

과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비 평가모형 분석

: 모형의 신뢰성 및 타당성 검토를 중심으로

An Evaluation Model for the Major Science Research Facilities and Equipments to
Enhance the Competitiveness of the Science and Technology:
A Focus on the Test of Reliability and Validity of the Model

권기현(Gi Heon Kwon)*, 차용진(Yong Jin Cha)**, 이홍재(Hong Jae Lee)***

목 차

- | | |
|------------|----------------|
| I. 서론 | IV. 분석결과 |
| II. 이론적 고찰 | V. 결론 및 정책적 함의 |
| III. 연구방법 | |

국 문 요 약

본 연구의 목적은 과학기술경쟁력 향상을 위한 대형연구시설 및 장비구축 평가모형을 도출하고 이 평가모형의 신뢰성 및 타당성을 검토하고자 한다. 분석결과, 대형연구시설 및 장비구축 평가모형에 대한 신뢰성 및 타당성이 높게 나타났다. 과학기술과 국가정책차원의 신뢰성 분석결과에서 2개의 구성요인의 신뢰성은 높게 나타나고 있어, 과학기술차원의 5개 측정지표들, 국가정책차원의 6개 측정지표들의 내적일관성이 매우 높음을 보여주고 있다. 또한 타당성 분석결과에서 과학기술, 국가정책차원은 내용타당성, 구성타당성 그리고 기준타당성이 높게 나타나고 있다. 또한 고차요인 분석결과에서 대형연구시설 및 장비구축 평가모형 적합도가 대체로 적합하게 나타나고 있어 평가모형과 자료가 잘 부합되고 있음을 보여주고 있다. 이러한 분석결과를 토대로 본 연구에서는 정책적 함의를 제시하고 있다.

핵심어 : 과학기술경쟁력, 신뢰성, 타당성, 구조방정식모형, 고차요인분석

* 성균관대학교 행정학과 교수, gkwon77@empal.com

** 강남대학교 행정학과 부교수, Carnegie Mellon University Visiting Associate Professor, yjcha@kangnam.ac.kr

*** 안양대학교 행정학과 겸임교수, hongjae2@paran.com, 교신저자

ABSTRACT

The purpose of this study is to construct the evaluation model for the major science research facilities and equipments to enhance the competitiveness of the science and technology and also to test the reliability and validity of the model. To achieve the purposes, this study theoretically reviews the concept of the major science research facilities and equipments and their characteristics. Through a review of literature, this study draws 11 criteria for evaluating the priorities of the major science research facilities and equipments. These criteria are categorized as two dimensions - 'science & technology' and 'national policy'. The dimension of science & technology includes scientific importance, technological readiness, utilization rate, common utilization rate, and ability of management and operation. The national policy dimension contains degree of correspondence with national science development, imperativeness of national policy, science and technical effectiveness, economic and industrial effectiveness, responsiveness of research demand, and equity among the related institutions. The competitiveness of the science and technology consists of these two dimensions. The evaluation model is established on the framework of criteria. The 18 major science research facilities and equipments are selected through a series of Delphi. The survey of experts (BT, ET, IT, NT and ST) is also implemented to evaluate the 18 major science research facilities and equipments by 11 criteria. The overall results indicate that the reliability and validity of the model are good. The reliability tests show that the five indicators of science & technology and the six indicators of national policy have high internal consistencies. The confirmatory factor analyses reveal that the two constructs - 'science & technology' and 'national policy' - have high convergent and discriminant validity. The correlational analyses also show that the criteria-related validity between them is high. Furthermore, the results of higher order factor analysis indicate that the fit indices of the model are high and suggest a good fit to the data. Based on these findings, the policy implications of the model are discussed.

Key words : competitiveness of science and technology, reliability, validity, structural equation modeling, higher order factor analysis

I. 서론

지적자본이 부가가치창출의 핵심 원천으로 인식되는 지식기반사회에서 과학기술 경쟁력은 국가경쟁력을 좌우하는 중요한 요인이라 할 수 있다(Drucker, 1993; OECD, 2004). 지식정보·과학기술이 부와 성장의 원천이 되는 지식기반사회로의 이행은 더욱더 가속화되어 가고 있다. 급진적인 기술 변화와 혁신은 사회 전 분야에 걸쳐 광범위한 영향을 미치는 등 세계적 기술경제 패러다임(techno-economic paradigm)이 변화하고 있다. 특히 산업구조가 공학주도에서 과학주도로 전환됨에 따라 과학기술 경쟁력 향상을 위해 기초과학의 비중이 증대되고 있고 이는 기초과학의 토대가 원천기술의 확보를 가능케 하고 원천기술에서 창출되는 부가가치가 한 국가의 과학기술 경쟁력은 물론 국가경쟁력과 직결되기 때문이다.

최근 과학기술 패러다임의 중요한 내용 중의 하나는 혁신적인 과학적 발견 및 연구개발 과정에서 첨단 대형연구시설 및 장비에 대한 의존도가 높아지고 있다는 것이다. 과학기술의 첨단화·고도화가 급속하게 진전되면서 첨단 대형연구시설·장비는 연구개발성과의 극대화를 위한 필요조건으로 간주되고 있다(권용수, 1997; NISTEP, 2004). 새로운 과학분야의 등장에 따른 장비의 고성능화 및 대형화 추세가 이루어지고 있으며, 기초연구와 응용연구 간 융합, 생명공학기술(BT)과 정보기술(IT)의 융합 등 학제간·기술개발 단계간 융합화 경향으로 연구 및 시설·장비의 대형화가 과학기술 분야의 중요한 정책과제로 대두되고 있다(황병상, 2005; 이철원, 2003; 과학기술부, 2003; 권용수, 1997). 과학기술 경쟁력 제고 및 기초과학 진흥 여부는 첨단 연구개발 활동을 촉진시킬 수 있는 대형연구시설 및 장비구축 여부에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 이에 따라 세계 주요 선진국들은 첨단 대형연구시설 및 장비구축을 통한 연구개발 역량 강화로 미래 지식기반 사회를 대비하고 있다. 특히 미국, 영국 등은 미래 연구시설 구축과 관련된 로드맵을 설정하고 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비구축을 계획하고 있다.

대형연구시설 및 장비의 경우 많은 비용이 소요되고 대부분 기초연구에 치중되어 있어 민간기업 입장에서는 높은 위험부담으로 투자를 기피하는 현상을 보이고 있다. 이에 대형연구시설 및 장비구축은 개별 연구주체 또는 민간의 투자보다는 국가적 차원에서 투자하고 구축하여 이를 공동으로 활용할 수 있도록 운영하는 것이 보다 효과적일 수 있다. 또한 과학기술분야에서 차지하는 기초과학 진흥의 필요성과 대형연구시설 및 장비의 중요성 측면에서 국가발전 전략에 부합하고 미래수요에 부응하는 대형연구시설 및 장비구축과 관련된 국가적 차원의 정책적 고려가 필요하다. 특히 효율적인 대형연구시설 및 장비구축과 활

용을 위해서는 투자효율성의 극대화라는 관점에서 전략적 투자우선순위 설정과 이를 위한 평가체계가 마련되어야 한다.

반면 현재까지 우리나라의 과학기술 대형연구시설 및 장비구축은 전략적 투자우선순위 평가가 부재한 상황에서 그동안 임시방편적(ad hoc)으로 투자되어온 실정이다. 또한 현행 과학기술정책은 해당분야 및 산업의 당면과제를 해결지원하는데 우선순위를 두고 있어 과학기술 연구 기반시설 분야는 상대적으로 취약한 실정이다. 이러한 상황에서는 대형연구시설 및 장비구축에 대한 장기적 투자효율성의 극대화와 기초과학 진흥을 기대할 수 없다(권기현 외, 2006).

이러한 맥락에서 본 연구의 목적은 해외에서 활용되고 있는 대형연구시설 및 장비구축의 투자우선순위 평가기준 검토를 통해 과학기술 연구와 경쟁력 향상을 위한 대형연구시설 및 장비구축의 우선순위 평가기준들을 도출하고 이러한 평가기준들을 기초로 평가모형을 구성하고, 이 평가모형의 신뢰성 및 타당성 분석을 통해 정책적 함의를 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 대형연구시설의 개념 및 정책적 특성

1) 대형연구시설의 개념

연구장비란 시험, 연구, 분석, 조사, 교육, 실습, 훈련, 검사, 감정, 측정, 관측, 시추, 탐사, 측량, 의료 기타 이와 유사한 용도로 사용되는 기기, 장비와 그 부수기재를 말하며, 과학기자재, 실험실습기자재, 연구기자재 등을 포함하는 개념이다(과학기술부 외 2005: 102). 반면 대형연구시설 및 장비에 관한 정확한 개념은 아직까지 정립되지 않은 실정이며, 각 국가별 연구개발 단계, 규모 및 목적에 따라 다양하게 정의되고 있다(OECD, 1992; 이철원, 2003; 권기현 외, 2006). 기존 연구에서 제시된 대형연구시설 및 장비의 개념을 검토하면 다음과 같다. OECD(1992)는 대형연구시설 및 장비를 물리, 화학, 바이오, 천문, 지구환경, 해양, 우주, 항공 등에 사용되는 거대과학(Mega-Science)에 필요한 모든 첨단 고가 시설 및 장비로 규정하고 연구시설의 규모와 연구대상의 규모가 크고, 참여 연구인력과 필요 연구분야의 복잡성이 큰 과학 프로젝트로 규정하고 있다.¹⁾ 이철원(2003)은 기초과학

¹⁾ OECD(1992)의 개념에 의하면 연구목적이 상업적 측면이나 서비스 측면이 강한 분야는 일반적으로 제외한다.

중 특정 연구분야 뿐만 아니라 공동 활용이 가능한 첨단 고가 장비만을 대형 연구장비로 규정하고 있다. 구체적으로 국가 기초과학 발전을 위해 필요하거나 기반구축의 차원에서 도입·운영해야 할 장비로서 연구장비 도입가가 50억원-100억원 범위내의 장비 또는 중규모(10억원-30억원 정도) 장비의 집적 및 시스템화를 통한 특성화된 연구시설 및 장비로 규정하고 있다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 대형연구시설 및 장비의 개념은 연구기관의 관점 및 적용 범위에 따라 차이가 있으나 공통적으로 기초과학 진흥을 위해 국가적 차원에서 공동 활용이 필요한 대형 연구시설 및 장비로서 연구장비 도입가가 50억원 이상인 연구시설 및 장비 또는 사업규모가 100억원 이상인 연구시설 및 장비로 정의할 수 있다(권기현 외, 2006).

2) 대형연구시설 구축의 정책적 특성

기존의 기술정책 패러다임은 특정 프로젝트의 수행을 통해 기술적 성과를 얻어내는 임무지향적 기술정책이었다. 하지만 최근의 경우 이러한 기술정책 패러다임의 변화가 이루어지고 있다. 즉, 기존의 임무지향적 기술정책에서 연구개발의 기반조성과 하부구조를 강조하는 기술정책 패러다임으로 전환되고 있다.

과학기술 인프라의 구축은 과학기술 인력 및 연구개발 인력이 효율적인 연구활동을 수행할 수 있도록 하는 가장 기본적인면서도 핵심적인 요소이다. 즉, 과학기술 연구기반 및 효과적인 연구개발을 위한 인프라의 구축은 새로운 지식과 과학기술을 창출하는 필요조건이자 핵심요인으로 작용한다. OECD의 '성장프로젝트' 보고서에서도 전반적인 과학기술 환경과 혁신친화적인 과학기술 인프라의 중요성을 강조하고 있다(과학기술부, 2003). 대형 연구시설중심의 거대과학 연구는 세계 수준의 연구장비의 개발, 종합적인 연구기능을 가능하게 하는 기초과학과 기초연구의 연구기반 시설의 확보를 통한 과학기술의 하부구조 구축으로 가능하다(권용수, 1997). 이러한 관점에서 우수한 연구시설의 지원은 강력한 연구기반 구축에 필수적이다. 대형연구시설 및 장비의 경우 대학, 민간, 정부출연(연) 등 과학기술 연구주체가 공동 활용할 수 있다는 측면에서 일종의 공공재의 성격을 가지고 있어 대형연구시설 및 장비의 구축에 대한 정부의 체계적인 정책지원이 필요하다.

한편 과학은 규모 측면에서(인간 유전자 프로젝트, 고에너지 물리 등) 국제적 이슈 측면에서(기후변화, 테러, 질병 등) 국제적인 대규모 사업이 발전되고 있다. 국가차원의 네트워크 및 시설위주인 많은 분야들이 국제적인 차원으로 대체되고 있고, 민간의 연구개발 투자를 유치하기 위한 국제적 경쟁이 치열해지고 있다. 이러한 상황에서 대형연구시설 및 장비

의 효율적인 구축은 국가 경쟁력 향상의 중요한 요인으로 고려되고 있으며,²⁾ 국제적 연구 개발 프로젝트의 유치에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(권용수, 1997). 또한 국제적 연구개발 사업의 협력파트너로서 국내 연구 인력의 국제적인 연구개발 활동에의 참여를 기대할 수 있다.

2. 대형연구시설 구축 우선순위 평가기준

효율적인 대형연구시설 및 장비구축 및 활용을 위해서는 목표달성 및 투자효율성의 극대화라는 관점에서 전략적인 투자우선순위 평가가 수행되어야 한다. 투자우선순위 평가를 위해서는 무엇보다 대형연구시설 및 장비 구축과 관련된 우선순위 평가기준이 정립되어야 한다. 대형연구시설 및 장비 선정기준 또는 이의 구축에 관한 우선순위 평가기준은 국가나 기관에 따라 다양하게 규정되어 있다. 본 연구에서는 이들 국가들의 대형연구시설 구축 관련 우선순위 평가기준을 검토하고 우리에게 적용가능한 평가모형을 도출하고자 한다.

OECD(1992)는 주요 국가의 연구시설들에 대한 우선순위 평가기준으로 과학기술 기여도 차원과 국가 기여도 차원의 평가기준을 제시하고 있다. 과학기술 기여도 차원의 세부 평가기준으로는 ① 과학적 중요도, ② 확정된 수요, ③ 독창성, ④ 파급효과, ⑤ 국제적 협력성 등이 포함되고 국가기여도 차원의 세부 평가기준으로는 ① 산업적 중요도, ② 사회적 중요도, ③ 국제경쟁력 등이 포함된다.

미국 National Science Foundation(NSF)은 Major Research Equipment Program 등 다양한 프로그램을 통해 대형연구시설 및 장비를 구축하고 있다. NSF의 대형연구시설 선정기준 및 우선순위 평가는 크게 3단계에 의해 이루어진다. 첫 번째 단계는 해당 분야의 연구자에 의해 평가되어진 과학기술 기준에 의해 평가된다(National Science Foundation, 2004). 구체적인 평가기준으로는 ① 대형연구시설의 과학적 장점, 잠재성, 기회, ② 기술적 준비성, ③ 대형연구시설 제안자의 과학적 신뢰성, ④ 대형연구시설 제안자의 관리운영 능력 등이 포함된다. 두 번째 단계는 NSF 이사회의 자문 위원회에 의해 평가된 기관의 전략적 기준으로 ① 기관에서 운영하는 연관 분야와의 과학적 균형, ② 발전의 효과성(기관관점), ③ 학제간 연구수요의 대응성, ④ 다른 기관과의(기관간) 책임성, ⑤ 교육 및 노동력 발전 효과성, ⑥ 발전 및 구축에 대한 준비성 등의 기준에 의해 평가된다. 세 번째 단계에서는 국가과학위

²⁾ 이러한 측면에서 미국 DOE(2002)를 비롯한 영국 Office of Science and Technology(2001; 2003)와 일본 NISTEP(2004)은 국가적 차원에서의 대형연구시설 및 장비 구축활용의 중요성을 인식하고 이에 관한 전략적 로드맵과 활용대책을 발표한 바 있다.

원회에 의해 평가된 국가적 기준에 의해 평가되는데, 구체적으로 ① 과학연구 변화잠재성, ② 과학연구 국가적 선도 잠재성, ③ 다양한 참여자에 대한 편익성, ④ 시급성, ⑤ 국가적 우선순위 효과성, ⑥ 과학계의 지원 정도, ⑦ 과학적 균형발전(국가차원) 등의 기준에 의해 평가가 수행되고 있다.

미국 Department of Energy(DOE)는 향후 20년 동안 구축할 28개 대형과학연구시설을 평가선정하였다. DOE의 대형연구시설 우선순위 선정기준은 과학적인 중요성, 건설을 위한 준비정도 등 크게 두 개의 차원으로 구분된다(DOE, 2003). 과학적 중요성 차원은 ① 가장 높은 과학적 중요성, ② 두번째 과학적 중요성, ③ 평가하기 어려운 과학적 중요성 등으로 세분화된다. 또한 건설의 준비성 차원은 정도에 따라 시설들을 단기, 중기, 장기로 분류하고 있다.³⁾

영국 Office of Science and Technology(2001; 2003)은 대형연구시설의 체계적이고 효과적인 구축을 위한 전략적 계획으로 대형연구시설 로드맵(Large Facilities Roadmap)을 수립하였다.⁴⁾ 대형연구시설 구축을 위한 우선순위 평가기준은 ① 과학적 우수성, ② 과학적 포괄성, ③ 사용자 적실성(타당성, 적시성, 유용성), ④ 지역적 적절성(세계적, 국가적, 지역적), ⑤ 시급성, ⑥ 실현가능성 등으로 세분화되어 있다.

독일 German Science Council(2003)의 대형연구시설에 관한 우선순위 평가기준은 전문가와 정책적 관점 2가지 차원으로 구별된다. 전문가 관점의 세부 평가기준으로는 ① 대형연구시설의 과학적 발전가능성, ② 대형연구시설의 기술적 혁신가능성, ③ 관련기관의 과학 기술적 역량, ④ 사용자 수용가능성, ⑤ 연구의 중요도(기술이전, 국가경쟁력, 과학 후속 세대 양성) 등이 포함된다. 정책적 관점의 세부 평가기준은 ① 과학적 잠재성, ② 정책목표 수행가능성, ③ 과학적 개념의 실현가능성, ④ 과학적 발전가능성(연구조사 분야에 대한 국가적, 국제적 과학 개발의 함의) 등으로 구성되어 있다.

호주 The National Research Priorities Taskforce(2002)에서 제시하고 있는 국가적 연구 우선순위 평가기준은 투자효과성과 연구 기여도 차원, 2가지 차원으로 구분된다. 투자효과성 차원의 세부 평가기준은 ① 국가적 차원의 공동활용 정도, ② 사회문화적 적합성, ③ 국가적 역량 구축 정도(전문성, 경험, 기술적 역량), ④ 연구기반 시설의 활용가능성, ⑤ 국제 협력가능성, ⑥ 투자 파급효과 등을 포함한다. 연구 기여도 차원의 세부 평가기준은 ① 상용

3) DOE는 28개 대형연구시설(Major Science Research Facilities) 우선순위 선정 결과, 단기, 중기, 장기 등 3그룹으로 분류하여 각각 12개, 8개, 8개 시설을 선정하였다.

4) 영국 Office of Science and Technology(OST)는 2001년 6월 대형연구시설에 관한 전략적 로드맵(Large Facilities Strategic Roadmap)을 발표하였으며, 이후 'UK-Road Map 2001'을 보완 발전시킨 'UK-Road Map 2003'을 발표한 바 있다.

화 가능성, ② 지식기반 및 과학기술 혁신에의 기여도 등을 포함하고 있다.

이상의 국제기구 및 해외 국가기관에서 제시·활용하고 있는 평가기준들을 종합적으로 검토하면 대형연구시설 및 장비의 효과적인 구축 및 활용을 위한 각국의 투자우선순위 평가의 관점은 과학기술 경쟁력 제고를 위한 과학기술차원과 국가정책차원의 중요성을 강조하고 있다. 즉, 국가 과학기술 경쟁력 제고에 평가목적을 두고 특정 대형연구시설 및 장비 구축이 과학기술 발전에 기여하는 정도와 국가발전에 부합하는 정도에 초점을 두고 있다. 또한 각 차원별 투자우선순위 평가기준은 정책적 관점에서 소망성(desirability)과 실현가능성(feasibility)을 고려하여 설정될 필요가 있다(Baker et al., 1975; Dunn, 1994; 정정길, 1988; 강근복, 2000). 따라서 본 연구에서는 기존연구에서 제시하고 있는 평가기준들을 기초로 대형연구시설 및 장비 구축의 우선순위 평가기준을 과학기술차원과 국가정책차원으로 구분하고, 소망성과 실현가능성을 고려한 각 차원별 세부 평가기준들을 다음과 같이 제시하고 있다.

〈표 1〉 대형연구시설 구축 우선순위 평가기준

차 원	평가기준
과학기술	<ul style="list-style-type: none"> - 과학적 중요성(장점, 잠재성, 기회) - 기술적 준비성 - 대형연구시설 및 장비의 활용률 - 대형연구시설 및 장비의 공동 활용정도(BT, NT, ET, IT, ST 등) - 사용기관의 관리 및 운영능력
국가정책	<ul style="list-style-type: none"> - 국가 과학발전에의 부합정도(NTRM, 차세대 성장동력 핵심기술과의 부합정도) - 국가 정책적 차원의 시급성 - 대형연구시설 및 장비의 과학기술적 파급성 - 대형연구시설 및 장비의 경제산업적 파급성 - 학제간/기초과학 연구수요의 대응성 - 관련 정부기관과의 형평성

과학기술차원의 우선순위 평가기준으로 ① 과학적 중요성(장점, 잠재성, 기회), ② 기술적 준비성, ③ 대형연구시설 및 장비의 활용률, ④ 대형연구시설 및 장비의 공동 활용정도(BT, NT, ET, IT, ST 등), ⑤ 사용기관의 관리 및 운영능력이 포함되고, 국가정책차원에서는 ① 국가 과학발전에의 부합정도(NTRM, 차세대 성장동력 핵심기술과의 부합정도), ②

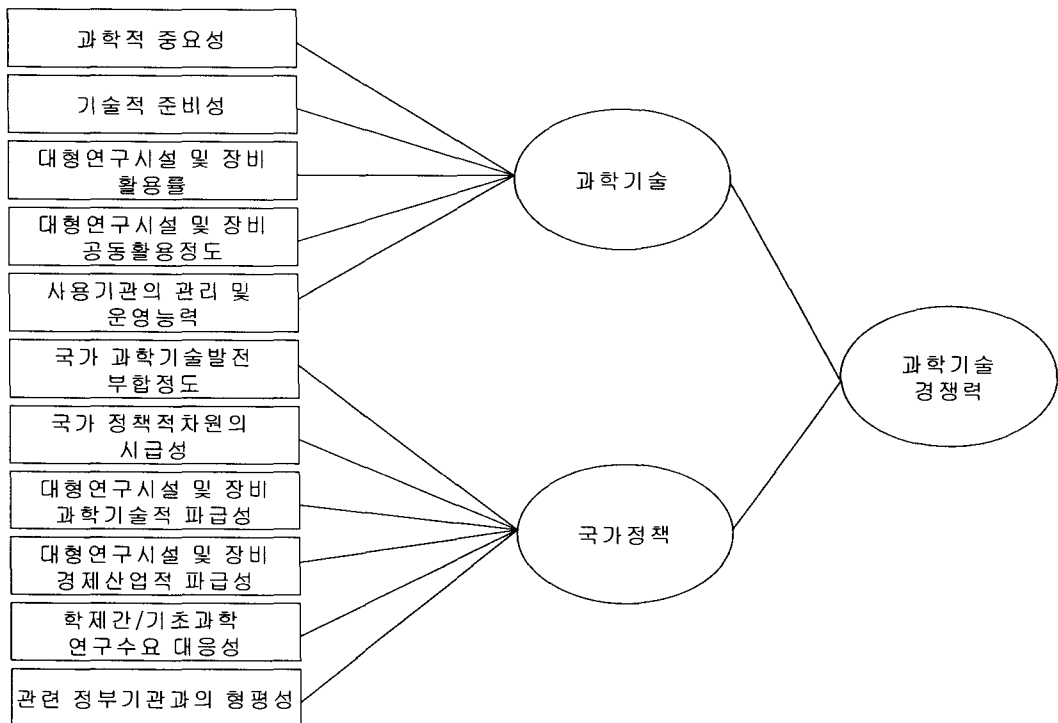
국가 정책적 차원의 시급성, ③ 대형연구시설 및 장비의 과학기술적 파급성, ④ 대형연구 시설 및 장비의 경제산업적 파급성, ⑤ 학제간/기초과학 연구수요의 대응성, ⑥ 관련 정부 기관과의 형평성이 포함된다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구모형

위에서 제시된 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비구축 평가기준의 구 성체계를 토대로 본 연구에서는 <그림 1>과 같은 평가모형을 구축하였다.

<그림 1> 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비구축 평가모형



〈그림 1〉에서 과학기술 경쟁력 평가모형은 과학기술 및 국가정책의 2개의 요인으로 구성되어 있고, 과학기술요인은 5개, 국가정책요인은 6개 평가지표(evaluative indicators for competitiveness of the science and technology)로 구성되어 있다. 대형연구시설 및 장비에 대한 개념 및 정책적 기대효과와 같이 본 평가모형에서는 각 요인들의 평가정도가 높을수록 국가의 과학기술 경쟁력은 높아진다고 가정한다.

과학기술요인은 5개의 평가지표-과학적 중요성, 기술적 준비성, 대형연구시설 및 장비 활용률, 대형연구시설 및 장비 공동 활용 정도, 사용기관 관리 및 운영능력으로 구성되어 있고, 국가정책요인은 6개 평가지표-국가 과학기술발전 부합정도, 국가 정책적 차원의 시급성, 대형연구시설 및 장비 과학기술적 파급성, 대형연구시설 및 장비 경제산업적 파급성, 학제간/기초과학 연구수요 대응성, 관련 정부기관과의 협평성으로 구성되어 있다.

2. 분석방법

본 연구에서는 미래 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비 도출을 위해 3 단계에 걸친 기초과학 전문가회의(Delphi)를 통해 대형연구시설 및 장비 목록을 선정하였다. 1단계에서는 기초과학 전문가를 대상으로 기존 및 계속사업에 대한 의견조사가 수행되었고 2단계에서는 기초과학연구자, 한국기초과학지원연구원 등 대형연구시설 및 장비 관련 전문가(물리, 화학, 생물, 지구과학, 기초과학 일반)를 대상으로 의견조사를 실시하여 12개의 대형연구시설 신규후보(NMR 등)가 추천·검증되었다. 3단계에서는 기초과학 전문가를 대상으로 각 분야별(BT, NT, ET, IT, ST) 유사중복 목록의 조정, 대형연구시설 및 장비의 각 분야별(BT, NT, ET, IT, ST) 균형 배정, 기초연구분야 예산(비용) 등을 고려하여 최종 목록을 도출하였다. 〈표 2〉에서는 본 연구에서 분석하고자 하는 18개 대형연구시설 및 장비를 보여주고 있다.⁵⁾

⁵⁾ 대형연구시설 및 장비의 경우 활용상의 특성으로 인해 특정 분야로 한정시키는 데에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 18개 대형연구시설 및 장비를 활용 가능한 분야에 초점을 두고 분류하였다.

〈표 2〉 분야별 대형연구시설 및 장비 구분

대형연구시설 및 장비	관련분야
차세대 자기공명장치(NMR)	BT, ST
질량분석가속기(AMS)	BT, NT
고분해능 질량분석기(Mass Spectrometer)	ET, BT, NT
자기공명영상시스템(MRI)	BT
전자현미경	BT, IT, NT
극초단 광양자빔(Ultra-Short Optical Pulse Laser)	ET, BT, IT, NT
고자기장 연구장비	IT, NT, BT
초전도특성평가시설	BT, ET, NT
대전력저장공급시설	BT, ET, NT
핵융합로재료시험시설	BT, ET, NT
양성자가속기	NT, BT, IT, ET, ST
가속기 기반 중성자 연구설비(Spallation Neutron Source)	BT, IT, ST
중성미자검출설비	NT
중대형 이온빔 가속기	IT, NT, BT
제4세대 방사광 가속기	NT, BT, IT
초전도 가속관 시험/제작 시설	NT, ST
고에너지실험자료센터(대용량 자료시스템 포함)	NT, BT, IT, ET, ST
냉중성자연구시설	NT, BT

위에서 제시된 대형연구시설 및 장비들에 대한 평가모형을 분석을 위해 본 연구에서는 기초과학 관련 전문가 집단을 대상으로 2005년 11월 중에 설문조사를 실시하였다. 조사대상은 기초과학분야의 형평성을 고려하여 전공분야별(물리, 화학, 생물, 지구과학, 기타), 전공기술분야(BT, ET, IT, NT, ST) 전문가를 할당표본추출하여 실시하였다.⁶⁾ 목표표본은 총 150명을 선정하여 설문조사를 실시한 결과 실제 회수된 설문지는 124개였다(회수율 82.7%). 〈표 3〉은 조사된 전문가집단의 분야별 구성을 보여주고 있다.

측정문항은 위 평가모형에서 제시된 과학기술요인의 5개 측정지표(과학적 중요성, 기술적 준비성, 대형연구시설 및 장비의 활용률, 대형연구시설 및 장비 공동 활용정도, 사용기관의 관리 및 운영능력), 국가정책요인의 6개 측정지표(국가 과학발전예의 부합정도, 국가

⁶⁾ 본 연구에서는 과학기술부 산하 기초과학 관련 연구기관인 한국과학기술원, 한국표준과학연구원, 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원, 한국항공우주연구원, 한국생명공학연구원, 한국기초과학지원연구원 등에서 대형연구시설 및 장비와 관련된 업무나 연구개발을 수행하고 있는 전문가들을 대상으로 조사하였다.

정책적 차원의 시급성, 대형연구시설 및 장비의 과학기술적 파급성, 학제간/기초과학 연구 수요의 대응성, 관련 정부기관간의 형평성)로 구성되었다. 각각의 측정문항은 리커트 5점 척도로 측정되었다.

본 연구에서는 대형연구시설 및 장비구축 평가모형의 측정지표 신뢰성 및 타당성분석, 평가모형을 검증하고자 구체적인 분석방법으로 탐색적 요인분석(exploratory factor analysis) 및 확인적 요인분석(confirmatory factor analysis)을 실시하였다. 또한 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비구축 평가모형을 검증하기 위해 고차요인분석(higher order factor analysis)을 적용하였다.

〈표 3〉 전문가집단 분야별 구성

구분	내용	빈도	비율	구분	내용	빈도	비율
전공 분야	물리	27	21.8%	전공	BT	32	25.8%
	화학	30	24.2%		NT	25	20.2%
	생물	27	21.8%	기술 분야	ET	23	18.6%
	지구과학	25	20.1%		IT	22	17.7%
	기타	15	12.1%		ST	22	17.7%
	합계	124	100.0%		합계	124	100.0%

IV. 분석결과

1. 신뢰성 검증

자료의 정규분포성(normality), 등분산성(homoscedasticity), 선형성(linearity)을 검증하기 위해 과학기술 경쟁력의 각 구성개념에 해당하는 과학기술, 국가정책에 대한 측정문항들을 분석하였다. 정규분포성 검증을 위해서 Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검증을 실시한 결과, 모든 측정문항들은 정규분포를 가지는 것으로 나타났다($\alpha=0.05$). 등분산성 검증을 위해 Levene 검증을 실시한 결과, 특정 구성개념에 해당하는 측정문항들 간에 이분산성(heteroscedasticity)은 발견되지 않았다($\alpha=0.05$). 또한 선형성 검증을 위하여 상관관계분석을 실시한 결과, 각 구성개념에 해당하는 측정문항들은 상관관계가 높게 나타났다($\alpha=0.05$).

또한 과학기술 경쟁력의 구성요인인 과학기술 및 국가정책 차원에 대하여 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 회전방식으로는 직교회전(orthogonal rotation) 방식인 varimax 방식을 적용하여 탐색적 요인분석을 수행하였다. 직교회전에 의한 요인분석 결과는 <표 4>와 같다. 탐색적 요인분석의 평가기준으로는 요인적재량(factor loading) 0.3, 요인의 설명력(variance extraction)은 50% 이상으로 설정하였다(Hair et al, 1995).

<표 4> 탐색적 요인분석 및 신뢰성 분석결과

구성요인	측정지표 수	직교회전 분석결과	Cronbach's α
과학기술	5	5	0.97
국가정책	6	6	0.98

<표 4>는 탐색적 요인분석 및 신뢰성 분석결과를 보여주고 있다. 과학기술 경쟁력 평가 모형에서 제시된 2개의 구성요인들에 대한 탐색적 요인분석결과, 과학기술 차원은 5개의 측정지표 전체가, 국가정책차원은 6개 측정지표 전체가 각각의 요인을 구성하고 있다(<부록 1> 참조). 따라서 각각 측정항목은 구성개념을 잘 구성하고 있음을 나타내고 있다. 또한 신뢰성 분석결과, 과학기술 경쟁력 평가모형에서 과학기술 경쟁력을 구성하고 있는 2개 요인의 신뢰도는 모두 0.90 이상로 나타나고 있어 내적 일관성(internal consistency)이 매우 높음을 보여주고 있다.⁷⁾

2. 타당성 분석

측정지표에 대한 타당성 검증을 위해 내용타당성, 구성개념타당성, 기준타당성 검증을 실시하였다. 내용타당성(content validity)은 측정지표들이 측정하고자 하는 개념을 대표하고 있는 정도를 나타내는 측정도구의 대표성(representativeness)을 의미한다. 본 연구에서의 측정지표는 기존연구들을 기초로 개발된 관계로 내용타당성이 인정된다고 판단할 수 있다.

기준타당성(criteria-related validity)은 하나의 측정도구를 사용하여 측정한 결과를 다른 기준을 적용하여 측정한 결과와 비교하여 나타난 관련성의 정도를 의미한다(남궁근,

⁷⁾ 탐색적 요인분석 및 신뢰성 분석에서는 SPSS 13.0을 적용하여 분석하였다. Cronbach's α 계수의 기준은 연구목적에 따라 다르나 일반적으로 0.7 이상이면 내적일관성이 적절하다고 판단하고 있다(Carmines & Zeller, 1979).

2001). 본 연구의 경우 기준타당성은 2개의 구성요인(과학기술, 국가정책)들의 상관성을 검증하는 것이다(이군희, 2001; 김계수, 2004). 따라서 상관관계분석 결과가 유의미한 경우 기준타당성을 만족한다고 할 수 있다(Pedhazur & Schmelkin, 1991). 본 연구에서는 측정 지표들의 총합적도(산술평균)를 활용하여 구성개념 간 상관관계분석을 수행하였다. 총합적도를 사용하는 목적은 측정된 모든 변수들의 측정오차를 줄이고 단일차원으로 구성개념의 대표성을 높이려는데 있다. 따라서 평균점수가 높을수록 구성개념에 대하여 동의정도가 높음을 의미한다(김계수, 2004). <표 5>는 각 구성개념들 간의 상관관계분석을 수행한 결과를 보여주고 있다. 상관관계 분석결과, 각 구성개념들 간의 상관관계가 유의미하게 나타나고 있어 구성요인들 간의 기준타당성을 만족한다고 판단할 수 있다.

<표 5> 구성개념들의 상관관계

구성개념	평균	표준편차	과학기술	국가정책
과학기술	3.3529	0.4780	1.00	
국가정책	3.3371	0.4203	0.67**	1.00

**p<0.01

또한 구성개념타당성(construct validity)은 연구에 사용된 이론적 구성개념(theoretical construct)과 이를 측정하는 측정도구들 간의 일치의 정도를 의미한다(채서일, 1990). 본 연구는 구성개념의 집중타당성(convergent validity)과 판별타당성(discriminant validity) 검증에 위한 확인적 요인분석(confirmatory factor analysis: CFA)을 실시하여 구성개념타당성을 검증하였다. 구체적으로 확인적 요인분석에서는 공분산행렬(covariance matrix)을 사용하여 각 구성개념의 측정모형(measurement model)을 검증하였다. 또한 확인적 요인 분석에서 구성개념을 측정하기 위한 개별 측정항목 구성의 최적 상태를 도출하기 위한 평가기준으로는 적합지수(goodness of fit index: GFI)⁸⁾, 비교적합지수(comparative fit index: CFI)⁹⁾, 잔차평균자승이중근(root mean square residual: RMR)¹⁰⁾, 표준적합지수

8) GFI는 일반적으로 0(무적합)~1.0(완벽한 적합) 사이의 값을 갖는다. GFI는 표본크기의 변화나 다변량정규성의 위반에 별로 영향을 받지 않으며 제안모델의 적합도를 잘 설명해 준다. 이 값이 크면 좋은 적합도 나타내지만 수용가능성에 관한 절대적인 기준은 없다. 보편적으로 권장되는 수용수준은 0.90 이상이다(배병렬, 2002).

9) CFI는 내포모델에서 모집단의 모수 및 분포를 표시하는 관점에서 제안모델의 적합도를 나타내는 지수이다. CFI는 0-1 사이의 값을 가지며 0.90 이상이면 매우 좋은 적합도로 판단한다(Bentler & Bonett, 1980).

10) 관찰행렬(S)과 추정행렬(Σ)과의 차이를 잔차공분산행렬(residual covariance matrix)라 하는데 RMR은 이러한 잔차 평균을 자승하고 이를 합한 후 이중근($\sqrt{\cdot}$)을 취한 값이다. RMR은 표본자료에 의해 모델이 설명할 수 없는 분산/공

(normed for index: NFI)¹¹⁾, χ^2 통계량, χ^2 에 대한 p-값과 같은 적합도 지수를 사용하였다.

〈표 6〉 구성개념별 확인요인분석 결과

구성요인	측정지표 수	GFI	CFI	RMR	NFI	χ^2	p-값
과학기술	5	0.95	1.00	0.0023	0.98	2.51	0.78
국가정책	6	0.92	1.00	0.0026	0.97	5.31	0.81

확인요인분석결과, 〈표 6〉에서 보는 바와 같이 과학기술, 국가정책은 GFI, CFI, RMR, NFI 권고기준에 만족하는 것으로 나타나고 있고 나타나고 있다. 따라서 확인요인분석을 통해 과학기술, 국가정책 구성개념은 단일차원성과 집중타당성(convergent validity), 그리고 판별타당성(discriminant validity)과 같은 구성개념 타당성을 확보하고 있는 것으로 나타났다(〈부록 2〉 참조).

3. 고차요인분석

본 연구는 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비 평가모형을 검증하기 위해 고차요인분석을 수행하였다. 본 연구에서 검증하고자 하는 요인분석모형은 11개 측정지표를 설명하는 각각 2개의 구성요인(과학기술, 국가정책)의 1차요인모형(first-order factor model), 2개의 구성개념을 설명하는 고차요인(과학기술 경쟁력)의 2차요인모형(second-order factor model)으로 구성되어 있다.

고차요인분석을 수행하기 위해 LISREL 8.72를 이용하여 구조방정식모형(structural

분산의 크기를 말하며 작을수록 좋다. 투입행렬로 공분산을 이용하면 잔차평균공분산이 되고 상관행렬을 이용하면 잔차평균상관이 된다(Joreskog & Sorbom, 1993; 1996). RMR의 권장수용기준에 대한 절대적인 기준은 없으나 적합도가 매우 좋은 모델이라면 0에 가깝고 적합도가 나쁜 모델이라면 그 값은 커지게 된다. 대체로 투입된 자료가 상관행렬인 경우에 한하여 0.10 이하이면 적합한 모델, 0.05 이하이면 매우 좋은 모델로 평가된다(배병렬, 2002).

11) NFI는 기초모델에 비해 제안모델이 어느 정도 향상되었는가를 나타내는 지수이다. NFI는 영모델의 χ^2 와 제안모델의 χ^2 가 χ^2 분포를 갖는 검정통계량이 아닌 경우에도 계산할 수 있고 최적화된 지수에 대해 영모델의 $\chi^2 \geq$ 제안모델의 χ^2 이기 때문에 표준화되었다고 한다(Bentler & Bonett, 1980). NFI는 0~1까지의 범위를 갖고 수용수준을 나타내는 절대적인 수치는 없지만 일반적으로 0.90 이상이면 수용할만하다고 본다(배병렬, 2002).

equation model) 분석을 실시하였고 측정방법은 비가중최소자승법(unweighted least square: ULS)을 적용하였다. 고차요인분석은 과학기술 경쟁력 제고를 위한 대형연구시설 및 장비 평가모형에서 제시하고 있는 가정에 모형이 얼마나 적합한가를 평가하는 절차이다. 측정지표와 구성개념간의 고차요인분석 결과는 다음과 같다.

〈표 7〉 평가모형 적합도 결과

적합도 지수	
χ^2	$\chi^2=48.89, df=42, P=0.22$
GFI	1.00
AGFI ¹²⁾	1.00
CFI	1.00
RMR	0.0039
RMSEA ¹³⁾	0.098
NFI	1.00
PGFI ¹⁴⁾	0.64

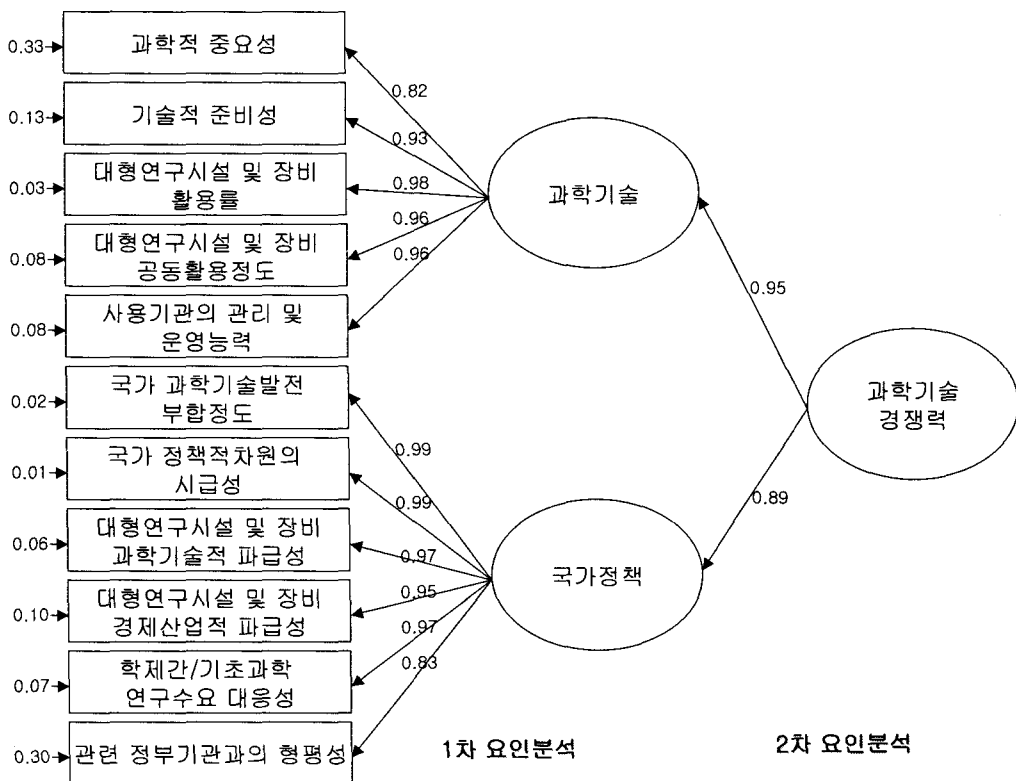
적합도 지수들은 $\chi^2=48.89$ (df=42) P=0.22, GFI=1.00, AGFI=1.00, CFI=1.00, RMR=0.0039, RMSEA=0.098, NFI=1.00, PGFI=0.64로 적합도가 높게 나타내고 있어 본 연구의 분석모형과 자료가 잘 부합되고 있음을 나타내고 있다.

〈그림 2〉는 고차요인분석 결과를 나타내고 있다. 11개의 관측변수를 설명하는 각각의 2개 요인(과학기술, 국가정책)의 1차 요인모형(first-order factor model) 분석결과에서 11개

- 12) AGFI는 GFI를 확정시킨 것으로 추가적인 모수를 포함하는 것에 대한 벌칙함수(penalty function)를 고려한다. 일반적으로 모델이 복잡할수록(또는 추정모수가 많을수록) 그렇지 않은 경우에 비해 동일한 자료를 더욱 잘 적합시키는 경향이 있어 추정모수의 수가 많아짐에 따라 GFI값을 하향조정할 필요가 있다. 이러한 경우에 AGFI는 GFI를 모델 내의 자유도를 이용하여 조정한 값이다(Joreskog & Sorbom, 1993). AGFI는 일반적으로 0과 1사이의 범위에 있으며 권장수용기준은 0.90 이상이다(배병렬, 2002).
- 13) 근사오차평균자승의 이중근(root mean square error of approximation: RMSEA)은 표본크기가 큰 제안모델을 기각시키는 χ^2 통계량의 한계를 수정하기 위해 개발된 적합지수로 모델을 표본이 아닌 모집단에서 추정하는 경우에 기대되는 적합도를 의미한다(Browne & Cudeck, 1993). 일반적으로 RMSEA 값이 0.05~0.08의 범위를 나타낼 때 수용할 수 있는 것으로 판단하며 Steiger(1990)는 RMSEA 값이 0.10 이하이면 자료를 잘 적합시키고 0.05 이하이면 매우 잘 적합시키고 0.01 이하이면 가장 좋은 적합도로 평가된다.
- 14) 간명적합기초지수(parsimonious goodness-of-fit-index: PGFI)는 GFI를 수정하여 산정한 값이며 추정모델의 간명도를 기준으로 계산된다. 이 값의 범위는 0-1 사이에 있으며 높을수록 모델의 간명도가 높다고 할 수 있다. 반면 어느 정도가 높은지에 대한 기준은 정해져 있지 않으며 경쟁모델을 비교하는데 유용하게 적용된다(James, Mulaik & Brett, 1982).

관측변수들과 관련된 오차는 대체로 낮게 나타나고 있어 이러한 관측변수들이 구성요인(과학기술, 국가정책)을 잘 구성하고 있음을 보여주고 있다. 또한 2차 요인모형(second-order factor model)에서 2차 요인(과학기술 경쟁력)이 1차 요인(과학기술 및 국가정책)을 잘 설명하는 것으로 나타나고 있고 과학기술에 대한 설명력이 상대적으로 높게 나타나고 있다.

〈그림 2〉 고차요인분석결과¹⁵⁾



15) 제시된 모수는 표준화 추정치임.

V. 결론 및 정책적 함의

본 연구는 과학기술경쟁력 향상을 위한 대형연구시설 및 장비구축 평가모형을 도출하고 이 평가모형의 신뢰성 및 타당성을 검토하였다. 분석결과, 대형연구시설 및 장비구축 평가모형에 대한 신뢰성 및 타당성이 높게 나타났다. 과학기술과 국가정책차원의 신뢰성 분석결과에서 2개의 구성요인의 신뢰성은 높게 나타나고 있어, 과학기술차원의 5개 측정지표들, 국가정책차원의 6개 측정지표들의 내적일관성이 매우 높음을 보여주고 있다. 또한 타당성 분석결과에서 과학기술, 국가정책차원은 내용타당성, 구성타당성 그리고 기준타당성이 높게 나타나고 있다. 또한 고차요인분석결과에서 대형연구시설 및 장비구축 평가모형 적합도가 대체로 적합하게 나타나고 있어 평가모형과 자료가 잘 부합되고 있음을 보여주고 있다. 본 연구의 분석결과를 토대로 이론적·정책적 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 이론적인 측면에서 본 연구가 지니는 함의는 기초과학 활성화를 위한 기반구축과 관련된 이론적 평가모형을 제시하였다는 점이다. 기초과학은 물론 과학기술 경쟁력 향상에 필요조건으로서 기반시설 구축의 중요성은 종종 언급되어 왔지만 실질적인 이론적 평가모형에 대한 논의는 거의 전무한 실정이었다. 하지만 본 연구에서는 선진 각국의 대형연구시설 및 장비 구축모형에 대한 검토와 경험적 분석을 통해 평가모형을 제시함으로써 기초과학 기반시설 구축과 관련된 이론적 토대를 마련하였다는 점에서 중요한 의미를 지닌다.

둘째, 정책적·실무적 측면에서 본 연구가 지니는 함의는 다음과 같다. 먼저 대형연구시설 및 장비 구축 평가모형은 과학기술 경쟁력 향상을 위한 대형연구시설 및 장비구축의 평가기준 및 우선순위를 분석하는 정책 및 의사결정 수단으로 활용될 수 있을 것이다. 앞에서도 언급한 바와 같이 이미 미국, 영국 등을 비롯한 주요 선진국들의 경우 대형연구시설 구축과 관련된 우선순위 평가기준을 설정해 놓고 있는 상황이다. 이는 과학기술 경쟁력 제고는 물론 과학기술 정책에 있어서 정책오류와 정책실패를 사전에 방지하기 위한 전략적 노력이라고 평가할 수 있다. 과학기술 분야 특히 기초과학 분야의 경쟁력이 대형연구시설 및 장비의 수준에 의해 좌우되는 작금의 상황에서 대형연구시설 및 장비 구축을 위한 평가모형은 효과적인 기초과학 인프라 구축을 위한 유용한 분석틀로 활용될 수 있다.

또한 대형연구시설 및 장비들의 특성을 파악하고 효율적 투자를 위한 전략수립을 위한 중요한 정책정보를 제공해 줄 수 있다. 대형연구시설 및 장비는 과학기술 발전을 위해 반드시 필요한 기반시설임에도 불구하고 막대한 예산이 투입된다는 측면에서 효율적인 투자

가 전제되어야 한다. 지금까지 임시방편(ad hoc)적으로 이루어져 왔던 대형연구시설 및 장비 구축에 있어서 국가적 차원과 과학기술 차원을 포괄하는 평가모형의 활용을 통해 과학기술경쟁력 제고는 물론 대형연구시설 및 장비의 투자우선순위 분석을 가능케 함으로써 효율적인 예산 집행을 위한 중요한 정책도구로 활용될 수 있다.

본 연구는 지금까지 대형연구시설 및 장비구축과 관련한 분석·평가 연구가 거의 없는 상황에서 선진 각국의 대형연구시설 및 장비 구축과 관련된 우선순위 선정기준에 대해 고찰하고, 이를 토대로 대형연구시설 및 장비구축의 평가모형을 처음으로 경험적으로 분석하여 제시하였다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다. 반면 본 연구에서 제시한 평가모형은 완전한 모형이기 보다는 향후 연구를 통해 보다 개선되어야 할 필요가 있다. 구체적으로 과학기술 경쟁력에 대한 명확한 개념 정립과 관련된 심도있는 이론적 논의를 통한 합의가 필요하며, 이를 기초로 우리의 실정에 적합한 신뢰성 및 타당성이 높은 지표구성 체계를 개발적용해야 하고, 더욱이 방법론 측면에서 객관적이고 신뢰할 수 있는 측정 및 산정방법 등에 대한 추가연구가 수행될 필요가 있다.

참고문헌

- 강근복. (2000). 「정책분석론」. 서울: 대영문화사.
- 과학기술부 외. (2005). 「2003년 연구장비 구입현황 및 공동 활용실적 조사결과 보고서」.
- 과학기술부. (2003). 「과학기술기본계획」. 과학기술부.
- 권용수. (1997). 「대형과학기술 기자재의 국가적 운영시스템 구축에 관한 연구」. 정책연구보고 P97-15, STEPI.
- 김계수. (2004). 「AMOS 구조방정식모형」. 서울: SPSS 아카데미.
- 남궁근. (2001). 「행정조사방법론」. 서울: 법문사.
- 배병렬. (2002). 「구조방정식의모델의 이해와 활용」. 대전: 대경.
- 이근희. (2001). 「사회과학연구방법론」. 서울: 법문사.
- 이철원. (2003). 「대형연구장바시설의 효율적 구축방안 및 공동 활용 제고방안 연구」. 기술과 가치.
- 정정길. (1988). 「정책결정론」. 서울: 대명출판사.

- 채서일. (1990). 「사회조사방법론」. 서울: 법문사.
- 황병상. (2005). 과학기술분야 대형공동연구시설의 활용성과 증진방안 모색, 「한국행정학회 동계학술세미나 논문집」. 한국행정학회.
- Baker, R. F., Michales, R. M. & E. S. Preston (1975). *Public Policy Development*. N.Y.: John Wiley & Sons.
- Bentler, P. M. & D. G. Bonett (1980). Significance Tests and Goodness of Fit in the Analysis of Covariance Structures. *Psychological Bulletin*, 88: 588-606.
- Browne, M. W. & R. Cudeck (1993). Alternative Ways of Assessing Model Fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (eds.) *Testing Structural Equation Models*. Newbury Park, California: Sage.
- DOE. (2002). *Facilities for the Future of Science*. DOE.
- Drucker, P. (1993). *Post-Capitalist Society*. N.Y.: Harper Collins.
- Dunn, William N. (1994). *Public Policy Analysis*. New York: Prentice-Hall.
- German Science Council. (2003). *Statement on Nine Large-scale Facilities for Basic Scientific Research and on the Development of Investment Planning for Large-scale Facilities*.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. E. & W. C. Black (1995). *Multivariate Data Analysis with Readings*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- James, L. R., Mulaik, S. A. & J. M. Brett (1982). *Causal Analysis: Assumptions, Models and Data*. Beverly Hills, California: Sage.
- Joreskog, K. G. & D. Sorbom (1993). *Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language*. Chicago: Scientific Software International Inc.
- _____ (1996). *LISREL 8 User's Reference Guide*. Chicago: Scientific Software International Inc.
- National Science Foundation. (2004). *Setting Priority for Large Research Facilities Projects supported by the National Science Foundation*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- NISTEP. (2004). 「大型研究施設設備の現況と今後の課題」. 日本科学技術政策研究所.
- OECD. (1992). *Mega-Science Policy Issues*. OECD.
- _____. (2004). *Technology and Industry: Outlook 2004*. OECD.
- Office of Science and Technology. (2001). *Large Facilities Strategic Road-Map*.

Office of Science and Technology UK

Pedhazur, E. J. & L. P. Schmelkin (1991). *Measurement, Design and Analysis: An Integrated Approach*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Steiger, J. H. (1990). Structural Model Evaluation and Modification: An Interval Estimation Approach. *Multivariate Behavioral Research*, 25: 173-180.

The National Research Priorities Taskforce. (2002). *Developing National Research Priorities*, Australian Government.

권기현

미국 하버드 대학에서 "International Institutions After Hegemony(1994)" 로 정책학 박사학위를 취득하고, 현재 성균관대학교 사회과학부 행정학과 교수로 재직하고 있다. 주요 관심분야는 정책학이론(정책형성론 및 정책분석론), 국가혁신론(전자정부론 및 정부혁신론) 등이다.

차용진

New York 주립대학교에서 "Environmental Risk Analysis: Factors Influencing Nuclear Risk Perception and Policy Implications(1997)" 로 행정학 박사학위를 취득하고 현재 Carnegie Mellon University에서 Visiting Associate Professor로 재직하고 있다. 주요 관심분야는 정책분석, 위험분석, 정보정책 등이다.

이홍재

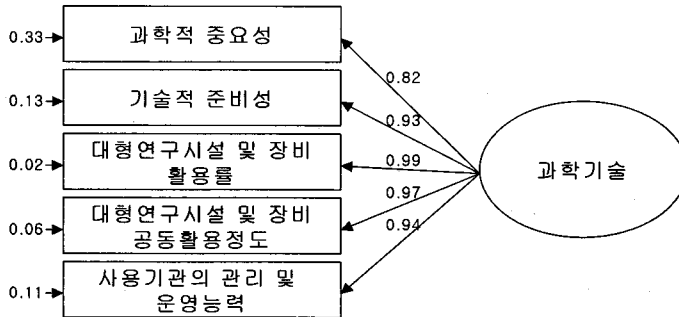
경희대학교에서 "지식관리와 정부성과간의 관계에 관한 실증적 연구(2004)" 로 행정학 박사학위를 취득하고, 현재 안양대학교 행정학과 겸임교수로 재직하고 있다. 주요 관심분야는 정책이론, 지식관리(전자정부), 과학기술정책 등이다.

〈부록 1〉: 탐색적 요인분석 결과

평가지표	요인1	요인2
과학적 중요성	.790	.550
기술적 준비성	.856	.412
대형연구시설 및 장비 활용률	.864	.472
대형연구시설 및 장비 공동활용정도	.881	.415
사용기관의 관리 및 운영능력	.784	.560
국가 국가과학기술발전 부합정도	.511	.846
국가 정책적 차원의 시급성	.595	.792
대형연구시설 및 장비 과학기술적 파급성	.600	.761
대형연구시설 및 장비 경제산업적 파급성	.675	.697
학제간/기초과학 연구수요 대응성	.489	.833
관련 정부기관과의 형평성	.410	.901

〈부록 2〉 각 구성개념별 측정모형 타당성 검증(확인적 요인분석결과)

〈과학기술 구성개념 측정모형〉



〈국가정책 구성개념 측정모형〉

