

## 1. 기술예측의 필요성

성장과 경쟁력의 원천이 「노동·자본」에서 「지식·정보」 우위로 전환되고 있고 선진국의 경우 기술, 정보 등 무형지식자산에 대한 투자가 생산설비투자를 상회하고 있는 현실이다. OECD보고서<sup>(1)</sup>(1995)에서 거론된 지식기반 신산업이 특히, 기술, 정보 등 무형지식자산에 대한 의존도가 높으며, 「기술력」이 기업경쟁력의 핵심요소로 대두됨에 따라 후발국도 최첨단 기술개발 환경조성에 주력하고 있다. 이에 세계의 각국 및 기업들은 미래의 독자적인 기술력 강화를 통하여 경쟁력 우위를 확보하고 새로운 시장적 기회를 창출해 나가고자 미래의 신기술 및 신제품의 발굴과 평가를 위해 각계의 전문가집단을 이용한 다각적인 「기술예측(Technological Forecasting)활동」을 전개해 나가고 있다.

기술예측활동의 증가는 현재 전세계적으로 경쟁이 심화되고 있는 첨단 기술분야에서 전략적인 연구개발계획의 수립이 불가피하다는 인식에서 출발하고 있는데, 특히, 기술선진국들은 정기적인 기술예측활동을 통해서 앞으로 출현할 유망기술 및 제품을 발굴하고 이들 유망기술 및 제품에 대한 경제적, 사회적, 기술적 분석과 평가를 실시하여 국가가 지원할 개발기술 및 제품의 포트폴리오를 작성함으로써 미래 기술수요 충족을 위한 투자규모와 행동지침을 결정하려 하고 있다. 또한 기술예측은 미래 사회환경 및 요구의 변화를 고려하여 기술의 발전속도와 방향 및 범위 등에 대한 합리적인 전망을 함으로써 과학기술발전을 바람직한 방향으로 유도하는데 크게 기여할 수 있을 뿐만 아니라 복잡화 되고 상호관련성이 큰 첨단기술분야의 장기계획 수립에 유용한 정보를 제공해 줄 수 있다는 점에서 그 중요성이 부각되고 있다<sup>(3)</sup>.

## 2. 기술예측의 정의와 목적

기술예측이란 “어떤 특정한 논리체계에 따른 기술의 실현시기, 기술특성 또는 기술모수의 변화속도에 대한 정량화된 전망”인데 미래의 과학기술 발전수준을 확률적으로 평가하고 이러한 과학기술진보의 중요성을 여러 가지 측면에서 분석하여 전문가로 하여금 보다 나은 의사결정을 내리도록 돕는데 그 목적이 있다<sup>(4)</sup>.

즉, 국가의 과학기술 장기발전 계획 수립 및 국가연구개발사업 기획의 토대가 되거나 기업의 장기 기술경영기획에 필요한 기초자료를 확보하게 해 주는데, 자세히 살펴보면, 기획과정에서 프로그램 및 과제, 연구비 규모, 연구방향, 소요인력 및 능력수준 등을 결정하는 참고자료를 제공하고, 신제품·신공정·신소재 등의 계량적 성능지표 결정이나 시의 적절한 신기술 도입시기 결정에 도움을 주고 기술진보에 따른 경제적 잠재력, 사회적 영향력 및 정치적 발전방향의 파악과 인식에 보완적 역할을 하게 해 준다.

### 3. 기술예측 기법

Jantsch(1968)<sup>(5)</sup>의 4영역 분류에 따르면 직관적 기술예측, 탐색적 기술예측, 규범적 기술예측, 피드백 기술예측으로 나뉘어지는데, 여기에서는 과학기술정책연구원(1999)의 3영역 분류인 전문가판단법(Expert Judgment), 경향분석법(Trend Analysis), 복수안분석법(Multi-Option Analysis)을 중심으로 설명하겠다. 「전문가판단법」은 미래에 대한 인류의 의구심 해결을 위해 신성하거나 신비로운 통찰력을 지닌 전문가(experts)의 판단에 의존하는데, 기술예측이나 전략 분석과정에서 추세를 나타내는 자료가 부족하거나 신뢰도가 낮을 때 사용하며, 주로 신제품 또는 신공정 개발을 위해 인터뷰(Interview), 설문조사(Questionnaire), 집단을 활용한 동태적 기법(Group Dynamics)인 델파이법(Delphi Method), 아이디어 창출(Idea Generation), 지명집단이용법(Nominal Group Technique) 등이 사용된다. 「경향분석법」은 “미래는 과거의 연장선상에 있다”는 가정 아래 과거의 데이터에 숨겨져 있는 법칙을 이해함으로써 미래를 예측하는데 사용되는데, 단기예측에 주로 사용되며 통계학적 처리를 위한 주요 변수의 선택이 필수이다. 기술예측에 사용되는 경향분석법에는 경향외삽법(Trend Extrapolation), 시계열 추정(Time Series Estimation), 회귀분석(Regression Analysis), 계량경제분석(Econometrics), 시스템역학(Systems Dynamics), S자형 곡선(S-curves), 역사적 유추(Historical Analysis), 투입-산출 매트릭스 (Input-Output Matrices), 특허동향분석(Patent Trend Analysis), 과학 문헌분석(Scientific Literature Analysis) 등 10가지가 대표적이다. 「복수안분석법(Multi-Option Analysis)」은 미래 상황변화의 경우에 따라 대응책을 마련함으로써 미래의 불확실성에 유연적으로 대처하는 방법으로 예측하려는 미래가 오직 하나인 경향분석법이나 전문가판단법과는 다른점이 있다. 특히, 비기술적 요인이 관계되는 기술예측 및 미래전망을 통한 전략기획에 주로 활용한다. 복수안분석법에는 시나리오기법(Scenarios), 모사(Simulations), 상관계통도(Paths and Trees), 포트폴리오분석(Portfolio) 등 4가지가 주로 이용된다.

### 4. 사례연구

#### 1) 경향외삽법 (Trend Extrapolation)

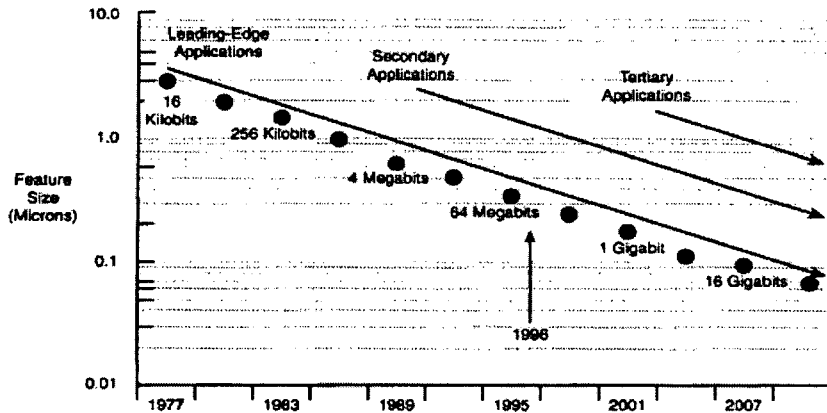
미래도 현재와 같이 선형으로 발전한다는 가정에 이루어지는 가장 보편적으로 당중기 예측에 사용되는 방법이다. 그림 1은 경향외삽법의 한 예인데, 미래를 과거의 연장선상에 놓고 “DRAM 반도체의 기술발전 속도”를 예측하였다. 그림 2는 경향외삽과 성장곡선의 복합 사용기법인데, 비행기 재질별 비행기 속도의 변화추세를 나타낸다.

#### 2) S자형 곡선(S-curve)

그림 3에서는 과거의 운송수단들의 속도변화를 S-curve로 그려 놓고 미래의 핵 로켓(Nuclear rockets)의 속도변화를 예측한 결과이다.

#### 3) 복수안분석법 (Multi-Option Analysis)

그림 4는 Mckinsey가 한국의 경제성장을 시나리오기법을 사용하여 예측한 결과이다. 발생 가능한 여러 상황을 나열하고 이에 따른 각 상황의 예측치를 제시하는 방법으로 하나의 안을 제시하는 방법보다는 유연하다<sup>(6)</sup>.



\* IC = Integrated circuit, DRAM = dynamic random-access memory.

Source: FINLE Technologies; Semiconductor Industry Association; SRI Consulting

그림 1. DRAM 반도체의 기술발전 속도

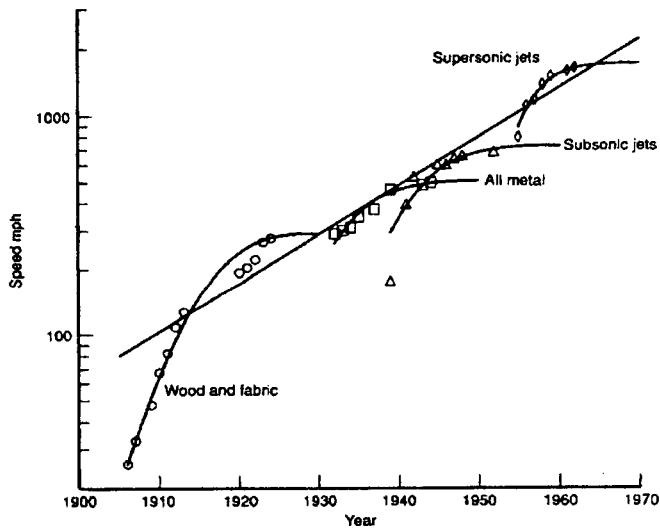


그림 2. 비행기 속도, 성장곡선 그리고 추세

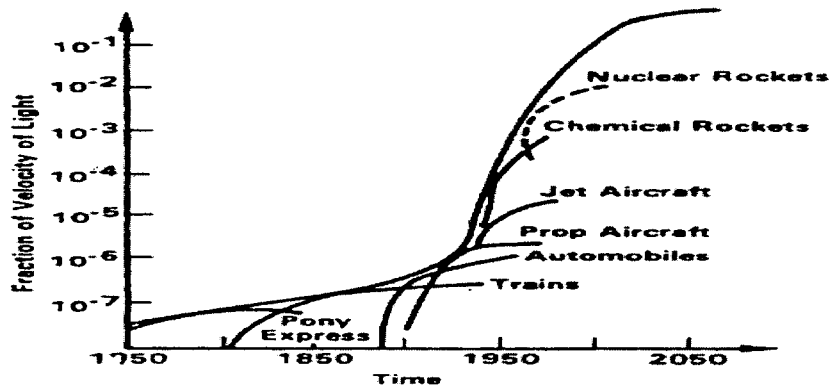


그림 3. 운송수단들의 속도변화를 나타낸 S-curve

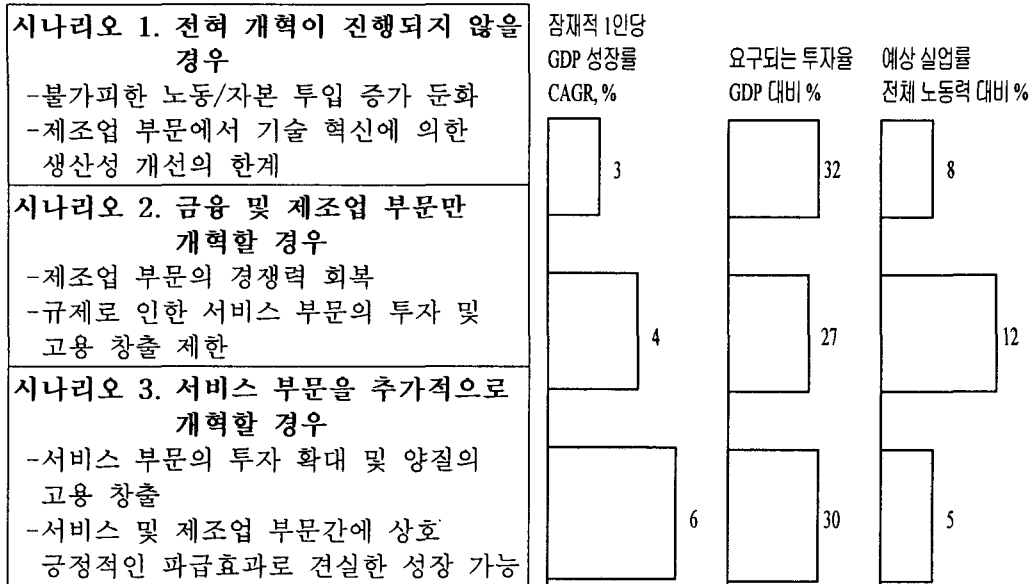


그림 4. McKinsey의 한국 경제 성장 3가지 시나리오

## 5. 델파이법(Delphi method)

### 가. 델파이법의 개념

델파이법은 미국의 Rand Corporation이 1950년대에 개발, 1964년에 발표한 기술예측의 한 방법으로 미래의 과학기술 또는 신제품이 언제 출현하여 산업구조나 인류생활이 어떻게 변화하며 어떤 영향을 미칠 것인가를 예측하는 것으로 각 분야의 전문가들로부터 설문을 통해 의견을 듣고, 통계분석 결과를 다시 설문서로 응답자에게 보내 의견을 수렴·집계하는 반복 과정을 말한다. 특히 설문조사를 반복하여 실시하는 델파이법은 자기 의견을 수정할 기회가 주어지고, 다른 전문가의 의견을 활용할 수 있다는 점에서 매우 긍정적이며, 현재 기술예측 연구의 90% 이상이 델파이법을 사용할 정도로 보편적 방법으로 자리 잡았다는 점에서도 방법론상의 장점이 확인된 방법이다<sup>(7)</sup>. 그러나 델파이법은 정밀성이 있는 수리적 모델이 아닌 인간의 직관력에 의한 방법, 이른바 「합의기술(opinion technology)」에 속하는 방법이다. 델파이법은 '의견'의 영역에 대한 체계적인 접근방법으로서 중·장기적이고 광범위하며 기술특성에 대한 통계자료가 없을 경우 장점을 갖고 있으나, 단기적 기술예측 또는 확실한 신제품 출현 등의 현안과제에는 부적당한 단점도 있다<sup>(8)</sup>.

### 나. 델파이법 활용사례

국내의 델파이법을 이용한 기술예측 사례<sup>(9)</sup>는 미국의 GWU Project('98~2050), 일본의 제 6차 과학기술예측('97~2025), 독일의 과학기술예측조사('92~2025), 프랑스 델파이서베이('95~2020), 한국의 '99년 과학기술정책연구원(STEPI)·한국과학기술평가원(KISTEP)에서 실시한 제2회 기술예측(2000~2025)<sup>(10)</sup>, '98년 산업자원부에서 실시한 산업기술예측<sup>(11)</sup>, '98년 보건 의료기술연구기획평가단에서 필자팀이 수행한 “식품과학분야 기술예측”<sup>(12)</sup>, 2000년 9월 현재 한국보건산업진흥원에서 수행중인 “미래보건산업기술예측-식품과학분야” 등과 같은 델파이법 활용 사례를 중심으로 소개하겠다.

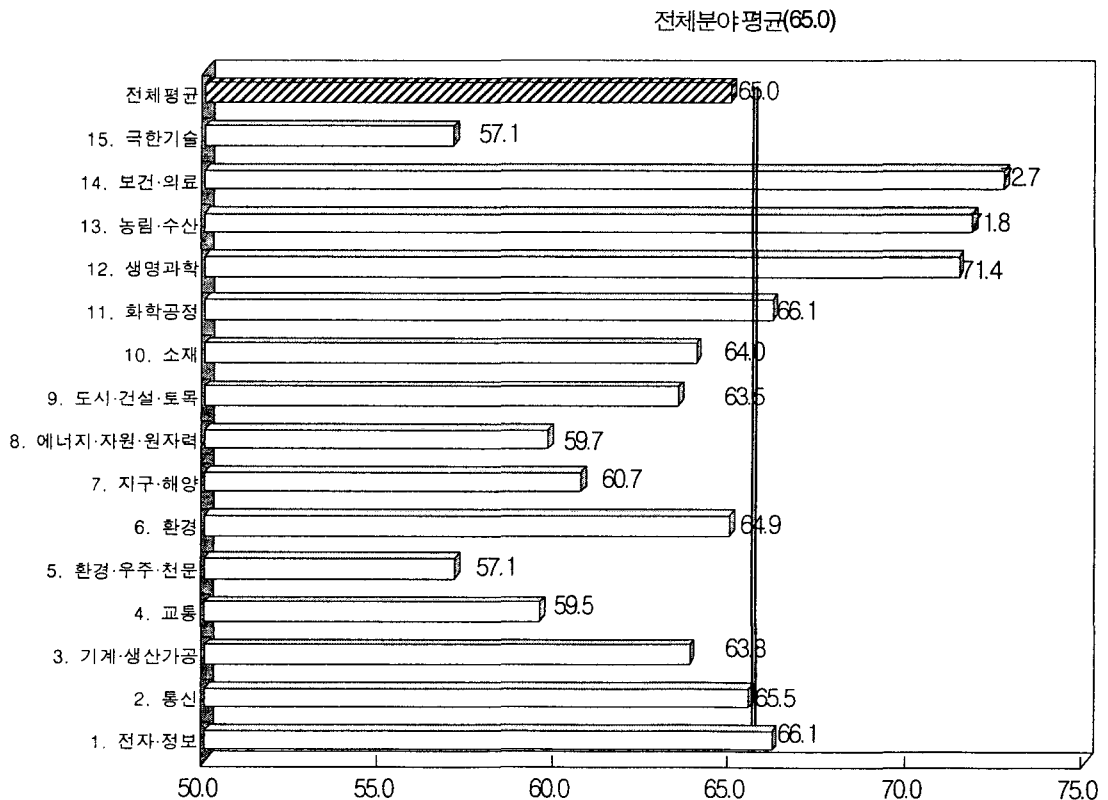


기술예측 결과, 분야별 중요도 평균 및 중요시되는 연구개발분야는 아래 그림 5와 같은데, 15개 분야중 보건·의료분야, 농림·수산분야, 생명공학분야가 가장 중요한 분야로 조사되었다. 분야별 중요도와 기술수준과의 관계는 그림 6에 포트폴리오로 제시하였는데, 식품분야는 기술수준, 중요도 면에서 전체평균보다 높은 것으로 조사되었다.

식품분야의 주요과제(선진국대비 기술수준)는 “식품중 오염미생물의 분자생물학적 신속검출기술이 개발된다(57.5)”, “생체(신선)식품의 신선도유지기술이 실용화된다(59.3)”, “김치의 발효기작해석 및 제어기술개발로 장기보존이 가능해진다(73.1)”, “식품의 신선도측정과 제조 공정중 품질관리를 위한 biosensor가 개발된다(54.8)”, “다수분 전분질계 식품의 노화방지기술이 개발된다(55.0)”, “농축수산물의 비파괴분석법이 개발되어 선별·등급작업 등의 완전자동화가 실현된다(50.9)” 등이다.

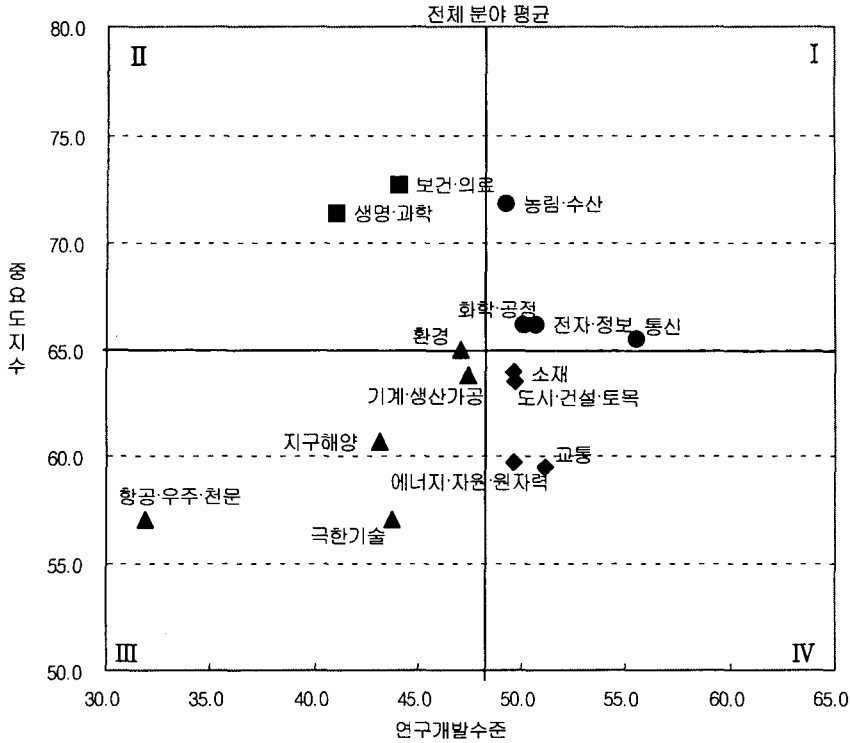
2) 산업자원부 “2010년의 산업기술예측과 장기발전전략” (1998)<sup>(11)</sup>

'98년 산업기술정책연구소에서 3라운드 델파이법(예비조사 - 1차 설문조사 - 2차 설문조사)을 사용하여 2010년의 산업기술을 예측하였다. “산업기술예측”은 위의 “기술예측을 통한 연구방향 제시에 목표를 두는 과학기술예측”보다 더 넓은 개념인 “기술은 물론 상품이나 공정까지도 그 대상으로 하는 유연성을 가지는 예측”으로서 구체적인 기술과제(또는 신상품)를 도출하여 제공함으로써 기술혁신주체가 세부적인 개발계획을 수립하는데 기여한다. 산업



자료 : “한국의 미래기술”(과학기술정책연구원·한국과학기술평가원, 1999)<sup>(10)</sup>

그림 5. 분야별 중요도 평균 및 중요시되는 연구개발분야



자료 : “한국의 미래기술”(과학기술정책연구원 · 한국과학기술평가원, 1999)<sup>(10)</sup>

그림 6. 분야별 중요도 평균 및 중요시되는 연구개발분야

기술예측은 예측이라는 측면에서는 과학기술예측과 맥락을 같이 하지만 실용화를 전제로 기술개발획득전략 수립을 위해 구체적으로 기여한다는 점에서 과학적 지식을 제공하는 과학기술예측과 어느 정도 차별화 되는데, 과학기술예측과 산업기술예측의 비교는 표 2에 나타내었다.

### 3) 보건복지부 “국내 보건의료기술 수준 및 기술예측 조사” (1998)<sup>(12, 14)</sup>

1998년 보건의료기술연구기획평가단에서 2 round 델파이법을 사용하여 식품과학분야 기술수준 예측 및 중요도를 조사하였다<sup>(12, 14)</sup>. 본 팀에서 조사한 결과에 따른 식품분야의 「기술력-시장성」 연관표는 그림 7과 같다. 본 고에서는 방법론을 주로 다루고 있으므로 내용보다는 방법에 초점을 맞추었으며, 아래 그림 7에서는 조사된 식품과학분야중 일부의 분야만 예시로 제시하였다.

만약 위의 결과가 정부 연구개발 지원분야 선정에 이용된다면, 결과의 활용은 시기에 따라 여러 가지 정책적 판단에 따라 달라지게 되는데, 예를 들면 상대적으로 시장성과 기술력이 높은 분야인 A군의 경우, 살균기술과 식품포장기술 등이 해당되는데, 이 분야는 국제경쟁력을 갖출 수 있는 분야로 집중육성이 필요하므로 단기에 중점지원분야로 선정할 수 있다. 기술력은 약하나, 시장성이 강한 B군은 식품폐기물 재활용기술, 노인·환자식 개발기술, 기능성 식품소재 탐색기술 등이 해당되는데, 초기에는 기반기술개발을 위주로 지원하고 중장기적으로 제품화연구로 지원할 분야로 정할 수 있다. 기술력은 강하나 시장성이 약한 C군은 기업규모가 작아 틈새시장을 노릴 수 있는 벤처형 지원분야로 선정할 수 있고, 기술력

표 2. 과학기술예측과 산업기술예측의 비교

구 분	과학기술	산업기술
예측기간	•중기/장기(10년/20년이상)	•단기/중기(5년~10년)
기술혁신원천	•과학적 진리 및 기초지식 (과학추동형+수요견인형)	•응용가능한 과학적 지식 (수요견인형+과학추동형)
기술혁신단계	•과학적 원리규명/응용단계 •Technology Guide Post	•응용/실용화 단계 •상업적 혁신을 중시
기술혁신내용	•기술적 프론티어의 확장	•기술적 프론티어 내부에서의 축적된 지식활용(프론티어 내부에서의 응용활동)
기술혁신속도	•기술혁신 속도가 느림	•비교적 빠름
주 체	•대학, 연구소 중심	•기업 중심
분석대상	•어떻게 될 것이다(What will be) •Paradigm Shift	•어떻게 될 수 있다(What could be) •Technology Changes
기술예측의 주안점	•기술의 혁신적 측면 강조 •기술적 성공도	•기술채택 측면 강조 •경제적, 사회적 성공도
예측 대상	•기반기술/원천기술 중심	•응용기술/핵심기술 중심
정부 역할	•직접적, 포괄적	•간접적, 보조적

자료 : “2010년의 산업기술예측과 장기발전전략”(산업자원부, 1998)<sup>(11)</sup>

<시장성 >

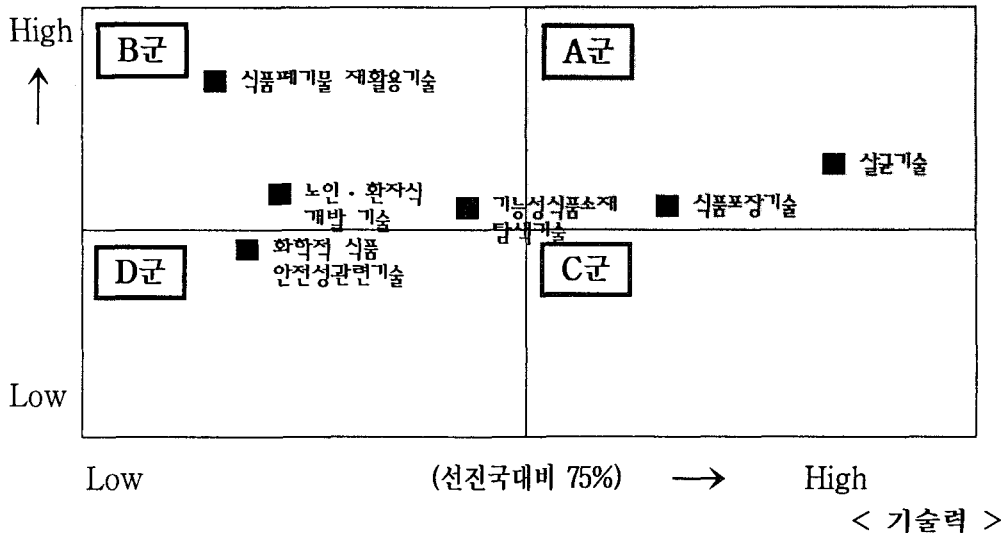


그림 7. 식품분야의 「기술력-시장성」 연관표 (일부 기술 예시)<sup>(15)</sup>

과 시장성이 모두 약한 화학적 식품안전성 관련기술 등은 공공적 관점으로 접근하여 지원여부를 결정할 분야로 정할 수 있다. 다시 한 번 강조하면 이런 기술예측 결과의 활용에 의한 기술전략은 시기와 정책적 판단에 따라 가변적인데, 아래 기술예측결과의 기술전략에의 활용에서는 이에 대한 일반적인 내용을 기술하였다.



## 6. 기술예측결과의 기술전략에의 활용

기술예측의 결과는 다음과 같이 이용될 수 있다. 1) 제품과 공정분야에서의 기술적 기회와 위험을 확인하고 탐색하기 위해 사용된다. 즉, 기술환경의 변화에 따른 시장의 움직임 탐색하고 보다 나은 정보가 요구되는 문제들을 밝히는 것이 기술전략에서 기술예측을 이용하는 일반적인 동기이다. 2) 최고경영층, 마케팅, 재무, 생산 등과 같은 다른 주요 부서들에게 미래의 동향에 대한 보다 선명하고 확신할 수 있는 청사진을 제공할 뿐 아니라, 공급자와 고객의 기술경영층과 정부기관들의 기술관리, 다른 기관의 기술인력을 위해서 도움을 주는 자료로 활용한다. 3) 사회 연구와 정부의 계획수립업무에 대한 도움을 주는 기술예측은 기술평가를 위한 정보를 제공함으로써 소비자나 환경을 보호하기 위해 정부가 필요한 시행조치와 프로그램을 계획토록 한다<sup>(16)</sup>. 우리 나라에서는 과학기술부를 비롯 산업자원부, 정보통신부, 보건복지부 등에서 국책연구사업 추진계획수립의 일환으로 정기적인 기술예측 및 시장수요 조사를 시행하고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 삼성경제연구원, 부상하는 21세기 유망산업, CEO Information (2000)
2. 산업자원부, 21세기 한국산업의 비전과 발전전략 (1999)
3. 과학기술정책관리연구소(김형수), 과학기술예측조사의 방법론과 활용방안 (1996)
4. 권철신·조근태, R&D의 예측과 결정, 자유아카데미 (1999)
5. Jantsch, E., Technological Forecasting in Perspective, OECD (1968)
6. LG 경제연구원, 한국경제 전망 4가지 시나리오 (1999)
7. Gupta V.G. and Clarke, R.E., "Theory and Application of the Delphi Technique : A Bibliography (1975-1994) Technology Forecasting & Social Change", 53:185-212 (1996)
8. 조근태·하상도·염용권, 기술예측, 보건산업정보, 한국보건산업진흥원 (1999)
9. 한국산업기술평가원, 21세기 유망산업 기술발전전략과 과제 (2000)
10. 한국과학기술평가원·과학기술정책연구원, 한국의 미래기술(제2회 과학기술예측조사:2000~2025) (1999)
11. 산업기술정책연구소, 2010년의 산업기술예측과 장기발전전략 (1998)
12. 하상도, 박관화, 신호선, 송인상, 정동효. 식품과학 연구개발의 동향분석과 수요예측. 식품과학과 산업 31(2):50-68 (1998)
13. 일본과학기술청·미래공학연구소 편, 산업기술정보원 역, 2025년의 과학기술 (1998)
14. 한국보건의료관리연구원, OECD가입에 따른 보건의료산업의 대응전략 및 국내 보건의료기술 수요 전망 (1998)
15. 한국보건산업진흥원·한국보건사회연구원, 21세기 보건산업 발전전략 수립연구 (1999)
16. 국가과학기술자문회의(박상철, 하상도의 15인), 삶의 질 향상을 위한 과학기술진흥방안 (1996)