

과학기술산업의 동향

한국기술혁신학회 2000 추계학술대회 발표논문

2000. 11. 24.

한국표준과학연구원

I. 머리말	1
II. 이론적 고찰	1
III. 선진국의 과학과 산업	5
IV. 한국의 과학과 산업	11
V. 결어	16
참고문헌	18

설성수 교수

한남대 경제학과/하이테크비즈니스학과

306-791 대전광역시 대덕구 오정동 133

042-629-7608 s.s.seol@mail.hannam.ac.kr

과학기술산업의 동향

I. 머리말

2차 대전 이전만 할지라도 과학은 기술이나 산업과 별개의 영역으로 다루어졌다. 과학과 기술은 분리되어 과학은 과학 나름대로의 발전경로를 걸었고, 기술 역시 나름대로의 발전경로를 걸어 온 것이다. 그러나 2차 대전과 함께 등장한 레이더 항공기 및 원자력이나 전후의 우주항공, 국방 등으로 인해 과학이 기술혁신의 원천이 되는 경우가 점차 증가하였다.

과학은 자연법칙을 이해하고자 하는 데 반해 기술혁신은 새로운 상품과 공정의 개발에 주 관심이 있다. 또한 혁신은 과학과는 관계가 없는 시장관계, 기술발전, 기업의 창조와 운영이라는 요인이 존재한다. 이러한 차이에 따라 과학계에서는 논문과 명예가 주요한 보상동기인 반면, 기술혁신에서는 금전적인 보상이나 이를 전제로 한 특허 등이 주요한 보상동기로 작용한다. 기술에서는 산업계의 행동원리와 유사한 패턴이 나타나지만 과학은 전혀 다른 행동원리가 내재되어 과학과 산업의 연계가 그만큼 어려웠던 것이다.

그런데 최근 들어와 과학과 기술이 나아가 과학과 산업이 연계되는 경향이 급격히 증가하고 있다. 그에 따라 선진국에서는 과학과 산업의 연계에 대한 이해나 구체적인 형태에 대한 측정이 여러 측면에서 시도되고 있으나 국내에서는 아직 구체적인 측정시도가 없다. 따라서 본고는 국내에서 과학이 기술이나 산업과 연계되고 있는 패턴을 구체적으로 검토 측정하고, 이를 선진국과 대비하고자 한다.

그러나 과학과 산업의 연계에 관한 논의는 여러 갈래로부터 출발하고 있기에 갈래가 다른 논의가 전개될 시에는 사용되는 개념사이에 혼란이 있다. 따라서 본 연구는 그러한 점을 보다 명확히 하며 과학과 산업의 연계에 관한 현상을 언급할 것이다. 또한 과학기반산업은 과학과 연계된 산업이라는 의미로부터 먼저 출발하고, 이후 구체 개념을 설정하기로 한다.

II. 이론적 고찰

1. 개념 정의

과학이 산업의 기반이라는 인식은 Pavitt(1984)에 의해 처음 제기된다. Pavitt은 1950-60년대에 이루어진 영국에서의 기술혁신을 조사하면서 기술혁신이 이루어지는 패턴에 따라 산업을 공급자주도형, 규모집약형, 특화된 공급자형 및 과학기반형으로 구분한다. 전자산업이나 화학산업은 연구개발이나 기초연구가 기술혁신의 원천으로 작용하는 과학기반산업이라는 것이다.

Pavitt의 연구는 이후 여러 혁신분류나 산업분류에서 약간씩 변형되며 사용된다. 캐나다의 연구평의회(1994)는 혁신적인 기업유형을 과학의존형, 첨단장인기업형, 시스템통합자 및 유연기술생산자로 구분한다.

최영락 외(1999)는 여러 연구들을 종합하여 과학기반산업의 정의는 전문가의 직관, 연구개발 담당자들의 판단, 연구개발 집약도 및 과학집약도에 의한 판단으로 구분된다고 지적한다.¹⁾ 이들은 과학기반산업을 '연구개발활동이 그 산업의 성장에 중요한 역할을 하고 있으며 그 중에서도 과학연구활동의 결과로 얻은 지식이 산업체의 기술혁신으로 바로 이어지고 이것이 부가가치 창출에 크게 기여하는 산업'으로 정의한다. 한편 과학기반산업은 다음의 두 조건을 충족시켜야 한다는 점을 지적한다.

- ① 기술혁신활동이 성장에 중요한 역할을 하고 있는 산업이어야 한다.
- ② 과학활동이 기술혁신의 주요 원동력이어야 한다.

본고에서는 일단 이러한 정의를 그대로 수용한다. 그런데 과학기반산업의 구체적인 형태는 어떻게 측정할 것인가의 문제가 남는다. 이를 위해 R&D집약도, 기술집약도 및 과학집약도 개념이 주로 이용된다.

R&D집약도는 R&D 지출 대비 매출액이나 R&D인력 대비 총인력을 말한다. 그런데 특정산업의 기술력은 R&D 외에도 구입 상품에 체화된 R&D에 의해서도 결정된다. 따라서 이를 위해 직접 R&D와 간접 R&D 비용의 합계가 매출에서 차지하는 비중인 기술집약도 개념이 사용된다.²⁾ 한편 특허문서에 기록된 비특허문헌

1) 이들이 인용한 연구들이 과학기반산업이라는 단어를 명시적으로 사용한 것은 아니다.
2) R&D집약도나 기술집약도는 다음 문제가 있다. 첫째로는 특정산업에 속한 기업의 연구는 모두 해당분야 연구로만 간주된다는 문제가 있다. 다시 말해 항공산업 연구의 많은 부분

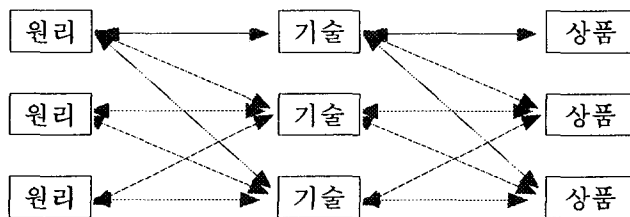
(non-patent literature)의 수로 나타나는 과학집약도(science intensity)가 과학에 기반을 둔 기술혁신이나 산업을 파악하는 수단으로 활발하게 사용되고 있다.

2. 과학과 산업의 연계 메카니즘

1) 지식과 상품의 연계 경로

과학적인 지식과 상품은 바로 연계되지 않는다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 과학적인 원리들은 여러 가지가 결합되어 기술을 형성한다. 또한 여러 기술들은 결합되어 하나의 상품을 구성한다. 항공기와 같은 복합시스템 기술의 경우는 부품이 10만개 이상이므로 이러한 경우는 부품만큼의 기술이 결합되어 있다할 것이다. 아주 간단해 보이는 자동차 안전벨트에 수백 개의 특허가 존재한다. 다시 말해 이렇게 간단하게 보이는 상품일지라도 사용되는 원리나 기술은 다양한 것이다.

<그림 1> 과학적 원리와 기술, 상품의 관계



자료 : Berkout *et al.*(1997), OECD(1998)에서 재인용.

엄밀히 보면 과학 기술 상품은 선형의 연계가 아니라 각각이 매트릭스 형태로 연계되어 있다. 기술포트폴리오는 먼저 과학적 원리와 기술의 매트릭스에 의해 결정된다. 한편 기술과 상품의 관계는 은 다시 복잡하게 얽혀 있는 매트릭스이다. 새로운 과학원리는 원리기술의 매트릭스와 기술상품 매트릭스를 통해 도출되는 것이다.

이 전자장치이나 모두 항공산업 연구로 간주된다. 두 번째는 높은 R&D집약도를 보이는 기업에서 저급기술을 생산할 수 있다는 점이 무시된다. 항공기의 좌석이나 문 같은 것이 예가 될 것이다. (Hatzichronoglou, 1997)

2) 과학과 산업의 제도적 연계

과학과 산업의 연계는 제도적인 측면에서도 파악 가능하다. 과학의 주된 생산자인 공공연구 부문과 산업 사이에는 크게 3 유형의 연계 메카니즘이 존재한다.

하나는 직접시장거래로 공공과학부문과 산업체가 시장에서 직접 거래하는 경우이다. 연구비 제공, 연구계약, 유료 라이선싱, 인력이동 등이 이에 속한다. 가장 확실하게 과학이 이동할 수 있는 경로이지만, 산업계나 공공연구기관 모두 누가 어떠한 기술을 가졌는지를 알지 못한다는 단점이 있다. 다른 하나는 직접 비시장거래이다. 이에겐 출판이나 직원파견 혹은 비공식접촉 등이 속한다.

나머지는 중계형으로 공공과학부문과 산업계 모두의 탐색과 정보비용을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 연구기능에 가까운 중계형에는 대학을 위시한 공공연구기관에 설치되는 기술이전센터, 기술라이선싱센터, 교육훈련 등이 속한다. 중간형에는 연구콘소시엄, 협력연구센터, 과학단지나 창업보육센터, 우수연구센터, 기술이전기관 등이 속한다. 한편 산업계에 가까운 중계형에는 스피노프, 컨설팅기업, 벤처캐피탈 및 이사회 참여 등이 속한다.

대학이 산업과 연계되어 나타나는 장점은 교육연구활동에 대한 재정지원이 이루어진다는 점과 대학의 서비스기능을 충족시킬 수 있다는 점, 또한 연구논제의 식별이나 경험확대와 같은 이점, 지역경제 발전 등이다. 산업계에는 대학의 연구시설에 대한 접근과 대학연구실의 전문성으로부터의 도움이라는 이점이 있다. 또한 내부 연구능력을 보완할 수 있고, 연구수준을 강화한다는 장점이 있다. 공공연구기관에게는 연구재원 확보, 연구장비 보완, 연구우선순위 식별, 연구인력의 직장확보라는 이점이 거론될 수 있다. 이러한 연계는 정부에게도 도움을 준다. 생산성과 성장 촉진, 신기업 신산업 신직업의 창출, 숙련노동력의 수급조절 등이 그것이다.

3. 논의의 맥락

과학과 산업의 연계현상 혹은 간단히 과학기반산업에 관한 논의는 대체로 세 갈래로부터 파생된다. 하나는 과학기반 혁신(Scienced-based Innovation)을 관찰하는 연구들로부터 제시된 것으로, 과학집약도의 강화현상을 살피고자 하는 시도들이다. Carpenter et al.(1980, 1983)에서 시작되고 Grupp & Schmoch(1992), Narin et al.(1997, 2000), Albert et al.(1998), McMillan et al.(2000) 등에서 주로 언급된다. 그러나 이 갈래에서는 과학기반산업을 특허를 중심으로 언급하고 있어서 구체적인

산업분류와 일치되지 않는다.

두 번째는 OECD(1999)와 같이 국가 혁신시스템의 차원에서 과학과 산업의 연계, 혹은 산학연 협력 촉진이라는 형태로 표출되는 논의의 갈래이다. 이는 과학 혹은 기초연구가 산업에 큰 공헌을 못했다는 과거의 반성아래 주로 과학과 기초연구의 산업적 공헌도를 강화하고자 하는 의도에 입각한다. 이 갈래도 논의가 과학으로부터 출발한 것이라 구체적인 산업에 대한 언급은 정보통신산업, 생명공학산업, 신소재산업, 나노산업 등 대체로 개략적으로 언급된다. 통상적인 산업분류와 같이 구체적이지 못한 것이다.

세 번째는 OECD를 중심으로 지식기반산업의 논의에서 출발한 갈래이다. OECD(1996)는 새롭게 형성되고 있는 경제는 지식기반산업으로 특징되는데 이러한 산업의 촉진이 소속국가들의 성장에 큰 도움이 되므로 이 분야에 대한 정책을 취할 것을 권고한다. 그로 인해 각국 정부는 미래산업 정책의 기저로 지식기반산업 육성 정책을 시작한다. 이 논의에서는 지식기반산업 육성에서 과학과 과학기반산업의 중요성을 전제로 한다.

이 논의는 앞의 두 이론적인 갈래와 달리 경제구조의 변화를 파악하려는 시도로부터 등장한 것이라 산업에 대한 지적이나 계측이 과학으로부터 출발한 논의와는 달리 구체적이다. 또한 문제를 보는 시각이 과학에서부터 출발한 시각보다 포괄적이다. 반면 이 논의는 과학으로부터 출발한 시각보다는 새로운 경제의 성장원천에 대한 인식이 생략되는 경우가 많다.

따라서 산업의 구체적인 모습이나 통계에 관한 것은 지식기반산업의 논의에서 보다 명확해지고, 각 산업을 구성하는 세부적인 내용은 과학에서 출발한 논의에서 명확해진다. 그러기에 본고도 크게 구분되는 두 시각을 동시에 고려하며 경우에 따라 필요한 시각을 언급하면서 문제를 논하기로 한다.

III. 선진국의 과학과 산업

1. 과학활동의 기저변화

1) 과학기반 동향

과학기반에 투입되는 자원은 기초연구에 투입되는 자원, 혹은 좁게는 대학에 투입되는 자원이라 할 수 있다. 이 부분에는 전 세계적으로 15-30% 정도의 연구비

가 투입된다. 그런데 대학 혹은 기초연구에 대한 자원투입이 최근에는 정부부문의 지출감소와 산업부문의 지출증대로 나타나고 있다.

과학저널의 생산에서는 미국의 비중이 전세계 31%로 압도적이라는 특징이 있다. 둘째, 주요 OECD 국가의 과학논문 산출에 있어서의 분야별 연구활동 구성이 대단히 안정적이다. 세 번째로, 그럼에도 국가별 특화패턴이 존재한다는 점이다.

2) 과학생산방식의 변화

설성수, 송충한(2000)은 과학산출에 있어서 크게 세 변화가 있음을 지적한다. 하나는 공동연구, 특히 국제공동연구가 증가하고 있다는 점이다. 두 번째는 학제연구가 증가하고 있다는 점이다. 세 번째는 학문간 상호의존성이 커지고 있다는 점이다.

<표 1> 지식생산 모드의 변화

모드 1	모드 2
-학문적	-응용차원
-특정집단 차원에서 문제가 설정되고 해결	-사회 각 분야에서 생산
-특정학문 disciplinary	-학제적
-동질적	-이질적
-조직내 위계를 갖고 형태를 갖춤	-위계구조없고 형태없이 변화
-개인의 창조성이 발전의 핵심	-개인 창조성은 집단과정 중의 하나
	-사회적으로 보다 적합

자료: Gibbons, M. et. al(1994)

Gibbons et. al(1994)은 최근 지식활동의 극적인 변화를 지식생산의 모드라는 개념으로 설명한다. 기존 지식생산은 <표 1>에서 모드 1로 설명되는데 학문적이고, 각 학문이 다른 학문과 독립적이고, 사회적인 문제해결이 특정집단 내에서 해결된다. 또한 개인의 창조성이 발전의 핵심이다. 한편 새롭게 등장하고 있는 모드 2에서는 이론적이라기보다 응용적이고, 특정 학문 내에서만 관련 지식이 생산되는 것이 아니라 사회 전 분야에서 생산되고, 그렇기 때문에 이질적이고 학제적이며, 위계구조도 명확하지 않다는 것이다. 또한 개인의 창조성은 집단과정 중의 하나이며 사회적으로 보다 적합한 지식의 생산이 이루어진다는 것이다.

모드 2가 증가하는 이유는 크게 세 가지로 압축된다. 하나는 공급측 요인으로 대중교육에 따라 연구 능력을 가진 자들이 폭넓게 분포하게 되었고, 수요측 요인으

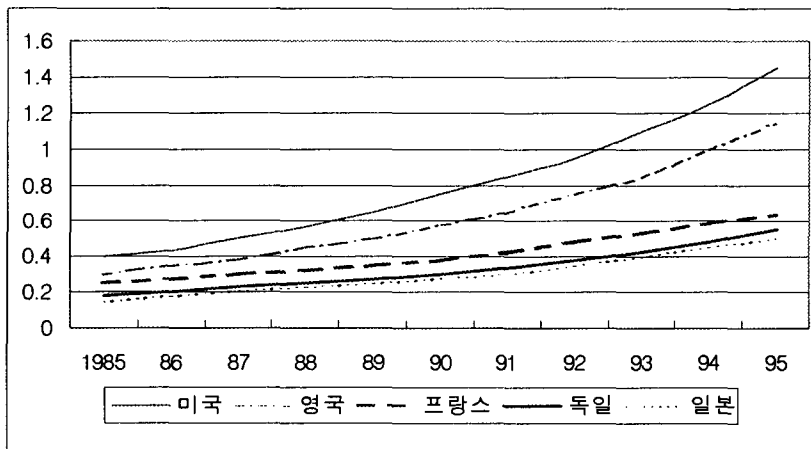
로는 시장에서의 국제적인 경쟁으로 특별한 지식에 대한 요구가 증가하고 있다는 점이다. 한편 정보통신기술의 영향으로 지적 접촉이 증가하고 있다는 점도 중요한 원인이 되고 있다.

2. 기술혁신의 과학화 강화

1) 과학집약도 증가

과학과 기술은 서로 뿌리도 다르고 발전해가는 경로도 다르다는 것이 그간의 일반적인 관측이었다. 그러나 최근에 들어와 기술의 과학의존도가 급격히 증가하고 있다. 특허문서에 언급된 과학문헌을 통하여 살펴 본 과학집약도는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 세계 주요 국가에서 급격히 증가하고 있다. 1985년에는 대부분의 국가에서 0.4 이하이던 수치가 1995년에는 미국에서는 평균 1.5 정도까지 상승한다. 이는 달리 표현하자면 특허당 과학문헌 인용도가 0.4개이던 것이 1995년에는 1.5개가 될 정도로 커졌다는 것이다.

<그림 2> 국가별 과학집약도 변화



자료 : Narin et al.(1997)

분야별로 본다면 과학집약도의 증가는 더 극적이다. <표 2>는 국가별, 분야별 과학집약도이다. 모든 국가, 모든 분야에서 과학집약도가 증가한다. 그런데 미국에서의 과학집약도는 예외적으로 높고, 분야로는 의약분야가 대단히 높다.

한편, 국가별 관계 중 특징적인 점은 각 국가의 과학자료 인용이 평균치보다

2-4배 가량 높게 자국의 과학문헌을 참고한다는 점이다. 예를 들어 7% 정도를 차지하는 독일 특허에 인용된 독일의 문헌은 전체 인용자료의 17%이다. 즉, 2.4배 더 자국의 자료를 이용한 것이다. 이러한 특성은 조사대상인 5개 국가 모두에서 나타나고 있다.

<표 2> 기술분야별 과학집약도

	화학			의약			전기부품			전문도구		
	'85	'90	'95	'85	'90	'95	'85	'90	'95	'85	'90	'95
미국	0.94	1.85	4.63	3.05	5.48	11.61	0.53	0.93	1.28	0.58	0.84	1.72
영국	0.68	1.05	2.50	1.33	2.66	5.26	0.44	0.70	1.20	0.39	0.76	1.35
일본	0.44	0.67	1.28	1.06	1.57	3.26	0.31	0.46	0.69	0.13	0.17	0.42
프랑스	0.32	0.63	1.05	1.24	1.27	2.49	0.54	0.64	0.79	0.31	0.43	1.02
독일	0.44	0.63	1.34	0.97	1.67	3.54	0.44	0.64	0.98	0.24	0.33	0.55
전체	0.74	1.30	3.18	2.17	3.78	8.66	0.45	0.73	1.00	0.41	0.58	1.27

자료 : Narin et al.(1997)

다른 특징은 인용되는 과학논문의 대부분이 관련분야에서 상위저널이자 주류를 이루는 기초과학 저널이라는 점이다. 미국에서의 인용은 자연 미국의 우수 기초과학 전문잡지에 실린, 우수 대학이나 기관소속 과학자의 논문이 많이 이용되고 있다. (Narin et al. 1997; Mcmillan et al., 2000) 이를 수치로 살펴보면 미국의 산업특허에 사용된 논문의 73%가 공공과학의 연구물인 것이다.(Mcmillan et al., 2000) 공공과학이 기술, 특히 산업기술의 원천이 되고 있는 것이다. 이상의 특징은 다음과 같이 요약된다.

첫째, 모든 국가, 모든 분야에서 과학집약도가 증가한다.

둘째, 분야별로는 의약분야의 과학집약도가 가장 높다.

셋째, 국가별로는 미국의 집약도가 가장 높으며 영국이 전 분야에 걸쳐 다음으로 높다.

넷째, 시기적으로는 1990년대에 급격히 증가한다.

다섯째, 각국의 특허는 자국의 과학문헌을 특히 많이 인용한다.

여섯째, 가장 많이 인용되는 논문은 유명 과학잡지에 실린, 유명대학 교수들의 논문이었다.

2) 기술집약도 증가

OECD(1997)는 기술에 입각한 산업을 4등급으로 나누어 OECD 국가들의 분야별 R&D집약도와 기술집약도가 1980-90년 기간에 어떻게 변화하였는 지를 측정한다. 모든 산업에서 생산액이나 부가가치 대비 R&D의 비중이 증가하고 있고, R&D비용과 획득비용을 생산액으로 나눈 기술집약도 역시 전반적으로 증가하고 있다. 이러한 현상이 기술간 경쟁을 강화시키고, 그 결과 기술의 과학화를 강화시키고 있다할 것이다.

기술과 산업의 과학화와 함께 주목되는 또 다른 현상이 있다. Albert et al.(1998)은 기술사이클시간(technology cycle time)과 과학집약도 개념을 이용해 기술혁신의 방향성과 패턴을 조사한 바 있다. 기술사이클시간이란 어떤 특허문서에 인용되는 다른 특허가 등록된 년수를 말한다. 따라서 이 지표는 기술진보의 속도를 반영하는데, 이 시간이 짧아지면 기술진보가 그만큼 빨라지고 있는 것을 반영한다.

1985-96년 기간 미국에 등록된 특허는 사이클시간이 3년 정도 빨라지고 과학집약도가 두배로 증가하였다. 특히 보건의료분야는 대단히 특징적으로 과학의존도가 크다. 한편 기술사이클시간도 보건의료를 제외하고는 모두 짧아지고 있어 평균이상의 성장을 보이는 분야의 경우 기술진보의 속도가 무척 빨라지고 있는 것이다. 반면 보건의료 분야는 정반대로 움직이고 있다. 이는 보건의료분야의 연구가 그만큼 많은 시간을 거쳐 활용된다는 것을 보여주는 근거라 할 것이다.

그러면 과학화가 이루어지고 있는 원인은 무엇인가. 기술적인 측면과 과학적인 측면, 경쟁상황 및 경제 전체의 구조변화라는 네 차원에서 검토 가능하다. 연구개발 방법의 혁신, 기술수명이 계속 단축되고 있는 상황이 보여주는 빠른 기술진보, 지구화가 이루어지며 나타나는 경쟁의 강도 증가, 지식기반경제로의 전환속도 증가라는 원인이 지적될 수 있다. 그런데 지식기반경제로의 전환은 원인이자 결과라 할 수 있어서 과학화의 강화와 지식기반경제로의 전환이 서로 상호작용하며 가속시키고 있다할 것이다.

<표 3> 과학화의 원인

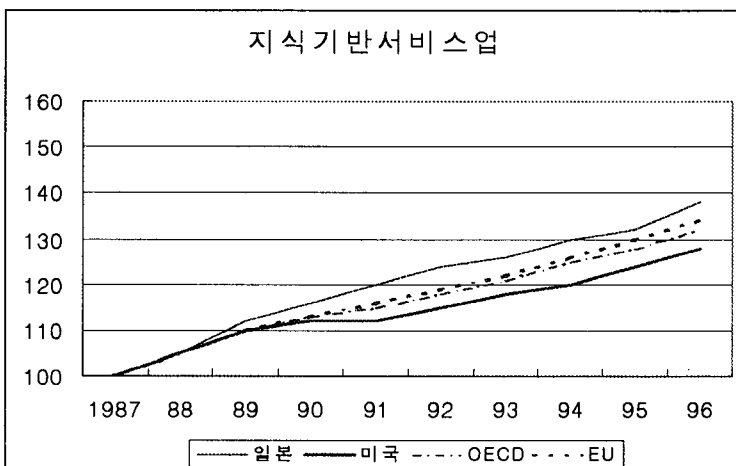
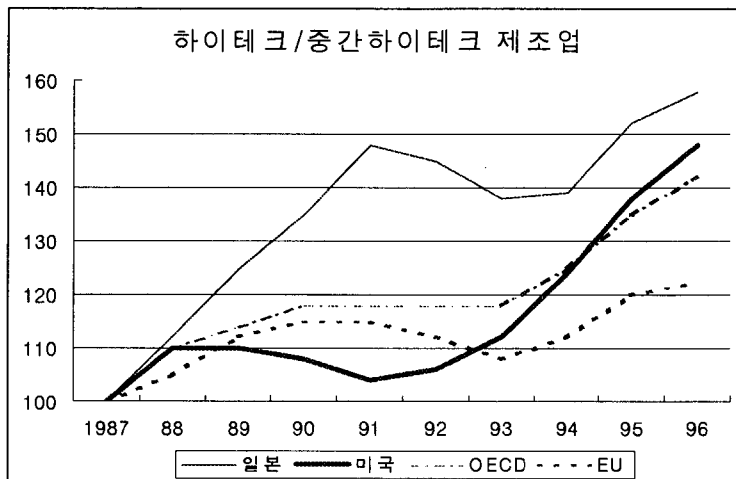
기술적 차원	기술수명의 단축, 기술진보 속도 증가
과학적 차원	연구개발 방법에서의 혁신으로 연구개발기간 단축
시장적 차원	지구적인 차원의 경쟁으로 경쟁강도 강화
구조적 차원	경제 전체의 지식기반경제로의 변화

3. 기술기반 제조업의 확대

과학기술 기반 혁신의 증가는 분명히 관찰된다. 그런데 과학기반 혁신에 근거하는 산업의 정확한 규모는 그렇게 쉽게 측정되지 않는다. 혁신이 활용되는 여러 상품을 정확히 추적하기 힘든데다 그 상품이 어느 산업에 속하는 지를 다시 추적하기 쉽지 않기 때문이다. 현존 통계에서는 과학기반 혁신과 과학기반 산업이 정확히 연계되지는 않는다.³⁾

과학기술기반산업의 크기는 기술집약도가 높은 기술기반 제조업으로 파악되기도 한다. <그림 3>은 1980년대 후반 이후의 기술기반 제조업의 동향을 그린 것이다. 기술기반 제조업의 증가세가 최근 들어와 명확해지고 있다.

<그림 3> 지식기반 제조업 및 지식기반 서비스업 동향



자료: OECD(1999)

주: 실질부가가치(1987=100) 기준

3) 통계적인 연계를 위한 이론적인 논의는 설성수, 송충한(2000) 참조.

그런데 다음과 같은 질문이 제기된다. 금융보험업이나 보건의료업, 나아가 교육업은 하이테크를 집약적으로 이용할 뿐 아니라 과학적인 활동이 크게 내재되어 있다. 따라서 이들은 하이테크 제조업이라 부를 수는 없어도 다른 형태로 지칭할 필요가 있다. 이러한 점으로 인해 OECD(1998)에서는 이러한 산업을 지식기반 서비스업이라 칭하고, 이에 대비되는 하이테크창출 제조업을 지식기반 제조업 혹은 기술기반 제조업⁴⁾이라 구분하여 총체적으로 지식기반산업을 논한다. 하이테크기술의 사용부문까지를 포함하는 광범위한 개념으로 지식기반산업을 규정한 것이다. <그림 3>에서 지식기반 서비스업은 지식기반 제조업 못지 않게 확실한 성장세를 보여준다.

IV. 한국의 과학과 산업

1. 기술혁신의 과학화 저하

1) OECD 기준에 의한 한국특허 동향

<표 4> OECD(1998) 구분에 의한 한국의 지식기반 제조업

(단위: 건, %)

	1991	1999	증가율
High-technology industries	4,673	35,607	662
항공 (B64)	3	55	1,733
사무기기, 컴퓨터 (B41, G06)	478	3,418	615
의약 (A61K)	93	796	756
라디오, TV, 통신 장비(H01, H03-05, G08-11)	4,099	31,338	665
Medium-high-tech industries	3,719	34,223	820
전기기기(통신 제외) (H02, C25, F21)	844	6,004	611
전문제품 (G01-05, G07)	454	8,854	1,850
자동차, 기타 운수장비 (B60-63)	422	1,880	345
화학(의약 제외) (C01-09, C11-13, C30)	1,090	6,095	459
비전기기기 (G12, F01-04, F15-17, F23-25)	909	11,390	1,153
소 계	8,392	69,830	732
(전체 대비 %)	(67.9)	(73.4)	
전 체	12,365	95,108	669

주: 괄호 안은 특허분류

4) 이들은 지식기반 제조업과 기술기반 제조업의 명확한 개념 차를 제공하지 않고 동일 의미로 사용한다. 그렇지만 본고에서는 지식기반 서비스업과 대비되는 제조업을 논할 때는 지식기반 제조업이라는 용어를 사용하고, 과학과의 산업의 연계라는 차원에서는 기술기반 제조업이라는 용어를 사용한다.

<표 4>는 OECD(1998)의 기준에 의한 산업구분을 특허분류상의 코드로 전환시키고, 이에 입각하여 우리나라의 특허와 실용신안 등록건수가 어떻게 변화되고 있는지를 보인 것이다. 1991년 전체의 67.9% 상당이 첨단기술산업으로 구분되고, 1999년에는 73.4%가 첨단기술산업으로 구분된다. 첨단기술산업의 성장률도 전체 평균보다 높다. 그러나 이 수치는 산업분류와 특허분류가 완전히 일치하지 않기 때문에 특허분류를 크게 잡아 나타난 것이다. 특허분류를 세부적으로 파악한다면 수치는 크게 낮아질 수 있다.

2) Grupp의 기준에 의한 한국의 과학기반기술

Grupp(1992)은 과학집약도에 따라 각 기술을 과학에 대한 강한의존분야, 평균 이상 분야, 평균이하 분야, 과학과 무관한 분야라는 4단계로 구분하였다. 이러한 구분은 1979년과 1988년 사이의 특허를 국제특허분류(4판)를 기준으로 28개 기술로 구분하여 도출한 것이다. 강한 의존분야에는 생명공학과 레이저 분야가 속했다. 평균이상 분야에는 전자정보통신, 농업식품화학, 표면처리 및 일부 전문기기, 일부 무기화학 및 유기화학 분야가 속했다. 한편, 전기기기, 기계, 고분자화합물, 제어조정장치, 플라스틱염료, 종이인쇄 기술은 과학의존이 평균 이하이었다. 마지막으로 과학과 무관한 분야는 광업토목건축, 운수기기및부품, 가정용품 및 의학분야이었다.

<표 5> Grupp(1992) 구분에 의한 한국의 과학기반기술

	1991	1999	증가율
강한의존	268	1,822	580
생명공학, 의약품	242	1650	582
레이저	26	172	562
평균이상	4,463	33,708	655
농업, 식품화학	541	2,387	341
표면처리, 결정	131	777	493
무기화학, 유리, 폭파	94	524	457
유기화학, 석유화학	446	1,828	310
계측, 센서	373	2,629	605
광학	252	2,694	969
데이터 처리	372	2,467	563
정보저장	1,030	5,337	418
반도체, 회로	491	8,378	1,606
통신기술	733	6,687	812
소계	4,731	35,530	651
전체	12,365	95,108	669

이 정의에 따라 한국의 특허 및 실용신안 등록이 어떻게 변하고 있는지를 살펴본 것이 <표 5>이다. 과학의존도가 평균이상인 특허와 실용신안은 전체 등록에 비해 1991년에는 38.2%, 1999년에는 37.3%이었다. 두 기간 사이의 절대숫자는 약 10배 증가하였지만 전체 특허에서 차지하는 구성비는 약간 감소하였다. 한편 과학기반기술의 성장률도 전체 성장률보다 약간 낮다. 이는 1990년대에 우리나라 기술의 과학의존은 거의 변화가 없다할 것이다. 이 기준 하에서는 선진국 전체의 급격한 상승과는 거리가 먼 것이다.

분야별로 보면 저장장치와 반도체, 즉 전자부품이 평균이상인 특허와 실용신안 중에서 1999년 현재 38.6%로 가장 큰 분야이다. 성장률을 본다면 반도체, 통신기기 및 광학만이 전체 특허 및 실용신안의 성장률을 상회하였다.

3) 자체 기준에 의한 과학화 동향

Grupp(1992)의 과학기반산업 정의에는 신소재, 유전자공학, 마이크로 및 나노기술 등 최근 첨단산업으로 간주되는 부분들이 포함되어 있지 않다. 또한 분석시점이 달라 최근 강조되는 기술인 정보통신기술로 분류되는 음성영상기기 등이 제외되어 있고, 농업과 식품분야가 크게 강조되어 있다. 한편 OECD나 미국의 연구에서 포함된 항공우주 분야는 빠져있다. 따라서 다른 연구들을 참조하여 최근 일반적으로 언급되는 분야들을 포함시키고, 기존 분야를 제외한 결과를 측정하여 보았다.

<표 6>은 Grupp의 연구와 본 연구에서 설정한 과학기반기술의 차이를 보인 것이다. 자체 기준에 의한 과학기반기술은 Grupp의 구분보다 절대숫자는 많이 도출되었다. 그로 인해 1999년에는 약 8,500개 정도의 특허가 더 추가되고 있다. 그러나 전체 특허 및 실용신안에 대한 비중은 Grupp의 구분보다 훨씬 크게 줄어든다. 1991년 49%에서 1999년 46%로 줄어든 것이다. 여기서 결론적으로 언급할 수 있는 점은 우리나라에서 1990년대에는 과학기반기술과 산업의 비중이 줄어들었다 할 것이다.

분야별로 보면 자체 기준에 의한 과학기반 기술과 산업은 새로운 생명공학 부분을 추가시켰다고 하나 생명공학 및 의약과 식품 부분이 대폭 줄었다. 또한 소재, 마이크로 및 나노기술, 항공우주기술을 추가시켰어도 이들은 절대비중이 얼마되지 않아 절대숫자 증가에 크게 기여하지 못하고 있다. 특징적인 점은 정보통신기술과 부품에서 크게 증가하고 있다는 점이다.

<표 6> 자체 기준과 Grupp 기준 비교 (건수, %)

	자체 기준			Grupp(1992) 기준			
	1991	1999	증가율	1991	1999	증가율	
생명공학, 의약	285	1,749	514	생명공학, 의약품	242	1,650	582
식품/화학	8	30	275	농업, 식품화학	541	2,387	341
소재	261	1,736	565				
표면처리/전기분해	114	420	268	표면처리, 결정	131	777	493
항공기, 우주공학	3	55	1,733				
마이크로, 나노기술	0	0	-				
무기화학, 탄약	90	540	500	무기화학/유리/폭파	94	524	457
유기화학	675	3,446	411	유기화학, 석유화학	446	1,828	310
전문기기	803	5,906	635	전문기기	1,030	5,337	418
정보통신기술	2,850	19,101	570	정보통신기술	2,135	16,351	666
전자부품/회로	974	11,152	1,044	반도체/회로	517	8,550	1,606
소계	6,063	44,135	628	소계	4,731	35,530	651
(전체 대비%)	(49.0)	(46.4)		(전체 대비%)	(38.3)	(37.3)	
전체	12,365	95,108	669	전체	12,365	95,108	669

2. 기술기반 제조업의 확대

우리나라의 지식기반 제조업의 변화추세는 <표 7>과 같다. 표의 수치는 산업연관표를 통해 계산한 것이다.

<표 7> 기술기반 제조업의 비중 및 성장률 변화(1985~95)

	구 성 비 (%)			증 가 율 (%)		
	1985	1990	1995	1985~90	1990~95	1985~95
농림어업	9.6	5.5	3.8	0.8	1.8	1.3
광업	0.6	0.5	0.4	7.5	4.0	5.7
제조업	41.7	44.7	47.6	14.0	11.1	12.6
기술기반 제조업	9.5	15.1	20.2	23.3	16.1	20.0
하이테크 제조업	2.3	4.0	6.6	25.6	21.1	23.3
중고기술 제조업	7.2	11.1	13.6	22.6	14.3	18.4
일반제조업	31.2	29.5	27.4	10.8	7.8	9.9
중저기술 제조업	13.2	13.4	15.4	12.9	12.8	12.9
저기술 제조업	19.0	16.1	12.0	8.8	3.5	6.1
서비스업	48.1	49.3	48.2	13.0	9.2	11.1
계	100.0	100.0	100.0	12.4	9.7	11.1

자료: 이건우, 장석인(1999)의 <표 II-1>에서 다시 계산.

주: OECD(1998)의 정의에 따라 한국은행의 「접속불변산업연관표」 이용.

1985년 전체 산업의 9.5%를 차지하던 기술기반 제조업은 1990년 15.1%, 1995년에 20.2%로 나타났다. 경제 전체에서 차지하는 비중이 1/5이 되었고, 10년간 2배 이상 확대되었다. 제조업 전체의 성장을 하이테크산업의 성장이 주도하고 있는 것이다. 한편 성장률에 있어서도 이들 산업은 성장률이 2위인 일반제조업의 2배의 성장률을 보여 경제 전체의 성장을 주도하고 있다.

<표 8> 산업그룹별 성장기여도(%)의 변화(1985~95)

	1985~95	1985~90	1990~95
농림어업	0.4	0.4	0.3
광업	0.2	0.3	0.2
제조업	49.4	47.0	51.2
기술기반 제조업	25.3	21.3	28.3
하이테크 제조업	9.0	6.3	11.0
중고기술 제조업	16.3	15.0	17.3
일반제조업	24.2	25.7	22.9
중저기술 제조업	16.5	13.4	18.8
저기술 제조업	7.7	12.3	4.1
서비스업	50.0	52.2	48.3
계	100.0	100.0	100.0

자료 : 이진우, 장석인(1999)의 <표 II-2>에서 다시 계산.

주: 상동

기술기반 제조업의 성장기여도는 1985-95년 기간 경제 전체의 25.3%를 차지하였다. 이 제조업이 1985년 경제 전체에서 차지하는 비중이 9.5%이고 일반제조업의 비중이 31.2%라는 점을 감안한다면 이들의 성장기여도는 다른 산업을 압도한다 할 것이다. 이 산업의 성장기여도는 1985-90년 기간에 21.3%, 1990-95년 기간에 28.3%로 최근들어 더 높아지고 있다.

이상의 결과를 요약한다면 한국의 기술기반 제조업은 다음과 같이 정리된다.

- 최근 10년간 경제 전체에서 차지하는 비중이 2배 이상 확대되었다. 결과적으로 년평균 성장률은 가장 높아 2위인 일반제조업의 2배 이상인 23.3%이다.
- 1995년 현재 경제 전체의 1/5 수준이다.
- 1985년 경제 전체에서 차지하는 비중이 9.5%이고 일반제조업의 비중이 31.2%임에도 이 산업의 성장기여도는 1985-90년 기간 25.3%로 일반제조업보다 크고 가장 높다.
- 대부분의 산업이 국내수요에 의존하는데 비해 하이테크산업이 될수록 수출증

가가 기여하는 비중이 크다. 일반제조업은 수출효과가 35.1%인데, 중고기술회
제조업은 36.5%, 하이테크제조업은 65.7%를 차지하고 있다.

3. 선진국 대비

OECD(1999)에서 미국에 등록된 각국의 특허를 중심으로 파악한 기술사이클시
간(technology cycle time)과 과학집약도의 관계를 조사한 바 있다. 한국의 과학집
약도는 1.0을 약간 넘는 수준으로 조사대상 OECD국가 중 최하위 수준에 있다. 북
셈부르크가 가장 낮은 수준이지만 이들은 소규모 국가라는 점에서 비교대상은 아닐
것이다. 한국의 과학에 대한 의존이 가장 낮은 것이다. 영국 스위스 캐나다 멕시코
등이 한국 과학집약도의 2배인 3.0 수준에 있고, 미국 덴마크 등이 3배인 4.5 정도
에 있다.

어떤 특허에 인용된 다른 특허의 등록년수로 파악하는 기술사이클시간 역시 비
교대상인 다른 나라보다 짧다. 한국의 기술진보 속도가 빠른 것이다. 그런데 과학집
약도가 가장 낮으면서도 사이클시간이 가장 짧아지는 현상은 한국의 기술이 독자적
인 과학에 의존하는 것이 아니라 다른 기술의 모방에 의존한다는 것을 보여준다할
것이다.

V. 결어

본고는 과학과 산업의 연계를 과학기반산업이라는 개념으로 파악해 보았다. 과
학기반산업과 관련한 논의는 대략 세 갈래에서 도출되지만, 궁극적으로는 과학을
중심으로 산업을 보려는 시각과 경제구조 전체의 변화를 중심으로 과학을 보려는
입장으로 압축되었다.

과학기반산업은 기본적으로 과학을 중심으로 산업을 보겠다는 시도이나 구체적
인 산업의 형태가 명확히 측정되는 것은 아니었다. 반면 구조변화 측면에서 산업을
보는 시각에서는 구체적인 산업의 파악이 용이하다. 과학에서 출발하는 시각에서는
혁신의 내용에 대한 파악에서 강점이 있고, 산업적인 시각에서는 경제 전체의 구조
변화 파악에 장점이 있는 것이다. 특히 산업적인 시각에서는 과학기반산업이라는
용어보다 지식기반산업이라는 용어로 구조변화를 파악한다. 지식기반산업은 지식기
반 제조업과 지식기반서비스업으로 구분되는데 반해 과학기반산업은 서비스업은 언
급하지 않고 제조업에 있어서의 과학기반산업만을 언급한다.

본고에서 도출된 결론은 다음과 같다. 먼저 산업적인 시각에서 보자면, OECD

국가에서는 지식(기술)기반 제조업은 물론이고 지식기반 서비스업도 급격히 증가하고 있다. 한국도 이 점에서는 예외가 아니다. 특히 한국의 기술기반 제조업은 최근 10년간 경제 전체에서 차지하는 비중이 2배 이상 확대되어, 1995년 현재 경제 전체의 1/5 수준이다. 년평균 성장률은 일반제조업의 2배 이상인 23.3%이다. 이 산업의 성장기여도는 1985-90년 기간 25.3%로 일반제조업보다 크고 여러 산업 중 가장 높다.

두 번째로 과학을 중심으로 한 시각에서 본다면, 선진국에서는 모든 국가, 모든 분야에서 과학집약도가 증가한다. 시기적으로는 특히 1990년대에 급격히 증가한다. 반면 한국 특허의 과학의존은 OECD 국가 중 가장 낮고, 대부분의 기술진보가 다른 특허나 기술에 의존하는 형태이다. 특히 선진국 전체에서 급격히 증가하고 있는 과학기반기술의 비중은 1990년대에 감소하고 있다.

이를 종합해 본다면 한국의 산업은 외형적으로는 선진국형을 따라가고 있지만 산업의 내실을 기하는 과학적인 기반은 상대적으로 감소하고 있다할 것이다. 특히 기술사이클시간도 다른 나라에 비해 짧다는 점은 독자적인 과학기반의 혁신이 아니라 모방적 기술혁신이 팽배해있다는 것을 의미한다. 따라서 기술진보에 있어서 과학의 중요성을 강조하고 과학의존형 전략을 강화해야 할 것이다.

참고문헌

- 김승택, 「신산업의 발전비전 및 육성방안 -지식기반산업으로의 구조개편」, KIET 정책자료 043, 1998. 08.
- 산업자원부, 「21세기 한국산업의 비전과 발전전략: 지식기반산업 중심의 산업구조 고도화」, 1999.
- 재정경제부, 「지식기반경제 발전전략 확정」, 2000.
- 오상봉·김인중 외, 「지식기반산업의 발전전략」, KIET 정책자료 74, 1998. 12.
- 오영석, 「한국경제의 중장기 비전 - 산업부문」, 산업연구원, 매일경제, 대한상공회의소 주최, 발표자료, 1999. 12. 2.
- 이건우, 「지식기반산업의 산업연관분석」, 산업연구원, 연구자료 제201호, 2000. 3.
- 이건우, 장석인, 「지식기반산업의 성장요인분석」, 연구자료 제192호, 산업연구원, 1999. 12.
- 이선; 장석인; 김휘석; 권기현; 박종국, 「지식기반경제의 이론과 실제」, KIET, 연구보고서 436, 2000. 5.
- 한은정보, “지식기반산업의 국민경제적 역할”, 한국은행, 2000. 4. 22쪽.
- 최영락, 장영배, 황영순, 「과학기술기반산업의 의의와 추진방향」, 과학기술정책연구원, 정책자료 99-04, 1999. 4.
- Albert, Michael B., et al., *The New Innovations: Global Patenting Trends in Five Sectors*, U. S. Department of Commerce, Office of Technology Policy, September 1999. <http://www.ta.doc.gov/reports.htm>
- Carpenter, M., P., Cooper, F., Narin, "Linkage Between Basic Research Literature and Patents", *Research Management*, 13, 30-35. Carpenter, M., F. Narin, P. Woolf, 1983, "Validation Study: Patent Citations as Indicators of Science and Foreign Dependence", *World Patent Information*, 3, 1980. 4. 60-163.
- Gibbons, M. et. al, *The New Production of Knowledge : The Dynamics of Science and research in Contemporary Societies*, Sage Publisher, London, 1994.
- Grupp, Hariolf, Ulrich Schmoch, "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, 1992, ch. 4., 73-129.
- Hatzichronoglou, Thoms, "Revision of the High-Technology Sector Product Classification", OECD, STI Working paper, 1997.
- Könic, Wolfgang, "Science-Based Industry or Industry-Based Science? Electrical Engineering in Germany before World War I", *Technology and Culture*, Vol. 37, No. 1, 1997.
- McMillan, G. S., F. Narin, D. L. Deeds, "An Analysis of the Critical Role of Public Science in Innovation: The case of Biotechnology", *Research Policy* 29-1, January 2000, 1-8.
- Narin, F., Hamilton, Limberly S., and Olivastro, D., "The Increasing Linkage between U. S. Technology and Public Science", *Research Policy*, Vol. 26, 1997, pp. 317-330.
- Narin, F., Olivastro, D., "Status Report: Linkage between Technology and Science", *Research Policy*, Vol. 21, 1992, pp. 237-249.
- National Research Council of Canada, *Innovation and Innovation Systems in Canada, 1994*.
- National Science Board, *Science and Engineering Indicators 2000*, Vol. 1, 2, National Science Foundation, 2000, NSB-00-01.
- OECD, *The Knowledge-Based Economy*, Paris, 1996.
- OECD, *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*, 1996, Paris
- OECD, *Technology, Productivity and Job Creation - Best Policy Practices*, 1998, OECD, Paris.
- OECD, *Special Issues on "Public/Private Partnerships in Science and Technology"*, STI Review 23, 1998, OECD, Paris.
- OECD, "The Management of Science Systems", STI Review, 1999, OECD, Paris.
- OECD, *Managing National Innovation Systems*, 1999, OECD, Paris.
- OECD, *The Knowledge-based Economy: A Set of Facts and Figures*, 1999.
- OECD, *Science, Technology and Industry Scoreboard - Bench Marking Knowledge-based Economies, 1999*, OECD, Paris.
- Pavitt, K., 1984, "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, Vol. 13, pp. 343-373
- World Bank, *Knowledge for Development*, Washington, 1999.