

기술예측과 수자원 연구



정 상 화 |
한국건설기술연구원 연구원
kikimorah@kict.re.kr

고 새로운 기술을 개발하기 위해 반드시 필요한 분야지만 아이러니하게도 기술개발의 현장에 있는 연구자들에게는 쉽게 접근할 수 있는 영역이 아니라고 느끼는 분야일 것이다. 따라서 기술예측과 국내외 현황에 대해 간단히 살펴보고 과연 기술예측의 실현결과에 대해 수자원분야로 한정하여 조사한 다음 어떻게 연구 분야에 활용할 수 있는 지 알아보려고 한다.

1. 들어가며

얼마 전 우리나라에서 큰 성공을 거두었던 영화 '마이내리티 리포트'를 보면 범죄가 발생하기 전에 미리 범죄자를 경찰이 체포하여 범죄발생을 사전에 막는 장면을 볼 수가 있다. 즉, 미래의 어느 시점에 범죄가 발생할 것 인지 예측하여 범인이 범죄를 저지르기 전에 미리 체포하여 범죄의 위험성을 없애는 것이다. 법률적 문제를 차지하고라도 예측(forecasting) 기술을 활용하여 사회에 어떻게 적용할 수 있는지 보여주는 한 예라고 할 수 있다. 또한 로열 더치 쉘이라는 석유회사의 경우 업계 7위에서 세계 최고 메이저 석유회사로 성장하는 중요한 길목에 피터 슈워츠라는 미래학자가 있었다. 그는 1983년 당시 소련이 경제 붕괴로 인해 공산주의 체제를 포기하게 된다는 소련 붕괴 예측(foresight) 시나리오를 내놓았고 로열 더치 쉘로 하여금 소련 붕괴 후의 석유 에너지 계획을 수립하는 계기를 마련하도록 하였기 때문이다. 이처럼 예측이라는 것은 미래를 대비하

2. 기술예측

기술예측은 보통 "최대의 경제사회적 이익을 창출할 것으로 기대되는 미래의 기반기술 및 전략적 연구영역의 선정을 위해 장기적인 입장에서 과학기술 및 경제사회의 미래를 통합적으로 검토하는 과정"으로 정의된다(OECD, 1996). 따라서 기술개발에 대한 불확실성을 감소시키기 위한 정보의 생산과 연구를 조정하기 위한 연구자들간 상호작용 과정으로 기술할 수 있다(과학기술기획평가원, 2003). 이러한 기술예측은 의사결정자가 연구개발 기회를 간파하도록 도와 줄 뿐 만 아니라 기회를 활용하는 데에 필수적인 연구자들 간의 네트워크를 지적해주며, 향후 직면할 위험과 장애물을 사전에 확인하는 데 도움을 준다.

전절에서 기술한 바와 같이 예측에는 'forecasting'과 'foresight' 두 가지 용어가 있다. 일반적으로 'forecasting'은 기술 동향 등 기초정보와 광범위한

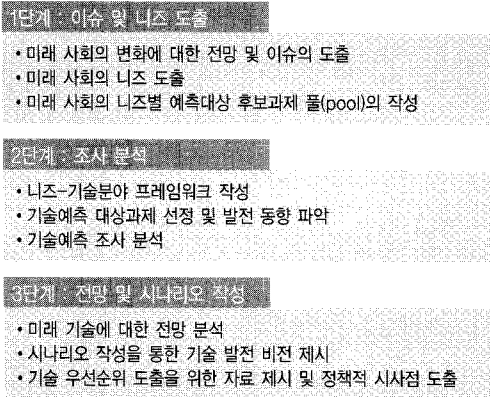


그림 1. 기술예측 조사의 수행 절차

지침을 제공하고 의사소통과 교육을 중심으로 하며 정부의 참여가 소극적이고 과학기술 중심의 예측을 의미한다. 이에 반해 'foresight'는 우선순위를 제시하고 실행 계획(action plan)을 지향하며 정책함의 형성을 위해 정부의 적극적 참여가 이루어지며 경제 사회적 니즈(needs)를 반영하여 과학기술 전문가뿐만 아니라 경제사회 전문가도 참여하여 예측을 수행한다. 따라서 과거에는 특정 연구소나 전문가에 의한 기술예측(forecasting)이 이루어졌으나 점차 국가 및 사회적 네트워크가 복잡해지면서 다양한 전문가를 포함하여 국가적으로 기술예측(foresight) 활동이 전개되고 있다. 이러한 기술예측 활동은 다음 그림 1과 같은 수행절차를 거쳐 성과를 도출하게 되며 다양한 조사분석 방법론은 그림 2에 나타낸 바와 같다.

3. 국내외 기술예측 현황¹⁾

3.1 국외 현황

일본에서 기술예측조사는 향후 과학기술정책의 전개에 이바지함과 동시에 민간의 기술개발전략 수립에 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 진행되어 왔다.

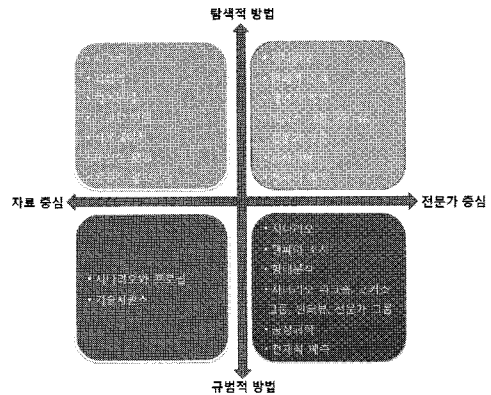


그림 2. 접근방법 및 활용정보에 따른 기술예측 방법론 분류(한국과학기술기획평가원, 2008)

문부과학성은 1971년부터 매 5년마다 과학기술예측을 실시하고 있다. 각계 전문가의 협력으로 장기적인 관점에서 기술 발전방향을 모색하고 사회적 니즈와 일치되도록 정책입안을 위한 기초 자료로 제공되며 사회 여러 조직들이 공유할 수 있는 시스템을 갖추고 있다. 영국은 상대적으로 빈약한 경제적 성취에 대한 반성과 효율적인 투자를 위해 기술의 우선순위를 어떻게 재설정할 것인가라는 문제가 제기되어 이를 해결하기 위한 방안으로 1990년대 초에 기술예측이 제시되었다. 이러한 기술예측은 기업, 대학, 민간 부문과 정부와의 관계를 강화하여 협력을 촉진하고 의사결정자 또는 정책입안자들에게 정보를 제공하는 목적이 있으며 국가차원에서의 전략적 중요 기술분야를 도출하여 우선순위를 결정하는데 목적이 있다. 독일은 일본의 과학기술정책연구소와 협력하여 연방연구기술성이 프라운호퍼 시스템·혁신연구소에게 국가적 차원에서의 과학기술예측조사를 위탁·수행토록하여 1993년에 예측결과를 도출하였다. 일본과 협력을 통해 이루어진 만큼 기술예측 방법론이 유사한 면이 있으며 수행 목적 또한 유사하여 연방연구기술성의 중장기적인 연구개발정책 수립에 도움을 주고 민간부문의 기술개발에 자체적인 의사결정을 내릴 수 있도록 기초정보를 제공하는데 있다.

1) 2007년 과학기술부의 정책연구결과를 발췌 및 재정리하고 일부 내용을 보완하여 작성하였다.

3.2 국내 현황

우리나라의 기술예측은 한정된 자원으로 최대 효과를 얻을 수 있는 경제적·사회적 파급효과가 큰 연구 분야와 미래의 유망 기술 분야를 찾기 위해 과학, 기술, 경제 및 사회의 협력 연구로 현재의 상황 속에 미래의 흔적을 찾아가는 과정이다. 이러한 과학기술 발전추세의 예측이 경제·사회적 수요에 대응과 전략적 기술기획 및 연구개발 등 다양한 분야를 위한 유용한 정보로서 그 중요성이 증대됨에 따라 과학기술 기본법에서는 기술예측 조사를 정기적으로 실시하여 그 결과를 과학기술정책에 반영하도록 명시하고 있다. 과학기술기본법 제13조 1항과 과학기술기본법 시행령 제22조 2항에 따라 우리나라에서도 한국과학기술기획평가원과 과학기술정책연구원이 과학기술예측 조사를 국가적 차원에서 실시하여 발표한 바 있다(과학기술부, 2005). 제1회 과학기술예측조사가 1995년에 시행된 이후 지금까지 제3회가 완료되었으며 이러한 조사결과를 바탕으로 『국가과학기술기본계획』 및 『국가과학기술지도(NTRM)』가 수립되었다. 국가과학기술지도는 우리나라의 기술 발전방향과 목표를 설정한 연구 전략지도서로 많은 연구기관 및 부처의 연구개발 전략수립에 큰 영향을 주고 있다.

4. 수자원 분야 기술예측

국토해양부에서는 건설기술관리법에 근거한 건설기술혁신5개년계획(2008~2012)을 수립하고 있으며, 2006년 9월에는 한국건설교통기술평가원에서 『건설교통 R&D 혁신로드맵(VC-10)』을 수립하였고 수정·보완작업을 지속적으로 실시하고 있다. 또한 하천법 제11조에 근거하여 국토해양부 건설수자원정책실에서는 『수자원장기종합계획』을 수립하였는데 이 계획 중에 ‘수자원 조사 및 연구개발 계획’이 포함되어 있다. 이러한 일련의 국토해양부에서의 연구개발사업은 국가과학기술지도를 근간으로 부처의 현황

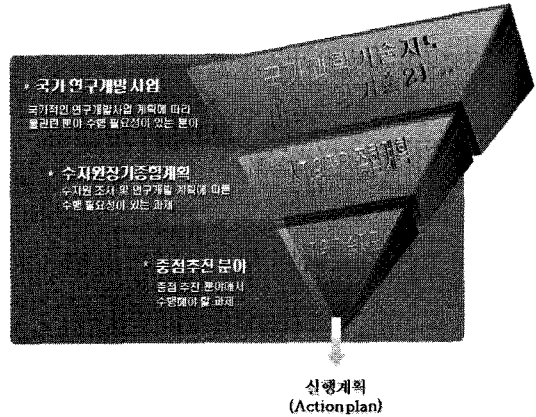


그림 3. 수자원 분야 기술예측을 위한 단계 (국토해양부, 2006)

을 반영하여 계획되고 있다. 즉 건설기술혁신5개년계획은 건설교통부의 향후 5년동안의 발전 방안을 제시하는 기본 계획이며 건설교통 R&D 혁신로드맵은 건설교통부의 연구개발분야에 대한 향후 계획을 담은 것이다. 마지막으로 수자원장기종합계획은 국토해양부의 수자원분야에 대한 계획, 정책 및 연구개발에 대한 종합적인 방안을 수록한 보고서이다. 이러한 단계별 기술예측과 이에 따른 기술 로드맵의 관계를 그림 3에 나타내었다.

과거에는 기술예측으로만 활동이 종료되었으나 점차 기술예측결과 즉, 예측된 기술의 실현성에 대한 조사를 실시하여 국제적으로 비교·검토하는 연구가 진행되고 있다. 수자원 분야가 속해있는 기술분류체계는 광물·수자원분야이며 예측실현시기가 실제와 맞는지에 대한 평가결과를 표 1에 제시하였다. 평가는 한국과학기술기획평가원에서 분야별 전문가들을 선정하여 이들을 대상으로 설문 및 인터뷰를 통해 조사가 수행되었다. 표 1을 살펴보면 광물·수자원분야의 실현율은 27.1%로 가장 낮은 분야에 속한다. 전문가들은 이러한 기술실현 상의 장애 요인으로 연구비(인프라)부족, 인력 부족, 기술적 한계, 그리고 경제성 부족 순으로 지적하였다. 표 2는 기술예측활동에서 수자원 분야와 관련하여 제시된 기술과 추후 국가연구개발사업 또는 정부사업에서 수행한 기술개발 현

황을 정리한 표이다. 표 2를 살펴보면 기술예측조사 결과에서 제시된 실현기간과의 차이는 있으나 추후 국가연구개발사업이나 정부사업으로 수행되는 확률이 매우 높다. 기술예측 조사결과는 비록 높은 실현 정확성을 보이지는 않으나 기술의 발전방향을 살펴본

다면 과거에 예측된 방향과 현재의 진행 방향이 어느 정도 유사한 점을 가지고 있다. 이는 기술예측 조사가 기술분야 전문가집단의 다수의 의견을 통해 도출된 기술방향이므로 전반적인 발전방향을 가늠할 수 있는 것으로 판단된다.

표 1. 예측실현시기 평가결과 종합(과학기술기획평가원, 2008)

분 야	전체 과제수	전체 과제수	실현 과제수	비실현 과제수	무응답	실현율	비실현율
		무응답 제외	제외				
정보전자	116	106	83	23	10	78.3	21.7
기계생산가공	113	112	95	17	1	84.8	15.2
소재	118	113	69	44	5	61.1	38.9
정밀화학	41	41	11	30	0	26.8	73.2
생명공학	39	39	14	25	0	35.9	64.1
농림수산	65	50	35	15	15	70.0	30.0
의료·보건	80	79	28	51	1	35.4	64.6
에너지	68	54	22	32	14	40.7	59.3
환경안전	59	56	37	19	3	66.1	33.9
광물·수자원	48	48	12	36	0	27.1	72.9
도시·건축	54	54	41	13	0	75.9	24.1
교통	75	74	38	36	1	51.4	48.6
해양·지구	35	20	11	9	15	55.0	45.0
천문·우주	20	20	6	14	0	30.0	70.0
극한기술	20	20	2	14	0	10.0	90.0
총 합	951	886	504	378	65	57.0	43.0

표 2. 수자원 분야 제시 기술과 관련된 국가연구개발사업 또는 정부사업 현황(정상화와 김창완, 2007)

과학기술예측조사 제시 기술	국가연구개발사업 또는 정부사업 수행 기술
수자원 관련 실시간 자료의 D/B화가 완성되어 각종 자료의 제공기술의 실용화	- 유비쿼터스 하천유황 모니터링 시스템 개발 - 실시간 물관리 시스템 구축 - 국가유량측정망 구축
국내 유역의 강우-유출관계를 대표하는 지수유출 계산 모델의 개발	- 이수관리용 저수유출 수문모형 개발
국토의 생태환경 변화 감시를 위한 식생성장, 대기오염, 수질오염, 토양오염의 통합 모니터링 및 분석 기술 개발	
전국적인 장기가뭄 발생시 지표수와 지하수를 최적으로 연계운영하기위한 기술 개발	- 지표수, 지하수 연계운영 시스템 개발
초장기(50년이상)적인 지구 기후변화 메카니즘을 고려한 수자원계획 기술의 실용화	
수로의 건설이나 가뭄에 대비한 다목적 댐의 건설을 포함한 하천군, 댐군의 종합관리기술이 수립되어 수자원의 효율적 사용 기술개발	- 지속가능한 댐 개발 기술 - 지속가능한 하천수 개발 기술 - ALS와 SSS를 이용한 하천 및 댐 정밀 DEM 제작 및 수량계산 시스템 개발 - 위기조치 단계별 한강 수계댐 방류 통제 수위 판단 연구

과학기술예측조사 제시 기술	국가연구개발사업 또는 정부사업 수행 기술
다목적 저수지의 저수관리를 위한 최적운영 시스템의 실용화	- 주암댐을 중심으로 한 섬진강 수계내 저수지군의 연계 최적운영(이수관리부문)
다목적 저수지의 홍수시 단계적 최적 연계 운영관리 시스템의 실용화	- 홍수기 댐간 연계운영 시스템 구축 계획
강도 높은 강우 예측기술이 확립되어 강수의 유효이용 증가	
수자원 관리 시스템의 완전자동화 기술 개발	- 물관리 효율성 제고기술 연구 - 실시간 물관리 운영시스템 구축기술 개발 - 지표, 지하, 대체수자원의 통합적 관리를 위한 웹 기반의 정보 관리시스템 개발 및 적용
댐 및 호수 표면으로 부터의 증발 억제기술 개발	
전국의 하천을 연결하여 비상시 연계운영할 수 있는 용수공급체계가 구축되고 운영기술의 실용화	
수자원의 이수·치수·환경관리를 인공위성 등과 연계하여 실시간 통합, 운영하는 시스템의 실용화	
수계별 용수 이용량이 실시간 평가되는 수자원 통합관리 기술 개발	- 실시간 물관리 운영시스템 구축기술 개발
국지적인 집중호우를 방지하기 위한 수시간전에 재해를 예지·예보하는 전국적인 네트워크 시스템의 실용화	- 전국 강우레이더설치 및 홍수예경보시스템 개선
홍수 재현기간별 범람지역이 도면화되고 홍수 범람 지역 관리 기술 개발	- 한강홍수위 및 침수구역 조사
도시하천의 홍수예경보 시스템이 개발되고 내수 배제 시스템의 자동화관리기법의 개발	- 도시홍수재해관리기술
국내 유역에 적합한 홍수 유출 계산 모델이 개발되어 홍수예경보 및 치수 구조물 시스템의 최적설계 및 운영에 적용	- 고정확도 하천 홍수해석 기법 개발 - 한강, 금강, 영산강, 낙동강, 만경강, 동진강, 안성천 홍수 예경보 시스템 구축 및 개선
온난화에 의한 이상홍수 현상의 발생에 대한 지식을 얻어 강우특성의 변화에 대한 대책 수립	- 이상홍수관리기법 연구조사(사회기반/극한홍수)
유비쿼터스 무선통신 기반의 기상 및 홍수재해 통합정보 기술이 보급	
집중호우시 Debris flow 예보, 경보 및 방재기술의 실용화	
과거 기후변동에 의한 수재해의 원인 규명	
위성에 의한 특정지역 수재해(홍수,가뭄) 집중감시체계의 실용화	- 고해상도 위성영상을 이용한 홍수 모니터링 기술 및 정보제공체계 연구
실시간 도시침수예측을 위한 고정확도 수치모델링 기술이 실용화	
GRID 기반 전문가 중심의 실시간 수재해 관리기술의 실용화	
홍수 등 각종 재해를 방지하기 위한 능동형 도시방재 모니터링 시스템이 개발	- 도시홍수재해관리기술
기상조절 기술의 발달로 인공강우, 안개소산, 태풍세력 약화 기술이 실용화	
수자원 관련 구조물의 최적설계 기준이 표준화 및 실용화	- 하천횡단 구조물의 세굴안전진단 시스템의 개발 - 하천제방관련 선진기술개발 - 교량세굴 평가 및 유지관리시스템 개발 - 하천제방 배수통문의 설계 및 안정성 평가기법 연구 - 보 및 낙차공 설계기술 개발

과학기술예측조사 제시 기술	국가연구개발사업 또는 정부사업 수행 기술
	<ul style="list-style-type: none"> - 하상재료를 이용한 하천제방 축조기술 개발 - 이상기후에 대비한 시설기준 강화
방수로 등을 이용한 새로운 배수시설 개발 농업용수 공급 및 배수를 위한 용수로 및 배수로 시설의 자동화 최적 관리기술의 실용화	<ul style="list-style-type: none"> - 도시홍수 재해경감 기술 - 상수도 및 배수시설 최적화 기술개발
하천의 흐름과 하상변동을 3차원으로 해석하는 기술의 실용화	<ul style="list-style-type: none"> - 하천 흐름 및 하상변동 예측기술 개발(2차원) - 하천흐름 및 하상변동 해석기술개발을 위한 하천수리모형 실험 및 현장실험
자연생태계와 조화를 이룬 생태도시 형성	
저수지 및 호수에서의 부영양화 현상의 모니터링 및 방지기술이 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 저수지 부영양화 관리를 위한 모델기초 의사결정시스템 연구 - 부영양화 방지를 위한 저니로부터 인 용출제어 연구 - 대청댐 저수지의 MODEL 생태계를 이용한 부영양화 방지 수법의 연구
하천, 호수 등의 수질 정화기술이 실용화되어 환경 개선에 이바지함과 동시에 물의 효율적 이용 가능	
하천 자연경관 조성과 환경과의 관계를 분석하는 기술의 실용화	<ul style="list-style-type: none"> - 하천관련 친환경 기술개발 - 자연과 함께하는 하천복원 기술개발

5. 맺으며

앞서 기술예측 활동과 기술예측의 실현성 그리고 수자원분야 기술 현황 등을 살펴보았다. 이를 통해 알 수 있듯 기술예측은 국가적 단위로 많은 분야별 전문가들에 의해 수행되고 있어 향후 10년 내외의 기술개발 방향을 가늠하는데 중요한 나침반 역할을 할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 자동차로 목적지를 찾을 때 네비게이터를 이용하여 목적지 찾기가 수월해진 것과 같이 연구개발 분야에서 기술예측은 이러한 네비게이터 역할을 수행할 수 있다. 따라서 이를 이용한다면 보다 효과적으로 미래 수요가 창출되는 기술을 파악할 수 있으며 해당분야의 연구 목표 및 계획을 수립할 수 있을 것이다. 이는 필자와 같은 수자원 연구 분야에 갓 뛰어들 연구자에게는 매우 유용한 정보가 될 것으로 판단된다.

전장에서 기술하였듯이 예측된 기술의 실현율이 수자원분야에서 낮은 이유는 인프라 부족과 함께 기

술력 부재가 가장 큰 원인이었다. 이를 고려한다면 신규 연구자들에게 많은 연구의 장을 제공할 것으로 기대된다. 그러나 네비게이터가 제대로 작동하기 위해서는 인공위성, GPS 시스템과 각종 인프라가 구축되어야 하는 것과 마찬가지로 연구 분야에서도 국내외 연구개발 현황 및 환경변화 조사와 이에 따른 연구개발 전략 수립 및 실행계획 등이 지속적으로 변화해야 올바른 연구개발 네비게이터로서 작동할 것이다. 이를 연구자가 모두 수행할 수는 없을 것이므로 주요 정보 수집을 위한 활용가능한 인터넷 사이트는 연구분야별 국내외 연구기관의 홈페이지 외에 <http://www.kordi.go.kr> (국가연구개발사업 종합관리시스템), <http://www.kistep.re.kr> (한국과학기술기획평가원), <https://www.naris.re.kr> (연구개발사업 중복지원방지시스템) 등이 있다. 다양한 수자원 관련 정보를 신규 연구자가 수집하고 분석하여 재생산할 수 있는 역량을 키운다면 좋은 연구주제 및 기술 분야를 찾을 수 있지 않을까 생각해 본다. ☞

참고문헌

1. 국토해양부(2006). 물관련 연구개발 공동활용체계 구축.
2. 과학기술부(2005). 과학기술예측조사(2005-2030): 미래사회전망과 한국의 과학기술.
3. 과학기술정책연구원(2003). 과학기술예측을 위한 미래 사회의 이슈 및 니즈 도출.
4. 정상화, 김창완(2007). 수공분야 기술예측 활동, 2007년 대한토목학회 학술발표회, pp. 3408-3411.
5. 한국과학기술기획평가원(2008). 한국 과학기술예측조사 평가 및 개선방안 도출에 관한 연구.
6. OECD(1996). Special Issue on Government Foresight Exercises, STI Review No. 17, Paris.