

중국 대학의 과학연구와 기술상업화: 두 가지 지향의 동태적 관계에 관한 실증연구*

은 종 학 | 국민대학교 국제학부 전임강사

과학기술 지식의 창출과 활용이 지속가능한 경제성장의 핵심 동력으로 폭넓게 인식되면서, 지식 생산과 보급의 주체인 '대학'에 대한 경제적 차원의 관심이 높아지고 있다. 이와 함께, 대학의 경제공헌도를 높인다는 취지에서 대학에 새로이 부가되고 있는 '기술상업화' 기능이 대학의 종래 핵심기능인 순수한 '과학연구'를 촉진하는지 아니면 저해하는지에 관한 논쟁이 쏠세계적으로 일고 있다. 이러한 사정은 중국에서도 예외가 아니다. 특히 중국은 개발도상국이면서도 대학의 기능 조정에 관한 선도적 실험들을 해왔다는 점에서 중요한 관찰대상이 된다. 또한 중국 대학 내의 역동성을 살피는 것은 중국의 경제성장 패턴 변화를 읽는데도 도움이 된다. 이에 본고는 113개 중국 주요 대학들의 1996~2005년 통계자료를 바탕으로, 중국 대학 내 '과학연구 지향성'과 '기술상업화 지향성' 간의 역동적 관계를 분석하였다. DEA 기법을 활용한 실증분석 결과, 상위권 대학이라 할 수 있는 이른바 중점대학이 일반대학에 비해 과학연구 지향성이 높고, 산업이 밀집한 동부지역의 대학이 중서부지역 대학에 비해 기술상업화 지향성이 높은 것으로 나타났다. 또한 과학연구와 기술상업화의 두 가지 지향성은 하나의 대학 속에서 공존 가능하며 최근 들어 양자의 우호적 공존 가능성이 더욱 커지고 있는 것으로 밝혀졌다. 더 나아가, 두 가지 지향성 간의 그랑제(Granger) 인과관계 분석에서는, 중국 대학들의 기술상업화 지향이 과학연구 지향을 촉진하지만 그 역(逆)은 성립하지 않는 것으로 나타났다. 이상의 결과들은, 중국의 각 대학들이 그 종류와 지역에 따라 다양한 특성을 갖고 있으면서도 과학연구와 기술상업화라는 이질적인 두 가지 지향을 점차 조화롭게 수용하고 있음을 보여준다. 특히 중국의 일반 대학들은 産-學 연계 속에서 기술상업화를 우선적으로 추구함으로써 결과적으로 대학 내 과학연구까지 활성화하고 있음을 보여준다.

주제어: 과학연구, 기술상업화, 新과학경제학(New Economics of Science), 삼중나선 (Triple Helix), DEA, 중국, 대학, 실증연구

* 본 연구는 2006년도 국민대학교 신진교수 연구지원금으로 수행된 연구임.

I. 서론

20세기 후반 이후의 최근 경제성장을 설명하는 한 가지 설득력 있는 관점인 ‘지식기반경제론(Knowledge-based Economy)’은 경제활동의 주된 투입요소로 노동과 자본 이외에 과학기술 지식의 점증하는 중요성에 주목한다(Rooney et al., 2005; Dahlman & Aubert, 2001). 한편 ‘학습경제론’ (Learning Economy)은 경제활동에 투입되는 과학기술 지식의 양(量)보다는 새로운 지식의 창출과 갱신이라는 동태적 행위에 보다 주목한다(Lundvall, 2004; OECD, 2000). 이처럼 경제성장이론 분야의 새로운 관점들은, 비록 그 논점이 다소 다르기는 하지만, 지속가능한 경제성장의 핵심 요인으로 새로운 과학기술 지식의 창출과 활용을 꼽는다는 점에서는 유사하다.

그리고 위와 같은 관점의 쏠세계적 확산으로 인해, 전문지식의 생산과 보급의 주체라 할 수 있는 ‘대학’에 대한 경제적 차원의 관심이 높아지고 있다. 대학이 경제성장의 또 하나의 엔진으로 주목받고 있는 것이다. 더불어 대학의 전통적인 기능인 ‘교육’과 ‘과학연구’ 외에, 대학이 연구 개발한 기술을 특허 출원하거나 외부 기업에 이전하는 이른바 ‘기술상업화’가 대학의 ‘제3의 기능’으로 점차 자리를 잡아 가고 있다.¹

-
1. 본고에서 ‘과학연구’라 함은, 연구 성과의 공개를 통해 대중의 지식정보 접근 및 활용권을 최대한 보장하고 연구의 질적 수준은 타 연구자의 비평(peer review)을 통해 확보하고자 하는 이른바 ‘열린 과학(open science)’ 원칙에 입각한 모든 연구를 지칭하며, 이러한 과학연구의 영역은 자연과학 뿐 아니라 사회과학, 인문과학 등을 포괄한다. 이와 같은 과학연구는, 연구 성과에 대해 재산권을 설정하여 지식정보 접근 및 활용권을 선택적으로만 허용하는 이른바 ‘재산권적 기술(proprietary technology)’과 대비되는 개념이다. 이에 관한 보다 자세한 서술은 Dasgupta & David(1994)를 참조할 것. 흔히 과학(Science)과 기술(Technology)을 한데 묶어 ‘과학기술(S&T)’이라는 하나의 단어로 사용하곤 하지만 과학과 기술이 원천적으로 동일한 개념이 아니다. 기술의 역사는 인류가 도구를 사용하기 시작한 아주 오랜 과거까지 거슬러 올라가지만, 관찰과 논리적 추론을 통해 명시적인 지식체계를 구축한 과학의 역사는 그보다 훨씬 짧다. 실제로 인류 역사에서 대부분의 기간은 시행착오와 경험을 바탕으로 하는 기술의 발전이 논리적 사고를 바탕으로 하는 과학의 발전을 견인해 왔다. 반대로 과학적 연구가 기술적 응용의 지평을 넓히기 시작한 것은 산업혁명기 과학적 원리의 산업적 응용, 제2차 세계대전 이후 과학적 원리의 군사적, 산업적 응용 등과 같이 비교적 최

그러나 이 변화의 과정이 소리 없이 전개되고 있는 것은 아니다. 추가된 제3의 기능이 종래의 대학 기능을 저해하여 오히려 대학의 지식 생산과 보급을 둔화시킬 수 있다는 우려가 제기되고 있다. 다시 말해, ‘대학에 새로이 부가되고 있는 기술상업화 기능이 대학의 전통적 기능인 과학연구에 영향을 주는지, 영향을 준다면 촉진하는지 아니면 저해하는지’에 관한 논쟁이 일고 있다(Eun et al., 2006; Etzkowitz et al. 2000).

위와 같은 변화의 추세와 논쟁의 전개는, 개혁개방 이래 근 30년 간 9%대 후반의 연평균 GDP 성장률을 기록하였을 뿐 아니라 2003년 이후 그 성장세가 더욱 가팔라진 중국에서도 예외는 아니다.² 최근 중국 정책 당국은 전통적인 생산요소인 노동과 자본의 투입 증가로 인한 경제성장이 갖는 한계(Krugman, 1994)를 인식하고 있으며, 이는 2006년 이래 추진 중인 ‘제11차 5개년 계획(11.5계획)’, ‘중장기 과학기술발전전략’ 속에 반영돼 있다(지만수, 2005; 은종학, 2006). 특히, 현 후진타오 체제 하의 본격적인 경제운용 청사진이라 할 수 있는 11.5계획 속에 ‘혁신형 국가’가 중국의 포괄적 지향점으로 제시하였다는 점은 중국이 종래의 양적성장 위주의 경제성장 모델을 질적 개선 위주로 수정하겠다는 의지를 내보인 것이라 할 수 있다. 이와 같은 흐름 속에서 중국 정부와 대학 당국은 대학의 과학연구와 함께 기술상업화를 독려함으로써 지식기반경제, 학습경제를 현실화하고자 하고 있다. 하지만 중국에서도 역시, 대학이 기술상업화에 적극적으로 가담할 경우 발생할 성과와 부작용에 대한 논쟁이 벌어지고 있다. 대학의 과도한 기술상업화 참여가 교육과 학술연구를 훼손할 수 있다는 대학 내의 문제제기(张维迎, 2003, 2004)와, 대학의 상업화 활동이 실제 지역경제발전에 있어 크게 도움이 되지 않는다는 사회 일반의 문제제기도 이어지고 있기 때문이다(中矣村管理委员会·北京大学网络经济研究中心, 2003; 解飞厚·卢晓中, 1995).³

근의 일이다(Lewis, 2004).

2. 중국의 GDP 성장률은 2003년 이후 두 자리 수를 기록하기 시작했다. 2003~2006년 각 연도별 GDP 성장률은 각각 10.0%, 10.1%, 10.4%, 11.1%였다.
3. 일례로, 천진경제기술개발구의 모 부국장은 “천진 시내 대학들의 기술상업화 노력이 천진의 경제발전에 직접적으로 공헌하지 못하고 있다”며 그 원인으로 “대학 교수, 연구원들은 연구프로젝트를 진행함에 있어 무조건 완성해야 한다는 생각을 할 뿐 ‘예

그런데 여기서 한 가지 주목할 만한 사실은, 중국은 후발 개발도상국임에도 불구하고, 경제성장 촉진을 위해 대학의 기능과 관련 제도를 조정하는데 있어서는 서구 선진국의 논의와 실천을 뒤늦게 답습하는데 그치고 있지 않다는 점이다. 실제로 중국은 일찍이 계획경제 시기부터 대학으로 하여금 경제 건설에 직접 공헌하도록 하는 여러 제도적 실험을 해왔다. 일례로, 1950년대 후반 대약진 시기, 중국 대학들은 스스로 공장과 농장을 세워 경영하였고 이때 만들어진 ‘대학운영공장(校办工厂)’과 ‘대학운영농장(校办农场)’은 1980년대 후반 이후 중국 대학들이 실제 소유·지배하면서 발전시킨 하이테크 대학운영기업(校办企业)들의 맹아를 이룬다. 또한 1990년대 말부터는 대학운영기업들의 공과에 대한 뜨거운 논쟁을 거쳐 대학운영기업 개혁조치를 시행하기에 이른다.⁴ 다시 말해, 중국은 비록 남다른 제도적 환경 속에서나마 여타 국가보다 앞선 실험과 그로 인한 시행착오의 경험을 축적해 왔다고 할 수 있다.

중국의 선도적 측면을 보여주는 또 한 가지 예로 Bayh-Dole Act 및 유사 법안의 입법을 들 수 있다. 1980년 미국은 연방정부가 재정 지원한 대학의 연구 성과를 중앙정부가 아닌 해당 대학에 귀속시킴으로써 대학의 기술상업화를 촉진하는 취지의 Bayh-Dole Act를 공포하였고, 유럽과 일본은 이를 본따 1990년대에 유사한 법을 제정하였다. 중국은 명목상으로 2002년에 이르러서야 Bayh-Dole Act를 본 딴 법안을 공포하지만,⁵ 실질적으로 중국의 대학들은 미국이 Bayh-Dole Act를 공포한 1980년 이전부터 중국 특색의 ‘단위(单位) 제도’ 속에서 중앙정부의 재정 지원 속에서 이뤄진 연구성과를

산’과 ‘기한’에 관한 고려가 부족하다”는 점을 꼽았다(저자의 인터뷰, 2007. 12. 18).

4. 대학운영기업의 성과를 높이 평가하는 측에서는, IT 등 첨단산업 분야에서 선두그룹을 형성하고 있는 중국 기업 중 적지 않은 수가 대학운영기업(예컨대 北大方正, 清华同方)이거나 그와 유사한 메커니즘 속에서 성장한 기업(Lenovo)이란 사실에 주목한다. 반면, 대학운영기업에 회의적인 측에서는, 대학운영기업으로 인한 대학 당국의 관리운영 부담 증가, 대학 내 공유자산의 편법적 사유화 및 부패문제, 대학운영기업의 경영성과 악화 등에 주목하면서, 보다 대안적인 기술상업화 채널을 모색할 필요가 있음을 주장하였다. 이 같은 논쟁 속에서 정책 당국이 대학과 기업을 일정정도 분리할 필요성에 공감하고 대학운영기업 개혁을 시작하였다. 이에 관한 자세한 논의는 Eun(2005), Eun et al.(2006)을 참조할 것.
5. 关于国家科研计划项目成果知识产权管理的若干规定

실질적으로 지배, 활용할 수 있었다(Eun et al., 2006; 李路路·李汉淋, 2000).⁶ 교육부 직속의 국립대학이라 할 수 있는 청화대학, 북경대학 등 여러 대학이 연구성과를 상품화하여 상업적 이득을 직접 취하거나 그를 바탕으로 기업을 설립하여 대학 아래 두는 행위가 광범위하게 이뤄졌음은 이를 증명한다. 즉, Bayh-Dole Act류(類)의 제도적 실천은 중국이 여타 선진국들보다도 앞선 측면이 있다.

물론 중국의 선도적, 그리고 때로 극적인 실험이 성공적이었던 것만은 아니다. 오히려 상당한 유형·무형의 자원낭비를 초래한 적도 많다. 하지만 다양한 시행착오를 겪어온 중국은, 대학의 역할을 경제성장에 유기적으로 연계 시키려는 혹은 대학의 기술상업화 기능을 강화하려는 여러 선진국들의 최근 실험이 개발도상국에서 이뤄질 때 어떠한 효과가 발생할 지에 대한 의문을 부분적으로나마 해소해 주리란 점에서 중요한 사례이다.⁷ 또한, 중국의 경제 시스템 속에서 작동하는 대학의 역할 변화를 살펴보는 것은 중국 경제성장 모델의 변화를 이해하는데도 도움을 준다는 점에서 연구의 의미가 있다.

위와 같은 배경에서, 본고는 중국 대학들의 ‘과학연구’와 ‘기술상업화’에 관한 실측 데이터를 바탕으로 대학의 전통적 기능인 과학연구와 새로이 부가되고 있는 기능인 기술상업화 간의 동태적 상호관계를 추적하고자 한다. 이를 위해 본 장 이하 글의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 대학의 바람직한 역할과 관련된 기존의 이론적 논쟁을 소개한다. 3장에서는 중국 대학의 ‘과학연구 지향성’과 ‘기술상업화 지향성’을 계측하고 이들 간의 동태적 관계를 파악할 수 있는 방법론과 연구모형을 제시한다. 4장에서는 두 가지 지향성 간의 상관관계와 인과관계에 관한 실증결과를 제시한다. 또한 각각의 지향성을 띄게 하는 결정요인에 대해서도 분석한다. 마지막 5장에서는 본고의 분석

6. 대학과 같은 이른바 ‘사업 단위의(事业单位)’에 관한 자세한 논의는 成思危(2000)를 참조할 것.

7. 물론 중국은 그 거대한 규모와 내적 다양성, 사회주의 계획경제 체제를 거친 역사적 특수성 등으로 인해 일반적인 개발도상국의 전형적 사례로 보기는 힘들다. 따라서 중국을 사례로 한 본고의 연구결과를 개발도상국 전반에 확대해석하는 것은 주의를 요하며, 개발도상국의 이슈를 보다 온전히 논하기 위해서는 더 많은 개발도상국에 대한 연구가 추후 이뤄져야 할 것이다.

으로부터 도출 가능한 정책적, 이론적 함의와 함께 본고가 갖고 있는 한계에 대해서도 논한다.

II. 기존연구의 검토: 대학의 역할에 관한 이론적 논쟁

현대의 여러 국가에서 대학은 중층적(重層的) 기능을 수행하는 다면적 조직이다. 고급인력을 배양하는 고등교육기관일 뿐 아니라, 새로운 과학적 지식을 창출하는 학술연구기관이며, 기업 등 사회일반에 유용한 기술을 개발·이전하는 기술이전기관이기도 하다.

물론, 각국의 모든 대학이 위와 같은 기능을 동시에, 그리고 같은 비중으로 수행하고 있는 것은 아니다. 역사적으로도 대학은 그 기능을 점진적으로 확대해 왔으며 그 진화는 아직도 진행 중이다. 19세기 이전 많은 대학들은 사회적·종교적으로 공인된 지식을 일부의 계층에게 교육을 통해 전수하는 기능에 집중하였다. 그러나 독일의 훔볼트 대학을 위시한 일군의 대학들이 객관적, 과학적 지식을 창출하는 학술연구기관으로 거듭나면서, ‘과학 연구’가 점차 많은 대학들에게 또 하나의 중요한 기능으로 자리 잡게 되었다. 이처럼 교육기능 위주의 대학에 과학연구의 기능이 더해지는 과정을 Etzkowitz & Leydesdorff(1997)는 ‘제1차 대학혁명’이라 부른다. 이어 20세기 후반에는, 앞장에서 언급한 바와 같이, 대학이 상아탑 속에서 순수한 학술연구만 하는데 그치지 않고, 기업 및 사회일반과 접촉면을 넓히며 실용적 기술을 이전하거나 스스로 활용하는 데에 이르게 된다. 이처럼 대학이 교육과 과학연구를 넘어 기업가적 행위까지 수행하게 되는 것을 Etzkowitz & Leydesdorff(1997)는 ‘제2의 대학혁명’이라 명명한다.

그러나 대학 내에 중첩된 여러 기능들이 조화로운 유기적 연계를 이루고 있는지에 대해서는 의견이 엇갈린다. 특히, 보다 최근에 융합하기 시작한 ‘과학연구’와 ‘기술상업화’ 기능 간의 관계에 대해서는 논란이 더욱 뜨겁다.

Etzkowitz를 중심으로 한 일군의 학자들은 ‘제2의 대학혁명’을 자연스런

진화의 과정이라 인식하고, 대학의 기술상업화 기능을 더욱 강화하기 위해 대학-기업-정부 간 유기적 연계가 필요하다고 주장한다(Etzkowitz, 1998, 2002; Etzkowitz, Webster, and Terra, 2000; Viale & Etzkowitz, 2004). Eun et al.(2006)이 ‘삼중나선(Triple Helix, TH)’ 학파로 분류한 이들은, 최근 대학이 생산하는 과학적 지식들은 순수한 학술적 의미 뿐 아니라 상업적 응용의 잠재력을 동시에 갖고 있는 경우가 많다는 점에 주목한다. 지식의 속성 자체가 변화하여 ‘순수과학’과 ‘실용기술’ 간의 경계가 모호해졌다는 것이다. 이와 같은 판단에 따라 삼중나선 학파는, 과학연구를 수행해 온 대학이 기술상업화를 추가적으로 수행하는 것은 자연스럽고도 필요한 일이라고 주장한다.

그러나 또 다른 일군의 학자들은 대학의 성급한 기술상업화 노력이 기존의 지식 생산 및 확산 메커니즘을 훼손하고 결과적으로 사회적 편익을 축소시킬 수 있다고 경고한다(Dasgupta & David, 1994; Rosenberg & Nelson, 1994; Stephan, 1996; Mowery & Sampat, 2004; Lundvall, 2002, 2004). Eun et al.(2006)이 ‘新과학경제학(New Economics of Science, NES)’ 학파로 분류한 이들은, 대학이 생산한 지식은 학술논문을 통해 사회 일반에 공개되고 누구든 그에 거의 무료로 자유롭게 접근할 수 있기 때문에 결과적으로 학술적 연구 성과가 사회적으로 폭넓게 활용될 수 있다고 주장한다. 이들은 또, 대학에서 생산된 지식은 동료 학자들의 평가(peer review)를 통해 그 품질이 관리되고, 탁월한 연구 성과에 대해서는 그 연구자에게 사회적 명성(reputation)을 부여함으로써, 직접적인 금전적 인센티브 없이도 지식의 생산과 확산을 가능하게 하는 메커니즘이 작동하고 있다고 본다. 그런데, 대학이 기술상업화에 직접 가담하게 되면, 연구결과로 얻어진 지식을 대학이 특허 등을 통해 재산권적으로 보호하고 이에 대한 일반인의 접근권을 제한하여 지식의 확산을 가로막는 문제가 발생할 뿐 아니라, ‘열린 과학(Open Science)’을 근간으로 하는 대학 운영 시스템과 ‘재산권적 기술(Proprietary Technology)’을 근간으로 하는 대학 운영 시스템 간의 모순이 발생할 것이라고 경고한다. 그리고 그 둘 간의 괴리 속에서 윤리적 문제가 불거질 수도 있음을 지적한다.

요컨대, 삼중나선학파는 과학연구와 기술상업화 간의 관계를 기본적으로 상호 촉진적인 것으로 보고 있는 반면 新과학경제학파는 양자의 관계를 상호 제약적인 것으로 인식하고 있다. 그리고 이 양자의 주장은 나름의 논거를 갖고 팽팽하게 맞서고 있다. 따라서 논의의 진척을 위해서는 경험적 근거를 바탕으로 한 실증연구가 필요하다. 더욱이 대학의 실제적, 이상적 기능은 공히 대학의 종류와 특성 뿐 아니라 대학이 속한 국가나 사회의 체제적 특성 및 제도적 환경에 따라서도 달라질 수 있음(Eun et al., 2006; OECD, 2002)을 감안하면, 다양한 사례를 바탕으로 한 실증연구가 풍부하게 이뤄져야 할 필요가 있다. 특히, Eun et al.(2006)이 지적한 바와 같이 삼중나선 학파와 新과학경제학파 간의 이론적 논쟁은 사실상 선진국의 상황을 전제로 한 것이기 때문에, 개발도상국에 관한 논의에서 실증적 연구의 필요성은 더욱 크다고 하겠다.⁸

선진국을 사례로 하여 대학 내의 과학연구와 기술상업화 간의 상호관계를 직간접적으로 분석하는 실증 연구는 최근 들어 늘고 있다(Agrawal & Henderson, 2002; Markiewicz & Di Minin, 2004; Langford et al., 2006). 국내에서도 개별 연구자의 논문 및 특허 자료를 활용하거나 인터뷰를 통해 대학 내 과학연구와 기술상업화가 상호 촉진적인가 아니면 상호 제약적인가에 대한 실증연구가 이뤄지기 시작했다(박희제, 2006; 박규호 외, 2007). 그러나 개발도상국을 사례로 한 실증연구는 극히 부족한 실정이다. 특히, 중국 대학 내 과학연구와 기술상업화 간의 관계에 관한 실증연구는 중국 내에서조차 아직 본격화되지 않았다. 따라서 본고는 중국 대학에 관한 실증연구의 시작점으로서 의미가 있을 것이다. 더불어 본고는 중국 대학 내 과학연구와 기술상업화 간의 관계를 탐구함에 있어, 지역간 격차가 매우 크고 다양한 종류의 대학이 전국에 산재해 있는 중국의 현실에 주목하여, 중국 내의 다양성과

8. 삼중나선 학파의 주장은 순수과학과 실용기술의 경계가 흐려지고 있는 최첨단 지식 영역(예컨대 생물의학)에 초점을 맞추으로써 이와 같은 영역의 연구 비중이 낮은 개발도상국 대학의 실정을 제대로 반영하지 못한다. 한편, 新과학경제학파의 주장은 공공의 장에 공개된 대학의 연구 성과를 효과적으로 활용할 수 있는, 높은 수준의 '흡수능력'(Cohen & Levinthal, 1990)을 갖춘 기업들이 존재한다고 가정함으로써, 기업의 발달 수준이 낮은 개발도상국의 실정을 제대로 반영하지 못하는 측면이 있다. 이에 관한 자세한 논의는 Eun et al.(2006)을 참조할 것.

역동성을 보다 온전히 조명해 보고자 한다.

III. 방법론, 연구모형, 자료

1. 방법론 및 연구모형

중국 대학들 안에서 이뤄지는 과학연구와 기술상업화 간의 동태적 상호관계를 알아보기 위해 본고는 다음과 같은 순서로 연구를 진행하였다. 첫 단계로서 우선, 중국 대학들 속에 존재하는 ‘과학연구 지향성’과 ‘기술상업화 지향성’의 정도를 각각 측정하였다. 이를 위해, 투입(input) 대비 산출(output)을 계산하여 조직(예컨대 기업, 대학 등)의 효율성(혹은 생산성)을 측정, 비교하는 비모수적(non-parametric) 기법인 DEA(Data Envelopment Analysis)를 활용하였다. 보다 구체적으로, 중국 대학의 과학연구 지향성 정도 측정에 있어서는, 대학이 투입한 ‘연구인력(전일근무 환산)’과 ‘연구예산’을 투입으로 그리고 ‘학술논문 발표수’와 ‘단행본 출간건수’를 산출로 삼아, 그 투입-산출의 효율성이 높은 대학을 과학연구 지향성이 높은 대학으로 해석하였다. 비슷하게, 중국 대학의 기술상업화 지향성 정도 측정에 있어서는, 대학이 투입한 ‘연구인력(전일근무 환산)’과 ‘연구예산’을 투입으로 그리고 ‘특허출원수’와 ‘기술이전계약금액’, ‘정부가 인정한 검정성과 건수’를 산출로 삼아, 그 투입-산출의 효율성이 높은 대학을 기술상업화 지향성이 높은 대학으로 해석하였다. 즉, 과학연구에 관한 DEA 효율성 점수(이하 ‘NES 효율성 점수’)로 대학의 과학연구 지향성의 정도를 측정하고, 기술상업화에 관한 DEA 효율성 점수(이하 ‘TH 효율성 점수’)로 대학의 기술상업화 지향성의 정도를 측정하였다.

물론 효율성 점수 대신 과학연구와 기술상업화 분야의 산출을 피설명변수로 하는 다중회귀분석을 통해서도 과학연구와 기술상업화 간의 동태적 관계를 살펴보는 것도 가능하리라 생각된다.⁹ 그러나 산출 자체를 피설명변수로

하는 다중회귀분석의 경우, 여러 종류의 산출들(예컨대 기술이전수입, 특허건수, 정부의 검정성과 수 등) 중 한 가지만을 선택하거나 이들을 통합하여 하나의 변수로 만들어야 하는 어려움이 있다. 본 연구에서 DEA 방법론을 사용한 것은 산출물의 종류를 굳이 한 가지로 축약하지 않아도 되기 때문이었다.¹⁰ 더불어 DEA 방법론은 각 대학이 과학연구 혹은 기술상업화를 수행하는데 얼마나 친화적인 조직문화를 갖고 있는지, 그리고 그 두 가지 조직문화가 상호 촉진적인지 아니면 상호 제약적인지를 파악하고자 하는 본고의 목적에 잘 부합한다고 판단하였다.

세부적인 DEA 모형 설계에 있어, 본고는 규모에 의한 효과를 제어할 수 있도록 VRS(Variable Return to Scale) 모형을 선택하였으며, 대학의 지식생산 및 확산 행위는 산출목표량(예컨대 발표논문수, 특허출원수)을 정해놓고 그에 소요되는 투입량을 최소화하여 효율성을 달성하기 보다는, 주어진 투입량을 바탕으로 산출량을 극대화하는 방식으로 이뤄진다는 판단에 따라 투입지향(input-oriented) 모형 대신 산출지향(output-oriented) 모형을 택하였다.

연구의 두 번째 단계에서는 어떤 부류의 대학들이 과학연구 지향성 혹은 기술상업화 지향성이 높은지 확인하고자 하였다. 이를 위해, DEA 분석에서도출된 NES 및 TH 효율성 점수를 피설명변수로 하고, 대학의 지역적 소재, 중점대학 여부, 대학의 종류(종합대학, 이공계대학, 사범대학 등), 대학 연구개발예산 대비 정부지원금의 비율, 대학 연구개발예산 대비 기업 위탁연구비의 비율 등을 설명변수로 삼아 패널 자료 분석을 실시하였다. 두 가지 지향성의 결정요인 분석에 사용된 구체적인 피설명변수 및 설명변수는 <표 1>에 제시한 바와 같다.

-
9. 향후 이와 같은 대안적 방법론에 입각한 추가분석을 통해 본고 분석결과의 안정성(robustness)을 확인해 볼 수도 있겠다.
 10. DEA 방법론은 일반 회귀분석에 비해, 생산함수의 형태를 가정할 필요가 없고 투입 및 산출의 종류를 한 가지로 제한하지 않아도 된다는 장점을 갖고 있는 것으로 평가받고 있다(Cooper et al., 2000).

<표 1> 과학연구 및 기술상업화 지향성의 결정요인 분석 모형

모형	피설명변수	설명변수
과학연구 지향성 결정요인 분석모형	NES 효율성 점수	c, East_dum, Key_dum, Gov_r, Teach_dum
기술상업화 지향성 결정요인 분석모형	TH 효율성 점수	c, East_dum, Key_dum, Firm_r, Eng_dum

주 1: East_dum: 동부지역 소재 대학 여부; Key_dum: 교육부 지정 중점대학 여부; Firm_r: 대학의 연구개발예산 대비 기업 위탁연구비의 비율; Gov_r: 대학의 연구개발예산 대비 정부지원금의 비율; Eng_dum: 이공계 대학 여부; Teach_dum: 사범계 대학 여부

이러 연구의 세 번째 단계에서는 중국 대학의 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성 간의 동태적 상호관계에 주목한다. 이를 위해, NES 효율성 점수와 TH 효율성 점수의 상관관계가 시간의 흐름에 따라, 즉 1996년부터 2005년까지 격2년씩 4기에 걸쳐 어떻게 변화하였는지를 살폈다. 또한 그랑제(Granger)검정을 통해 양자의 인과관계도 분석하였다. 이를 통해, 중국에서 과학연구가 기술상업화를 촉진(혹은 제약)하는지, 아니면 거꾸로 기술상업화가 과학연구를 촉진(혹은 제약)하는지, 혹은 양자의 작용이 함께 일어나는지를 보고자 하였다.

이상을 요약하면 그림1에 제시한 연구모형과 같다. 우선, 중국 대학들의 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성의 정도를 두 가지 DEA 모형을 통해 계측한다(그림 1의 (1)). 그리고 이 두 가지 지향성의 결정요인을 역시 두 가지 회귀모형을 통해 확인한다. 이 때 개별 중국 대학들의 특징과 그들이 속한 외부환경 요인을 모두 고려한다(그림1의 (2)). 이어 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성 간의 상관관계 분석을 통해 이들이 상호 촉진적인지 상호 제약적인지를 살핀다. 더욱이 이 상관관계가 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화하고 있으며 양자의 인과관계를 살펴, 중국 대학 내 과학연구와 기술상업화 행위가 어떻게 동태적으로 상호작용하는지를 분석한다(그림 1의 (3)).

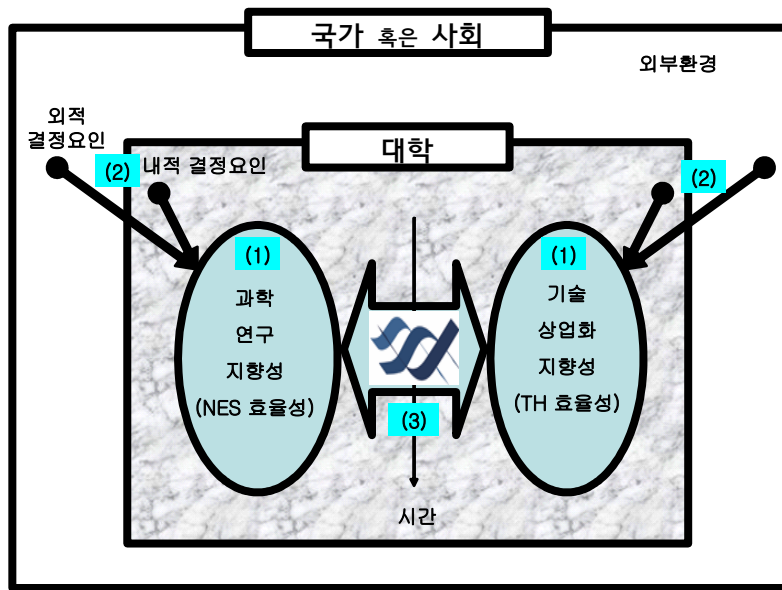


그림 1. 연구모형

2. 자료

중국 대학의 과학연구 및 기술상업화 지향성의 정도와 양자의 동태적 상호관계에 관한 실증분석을 위해 본고는 다음과 같이 자료를 구축, 분석하였다. 우선, 중국대학평가과제조(中国大学评价课题组)가 정리한 최신(2007년도) 중국 대학진학 자료에 나타난 상위 150개 주요대학을 1차적인 분석대상으로 설정하였다. 그리고 이들 150개 대학의 투입 및 산출 자료를, 중국 교육부가 매년 발간하는 『高等學校科技統計資料匯編』에서 찾아 입력하였다. 단, 위 교육부 자료에 미비한 각 대학의 특허 자료는 중국지식산업국 웹사이트(www.sipo.gov.cn)에서 각 대학별(출원인 기준)로 일일이 검색하여 보충하였다.

분석대상 기간은 중국 대학의 최근 진화를 살펴볼 수 있도록 현재를 기점으로 과거 약 10년을 살펴보기로 하였다. 그러나 위에 언급한 중국 교육부 자료의 각 대학 투입, 산출에 관한 시계열 자료가 완전하지 않아 부득이 1996년부터 격 2년씩 4개 기(期), 즉 1996년, 1999년, 2002년, 2005년에 관한 자료만으로 분석을 실시하였다.

한편 위 기간 중 중국 내 여러 대학들이 명칭을 수차례 바꾸었는데 본고

는 각 대학의 교사(校史)를 추적하여 명칭변경 전과 후의 자료를 연결시켰다. 하지만 대학 간 합병으로 종전에 있던 대학이 사라지거나 현존하는 대학임에도 그 자료가 아예 없거나 부족한 대학들이 있어 이들을 분석대상에서 제외시키고, 실제로는 113개 대학에 대해 분석을 실시하였다.

IV. 실증분석 결과: 중국 대학의 과학연구 및 기술상업화 지향성

1. 두 가지 지향성의 측정: DEA의 활용

<표 2>는 중국 대학의 NES 효율성과 TH 효율성에 대한 산출지향(output-oriented) DEA 분석 결과로, 중국 각 대학의 과학연구 및 기술상업화 지향성 정도를 보여준다. <표 2>에서 NES 효율성 순위가 높은 대학은 과학연구 지향성이 높은 대학을, TH 효율성 순위가 높은 대학은 기술상업화 지향성이 높은 대학임을 의미한다. 보다 구체적으로, <표 2>에서 NES 효율성 및 TH 효율성의 DEA 점수가 '1'인 대학들은 과학연구 및 기술상업화 지향성면에서 가장 앞선 그룹이며, 그보다 DEA 점수가 큰 대학들은 해당 지향성의 정도가 점수의 차이만큼 뒤떨어진 것으로 보면 된다. 예컨대 2002년 청화대학, 상해교통대학, 절강대학, 천진대학 등 16개 대학들은 기술상업화 지향성 면에서 선두(frontier)에 있으며, 무한대학은 이 그룹에 비해 약 25% 가량 뒤떨어져 있다는 뜻이다. 한 가지 주의할 것은, <표 2>가 보여주는 것이, 투입 혹은 산출의 한 가지 측면에서 과학연구 및 기술상업화가 외면적으로 가장 활발한 대학들을 순서대로 나열한 것은 아니란 점이다. <표2>가 보여주는 것은 '주어진 (투입)조건 속에서' 과학연구 및 기술상업화를 가장 효과적으로 수행하는 대학의 순위이며, 이는 각 대학의 내면적인 '문화' 혹은 '총체적 운영 메커니즘'이 얼마나 과학연구 지향적 혹은 기술상업화 지향적인지를 보여주는 것이다. 따라서 <표 2>의 대학 순위는 일반적으로 알려진 중국 대학의 서열과 반드시 일치하지는 않는다.

<표 2> 중국 대학의 NES 및 TH 효율성

(a) 1996년

NES 효율성			TH 효율성		
순위	대학	DEA 점수	순위	대학	DEA 점수
1	청화 남개 산둥 하문 절강사범 절강공상 동북농업 귀주 남경농업 산둥농업 서북농림과기 연대 대련이공 화중사범 하남사범 수도사범 안휘사범 서남 하남	1.00	1	청화 남개 북경이공 하문 하얼빈공업 전자과기 서안전자과기 성도이공 절강사범 절강공상 하북사범 남경의과 산둥사범 중국의과 동북농업 심양의과 귀주 산서 기남	1.00
20	북경	1.02	20	남경농업	1.01
21	곡부사범	1.03	21	동북	1.03
22	하북농업	1.04	22	곤명이공	1.05
23	산둥사범	1.05	23	절강	1.06
24	화남이공	1.06	24	서안교통	1.07
25	중산	1.06	25	중국약과	1.08
26	서북	1.07	26	청도	1.15
27	하북공업	1.16	27	하북농업	1.15
28	소주	1.18	28	화남이공	1.17
29	남경	1.19	29	태원이공	1.19
30	하북사범	1.24	30	상담	1.19
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
111	남경사범	6.08	111	수도사범	11.28
112	북간농림	6.48	112	안휘사범	13.25
113	흑룡강	7.56	113	서안건축과기	14.82
전체 평균	1.979		전체 평균	2.438	
표준편차	1.208		표준편차	2.290	

(b) 1999년

NES 효율성			TH 효율성		
순위	대학	DEA 점수	순위	대학	DEA 점수
1	청화 하문 절강사범 절강공상 산둥농업 곡부사범 하남 호북	1.00	1	청화 절강 북경 북단 성도이공 절강사범 절강공상 하남 심양약과	1.00
9	북경	1.08			
10	서북농림과기	1.10	10	동제	1.08
11	하북공업	1.11	11	하북농업	1.09
12	운남	1.11	12	중산	1.10
13	서안교통	1.12	13	상해교통	1.16
14	남경의과	1.12	14	하북의과	1.21
15	중국과학기술	1.13	15	북경항공항천	1.26
16	청도	1.14	16	광둥공업	1.33
17	중산	1.17	17	귀주	1.33
18	하북사범	1.17	18	화중농업	1.38
19	하남사범	1.19	19	사천사범	1.43
20	화중사범	1.19	20	남경의과	1.43
21	수도사범	1.20	21	수도사범	1.47
22	산둥	1.20	22	북경우전	1.47
23	서북	1.25	23	청도과기	1.49
24	무한	1.28	24	남경항공항천	1.54
25	화남이공	1.29	25	화남이공	1.58
26	연대	1.31	26	하북공업	1.62
27	산둥사범	1.32	27	화남이공	1.72
28	북경우전	1.36	28	하얼빈공업	1.72
29	동남	1.37	29	동남	1.74
30	중국광업	1.43	30	정주	1.75
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
111	북경화공	5.28	111	북경사범	11.30
112	광서	5.39	112	흑룡강	12.25
113	북건농림	7.66	113	서안전자과기	13.45
전체 평균	2.161		전체 평균	3.092	
표준편차	1.164		표준편차	2.164	

(c) 2002년

NES 효율성			TH 효율성				
순위	대학	DEA 점수	순위	대학	DEA 점수		
1	길림 화중과기 서북 신강 동북농업 절강사범 안휘사범 연대 하남사범	1.00	1	청화 상해교통 절강 천진 북경항공항천북경우전 화둥이공 절강사범 안휘사범 하남사범 정주 사천사범 남창 산둥 화남농업 심양약과	1.00		
10	정주	1.01					
11	하얼빈공정	1.01					
12	화중사범	1.03					
13	청화	1.03					
14	상해사범	1.09					
15	복건사범	1.10					
16	호북	1.11					
17	절강	1.13		17		중경	1.00
18	서남	1.14		18		성도이공	1.02
19	태원이공	1.15	19	신강	1.03		
20	서안이공	1.17	20	하북공업	1.09		
21	서안건축과기	1.17	21	하북의과	1.10		
22	난주	1.19	22	복단	1.10		
23	하남	1.20	23	북경화공	1.11		
24	남개	1.21	24	산둥사범	1.21		
25	산둥농업	1.24	25	절강공상	1.22		
26	하북농업	1.30	26	남경의과	1.25		
27	청도과기	1.30	27	무한	1.25		
28	남경의과	1.31	28	중산	1.25		
29	요녕	1.32	29	산둥농업	1.25		
30	북경우전	1.39	30	하북농업	1.26		
:	:	:	:	:	:		
:	:	:	:	:	:		
111	호남사범	4.28	111	수도사범	10.50		
112	수도의과	4.58	112	내몽고	18.61		
113	상해	5.26	113	서안전자과기	20.14		
전체 평균	2.011		전체 평균	2.735			
표준편차	0.846		표준편차	2.795			

(d) 2005년

NES 효율성			TH 효율성		
순위	대학	DEA 점수	순위	대학	DEA 점수
1	복단 무한 청화 절강 하문 요령 하얼빈공업 절강사범 하남사범 북경우전 절강공상 산둥농업 중국해양 흑룡강 서북사범 난주	1.00	1	청화 상해교통 절강 북경과기 화동이공 무한 요령 절강공상 중국해양 흑룡강 서북사범 산둥 하북사범 하북의과 심양의과 청도과기 안휘	1.00
17	산둥	1.01			
18	상해교통	1.04	18	산둥사범	1.01
19	사천	1.04	19	하문	1.09
20	서북	1.12	20	화남이공	1.15
21	남경	1.18	21	복단	1.17
22	하북	1.20	22	동북농업	1.18
23	중산	1.22	23	정주	1.24
24	북경과기	1.23	24	남경	1.29
25	정주	1.27	25	천진	1.33
26	화중과기	1.29	26	길림	1.33
27	북경항공항천	1.32	27	북건농림	1.44
28	북경	1.34	28	북경화공	1.54
29	화동사범	1.35	29	북경항공항천	1.56
30	화동이공	1.37	30	하북공업	1.58
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
111	남경이공	10.72	111	곡부사범	9.30
112	수도의과	10.73	112	사천사범	14.87
113	중북	13.21	113	안휘사범	21.77
전체 평균	3.011		전체 평균	3.160	
표준편차	2.339		표준편차	2.860	

<표 2>에서 보면, 1996년(1기) NES 효율적인 대학(NES 효율성 점수가 '1'인 대학)과 TH 효율적인 대학이 모두 19개였다가, 1999년(2기)에는 이들이 각각 8개와 9개로 크게 줄어들었고, 2002년(3기)에는 각각 9개와 16개로 TH 효율적인 대학의 수만 다시 늘어나고, 2005년(4기)에는 각각 16개와 17개로 NES 효율적인 대학의 수가 따라 늘어났음을 알 수 있다. 이 같은 변화에 대한 해석은 추후 보다 엄밀한 분석을 요하는 것이나, 예비적으로는 다음과 같이 해석해 볼 수 있다. 즉, 1기에서 2기에 이르는 동안 일부 대학들이 선도적으로 NES 및 TH 효율성을 개선하여 타 대학과의 격차를 벌였고, 벌어진 격차는 3기에 여러 대학들이 TH 효율성을 개선하면서 부분적으로 줄어들고, 4기에는 여러 대학들의 NES 효율성도 개선하면서 두 가지 효율성 측면에서 가장 효율적인 그룹이 다시 두터워진 것으로 볼 수 있다. 이는 실제로 1990년대 말 중국 대학들이 당시 장쩌민 총서기가 내건 '과교흥국(科教興國)'의 기치 아래에서 각개 약진하였던 사정과 일치한다(이춘근, 1999; 宋恩榮·呂達, 2004). 물론, 이상의 예비적 분석은 NES 및 TH 효율성이 최상위에 속하는 대학들에 관한 것이며, 분석 대상 대학 전체적으로는 격차의 벌어지고 좁아짐이 위의 분석과 다를 수 있다.¹¹

DEA 분석결과를 바탕으로 주요 대학 몇 곳을 보다 자세히 살펴보면 다음을 알 수 있다. 우선, 이공계 분야 중국 최고의 대학인 칭화대학의 경우 NES 효율성과 TH 효율성에 있어 공히 1~4기에 걸쳐 줄곧 최상위 그룹에서 거의 벗어나지 않았다. 칭화대학은 2002년 NES 효율성 측면에서만 최상위 그룹에 비해 미미한 정도(약 3% 정도)로 효율성이 뒤쳐져 있었다. 또 다른 명문대학인 북경대학의 경우 NES 효율성은 1996년과 1999년 약간의 격차만을 두고 최상위 그룹을 뒤따르다가 2002년(순위: 40위; 효율성 점수: 1.62)과 2005년(28위; 1.34)에는 최상위 그룹과의 격차가 벌어졌다. 한편 TH 효율성 측면에서 북경대학은 1999년 한 차례 최상위권에 속했으나 여타의 기간에는 30위권에 들지 못했다. 이는 북경대학이 주로 인문·사회과학 중심의

11. 분석대상 중국 대학 113개 모두의 효율성 격차를 알기 위해서는 <표 2>에 제시된 NES 및 TH 효율성 점수의 표준편차를 참조할 수 있는데, 1~4기에 걸친 이들의 변화 속에서 일정한 경향성이 포착되지는 않았다.

대학이라는 특성에서 기인하는 듯하다.¹² 양자강 하류의 또 하나의 대형 명문대학 절강대학의 경우, TH 효율성은 1996년 최상위권과 약간의 격차(6%)만을 두고 상위권에 속하다가 1999년 이래 줄곧 최상위권에 속했다. 한편 NES 효율성 측면에서 절강대학은 1996년(순위: 51위; 효율성 점수: 1.57), 1999년(35위; 1.47), 2002년(17위; 1.13)에 걸쳐 지속적으로 개선되는 추세를 보여주다가 마침내 2005년에는 최상위 그룹에 포함되었다. 요컨대, 절강대학은 워낙에 기술상업화 지향성이 강했는데 이를 성공적으로 유지하면서 과학연구 지향성을 사후적·점진적으로 강화시킨 사례라 할 수 있다. 다음 절들의 분석에서 확인하겠지만, 절강대학은 중국 주요대학들의 최근 진화 추세를 잘 보여주는 대표적인 사례라 할 수 있다.

2. 두 가지 지향성의 결정요인: 패널자료 분석

앞 절에서는 DEA 기법을 활용하여 중국 대학들의 과학연구 지향성(NES 효율성)과 기술상업화 지향성(TH 효율성)의 정도를 측정하였다. 본 절에서는 두 가지 지향성이 어떤 부류의 대학에서 각각 높은지를 살펴보고자 한다. 구체적으로, NES 효율성 점수(과학연구 지향성의 척도) 및 TH 효율성 점수(기술상업화 지향성의 척도)를 각각 피설명변수로 하고, 그에 대한 설명변수로 각 대학의 지역별 소재, 정부 혹은 기업으로부터의 연구비 지원 비중, 대학의 종류 등 대학의 외적·내적 요인들을 고려하였다. 이를 통해 다음의 6가지 가설을 검증해보고자 하였다: (1) 산업이 밀집한 동부지역 소재 대학인 경우 기술상업화 지향성이 높고 (2) 기업의 지원 비중이 높을수록 기술상업화 지향성이 높고 (3) 이공계 중심 대학일수록 기술상업화 지향성이 높고

12. 북경대학의 경우 이공계의 비중이 여타 명문대에 비해 상대적으로 작는데, 이런 이유에 기술상업화 지향성 정도(TH 효율성 순위)가 낮은 것으로 보인다. 한편, 과학연구 지향성 정도는 학술논문 발표 및 단행본 발행 건수와 관련되는데, 일반적으로 이공계 분야의 학술논문 발표 건수가 더 많다는 점을 감안하면, 북경대학의 NES 효율성이 낮게 나타난 것 또한 적어도 부분적으로는 인문·사회과학 중심 대학이라는 사실과 관련된 것으로 보인다. 특히 2000년대 들어 중국 이공계 분야의 논문 발표 건수가 크게 늘어난 사실을 감안하면 더욱 그렇다.

(4) 명문대학이라 할 수 있는 중점대학인 경우 과학연구 지향성이 높으며
 (5) 정부의 지원 비중이 높을수록 과학연구 지향성이 높고 (6) 지식 전수와
 인재 배양을 초점으로 하는 사범계 대학일수록 과학연구 지향성이 높을 것이
 다. 본 분석에서는 1999년, 2002년, 2005년의 3기에 걸친 패널자료를 활용
 하였으며 1996년은 관련 자료의 부재로 인해 제외되었다.

<표 3>과 <표 4>는 기술상업화 지향성 및 과학연구 지향성에 대한 결정
 요인 분석 결과를 보여준다.¹³ 우선, 기술상업화 지향성은 동부지역에 위치한
 대학들이 유의미하게 더 강한 것으로 나타났다.¹⁴ 이는, 산업이 밀집한 동부
 지역의 대학들이 인근 기업들과의 직간접적인 교류 속에서 기술상업화에 대
 한 각성 수준이 높아졌음을 암시하는 것으로 보인다. 실제로, 2006년 기준 중
 국 내 동부: 중부: 서부: 동북 3성의 지역별 생산총액(GRDP) 비중은 55.6 :
 18.7 : 17.1 : 8.6으로 동부의 비중이 압도적이다(中国统计摘要, 2007: 15-
 16).

<표 3> 기술상업화 지향성의 결정요인 분석

설명변수	pooled OLS		확률효과모형	
	회귀계수	p값	회귀계수	p값
상수항	3.972***	0.000	3.874***	0.000
동부지역 더미	-1.203***	0.000	-1.215***	0.001
중점대학 더미	-0.061	0.835	-0.095	0.795
기업위탁금 비율	-0.902	0.180	-0.405	0.570
이공계 대학 더미	0.015	0.965	-0.082	0.842
수정된 R제곱값	0.050		0.026	
F 통계량	5.429		3.219	
p값	0.000		0.013	

주 1: *** 유의수준 1%에서 유의, ** 유의수준 5%에서 유의, * 유의수준 10%에서 유의

13. 본 절의 패널분석에서는 설명변수에 시간불변(time invariant)의 변수가 포함돼 있어
 확률효과모형(random effect model)에 따른 분석만 실시하고 고정효과모형(fixed
 effect model)은 생략하였다.

14. 피설명변수인 지향성은 DEA 점수로 계측되고 DEA 점수는 작은 값이 더 높은 지향
 성을 의미함에 주의할 것.

〈표 4〉 과학연구 지향성의 결정요인 분석

설명변수	pooled OLS		확률효과모형	
	회귀계수	p값	회귀계수	p값
상수항	2.988***	0.000	3.000***	0.000
동부지역 더미	-0.172	0.335	-0.172	0.416
중점대학 더미	-0.555***	0.003	-0.556**	0.013
정부지원금 비율	-0.244	0.540	-0.265	0.534
사범계 대학 더미	-0.486*	0.065	-0.485	0.120
수정된 R제곱값	0.020		0.011	
F 통계량	2.728		1.976	
p값	0.029		0.098	

과학연구 지향성은 중점대학들이 유의미하게 더 강한 것으로 나타났다. 이는, 공식적인 명문대학이라 할 수 있는 중국의 중점대학들은 즉각적으로 상업화 가능한 응용연구보다는 기초 과학연구에 몰두하는 경향이 강하기 때문인 것으로 보인다. 한편, 지식 전수와 인재 배양에 초점을 맞춘 사범계 대학들이 여타 종류의 대학들보다 과학연구 지향성이 높은 것으로 나타났다. 이는 역사적으로 대학의 제1기능인 ‘교육(teaching)’이 제2기능인 ‘연구(research)’와 내재적으로 밀접히 연관돼 있음을 보여주는 것으로 해석할 수도 있다. 또, 사범계 대학들의 경우 교재 편찬이 많아 과학연구의 대표적 산출물인 단행본 출간 건수가 많아 과학연구 지향성이 높게 나타난 것일 수도 있다. 하지만 사범대 더미의 통계적 유의성이 확률효과모형에서는 미약하여 그 해석에 주의가 요구된다.

한편, 대학 연구에 대한 정부 지원금의 비중과 기업 위탁연구비의 비중은 각각 대학의 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성을 강화하는 방향으로 작용하는 것으로 나타났으나 그 통계적 유의성은 매우 낮아 그 해석에 주의가 요구된다.

요컨대, 앞서 제기했던 6가지 가설 중 (1) 산업이 밀집한 동부지역 소재 대학인 경우 기술상업화 지향성이 높을 것임 (4) 명문대학이라 할 수 있는 중점대학인 경우 과학연구 지향성이 높을 것임 (6) 지식 전수와 인재 배양을 초점으로 하는 사범계 대학일수록 과학연구 지향성이 높을 것임 등 3가지 가

설만 통계적으로 검증되었으며 나머지 가설들은 그 통계적 유의성이 없어 기각되었다.

3. 두 가지 지향성의 동태적 상호관계: 상관분석 및 그랑제(Granger) 검정

이제 본 절에서는 중국의 각 대학 속에서 과학연구와 기술상업화라는 두 가지 지향성이 어떻게 상호작용하는지 살펴보고자 한다. 주된 관심은 양자의 관계가 상호 제약적인지, 아니면 상호 촉진적인지에 있다. 더 나아가 양자의 관계가 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화해 왔는지에도 주목한다.

이를 위해 우선 중국 각 대학의 NES 효율성과 TH 효율성 간의 스피어만(Spearman) 순위상관관계를 분석하였다. 여기서 상관계수가 양(+)의 값으로 크면 각 대학 내의 과학연구와 기술상업화 지향성이 상호 촉진적이며, 반대로 상관계수가 음(-)의 값으로 크면 양자가 상호 제약적인 것으로 해석하였다. 또한 위와 같은 상관분석을 4기에 대해 각각 실시함으로써 두 가지 지향성 간의 관계가 시간이 흐름에 따라 어떻게 변화하는지 보고자 하였다.

위와 같은 분석결과를 요약하면 <표 5>와 같다. 1~4기 모두에 걸쳐 NES 효율성과 TH 효율성 간의 상관계수는 모두 양(+)의 값으로 통계적으로 유의미하게 나타났다. 단, 1기에서의 상관계수(0.175)는 매우 작아 과학연구와 기술상업화 지향성이 서로 촉진적인 관계에 있다고 보기 어렵다.¹⁵ 그러나 2~4기 기간 중 양자는 비교적 분명한 상호 촉진적 관계를 보여주고 있다. 특히, 4기에 해당하는 2005년의 경우, 과학연구와 기술상업화 지향성이 강한 양의 상관관계를 갖고 있다는 점은 주목할 만하다. 이는, 중국 각 대학 내의 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성이 과거에는 특별한 상호 영향 없이 공존하거나 촉진작용과 제약작용이 비슷한 크기로 동시 발생하여 상쇄되었음을, 그리고 시간이 지남에 따라 서로를 촉진하는 정도가 강해졌음을 의미하

15 상관계수는 그 절대값이 '0' 이상 '1' 이하의 구간에 있는데, 본고에서는 상관계수가 0.3 이상인 경우를 상관성이 있는 것으로 해석하였다.

〈표 5〉 과학연구 및 기술상업화 지향성 간의 상관계

	스피어만 순위상관 계수	p값
NES96 ∞ TH96 (1기)	0.175*	0.063
NES99 ∞ TH99 (2기)	0.362***	0.000
NES02 ∞ TH02 (3기)	0.337***	0.000
NES05 ∞ TH05 (4기)	0.459***	0.000

〈표 6〉 과학연구 및 기술상업화 지향성 간의 인과관계

귀무가설(H0)	F통계량	p값
1. NES 효율성 순위가 TH 효율성 순위의 원인이 되지 않는다	0.14691	0.864
2. TH 효율성 순위가 NES 효율성 순위의 원인이 되지 않는다**	3.49847	0.034

는 것으로 보인다. 이는, 1980~1990년대 미국 대학 사례연구를 바탕으로 ‘과거 대학 내에서 상호 분리돼 있던 (과학)연구와 기술상업화 시스템이 상호 의존적으로 바뀌면서 ‘하이브리드 레짐(hybrid regime)’이 생겨났다’는 Owen-Smith(2003)의 주장과 일맥상통하는 것이기도 하다.

더 나아가 본 연구에서는 위의 분석에서 밝힌 중국 대학 내 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성 간의 동태적 관계를 보다 명확히 하기 위해, 사건의 선후관계를 통해 인과관계를 추정하는 그랑제(Granger) 검정을 추가로 실시하였다.¹⁶ 분석 결과, 중국 대학들에서는 기술상업화 지향성이 과학연구 지향성을 강화하는 반면, 과학연구 지향성은 기술상업화 지향성을 특별히 강화하지는 않는 것으로 나타났다(〈표 6〉 참조). 이는 주목할 만한 발견으로, 중국 대학 내에서는 과학연구가 기술상업화를 추동하는 하향식(top-down식)

16. 그랑제 인과관계 검정에서는, 두 개의 시계열 변수 X, Y를 갖고 Y를 예측할 때, Y의 과거값과 함께 X의 과거값을 활용할 경우 예측오차가 줄어들면 X를 Y의 원인으로 인식한다. 그리고 그랑제 검정에서는 ‘X가 Y의 원인이 아니다’라는 귀무가설(H0)을 검정한다. 따라서 그랑제 검정에서 귀무가설을 통계적으로 의미있게 기각할 수 있으면 인과관계가 존재한다고 볼 수 있다. 표6에서 두 번째 귀무가설인 ‘TH 효율성 순위가 NES 효율성 순위의 원인이 되지 않는다’는 가설이 5% 유의수준에서 기각되었으므로 TH 효율성 순위가 NES 효율성 순위의 그랑제 원인이 된다. 첫 번째 귀무가설은 기각되지 않았으므로 NES 효율성 순위는 TH 효율성 순위의 그랑제 원인이 되지 않는다.

동학(動學)보다는, 기술상업화가 거꾸로 과학연구를 추동하는 상향식(bottom-up식)의 동학이 더욱 두드러지게 작동하고 있음을 시사한다.¹⁷ 이는 부분적으로 삼중나선(Triple Helix)학파의 주장을 지지하는 것임과 동시에, 과학연구는 세계적 수준에 비춰 다소 떨어지고 경제적 활력은 대단히 높은 중국이라는 개발도상국의 독특한 역동성을 보여주는 것으로도 해석할 수 있다.

V. 논의 및 결론

본고는 중국 대학들의 과학연구와 기술상업화 행위와 관련된 투입 및 산출 자료를 수집하여 대학 내 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성 간의 동태적 관계를 실증 분석하였다. 이는, 대학에 새로 부가되고 있는 제3의 기능이라 할 수 있는 ‘기술상업화’가 종전의 ‘과학연구’기능을 위축시키는지 아니면 촉진하는지에 관한 전(全)세계적 논쟁을 중국 안에서 실증적으로 가름해 본다는 의미가 있다. 특히 중국은 일찍이 계획경제 시절부터 이른바 ‘중국식 사회주의’를 표방하면서 대학들로 하여금 상아탑 속에 고립돼 있지 말고 사회경제에 직접적으로 공헌하도록 하는 제도적 실험을 해왔다는 데 주목할 필요가 있다. 즉, 중국은 개발도상국이면서도 대학의 기능과 관련된 실험을 선도적으로 해왔다는 점에서 세계적으로도 중요한 관찰대상이 된다. 더불어, 중국에서도 ‘지식’이 경제성장에서 차지하는 중요성이 커짐에 따라 대학이라는 고급지식의 창출 및 확산 주체가 중국의 경제시스템과 어떻게 유기적으로 연결되어 있는가를 살펴보는 것은 중국의 새로운 경제성장 모델을 이해하는 데도 도움이 되는 일이다.

17. 전통적으로는 기초적인 과학연구가 이뤄져야 기술상업화라는 응용이 이뤄질 수 있는 것으로 널리 이해돼 왔지만, 기술상업화와 같은 (지식생산 및 확산의 과정에서) 하류(downstream)에 속하는 행위가 오히려 상류(upstream)의 과학연구를 촉진한다는 것도 논리적으로 설명 가능하다. 즉, 기술상업화를 통해 자금을 조달하거나 새로운 연구주제를 발굴하여 과학연구가 촉진된다는 설명은 삼중나선(Triple Helix)학파에 속한 학자들의 주된 주장 중 하나이다.

위와 같은 맥락과 취지 위에서 수행된 본고의 중요한 실증적 발견을 요약하면 다음과 같다. 우선, 중국 대학들 속에서 과학연구 지향성과 기술상업화 지향성은 대체로 우호적으로 공존하고 있으며 최근 들어 양자 간에 양(+)의 상관관계가 점차 높아지고 있음이 확인되었다. 본고는 이를, 중국 대학들 속에서 과학연구와 기술상업화가 보다 상호 촉진적인 관계로 접어들고 있음을 보여주는 것으로 해석하였다. 그런데 중국 대학 내 과학연구와 기술상업화 간의 그랑제 인과관계 분석에서는, 기술상업화가 과학연구를 추동하는 것으로 확인됐지만, 과학연구가 기술상업화를 추동한다는 것은 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 이는 아직 기초 학문이 최첨단수준에 도달하지는 못한 많은 중국 대학들이 우선 産-學 연계를 강화하여 새로운 자금원과 연구주제를 확보한 뒤 점차 과학연구의 수준을 향상시켜가고 있음을 암시하는 것으로 보인다. 실제로 산업이 밀집한 동부 지역에 위치한 대학들의 경우 기술상업화 지향성이 높은 것으로 나타났다.

위의 실증분석은 중국 대학들 속에 존재하는 동학(動學)의 대략적인 모습을 보여준다. 하지만 이와 함께 간과하지 말아야 할 것은 중국 대학들의 ‘다양성’이다. 개발도상국인 중국에서 기술상업화 위주의 동학이 두드러지게 작동하고 있다 하더라도, 중국의 명문 연구중심 대학이라 할 수 있는 이른바 중점대학들에서는 기술상업화보다 과학연구 지향성이 높은 것으로 나타났다. 이는 중국 대학들이 나름의 성격과 지역 소재에 따라 서로 다른 역할을 수행하면서 전체적으로 다양성을 형성하고 있음을 보여주는 것이라 하겠다.

본고는 위와 같은 분석을 위해, 투입산출 효율성 분석에 활용되는 비모수적 기법인 DEA를 창의적으로 활용하여, 대학이라는 ‘조직(organization)’ 안에서 과학연구 지향과 기술상업화 지향이라는 두 가지 ‘문화(culture)’가 어떻게 상호작용하는지 살펴보았다. 이는 ‘개별 연구자’ 수준의 분석에 치중하고 있는 기존 연구에 비해 ‘조직’ 수준에서 조직의 문화와 총체적 운영 메커니즘에 관한 논의를 가능하게 한다는 점에서 방법론적 진전이라 할 수 있다.

한편, 본고는 여러 한계점들도 갖고 있는데, 무엇보다도 자료의 불완전성으로 인해 분석기간이 짧다는 것이 가장 큰 문제이다. 물론, 대학들의 과학연구 및 기술상업화에 관한 자세한 국가적 통계가 아예 없는 나라가 대부분임

을 감안하면, 미흡하나마 중국 대학들에 관한 자료는 분석의 중요한 소재일 수 있다. 그러나 4기 혹은 3기라는 짧은 기간에 걸친 패널자료에 의존하는 본고의 분석은 그 해석에 있어 주의를 기울일 필요가 있다. 특히 비모수적(non-parametric) 기법인 DEA에서는 모수(parametric) 통계기법과 달리 입력 자료에 오류가 있을 경우 그 분석결과가 왜곡되는 정도가 커 통계의 신빙성에 있어 자주 의혹의 대상이 되는 중국에 관한 연구에서는 더욱 조심할 필요가 있다.

또 한 가지 주의할 사항은, 본고에서는 중국 대학들의 학술논문 발표 건수를 과학연구의 한 가지 산출로 인식해 DEA 분석을 실시하였는데, 현실적으로 중국에서는 이른바 학술논문 속에 짊어진 정책시평을 담는 경우가 많아 학술논문 발표건수를 순수 과학연구 수행정도로 등치시키는 것이 항상 정확하지는 않다는 점이다. 이 문제의 해결을 위해서는 우선 중국 내 학술연구의 성격이 순수 과학 위주인지 정책 과학 위주인지에 관한 연구가 선행되어야 하는데, 이는 본고의 연구 범위를 넘어서기에 추후의 과제로 남긴다.

참고문헌

- 루이스 E.(지음). 김은영(옮김). 2006. 『테크놀로지의 걸작들』. 서울: 생각의 나무.
- 박희제. 2006. 「과학의 상업화와 과학자 사회 규범구조의 변화」. 『한국사회학』 40(4). pp. 19-47.
- 박규호. 권기석. 은종학. 한동성. 한유진. 2007. 『우리나라 대학의 산학협력 활성화 정책이 연구활동과 지적재산권 획득에 미치는 영향 분석』. 서울: 한국학술진흥재단.
- 은종학. 2006. 「중국의 기술추격전략 변화: 배경과 시사점」. 『KIEP 오늘의 세계경제』. 서울: 대외경제정책연구원.
- 이춘근. 1999. 「중국의 연구중심대학 육성 - 211공정을 중심으로」. 『한국공학기술학회 공학교육학술대회 논문집』. pp. 70-77.
- 지만수. 2005. 「16기 5중전회를 통해서 본 중국 11차 5개년계획의 주요 내용과 의미」. 『KIEP 오늘의 세계경제』. 서울: 대외경제정책연구원.
- 成思危. 2000. 『中国事业单位改革 - 模式选择与分类引导』. 北京: 民族与建设出版社.
- 国家统计局. 『2007 中国统计摘要』. 北京: 中国统计出版社.
- 教育部科学技术司. 2006. 『高等学校科技统计资料汇编』. 北京: 高等教育出版社.

- _____. 2003. 『高等学校科技统计资料汇编』, 北京: 高等教育出版社.
- _____. 2000. 『高等学校科技统计资料汇编』, 北京: 高等教育出版社.
- _____. 1997. 『高等学校科技统计资料汇编』, 北京: 高等教育出版社.
- 李路路, 李汉淋. 2000. 『中国的单位组织 - 资源, 权利与交换』, 杭州: 浙江人民出版社.
- 宋恩荣, 吕达. 2004. 『当代中国教育史论』, 北京: 人民教育出版社.
- 解飞厚, 卢晓中. 1995. 「高校与企业科技合作障碍探微」, 『科研管理』 16(6), pp. 43-47.
- 张维迎. 2004. 『大学的逻辑』, 北京: 北京大学出版社.
- _____. 2003. 校长助理张维迎在2003年科技开发与产业新年团拜会上的讲话. <http://kjcy.pku.edu.cn/lunt/2003tbh/tbh-zhangweiyong.htm>.
- 中关村管理委员会, 北京大学网络经济研究中心. 2003. 『中关村校办院办企业现状与问题研究』.
- 中国大学评价课题组. 2007. 『挑大学选专业: 高考志愿填报指南』, 北京: 中国统计出版社.
- Agrawal, A. and R. Henderson. 2002. "Putting Patents in Context: Exploring Knowledge Transfer from MIT." *Management Science* 48, pp. 44-60.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., and K. Tone. 2000. *Data Envelopment Analysis*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Dahlman, C.J., J.-E. Aubert. 2001. *China and the Knowledge Economy: Seizing the 21st Century*. Washington: World Bank.
- Dasgupta, P. and P.A. David. 1994. "Toward a new economics of science." *Research Policy* 23, pp. 487-521.
- Etzkowitz, H., A. Webster, C. Gebhardt, and B. Terra. 2000. "The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm." *Research Policy* 29, pp. 313-330.
- Etzkowitz, H. 1998. "The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university-industry linkages." *Research Policy* 27, pp. 823-833.
- _____. 2002. *MIT and the Rise of Entrepreneurial Science*. London: Routledge.
- Eun, J.-H., K. Lee, and G. Wu. 2006. "Explaining the "University-run enterprises" in China: A theoretical framework for university-industry relationship in developing countries and its application to China." *Research Policy* 35, pp. 1329-1346.
- Eun, J.-H. 2005. *The ~~Academic-Run Enterprises~~ Form of Knowledge Industrialization*. Tsinghua University unpublished PhD dissertation.
- Krugman, P. 1994. "The Myth of Asia's Miracle." *Foreign Affairs* Nov/Dec, pp. 62-78.
- Langford, C.H., J. Hall, P. Josty, S. Matos, and A. Jacobson. 2006. "Indicators and outcomes of Canadian university research: Proxies becoming goals?"

- Research Policy* 35. pp. 1586-1598.
- Lundvall, B.A.. 2002. "The University in the Learning Economy." DRUID Working Paper No 02-06.
- _____. 2004. "The Economics of Knowledge and Learning." *The Learning Economy: Understanding Innovation, Economic Evolution and Technology Management in the 21st century*. mimeo. pp. 1-19.
- Markiewicz, K.R. and A. Di Minin. 2004. "Commercializing the Laboratory: The relationship between Faculty Patenting and Publishing." Haas School of Business Working Paper.
- Mowery, D. and B.N. Sampat. 2004. "Universities in national innovation systems." presented at the 1st Globelics Academy (Lisbon, Portugal), May.
- OECD. 2000. *Knowledge management in the learning economy*. Paris: OECD.
- _____. 2002. *Benchmarking Industry-Science Relationship*. Paris: OECD.
- Owen-Smith, J. 2003. "From separate systems to a hybrid order: accumulative advantage across public and private science at research one universities." *Research Policy* 32, pp. 1081-1104.
- Rooney, D., G. Hearn, and A. Ninan. 2005. *Handbook on the Knowledge Economy*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Rosenberg, N. and R.R. Nelson. 1994. "American universities and technical advance in industry." *Research Policy* 23. pp. 323-348.
- Stephan, P. 1996. "The economics of science." *Journal of Economic Literature* 34. pp.1199-1235.
- Viale, R. and H. Etzkowitz. 2004. "Third Academic Revolution: Polyvalent Knowledge; The "DNA" of the Triple Helix." mimeo.

Scientific Research and Technology Commercialization in Chinese Universities:

An Empirical Study of their Dynamic Relationship

Eun, Jong-Hak

Lecturer, School of International and Area Studies of Kookmin University

As the notion of 'knowledge-based economy' prevails, universities are increasingly perceived as a new engine for sustainable economic growth and are required to more directly contribute to the economic growth through

commercializing their technologies. In the meantime, however, there are heated disputes between the so-called Triple Helix scholars and the New Economics of Science scholars on whether the newly-added role of universities (i.e. technology commercialization) would facilitate or crowd-out the traditional but still very important role of universities i.e. scientific research. This study tries to empirically test the competing hypotheses with the case of Chinese universities. Chinese universities deserve a special attention because they have carried out various (sometimes radical) experiments and consequently accumulated unique experiences through trial and error. Furthermore, by examining the evolving roles of Chinese universities, we might have a deeper understanding of the changing patterns of China's economic growth. In order to examine the dynamic relationship between scientific research and technology commercialization in China, I have collected various input and output data of 113 Chinese universities and conducted a series of quantitative analyses including data envelopment analysis (DEA), panel data analysis, correlation analysis, and Granger causality test. The results show that the two different activities in Chinese universities are increasingly inter-related as time goes by. The results also show that the scientific research in Chinese universities has been facilitated as a consequence of the universities' active engagement in technology commercialization, which implies the China-specific or developing country-specific dynamism.

Key Words: Scientific Research, Technology Commercialization, New Economics of Science, Triple Helix, DEA, China, University, Empirical Study

은종학, 국민대학교 국제학부

136-702 서울시 성북구 정릉3동 861-1

Tel_02 910 4441 E-mail_jheun@kookmin.ac.kr

