

과학기술기획(Science Planning)의 방법론과 적용 : 천문우주분야 연구프로젝트 사례를 중심으로†

권기석* · 이문영**

본 연구에서는 기존에 개별 연구자나 프로젝트 차원에서 암묵적으로 행해지는 것으로 여겨지던 과학의 기획에 대한 방법론을 제시하고 이에 대한 실제 사례를 분석하였다. 과학기획은 기술기획과 달리 과학적 문제에 상대적으로 초점을 맞추어 연구개발 활동이 수행된다. 그 과정은 연구 분야의 정의, 동향분석, 역량분석, 과제 목표 및 전략 수립, 로드맵 제시를 거쳐서 이루어진다. 이러한 방법론을 적용한 천문우주분야 연구프로젝트의 사례를 통해, 실제 과학활동의 기획은 물론 세부적인 의사결정의 과정을 살펴볼 수 있었다. 본 연구에서 제시한 과학기획 방법론을 더욱 발전시켜 기관이나 국가차원에서 연구자원 배분의 합리성을 극대화하는 데에 기여할 수 있을 것이다. 특히 탈추격 국가로 이행하는 한국의 경우, 이를 통해 과학연구를 비롯한 응용 및 기술개발 연구에 대한 다양한 정보를 명시화하고 공유함으로써 국가 과학기술역량을 극대화할 수 있는 계기를 마련할 수 있을 것이다.

【주제어】 과학기획, 기술기획, 과학과 기술

† 이 논문은 본 학회의 심사과정 중 2009년도 한국기술혁신학회 추계 학술발표대회에서 발표를 하고 제기된 사항을 수정·보완 하였습니다. 본 학회지의 익명의 심사위원과 학회 토론자분들께 감사드립니다.

* 한국천문연구원 미래전략팀 팀장
전자우편: kskwon@kasi.re.kr

** 한국천문연구원 미래전략팀 연구원
전자우편: mylee@kasi.re.kr

1. 서론

전통적으로 과학은 연구방법을 전문적으로 훈련받은 연구자가 과학자 사회에서 공유되고 합의된 절차를 거쳐 개별적으로 수행되는 것으로 인식되어 왔다. 그러나 현대에 와서 과학과 기술의 경계가 모호해지고 과학적 지식의 경제적 파급효과에 대한 인식이 증대되면서 과학활동에 있어서 집단연구, 대형연구 성격이 강해지고 있다. 또한 국가적 차원에서 제한된 연구자원을 전략적으로 배분해야 하는 상황에서 과학기획은 더욱 중요해졌다. 한국의 경우, 기존의 정의된 기술을 잘 개발하는 것에 의존하던 추격(catch-up) 전략에서 새로운 과학기술의 경로를 개척해야 하는 탈추격(post catch-up) 전략이 요구되는 시점에서 기초연구 분야에서의 기획을 통한 효과적인 혁신적 지식의 생산이 더욱 중요해졌다. 이러한 배경 하에, 본 연구는 과학기획의 개념적 요소와 방법론을 논의해보고, 이를 수행하고 있는 기초연구 분야 정부출연연구소의 과학기획 사례를 분석하여 시사점을 도출하고자 한다.

2. 과학기획의 특성과 체계

1) 기초연구분야 연구기획 방법론

자연에 대한 근원적인 이해를 추구하는 기초연구의 연구기획은 기술개발이나 제품개발에 초점을 맞추는 기존의 연구개발기획(R&D planning)¹⁾이나 기술기획(technology planning)과는 차별된다는 의미에서 과학기획(science planning)이라고 명명할 수 있다. 그러나 이러한 과학기획의 방법론을 논하기

1) 배종태(2009)는 연구개발기획을 기술기획을 포함하여 연구개발조직의 관리, 사업화 기획을 포함하는 것으로 정의하지만, 주로 시장과 기술에 초점을 맞춘다는 점에서 과학기획과 대별된다.

전에 ‘과학기획은 가능한가’에 대한 논의가 필요하다.

과학활동은 근본적으로 과학자 개인의 자연에 대한 근본적 질문과 이해에 기반을 두고 있다. 이러한 이해의 발전이 과학자의 자발적 호기심이나 우연한 발견에 의해서 이루어지는 경우를 과학사에서 흔치 않게 찾아볼 수 있다. 따라서 추상적이면서 예측이 어려운 과학적 질문에 대한 해답을 위해 자원의 배분과 시간적 계획 등을 제시하는 구체성 있는 기획을 한다는 것은 논리적으로 모순된 행위로 비칠 수 있다. 또한 과학은 과학자 집단의 자율적인 규율과 보상원리에 의하여 이루어질 때 가장 효율적이며 바람직한 결과를 산출한다는 논의도 이와 같은 결론을 지지한다(Nelson, 2004; Dasgupta and David, 1994; Polanyi, 1962). 이러한 입장은 과학을 기획이라는 개념을 통해 상업적 활용 등의 특정한 목적을 가지고 관리하고자 할 경우, 과학자 사회 활동이 최적점(optimal point)에서 벗어나는 자원의 배분의 왜곡이 일어날 수도 있다는 경고로까지 귀결될 수 있다.

그러나 과학활동을 과학자 개인의 암묵적 전문성에 기반을 둔 특별한 기예가 아닌 연구기관이나 국가가 수행하여야 하는 구체성 있는 공동과업으로 본다면 앞의 입장과 상반된 견해를 취할 수 있다. 이는 기본적으로 과학자 사회는 여타 사회 영역과 분리될 수 없다는 전제를 가지고 있다. 즉, 과학자 사회의 활동은 여타 사회 주체의 요구에 반응하며 상호작용하며 발전한다는 것이다. 이와 관련하여 혁신적 지식의 생산에 있어 대학, 산업, 정부가 상호작용하면서 진화한다는 ‘삼중나선(triple helix)’에 대한 논의(Etzkowitz and Leydesdorff, 1997)가 있다. 같은 맥락에서 ‘모드 2(mode 2)’ 논의는 응용을 염두에 두고 다양한 주체가 서로의 영역을 넘나들면서 참여하는 새로운 지식생산의 방식의 등장에 주목한 바 있다(Gibbons et al., 1994). 이러한 입장들에 따르면 과학의 수행에 있어 과학자 사회에서 정의된 학술적 중요성은 물론 사회적 기여 또한 고려해야 한다.2)

2) 이러한 과학의 기획에 대한 상반된 논의는 2차 대전 이후 자율적인 과학에 대한 투자가 궁극적으로 사회경제적 기여로 연결된다는 혁신의 선형모형(Bush, 1945)에 대

따라서 과학 수행에 있어서 개인은 물론 조직과 국가 차원에서 과학자 외의 이해관계자와 과학적 목표를 조정하고 연구 자원배분을 결정하는 기획 개념의 도입이 가능해 진다.

전술한 과학기획의 가능성 논의를 고려하여 본고의 '과학기획'이라는 명명에서 의미하는 '과학'의 수준과 범위를 확정할 필요가 있다. OECD는 연구개발의 구분에 있어 그 단계에 따라 기초연구(basic research), 응용연구(applied research), 실험적 개발(experimental development)로 나누고 있다(OECD, 2002). 이 때 기초연구는 다시 자연의 근본원리에 대한 순수기초연구(pure basic research)와 사회적 문제해결 가능성에 광범위한 기반지식을 제공할 것으로 기대할 수 있는 목적기초연구(oriented basic research)로 구분된다. 이러한 단계별 구분은 앞의 두 번째 각주에서 언급한 바 있는 과학연구가 일직선 상에서 상용화로 연결된다는 혁신의 선형모형(linear model of innovation)에 기반을 두고 있음에도 불구하고 연구개발에 대한 이해를 명확하고 단순하게 할 수 있다는 편의상 이유로 통용되고 있다. 반면 연구개발의 이러한 단계들은 선형적이라기보다는 복잡하게 서로 얽혀있다는 견해가 얼마 전부터 힘을 얻고 있다(OECD, 1992). 따라서 기초연구라 할지라도 실용화 가능성을 배제하는 것이 아니며 오히려 자연에 대한 근본적 이해(fundamental understanding of nature)와 실용화에 대한 고려(consideration of use)를 동시에 지향하는 연구가 최근 늘어나고 있다(Stokes, 1997). 따라서 기초연구라 할지라도 기술 분야에서 주로 활용되는 기획의 개념이 상호배제되는 것은 아니다. 결론적으로 본고의 '과학기획'의 '과학'은 순수기초연구와 목적기초연구, 경우에 따라 응용연구 및 실험개발까지 포괄하는 것으로 이해할 수 있다.

앞에서 과학과 기술이 서로 복잡하게 상호작용하며 명백한 단절이 존재하

비하여, 1980년대 이후 과학의 사회에 대한 책임성(accountability) 요구 강화에 따라 세계적으로 대학연구의 응용성이 강화되는 환경 변화와도 관련이 있다(Martin, 2003). 또한 미래예측을 배경으로 국가차원에서 연구개발에 대한 우선순위 선정 및 자원배분을 기획한 바 있는 1980년대 영국의 포사이트(Foresight)의 기획 또한 같은 배경을 가지고 있다(권기석, 2006).

지 않는다고 언급했음에도 불구하고, 과학기획의 특징을 드러내기 위해, 범주에 따라 기술기획과 대별하여 제시하면 다음 <표 1>과 같다. 그러나 이러한 특징의 차이는 긴 스펙트럼의 양극단을 대비시킨 차이로 이해해야 한다. 다음에서 이를 범주별로 보다 세부적으로 논의해 보고자 한다.

<표 1> 과학기획의 특징

범 주	과학기획(Science Planning)	기술기획(Technology Planning)
목 표	과학적 문제의 규명	사회적 요구에 따른 기술개발
주 체	주로 과학자 집단에 주도권	기술전문가, 연구소, 기업 등
수요자	동료 과학자를 포함한 엔지니어, 기업가, 정책전문가 등	시장 수요자를 중심으로 엔지니어, 기업가, 정책전문가 등
주요기법	서지분석, 과학로드맵, 네트워크 분석	특허분석, 기술로드맵, 네트워크 분석
한국적 맥락	탈추격(Post Catch-up) 국가	개도국 혹은 추격(Catch-up) 국가

첫째, 사회적 요구(needs)를 기술로 구체화하는 기술기획과 대비되는 과학기획의 가장 큰 특징은 과학기획이 상대적으로 과학적 문제의 규명이라는 것에 가장 초점을 두고 있다는 것이다. 따라서 과학적 질문에 대한 연구가 어떤 세부과제로 이루어져 있고 어떤 실험의 연구결과로 해결될 수 있는지가 먼저 제시되어야 한다. 그리고 이를 위해 어떤 장비와 기술, 어떤 전문성(expertise)이 필요한지 밝혀져야 한다. 특히, 기술기획의 결과물이 사회적 요구에 따라 기술과 제품이 시간의 진행에 따라 도시된 기술로드맵(technology roadmap)이라면, 과학기획의 결과물은 과학적 질문과 세부 연구주제, 장비와 기술이 어떤 시점에서 어떻게 연계되어 있는지 보여주는 과학로드맵(science roadmap)이라 할 수 있다.³⁾

3) 이에 반해 팔(Robert Phaal, 2001)의 관점을 취하면, 과학로드맵 또한 기술로드맵의

둘째, 주체와 수요자의 측면에서 기술기획은 시장과 소비자의 요구에 초점을 맞추어 기술을 공급하기 위해 수행된다. 반면 과학기획에서는 과학적 전문성에 기반을 두어 과학자 사회(scientific community)에서 공유되는 핵심규명 과제가 정의되며 이를 해결하기 위한 장비와 기술, 연구주체 등을 제안하는 것이 중요하다. 이는 쿤(Thomas Kuhn)의 관점에서 보면 과학패러다임에 의해 이를 공유하고 있는 과학자들이 풀어야 할 퍼즐이 제시되고, 이 퍼즐을 풀기 위해 가능한 연구방법이 동원하는 것과 같다(Kuhn, 1971). 그러나 이러한 과학기획의 성과는 과학자 사회에 국한되지 않는다. 왜냐하면, 과학적 문제를 해결(puzzle-solving)하는 과정에 필요한 또는 부수적으로 개발되는 기술, 또는 기술을 개발하기 위해서 해결되어야 할 과학적 문제는 과학자 사회만의 이슈가 아니기 때문이다. 즉, 엔지니어와 기업가도 자신들의 기술개발과 상품 생산에 있어 중요한 이해관계가 존재할 수 있다.

셋째, 주요 기법으로는 기술기획에서 기술이 주로 특허의 형태로 구체화된다는 관점에서 특허분석 등이 활용된다면, 과학기획에서는 논문분석 즉, 서지분석(bibliometrics)과 전문가평가(peer review) 등이 주로 활용된다. 이는 앞에서 제시한 과학기획이 주로 과학자들이 과학적 난제해결을 목표로 활용된다는 점에 기인한다. 즉, 서지분석 등을 통해서 세부분야별로 어떤 연구가 주로 행해지고 있고, 어떤 연구가 중요한지에 대한 분석이 선행되어야 어떤 연구를 수행할 것인가가 결정될 것이다. 이러한 결정에 있어서는 포트폴리오 분석 등 기술기획에서 활용되는 기법이 공통적으로 적용될 수 있다. 그러나 이러한 객관적 기법들은 과학자 개인이 학술적 훈련으로 터득한 주관적 전문성과 보완적으로 활용되어야 한다.

마지막으로, 기술기획이나 과학기획이 수행되는 맥락이 중요하다. 먼저 국가 수준에서 보았을 때, 서론에서 제기하였던 바와 같이, 추격형 국가에서 탈

다양한 변종 중 하나로 간주할 수도 있다. 그러나 본 논문은 과학로드맵은 단순한 로드맵 상의 표현 기법상의 문제가 아닌 별도의 원리와 방법론에 강조점을 두어야 한다는 입장을 견지하고 있다.

추격형 국가로 전환 중인 한국의 국가혁신시스템의 맥락을 고려해볼 필요가 있다. 특히, 기술기획이 이미 정해진 기술의 경로, 또는 경로가 일반적으로 알려져 있지 않더라도 주어진 상세사항(specification)을 구현하는 것을 목표로 한다면, 과학기획은 과학적 문제에 대한 전혀 알려지지 않은 해답을 찾아내는 것을 목표로 한다. 이러한 해답은 기술적 난제를 해결하면서도 고도의 경제적 수익과 연계되는 원천·기반 기술의 확보와 연계될 가능성이 높다. 따라서 국가 전체적으로 보았을 때, 혁신적인 지식의 생산을 유도하는 데에 매우 중요한 역할을 하게 된다. 국가수준 뿐만 아니라 기관이나 연구프로그램, 개별과제 수준의 맥락도 과학기획에 중요한 고려사항이 된다. 즉, 과학기획은 관련된 연구 분야의 특정 세부영역에서 과학적 중요도가 높거나 독창적인 기여를 할 수 있는 과학적 문제와 이에 접근하기 위한 방법을 도출할 수 있도록 기여할 수 있다. 이 때, 다양한 수준의 연구 주체들은 자신이 확보한 연구자와 연구시설 등의 연구역량을 고려하여 합리적인 전략적 선택을 할 수 있도록 해 준다.

2) 과학기획의 과정

보통 연구개발 또는 기술기획의 과정은 전략적 목표설정, 환경분석, 대안의 검토와 선택, 세부 실행계획의 작성, 작성된 계획에 대한 통제와 모니터링으로 이루어진다(현병환 외, 2006). 과학기획 또한 연구 활동을 위한 기획이라는 점에서 기술기획의 과정과 완전히 다를 수 없다. 이에 앞에서 논의한 과학기획의 특징을 주로 고려하여 과학기획의 과정을 제시하면 비교하면 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 기술기획과 과학기획의 과정 비교

과정	과학기획	기술기획
연구분야 정의	과학적 목표의 내용에 따른 분류 체계	상세 사항이 정해진 목적에 따른 분류 체계
연구동향 분석	논문분석, 전문가평가, 네트워크 분석	특허 및 논문 분석, 전문가평가, 네트워크 분석
역량 분석	연구수준, 연구자원 우수성 및 규모, 연구성과 우수성, 파급효과	기술수준 및 격차, 시장예측, 기술방어력, 파급효과
과제 세부목표설정 및 전략 수립	과학적 문제에 대한 적합한 해명(연구성과 우수성)	기술의 성능요구조건 달성도
로드맵 제시	과학적 문제 해결을 위한 전략적 접근을 시간의 축에 따라 나타낸 로드맵	기술개발 관련 제품 주기 개발 등 시장과의 연계관계를 중심으로 한 로드맵

첫째, 과학기획의 과정은 과학적 목표 즉 과학적 문제의 정의로부터 시작 된다고 할 수 있다. 이러한 과학적 문제의 정의는 연구 분야의 범위와 내용에 대한 정의에서 시작된다. 이때 연구 분류체계는 가장 핵심적인 요소이다. 연구 분류체계는 연구의 세부요소에 대한 기능 및 특성을 계층적으로 분석·분류함으로써 실현 가능한 전략 수립을 지원하는 방법으로써 연구분야를 정의 하고 연구자와 경영자가 의사소통 할 수 있는 수단으로 활용된다(김병수, 2006). 기술기획의 경우, 수요적 측면에서 개발된 특정 기술이 주로 사용되는 목적 및 기능에 따라 분류하는 체계로 연구개발 분야의 정의가 이루어진다. 반면 과학기획의 경우에는 공급(seeds)적 측면에서 세부 분야 연구의 원리나 학문분야에 근거하여, 과거와 현재는 물론, 미래의 도출되지 않는 분야를 포함하는 다양한 세부분야를 체계적으로 분류하는 방식으로 연구분야의 정의가 이루어져야 한다.

둘째, 연구동향 분석에서는 체계적으로 분류된 세부분야별로 어떤 연구들이 이루어지는지, 어떤 연구주체들이 이러한 연구에 참여하고 있는지, 또한 분야 간 관계는 어떠한지 등을 분석한다. 이는 주로 SCI (Science Citation Index), SCOPUS 등의 논문 데이터베이스에 기반을 둔 논문분석을 통해 이루어진다.⁴⁾ 특히, 과학기획에만 한정된 것은 아니지만 네트워크 분석을 활용하면 연구주체, 연구주체 등의 관계와 군집을 분석할 수 있다. 한편 이러한 계량적 분석 결과는 분야별 전문가의 정성적 평가에 의하여 보완될 필요가 있다. 이를 위해 분야별 전문가를 선정하여 전문가평가 결과를 필히 반영하여야 한다.

셋째, 역량분석에서는 연구의 질적·양적 수준, 연구 인프라의 수준, 연구 인력의 우수성 등을 탐색한다. 이에선 연구를 수행하는 주체를 중심으로 앞 단계에서 제시한 방법론 등을 통해 그 연구수준을 분석한다. 그리고 기술기획에 공통적으로 활용되는 포트폴리오 분석(예: SWOT 분석⁵⁾, BMO 분석⁶⁾) 등의 기법을 활용하여, 타 연구주체와 비교하여 적절한 수준을 평가할 수 있다.

넷째, 다음 단계에서는 연구과제의 세부목표를 설정하고 순위결정 등의 전략을 수립한다. 즉, 어떤 자원을 가지고, 어떤 세부분야에서, 어떤 방법으로 과학적 목표에 달성할 것인지 제시하게 된다. 특히 과제수행을 통해 연구성과가 어느 정도의 우수성과 생산성을 보일 수 있는지 설득력 있게 제시하는 것이 중요하다.

다섯째, 과학로드맵 작성 단계에서는 전 단계에서 구체화된 세부과제의 목표와 이를 달성하기 위한 전략 등을 시간 축에 따라 구체화한다. 기술로드맵

-
- 4) 향후 연구자 경력정보(CV), 웹사이트의 정보 등 비정형 정보를 통한 계량분석과 합의 도출이 중요한 과제로 대두되고 있다.
 - 5) SWOT(Strength Weakness Opportunity Threat) 분석이란 어떤 의사결정 주체가 놓인 환경을 기회와 위협의 관점에서 자신의 역량을 강점과 약점의 측면에서 분석하여 전략적 방향을 모색하는 기법이다.
 - 6) 현재를 기준으로 특정 기술 또는 프로젝트에 대한 추진여부와 우선순위 등을 판단하는 포트폴리오 기법으로, 메리필드(Bruce Merrifield) 박사가 제안하고 오헤(Ohe) 교수가 발전시킨 방법이며, 기법의 명칭은 이들의 이름에서 유래한다.

이 기술과 시장동향, 핵심기술, 제품과 이들의 관계 시간 축 등의 기준으로 도시했다면, 과학로드맵은 과학적 문제 해결을 위한 세부 연구주제별로 관련된 요소들 (예: 관측 기술 및 장비, 관측방법, 연구협력 주제)의 관계를 시간 축 등의 기준으로 보여준다는 점이 다르다.

3. 천문우주분야 과학기획 사례

이 장에서는 천문우주분야 출연(연)의 실제 기획 사례를 중심으로, 그 실제 기획 틀을 먼저 소개하고 이러한 틀에 따라 이루어진 천문우주분야 프로젝트의 기획 사례를 분석하고자 한다.

1) 과학기획의 틀 : 과정과 주요 산출물

천문우주분야 과학기획의 틀을 과정과 주요 산출물로 제시하면 다음 <그림 1>과 같다. 연구 분야 정의 단계에서는 과학적 문제와 연구의 분류체계도가 제시된다. 동향분석에서는 분야 논문의 추이, 연구 네트워크, 양적·질적 우수성의 결과가 제시된다. 다음으로 역량분석에서는 연구주체의 연구수준, 인프라수준, 인력규모 등이 비교 평가된다. 이러한 분석정보를 바탕으로 과제의 목표와 전략을 제시하고, 이는 과학로드맵으로 표현된다.

<그림 1> 과학기획의 틀



2) 천문우주분야 프로젝트 기획 사례: 변광천체의 물리적 특성 규명

이 절에서는 2009년 3월부터 동년 11월까지 천문우주분야 출연(연)에서 국내외 전문가가 공동으로 참여한 기획위원회에서 실제 기획된 “변광천체의 물리적 특성 규명” 프로젝트에 대한 사례를 분석하고자 한다(김승리·이재우·이문영, 2009). 이를 위해 기획과정별 실제 기획 결과물을 제시하고 토의하고자 한다.

(1) 연구분야 정의

미국 국가아카데미의 천문학 및 천체물리학 조사 위원회는 “별과 행성계의 형성, 거대행성과 지구형 행성의 탄생과 진화”를 21세기 천문우주분야 핵심규명과제 중 하나로 제시하고 있다. 이와 관련한 “변광천체의 물리적 특성 규명”이라는 과학적 과제에 대하여 “밝기(측광) 또는 스펙트럼(분광) 관측자료가 시간에 따라 변하는 천체의 시간적 변화현상을 분석하여, 우주의 기본 구성요소인 별(항성)뿐만 아니라, 외계생명체와 밀접하게 연관된 외계행성의 물리적 특성을 규명”한다고 정의하였다. 이러한 ‘변광천체의 연구’라는 과학적 목표를 2단계 분류인 외계행성연구, 변광성연구, 탐색관측 세 가지로 분류하고 세부분야별 정의 또한 제시하였다. 이들 세 분야는 변광천체의 연구라는 분야를 모두 포괄할 수 없음에도 불구하고, 현실적으로 연구주체의 자원의 한정성을 고려하여 선정되었다. 연구분야 정의에 있어서 기관의 전체적인 기획의 통일성을 위해 “변광천체의 물리적 특성 규명”외의 기관의 과학적 과제간 일정한 분류체계의 일관성(예: 과제의 규모와 용어의 추상성 등)을 유지하는 것이 중요하다.

(2) 연구 동향 분석

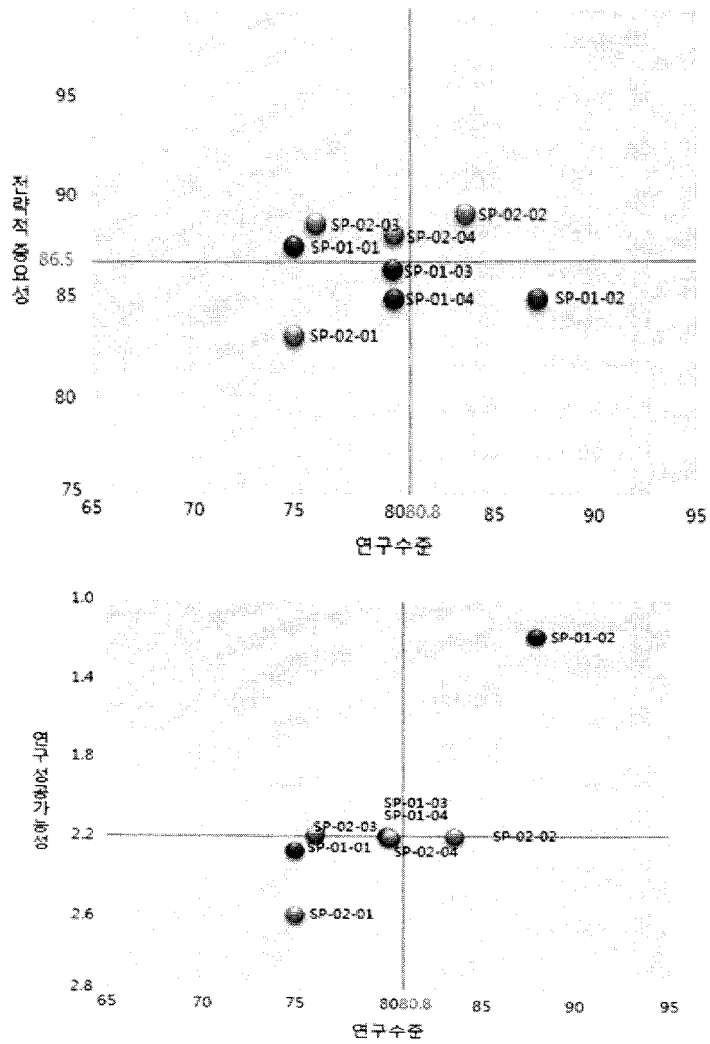
<그림 2>에서 제시된 바와 같이, 사례의 과제에서 논문 서지분석을 통해 세부 분야별로 논문생산의 추이, 연구 주체별 논문생산 현황을 파악할 수 있다. 또한 설정된 분야 논문맵(paper map)의 키워드가 존재하는 봉우리의 높이, 키워드와 키워드간 거리를 통해 세부 연구 테마의 등장과 그 상호관계를 분석할 수 있다.

이때 키워드의 봉우리가 높다는 것은 그 키워드를 중심으로 매우 많은 연구가 이루어지고 있다는 것을 의미하며, 키워드간 거리가 가깝다는 것은 두 키워드가 상당히 밀접한 관련성을 가지고 여러 연구에 등장한다는 것을 의미

한다. 따라서 예기치 않은 키워드의 등장이나 관계패턴의 발견을 통해 새로운 분야의 등장을 인식하거나 키워드에 기반을 두어 방법론적 결함을 피할 수 있다. 본 과제의 논문맵의 경우, “Pulsation”이라는 단어의 빈도수가 높아 맥동변광성에 대한 연구가 활발히 진행된다는 것을 알 수 있었다. 또한 “Halo”, “Magellanic Cloud” 등 단어의 빈도가 높아 별이 밀집한 지역의 탐색관측의 방법이 주로 이루어지는 것을 알 수 있다.

마지막으로 사회네트워크 분석(social network analysis)을 통해 연구자간 관계와 군집을 알아내어 전략적인 협력주체를 파악할 수 있다. 예를 들면 네트워크에서 매우 높은 생산성을 가지는 예상치 못한 타 연구주체(본과제의 경우, 중국의 연구기관)와의 연구협력이 약하거나 결여되어 있을 경우, 이 주체의 연구 네트워크에 접근할 수 있는 경로(예를 들면, 세부 연구주체, 가까운 협력자 등)를 탐색할 수 있게 된다. 이러한 과정에서 연구자 개인의 암묵적 전문성을 기준으로 노이즈로 판단되는 키워드를 제거하는 것이 중요한 요소 중 하나이다.

<그림 3> 세부 연구요소의 도출



자료: 김승리·이재우·이문영 (2009).

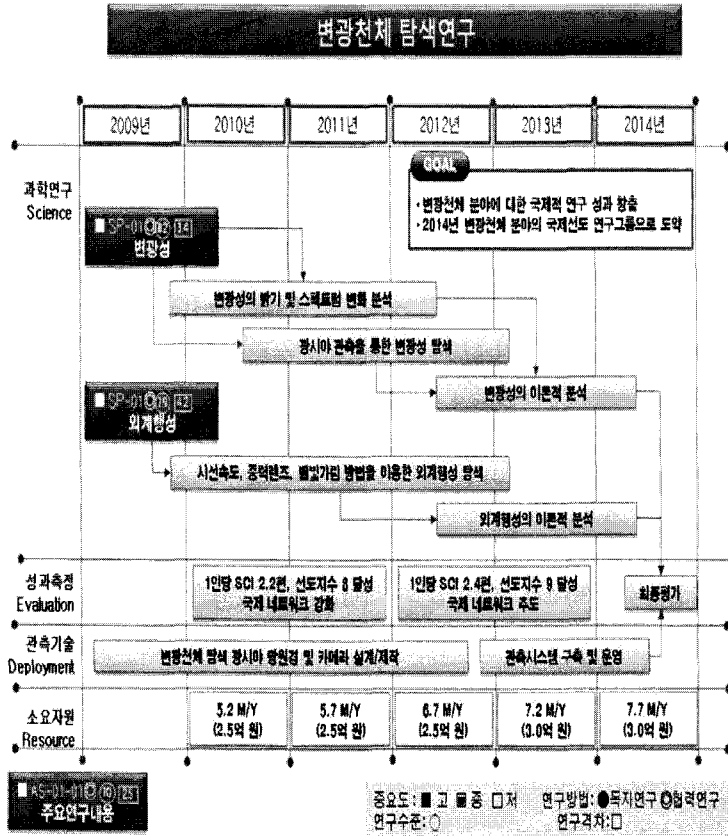
(4) 과제 및 전략 도출

이 단계에서는 앞에서 제시한 연구역량 분석에 따라 도출된 세부연구요소 중에서 포트폴리오 분석을 통해 적절한 기준을 충족하는 핵심과제를 선택하게 된다. 이러한 선택에 따라서 구체적인 과제 내용과 전략이 도출되는데, “변광천체의 물리적 특성 규명” 과제에서는 ‘2014년 변광천체 탐색연구 분야의 국제적 선도그룹으로 도약’이라는 목표 아래, ‘전용 관측장비 확보’, ‘우수 인력 양성’, ‘학연 및 국제협력’이라는 전략적 목표별로 세부 전략을 제시하였다. 또한 이를 추진하기 위해서 내부 연구팀과 해외 연구그룹 등 여러 연구주체가 2014년까지 어떤 체계를 구성하여 과제를 추진할 것인지 제시하였다. 마지막으로 이러한 과제의 연구를 통해 생산될 결과의 우수성을 계량적으로 보여주고 과학적 과제에 대한 해답의 제공에 대한 적절성과 설득력, 파급효과 등을 설명하였다.

(5) 로드맵 제시

이전 단계에서 도출된 세부과제의 목표와 전략을 시간의 흐름에 따라 표시하면 다음 <그림 4>와 같다. 이 과학로드맵은 “변광천체의 물리적 특성 규명”이라는 과학적 목표를 “변광천체 탐색연구”라는 과제 아래 변광성과 외계행성의 두 세부 범주별 전략을 시간 축에 따라 제시하였다.

<그림 4> “변광천체의 물리적 특성규명”과제의 과학로드맵



자료: 김승리·이재우·이문영 (2009).

제시된 과학로드맵은 기술기획의 결과를 나타내는 기술로드맵과 차이점을 나타낸다. 즉, 기술로드맵이 시장이나 기술변화에 따른 기술개발과 제품에 초점을 맞추는 반면, 과학로드맵은 과학적 문제의 규명(본과제의 경우, 변광천체의 탐색)에 초점을 맞추어 기술이나 장비(본과제의 경우, 망원경과 카메라 제작기술 및 관측시스템)가 부차적으로 제시된다. 공통점 또한 존재하는데, 연구의 중요도와 그 수준에 대한 계량적 목표치를 제시하고 관측기술이나 장

비와 같은 것은 독자개발, 협력개발, 기술도입 등의 전략(본과제의 경우, 협력 연구를 중심으로 추진)을 제시한다.

이러한 세부과제의 로드맵이 기관차원의 연구프로그램이나 국가 내 분야를 아우르는 수준으로 확대될 경우, 다양한 과학적 목표와 전략간의 상호관계를 파악할 수 있도록 해 준다. 왜냐하면 특정 과학적 목표는 다른 과학적 목표와 연계되어 있기 때문이다. 또한 기술로드맵과 통합될 경우, 어떤 기술이 과학적 규명에 연계가 되고, 반대로 과학적 난제 해결이 어떤 기술개발에 영향을 줄 것인지를 한눈에 보여 줄 수 있게 된다.

4. 결론 및 시사점

앞에서 우리는 기술기획에 대별하여 과학기획의 개념적 요소와 과정 및 방법론을 논의하고 제안하였다. 또한 이러한 방법론에 따른 과학 프로젝트의 기획사례를 제시하였다. 그러나 실제 다양한 기획사례에 있어서는 과학적 과제의 특성에 맞게 변용하여 활용할 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 본 연구는 과학기획의 한 방법론을 제시하여 향후 이를 기준으로 방법론의 발전은 물론 기획의 질을 제고할 수 있는 단초를 마련하는 데에 기여할 것이다.

서론에서 우리는 과학의 기획 가능성과 기획의 의미에 대하여 논의하였다. 본 연구를 통해 일종의 블랙박스에 가려져 있던 과학의 기획 과정을 일반화하여 과학활동에 있어서의 선택, 전문성의 개입 등에 대한 분석이 가능하도록 하였다. 이는 또한 연구기관이나 국가차원에서 과학연구의 과제선정과 연구 자원 배분에 있어서 합리성을 제고하는 데에 기여할 수 있을 것이다.

특히 향후에는 개인 또는 개별 과학프로젝트 차원의 영역에서 수행되던 과학기획이 국가 또는 기관 차원의 과학기획 방법론으로 구체화해야 할 시점이다. 특히, 기초연구분야 정부출연(연) 또는 기업연구소의 연구기획에 유의미한 방법론적 시사점을 던져 줄 수 있다. 그리고 국가기술로드맵(NTRM)은 작성

하고 있으나 기초연구분야에서 대학, 출연(연), 기업 등 다양한 주체들이 참여하는 국가과학로드맵(NSRM)은 아직 기획조차 된 바 없는데, 이를 통해 과학분야에서 역량에 대한 지도와 전략을 만들어 탈추격 국가로 이행하는 데에 필수적인 한국의 과학기술역량을 제고할 수 있을 것이다.

□ 참고 문헌 □

- 권기석 (2006), 『영국 포사이트 (Foresight) 프로그램의 특징과 시사점』, 기술정책자료집 06-06, 한국산업기술재단.
- 권기석·안유섭·이영구(2009), 『한국천문연구원의 논문 성과 분석: 서지 및 사회 네트워크 방법론을 중심으로』, 기술보고서(No. 09-006-079), 한국천문연구원.
- 김병수 (2006), 「국가연구개발정책과 전략적 기획, 천문(연) 세미나 자료」 (2008. 11. 27).
- 김승리·이재우·이문영 (2009), 「변광천체탐색 기획연구」, 『선도핵심기획연구 결과보고서』, 한국천문연구원.
- 배종태 (2009), 「R&D 프로젝트 관리」, 『연구개발기초과정 교육자료』, 연구개발인력교육원.
- 이영희 (1995), 『과학기술과 사회의 상호관계』, 과학기술정책관리연구소.
- 이종욱 외 (2005), 『R&D 관리』, 서울: 경문사.
- 현병환·윤진효·서정해 (2006), 『신연구개발기획론』, 서울: 경문사.
- (주)테크노베이션파트너스 (2009), 『천문분야 계량정보분석 최종보고서』, 한국천문연구원.
- Astronomy and Astrophysics Survey Committee (2001), *Astronomy and Astrophysics in the New Millennium*, National Academy of Science.
- Bush, V. (1945), *Science: the Endless Frontier, A report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, Washington DC: National Science Foundation.
- Dasgupta, P. and David, P. (1994), "Toward a New Economics of Science", *Research Policy*, Vol. 23, No. 5, pp.487-521.
- Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. eds. (1997), *Universities in the Global Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, London: Cassell Academic.
- Gibbons, M. et al. (1994), *The New Production of Knowledge*, London: Sage.

- Kuhn, T. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago.
- Martin, B. R. (2003), "The changing social contract for science and the evolution of the university", In Geuna, Aldo et al. eds., *Science and Innovation: Rethinking the Rationale for Funding and Governance*, pp. 7-29, Cheltenham: Edward Elgar.
- Nelson R. R. (2004), "The market economy and the scientific commons", *Research Policy*, Vol. 33, No. 3, pp. 455-471.
- OECD (1992), *Technology and Economy*, Paris: OECD
- _____ (2002), *Frascati Manual*, Paris: OECD.
- Phaal, R. (2001), *Technology roadmapping: linking technology resource to business objective*, University of Cambridge.
- Polanyi, M. (1962), "The Republic of Science", *Minerva*, Vol. 1, No. 1, pp. 54-72.
- Stokes, D. E. (1997), *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Washington D.C: Brookings Institution Press.

논문 투고일 2009년 11월 2일
논문 수정일 2009년 12월 8일
논문 게재 확정일 2009년 12월 20일

Methodology and Application of Science Planning in the field of Astronomy and Space Science

Kwon, Ki-Seok and Lee, Moon-Young

ABSTRACT

This study not only suggests a methodology of science planning different from technology planning, but also applies the methodology to the case of astronomy and space science project. Throughout the analysis on this practice, we have provided logical tools for science project planning, and have identified a decision making process in science which has been regarded to be in a 'black box'. Therefore, this science planning technique can contribute to a more rationalized allocation of scientific resource at a project level as well as at a national level. In particular, catch-up countries in a transition to post catch-up stage such as Korea can establish a more efficient national R&D system by application of science planning concept to an emerging technology area.

Key Terms

Science planning, science map, technology planning, catch-up, astronomy and space science