

기술예측 응용사례

- Delphi방법을 중심으로 -



홍 순 기

(KIST 정책·기획본부
예측조사실장)

- '66-'70 서울대학교 공과대학 금속공학과 졸업(학사)
- '79-'81 영국 Univ. of Wales at Swansea 경영과학과 졸업(석사)
- '85-'89 영국 Univ. of Wales at Swansea 경영과학과 졸업(박사)
- '74-현재 한국과학기술연구원 책임연구원



오 재 건

(KIST 정책·기획본부
예측조사실)

- 1965 서울공대 전기공학과(학사)
- 1980 동국대 행정대학원(행정학 석사)
- 1990-현재 한국과학기술연구원 정책·기획본부 책임 연구원

1. 서 론

최근 미국, 일본, 독일 등 선진국들은 90년대야말로 21세기의 기술패러다임을 결정짓는 중요한 10년으로 판단하고 자국의 기술경쟁력을 계속 유지하거나 증대시킬 수 있는 미래의 신기술 및 신제품의 발굴과 평가를 위해 각계의 전문가집단을 이용하여 다각적인 기술예측활동을 활발히 전개하고 있다.

이와같은 기술예측활동의 증가는 현재 전세계적으로 쟁점이 심화되고 있는 첨단기술분야에서 전략적인 연구개발계획의 수립이 불가피하다는 인식에서 비롯되었다고 할 수 있다. 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 과학기술 발전을 바람직한 방향으로 유도하는데 크게 기여할 수 있을 뿐만아니라 복잡화되고 상호관련성이 큰 첨단기술분야의 장기계획수립에 유용한 정보를 제공해 줄 수 있다는 점에서 그 중요성이 부각되고 있다.

더욱이 신국제기술질서의 태동에 따른 우리

산업의 경쟁력 강화와 2000년대 G7선진기술권의 진입이라는 국가정책목표를 달성하기 위해서는 기술력의 확보가 무엇보다도 중요한 과제인데 이를 위해서는 우리의 기술수준을 정확히 진단하고 미래기술의 예측을 토대로한 장기적인 과학기술정책의 전개가 시급하다고 하겠다.

그동안 우리나라는 몇몇 기관에서 특정분야에 대한 기술예측을 수행하여 왔으나 국가차원에서 광범위한 분야를 대상으로 한 체계적인 장기기술예측활동은 미흡한 편이었다.

이번에 정부는 과학기술진흥법을 개정하여 “과학기술처 장관은 과학기술진흥을 위한 기본정책 및 종합계획의 합리적인 수립을 위하여 과학기술의 발전추세를 정기적으로 예측하여야 한다.”라는 규정을 신설하고 이에 필요한 자료의 제공을 관계행정기관이나 공사 법인 및 연구기관에 요청할 수 있도록 함으로써 앞으로 보다 정확하고 적극적인 기술예측활동의 전개가 기대되고 있다.

본고에서는 KIST 정책기획본부에서 수행한 “중장기 기술예측을 위한 사전예비조사에 관한 연구”(오재건 등, 1992. 6)중 신소재 및 메카트로닉스 기술예측 결과를 간략히 소개하고자 한다.

2. 기술예측의 기본 개념과 용도

2.1 기술 예측의 정의

기술 예측의 정의는 목적이나 용도에 따라 크게 세 가지로 구분하여 설명할 수 있다.

첫째, “기술 예측은 어떤 특정한 논리체계에 따른 기술의 실현 시기, 기술 특성 또는 기술 모수(parameter)의 변화 속도에 대한 정량화”라고 정의할 수 있다. 기술 예측은 경영상의 문제로서 현재 중요한 의사결정을 하는데 도움을 줄 수 있는 정보이다. 즉 경영자나 기술자로 하여금 미래의 기술 상황에 관해서 보다 나은 의사결정 행위를 할 수 있도록 도움을 주는데 그 목적이 있는 것이다. 어떤 경우에 있어서는 상대적 필요성, 중요성 또는 유용성이 정량화되어 예측 과정의 기초자료로 이용될 수도 있다.

이러한 정의의 주요 특성은 예측 결과가 어떤

논리 체계를 통해서 같은 결과가 나올 수 있다는 것을 의미하는 추론의 특정성이다. 또한 이러한 논리체계는 명시적으로 제시된 일련의 관계 설정, 자료 그리고 가정에 따른다는 점에서 의견, 추측 그리고 예언과는 다른 개념이다. 그리고 이러한 추론 절차는 분석가에 상관없이 비교적 일관성 있는 결과를 가져온다.

둘째, 기술 예측의 또 다른 정의는 첫번째 정의에 덧붙여서 “지지의 정도에 따라 달성될 수 있는 예측 결과가 다르다”라는 내용이 담겨지는 예측이다. 이것은 조건부적인 예측이며, 철학적으로 중요한 견해 차이가 암시되어 있다. 그러므로 첫번째 예측의 정의는 미래가 단순히 “어떻게 될 것이다(What will be)”에 대한 언급이라면, 두번째 정의는 여러 가지 노력 여하에 따라 미래는 “어떻게 될 수 있다(What could be)”에 대한 언급이라 할 수 있다.

두번째 기술 예측의 정의는 적절하게는 예측이라기 보다는 계획 수립이라고 일컬을 수 있다. 어쨌든 예측 결과는 의사 결정자와 계획 수립자에게 유용한 도움을 줄 수 있다. 대부분의 예측에 있어 궁극적인 목표는 계획 수립에 도움을 주는 것이기 때문에 예측과 계획 수립을 명확히 구분하기란 어렵다는 점도 인정하지 않을 수 없다.

세번째 정의는 예측이 “어떠한 기술 상태가 바람직하다”를 강조하는 것으로서 이것은 미래가 “어떻게 되어야만 한다”(What should be)를 예측하는 것이다.

이와 같은 세 가지 기술 예측 목표는 여러 가지 상황에서 각각 다른 중요성을 갖는다. 즉, 기업과 정부는 궁극적으로 미래에는 “어떻게 될 것이다”를 밝히고 이에 대한 대응방안을 제시해야 한다. 또한 정부나 기술 예측에 관심있는 사람들은 종종 미래는 어떻게 될 수 있다와 어떻게 되어야만 한가를 신중하게 취급하곤 한다. 그리고 사회 평론가, 특정 목표 옹호자, 온갖 종류의 조직 운동원, 환경 보호론자 등은 미래는 어떻게 되어야만 한가를 강조하는 경향이 있다.

따라서 예측가와 예측 결과의 사용자는 이러한 세 가지 예측 목표를 혼동하지 않도록 주의해야만 한다. 이와 같은 세 가지 기술 예측의 목표는

각각의 역할과 유용성을 갖고 있다. 그리고 종종 예측가들이 미래는 “어떻게 될 수 있다”와 “어떻게 되어야만 한다”에 지나친 관심을 가짐으로써 인해 미래는 “어떻게 될 것이다”라는 궁극적 현실을 다루지 못할 위험이 있다.

2.2 기본적인 기술예측 방법

20여 가지의 기술예측 기법이 알려져 있으나 크게 7가지 범주로 구분될 수 있다.

① 직관적 예측(Intuitive forecasting)

직관적 예측은 전문가들에게 정보를 제공하고 그들로부터의 견해를 체계적으로 평가하는 것을 의미한다. 이러한 예측기법은 기술예측을 부정하는 것처럼 보이지만, 전문가의 경험으로부터 미래의 통찰력을 얻기 위한 방법론의 출발점임에는 틀림없다.

② 경향외삽법(Trend extrapolation)

경향외삽법은 과거 사실의 연장, 탐구적 예측 또는 기술능력 지향적인 예측을 의미한다. 이 예측기법은 미래기술이 과거의 기술성과와 예측가능한 관계식을 가질 것이라는 점을 가정한다.

③ 규범적 또는 목표지향적 예측(Normative or goal-oriented forecasting)

규범적 또는 목표지향적 예측은 기술이 인간의 필요를 충족시키는 것을 실현할 것이라는 점을 가정한다. 구조 분석의 다양한 기법에 따라 사람들은 어떤 기술의 미래에서의 중요성과 인지된 가치 또는 필요에 관련된 기술 출현 시기의 가능성을 밝힌다.

④ 동태적 모형설정(Dynamic modeling)

동태적 모형설정은 인과관계와 상호작용에 관한 수학적 모형틀을 디자인하는 개념이다. 이때 컴퓨터를 이용하여 여러가지 가정하에서 그 모형의 형태를 점검할 수 있다.

⑤ 모니터링(Monitoring)

모니터링은 배태 단계의 기술을 확인하려는 시도뿐만 아니라 그 기술의 미래의 방향에 영향을 미치는 조짐을 인식하려는 시도이다. 그때 예측가는 기술진보 속도와 기술효과의 진정한 성격들을 결정하기 위해서 적절한 현상들을 추적한다.

⑥ 상호영향 분석(Cross-impact analysis)

상호영향 분석은 한가지 미래의 가능성이 미래의 다른 가능한 사건에 미칠 영향을 탐색하는 일군의 방법으로 구성된다. 여러 차례의 반복과 수정을 통해서 가능하다고 생각되는 미래의 상호작용에 대한 보다 선명한 청사진을 얻게 된다.

⑦ 시나리오(Scenario)

시나리오 방법은 가능한 미래 상황의 범위에 대해서 탐색하는 기법으로서 통찰력과 잠재력 변화에 대한 감수성과 보다 큰 유연성을 갖는 계획수립으로 이어질 것이라고 가정한다.

2.3 기술예측의 용도

기술 예측의 이용 목적을 서술하기에 앞서 예측 기법이 어떠한 대상에 적용될 수 있는지를 알아 보기로 하자.

첫째, 예측 기법은 기계장치, 소재 또는 공정의 속성에 대해 적용된다(즉, 무게, 강도, 효율성과 같은 기술 자체의 질적 특성). 둘째, 예측 기법은 기술개발과 관련된 공정들에 대해 적용된다(즉, 원재료, 에너지 소비, 운용 조건, 그리고 폐기 물질, 소음, 열, 악취와 같은 기술개발에 따른 부산물). 셋째, 예측기법은 기술의 운용에 대해 적용된다(즉, 절대적 또는 상대적인 용도의 크기와 같은 기술·경제적 변수 또는 승객 1인에 대한 mile당 수송 비용 또는 평균 주행 속도와 같은 사회·경제적 효과, 그리고 소음, 폐기물, 열, 기타 형태의 오염과 같은 사용에 따른 부산물). 넷째, 예측 기법은 기술 성장과 응용에 따른 2차적 또는 그 이후의 효과에 적용된다(즉, 요구되는 숙련정도 또는 이에 따른 훈련의 필요성에 미치는 효과, 생산 또는 사용을 통해 환경에 미치는 장기적 효과, 그리고 실업과 같은 사회적 조건의 제반 변화).

이와 같이 예측 기법이 다양한 경우에 적용됨에 따라 우리는 필요한 정보를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 미래의 계획 수립과 행동 방향을 설정할 수 있다. 개인, 기업 또는 공공 기관들이 기술 예측의 결과를 이용하는 목적을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 새로운 제품이나 공정에서 요구되는 성능

및 실현 시기와 같은 미래의 제품과 공정의 특성을 밝히는 것이다. 연구 개발 프로그램을 기획하고 장기 기술 목표를 설정하는 것은 다른 측면을 갖는데 이는 생산 설비, 인력 그리고 숙련정도 등과 같은 지원사항들을 계획하는데 있다.

둘째, 기업의 계획 수립에 도움을 주는 기술 예측은 종종 제품과 공정 분야에서의 기술적 기회와 위협을 확인하고 탐색하기 위해서 사용된다. 또한 기술적 환경의 변화에 따른 시장의 움직임을 탐색하고 보다 나은 정보가 요구되는 문제들을 밝히는 것은 기획 분야에서 기술 예측을 이용하는 일반적인 동기이다.

셋째, 의사 소통 도구로서, 기술 예측은 최고 경영층, 마케팅, 재무, 생산과 같은 다른 주요 부서들에게 미래의 동향에 대한 보다 선명하고 보다 확신할 수 있는 청사진을 제공한다. 또한 공급자와 고객 집단의 기술 관리와 정부 기관들에 있어서의 기술관리를 위해서 뿐만아니라 타부서에 있는 기술인력을 위해서도 이러한 도움을 줄 수 있다.

넷째, 사회 연구와 정보의 계획 수립 업무에 대한 도움을 주는 기술 예측은 기술 평가를 위한 정보를 제공하며, 소비자와 환경을 보호하기 위한 정부의 시행 조치와 프로그램을 세울 수 있도록 한다. 미국의 경우 기술 예측이 NASA 프로그램, ERDA 등과 같이 중요한 국가적 기술 목표에 대한 기술적인 측면을 계획하는데에 절대적으로 필요하다.

다섯째, 기술 예측은 총체적 사회 활동에 있어 기술적 측면에서의 기초지식을 증대시킴으로써 학계에 도움을 주기 시작하고 있다.

그러므로 우리는 기술 예측의 결과가 미래의 계획 수립과 방향 설정에 매우 중요한 요소가 된다는 점을 고려해 볼 때 기술 예측의 정의는 물론, 적절한 예측 기법의 선정에 주의를 기울여야 하며 예측 기법의 적용 대상을 결정하는 데 있어서도 신중을 기해야 할 것이다.

3. Delphi 방법

Delphi 기법은 직관적 방법의 하나로서 기술

예측 분야에서 가장 많이 사용되어 왔으며 방법론상으로도 다양한 개선이 지속적으로 이루어져 왔다. Delphi 기법은 개별 전문가의 직관력에만 의존해 온 원시적인 예측 방법에서 탈피하고 Brain Storming에 의한 전문가회의에서 발생하는 문제점을 제거하여 전문가 그룹으로부터 합의된 유용한 예측정보를 도출하기 위하여 개발된 것이다.

Delphi 기법의 특징은 익명을 전제로 전문가가 자신의 의견 및 주장을 자유롭게 나타내도록 유도하고 응답한 기술 과제의 실현 시기 예측 결과를 통계분석(Median과 Inter-Quartile Range)에 의해 제시하며 같은 내용의 설문조사를 반복시행함으로써 응답자가 자신의 예측 연도를 수정 응답할 수 있도록 한점이다. 즉, 2차 설문에는 1차 설문에서의 전체 응답자의 예측 연도 및 의견을 요약하여 제시함으로써 각 응답자는 전체 응답자의 의견을 감안하여 자신의 의견을 재평가하게 된다. 대개의 경우에는 그 근거를 제시하도록 하고 다시 이를 요약하여 다음 설문에 포함시켜 전 응답자가 참조함으로써 실현시기에 대해 신뢰성 있는 합의점을 유도하게 되는 장점이 있다.

그러나 일반적으로 Delphi 기법은 다른 예측 방법에 비해서 장기적이고 광범위한 기술 영역의 전반적인 흐름에 대해 전문가의 지식과 판단력을 충분히 활용할 수 있다는 점에서 큰 장점을 갖고 있으나 신제품이나 확실한 단기적인 기술 예측의 경우는 그 응용성이 적다는 것이 단점으로 지적되고 있다.

네 단계의 설문조사로 구성된 전형적인 Delphi 기법을 살펴보면 다음과 같다.

연구자는 분석하고자 하는 영역에 대해 최초의 설문서를 작성한다. 또 명확성을 유지하고 구성을 통일시키기 위해 설문서를 결합하고 편집한 후 이것을 전문가위원회(예를 들면, 분야별 기술 예측 위원회)에 보내며 최종적으로 기술 예측을 위한 설문서를 작성한다.

● 1차 조사-출현의 시기

각 전문가는 각 사건이 일어나는 시기를 예측하도록 요구된다. 이러한 예측치는 연구자에게

반송되고 연구자는 이를 표로 만들어 중앙값, 응답중 중앙에 위치한 50%의 응답을 포함시키는 IQR(Inter-Quartile Range), 극단치 그리고 출현이 불가능하다고 답변한 응답의 수 등을 각 전문가에게 반송한다. 또한 연구자는 통계적 자료뿐만 아니라 모든 예측치의 분포를 전문가들에게 배포할 수도 있다.

● 2차 조사-확인 또는 설명

각 전문가는 그가 예측한 것을 그룹의 예측치와 비교 검토하고 다시 예측을 하도록 요구된다. 만약 예측치가 IQR에서 벗어나게 되면 그 이유를 설명한다. 연구자는 2차 조사에서 얻어진 자료를 다시 표로 만들고 이때 제시된 모든 이유를 첨가시킨다. 그리고 다시 모든 전문가들에게 2차 설문 조사에 대한 요약문을 보내 준다.

● 3차 조사-일치 또는 반대 주장 제시

각 전문가들은 일치하지 않는 입장의 주장들과 다른 비일치자에 의해 첨부된 주장들을 고려한 후 다시 새로운 예측을 하게 된다. 만일 자신의 예측이 새로운 IQR에서 벗어나거나 일치하지 않다면 다른 비일치자의 주장이 부적절하다고 생각한다면 전문가들은 이에 반대되는 주장을 제시한다.

● 4차 조사-최종 예측

연구자는 다시 계산된 결과와 반대 주장을 첨부시키고 각 전문가들의 결론적 예측을 얻기 위해 자료를 다시 배포한다. 이 예측치가 Delphi 연구의 최종 결과가 되며 이것을 다양한 통계적 자료가 표현될 수 있는 방법으로 제시한다.

4. 기술 예측 사례 연구 : 신소재와 메카트로닉스

4.1 예측 대상 과제 및 Panelist

사례연구에서 수행한 연구의 예측 대상 분야는

정보 산업의 반도체, 컴퓨터 분야, 메카트로닉스의 생산가공기술, 자동차기술분야, 신소재분야, 그리고 생명공학분야로 대분류와 중분류의 혼합으로 선정되었다. 예측방법으로는 광범위한 전문 인력이 직접 참여할 수 있도록 Delphi 기법을 이용하여 2회에 걸친 설문조사로 1992년부터 2015년까지를 예측하였다. 기술과제는 국내외 자료를 기초로하여 예비과제를 발굴하고 우리 나라의 실정에 적합하다고 판단되는 과제를 검토하여 1차 조사에서 이용될 정보 산업 70개, 메카트로닉스 49개, 신소재 55개, 생명 공학 25개 총 199개 과제를 선정하였다 2차 조사에서는 1차 조사 때 전문가가 추천한 32개 과제를 포함한 231개 과제를 선정하여 설문 조사하였다.

그리고 기술 예측에 참여하는 전문가 집단의 구성에 있어서는 참여 연구원, 연구비, 연구 기간 등 여러 가지 제약 요인 때문에 삼성 종합 기술원 및 대상 분야 관련 계열 기업의 주임 연구원 이상, 1,000명을 참여시켰다. 물론 이처럼 전문가 집단을 특정 집단에서 취한 것은 정확도나 객관성 등에서 한계가 있음이 명백하지만 예비 조사로서는 충분한 역할을 수행할 수 있다고 판단된다. 1차 설문 조사 결과 664명(66.4%)의 전문가가 응답하였으며, 이 가운데 다시 387명(58.3%)이 2차 설문에 응답하였다.

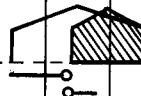



본고에서는 상기 첨단 기술 분야중 신소재와 메카트로닉스를 중심으로 설명하고자 한다.

4.2 주요 기술과제의 예측 결과

● 메카트로닉스 분야

“전문가 시스템을 응용한 설계가 이루어 진다”의 경우 전문도 중 이상이 50% 정도로 나타나 응답자의 전문성은 비교적 낮은 것으로 나타났으며 80% 이상의 전문가가 동과제의 중요성이 중 이상이라고 응답하였다. 실현시기에 대한 응답의 중앙값은 국내는 2000년 세계는 1996년으로 세계와의 격차는 4년정도였다. 또한 과제의 실현확률이 90% 이상이라고 응답한 전문가의 수는 67%로 비교적 그 실현성이 높은 것으로 나타났으며 실

〈메카트로닉스 분야〉

과 제 번 호	과 제 명	응답자수		전문도		중요도		실현시기											
		1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차	'92	'95	'98	2001	2004	2007	2010	2015				
								▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼				
225	전문가 시스템을 응용한 설계가 이루어진다.	168	84	대	17	17	대	45	46	국내									
				중	33	43	중	43	40										
				소	35	40	소	11	13		세계								
				무	15		무	1											
226	CAD/CAM에 의한 플렉시블 설계·생산의 일관 시스템이 실용화된다.	180	88	대	21	27	대	62	69	국내									
				중	36	43	중	31	23										
				소	34	30	소	6	8	세계									
				무	9		무	1											

실현 확률 (%)	실현상의 제 약	R&D 추진 방법	R&D 추진 주제	현재의 R&D수준		R&D 예로 요인	실용화 완 료시 국제 경쟁력 확 보 가능성	한·일 기 술격차 해 소를 위한 중요한 과제
				선진국과의 기술 격차	세계 최고 기술 보유국			
10 50 90	기 사 경 기 술 회 제 기 적 적 적 타	독 기 국 자 술 제 개 도 공	정 민 대 공 부 간 학 동	2 3 5 년 년 이 5 이 하 년 상	미 일 유 국 본 립	기 차 인 제 초 지 금 력 도 식	확 약 크 보 간 계 가 뒤 낙 능 집 후	대 중 소
2 32 67	67 11 14 8	41 41 18	3 46 7 44	11 53 36	55 44 1	45 7 40 8	25 52 23	51 41 7
0 22 77	64 4 22 9	40 46 14	4 47 6 44	17 55 28	29 68 3	36 19 33 12	34 46 20	61 35 4

현상의 제약으로는 기술적 요인이 가장 큰 것으로 나타났다. 특히 현재 선진국과의 기술격차가 3년 이상이라고 응답한 사람이 거의 90%에 이르며 미국이 동 분야에서 가장 앞선 것으로 나타났으며 일본과의 기술격차 해소를 위해 중요한 과제라고 응답한 전문가의 수는 90% 이상이였다.

“CAD/CAM에 의한 유연(flexible)설계, 생산의 일관 시스템이 실용화 된다”의 경우 전문도 중 이상이 1차에서 57%, 2차에서 70%로 나타나 응답자의 전문성이 비교적 높은 것으로 나타났으며 90% 이상의 전문가가 동과제의 중요성이 중 이상이라고 응답하였다. 실현시기에 대한 응답의 중앙값은 국내 1998년 세계 1996년으로 세계와의 격차가 2년 정도로 비교적 짧은 것으로 나타났다. 또한 과제의 실현확률이 90% 이상이라고 응답한 전문가의 수는 77%로 그 실현성이 매우 높은 것으로 나타났으며 실현상의 제약으로는 기술적 요인이 가장 큰 것으로 응답하였다. 특히 일본이 동분야에서 가장 앞선것으로 나타났으며 95% 이상이 일본과의 기술격차 해소나 단축을 위해 중요하다고 응답하였다.

● 신소재 분야

고온, 고압에서 견딜 수 있는 내열합금 개발 과제의 경우 1, 2차에서 응답한 전문가들의 전문성 정도는 중 이상이 각각 37%, 51%로 낮은 편이므로 이를 통한 예측결과의 신뢰성에 문제가 있을 수 있다. 동과제의 실현시기는 국내 2004년, 세계 2000년으로 세계와의 격차는 4년정도이며 실현제약요인으로 기술적 요인이 78%로 가장 높게 나타났다.

최근 신행주 대교의 붕괴와 관련하여 관심이 집중되었던 “해체하기 쉽고 경제성 있는 콘크리트 대체 고내후성·고강도 건축 자재가 실용화 된다”의 경우, 국내 실현시기는 2002년, 세계적으로는 1999년으로 나타났다. 실현상의 제약 요인으로는 기술적 요인이 55%이지만 경제적인 요인도 38%로 비교적 큰 요소로 지적되었다. R&D 애로 요인으로는 기초 지식, 자금, 인력이 각각 36%, 33%, 27%로 비슷하게 나타나 기술 개발이 어려운 형편이라고 판단된다.

4.3 예측결과의 종합 분석

기술 과제별로 응답자의 전문도, 과제의 중요도 및 실현 시기, 실현 확률, 그리고 기술적, 사회적, 경제적인 실현상의 제약 요인들을 분석하였다. 또한 연구 개발 추진 방법과 주체, 해당 기술의 수준을 비교하고 연구 개발 활동에 있어서의 애로 요인에는 어떠한 것들이 있는지를 종합적으로 분석하였다. 추가로 해당 기술 과제가 실용화되었을 경우 국제 경쟁력을 확보할 가능성이 있는지 특히 최근에 현안으로 대두되고 있는 한·일 간 기술 격차 해소를 위해서는 어떤 기술과제를 시급히 개발해야 하는지를 분석하였다. 그리고 본격적인 기술 예측 연구에 대비하여 조사 방법에 대한 검토 및 평가를 실시하고 기술 예측 결과에서 나타나는 특징을 분석하였고, 중·장기 기술 예측 연구를 수행할 때 꼭 고려해야 할 사항 등 다양하게 검토하였다.

과제의 중요도에 대한 평가 경향을 보면, 중요도를 “대”로 평가한 응답률이 비교적 낮게 나타났다. 분야별 중요도 “대”의 비율이 높은 과제수의 분포를 보면 50% 이상의 비율을 받은 과제의 수가 전체 199개 과제 중 28개로 14% 정도였다.

이와 같은 현상은 기업에 종사하는 전문가에게만 설문조사를 한데서 기인 한다고 보여진다. 따라서 본격적인 기술 예측을 수행할 때에는 기업뿐만 아니라 대학, 연구기관, 국·공립시험기관 등 보다 폭넓게 전문가를 대상으로 조사해야 할 것이다.

메카트로닉스 분야에서는 생산 가공 기술 분야보다도 자동화기술이 압도적으로 (상위 10개 과제) 그 중요성이 크게 나타났다. 이것은 최근의 생산성 향상, 고임금 등의 문제를 해결하기 위한 기업의 관심을 잘 나타낸 것으로 분석된다.

신소재 분야에서는 주로 다양한 용도의 재료가 중요하다는 전문가들의 평가였으며 특히 정밀요업재료와 고분자재료의 중요성이 크게 부각되었다.

메카트로닉스 분야의 과제에 대한 국내의 실현시기는 전체 53개 과제 중 31개 과제(58%)는 1999-2001년 사이에 실현될 것으로 예측되었으며, 세계의 실현 시기를 살펴보면 37개 과제(70%)가

〈신소재 분야〉

과 제 번 호	과 제 명	응답자수		전문도				중요도		실현 시기									
		1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차	'92	'95	'98	2001	2004	2007	2010	2015		
										▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼			
325	1,200℃의 고온에서 15kg/mm ² 의 하중에 1,000시간 이상 견딜 수 있는 내열합금이 개발된다.	74	47	대	10	14	대	26	22	국내									
				중	27	37	중	55	57										
				소	30	49	소	14	22									세계	
				무	34		무	5											
328	해체하기 쉽고 경제성 있는 콘크리트 대체 고내후성·고강도 건축자재가 실용화 된다.	88	49	대	8	7	대	39	27	국내									
				중	22	28	중	40	44										
				소	36	65	소	15	29									세계	
				무	34		무	7											

실현 확률 (%)	실현상의 제약	R&D 추진 방법	R&D 추진 주제	현재의 R&D수준		R&D 애로 요인	실용화 완료 시 국제 경쟁력 확보 가능성	한·일 기술격차 해소를 위한 중요한 과제
				선진국과의 기술 격차	세계 최고 기술 보유국			
10 50 90	기 사 경 기 술 회 제 기 적 적 적 타	독 기 국 자 술 제 개 도 공	정 민 대 공 부 간 학 동	2 3 5 년 년 이 5 이 하 년 하	미 일 유 국 본 령	기 자 인 제 초 금 력 도 지 식	확 약 크 보 간 계 가 뒤 낙 능 집 후	대 중 소
9 52 39	78 3 20 0	46 19 34	13 25 15 46	10 42 48	53 37 10	26 39 32 3	19 68 13	33 53 13
6 39 55	55 7 38 0	49 30 22	10 50 5 35	12 41 47	34 59 6	36 33 27 3	27 61 12	20 57 23

1996-1998년 사이에 실현되는 것으로 예측되었다. 또한 전체적으로 볼 때 국내의 실현 시기는 세계의 경우 보다 3년 정도 뒤지는 것으로 나타났다.

신소재분야의 과제에 대한 국내의 실현 시기는 전체 67개 과제 중 31개 과제(46%)가 2002-2004년 사이에 실현될 것으로 예측되었으며, 세계의 실현 시기는 45개 과제(67%)가 1999-2001년 사이에 실현되는 것으로 예측되었다. 또한 전체적으로 볼 때 국내의 실현 시기는 세계의 경우 보다 3년 정도 뒤지는 것으로 예측되었다.

분야별 연구개발추진방법의 설문 조사에서는 독자 개발해야 하는 것과 국제 공동 개발해야 한다는 응답이 비교적 높게 나타났다. 이것은 선진 기술국들의 기술보호 및 기술이전기피의 추세에 기인한 것으로 보인다. 기술 도입을 해야 한다는 비율은 메카트로닉스 분야를 제외하고는 비교적 낮게 나타났다.

연구 개발 추진 주체로서 정부가 주도적으로 추진해야 한다고 응답한 비율은 비교적 낮게 나타났는데 이는 주로 민간부문에서 자율적으로 연구개발을 수행하고 민간에서 수행하기 어려운 것은 정부에서 주도해야 한다고 볼 수 있다.

민간에서 연구 개발을 담당해야 한다는 응답률은 정보 산업 분야가 가장 높고 메카트로닉스 분야도 비교적 높게 나타났다. 이것은 두 분야가 제조업과 시장성에 가장 밀접하게 관련되기 때문인 것으로 판단된다. 대학에서의 연구개발추진이 바람직하다고 응답한 것은 생명 공학을 제외하고는 비교적 낮게 나타났다.

공공연구로 추진해야 한다는 응답이 민간 부문 다음으로 비교적 높은 비율로 나타났다. 이것은 연구 개발 활동에 있어서 협동 연구의 중요성이 점차 증대되고 있다는 것을 나타내고 있다.

4.4 Delphi법 적용 기술예측의 개선 착안점

본 사례연구를 통해서 Delphi법 적용시 기술예측의 정확성을 높이고 중·장기 기술예측사업을 효율적으로 수행하기 위한 몇가지 개선 착안점을 발견하였는데 다음과 같다.

- 기술과제의 발굴 : 기술과제의 발굴은 광범위한 사회적, 기술적인 Needs 조사를 바탕으로 추출되어야 하나 우리의 여건상 현실적으로 수행하기가 어려운 실정에 있다. 특히 우리의 과학기술은 선진국의 과학기술을 Catch-up하는 전략이 무엇보다도 중요하기 때문에 선진국이 이미 조사한 과학기술의 추세를 유의하여 볼 필요가 있다. 그리고 기술 영역별 개별 기술과제의 추출은 산·학·연의 연구 과제 Needs 조사와 선진국의 기술예측정보를 바탕으로 전문가 집단의 설문조사를 통하여 이의 적합성을 판단하여 발굴함이 바람직하다.
- 전문가의 선정 : 전문가 선정에 있어서는 보다 신중한 대책이 필요하다. 첫째, 전문가 집단의 구성은 전문가 분야별로 직종별, 학력별, 연령별로 배제되는 계층이 있어서는 안되나 전문가 집단의 핵심주체는 사회적, 기술적인 경험 축적도가 높은 사람이 선정될 필요가 있으며 둘째, 이러한 전문가 집단의 기술 영역에 따라 차이는 있으나 Specialist orient된 Opinion Leader로서의 전문가 구성이 바람직하며, 셋째, 전문가의 선정은 현재 국책 과제의 인력 데이터 베이스를 기초로 산업계, 학계, 공무원 및 관련 단체의 학문과 경험을 갖춘 유식자로 자문기관(기술예측위원회)을 통하여 선정토록 하되 사전 예비설문조사를 통해 응답이 가능한 전문가를 선정하는 것이 바람직 하다.
- 설문서의 설계 : 기술예측 과제별 중요도, 실현시기, 연구개발의 필요성, 연구개발수준, 과제실현의 저해요인 등 조사항목에 대해서는 예측 목적, 예측의 범위 및 대상, 예측기간 등에 따라 조정할 필요가 있으며, 설문서 자체의 질적인 개선을 위해서는 조사 방법상의 연구와 함께 앞으로 계속적인 개선·보완이 이루어져야 한다.
- 기술예측을 실시하기 전에 특히 중요한 점은 과제발굴, 전문가 선정 등에 대한 사전연구 및 조사 등이 절대적으로 필요하다는 것이다. 일본의 경우 1970년 제1차 기술예측 조사사

업이 출발되면서 세차례의 설문조사를 실시하였는데 제1회 설문조사는 과제발굴, 전문가 선정, 조사방법 설정, 설문서 설계 등 사전 준비에 1년간 준비기간을 두었다. 제2차 기술예측 이후에도 광범위한 사회, 경제적 Needs에 의한 과제 발굴, 의식조사, 시나리오 기법, Fuzzy 기법 등 조사 방법상의 개선을 계속적으로 수행하여 왔다.

따라서 우리의 경우도 과제발굴, 전문가 선정, 조사실시 체제, 조사방법, 조사결과의 제시 방안, 전문가가 필요로 하는 관련 예측정보, 예측결과의 활용 등의 분야에 대하여 충분한 사전 준비가 필요하며 이를 통하여 우리 여건에 적합한 Delphi기법의 정착화가 조기에 이루어질 수 있도록 연구와 실시체계가 갖춰져야 한다는 점이다.

5. 맺 음 말

기술예측에 있어 중요한 관심의 하나는 향후 경제와 사회에 파급효과가 크게 미치리라고 기대되는 새로운 기술 및 제품이 언제쯤 출현하리라고 예상하는데 있기 때문에 기술예측은 국가나 민간의 과학기술활동에 나침반과 같은 지침을 줄 수 있다는 점에서 그 중요성이 더욱 부각되고 있다.

최근 선진각국은 기술예측활동에 있어 Delphi 방법 혹은 전문가 자문방법에 의거 국가차원에서의 전략기술 및 전략상품을 선정하고 있다. 이는 불확실한 미래에 대해서 장기적이고 종합적인 사회, 경제, 기술에 대한 계량적인 접근 방법의 한계성이 제기됨에 따라 전문가들의 지식과 판단력이 충분히 활용될 수 있고 더 나아가서 의사결정을 위한 정부와 전문가 사이에 정보교환을 촉진 시켜 줄 수 있다는 점에서 Delphi 방법이 유효한 방법으로서 발전되고 있다.

본고에서는 일반적인 기술예측의 개념, 예측기

법, 조사방법 및 활용 그리고 Delphi법 응용사례로서 신소재와 메카트로닉스분야의 예측결과를 소개하였다. 본 사례연구를 통해서 사회적, 경제적, 기술적 Needs에 부응하는 적절한 기술과제의 선정과 설문서에 응답할 전문적인 지식과 경험을 갖고 있는 전문가의 선정 그리고 적절한 설문항목과 내용이 구성되는 설문서의 설계 및 조사주관자의 조사실시체제 등이 Delphi 기법을 적용함에 있어 기술예측의 정확성을 높이고 기술예측을 효율적으로 수행하는데 있어 가장 중요한 요인들로 제기되었다.

현재 일본은 1970년 이후 과학기술청 주관하에 5년마다 미래공학연구소를 주축으로 중·장기 기술예측연구를 수행하였으며 특히 최근 제5차 기술예측결과가 발표되어 국내에서도 큰 관심을 불러일으키고 있다. 중국의 경우도 1980년 이후 전문분야별로 Delphi법을 적용한 기술예측을 여러번 실시하였으며 최근에는 분야별 기술개발 전략수립 및 의사결정에 있어서도 90% 이상이 이 방법을 이용하고 있다.

지금 우리나라는 대형 핵심연구개발사업인 G7 프로젝트가 출범되어 7개 관련부처 및 산·학·연 등 범국민적인 사업을 전개하고 있으며 앞으로도 계속해서 새로운 전략과제 및 세부과제를 선정하지 않으면 안된다. 이를 위해서는 장기적인 관점에서 기술발전동향을 파악하고 앞으로의 과학기술정책의 전개와 민간에 있어서 과학기술활동의 지침을 줄 수 있는 기술예측조사활동이 그 어느때보다도 중요한 시기에 와 있다고 하겠다. 특히 연구개발의 목적, 목표, 기간이 명확한 R&D 계획을 수립하는데 있어 R&D Risk를 최소화 하는데 기술예측은 중요한 과정이 될 수 있기 때문에 우리실정에 적합한 기술예측의 방법과 활용에 대한 연구가 앞으로 각 분야에서 지속적으로 이루어 지기를 기대한다.