
기술에 축의 논리와 방법

- 사회·경제적 맥락을 중심으로 -

윤진효 기초기술연구회 / 과학기술정책

제 1 장 서론

인류는 17세기 과학혁명과 18세기말 산업혁명을 겪으면서 그 전 세대에서는 상상할 수 없었던 새로운 세계를 맞이하게 되었다. 시간·공간에 관한 관념과 생활방식의 급격한 변화, 물질적 생산물의 폭발적인 증가 그리고 인간의 자연현상 이용의 급증 등의 변화가 그것이다. 이와 같은 엄청난 변화의 원동력은 한마디로 과학과 기술의 진보라고 할 수 있다. 인간이 자신들의 삶을 더욱 안락하고 편안하게 할 목적으로 집요하게 발전시켜 온 과학과 기술의 발달은 인간을 자연의 제약으로부터 어느 정도 벗어나 자신들의 환경을 스스로 결정하고 설계할 수 있게 하였다.

하지만 다른 한편으로 그동안 급격히 발전하는 기술은 인간의 의도한 목적과 상관없이 인간사회의 전체 맥락 하에서 일정한 궤적(trajectories)을 그리며 스스로 발전하여 기술의 영향 혹은 그 파생물들이 인간의 또 다른 제약요인으로 작용하기에 이르고 있다. 즉 기술적 산물(technics)이 가져오는 각종 환경오염, 원자력 발전의 위험, 자동차 사고 그리고 유전자조작생물(GMOs) 이용의 위해성 논쟁 등 현대 사회의 위험과 제약요인으로 지목되는 상당부분이 과학·기술의 발전과 관련된 것들이다.

이와 같이 현대에 들어서면서 기술의 발전은 편익과 비용 양 측면에서 인류에게 지대한 영향을 미치고 있으며, 이처럼 인간의 삶이 기술에 좌우되는 경향은 21세기에 더욱 가속화될 전망이다. 따라서, 인류의 삶과 발전에 결정적인 영향을 미칠 기술들을 사회적 맥락 하에서 예측하고 분석해 보는 것은 과학기술 자체의 발전만큼이나 우리에게 중요한 의의를 지닌다. 물론 훨씬 빨라진 기술의 변화속도로 인해 과거보다 불확실성¹⁾이 점증하는 현실에서 미래사회

1) 로젠버그는 현대사회에서 기술이 처해 있는 불확실성은, 1950년대 슈페트가 상정했던 상황보다 훨씬 강력한 것이라고 지적한다. 즉, 슈페트는 혁신자가 신기술을 도입하고 상업화하

의 주요 기술과 그것이 초래할 사회적 상황 등의 변화를 예측하는 것은 상당히 제약될 수밖에 없다.

하지만 불확실하게나마 미래에 나타날 기술의 변화와 그것의 사회적 영향을 사전에 미리 탐구, 예측, 숙지하는 것은 기술 자체의 발전뿐만 아니라 국가와 사회의 발전이라는 측면에서 미래의 올바른 경영을 위해 대단히 큰 의미를 지닌다. 왜냐하면 기술예측은 우선 특정 과학기술분야의 미래를 보다 체계적으로 전망함으로써, 관련 과학기술자에게는 연구주제나 기술개발 방향 등과 관련한 상당한 학습기회를 제공하고, 정책담당자나 기업경영자에게는 정책이나 기업 전략 수립에 유용한 정보를 제공할 수 있기 때문이다. 게다가 기술예측을 통해서 국가의 변화된 역할과 관련한 새로운 정책의제설정(Policy Agenda Setting)의 단서를 획득할 수 있을 뿐만 아니라 미래세대의 교육방향 설정 등 광범위한 분야에서 활용될 수도 있기 때문이다.

이와 같은 맥락에서 본 원고는 우선 2장 1절에서 기술예측의 개념, 필요성 그리고 주요 방법들에 대한 사전적인 논의를 하고 2장 2절에서 현재 우리나라에서 광범위하게 활용되고 있는 델파이 기법의 논리와 방법에 대해 비판적으로 검토한다. 그리고 마지막으로 4장에서 델파이 기법 등 기존의 기술예측 논의에서 놓치고 있는 기술예측의 사회·경제적인 맥락에 대한 여러 측면들을 예시적으로 검토함으로써 기술예측의 논리와 방법에 대한 새로운 관점을 제시해 보고자 한다.

제 2 장 기술예측은 어떻게 하는가?

제 1 절 기술예측의 개념, 필요성 그리고 주요 방법들

우선 기술예측²⁾의 정확한 의미가 무엇인지에 대한 이해가 필요하다. 현재 기술예측에 대해서는 세 가지³⁾의 서로 다른 차원의 개념이 혼용되고 있다. 즉, 무엇이 일어날 수 있는가(what

는 과정에서의 불확실성에만 주목한 반면 로젠버그는 이러한 불확실성이 기술혁신 이후 해당 기술을 모방하는 모방자에게서도 심각하게 나타난다고 지적한다(Rosenberg, 1996).

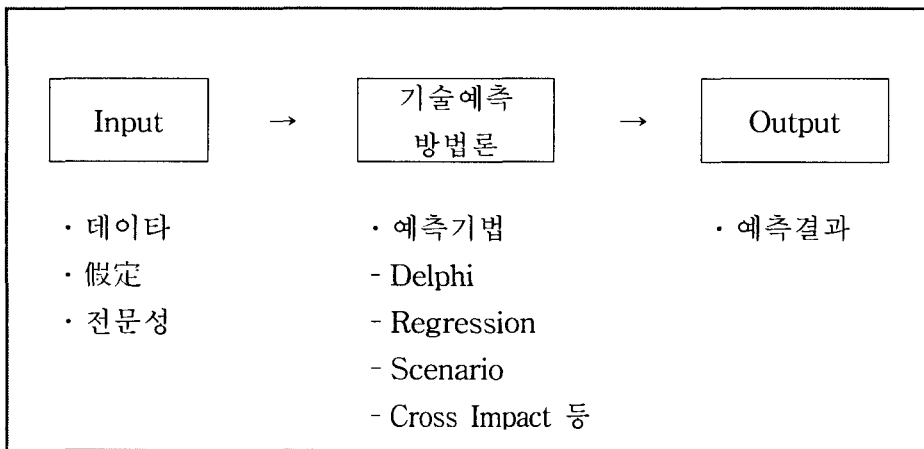
2) 예측은 영어의 'forecasting'와 'foresight'를 우리말로 번역한 용어이다. 혼용되기는 하지만 엄격히 따지면, 전자는 높은 신뢰도를 가진 통계적 분석에 기초한 방법인 반면 후자는 특정 분야에 대한 확정적 예상을 배제하는 직관적 성격이 강한 개념이다(Martin and Irvine, 1989).

3)비중의 차이는 있지만 이 세가지 차원의 기술예측 모두에는 기술적인 부분과 사회적 경제적 맥락 및 환경(ecological)적 요인 등이 모두 고려되어야 한다. 기술발전의 당위성의 입장에서 예측이 사회·경제적 요인을 가장 많이 고려한 기술예측이라면 기술발전의 전망은 기술적 요인을 가장 많이 가미한 기술예측이라고 할 수 있을 것이다.

could happen?)하는 기술발전의 가능성, 무엇이 일어나야만 하는가(what should happen?)하는 기술발전의 필요성 내지 당위성 그리고 무엇이 일어날 것인가(what will happen?)하는 기술발전의 전망 등이 그것이다.

이와 같은 개념의 혼란을 피하고 기술예측을 시도하는 실제상황에 대한 보다 정확한 이해를 위해서, 본 원고에서는 예측과정 중심으로 기술예측의 개념을 정의해 본다. 기술예측이란, <그림1>과 같이 기술예측 주체가 해당 기술분야와 관련한 학제적(interdisciplinary)인 전문지식과 기본적인 가정을 전제로 일정한 자료를 투입하여 논리적이고 과학적인 여러 가지 기법을 사용하여 기술예측 결과를 도출해 내는 과정이다.

<그림 1> 기술예측의 과정



기술예측과정이 개념적으로는 간단한 것처럼 보이지만, 기술예측의 주요 수요자인 정책결정자나 기업경영자에게 미래의 기술발전이나 특정한 부문의 기술혁신 정보를 유용한 형태로 가공하여 적절한 시기에 제공하는 것이 현실적으로 결코 쉽지만은 않은 일이다.

그런데 기술예측은 왜 필요한가? 답은 간단하다. 기술과 관련한 의사결정에서 불확실성을 감소시켜 주는 것이다. 사실 미래에 전개될 사회·경제상황과 기술상황은 현재와 상당히 다를 것이다. 이와 같은 미래의 불확실성은 의사결정에 제약요인으로 작용할 수밖에 없다. 기술예측은 궁극적으로 이와 같은 의사결정의 제약요인들을 완화시키는 역할을 한다. 즉 과학적인 방법을 통한 기술예측의 결과는 정책결정자나 경영자에게 미래에 대한 단순한 직관력 이상의 인식을 가능케 해준다.

물론 기술예측 결과 자체도 상당한 불확실성을 내포하고 있다. 따라서 예측결과의 유용성

은 그것을 활용하는 사용자의 수용능력과 태도에 좌우된다. 즉 기술예측 결과에 대한 주의 깊
은 이해 없이 단순히 그 결과에 전적으로 의존하는 태도는 바람직하지 않을 수 있다.

한편, 기술예측은 예측결과가 활용되는 방식에 따라 “앞으로 어떻게 기술을 개발하고 싶
다”고 상정하고 전망하는 규범적 방법과 “앞으로 어떻게 될 것이다”라는 방식으로 전망하는
탐색적 방법이 있다. 규범적 기술예측기법은 미국 NASA의 아폴로 우주선개발이나 원자탄 개
발과 같이 먼저 기술개발의 목적(needs)이 명확히 선정되어 있는 경우에 그 목표달성을 위한
기술개발을 최적화하는 기법이다. 그러므로 이 기법의 개별적인 예측들은 구체적인 기술개발
목표의 달성을 지향하여 이루어진다.

반면 탐색적 기술예측법은 현재까지의 연구개발 진전상황을 토대로 언제쯤 어떠한 혁신적
기술이 출현할 지 혹은 어떠한 기술이 언제 어느 정도 발전할 지 등 앞으로의 기술 발전의 흐
름을 예측하는 방법이다. 따라서 동 기법에서 도출된 예측결과는 장래에 발전할 기술분야들을
정리하고 각 분야별 기술개발의 방향과 목표를 설정하는데 유용하게 사용된다.

한편, “어떠한 방법으로 기술예측을 행하는가”하는 방법론 차원에서 보면 경험 분석적 기
법과 직관적 기법으로 분류할 수 있다. 경험 분석적 기술예측기법은 과거의 통계 자료
(statistical data)를 사용하여 시계열 분석 등을 통해 미래의 기술발전을 추정하는 방법을 말한
다. 즉 이 기법은 주로 과거의 기술 발전 경험에 대한 계량적 분석을 통해 해당기술의 미래를
예측한다. 이에 비해 직관적 기술예측기법은 인간의 직관에 기초하여 미래를 예측하는 방법으
로 델파이법(Delphi)이 이에 속한다.

기타 계량화 정도와 확률 부여 여부에 따라 정성적 방법, 정량적 방법 그리고 확률적 방법
으로 기술예측기법을 구분할 수도 있다. 이중 정성적 방법이 비계량적인 예측을 시도하는데
비해, 계량적 방법과 확률적 방법은 계량적 기술예측을 시도한다. 그 중 확률적 방법은 각각의
기술예측 수치에 대한 확률부여까지 행한다. 각각에 대한 대표적 예측기법들은 아래의 <표 1>
과 같다.

〈표 1〉 기술 예측의 주요방법론:정성적·정량적·확률적방법

종 류	예측기법	개 념 및 방 법	응 용
정성적 방법	• Brainstorming	<ul style="list-style-type: none"> • 특정한 문제 해결을 위한 창조적인아이디어를 동시에 모색하는 방법 • 새로운 아이디어 창출을 위해 그룹 멤버간에 상호 의견 교환 • 성패는 토론의 자유보장에 있으며 고도의 전문지식이 필요한 경우에는 적합하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 기업의 기술경영 분야에 광범위하게 응용 • 독일 기초과학위원회의 환경 및 생명과학분야 연구개발의 우선순위 설정에 주로 활용
	• 시나리오	<ul style="list-style-type: none"> • 미래의 가상적 상황에 대한 주관적 묘사 • 타 예측기법을 바탕으로 여러 시나리오를 구성할 수 있음 • 데이터베이스를 바탕으로 기업의 목적함수와 제약조건을 고려하여 시나리오를 작성, 선택, 발전시킨 다음 시사점을 분석하고 계획수립에 반영함 	<ul style="list-style-type: none"> • 성장의 한계(Limits to Growth)의 미래예측에서 사용함. • Energy Crisis
정량적 방법	• Relevance Trees	<ul style="list-style-type: none"> • 기술적 목표를 순차적으로 나열하고 목적달성이 가능한 수단을 찾아 세부 기술과제를 확정하여 연구팀의 task와 목표가 전체 기술계획에 부합하는지 평가함 	<ul style="list-style-type: none"> • 전략적 연구개발 기획과 연구개발 프로그램평가에 흔히 이용
	• Growth / Logistic Curve	<ul style="list-style-type: none"> • 기술의 진보가 일정 시점을 지나면서 한계 수준에 이르는 과정을 S곡선 형태로 단순화하여 과거 시계열을 이용, 파라미터를 추정하고 예측함 • 한계수준은 자연법칙에 의해 주어지는 제약임 	<ul style="list-style-type: none"> • 거의 모든 기술에 대하여 적용이 가능하나 시계열 통계 수집에 어려움이 있음
	• Envelope Curve	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 기술이 여러 기술의 진보에 따라 발전하는 경우 여러 개의 S곡선으로부터 envelop curve를 도출하여 예측하는 방법 • Growth Curve와 유사하게 추정함 	<ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터 성능
	• Dynamic Modelling	<ul style="list-style-type: none"> • 수학적 모델을 이용하여 변수들의 상호관계를 모형화하여 분석하는 시뮬레이션 기법 	<ul style="list-style-type: none"> • Public and private transport (Love, 1973)
확률적 방법	• Delphi	<ul style="list-style-type: none"> • 전문가 패널을 구성하여 설문조사를 반복적으로 실시,의견수렴 과정을 이용 • 설문조사 반복 실시는 통산 2회 정도로 하고 있음 • 중장기 예측에 유용하고 시계열 자료가 없는 경우나 광범위한 기술분야에 대한 예측에 적절한 방법 • Relevance trees나 cross impact 기법과 함께 이용하기도 함 	<ul style="list-style-type: none"> • RAND에서 개발되었으며 최근 일본에서 많이 이용하고 있음 • 이 방법을 이용 일본은 5년마다 30년후의 미래기술에 대한 기술예측을 실시해 오고 있음
	• Cross Impact	<ul style="list-style-type: none"> • Delphi 기법이 발전된 형태 • 예측대상 기술에 대해 상호 영향을 미치는 요인을 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 거의 모든 기술에 대해 적용할 수 있음

제 2 절 델파이 방법의 이해

여러 기술예측 방법중 국내외에서 가장 흔히 사용되고 있는 기술예측 방법이 델파이 기법이다. 1999년 말 과학기술부에서 발표한 '제2회 과학기술예측' 뿐만 아니라 1998년 발표된 산업자원부의 '2010년의 산업기술예측' 또한 이 기법에 기초하여 기술예측을 실시한 바 있다. 이 단락에서는 현재 가장 폭 넓게 활용되는 기술예측기법인 델파이기법의 특징과 과정을 살펴보고 이것이 적용된 각종 예측결과를 개괄한 후, 동 기법이 가지는 시사점 및 한계점을 살펴보고자 한다.

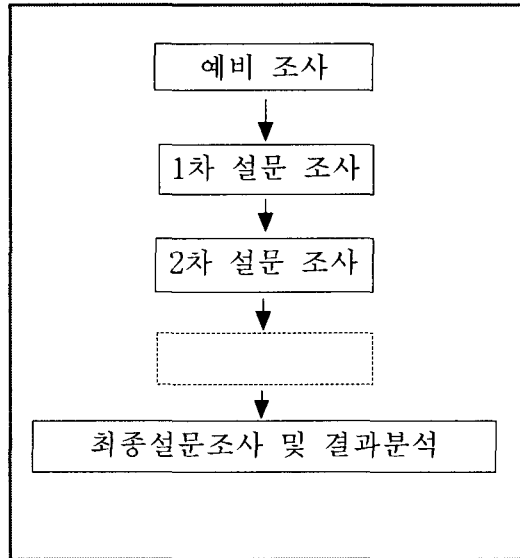
우선 델파이 기법의 특징과 절차를 살펴보자. 델파이 기법이란 다수의 사람들에게 미래의 분야별 기술발전 예측에 대한 설문조사를 반복 실시하여, 응답자의 의견을 모으는 방법이다. 2회째 이후의 설문조사에서는 전회의 조사결과를 응답자에게 환류(feedback)함으로써, 응답자가 전체의견을 보면서 각자 질문문항에 대한 자신의 의견을 스스로 수정할 수 있도록 하는 것이 본 방식의 최대 특징이다.

이와 같은 델파이 과정은 정보의 환류를 통하여 패널 구성원에게 기술발전 추세뿐만 아니라 구체적 기술에 대한 학습효과(learning effect)를 제공한다. 따라서 한정된 과학기술분야에만 관심을 집중하고 있어 여타분야의 기술동향을 파악하기 어려운 전문기술진이나 연구개발부서에 유용한 정보를 제공할 수도 있다. 따라서 델파이 기법을 이용한 정기적인 기술예측이 기업 내의 전문기술진이나 기술정책 담당자들에게 기술동향을 폭 넓게 파악하게 하는 계기를 마련하여 주기도 한다.

또한 이 방법은 패널 구성원의 전문성에 의존하고 있기 때문에 기존의 관련 자료가 체계적으로 축적되어 있지 못한 기술 영역 등을 포함하여 여러 광범위한 분야에도 손쉽게 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 이 기법은 새로운 기술과제의 발굴이나 시계열 분석이 불가능한 불연속적인 기술발전에 대해서도 유용한 정보를 제공한다. 이와 같은 이유로 기업이나 국가의 중장기 기술예측에 광범위하게 활용되고 있다.

그밖에 이 기법의 특징 중 하나는 전문가 패널의 구성과 운영에 있어서 구성원 상호간에 익명성을 보장하는 것이다. 즉 패널 구성원 각자가 다른 사람의 견해를 의식하지 않고 독자적으로 판단하여 자신의 견해를 수정할 기회를 제공한다. 이와 같이 델파이 방법은 패널 구성원 간에 익명성을 보장하여 각 패널들이 보다 자유롭게 다른 패널들의 의견을 참고하여 자기의견을 수정할 기회를 반복적으로 가짐으로써, 동 예측이 기본적으로 패널 구성원의 주관적 판단에 의존함에도 불구하고 신뢰성이 높은 상당히 객관적인 결과에 도달할 수 있게 된다.

<그림 2> 델파이 방법의 기본 흐름



다음으로 델파이 기법의 흐름을 <그림 2>를 통해 간단히 살펴보면, 첫 단계로 기본적인 예비 조사를 통해 미래 발전기술 과제 목록을 만드는 과정, 다음으로 전문가로 구성된 패널팀에 여러 차례에 걸쳐 설문과 전 단계 설문 조사를 정리한 결과를 배포하고 의견을 환류하는 단계, 그리고 마지막으로 최종 의견을 수렴하여 결론을 분석하는 단계로 구분할 수 있다. 물론 의견 수렴과 환류의 과정에서 설문을 조사하는 전문가들이 서로 의견을 알 수 없도록 한다.

이제 델파이 기법을 사용한 우리나라와 일본의 기술예측 사례들을 그 특징 위주로 간단히 살펴보자. 우리나라의 예를 먼저 살펴보면, 과학기술부가 1994년에 이어 1999년에 제2회 과학기술예측(2005 ~ 2025)을 델파이 기법을 사용하여 실시한 바 있는데, 1회와 2회 공히 일본과 유사한 기술추동형⁴⁾(Technology Push)형의 기술예측을 실시하였다. 즉 해당 분야 과학기술자들이 기술 영역의 확장 가능성을 전망하는 방식으로 과학적 원리규명이나 이것의 기술적 응용 가능성, 실현 시기 등에 주목한 예측을 실시하였다.

한편 산업자원부는 1998년 처음으로 '2010 산업기술예측'을 실시한 바 있는데, 동 예측에서

4) 기술예측 유형을 예측 주체의 입장을 기준으로 기술 추동(Technology Push)형 예측과 수요 견인(Demand Pull)형 예측으로 구별할 수 있다. 기술 추동형 예측은, 기본적으로 기술의 발전 추세를 과학기술자들 입장에서 예측하는 방식이며, 수요 견인형 예측은, 특정 기술의 발전을 그 분야 제품 수요자의 요구 수준과 방향에 근거해 예측하는 방식이다. 후자는 특히 수요자 중심의 예측이기 때문에 기업 기술수요조사의 기본 개념과 유사한 측면이 있을 뿐만 아니라, 해당 사회의 거시경제와 시장 수요에 기반한 예측이기 때문에 예측결과가 더 활발하게 이용되는 특징이 있다.

는 과학기술의 예측과 같이 델파이 기법을 사용하면서도 과학기술자들의 기술발전 가능성 전망과 기술수요자 중심의 수요견인형⁵⁾(Demand Pull) 예측간에 균형을 추구하였다.

그리고 이미 6회에 걸쳐 델파이 기법을 사용한 기술예측을 실시한 바 있는 일본은, 우리와 다르게 미래공학연구소라는 재단을 기술예측의 전담기구로 상시 운용함으로써 관련 연구성과물, 자료 등의 지속적인 축적과 예측결과의 실현 등에 대한 점검 등을 꾸준히 실시하고 있다.

이상에서 논의한 우리나라의 과학기술부, 산업자원부 그리고 일본의 미래공학연구소 주체의 델파이 기법을 활용한 기술예측을 정리하면 아래의 <표 2>와 같다.

이밖에도 우리나라에서는 <표 3> 과 같이 과학기술 고도화가 진행되기 시작한 1980년대 후반부터 기술예측 작업이 본격적으로 시작된 이래, 1990년대에 들어서는 미래산업으로 각광받기 시작한 정보통신산업 분야에 대한 기술예측뿐만 아니라 민간기업에서까지 광범위하게 기술예측을 시도함으로써 기술예측에 대한 관심이 폭발적으로 증가하고 있음을 볼 수 있다.

<표 2> 과기부·산자부·일본의 델파이를 통한 기술예측의 비교

구 분	과기부 과학기술예측	산자부 산업기술예측	일본 과기청 예측
기술예측 담당기구 및 전담여부	· 과학기술정책연구원 한국과학기술평가원 · 임시	· 산업기술정책연구소 · 임시	· 미래공학연구소 · 예측전담 상시기구
예측 기법	· 델파이 기법	· 델파이 기법	· 델파이 기법
예측 대상	· 15개 분야 1,155개 기술과제	· 4개 분야 103개 핵심기술과제	· 14개 분야 1,072개 기술과제
예측결과 활용	· 국가연구개발사업의 정책 목표 제시와 전략 수립 그리고 민간의 기술확보전략수립 등의 기초자료로 활용	· 국가 산업기술 동향 분석 및 정부 지원 대상기술 선정 자료로 활용	· 연구개발과제 형성에 암묵적으로 활용
예측 실시주기	· 5년	· 5년	· 5년
예측 대상기간	· 25년(2000-2025)	· 10년(2000-2010)	· 30년(1996-2025)
연 령	· 1994년 제1회 발표 · 1999.10월 제2회 발표	· 1998년 제1회 발표	· 1971년 제1회 발표 · 1997년 제6회 발표

출처 - 과학기술부 『제2회 과학기술예측』, 산업자원부 『2010 산업기술예측』, 그리고 일본 미래공학연구소 『2025년의 과학기술』 종합.

마지막으로 델파이 기법이 가진 한계점을 살펴보자. 델파이 기법은 이상에서 설명한 여러

5) 유럽에서 기술예측을 가장 큰 규모로 실시하고 있는 영국의 경우, 주로 수요견인형 기술예측을 실시하고 있다.

장점을 지니고 있어 광범위하게 활용이 되고 있지만 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다. 첫째 델파이 예측조사에는 많은 시간과 비용이 소요된다. 주요 예측 대상기술의 목록을 선정하는데 장시간이 소요될 뿐만 아니라, 충분한 규모의 패널을 유지 관리하는데 비용이 적지 않게 소요된다.

둘째, 설문대상이 되는 전문가 집단(panel)의 지속적인 확보가 쉽지 않다. 즉 반복적인 설문조사의 회수를 거듭할수록 평가를 기피하거나 쉽게 남의 의견에 동조해 버리는 등 전문가들의 관심과 열의가 급격히 저하되기 쉽다. 이러한 이유 때문에 델파이 기법의 설문 회수가 2회 정도의 반복 설문에만 그치고 있으며 전문가 1인당 설문 문항 또한 대개 20~30개가 넘어서지 않도록 하고 있다.

셋째, 적절한 전문성을 가진 전문가 그룹을 확보하기 어렵다. 비록 질 높은 전문가 그룹을 확보하더라도 그들이 전통적인 사고방식에 얽매어 있다면 부적합한 대상이 될 수도 있다. 왜냐하면 미래의 변화를 예측하는데 있어서는 개척자적인 성향을 가진 전문가들이 훨씬 가치 있고 의미 있는 예측을 할 수 있기 때문이다.

넷째, 예측결과의 의미가 지니는 한계를 들 수 있다. 먼 미래의 일정 시점에 특정한 기술이 구현될 것이라는 식의 기술예측은 유의성이 적을 수 있다. 왜냐하면 특정 기술의 개발 여부를 보는 불확실성에 개발 시점의 불확실성이 더해짐으로써 정확도가 상당히 떨어질 수 있기 때문이다. 차라리 특정 기술의 예측을 시점이 아니라 일정 기간으로 하고 예측 형태를 확정적인 것이 아니라 확률적인 것으로 하는 것이 예측결과를 활용하는데 오류를 줄일 수 있을 것이다.

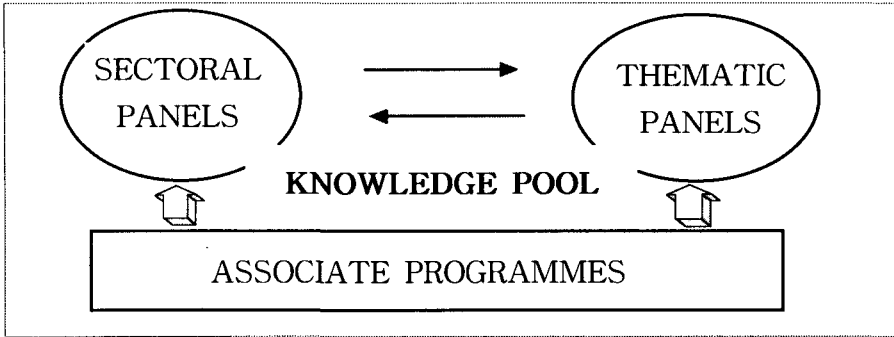
마지막으로 델파이에 의한 결과가 과연 전문가의 견해라고 볼 수 있는가 하는 근본적인 문제제기도 있다. 왜냐하면 주로 과학기술자들이 주도하는 델파이의 결과가 기술적인 부분에서는 높은 전문성과 신뢰성을 지니고 있다고 하더라도, 기술의 경제·사회적 측면에서 보면 비전문가인 기술자·과학자의 편향된 의견의 단순한 취합일 수도 있기 때문이다. 따라서 패널을 구성함에 있어 관련 분야 과학·기술자들만으로 조직하는 것은 바람직하다고 할 수 없다. 균형 잡힌 기술예측을 위해서는 해당 기술분야 전문가들의 의견수렴 못지 않게 기술변화가 가져올 일상생활의 변화, 사회에 대한 거시적인 영향 그리고 지구적인 영향에 대한 사회과학자들의 견해도 충분히 수렴하여야 한다. 따라서 기술예측 패널 구성에 과학기술자뿐만 아니라 기술경제학, 기술정책, 기술사회학 그리고 기술철학 분야의 전문가들을 충분히 포함시키는 것이 이 같은 문제의 보완책이 될 수 있을 것이다. 사실 영국이 이같이 패널을 구성하여 기술예측의 효과를 높이고 있을 뿐만 아니라 예측결과를 상당히 활발하게 활용하고 있다. 영국의 기술예측 패널 구성을 보면<그림 3>에 나타난 바와 같이 부문 패널(Sectoral panel)과 주제 패널(Thematic panel)로 구분하여, 해당 기술분야 전문가뿐만 아니라, 사회·경제 전문가 그리고 관련 일반 시민들 일부까지도 패널 구성에 폭 넓게 참여시키고 있다.

〈표 3〉 국내 기술예측 관련 연구

주관 부서	내 용	연도
과학기술부	· 중·장기 기술예측에 관한 연구	1986
	· 2000년대를 향한 과학기술발전 장기계획	1986
	· 한국의 미래기술, 제1회 과학기술예측조사(1995-2015)	1994
	· 제2회 과학기술예측조사(2000-2025)	1999
산업자원부	· 공업기술수요조사	1985
	· 첨단산업발전 5개년 계획	
	· 미리 본 한국의 2000년 산업기술	1993
	· 2010년 산업기술예측과 장기발전전략	1998
산업연구원	· 첨단기술산업 연구사업	1989
한국과학기술 연구원	· 과학기술예측 '87	1987
	· 국책연구개발 중·장기 실천계획에 관한 연구	1988
	· 중·장기기술예측을 위한 사전예비조사에 관한 연구	1992
	· 중·장기기술예측을 위한 사전 기획 연구	1993
과학기술정책 관리연구소	· 연구개발사업 평가방법 및 연구예측활동에 관한 연구	1990
	· 한국, 일본, 독일의 중장기 기술예측 결과 비교	1994
산업기술정책 연구소	· 산업기술수요조사 및 중장기 기술예측	1992
	· 기술환경분석과 산업기술분류체계를 통한 공업기반기술개발사업의 수요조사 연구	1995
국가과학기술 자문회의	· 국가연구개발투자의 효율적인 자원배분시스템 구축연구 <기술지도(Technology Map) 중심>	1998
전자통신 연구소	· 정보통신 기술수요 조사에 관한 연구	1994
삼성경제 연구소	· 2005년 기술과 유망산업 예측	1996

출처 - 산업기술정책연구소 편(1998) 내용 보완

<그림 3 > 영국 기술예측 프로그램의 구조



참조 : Georghiou(2000)

제 3 장 기술예측의 또 다른 필요사항: 기술의 사회·경제적 맥락

제 1 절 사회·경제적 맥락의 필요성

이장에서는 미래기술을 예측함에 있어서 필요한 기술 외적인 사항들을 제기해 보고자 한다. 그런데 기술을 예측함에 있어서 왜 사회·경제적인 맥락을 기술 자체의 발전과 함께 고려되어야 하는가?

왜냐하면 예측 과정에서 기술 자체의 발전가능성 뿐만 아니라 기술이 가져올 사회·경제적인 긍정적 변화 및 역기능 등을 함께 고려함으로써 기술예측의 완성도를 제고하고 예측결과의 활용도를 높일 수 있을 것이기 때문이다. 즉 다양한 차원의 사회·경제적인 변화의 예측을 뺀 기술적인 요인 위주의 기술예측은 다음과 같은 점을 간과할 위험성을 지닐 수 있을 것이다.

첫째, 미래의 기술이 가질 수 있는 강력하고 통제 불가능한 파괴 잠재력으로 인해 기술적으로 가능하나 사회적으로 수용되지 못해 해당 기술이 사장되는 경우가 발생할 수 있을 것이다. 예를 들면, DNA 재조합에 의해 인간의 지능향상이 기술적으로 가능해진다고 하더라도 부모의 빈부차이 때문에 그 기술의 혜택이 공평하게 분배되지 못한다면, 자식세대의 최소한의 기회균등마저 앗아갈 것이기 때문에 동 기술이 사회적으로 수용되지 않을 수도 있는 것이다. 즉 신기술에 의한 이익을 위해 감수해야 할 사회적 위험이 과도할 수 있음을 주목할 필요가 있다.

둘째, 신기술의 구현이 기존의 사회 제도나 가치 기준과 부합하지 않을 경우, 그것들의 타당성 여부와 상관없이 신기술이 거부될 수 있다. 예를 들면 21세기 정보화의 촉진과 기술의 발달로 전자주민카드의 도입이 기술적으로 가능해져 획기적인 행정서비스 향상이 기대되어도 국가와 시민사회의 정보균형이라는 기존 국가관과 불일치하여 기술적 가능성보다 훨씬 제한된 수준에 동 기술의 도입이 추진되다가 그것마저 중단된 바 있다.

셋째, 경제적 이해관계의 차이로 특정 기술의 개발과 확산이 좌절될 수 있다. 예를 들어

기술 개발의 이익을 향유하는 자와 비용을 부담하는 자가 일치하기 어려운 환경기술의 경우, 그 기술의 경제적 가치가 시장메카니즘 내에서 정당하게 보상될 수 없기 때문에 기술적으로 충분히 성숙되지 못하거나 개발 자체가 좌절될 수도 있다.

이와 같은 여러 가지 이유 때문에 기술예측에서 사회·경제적 맥락의 파악이 필요하다. 즉 기술의 발달에 대한 정확한 예측을 위해서는 특정 기술의 사회적 경제적 측면에 대한 고려가 필수적이다.

최근 일본 자동차 공학회의 '2025년 자동차 생산 기술예측 조사'⁶⁾에서는 기술예측의 중요 기반으로, 사회 구조의 변화(노동 인구, 정책 변화, 안정성 추구), 가치관의 다양화(이용자의 다양한 요구)와 같은 기술 외적인 사항을 예측범위에 명시적으로 포함시키는 등 사회·경제적 사항을 상당부분 고려한 기술예측을 시도한 바 있다.

사실 17세기 과학혁명 이후 20세기 중반에 이르기까지 기술의 발전은 사회와 무관하게 몇몇 위대한 과학자와 기술자의 노력에 의해 발전되는 것으로 인식되어 왔다. 그러나 최근 과학과 기술의 사회적 형성론(Social Shaping)이나 사회적 구성론(Social Constructivism)⁷⁾이 대두되면서 과학과 기술의 상당부분이 사회와 상호작용하에 구성되고 형성되어 왔다는 주장이 설득력을 얻어 가고 있다.

사실 기술이 진공상태에서 개발되어 사회에 출현하는 것이 아니라 여러 차원의 사회적 관계 속에서 개발되고 발전한다는 인식은 기술예측 결과를 보다 풍부하게 할뿐만 아니라 사회적으로 다양하게 활용될 수 있게 한다.

제 2 절 기술 예측시 고려해야 할 사회·경제적 맥락의 예시

기술예측에서 고려해야 할 기술의 사회·경제적 맥락은 다양한 차원에서 여러 가지 방법으로 논의 될 수 있지만 이 글에서는 <표4>와 같이 조직단위의 미시적 차원, 사회·경제 체제

6)상기 조사에서는 델파이법을 사용, 예측 기술과제를 ① 사회구조의 변화(노동 인구, 정책 변화, 안정성 추구), ②가치관의 다양화(이용자의 다양한 요구), ③환경 대응(지구 환경 보전, 자연과의 공존), ④공통 기술 요소, ⑤기술 혁신의 5가지를 기반으로 차체, 유닛, 조립, 공통 기술요소 그리고 기타 영역 등 5가지로 나누어 정리하고 있다(일본 자동차 공학회, 1999).

7)사회적 구성론(Social Constructivism)의 시각에서는 기술도 여타의 사회현상과 마찬가지로 사회적으로 구성된다고 본다. 즉 동 시각에서는 성공적인 기술이라는 것은 자신의 구체적인 이해관계를 추구하는 상이한 집단들 사이의 전략적 협상을 통해 성공적으로 '구성'되는 것이라고 본다. 따라서 동 이론에서는 인간의 다른 지식과 마찬가지로 과학도 자연의 단순한 재현이 아니라 특정한 시대와 문화에 뿌리를 둔 '국지적'(local) 지식이라고 본다. 한편, 사회적 형성론(Social Shaping)의 입장에서는 과학적 아이디어와 지식이라는 것은 과학자들의 학문분야, 전문직업 그리고 이데올로기 등과 결부된 이해관계를 반영하면서 사회적으로 '형성'된 것이라고 본다(Webster, 1991).

와 관련한 거시적 차원 그리고 국가간 관계와 관련한 지구적 차원으로 나누어 각각 대표적인 이슈 중심으로 예시적으로 살펴보고자 한다.

< 표 4 > 기술예측의 주요 사회·경제적 맥락 준거틀 예시

차원	주요한 사회·경제적 맥락
미시적 차원	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 조직의 비전과 문화 ◦ 조직의 학습
거시적 차원	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술과 사회·경제구조의 부합 여부
지구적 차원	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 신기술 개발을 둘러싼 국가간의 경제적 이해관계 ◦ 국제 기술표준의 중요성 대두 ◦ 지속가능 발전을 위한 국가간 협동연구 필요성 증대

출처 - OECD(1998)의 내용종합.

1. 미시적 차원

첫 번째로 기술의 미시적 차원의 사회·경제적 맥락을 살펴보기로 하자. 산업 혁명 이후 산업사회로 전환하면서 정착되었던 각종 사회조직의 비전을 포함한 가치, 문화 등이 전후 수십년간의 신기술의 발달과 확산으로 인해 급격한 변화를 겪으면서 부딪힌 근대화 위기(Crisis of Modernity)⁸⁾가 바로 조직문화와 신기술의 총체적인 부조화에서 기인한 미시적 차원의 사회·경제적 맥락의 문제와 직결된다.

기술발전과 관련된 미시적 차원의 사회·경제적인 요소들에는 각종 사회 조직이 가진 비전, 문화 그리고 학습능력이나 태도 등이 있다. 우선 기술발전과 관련된 조직의 비전을 살펴보자. 조직 비전을 ‘해당 기술의 연구개발과 이용에 직·간접적으로 관련한 조직들이 공유하고 있는 미래 기술에 대한 아이디어’라고 정의할 때, 비전이 기술발전에서 차지하는 의미가 명확히 드러난다. 즉 미래 기술에 대해 공유되는 비전은 기술개발의 방향(orientation)을 설정하고, 관련 개인이나 조직간의 협동(co-ordination)을 촉진하며 동기(motivation)를 제공할 뿐만 아니라, 해당 기술제품의 상업화 성공에 결정적인 역할을 하게 된다.

둘째, 조직의 문화 또한 관련 기술 발전에 중요한 역할을 하는 바, 신 기술개발 조직의 문화 자체가 해당 기술개발에 결정적인 영향을 줄뿐만 아니라 기술을 수용하는 조직의 문화와 개발대상 기술의 부합여부도 기술의 발전과 상업화에 결정적인 영향을 미친다. 사실, 조직 문

8) “crisis of working society” (Altvater), “crisis of paradigm” (Dierkes), “crisis of organised modernism” (Wagner), “crisis of the welfare state” (Dierkes and Zimmermann) 등이 모두 같은 맥락의 개념이다.

화란 조직 구성원들이 공유하는 보편적 가치나 관점으로 구성원들을 상호 결집시키는 등 구체적인 역할을 하긴 하지만 각종 상징 속에 비가시적인 형태로 모호하게 존재하여 역할이 명확하게 드러나지 않는 것이 일반적이다. 그러나 때로는 안정 지향적인 보수적인 조직문화는 특정 기술발전의 수용을 거부하는 명백한 역할을 수행하기도 한다. 따라서 문화에 대한 정확한 이해와 새로운 문화의 진화에도 끊임없는 관심을 가져야 온전한 기술의 발전을 향유할 수 있을 것이다.

셋째, 문화와 유사하게 조직 학습 또한 연구 개발의 방향이나 과정뿐만 아니라 기술의 발전 전반에 결정적인 역할을 미친다. 조직 학습을 '변화하는 환경에 부합하는 새로운 사고방식, 지배적인 인지 그리고 전략적 능력 등에 대한 포괄적인 습득'으로 일반적으로 정의할 때, 결국 조직 학습은 조직 차원에서의 변화에 대한 탄력적인 대응 혹은 예측 능력의 발전과 직결된다. 급변하는 기술 환경에서 살아 남기 위해서는 기업조직과 정부조직 모두 상황변화에 적합한 새로운 인식, 가치관 그리고 행위 형태에 대한 지속적인 학습을 게을리해서는 안 된다. 왜냐하면, 신제품, 신공정 그리고 전혀 다른 차원의 서비스가 요구되는 변화 속에서 조직이 새로운 상황에 관해 충분히 학습하고 있지 못하다면, 시장변화 혹은 기술발전을 위한 기회를 놓쳐 버리는(missing the boat) 결과가 초래될 수도 있기 때문이다.

조직의 비전과 문화 그리고 조직 학습 등은 기술과 끊임없이 상호 작용을 주고 받는다. 따라서 미래 인류의 복리를 증진시키는 방향으로 기술이 발전하도록 하기 위한 첫 번째 단계인, 미래기술예측의 현실성을 제고하기 위해서는 신기술의 조직 단위에 대한 영향의 사전적 예측이 필요하다.

2. 거시적 차원

두 번째로 거시적 차원에서의 기술의 사회·경제적 맥락을 살펴보자. 거시적 수준에서의 기술의 사회·경제적 맥락이란, 특정 기술이 사회·경제적 이익을 생산할 수 있도록 하는 사회·경제 체제의 준비를 의미한다. 새로운 기술이 만들어 내는 이익, 즉 기술유출효과⁹⁾가 충분히 발휘될 수 있도록 사회체제가 갖추어져 있는지 여부가 해당 기술의 성숙을 가늠하는 중요한 기준이 된다. 따라서 보다 적절한 기술예측을 위해서는 기술발전과 관련한 거시 맥락에 대한 예측이 필요하게 된다.

9) 기술이 가져오는 사회·경제적 이익을 폰텔라(Fontela)는 기술유출효과(technology spillovers) 개념으로 정리하고 있다. 동 효과는 다시 지식 유출효과(knowledge spillover)와 지대 유출효과(rent spillover)로 나누어진다. 지식유출효과란, 한 산업에서 발전한 기술과 지식이 다른 산업에서 사용되는 효과라고 정의된다. 그리고 지대유출효과란, 기술혁신으로 초래된 특정 산업 제품의 가격인하나 품질향상의 효과가 해당 산업 제품을 사용하는 다른 중간재 산업이나 최종재 산업으로 이전되는 효과를 말한다(Fontela, 1998).

즉 특정 기술의 잠재력을 충분히 발현시켜서 기술유출효과를 극대화하기 위해서는 경제 체제, 교육 체제, 문화 체제 그리고 여타 사회시스템이 해당 기술과 잘 부합해야 한다는 것이다.

최근 한 연구에 따르면 1970년대와 1980년대의 20년 동안 OECD회원국들이 연평균 GDP 성장률 2.9% 중 1.2%가 개별 기술의 개선을 포함한 광의의 기술 발전에 기인한 것이고, 나머지 0.6%와 1.1%가 각각 노동력 증가와 자본의 집중에 기인한 것이라고 한다. 즉 OECD국가의 연간 GDP 성장의 약 40%가 기술발전에서 기인하고 있다는 것이다(OECD, 1996).

이처럼 1970년대와 1980년대의 OECD국가들의 경제 성장에서 기술이 차지하는 비중이 상당히 높은 것으로 나타나고 있기는 하지만 이는 1950년대와 1960년대에 비해 상당히 둔화된 수치이다. 네오-슈페터주의 경제학자들은 이러한 경기 둔화 내지 침체의 원인을 새로운 기술시스템과 사회·경제 제도의 부조화라고 지적한다. 이와 같은 취지에서 최근 특정 국가의 전체적인 시스템을 기술혁신의 이익을 극대화하는 방향으로 재조직하기 위한 국가혁신체제(National Innovation System) 논의가 활발하게 진행되고 있다(Edquist, 1997).

환언하면, 특정 기술이 사회에 충분한 이익을 제공할 수 있도록 하기 위해서는 해당 사회체제와 신생기술이 조화를 이룰 수 있어야 한다는 것이다. 따라서 미래의 주요한 기술발전을 예측하기 위해서는 특정 기술이 가져올 기술적 변화와 사회체제의 조화에 대한 전망이 필수적으로 포함되어야 한다.

3. 지구적 차원

마지막으로 지구적 차원에서 기술의 주요 맥락을 살펴보자. 향후 정보·통신기술의 발달로 지구적 차원에서의 기술의 확산속도가 가속화될 것으로 예상되기 때문에, 기술예측에서 국제적인 맥락을 함께 고려하는 것이 중요한 의미를 지니게 될 것이다.

기술의 변화와 관련한 지구적 맥락은 개략적으로 세 가지 차원에서 살펴볼 수 있을 것이다. 우선 현재와 미래의 당면문제 해결과 관련되어 신기술 개발을 둘러싼 국가간 경제적 이해관계의 상충을 들 수 있다. 이는 경우에 따라서는 해당 기술 개발을 위한 투자를 위축시키거나 왜곡시키는 상황을 초래할 수도 있다. 예를 들어 생명공학기술 수준과 농업분야의 경쟁력이 상이한 국가들 사이의 이해관계의 상충으로 유전자 조작 농업기술의 발전을 왜곡될 수 있음이 최근 미국에서 있었던 세계무역기구(WTO)의 뉴라운드 협상에서 드러나기도 했다.

둘째, 신기술 개발 및 확산과 관련한 안정성 규범을 포함한 국제적인 표준의 문제가 점차 대두되고 있음을 들 수 있다. 즉 신기술의 국제적인 확산 잠재력이 차츰 증가함에 따라, 해당 기술관련 표준이나 규범을 특정국가가 단독으로 결정할 수 없는 상황이 심화되고 있는 것이다. 게다가 해당 기술분야를 선도하고 있는 국가 스스로 관련 기술제품의 국제유통을 촉진시키기 위해서, 더욱 더 유럽연합(EU)이나 북미자유무역지대(NAFTA) 등 여러 국제 기구가 요구

하는 규범이나 표준에 부합하려고 노력하게 되었다. 따라서 미래사회에는 특정기술의 개발과 확산이 국제적 맥락 내에서 이해되어야 할 필요성이 한층 증가할 것이다.

마지막으로, 21세기 인류의 생존과 지속 가능한 발전과 직결되는 대규모의 국가간 협동연구나 상호 보조를 맞추는 정책의 필요성이 대두되고 있다는 것이다. 특히 생명공학, 대체에너지, 우주 산업, 환경 기술 등의 개발을 추진하기 위해서 더욱 더 긴밀한 국가간 협력이 요구된다. 소티(Soete)는 이와 관련해서 국가간의 적극적인 결집(positive integration) 노력이 향후 기술발전의 주요한 결정요소라고 제기하고 있다(Soete, 1998).

이상에서 기술예측에 필요한 사회·경제적 맥락의 주요한 요소들을 예시적으로 살펴보았다. 결론적으로 강조하거니와 보다 완전한 기술예측을 위해서는 기술발전과 연계된 사회·경제적 사항들에 대한 이해와 고려가 기술예측 과정에서 직접적으로 수행되는 것이 바람직하다. 이는 기술예측 결과의 활용도를 제고하기 위해서도 꼭 필요한 것이다. 왜냐하면 기술예측작업이 다양한 사회·경제적 맥락에 대한 충분한 고려 하에서 이루어질 때, 예측결과가 기술개발 자체뿐만 아니라 기술 발전을 뒷받침하는 다양한 영역에서 유익한 정책자료로 활용될 수 있기 때문이다.

참고문헌

韓國文獻

- 김영길 외 26인(1990). 『자연과학』. 서울: 生能.
- 김영식(1989). 『근대사회와 과학』. 서울: 창작과비평사.
- 김영식·김근배(1998). 『근현대 한국사회의 과학』. 서울: 창작과비평사.
- 산업기술정보원 편역(1998). 일본과학기술정책연구소·미래공학연구소 편. 『2025년의 과학기술』.
- 윤진효·채영복(2001). “21세기 미래원천기술.” 박우희 외. 『기술경제학 개론』. 서울: 서울대학교 출판부.
- 일본 자동차 공학회(1999). “2025년 자동차 생산 기술 예측 조사.”
- 임경순(1995). 『20세기 과학의 쟁점』. 서울: 민음사.
- 과학기술정책연구원, 한국과학기술평가원 편(1999). 『제2회 과학기술예측, 한국의 미래기술』
- 산업기술정책연구소 편(1998). 『2010년의 산업기술예측과 장기발전전략』.
- 성운아 역 (1996). 『미래 과학기술에 대한 전망 -지식인 좌담회』 『일본 과학기술기본법 해설, 과학기술 입국의 길』, 서울: 한국경제신문사.
- 전자신문(2000). 「밀레니엄 대예측 21, 나노기술, 방대한 정보 '초미세 압축' 2000. 1월 24일 3면.
- 함성득·남유진(1999). 『미국정치와 행정』. 서울: 나남출판.

현병환 (1998). "신제품의 전주기 경제성 기법." 한국기술혁신학회, 하계 콜로키움.

外國文獻

Coates, Joseph F., John B. Mahaffie and A Hines(1997). 2025 Scenarios of US and Global Society, Reshaped by Sciences and Technology, Greensboro: Oakhill Press.

Coates, Joseph F.(1998), "The Next Twenty Years OF Technology: Opportunities and Risks." In OECD. 21st Century Technologies: Promises and Perils of A Dynamic Future.

Equist, Charles(1997). Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations. London: PINTER.

Fontela, E(1998). "Enabling Macro Conditions for Realising Technology's Potential." In OECD. 21st Century Technologies: Promises and Perils of A Dynamic Future.

Georghiou, Luke (2000). "Science, innovation and institutional convergence."
한국기술경영·경제학회 제59회 월례발표회 자료.

Hahm, Sung Deuk and Chris Plein(1997). After Development: Transformation of the Korea Presidency and Bureacracy. Washington, D.C.: Georgetown Univ. Press.

Jeremy Howells, Maria Nedeva and Luke Georghiou(1998). "Industry-Academic Links in the UK."

KAKU, M (1998), VISIONS, How Science Will Revolutionize the 21st Century. New York: ANCHOR BOOKS.

Martin, B. R. and Jone Irvine(1989), Research Foresight : Priority-Setting in Science. New York: Pinter Publisher.

Miles, Ian(1997). "Technology Foresight: Implications for social Science." CRIC Working Paper. No. 3.

OECD(1996). The OECD Job Strategy: Technology, Productivity and Job Creation. Vol 1 and 2.

OECD(1998). 21st Century Technologies: Promises and Perils OF A Dynamic Future.

Rifkin, J(1998). The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remarking the World. New York: Penguin Putnam Inc.

Rosenberg, Nathan(1996). "Uncertainty and Technological Change." THE MOSAIC OF ECONOMIC GROWTH.

Soete, L(1998). "Global Possibilities: Technology and Planet-Wide Challenges." In OECD. 21st Century Technologies: Promises and Perils of a Dynamic Future..

Webster, A(1991). Science, Technology and Society: New Directions. London: Macmillan Press.

< 補 論 >

1. 100년 후 도달 가능 기술

• **THE COMPUTER REVOLUTION**

- The Invisible Computer
- The Intelligent Planet
- Machines That Think
- Beyond Silicon : Cyborgs and the Ultimate Computer

• **THE BIOMOLECULAR REVOLUTION**

- Personal DNA Codes
- Conquering Cancer-Fixing Our Genes
- Molecular Medicine and the Mind/Body Link
- To Live Forever?
- Playing God : Designer Children and Clones

• **THE QUANTUM REVOLUTION**

- The Quantum Future
- To Reach for the Stars
- Toward a Planetary Civilization
- Masters of Space and Time

2. 2010년 도달예측기술

- Planetary engineering. e.g. waste disposal into earth's mantle
 - Iceberg-towing for arid zone irrigation
 - Ocean mining
 - Integrated logistics, full intermodal integration-goods in transit never touched by human hands
 - intelligent vehicle highway systems
 - Integrated water supply systems on a continental scale
 - 120-mile-per-gallon personal vehicles
 - Manufacturing for durability, reclamation, remanufacturing and recycling
 - Ocean ranching/farming
 - Fail-safe nuclear power plants
 - Human and animal prostheses, implants and assists
 - Brain technologies
 - Automated farming and animal husbandry
 - outdoor robots
 - Genetic diagnoses, therapies, enhancement tools
 - Intelligent structures
 - Dynamic structures
 - Smartness in all devices, components and systems
 - Weather modification
 - Earthquake prevention
 - Product customisation
 - Simulation of all devices and systems in design
 - Automated kitchen
 - Full integration of ergonomics into design
 - Subsurface structures
 - Nanoscale products and systems
 - Robotic assists for people
 - Space station
 - Planning for terraforming
-

3. 21세기 초반 활발한 기술개발이 기대되는 분야 예시¹⁰⁾

· 재료 기술

- 상온에서 전기저항이 없는 재료의 개발을 목표로 함.
- 한번 발생한 에너지는 전력손실 없이 무한히 쓸 수 있을 뿐만 아니라, 공해가 전혀 발생하지 않는 꿈의 에너지 기술

· 치매 억제효소 개발 성공

- 일본 이화학(연)가 알츠하이머 발병을 억제하는 치매효소인 「베타아미로이드」를 첫 발견함.
- 대표적 노인성 질환 억제효소의 발견은 노화방지 기술 개발의 새로운 전기를 마련할 것임.

· ‘광 촉매’ 차세대 신물질 ‘주목’

- 광촉매(Photocatalyst)는 가정의 악취제거에서부터 환경오염 해결은 물론 물에서 수소를 분리, 무한한 에너지를 공급할 수 있는 수단으로 기대

· 21세기를 주도할 10대 기술

- 미래형 컴퓨터: 더 작고 보다 쉬운 컴퓨터
 - 디지털 기술: 고속 인터넷 기술
 - 바이오 기술: 유전자 정보 활용 기술
 - 광 기술: 빛의 에너지를 제어하고 활용하는 기술
 - 초전도 기술: 한번 발생시킨 전력을 손실없이 영원히 쓸 수 있는 기술
 - 나노테크놀로지: 극소형 기계
 - 휴먼인터페이스: 사람의 인지기능과 행동능력을 대신하는 기계
 - 지능형 교통: 무인자동차, 항법 장치, 지능형 교통시스템 등
 - 신 에너지 기술: 무공해 대체에너지 기술
 - 우주개척 기술: 우주 공간에서의 인간의 생존 능력을 제고시키는 기술
-

10) 동아일보, 2000. 2. 1 “일본 이화학(연), 치매 억제효소 첫 발견 ... 쥐실험 성공,” 한국경제신문 2000. 1. 3 “ ‘광 촉매’ 차세대 신물질 ‘주목’, ” 그리고 한국경제신문 2000. 1. 3 “21세기를 주도할 10대 기술 등 21세기 초반 국내 언론을 통해 예측되거나 주목받고 있는 미래기술을 중심으로 정리하였다.