

한국과 일본의 과학기술예측 보고서의 비교분석 - 연구주체 분석을 중심으로

김정준*, 손은수**, 이방래**, 석재진***, 이상필**

I. 서론

1. 연구의 배경

1) 미래연구의 중요성

미래기술 탐색연구는 과거로부터 지식과 정보의 변화를 파악하고 분석하여, 미래의 기술의 출현과 발전을 예측하는 과정이다. SPRU의 B. Martin은 미래기술예측연구를 ‘장래에 높은 부가가치를 유발시키는 기술영역의 식별을 목적으로 과학, 기술, 경제적인 측면에서 장기적인 탐색을 수행하는 체계화된 프로세스’라고 정의하였다 (Ben Martin, 2010). 현재의 과학과 기술을 기반으로 미래에 부가가치가 높은 기술의 출현을 예측하는 과정이라고 볼 수 있는데 융복합 현상이 빈번해지면서 과학과 기술 뿐만 아니라 인문학, 사회학과 같은 영역에서도 과학기술에 부가가치를 높여주는 현상을 함께 관찰 할 수 있다. 세계 각국은 국가경쟁력 및 자국의 지속적인 성장동력을 확보하기 위해서 미래과학기술 예측활동을 강화하고, 이 결과를 국가 과학기술전략수립에 반영하고 있다. 우리나라에서도 국가과학기술지도, 미래유망 성장동력산업 발굴 등 국가 차원에서 미래의 유망기술을 포착하기 위한 다양한 기획을 추진해오고 있다. 특히, 한국과학기술정보연구원(KISTI, Korea Institute of Science and Technology Information)에서는 글로벌 미래기술 탐색서비스(GTB, Global Technology Briefing)연구를 통해 미래유망기술을 발굴하고 있다.

2) 일본의 과학기술 예측조사

일본의 과학기술예측은 약 40년간 지속적으로 실시되고 있으며 본 논문에서 사용된 보고서는 제9회 보고서이다. 제9회 델파이 보고서 「2040년의 과학기술」에서는 2040년을 최종 목표연도로 설정하고 향후 30년간을 전망함으로써, 과학기술 분야의 미래발전의 방향성에 대한 전문가의 의견을 수렴하여 평균적인 견해를 도출하였다. 미래 목표의 달성이나 글로벌 과제와 국민적 과제의 해결에 대하여 무엇을 해야만 하는가라는 관점에 입각하여, 융복합의 틀 안에서 과학기술의 주요연구과제의 선별과 미래전망을 수행하였다(한국과학기술정보연구원, 2011).

2. 연구의 목적

* 김정준, 한국과학기술정보연구원/과학기술연합대학원대학교 학생연구원, 02-3299-6236, jungjoonkim@kisti.re.kr
** 손은수, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6064, essohn@kisti.re.kr
** 이방래, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6052, brlee@kisti.re.kr
*** 석재진, 기초기술연구회 정책평가실장, 02-574-3960, jjseok@krcef.re.kr
** 이상필, 한국과학기술정보연구원/과학기술연합대학원대학교 교수, 02-3299-6066, splee@kisti.re.kr

한국과학기술정보연구원에서는 일본의 「2040년의 과학기술」에 대하여 기초기술연구회 소관 연구기관을 대상으로 수요조사를 실시하여 정보분석 희망 과학기술 과제들을 선별하여서 336개의 세부과학기술 과제에 대한 분석을 진행하였다(이상필, 2013). 본 논문에서는 미래 과학기술 전분야에 대하여 「2040년의 과학기술」을 분석하고, 분석된 그 결과를 한국의 제4회 과학기술예측조사의 세부과제들과 비교분석하였다.

II. 본문

1. 일본의 「2040년의 과학기술」 예측 보고서 분석

일본의 「2040년의 과학기술」에 포함되어 있는 832개의 세부과제에 대하여 공공연구기관의 중요도가 높은 20개 항목을 분석하였다(표1). 20개 소과제들의 특징을 보면 거대과학 혹은 공공인프라를 위한 과제들이 대부분임을 알 수 있다. 상위 20개 과제 중에서 7개가 우주과학이며, 미래의 자원을 개발하는 영역에 4개, 인프라 기술 군에서 4개가 선정되었다(표2).

선정된 기술들 중에서 대표적인 융복합과제들을 보면 항공·우주 분야에서는 외계 생명탐사기술이 선정되었다. 외계 생명탐사기술은 기계, 정보통신 뿐만 아니라 다양한 과학기술의 영역이 함께 진행해나가는 기술이다. 에너지 분야에서는 고준위 방사성폐기물처리 기술이 선정되어 있는데 이 과제는 에너지문제에서 반드시 환경을 고려해야 함을 잘 보여준다. 해양과학에서는 심해탐사로봇이 선정되었다. 해양과학의 탐사에 있어서는 역시 기계와 정보통신 기술이 사용된다. 인류의 활동영역을 확장하는데 있어서는 기계의 발전과 정보통신기술의 지원이 반드시 필요함을 알 수 있다. 환경과 생명과학기술과 육종기술이 융합된 과제도 선정되었다. 또한, 슈퍼컴퓨팅기술도 선정되었는데 슈퍼컴퓨터를 국가 정보통신기술 인프라로서 활용하는 것이 미래과학기술의 발전을 촉진시키는 것이라 볼 수 있다. 보유하고 운용·발전시키는 것이 더 효율적이고 낭비를 막기 때문이다. 또한 생명과학을 사용한 희유금속분리기술도 선정되었는데 박테리아를 사용하여 희유금속을 분리하는 기술은 꾸준히 개발이 되어 왔지만 전자제품에 희유금속의 중요성이 확대되면서 다양한 방법을 통해서 희유금속의 채굴을 하는 기술을 국가적인 차원에서 고려해야 한다는 것으로 해석할 수 있다. 마지막으로 인공광합성기술을 꼽을 수 있다. 생명과학기술과 나노기술을 사용하여 에너지문제를 접근하고 있는데 궁극적인 에너지 공급을 해결하는 기술은 앞으로도 국가적인 중요성을 가지고 더욱 연구주제로 급부상할 것으로 예상된다.

<표 1> 기술적 실현 연구주체가 공공 연구 기관인 상위 20개 과제

번호	기술명	공공연구기관 중요도	중분류	대분류
1	수중에서 100m 보다 먼 곳에서 적어도 10cm의 해상도를 갖는 음향사진 촬영기술	100	우주·해양관리 기술(관측 포함)	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
2	해수 중에 용존되어 있는 산소나 수소를 추출하여 에너지를 생산하는 해수엔진	100	우주·해양관리 기술(관측 포함)	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
3	심해 생명권(해륙을 포함 지하 5km까지 진행) 자율로봇	100	미래과학기술을 선도하는	05_우주와 지구의 다이너미즘을

번호	기술명	공공연구기관 중요도	중분류	대분류
			프린티어영역	이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
4	수문예측모델이나 전지구적 시물레이션에 의한 수문(유역수 순환)과 기상의 융합기술	100	수자원	07_물, 식료, 광물 등 모든 종류의 필요 자원
5	고준위 방사성폐기물 중 방사성 핵종을 경제적으로 핵변환하여 방사능을 1/10로 줄이는 기술	100	출구<디바이스 ·시스템화 및 응용기술>	09_물질,재료, 나노시스템, 가공, 계측 등 기반기술
6	연료전지고분자막내 물/프로톤 이동을 공간분해능 1um로 이미징하기 위한 중성자 마이크로빔생성·검출기술	100	계측·분석방법	09_물질,재료, 나노시스템, 가공, 계측 등 기반기술
7	하네다공항의 이착륙 용량을 2배로 늘리는 것이 가능한 항공관제시스템이 개발된다	100	고속화전략	12_생활 기반 산업 기반을 지지하는 인프라 기술군
8	외계 생명탐사기술	100	우주기술(우주 의학 포함)	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
9	생물학 계열의 기술 외에 다방면에 걸친 공학기술을 도입하여 최적의 환경관리를 실시하는 해양목장	100	우주·해양관리 기술(관측 포함)	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
10	물이용·수질오탁 실태의 글로벌 관측(전지구 1킬로 메시데이터 정비: 하천, 호수와 늪, 해수, 지하수, 취수, 배수, 댐퇴적사, 도시오염, 광공업오염, 비소 등의 천연유해화학물질 등 포함)	100	수자원	07_물, 식료, 광물 등 모든 종류의 필요 자원
11	DNA 전사과정 등의 생명현상 규명 및 신약개발을 위하여 펩토초의 시간 분해능·나노미터의 위치 분해능으로 해석할 수 있는 X선 기술	100	미래과학기술을 선도하는 프린티어영역	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
12	IC태그용 등 열·진동에너지등에 의한 초소형 고효율 발전기	100	에너지절약	06_다양한 에너지 기술변화 촉진
13	DNA마커 등의 게놈정보의 해석기술을 응용하고 유리한 형질(환경내성, 내병성)을 갖춘 수산생물을 생산·양식하는 기술	100	농림수산자원< 삼림보전, 생물재해 등을 포함>	07_물, 식료, 광물 등 모든 종류의 필요 자원
14	고도 정보화사회가 필요로하는 지금의 십만 배의 계산능력을 실현하는 슈퍼컴퓨팅기술	100	컴퓨팅 시스템	01_유비쿼터스 사회에, 전자, 통신, 테크놀로지를 살린다.
15	바이오테크놀러지를 이용한 희유금속원소의 실용적인 추출·분리기술	100	농림수산자원< 삼림보전, 생물재해 등을 포함>	07_물, 식료, 광물 등 모든 종류의 필요 자원

번호	기술명	공공연구기관 중요도	중분류	대분류
16	cm/년 이하의 해저이동을 해상으로부터 계측하는 기술	100	우주·해양관리 기술(관측 포함)	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.
17	식물과 동등한 효율(1% 이상)의 인공광합성기술	100	나노기반재료	09_물질,재료, 나노시스템, 가공, 계측 등 기반기술
18	폭발물이나 병기, 독극물 등을 신속히 발견하여 테러나 환경오염 등을 예방하거나 재해발생시에는 이재민을 신속하게 발견해 구조를 지원할 수 있도록 인간의 지각능력을 넘은 시각·후각·청각 등을 가진 로봇이 지자체나 경찰에 배치되어 가동되고 있다	100	안심·안전 확보전략	12_생활 기반 산업 기반을 지지하는 인프라 기술군
19	삼림회계 등의 자연자본에 관련되는 회계기술개발에 의해 농촌과 산촌 도시에 대한 공헌이 정량적으로 평가되어 도시의 소득을 농산촌에 환원함으로써 농림업 재생과 광역자연관리가 실현된다	100	도시·농촌의 전략	12_생활 기반 산업 기반을 지지하는 인프라 기술군
20	이착륙시 항공기가 경험하게 되는 미세한 기상상태를 항공기에 알리는 정밀모니터·예측시스템이 보급된다	100	안심·안전 확보전략	12_생활 기반 산업 기반을 지지하는 인프라 기술군

<표 2> 상위 20개 과제의 대분류 분포 현황

번호	대분류명	소과제 개수(개)
1	05_우주와 지구의 다이너미즘을 이해하고, 인류의 활동 영역을 확대한다.	7
2	07_물, 식료, 광물 등 모든 종류의 필요 자원	4
3	12_생활 기반 산업 기반을 지지하는 인프라 기술군	4
4	09_물질,재료, 나노시스템, 가공, 계측 등 기반기술	3
5	01_유비쿼터스 사회에, 전자, 통신, 테크놀로지를 살린다.	1
6	06_다양한 에너지 기술변화 촉진	1

2. 한국의 「제4회 과학기술예측조사」와의 개별과제 비교

일본의 「2040년의 과학기술」에 포함되어 있는 832개의 세부과제에 대하여 공공연구기관의 중
요도가 높은 20개 항목을 분석한 결과, 10개의 과제는 한국의 「제4회 과학기술예측조사」에서도

발견되었다. 그 10개 주제 중에서 앞에서 언급한 융복합과제 7개가 모두 속해있다. 해양탐색을 비롯한 일본의 환경을 반영한 과제들을 제외하고 상당히 많은 과제들이 유사점을 가지고 있음을 알 수 있다. 대표적으로는 고준위 폐기물 처리, 유전체 정보를 사용한 육종기술, 슈퍼컴퓨팅기술, 인공광합성기술을 들 수 있다. 심해자율로봇과 유사한 과제로는 심해출입 잠수정 기술이 선정되었으며, 고준위 폐기물 처리 기술은 한국의 과제가 더욱 자세하게 기술되었다. 외계 생물탐색기술의 경우에도 한국의 경우에는 구체적으로 지상의 망원경과 중력렌즈 기술을 언급하였다. 발사체 개발에 있어서 불리함을 극복하는 방향으로 기술개발이 이루어짐을 나타낸다. 또한 유전체 정보를 사용한 육종기술이 양 국에서 모두 선정되어 있음을 볼 수 있는데 인구에 대비하여 영토가 좁은 것을 극복하기 위한 노력으로 보여진다. 해양에서 희유금속을 추출하는 기술의 경우에도 한국에서 우수한 기술을 가지고 있는 축전기술에 종종 사용되는 리튬을 정확히 명시해줌으로써 한국의 기술을 반영한 부분이다. 슈퍼컴퓨팅기술의 경우에는 한국에서도 많은 산업에서 적용할 수 있는 부분이 많기 때문에 구체적인 기술사양을 명시하여 기술개발에 힘을 쏟고 있는 것을 발견할 수 있다. 마지막으로 인공광합성 기술의 경우에는 일본과 한국 모두에서 구체적인 기술을 명시했다. 천연자원이 부족한 상황에서 에너지문제를 근본적으로 해결하는 기술을 꾸준히 개발할 필요가 있음을 명확하게 보여준다.

<표 3> 상위 20개 과제와 제4회 과학기술예측조사 비교표

번호	「2040년의 과학기술」 상위 20개 과제	「제4회 과학기술예측조사」 내 유사과제
1	수중에서 100m 보다 먼 곳에서 적어도 10cm의 해상도를 갖는 음향사진 촬영기술	해당없음
2	해수 중에 용존되어 있는 산소나 수소를 추출하여 에너지를 생산하는 해수엔진	해당없음
3	심해 생명권(해류를 포함 지하 5km까지 진행) 자율로봇	15,000m 이하의 심해자원을 채굴할 수 있는 불도저와 자원 운송용 심해출입 잠수정 기술
4	수문예측모델이나 전지구적 시뮬레이션에 의한 수문(유역수 순환)과 기상의 융합기술	해당없음
5	고준위 방사성폐기물 중 방사성 핵종을 경제적으로 핵변환하여 방사능을 1/10로 줄이는 기술	고준위폐기물 처분공간의 축소(1/100) 또는 방사성독성 감소기간 단축(1/1000) 등 사용후핵연료 관리 및 우라늄자원의 효율적 이용을 위한 고속로시스템 기술
6	연료전지고분자막내 물/프로톤 이동을 공간분해능 1 μ m로 이미징하기 위한 중성자 마이크로빔생성·검출기술	해당없음
7	하네다공항의 이착륙 용량을 2배로 늘리는 것이 가능한 항공관제시스템이 개발된다	해당없음
8	외계 생명탐사기술	2m급 전용 지상망원경과 중력렌즈 기술을 이용한 지구형 외계행성 탐색기술
9	생물학 계열의 기술 외에 다방면에 걸친 공학기술을 도입하여 최적의 환경관리를 실시하는 해양목장	해당없음
10	물이용·수질오탁 실태의 글로벌 관측(전지구 1킬로 메시데이터 정비 : 하천, 호수와 늪, 해수, 지하수, 취수, 배수, 댐퇴적사, 도시오염, 광공업오염, 비소 등의 천연유해화학물질 등 포함)	하천 및 지하수 오염원의 추적 map 구축 및 모니터링 기술
11	DNA 전사과정 등의 생명현상 규명 및 신약개발을 위하여 펩토초의 시간 분해능·나노미터의 위치 분해능으로 해석할 수 있는 X선 기술	해당없음

번호	「2040년의 과학기술」 상위 20개 과제	「제4회 과학기술예측조사」 내 유사과제
12	IC태그용 등 열·진동에너지 등에 의한 초소형 고효율 발전기	해당없음
13	DNA마커 등의 게놈정보의 해석기술을 응용하고 유리한 형질(환경내성, 내병성)을 갖춘 수산생물을 생산·양식하는 기술	유전체분석정보를 이용하여 농업형질을 다량집적하는 유전체 육종기술
14	고도 정보화사회가 필요로 하는 지금의 십만 배의 계산능력을 실현하는 슈퍼컴퓨팅기술	100만 CPU를 결합시킨 슈퍼 컴퓨터
15	바이오테크놀러지를 이용한 희유금속원소의 실용적인 추출·분리기술	리튬을 해수로부터 연간 20,000ton 이상 대량생산하는 기술
16	cm/년 이하의 해저이동을 해상으로부터 계측하는 기술	지상 또는 공중물체의 정밀 위치측정을 위한 원자간섭계 기술
17	식물과 동등한 효율(1% 이상)의 인공광합성기술	식물세포와 동등한 또는 그 이상의 효율(2%)을 갖는 인공광합성 기술
18	폭발물이나 병기, 독극물 등을 신속히 발견하여 테러나 환경오염 등을 예방하거나 재해발생시에는 이재민을 신속하게 발견해 구조를 지원할 수 있도록 인간의 지각능력을 넘은 시각·후각·청각 등을 가진 로봇이 지자체나 경찰에 배치되어 가동되고 있다	난점근지역/원격광대역 탐사를 위한 무인 자력 이동/탐지/수집 및 전송 기능을 가진 탐사 로봇 개발
19	삼림회계 등의 자연자본에 관련되는 회계기술개발에 의해 농촌과 산촌 도시에 대한 공헌이 정량적으로 평가되어 도시의 소득을 농산촌에 환원함으로써 농림업 재생과 광역자연관리가 실현된다	해당없음
20	이착륙시 항공기가 경험하게 되는 미세한 기상상태를 항공기에 알리는 정밀모니터·예측시스템이 보급된다	해당없음

III. 결론

대부분의 국가들은 지속적인 성장동력을 확보하고, 미래의 국가경쟁력을 유지·강화하기 위하여 공공연구기관을 통한 국가전략체제를 구축하고 있다. 선진국들은 이종기술간, 이종산업간 융합으로 신개념의 기술을 창출하여 국가의 새로운 성장산업으로 육성하기 위한 정책을 추진하고 있다. (김상선, 2009) 따라서, 정부출연연구소는 과학기술 분야의 국가고유기능을 수행하고, 국가차원의 창조적 기술혁신체제의 구축을 주도하며, 융복합기술 개발을 위한 미래과학기술예측과 산학연간의 협력 및 다학제적인 협력의 조정자로서의 역할을 수행할 수 있는 보다 개방적인 혁신체제로 전환되어야 한다. 창조형 R&D 및 산학연 연구영역의 확대, 융합연구의 확대를 통해서 정부출연연구소와 연구회, 대학과 민간기업간의 조화를 이룰 수 있는 연구기획체제 구축이 필요하다.(과학기술정책연구원, 2012) 그리고, 연구회 및 소관 연구기관은 전세계 R&D 동향을 체계적·지속적으로 모니터링·분석·예측하여 과학적 근거에 기반한 연구기획 기능의 전문성을 제고하고, 국가미래 전략과제와 융복합 연구과제를 도출하여 연구회와 과학기술계 정부출연연구소가 공동연구기획을 수행할 수 있는 상시적인 사전연구체제를 구축하여야 한다.

[참고문헌]

- 과학기술정책연구원 (2012), 「출연금 확대에 따른 기초기술연구회 소관기관 주요사업 성과제고 방안 연구」, 기초기술연구회
- 국가과학기술위원회 (2012), 「제4회 과학기술예측조사」, 한국과학기술평가원
- 김상선 (2009), 「정부 출연(연)의 바람직한 역할방향과 활성화 방안」, 기초기술연구회
- 이상필 외 (2013), 「정부 출연(연)의 미래연구 분야 및 전략 도출에 관한 연구」, 기초기술연구회
- 한국과학기술정보연구원 (2011), 「2040년의 과학기술 일본문부과학성 제9회 델파이 조사」
- Ben Martin (2010), "The origins of the concepts of 'foresight' in science and technology: an insider's perspective", *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9). pp 1438-47, ISSN 0040-1625