

이 조건들에 근거하여 생명공학 기술을 고려할 때, 첫 번째 조건인 신제품에 의한 신시장 창출은 충족시켜가고 있는 중이지만 나머지 조건들에 대해서는 지속적인 연구개발과 기술의 사회적 수용(Public Acceptance)의 확대 여부에 달려 있다.

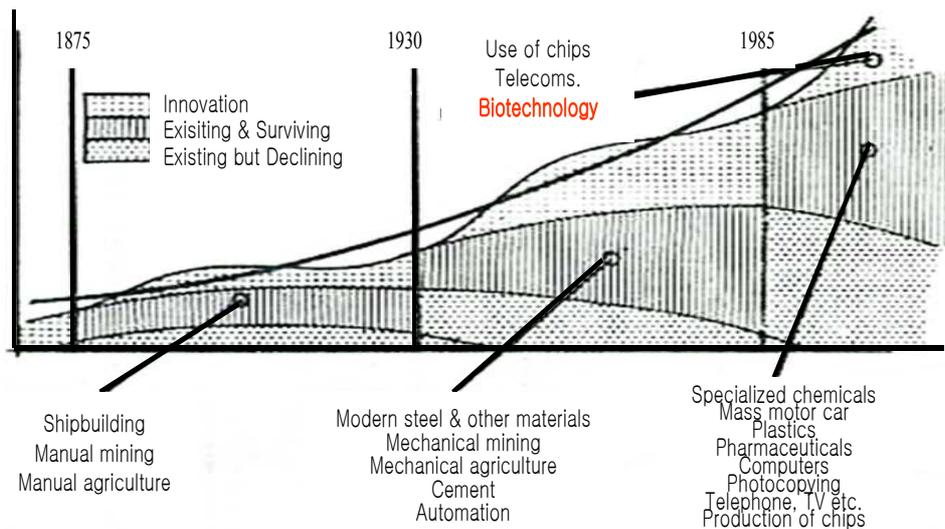
Freeman 교수는 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 생명공학기술의 발전 시나리오를 네 가지로 전망하였는데, 이 가운데 생명공학기술의 현재 연구개발 속도 및 기술적 잠재력에 비추어 볼 때, 가장 가능한 시나리오는 생명공학기술이 향후 20~30여년이 지나면서 사회·경제체계의 주요 기반기술로 자리 잡아나가는 시나리오일 것으로 예측하고 있다.

한편 영국 맨체스터대학의 A. Wilkinson 교수는 1983년에 연구 발표한 『Technology - An increasingly dominant factor in corporate strategy』를 통해 생명공학기술의 중요성을 기업의 생존을 위한 전략적 관점에서 밝히고 있다.

Wilkinson 교수는 <그림 2>에서 보는 바와 같이, 각 산업이 한 사이클(약 50년)에 걸쳐 번영하고 그 다음은 쇠퇴의 길을 밟는데, 생명공학기술은 20세기 후반부 불황기에서 벗어나는 회복국면에 잠재하여 있는 첨단기술분야로써 전자·통신 기술 분야와 함께 2000년대 이후의 세계산업을 주도적으로 끌고 갈 것으로 전망하고 있다.

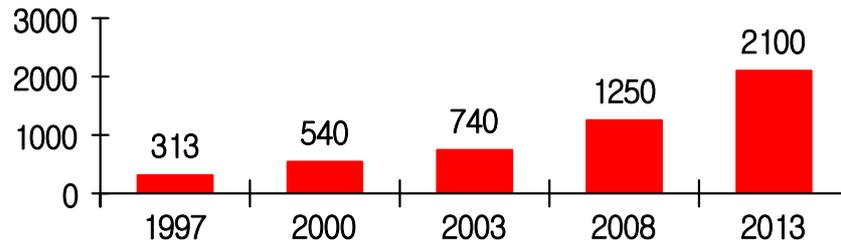
이와 같이, 두 경제학자의 연구와 지난 30년 동안의 생명공학 발전과정과 최근 R&D 및 산업화 동향을 고려할 때, 생명공학기술은 차세대 산업혁신기술로 정착될 것으로 판단되고, 그 시기는 기존의 생명공학 기술의 R&D 속도를 고려할 때 단기간이 아닌 15~30년이후의 장기간에 걸쳐 이루어질 것으로 전망된다. 그러나, 이러한 시기에 대한 판단을 새로운 혁신기술의 돌출 및 과거 추이와는 다른 가속적 R&D 속도에 의해 변경될 가능성도 있을 것이다.

<그림 2> 장기 경기과동으로 본 생명공학 기술의 위치



* 자료 : A. Wilkinson., 「Technology-An increasingly dominant factor in corporate strategy. R&D Management」, 1983.

<그림 3> 세계 생명공학 시장규모 전망



2. 최근 생명공학 기술 및 관련 산업의 변화 특성

1973년 유전자재조합기술을 시작으로 소개된 생명공학기술은 1970~1980년대에는 생물학적 매개물을 과학과 공학원리를 이용하여 관련 재화와 용역을 창출하는 개념으로 이해되어 왔다. 그러나, 최근, 1990년대 미생물 지놈연구를 시작으로 최근 가속화되고 있는 동식물 및 인간지놈연구와, 이종간 유전자전환, 체세포복제, 생물정보학들의 출현·발전으로 사회적 필요와 경제적 수요에 부응하여 생물의 유전암호를 재프로그램하는 맞춤형기술로서 이해되고 있는 추이이다. 이와 같이 생명공학 기술은 지속적인 급속한 혁신적 변화를 가진다는 특성과 더불어 최근 기술 및 관련 산업에 다음과 같은 몇가지 특성적 변화가 있는 것으로 파악된다.

첫째, 생명공학 기술은 오랜 R&D 단계를 가지고, 이후 확산적 파급영향을 창출하고 있는 특성을 보이고 있다. 즉, 생명공학 기술은 1970년대 초반에 소개된 이후, 1970년후반과 1980년대에 걸쳐 R&D 도입기를 거쳐, 1990년대 R&D 성장기로 왕성한 성과를 창출하였고, 1990년후반에서 최근들어 R&D 및 그 성과의 파급적 확산과 가속을 보이고 있고, 그 성과의 산업화 도입기에 들어서고 있다.

둘째, 1990년 인간지놈연구를 시작으로 미생물, 동식물지놈연구 및 구조생물학의 급속한 진전으로 기술적인 한계를 급속히 극복하는 변화를 보이고 있다. 또한, 이러한 R&D의 진전과 그 성과로 인해 관련 산업의 형성이 본격화되고 있다. <그림 3>에서 보는 바와 같이, 세계 생명공학 시장은 1997년 313억\$에서 2000년 540억\$, 2010년 1,250억\$로 성장할 것으로 전망되고, 연평균 성장률은 1990~1997년 31%로 높은

성장률을 기록하다가, 이후 연 15%정도의 성장률을 기록할 것으로 전망되고 있다. 생명공학 관련 산업 즉, 생물산업의 시장규모는 다른 산업과 비교할 때, <표 1>에서 보는 바와 같이 성장률 전망하에서 향후 5~8년에 지금의 반도체 시장규모로 향후 20년이 후에는 지금의 정보통신 시장규모와 비슷한 수준으로 성장할 것으로 전망된다.

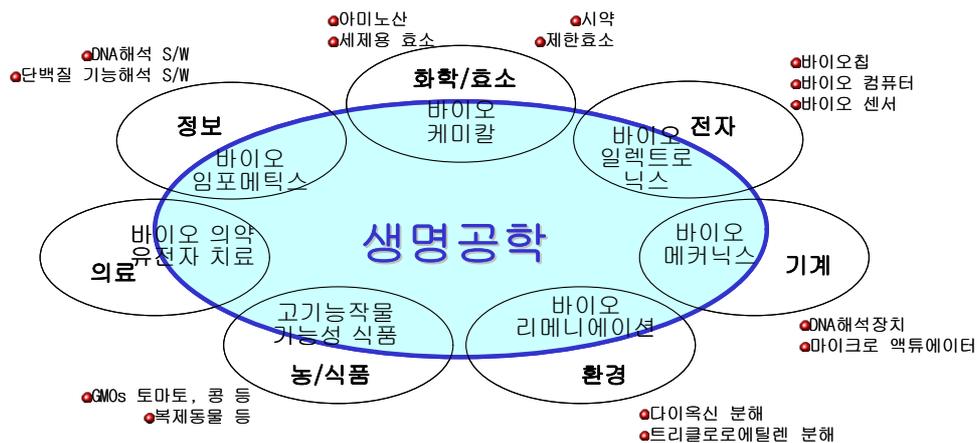
셋째, 관련 기술의 R&D 및 산업적 응용이 보건의료 분야에 집중되었던 현상이 점진적으로 농업, 식품, 화학, 환경, 전자, 정보, 해양 등 전 산업분야로 과급 확산되어 가는 변화를 보이고 있다. 즉, 유용 생체기능을 가진 유전자와 그 유전자로 만들어진 단백질 기능을 규명하여, 관련 산업분야로 다양하게 응용되어지는 단계로 이행되고 있다. 이러한 변화는 최근 유전체 연구의 급진전으로 더욱 가속화될 것으로 전망된다.

<표 1> 생물산업과 다른 산업과의 비교

구 분	1997년	2000년	2003년	2008년
생물산업	313	540	740	1,250
정보통신	7,070	9,210	12,340	21,320
반도체	1,470	1,480	2,125	3,701

* 자료 : Ernst and Young LLP(1998), Dataguest(1998), KISDI(1998).

<그림 4> 생명공학이 파급범위

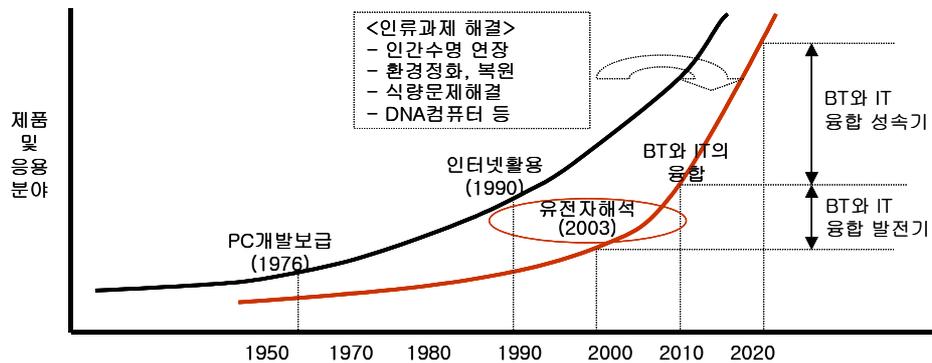


넷째, 지놈해석의 급속한 진전을 보이고 있다. 1990년 시작된 Human Genome Project는 2000년 6월 26일 국제공동연구팀과 미국 민간 생명공학 기업인 셀레라지노믹스가 공동으로 인체지놈지도 초안을 발표하였다. 이 연구는 향후 100여년 이후 완성될 것으로 전망되는 유전체 위치 및 기능연구(post genomics)를 남기고 있으나, 이 연구성과에 의해 암, 에이즈, 헌팅턴, 파킨슨병 및 호흡기 질환 등의 불치, 난치의 질병을 예방·치유하고, 치매와 노화원인을 규명하여 생명을 건강하게 연장시킬 수 있는 획기적인 전기를 마련한 것으로 평가된다. 한편, 2000년 12월말에는 미국, 영국 등 5개국 공동연구팀에 의해 겨자과 식물인 애기장대(*Arabidopsis thaliana*)의 1억 2,500만 염기쌍의 배열을 완전해독하였고, 2004년까지 유전자지도를 완성할 예정이라고 발표한 바 있다 (Science, 2000. 7., Nature, 12.). 장대냉이는 세대주기가 짧고, 지놈의 크기가 비교적 적고, 유전암호가 단순해서 식물유전체 연구의 중요한 대상이 되어왔다. 또한, 지난 4월에 미국 몬산토사는 벼의 지놈을 거의 완벽하게 해독하여 한국, 일본, 미국, 중국 등 쌀 주요생산국의 공동연구기관인 「국제 쌀 지놈해독 연구프로젝트」(IRGSP) 및 세계 관련 연구진에게 무료로 제공하겠다고 발표하였고, 이어 10월에 셀레라지노믹스는 인간과 유전적으로 비슷한 쥐의 유전자지도 초안을 완성하였다고 발표한 바 있다. 이와 같이, 최근 들어 인간유전체를 포함하여 미생물 및 동식물 지놈연구의 급속한 진전과 그 연구결과인 유전자지도의 무료공개로 인해 관련 응용분야의 산업화가 급속히 진전될 것으로 전망된다. 유전체 연구의 응용은 기능유전체 연구와 비교유전체 연구에 의해, 최종적으로 질병원인을 규명하고, 새로운 진단 및 치료법을 개발하고, 신약을 개발하고, 기존 치료법을 최적화하고, 치료유전자를 확보하는 단계로 발전할 것이다. 즉, 유전자지도 완성에 주력하였던 세계는 유전자지도의 완성과 더불어 다시 기능연구에 초점을 두고 더욱 치열한 경쟁을 벌일 것으로 전망된다.

다섯째, 최근 들어 생명공학 기술이 타 산업의 기술과 융합되는 특성을 보이고 있다. 특히, 생명공학은 유전정보를 기본으로 정보집약형 기술로 발전하는 특성을 보이고 있으며, 유전체 연구분야와 바이오칩개발 분야에서 정보기술(IT)과의 결합이 두드러지고 있다. 그 실례는 최근, 셀레라지노믹스가 HGP에 참여 가능했던 요인이 컴퓨터와 정보통신기술을 통한 분석기술을 가지고 있었다는 점과 미국 아피메트릭스사가 세계 최초로 DNA칩을 개발한 것도, 반도체 제조기술을 응용하였

다는 점에서 찾아볼 수 있다. DNA 칩은 컴퓨터기술과 생명공학 기술의 절묘한 조화로 평가되고 있다. 이와 같이, 물리화학, 정보처리 지식 및 기술을 수단으로 생체기능을 유전자, 단백질 수준까지 해석하고, 응용·산업화 목적에 따라 생체분자 구조와 기능을 재설계하는 기술이 생명공학 분야에서 중요한 역할을 담당하는 특성을 보이고 있다.

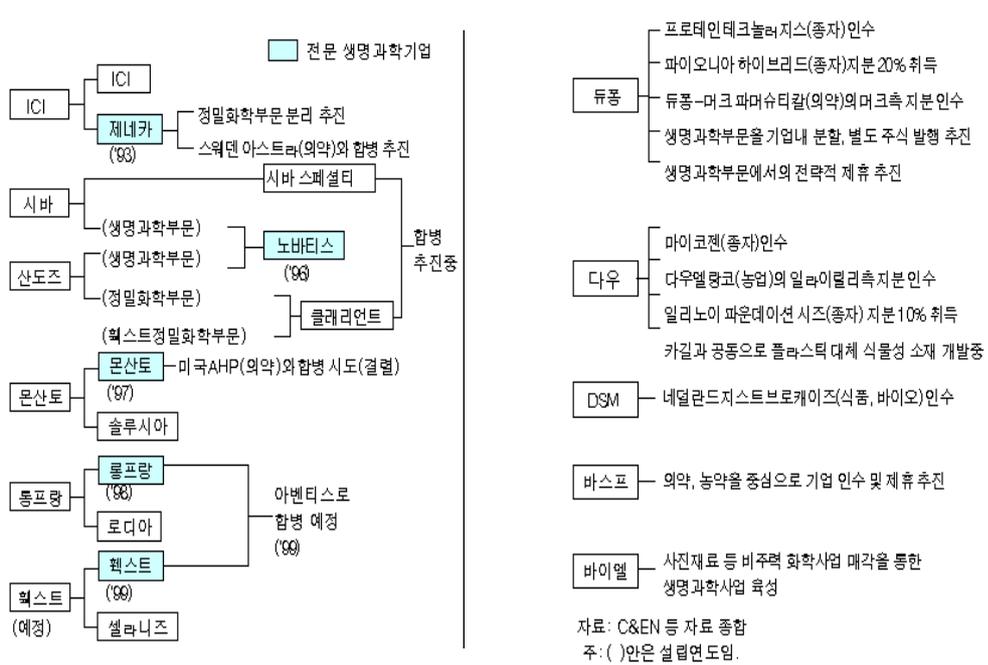
<그림 5> 생명공학과 정보·전자기술의 융합



여섯째, 생물산업에서 벤처기업이 산업발전에 핵심적인 한 역할을 수행하고 있다는 점과 생명공학기업과 대기업, 기존 화학기업, 제약기업간에 전략적 M&A가 활발하다는 특성을 보이고 있다는 점을 들 수 있다. 생명공학이 발전된 선진국은 물론 우리나라에서도 바이오 벤처기업이 생물산업의 중요한 역할을 수행하고 있는 것으로 보인다. 이는 새로운 기술인 생명공학 기술에 대해 R&D 기술을 습득하고, 그 기술을 이전하는데 바이오 벤처기업이 대기업보다 용이하기 때문인 것으로 파악된다. 바이오 벤처기업의 이러한 특성은 기존 다른 산업과는 달리 생명공학은 R&D에 전문적인 고급지식과 기술을 요구하고, 이에 의해 그 성과를 기대할 수 있기 때문에 나타나는 것으로 판단된다. 또한, 최근 들어 바이오 벤처기업과 대기업간 전략적 제휴가 활발히 진행되고 있는 양상을 보이고 있는데, 이는 대기업의 자본, 마케팅 능력, 규제 제도에 대한 경험과 바이오 벤처기업의 기술 공유로 인해 매출신장이 유리하기 때문인 것으로 파악된다. 이러한 현상은 현재 R&D단계에서 상업화단계로 들어서고 있

는 생명공학의 상업화가 더 진전되면서 더욱 구체적으로 나타날 것으로 전망된다.

<그림 6> 생명공학 기업과 대기업간의 전략적 제휴



여섯째, 생명공학 기술의 지속적이고 급속한 발전으로 인해, 유전자 변형 생물체(Living Modified Organisms)를 포함한 다양한 생명공학 산물이 인체건강 및 환경 생태계에 미칠 잠재적 위험에 대해 세계는 우려하고 있고, 이에 대비하려는 움직임을 보이고 있다는 것이다. 지난 2000년 1월 19일 UNEP CBD하에 세계는 「바이오 안전성에 대한 카르타헤나 의정서」를 채택하였고, 2000년 12월 현재 81개국이 서명하여 발효를 앞두고 있다. 즉, 인류 앞에 놓인 불가능하게 보였던 여러 난제들을 생명공학이 해결할 수 있다는 전망과 현실적 성과에도 불구하고 지금까지 알지 못하였던 전혀 새로운 기술과 그 결과물이 인체에 알레르기, 독성 및 영양성분의 변화를 가져올 수 있으며, 환경 생태계에 악영향을 미칠 수 있다는 것이다. 생명공학 산출물의 위험한 영향과급 여부에 대한 과학적인 실험이 지속되고 있고, 일부 실험에서는 곤충 및 환경에 악영

향을 미칠 수 있다는 결론을 내리고 있으나, 아직 자연상태에서도 발생된다는 과학적으로 완벽하게 입증된 악영향은 관찰되지 않고 있다. 이러한 상황에서 UN을 중심으로 한 세계는 물론 각 국은 사전 예방적 접근하에서 생명공학 R&D의 안전한 수행과 그 산출물의 안전한 활용을 위해 일정한 규제제도를 마련하고 있는 추이다.1)

Ⅲ. 주요 선진국의 생명공학 발전전략 및 대응동향

1. 미국

미국은 세계 최고 수준의 기초연구 및 기술을 바탕으로 세계주도권을 지속적으로 유지한다는 목표아래 생명공학 기술을 정보통신, 마이크로 기술과 더불어 21세기 3대 핵심 과학기술의 하나로 선정하고, 1999년 연방정부 12개 부처가 약 20조원을 투자하는 등 발전을 위한 대대적인 지원을 아끼지 않고 있다.

기존 미국의 생명공학 육성정책과 발전 추이에서 파악되는 몇가지 특성을 살펴보면 다음과 같다.

첫째 생명공학 연구개발을 위해 국가가 상당한 부분을 기여하고 있고, 보건의료분야 기초연구에 집중적인 지원을 하고 있다는 점이다. 즉, 국가 전체 생명공학 연구개발비의 60~70%가량을 정부투자가 차지하고 있고(1999년 180억 \$, 산업계 98년 99억\$), 유전체 연구, 뇌과학 연구 등 보건의료 분야 기초연구에 집중되어 있다는 점이다. 또한, 벤처자본이 응용연구분야에 집중되어 가는 추세에 따라 기초연구에 자금부족이 생기지 않도록 정부는 행정부서를 통한

1) 주요국의 규제상황과 주요 농산물 상품화 및 환경방출 상황을 보면 다음과 같다.

- 미국 : 제품별로 각 부처가 생명공학제품을 허가 및 승인(USDA, EPA, FDA)
2년부터 유전자 조작 토마토, 콩, 면화 등 상품화 및 수출(52개 GMOs 작물 재배승인)
- 영국 : 법률로 GMOs의 의도적 방출 규제(SI 1992/3280과 SI 1995/304)
'95년부터 유전자조작 대두, 유채 등이 상품화(GMOs 환경방출 205건)
- 일본 : 각 부처별 지침작성을 통한 소관분야 취급(과기청, 농림수산성, 통산성 등)
'96년부터 유전자조작 콩, 유채, 옥수수 등 상품화(7개 작물 46개 품종 식용 승인)

기초연구에 보조금 지원을 강화하는 경향을 보이고 있다.

둘째, 최근 R&D 결과의 산업화 이전을 촉진하는 경향을 보이고 있다. 즉, NIH가 중소기업 혁신 연구(SBIR ; Small Business Innovation Research Agency)프로그램을 통하여 자체 실험실에서는 연구업무를 수행하고, 대학 등 다른 연구기관에 기부금을 제공해 위탁연구를 수행하는 등 산업화 응용연구를 지원하고 있고, 생명공학센터가 기술이전을 통한 산업지원에 기여하고 있다(센터의 약 77%가 대학과 연계).

셋째, FDA 개혁 등을 통한 생명공학 산출물에 대한 평가절차를 간소화하고 있고, 특히 유효기간 연장 등 생명공학 R&D와 상품화 촉진, 시장의 활성화를 위한 제도개선에 주력하고 있다는 점이다. 구체적으로 미국은 심의대상 제품의 평가기간을 단축을 골자로 한 FDA 개혁안(Food and Drug Administration Modernization Act, 1997)을 마련하여, 1998년부터 본격적으로 시행하고 있다.²⁾

넷째, 1980년이래 대학 연구자 중심으로 수많은 바이오 벤처기업이 탄생되고 있고, 이들 기업이 미국 생명공학 발전에 중추적인 역할을 수행해오고 있다는 점이다. 1998년 현재 약 1,200개 벤처기업과 70여개 다각화 대기업이 활동하고 있고, 점증적인 증가추이를 보이고 있으며, 정보통신 벤처기업의 산실로 대표되는 실로콘벨리가 최근 바이오벨리화하는 변화를 보이고 있다(전자 멀티미디어 50%, 생명 40%).

2. 유럽

유럽은 미국보다는 그 기술수준과 시장의 규모면에서 낮은 수준을 기록하고 있으나, 기초기술의 산업화에 역점을 두고, R&D 분위기 및 시장을 활성화하는 정책에 주력하고 있는 것으로 파악된다. 최근 유럽의 생명공학 관련 정책 동향을 살펴보면, 다음과 같은 몇몇 특징이 파악된다.

2) 신규 바이오 의약 승인('92년 2개, '97년 12개, '98년 16개), 승인기간('88년 30개월, '94년 18개월, '97년 12개월)

첫째, EU내 각 국가 차원에서 산업화 정책을³⁾ 추진하는 동시에, Framework Programme Biotech 2(1994-1998)이라는 공동연구 프로그램을 통해 기초기술의 산업화를 촉진하는 공동정책을 펴하고 있다는 것이다. EU의 BIOTECH-2('95~'98) 프로그램은 산학연의 연대를 통하여 생산에 필요한 공통핵심 기술기반을 형성·공유토록 함으로써 기술이전을 통한 모험적 생명공학 기업 활성화를 도모하고 있다.

둘째, 규제정책의 단순화, 단일화를 통해 투자 회임기간 단축을 유도하고 있다는 점이다. 1995년이해 제품 승인이 “신청 → 평가 → 승인”이라는 절차를 통해 이루어지던 것이, EMEA(European Agency for Evaluation of Medicinal Products)에서 단일 절차에 따라 300일내에 처리되도록 하였다. 이는 제품 승인기간 단축, 소비자 신뢰제고 및 특허 효력 연장 등을 통해 생명공학 분야 투자 회임기간을 단축시켜 관련 산업화를 촉진하기 위한 전략으로 판단된다.

셋째, 최근 생명공학 벤처 붐이 형성되고 있다는 점이다. 거대 화학기업이나 제약기업이 생명공학 기업과 제휴를 하거나 독자적으로 생물산업에 참여하고 있으나, 한편 바이오 벤처기업의 설립이 급증하고 있는 추이에 있다. 1997년도 유럽 바이오 벤처 성격의 전업기업은 1,036개사 정도이고, 이중 종업원 50명 이하의 소규모 기업이 전체의 80% 이상하고 있는 등 바이오 벤처 기업창업 붐을 형성하고 있음을 알 수 있다.

넷째, 첨단기술을 지원하는 새로운 금융시장의 등장과 벤처 자금의 증가를 들 수 있다. 과거 유럽생명공학기업들이 미국 기업에 비하여 제품개발에 뒤처지는 주요한 요인 중의 하나가 가용 자금의 결여에 있었다. 그러나, 브르셀의 EASDAQ, 파리의 NOUVEAU MARCHÉ와 같은 주식시장이 문을 열게 됨으로써 이러한 자금상의 문제가 상당히 완화되어 가는 추이에 있다.

3. 일본

일본은 범정부적인 지원체제를 구축하고 최근 생명공학의 산업화를 지향하

3) 영국 BMB(Biotech Mean Business Program, 1995), 독일 BioRegio(1996-2000), 프랑스 Bio-Avenir(1991-1996) 등

고 있다. 특히, 해외 의존을 탈피하기 위해 1990년대말부터 통산성을 중심으로 강력한 산업화 지원정책을 도모하고 있다.⁴⁾ 일본정부는 R&D와 인프라 구축을 위해 1999년 2,895억엔을 투입하는 등 생명공학 기술개발과 여건 조성에 집중하여 산업화 기반 구축을 도모하고 있다.

일본의 바이오 신산업 창출정책의 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 지놈해석 등의 기초적, 기반적인 연구를 가속적으로 추진한다는 것이다. 즉, 인간, 벼, 가축, 미생물 등에 대한 기초 지놈연구를 강화하여 관련 정보를 결과로 산업화 응용 활성화 전략을 도모한다는 것이다.

둘째, 사업화 지원을 강화한다는 것이다. 유전자정보 특히, 연구개발, 신규 사업자에 거액 초기투자 공적지원, 창업지원을 포함한 창업보육시설 정비 등에 의한 연구성과 사업화, 벤처기업들의 집적형성 촉진정책을 통해 사업화를 지원한다는 내용이다.

셋째, 생명공학의 실용화를 위한 기술개발을 강화한다는 것이다. 지놈연구의 성과를 실용화하기 위한 기술개발을 강화하고, 민간사업자의 능력을 활용하는 등 사업화에 초점을 두고 R&D 지원을 강화한다는 것이다.

넷째, 대학 등에 있어서 생명공학 연구의 추진과 그 이용을 촉진한다는 것이다. 이는 기초연구로부터 산업적 응용에 이르기까지 연구 및 정책의 일관성을 기해 일정한 거점을 구축·정비하고자 하는 것으로, 이를 기술이전기관(TLO)의 정비·활용이나 국립대 교수의 민간기업 임원 인정 등을 통해 달성한다는 것이다.

다섯째, 정보망 구축을 통해 산·학·관의 연대를 강화한다는 것이다. 즉, 관련 부문들의 네트워크 강화를 통해 생물유전자원 및 DNA 데이터 등의 충실화를 기하고자 하는 것이다.

여섯째, 적정한 안전확보와 규제의 적정화를 기하고 있다는 것이다. 이를 위해 안전성 평가시스템을 구축하고, 국제적 동향과약에 지속적으로 배려하며, 독창적 연구를 저해하지 않도록 규제를 적정화한다는 것이다.

일곱째, 지적재산의 적절한 보호이다. 생물산업 분야 특허제도 및 그 운용의 국제적인 조화를 추진하고 그 속에서 관련 기술과 산업의 지적재산권을 적절

4) 생물산업 창조를 위한 기본전략(1999)

히 보호해 나아간다는 것이다.

끝으로, 국민적 이해를 촉진한다는 것이다. 생명공학과 그 산물에 대한 국민의 이해를 촉진하여, 안전성과 발전에 대한 인식의 공감대를 형성하고자 하는 것으로 파악된다.

IV. 주요 선진국의 생명공학 혁신시스템 비교

1. 국가 혁신시스템의 개념

최근 기술혁신을 주제로 하는 문헌들 중에 “국가혁신시스템(NIS, National Innovation System)”이라는 개념이 자주 쓰이고 있다. 국가혁신시스템의 개념은 영국의 기술경제학자 C. Freeman⁵⁾이 일본에 대한 연구(1987년)에서 처음으로 사용되었으며 이후 B. Lundvall 등의 기술경제학자들에 의해 발전된 개념이지만, 많은 국가가 이 개념을 채택하고 경제협력개발기구(OECD)⁶⁾에서도 이 개념을 적극 활용함에 따라 전세계적으로 폭넓게 보급되고 있다. 국가혁신시스템은 기술과 관련된 분야에 있어서 지식의 창출과 이용에 있어서 핵심적인 역할을 하는 주요 주체들 간의 상호작용 관계를 시스템적으로 파악한 것으로서 “기술혁신의 창출 및 확산을 둘러싼 국가의 다양한 주체들간의 연계 형태와 이들간의 상호작용적인 학습과 같은 유형무형의 상호관계”로 정의 될 수 있다.

과학기술정책과 관련된 의사결정이라는 목적에 비추어 볼 때 국가혁신체제의 가장 전형적인 구성요소들은 다음 네 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 대학과 공공기관에 기초하여 성장해 왔고 주로 정부, 공공기금, 때로는 비영리조직에 의해 자금지원을 받는 국가적 R&D역량, 둘째, 기업에 체화된 혁신체제의 구

5) 프리만은 상호작용의 문화와 제도를 중시하여 국가혁신체계를 “새로운 기술을 획득하고 개량·확산시키기 위하여 관련기술행위와 상호작용을 수행하는 공공 및 민간부문 조직간의 네트워크”로 정의하고 있다.

6) OECD는 '94년 6월 NIS Programme을 진수하였으며, 국가혁신시스템에 있어서 지식의 창출 및 확산, 이용등을 분석하기 위한 개념적인 체계를 검토 개발하고 있다.

성요소들로서 여기에서는 물론 기업연구소의 R&D 능력과 같은 공식적 R&D 요소가 포함되지만 핵심적인 엔지니어링 디자인이나 기업을 주된 조직적 기반으로 하는 기타 유형의 혁신적 노하우들도 역시 포함된다. 셋째, 과학자와 엔지니어뿐만 아니라 적절한 숙련을 보유한 기술자나 숙련노동자를 공급하는 교육기관, 넷째, 공공부문에서의 R&D 수행을 감독하고 기업부문 R&D와의 어느 정도의 조정을 가능케 하는 과학기술 정책 결정기관 등이다(OECD, 1997).

본고에서도 생명공학 기술혁신체제라는 개념을 사용하고 있는데, 이는 국가 혁신체제의 하위체제로서 그 구성요소도 전술한 일반적 국가혁신체제의 구성과 같다. 다만 첫째와 넷째 요소를 정부의 기능으로 한데 묶어 설명한다.

한편, C. Freeman(1988)이 지적하였다시피 효율적인 국가혁신시스템은 국가의 제한된 자원을 결집시키고 이의 효율적인 사용을 보장해 줌으로써 국가경쟁력의 향상에 대단히 중요한 공헌을 할 수 있지만 효율적이지 않은 경우 국가혁신시스템은 국가의 제한된 과학기술 및 경제자원의 낭비를 가져와 오히려 국가경쟁력의 약화를 가져오게 된다. 따라서 효율적인 국가혁신시스템 구축의 당위성이 제기된다.

국가혁신시스템의 개념은 지식기반이 민간기업 차원을 넘어서서 대학이나 정부의 연구소 등 기능적으로 상이한 주체들까지를 포괄하는 경우에 특히 적합한 개념이다. 이러한 개념은 생명공학분야에도 유용하게 쓰일 수 있다. 왜냐하면 재조합 DNA기술, 세포융합, 단백질공학 등을 포함한 신생명공학기술이 원래 대학이나 정부산하 보건관련 부문에서부터 기원하였으며, 여기에서부터 민간기업분야로 확산되어 왔기 때문이다. 특히 최근 생명공학 관련 신기술에 있어서는 기초연구와 응용연구의 구분이 무의미하게 되어가고 있다. 생명공학제품생산은 기초과학연구 영역에 속하는 질병메카니즘과 대사기능의 해명 등에 높은 의존성을 갖고 있을 뿐만 아니라 기초연구가 곧바로 상업적 유용물질 개발로 이어지는 경우가 많아 대학이나 공공연구기관에서 수행한 기초연구가 산업계로 확산되도록 하는 효율적 시스템을 구축하는 것이 생명공학산업의 국제경쟁력을 확보하는 데 매우 중요하다고 할 수 있다.

생명공학의 주요 응용분야인 의약산업은 전통적으로 혁신이 강하게 일어나는 분야이지만 생물학이 아닌 화학적 유기합성에 그 뿌리를 두고 있다. 그러나 생명공학은 rDNA로부터 진보되어 단백질공학을 거쳐 새로운 유전적 치료

에 이르는 급속한 과학적 프로티어를 확대해 가면서 신약개발을 위한 주요한 수단으로 부상하고 있으며, 이에 따라 혁신기술에 접근이 용이한 소규모 기업과 대기업간에 신지식에 있어 불균형이 발견되고 있다. 이에 따라 기존기업들은 미래 시장에서의 주도권을 유지하기 위해서는 과학과 기술에 바탕을 둔 새로운 경쟁기반을 확보해야 하는 과제를 안게 되었다. 신생명공학 기업들은 NIS 속에서 대학 공공연구기관 및 대기업 등과의 제휴와 협력을 통하여 유전공학적 의약개발을 위한 전문적 지식과 기술을 산업전반에 공급 확산시키는 역할을 하고 있는 것이 최근의 주요한 추세이다.

또한 생명공학기술은 보건의료, 농업, 식품, 환경, 화학 등 산업 전반에 혁신을 불러일으킬 수 있는 기반기술(fundamental technology)로서 다학제성을 갖고 있어 여타 산업기술에 비하여 특히 학제간 긴밀한 협력, 정보의 공유, 통합 등 공동적인 노력을 요한다. 예를 들어 생명공학 분야는 유전자의 기능과 위치의 확인에 없어서는 안되는 복잡한 연산이나 통계분석을 요하는 등 정보/컴퓨터 산업과도 직접적으로 관련되어 있다.

뿐만 아니라 생명공학은 살아있는 유기물을 다루는 기술적 속성상 기술 발전과 더불어 생명공학의 안전성 문제를 비롯한 법적, 윤리적, 사회적 문제와 관련한 복잡성이 발생함으로써 민간의 인지도를 확보하는 문제도 생명공학 R&D와 기술 확산을 통한 국가적 혁신에 있어 주요한 변수가 된다.

결국 기술의 효율적 확산을 돕는 NIS를 구축하는 것이 생물산업 전반의 발전뿐만 아니라 지식기반형 벤처기업을 육성하기 위한 전체조건이다. 본고는 이러한 취지에서 선진국의 사례(미국, 영국, 일본, 독일 등)를 분석하고 그 시사점을 도출하려고 한다.

2. 국가 혁신시스템 비교분석

가. 미국의 생명공학 NIS : 시장 유발 자기 충족형

미국에서의 제도체계는 자금식의 시장 유발형 시스템으로서 생명공학 혁신을 지원하는데 매우 우수하며, 따라서 현재 미국이 동분야에서 주도적인 면모

를 보이는 주요 이유이다. 미국의 제도적 맥락의 개별 특징 모두가 혁신에 크게 기여하는 것은 아니지만, 전반적으로는 생명공학 혁신의 가장 중요한 주요 구성요소들(연구기관에서의 과학지식 축적, 연구기관과 산업계간의 지식의 흐름, 산업계의 지식축적, 모험자본) 각각이 잘 갖추어져 있다는 것이다.

미국에는 생명공학만을 위한 산업정책은 없다고 할 수 있다. 미국의 기술정책은 일반적으로 기술확산을 방임하고 자체적으로 이루어지도록 하였으며(자연발생적이며, 앞서 설명한 주요 요소들이 주어지면 매우 효과적으로 생겨나는 과정) 직접적 지원대신에 자원을 기초연구에 지원하였다[Ergas 1987]. 다양한 첨단기술산업에 대한 성장촉진, 기술혁신, 자본형성을 위해 여러 관련부처·기관들이 경쟁적으로 참여하면서 일련의 정책들이 형성되어 왔으며, '92년 부시행정부에서 대통령 직속 국가경쟁력강화위원회에서 산업 경쟁력 강화 분야로 생명공학산업을 선정하고 “Biotechnology for the 21st Century”같은 범부처 계획을 수립하면서 부처간 조정노력을 해오고 있다(Benedicte Callan 1997).

미국에서 정부의 연구개발 지원은 기술의 임계범위를 넓히는데 그 주요한 목적들이 있었다. 따라서 연방정부가 취하는 첫번째 시책들은 생산보다는 기초연구를 강조하기 위한 것이다. 비록 미국은 생명공학을 종합 조정하는 아무런 산업정책도 갖고 있지 않았지만, 보건과학 연구에 전념함으로써 암암리에 의료연구에 있어서의 생명공학기술의 이용을 강조해 왔다. 1994년 미국은 생명공학분야에 43억불을 투자했으며, 그중 75%는 DHHS(Department of Health and Human Services)에서 지원한 것이었다. 다른 어떤 나라의 정부도 생명공학연구에 이처럼 많은 투자를 한 경우가 없었으며 또한 보건분야에 편중된 나라도 없었다(Benedicte Callan 1997).

이러한 미국 정부의 기초연구에 대한 지원에 힘입어 생명과학 분야에서의 기술축적은 견고해 졌으며, 대학은 핵심적인 연구센터 특히 생물의약 분야 주요 연구센터로 성장하였다[Fortune 1986; Mowery and Rosenberg 1993; Shan and Hamilton 1991].

대학 과학자들은 자신의 연구결과의 산업적 잠재력을 신속하게 인지하게 되었으며, 주로 생물의약분야에서의 산업적 응용에 초점을 두게 되었다. 이러한 생물의약 분야는 치료의약 형태로 가장 높고도 직접적인 상업적 가치를 갖는

분야이다[Kenney 1986]. 생명공학 분야에서의 과학적 우월성은 교수 개인의 컨설팅을 통하여 또는 대학과 기업체간의 보다 공식적인 협력을 통하여 신속히 산업계로 연계되었다. 이러한 협력은 미국에서의 오랜 전통이며, 미국 대학의 보상구조에 의하여 거듭 강화되고 있다[Sharp 1989a; Swann 1988].

더욱이 소규모 생명공학기업들은 대학에서 직접 spin-offs되어 설립되고 다른 어떤 나라에서 보다는 미국에서 광범위하게 확산되었다(UNCTC 1988). 이러한 창업기업들은 기업가 정신을 갖는 대학부문에서 설립되었고, 상대적으로 풍족한 모험자본으로 자본을 충당하고, 미국의 자수성가에 대한 신뢰를 같은 관습에 지원을 받았다[Hampden-Turner and Trompenaars 1993].

미국 생명공학기업들 역시 두말할 것도 없이 그런 막대한 연방정부 투자로부터 혜택을 받았다. 정부의 지원을 통하여 생명과학 및 화학분야에서 훈련된 졸업생들이 끊임없이 배출되었으며 유전학 및 분자생물학분야에서의 급속한 진보가 이루어졌으며, 민간부문이 기초연구 프로젝트 수행에 필요한 가용자금도 형성되었다.

미국 정부는 생산공학분야 연구는 거의 지원하지 않았다. 이는 戰後 미국민이 견지해온 혁신에 있어서의 정부역할과도 일맥 상통하는 것이었다. 기초연구에 대한 보조금 지원은 공공제를 대상으로 이루어지며, 최종적으로 민간부문이 혜택을 보게되는 혁신 인프라를 구축하게 된다. 국방 및 농업분야는 예외이지만 제품개발은 정부의 책임으로 여겨지지 않고 있다(Benedicte Callan 1997).

연방정부의 생산엔지니어링 분야에 대한 자금지원 부족으로 인해 생명공학의 상업적 응용이 어려워지는 것 같지는 않다. 기초과학에 대한 연방정부의 풍족한 지원은 바이오 제품의 개발을 위해 매우 중요한 원천이 되는 학술적 연구를 활성화시켰다. 다른 첨단기술분야에서와는 달리 생명공학분야에서는 기초연구가 곧바로 상업적 유용 물질 개발로 이어지는 경우가 상당히 많다.

또한 미국의 연구 및 교육시스템은 이미 수많은 소규모 생명공학기업에 연구원과 기술자 및 과학적 컨설팅 인력을 공급해 주고 있다. 일본에서와는 달리 미국의 과학자들은 컨설턴트로 부직을 갖는 게 자유롭고 산업계는 연구실에 자금을 지원해 줄 수 있으며, 그래서 공공부문과 민간부문간에 견고한 연계가 이루어진다. 미국의 대학교수들은 교수직을 일정기간 유지하면서 벤처

기업 창업의 일원으로 참여할 수 있도록 하고 있으며 이러한 정책은 미국의 대학교수들이 신생명공학 기업의 창업에 참여하는데 따른 위험부담을 상당히 감소시켜 준다. 또한 미국 연구자들은 유럽이나 일본의 경우보다도 훨씬 유동적이다. 경력을 쌓아감에 있어 미국 연구자들은 흔히 대학에서 대학으로 이동하며, 보다 범위가 제한적이지만 공공부문과 민간부문간 이동도 종종 있는 일이다. 학계에서의 경력을 중단하고 아이디어를 신규사업화함에 있어 개재되는 위험성은 일본이나 유럽에 비하여 미국에서 훨씬 덜하며, 그 이유는 미국의 경우 벤처 비즈니스가 실패한다고 하여도 새로운 직장을 구하기가 용이하기 때문이다. 이러한 유연성이 갖는 이점은 분명코 그로 말미암아 과학에 기초한 기업이 번창한다는 사실에 있다. 생명공학기업은 학술적 연구소들과 같은 문화를 공유하고 있으며 일정수준 동일한 목적을 갖고 있다. 최종 목표제품을 최선의 방법으로 생산하는 문제는 생명공학기업의 과학자들에게는 부차적인 것으로 여겨지는 경향이 있으며, 대학 연구소에서 그런 문제가 중요시되는 경우는 거의 없다(Benedicte Callan 1997).

또한 미국은 의약 연구개발에 있어 강력한 전통을 갖고 있으며, 수많은 대규모의 기존기업들로 하여금 창업기업들과 긴밀한 관계를 형성하도록 자극함으로써 벤처기업이 이룩한 새로운 과학 발전의 성과를 이용할 수 있게 해준다. 대규모의 기존 제약기업과 소규모의 전문 생명공학기업 두 가지 모두 존재함으로써 생명공학 연구개발에 있어 공생적인 기업간 협력의 기초가 형성되었다[Shan et al. 1994]. 요약하면, 이러한 사회적 특징들의 조합에 힘입어 생명공학 혁신에서의 미국의 세계적 위상이 형성되었다.

미국에서 생명공학기업들은 부족한 자금을 변통하는 수완이 뛰어나야 한다. 모험자본과 주식공개, 전략적 제휴 등을 적절히 혼용함으로써 기업은 수년에 걸친 연구개발 소요자금을 모을 수 있다. 하지만 1,200개가 넘는 생명공학기업들이 잠재적 투자자들의 관심을 끌기 위해 펼치는 경쟁은 매우 격렬하다. 기업들은 자신의 시장가치를 제시하기 위해 다음 두 가지 방법을 이용하는데 특허와 규제 승인자료가 그것이다. 벤처금융기업과 법인 및 생명공학기업이 투자나 혹은 또 다른 연구그룹과의 협력을 고려할 때는 언제나 특허 포트폴리오에 대한 정당하고도 성실한 평가를 요구하는게 관례화되어 있다는 사실만 보더라도 생명공학기업에 대한 정보자료로서 특허가 갖는 중요성은 분명하다.

Kate Murashige가 지적하다시피 특허는 사실 한 집단에서 다른 집단으로 이전시킬 수 있는 기술들을 일괄하여 묶을 수 있는 유일한 방법이다. 특허는 기업이 개발한 유용제품이나 공정에 대한 관심을 불러일으키고, 그럼으로써 그 기업의 연구가 갖는 상업적 가치를 보여주게 된다. 제약산업에서는 특허와 제품 및 시장간의 일치성이 매우 견고하다는 사실을 주목하는 것이 중요하다. 경쟁이 이루어지는 곳은 보다 나은 제품을 생산하는 데 있다기보다는 최초로 발명해 내는데 있는 것이다. 특허가 등록된 이후에는 투자자들은 규제 승인 여부를 주시한다. 제품 승인 상태에 대한 정보는 특허가 제공하는 정보보다도 제품의 질과 안정성 및 기업의 미래가치에 대한 보다 상세한 사항을 제공한다. 투자자와 주주는 FDA와 EPA, USDA의 규제승인을 매우 면밀하게 따른다⁷⁾(Benedicte Callan 1997).

의약품은 FDA 소관인데⁸⁾ 만일 어떤 제품이 동물실험에서 질병을 치료하는데 안전(부작용이 없고)하고 효능이 뛰어난 것으로 여겨지면, 기업은 임상시험을 시작하기 위해 FDA에 INDA(Investigational New Drug Application)를 제출한다. 기업은 FDA에 제품평가를 의뢰하기에 앞서 3단계의 검증절차를 통과해야 한다. 제1단계는 의약품이 건강한 인체에서 안전하다는 것을 입증하기 위한 소규모의 실험이다. 제2단계는 목표로 하는 질병을 앓고 있는 환자를 실제로 치료하는 효능을 평가하며, 제3단계는 안전성 및 효능 실험을 확대하여 보다 많은 모집단(100-200명 정도 환자)을 대상으로 보다 정확한 통계치를 확보하게 된다. 이러한 세 단계 실험을 통해 얻어진 자료는 Product License Application으로서 FDA에 넘겨지게 된다. 그 다음으로 FDA는 데이터를 평가하고 제품 승인 여부를 결정한다(Benedicte Callan 1997).

규제승인 제도는 제품을 만들 수도 무산시킬 수도 있으며, 따라서 예심결과는 상장기업의 주가에 결정적인 영향을 끼치며 잠재적인 제휴 파트너에게도 중요한 정보가 된다. 승인효과는 개별기업에게만 영향을 미치는 것이 아니라

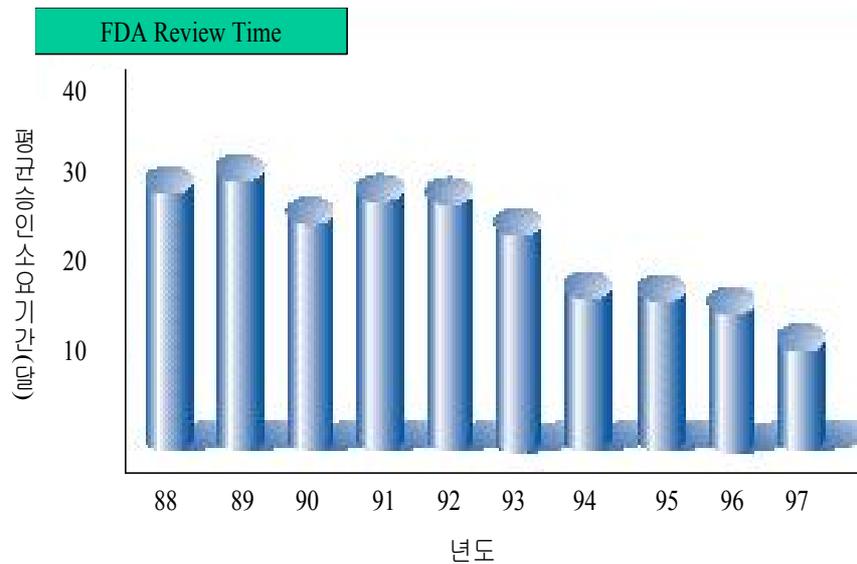
7) FDA는 의약품, 식품, 화장품, 진단제, 의료기기, 동물 및 사람의 식품 첨가제를 관할하며, EPA는 화학품, 병균제어제, 공기 및 물의 배출, 위험폐기물 처리 등을 관장한다. USDA는 동물백신, 식물 병균 및 유래물질, 형질전환 동·식물에 대한 승인권을 갖고 있다.

8) "Biotechnology Drug Products," the Biotechnology Industry Organization, web site, January 1996.

동시에 전체 생명공학 산업 가치도 끌어올린다. 1993년초 및 1994년에 방부제가 승인에 실패함으로써 전체 생명공학기업 주식이 약세로 돌아선 적이 있었다(Ernst and Young, 1994). 웰스트리트는 유망 의약품이 FDA 검열을 통과하지 못하게 되자 바이오 의약산업의 미래에 우려를 나타냈었다(Benedicte Callan 1997).

미국은 현재 FDA개혁을 통하여 생명공학제품의 규제 승인 기간을 단축시키려는 노력을 강화하고 있다(그림 2). 자료에 따르면 1998년에는 생명공학업계 사상 최다 제품인 총 24개의 생명공학 신제품이 FDA의 판매승인을 취득한 것으로 조사됐다(Ernst & Young LLP, 1999). 이와 같은 수치는 1994년이래 12배가 증가한 수치이다(Benedicte Callan 1997).

<그림 7> 미 FDA 검토시간의 변화 추이



자료 Ernst & Young LLP, 1999

<표 2> 미국의 이윤창출 생명공학 기업수의 추이

년도	'92년	'93년	'94년	'95년	'96년	'97년	'98년(추정)
기업수	4	5	5	7	8	10	15

* 자료 : Alex. Brown, 1997. Life Sciences/Biotechnology Industry Overview, '97.5

미국 생명공학기업들은 규모가 작고 자금도 없으며, 그중 시판제품을 갖고 있는 기업도 극소수이기 때문에 지적재산권이 이들 기업가치를 결정하는 가장 중요한 수단이 된다(Benedicte Callan 1997).

특히 획득 가능한 신제품 개발이 기업 최우선 관심사항이며, 강력한 재산을 확보해야 투자자들을 끌어들이어 연구사업을 이어나갈 수 있다. 시간과 자금이 Down-stream 생산문제에 집중되는 경우는 거의 없다. 미국 생명공학기업에게는 생산기술은 말 그대로 차후 고려 사항이다. 그리고 비록 경우에 따라서는 그러한 문제가 산업계 인사들의 걱정을 불러일으키지만, 결국 생산기술은 경쟁에 중요한 문제가 아닌데 이는 소규모 생명공학기업들이 수직적으로 통합되고 있지 못하기 때문이다. 기업들이 자금을 확보하기 위해 서로 경쟁하고 자신이 속한 분야에서 새로운 합성품을 PTO(Patent and Trademark Office)에 가장 먼저 가져오기 위해 경쟁하는 경우에 있어서는 생산의 유리성은 중요한 문제가 아니다(Benedicte Callan 1997).

간단히 말해 미국의 혁신시스템은 연구자들로 하여금 생명공학을 신제품 창출에 필요한 일단의 도구로 여기게 만든다. 생산기술문제는 비록 중요하지만 부차적이며, 개발과제를 수행하는 일은 대학연구자들의 소관업무가 아니다. 소규모 생명공학 기업들은 대학의 기초과학문화를 공유하며 또한 생명공학 기업은 벤처자본가, 주식시장, 전략적 제휴 등을 통해 지속적으로 자금을 확보해야 하며, 시장부문이 기업가치를 평가하는 지표가 되는 것은 특허와 New Drug Applications이기 때문에 미국 생명공학 기업활동은 신제품창출에 집중되고 있다(Benedicte Callan 1997).

하지만, 이상에서 살펴본 미국 시스템의 강점들은 미래에는 잠재적 약점으

로 볼 수 있는 여지가 있다. 우선 미국 시스템은 생물의학연구의 강력한 기반에서 생명공학 제약부문에서의 혁신을 대부분 지향하고 있다. 이러한 특화 경향은 또한 고가 제품을 생산할 잠재성이 있는 기업들을 지원하는 경향을 보이는 모험자본시장에 의하여 더욱 강화된다. 생명공학의 다른 응용분야 예를 들어 농업, 환경보호 등 분야들은 투자 유인이 상대적으로 적었다. 미국의 과학적 기반은 생명공학 제약부문 혁신에서 세계 여타의 국가에서 보다 우월성을 보이고 있지만, 생명공학 분야에서의 폭넓은 응용분야 전반에 걸친 총체적 역량을 구축하지는 못하였다.

생명공학의 국제 경쟁에 있어서 제약부문에서의 지배성은 이러한 특화를 더욱 강화시켜 왔을 뿐이다. 하지만 그런 동안에 다른 국가에서는 이외의 분야에서의 과학적 발전이 진전되고 있다. 미국은 미래의 세계적 경쟁을 위한 과학적 상업적 지식의 적정 범위를 발전시키지 못하고 있다고 할 수 있다. 더 나아가서 미국에서 개발된 것이 아닌 지식(Not Invented Here)을 경시하는 미국 대학 및 기업의 전통적 경향이 있는 한 미국의 시스템은 세계적 시스템에서의 존속하는 과학적 지식 범위를 충분하리 만치 개척하고 이용하지 못할 수 있다.

둘째, 미국에서 기초연구를 지원하는 상당한 공공 자금이 외국 기업의 연구개발 facilities를 위한 핵심센터들에 주어져 왔다[Serapio and Dalton 1993]. 하지만 미국기업들은 다른 국가에서 이에 상응한 연구개발 기반을 갖추지 못하고 있으며, 생명공학분야에서 일방적인 국제적 기술 이전자로서 미국으로부터 해외로의 기술 유출이 이루어지고 미국이 받는 보답은 거의 없다고 보는 경향이 미국내에서 생겨나고 있다. 비록 이러한 현상은 정확하지는 않다고 하더라도 상당히 실질적인 공공 관심사로 부상해왔으며, 미국 세무자들이 외국 기업의 생명공학 연구개발을 지원하고 있다고 여기는 정도에 이르고 있다[Gibbons 1992]. 만일 산업이 자체 어려움을 감내할 수 있게 되기 이전에 기초연구에 대한 공공적 자금지원이 감소하게 된다면, 미국의 시스템은 치명적인 영향을 받게 될 수도 있다.

마지막으로 가장 중요할 수 있는 사항으로 대학시스템과 산업간의 긴밀한 연계성은 미래의 과학 연구에 상당한 의미를 갖고 있다는 것이다. 기초연구를 직접적으로 사업적 기회로 연결하는 것은 관심의 차이에서 오는 갈등을 비롯하여, 위탁시의 갈등, 대학에서의 과학적 오류 등과 같은 많은 법적 윤리적 문

제를 야기할 수 있다(e.g., see Wade [1984]). 생물의학 연구와 산업과의 통합은 예방차원 연구보다는 치료에 대한 기초연구에 관심이 쏠리게 할 것이라는 주장이 있을 수 있다. 왜냐하면 이러한 치료 위주의 수단들은 제약기업의 최대 이윤확보 목표를 나타내기 때문이다. 더나가서 기초연구프로그램의 상업화가 진전되는 현상은 무엇보다도 산업계 연구개발 부분과 대비하여 대학의 우월성을 나타내는 창의성에 있어 손실이 초래될 수 있다.

나. 영국의 생명공학 혁신시스템 : 순수 과학에 대한 추구

영국 시스템의 특징은 역사적 근거를 갖는 제도적인 불합리와 최근의 제도적 변화에 대한 재미있는 연구를 제공한다. 즉 이러한 연구는 영국 생명공학 산업의 최근 발전과 현재 보여주고 있는 바와 같은 동 분야에서의 최근 영국의 기술력 신장 추세를 설명해 준다. 영국 교육시스템은 class system으로 특징지어지며, 순수과학에 대한 추구가 최우선시 되어 왔다[Walker 1993. 1]. 따라서 영국에서는 역사적으로 일찍부터 독창적이고 지식지향적인 수많은 명성 있는 과학 연구기관들이 발전했다[Porter 1990]. 그 결과로 영국은 과학지식의 축적에서 오랫동안 우월성을 보여 왔으며, 생물학 및 의과학 분야에서의 영국의 세계적인 연구기관들은 현대 생명공학을 가능케 한 많은 과학적 진보의 산실이다[Yuan 1987].

또한 영국은 의약, 농업, 화학, 식가공 등 분야에서 전통적으로 강한 산업 경쟁력을 갖고 있으며, 이러한 분야들은 본질적으로 그 과학적 우수성이 응용되어 얻어진 결과라고 할 수 있다. 하지만 아직 영국은 학술분야에서의 강점을 상업화함에 있어 매우 저조한 실적을 보이고 있다. 그 원인은 영국에 있어 전통적으로 학계와 산업계산의 연계에 실패를 초래한 제도적 메카니즘을 설명함으로써 이해할 수 있을 것이다.

영국에는 미국에서와 같은 학계의 상업지향성(commercial orientation of academia)과 노동력의 유동성 및 벤처자본 등이 부족하다. 영국은 또한 아직까지 일본이나 독일에서와 같은 기술확산을 담당하는 조정된 정부 체계가 부족한 실정이다[Ergas 1987]. 국가 혁신시스템은 과학적 연구와 산업적 관심을 통합시키는 역량의 관점에서 볼 때 제대로 된 작용을 하지 못하고 있다고 생각할 수 있다. 이러한 제도적 기능의 문제점은 지난 수 십년에 있어 영국의 경

제적 하향국면(economic slide of Britain)을 초래한 원인을 설명해 준다고 할 수 있다(e.g., see Francis [1992]; Hampden-Turner and Trompenaars [1993]; Porter [1990]; Walker [1993]; among others).

하지만 최근에는 그러한 국가적 패턴을 타파하고 그러한 규칙에서 벗어나게 됨으로써 생명공학에서의 기술의 확산을 촉진하는 발전이 이루어지고 있다. 이제 영국 정부는 예전과는 달리 기초과학의 상업적 개발을 촉진하기 위한 보다 직접적인 역할을 수행하고 있다. 하지만 일본과 독일에서 이루어지고 있는 보다 집중화되고 종합 조정된 접근방식과는 달리 영국에서는 보다 복수 지향적인 접근이 이루어지고 있다. 즉, 상이한 정부부처가 각각 독자적으로 연구기관과 기업간의 협력을 촉진하는 다양한 기술이전 제도와 프로그램을 시행하고 있다[Coleman 1989]. 모험자본 시장 또한 상당히 확대되었으며, 이에 따라 생명공학 기업의 창업을 고무시키고 있다. 그러한 창업은 미국에서처럼 그렇게 활발하게 이루어지는 것은 아니지만 영국이 미국 이외의 지역에서 그러한 기업을 가장 많이 창출하고 있다는 점은 의미 있는 사실이다[Sharp 1989b].

요약하면, 영국은 생명공학 관련 과학분야에서 오랫동안 우월성을 가져왔지만, 그러한 연구의 우수성을 상업적 기회로 전환하는데 있어 전통적으로 취약성을 갖고 있었다. 영국 정부가 과학적 우수성을 상업적으로 활용하기 위한 수많은 지원 메카니즘을 제정하고 있는 것은 최근 들어서야 이루어진 일이다. 이러한 1980년대 이후에 들어 이루어진 변화의 맥락에서, 영국의 생명공학 분야 기술경쟁력이 상승추세로 돌아서기 시작하였다.

하지만 연구기관과 기업간의 수많은 결속관계가 본질적으로 개선되고 있기는 하지만 그러한 제도적 변화는 점진적인 적응 과정을 거쳐 이루어진다는 점을 명심하여야 한다. 학계와 산업계간의 협력이라는 규준(norms)이 영국 시스템에서는 뿌리를 내리지 못하였으며, 따라서 앞으로도 상당한 시간과 지원이 필요할 것이다.

비록 제도적 메카니즘이 존재하고, 또 학계의 과학자가 자신의 발명을 산업화함에 있어 이용 가능하다고 하더라도 영국의 학계는 종종 그러한 메카니즘을 이용하기를 꺼려하거나 혹은 적대적인 경향이 있다. 순수연구가 응용연구보다 우수하다고 보는 태도는 그러한 구분이 점차 모호해 지고 있음에도 지속되고 있다[Scott-Ram 1993: 668]. 따라서 그러한 제도적 조정의 전반 효과는

장기적인 관점에서만 평가가 가능할 것이다.

영국에서 과학의 상업적 활용을 촉진하기 위한 정부의 역할이 증가하고 있지만, 기초연구와 응용연구를 상호 연계하려는 정부정책의 변화과정에서 기초과학 자체에 대한 지원이 약화될 수 있다는 모순이 있다[Sharp 1989b]. 학술적 연구와 상업적 개발간의 강력한 연계로 인하여 미국에서 생명공학 발명이 번창하고 있지만 미국의 경쟁력 모델은 기초 연구에 대한 막대한 투자에서 얻어진 것이며, 기초연구에 대한 투자는 그 시스템에 소위 "생명의 피"를 제공한다는 사실을 간과해서는 안될 것이다[Sharp 1989b: 519]. 기초과학 기반에 대한 지원이 충분하게 이루어지지 못하고 있다는 문제가 영국에서는 매우 실질적인 관심사로 남아 있다.

즉, 국가의 가장 강력한 우월성인 창조적인 우수한 과학기술자의 pool이 점차 과학 연구에 대한 사회적 신망과 자금지원이 원활한 지역으로 유출되고 있다.

다. 일본의 생명공학 혁신시스템 : 세계적인 전략적 지식습득 및 협력

일본에서의 혁신시스템은 자국의 약점을 제도적으로 보완하는 compelling case를 나타내며, 이는 일본이 생명공학의 산업적 혁신에 있어 상당한 경쟁력을 확보하는데 성공한 방식을 설명해 준다. 하지만 이는 또한 장기적으로는 혁신역량에 있어 약점을 나타낸다. 일본에서의 교육시스템은 역사적으로 순수과학보다는 공학을, 창출 능력보다는 기존 지식의 흡수를 강조해 왔다 [Bartholomew 1989; Westney 1993]. 일본에서 기초과학 연구에 대한 공공자금의 지원 역시 다른 나라에 비하여 낮은 수준이며 자금의 배분은 능력보다는 연륜에 따라 이루어지는 시스템은 연구자의 창의성을 파괴하는 것으로 여겨진다[Lepkowski 1992]. 결과적으로 일본은 미국과 영국에서의 특징인 대규모 과학자 pool에 있어 결핍을 보이고 있다[Odagiri and Goto 1993].

일본의 기초과학 기반의 취약성은 역사적으로 생명공학기술의 생산관련 문제에 주안점을 두도록 유도하는 정부 정책적 유인에 따른 것으로 파악되고 있다(Benedicte Callan 1997). 60년대와 70년대의 환경재해는 일본 정부로 하여금 환경피해 저감기술을 개발하는 쪽으로 산업화 방향을 전환시키게 만들었다. 그리고 70년대의 석유 통상 금지조치가 있는 이래로 일본은 정책적으로 해외 에너지자원에 대한 의존도를 줄이려 해 왔다. 따라서 생명공학은 에너지

를 대체하는 바이오매스의 잠재적 가능성에서 일부 호소력을 갖게 되었다. 즉, 발효의 시작물질로서 석유보다는 세포나 박테리아를 이용하고, 대부분의 생물공정이 적정 에너지만을 요한다는 특징이 매력적으로 여겨졌다. 생명공학은 잠재적으로 침체된 화학산업에 다각화 방안을 제공함으로써 활력을 불어넣는 강점 또한 갖고 있다. 침체된 산업에서 직장을 유지시키는 것이 전후 일본정부가 견지해온 주요한 관심사의 하나였다.

일본정부 특히 통상산업성(MITI)은 신중하게 생명공학에 대한 일반대중의 관심을 환기시켰다. "Vision for the 1980s"로 일컬어지는 일본 미래산업에 관한 보고서는 신물질 및 미세전자공학과 더불어 생명공학을 차세대 기초산업기술-Next Generation Basic Industrial Technologies(NGBIT)-로 묘사했다. 그 보고서는 첨단기술분야가 성장을 기약하며, 생명공학 연구사업을 지원할 것임을 산업계에 암시했다. 통상산업성의 주요 목적은 생명공학기술의 상업적 응용에 있어 일본기업들을 평균 수준으로 끌어올리는 데 있었다.

일본 산업정책의 전형은 정부의 연구자금 지원을 적정수준으로 유지하면서 주로 민간부문에 목표를 두는 것이었다. NGBIT같은 정부사업의 추진에도 불구하고 일본에 있어 연구개발 부담은 대부분 민간부문이 지고 있는데, 생명공학분야에서는 민간부문이 적어도 정부 R&D의 2-3배를 투자하는 것으로 예측된다⁹⁾. 연구 인력에 있어서도 일본 생명공학 산업계 총 연구인력은 대학과 정부 연구인력의 2배에 달하며, 대부분의 연구설비도 기업체 소유이다. 기업이 정부주도 연구개발사업에 참여하는 경우에도 대부분의 연구는 기업 내부에서 기업자체의 인력과 자원에서 이루어진다. 결과적으로 일본 연구개발지원 시스템은 명백히 상업적 목적을 추구하고 있는데, 공공 및 민간자금 둘 다 상업지향적인 사업에 주로 배정된다¹⁰⁾.

정부부처들은 주요 기업들로 하여금 생명공학에 관심을 갖도록 환기·촉진시키는 것이 자신의 임무라고 생각하고 있다. 생명공학정책의 개척자로서 MITI는 1981년 14개의 화학기업을 결합하여 최초의 생명공학 연구조합(RAs)

9) 『일경바이오연감』에 따르면 '96년도 일본 생명공학연구개발 투자에 있어 정부는 20억 \$임에 비하여 민간 투자는 73억\$에 달하고 있음

10) 미국에서 NIH는 주로 기초연구를 지원하며 그 규모는 총 생명공학 지출의 3/4에 달한다. 일본에서 기초연구를 지원하는 주무 부처는 문부성이지만 이는 공공부문 생명공학 지출의 30%에 불과하다('96년 기준).

을 결성했으며, 다음해에는 BIDEC(BioIndustry DEvelopment Center, 후에 일본 생명공학 조합-Japan Biotechnology Association-으로 알려짐)라 불리는 準민간 산업기구를 설립하여 정보를 보급하고 산업계 의견을 취합케 하였다. 이러한 연구조합은 업계 공통의 관심사인 기술데마에 관하여 함께 정보를 조사하고 토의하고 교류하는 학습모임으로 생각할 수 있다. 이러한 연구조합 형태의 협력조직은 기타 생명과학에 근거한 산업을 관할하는 부처들 즉, 과학기술청, 농림수산성, 후생성, 문부성 등에 의하여서도 만들어지기 시작했다. 이들 각 부처들의 정책은 범부처 차원에서 조정된 것은 아니었는데, 농림수산성은 농업, 종자, 식품 관련기업들을 위한 연구조합 및 산업조직을 창설했으며, 주로 규제를 주업무로 하는 후생성은 뒤늦게 제약산업 및 바이오 의약연구를 주창했다. 그리고 과학기술청은 과학의 경계영역에서 이루어지는 보다 첨단분야 연구를 추진했는데, 통상산업성과 농림수산성, 후생성간의 공통점이라면 “개발”에 있어 민간부문과 공공부문간의 협력을 촉진하는 전략을 구사하고, 연구를 담당하는 대학의 역할에는 별로 중요시하지 않았다는 점이다.

MITI에 의한 생명공학 지원 사례는 정부가 생산기술문제를 얼마나 중시하는지를 보여주는 좋은 예이다. 우선 생명공학연구조합(RAs)에 부여된 임무는 기업으로 하여금 생명공학기술을 배우고 상업화하도록 지원하는 것이었으며, 생산기술을 개선함으로써 그러한 목적을 달성하는 것이었다. MITI가 우선시하는 사항은 일본기업이 미국을 따라잡도록 돕는 것이었으며, 다음으로 생명공학 분야에서의 성공과 기초과학에서의 진보간에 직접적인 관련을 갖고 있는 것으로 보지 않는다는 것이다. 생명공학은 현존하는 제품과 공정 개선을 위해 이용할 수 있는 일용도구로 여겨졌다. 세 번째로 정부는 의도적으로 생명공학기술을 재조합 DNA기술과 구분되는 어떤 것으로 정의하였다. 예를 들어 NGBT 프로젝트에서 rDNA 연구조합은 특히 재조합 생물의 쓰임을 중점 연구한 반면, 바이오 리액터 및 대규모 세포배양 연구조합은 재조합기술을 부수적으로 다루었다. 정부가 견지해온 입장은 그 시작물질이 어디에서 유래되었건, 발효 및 세포배양기술을 개선하는 게 가치있다는 것이었다. 정책적 관심사항이 그러하다보니 일본 정부부처들은 생명공학을 흔히 재조합기술과 분리되는 뜻으로 이용하게 되었다.

이처럼 생산기술을 중시하는 일본 정부정책의 영향으로 일본은 제약 및 화

학산업분야에서의 미생물제품(microorganism-products)의 생산에서는 상대적 강점을 갖고 있는 반면 생명공학의 재조합기술(recombinant products)에서는 상대적으로 약점을 갖게 되었다.

일본에서는 생명과학 기반 자체가 약할 뿐만 아니라 학계와 산업계간 연계에 있어서도 약점을 갖고 있다[Brock 1989; Sun 1989]. 대학의 연구 시스템은 학계의 산업계에 대한 컨설팅 지원을 저해하고 산업계는 학술 연구에 대한 자금 지원을 포기하게 만든다. 또한 일본에 있어 노동의 유동성은 매우 열악하며, 연구기관과 기업을 거치는 과학자의 이동은 제한적이다[Ergas 1987]. 더 나아가서 집단주의적이며 위험 회피적인 일본의 사회적 속성과 이용 가능한 모험자본의 부족과 더불어 자신이 생명공학 기업을 창업하는 기업가적 학제 풍토 역시 일본에는 존재하지 않는다[Saxonhouse 1986; Hampden-Turner and Trompenaars 1993].

하지만, 자국내의 지식의 축적과 확산에 있어서의 이러한 중대한 약점들도 불구하고 일본은 생명공학 분야에서 미국에 필적하는 경쟁자로 부상하였다. 이러한 성공의 기반은 이상의 약점을 보상하는 다른 제도적 요인에서 찾을 수 있다. 무엇보다도 자국내 과학적 기반이 부재한 상황에서 일본은 미국을 생명공학의 기초연구의 주요 원천으로 삼았다. Saxonhouse [1986: 127]이 언급하였다시피 일본 산업은 필요한 R&D 기술자를 확보하는데 있어 자체 인력 양성보다 손쉬운 방법을 택했다. 이러한 전략의 성공이 일본 교육 시스템의 기반이 되었으며, 이는 해외 지식의 흡수에 근거하고 있다[Westney 1993].

둘째, 일본 정부는 일본 기업전반의 생명공학 연구개발을 종합 조정함에 있어 중요한 역할을 수행해 왔다. 정부의 프로그램은 최첨단 연구에 초점을 두지는 않았다 하더라도 그 프로그램은 일본 기업들로 하여금 자체 소관의 생명공학 연구개발을 확대하도록 하는 신호를 전달하는 중요한 기능을 수행한다 [Porter 1990; Saxonhouse 1986]. 더 나아가서 정부가 종합 조정하는 협력연구의 전통은 기업으로 하여금 자국내 및 해외 기업 모두와의 협력 협정을 추진하고 이로부터 학습할 수 있도록 하는 능력을 갖추게 했다[Ergas 1987; Westney 1993]. 따라서 일본의 혁신시스템은 최선의 이용 가능한 외부 생명공학 지식을 자원으로 이용할 수 있게 하고 그렇게 얻어진 지식을 생명공학 연구개발에 참여하는 기업 전반에 걸쳐 확산하는 능력을 통하여 성공하게 된 것이다

[UNCTC 1988]. 이는 정부가 나서서 생명공학에 대한 산업적 투자를 촉진함으로써 활성화 된 것이다.

하지만 일본 혁신시스템의 독특한 특징들은 기초적인 분자생물학 연구에 있어서의 역점을 성공적으로 보완해 주기는 하였지만, 그러한 시스템이 미래에도 먹혀들어 갈 것인지는 의문이다. Ergas [1987]의 연구가 말해주듯 “지금까지 일본이 과학적 기반상의 약점으로 별다른 어려움을 겪지 않아 왔지만, 순수 연구와 응용 연구간의 한계가 모호해 지는 추세에 따라 점차 취약성이 드러나게 될 것이다.” 생명공학은 기초연구와 응용연구간의 경계가 불분명한 바로 그러한 기술인 것이다. 따라서 미국의 기초과학기반에 대한 일본의 지나친 의존성은 점차 미국의 자체 대학연구에 대한 보호를 강화함에 따라서 약점을 드러내게 될 것이다.

일본은 최근 자체적인 생명과학 연구의 질을 향상시키고 학계와 산업계간 연계성을 또한 강화하기 위한 상당한 노력을 보이고 있다[Lepkowski 1992]. 하지만 일본에서 그러한 전통이 없으므로 그 제도가 발전하기 위해서는 정부와 산업 및 학계의 장기간에 걸친 상당한 노력이 요망될 것이다. 반면 미국에서는 일본기업에 의한 미국 대학에의 투자 정도에 대한 관심이 고조되고 있음을 보여주는 여러 논의가 있었다. 비평가들은 공공자금에 의한 미국의 연구가 일본 생물산업을 부양하고 있을 정도라고 지적한다.

라. 독일의 생명공학 혁신시스템 : 폭넓은 사회적 통합과 종합 조정

독일의 제도적 특징들은 혁신시스템의 두드러진 면모를 보여준다. 즉, 기립된 분야에서는 고도의 기능을 보여주지만 특히 생명공학과 같은 사회적 논란의 여기가 있는 분야에서는 신기술 수요에 대한 반응이 느리다. 이러한 시스템의 속성은 독일이 현재 생명공학혁신에 있어 다른 3개국에 뒤지지만 미래에는 주요한 경쟁자로 부상하게 될 수 있는 이유를 설명해 준다.

독일의 교육시스템은 지적 발전과 순수과학연구를 전담하는 고급(highcalibre) 대학들과 지식의 산업적 응용을 촉진하는 데 초점을 둔 상당한 경쟁력을 갖춘 다분야 기술학군(polytechnical schools)들 두가지로 이루어진 이중 체계로 발전하였다[Keck 1993; Fischer 1978]. 생명과학 분야의 교육은 전자에 해당되는 기관에 집중되며 산업계와 상당한 거리를 유지하고 있다. 더나가서 Max

Planck 같은 생명공학분야 정부지원 연구기관들은 예산 및 설비지원이 풍족하고 사회적 인지도도 높으며, 공무원으로 보장받는 등 학술적 연구를 위한 안정적인 환경을 갖추고 있다[Sharp 1989a; Yuan 1987].

비록 생명공학에 필요한 세계적 과학연구가 그러한 연구기관에서 수행되지만, 과학적 발전을 상업적 기회로 신속히 이전하기 위한 아무런 강력한 인센티브도 없다. 산업분야에 대한 컨설팅은 그런 연구기관에 있는 과학자에게는 드문 일이며, 학계를 떠나 자신의 생명공학기업을 창업하는 경우도 거의 없다 [Sharp 1989a]. 후자와 같은 현상은 독일에서 창업을 위한 강력한 벤처자본시장이 없다는 사실과도 관계가 있다[Porter 1990]. 이는 자수성가한 사람에게 붙여지는 부정적인 경향과 투기적 성격의 자금을 경시하는 풍조의 제도적 반영이라고 할 수 있다[Hampden-Turner and Trompenaars 1993].

또 다른 중요한 주제는 기술 확산에서의 정부의 역할로서 이는 독일의 혁신 시스템이 전체로서 작용하는 방식에 대한 보다 깊이있는 이해를 제공한다. 일반 산업발전에 있어 독일의 강점중의 하나는 과학적 연구와 기술적 발전간의 격차를 줄이기 위한 고도의 종합조정된 정책과 제도화된 구조에 있다 [Ergas 1987]. 정부, 연구기관, 산업계, 은행 및 기타 이익단체들 전반에 걸친 폭넓은 종합조정을 통하여 지속적인 산업발전이 이루어진다. 프로그램이나 연계 제도들은 확충에 오랜 시간이 걸리지만 종합조정과 합의를 이룸으로서 발전하기 때문에 효과적이며 지속성을 갖는다[Hampden-Turner and Trompenaars 1993; Jasanoff 1985]. 이러한 시스템은 기존 산업분야에서의 기술변화에 대한 지속적이고 점차적인 적응성을 촉진하는 데 있어 상당한 기여를 한다[Porter 1990]. 하지만 그 시스템은 새로운 과학적 발전을 상업적 비전으로 연계하는 시간이 매우 짧은 특징을 갖는 생명공학과 같은 새로운 과학적 발전을 신속히 상업화하는 데에는 적합하지가 않다[Blau 1993].

더나가서 생명공학은 그 윤리 및 환경에 대한 영향에 대한 국민의 논쟁이 상당히 고조되고 있는 기술이다. 유전공학의 상업화에 대한 국민적 반대는 다른 어느 나라에서보다도 독일에서 강하며, 정부 규제고 가장 강력하다 [Nash 1994; RauCon 1988]. 독일에서의 기술발전은 종합조정과 합의를 요하는 사회적 통합절차를 통하여 이루어지기 때문에 유전공학에 대한 일반 국민의 관심이 그 산업화를 지연시키는 핵심 요소이다.

일본의 생명공학 혁신에서의 격차는 폭넓은 합의가 없는 상태에서는 독일의 사업가 사이의 경계심리와 비유연성 및 협력 의사의 결정에 대한 망설임을 조장할 수 있지만[Nash 1994: DS], 이러한 특징은 또한 독일 시스템의 최고 강점이다. 독일에서의 생명공학의 미래 생존가능성을 이해하기 위해서는 시스템을 전체로서 고려하여야 한다. 독일은 생명공학 경쟁력 확보에 요구되는 두가지의 주요한 자산에 있어 두드러진 강점을 갖고 있다. 그 두가지는 생명과학 분야 연구기반과 제약 및 화학분야에서의 고도로 선진화된 산업기반이다. 두 부문간 연계를 위한 수단이 없는 것이 아니라 격차가 존재하는 것이다. 사회적 목표를 반영하면서도 과학적 발전을 상업화로 연계하는 방식에 대한 신성하고도 총합적인 비전을 개발하고 실행하는 데에는 장시간이 필요하다.

따라서 현 시점에서 독일이 생명공학의 상업적 혁신에 있어 격차를 갖고 있는 반면 미국과 영국에서의 보다 유연하고 보다 개방적인 시스템은 성공적이고 급속한 생명공학산업의 발전을 가능케 했다. 하지만 생명공학산업이 점차 자리를 잡아가고 일반 국민의 우려에 대한 보다 깊이 있는 논의가 진전됨에 따라 이에 잘 숙련된 독일 시스템은 커다란 강점을 갖게 될 것이다. 그때는 독일은 과학적 진보에 기반을 둔 기술 발전을 지속적으로 촉진하고 그러한 발전을 효과적으로 산업시스템 전반에 확산시킴으로서 다른 경쟁자들을 앞서 나가게 될 것이다.

V. 우리나라 생명공학 현황 및 육성방안

1. 국가생명공학 육성정책

가. 국가 육성정책의 변천

1970년대 초에 현대적 개념의 생명공학 기술이 탄생하였고, 이때부터 주요 선진국들은 벌써 이를 도입하고 확산하고 있었지만, 우리나라는 1980년대부터 연구기반을 구축하는 것을 착수하기 시작했기에 R&D의 역사가 약 15년밖에 되지 않는다.

한편, 그 동안의 육성정책을 구분하여보면, 크게 기술도입기(80년대 초반), 연구개발기(80년대 중반~90년대 초), 산업화 태동기(90년대 초~현대), 이렇게 해서 3단계로 나눌 수가 있는데, 기술도입기에서는 1982년에 특정연구 개발사업에 생명공학을 포함하였고, 또 같은 해에 한국 유전공학 연구조합을 설립했으며, 1983년에는 유전공학육성법을 제정하였고, 이 때부터 유전자재조합기술이 국내에 전수되기 시작했다.

두 번째 단계인 연구개발기에는 1985년에 KAIST부설 유전공학센터가 설립되었고, 1991년에는 한국생물산업협회가 설립되었으며, 대규모 중견기업중심으로 Bio 산업에 참여하였다. 마지막 단계인 산업화 태동기에는 1992년에 G7국가의 신기능 생물소재 연구사업을 착수하였고, 1994년에는 생명공학육성기본계획(Biotech2000)을 착수하였고, 2000년에는 21세기 프론티어사업인 “인체계놈연구”를 지원하기 시작했다. 이로 인해서 생명공학 벤처창업붐이 일어나기 시작했다.

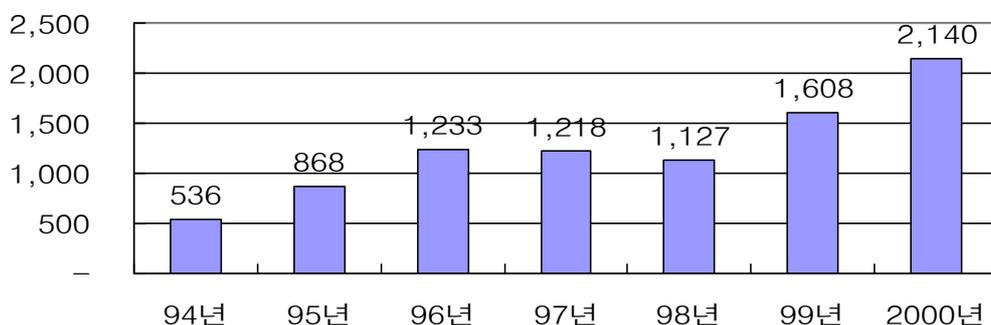
나. 최근의 정책동향

최근 정부는 21세기초에는 생명공학기술수준을 G7 수준으로 제고한다는 목표하에 부처별로 생명공학 육성정책을 강화하고 있는데, 구체적으로 살펴보면 장기 거대과학 프로그램을 진수시켜서 기초연구 역량을 강화하는 시책을 추진하고 있으며, 산업적 응용의 급속한 진전에 따라 산업부처별로 생물산업 육성정책을 강화하고 있으며, 또한 지방정부차원에서 각 지방에 맞는 생물산업 특화 유치계획에 따른 중앙정부에 대한 예산이 폭증하고 있다. 각 부처별로 동향을 살펴보면, 먼저 과학기술부는 프론티어사업에서 생명공학에 대한 지원을 착수했다. 계놈과 다양성연구에 각각 매년 100-150억을, 10년간 총 2,500억원(프론티어사업)을 투입할 것이다. 산업자원부의 경우는 생물산업에 대한 종합대책을 마련하였는데, 생물산업을 국가 핵심전략산업으로 육성해서, 생물산업 선진국(2005년 세계 10위권, 2010년 세계 6위권 국가)으로 도약하는 것을 목표로 삼았다. 보건복지부는 보건의료 생명공학분야 종합대책(연구개발사업비 1조3000억원 투자계획)을 마련했는데, 내용을 살펴보면 국립보건원의 인간 유전체 연구기능 강화 추진하고, 식품의약품안전청의 생명공학 제품에 대한 안전성 평가기술 및 관리체계 보강하며, 충북 오송 보건의료과학단지를 전략기지로 육성할 계획이다.

2. 정부 생명공학 투자현황

정부의 연구개발투자가 획기적으로 증액되는 상황이기도 하지만, 아직 선진국에는 턱없이 모자라는 형편이다. 구체적으로 살펴보면, 1994년에는 정부의 연구개발 투자액이 536억원이었던 것이 2000년에는 2,140억원으로 연평균 약 30%가 증가했으나, 총액 규모면에서는 아직 미국 대기업 1개 수준에 불과하다. 한편, 국가별 정부 투자액을 살펴보면, 미국의 경우 1999년에는 180억달러, 일본의 경우 1998년에 22억달러, 한국의 경우에는 1999년에 불과 1.3억달러를 투자했다.

<그림 8> 생명공학 정부투자액 추이



3. 연구개발 주체별 현황

연구개발 주체는 크게 산업계, 대학, 정부출연 연구소로 이렇게 크게 3곳으로 나눌 수가 있다. 먼저 산업계를 살펴보면, 2000년을 기준으로 전국적으로 250여개의 바이오 기업이 있는데, 생물산업협회를 중심으로 벤처기업이 약 200여개사가 있다. 다음으로 대학을 살펴보면, 전국에 18개의 대학부설연구소와 14개의 우수연구센터(SRC, ERC, RRC)가 있다. 한편, 최근에는 국제백신연구소(서울대), 암연구센터(서울대), 뇌기능연구센터(아주대 등)등 대학의 연구역량이 급속하게 성장하는 추세이다. 정부출연 연구소를 살펴보면, 생명공학 전문연구소 1개(KRIBB)와 기타 정부 산하 관련 연구기관이 총 19개가 있다.

한편, 1980년대 이후 정부의 육성정책에 힘입어 국내 산학연의 연구역량이 급속히 확충되어가고 있으나, 하부구조/산업화 연계기반의 취약성 등의 문제점도 다수 지적되고 있다.

4. 국내 바이오 산업의 현황과 동향

가. 산업화 현황과 전망

국내 바이오 산업은 1990년대 중반이후에 본격적으로 발전하기 시작해서 현재는 산업화 태동기 과정에 있다. 2000년 현재 국내에 있는 바이오 업체수는 약 250여개에, 4,000명이 바이오 산업에 종사하고 있다. 한편, 1998년 기준으로 국내 시장규모는 5100억원으로 세계시장의 1.1%, 미국시장의 2.7% 수준이나, 2013년에는 15조원에 다다를 전망이다.

<표 3> 바이오 시장규모 비교(1998년)

미국		유럽		한국	
금액	비교치	금액	비교치	금액	비교치
134억\$	100	43.8억\$	32.7	3.6억\$	2.7

<표 4> 우리나라 생물산업 시장규모 전망

년도	1998	2000	2003	2008	2013	연평균증가율%	
						'97-'03	'04-'13
시장규모(내수/억원)	5,100	11,000	25,000	63,000	150,000	32	20

나. 산업구조

국내 생물산업 시장은 보건·의료분야에 집중되어 있는 편이며, 이외의 분야는 산업기반이 약한 편이다. 분야별 시장점유를 살펴보면 생물의약품이 65%,

생물화학이 15%, 농식품이 14%, 환경 5%, 기타 공정분야가 10%를 차지하고 있다. 그러나, 생명공학 제2의 흐름에 대응하여 농식품, 환경, 공정 등 의약 이외분야에서의 기술응용, 확산 추진이 필요한 실정이다.

한편, 국내 생물산업은 대기업 중심으로 발전하고 있으며, 최근 Bio 벤처 창업이 활성화되는 추세이기는 하지만, 선진국에 비해서 아직 초기단계이다. 따라서, 국가 생물산업발전 핵심주체로서 바이오 벤처 성장을 위한 토양 조성정책을 강화할 필요가 있다. 왜냐하면, 생명공학은 대표적인 벤처산업으로, 특히 틈새시장 공략에 대기업 위주의 정책으로는 어렵기 때문이다. 최근 국내에서는 바이오 벤처 붐이 형성되면서 산업재편에 대한 기대를 모으고 있으나 아직 Bio 벤처는 소수에 불과한 실정¹¹⁾이다.

다. 최근 생물산업계 동향

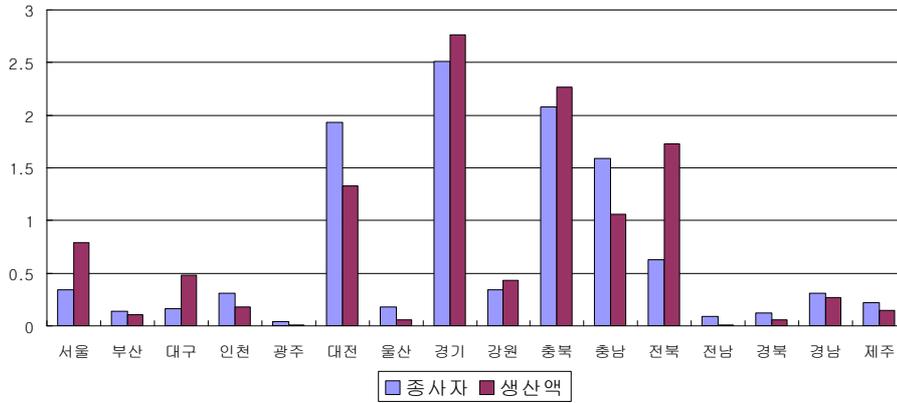
최근의 산업계의 동향을 살펴보면, 대기업들이 밀레니엄에 신규 주력사업으로 본격적으로 투자할 계획을 세웠다. 제일제당이 향후 5년간 1조5000억원을 투자할 계획이고, LG화학이 생명공학매출을 1999년의 3%에서 2003년에는 9%(6천억원)의 증액목표를 세웠고, 삼성정밀화학이 2005년에 매출 1조원, 생명공학 비중을 30%로 목표를 세웠다. 바이오 벤처업계를 살펴보면, 1999년 한 해에 40여개의 바이오 벤처가 창업을 했고, 2000년에는 약 200개의 벤처가 생겨났으며, 향후 2005년까지 약 5~600개의 벤처창출이 예상된다.

라. 지역별 생물산업 입지

지역별로 생물산업의 입지유형을 살펴보면, 수도권은 생물의약, 바이오식품, 생물학적 측정시스템 분야 등(제약 및 식품회사의 50% 이상이 밀집)이 밀집해있고, 중부권의 경우 생물의약, 생물화학(공공, 기업연구소 밀집)이 밀집해있고, 영동권의 경우 생물환경, 생물농업분야 등(수도권 상수원류 지역)이 밀집해 있으며, 호남권의 경우 바이오식품, 생물농업 등이 주로 있고, 영남권의 경우 바이오식품, 생물농업 및 해양분야 등이 밀집해 있다.

11) 국내 벤처기업 2000년 현재 총 7,200개 정도, 이중 Bio 벤처는 200여개로(2.7%), 전자/반도체 22%, 기계금속 21%, 정보통신 15% 등이다.

<그림 9> 생물산업 지역별 입지계수



5. 국가 생명공학 경쟁력현황과 문제점

가. 산업규모

국가간의 생물산업 정의가 다소 차이가 있어서 직접적인 비교는 어렵기는 하지만, 1998년을 기준으로 미국의 시장규모는 134억달러, 유럽의 경우 생산규모는 50억~70억 유러화, 판매규모는 45억~55억유러화이다. 일본의 경우는 주변분야를 포함해서 총 11,795억엔이고, 한국의 경우 5,085억원이다. 생명공학 대기업의 숫자를 보면, 미국은 800여개, 유럽은 540여개, 일본은 260여개, 한국은 45여개사가 있다. 생명공학 벤처기업의 숫자를 보면, 미국은 1,300여개, 유럽은 700여개, 일본은 60여개, 한국은 200여개사가 있다.

<표 5> 각국별 생명공학 산업규모 비교

항목	미 국	유 럽	일 본	한 국
시장 (전체)	Bio 제품 120억\$(97년) 134억달러(98년)	Bio 제품 50~70억 ECU(생산) 45 ~55억 ECU(판매)	주변분야 포함 11,795억엔 Bio제품 9,444억엔(98년)	Bio 제품 5,085억원(98년)
(성장률)	19% (96~97년)	17% (95~96년)	16% (97~98년)	49%(92~97년)
(분야별)	의 료 (치료) : 74.8% 의 료 (진단) : 17.4% 화 학 : 2.8% 농 업 : 2.7% 의료이외의 진단 : 2.2%	의 료 : 64.7% 식품, 음료 : 13.4% 농 업 : 7.3% 화 학 : 7.3% 환 경 : 7.3%	의약품 : 39.1% 화 학 : 27.4% 농림수산 : 19.8% 진단약 : 8.7% 식 품 : 4.6% 그 외 : 0.4%	의 료 : 57.1% 식 품 : 7.0% 농 업 : 8.4% 화 학 : 9.0% 환 경 : 6.1% 공 정 : 12.4%
(특 정)	◎ 높은 보건의료 비중	◎ 식품첨가물, 효소시장이 일본·미국보다 큼 ◎ 간접효과는 식품이 최대	◎ 생산 공정기술 중심 ◎ 농산물은 모두 수입	◎ 생산 공정기술 ◎ 기초기술 해외 의존
대기업	800개사	540개사	260개사	45개사
벤처	1,300개사	700개사	60개사	200여개사

♣ 국가간 생물산업 정의가 다소 차이가 있어 직접적인 비교는 어려움.

나. 기술경쟁력

생명공학(연)의 자체분석에 따르면, 생명공학기술을 분류하면 크게 탐색기술, 개량기술, 생산기술 이렇게 3가지로 분류할 수 있는데 탐색기술의 경우 선진국대비 80% 수준으로 균주/세포주 보존기술은 선진국 수준능력을 확보하고 있는 반면에, 구조분석기술관련은 전문인력이 부족하고 선진국과의 격차도 크다. 개량기술의 경우 선진국대비 70% 수준으로 유전공학기술, 동식물 형질전환 기술은 국제 경쟁력을 확보하고 있으나, 단백질 및 세포공학, 탄수화물공학 기술은 전문인력부족이 심각한 상황이다. 생산기술은 선진국 대비 80~90% 수준으로 발효공정, 바이오 리액터 기술, 분리정제 기술은 선진국 수준에 근접하고 있으나, 세포배양기술에는 전문인력이 부족한 실정이다.

다. 인력

생명공학분야 종사인력은 1998년을 기준으로 우리나라 전체 과학기술 인력의 5.7%인 총 7500~8000명 수준으로 연평균 3-4%정도로 증가하는 추세이나

선진국 대비 국내 Bio 인력규모는 열악한 실정이다. 주체별로 보면 공공(연)이 19%(1,400명), 대학이 56%(4,200명), 산업계가 25%(1,900명)를 차지하고 있으며, 학위별로 보면 박사급이 50%(3,700명), 석사급이 36%(2,700명), 학사가 14%(1,100명)를 차지하고 있다. 한편, 미국 및 일본과 대비하여 국내 생명공학 인력은 각 2.4%, 5.7% 수준밖¹²⁾에 되지 않는다. 특히 미래 유망 생명공학 신기술분야 고급인력이 매우 부족하여 국가 생명공학 경쟁력제고 차원에서 이에 대한 특별 대책이 필요하다. 예를 들어 살펴보면, 인간게놈분야는 현재 130여명(프로테오믹스 15명 포함)정도로서 미국대비 5%미만이고, 일본대비는 10% 정도이며, Bioinformatics분야 인력은 거의 전무(30여명)한 실정이다. 더욱이, 최근 생명공학 벤처기업의 급속한 창업 추세로 관련 기술인력 수요가 급증하고 있어 인력 부족현상이 더욱 심각해지고 있는 추세이다.

라. 특허

1998~99년 동안 한국의 미국특허 등록건수는 일본의 364건에 비하여 28건에 불과하며, 인간게놈 분야 등에서 국내특허 출원현황을 볼 때 우리의 경우 외국에 앞서 신물질을 개발하여 특허를 출원한 사례가 한 건도 없다. 출원일을 기준으로 보면, 외국에 비해서 4년~14년 뒤져있으나, 질병치료 예방분야의 hanta virus, 식품화학분야 lysine, IMP, cellulase 등에서 한국이 외국에 앞서 출원해서, 우리나라가 세계적인 우위를 보이고 있다.

<표 6> 미국 특허 출원인 별 현황의 한·미·일 비교(1998~1999년)

구분	산	학	연	산산	산학	산연	학연	산학연	기타	계
미국	2,857 (58.5)	1,122 (22.5)	348 (7.1)	59 (1.2)	170 (3.5)	36 (0.7)	45 (0.9)	1 (-)	243 (5.0)	4,881 (100%)
일본	364 (81.8)	6 (1.4)	19 (4.3)	19 (4.3)	1 (0.2)	7 (1.6)	1 (0.2)	-	28 (6.3)	445 (100%)
한국	15 (53.6)	-	6 (21.4)	2 (7.1)	-	1 (3.6)	-	-	3 (10.6)	28 (100%)

12) 선진국 생명공학인력 : 미국('95년) 총 305,300명, 일본('98년) 총 129,452명

<표 7> 한국 출원 특허의 기술분야별/국가별 분포

기술분야 코드	기술의 내용	국가		
		한국(%)	미국(%)	일본(%)
001	미생물 및 그 조성물	608(39)	98(8)	74(13)
005	분화되지 않은 인체, 동물 또는 식물의 세포 및 그것의 배양과 배양배	83(5)	143(12)	53(9)
007	바이러스와 그것의 조성물, 그것을 함유한 의학적 제재	38(2)	36(3)	7(1)
009	효소, 효소전구체 및 그것의 조성물	154(10)	99(8)	89(15)
011	담채결합 또는 고정화 효소, 고정화 미생물 및 그것의 조제	47(3)	21(2)	11(2)
015	돌연변이 또는 유전자공학, 유전공학과 관련된 DNA 또는 RNA 벡터 그리고 그것의 분리, 조제, 정제	607(39)	803(66)	337(59)
	기타	7(1)	12(1)	5(1)
	계	1,544(100)	1,212(100)	576(100)

한편, 1975~1998년까지 생물산업(IPC C12N분야)에서 한국의 특허분석 결과를 살펴보면, 한국은 발효기술, 효소, 유전자공학 분야에 특화되어 있고, 미국은 유전자공학과 동식물세포 분야에 특화되어 있고, 일본은 유전자공학과 효소에 특화되어 있다.

마. 생물자원 등 기타

한국의 DNA 배열 결정량은 8,800건으로, 미국의 150만건, 일본의 18만건에 비해서 턱없이 부족하다. 한편, 한국의 종자보유량은 14만점으로 미국의 43만점, 러시아의 35만점, 중국의 30만점, 일본의 20만점보다 적는데, 식물자원 풀의 차이를 나타내는 종자보유량 1만점의 차이는 상당한 것이다.

6. 2010를 향한 국가 생명공학 전망과 육성전략

가. 국가 생명공학 현황과 2010 전망

생명공학 분야에서 우리나라는 현재 세계 13위권 수준으로, 2010년에는 G7 수준으로 끌어 올리려한다. 현재 정부 총 R&D 투자대비 생명공학이 차지하는

비율이 5%이며, 2010년에는 이를 10%수준까지 높이려한다. R&D수준은 선진국대비 60%수준(모방응용단계)으로 각각의 기술 수준을 구체적으로 살펴보면, 기초 원천기술의 경우는 60%정도, 생산기술의 경우 70%정도, 신물질 창출기술의 경우 40%수준 정도이나, 2010년에는 선진국대비 80%수준(독창적 R&D)으로 기초원천기술의 경우는 80%정도, 생산기술의 경우 90%정도, 신물질 창출기술의 경우 70%수준까지 끌어올릴 것이다. 현재 생물산업은 산업화 태동기에 있으며, 국내시장규모도 9천억원, 세계시장점유율 2.2%, 생물산업과 관련하여 고용된 인력도 4000명에 머물러 있지만, 2010년에는 산업성장기내지 성숙초기에 이를 것이다. 국내시장규모도 10조원대에 이를 것이며, 세계 시장점유율도 6.6%에 이를 것이고, 고용인력도 7만명에 이를 것이다.

나. 국가생명공학 육성전략방안

국가 생명공학 육성 전략방안은 크게 두가지로 나뉘는데, 하나는 기술개발 전략이 있고, 다른 하나는 산업화 기반조성 및 안전성 제고이다. 먼저 기술개발 전략에 대해서 살펴보자.

(1) 기술개발전략

기술개발전략을 위해서는 다음의 4가지 과제가 있다.

첫째로, 기술개발 기반확충을 하여야 한다. 이를 위해서는 먼저는 국내외 연구인력의 효율적인 활용체제를 구축해야 하는데, 이는 연구인력간 교류를 촉진하고, 공동연구를 활성화시킴으로써, 제한된 전문인력을 집중화·집적화를 유도할 수 있다. 따라서, 정부 연구개발 지원체제를 우수 연구인력 집단의 연구를 집중 지원하는 체제로 개편해야 한다. 또한, 기술개발 기반확충을 위해서는 대학 및 국책연구기관의 연구개발능력 확충해야하는데, 이를 위해서 대학에서 고급인력 양성을 유도하고 연구개발을 촉진해야 한다. 따라서, 정부는 현재 39개의 대학우수연구센터와 창의적 연구사업단을 2002년까지 50개로 확충할 계획이다. 또한, 국립보건원, 농업과학기술원, 정부출연연구소 등의 역할분담(유전체연구, 단백질연구, 생물정보학 등 핵심기술분야별로 특성화 유도)을 통한 발전방안도 마련중이다. 마지막으로, 기술개발 기반확충을 위해서는 생물자원 활용기반이 정비되어야 한다. 이를 위해서 생물자원보존기반을 확충, 국내 생

물중 유실 방지, 유전자 정보분석을 위한 자원 확보를 해야한다.

둘째로, 질병퇴치 등 삶의 질 향상을 위한 기술개발을 해야한다. 구체적으로 살펴보면, 먼저는 국민들이 건강한 삶을 영위할 수 있도록 한국인 다발성 질환에 대한 치료기술을 개발해야 한다. 이를 위해서 ‘인간유전체기능연구사업단’을 중심으로 한국인 고유의 유전적 특성과 위암·간암을 집중 연구중에 있으며, 국립보건원을 중심으로는 당뇨병·고혈압·동맥경화 등 생활습관질환 관련 유전체연구를 추진하고 있으며, 한국인 고유의 유전체 정보 DB 구축 및 민간 차원 활용을 촉진해야 한다.

다음으로는 경쟁력 있는 분야의 신약개발을 우선적으로 추진해서 세계적 신약개발국 진입기반을 마련해야 한다. 이를 위해서 정부는 ‘자생식물이용기술개발사업단’을 중심으로 자생식물 추출물은행을 구축하고 있다. 또한, 우리의 전통의약품(생약자원등)을 활용한 천연물 신약개발에 집중적으로 투자하고 있다. 마지막으로 환경친화적인 바이오 기술을 개발하여 오염된 환경을 재생해야 한다. 이를 위해서는 미생물을 이용한 오염토양정화기술, 자연환경시스템 복원기술, 항생제내성 유전자대체기술을 개발하고 있다.

셋째로, 고부가가치 생명공학 기술을 개발해야 한다. 고품질, 다산출 동·식물종을 개발함으로써 농어민의 소득증대를 꾀할 수 있는데, 정부는 우리나라 주요 동·식물의 유용유전자를 발굴해서 2010년까지 내병충성·다수확 고기능성의 작물 및 수산양식품종을 13종 이상 개발하려 한다. 또한, 체세포 복제기술을 활용해서 초우량 젖소 및 한우 생산기술을 개발해서 보급할 계획이다. 이 밖에도 형질전환동물(젖소, 흑염소 등)을 이용한 인체 유용물질 생산기술을 개발에 박차를 가해야하고, 노화억제물질(해조류), 의약품 색소물질(미세조류), 고기능 분해물질(갯지렁이)등의 해양생물을 이용한 유용신물질 개발을 개발하려고 한다.

넷째로, 생명윤리에 대한 사회적 합의를 도출해야 한다. 동물복제기술의 발달에 따라 인간배아 복제의 허용범위 등 생명윤리에 대한 사회적 합의도출 문제가 현안으로 대두되고 있으며, 따라서 생명 존엄성과 복지 증진간 조화로운 발전유도를 위한 적정 합의점을 도출해야 한다. 이를 위해서 정부는 ‘생명윤리자문위원회’를 구성해서 기술개발 허용범위 및 요건에 대한 사회적 합의 도출하러 노력하고 있으며, 현재 동위원회의 건의사항을 반영하여 생명윤리 관련법제 정비를 추진하고 있다.

(2) 산업화 기반조성 및 안전성 제고

산업화 기반조성 및 안전성 제고를 위해서는 다음의 4가지 과제가 있다.

첫째로, 산업화 기반조성을 위한 인프라를 확충해야 한다. 이를 위해서 먼저 바이오산업의 정보인프라 확충해야 하는데, 구체적으로 살펴보면 바이오산업 통합정보시스템을 구축(인력, 제품, 시장 동향정보 제공)해야 하고, 특허청의 바이오 기술 특허정보 검색기반을 확충(유전자 DB, 바이오 특허정보 제공)하며, 농업과학기술원 등 국책연구소의 동·식물 유전체 정보자료실 운영을 활성화해야 한다. 다음으로 바이오산업 집적지를 중앙정부, 지방자치단체, 대학, 연구소 등이 공동 조성해야 한다. 현재 대전, 춘천, 전주 등지에서 창업지원·공동연구시설지원 등 벤처기업 지원사업이 지속적으로 추진되고 있으며, 충북에는 보건의료 종합과학단지를 조성하여 보건의료 바이오 기지를 전략적으로 육성하고 있다. 마지막으로, 안전성 제고기반의 확충을 꾀해야한다. 따라서, OECD 국가수준의 바이오 신물질 안전성 평가센터를 대덕단지에 조성해야 하며, 중장기적으로는 국제수준의 영장류 실험 및 임상시험 기반을 확충해야 한다.

둘째로, 핵심분야의 산업기술 및 응용기술개발을 지원해야 한다. 이를 위해서 먼저는 민간의 차세대 산업화 핵심기술개발을 지원해야 한다. 향후 5~7년 내에 상업화될 수 있는 산업화 기초기반 기술의 연구개발(DNA Chip 및 단백질 Chip, 환경친화 미생물농약 등)에 자금을 지원해야 한다. 또한 대규모 투자에 따르는 민간의 기술개발 위험을 분담하여, 조기에 경쟁력을 확보할 수 있는 10대 분야(산업용미생물, 바이오 플라스틱, 기능성소재, 아미노산 등 핵심응용기술의 개발 및 실용화 설비 지원)의 기술개발 및 산업화를 촉진해야 한다.

핵심분야의 산업기술 및 응용기술개발을 지원을 위해서는 다음으로 인간 유전체에 대한 응용연구를 지원해야 한다. 이를 위해서, 대학부설 병원을 중심으로 특정 질환군별 유전체 연구실을 설치하여 임상시험연구 전문기관으로 육성해야 한다.

셋째로, 바이오 시장을 활성화해야 한다. 이를 위해 먼저는 바이오제품의 시장기반을 조성해야 한다. 구체적 실천계획을 살펴보면, 기술표준원을 중심으로 바이오제품의 표준화사업을 확충하고, 미국FDA 수준 제조 및 품질관리 바이오기술 실용화센터건설(인천 송도)하고, 2002년까지 전자상거래 시스템 구축(전자거래진흥원)하며, 한국보건산업진흥원을 보건의료 생명공학 기술거래기관

으로 지정·육성하여 기술거래를 활성화할 계획이다. 다음으로 바이오 시장 활성화를 위해 바이오산업 전문투자펀드 육성 등 투자기반을 확충하고, 국제기술협력·외자유치·다국적기업과의 제휴 등을 유도해야 한다. 이를 위해, 중소기업청의 벤처투자조합 출자지원금을 활용하여 바이오산업 전용펀드를 조성중(2000. 6부터 250억원 규모로 운용(정부지원 75억원)중)이다.

넷째로, 바이오제품의 안전성 관리 및 소비자보호에 노력해야 한다. 유전자변형 생물체의 안전성 관리를 위해서 2000년 1월에 바이오안전성의정서를 채택하였고(우리나라는 지난 9월 6일에 서명), 초기 개발단계부터 안전성 검증을 강화하였다. 또한, 유전자변형생물체 법률제정을 추진하였다. 바이오제품에 대한 사회적 인식 제고 및 소비자보호를 위해서, GMOs 농산물, 식품 유전자변형사실 표시를 각각 2001년 3월 및 7월부터 의무화하기로 했다.

VI. 결론 및 제언

1. 우리나라 주력산업의 구조적 문제점

현재 한국의 기술혁신 구조는 해외기술 도입 충족 형태를 띠고 있다. 따라서, 우리나라 총 수입에서 중간재가 차지하는 비중이 39%나 되기 때문에 부품, 소재 등 중간재와 기계류 등 자본재산업의 낙후로 생산 및 수출확대가 수입을 유발하는 구조로 고착화될 우려가 있다. 또한 현 주력제품 2/3 정도가 선진국에서는 이미 성숙기인 제품이기 때문에 가까운 장래에 획기적인 성장을 기대하기가 어렵다. 그래서 한국의 해외 기술의존 혁신구조로 인해 선진국 주도의 신기술이 산업에 본격 적용되면서 그나마 명목을 유지했던 우리의 경쟁우위 요소들이 급격히 무너질 우려가 있다.

결국, 우리의 기술력에 바탕을 둔 혁신을 이루어야 하는 단계에 있는 것이다.

2. 생명공학의 적합성

생명공학은 다음과 같은 이유에서 현 한국의 상황에 가장 적합하다고 볼 수 있다.

첫번째로, 생물산업은 아직 초기단계에 있다. 즉, 이제 막 Post genome 시대가 시작되었으며, 현재 10만개 단백질 가운데 기능이 밝혀진 것은 9%(9천개)에 불과하다. 따라서, 미개척 영역을 선점하거나, 무수한 틈새 시장에서 선택과 집중으로 경쟁우위를 확보할 수 가 있다.

둘째, 생물산업은 보건의료, 농업, 환경, 화학, 전자, 정보, 광산업 등등 거의 전(全)산업 범위에 응용이 될 수 있기에, 근본적이면서 환경 친화적인 혁신을 이룰 수가 있다. 따라서 구조적 침체에 있는 우리 제조업 전반을 혁신적인 차세대 제조업으로 세대 교체가 가능하다.

셋째, 생물산업은 다품종 소량의 고가제품을 창출하는 대표적 두뇌집약적 산업분야이기 때문이다. 항암제 인터페론이 1g당 5천달러로, 금의 357배, 반도체의 14배이다. 부존자원이 빈약하나 고급 우수 인력이 풍부한 우리 현실에 가장 적합한 산업인 것이다. 따라서, 대기업 중심 산업구조를 고부가가치 창출형 지식기반 벤처 중심 구조로 변혁을 할 필요성이 있다.

3. 국가 생물산업 육성방안에 대한 제언

가. 국가 생명공학 육성체제의 정비

국가 생명공학 육성체제의 정비를 위해서는 먼저 관련 부처별 역할분담과 협력 체제 정립이 절실하다. 과기부는 공통기반적 생명공학 R&D 기반 확충과 우수연구집단의 육성에 주력할 필요가 있고, 산업자원부, 환경부, 농림부, 복지부, 해양수산부 등 사업부처는 산업지향, 지역밀착형 임무 수행이 바람직하다. 이를 위해서는, 지방자치단체와의 협력 추구가 필요하다. 다음으로, 국가 생명공학 육성체제의 정비를 위해서는 생명공학 종합조정 기능이 강화되어야 한다. 즉, 확대되고 있는 부처별 사업의 효율적 종합조정 기능 강화가 필요하며,

생명공학육성법상의 종합조정기구로서 종합정책심의회 활성화를 추진할 필요가 있다.

나. 투자규모의 확대 및 방향

우리나라 생명공학 육성에 있어서 필요한 시책중의 하나는 바로 투자의 확대라고 할 수 있는데, 이는 반드시 뚜렷한 목표와 방향이 있어야 한다. 이러한 점들을 고려하면, 첫째는 기초 응용연구에 대한 지원 확대가 필요하다. 지금까지 정부는 Bio 투자를 급속히 증액하기는 했으나, 상당부분이 산업적 응용이 목적이었다(예, G7).

그러나, 이러한 투자정책은 seed money로서 산업계 R&D투자 촉진에는 기여했으나, 기초과학 지식기반 확충에는 미흡하였다. 우리나라 기초과학 기반은 아직 미흡한 실정으로 중장기적 시각에서 독창적 연구성과 창출을 위해서 공공부문[공공(연), 대학 등]의 생명과학 기술기반 확충이 절실히 필요한 실정이다. 이를 위해, 21세기 프론티어 프로그램 등 생명공학분야 장기 대형 연구사업에 대한 지원 확대가 있어야 한다. 둘째로, 국제적으로 경쟁이 가능한 분야를 선택해서 집중적으로 투자할 필요가 있다. 즉, 미래에 경쟁 가능한 전략적 비교우위 분야를 도출해서 집중적으로 개발하는 특화전략이 필요하다. 예를 들면, 게놈연구에 바탕을 둔 국내 자생식물다양성 활용 제품개발이라든가, 전통 한의학적 유용물질을 이용한 Nutraceuticals 개발 등을 예로 들 수가 있겠다. 셋째로, 공공 인프라 확충을 꾀해야겠다. 산업화에 필수적이거나 막대한 비용 부담으로 민간 자체로는 확충이 어려운 핵심인프라를 정부의 주도로 확충해서, 기업의 비용부담과 사업 Risk를 낮춰주는 지원이 필요하다. 특히 국내에서도 세계적 Bio 신약개발이 가시화 되는 단계에 있어서, 관련 Infra의 우선 확충/지원이 시급하다.¹³⁾

13) 우선 지원이 요망되는 주요 인프라

1. Bio의약품 제조를 위한 FDA 기준 필수 설비 cGMP
2. 생물 의과학연구 기반소재인 중/소 동물시설 확충
3. 생명공학 전임상 연구 시설 확충
4. 중대규모 생산능력을 갖춘 Bio-Plant 확충
5. LMOs 안전성 평가, 인증 기반설비 확충 등

다. 바이오 신산업 창출

국가 생명공학 육성을 위해서는 또한 바이오 산업이라는 신산업을 창출해야 한다. 이를 위해서는 첫째로, 바이오 벤처기업을 육성해야 하는데, 정부는 5년 내에 1000개 정도를 육성하려 한다. 생명공학은 대표적 벤처산업이기에, 특히 틈새시장 공략에 대기업 위주 정책으로 어려움이 많다. 물론, 최근의 벤처붐으로 산업재편에 대한 기대를 모으고 있으나, 아직 Bio 벤처는 소수에 불과하다(2000년 초 200개 수준). 이를 위해서 바이오 벤처 집적 Bio 벨리를 정책적으로 집중 육성할 필요가 있다.

두번째로, 지역에 적합한 생물산업을 육성할 필요가 있다. 먼저는 핵심 거점을 구축한 뒤에 전국적으로 확산하는 방식을 추진할 필요가 있다. 현재 지방자치단체 대부분이 지역특화 생물산업 육성전략을 제시하고 있기는 하지만, 생명공학은 공통 기반적 특성을 갖고 있기 때문에 지역특화는 일부 가능하더라도 뚜렷한 차별화의 의미는 없을 것이다. 따라서, 지역 특화 추진에 앞서 생명공학관련 기술기반 및 인프라가 확충된 지역을 중심으로 핵심 거점을 구축하고, 핵심 거점의 과학기술 기반을 각 지역 차원에서 특색에 맞게 공통적으로 활용하는 “선(先)핵심거점구축-후(後)전국확산” 시책이 필요하다.¹⁴⁾

라. 생명공학관련 제도 및 기반 정비

생명공학 육성을 위해서는 이와 관련된 제도 및 기반도 정비할 필요가 있다. 먼저는 현재 관심사로 떠오르고 있는 지적재산권의 보호 및 활용확대에 관한 문제이다. 유전자 특허 등의 바이오 관련 지적재산은 기업전략의 핵심 요소이다. 바이오 연구개발 및 산업활동이 국제적 경쟁이 전제되어야 한다는 점에서 지적재산권 제도의 국제적 조화는 중요할 수밖에 없다. 따라서, 유전자 특허의 적절한 보호기준, 심사역량 강화 및 관련제도의 국제적 조화가 필요하다.

다음으로 대중인지도 확보를 위한 제도 정비를 들 수 있다. 신기술의 사회수용을 위해서 객관적이고도 과학적인 안전성 평가시스템을 충실화하여 대중인지를 확보하려는 노력을 강화할 필요가 있다. 대표적으로, 생명공학육성법 개정 등 국내 관련 법제의 정비, 생명공학에 대한 일반인 홍보 등 인지도 확

14) 국가 핵심거점으로 대덕 Bio-Valley 구축 및 활용이 필요

보노력 강화, 생명공학안전성평가관련 기술기반 확충을 예로 들 수가 있겠다. 참고로, 산자부가 발의한 “유전자 변형 생물체의 국가간 이동등에 관한 법률 제정 입법예고”가 끝난 상태이다.

마지막으로 유전자(생물자원)보호 법제화를 진할 필요가 있다. 생물산업의 발전은 유용 유전자원의 확보 여부에 의해 좌우되는데, 현재 미국, 독일, 일본 등 주요 선진국들은 이미 세계 각지의 식물과 유전자 샘플을 채취해 유용 물질을 추출, 특허를 통해 독점권을 행사하고 있다. 현재, 한반도에는 3,000~4,000종의 유용식물이 분포하고 있다. 그러나 이를 국부(國富)로 인식하는 체계적인 국가차원의 관리대책이 미비한 관계로 막대한 유전자원(구상나무, 나리, 털회개나무, 비비추, 원추리 등)이 선진국에 유출되고 있다. 따라서, 토착생물종 등 유전자원의 국외반출, 훼손, 도난, 멸종 등을 방지할 수 있는 대책으로서 유전자 보호법제화가 시급히 요망된다.

마. 혁신적 Bio 연구, 산업인력의 양성

국내 생물산업계 고용 인력은 4,000명(2000년 기준) 수준으로 미국의 14만명, 유럽의 4만명, 일본의 3만명 등 선진국에 비해서 크게 열세이다. 더욱이, 최근 벤처 붐에 따라 생명공학기술을 겸비한 전문 경영인력 수요가 급증하는 추세이다. 연구계 인력을 살펴보면, PBS 체제 인건비 부담 등으로 신규유망 연구인력 확보에 어려움을 겪고 있다. 특히 Post 게놈연구에 핵심인 Bioinformatics 전문인력은 전무하여 시급한 육성이 요망된다. 한편 해외에 수많은 우리나라 유희 고급인력(약 2000명)이 있는 실정으로 이를 유입해서 활용하기 위한 정책적 지원이 있어야 하겠다.

참 고 문 헌

- 과학기술부 외, 생명공학육성 시행계획, 1995~2000.
- 안두현, 한성구, “생명공학산업의 기술혁신”, 『한국의 국가혁신체제』, STEPI, 1998. 4
- 이정래, “국가혁신체제 연구의 현황과 과제” 과학기술정책동향(통권 제91호), 1996.10
- 정선양, “국가혁신시스템에 관한 이론적 고찰”, 과학기술정책동향(통권 제91호), 1996.10
- 조현대, “기술혁신과 산업네트웍의 발전”, 과학기술정책동향(통권 제91호), 1996.10
- 설동대, “영국 Biomedical 분야의 연구과제 동향”, 과학기술부, 1998.12
- 박재혁, 안두현 외, 『생명공학 기술혁신 전략연구』, STEPI, 1997.
- 산업연구원, “벤처기업을 위한 자금원 확충방안”, 1998.
- _____, 「대전시 생물산업기반구축 사업을 위한 방안조사 연구(최종보고서)」, 2000. 9.
- 산업자원부, 21세기 한국산업의 비전과 발전전략, 1999.
- _____, 「생물산업 발전기반 조성을 위한 5개년 계획 수립연구」, 2000. 8.
- _____, 「유전자변형생물체의국가간이동등에관한법률안 공청회 발표자료」, 2000. 10. 26.
- 생물산업협회, “일본생물공학기업의 연구개발 및 사업화 동향“, 바이오인더스트리 통권 18호, 1998
- _____, “국내 바이오벤처기업의 특징 및 현황”, 바이오인더스트리 통권 19호, 1998
- 임운철, 이철원, 이정원, 『국가혁신시스템 강화를 위한 국가연구개발사업 평가방법 연구』, STEPI, 1997.
- 이근 외, 기술과 진화의 경제학 역, 『과학과 기술의 경제학』, 경문사, 1995
- 한국생명공학연구원, 「한국 바이오 산업 현황과 전망」, 2000. 12.
- Alex. Brown, Life Sciences/Biotechnology Industry Overview, '97.5
- Alfred Schidegger, "Biotechnology in Japan, Toward the Year 2000 and Beyond," TIBTECH, June 1991, Vol. 9, pp. 183-190.
- Angier, Natalie, "Surprising Role Found for Breast Cancer Gene," New York Times, March 5, 1996, pp. C1, C3.
- Aris Persidis, Bioentrepreneurship around the world, Nature Biotechnology Vol. 16 Suppliment, 1998.

- Benedicte Callan, "Why production technology is not a measure of competitiveness in the biotechnologies", *Science and Public Policy*, Vol. 24, No. 3, 1997.6
- Bengt-Ake Lundvall, 『National Systems of Innovation』, Pinter Publishers, 1992.
- BIO, "Biotechnology Drug Products," the Biotechnology Industry Organization, web site, January 1996.
- Ernst & Young, *Biotech 97 Alignment*, 1997
- _____, *Biotech 94: Long Term Value Short Term Hurdles*, p. 29-31, 1994.
- _____, LLP, *New directions '98* (1997)
- _____, *13th Biotechnology industry annual report*, 1998
- _____, *Annual Biotechnology Industry Reports, 1993-1999*
- _____, *European BioTech 1998*
- Freeman, C., 『Technology Policy and Economic Performance : Lessons from Japan』, Printer Publisher, London, 1989.
- Kiku Lahteenmaki 외, *Public Biotech 98 : the numbers*, *Nature Biotechnology* Vol. 17, 1999.
- Martin Fransman "Biotechnology : Generation, Diffusion and Policy", The United Nations University, 1991.
- Martin Fransman and Shoko Tanaka, "Government, globalisation, and universities in Japanese biotechnology," *Research Policy*, Vol. 24 No. 1, January 1995, pp. 13-49.
- Martin Fransman, Gerd Junne and Annemieke Roobeek, 『The Biotechnology Revolution?』, Basil Blackwell Ltd, 1995.
- Nature Biotechnology*, Vol 16 Supplement, 1998.
- OECD, 『Biotechnology and Trade』, 1997
- _____, 『National Innovation System』, 1997
- EuropaBio, *Benchmarking the Competitiveness of Biotechnology in Europe*, EuropaBio Independent Report, 1997.
- Stefan Momma, Margaret Sharp, *Developments in new biotechnology firm in Germany*, *Technovation* (19), 1999
- U.S. Companies Database, IBI, 1996

The Institute for Biotechnology Information, "Foreign Development of Biotechnology in Japan and Western Europe", Nov. 12, 1992.

The Science Coalition, "Trends in R&D-Analyzing Research and Development in the United States, 1996.

Tsugawa, Ryuichiro. R&D strategy of bioindustry-a Japanese perspective. Science & Technology in Japan, Vol. 59, No.15, '96.10

우리나라 생물산업 육성 방향

산업자원부 생물산업 육성 시책을 중심으로

김 칠 두 국장
(산업자원부 생활산업국)

< 목 차 >

- I. 바이오산업의 동향
- II. 생물산업 육성을 위한 주요 선진국 정책
- III. 생물산업 육성을 위한 산업자원부의 정책 방향

I. 바이오산업의 동향

1. 세계의 바이오산업 동향

- 바이오산업기술은 1970년대에 도입된 이래 1990년대부터 21세기 미래성장산업으로 급격히 부상하고 있음.
- 초기의 생명과학이라는 학문적 영역에서 현재는 미래의 국가 경쟁력을 좌우할 중요한 전략산업으로 부상하고 있음.
- 바이오산업의 시장규모는 정보통신, 반도체산업 등에 비해 소규모이긴 하지만 90-97년간 연평균 32%의 높은 성장률을 기록하고 있음.
- 질병퇴치와 생명연장이란 관점에서 성장 가능성은 거의 무한대임.

< 표 1 > 주요 산업의 세계 시장 규모(억불)

구 분	1997	2000	2003	2008
바이오산업	313	540	740	1,250
정보통신산업	7,070	9,210	12,340	21,320
반도체산업	1,470	1,480	2,125	3,701

자료 : Ernst & Yong LLP('98), Dataguest('98), KISDI('98)

- 미국·유럽·일본이 세계시장을 선도하고 있으나, 아직 초기단계여서 후발국의 참여가능성이 무한함.
 - 2000년 6월 선진 18개국이 인간 유전체 구조(DNA염기서열) 연구결과 1차 초안을 발표함에 따라 연구개발이 가속화되고 있음.
- 바이오기술과 산업이 발전하면서 이로부터 파생되는 안전성과 윤리성의 문제가 국내외적으로 대두됨.

2. 국내 바이오산업의 동향

- '90년대 중반부터 발전하기 시작하여 현재 산업화 초기 단계임
 - 국내시장은 '94-'99년간 연평균 30% 성장하였으나, 시장규모는 6,700억원('99)으로 세계시장의 1.2%, 미국의 4.2% 수준임
 - 분야별로는 생물의약(56.3%), 생물공정(12.5%), 생물화학(9.2%), 생물농업(8.5%) 순임
- 전반적인 기술수준은 선진국의 약 60%에 불과하며, 특히, 안전성 평가 등 산업화 기술은 상대적으로 낙후되어 있음
 - 특허출원, 생물유전자 확보 등 바이오산업 발전에 필수적인 지식 기반이 취약한 상태임.
 - 내국인 특허는 외국 기술의 모방이나 개량에 편중되어 있음.

- 바이오산업 종사 인력도 '98년 기준 7,600여명으로 선진국에 비해 크게 열악한 실정임.
 - 미국('95) 305천명, 일본('98) 129천명임
 - 특히, 최근에 기술개발이 가속화되고 있는 유전체 분야 인력은 130여명으로 미미한 수준이고 Bioinformatics 분야 인력은 30여명에 불과함.
- 정부 지원은 연구개발 투자에 집중되어 인프라 및 개발기술의 산업화 투자는 상대적으로 미흡함.
 - 국내 바이오관련 예산비중('99) : 기초연구 개발 90%, 산업화 10%임
 - 각국의 바이오산업 지원예산(99, 중앙정부기준) : 한국 1.5억불, 미국 180억불, 일본 27억불임.
- 최근 들어 업계, 지방자치단체 등의 투자관심이 고조되고, 바이오 벤처기업의 창업도 활발함.
 - 향후 10년간 국내 시장은 연평균 25% 이상의 고도 성장이 예상됨.
 - 민간부문에서는 향후 5년간 약 4조원 투자할 계획임.
 - 바이오 벤처 기업수: (99) 70 → (2000) 350개임.

II. 생물산업 육성을 위한 주요 선진국 정책

1. 미국

가. 연방정부 차원의 지원 프로그램 구축

- 미국은 생물산업을 전략산업으로 선정, 연방정부 차원에서 생물산업에 대한 정책지원 프로그램을 구축하였음.
 - 1988년 「생명공학경쟁조정법」을 제정함.
 - 1992년 '21세기를 향한 생명공학기술 주도정책(Biotechnology for the 21st Century)', 1994년 '생명공학연구 프로그램'을 수립하였음.

- 1995년 과학기술정책국(OSTP) 국가 핵심 기술보고서에서 생명공학을 7대 핵심기술 분야로 선정하였음.

나. 생물산업 활성화 기반 조성

- 우수한 벤처기업 활동 여건과 자유로운 연구분위기 조성을 통해 연구중심 기업들로 이루어진 생물벤처업체가 탄생할 수 있는 환경을 제공함.
- 생물벤처캐피탈, 중소기업 연구개발 연방정부 원조, SBIR제도를 운영함.
 - * SBIR(Small Business Innovative Research)제도 : 중소기업의 연구개발을 연방정부가 지원하고 개발된 기술은 민간자본으로 상업화하고 있음..
- 대학 등에 생명공학센터를 설립하여 주정부 지원으로 운영하고 있음.

2. EU

가. Framework Program(FWP)

- 제 5차 Framework Program(FWP)을 추진하고 있음(1998~2002).
 - 생물산업의 R&D능력 향상 및 산업 활성화를 위해 생명공학 연구개발을 집중적으로 지원하고 있음.

나. EUREKA

- 유럽내 첨단기술분야의 대표적인 국제간 협력연구 촉진 프로그램임.
 - 의약, 생물농업, 식물유전체 엔지니어링, 생물공정 등 생물산업의 다양한 분야에 대한 프로그램을 추진하고 있음.

3. 영국(다양한 생물산업 진흥 프로그램 추진)

- 영국은 1980년 왕립협회(Royal Society)와 응용연구개발자문위원회(ACARD)에

서 생물산업 진흥을 위한 Spink보고서를 발표하였으며, 동 보고서에 따라 생명공학 기술개발을 위한 포괄적 정책을 수립함.

- 영국 통산부(DTI)는 기술개발, 기술이전, 산업화 등과 관련한 다양한 프로그램을 운영하고 있음.
- 생물산업육성 프로그램으로 기술지원 프로그램에는 SMART, SPUR, 사업화지원 프로그램에는 LINK, BIO-WISE, 기술이전 프로그램에는 STEP 등을 운영하고 있음.

4. 독일(규제에서 육성으로 정책방향 전환)

- 독일은 그 동안 생물산업육성을 규제해 온 ‘유전자법’을 1995년 개정하면서 생물산업의 적극적인 육성정책으로 전환함.
- 독일 연방정부의 연구기술부 주도로 생물공학 분야의 핵심기술을 개발하는 Biotechnologie 2000 프로그램을 시행하고 있음.
- 정부가 28억 마르크(한화 약 1조 4,000억원)를 투입하여 12대 분야를 선정하여 중점 지원함.
- 1996년부터 주요 지역모델을 선정하여 산업화를 촉진할 수 있도록 하는 BioRegio 프로그램을 산·학·관·연 협동으로 추진하고 있음.
- 17개 지역에 생물산업 집적지 조성을 위한 BioRegio 프로그램을 추진 중임.

5. 일본(범정부 차원의 육성정책 추진)

- 통상산업성, 과학기술처, 문부성, 후생성, 농림수산성 등 생물산업 관련 5

- 개 부처가 합의하여 생물산업 육성계획을 수립하여 추진하고 있음.
 - 1999년 1월 5개 부처가 합의한 '산업재생계획'에 의거하여 부처간 협력을 통한 생물산업의 가속화를 도모하고 있음.
 - 1999년 7월에는 생물산업 창조를 위한 기본 전략을 수립하였고, 그 해 12월에는 생물산업 관련 밀레니엄 프로젝트 계획을 수립하였음.
- 동 계획의 목표는 기초연구에서 응용·상품화 단계까지의 발전기반을 갖춘 연구기관, 인재, 벤처 기업군, 자금조달, 사회환경 정비임
 - 바이오 벤처기업의 창출, 기업집적 촉진을 위한 기존제도의 운용개선 및 지원확충, DNA 벨리 구상, 벤처 대학원 설립 등을 추진하고 있음.

Ⅲ. 생물산업 육성을 위한 산업자원부의 정책 방향

<추진방향>

- ◇ 바이오산업 기반구축 사업의 내실화 추진
- ◇ 선택과 집중을 통한 기술개발 효율 극대화 도모
- ◇ 안전성 기반의 조기 구축을 통한 건전한 바이오사회 기반 마련
- ◇ 글로벌 네트워크 구축을 위한 국제협력 강화

1. 바이오벤처기업의 창업촉진

가. 지역별 「바이오벤처기업지원센터」 설치 확대

- 바이오 벤처기업이 공동으로 사용할 수 있는 연구·생산시설 설치를 지원하고 있음(부지, 건축비 등은 지방자치단체, 민간 부담).
- 센터 1개당 50억원 규모 지원

- 현재 추진하고 있는 대상 지역별 현황은 다음과 같음.

지 역	주관기관	기간
춘 천	춘천시	98-2000
대 전	생명공학연구소	99-2003
전 주	전북대	2000-2002
진 주	경상대	2000-2002
나 주	동신대	2000-2002

- 현재 추진중인 지역의 운영실적과 지역별 추가 소요에 대한 파악을 토대로 2001년 3개 지역을 추가하여 총 8개로 확대할 예정임.

나. 바이오벤처 전용펀드 확대 조성

- 조성 현황 : '00.6월부터 250억원(정부 75억원) 규모를 운용하고 있음.
 - 현대기술투자 : 100억원(정부 30억원)
 - 우리기술투자 : 100억원(정부 30억원)
 - 한미열린기술투자 : 50억원(정부 15억원)
- ※ 정부 30%, 민간 70%의 비율로 조성(정부자금은 중소기업청의 벤처 투자조합 출자지원금 활용)
- 2001년 이후에도 확대 조성(2001년까지 500억원 목표)할 계획임.
 - 해외 투자기관과 공동으로 글로벌 펀드 조성 추진

다. 바이오펀드 운용 활성화

- 투자 유도를 위해 투자 자금의 다양한 회수 방안을 제시하고 있음.
 - 코스닥 상장 또는 기술료·매출액 일부를 제공하는 방안 등
- ※ 금년 상반기 정책연구용역 과제로 추진

라. 바이오기업의 코스닥 등록 확대 추진

- 심사위원회에 바이오산업 전문가 참여를 추진하고 현행 매출액 위주의

기업 평가 요건에 기술력·성장잠재력 평가 항목 등 추가함.

마. 바이오 투자 박람회 및 취업 박람회 개최

- 관련 협회, 학회 및 바이오벤처기업지원센터와 공동 개최함.

2. 바이오제품 시장 조성 및 사업화 기반 확대

- 바이오산업기술실용화센터를 설립함.
 - 미국 FDA의 cGMP(current Good Manufacturing Practice : 우수 바이오제품 제조·품질관리기준) 수준의 생산시설과 기술을 구축하여 바이오 제품을 미국·EU 등 선진국으로 수출을 확대함.

주관기관	사업규모	기간 및 위치
생산기술연구원	부지 5,000평 연건평 1,700평	98-2002 송도테크노파크

- 국제수준의 바이오 신물질 안전성평가센터를 확충함.
 - OECD GLP(Good Laboratory Practice ; 우수실험실기준) 수준을 만족하는 안전성평가센터를 확보하여 업계의 수출지원 및 신제품·신물질 개발을 촉진함.

주관기관	사업규모	기간 및 위치
화학연구소	부지 3,000평 연건평 5,200평	97-2002 대덕연구단지

- 바이오 제품의 판매활성화와 거래비용 절감을 위하여 바이오산업 전자상거래 시스템을 구축함.

주관기관	기간	사업내용
전자거래진흥원	2000-2002	전자거래시스템 구축 및 글로벌 네트워크 추진

- 바이오산업 관련 정보를 종합적, 체계적으로 제공하기 위한 바이오산업 통합정보시스템을 구축함.

주관기관	기간	사업내용
생물산업협회	2000-2002	국내외 시장동향, 수출입 현황, 기술개발현황, 업체현황, 인력·특허정보 등

- 특허 등 지적재산권 관리 및 기술거래를 확대함.
 - 바이오 신기술이 활발히 창출되는 대학 등 공공연구기관의 특허출원을 확대하고 특허기술을 민간으로 이전하여 사업화를 촉진함.
- 기술이전촉진법에 의해 「기술이전전담조직」 설치를 지원함.
 - ※ 금년 산기반사업으로 추진

3. 핵심 분야의 산업기술 및 응용기술개발 촉진

가. 산업화 기초기반기술 및 응용기술개발 지원 확대

- 중기거점 및 차세대 기술개발 과제로 추진중인 DNA Chip, 단백질 Chip, 고효율 항암제 전달체 등에 대한 지원을 계속함.
 - 2001년 사업비 : DNA Chip 35억원, 단백질 Chip 15억원, 고효율 항암제 전달체 16억원
- 동물세포 배양의 산업적 응용 및 식물체를 이용한 고부가가치 단백질 생산 기술개발 등 신규과제를 지원함.

- 기능성 화장품 원료, 식품 소재 개발 등 단기적으로 사업화가 가능한 과제에 대한 지원을 확대함.
- 지원금액: (2000) 44억원 → (2001) 60억원
- 포스트게놈 시대의 도래로 중요성이 부각된 생물정보학(Bioinformatics) 전반의 기반기술 확보를 추진함.
- 유전체학(Genomics)이나 단백질체학(Proteomics) 연구시 수반되는 대규모의 생물정보를 저장·검색·처리·분석할 수 있는 시스템 구축.
- 생물정보 DB 및 정보분석 프로그램의 개발 또는 국제적인 분석시스템의 Mirror Site 유치.
- 동 시스템을 활용하여 생물정보학 전문인력 양성.

나. 10대 핵심기술의 주식회사형 개발을 통한 상업화 추진

- 조기에 국제경쟁력을 확보할 수 있는 10대 분야의 기술개발 및 상업화를 촉진하기 위하여 핵심기술개발센터를 설립함.
- 산업용 단백질 소재, 산업미생물, 기능성 소재, 아미노산, 기능성 효소, 단백질 전달시스템, 바이오 플라스틱 등 10대 분야.
- 정부와 기업이 50 : 50의 비율로 공동 투자하여 설립, 운영은 민간기업이 전담함.
- 금년 중 기능성식품소재개발센터, 동물세포기능센터 등 2개 센터의 설립안을 마련하여 2002년부터 설립을 단계적으로 추진함.

다. 국내외 연구 인력의 효율적 활용 및 고급 인력 양성

- 국내 바이오산업 분야별 실태조사와 수급 예측을 통해 단기, 중·장기 고급 인력 양성 방안을 마련함(2001년 상반기).
- 단기 인력양성 프로그램(산기반사업)을 개설하고 중·장기적으로 교육부와 협의하여 대학의 학과 조정 및 교과정 개편 등 유도
- 해외 인력 활용을 위해 국제 공동 연구를 적극 지원

4. 안전성 확보를 통해 소비자친화적 산업으로 유도

가. 『유전자변형생물체의국가간이동등에관한법률』 제정

- 「바이오안전성의정서」의 국내 이행을 체제를 구축함.
 - 바이오안전성의정서(the Cartagena Protocol on Biosafety) : 유전자변형 생물체의 안전성 확보에 초점을 두고 국가간 이동 절차를 규정하고 있는 국제 협약(2000년 1월 채택)
- 2001년초 법률안 국회 통과 및 하반기 시행령 제정을 추진함.
- 법률 이행을 위해 바이오 위해성 평가 기술 개발 및 평가센터 설립을 추진함.

나. 소비자들의 합리적인 판단을 유도하기 위한 정보제공 확대

- 유전자변형생물체에 대한 유전자변형사실 표시제를 시행함.
 - 농산물('01.3월) 및 식품('01.7월)부터 우선 시행
- 유전자변형 생물체의 안전성 정보를 전문적으로 제공할 수 있는 바이오 안전성 정보센터를 구축함.

다. 기대 효과

- 유전자변형 생물체로 인한 위해 가능성으로부터 국민의 건강과 생물다양성의 보전을 위한 안전성 확보가 가능함.
- 유전자변형 생물체에 대한 국민인식을 제고함.
- 바이오산업 육성시책과 안전성 확보시책을 균형있게 추진하여 안전하고 경쟁력있는 바이오사회를 건설함.
 - 바이오산업이 국제경쟁력을 갖추기 위해 국제적인 규범이 정하는 안전성을 확보해야 함.

5. 국제협력 활동 강화

가. 국제협약에의 능동적 대응

- 「생물무기금지협약검증의정서」(UN, 2001년 중반 제정예정)의 국내 이행체제를 구축함.
- 국내외 대응사항 분석 및 국내 이행사업 방향 정립을 위해 생물무기금지협약세미나를 개최함.(2001.4월)
- 「생물및독소무기의개발·생산및비축의금지및폐기에관한법률(가칭)」 제정을 추진함.
 - ※ 생물무기금지협약(BWC : Biological Weapons Convention) : 생물무기 및 독소무기의 개발·생산 및 비축의 금지와 그 폐기에 관한 국제협약
- 「바이오안전성의정서(Biosafety Protocol)」 관련 정부간 회의에 참여하여 우리 입장을 반영함(2001.10월).

나. 선진국과의 기술협력 등 국제협력 확대

- 한·불 바이오산업 기술협력을 추진함.
 - 바이오산업기술 표준화 관련 양국 전문가의 공동세미나(한국측 기술표준원) 개최(2001, 서울)를 정례적으로 추진함.
 - 표준화 국제공동연구 및 바이오산업 전문인력 교류 추진
- 한·일 바이오산업 관련 정부 실무자 및 전문가 회의를 개최함.
 - 정부, 협회 및 학회로 대표단을 구성하고 연 2회 정례회의 개최
 - 바이오산업 관련 정보 교환, 산업협력, 공동연구 및 인력교류 등 추진

다. 해외시장 개척 및 투자유치 노력 확대

- 한·미 생물산업기술투자협력회의 개최함(2001, 서울).
 - 양국 생물산업 기업간 투자협력·기술거래 촉진

- 투자 유치 및 기술교류를 위한 국제전시회 등에 참여함
 - 스코트랜드 Bio-Mission 21(2001년 3~4월)
 - 유럽 BITA Food International(2001년 4월)
 - 미국 바이오 2001년 6월 등

- 외국인 투자유치를 위한 다각적인 노력을 전개함.
 - 국내 바이오벤처기업의 해외 IR 지원 및 투자유치단 파견
 - 관계부처와 협의하여 조세지원 고도기술대상 사업을 확대

제주지역의 생물산업 육성방안

고영환 교수

(제주대학교 생물과학연구소)

< 목 차 >

- I. 생물산업 네트워크(network) 구성안
- II. 바이오농업 육성의 필요성
- III. 바이오농업의 주변 사업
- IV. 제주도의 현황
- V. 특화기술의 개발 방향
- VI. 생물산업의 파급 효과

I. 생물산업 네트워크(network) 구성안

1. 중요성

- 생물산업은 생명공학기술에 의존하는 지식기반산업으로 생명공학기술을 적용하는 제조 또는 서비스업이다(그림. 생명공학의 산업화 분야 참조).
- 유사미래 인류의 농경사회는 산업사회를 거치면서 지식정보사회에 진입하였으며, 미래사회는 당분간(20~30년간) 정보산업과 생물산업이 지배할 것으로 예측하고 있다.
- 생물산업은 농·수·축산업, 화학공업, 환경, 에너지, 의료기기, 의약품, 식품, 신소재, 전자 분야 등에 광범위하게 분포한다.
- 현재와 미래의 식량, 에너지, 환경, 질병의 해결 방안으로 환영받고 있다.
- 제주도 지방정부도 국가시책에 적극적으로 참여하여 국가의 경제발전에 기여하고, 중앙정부의 역할을 분담하며, 지역주민을 위한 각종 지원대책을 강

구하기 위하여 중앙정부와 긴밀히 협의해야 할 것이다.

< 표 - 1 > 국내 바이오산업의 추진 경과(생명공학연구소)

구분	내용
1983년	유전공학육성법 제정(과기부) 생명공학육성법으로 개정(1994)
1994년	생명공학육성기본계획(Biotech 2000) 수립(과기부)
1999년	21세기 프론티어 연구사업 추진(과기부)
2000년	생물산업발전종합대책 수립(산자부)

생명공학(Biotechnology/Bioengineering)



적용 · 산업화 분야

- ☞ **생물의약** ; 호르몬, 혈액관련제제, 항암제, 항생제, 성장인자, 면역제제, 신경 전달물질, 백신, 진단시약, 유전자 치료제, 인공장기, 생체재료 등
- ☞ **생물화학** ; 생분해성 고분자, 아미노산, 유기산, 기능성 다당류, 향료, 색소, 계면활성제, 범용화학물질 등
- ☞ **생물환경** ; 환경정화용 미생물제제, 미생물공정, 탈취제, 응집제, 생물학적환경오염처리(bioremediation) 등
- ☞ **바이오식품** ; 대체감미료, 식품첨가물, 천연식품소재, 기능성식품소재, 발효식품, 효소, 기능성 지질 등
- ☞ **바이오에너지 및 자원** ; 연료용 알코올, 메탄발효, 광합성, 바이오가스(biogas), 미생물 침출(microbial leaching) 등
- ☞ **생물농업 및 해양** ; 우량 종자 및 묘목, 동물백신 및 진단시약, 미생물농약, 식물공장의 건설, 양어사료제, 형질전환 동·식물, 동물복제 등
- ☞ **생물공정 및 엔지니어링** ; 발효공정, 동물세포배양, 식물세포배양, 생물 반응기, 생물전환기술, 분리·정제 공정 등
- ☞ **생물검정 및 생물전자** ; 안전성 및 효능 평가기술, 바이오센서, 바이오 칩, 진단기술 등

< 그림 - 1 > 생명공학의 산업화 분야

2. 정부의 생물산업 네트워크 구성안

- 지역간 차별화, 특성화를 통한 생물산업의 육성과 네트워크화를 추진하고 있음(산업자원부, 2000년 4월).
 - 인 천 시 : 생물환경, 생물의약
 - 대 전 시 : 기초연구, 생물의약
 - 전라북도 : 생물식품
 - 전남 : 생물농업, 생물해양
 - 강 원 도 : 생물농업, 생물환경
 - 충청북도 : 생물의약
 - 경상남도 : 생물건강·소재
 - 제주 : 바이오농업???(2000. 12.)
- 정부의 거점 육성화 전략은 지역내 대학, 연구소, 산업계, 자치단체간의 유기적인 협력으로, 핵심생물산업을 집중 육성하고자 하는 것임.

II. 바이오농업의 육성 필요성

1. 농업의 역할

- 안전하고 건강한 식량의 공급
- 생활환경보전, 친환경 농업
- 바이오에너지 생산용 기질 제공
- 식의약품의 원료 제공, 생물기능의 신재료, 신기술로 활용

2. 농작물의 육종

- 1860년대 멘델의 유전법칙
- 교잡(배)육종법은 교배가 가능한 동일 종간에만 형질교환이 가능하기 때문에, 다양한 농작물의 형질 개선이 요구되는 현시점에서는 종간의 장벽을 극복하는 유전자 조작기술이 도입되어 적용되어야 한다.
- 1970년대 이후 유전공학 및 세포융합기술의 발달과 이용으로 목적하는 유전 형질을 지닌 품종을 자유자재로 만들 수 있는 단계에 이르렀다.

- 농경지의 감소에 따른 단위면적당 생산량을 증대시키고, 화학비료나 농약의 사용량을 절감시키고, 식품의 위생상 안전성을 확보하며, 환경파괴나 오염에 따른 제반 문제점을 극복하고, 인구의 증가에 따른 절대적 식량 부족량을 보충하며, 품질의 향상을 위해서 식품의 원료인 농작물의 유전자 재조합을 통한 품종개량은 하나의 필수적인 도구가 되었다.
- 바이오농업의 중요성 대두(< 표 - 2 > 바이오산업 유망 제품 및 기술; < 표 - 3 > 바이오농업 및 해양분야 유망 품목 참조)

< 표 - 2 > 바이오산업 유망 제품 및 기술(한국생물산업협회)

분야		2005년 이전	2005년 이후
바이오농업	우량종자	인공씨감자, 화훼 등	유전자조작 작물
	형질전환동식물	형질전환 전임상동물	의약품생성동식물
	무공해농약		미생물농약
	동물제제	산유촉진제 등	유전자조작동물백신

< 표 - 3 > 바이오농업 및 해양분야 유망 품목(산업연구원)

구분	중단기(1998~2003)	장기(2004 이후)
인공종자 및 우량묘목	인공씨감자, 화훼 등	유전자조작 곡물 및 작물
형질전환동식물	형질전환 전임상동물 모델	형질전환동물 형질전환식물
무공해농약 및 미생물제제	생육촉진제	생물비료, 미생물농약
동물제제	돼지 오제스키병 백신, 소 임신진단제, 산유촉진제	유전자조작 동물백신
해양생물자원		해양미생물이용, 해양조류이용

3. 종자의 중요성

- 1997년과 1998년 사이에 일본의 사카다사가 청원종묘를, 스위스의 노바티스사가 서울종묘를, 멕시코계의 다국적 기업인 세미니스사가 중앙종묘와 홍농종묘를 전격적으로 인수 합병하였다.
- 1996년 우리나라의 OECD 가입과 품종등록제 그리고 종자보증제도의 시행
- WTO체제의 출발과 종자의 교역
- 세계지적재산권기구(WIPO)와 국제식물신품종보호연맹(UPOV)의 식물 신품종에 대한 지적재산권보호
- 생물다양성에 관한 국제협약
- 우리나라의 종자산업법 시행(97년 12월 31일) : 신품종 육성자에게 품종보호권을 부여하고 보호품종의 상업적 이용에 관한 독점, 배타적인 권리 인정, 품종 보호대상작물을 연차적으로 확대하여 2007년까지 모든 작물을 품종보호대상으로 함(보호기간 20년, 단, 나무는 25년).

4. 식물 형질전환 기술

- 바이오농업 및 식품 산업에 파급 효과
- 농업용 종자, 고부가가치 화학물질, 공업원료, 바이오에너지원, 환경친화적 소재, 기능성 식품소재 등을 대량생산하기 위한 기반 기술
- 인간 및 동식물의 유전체 정보의 응용
- 형질전환기술 및 식물조직배양 기술은 선진국에 근접
- 획득된 형질전환기술은 다른 유사 분야에 활용 가능
- 인체에 대한 유해 여부와 자연생태계에 미치는 영향에 대한 논란이 있음
- 생명공학의 기초기반기술로 필히 넘어야 할 산업

Ⅲ. 바이오농업의 주변 산업

1. 식의약품(Nutraceuticals)

- 건강한 생활과 식생활
- 식의동원(食醫同源) ; 식의약품, 건강식품, 기능성식품 또는 건강보조식품.
- 대체의학의 방편 ; 향기요법, 한약, 생약요법 등
- 미국에서는 대체의학 이용자가 1차 의료기관(서양의학) 이용자의 두 배로, 대체의학의 이용에 소모되는 비용이 서양의학의 이용에 소모되는 비용과 같은 수준.
- 식의약품(nutraceuticals)에 대한 수요가 증가일로에 있으며, 정부에서는 식의약품(nutraceuticals)의 중요성을 인식하여, 각종 제도 및 법규를 개선하려고 노력하고 있다.

2. 바이오에너지

- 석탄, 석유, 천연가스 등 오염성 에너지원에 대비되는 청정에너지
- 청정에너지 ; 바이오에너지, 태양열, 풍력, 조력, 파력, 해수의 온도차, 지열 등
- 바이오에너지 ; 메탄가스, 알코올, 바이오가스 그리고 수소가스(< 표 - 4 > 바이오에너지 및 자원분야 유망 부문 참조).
- 메탄가스를 대기 중으로 방출하는 것은 자원의 낭비이며, 환경오염을 유발하는 행위이다(< 표 - 5 > 대기중 메탄가스의 세계적 발생원 참조).

< 표 - 4 > 바이오에너지 및 자원분야 유망 부문 (산업연구원)

구 분	중단기(1998~2003)	장기(2004 이후)
바이오매스이용	에탄올	탄수화물계바이오매스
바이오가스생산		수소, 메탄가스
바이오자원이용		석유 및 석탄 탈황

< 표 - 5 > 대기중 메탄가스의 세계적 발생원

발생원	메탄가스 발생량 (10 ¹² g/yr)
반추동물	80
흰개미류	10
논(벼밭)	110
습지(늪)	115
쓰레기매립지	40
호수와 대양	15
기타 자연적 요인	30
석탄채굴	35
천연가스의 연소	45
바이오매스의 연소	55
합계	535

3. 자연환경 보전과 생물의 다양성

- 생태계의 유지와 환경의 보전은 자연질서의 법칙에 따라 물질의 순환과정으로 이루어진다. 이러한 물질순환과정을 자연의 자정작용이라고 한다. 자정작용은 생태계의 고유특성으로 생태계를 구성하는 생물의 다양성을 전제로 이루어진다.
- 자연생태의 원리에 입각한 환경보전 대책이 유망하다(< 표 - 6 > 바이오 환경 분야 유망 품목 참조)

< 표 - 6 > 바이오 환경 분야 유망 품목

구분	중단기(1998~2003)	장기(2004 이후)
폐수처리제	미생물 및 효소이용 오폐수처리제 및 시스템	미생물과 효소기능 증진을 이용한 오폐수처리제 및 시스템
폐기물처리제	음식물 및 농축산폐기물 처리제 및 시스템	Bioengineering 이용 산업폐기물처리제 및 시스템
폐가스처리제	Biofilter	이산화탄소, 이산화황, 산업폐가스처리
bioremediation	토양유류오염분해제 및 시스템	중금속분해제 및 시스템 해양오염 복원 및 처리제
환경오염측정	BOD측정, 미생물측정	신기능 측정기법(형광물질 등)

IV. 제주도의 현황

1. 국제자유도시의 비전

- 기존 관광 및 1차 산업의 우위성
- 농업 및 생명공학에 초점을 두는 연구 위주 산업의 개발
- 기술기반 개선 교육에 투자
- 전통문화의 계승 보전
- 자연환경의 보전(환경지표설정, 1997년)
- 경제발전의 성취

2. 노동인구

- 제주의 노동인구는 249,000명(1998년 기준)
- 지난 4년간 제주의 노동인구 중 약 30%가 농수산업에 종사하였다(<표 - 7 > 산업별 고용 현황 참조).

< 표 - 7 > 산업별 고용 현황(제주도 통계연보, 1999)

연도	노동인구합계 (천명)	농·수산업		광산 및 제조업		사회간접자본 및 기타 서비스산업	
		천명	%	천명	%	천명	%
1995	248	77	31.0	13	5.2	158	63.7
1996	253	76	30.0	11	4.3	165	65.2
1997	265	77	29.1	12	4.5	175	66.0
1998	249	76	30.5	9	3.6	164	65.9

3. 제주도 총 생산량

- 농수산업이 1997년 제주 총생산량의 24%를 차지했다(< 표 - 8 > 제주도 내 총생산 참조).

4. 수출

- 1차산업이 총수출액의 약 46%를 점유하였다(1999년도 기준. < 표 - 9 > 제주도 수출 현황 참조).
- 1차산업 수출액 중에서는 수산업이 약 62%, 농업이 약 24%, 축산업이 약 14%를 각각 차지하였다.

5. 1차산업

- 1차산업은 제주도의 경제에서 총생산액의 24%, 고용인구의 30% 이상을 차지한다.
- 농업생산량은 1차산업 생산액의 63% 및 수출액의 24%를 점유하는 중요 산업이다.

< 표 - 8 > 제주도내 총생산(1997년 현재)

부 문	생산액(백만원)	구성비(%)
농업, 임업, 어업	1,077,251	24.1%
광물업 및 채석업		0.3%
1차산업 소계		24.4%
제조업	153,232	3.4%
2차산업 소계		3.4%
전기, 물, 가스	59,483	1.3%
건설	682,930	15.3%
도소매	484,649	10.9%
요식업 및 숙박	305,183	6.8%
운송 및 창고업	259,480	5.8%
통신	102,237	2.3%
금융 및 보험	244,874	5.5%
부동산 및 지원시설	383,272	8.6%
의료, 복지	269,808	6.0%
정부행정기관	480,707	10.8%
민간 비영리	84,390	1.9%
금융	-134,004	-3.0%
3차산업 소계		72.2%
산업부문 합계	4,466,286	100.0%

< 표 - 9 > 제주도 수출 현황(제주도, 1999)

구 분	금액(천달러)	비율(%)
1차 산업	53,783	45.94%
기타산업	63,281	54.06%
총 수출액	117,064	100%

6. 제주도내 산업체 현황

- 제주도내 산업체 현황

< 표 - 10 > 제주도내 산업체 현황

산업분류	사업체수	종사자수	비고
전 체 산 업	37,321	148,133	
해면양식어업	33	281	
수산물 부화 및 종묘생산업	2	13	
육지동물 가공 및 저장처리업	7	87	
수산물가공 및 저장처리업	24	182	
어육 및 유사제품 제조업	1	1	
수산동물 훈제, 조리 및 유사조제식품제조업	4	18	
수산동물 냉동품 제조업	4	14	
수산동물 건조 및 염장품 제조업	7	54	
식용해조류 가공 및 저장처리업	7	92	
기타 수산물 가공 및 저장처리업	1	3	
과실 및 채소쥬스 제조업	2	31	
김치 및 유사채소 절임식품 제조업	17	74	
기타 채소 가공 및 저장처리업	6	74	
식물성 유지 제조업	36	75	
액상 시유 및 기타 낙농제품제조업	2	62	
곡물 가공품 제조업	72	159	
전분 및 당류 제조업	10	202	
사료 제조업	3	65	
빵류 및 곡분과자 제조업	112	338	
코코아 제품 및 설탕과자 제조업	1	9	
국수, 라면 및 기타 식품제조업	7	99	
조미료 및 식품첨가물 제조업	33	68	

산업분류	사업체수	종사자수	비고
차류가공업	12	98	
수프 및 균질화 식품 제조업	3	182	
두부 및 유사식품 제조업	16	67	
건강보조 용액화 식품제조업	88	156	
소주 제조업	1	71	
탁주 및 약주 제조업	2	26	
비알콜성 음료 제조업	1	8	
비료 및 질소화합물 제조업	12	133	
기초의약품질 및 생물학적 제제 제조업	1	6	
생물학적 제제 제조업	1	6	
한의학 조제품 제조업	1	1	
가공 및 정제업 제조업	1	2	
자연과학 연구개발업	7	204	
농림 수산업 행정	16	474	
식물원 동물원 및 자연공원	9	287	
폐기물 처리업	3	37	
계	565	3,759	
비율	1,51(%)	2.54(%)	

- 지역별 생물산업 및 연계산업 분포 현황

< 표 - 11 > 지역별 생물산업 및 연계산업 분포 현황

산업분류	제주시		서귀포시		북제주군		남제주군		계	
	사업체수	종사자수	사업체수	종사자수	사업체수	종사자수	사업체수	종사자수	사업체수	종사자수
전체 산업	21,712	87,798	6,391	25,733	5,102	19,986	4,116	14,616	37,321	148,133
농업	49	571	41	1,084	148	2,867	181	2,113	419	6,635
어업	6	85	6	81	52	945	37	252	101	1,363
음·식료품 제조업	215	722	68	168	120	921	74	681	477	2,492
산업용 농·축산물 도매업	26	144	41	58	8	44	1	2	76	248
음·식료품 및 담배 도매업	240	1,503	193	1,259	26	116	26	146	485	3,024
음·식료품 및 담배 소매업	1,431	2,294	378	672	248	475	228	459	2,285	3,900

산업분류	제주시		서귀포시		북제주군		남제주군		계	
	사업 체수	종사 자수								
의약품 의료용 기구 및 화장품 소매업	385	1,204	91	358	58	72	52	66	586	1,700
자연과학연구개발업	3	137	1	10	1	1	2	56	7	204
농림 수산업 행정									16	474
하수 분뇨및 축산폐기물 처리업	10	79	5	41	3	18	4	13	22	151
식물원 동물원 및 자연공원									9	287
계	2,365	6,739	824	3,731	664	5,459	605	3,788	4,483	20,478
비율(%)	10.89	7.68	12.89	14.50	13.01	27.31	14.70	25.92	12.01	13.82

7. 제주 지역의 생물산업체 및 관련 주체

- 생물산업 연관 기업체

< 표 - 12 > 제주도내 생물산업 연관 기업체

생물산업 연관업체 분야	업체수	생물산업 연관업체 분야	업체수
생물화학	8	생물화학	1
바이오식품	72	바이오식품	1(3)
농업	5		
수산	15		
계	100	계	2(4)

• 기초·응용 기술개발 주체

제주한라대학제주향토음식연구소	제주한라대학생명과학연구소,
감자센터	제주도농업기술원
제주도축산진흥원	제주시농업기술센터
제주도해양수산자원연구소	농촌진흥청제주농업시험장
제주대학교환경연구소	국립수산진흥원남해연구소
남제주군종묘시험장	농촌진흥청감골시험장
산림청제주임업시험장	제주대학교기초과학연구소
제주대학교생명과학연구소	제주대학교산업기술연구소
제주대학교아열대농업연구소	제주대학교해양연구소
제주대학교동물과학연구소	제주한라대학산학협력과
제주산업정보대학산학협력센터	제주대학교감귤화훼과학기술센터
제주대학교중소기업지원센터	제주대학교아열대원예산업연구센터

• 창업, 기업유치, 생산연계 부문 주체

산학연 공동기술개발 제주지역컨소시엄(제주산업정보대학) 아열대원예산업연구센터(RRC, 제주대학교) 감귤화훼과학기술센터(제주대학교) 산학연 공동기술개발 제주지역컨소시엄(제주대학교) 제주대학교 창업보육센터 구좌농공단지 대정농공단지 금릉농공단지

• 마케팅 및 유통부문

(주)제주교역

• 인력양성 주체

제주대학교 ; 식물자원학과, 동물자원학과, 원예생명과학부, 해양학과, 환경공학과, 해양산업공학부, 해양생산과학부, 생물학과, 화학과, 식품영양학과, 식품공학과, 청정화학공학과, 의학과, 수의학과 제주산업정보대학; 환경시스템전공, 원예자원전공, 동물자원전공, 식품가공·식품 영양전공
--

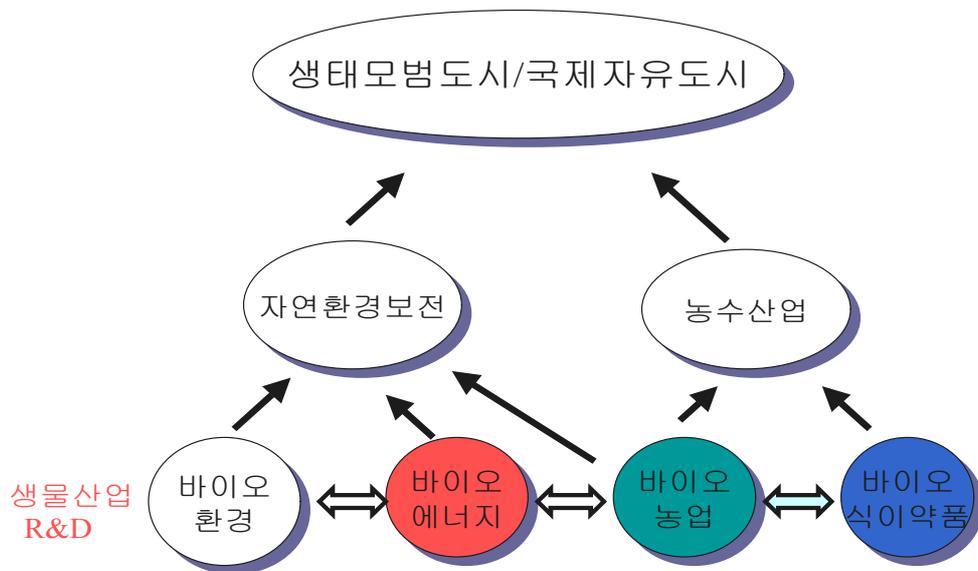
• 경영 및 정보제공

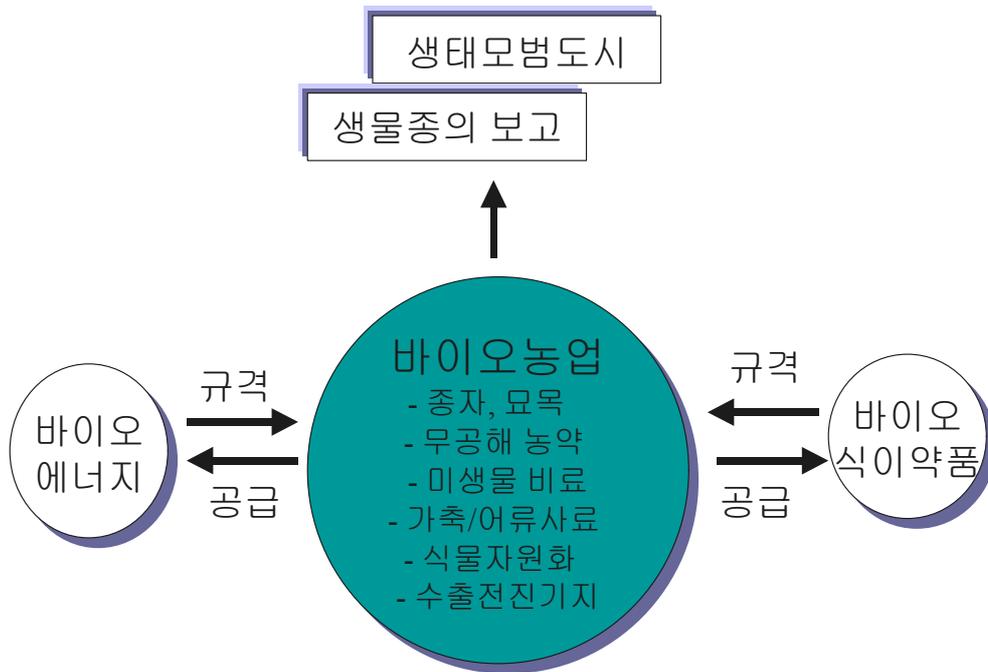
제주중소기업지원센터, 제주도소상공인지원센터, 중소기업진흥공단

V. 특화기술의 개발 방향

1. 생태모범도시의 건설

- 관광산업의 지속적인 발전을 위한 자연적 토대의 제공
- 바이오농업을 핵심 생물산업으로 육성
- 주변 연관산업인 바이오식의약품, 바이오에너지, 바이오환경산업의 동반발전 유도
- 식물의 육종, 유전자조작법에 의한 신품종 개발
- 무공해농약의 개발 보급
- 청정에너지의 사용으로 환경보전
- 식의약품의 개발로 건강생활
- 종의 보전과 종의 변화



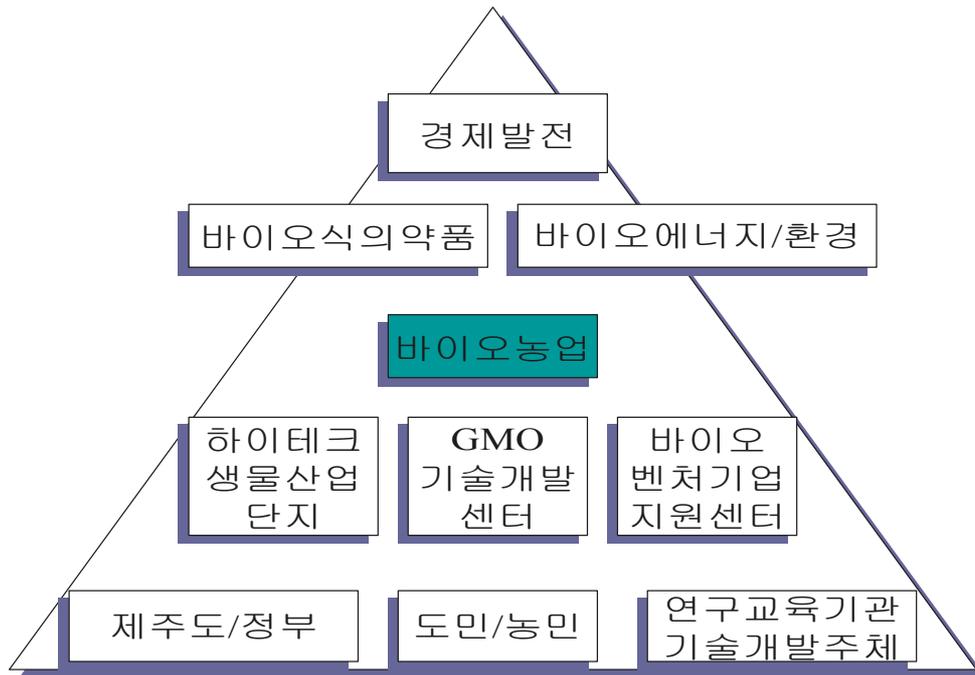


2. 생물산업의 육성

- 경제발전의 원동력
- high-tech, R&D 중심의 산업 육성
- 바이오 농업의 선진기지
- 농업의 체제 개편;
 - 저급노동력 중심에서 고급노동력 중심체제로
 - 내수중심에서 수출중심으로
 - 최종소비재 생산에서 주변산업의 원료/기질 공급으로
 - 저가의 상품 공급에서 고가의 상품 공급으로
- 제주도생물산업발전협의회
- 한국생명공학연구원의 분원 유치

VI. 생물산업의 파급효과

1. 신물질 개발분야



- 국내 최고의 해양생물과 1,800여종의 육상식물
- 제주자생식물자원의 유효성분과 생리활성에 대한 분석
- 육상식물과 해양식물의 각종 유효성분에 대한 자료의 수집, 관리, 정보의 제공
- 식의약품의 개발

2. 생물종의 보전과 개발

- 자생생물자원의 분류 및 분포
- 생물종의 보전 및 자원화
- 생물종의 개발 ; 곡류, 화훼류 등

3. 생활환경의 보전

- 골프장의 그린(잔디) 유지 방법의 개선
- 해양 유류오염의 제거를 위한 생물학적 접근 방법
- 토양오염의 생물학적 해결 방안(bioremediation)

4. 고령화시대에 대비한 산업 육성

- 고령인구에 적합한 자연 친화형 의식주
- 장수연구소, 노인성 질환의 예방 및 치료

5. 농업의 체제 개선

- 비료 및 사료의 개발
- 살충제, 살균제, 제초제 등 안전한 농약의 개발
- 유전자조작 농작물의 재배

6. 바이오에너지의 생산

- 생물자원(biomass)을 이용한 메탄, 알코올, 수소 등 청정 에너지의 개발 보급

감사의 글

오성보(제주도 과학기술자문관)

정완석(제주산업정보대학)

허윤희(제주대학교 생명과학연구소)

오현정(제주한라대학)

우리나라 생물산업체의 현실과 기대

- 바이오 벤처산업을 중심으로 -

이 행 우 대표

((주)벤티리)

< 목 차 >

I. 한국 벤처기업의 특징

II. 한국 벤처기업의 미래를 위한 제언

I. 한국 벤처기업의 특징

1. 정보 통신 분야에만 집중
2. 중.저급 기술력 보유
3. 투자를 벗어난 투기성 금융 구조(벤처 금융)
4. 단기적 투자 기간 인정(1~2년)
5. 순수한 벤처기업 극소수

II. 한국 벤처 기업의 미래를 위한 제언

1. 기본 방향

- 3~5년의 안정적 기술 개발 기간(50~100억원)
- 미래지향적, 시장지배적 기술 개발 필요
- 동·서양 장점의 조화를 통한 세계 시장 확보
- 규제의 철폐
- 전문 경영인 조기 도입

2. 발전 전망

가. Biochips

- 천연 화합물 : 1995 ~ 2050
- 미생물과 면역 : 1960 ~ 2030
- Gene engineering : 2030 ~ 2100

나. Natural Products

- No side effect, Non Toxic
- Medicinal Substances
- High functional foods, cosmetics, additives
- 고성장 시장
- 최대 시장 규모

다. Bio-tech: Medical Substances from Nature

- Specialities: Protein Chemistry, Conceptual Foods, Functional Cosmetics

라. World Marketing

- Ventree Inc (USA) → World Wide Market H. Q
- Ventree Co. Ltd(Korea) → R&D H. Q
- Beijing Ventree(China) → Product, Domestic Sales
- Clagen Asia(Hongkong) → Finance, South Asia Market

마. Organization Chart(Korea)

[Organization Chart (Korea)]

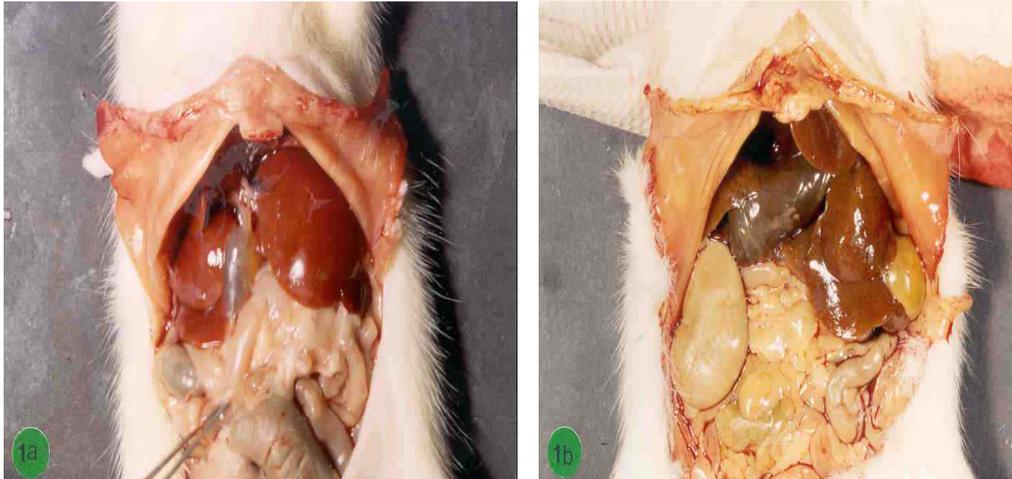


바. Specialities

- Protein Chemistry: Alzheimer, Arthritis, Liver
- Conceptual Foods: Next Generation Foods
- Functional Cosmetics: Wrinkle Removal, Anti-aging, Whitening

사. Morphological Observation of rats with bile-duct ligation

After 4 weeks of operation



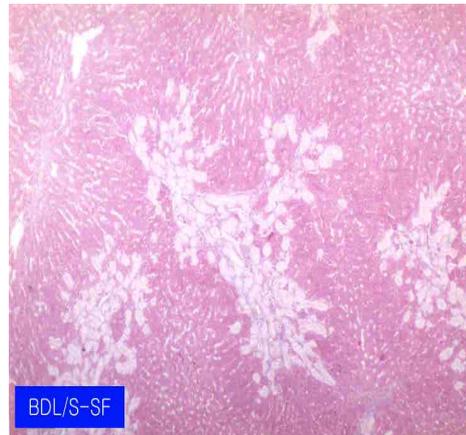
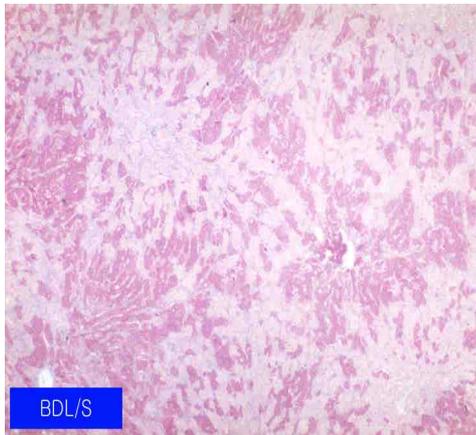
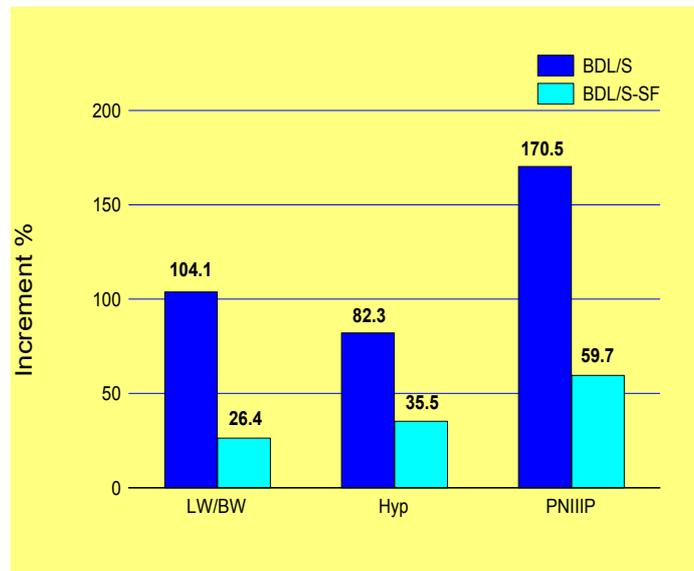
SF treated rat (BDL/S-SF group)

none treated rat (BDL/S group)

- Excellent morphologies of liver, kidney and spleen in SF-treated group
- Reduction of ascites, jaundice in SF-treated group
- Survival rate increase in SF-treated group

ㅇ. In SF-treated group, noticeable reductions were observed in

- Liver Enlargement,
- Hydroxyproline, the indicator for collagen accumulation,
- PNIIP, a collagen biosynthesis marker in serum, which indicates the retardation or reversal of fibrogenesis in the liver.



자. Conceptual Foods

- Hair Growth
- Improve Sexual abilities
- Effective Blood Circulation
- Control Liver Activity
- Perfect Nutrition

차. Functional Cosmetics

- High Skin elasticity & Anti-Wrinkle effect
- No Side effects
- Personally Fit Cosmetics (1:1)
- Remote Skin analyzing System
- Perfect Anti-Aging
- Whitening
- Anti-wrinkle

<사용 전>



<사용 후>



카. Soaps

- Variable Products (Soaps, Body Lotion, Foot Lotion etc.)
- Anti-fungal (Athletic foots, skin control)
- World-wide Marketings

타. Future Business

- Alzheimer
The most effective Alzheimer disease control
 β -amiloid control
No-side effect
Patent pending



- Arthritis
- Diabetic