

과학기술원과 일반대학 간 상대적 효율성 비교 연구

강호원
연세대학교 기술정책협동과정

A Comparative Study on the Relative Efficiency between the Institute of Science and Technology and General University

Howon Kang
Department of Technology Policy, Yonsei University

요약 과학기술원은 고급 과학기술 인재 양성, 국가 전략에 따른 중장기 연구개발, 과학기술 저력 배양을 위한 기초응용 연구, 산업계 지원, 기술사업화 등을 위해 1971년 KAIST(한국과학기술원)를 시작으로 현재까지 4개가 차례로 설립되었다. 고등교육법에 따라 교육부가 관리·감독하는 일반대학과 비교할 때 과학기술원은 과학기술정보통신부 소관으로 일반대학보다 많은 자율성을 가지고 있다. 본 연구는 이러한 적용 규제 및 자율성의 차이로 인해 일반대학과 과학기술원이 성과 측면에서 어떤 차이가 있는지 파악하고 이로부터 바람직한 과학기술원 지원 정책 방향을 제시하고자 하였다. 우선 과학기술원과 세계대학순위가 비슷한 일반대학을 선정하여 학술적, 기술적, 경제적 성과 측면에서 상대적 효율성을 계산하고 두 집단이 상대적 효율성 측면에서 유의한 차이가 있는지 확인하였다. 그 결과 양적 학술성과 산출 측면은 과학기술원이 일반대학에 비하여 상대적 효율성이 낮은 것으로 나타나지만, 질적 학술성과에서는 효율성이 높은 것으로 나타났다. 기술적 성과 측면에서는 과학기술원이 일반대학에 비하여 높은 효율성을 나타냈고 경제적 성과는 과학기술원과 일반대학 간의 차이가 나타나지 않았다. 그러므로 앞으로 과학기술원 지원 정책의 방향은 창업, 기술사업화 등과 관련된 지원 체계 고도화 및 연구자에 대한 인센티브 강화 등 과학기술원의 경제적 성과 증진에 집중해야 한다고 제안한다.

Abstract Since the initiation of Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in 1971, four Institutions of Science and Technology (IST's) were established. The aim of these institutes was to cultivate high-quality science and technology talent, mid- to long-term R&D according to the needs of the country and basic application research to foster science and technology potential, industry support, and technical commercialization. Unlike general universities managed and supervised by the Ministry of Education under the Higher Education Act, the IST's are supervised by the Ministry of Science and Information and Communication Technology (ICT) and are operated relatively more autonomously. This study attempted to identify the differences in performance between the IST's and general universities and to suggest the direction of future policies to promote the IST's. General universities with QS and the Times Higher Education (THE) World University rankings similar to the IST's were selected. The relative efficiencies of these general universities and IST's were calculated in terms of their academic, technical, and economic performance. The results confirmed that the IST's had a lower relative efficiency than the general universities in terms of quantitative academic performance, but a higher efficiency in qualitative academic and technical performance. There was no difference in the economic performance between the IST's and general universities. In conclusion, the direction of the promotion policy for IST's should focus on strengthening their economic performance. Methods such as a support system and incentives for researchers related to start-ups and technology commercialization can be considered to improve the relative efficiency of IST's in terms of economic performance.

Keywords : Institution of Science and Technology, University, DEA, Relative Efficiency, Comparative Analysis, Technology Commercialization

*Corresponding Author : Howon Kang(Yonsei Univ.)

email: knightc@naver.com

Received February 27, 2024

Accepted April 5, 2024

Revised April 1, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

KAIST(한국과학기술원)을 비롯한 4개 과학기술원은 1971년 KAIST를 최초로 1993년 GIST(광주과학기술원), 2004년 DGIST(대구경북과학기술원), 2007년, UNIST(울산과학기술원)가 차례로 설립되었다. 일반대학은 고등교육법에 근거하여 설립되고 교육부 소관으로 관리·감독 및 지원되고 있지만 과학기술원은 기관마다 설립법이 있고 과학기술정보통신부 소관으로 관리·지원되고 있다[1].

과학기술원은 일반대학에 적용되는 고등교육법상 규제를 상대적으로 적게 적용받고, 별도의 그룹으로서 정부로부터 집중 지원 받아 교육·연구 여건이 좋은 편이지만 점점 국내 다른 이공계 일반대학들도 발전하며 인프라나 수월성 측면에서의 차이가 점점 줄어들고 있다는 의견도 있다[2].

본 연구는 과학기술원이 일반대학과는 다르게 관리·감독 및 지원되고 있는 만큼 두 집단의 성과가 어떤 차이가 있는지 규명하고자 하였다. 그리고, 그 결과로부터 앞으로 과학기술원 지원 정책을 어떤 방향으로 설정해야 하는가에 대하여 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 과학기술원의 역사와 현황, 특징을 설명했다. 3장에서는 DEA의 이론적 배경과 DEA를 활용한 대학 간 비교를 주제로 한 선행연구를 살펴보고, 4장에서는 데이터의 수집 및 변수 설정, 그리고 연구가설 및 모델을 설명했다. 5장에서는 분석 결과를 제시하며, 6장은 결론으로서 과학기술원 지원 정책 방향에 대해 제안한다.

2. 과학기술원 현황

2.1 과학기술원의 연혁

과학기술원의 설립은 정부가 과학기술이 국가 발전에 지대한 영향을 미침을 인식하면서 시작되었다. 1960년대 초부터 우리나라는 경제개발 5개년 계획 등을 통하여 농업 중심에서 경공업 그리고, 중화학공업 중심으로 산업구조를 바꾸어 나가며 본격적인 발전의 길에 접어들었다. 이 과정에서 고급 과학기술인재 부족, 특히 우수 이공계 인재들의 두뇌 유출이 점점 큰 문제가 됨에 따라 정부는 첨단기술 관련 연구와 교육에 특화된 기관의 설립에 착수하였다. 그 결과 1971년, KAIST가 최초의 과학기술원으로서 기존의 견고한 전통적 대학 교육 모델에서

벗어나 창의성, 학제 간 협력, 지식의 실질적 응용에 중점을 두고 설립되어 성공적으로 정착하였다[3].

KAIST의 성공은 GIST, DGIST, UNIST의 설립으로 이어졌다. 대전, 광주, 대구, 울산, 네 개 과학기술원의 위치는 지역 균형 발전과 연구 분야의 특화 및 다변화를 고려하여 전략적으로 결정되었다. 과학기술원의 육성에 정부의 역할도 매우 컸다. 다양한 혁신적 정책과 전략적 투자가 과학기술원의 R&D 활동에 지원되었다. 정부에 의한 연구개발 친화적 환경 조성은 과학기술원 성장에 크게 이바지했다[1].

그 결과 과학기술원들은 현재 QS(Quacquarelli Symonds), THE(Times Higher Education) 등 세계 대학순위 평가에서 상위권을 유지하며 이공계 분야에서 우리나라를 대표하는 교육기관으로 정착하였다.

2.2 과학기술원의 특징

우리나라 대부분의 일반대학은 고등교육법에 설립 근거를 두고 있으나, 모든 과학기술원은 기관별로 근거법이 있다. 따라서 과학기술원은 국립기관임에도 불구하고 국립대학이 아니고, 대학정보공시 상에는 특수대학으로 분류된다. UNIST를 제외하고는 모두 대학원, 즉 연구조직이 먼저 설립되고 학부가 개설되었다. 그 결과 조직 형태가 정부출연연구기관에 교육 기능이 추가된 것처럼 보인다. 실제로 모든 과학기술원이 학부생보다 대학원생이 더 많은데 특히 KAIST는 대학원생 수가 학부생의 2배에 육박한다.

일반대학은 교육부의 관리와 감독을 받으나 과학기술원은 과학기술정보통신부의 소관이기에 때문에 조직, 정원 등의 측면에서 상대적으로 자유롭다. 특히 학생 총정원을 과학기술원이 자율적으로 결정하고 소관 부처에는 보고만 하게 되어 있고 학과별 정원의 제한이 없어, 학생들은 무학과로 입학하고 재학 중 적당한 시점에 자유롭게 전공을 선택하도록 하고 있다.

과학기술원의 경상경비와 인건비 대부분은 정부가 매년 출연금 형태로 지원한다. 4개 과학기술원을 모두 합친 정부 출연금은 '23년도 기준 5,375억 원이다. 이 예산에는 학생 등록금, 기관 자체 연구비 등도 포함된다. 이외에 많은 정부 R&D 과제를 수행하며 추가 지원이 이루어진다. 다른 계열도 아울러 가지고 있는 일반대학과 비교할 때 조직이 실질적으로 공대와 자연대로만 이루어진 특성에서 비롯된 것인지, 기관 예산 체계가 R&D 중심으로 구성되어 있다. 그 결과 고가의 실험장비 등 연구 인프라 측면에서 우수하다.

3. 이론적 배경

3.1 DEA 분석기법

DEA(Data Envelopment Analysis)는 다수의 투입 요소와 산출 요소를 가진 의사결정 단위(DMU : Decision Making Unit) 간 상대적 효율성을 평가하는 기법으로서 비교 대상 중 가장 효율적인 집단인 프런티어 집단에 비추어 어느 정도나 효율적인지를 측정하여 각 DMU의 상대적 효율성을 얻는다[4]. 기본적으로 각각의 DMU에 대하여 '(산출의 가중합)/(투입의 가중합)'을 계산해 비교하는 개념이다. 투입 및 산출 요소의 단위가 서로 달라도 표준화 없이 사용 가능하고, 변수 모집단에 대하여 어떤 가정도 할 수 없을 때 사용가능한 비모수적 접근법(Nonparametric Method)으로서 대학 간 다양한 측면에서 비교하는 다수의 선행연구에 활용되었다.

DEA 모형 중 가장 대표적인 두 가지는 Charnes, Cooper, Rhodes가 1978년에 제안한 CCR 모형과 Banker, Charnes, Cooper가 1984년 제안한 BCC 모형이다. CCR 모형은 투입이 확대되면 산출은 그에 정비례하여 확대된다고 가정하지만(CRS: Constant Return to Scale), BCC 모형은 그렇지 않을 수도 있다고 가정한다(VRS : Variable Return to Scale). 그 결과 BCC 모형을 통하여 규모의 효과를 제거한 순수 기술적 효율성을 얻을 수 있으며, CCR 효율성을 BCC 효율성으로 나누면 규모의 효율성을 구할 수 있다[5].

아울러 DEA를 수행할 때 결과의 변별력을 확보하기 위해서는 비교분석 대상인 DMU의 개수가 최소한 투입 변수와 산출 변수 합 3배 이상이 될 것이 권장된다[6]. 과학기술원은 총 4개이고, 이들과 성과 측면에서 대등하게 비교할 수 있는 국내 대학의 수는 많지 않다. 그리고 연구모형은 관련되는 변수를 모두 포함하는 통합 모형보다는 관점에 따라 초점을 맞추어 필요 최소한의 변수로 구성되는 여러 개의 부분 모형들을 구축하는 것이 분석 결과의 의미를 더욱 분명하게 해석할 수 있다.

본 연구에서 이 사항들을 고려하여 DEA 모형에 포함되는 변수 수를 최소한으로 제한하고, 더욱 정밀한 비교를 위하여 성과를 분야별로 나눈 복수의 모형을 구성하여 DEA를 수행하였다.

3.2 DEA를 활용한 대학 비교 선행연구

DEA 기법을 활용하여 대학을 비교한 몇 가지 기존 연구의 분석 내용과 사용 변수는 다음과 같다.

신현대(2006)는 국내 38개 대학의 상대적 효율성을 비교하였다. 투입 변수는 교수 수, 직원 수, 대학원생 수, 인건비, 교내연구비, 장서 수 등이고, 산출 변수는 국제 논문 수, 논문 1편당 피인용 횟수, 국내 논문 수, 연구용역수입, 사회적 평판도 등이다. 아울러 대학의 설립 형태(국립, 사립), 대학 규모(대규모, 중·소규모), 대학 소재 지역(수도권, 지방권)을 조절 변수로 다중회귀분석을 하여 요소별 상대적 효율성의 차이를 분석했다[7].

배재호(2013)는 지방 사립 전문대학의 30개 학과를 대상으로 상대적 효율성을 비교했다. 투입 변수로는 교수 수, 점유면적, 실험실습비를 산출 변수로는 입학생 수, 졸업생 수, 취업/편입자 수, 연구 실적(논문 및 특허 실적, 저/역서 단순 집계), 수주연구비 등을 설정하였다[8].

우상규와 정우열(2015)은 정부의 대학평가정책이 대학 운영의 효율성에 미친 영향을 알아보기 위해 75개 대학을 대상으로 2011년과 2014년의 효율성을 비교하였다. 투입 변수는 전임교원 확보율, 직원 1인당 재학생 수, 교육비 환원율, 장학금 지급률, 전임교원 1인당 교내연구비, 교사(校舍)확보율로 하였고, 산출 변수는 취업률, 정원 내 재학생 충원율 및 신입생 충원율, 전임교원 1인당 논문 수 및 교외연구비 수혜실적으로 설정했다[9].

이뿐만 아니라 다른 선행연구들을 살펴보면 투입 및 산출 변수를 연구 목적에 따라 특별한 이론적 배경 없이 설정하고 있다. 단, 대부분 선행연구에서 교수 수, 직원 수 등은 투입 변수가 되었고, 논문 수는 성과 변수가 되었다. 연구비의 경우, 교내 연구비는 투입 변수, 외부 수주연구비는 산출 변수가 되는 경우가 많았는데 관점과 맥락, 그리고 연구 목적에 따라 투입 또는 산출이 결정되는 것으로 보인다.

4. 연구방법

4.1 분석 범위 및 자료

2024년 현재 전국의 일반대학은 200여 개에 달한다. 과학기술원이 4개인 것에 비하여 그 수가 매우 많고, 성과를 어떻게 정의하든 전체 200여 개 대학을 함께 비교할 경우, 대학 간 편차가 매우 크고 의미 있는 결과를 얻기 어려울 것을 예측할 수 있다. 연구 목적이 과학기술원과 일반대학 간 근거법과 소관 부처의 다름으로 인한 성과 차이 규명임을 고려할 때 비교분석 대상이 될 일반대학은 과학기술원과 유사한 수준의 대학들로 선별하는 것이 타당하다.

따라서, 널리 알려진 QS 세계대학 순위 평가와 THE 세계대학 순위 평가에서 과학기술원과 유사한 순위의 국내 일반대학 12개를 선정하여 4개 과학기술원을 포함한 총 16개 대학에 대하여 비교분석을 수행하였다. 분석 대상 16개 대학은 Table 1과 같다.

Table 1. DMU's: Universities to be Analyzed

Full Name(in Korean)	Abbr.
Korea Advanced Institute of Science and Technology(한국과학기술원)	KAIST
Gwangju Institute of Science and Technology(광주과학기술원)	GIST
Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology(대구경북과학기술원)	DGIST
Ulsan Institute of Science and Technology(울산과학기술원)	UNIST
Seoul National University(서울대학교)	Seoul
Yonsei University(연세대학교)	Yonsei
Korea University(고려대학교)	Korea
Sungkyunkwan University(성균관대학교)	Sungkyunkwan
Kyung Hee University(경희대학교)	Kyung Hee
Hanyang University(한양대학교)	Hanyang
Chung-Ang University(중앙대학교)	ChungAng
Ajou University(아주대학교)	Ajou
University of Ulsan(울산대학교)	Ulsan
Konkuk University(건국대학교)	Konkuk
Pohang University of Science and Technology(포항공과대학교)	POSTECH
Ewha Womans University(이화여자대학교)	Ewha

대학정보공시(대학알리미: <https://www.academyinfo.go.kr>)의 2020년부터 2023년까지 4년간 공시자료 데이터를 활용했다. 모든 분석 대상의 광범위한 데이터를 하나의 데이터베이스에서 얻을 수 있고 정부 공공데이터인 만큼 공신력도 가지고 있기 때문이다.

4.2 DEA 투입/성과 변수 설정

대학정보공시에서 제공하는 교육·연구 성과는 졸업생 수, 졸업생 진학률 및 취업률, 전임교원의 연구실적(논문 및 저/역서 수), 전임교원의 연구비 수혜실적, 대학의 사회봉사 실적, 기술료 및 기술이전 건수, 특허 출원 및 등록 건수, 교원 및 학생 창업 실적 등이다[10].

대학의 기본적 기능은 인재 양성이므로 졸업생의 진학률/취업률 등은 비교 대상 대표 성과가 될 수도 있다. 하지만, 우리나라의 경우 일반대학 총정원 및 학과별 정원까지 교육부에 의해 결정되는 상황에서 졸업생 수를 기

준으로 대학교끼리 비교하는 것은 적절하지 않다. 졸업생 수를 결정하는 결정적 요소 중 하나가 입학생인데 이 자체가 대학 자율이나 노력의 결과가 아닌 외부 주체에 의해 결정되는 것이 명백하기 때문이다. 또한 대학마다 양성하고자 하는 인재상이 다르고 그것에 따라 졸업 후의 특정 진로가 관점에 따라 성공/실패의 평가가 달라질 수 있다는 것을 고려할 때 졸업생 진학률, 취업률은 비교 대상 산출 변수로 설정하기에 적절치 않다.

전임교원 1인당 논문 수는 학술 측면의 대표적 양적 성과이다. 하지만, 최근에는 점점 대학의 모든 측면에서 양이 아닌 질적으로 우수한 성과를 강조하며 다양한 질적 성과 측정 기준들이 제시되고 있다. 자연과학 분야에서 널리 받아들여지는 학술 부문의 질적 우수성 측정 지표 중 하나가 Nature Index이다. 과학저널 Nature社가 국제 유력 학술지 발표 논문의 공저자 수, 논문 기여도, 학문 분야별 가중치 등을 분석해 그 결과를 수치로 변환하여 제시하는 이 지수는 연구기관의 순위 배분에 사용된다. 본 연구는 양적 학술성과와 관련된 산출 변수는 대학별 전임교원의 논문 수로, 질적 학술성과 측면 산출 변수는 대학의 Nature Index로 설정하였다.

우리 경제가 개발도상국에서 벗어나 점점 고도화되며 대학이 혁신 기술과 인적 자원의 생산자로서 새로운 성장동력과 산업 창출에 선도적 역할을 담당하는 것이 점점 중요해지고 있다[11]. 이에 정부는 2003년 '산업교육진흥 및 산학협력촉진법'을 개정하며 대학 조직으로서 산학협력단 설립을 장려하고, 이 조직을 중심으로 대학의 연구 성과를 기술이전, 사업화 등을 통하여 확산시키는 역할을 담당하게 하였다[12]. 대학이 고급인재 양성과 학문 연구라는 전통적 역할에서 벗어나 혁신의 선도자로서 거듭날 것을 기대하고 유도하는 움직임으로 볼 수 있다. 이러한 측면에서 혁신 기술의 첫 단계로 볼 수 있는 특허, 그리고 기술이전의 대표적 결과인 기술료를 비교 연구의 산출 지표로 설정하였다.

투입 변수로는 전임교원 수와 연구비를 설정하였다. 전임교원은 앞서 산출 변수로 설정한 논문, 특허, 기술료 모두의 생산자로서 대부분 선행연구에서 투입 변수로 설정하였다. 연구비는 산출이 아닌 투입 변수로 설정하였다. 연구의 목적과 맥락에 따라 대학의 정책 변화, 자원 투입 등으로 인해 외부 연구비 수혜율 증가 등 대학으로서는 바람직한 결과를 얻고자 하는 노력의 실효성 증명을 목적으로 하는 연구라면 연구비를 투입 변수로 설정할 것이다. 그러나 본 연구는 연구비는 형태와 재원에 관계없이 성과 달성을 위한 비용이라는 관점에서 투입 변

수로 설정하였다. 위의 논의를 정리하여 DEA를 위한 투입 변수와 산출 변수를 표로 나타내면 다음과 같다.

Table 2. Input and Output Variables in DEA Model

Spec.	Indicator Definition
Input Variables	No. of Full-time Professors of the year
	Sum of Research Fund of the year
Output Variables	No. of SCI/SCOPUS papers of the year
	Nature Index of the University of the year
	No. of Patent applications of the year
	Sum of Technical Fee of the year

3.1절에서 논의한 바와 같이 DEA의 변별력 확보를 위해 투입 변수 수와 산출 변수 수의 합은 DMU 수의 3분의 1 이하여야 한다는 조건을 만족시키기 위해 투입/산출 변수의 수는 최소로 제한하였다. DMU 수를 과학기술원 4개, 일반대학 12개를 합한 총 16개에서 더 이상 늘리는 것이 연구 목적을 고려할 때 바람직하지 않았기 때문이다.

여기에 더하여 과학기술원은 공학 계열과 자연 계열만 존재하는데 일반대학은 인문·사회, 의학, 예체능 계열도 아울러 존재한다. 대학의 계열 간 성과의 양상은 매우 다르므로 대등한 분석을 위해서는 일반대학에서 자연 계

열과 공학 계열만 추출하는 것이 필요하다. 이렇게 얻은 DMU 별 기본 데이터는 다음 페이지의 Table 3과 같다.

4.3 가설 및 연구모델의 설정

본 연구의 목적은 과학기술원과 일반대학 간 성과 창출 측면에서 어떤 차이가 있는지 파악하고 그 결과를 바탕으로 과학기술원 지원 정책 방향 설정에 시사점을 제시하는 것이다.

성과 창출 측면의 차이 여부 및 양상을 과학기술원과 일반대학 간 부문별 성과의 상대적 효율성에서 유의한 차이가 있는지, 있다면 어떤 양상인지 확인하여 파악하고자 하였다.

즉, 연구가설은 과학기술원과 일반대학 간 부문별 성과의 상대적 효율성은 차이 없다는 것으로 하였다. 구체적으로 다음 네 가지이다.

- [가설1] 과학기술원과 일반대학 간 **양적 학술성과의 상대적 효율성** 차이는 없다.
- [가설2] 과학기술원과 일반대학 간 **질적 학술성과의 상대적 효율성** 차이는 없다.
- [가설3] 과학기술원과 일반대학 간 **기술 성과의 상대적 효율성** 차이는 없다.
- [가설4] 과학기술원과 일반대학 간 **경제성과의 상대적 효율성** 차이는 없다.

Table 3. Inputs and Outputs of Universities(Average of 4 years(2020~2023))

Univ.	No. of Full-time Professors	Per Full-time Professor				
		Research Fund (1,000 won)	No. of SCI/SCOPUS Papers	Nature Index Share	No. of Patent Applications	Technical Fee (1,000won)
Seoul	882.5	511,826	1.266	0.2187	1.894	8.233
KAIST	611.25	674,570	1.193	0.2849	2.553	13.411
Yonsei	604	474,570	1.207	0.1653	2.256	9.117
Korea	598.25	529,225	1.354	0.1247	2.361	7.697
Sungkyunkwan	570	568,032	1.487	0.1535	1.563	6.292
Kyung Hee	541.75	211,663	1.119	0.0460	1.158	8.890
Hanyang	440.75	413,227	1.220	0.1086	2.103	20.402
ChungAng	373.25	296,321	1.210	0.0600	0.915	3.708
Ajou	369.75	216,992	0.779	0.0413	1.101	9.007
Ulsan	329.75	128,410	0.712	0.0383	1.032	2.987
Konkuk	305.25	217,460	1.090	0.0308	0.876	3.632
UNIST	286.5	457,581	1.132	0.2732	2.126	3.773
POSTECH	271	703,030	1.232	0.3577	2.301	11.459
Ewha	266.25	365,427	0.939	0.0935	1.178	4.526
GIST	187.75	505,373	1.025	0.1599	1.450	7.050
DGIST	129.25	342,345	0.770	0.1459	2.849	10.014
Average (Std. error)	423 (190.7)	413,515 (164,550)	1.108 (0.2093)	0.1439 (0.09487)	1.732 (0.6258)	8.137 (4,319)

대학별 상대적 효율성은 앞 절의 변수 설정의 논의 사항 및 위의 가설 설정을 고려하여 (1) 양적 학술성과, (2) 질적 학술성과, (3) 기술 성과, (4) 경제성과 각 부문의 성과에 대하여 별도의 부분 모델을 구성하고 상대적 효율성을 구하였다. 이는 3.1절에서 언급한 바와 같이 결과의 변별력을 확보하는 동시에 의미를 더욱 명확하게 해석하기 위해서이다.

DEA 모델 구성은 Table 4에 나타내었다. DEA는 Excel 기반 DEA Frontier Software(by Joe Zhu)를 사용하여 수행했다.

Table 4. Structure of DEA Models

Model	Output Variables	Input Variables
Model 1 Quantitative Academic Efficiency	No. of SCI/SCOPUS papers of the year	· No. of Full-time Professors of the year · Sum of Research Fund of the year
Model 2 Qualitative Academic Efficiency	Nature Index Share of the University of the year	
Model 3 Technical Efficiency	No. of Patent applications of the year	
Model 4 Economical Efficiency	Sum of Technical Fee of the year	

이후 각각 가설의 검증을 위해 상대적 효율성 결과들을 종속변수로 하고, 전임교원 수, 연간 연구비, 과학기술원 여부를 독립변수로 설정한 다중회귀분석을 수행하여 상대적 효율성과 과학기술원 여부 간의 상관관계를 규명하였다.

5. 연구결과

5.1 DEA 분석 결과

각 부문 성과의 상대적 효율성 분석 결과는 다음 페이지의 Table 5와 같다.

학술성과에 대한 상대적 효율성 분석 결과, 양적 학술성과의 상대적 효율성의 경우, UNIST가 11위, KAIST가 12위, GIST가 14위이고, DGIST가 16위로 과학기술원은 비교 대상 중에서 가장 하위권을 형성하였다.

하지만 질적 학술성과의 상대적 효율성은 UNIST가 1위, KAIST가 3위, DGIST가 5위, GIST가 7위로서 과학기술원이 최상위권을 형성하였다.

과학기술원이 양적 학술성과 효율성 측면에서는 최하위권인데 질적 학술성과 효율성에서는 최상위권을 형성한다는 점은 일반대학들과 비교할 때 과학기술원들이 연구 측면에서 양 중심의 성과 창출로부터 질 중심으로의 전환이 더욱 많이 성공적으로 이루어진 것이라고 볼 수

Table 5. Result of DEA Models(Efficiency, '20~'23, 4 yrs. Average)

Rank.	Model 1 Quantitative Academic		Model 2 Qualitative Academic		Model 3 Technical		Model 4 Economic	
	DMU	Eff.	DMU	Eff.	DMU	Eff.	DMU	Eff.
1	Sungkyunkwan	1	UNIST	1	DGIST	1	Hanyang	1
2	Kyung Hee	1	POSTECH	1	Ulsan	.9691	Kyung Hee	.8521
3	Ulsan	1	KAIST	.8181	KAIST	.8962	Ajou	.8413
4	ChungAng	1	Seoul	.7502	Korea	.8288	KAIST	.6573
5	Konkuk	.9699	DGIST	.7132	POSTECH	.8075	DGIST	.5905
6	Korea	.9361	Yonsei	.5931	Yonsei	.7916	POSTECH	.5616
7	Hanyang	.9179	GIST	.5535	UNIST	.7463	Ulsan	.4713
8	Seoul	.8858	Ulsan	.5008	Hanyang	.7381	Yonsei	.4469
9	Yonsei	.8674	Sungkyunkwan	.4933	Seoul	.6649	Seoul	.4035
10	POSTECH	.8287	Hanyang	.4413	Kyung Hee	.6609	Korea	.3773
11	UNIST	.8228	Ewha	.4283	Ajou Univ.	.6123	GIST	.3455
12	KAIST	.8021	Korea Univ.	.4189	Sungkyunkwan	.5482	Konkuk	.3417
13	Ewha	.7319	Kyung Hee	.3659	GIST	.5090	Sungkyunkwan	.3084
14	GIST	.7209	ChungAng	.3407	Konkuk Univ.	.4909	ChungAng	.2539
15	Ajou	.6924	Ajou	.3195	Ewha	.4135	Ewha	.2500
16	DGIST	.6115	Konkuk	.2405	ChungAng	.3731	UNIST	.1849

있다.

기술성과 상대적 효율성의 경우 과학기술원들은 13위 GIST를 제외하고 상위권에 있다. DGIST가 1위, KAIST가 3위로서 최상위권이고, UNIST는 7위로서 중상위권이다. 모든 과학기술원은 그 근거법 제1조(목적)에 '기술의 이전 및 사업화의 촉진'이 공통으로 포함되어 있다. 일반대학에 비해 설립부터 의도적으로 '기술이전'을 강조한 결과가 나타난 것으로 해석할 수 있다.

경제성과 상대적 효율성은 과학기술원들과 일반대학 간 순위의 차이가 나타나지 않았다. KAIST는 1위로서 최상위 상대적 효율성을 나타내지만, DGIST 4위, GIST 9위, UNIST 16위로서 4개 과학기술원의 순위가 고르게 분포하고 있다. 최근에 점점 많이 노력하고 있지만 아직 우리나라 대학의 연구 성과가 기술이전, 창업 등 실질적 경제성과로 이어지는 활동은 전반적으로 부족하여 상대적 차이가 드러나기 어려운 점이 반영된 결과로 해석할 수 있다[11,13].

5.2 상대적 효율성과 과학기술원 여부의 상관관계

단순히 대학별 상대적 효율성 순위를 비교하는 것에서 나아가 상대적 효율성과 과학기술원 여부가 유의한 상관관계가 있는지 확인하기 위하여 DEA 결과를 종속변수, 전임교원 수와 연구비 및 과학기술원 여부를 독립변수로 설정하고 다중회귀분석을 수행하였다.

양적 학술성과의 상대적 효율성은 과학기술원 여부와 음의 상관관계, 전임교원 수와는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉 대규모의 일반대학일수록 양적 학술성과 창출의 효율성은 커지는 경향이 있는 것으로 나타났다.

질적 학술성과의 상대적 효율성은 양적 학술성과와는

반대로 **과학기술원 여부와 양의 상관관계**를 가지고 연구비와도 양의 상관관계를 가진다. 반면에 전임교원 수와는 음의 상관관계를 가진다. 과학기술원이 일반대학에 상응하는 수준의 물적·인적 자원을 투입하였을 때 질적으로 우수한 성과를 더욱 많이 창출한다고 해석할 수 있다. 아울러 종속변수가 '산출량'이 아닌 '효율성'이므로 투입량과는 음의 상관관계를 가질 것으로 예상하였는데, 투입 요소 중 '연구비'와 '상대적 효율성'은 양의 상관관계를 나타냈다. 현재보다 연구비를 더욱 많이 지원한다면 학술성과의 질적 향상이 추가로 이루어질 여지가 있는 것으로 해석할 수 있다.

과학기술원 여부와 양적·질적 학술성과 창출 효율성의 상관관계 분석 결과를 검토한 결과 과학기술원이 일반대학과 비교할 때 학술성과를 양 중심으로부터 질 중심으로 전환하는 것에 앞서 있다는 것을 확인할 수 있다.

기술 성과의 상대적 효율성은 과학기술원의 경우 양의 상관관계가 나타난다. DEA 결과와 부합하는 결론이다. 전임교원 수 및 연구비와의 상관계수는 양이지만 통계적으로 유의하지 않아 결론적으로 인적, 물적 투입 요소와 기술성과 효율성이 무관하다는 것도 특이한 점이라고 볼 수 있다.

경제적 성과의 상대적 효율성과는 전임교원의 수만이 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났고, **과학기술원 여부는 상관관계가 없는** 것으로 나타났다. 모든 과학기술원의 설립 목적에는 '창업의 촉진'도 공통으로 포함되어 있다. 창업으로 대표되는 경제성과의 창출도 과학기술원의 설립 목적 중 하나로서 그렇지 않은 일반대학에 비하여 초기부터 의식적으로 노력하는 측면이 있다. 하지만 우리나라 전반적으로 아직은 해외 대학과 비교할 때 경제성과의 창출 규모가 작아[14], 그룹별 차이 역시

Table 6. Regression Results on Relative Efficiencies of Achievements of Universities

Explanatory variables	Results variables			
	Quantitative Academic Efficiency	Qualitative Academic Efficiency	Technical Efficiency	Economic Efficiency
Dummy variable of Institute of Science and Technology (Institute of S&T ==1 General Univ. ==0)	-0.1047** (0.0349)	0.1538* (0.06917)	0.1483* (0.06486)	0.1546 (0.1054)
No. of Full-time Professors	3.673E-4* (1.510E-4)	-9.050E-4** (2.962E-4)	1.132E-4 (2.809E-4)	9.338E-4* (4.563E-4)
Amount of Research Fund (1,000won)	-2.703E-10 (2.054E-10)	1.8314E-9** (4.039E-10)	9.838E-11 (3.820E-10)	-1.142E-9 (6.206E-10)

note 1. the Numbers in parentheses represent the standard error
 2. ** p<0.01, * p<0.05

나타나지 않는 것으로 보인다. 한편, 연구 성과를 발전시켜 창업 또는 기술이전을 통해 사업화하려면 네트워크가 중요한 요소이고 네트워크 참여자의 수와 가능한 연결의 수는 비례관계를 넘어서 기하급수적 관계임을 비추어 볼 때 전임교원의 수와 경제적 성과의 상대적 효율성이 양의 상관관계를 가지는 것은 합리적인 결과로 보인다. 다중회귀분석 결과는 Table 6과 같다.

5.3 투입요인과 산출요인 사이 상관관계 분석

효율성이 아닌 DEA의 산출 변수 자체를 종속변수로 하고 DEA의 투입 변수를 독립변수로 한 다중회귀분석을 통해 양 자간 상관관계를 규명하였다. 단, 대학별 총량으로서 인력(전임교원)과 자금(연구비)에 대하여 양적 성과(논문의 수, 특허출원 수, 기술료 수입) 사이에 양의 상관관계가 존재할 것은 충분히 예상할 수 있고, 그렇다고 하여도 어떤 시사점도 가질 수 없을 것이다. 따라서 분석 결과가 시사점을 가질 수 있도록 종속변수와 독립변수를 DEA 때의 투입/산출 요소와는 다르게 변경하여 변수를 설정하였다.

독립변수는 과학기술원 여부, 전임교원 1인당 연구비, 전임교원 수로 설정하였다. 연구비 총액이 아닌 전임교원 1인당 연구비를 독립변수로 설정하고 전임교원 수를 따로 변수로 고려하는 이유는 대학의 규모와 연구비의 영향을 각각 규명하기 위함이다.

종속변수는 전임교원 1인당 SCI/SCOPUS 논문수, 전임교원 1인당 Nature Index, 전임교원 1인당 특허 출원 수, 전임교원 1인당 기술료로 설정하고 4회의 다중회귀분석을 실시하였다.

종속변수가 전임교원 1인당 SCI/SCOPUS 논문 수이고 독립변수가 과학기술원 여부, 전임교원 수, 전임교원

1인당 연구비로 설정된 경우, 과학기술원 여부는 전임교원 1인당 SCI/SCOPUS 논문 수와 음의 상관관계를 나타내 DEA 결과와 상응하는 것을 확인할 수 있었다. 아울러 전임교원 수 및 전임교원 1인당 연구비도 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 연구비와 논문 수가 양의 상관관계인 것은 예상된 결과라고 할 수 있고, 전임교원 수, 즉 대학의 규모가 클수록 전임교원 1인당 논문 수도 늘어난다는 결과는 교원 집단이 클수록 경쟁 등으로 인하여 개인의 양적 연구 생산성도 높아진다고 해석할 수 있다.

종속변수가 전임교원 1인당 Nature Index인 경우, 과학기술원 여부와 양의 상관관계를 나타내어 역시 DEA 결과와 상응하는 것을 확인할 수 있었다. 이 경우 전임교원 수와는 통계적으로 유의한 관계를 나타내지 않아 대학 규모와 질적 연구 성과 사이의 관계는 없는 것으로 나타났다. 연구비와는 양의 상관관계를 나타내어 양적으로나 질적으로나 우수한 학술성고를 위해 연구비는 많이 제공될수록 바람직하다는 것을 확인할 수 있다.

종속변수가 전임교원 1인당 특허출원 건수일 경우, 과학기술원 여부와 전임교원 1인당 특허출원 건수는 양의 상관관계를 가져 DEA 결과와 상응하는 것을 확인할 수 있었으며 전임교원 1인당 연구비와도 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 그러나 전임교원 수와는 유의한 관계를 나타내지 않았다.

마지막으로 전임교원 1인당 기술료 수입을 종속변수로 하고 분석을 수행한 결과 과학기술원 여부, 전임교원 수, 전임교원 1인당 연구비 등 어느 독립변수와도 통계적으로 유의하지 않다는 결과를 얻었다. 즉, 경제적 성과의 측면에서는 과학기술원과 일반대학 간에 차이가 존재하지 않는다는 결론을 얻었다.

Table 7. Regression Results on Achievements of Universities

Explanatory variables	Results variables	No. of SCI/SCOPUS papers per full-time professor	Nature Index of the Institution per full-time professor	No. of Patent Applications per full-time professor	Amount of Technical Fee per full-time professor
Dummy variable of Institute of Science and Technology (Institute of S&T ==1 General Univ. ==0)		-0.1265* (0.04807)	0.04807* (0.01825)	0.5398** (0.1546)	-552.0 (2601)
No. of Full-time Professors		3.668E-4** (1.097E-4)	-8.501E-6 (4.149E-5)	4.230E-4 (3.529E-4)	1.159 (5.936)
Research expense per full-time professor (1,000won)		7.317E-7** (1.174E-7)	4.319E-7** (4.444E-8)	1.9345E-6** (3.776E-7)	0.01198 (6.351E-3)

note 1. the Numbers in parentheses represent the standard error

2. ** p<0.01, * p<0.05

6. 결론

본 연구는 과학기술원과 일반대학 사이의 적용 범규제, 소관 부처 등의 차이로 인하여 어떤 성과의 차이가 나타나는지 실증하고, 그 결과로부터 향후 과학기술원 지원 정책은 어느 방향에 더욱 집중하여야 하는지 제시하고자 하였다.

이를 위해 QS, THE 세계대학 순위 평가에서 과학기술원과 인접한 순위의 12개 일반대학을 선정하여 네 개의 과학기술원을 포함 총 16개 대학의 공학 및 자연 계열의 양적·질적 학술성과, 기술성과, 경제성과 측면의 상대적 효율성을 구하고 추가 분석을 수행하였다. 자료는 2020부터 2023까지 4년간 대학정보공시 자료를 활용하였다.

대학의 성과로는 학술성과, 기술성과 및 경제성과 이외에도 인재 양성 또는 교육 성과도 있지만, 본 연구에서 교육 성과는 비교 분석하지 못했다. 그 이유는 교육 성과를 객관적 비교할 수 있는 기준이 학생 수, 졸업생 수, 졸업 후 취업률 및 진학률 등인데, 우리나라의 일반대학의 경우 교육부가 학생 정원을 결정하며, 진학률이나 취업률은 대학마다 교육 목표 인재상이 서로 다를 수 있어 대학 간 비교 기준으로 활용하기 적절치 않기 때문이다.

학술성과 분석 결과, 과학기술원은 일반대학에 비하여 양적 학술성과 산출의 효율성은 낮지만, 질적 학술성과 산출의 효율성은 높은 것으로 나타났다. 과학기술원이 일반대학과 비교할 때 양적 학술성과, 즉 논문 편수보다는 질적으로 우수한 학술성과 창출에 집중하는 방향으로 이행한 것으로 보인다.

기술 성과에 대하여 분석한 결과, 과학기술원이 일반대학보다 효율적이라는 결과를 얻었다. 특히, 기술성과 지표로서 특허출원 건수를 사용했기 때문에 과학기술원이 일반대학에 비하여 연구 성과를 활용한 지식재산권 확보 활동에 더욱 활발하다고 해석할 수 있다.

경제적 성과는 기술료 수입액을 기준으로 분석했고, 경제적 성과 창출 측면 효율성 측면에서 과학기술원과 일반대학 간 차이가 없다는 결과를 얻었다. 과학기술원 기관 목적에는 '기술의 이전 및 사업화의 촉진'이 포함되어 있어서 과학기술원들은 국가·사회의 경제 발전에 이바지하는 역할을 하는 것에 적극적이다. 예를 들자면 4개 과학기술원 모두가 참여하여 2014년 '미래과학기술 지주'라는 기술 기반 스타트업 투자사를 설립하고, 과학기술원 자체의 기술료 배분 규정을 마련하는 등 노력하고 있다[14], 그럼에도 아직은 충분한 효과를 얻지 못하

고 있는 것으로 판단된다.

결론적으로 학술성과, 기술 성과 측면에서는 과학기술원이 일반대학에 비하여 더 효율적으로 성과를 달성하므로, 학술, 기술 부문에서는 과학기술원이 충분한 역량을 가지고 있는 것으로 판단되지만, 경제적 성과 측면에서는 과학기술원이 일반대학과 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 과학기술원 지원 정책은 상대적으로 부족한 경제적 성과 창출 역량 확충에 더 많이 집중하여야 한다고 제안한다.

지식 기반 사회의 도래와 함께 대학에 혁신 원천으로서의 역할이 강조되며, 우리나라도 2000년대 이후부터 대학의 기술이전 및 사업화, 창업을 촉진 시키기 위한 정책적 노력을 본격적으로 기울이고 있다. 기술이전촉진법의 제정(2000.1)을 비롯하여 과학기술원을 포함한 공공 연구기관에 기술이전 및 사업화 조직 설치가 의무화되고 2001년에는 특허법과 기술이전촉진법의 개정으로 교직원들의 직무발명에 따른 특허의 귀속이 국가에서 교직원 소속 기관으로 변경되었다. 이어서 대학에 산학협력단, 기술지주회사, 연구소기업 설립 근거 규정 등이 차례로 마련되며 대학의 기술이전, 사업화, 창업을 위한 제도가 속속 마련되었고 이에 따라 대학의 특허출원 건수도 비약적으로 증가하였다[14]. 그러나 우리나라의 경우 대학이 자율적으로 변화한 것이라기보다 정부의 정책적 강조로 인해 변화한 측면이 크고, 관련 기술이전 및 사업화 관련 전문인력의 역량도 아직 부족하다는 한계가 있다. 또한, 이러한 방향으로 대학이 변화하기 시작한 역사도 미국, 유럽 등 주요 선진국에 비하여 짧다 보니 이런 나라들처럼 활발하게 경제적 성과를 창출하기에는 아직 축적의 시간이 부족한 것일 수도 있다.

정부는 과학기술원이 자체적으로 기술사업화 및 창업 관련 역량을 배양할 수 있도록 관련 조직의 신설 및 확장, 우수 인력의 채용 등에 필요한 예산 및 정책적 지원을 확대할 수 있을 것이다. 아울러, GIST, DGIST, UNIST 등에 대해서는 소재 지역의 기업들과 활발히 산학협력을 할 수 있도록 플랫폼을 구축하고 산학협력 활동 실적을 교원 평가에 반영하게 하는 등의 제도 개선을 검토할 수 있다. 또한, 4개 과학기술원이 기술사업화 및 창업 관련 분야에서 적극적으로 협력하도록 독려하는 것도 유망한 방안으로 보인다. 후속 연구를 통하여 과학기술원의 경제성과 제고를 위한 구체적이고 실효성 있는 방안을 도출할 수 있을 것이다.

대학이 더 이상 연구 및 고급인재양성 역할에 머무르지 않고 국가 혁신의 중심, 신산업 창출의 원천으로서 기

능하는 것은 세계적 추세이다. 과학기술원은 우리 대학들이 이러한 방향으로 변화하도록 추동하는 선도자가 되기에 매우 유망하다. 따라서, 현재의 과학기술원 지원제도를 보강해 나가는 것은 과학기술원뿐 아니라 우리나라 대학 전반의 변화를 이끄는 시작이 될 것이다.

Reference

[1] K. B. Park, Programs for supporting S&T-centric research universities, Policy Report, STEPI, Korea. pp 33-69.

[2] Sangwook Park, For the Co-prosperity of Institutes of Science and Technology and general universities, Snunews, 2019, Available from: <https://www.snunews.com/news/articleView.html?idxno=20265> (accessed Feb. 10, 2024)

[3] KAIST, KAIST 50 years History, KAIST, 2021, Available from: <https://archives.kaist.ac.kr/50th/PDF/KAIST%2050%EB%85%84%EC%82%AC%20%ED%86%B5%EC%82%AC.pdf> (accessed Feb. 10, 2024)

[4] Sung-Hoon Kim, Ho-Seob Lee, "A Comparison Between University Evaluation and Its Efficiency as Measured by DEA", *Journal of Educational Evaluation*, Vol. 21, No 1, pp 1-26, 2008

[5] Yune Lee, Young-Hyo Ahn, "Analyzing Efficiency of the Selected National Industrial Complexes in Korea Using DEA and Malmquist Productivity Index", *Journal of the Korean Regional Development Association*, Vol. 23, No. 5, pp. 95~118, 2011

[6] R. D. Banker, A. Charnes, & W. W. Cooper. "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp 1078-1092, 1984

[7] Hyeun Dae Sin, "A Study on the Performance Evaluation of Universities: An Application of Data Envelopment Analysis", *Journal of Education Evaluation*, Vol. 19, No. 3, pp 45~63, 2006

[8] Jae-Ho Bae, "Efficiency Comparison and Performance Targets for Academic Departments in Local Private College Using DEA", *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 39, No.4, pp. 298~312, 2013 DOI: <https://doi.org/10.7232/IKIIE.2013.39.4.298>

[9] S. G. Woo, W. Y. Jeong, "Measuring Efficiency of University: Assessment on Effectiveness of University Evaluation Policy, *Korean Public Administration Quarterly*, Vol. 27. No. 4, pp. 1265~1285, 2015

[10] Korean Council for University Education, Public Disclosure Items, Higher Education in Korea, 2023, Available From: <https://www.academinfo.go.kr/intro/intro0320/intro.do> accessed Aug. 11, 2023)

[11] Mun-Su Park, Woo-Sung Jung, Tae young Kim, Eun

young Kim, "Entrepreneurial Role of University and the Trend of Research University: The Case of POSTECH", *Journal of Creativity and Innovation*, Vol. 6, No. 2, pp 81~110, 2013

DOI: <http://dx.doi.org/10.22834/PDS.2013.6.2.81>

- [12] Eun young Kim, Woo-Sung Jung, "Analysis of the Factors that Affect the University's Technology Transfer and Performance Spread: State-funding Projects for Higher Education", *Journal of Industrial Economics and Trade*, Vol. 26, No. 2, pp. 983~1008, 2013
- [13] Yoon-Jun Lee, Jungho Kim, "Competitiveness Evaluation of Entrepreneurial Research Universities: A Comparative Analysis fo Korean and Foreign Universities, *Journal of Korea Society of Innovation*, Vol. 16, No. 2, pp. 25~59, 2021
DOI: <https://doi.org/10.46251/INNOS.2021.5.16.2.25>
- [14] Sang-Tae Kim, Woon-Sun Hong, "A Comparative Study on Institutions for Technology Transfer of Korea and the U.S. : Exploring Cases of KAIST and the University of California", *Journal of Korea Technology and Innovation Society*, Vol. 16, No. 2, pp 444~475, 2013

강 호 원(Howon Kang)

[정회원]



- 2002년 2월 : 서울대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2002년 4월 ~ 2012년 8월 : 과학기술정보통신부 사무관
- 2012년 8월 ~ 2016년 9월 : 과학기술정보통신부 서기관
- 2016년 3월 ~ 현재 : 과학기술정보통신부 과장

<관심분야>

과학기술정책, 교육