

한국 생명공학 산업의 기술혁신 패턴

한국기술혁신학회 2001년 춘계학술대회 발표논문

2001. 5. 19.

한남대학교 경상대학

- 목 차 -

- I. 서설
- II. 산업별 기술혁신 패턴의 이론
- III. 생명공학 기술과 산업 동향
- IV. 한국의 생명공학 기술과 산업
- V. 결론

박정민 (duemin@nownuri.net)

한남대 경제학과

한국 생명공학 산업의 기술혁신 패턴

1. 서설

생명공학산업은 대표적인 미래성장산업이며, 과학적 활동의 결과 발생하는 과학주도혁신이 가장 많이 일어나는 과학기반산업이다. 게다가 최근 Genomics의 등장과 확산에 따른 생명공학기술의 획기적 발전과 정보통신기술과 생명공학기술의 융합 등은 생명공학산업에서 기술혁신이 이루어지는 패턴에 대한 관심을 고조시키고 있다.

특정산업에서의 기술혁신 패턴에 관한 연구는 제법 있다. 산업 일반을 기술혁신의 패턴에 따라 구분한 연구는 Pavitt (1984, 1991), Robson et al.(1988), Malerba(1992)가 있다. 또한 박용태외(1994)는 기계산업, 정보산업, 화학산업의 기술혁신 패턴을 비교·분석하고, (송성수, 2000)는 철강산업의 기술혁신패턴을 검토한다.

생명공학산업 전반에 대한 연구로 김주환외(1999), 현병환, 조성복(1998) 등이 있고 생명공학 벤처기업에 대한 연구는 박정민, 설성수(2000), 박호용(2000), 현병환외(1999), 안두현외(1998), Zucker(1998) 등이 있다. 생명공학산업에 대해 혁신체계론적 접근 혹은 기술혁신패턴에 대한 연구로는 송위진외(2001), Fontes(2001), McMillan(2000), 안두현외(1999), 정선양(1997) 등이 있다. 한편 설성수외(2001), 조황희외(2001)은 생명공학산업을 과학기반산업의 범주에서 검토한다.

그런데 한국에서의 생명공학산업 논의는, 특히 이 분야에서의 기술혁신 패턴은 선진국과 거의 같은 수준으로 언급되어 국가별 특수성이 존재하는지의 여부가 밝혀지지 않고 있다. 이러한 점에 따라 본 연구는 한국의 생명공학 산업의 기술혁신 패턴이 선진국의 그것과 어떻게 다른지를 검토하고자 한 것이다.

논의는 산업별 기술혁신 패턴에 관한 그간의 검토를 검토하고 본 연구의 시각을 밝힌다. 나아가 생명공학산업 일반의 기술과 산업 동향을 검토한 후 한국에서의 기술과 산업 동향을 검토한다. 이후 최종적으로 한국의 생명공학산업 기술혁신패턴이 선진국과 어떠한 차이가 있는지를 지적할 것이다.

II. 산업별 기술혁신 패턴의 이론

1. 산업 일반의 기술혁신 패턴

1) 기술혁신패턴에 따른 산업 분류

(1) Pavitt (1984, 1991)

Pavitt (1984, 1991)은 1950-60년대에 이루어진 영국에서의 기술혁신에 대한 조사를 통해 산업을 기술혁신의 패턴에 따라 공급자주도형, 규모집약형, 특화된 공급자형, 과학기반형으로 구분했다. 이에 따르면 과학기반산업은 전자산업과 화학산업이 해당된다. 1991년에는 금융, 소매, 출판 및 여행 등의 정보집약형 산업을 추가한다. 이 연구는 산업부문 간에는 기술혁신의 패턴에 차이가 있고 이러한 차이를 통해 기술전략이 형성되어야 한다는 것을 보인다. 부문별 차이를 보면 기업의 규모면에서는 화학, 운송, 항공, 전자 등은 대기업이 적합한 산업이고, 기계, 소프트웨어 등은 소기업으로 충분하다.

<표 1> Pavitt의 기술혁신패턴에 따른 산업군 분류

	전형적인 분야	주요 기술원천
공급자주도	농업, 서비스, 전통제조	공급자, 생산학습
규모집약	대량생산, 자동차 소비내구재, 토목	생산엔지니어링, 생산학습, 공급자, 디자인부서
정보집약*	금융, 소매, 출판, 여행	S/W나 시스템부서, 공급자, 시뮬레이션
과학기반	전자, 화학	R&D, 기초연구
특화공급자	기계, 도구, S/W	디자인, 고급이용자

* 정보집약은 Pavitt의 1991년 논문에서 등장

혁신의 목적에 있어서도 의약 및 기계는 상품혁신이 주를 이루고, 철강에서는 공정에 대한 혁신이 주로 일어난다. 그러나 자동차에서는 상품, 공정 혁신이 모두 일어나는 혼합형을 보인다. 혁신의 주체는 농업 및 전통 제조업에서는 공급자가 혁신을 주도하고, 도구, 기계, 소프트웨어 산업에서는 사용자가 혁신의 주체이다. 상품의 유형은 대량생산제품, 즉 소비재의 경우에는 가격에 예민하므로 가격 요소가 중요하고 의약 및 기계 등은 상품의 가격보다는 질에 민감하여 이와 관련된 기술혁신

이 주로 일어난다. <표 1>는 이 분류에 따른 산업의 분야와 함께 각 형태의 주요한 기술의 원천을 보여준다. 산업의 분류를 통해 기술이 속한 산업의 특징을 이해하면 기술이 어디서 발생하고 경쟁력에 어떻게 공헌하는 지를 알 수 있고 기술전략의 내용을 시사하기 때문에 기업을 분석하는 데 유리하다.

(2) Robson et al. (1988)

Robson et al. (1988)은 1945년에서 1983년까지 영국에서 상업화된 4,378개의 기술혁신에 관한 정보를 기초로 하여 기술혁신의 패턴을 생산 측면과 다른 부문에서의 활용이라는 측면에서 정리하였다. 이에 따르면 크게 기술혁신을 창출하는 산업과 기술혁신을 활용하는 산업으로 구분될 수 있다. 전자의 경우는 대부분의 제조업에 해당하고, 비제조업은 창출되는 기술혁신은 전체 기술혁신의 3%를 차지하지만 그에 반해 전체 기술혁신의 50% 이상을 활용하고 있는 것으로 나타났다. 제조업은 다시 두 개의 그룹으로 나누어진다. 그 하나는 화학, 기계장비, 기계공학, 전자, 과학기기 산업으로 이 부문은 전체 기술혁신의 65% 정도를 창출하고 있고 제품혁신과 공정혁신의 비율이 4 대 1로 제품혁신이 주류를 이루고 있다. 또한 이 분야에서 창출된 기술혁신은 동시에 다른 여러 산업에서 활용되고 있어 기술혁신의 중요 생산자 그룹이다.

다음으로 금속, 전기공학, 조선, 자동차, 건축자재 산업에서는 전체 기술혁신의 25% 정도를 담당하고 있고 제품혁신과 공정혁신의 비율이 1.4 대 1로 제품혁신이 많기는 하나 거의 비슷한 비율로 혁신이 일어나고 있다.

(3) Malerba (1992)

Malerba (1992)는 특정산업의 지식기반, 수요조건, 경쟁유형이 기술혁신을 추진하는 조직의 구조와 신기술의 상업화 전략에 중요한 영향을 미친다는 가설 하에 기술혁신주체들의 조직구조에 대한 실증연구를 수행했다. 이 연구는 1980년대 유럽의 컴퓨터 산업과 반도체 산업을 주대상으로 하여 1) 기본부품 및 기본시스템 산업군 (basic component and basic system)과 2) 시스템응용 산업군 (system application)으로 분류한 결과 <표 2>와 같은 특성을 보인다. 기본부품 및 기본시스템 산업군에서는 연구개발비용이 크고, 제품의 표준화가 달성되었고 전세계적 차원에서 경쟁을 하기 때문에 규모의 경제를 이룩하는 것이 기술혁신의 주요 목표가 된다. 시스템 응용 산업군은 다양한 수요자의 요구에 어떻게 부응하느냐가 신제품의 성공에

핵심적인 요소이므로 기업 내부에서만 개발을 수행하는 것이 아니라 전문업체를 활용하여 기술혁신을 수행한다.

<표 2> Malerba의 산업분류 및 특성

산업분류	대표적산업	경쟁요소	조직적대응	정부정책
기본부품 및 기본시스템	표준화된 반도체HW, 시스템 SW	규모의 경제 생산기술	기업합병 전략적 제휴	임무지향적
시스템 응용	ASIC, 응용 SW SW 서비스	수요자 만족	전문업체와의 네트워크	확산지향적

자료: 박용태의 (1994)

2) 개별 산업 내에서 이루어지는 기술혁신 패턴

(1) 산업별 기술혁신 패턴 비교: 박용태의 (1994)

박용태의 (1994)는 기계산업, 정보산업, 화학산업에 있어서의 기술혁신 패턴을 기술속성, 혁신주체, 혁신유발의 세가지 측면에서 비교 분석했다. 이 연구는 기술혁신과정은 특정산업에서는 현상적인 규칙성이 존재하고 이는 기술혁신의 결정요인이 산업별 특수성을 반영하기 때문인 것을 보여준다.

산업별로 기술혁신 패턴을 결정하는 요인은 다음과 같다. 첫째, 기술적 기회, 둘째, 기술성과의 전유체제, 셋째, 수요구조의 차이, 넷째, 기술혁신과 조직의 문제이다. 기술적 기회는 과학적 지식을 통해 제공되고, 기술성과의 전유체제는 민간기업이 기술혁신에 투자할 핵심적인 동력으로 작용한다.

세 산업의 공통점은 먼저, 기술속성의 측면에서 20세기말부터 기술적으로 융합되는 경향을 보인다는 것이다. 화학산업의 신소재 창출은 기계 설비에 투입되는 원재료에 변화를 가져오고 정보산업은 기업을 경영하는 전반에 폭넓게 활용되고 있다. 둘째로 기술혁신의 파급효과와 산업 연관효과가 매우 커서 타산업의 기술혁신에 대해 직·간접적인 열쇠를 쥐고 있다는 것이다. 기계산업의 경우에는 산업의 형태를 불문하고 산업에서 직접적인 생산활동을 수행하고, 화학산업은 거의 모든 산업의 원재료를 구성한다. 또한 정보산업은 산업의 정보화가 점점 진전되고 있어 다른 산업의 혁신의 일으키는 기본적인 요소로 작용한다 (<표 3> 참조).

<표 3> 산업간 기술혁신패턴 비교

구분	기계설비산업	정보산업	화학산업	
			석유화학	정밀화학
핵심기술	기계설비 및 부품의 설계기술, 사용자의 전용기술	컴퓨터 및 부품의 설계기술, 소프트웨어 설계기술	신공정 기본 설계, 촉매개발	물질 설계 및 합성, 과학적 지식
기술혁신 주 대상	신제품의 창출, 사용자 기업의 공정개발	소프트웨어의 개발, 정보서비스의 질 향상	공정개발	신물질 창출
기술혁신 원천	생산현장의 제작경험, 과학적 지식	과학적 지식에 바탕 조직적 연구개발 활동	과학적 지식, 공정운영, 설계경험	
수명주기 (한국위치)	단위기계: 성장기 산업설비: 도입기	도입기 (소형컴퓨터 제외)	성장기	도입기
주요 혁신주체	공급기업, 수요업체, 정부, 대학, 공공연구소 역할분담	선진국: 기업,부설연구소 우리나라: 기업, 연구조합, 공공연구소	엔지니어링 업체	대학 공공연구소
경쟁구조	대기업, 중소기업 혼재	일반적 대기업 위주. 소형컴퓨터, 응용SW는 중소기업의 비중 높음	대기업	중소기업
시장의 성격	주로 수요견인형 수요자의 역할 중요	기술주도형, 수요견인형 혼재	수요견인형	기술주도형
시장구조 결정요인	수요산업의 니즈	생산자가 주도	수요산업의 니즈	
시장규모 결정요인	수요산업의 설비투자규모와 계획에 의해 결정	수요산업의 합리화 계획과 공정변화	수요산업의 성장세	
기술보호체제	지적소유권	특허, 저작권, 컴퓨터프로그램보호법 고급제품: 기술격차	물질특허 기술격차도 중요	

자료: 박용태의 (1994) 재구성

(2) 철강산업의 기술혁신 패턴: 송성수 (2000)

철강산업은 1990년대 분리 공정을 생략하고 생산공정을 직결할 수 있는 혁신적인 공정기술의 출현으로 인한 세부공정이 통합 경향이 나타나면서 기술시스템의 변모를 겪고 있다. 또한 생산방식에 있어서도 “최대 생산과 최대 판매”라는 성장전략이 적정생산을 통한 최대이익의 확보라는 개념으로 전환되고 있다. 송성수 (2000)은 이러한 상황하에 철강산업의 환경변화를 고려하여 기술혁신 패턴의 전개방향을 고찰한다. 먼저 기술추세 측면에서 보면 철강산업은 차세대 신기술(용융환원로)의 출현과 미니밀의 비중이 증가하는 등 급격한 기술변화를 겪고 있다. 이에 반하여 기존 공정의 개선이나 일관제철소의 변화도 동시에 진행되고 있어 기존의 공정과 새로운 공정이 혼용된 형태로의 점진적 변화가 나타나고 있다. 앞서 언급한 것처럼

성장전략의 변화는 혁신유발의 측면에서 새로운 변화를 보인다. 전체적으로 철강재의 소비량의 증가는 둔화되고 있으나 고급강재에 대한 수요가 증가하고 있어 이에 대한 유인이 크게 확대되고 있다.

혁신의 주체에 있어서의 변화도 크게 나타나고 있는 데, 1990년대 중반까지는 선진국은 고급강재의 생산을 담당하고, 개발도상국은 보통강재를 생산하는 것으로 영역을 특화하였다. 최근들어 선진국은 리스트럭처링을 통해 보통강재에 대한 원가 경쟁력을 회복하고 있으며 개발도상국도 고급강재 생산을 시도하고 있어 복합적 경쟁구도가 전개되고 있다. 이는 기업의 통합을 가속화하거나 전략적 제휴를 통해 새로운 경쟁에 적응하려는 업체들의 노력이 가속화되고 있다. 또한 수요업체 및 엔지니어링 업체와의 공동연구로 혁신네트워크를 구성한다.

2. 과학기반산업의 기술혁신패턴

과학에 기반한 혁신과 산업은 1980년대부터 관찰되며 최근 생명과학의 산업화와 관련되어 과학기반혁신과 과학기반산업에 대한 관심이 고조되었다. 최근 산업에서의 나타나는 특징적인 현상은 산업 전반에 걸쳐 과학화가 심화¹⁾되고 있으며 과학기반 산업이 확대되고 있다는 것이다 (Narin et al., 1997; Albert et al., 1998; OECD, 1999). 설성수의(2001)에서 과학기반산업은 '기초연구나 과학적 활동이 기술혁신의 기반이자 산업 자체를 형성하는 산업'으로 정의하며, 과학집약도가 높은 분야로 공통적으로 도출된 정보산업(IT), 생명공학산업(BT), 나노기술(NT)을 3대 과학기반산업으로 분류하였다. 특히 생명공학 산업은 의약, 생명공학, 보건산업 전체를 과학기반산업으로 간주할 수 있다.

1) 과학주도혁신과 공학주도혁신

高橋琢磨 (1999)는 기술혁신 패턴을 공학주도혁신, 과학주도혁신으로 구분하고 그 차이를 분석한다. 패턴을 이루는 요소는 혁신의 근원, 혁신형태, 혁신수단, 경쟁우위의 원천, 특허정책, 혁신주체, 자금제공자 및 대표적 산업이다. 생명공학산업은 과학주도의 단계로서 과학주도혁신에 있어 대표적인 산업이고 현존하는 제품을 치환하는 대체수요형 산업으로 파악하였다.

1) 과학화란 과학집약도의 증가현상을 말하며, 최근 모든 국가·모든 산업에서 과학화가 심화되고 있음

<표 4> 과학주도혁신과 공학주도혁신의 차이

	과학주도혁신	공학주도혁신
혁신의 근원	개인의 창조성	조직의 창조성
혁신의 형태	돌파형(breakthrough) 혁신	개량형 혁신
혁신의 수단	과학적 연구	기반기술, 엔지니어링기술
경쟁우위의 원천	특허를 취득한 발견물	사실상의 표준 확립
특허정책	특허의 배제	cross-licensing
혁신의 주체	벤처기업, 대기업	대기업, 벤처기업
자금제공자	NIH, 벤처캐피탈, 자본시장	벤처캐피탈, 자본시장
대표적 산업	생물산업	전자장치산업

자료: 高橋琢磨 (1999) 조항희, 박수동 (2000)에서 재인용

2) 과학기반산업의 기술혁신 속성

설성수(2001)는 과학기반산업을 과학기반혁신을 바탕으로 산업론적 관점 하에서 분석한다. 이는 과학기반혁신과 과학기반산업은 동일시될 수도 있지만 동일시할 수 없다는 데서 출발한다. 즉 전자기술은 전자산업의 바탕이지만 전자기술만이 전자산업을 구성하는 것은 아니며, 전자기술 또한 전자산업에만 쓰이는 것이 아니기 때문이다.

<표 5> 과학기반산업의 기술혁신 속성

혁신의 원천	과학적인 탐구활동 자체
혁신의 형태	제품혁신이 주 (특히 생명공학산업)
혁신의 투입	연구개발비의 투입이 큼
혁신의 장소	대학, 연구실
혁신의 주체	소규모 벤처기업
혁신의 유발	과학의 발전
기술의 이전	지식의존적이어서 확산이 용이
연계의 정도	창출에서 산업화까지 연계

자료: 설성수 (2001)에서 재작성

과학기반산업의 기술혁신 속성은 과학적인 탐구활동 자체가 기술혁신의 원천인 과학주도혁신이라는 점이 가장 특징적이다. <표 5>는 과학기반산업의 기술혁신의 속성을 보여준다. 과학적 탐구활동이 기술혁신의 원천이면서 동시에 과학의 발전을 통해 기술혁신이 유발된다. 기술혁신의 형태를 보면 과학주도혁신에서는 돌파형 혁신

신이 주로 나타나는 데 이는 생명공학산업에서의 새로운 제품혁신이 일어나는 것과 연결되어 설명할 수 있다. 또한 과학기반산업은 연구개발집약도가 매우 높아 고도의 지적활동이 바탕이 되며 지적활동이란 개인의 창의성에 기반하므로 다양화가 보장된다. 혁신의 장소 역시 과학적인 탐구활동(혹은 고도의 지적활동)이 가장 활발하게 일어나는 대학 혹은 연구실이며 기초적인 연구의 현장이 기술의 산실이자 산업의 모태가 된다.

3. 본 연구의 시각

이상의 연구들을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 산업별 기술혁신 패턴은 분명 차이를 보이고 있다. 둘째, 산업별 기술혁신패턴을 보기 위해서는 기술 측면과 산업측면 양쪽을 보아야 하고, 특히 이 두 측면의 상호작용을 주의깊게 모니터할 필요가 있다. 셋째, 그림에도 이상의 연구들에서는 특정산업의 기술혁신패턴이 국가별로 차이가 있는 지를 보여주지 않고 있다.

이에 따라 본 연구는 다음과 같은 시각을 가지고 분석을 하기로 한다. 산업별 기술혁신 패턴을 검토하기 위해서는 기술과 산업 양 측면의 검토가 필요하고, 두 부분의 상호작용이 중요하다.

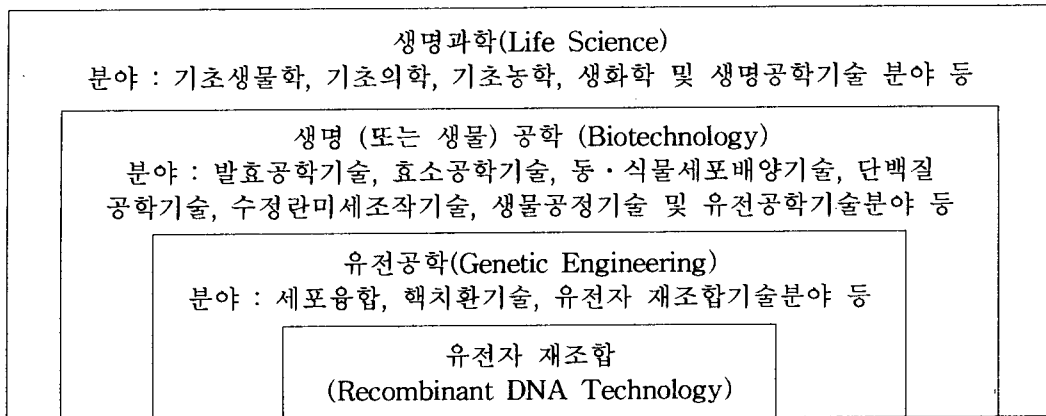
한편 다른 연구들에서 보여주지 못하는 문제, 즉 국가별로 산업별 기술혁신패턴의 차이가 존재하는 지를 생명공학산업을 대상으로 검토할 것이다.

III. 생명공학 기술과 산업 동향

1. 기술동향

생명공학 산업은 생명공학 기술을 바탕으로 생물체의 기능과 정보를 활용하여 유용한 물질을 생산하는 산업으로 정의할 수 있다. 이는 생명공학 산업이 제품이나 서비스에 의해 정의되기보다는 공통적으로 사용되는 기술에 의해 정의되는 산업이라는 것을 의미한다 (송위진외, 2001). <그림 1>에서 보는 바와 같이 생명공학 기술은 유전자 재조합 기술을 바탕으로 하여 유전공학(Genetic Engineering), 생명공학(Biotechnology), 생명과학(Life Science)의 범주까지 광범위하고 다양한 기술적 바탕을 가진다.

<그림 1> 생명공학 기술의 범위



자료: 과학기술부 (1994), 생명공학육성 기본계획

1990년부터 시작된 인간게놈프로젝트의 완성으로 현재의 생명공학 기술은 커다란 변화를 겪고 있다. 지난해 1차 게놈 해석결과 인간의 유전자는 생명정보를 담고 있는 염기쌍이 4만여개로 프로젝트의 시작 당시 예상했던 10만여개보다 훨씬 적다. 이에 따라 유전자의 완전한 지도가 작성되는 데까지 걸리는 시간은 더욱 짧아질 것이고, 또한 1개의 염기쌍이 여러 개의 유전정보를 담고 있을 것으로 예상되어 유전체의 기능을 연구하는 것이 더욱 중요해질 것으로 예측된다.

이와 같은 게놈연구의 발전은 인간과 동식물의 염기서열과 '유전체 정보'를 제공하여 생명공학 관련 지식이 새롭게 재해석되고 생명공학 산업 제품 및 서비스의 생산과정이 변화하고 있다. 그동안 각 분야별로 추진되었던 연구활동이 공통의 언어를 마련할 수 있게 되어 통합의 가능성이 열렸고, 개개 연구활동의 분화도 가능하다 (송위진외, 2001). <표 6>는 시대별로 바탕이 되는 기술의 변화를 보이고 있다. 최근들어 DNA정보에 기반한 생물정보학(bioinformatics)의 등장 및 뇌형컴퓨터 등 정보기술과 생명공학기술의 융합되고 있다.

<표 6> 시대별 기술의 변화

연 대	주 요 기 술
1900년대	미생물순수배양기술
1940년대	항생물질 탐색기술
1950년대	발효기술
1960년대	세포대량배양기술, 바이오파브리케이션기술, 동·식물형질전환기술
1990년대	단백질공학기술, 환경생명공학기술, 바이오센서/바이오칩기술
2000년대	DNA정보, 뇌형컴퓨터, 생체에너지기술, 바이오마이크로머신, 효소전지

자료: 현병환, 조성복, (1998)

2. 산업동향

세계 생명공학 시장은 <표 7>에서 보는 바와 같이 1997년 313억불에서 2008년 1,250억불로 10년간 약 4배로 급증할 것으로 예상된다. 현재까지는 보건의료분야의 시장이 가장 커서 전체 시장규모의 60% 정도에 이르고 있다.

<표 7> 세계 생명공학 주요 응용분야별 시장 현황과 전망 (억불)

	1997	2000	2003	2008	2013
생물의약	188	324	444	688	1155
생물화학	22	38	52	100	168
생물환경	18	32	44	87	147
바이오식품	16	27	37	75	126
바이오 에너지 및 자원	6	11	15	37	63
생물농업 및 해양	26	27	37	75	126
생물공정 및 측정시스템	47	81	111	188	315
총계	313	540	740	1250	2100

자료 : 김주한 (1999)

Oliver(2000)는 향후 최소한 10년 동안은 대부분의 바이오 제품이 제약분야에서 나올 것을 예견한다. 생명공학 산업이 인간에게 유용한 물질을 창출하기 위해 유전자조작을 하는 것이라 할 때, 결국 인간의 가장 큰 관심과 수요는 의약분야에 있다는 것에 기인한다. 게다가 생명공학기술이 연구 및 지식 수준에서 가장 앞서 있기 때문에 가능한 것이다.

<표 8>는 1996년 미국 상무부에서 조사한 생명공학 제품별 매출 현황이다. 역시 의약품 분야의 매출액이 94억불로 전체 생명공학 산업의 매출액의 92%를 차지하는 것으로 조사됐다.

생명공학산업은 그렇게 큰 기업으로 구성되어 있지 않다. Nature Biotech의 세계 바이오 상장기업 조사(1999)에서는 다음과 같은 사실을 보인다. 세계 생명공학 상장기업의 50%는 총수입 500-5000만불 규모이며, 총수입 5,000만불 이상인 기업은 전체의 13%에 불과하다. 둘째, 세계 생명공학 상장기업 중 87%가 순손실 단계이며 총수입 5,000만불 이상의 기업에서 이윤이 발생하고 있다 (과학기술부, 2000).

<표 8> 바이오테크 제품별 매출 현황 (단위: 억\$)

	1996년(실제)	2006(추정치)
의료 제품	94	286
치료약품	76	245
진단시약	18	41
비의료 제품	8	38
농업	3	17
특수목적의 화학 물질	3	16
비의료용 진단시약	2	5
총계	102	324

자료: 미국 상무부(DOC) 기술정책국 (1997) Oliver(2000)에서 재인용

Senker(1996) 역시 미국 내 생명공학의 산업화가 대학의 연구자와 벤처자본가들에 의해 설립된 신생 벤처기업들에 의해 주도되고 있다는 것을 보인다. McMillan et al.(2000)도 대학과 연계된 소기업들에 의해 기술의 발전이 주도된다는 점을 보여준다. 이는 기술의 상업화를 대기업 연구자들이 주도한 반도체 산업 및 전자산업과는 상당한 차이를 보이는 것이다. 이러한 현상은 미국에서만 나타나는 것은 아니다. 초기에는 거대기업을 중심으로 생명공학 기술의 상업화가 이루어졌던 영국과 독일에서도 신생 벤처기업의 수가 빠른 속도로 증가하고 있으며, 우리나라의 경우에도 정부연구소와 대학의 과학자들을 중심으로 벤처기업 창업이 증가하고 있다. 이처럼 벤처기업들에 의해 기술의 발전 및 산업화가 주도되고 있는 것은 생명공학 산업이 대학의 실험실과 밀접하게 연계되어 과학의존적이라는 점에서 그 이유를 찾을 수 있다. 또한 생명공학 기술 자체가 성숙된 기술이 아니고 새롭게 등장하는 기술이라는 점에서 이러한 특성이 더욱 크게 나타나고 있다.

생명공학 분야의 기술혁신이 소규모의 창업기업에 의해 주도되는 이유로 다음과 같은 내용이 지적된다 (조황희, 박수동, 2000). 첫째는 일반적인 산업발전의 과정으로, 지배적인 디자인이 결정되기 이전까지인 초기에는 제품 자체에 대한 혁신이 활발하게 일어난다. 즉 초기에는 다양한 제품이 출시되고 이들이 시장에 적응하는 과정을 거쳐 지배적인 디자인이 결정된다. 따라서 초보단계에 있는 생명공학 산업은 제품혁신이 주를 이루고 창업기업이 기술혁신을 주도하게 된다. 지배적 디자인이 결정되고, 대량생산 시기에는 생산공정에 대한 혁신이 주로 일어나고 이에 따라 혁신은 대기업으로 이동하게 된다. 첨단기술산업 중 생명공학산업, 컴퓨터산업, 반도체산업, 소프트웨어산업을 비교하면, 생명공학산업은 다른 산업에 비해 성장단계

가 초기단계에 머물고 있음을 알 수 있다 (<표 9> 참조).

<표 9> 첨단기술산업의 특성 비교

구분	생명공학산업	컴퓨터산업	반도체산업	소프트웨어
성장단계	초기	성숙기	성숙기	성장기
자본의존도	높음	중간	높음	낮음
제품개발기간	깊	짧음	짧음	매우 짧음
규제정도	심한 규제	무	무	무

자료: Ernst & Young(1995)

둘째는 생명공학 자체의 특성으로부터 기인한다 할 수 있다. 한 생물체에서의 성공이 바로 다른 생물체에서의 성공을 의미하지는 않으므로 응용되는 대상만큼이나 많은 산업이 존재할 수 있다는 것이다. 따라서 작은 시장을 담당하는 벤처기업에게 유리한 환경이 조성되는 것이다 (안두현 외, 1998).

세 번째는 생명공학 기술혁신이 갖는 높은 불확실성에 기인한다. 과학의존적인 특성으로 인한 높은 연구개발비, 안전성이나 윤리성 등에 대한 사회적인 규제 등의 불확실성으로 인해 벤처들이 더 적합하다는 것이다.

전세계적으로 생명공학산업이 성장을 구가하고 있으나 각국에서 특화된 산업의 영역은 차이가 있다. Casper (2000)는 미국과 독일의 생물산업 비교한 연구에서 미국은 의약 및 질병치료 등 보건의료 분야에 특화되어 있고, 독일은 실험도구나 장비와 같은 기반기술 분야가 발달되어 있다는 것을 보인다. 이의 원인으로는 첫째, 보건의료 분야는 투자 위험은 크나 성공 시 수익 막대하고, 연구개발의 과정에서 중간결과들이 특허와 논문으로 산출되기 때문에 중간과정에 대한 모니터가 쉬워 투자에 대한 결정이 용이하기 때문으로 풀이된다. 둘째, 미국 연방정부의 생명공학 분야 연구개발예산은 40.6%가 보건의료분야에 집중되어 있고, 38.9% 기초연구 분야에서 집행되어 보건의료 관련 기술개발이 활발하다는 것을 반영하는 것이다 (송위진 외, 2001).

3. 생명공학 산업의 기술혁신 패턴

Fontes (2001)는 포르투갈 내 생명공학 벤처기업의 기술이전 패턴에 대한 연구를 진행했다. 포르투갈에서도 생명공학 기술의 원천은 대학 혹은 공공연구기관

(PROs)에서 제공된다. 하지만 기술이 상업화를 단계를 거치거나 산업으로 이전될 때는 세 가지 형태로 진행된다. 첫 번째(Mode 1)는 직접 기술이전으로 신기술의 창출과 응용은 연구조직에서 담당한다. 그러나 여기서도 창업에 이르는 과정은 연구조직에서 상업화까지 수행하는 경우와 응용단계까지의 연구를 외부에 이전하는 형태가 있다. 두 번째(Mode 2)는 벤처기업 내부에서 R&D가 활발하게 일어나는 경우로 이때 공공연구조직과는 공식적인 연결고리는 존재하지 않는 것처럼 보인다. 그러나 이때도 비공식적인 연결고리는 있는 것으로 파악된다. 마지막(Mode 3)은 연구조직과 벤처기업이 긴밀한 연결고리를 가진 형태로서 이 경우에는 대부분 박사과정 이상의 젊은 사람들에 의해 기술이전이 행해진다. 포르투갈의 벤처기업의 창업형태는 Mode 3이 가장 많이 나타난다. 이는 상대적으로 대학 내에서의 지위가 안정되어 있어 창업을 통한 위험을 감수하기에는 부담이 너무 크기 때문으로 풀이된다.

<표 10> 바이오산업에서의 연구개발 영역과 주체

	응용연구	기초적 응용연구	기초연구
미국 유럽	대기업, 다국적기업	벤처기업 (미-1,300사,1995.6.)	대학과 정부연구기관
일본	대기업	대학과 정부연구기관	

자료: Ryuichiro (2000) 조황희, 박수동(2000)에서 재인용

<표 10>은 미국 및 유럽과 일본의 생명공학 산업에서의 연구개발 영역별로 추진하는 주체를 살펴본 것이다. 이에 따르면 미국과 유럽에서는 벤처기업이 기초적 응용연구를 담당하여 대학과 대기를 연결시키는 역할을 수행하지만 상대적으로 일본은 벤처기업이 존재하지 않아 기초연구를 수행하는 대학 및 연구기관과 응용연구를 수행하는 대기업이 어느정도 담당하고 있는 것으로 나타난다.

하지만 일본의 경우에도 최근 제약기업을 중심으로 미국의 게놈벤처들과 제휴를 모색하고 있어 기초연구와 응용연구의 가교역할을 수행하는 벤처의 존재가 꼭 필요함을 알 수 있다. 1994년부터 18개사의 일본 제약기업이 해외 벤처기업과의 전략적 제휴를 체결한 것으로 나타난다 (조황희, 박수동, 2000).

물론 벤처기업이 활발한 활동을 벌이고 있는 미국에서도 벤처기업과 대기업과

의 연대는 중요하다 (<표 11> 참조).

<표 11> 벤처기업과 대기업의 연대 예

연도	벤처기업	대기업
1978	제넨텍(캘리포니아대)	이라이 리리
1984	암젠	키린
1990	바이오캡 파마	그락소
1992	리간드	아렐젠
1993	휴먼게놈사이언스(NIH)	스미스크라인
1994	카이론(캘리포니아대)	치바 가이키
1997	밀레니움	몬산토
1998	밀레니움	바이엘

자료: Oliver (1999) 조황희, 박수동 (2000)에서 재인용

설성수(2001)은 과학기반산업으로 정보통신(IT), 생명공학(BT), 나노기술(NT)을 들고, 생명공학산업은 전체가 과학기반산업으로 간주한다. 정보통신 기술은 성장기 혹은 성숙기에 있어 산업이 크게 발전되어 있어 기술적 요인 못지 않게 시장요인이 산업에서 중요한 요소로 자리잡고 있다. 반면 생명공학은 산업형성단계이어서 기술 및 산업이 동시에 검토 가능하다.

생명공학산업에서의 기술혁신 패턴은 생명공학산업 전체가 과학기반산업이므로, 가장 큰 특징은 역시 과학주도혁신이라는 점이다. 둘째로 생명공학 기술혁신은 농수산 분야, 의료보건 분야, 생물과학분야 등 생명체와 관련된 전 분야에 걸쳐 다양하게 응용된다는 점이다. 셋째로 생명공학 기술혁신의 주체는 그 기초연구에 있어서는 대학 및 공공연구기관이 담당하고 있고, 초기 산업화에는 벤처기업이 주된 역할을 수행하고, 산업화가 본격적으로 진행될 때는 대기업의 역할이 커진다. 또한 기술혁신의 패턴을 결정짓는 중요한 문제 중 하나가 안전성과 윤리적인 문제 등 사회적인 규제가 강하다는 특징이 있다. 생명공학기술은 생명체와 직결된 분야라는 점에서 안전성과 윤리적인 문제 등 기술개발이나 활용에 대한 사회적인 규제가 강하다는 특징이 있다. 따라서 어떠한 경우이든 이 난관을 극복하지 못하면 산업으로 등장하지 못한다는 특성이 있다 (설성수, 2001).

<표 12> 생명공학산업의 기술혁신 패턴

구분	생명공학산업
핵심기술	Biotechnology 특히 Genomics
기술혁신 원천	과학적 활동
기술혁신 형태	제품 혁신
혁신의 주체	신기술 창출: 대학, 연구기관 상업화: 벤처기업 산업화: 대기업
투입측면	연구개발집약도 높음
혁신의 장소	대학, 연구실
경쟁우위의 원천	특허를 통한 핵심기술 보호
기술의 이전	지식의존적이어서 확산이 용이 핵심지식의 규명이 기술이전에 중요한 요소
혁신에 필요한 기간	기술의 특성에 따라 다양(즉시-초장기)
수명주기	산업화 도입기
기업조직	다양한 구조가 발생함 연구특화중소기업, 연구-생산수행중소기업, 대기업, 중-대기업 네트워크
규제	사회적 거부감 존재

자료: 조황희, 박수동(2000), 설성수(2001)를 참조하여 재구성

<표 12>은 생명공학산업의 기술혁신 패턴을 정리한 것이다. 생명공학산업의 경우 기술혁신의 원천이 과학적 활동이어서 대학 및 연구소와 산업계의 연계가 많아지고 있다. 올해들어 국내 대학과 연구소들이 수탁한 연구과제가 20~30% 씩 격감하고 있어 산·학협동 기반이 흔들리고 있으나 생명공학 분야는 오히려 늘고 있다는 것이다 (매일경제신문, 2001. 4. 3). 실제로 대덕 생명공학연구원의 경우 지난 1999년 10건밖에 수탁과제를 올리지 못했지만 지난 2000년에는 20건(16억원)으로 2배 가량 늘었고 올해에도 5월 현재 5건의 수탁과제 계약을 체결하였다. 수탁과제의 내역을 보면 5건의 수탁과제 중 4건의 과제가 생명공학 벤처기업이 의뢰한 것이어서 연구실과 벤처기업의 연계가 활발하다는 것을 보이고 있다. 생명공학 기술혁신은 단계별로 혁신의 주체가 다르다는 양상을 보인다. 신기술을 창출하는 데는 기초과학에 밀접한 대학 또는 연구기관에서 기술혁신을 수행하고, 신기술을 상업화하는 데 있어서는 상대적으로 기술적 이해도가 높은 소규모 벤처기업이 혁신의 주체이다. 그러나 상업화에 성공한 제품을 양산해야 하는 산업화의 단계에 있어서는 기술보다는 마케팅 및 생산설비 등의 보완적 자산이 중요하기 때문에 대기업의 역할이 커진다.

이러한 특성으로 인해 생명공학 산업 내 기업들의 형태는 다양하다. 연구에 특

화한 중소기업, 연구에서 생산까지 수행하는 중소기업, 대기업, 중소기업과 대기업의 네트워크 형성 등의 방식이다. 생명공학산업은 산업화 초기에 있어 시장적 요인은 불확실하므로 시장요소에 대한 검토는 충분히 이루어지지 못했다.

IV. 한국의 생명공학 기술과 산업

1. 기술 동향

1) 현재

(1) 특허

안두현, 정교민(1999)은 1975년부터 1998년 초까지 한국에 출원된 생명공학 분야 특허 4,259건을 분석을 분석하여, 특허의 양적성장은 이룩하였으나 그 내용적인 면에서는 기대에 미치지 못함을 밝혔다. 우리나라의 특허는 주로 외국에서 개발된 기술을 개량하는 수준에 머물고 있다. <표 13>는 국제특허분류(IPC)상의 생명공학 관련 분야를 보여준다. 기술분야별 특허의 현황을 보면, 전체 4,259건의 출원 중 유전자공학과 관련된 분야(C12N 중 015)가 55%를 차지하여 가장 많고 미생물 관련 분야(C12N 중 001)가 20%를 차지했다. 국가별로는 우리나라가 가장 많은 수의 출원현황을 보인다. 미국은 유전자공학 분야의 출원이 가장 많고 한국은 미생물 분야 및 유전자 공학 분야가 비슷한 수의 출원현황을 보인다 (<표 14> 참조).

<표 13> 국제특허분류(IPC)상 C12N의 주요 기술분야

기술분야 코드	기술의 내용
001	미생물 및 그 조성물
003	포자의 형성 또는 분리방법
005	분화되지 않은 인체, 동물 또는 식물의 세포 및 그것의 배양과 배양배지
007	바이러스와 그것의 조성물, 그것을 함유한 의학적 제재
009	효소, 효소전구체 및 그것의 조성물
011	담체결합 또는 고정화효소, 고정화미생물 및 그것의 조제
013	효소 또는 미생물의 전기 또는 파동에너지에 대한 처리
015	돌연변이 또는 유전자공학, 유전공학과 관련된 DNA 또는 RNA 벡터

자료: 안두현, 정교민(1999)

각 세부기술별로 보면 현재 주목받고 있는 분야는 Human Genome, 치료제, 유전자변형 생물체, 식품화학 등이 있다. 특허출원 현황으로 보면 Human Genome 분야에서 내국인의 출원은 효과가 이미 입증되었거나 가능성이 있는 물질의 모방·개량이 주를 차지하고, 경쟁적으로 출원하여 비효율적이다. 또한 대부분 수년에서 10년 이상 뒤져있다. 치료제는 선도적으로 물질을 개량하지는 못하나 모방이나 개량에서는 상당한 수준이다. 유전자변형생물체에 있어서도 세계적으로 종자산업의 부상하고 있는 경향과는 달리 품종의 개량보다는 Bioreactor에 치중하고 있다. 미생물과 효소 등에 해당하는 식품화학 분야는 상대적으로 경쟁력이 있는 것으로 판단된다.

<표 14> 기술분야별 특허 현황

기술분야	국가			전체(%)
	한국(%)	미국(%)	일본(%)	
001	608(39)	98(8)	74(13)	853(20)
005	83(5)	143(12)	53(9)	339(8)
007	38(2)	36(3)	7(1)	103(2)
009	154(10)	99(8)	89(15)	487(11)
011	47(3)	21(2)	11(2)	101(2)
015	607(39)	803(66)	337(59)	2,347(55)
기타	7(1)	12(1)	5(1)	29(1)
계	1,544(100)	1,212(100)	576(100)	4,259(100)

자료: 안두현, 정교민(1999)

(2) 논문

생명공학과 관련된 국내 연구개발 총인력은 1997년 현재 8,400명으로 공공연구기관에 22%(1,828명), 대학 53%(4,504명), 산업계 25%(2,153명)가 분포되어 있다. 이중 박사급 인력이 3,928명으로 46%를 차지한다 (과학기술부, 2000).

생명공학기술 관련 논문은 1992년 55편에서 1998년 349편으로 연평균 약 40%의 증가율을 보이고 있다. 국내생명공학 특허 출원현황은 1995년이래 연평균 11% 증가하여 1998년 1,512건에 달하고 있다. 분야별로는 의약분야가 65%로 가장 많고, 환경 11%, 농·식품 8%, 기타 16%이다. 그런데 1997년 말까지 등록된 특허 총

4,244건 중 한국 1,433건(34%), 미국 1,132건(27%), 일본 630건(15%)으로 외국의 특허가 많은 부분을 차지하고 있다.

과학기술부에서 NSI 데이터베이스를 분석한 결과를 통해 최근 5년간의 대분야별 논문수 현황을 살펴보면 <표 15>와 같다. 이는 발표된 논문중 국제저널 SCI 데이터베이스에 속해있는 학술지에 실린 논문수를 분석한 것이다. 이를 보면 물리·화학·지구과학 분야가 전체의 44.1%로 가장 많은 논문이 생산되었고, 다음으로는 공학 및 컴퓨터 분야 30.5%를 차지한다. 다음은 생명과학 분야 21.0%, 의학 분야 8.1%, 농업·생물·환경과학 6.2%의 순이다.

<표 15> SCI 등록 분야별 한국학자 논문수 현황 (논문수, %)

분야	1995	1996	1997	1998	1999	95~99
공학 및 컴퓨터	1,789 (33.7)	2,220 (34.5)	2,698 (32.4)	3,057 (27.4)	3,153 (28.2)	12,917 (30.5)
생명과학	1,159 (21.8)	1,462 (22.8)	1,720 (20.7)	2,205 (19.8)	2,352 (21.1)	8,898 (21.0)
물리·화학·지구과학	2,653 (50.0)	3,098 (48.2)	3,958 (47.6)	4,313 (38.7)	4,642 (41.6)	18,664 (44.1)
의학	367 (6.9)	473 (7.4)	601 (7.4)	895 (8.0)	1,103 (9.9)	3,439 (8.1)
농업·생물·환경과학	349 (6.6)	450 (7.0)	539 (6.5)	622 (5.6)	685 (6.1)	2,645 (6.2)

* 한 논문이 여러 분야에 해당하는 경우가 있어 백분율의 합이 100보다 크다
 자료: 조황희, 박수동 (2001)

2) 예측

한국과학기술평가원과 과학기술정책연구원이 공동으로 진행한 한국의 미래기술 예측(2000-2025)은 전체 1,155개의 과제에 대한 중요도, 연구개발 수준, 실현예측시기 등을 조사한 것이다. 전체 과제 중에서 생명과학 관련 과제는 91개, 농림·수산 88개 보건·의료 104개가 포함되었다. 생명과학 과제를 연구단계별로 보면 개발단계의 과제가 47개로 가장 많은 반면, 전자·정보 과제(전체 93개 과제)가 실용화 41를 차지해 두 기술이 차이가 있음을 반영한다. 전 분야에서 원리해명 관련 과제가 40개인데 이중 생명과학 11, 보건·의료 8, 농림·수산 5로 생명공학 관련 분야는 아직 원리해명 단계에 있는 과제도 무시할 수 없음을 보이고 있다.

예측 결과 중요도 상위 100대 과제는 보건·의료 분야 23개로 가장 많고 생명과학 분야가 19개, 농림·수산 분야가 18개 순으로 상위 100대 과제 중 60개의 과제가 생명공학 관련 기술이다. 또한 연구개발 수준이 미흡한 과제 50개 중 7개 과제가 생명공학 관련 기술이어서 중요도는 높으나 연구개발 수준은 미흡한 것으로 드러난다. 한편 생명공학 관련 분야에서 대부분의 과제들이 2010년 이후에 실현될 것으로 예측하고 있고, 세계와의 격차는 5-6년 정도인 것으로 파악된다.

대체로 기술이 확산되어 산업으로 꽃피우기까지 5-10여 년이 걸린다 할 때 앞으로 생명공학산업이 본격화하는 시기는 약 2025년경이 될 것으로 보인다. 이는 혁신과동론에서 6차 파동이 2030년부터 시작될 것이고, 6차 파동은 생명공학이 될 것 이란 예측과 동일한 결과를 보인다.

2. 벤처동향

생명공학연구소 바이오벤처센터는 2000년 8월 현재 국내 생명공학 벤처기업의 수를 436개로 발표한 바 있다. 한편 2000년 3월 생물산업협회는 133개의 생명공학 벤처기업이 있음을 보고한다. 6개월 남짓의 짧은 시간에 벤처기업의 수가 3배 이상 증가한 것이다. 이러한 차이는 조사기관의 차이가 아니라 실제 생명공학 벤처기업의 숫자가 폭발적으로 증가한 것을 반영한 것이라 볼 수 있다.

중소기업청에 등록된 벤처는 비교적 건설하다고 판단해 볼 수도 있다. 중소기업청에 등록된 생명공학 벤처기업은 2000년 3월 82개, 2000년 8월 현재는 182개로 이 부분에서도 급격한 증가를 보이고 있다 (중소기업청).

한국바이오벤처의 발표에 따르면 생명공학 벤처기업의 분포는 분야별로는 생물 의약이 가장 많아 37%를 차지했고, 바이오식품이 18%, 생물화학과 생물환경이 각각 14%를 차지했다. 지역별로는 서울과 대전에 30%씩 집중되어 있어 생명공학 관련 연구가 활발하게 진행되는 대학과 연구원 중심으로 생명공학 벤처기업이 창업되는 것을 보여주고 있다. 하지만 초기 투자비가 높은 생명공학 분야의 특성에도 불구하고 전체의 76%가 자본금 20억원 미만이어서 아직 벤처기업에 대한 투자가 부족한 것으로 나타났다. 반면 매출액 대비 R&D 비용은 44%에 달해 타업종에 비해 매우 높은 것으로 평가됐다 (전자신문, 2001.5.14).

1) 업종별

생명공학 벤처기업의 수가 폭발적으로 증가했으나 그 분야별 구성비율에 있어

서는 그리 큰 변화를 보이지 않는다. <표 16>에서 보는 바와 같이 생물의약 분야가 94개 업체로 가장 많고, 바이오식품이 67개 업체, 환경과 생물화학분야가 각각 61개 업체로 다음 순서이다. 지난 3월의 조사에서는 생물의약분야가 42개로 가장 높았으며, 생물화학 23개, 생물농업 22개, 바이오식품 21개 순이었다. 바이오식품 분야의 업체가 큰 폭으로 증가하였고, 생물농업분야의 성장폭이 작았다.

<표 16> 산업분야별 업체수

분야별	업체수(2000.8)	구성비
생물의약	94	21.2
생물화학	61	13.7
생물농업	47	10.6
바이오식품	67	15.1
생물환경	61	13.8
생물공정	49	11.1
생물전자	30	6.8
지원	21	4.7
기타	13	2.9
계	443	100.0

자료: 생명공학연구소 바이오벤처센터(2000.8)

출처: 박정민, 설성수 (2000)에서 재작성

한편 2000년 12월의 주요 업종별 생명공학 벤처기업의 수는 구성비에 있어 커다란 변화를 보인다. 생물의약 분야의 벤처기업 수가 급격히 증가하여 두 시기별 전체 기업의 수에서는 큰 차이를 보이지 않지만 생물의약 분야는 비중 10% 정도 증가하여 명실공히 우리나라의 벤처기업을 이끌고 있는 것으로 판단된다. 이는 2000년 하반기에 게놈의 1차 해석이 발표되면서 생물의약 분야에의 관심이 집중된 것을 반영하는 것으로 예측된다(<표 17> 참조).

<표 17> 2000. 12. 현재의 주요 업종별 바이오벤처

분야	업체 (개)	비중 (%)
생물의약	138	31.3
바이오식품	62	14.1
생물환경	62	14.1
생물화학	48	10.9
생물농업	27	6.1
의료기기	24	5.4
바이오기기	13	2.9
.....
계	441	100

자료: 한국바이오벤처협회 (2001) 제작성

2) 지역별

<표 18> 소재지별 업체수

지역	2000.8	구성비
서울	151	34.0
대전	88	19.9
경기	54	12.2
충청 (대전제외)	35	7.9
전라	23	5.2
경상	69	15.6
강원	40	9.0
제주	6	1.4
기타	6	1.4
계	443	100.0

자료 및 출처: 상동

지역별로 생명공학 벤처기업의 수를 살펴보면 서울지역이 151개로 전체에서 34.0%를 차지한다. 그 다음으로 대전 및 충청 지역이 27.8%를 차지해, 전체 생명공학 벤처기업의 60% 정도가 서울과 대전지역에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이러한 대전지역에의 집중현상은 중소기업청에 등록되어 있는 벤처기업 전체의 상황은 다른 모습을 보인다. 벤처기업 전체는 서울이 46.9%로 압도적으로 많고, 경기도가 25.4%, 대전을 포함한 충청권이 9.4%를 차지한다. 2000년 3월과 비교해보면 5개월 간의 절대규모에 있어서의 변화는 서울에서는 108개 업체가 증가하였고, 대전에서는 60개 업체가 증가하였다.

3) 최고경영자(CEO) 출신 및 연령별

한국바이오벤처협회에 따르면 생명공학 벤처기업의 최고경영자(CEO) 현황을 보면 대학교수와 연구원 출신이 전체의 70%로 다른 업종에 비해 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이는 연구기관 중심으로 생명공학 관련 연구개발이 이루어졌고, 1999년부터 교수 및 연구원의 겸직을 허용한 데 따른 것으로 풀이된다. 또한 창업자의 연령을 보면 40대가 전체의 46%로 가장 많고 30대 35%, 50대가 16%를 차지해 연구경력이 어느 정도 있어야 창업이 가능함을 보여준다 (전자신문, 2001.5.14).

이러한 현상은 중소기업청에 등록되어 있는 벤처기업의 최고경영자 출신 현황과 차이를 보인다. 전체 벤처기업으로 보면 중소기업 출신이 37.39%로 가장 많고 대기업 31.33%, 연구원 9.82%, 대학교수 6.39%로 구성되어 있다 (중소기업청 홈페이지, 2001. 5. 7 현재).

<표 19>은 생명공학 벤처기업의 경우 대학교수 및 연구원이 창업한 경우가 전체의 50%를 차지하고 있는 것으로 보인다. 그러나 2000년 5월 현재 중소기업청 벤처지정 업체를 대상으로 한 조사이어서, 그 후 폭발적으로 증가한 생명공학 벤처기업의 현황을 담고있지는 못하다. 연도별로 창업자의 출신현황을 보면 연구원의 창업은 1997년부터 꾸준한 증가를 보이고 있고, 대학교수의 창업은 1999년에 폭발적인 증가를 보인다.

<표 19> 대표 출신별 기업수

출신	기업수
대학교수	12
연구원	28
중소기업	18
대기업	10
기타	12
계	80

자료 : <http://venture.smba.go.kr/> (2000.5.19. 현재)

4) 대기업과의 관계

앞서 살펴본 것처럼 생명공학 벤처기업은 연구개발단계 및 초기 상업화 단계

에서는 강점을 보이거나, 본격적인 상업화 시점이나 산업화의 단계에 이르면 연구개발능력 외에도 보완적 자산(마케팅, 생산시설)의 중요성도 커진다. 하여 대기업과 생명공학벤처 간의 제휴, 생명공학벤처간의 제휴, 생명공학 벤처기업의 공동 마케팅을 수행하는 등의 현상이 나타난다.

먼저, 대기업과 바이오 벤처간 제휴의 예는 다음과 같다. 남해화학은 생명공학연구소 박호용 박사팀이 이끄는 인섹트바이오텍과 협력해 솔잎혹파리 살충제 등 미생물 농약을 상용화할 계획이다. 삼성엔지니어링은 환경 관련 사업 경험에다 인바이오넷의 미생물 환경복원기술을 접목하기로 했다. 동부한농화학은 배제대 바이오의약연구센터와 제휴해 환경친화 생물농약 시장 진출을 서두르고 있다. LG화학은 CTC바이오, 대덕바이오 등과 제휴했다 (중앙일보, 2000. 11. 28.).

다음으로는 벤처간 제휴와 인수·합병(M&A)도 활발하다. 마크로젠과 씨트리는 신약개발을 위한 전략적 제휴를 체결했다. 마크로젠은 게놈정보 해석을 통해 새로운 질병모델을 규명하고 씨트리는 이를 이용해 해당 질병의 치료제를 개발하기로 한 것이다. 이처럼 비슷한 성격의 기업이 공동연구개발을 수행하는 경우는 바이오스펙트럼과 티지바이오텍이 피부노화 방지용 화장품을 공동개발하기로 한 것이나, 미생물 분야에서 바이오알앤즈와 프라임바이오가 합병한 것 등이다. 한편 성격이 전혀 다른 기업간에 투자와 상대 제품에 대한 독점판매권을 취득하는 협력 모델도 제시되었다. 유전자소재를 개발한 바이오니아는 바이오맥스가 생산하는 심장순환기 및 간질환 예방치료제인 JBB시리즈에 대한 국내 독점 판매권을 취득했다.

이와는 달리 하나의 공동체를 형성해 생존의 길을 모색하는 경우도 발견된다. 생명공학 벤처기업들이 형성하는 벤처형, 대기업이나 창투사가 자본을 투자한 벤처를 하나로 묶어 관리하는 대기업형과 창투사형 등이 있다. 이러한 공동체는 서로 노하우를 공유하고 부족한 기술을 보완하며 마케팅과 법률, 자금유치 등을 공동으로 수행하고 경험을 나뉘어 가진다는 측면에서 공통적이다. 형성과정과 목적에 있어서는 다음과 같은 차이가 있다. 벤처형은 구심점이 없이 서로의 필요성에 의해서 형성되었고, 대기업형은 구체적인 연구프로젝트 수행 과정으로 형성된다. 창투사형은 자본을 매개체로 묶는다. 벤처형 연합체로는 대덕커뮤니티와 바이오메드파크가 있다. 대덕커뮤니티는 10여개 업체로 구성되어 기술은 있으나 산업화할 연결고리가 부족한 벤처기업들이 네트워크를 통해 연구·생산·마케팅 인프라를 구축하고 있다. 바이오메드파크는 4개 업체가 입주해 있는 데, 입주업체들이 자체 사업 외에 공동 프로젝트 수행을 통해 상승효과를 높일 수 있도록 했다.

SK주식회사는 자본을 투자한 벤처기업 10여곳과 함께 공동으로 신약개발과 유전자 기능규명에 나설 계획이다. 삼성정밀화학은 대덕의 제품개발연구소에 생명공

학벤처기업을 입주시켜 하나의 협력단지로 개발할 계획이다. 벤처형이나 대기업형과 달리 창투사형은 출자회사들 간의 네트워크를 구성해 아웃소싱할 수 있도록 정보를 제공하거나 창업보육을 수행하는 등의 측면지원을 하고 있다 (매일경제, 2000.11.8).

V. 결론

본 연구는 생명공학산업의 기술혁신 패턴이 국가별로 차이가 있는지를 검토한 것이다. 특히 생명공학산업 일반의 논의와 한국에서의 논의가 동일 선상에서 이루어진 것인지를 검토한 것이다.

우리나라 생명공학 산업을 선진국과 비교해 보면 첫째, 기술의 실현시기에 있어서 세계와 약 5-6년 정도의 시차가 존재하는 것으로 예측된다.

둘째, 2000년 5월까지의 분야별로 의약분야의 숫자가 많기는 하지만 미국에서 보이는 것처럼 압도적인 것은 아니었다. 그러나 2000년 12월의 현황에서는 생물의약분야의 기업수가 급격히 증가했다.

셋째, 그 다음으로 식품 분야의 규모가 커서 전통적으로 발효와 효소, 미생물 분야에서 강점으로 보인 우리나라의 상황을 반영하는 것으로 보인다.

넷째, 선진국과 같이 대학교수와 연구원이 직접 창업하는 경우가 많고,

다섯째, 적어도 2000년 상반기까지는 40대의 창업자가 많은 것으로 파악되나 이후 벤처기업이 급격히 증가하여 이러한 판단이 정확한지의 여부는 추가 판단이 필요하다.

여섯째, 생명공학 산업에서 벤처기업의 역할이 매우 중요하다는 것은 주지의 사실이다. 우리나라의 벤처기업의 수도 2000년 급격히 증가하여 기초연구와 응용연구 간의 가교역할을 담당하는 것으로 보인다. 이는 일본을 제외한 국가에서 동일하게 관찰되는 것이다.

일곱째, 생명공학 산업에서는 기술적 측면에서의 가교역할은 벤처기업에서 담당할 수 있으나 어느 정도의 상업화에 성공하고 나면 기술적 측면이 아닌 보완적 자산의 필요성이 커진다. 이를 극복하는 방법으로 대기업과의 전략적 제휴나 벤처기업간의 제휴 등이 나타나게 되고, 이는 선진국과 우리나라에서 모두 관측된다.

요약하면 다음과 같다. 과학의존성, 벤처기업의 중요성, 대학교수나 연구원 창업 비중이 큰 사실, 벤처기업의 대기업과의 제휴 등은 공통적인 현상으로 관찰된다. 한편, 세부 업종으로 볼 때, 생물의약 분야의 주도는 대체로 선진국과 마찬가지로

다.

한편 2000년 상반기까지 40대 창업이 많다는 사실은 이후 시기에 이 분야 창업이 많아지며 데이터 점검이 더 필요한 상황이라 최종 판단은 아직은 어렵다.

반면 기술실현 시기의 시차, 발효 효소 등 식품분야의 특수성 등은 분명 한국적인 상황으로 보인다. 실현시기나 분야별 특수성으로 국가별 기술혁신 패턴의 특수성을 논하기에는 한계가 있다할 것이다.

본 연구는 한계가 있다. 생명공학 연구에 대한 관심이 고조되고 생명공학 벤처기업의 활성화가 2000년 이후부터라 관찰의 시간이 짧은 것이다. 따라서 이후 시간을 가지고 관찰하며 보다 세부적인 사항을 비교분석해야 할 것이다.

[참고문헌]

- 김주한의 (1999), 「생물·의약산업의 발전전략」, KIET 정책자료 제105호, 산업연구원, 4.
- 박용태, 이공래 (1994), 「산업별 기술혁신패턴 비교분석」, 과학기술정책연구원.
- 박정민, 설성수 (2000), “생명공학 기술혁신과 벤처의 특징”, 기술혁신학회 2000년 가을 학술대회 발표논문, 10.24, 표준과학연구원.
- 박호용 (2000), “한국 바이오벤처의 현황과 성립조건”, 생명공학분야 벤처창업 활성화를 위한 세미나 발표논문, 생명공학연구소, 4.7.
- 산업연구원 (1994), 「2000년대 첨단기술산업의 비전과 발전과제(생물산업)」.
- 설성수 (2001), “과학기술산업의 속성과 논점”, 「기술혁신학회지」, Vol.4 No.1, 3. 49-63.
- 설성수의 (2001), 「과학을 기반으로 한 산업의 현황과 발전 가능성 모색」, 한국과학재단, 정책 2000-05, 3.
- 송성수 (2000), “철강산업의 기술혁신 패턴과 발전과제”, 「기술혁신학회지」, Vol.3 No.2, 7. 94-110.
- 송위진, 김석관, 박범순 (2001), 「선진국 생물산업 혁신체제의 구조변화에 관한 연구」, 정책연구 2000-19, 과학기술정책연구원.
- 안두현외 (1998), 「생명공학산업 벤처기업 동향조사」, 과학기술부, 9.30.
- 안두현, 정교민 (1999), 「생명공학산업의 기술혁신패턴 및 전개 방향-한국특허를 중심으로」, 과학기술정책연구원, 12.
- 정선양 (1997), “생명공학 진흥정책의 새로운 방향: 혁신체제론적 접근”, 생명공학동

향, 제5권, 제3호, 11.

조황희, 박수동 (2000), 「연구결과의 창출과 자본화: 과학기반산업의 혁신」, 과학기술정책연구원.

현병환외 (1999), 「생명공학벤처기업 창업 활성화 방안 연구」, 과학기술부, 12.

현병환, 조성복 (1998), “한국의 생명공학 기술과 산업”, 한국기술혁신학회, '98년도 봄 학술심포지움, 4.22.

Albert, Michael B., et al. (1999), *The New Innovations: Global Patenting Trends in Five Sectors*, U. S. Department of Commerce, Office of Technology Policy, Sep. <http://www.ta.doc.gov/reports.htm>

Bowonder, B., S. Yadav and B. Sunil Kumar (2000), "R&D Spending Patterns of Global Firms", *Research · Technology Management*, Vol. 43 No. 5, Sep.-Oct., 40-56.

Fontes, Margarida (2001), "Biothechnology Entrepreneurs and Technology Transfer in an Intermediate Economy", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 66, No. 1, Jan., 59-74.

Godin B., Yves Gingras (2000), "Impact of Collaborative Research on Academic Science", *Science and Public Policy*, 27-1, February, 65-73.

Grupp, Hariolf, Ulrich Schmoch (1992), "Perception of Scientification of Innovation as Measured by Referencing Between Patents and Papers: Dynamics in Scienced-based Fields of Technology", Grupp, Hariolf(ed.), *Dynamics of Science-Based Innovation*, Springer-Verlag, Berlin, ch. 4., 73-129.

McMillan, G. Steven, Francis Narin and David L. Deeds (2000), "An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology", *Research Policy*, Vol. 29 No. 1, Jan, 1-8.

Narin, F., Hamilton, Limberly S., and Olivastro, D. (1997), "The Increasing Linkage between U. S. Technology and Public Science", *Research Policy*, Vol. 26, 317-330.

National Science Foundation (1999), Directorate for Social, Behavioral and Economic Sciences, *International Patenting Trends in Biotechnology: Genetic Engineering*, NSF 99-351, June 18.

OECD (1982), *Biotechnology: International Trends and Perspective*.

- OECD (1996), *"Special Issue on Biotechnology"*, STI Review No. 19.
- Oliver, Richard W. (2000), *The Coming Biotech Age*, McGraw-Hill, N.Y. (국역: 류현권 역, 「바이오테크 혁명」, 청림출판, 2000.)
- OTA (1984), *Commercial biotechnology: An International Analysis*.
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, Vol. 13, 343-373
- Senker, J. (1998), "Rationale for Partnerships : Building National Innovation Systems", *STI Review 23, Special Issues on Public/Private Partnerships in Science and Technology*, OECD, Paris, 23-37.
- Stephan, Paula E., Grant Black (1999), "Bioinformatics: does the US system lead to missed opportunities in emerging fields? A case study", *Science and Public Policy*, Vol.26, No.6, Dec., 382-392.
- Zucker, Lynne G., Michael R. Darby and Marilyn B. Brewer (1998), "Intellectual Human Capital and the Birth of U.S. Biotechnology Enterprise", *American Economic Review*, Mar.