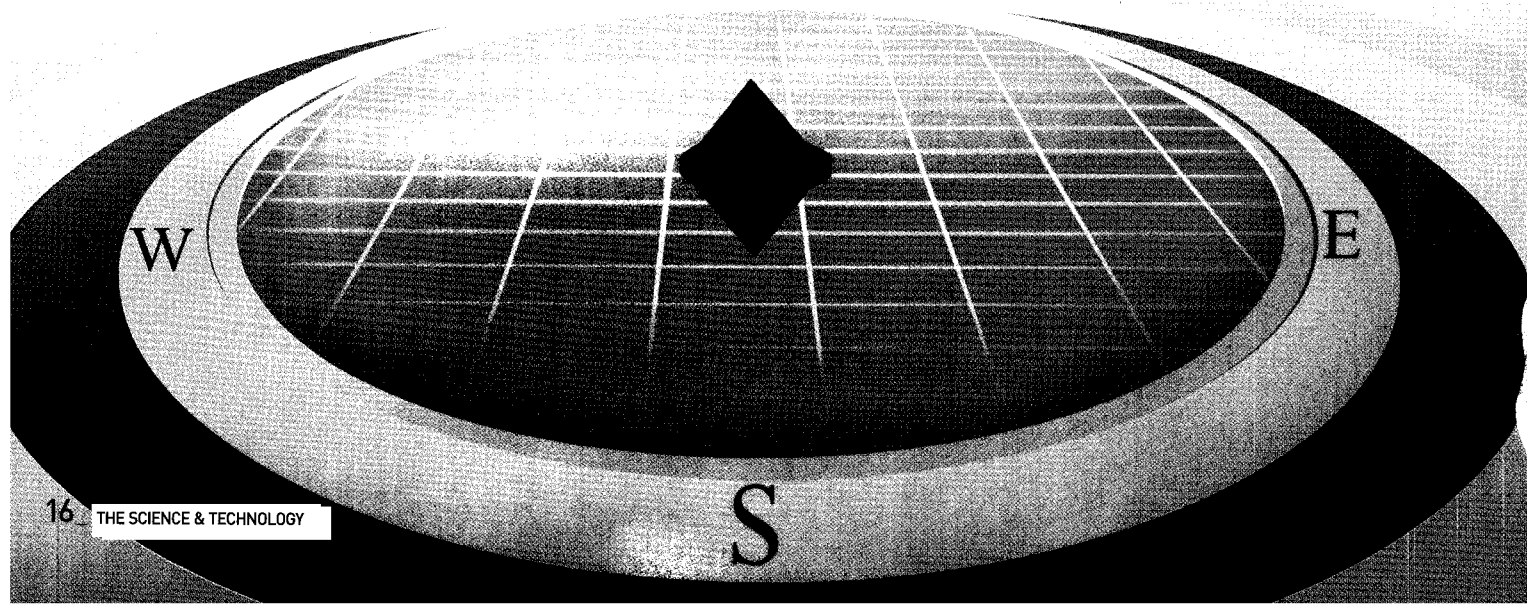
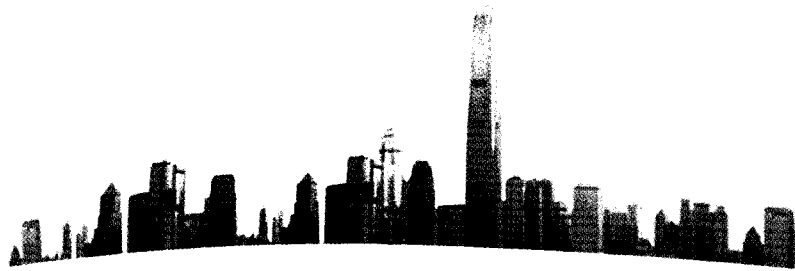




02 과학기술 미래예측

경쟁 치열한 국제 사회에서 국가 생존 방향 이끈다





L'Avenue de l'Opéra. Chocolate wrapper, around 1900

▶▶ 100년 뒤 미래그림

현대사회는 IT 시대를 지나 융합의 시대로 진화하고 있으며 미래에는 그 변화 속도가 더욱 빨라질 것으로 예상하고 있다. 이러한 미래사회 변화의 중심에는 과학기술이 있다. 인터넷 등 새로운 기술의 등장은 정치, 경제, 사회의 전 분야에 엄청난 영향을 미치고 있으며 우리의 생활 방식도 변화시키고 있다. 특히 경제적으로 과학기술의 변화를 예측하고 이에 대응하는 능력이 기업과 국가의 성패를 좌우할 정도로 중요해지고 있다. 최근 핸드폰 시장에서 스마트폰의 급속한 확대를 예견하지 못하고 대응에 늦었던 핀란드의 노키아, 한국의 삼성, LG 등의 기업들이 미국 애플사에게 주도권을 빼앗기고 고전을 면치 못하고 있는 것은 과학기술의 변화 흐름을 미리 읽는 과학기술 예측의 중요성을 보여주는 단적인 예라고 하겠다.

미래 예측해 기업·정부정책과 연결

예 부터 동서양을 막론하고 미래를 예측하고자 하는 인간의 마음은 항상 존재해왔다. 특히 산업혁명 이후 과학기술의 급속한 발전은 사람들로 하여금 과학기술 발전에 의해 변화될 미래모습을 상상하도록 자극하였다. 1900년도에 프랑스 초콜렛 박스에 등장한 100년 뒤인 2000년도의 미래모습은 하늘을 나는 개인용 자동차를 타고 일상생활을 즐기는 사람들의 모습이었다. 1900년도 주요 교통수단이 마차였다는 것을 감안한다면 그 당시 사람들의 상상력은 놀라울 뿐이다. 이렇듯 누구나 상상력을 통해 미래를 예측할 수 있다.

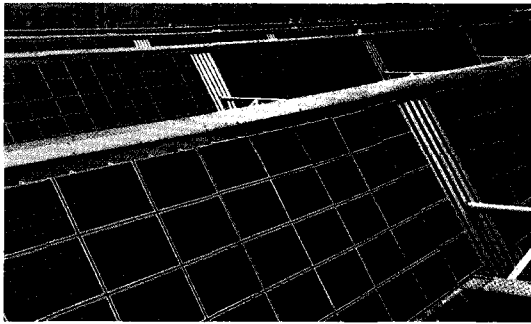
우리가 서점에서 자주 만나는 엘빈 토플러, 존 나이스비트 등도 개인적 직관력을 통해 다가올 미래에 대한 방향을 제시해 주는 학자들이다. 하지만, 현대사회는 개인적 상상력만으로 미래를 전망하고 대응하기에는 갈수록 복잡해지고 불확실해지고 있다. 또한 예측 결과들이 단지 상상에서 끝마치는 것이 아니라 기업이나 정부의 계획에 연계되기를 요구한다. 다양한 분야의 전문가들이 갖고 있는 미래에 대한 생각들을 통합하고 조정해서 합의된 의견을 도출하고 이를 정책과 연계할 수 있는 기법이 필요하다.

미래를 예측하는 기법의 대부분은 인문사회 혹은 경영분야에서 유래하였으며 그 종류는 매우 다양하다. 이러한 다양한 예측기법 중에서 어떤 예측기법이 다른 기법보다 낫다고 말할 수는 없다. 예측을 수행하는 기업이나 기관이 예측의 주제, 목적, 재원, 전문성 등을 고려하여 4~6개의 예측기법을 선택하여 예측 프레임워크를 구성하여 사용하고 있다. 과거에는 단정적 미래예측을 위하여 추세외삽법, 델파이 등의 예측기법이 많이 사용되었으나 최근에는 미래 불확실성을 반영한 시나리오 기법 등이 많이 활용되고 있다. 이러한 변화는 미래예측이 정확히 미래가 어떻게 될 것인지 예측하는 것뿐만 아니라 다양한 미래를 상정하고 이에 대한 대응방안을 만드는 전략적 예측으로의 관심 증대를 반영한 것이다.

델파이 어원은 수천 년 전 신탁이 행해지던 시기에 그리스 델포이 신전에서 피디아스라 불리던 신녀에게 자문을 구하기 위한 것으로부터 유래하였다. 델파이는 기본적으로 전문가에게 설문을 통하여 의견을 묻는 것이지만 일반 설문조사와는 달리 설문 결과를 바로 분석하여 결과를 발표하는 것이 아니라, 응답자에게 설문응답 결과에 대한 정보를 다시 환류시켜 응답자가 설문에 대한 자기 의견을 조정할 수 있는 기회를 부여하는 데 특징이 있다. 즉, 델파이는 일반적인 설문 조사와 협의회를 결합시킨 형태이다.



김 임현 한국과학기술기획평가원
기술예측단장
hyim@kistep.re.kr
글쓴이는 서울대학교 섬유공
학과 졸업 후 동대학원에서
석사학위를, 애크런대학교에
서 박사학위를 받았으며, 미
국 샌디아 국립연구소 연구
원 등을 지냈다.



▶▶ 빌딩 옥상에 설치된 태양광발전판

이러한 델파이는 설문 참여했던 사람들의 익명성이 보장되고 누구나 1인 1표의 동등한 권리를 가지기 때문에 전문가 협의회에 참석했던 전문가들이 자유스럽게 의견을 개진하지 못하고 소수의 권위 있는 사람이 의견을 독점하는 폐해를 극복하는 장점이 있다. 하지만, 설문조사의 반복에 따른 시간 및 비용 증가의 단점도 존재하며, 설문 참여자 중 일부는 통계적인 결과에 무의식적으로 따라갈 수 있는 가능성이 존재하는 것도 사실이다.

시나리오 기법으로 미래 불확실성 반영

시나리오란 용어는 원래 연극학에서 유래되었으며 이야기의 줄거리를 뜻한다는 것으로 미래는 불확실하기 때문에 단정적으로 하나의 미래만을 제시할 수 없다는 전제에서 출발하여 다양한 미래의 모습을 스토리로 전달하는 기법이다. 시나리오 기법은 미래모습에 영향을 미치는 여러 가지 변화동인을 파악하여 상호작용을 분석하고 제시하며, 일련의 예측자료의 일관성 및 체계성을 검토하여, 가능성 있는 다양한 미래의 모습을 묘사하는데 있다.

시나리오 기법은 1950년대 미국 랜드연구소에서 실행한 군사적·전략적 연구와 관련된 계획에 처음 사용하였다. 이 연구에 참여했던 허만 칸은 이 개념을 1960년도에 미국의 대중 정책, 국제 개발과 방위 분야의 비영리 단체였던 허드슨연구소를 통해 널리 대중화시켰다.

시나리오 기법이 기업에서 각광을 받기 시작한 것은 석유회사인 셸이 1973년에 있었던 석유 파동 때 시나리오를 사용하면서부터이다. 1970년대 석유시장은 유가 안정이 지속될 것이라는 시각이 주류였다. 반면 당시 셸의 그룹기획부서에 근무하고 있던 기획 전문가인 피에르 왁은 석유수출국기구(OPEC)로 인한 석유파동 촉발 가능성을 예측했다. 이러한 예측은 시나리오를 통해 경영층에 사업방식의 전환과 대응을 준비하도록 하였다. 마침내 1973년 10월 이집트와 시리아의 동맹세력과 이스라엘 사이에 발생한 욘키푸르전쟁(제4차 중동전쟁)에 이어 전 세계적인 석유 파동이 발생하였으며, 이 과정에서 셸은 효율적이고 신속한 대응을 통해 글로벌 메이저석유 회사들 중 2위로 급부상하게 된다.

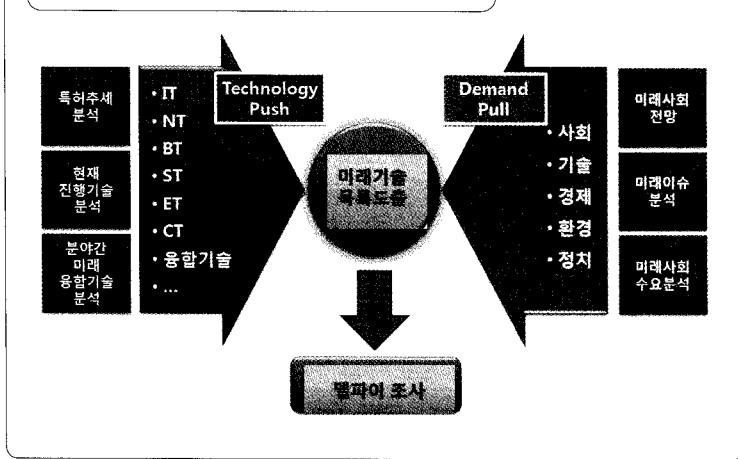
최근에는 전문가들의 정성적 판단을 보완하기 위하여 다양한 정량적 예측 기법들을 활용한 사례가 늘고 있다. 특히 시스템 다이내믹스라는 기법을 활용하여 복잡한 문제를 시스템 모형으로 구조한 후 시스템의 동적 변화를 시뮬레이션으로 추정하는 방법에 대한 관심이 증대하고 있다. 이 기법은 통계적인 변화 수치를 제시하고 시스템의 변화를 관찰하면서 새로운 요인의 출현을 신속하게 파악할 수 있다는 점에서 장점이 있다. 하지만 복잡한 시스템을 단순화하면서 오는 본질적인 예측의 한계가 있기 때문에 다른 정성적인 기법과 병행해서 사용해야 더 효과적이다.

5년 주기로 과학기술예측조사 실시

오늘날 과학기술예측은 매우 광범위한 국가에서 이루어지고 있다. 과학기술의 발전을 견인하고 있는 주요 선진국은 물론이며, BRICs를 중심으로 한 신흥개발국 등 국가차원의 R&D를 추진하고 있는 대부분의 국가에서 이루어지고 있다. 그러나 과학기술예측의 추진 형태는 다소 차이를 보이는 것으로 나타난다. 이는 자국의 경제적·사회적·과학기술적·문화적 배경이 다를 뿐 아니라 과학기술예측을 통해 얻고자 하는 목표도 상이하기 때문이다.



제4회 과학기술예측조사에서의 미래기술 도출 과정



우리나라의 경우를 살펴보면 지난 1994년과 1999년에 각각 제1회 및 제2회 과학기술예측조사를 국가적 차원에서 실시한 바 있다. 이후 2001년 '과학기술기본법'이 제정되면서 과학기술예측조사를 5년마다 KISTEP이 실시하여 그 결과를 과학기술정책에 반영할 것을 명시하였다. 2003년 7월부터 본격 추진된 제3회 과학기술예측조사(2005~2030)는 과학기술기본법에 의해 시행된 최초의 사업으로서 과거 독립 연구기관에서 자체적으로 실시된 제1회 및 제2회의 기술예측조사에 비해 활용 및 결과의 책임성에 대해 차별화된 의미를 내포하고 있다. 또한 2008년도에는 제3회 과학기술예측조사 수정·보완 사업을 수행하여 그 결

과를 과학기술기본계획에 반영하여, 과학기술예측조사와 국가R&D 기획과의 연계를 강화하는 계기를 만들었다.

제4회 과학기술예측조사는 2010년부터 실시되고 있으며 그 결과는 올해 말 발표될 예정이다. 제4회 과학기술예측조사는 방법론 및 프로세스 측면에서 전문가들의 정성적 판단을 보완하기 위해 정량적 분석 방법이 도입되는 등 전보다 더 고도화되었다. 미래사회 전망을 위해서는 서지 분석 및 네트워크 분석을 활용하여 미래 트렌드 관련 급부상 이슈를 도출함으로써 객관적 이슈 발굴 기법을 적용하였다. 또한, 논문 및 특허 등 근거기반형 분석 방법을 활용한 과학기술 발전에 의해 등장할 미래기술과 전문가의 정성적 판단에 의한 미래사회의 다양한 수요를 해결할 수 있는 미래기술을 종합하여 도출하였다.

이러한 5년 주기의 국가차원의 과학기술예측은 과학기술 전 분야에 대한 미래기술 도출과 이에 대한 실현시기 분석 등을 위한 델파이 방법을 중심으로 실시되어왔다. 델파이 방법은 중장기적 예측에 있어 주어진 정보가 많지 않을 때 전문가들의 지식과 식견을 토대로 한 미래 전망에 유용한 방법인 것이 사실이다. 하지만, 델파이 방법과 같이 미래기술 발전을 한 방향으로만 제시하는 단정적 예측은 미래가 지닌 불확실성과 더불어 이에 따른 다양한 기회와 위협에 대한 체계적 분석과 대응방안 수립에 한계가 있다. 이로 인해 영국 등의 세계 주요 선진국을 중심으로 과학기술 관련 사회적 이슈에 대하여 다양한 미래사회 모습을 전망하고 이들 각각에 대한 대응 전략을 수립하는 시나리오 기반의 전략적 예측 방법론의 개발과 적용이 지속적으로 진행되어 오고 있다. 최근에 우리나라도 5년 주기의 과학기술예측조사와 더불어 다양한 과학기술적 이슈에 대하여 다양한 기법을 활용하여 예측조사를 수행하고 있다.

2030년경 우리나라 신재생에너지 시나리오 작성

KISTEP은 2008년에 신재생에너지에 대하여 시나리오 기반의 예측조사를 실시하였다. 전 세계적으로 진행되고 있는 기후변화, 화석연료의 고갈 등으로 세계 각국은 신재생에너지에 대한 높은 관심을 갖고 기술개발 및 보급 등을 적극적으로 추진하고 있다. 하지만 신재생에너지 분야의 가용잠재량은 지역적으로 큰 편차가 있으며 기술적 진보, 환경규제 및 화석연료의 가격 전개와

밀접한 연관이 있어 그 발전추이를 예측하기 어려운 면이 있다. 이에 동인 파악, 동인 분석, 시나리오 작성 및 전략적 함의로 구성된 4단계 프로세스를 통해 텍스트 마이닝 기법, 네트워크 분석, 미래 수레바퀴 방법 등의 다양한 방법을 시나리오 워크숍과 결합한 방법론을 활용하여 시나리오를 도출하였다. 시나리오 워크숍에서 기술 전문가, 인문·사회분야 전문가, 시민운동가 등의 다양한 분야의 전문가가 참여하여 논의와 합의를 통하여 결론을 도출하도록 하였다. 이러한 프로세스 하에서 2030년경 우리나라 신재생에너지 분야의 3가지 시나리오를 작성하였으며 각 시나리오별 전략적 함의를 도출하였다.

신재생에너지 시나리오 비교

시나리오	요약
시나리오 A 새로운 에너지 강국으로 부상하는 한국	화석연료 대체와 환경 규제 극복 등을 위한 정책들이 2010년부터 지속적으로 수립·추진되어 2030년에는 한국의 태양광 및 바이오매스 관련 기술력이 세계를 선도하게 되었다. 이 시기 세계의 정치·경제 구조 역시 에너지 위기에 공동대응하자는 분위기가 조성되면서, 관련 기술력에 기반을 둔 한국 기업의 해외 진출이 많아지고, 국내 경제에서도 신재생에너지 기술로 인해 고용 창출 및 에너지 저소비 산업으로의 변화가 일어나게 되었다. 발달된 신재생에너지 기술은 온실가스의 감축, 환경오염 감소, 폐기를 비용 감소 등에도 적극 활용되어 지속가능한 사회를 구축하게 되었다.
시나리오 B 암울한 국제 상황에서 회복의 중심에 선 신재생에너지	개발도상국과 선진국 사이의 환경문제 및 신재생에너지 이해관계 갈등은 장기화되는 경기침체, 국제 경제 불록화, 민족주의 부상 등의 양상으로 더욱 심화되고 있다. 한국 역시 신재생에너지를 활용하지 못하는 주변국과의 갈등과 경기 불황 때문에 다양한 사회문제를 가지고 있다. 하지만 한국은 신재생에너지 관련 기술 개발에 성공하여 화석연료 의존도를 낮추는데 성공하였고, 환경과 신재생에너지에 대한 경쟁력과 관심이 높아졌으며, 관련 산업의 발전으로 새로운 성장동력이 창출되고 있다.
시나리오 C 멀고 먼 신재생에너지 미래	화석연료에의 의존은 유가 폭등으로 인한 에너지 기근뿐만 아니라 재해 및 호흡기질환의 증가도 유발하였으나, 경기 침체로 인해 신재생에너지 기술에는 투자가 이뤄지지 못하였다. 국가 간 에너지 확보를 위한 대립이 첨예해지고 있으며, 기후변화 역시 급격하여 각종 피해가 급증하고 있다. 에너지 기근을 돌파하기 위하여 해외 자원 확보, 원자력발전소 증설 등이 이뤄지고 있으나, 결과적으로 신재생에너지 기술 개발은 2050년까지도 요원한 것으로 남아있다.

또한, 2009년도부터는 시나리오 워크숍을 통한 시나리오 작성의 문제점을 보완하기 위하여 위키를 결합한 새로운 프로세스를 제시하였다. 시나리오 워크숍은 다양한 분야의 전문가들이 참여하여 의견을 개진하고 협의를 통해 결과를 도출하는 매우 효과적인 방식이다. 하지만, 한정된 자원과 시간, 원활한 의사소통을 위해서 소수의 전문가들의 직관에 의존하여 수행됨에 따라 일반 시민의 관심 사항에 대한 적극적인 반영이 어렵고, 매우 중요한 요인과 현상에 대해 무시하는 경우가 발생하기도 한다. 또한, 시간적·공간적 제약으로 창의적인 아이디어를 다양하게 제시하기 어려운 단점도 존재한다. 이를 보완하기 위하여 위키 기반의 집단지성을 활용함으로써 소수 전문가들의 오류 및 편향된 의견의 상호 보완을 가능하게 할 수 있으며 정책입안자와 일반 시민간의 과학기술정책에 대한 이해와 신뢰확보를 위한 공감대 및 새로운 협업관계 형성에도 기여할 수 있다.

과학기술예측에 기반 둔 국가R&D 기획 필요

다양한 예측 기법을 활용한 과학기술예측은 앞으로 더욱 중요해질 전망이다. 국가 간 경쟁이 더욱 치열해지는 국제 환경에서 세계 어떤 나라도 모든 과학기술 분야에 전부 투자할 충분한 자원을 갖고 있지 못하다. 한정된 자원을 효율적으로 사용하여 급속하게 변하는 과학기술 환경변화에 능동적이고 효과적으로 대응하기 위해서는 과학기술예측에 기반을 둔 국가R&D 기획이 필요하다. 즉, 기술의 발전 속도와 방향 및 범위 등에 대해 합리적으로 전망하고 이를 통해 대안을 제시하는 과학기술예측활동은 갈수록 경쟁이 치열해지는 국제사회에서 우리가 생존할 수 있는 방향을 제시해 주는 등대와 같은 존재인 것이다. 