

# 한국의 미래기술

## 목차

- I. 서설
  - II. 미래기술을 보는 세 시각
  - III. 세계적인 기술지식의 진보
  - IV. 세계속의 한국기술의 위상
  - V. 한국의 기초과학연구 우선분야
  - VI. 과학기술자의 장애요인 인식
  - VII. 결어
- 부록 일본 제6회 기술예측의 주요 과제

설    성    수

한남대 경제학과

042-629-7608

s.s.seol@eve.hannam.ac.kr

# 한국의 미래기술

## I. 서설

기술개발은 불확실성이 크고, 시간이 오래 걸린다는 속성이 있다. 그러므로 잘 못된 기술개발은 투입된 자원의 손실 뿐만 아니라, 다른 기술의 개발을 봉쇄하여 결국 기업이나 국가 전체에도 큰 손해를 미치게 된다. 이러한 점으로 인해 가급적 확실하면서도 중요성이 높은 미래기술을 판별하는 일이야말로 기술개발의 선결요건이자 필수불가결한 작업이다.

한정된 자원의 보다 효율적인 투입은 어느 시대 어느 장소에나 있는 문제이지만 연구개발에 있어서의 이러한 추세는 특히 1980년대 이후 강화되고 있다. 이러한 동향은 주요 선진국에서 과학기술에 대한 투자가 정체되거나 감소되고 있는 과학기술계 내부상황으로 인해, 나아가 기술적인 우위가 바로 산업적인 우위로 연계되어 경쟁력으로 작용하는 산업적 현상을 반영한 것이다.

기술적인 기회가 가능한 기술을 식별하고, 또 언제 구현될지를 예상한다는 것은 자원의 효율적 이용이나 기술적인 구현 자체를 위해서도 대단히 매력적인 일이다. 그중에서도 중요성이 크다고 판단되는 기술을 판별하여 자원을 집중시킨다면 보다 적은 재원으로 커다란 효과를 기대할 수 있을 것이다. 그렇기 때문에 최근에 들어와 대부분의 선진국에서는 기술예측을 강화하고 있다.

한편 기술예측은 국가 안보라는 차원에서도 활용된다. 기술수준이 낮은 기업이나 국가는 비싼 경제적 댓가를 치루는가하면 기술종속이라는 문제를 겪는다. 특히 생존여부가 걸린 상황에서 기술 자체를 확보하지 못하면 도태될 수밖에 없으므로 기술은 확보할 수 있는 기술종속은 그래도 다행이다. 돈으로도 확보할 수 없는 기술이 존재하는 상황에서는 어느 기업이나 국가도 생존을 자신할 수 없는 것이기에 핵심기술의 중요성은 커진다. 세계 최강의 기술을 보유했다는 미국에서도 이러한 시각이 1980년대 후반 이후 국방성을 중심으로 강화되었다.

일본은 1970년 이후 매 5년마다 기술예측을 시도하고 있어서 예측에 있어서는 가장 대표적인 국가이다. 영국은 1983년에 실시된 이후 1993년부터 대규모의 예측이 진행되고 있고, 네델란드는 1983년과 1988년에 시도한 바 있다. 독일은 1993년에 일본의 제5회 예측(1992) 자료를 거의 그대로 사용해 예측을 시도하였다. 이들과는

약간 다른 형태는 호주와 뉴질란드에서 발견된다. 호주는 1990년 단순한 예측보다 예측된 결과에서 얻어진 우선순위를 바탕으로 한 기술개발을 시도했고, 뉴질란드 역시 1992년 우선순위 도출과 활용이라는 예측을 시도한다. (Martin, 1995; OECD, 1996)

미국은 대단히 분산된 형태로 또한 다양한 형태로 기술예측을 시도한다. 하나는 과학아카데미 산하기관인 국립연구평의회에서 시도한 분야별 예측이다.<sup>1)</sup> 특정 분야의 세부분야들이 어떻게 전개될 것인지를 예측하는 것이다. 다른 하나는 국방성이 국가안보를 위해 작성했던 핵심기술 보고서와 상무성이 경쟁력을 위해 작성했던 신기술 보고서가 하나로 합해져 대통령 산하 과학기술정책실(OSTP)에 의해 1991년 이후 매 2년마다 작성되고 대통령에게 보고되는 핵심기술 보고서이다.<sup>2)</sup> 그리고 업종별 협회나 기관 등에서 기술예측이 이루어진다.

또한 우리나라에서도 한국산업은행(1992), 과학기술정책관리연구소의 신태영의 (1994), Shin(1998)에 의한 20년 예측이 있고, 생산기술연구원(1993)의 10년 예측과 이의 후속 작업인 산업기술정책연구소 이종일에 의해 10-15년 예측이 진행되고 있다.<sup>3)</sup> 박재혁외(1995)는 일본과 독일 및 한국의 예측을 비교하고 있고, Shin et al.(forthcoming)은 한국과 개도국의 기술예측을 비교한다. 박원훈(1997)은 선진국의 기술예측의 사례를 통해 그 속에 우리나라 과학기술의 미래상이 있음을 그린다. 기업차원에서는 한국전력(1996)과 삼성종합기술원(1996)에 의해 기술예측이 이루어졌다. 한편 설성수의(1998)는 기초과학연구를 대상으로 과학기술 전분야에 걸친 우선과제를 도출하였다. 이 조사는 기술예측에 기술전략을 도입시킨 것으로 과제들의 집합인 소분야를 대상으로 하고 있다는 특징이 있다.

본고의 목적은 우리나라의 미래기술이 구체적으로 어떠한 내용이고 또 전체적으로는 어떠한 모습인가를 서술하고자 한 것이다. 다시 말해 세계적인 차원의 미래기술 논의에서 출발하여 세계속의 한국기술이 미래에 어떻게 전개될 것인가를 서술하고자 한 것이다. 따라서 세계적인 차원의 기술예측을 검토하고, 한국에서의 기술예측을 검토한다. 그러나 이러한 정도로 미래기술의 전반적인 모습을 그려내기 어렵기 때문에 미래기술의 전반적인 모습을 살펴보기 위한 새로운 시각을 도입한다.

---

1) 예로 F.H. Westheimer, *Chemistry: Opportunities and Needs*, 1965. P. Handler, *Report on the Life Sciences*, 1970. D. Bromley, *Physics in Perspective*, 1972. G.C. Piemental, *Opportunities in Chemistry*, 1985. W.F.Brinkman, *Physics Through the 1990's*, 1986. 등, 이상 모두 National Academy of Press(Washington DC).

2) National Critical Technologies Review Board, *National Critical Technologies Report*, 1991, 1993, 1995.

3) 이종일 등에 의한 2010년 예측작업이 현재 진행 중이다.

먼저 기술예측을 과제형, 분야형 및 패러다임형의 셋으로 구분하여 각 방법의 장점과 단점을 간단히 검토할 것이다. 그후 전통적인 시도인 과제형 예측이 세계적으로 어떻게 전개되고 있는 지를 살펴볼 것이며, 과제형 예측의 문제점에 대한 대안으로 패러다임형을 통해 미래기술의 전반적인 윤곽을 그린다. 마지막으로 필자가 주도한 조사연구를 바탕으로 우리나라의 분야별 미래기술이 어떻게 전개될 것인지 검토할 것이다.

## Ⅱ. 미래기술을 보는 세 시각

미래의 기술을 살피기 위한 방법을 보통 기술예측이라 통칭하는데, 기술예측은 “최대한의 사회경제적인 이득을 위하여 전략연구나 새로운 원천기술을 도출할 목적으로 과학과 기술의 장기적인 미래를 조사하는 체계적인 노력”이라 정의된다.(Martin, 1995) 또한 예측은 두가지 전제를 바탕으로 형성된다. 하나는 예측은 기법이 아닌 과정이며, 다른 하나는 미래는 많은 가능한 모습이 있기 때문에 오늘의 노력이 미래를 결정하는 주요한 한 변수가 된다는 점이다.

그렇지만 미래에 어떠한 기술이 등장할 것이고, 또 어떠한 기술이 사회경제적으로 중요한 의미를 가지게 될 것인지를 예측한다는 것은 예측 자체의 속성과 같이 대단히 불확실하다. 특히 예측시간이 길어질수록 예측의 정확성은 떨어진다. 그럼에도 20년 혹은 30년 정도의 오랜 시간을 전제하며 기술예측을 시도하는 이유는 기술이 사회경제에서 차지하는 비중이 크기 때문이다. 기술예측은 대부분의 선진국에서 큰 관심을 가지게 되어 최근에는 OECD에서도 검토할 정도이다.

<표 1> 기술예측의 차원 분해

목 적	대 상		
	전체	대분야	소분야
전체적인 방향설정	우수 ①	보통 ②	-
우선분야 도출	-	우수 ③	보통 ④
우선과제 도출	-	보통 ⑤	우수 ⑥

어떻든 기술예측은 주어진 시간범주, 수행조직, 수행방법론, 주요 목적, 범위 등에서 여러 유형이 존재하고 큰 차이를 보인다. 그러나 우리는 미래의 기술을 살피기 위한 방법을 모두 기술예측이라는 포괄적인 차원으로 정의하게 되면 미래기술의

전반적인 기술을 파악하기 어려우므로 <표 1>과 같은 틀을 가지고 기술예측을 해부하여 보자.

<표 1>은 기술예측을 대상과 목적을 중심으로 구분한 것이다. 대상분야는 과학기술 분야 전체, 특정 학문분야 및 그 학문분야 내의 소분야로 구분하였다. 특정 학문분야만 해도 최소한 5단계 이상으로 구분할 수 있는데 간단히 특정 학문분야의 가장 작은 단계라는 의미로 소분야라 명시하였다. 목적은 전반적인 방향설정, 어떠한 학문분야 내에서의 우선분야 설정, 세부적인 과제에 대한 우선순위 도출로 구분하였다.

표는 기술예측은 대상에 따라 목적이 다르게 나타난다는 점을 보인다. 과학기술 전체가 대상이 되면 세부적인 내용보다 전반적인 방향성이 중시되고, 대상범위가 작아지면 작아질수록 포괄적인 방향설정은 약해질 수밖에 없을 것이다. 또한 과학기술 전체가 대상이 될 때는 우선분야의 설정은 어려워진다. 기술예측은 대체로 과학기술자들이 담당하는데, 이들은 학문분류가 다른 경우는 내용을 거의 알지 못한다. 따라서 우선분야 설정은 전체 차원이 아니라 특정 학문이나 인근 학문 정도로 범위가 좁혀지고, 범위가 작아지면 작아질수록 분야에 있어서의 우선순위는 설정하기 어려워진다. 반대로 우선과제 선정은 범위가 작을수록 보다 효율적일 것이다. 과학기술자들은 분야 분류상의 계보가 조금만 다르면 그러한 내용이 있는지 자체를 모르는 경우가 태반이기 때문이다.

이상을 기반으로 최선의 예측만을 전제로 한다면 기술예측은 크게 세 차원으로 구분된다. 전반적인 방향설정을 위한 ①영역과, 우선분야 도출을 위한 ③영역, 나아가 우선과제 도출이라는 ⑥영역이 그것이다. 그렇지만 이들은 각각 범위가 넓을수록 혹은 좁을수록이라는 의미로 구분된 것이라는 점을 염두에 두자.

수천명의 과학기술자가 동원되어 산출되는 기술예측의 광범위함과 세밀함에도 불구하고 이와 같은 새로운 시각을 부여하는 이유는 전통적인 기술예측의 단점을 보강하자는 것이다. 먼저 기술예측은 과제 중심의 예측이라 분야에 대한 정보가 약하다. 하나 하나의 기술이 어느 정도의 중요성을 가지고, 언제, 어떠한 기술적인 성격을 가지고 구현되느냐가 기술예측이 보여주는 결과이다. 따라서 개개의 기술이 중요하므로 분야는 개개 기술의 합계로 처리될 뿐이다. 그런데 개개기술의 구현은 하나의 기술만으로 해결되는 것이 아니라 주변 기술 혹은 상호 얽혀있는 보완적인 지식들과의 관계에서 해결된다. 따라서 하나의 기술지식이 구현되는 시점이 예상된다 해도 획득은 단위기술보다 분야에 대한 접근에서 더 가능해진다.

두번째, 전통적인 기술예측은 큰 분야별 중요성의 차이를 설명하지 못한다는

점이다. 실제 예측은 커다란 학문분야의 전문가들이 해당 분야의 과제를 평가하는 것이다. 따라서 각 분야 전문가들이 자신의 분야만을 평가하므로 분야간 중요성 비교라는 것의 의미가 약하다. 설성수의(1998)에서 보듯이 각 분야 전문가들이 느끼는 중요성의 척도는 다르기 때문이다.<sup>4)</sup> 따라서 학문분류 정도의 분류체계를 넘어서는 과제들의 중요성 비교란 큰 의미가 없다.

세번째, 전통적인 기술예측은 커다란 변화의 방향을 정확히 설명해주지 못한다. 중요성이 크다고 판단되는 과제들의 분야별 분포 정도가 변화의 방향을 설명해주는 것이다. 그러나 이 역시 모든 과제가 동일한 중요성으로 평가된다는 문제가 있어서 구체적으로 과학기술 지식의 진보가 어떠한 성격으로 나아가고 있고 또한 사회경제 속에 응용되었을 때 어떻게 구현될 것인가를 설명해 주지 못한다.

따라서 우리는 전통적인 기술예측을 목적과 대상에 따라 세분한다. 표에서의 ⑥영역에 해당하는 특성을 가진 예측을 과제예측이라 칭하기로 하고, ③영역을 특히 강조하는 접근을 분야별 예측, 나아가 ①영역을 집중 조명하는 예측을 방향성 예측이라 하자. 방향성 예측은 과학기술 전체의 방향성 전환을 의미한다는 점에서 패러다임형 예측이라 칭할 수도 있다.

개개의 과제를 중심으로 한 전통적인 기술예측의 사례는 많다. 앞서 언급한 대부분의 기술예측이 그것이다. 특히 최근에는 일본에서 시행된 제6회 기술예측(1996-2025) 결과가 발표되었다.

분야별 접근의 사례 역시 많다.<sup>5)</sup> 그렇지만 이들 자료는 대단히 분산되어 있어서 분야별 자료를 병렬적으로 나열한다는 것은 대단히 힘들고, 해당 분야만을 전문적으로 기술한다는 점에서 다른 분야 종사자들이 이해하기 쉽지 않다는 문제점이 있다. 한편 특정 분야의 예측이 해당 분야 전문가에 의해 이루어져 이해당사자에 의한 예측이라 객관성이 결여될 수 있고, 이 분야는 다른 어느 분야보다도 중요한 분야이므로 예산투입이 획기적으로 늘어야 한다는 등의 도식적인 예산요구로 이어질 수 있다는 점이다. 그렇다할지라도 해당 분야 종사자들에게는 대단히 유익한 정보임에 틀림없다.

한편 패러다임형 접근은 과학기술 전체의 변화를 기술한다는 점에서 구체적이지 못하다는 단점이 있으나 과학기술이 어떠한 분야에서 큰 변화가 나타나고 있고, 그 변화가 어떠한 패턴으로 나타날 지에 대한 정보를 제공한다.

우리는 이제 이 세 시각을 통해 미래기술의 모습을 살펴보기로 한다. 그렇지만

---

4) 똑같은 세분야의 중요도를 토목학과 건축학에서 각각 별도로 평가했는데 평균적으로 9점 만점에서 1점 이상의 차이가 났다.

5) 각주 2. 참조.

먼저 자료가 쉽게 허용되는 과제별 예측과 패러다임형 예측 두 접근을 살펴보기로 한다.6) 그리고 5항에서 우리나라의 미래기술을 분야별 예측을 통해 살펴본다.

### Ⅲ. 세계적인 기술지식의 진보

#### 1. 과제별 예측 : 일본의 최근 기술예측

<표 2> 일본 제6회 기술예측(1996-2025) 중요도 100과제의 실현시기 분포

	2005년내	2010년내	2015년내	2020년내	2025년내	계	제5회
전자	1	2	8	4		15	4
정보	3	3	1			7	7
통신	2	2	2			6	2
생명공학	4	6	3			13	24
해양·지구		2	6		1	9	9
환경		6	3			9	8
소재공정		1	3	4		8	6
생산기계		1	1	5		7	5
농림수산	2	1	1	2		6	6
보건의료복지		2	2			4	12
자원에너지		1	2	1		4	6
교통	1	5				6	2
도시·건축·토목		2	1	1		4	5
우주		1	1			2	5
소립자 (없어짐)						-	4
사회생활(없어짐)						-	2
합 계	9	33	37	20	1	100	100

일본의 기술예측은 1970년 시작된 이래 매 5년마다 갱신되고 있는데 1996년에 시도된 제6회 예측결과가 1997년에 보고되었다. 예측된 총 1072과제 중 중요도가 높은 100개 과제의 분야별 분포는 <표 2>와 같다.7) 제5회 예측에 비해 소립자, 사회생활 분야가 제외되고, 광물·수자원과 에너지 분야가 에너지분야로 통합되었으며, 전자와 정보분야가 분리되어 총 14개 분야가 대상이었다. 분야별로는 전자정보통신 분야가 6개 과제에서 28과제로 증가하였으며, 생명공학 과제와 보건의료복지 과제

6) 뒷부분에서는 우리나라를 대상으로한 분야별 예측의 결과가 소개된다. 이 조사결과는 기초과학연구를 대상으로 한다는 특징이 있다.

7) 부록에는 제6회 예측에서 분류된 14개 분야에서 중요도가 큰 2개의 과제만을 나열하였다.

가 각각 24과제에서 13과제 및 12과제에서 4과제로 줄어든 것이 특징적이다.

일본의 기술예측은 1970년부터 시행되었기 때문에 과거 예측의 실현율이 검토 가능하다. <표 3>에는 1971-2000년 기간을 예측한 제1회 예측과 1976-2005년을 예측한 제2회 예측의 실현율이 나타나 있다. 1회 예측과 2회 예측의 완전실현율은 20%대이나 부분실현율까지를 합하면 63-64% 수준이다. 대략 2/3가 부분적이거나 실현되고 있다.

<표 3> 일본 기술예측의 실현율

제1회 (1971-2000)			제2회 (1976-2005)				
5 대분야 27 소분야	실현율 %			20분야	실현율 %		
	완전	일부포함	비실현		완전	일부포함	비실현
비실현율 높은 소분야				에너지	14	24	76
교통수송향상	10	25	75	소프트과학	4	22	78
에너지개발	13	25	75	수자원	0	38	62
자원개발	11	33	67	수송	5	40	60
주생활향상	17	44	56	안전여가교육노동 5분야	19	43	57
대분야				환경	6	55	45
사회개발 7분야	15	54	46	정보	41	64	36
정보 3분야	34	65	35	공업생산	30	69	31
의료보건 7분야	19	82	18	식량삼림광물자원 3분야	22	70	30
식량농업 4분야	29	77	23	건설	15	70	30
공업·자원 6분야	29	55	45	해양개발	21	71	29
합계 588과제	26	64	36	생명과학	23	77	23
				보건의료	17	83	17
				우주개발	44	94	6
				합계 549과제	21	63	37

자료: 일본 과학기술청, 제6회 기술예측조사 - 개요, 1997.6, 표 1-3, 1-4를 가공.

<표 4> 일본 기술예측 주요 100과제의 분포 변화

	제5회 (1991)	제6회 (1996)
환경관련기술	28	25
정보관련기술	10	24
생명관련기술	37	17
재해관련기술	9	11
신에너지관련기술	6	11
기타	10	12

실현율이 특히 낮은 분야는 제1회에서는 교통수송, 에너지, 자원 분야와 주생활



분야이며, 제2회에서는 역시 수송분야와 에너지 수자원분야이었다. 에너지와 수자원과 같은 분야는 과학기술로도 해결하기 어려운 분야라는 점을 보여주며, 교통수송과 주생활은 일본에게 여전히 과제로 남는 부분이다.

제6회 예측의 주요 100과제를 환경관련, 정보관련, 생명관련, 재해관련, 신에너지관련 및 기타의 6개 분야로 구분했을 때는 <표 4>와 같은 변화를 보인다. 환경관련이 28과제에서 25과제로, 생명관련이 37과제에서 17과제로 줄었다. 반면 정보관련은 10과제에서 24과제로 늘었다. 1990년대 초는 생명분야와 환경분야가 주관심 대상이었으나, 1990년대 중반에는 환경과 생명과학 분야의 둔화와 정보분야의 강세가 특징이라 할 것이다.

## 2. 패러다임형 예측

과제별 예측의 분야별 합계인 <표 4>만 보면 5년간 환경과 생명분야 기술의 중요성이 떨어지고 있다는 판단을 하게 한다. 그러나 이와는 정반대되는 추세가 있다. <표 5>는 유럽연합의 연구개발 예산이 어느 부분을 중심으로 움직이고 있는가를 보여준다. 1980년대 중반 이후 정보통신부분의 중요성이 크게 강조되고 있지만 전체적인 비율은 점점 감소하고 있는 점을 보여준다. 반면 생명공학과 환경부문 예산은 꾸준한 증가세를 보이고 있다.<sup>8)</sup> 제6회 기술예측과는 다른 방향성을 보여주고 있는 것이다. 따라서 전반적인 방향성을 판단하는 다른 형태의 접근이 필요하다.

1920년대에 시작되었다 1970년대 말에 재현된 장기파동에 관한 논의는 자본주의에는 50-60년 주기의 장기파동이 있는데, 가장 중요한 원인은 비슷한 기간을 가진 혁신파동이라는 것이다.<sup>9)</sup> 이러한 점에 따라 한 시대의 기술혁신이 어떠한 패턴으로 전개되는 지에 대한 많은 연구가 이루어졌고, 그 결과 중의 하나가 <표 6>과 같이 요약된다. 기술혁신의 파동은 산업혁명기에서 중기시대로, 나아가 내연기관기와 대량생산기를 거쳤고 지금은 정보통신기라 평가된다.<sup>10)</sup>

이 견해는 기술경제패러다임론에서 잘 나타난다. 기술혁신은 시대별로 특징을 보이는데 특정 핵심요소가 다른 산업부문에 응용 확산되어 가며 경제 전체에서

8) 유럽연합의 연구개발 자원배분은 15개국이나 되는 회원국들을 납득시켜야 하므로 대단히 합리적이어야 한다. 따라서 이들의 연구개발 예산배분은 과학기술적인 판단을 우선으로 하는 경우가 많다.

9) 장기파동을 일으키는 다른 원인은 1920년대에는 전쟁과 같은 요인이 지적되기도 하였고 최근에는 Mandel(1975)의 이윤율 하락, Mensch(1979)의 발명의 군집 등이 있다.

10) 그러한 패러다임이란 허상이라 주장하는 학자들도 있다. Rosegger(1996) 참조.

혁신의 연속적인 파동이 일어난다는 것이다. 다시 말해 핵심요소를 중심으로한 기술혁신이 경제적인 요인들과 교합되며 새로운 패러다임을 발생시킨다는 것이다. 그리고 이 핵심요소의 응용성과 확산성이 세계경제를 지탱하지 못하면 경제는 불황으로 빠진다는 것이다.

<표 5> 유럽연합의 연구개발 예산 구성

	1차	2차	3차	4차
기간	1984-87	1987-91	1991-94	1994-98
순수 연구개발 예산	에너지 58.6%	정보통신 45.6%	정보통신 37.7%	정보통신 31.9%
	산업 35.0	에너지 24.9	에너지 15.9	에너지 21.1
	환경 6.4	산업 18.0	산업소재 15.1	산업소재 18.7
		생명자원 6.0	생명공학 12.6	생명공학 14.7
		환경 5.5	환경 8.8	환경 10.1
			운수 2.2	사회연구 1.3

- 주 1. 보완활동 제외 순수 연구개발  
 2. 생명공학은 생명기술, 생명의학, 농수산으로 구성  
 3. 환경은 환경, 기후, 해양으로 구성  
 자료 : 설성수의(1995), 부록 3 표5, 6 재가공.

핵심요소를 판단하는 조건은 세가지가 거론된다. 첫째는 급격한 가격하락이 있어야 하고, 두번째로 핵심요소는 거의 무한의 공급이 가능해야 한다는 것이다. 세번째로 핵심요소는 경제시스템에서의 활용성이 대단히 커야 한다는 것이다.(Freeman, Perez, 1988) 핵심요소는 이러한 속성이 있으므로 우리는 사전에 새로운 패러다임을 미리 예측할 수 있는 것이고 어느 정도나마 그에 대비할 수 있다.

패러다임형 예측은 개개의 기술이 아니라 기술혁신의 집합체가 가지는 속성을 바탕으로, 또한 기술 그 자체가 아니라 그 기술이 사회경제로 확산되어 가는 정도를 가지고 판단한다. 따라서 개개의 기술과제나 분야예측으로 찾을 수 없는 전체적인 방향성, 즉 거시적인 변화를 보여준다. 이러한 점에서 볼 때 현재는 정보통신기라는 점에 거의 이의가 없다. 반도체는 기술혁신의 속도가 빠라 비용절감이 크게 일어나고 있으며, 그 자체로 중요한 산업의 하나이다. 또한 경제 전 분야에 걸쳐서 응용되지 않는 부분이 없을 정도이다. 최근에 여러 기술이 등장하고 있지만 이 기술의 활용성과 확산성으로 인해 현 시대를 정보통신의 시대라 불러도 큰 이의가 없는 것이다.

한편 다음 세대는 생명과학기가 되리라 예상된다. 새로운 생명공학기술이 각국에서 활발히 연구되고 있고 응용되고 있지만 생명공학산업은 현재 주요 선진국에서

도 GNP의 2%미만이라 보고된다. 그렇지만 이 기술은 새로운 시대를 여리라 예상된다. 이는 필자만의 판단이 아니라 생명공학산업의 가능성을 검토한 OECD의 *STI Review*의 특집호(1996) 검토이기도 하다.

<표 6> 기술경제패러다임의 전개

	1차	2차	3차	4차	5차	6차
시기 명칭	1770-1830 산업혁명기	1830-1880 증기시대	1880-1930 내연기관기	1930-1980 대량생산기	1980- 정보통신기	2030?~ 생명과학기
핵심요소	석유 선철	석탄 운송	철	에너지	반도체	유전자
주요산업	석유 수력 운하	증기기관 철도 해운	전기 철도 중화학 배운	자동차 항공 합성화학	전자 통신	생명산업?
주도국	영 국		독일 미국	미 국	미국 일본	미국 일본?

자료: Freeman & Perez(1988), 6차 파동은 *STI Review*(1996) 등을 참조하여 필자 추가.

이 특집호는 생명공학과 생명공학산업을 검토하며, 생명공학산업이 한 시대를 이끌어갈 지배적인 산업으로서의 조건을 갖추고 있다고 평가한다. 이들은 한 시대를 이끌어갈 지배적인 산업이 되려면 최소한 다섯개 정도의 조건을 충족시켜야 한다고 주장한다. 먼저 일련의 혁신적인 신기술이 등장해야 하고, 상당한 원가절감이 지속되어야 한다. 세번째는 이러한 신기술이 사회정치적으로 수용가능하여야 하고, 네번째로는 환경적으로도 수용가능해야 한다. 마지막으로 경제시스템에 지배적인 영향을 미쳐야 한다. 이상의 내용은 수용가능성이라는 조건만 제외한다면 사실 Freeman과 Perez(1988)의 핵심요소의 세 조건과 매우 흡사하다. 유전자라는 혁신적인 기술요소가 등장하고 있고, 이 부분의 기술진보 속도가 빨라 비용절감 역시 크게 나타나리라 예상된다. 또한 사회경제 전체에 널리 확산 응용될 수 있다고 판단된다.

#### IV. 세계속의 한국기술의 위상

##### 1. 발전단계에 따른 과학기술활동의 특성

어느 나라의 과학기술 활동이든 그 나라의 고유 속성이 있는데 그 고유속성이

라는 것은 여러 차원에서 해부 가능하다. 먼저 발전단계상에서 나타나는 과학기술 활동의 속성은 <표 7>과 같이 나타난다. 우리나라의 통계가 정확히 명시되어 있지 않지만 우리의 과학기술 활동이 현재 어떠한 패턴을 가지고 있는 지를 간접적으로나마 판단케 한다.11)

<표 7> 국가별 분야별 발표논문(1991-95) 패턴

	국가명	농림수산	생물학/의학 생화학	공학	화 학 물리학
		선진국	미국	11	48
	프랑스	10	42	10	37
	일본	11	36	13	38
	독일	11	37	12	38
	4개국 평균	11	41	12	34
동아시아	한국 대만 중국	6	19	25	50
라틴지역	-	20	36	8	35

주 : 막대도표를 수치화한 것이라 각국의 합계가 정확히 100%가 되지 않음  
자료: Amsden(1997)

선진국들은 약간의 차이가 있어도 대체로 비슷한 패턴을 보인다. 생명과학 계통의 연구가 40% 이상으로 선두를 달리고 있고, 화학/물리학 계통이 34%로 다음이며 공학은 농림수산과 비슷한 수준인 10%를 약간 상회하는 정도이다. 국가별로는 미국과 프랑스가 거의 유사한 패턴을 보이며, 일본과 독일이 또한 거의 유사하다.

선진국과 중진국들의 패턴은 확연히 차이가 난다. 그런데 동아시아 중진권 국가들과 라틴계 중진국의 차이 역시 확연하다. 경제성장율이 높은 동아시아 국가들은 물리학/화학 분야의 논문발표가 가장 많고 공학분야가 그 뒤를 차지한다. 반면 라틴계는 선진국형에 가까워 생명과학계의 논문이 가장 많고 다음이 물리학/화학 순이다. 선진국과의 결정적인 차이는 농수산학 논문이 많고 공학논문이 적다는 것이다.

중진권에서 라틴계와 동아시아계의 차이가 눈에 띄인다 해도 우리는 발전단계에 따라 연구활동이 분명한 차이를 보인다는 점을 더 염두에 둘 필요가 있다. 일본은 분명 다른 선진국들과 사회문화적인 차이가 크다고 판단되지만 그들의 연구활동은 다른 선진국들과 거의 유사하기 때문이다.

어떻든 이러한 사실을 비추어 볼 때 한국의 향후 연구활동이 어떠한 방향이 될 것인지는 비교적 분명하다. 먼저 생물과학, 기초의약학, 생화학 등의 생명공학계열

11) 우리나라에는 이러한 종류의 통계가 전혀 작성되고 있지 않다.

의 연구활동이 현재보다 훨씬 크게 강화될 것이고, 농수산계 연구활동이 현재와는 다른 패턴이 되어야 할 것이다.

## 2. 과학기술자의 수준차 인식

<표 8> 국내 과학자의 미래기술 인식

구 분 분 야	한국과학자 시차인식 <sup>1)</sup> (%)					3개국 과학자 중요도 인식 <sup>2)</sup>					
	0-2년	3-4년	5-6년	7년↑	합계	모든 과제			같은 내용		
						한국	일본	독일	한국	일본	독일
정보전자 통신	43	50			100	102	98	94	99	106	98
						103	91	94	101	107	106
생명공학			65		100	101	112	114	102	109	111
극한기술			58	31	100	97	108	104	96	114	119
해양지구		28	37		100	101	102	105	97	101	100
천문우주				88	100	99	102	94	96	105	108
기계생산가공		64	18		100	100	92	90	96	84	90
소재공정		57	32		100	99	96	103	96	81	86
농림수산	30	40			100	102	104	87	106	103	89
에너지		33	44		100	96	99	102	89	86	92
광물수자원		50	30		100	91	103	95	103	104	91
의료보건	33	52			100	99	109	119	103	102	108
환경안전		52	28		100	104	112	122	104	108	117
도시건축토목		48	32		100	103	103	107	106	106	113
교통		29	30		100	96	91	89	94	87	85
합 계	17	46	29	8	100	100	100	100	100	100	100

주 1. 각 분야별 시차를 명확히 하기 위해 큰 비율만 명시

2. 각국 과학자의 평균중요도를 100을 보았을 때 각 분야의 상대적인 중요도

자료 : 신태영 외(1994), 표 6 재가공. 박재혁, 정근하(1995), 표 5 재가공.

다른 나라에 대비한 기술수준을 표시하는 방법은 여러 가지가 있다. 전문가들의 느낌을 중심으로 하는 방법, 기술수출입 데이터를 이용하는 방법, 기술투입이나 기술산출 지표를 이용하는 방법 등 여러 가지이다. 그간에는 전문가들의 느낌이나 기술수출입 데이터들이 많이 이용되었으나 이공래(1997)는 기술투입과 기술산출을 결합한 방법으로 한국의 수준을 평가한다. 그렇지만 우리는 기술예측에서 사용된 미래형 과제에 나타난 시차인식을 검토한다. <표 8>에는 신태영외(1994)가 시도한 기술예측에 나타난 분야별 시차를 보인 것이다. 표에는, 특히 어느 정도의 시차가 있는 지를 명확히 보이기 위해, 가장 큰 시차인식 두개만이 나타나 있다.

대부분의 분야가 3-4년 혹은 5-6년의 시차가 있는데 정보전자통신, 농림수산

및 의료보건분야는 2년내나 3-4년의 시차가 있다. 더 정확히는 5년내 실현이 전체의 70.5%인데 정보전자통신, 농림수산 및 의료보건분야의 시차는 그보다 짧은 것이다. 그만큼 쉬운 과제를 염두에 두고 있었던 것이다. 물론 일본의 기술예측은 30년 예측이고 한국의 기술예측은 20년이라는 차이가 있다. <표 2>에서 보듯이 일본의 기술예측은 10-20년내 실현이 70% 정도이다. 따라서 이러한 사실을 고려할 때 현재 느끼는 시차 5-6년은 쉬운 과제가 중심이 된 것이라, 미래기술을 염두에 둔다면 한국의 실제 기술수준 차는 5-6년 정도보다 더 확대될 것이다.

박재혁외(1995)가 한국 일본 독일의 기술예측을 비교한 자료는 한국의 과학기술자들이 중요하다고 느끼고 있는 분야와 일본이나 독일의 과학기술자가 중요하다고 느끼는 분야의 차이가 있다는 점을 보여준다. 전체적으로 볼 때 한국은 정보전자통신, 환경안전, 도시건축토목 분야를 다른 분야보다 중요하게 생각한다. 그런데 일본이나 독일은 환경안전, 생명공학, 의료보건 등을 더 강조한다.<sup>12)</sup> 한편 3개국이 동일하게 예측한 기술과제에서는 극한기술, 생명공학, 환경안전 등 소위 최첨단 기술과제가 많은 분야에서 일본이나 독일 과학기술자의 상대적인 강조성이 큰데 한국은 이 분야의 강조성이 그렇게 크지 않다. 아직 최첨단분야에 대한 인지도가 낮다고 사료된다.

한편 Shin et. al(forthcoming)은 1994년 예측을 이용한 회귀분석으로 2010년까지의 한국기술의 발전을 분석한다. 기술격차가 축소되는 분야로는 전분야, 정보통신, 에너지, 천문우주, 의료보건이 있고, 점점 격차가 커지는 분야로는 정밀화학, 농림수산, 운송, 토목건축, 지구해양, 극한기술, 비슷한 추세는 생산, 광물수자원, 환경안전, 생명공학 분야 등이다.

### 3. 과학기술자의 연구개발전략 인식 차

<표 9>는 설성수, 민완기, 김상태 외(1998)가 조사한 각 학문분류에서의 우선의 기준에 대한 중요도 지표들이다. 이 지표는 기술예측과 기술전략을 결합시켜서 기초과학연구의 어떠한 세분야를 우선 지원할 것인가를 도출하기 위한 판단기준으로, 과학기술 전분야 519명의 응답이다.

표에서의 독창형이란 기초과학연구의 지원에는 무엇보다 독창성이 중시되어야 한다는 기준이다. 추격형이란 사회경제적인 혹은 국가적인 차원에서 선진국에서 이루어지고 있는 연구를 무조건 추격하면서라도 수행해야 한다는 의미이다. 기반강화

12) 이 차이가 일본의 5회와 6회 기술예측의 분야별 변화를 설명하는 차이일 수 있다.

형은 독창성이나 국가적인 목적 등과는 무관하게 우선은 해당분야 자체를 강화시켜야 한다는 것으로 해당학문의 내부적인 필요성을 위한 기준이다. 수준향상형은 연구자 수가 많으면 아무래도 연구활동이 활발하므로 현재 연구자 수의 분포에 따라 연구비가 어느 정도는 배분되어야 한다는 기준이다. 반면 산업지원형은 산업지원이라는 목적이 어느 정도의 중요성을 가진 지를 평가한 것이다.

이와 같은 복잡한 기준은 바로 우리의 현실을 반영한 것이다. 선진국은 대부분 과학기술 지식의 최첨단에 있어서의 진보라는 단일 목적이 가장 중요하며 강하게 평가된다. 그런데 우리는 아직은 여러 차원에서 고려해야 할 사항이 많으므로 이와 같은 기준을 설정한 것이다.<sup>13)</sup> 그리고 기준 자체도 대표적인 과학기술자와 과학기술정책 전문가 각각 10명과 9명을 통해 검증된 것이다.<sup>14)</sup>

<표 9> 분야별 연구개발 전략에 대한 인식 (%)

	독창형	추격형	기반강화형	수준향상형	산업지원형	응답자수
수학	19.72	32.03	21.41	12.88	13.97	32
물리학	23.88	25.00	22.88	17.25	11.25	40
화학	23.21	30.54	15.89	16.79	13.21	28
지구/자원과학	24.67	28.50	24.17	9.00	14.00	30
자연과학	22.89	28.73	21.31	14.17	12.98	130
생물학	29.91	20.52	24.66	13.97	10.78	58
농수산학	25.56	19.58	21.39	12.22	21.25	36
기초의약학	31.14	23.56	21.82	11.67	12.27	66
생명과학	29.44	21.56	22.75	12.63	13.75	160
재료/자원공학	25.50	15.50	22.50	9.50	27.00	10
전기전자컴퓨터공학	21.20	27.59	16.39	13.86	20.89	79
기계공학	16.83	25.77	19.62	13.37	24.42	52
화학공학	22.70	22.22	19.10	14.52	22.10	50
토목건축공학	22.50	25.39	18.68	13.68	18.95	38
공학	20.94	25.11	18.36	13.67	21.90	229
과학기술계 전체	24.05	24.92	20.45	13.48	17.15	519

자료: 설성수의(근간)

13) 한국과학재단은 1996년 약 2,700과제를 지원했다. 그런데 동일한 역할을 수행하는 미국의 국립과학재단(NSF)은 동년 20,000과제를 지원했고, 국립보건원은 국립과학재단보다 약 3.3배 많은 예산으로 25,000과제를 지원했다. 물론 한국도 학술진흥재단의 지원이 있고 정보통신부나 국방부 등에서의 기초연구 지원이 있지만 이들을 다 합해도 지원규모에서 부터 큰 차이가 난다.

14) 대표적인 과학기술자란 한국과학재단의 연구개발심의위원을 지칭하는 것이며, 과학기술정책 전문가는 대덕단지의 정책실 책임자급 내지는 인근 대학 과학기술정책 전공교수들이다.

표는 첫째, 각 판단기준에 대해 과학기술자들은 대단히 다르게 생각하고 있다는 점을 보여준다.15) 두번째, 한국의 과학기술자들이 대표적인 선진국 기준이라 할 수 있는 독창형 기준을 높게 평가하지 않는다는 점이다. 가장 높은 기초의학 및 생물과학 등 생명과학 분야가 30% 정도로 평가하고 있고, 가장 낮은 기계공학 같은 경우는 불과 16%만이 독창성을 강조한다. 물론 연구자 중에는 독창성 기준을 60% 정도까지 평가한 경우도 있으나 극소수에 불과하다. 어쨌든 의외로 공학분야의 독창형 강조가 다른 분야에 비해 낮다는 점이 부각된다.

## V. 한국의 기초과학연구 우선분야

미래기술은 현재의 기초과학 및 기초연구의 산물이기도 하다. 그렇지만 현재의 기초과학연구를 미래의 기술로 연계시키기는 약간의 무리가 있다. 또한 기초과학연구를 어떻게 정의하느냐에 따라 현재의 기초과학연구와 미래기술의 직접적인 관계가 이루어지지 않을 수도 있다. 어쨌든 우리는 이러한 문제점을 인식한 상황에서, 오늘의 기초과학연구를 통해 미래기술의 가능성을 살펴보자.

<표 10> 분야별 중요도 인식의 차이 : 토목학과 건축학의 차이

구분 전략	분야명	점수 <sup>1)</sup>		가중치	우선도 <sup>2)</sup>	
		토목	건축		토목	건축
추격형	고강도 콘크리트	6.50	8.40	0.254	1.53	2.40
	토목건축용 신소재 개발	6.67	7.80	0.254	1.57	2.23
	지반구조물 해석	6.67	7.60	0.254	1.57	2.17
기반강화형	토목/건축 구조물 최적화 기법	5.83	7.40	0.187	1.09	1.38
산업지원형	구조해석,설계S/W개발	6.50	7.20	0.190	1.18	1.46
전체 평균 <sup>3)</sup>		6.51	7.57			

주 1. 각 과제가 9점 만점인데 최고와 최저점수를 응답수에 따라 1-4개 제외하고 계산

2. 점수 \* 해당분야 학자들의 우선가중치

3. 예시된 과제를 포함 모든 과제에 대한 응답 점수의 평균

앞서 언급한 설성수외(1998)의 조사는 각 학문분야에서 중점지원되어야 할 분

15) 이러한 사실은 과학기술계는 우주의 다양성 만큼이나 차이가 있다는 한 증거이다. 따라서 과학기술계 전체를 하나의 동일한 실체로 볼 때는 대단히 조심스럽게 다루어야 할 것이다. 본고에서 과제 중심의 전통적인 기술예측을 패러다임형과 분야형 및 과제형으로 구분한 것도 같은 맥락이다.



야를 도출하기 위해 1997년 11월과 1998년 2월 사이에 이루어졌는데, 방법론적으로는 Delphi 방법에 의한 예측과 기술전략을 결합시킨 것이다. 대상은 상업화 이전의 기초과학연구이지만 공학 관련으로 보자면 실제로는 대상이 시제품 제작 이전에 집중되어 있어서 글자 그대로의 기초에 가까운 분야들이다. 또한 대상은 5년 정도의

<표 11> 자연과학의 우선분야

	분야명	점수	가중치	우선도	
수학공학	대수기하학 추격	7.25	0.320	2.32	
	비선형 편미분방정식 추격	7.25	0.320	2.32	
	전산수학 기반강화	6.25	0.214	1.34	
	계산수학 기반강화	6.00	0.214	1.28	
	리대수 독창	6.25	0.197	1.23	
	암호부호이론 산업지원	6.60	0.140	0.85	
	금융수학 산업지원	6.20	0.140	0.80	
	다양체 공동 <sup>1)</sup>	7.33	-		
	동역학계 공동	7.00	-		
	교육용 통계소프트웨어 개발 공동	6.20	-		
물리학	반도체 전분야 독창	8.00	0.239	1.91	
	초전도 독창	6.20	0.239	1.48	
	초미세구조 추격	8.30	0.250	2.08	
	자성체관련 추격	7.50	0.250	1.88	
	광학자체 기반강화	6.83	0.229	1.56	
	광관련 학제간연구 산업지원	6.33	0.113	0.72	
	다체계 산업지원	6.00	0.113	0.68	
	생리활성 분자의 합성 및 활성 독창	7.56	0.232	1.75	
화학	이차전지/연료전지 개발 독창	7.44	0.232	1.73	
	표면 및 계면 제어분석 독창	7.40	0.232	1.72	
	광의의 유기합성/반응 독창	7.00	0.232	1.62	
	극미량분리분석 추격	7.56	0.305	2.31	
	이론화학 추격	7.00	0.305	2.14	
	기능성 소자 기반강화	8.22	0.159	1.31	
	촉매개발반응 기반강화	8.00	0.159	1.27	
	생체고분자재료 산업지원	6.88	0.132	0.91	
	지구·자연과학	한반도기후변화 독창	7.4	0.247	1.83
	지구·자연과학	지구시스템관측/진단이론 추격	7.2	0.285	2.05
예측모델링 기반강화		9.0	0.242	2.18	
원격탐사기법 기반강화		6.6	0.242	1.60	
지하공간의 환경관리시스템 산업지원		6.3	0.140	0.88	

주: 학제간 혹은 학문내 공동연구시 중시되어야 할 과제

연구와 지원을 염두에 둔 과제들이라는 특징이 있다. <표 11>, <표 12>, <표 13>에는 이 조사에 의해 도출된 중점분야 중 대표적인 것들만 나타나 있다.

먼저 표를 검토하기에 앞서서 주의해야할 사항이 있다. 각 학문분야는 각각 다른 속성을 갖고 있다는 점이다. 앞서 살펴본 연구개발 전략에 있어서의 차이뿐 아

<표 12> 생명과학의 우선분야

	분야명	점수	가중치	우선도
생물과학	국내 특이종의 계통분류 독창	6.65	0.299	1.99
	환경생물학 독창	6.44	0.299	1.93
	뇌,신경생리학 추격	7.82	0.205	1.60
	발생유전학 추격	6.65	0.205	1.36
	세포구조 및 대사 기반강화	7.35	0.247	1.82
	생체정보공학 기반강화	6.56	0.247	1.62
	인간게놈의 구조 및 기능 기반강화	6.50	0.247	1.61
	생리활성,조정물질 탐색/개발 산업지원	8.12	0.108	0.88
	형질전환-동식물 산업지원	7.76	0.108	0.84
	단백질 생화학 산업지원	7.53	0.108	0.81
	기초의학 관련 공동	7.06		
농수산학	생리활성물질 탐색 산업지원	7.84	0.213	0.96
	썩는 플라스틱/비닐 산업지원	7.84	0.213	0.96
	전통식품과 건강증진효과 독창	7.37	0.256	1.89
	발효 및 효소이용 독창	7.28	0.256	1.86
	무공해 생물농약/비료/제초제 추격	7.61	0.196	1.49
	항암물질과 질병예방 추격	7.61	0.196	1.49
	농산물 실시간 안전성 검사 추격	7.39	0.196	1.45
	유용 유전자분리 기반강화	7.84	0.214	1.68
	식물유전자 육종 기반강화	7.63	0.214	1.63
	환경스트레스 내성식물 개발 기반강화	7.05	0.214	1.51
기초 의약학	항암단백개발 독창	6.56	0.311	2.04
	유용 생리활성물질 스크리닝 독창	6.50	0.311	2.02
	형질전환 동물개발 독창	6.18	0.311	1.92
	뇌기능연구 추격	7.61	0.236	1.80
	암 유전자 발현조절 추격	7.11	0.236	1.68
	신호전달해석 추격	6.94	0.236	1.64
	면역반응 작용조절 기전 기반강화	7.44	0.218	1.62
	발암기전 기반강화	7.44	0.218	1.62
	생체적합재료 활용/개발 산업지원	7.11	0.123	0.83
	천연물 추출 면역조절제 개발 산업지원	7.06	0.123	0.83

<표 13-1> 공학의 우선분야

	분야명	점수 <sup>1)</sup>	가중치	우선도 <sup>2)</sup>
재료공학	고밀도전자재료 독창	7.29	0.255	1.86
	전기화학적 에너지전환 독창	6.86	0.255	1.75
	유전체박막재료 추격	7.71	0.155	1.20
	생체적합재료 추격	7.00	0.155	1.09
	고강도/고인성 세라믹 추격	6.14	0.155	0.95
	나노결정자성재료 기반강화	7.29	0.225	1.64
	고온초전도체 기반강화	7.14	0.225	1.61
	세라믹 미세구조-성질관계 기반강화	6.29	0.225	1.42
	디스플레이 전용재료 산업지원	7.86	0.270	2.12
	세라믹전자재료 산업지원	7.29	0.270	1.97
전기전자 컴퓨터공학	반도체소자 및 재료 독창	7.50	0.212	1.59
	광전송/교환 독창	7.00	0.212	1.48
	고속이동네트워크 독창	6.88	0.212	1.46
	컴퓨터 및 통신보안 추격	7.27	0.276	2.01
	지능형 멀티미디어 추격	7.12	0.276	1.97
	객체지향 S/W 추격	6.73	0.276	1.86
	신경칩 추격	6.19	0.276	1.71
	음성인식 추격	6.81	0.164	1.12
	초고속멀티미디어 통신 산업지원	7.65	0.209	1.60
	초고속망 응용 산업지원	7.31	0.209	1.53
기계공학	지능형기계 분야 추격	7.50	0.258	1.94
	CFD 이용/관련 분야 추격	6.76	0.258	1.74
	Tribology 기반강화	7.00	0.196	1.37
	미세열전달 관련 분야 기반강화	6.64	0.196	1.30
	밀봉요소기술 기반강화	6.64	0.196	1.30
	동적파괴역학 기반강화	6.36	0.196	1.25
	음향학 관련 분야 기반강화	6.00	0.196	1.18
	핵심유압기기 산업지원	7.20	0.244	0.96
	초미소진동저감 분야 산업지원	7.10	0.244	0.95
	대형산업구조물의 안전성 제고 산업지원	6.82	0.244	0.91
새로운 생산시스템과 S/W 공동연구	7.10	-	-	
화학공학	환경 친화성 소재 개발/공정 독창	8.21	0.227	1.86
	새로운 촉매 개발/공정 독창	7.25	0.227	1.65
	광기능성고분자 개발/공정 추격	7.08	0.222	1.57
	환경촉매 추격	6.92	0.222	1.54
	생물전환 추격	6.85	0.222	1.52
	바이오플라스틱 추격	6.69	0.222	1.49
	화공 나노기술 기반강화	6.77	0.191	1.29
	유기성 폐기물 재활용 산업지원	7.29	0.221	1.06
	신소재 섬유개발/공정 산업지원	7.15	0.221	1.04

<표 13-2> 공학의 우선분야 - 계속

	분야명	점수	가중치	우선도
토목공학	고강도 콘크리트 추격	6.50	0.254	1.53
	지동해석 추격	7.50	0.254	1.76
	오폐수 처리 추격	7.00	0.254	1.65
	난분해성 폐수처리 추격	7.00	0.254	1.65
	토목건축용 신소재 개발 추격	6.67	0.254	1.57
	지반구조물 해석 추격	6.67	0.254	1.57
	해양오염방제/정화이론 추격	6.50	0.254	1.53
	하천 호소 수질관리 기법 기반강화	7.00	0.187	1.31
건축학	건축물 에너지 조절 추격	8.17	0.254	2.34
	실내공기환경 개선 추격	7.50	0.254	2.15
	외단열재 추격	7.67	0.254	2.19
	지중건축 추격	7.60	0.254	2.17
	내진설계기술 추격	7.40	0.254	2.12
	강관충진 고강도콘크리트 추격	7.40	0.254	2.12
	인텔리전트 빌딩 산업지원	8.33	0.190	1.69
	건물에너지 관리 프로그램 산업지원	8.00	0.190	1.62
	초고층빌딩 산업지원	7.83	0.190	1.59

나라, 응답된 점수들의 전반적인 분포 혹은 평균에서도 크게 차이가 난다. <표 10>은 학문분야가 다를 때 어떻게 차이가 있는 가를 보이기 위해 특별히 시도되었던 조사이다. 토목학과 건축학은 내용상 상당한 차이가 있지만 비전공자라면 대단히 유사한 학문으로 인식하고 있다. 따라서 이 두 학문을 비교대상으로 하였으며 두 학문에 공동으로 적용될 수 있는 동일한 과제를 제시하였다. 같은 과제임에도 토목학과 건축학의 응답점수가 크게 다르다. 또한 각각의 학문에 제시된 전체 과제에 대해서도 토목학은 평균 6.51의 중요도를 답하는데, 건축학은 7.57을 답한다.

이와 같은 사실은 학문간 판단의 수준이 다르다는 것을 의미한다. 앞서 언급한 전략적인 기준에 대한 중요도 차이가 학문별로 컸다는 점을 다시 상기한다면, 판단의 기준에 대한 중요성의 정도도 또한 개개 과제에 대한 평가수준도 다르다는 점을 알 수 있다.<sup>16)</sup> 학문별 차이를 느끼게 하는 자료는 이 정도로 그친다.

다만 우리는 두가지 점만 다시 확인할 필요가 있다. 첫째, 각 학문에서 중요하다고 지적한 내용들은 그 학문에서만 중요한 것이지 다른 학문 혹은 과학기술계 전체로 확대하여 해석하는 데에는 대단히 주의해야 한다. 두번째, 그렇기 때문에 각 학문에서 제시된 과제들의 점수만 가지고 학문분류를 넘어서는 비교를 시도하는 기

16) 따라서 학문분류가 대단히 중요한 의미를 갖는다.

존의 전통적인 기술예측의 시도들을 받아들이기 어렵다는 점이다. 세번째는 분야별 예측을 시도한 본 연구의 결과에서도 마찬가지로 각 세분야의 우선도 수치만 가지고 학문분류를 넘어서는 비교를 시도한다는 것은 납득하기 어렵다는 점이다.<sup>17)</sup>

한편 이상의 조사는 어떠한 과제가 어떠한 전략기준에 배치되느냐에 따라 다른 우선도를 가질 수 있다는 점을 보여준다. 전문가들은 각 과제를 어느 기준에 배치하는가를 명시하였지만 다르게 해석될 수도 있을 것이다. 자신의 분야가 왜 이러한 혹은 저러한 기준에 있는지를 항의할 수 있다는 점이다. 따라서 우리는 점수와 가중치 및 우선도를 동시에 나타내었다.

우리는 이제 이러한 점을 염두에 두며 자연과학과 생명과학 나아가 공학 각 분야에서의 중점지원 대상이 될 수 있는 과제들을 살펴보자. 수학은 전반적으로 추격형 전략이 우선되며, 이 기준에 맞는 분야들이 높게 평가되고 있다. 한편 수학은 독자적인 연구영역보다 다른 학문과의 공동연구에 큰 비중을 두고 있다는 특징도 있다. 물리학은 추격형과 독창형 및 기반강화형의 비중이 거의 비슷하다. 따라서 응답 점수의 크기가 전반적으로 우선도를 결정해 주고 있다. 화학은 기반강화형으로 분류된 과제에서 높은 점수들이 나왔으나 추격형의 가중치가 높아 추격형 과제들의 우선도가 크게 나타나고 있다. 지구자원과학은 세부학문의 이질성이 큰데도 불구하고 예측모델링의 점수가 만점일 정도로 대단히 높았다.

생물과학, 농수산학 및 기초의약학 분야로 구성된 생명과학 분야는 대부분의 과제들이 생명공학적인 기법의 탐색과 응용이라는 형태를 취하고 있다는 특징이 있다. 커다란 학문분야 전체가 하나의 패러다임에 의해 움직이고 있음을 보여준다. 그리고 이러한 내용들은 새롭게 형성된다는 점에서 우리도 한번 해볼 수 있다는 인식인 독창형의 비중이 다른 학문에 비해 크다.

공학분야는 그 자체로도 대단히 다양하다. 재료공학분야는 전자관련 재료에서 우선도가 높다. 전기전자컴퓨터공학 분야는 전자, 정보, 컴퓨터로 분리되고 있으나 아직도 하나의 분류체계라 대단히 큰 분야이다. 이 분야에서는 독창형으로 분리된 과제도 많으나 전반적으로 추격형 기준의 가중치가 크다. 분야를 조금 더 세분할 때 독창형과 추격형의 구분이 조금 더 분명하리라 판단된다. 기계공학은 독창형 과제가 없다. 없었던 것은 아니나 점수가 9점만점에 6점에도 못미쳐 제외된 것이다. 일부 산업지원형 과제들의 점수가 높았으나 가중치가 작아 부각되지 못했다. 화학

17) 본 조사에 사용된 과학기술분류는 한국과학재단의 분류체계이다. 이 체계는 과학기술을 자연과학과 생명과학 및 공학으로 분류하고 그 산하에 총 12개 학문분야를 구분한다. 그러나 우리나라 과학기술자 6,590명중 44.4%가 분류체계에 불만을 표시하고 있다. 그럼에도 이 분류가 사용된 것은 그나마 가장 사용가능한 분류이었기 때문이다.

공학은 독창형 과제들이 높은 점수를 받고 또한 가중치도 큰 분야이다. 다른 학문에 비해 독창형을 강조하는 상당히 예외적인 경우라 할 것이다. 토목공학은 대부분이 추격형 과제들이라는 특징이 있다. 그러나 건축학에서는 일부과제들이 점수는 높았으나 산업지원형에 대한 가중치가 낮아 우선도가 낮았다.

## VI. 과학기술자의 장애요인 인식

우리나라의 과학기술자들이 미래형 기술을 구현하는데 있어서 느끼는 장애가 일본과 독일의 과학기술자들의 인식과 비교된 것이 <표 14>이다. 원래는 기술, 제도, 문화, 자금 및 인력의 5 요인으로 구분된 것인데, 표에는 제도와 문화 요인이 하나로 합해져 있다. 이 표는 다음과 같이 요약된다.

<표 14> 분야별 저해요인 (%)

분야 \ 요인	기술			제도 문화			자금			인력		
	한국	일본	독일	한국	일본	독일	한국	일본	독일	한국	일본	독일
1. 정보전자	54	71	74	3	8	16	22	15	9	21	6	1
2. 통신	53	71	63	7	17	27	21	10	10	19	2	0
5. 생명공학	37	49	64	5	5	16	32	22	18	26	24	2
15. 극한기술	54	64	80	4	1	4	27	29	15	16	6	0
16. 사회생활	-	46	46	-	31	32	-	15	15	-	8	8
13. 해양·지구	30	44	72	3	7	9	39	40	15	28	9	4
14. 천문우주	35	41	53	4	8	14	35	49	33	27	3	0
3. 기계생산가공	46	64	66	4	16	23	24	13	10	26	7	1
4. 소재공정	52	80	86	3	2	5	20	13	7	25	5	2
6. 농림수산	33	49	58	5	6	22	35	30	17	27	15	2
8. 에너지	50	67	68	9	13	18	25	17	13	17	3	1
10. 광물수자원	35	48	55	19	16	12	45	19	21	17	8	2
7. 의료보건	34	49	64	4	9	21	35	32	12	27	10	3
9. 환경·안전	35	48	55	13	11	20	31	27	22	21	14	2
11. 도시·건축토목	38	50	49	13	27	26	37	19	21	15	4	4
12. 교통	48	59	58	5	18	19	25	21	23	22	1	0
합 계	43	57	64	6	12	19	29	23	15	23	8	2

주 1. 일본 1992, 독일, 1993, 한국 1994 실시 기술예측용 과제

2. 소수점 이하 반올림

자료: 박계혁, 정근하(1995), 앞의 논문, 표 7 재가공

- 한국의 과학기술자는 일본이나 독일의 과학기술자에 비해 기술적인 문제를

크게 생각하고 있지 않다. 그만큼 쉬운 과제를 염두에 두고 있다는 것을 의미하기도 하지만 환경요인이 더 어렵다는 것을 간접적으로 보여주는 징표이기도 하다.

- 한국의 과학기술자는 제도문화적인 장애를 크게 생각하지 않는다.
- 가장 중요한 문제는 기술개발을 시도할 환경적인 요인이다. 즉, 자금과 인력 문제를 가장 심각하게 생각하고 있는 것이다.
- 연구개발 재원의 문제는 다른 나라에 비해 정도차가 크지 않다. 그러나 핵심적인 문제는 개발을 담당할 인력이 없다는 점이다. 인력문제는 두 차원이란 할 것이다. 하나는 리더급 연구인력의 문제이고 다른 하나는 이들을 보완할 인력의 문제이다.

## VII. 결어

우리는 전통적인 기술예측을 과제형 예측이라 칭하고 이의 문제점을 지적하였다. 그렇지만 일본의 1970년대 기술예측에서 보듯이 과제형 예측의 실현가능성은 완전한 실현이 20%를 약간 웃도는 수준이고, 부분 실현까지를 포함하면 2/3에 육박한다. 어쨌든 이를 보완하는 대안으로 패러다임형 예측과 분야형 예측이 있음을 보였다. 미래기술은 패러다임형으로 본다면 적어도 앞으로 20년 정도는 정보통신기가 계속되리라 예상된다. 또한 과제별로 본다면 정보통신과 환경분야에서 미래기술이 많이 예측되고 있음을 보았다.

우리나라의 현재의 연구활동 패턴은 분명 선진국과 대비된다. 미래기술 수준은 현재와 마찬가지로 선진국과 상당한 격차를 보이리라 예상된다. 주요 과제에 대한 시차인식이나 분야별 중요도 인식에서 선진국과 5년 이상의 격차를 보인다. 연구개발 전략에 있어서도 선진국에서 흔히 발전되는 독창형이나 산업지원형보다는 추격형이나 기반강화형 혹은 수준향상형 등의 개발도상국형 기준에 큰 비중을 두었다.

기초과학연구의 우선분야를 중심으로한 분야형 접근에서는 12개 학문분류에서 각각연구개발전략에 맞춘 조그마한 분야를 제시하였다. 이 과정에서 우리는 커다란 분야를 뛰어넘는 과제비교가 무리라는 것을 살펴보았다.

본 연구에서 처음 시도되거나 제시된 사항은 다음과 같다. 먼저 기술예측의 유형을 패러다임형, 분야형 및 과제형 등으로 단순히 구분만 하지 않고, 각각에 해당하는 실례를 보였다. 두번째로는 기술전략을 바탕으로한 기술예측을 선보인 점이 지적될 수 있을 것이다. 이러한 시도는 필자의 상식으로는 세계적으로도 처음이다.

세번째로는 과학기술의 분야별 특성이 너무 다르므로 큰 분야를 넘는 비교는 대단히 주의깊게 이루어져야 한다는 사실이 지적된 점이다.

어쨌든 본 연구는 다음과 같은 시사점을 준다.

- 연구활동의 제도적인 완비가 필요하다. 분야형 접근에는 분야분류가 명확해야 한다. 과학기술계 전체를 하나로 보지 않는 시각에서는 분야분류가 정확하고 객관적이어야 한다. 그런데 우리의 과학기술분류는 20년전의 것이 그대로 사용되고 있다.

- 연구활동의 리스트럭처링이 필요하다. 선진국과 개발도상국의 연구활동 비교에서 보았듯이 선진국의 연구활동은 대단히 유사하다. 따라서 우리도 이러한 방향으로 리스트럭처링이 이루어져야 한다.

- 정책과 연구활동의 리엔지니어링이 필요하다. 선진국과의 격차가 크고, 연구인력 자원 등 모든 면에서 열악한 우리로서는 아무 생각없는 정책과 활동보다 도달할 분명한 목표와 방법을 가지고 접근해야 할 것이다. 본고는 그러한 점에서 우리나라 기초과학연구에 필요한 독창형, 추격형, 기반강화형, 수준향상형 및 산업지원형이라는 전략을 선보였다.

- 정책과 연구활동 리엔지니어링의 두번째로는 분야형 접근이 확대되어야 한다는 점이다. 우리나라의 과학기술정책은 기초과학연구의 영역까지도 분야 정책보다는 총괄정책이었다. 과학기술 지식은 어느 한 지식의 진보로 문제가 해결되는 것이 아니라 관련 지식의 상호작용과 공동진보가 필요하다는 점에서 총괄정책이 아니라 분야별 특성을 살린 분야정책이 될 필요가 있다.<sup>18)</sup>

- 또한 연구와 교육의 결합이 심각하게 고려될 필요가 있을 것이다. 과학기술자들의 애로요인이 기술에만 있지 않고 인력부족에 있다는 점이 큰 문제라 판단된다. 우수인력의 확보못지 않게 우수인력을 보좌할 인력도 동시 육성이 필요하다.

---

18) 분야별 정책과 현재 우리나라 과학기술정책에서 가장 큰 문제가 되고 있는 분산형 정책이 혼동되지 않기 바란다. 과학기술 관련 정책을 종합조정하는 기구의 필요성은 아무리 강조해도 지나침이 없다. 그러나 정책의 내용은 과학기술 각 분야의 특성이 살려져야 한다는 것이다.



## 참고문헌

- 김형수, 기업의 연구개발 전략수립을 위한 기술예측 기법의 활용방안, 과학기술정책 관리연구소, 1995.
- 박재혁, 정근하, “한국 일본 독일의 중장기 기술예측결과에 대한 비교분석연구”, 과학기술정책, 7권 1호, 1995.
- 박원훈, “우리나라 과학기술의 미래상”, 기술경영경제학회, 12회 동계학술대회 특별 강연 논문, 1997. 12. 5.
- 상공자원부, 생산기술연구원, 미리본 한국의 2000년 산업기술, 1993.
- 삼성종합기술원, 2010년 산업기술예측, 1996.
- 설성수 외, 해외정보통신 연구개발/기술기획체계 연구, 정보통신연구관리단, 1995.
- 설성수, 민완기, 김상태 외, 기초과학연구의 중점지원분야 및 우선지원 방법론에 관한 연구-초안, 한국과학재단, 1998.
- 신태영, 박재혁 외, 한국의 미래기술-제1회 과학기술 예측조사(1995-2015), 과학기술 정책관리연구소, 1994.
- 신태영, 박재혁, 정근하 & 김형수, 「전력기술분야의 중장기 기술예측조사 연구」, STEPI/한국전력공사, 1996.
- 이공래, 한국산업의 기술경쟁력, 과학기술정책관리연구소, 1997.
- 한국산업은행, 21세기 과학기술의 전망과 과제, 1992.
- 일본 과학기술청, 제6회 기술예측 조사(1996-2025), 1997.
- Amsden, A., M. Mourshed, “Scientific Publications, Patents and Technological Capabilities in Late-industrializing Countries”, *Technology Analysis & Strategic Management* 9-3, 1997, 343-360.
- C Freeman & C Perez, “Structural Crisis of Adjustment: Business Cycles and Investment Behavior”, Dosi, G, C. Freeman et al., *Technical Change and Economic Theory*”, Pinter, 1988, 38-66.
- Martin, Ben, “Foresight in Science and Technology”, *Technology Analysis and Strategic Management*, 7-2, 1995, 139-168.
- Mandel, E., Late Capitalism, London, New Left Books, 1975.
- Mensch, G., The Technological Stalemate, New York, Ballinger, 1979.
- OECD, *STI Review*, No. 17, *Special issue on Government Technology Foresight Exercises*, 1996.
- OECD, *STI Review*, No. 16, *Special issue on Biotechnology*, 1996.

- Rosegger, G, *The Economics of Production and Innovation*, Butterworth  
-Heinemann, Oxford, 1996.
- Shin, Taeyoung, Soon-ki Hong and Hariolf Grupp, "Technology Foresight  
Activities in Korea and in Catching-Up countries", *Technological  
Forecasting and Social Change*, (forthcoming).
- Shin, T., "Using the Delphi for a Long-Range Technology Forecasting, and  
Assessing Directions of Future R&D Activities; The Korean Exercise,"  
*Technological Forecasting and Social Change*, April, 1998.

부록 일본 제6회 기술예측(1996-2025)의 주요 과제

순위	분야	과제, 중요도, 실현시기
2 3	전자	○ 1칩당 256기가바이트 메모리이상의 초LSI가 실용화됨. 94 2014 ○ 발전설비의 비용이 100엔/Watt 이하의 태양전지가 개발됨. 93 2012
16 19	정보	○ 악질 해커의 공격으로부터 개인·집단의 프라이버시와 기밀을 보호할 수 있는 신뢰도 높은 네트워크가 보급됨. 91 2007 ○ 200엔/월 이하로 대용량 네트워크를 이용할 수 있는 환경실현 90 2008
8 42	통신	○ 안전성·실시간성이 높은 정보를 유통하는 차세대 인터넷이 실용화되고 전화 서비스와 동화상 방송이 실시됨. 92 2003 ○ 휴대전화의 소형·경량화를 가능케하는, 에너지 밀도 500Wh/Kg의 고성능 배터리가 개발됨. 87 2009
13 48	생명과학	○ 암의 전이를 저지하는 유효한 수단이 실용화됨. 91 2013 ○ 미생물이나 식물을 이용한 바이오 플라스틱이 보급되고, 전세계 플라스틱 생산량의 10%를 점유함. 87 2013
7 14	해양지구	○ 진도 7이상의 지진 발생을 수일 이전에 예측하는 기술이 개발됨. 92 2023 ○ 인공위성에 의한 조석, 해일관측이 이루어지고 만안지형 등의 자료를 통합한 해일 예보 시스템이 실용화됨. 91 2007
15 23	환경	○ 재활용이 용이한 LCA적 제품설계 개념이 정착됨 91 2007 ○ 질소산화물 0.1-0.2g/Km의 배출규제가 가능한 차종이 보급됨 89 2007
11 12	재료 공정	○ 변환효율 50%이상의 적층태양전지가 실용화됨. 91 2016 ○ 변환효율 20%이상의 대면적 태양전지가 실용화됨. 91 2011
1 6	생산 기계	○ 비화석에너지가 가정 산업 운수등의 분야에 보급됨 94 2018 ○ 불용제품의 회수처리에 관한 제조자의 책임이 법적으로 규정되고, 사용재료의 대부분이 재이용되는 시스템이 보급됨 92 2012
25 39	농림 수산	○ 호수·늪 등의 환경악화에 대해, 생태계와 생물기능을 이용한 환경회복기술과 오염부담을 완전제거 할 수 있는 시스템이 실용화됨. 88 2018 ○ 유전자조작으로 작물의 품종개발(수량, 내병성, 내해성)이 실용화됨. 87 2004
33 45	보건 의료 복지	○ 암발생 메카니즘이 해명됨. 88 2013 ○ 암 환자의 5년 생존률이 70%를 상회하게됨.(현재 위암 40%수준) 87 2013
21 29	자원 에너지	○ 높은 수준의 방사성폐기물의 고화제 처분기술이 실용화됨. 89 2019 ○ 도시 쓰레기로부터 유가물(有價物)을 회수하기 위한 경제적 분별·분리법이 실용화됨. 88 2009
10 36	도시 토목 건축	○ 원자력발전소의 안전하고 합리적인 해체·철거기술이 실용화됨. 92 2009 ○ 지진대의 분포, 지진이력 등의 분석을 통해 중기적(5-10년)인 대규모 지진(진도 8 이상) 발생 예측기술이 보급됨. 87 2017
26 37	교통	○ 자동차(폐차)의 부품과 재료의 90%가 재활용됨. 88 2009 ○ 지진의 초기미동을 적절히 감지하여 파괴위험장소를 피해 열차를 안전하게 정지케하는 시스템이 개발됨. 87 2006
5 71	우주	○ 로켓 발사에 의한 우주전송 비용이 현재의 1/10 이하로 감축됨. 93 2014 ○ VLBI(초장기선전파간 간섭법), 위성레이저 등으로 지각변동의 정확도가 센티미터 이하가 되고, 지진 예측 등의 정확도 향상에 기여하게 됨. 84 2009