

17개 광역자치단체의 R&D 투자효율성 분석*

이형석** · 서형준***

- | | |
|----------------|----------------------|
| I. 서론 | 1. 기술통계 및 상관분석 |
| II. 선행연구 | 2. 지자체별 R&D 투자효율성 현황 |
| III. 연구 설계 | 3. R&D 투자효율성 분해 |
| 1. 투입변수 및 산출변수 | 4. 개별효율성 및 패널분석 |
| 2. 연구모형 | V. 결론 및 제언 |
| IV. 실증분석 | |

* 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019S1A5C2A03081234).

** 인하대학교 동아시아환경연구소 전임연구원(주저자).

*** 인하대학교 산업보안 e거버넌스센터 연구원(교신저자).

초 록

한국은 R&D투자에 있어 세계 최상위권임에도 불구하고 그 성과는 기대에 못 미치고 있으며 지역 간의 격차 역시 큰 편이다. 따라서 본 연구는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: DEA)을 통해 한국 17개 지자체의 연구개발(R&D)투자의 효율성 및 성과를 측정하는 것을 목적으로 한다. 2투입(연구개발비, 연구인력) 5산출(논문, 국내외 특허, 기술료, 사업건 수)을 바탕으로 한 실증분석결과에 따르면 첫째, 한국 전체의 평균 R&D 투자효율성은 5년간(2013-2017) 65.4%로 향후 34.6%의 개선이 가능한 것으로 나타났다. 지역별로는 대전, 광주, 강원, 제주가 매우 우수한 효율성을, 경기, 인천, 세종이 매우 낮은 효율성을 보였다. 둘째, 순수기술효율성, 규모효율성 도출을 위한 효율성 분해를 시도하였으며 한국은 5년간 0.8 이상의 규모효율성을 보여 규모효과를 잘 이용하고 있는 것으로 나타났다. 다만 규모수익 분석결과 지자체들 다수가 규모수익체감 상태(decreasing return to scale: DRS)를 보였으며 이는 해당 지자체들이 R&D투자에 있어 다소 과잉 투자가 있으며 질적인 성과를 더욱 중시해야 함을 시사한다. 마지막으로 본 R&D 투자효율성을 산출변수의 성격에 따라 각각 논문, 특허, 경제효율성으로 분류, 지역별 지역내총생산을 종속변수로 한 패널분석을 실시하였으며 특허효율성이 지역경제에 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다.

주제어

연구개발투자, 광역자치단체, 자료포락분석, 특허, 패널회귀분석

I. 서론

과거 단순 가전박람회로 시작하였던 CES(Customer Electronics Show)는 기술경쟁의 각축장이 되어 대중적으로도 주목을 받고 있다. 2020년 1월 미국 라스베이거스에서 개최된 CES 2020에서는 디지털 치료, 차세대 교통수단, 식품의 미래, 얼굴인식, 로봇 발전 등이 주요 5대 트렌드로 부상하였고, 이에 따라 5G, 스마트홈, 블록체인, VR/AR, 로봇, IoT, 자율주행, 웨어러블/스마트헬스, 드론, 인공지능 관련된 기술들이 선보였다.¹⁾ 이러한 기술경쟁력을 결정짓는 주요 요인은 결국 R&D(Research & Development)라는 점에서, 주요국을 중심으로 막대한 R&D 투자가 단행되고 있다. R&D는 사물 · 현상 · 기능에 대한 새로운 지식을 얻거나, 이미 얻은 지식을 이용해 응용하는 체계적이고 창조적인 활동으로 정의된다.²⁾ 이는 제조업 강국인 한국도 예외가 아니며 한국과학기술기획평가원의 2018년도 연구개발활동조사보고서에 따르면 2018년 기준으로 한국의 총연구개발비는 77,896백만 달러로 미국, 중국, 일본, 독일에 이어서 세계 5위 수준이며, GDP 대비로는 세계 1위에 달할 정도로 적극적인 R&D 투자국가이다.³⁾

국가규모 측면에서는 양호하지만 지역별로 R&D 투자 현황을 보면 서울, 인천, 경기 등 수도권 지역에 전체 R&D의 69.8%가 투자되고 있어, 지역 간 격차가 극심한 상황이다.⁴⁾ 특히 지방의 경우 고령화, 저출산, 수도권으로의 인력유출, 제조업 경기의 침체로 인한 악화가 더욱 심화되는 상황인데, 미래 성장동력을 결정할 R&D 투자 기회마저 외면당하는 상황이다. 현재 정부는 자치분권강화를 내세우는 만큼 중앙정부에 의존하지 않는 경쟁력 있는 지자

1) 정구민, 『CES 2020 핵심 기술 주요 트렌드』, 2020, 2-3면.

2) OECD, “Frascati Manual,” OECD, 2002, 30면.

3) 한국과학기술기획평가원, “2018년도 연구개발활동조사보고서”, 한국과학기술기획평가원, 2019, 4면.

4) 한국과학기술기획평가원, “2018년도 연구개발활동조사보고서”, 한국과학기술기획평가원, 2019, 21면.

체로 발전하기 위해서도 R&D를 통한 신성장동력 확보가 필수적이다. 이에 본 연구는 각 지역의 국내 17개 광역지자체를 중심으로 R&D 투자 현황을 조망하고, 투자효율성을 분석하고자 한다.

본 논문의 학술적인 기여점은 다음과 같다. 첫째, 사용된 변수에 있어 대부분의 선행연구에서 사용되던 논문 수 및 특허를 포괄함은 물론 기술료 및 사업화 건수와 같은 경제적인 성과를 반영하는 변수를 추가하여 보다 포괄적인 이른바 총요소 효율성을 측정하고자 하였다. 둘째, 측정된 총요소 R&D 효율성을 변수의 성격별로 3가지 효율성으로 분해, GRDP(gross regional domestic production)를 종속변수로 한 패널분석을 진행하였다. R&D 투자 역시 궁극적인 목적은 생산성 향상을 통한 경제성장인바 이에 영향을 미치는 유의한 효율성을 알아보하고자 하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 R&D 투자를 주제로 한 자료포락 분석(Data Envelopment Analysis: DEA)기반의 선행연구를 살펴볼 것이며, 3장에서는 본 연구의 방법론인 DEA 분석과 패널분석(panel analysis)에 관한 소개를, 4장에서는 사용된 자료의 소개 및 실증분석의 결과를 해석하고 마지막으로 연구요약 및 시사점과 함께 결론을 내하고자 한다.

II. 선행연구

본 연구는 한국의 지자체별 R&D 투자에 따른 DEA 효율성 측정을 첫 번째 목적으로 한다. 따라서 우선 국내외의 DEA를 적용한 국내외의 선행연구를 검토하였으며 개요 및 변수에 관한 요약은 <표 1>과 같다.

R&D 투자효율성에 관한 연구는 대체로 국가단위, 지역단위, 특정산업(기업)단위를 기준으로 투자효율성을 분석하고 있다. 일부 기업에 관련된 연구를 제외하면 R&D 투자효율성에 관한 연구는 주로 공공부문의 R&D 정책방향성에 대한 고찰 및 제언을 목적으로 하는 경우가 많았다. 이는 R&D 투자

〈표 1〉 국내 · 외 연구개발투자 자료포락분석 선행연구

연구자	연구대상	기간	투입변수	산출변수
박정희 · 문종범 (2010)	한국 13개 광역시 · 도	2003-2007	연구개발비, 연구개발기간, 지식보유 수(특허)	특허, 논문, 매출액, 고용창출
방민석 · 정혜진 (2011)	한국 16개 광역시 · 도	2004-2006	연구개발 투자비, 연구원 수, 연구장비 구입액	특허출원, SCI
염명배 외 2인(2011)	한국 16개 광역시 · 도	2004-2008	과학기술관련예산, 국가연구개발비, 연구원 수	지역내총생산
이민희 외 2인(2012)	한국 16개 광역시 · 도	2005-2009	연구개발비, 연구인력	특허, 지역내총생산
한하늘(2013)	한국 16개 광역시 · 도	2005-2011	연구원 수, 연구개발비	특허출원 수, 특허등록 수
이광배 · 모수원 (2013)	한국 16개 광역시 · 도	2005-2009	연구개발비, 연구원인력	특허, 지역내총생산
조정래 · 김태윤 (2017)	한국 34개 에너지기술 개발사업	명시안됨	정부출연금, 과제 수	SCI논문, 비 SCI논문, 특허출원, 특허등록, 사업화 건수, 경제적 성과 발생금액
조남권 외 2인(2018)	한국 중소 중견기업 23개	2014-2015	1단계: 연구개발비, 연구인력 2단계: 특허활용 건수, 지식재산 전담인력	1단계: 특허출원 2단계: 매출액
우청원(2019)	한국 33개 신재생 에너지 사업과제	2011-2015	정부 연구개발비, 민간 연구개발비	논문 수, 특허 수, 신규고용창출
문광민(2019)	한국 16개 광역시 · 도	2007-2015	연구개발인력, 정부 R&D스톡	특허등록, 특허출원, 논문게재, 기술료 수입, 사업화 성과
김현정(2019)	한국 17개 에너지 공기업	2018	직원 수, 연구개발 투자액	매출, 당기순이익
Wang & Huang (2007)	30개 국가	1997-2002	연구개발 자본스톡, 연구인력	SCI 논문 수, 특허
Sharma & Thomas (2008)	22개 국가	2002-2004	연구개발비, 백만명당 연구원 수, GDP	특허, 출판물
Hashimoto & Haneda (2008)	10개 일본의 제약회사	1983-1992	연구개발비, 연구인력	특허, 운영수익, 판매액
Chen et al. (2011)	24개 국가	1998-2005	연구개발비 자본스톡, 연구인력	특허, 논문, 로열티, 저작권료
Docekalov & Nina(2013)	체코의 제조업 15개 산업분야	2008-2011	연구개발비, 연구원인력	R&D 제품 판매액
Zhao(2015)	28개 중국 성	2007-2011	연구개발비, 연구인력, 상품개발비	특허출원, 신상품 수

가 공공과 민간 모두를 포괄하지만 대규모로 지속적인 투입을 할 수 있는 주체는 공공부문이라는 인식에서 비롯된 것으로 판단된다. 특히 신산업의 경우 민간부문의 초기투자를 기대하기 어렵기 때문에 공공부문이 선제적으로 산업 생태계를 조성하기 위한 방향으로 연구의 방향성을 제시하고 있다. 또한 이윤추구를 위한 민간부문보다는 공공성을 고려하는 공공부문의 R&D 투자가 지역균형발전과 같이 형평성을 고려한 투자의 분배를 논할 수 있는 것도 주요 이유로 보인다. 연구기간은 조정래·김태윤과 같이 명시를 안 한 것을 제외하고는 일반적으로 단일년도 분석이 아닌 시계열 자료를 통한 다년도 분석이 주류를 이루고 있다.⁵⁾ 이는 R&D 투자는 단기간에 성과를 보기도 어려울 뿐더러 중요한 정책의 일환인 만큼 시간의 흐름에 따른 추세를 확인할 필요가 있기 때문이다. 본 연구도 이러한 이유로 5년간의 패널데이터를 활용하였다. 사용된 변수를 보면 대체로 연구개발에 대한 투입변수로서 연구인력, 연구개발투자비산출변수로서 논문 수, 특허등록 수가 가장 많이 사용되고 있음을 볼 수 있다. 투입변수의 경우 거의 모든 선행연구가 연구개발투자비와 연구인력의 수로 나타나고 있는데, 현재까지 이들 변수를 대체할만한 연구개발의 투입변수가 없기 때문에 본 연구도 그대로 활용하고자 한다. 산출변수는 논문 수, 특허 수가 주류를 이루고 있다. 지역내총생산(GRDP)이나 매출액과 같은 경제적인 성과를 평가하는 변수를 포함한 연구가 있기는 하지만 이들은 R&D 투자의 직접적인 성과로만 보기는 어려운 한계점이 있다. 이들 변수들은 기업, 혹은 집단의 노동력과 자본수준에 기인하기 때문이다. 다만 조정래·김태윤, 문광민, 우청원 등은 다른 선행연구의 산출변수 외에도 사업화건수, 기술료, 신규고용창출 등을 산출변수로 반영하여, 연구의 차별화를 꾀하였다.⁶⁾

5) 조정래·김태윤, “공기업 주관 R&D 효율성의 특성 분석: 국가에너지기술개발사업의 연구 성과를 중심으로”, 『규제연구』, 제26권 제2호(2017), 160면.

6) 조정래·김태윤, “공기업 주관 R&D 효율성의 특성 분석: 국가에너지기술개발사업의 연구 성과를 중심으로”, 『규제연구』, 제26권 제2호(2017), 148면.

문광민, “R&D 스톡의 시차와 기간간 연속성을 고려한 정부 R&D 효율성 측정: Dynamic DEA 모형의 적용”, 『사회과학연구』, 제30권 제4호(2019), 24면.

이에 본 연구에서는 기술료와 사업화 건수와 같은 R&D 투자의 순수하고도 직접적인 경제적 성과로 평가되는 산출변수를 추가하여 기존 연구에서 주로 사용된 논문, 특허 수에 한정되는 것을 극복하여 보다 넓은 의미의 R&D 총요소 효율성을 측정하고자 하였다. 한편 기존 연구에서 경제적 산출변수로 포함된 바 있는 지역내총생산은 도출된 효율성들이 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 패널분석을 수행하였다. 기존의 선행연구들이 DEA를 통한 효율성을 확인하고, GRDP와 같이 실질적인 경제적 성과 등에 대한 효율성의 영향력을 검증한 경우가 거의 없기 때문에, 추가 분석으로서 의미가 있다고 판단된다.

III. 연구 설계

1. 투입변수 및 산출변수

국내 지자체의 R&D 투자효율성 분석을 위해 본 연구에서는 세종시가 포함되기 시작한 2013년부터 2017년까지 5개 년도의 17개의 지자체의 패널데이터를 분석대상으로 하였다. 투입변수는 연구개발투자에 해당하는 연구원 수, 연구개발투자비 등을 투입변수로 설정하였으며 산출변수는 R&D 투자의 대표적인 산출물이라고 할 수 있는 SCIE(Science Citation Index Expanded) 논문 수, 국내외 특허 수, 기술료 및 사업화 건수를 설정하였다. 이들 산출물은 크게 과학적, 지식재산적, 경제적 성과를 구분할 수 있다는 점에서 논문 및 특허 수 위주의 선행연구와 비교하여 보다 포괄적인 효율성을 측정할 수 있기에 유용할 것이라 판단된다. 실제로 이러한 R&D 투자의 성과평가는 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 방식과 일치한다.

우청원, “DEA를 이용한 청정에너지기술 R&D 효율성 분석 : 신재생에너지기술 R&D과제를 대상으로”, 『기술혁신학회지』, 제22권 제4호(2019), 691면.

첫째, 투입변수는 다수의 R&D 효율성 분석 연구에서 쓰이고 있는 연구개발투자자와 연구인력수를 활용하였다. 연구개발비는 공공부문과 민간부문의 연구개발비를 합산한 총연구개발비이다. 연구인력은 연구개발에 투입된 인력의 수이다.

둘째, 산출변수는 논문, 특허, 기술료 액수, 사업화 건수 등이다. 먼저 논문은 학술지에 게재된 SCIE 논문으로 한정하였는데, SCIE는 국제적으로 해당 연구의 성과가 인정되고 있음을 나타내기 때문이다. 특허는 R&D에 대한 대표적인 산출변수로 다수의 선행연구에서 활용되어 왔다. 본 연구에서의 특허 건수는 특허청에 등록된 국내 특허출원건으로 한정하였다. 기술료는 R&D 과제를 수행한 연구관리전문기관 및 비영리법인에서 징수한 기술료이다. 사업화 건수는 창업 및 상품화, 공정개선 등을 의미한다.

한편 R&D 투자의 경우 선행연구를 살펴보면 상당수의 경우 투입변수와 산출변수 간에 일정한 시차(time lag)를 가정하는 경우를 볼 수 있다. 이는 R&D 투자의 경우 일정한 시간이 흐른 후 그 양적 성과가 나타나기 때문이다. 이에 본 연구에서도 R&D 투자로 인한 성과가 나오기 위해서는 일정한 시간이 필요하다고 판단, 투입과 산출의 시차를 1년으로 두어 각각 투입은 2013년-2017년, 산출은 2014년-2018년으로 기간을 설정하였다.

본 연구분석을 위한 소프트웨어로 DEA Solver 5.0 와 STATA 14가 사용되었으며 DMU는 세종시의 자료가 포함된 2013년으로부터 총 17개 지자체의 5년간의 경향을 반영하기 위해 총 85개가 활용되었다.

〈표 2〉 지역연구개발투자 연구변수

구분	변수명	기간	출처
산출변수	SCIE 편 수	2014-2018	‘2018년도 국가연구개발 사업성과보고서’
	특허 수	2014-2018	
	기술료 액수	2014-2018	
	사업화 건수	2014-2018	
투입변수	총연구개발비	2013-2017	한국과학기술기획평가원 연도별‘연구개발활동조사보고서’
	연구원 수	2013-2017	한국과학기술기획평가원 연도별‘연구개발활동조사보고서’

2. 연구모형

(1) DEA 모형

본 연구는 한국의 지자체별 R&D 투자의 효율성을 도출하는 것을 첫 번째 목적으로 한다. 여기서 효율성(efficiency)은 조직이 사용한 투입물에 대한 산출물의 비율을 의미한다. DEA는 투입 및 산출 모든 요소를 동시에 고려하여 그 비율을 통해 상대적 효율을 측정하게 하는 비모수적(non parametric) 선형 프로그램기법으로 비효율성은 평가대상 의사결정단위(Decision making units: DMUs)들로 구성된 경험적 생산변경(frontier)이 효율적 생산변경에 얼마나 떨어졌는지 정도로 측정되게 된다. 이러한 특성은 다수의 투입물과 다수의 산출물을 동시에 고려할 경우 유용하기에 본 연구목적에 적합한 모형이라고 할 수 있다. 효율성 수치는 기본적으로 0에서 1까지이며 특정 DMU가 생산변경에 위치하였을 경우 효율성이 1이 되며 생산변경에서 멀어질수록 효율성이 0에 가까워지게 된다. 크게 Charnes, Cooper and Rhodes의 CCR모형과 Banker, Charnes and Cooper의 BCC모형으로 활용되고 있으며 투입요소에 초점을 두는지 산출요소에 초점을 두는지에 따라 투입지향(input oriented)과 산출지향(output oriented)으로 구별된다.⁷⁾ 즉, 효율성 개선을 위해 투입물을 얼마나 조정할 수 있는가를 연구목적으로 두는 경우 투입지향, 반대의 경우 산출지향을 선택하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 주어진 투자 상황에서 산출물 증가를 피하는바 산출지향 DEA 모형을 사용하기로 하였다. 산출지향 CCR 모형의 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

7) Banker, R. D. et al., "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis," *Management science*, Vol.30 No.9(1984), 1082-1087면.
 Charnes, A. et al., "Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, Vol.2 No.6(1978), 430-443면.
 박만희, 『효율성과 생산성 분석』, 한국학술정보, 2008, 102-111면.

$$\begin{aligned} \phi^{k*} &= \max \phi^k \\ \text{Subject to} \\ x_m^k &\geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M); \\ \phi^k y_n^k &\leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N); \\ \lambda^j &\geq 0, (j = 1, 2, \dots, J) \end{aligned}$$

BCC모형은 위의 식에서 λ 값(가중치)의 합은 1이라는 전제를 추가하였을 경우 구할 수 있다. 일반적으로 CCR모형의 효율성은 BCC모형에 비해 작거나 같은 수치를 보이는데 이는 BCC 효율성은 규모효과를 배제한 순수기술 효율성(pure technical efficiency)이기 때문이다. 규모효율성 역시 CCR, BCC 효율성처럼 0에서 1까지의 효율성 값을 보이며 1에 가까울수록 규모로 인한 비효율성이 발생하지 않음을 의미한다. 따라서 궁극적으로는 CCR효율성과 BCC효율성의 격차를 메우는 것이 바람직하다. 규모효율성은 다음과 같은 수식으로 도출된다.

$$\text{규모효율성 (SE)} = \text{CCR 효율성(순수기술효율성)} / \text{BCC 효율성(순수기술효율성)}$$

즉 규모효율성은 불변규모수익 생산변경과 가변규모수익 생산변경 간의 거리를 의미한다. 한편 불변규모수익, CCR 모형에서 가중치인 λ 값의 합을 통하여 규모의 경제성 유무 여부를 파악할 수 있다. λ 값의 합이 1인 경우 DMU가 규모수익일정(CRS) 상태임을 의미한다. 이 경우 투입이 1% 증가할 시 산출 역시 1% 증가하는 상태가 된다. 이는 CCR 효율성과 BCC 효율성이 일치하는 경우로 DMU가 규모효과로 인한 비효율성이 없음을 알 수 있다.

한편 규모효율성(SE)이 1 이하의 수치를 보이는 경우 투입 및 산출 구조가 규모효율측면에서 비효율적임을 의미한다. 이 경우 RTS는 규모의 경제(Increasing Returns to Scale: IRS) 및 모의 불경제(Decreasing Returns to Scale: DRS)로 나뉘게 된다. 규모의 경제(Increasing Returns to Scale: IRS) 상태는 가

중치 λ 값의 합이 1보다 작은 경우로 투입이 1% 증가할 경우 산출이 1%를 이 상의 수치를 보일 수 있는 경우이다. 즉, 해당 DMU가 투입 규모를 확대함으 로써 현재 존재하는 비효율성을 개선할 수 있다는 표시로 본 연구에서는 R&D 투자 규모를 확대함으로써 더 큰 성과를 기대할 수 있음을 의미한다. 반대의 경우(λ 값의 합이 1보다 큰 경우) DMU가 DRS 상태로 나타나게 된다. 투입이 1% 증가할 때 산출이 1%에 미치지 못한다는 의미로 본 연구에서는 R&D 투자 규모를 줄이는 것이 효율성을 높일 수 있다는 것을 말한다. CRS, IRS, DRS로 나타나는 본 정보는 향후 지자체의 R&D 투자 규모 선정에 있어 큰 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

(2) 패널분석

패널분석은 패널데이터를 이용한 계량경제분석으로 시계열분석과 횡단면 분석을 동시에 수행할 수 있다. 특히 횡단면분석이나 시계열분석에서는 통 제 불가능한 누락변수에 대한 처리가 가능하여 제반 변수들에 대한 통제가 불가능한 사회과학연구에서 유용한 분석방법이다.⁸⁾ 이러한 패널분석의 장점은 다음과 같다.⁹⁾ 첫째, 패널분석은 변인의 동적인(dynamic) 관계를 추정할 수 있다. 둘째, 개체들의 관찰되지 않는 이질성 요인(unobserved heterogeneity)을 모형에서 관찰할 수 있다. 이에 따라 모형 설정의 오류를 줄일 수 있다. 셋째, 패널분석은 횡단면 및 시계열보다 많은 정보와 변수의 변동성(variability)을 제공하여 효율적인 추정량(efficient estimator)을 얻을 수 있다. 패널데이터는 시계열 과정에서 발생하는 추정오차와 개체별 단위의 자료에서 발생하는 추정오차를 통제할 수 있어 횡단면 및 시계열자료에 비해 현실을 제대로 분석할 수 있는데, 이는 패널모형의 누락된 변수에 대한 한계를 극복하기 때문이다. 패널선형회귀모형의 식은 아래식과 같다.¹⁰⁾

8) 최충익, “패널모형: 시계열 분석과 횡단면 분석을 한번에”, 『국토연구』, 제320호(2008), 120-121면.

9) 민인식 · 최필선, 『패널데이터분석』, 지필미디어, 2012, 2-3면.

10) Ashenfelter, O. et al., *Statistics and Econometrics: Methods and Applications*, John

$$Y_{it} = a + X\beta + \epsilon_{it}$$

(단 $\epsilon_{it} = \mu_i + \lambda_i + v_{it}, i(\text{개체}) = 1, 2 \dots N, t(\text{연도}) = 1, 2 \dots T$)

μ_i = 관찰되지 않은 개체특성 효과(unobservable individual effect)

λ_i = 관찰되지 않은 시간 효과(unobservable time effect)

v_{it} = 확률적 교란항(remainder stochastic disturbance term)

패널모형은 효율적인 추정량을 얻기 위한 다양한 모형이 존재하는데, 본 연구에서는 일반적으로 패널모형에서 주로 쓰이는 고정효과모형(fixed effect model)과 확률효과모형(random effect model)을 활용하고자 한다. 고정효과 모형에서는 상수항이 패널개체별로 고정되어 있다고 간주하나, 확률효과 모형에서는 상수항을 확률변수로 가정한다. 두 모형 중 효율적인 추정량을 판단하는 기준은 설명변수와 개체특성 오차항 간에 상관관계의 유무에 따르며 상관관계가 있으면 고정효과모형을 선택하고 상관관계가 없으면 확률효과 모형을 선택하게 된다.¹¹⁾ 본 연구에서는 DEA를 통해 도출된 17개 지자체의 5년간의 R&D 논문효율성, 특허효율성, 경제효율성을 독립변수로 하고, GRDP를 종속변수로 하여 패널분석을 진행하고자 한다.

IV. 실증분석

1. 기술통계 및 상관분석

〈표 3〉에서는 연구개발비, 연구원 수, SCIE 논문 편수, 특허 건수, 경제변수들의 기술 통계량을 확인할 수 있다. 한국의 지자체를 다루는 만큼 지역별

Wiley, 2003, 268-269면.

Baltagi, B., *Economic anlysis of pannel data*, John Wiley & Sons Inc., 1995, 509면.

최충익, “패널모형: 시계열 분석과 횡단면 분석을 한번에”, 『국토연구』, 제320호(2008), 122면.

11) 민인식 · 최필선, 『패널데이터분석』, 지필미디어, 2012, 174면.

편차가 비교적 크게 나타나고 있다. 한편 변수들 간의 상관관계는 〈표 4〉에서 볼 수 있듯이 투입과 산출 간의 상관성이 모두 유의한 것으로 나타났다. 특히 본 논문에서 선정한 기술료 및 사업화 건수가 기존의 논문이나 특허 수보다 더 유의한 상관관계를 보여 산출변수로서 적합하였다.

〈표 3〉 연구변수 기술통계

구분	연구개발비 (단위:억원)	연구원 (단위:명)	SCIE (단위:편)	국내 특허 수 (단위:건)	해외 특허 수 (단위:건)	기술료 (단위:억원)	사업화 건수 (단위:건)
최댓값	384,625	172,583	15,208	8,064	1,861	926	7,222
최솟값	1,313	1,532	68	36	5	0.8	30
평균	39,669	26,407	2,207	1,744	291	157	1,473
표준편차	76,223	41,459	3,269	2,172	469	227	1,353

〈표 4〉 연구변수 상관관계

구분	연구개발비	연구원	SCIE	국내 특허 수	해외 특허 수	기술료	사업화 건수
연구개발비	1.000	0.953	0.503	0.688	0.598	0.740	0.842
연구원	0.953	1.000	0.719	0.811	0.714	0.829	0.885
SCIE	0.503	0.719	1.000	0.916	0.890	0.834	0.643
국내특허 수	0.688	0.811	0.916	1.000	0.977	0.947	0.731
해외특허 수	0.598	0.714	0.890	0.977	1.000	0.916	0.635
기술료	0.740	0.829	0.834	0.947	0.916	1.000	0.691
사업건 수	0.842	0.885	0.643	0.731	0.635	0.691	1.000

2. 지자체별 R&D 투자효율성 현황

규모수익불변(CRS)을 가정한 5년간 지자체별 연구개발투자의 CCR 효율성은 〈표 5〉에서 확인할 수 있다. 2개의 투입요소와 5개의 다양한 산출요소를 바탕으로 측정된 본 효율성 수치를 본 연구에서는 총요소 R&D 효율성이라고 지칭하겠다. 우선 17개 지자체 전체의 5년간 평균 수치를 살펴보면 0.654

로 나타났으며 이는 투자의 비효율이 개선되었을 시, 즉 모든 DMU가 생산 환경에 위치할 경우 34.6% 가량의 개선 여지가 있음을 의미한다. 연도별 성과를 보면 2013, 2014년이 각각 평균에 미치지 못한 반면 2015년을 기해 반등한 추세를 확인할 수 있다. 상승세를 이어 2016년에 최고 효율성 평균(0.683)을 보였지만 2017년도에 상승세가 작지만 다소 꺾인 점은 지속적인 효율성 향상을 이루지 못했다는 점에서 점검해야 할 대목이다. 지역별로 살펴보면 5년간 평균 기준으로 두 곳의 광역시인 대전(0.992), 광주(0.989)와 지방인 강원(0.966)과 제주(0.915), 총 4곳이 효율성이 0.9 이상을 보인 탁월한 충요소 R&D 효율성을 보이는 것으로 나타났다. 아울러 4곳에는 미치지 못

〈표 5〉 지역별 효율성 현황

구분		2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
수도권	서울	0.717	0.781	0.804	0.810	0.766
	인천	0.348	0.351	0.295	0.288	0.276
	경기	0.201	0.201	0.195	0.201	0.191
비수도권	대전	1.000	1.000	1.000	1.000	0.946
	부산	0.835	0.735	0.666	0.805	0.769
	대구	0.940	0.754	0.815	0.774	0.817
	광주	1.000	1.000	0.958	1.000	1.000
	울산	0.768	0.743	0.750	0.745	0.797
	세종	0.296	0.124	0.149	0.245	0.241
	강원	0.884	0.984	0.962	1.000	1.000
	충북	0.462	0.481	0.531	0.470	0.479
	충남	0.374	0.348	0.424	0.365	0.375
	전북	0.638	0.653	0.771	0.871	0.874
	전남	0.577	0.527	0.916	1.000	0.696
	경북	0.648	0.592	0.634	0.617	0.597
	경남	0.373	0.385	0.415	0.477	0.511
	제주	0.896	0.738	1.000	0.943	1.000
전체 평균		0.645	0.612	0.664	0.683	0.667

하지만 인천을 제외한 서울, 부산, 대구, 울산 등 주요 도시 역시 0.7을 넘어 전국 평균을 넘어서는 우수한 지자체로 나타났으며 전북, 전남 역시 비슷한 성과를 보였다. 일반적으로 우수한 인력, 연구개발 투자는 광역시와 같은 큰 도시에 집중되는 경향을 보이며 대전의 경우는 과학기술개발 등에 있어 그 집중도가 매우 높기에 본 실증분석 결과에 반영된 것으로 보인다. 다만 강원도나 제주도의 경우 이러한 조건에 부합하지 않음에도 매우 높은 성과를 보였다. 이러한 결과는 강원의 경우 신재생에너지, 신소재, 바이오산업 등을, 제주의 경우 친환경, 스마트시티와 같은 작은 지자체 규모에 비해 다양한 분야를 연구한 성과로 여겨진다. 반면 인천과 경기도의 경우 서울에 인접한 수도권에 있음에도 효율성이 크게 떨어짐을 볼 수 있는데 투입에 비해 산출에 있어 성과가 떨어짐을 의미한다. 두 지역은 추후 상대적으로 우수한 서울의 사례를 참조하여 수도권 전체가 고른 발전을 이룰 수 있어야 할 것이다. 한편 세종시는 2013년부터 시로 편입된바, 본 연구에서의 낮은 효율성 결과는 향후 개선의 여지가 충분하다고 여겨진다.

3. R&D 투자효율성 분해

지금까지 규모수익 불변을 가정한 CCR 효율성을 살펴보았으며 본 장에서는 규모효율성(SE)을 구하기 위해 앞서서 규모수익가변을 전제한 BCC 모형, 즉 순수기술효율성을 도출하였으며 결과는 <표 6>과 같다.

5년간의 BCC효율성 평균은 0.779로 CCR효율성 평균 0.654보다 높은 것으로 나타났으며 시간의 흐름과 지역에 따른 추세는 대부분 유사한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 2장에서 언급하였듯이 BCC효율성이 CCR효율성에 포함된 규모효과를 배제한 순수효율성이기에 나타난 결과이며 본 연구는 물론 DEA를 이용한 대다수 선행연구에서 비슷한 양상을 보이게 된다. 규모효율성을 살펴보면 5년간 평균이 0.840으로 비교적 양호한 수치를 보였다. 이는 국내 R&D 투자가 규모효과를 잘 이용하고 있다는 의미이다. 대부분의 지자체가 0.7 이상의 높은 규모효율성을 보이는 반면에 경기도의 경우

〈표 6〉 지역별 순수기술효율성, 규모효율성 및 RTS 현황

구분	2013년			2014년			2015년			2016년			2017년		
	PTE	SE	RTS	PTE	SE	RTS	PTE	SE	RTS	PTE	SE	RTS	PTE	SE	RTS
서울	0,960	0,746	DRS	1,000	0,781	DRS	1,000	0,804	DRS	1,000	0,810	DRS	1,000	0,766	DRS
인천	0,412	0,844	DRS	0,399	0,882	DRS	0,325	0,906	DRS	0,352	0,819	DRS	0,323	0,854	DRS
경기	0,949	0,213	DRS	0,940	0,213	DRS	0,919	0,212	DRS	0,872	0,230	DRS	0,935	0,205	DRS
대전	1,000	1,000	CON	1,000	1,000	CON	1,000	1,000	CON	1,000	1,000	CON	1,000	0,946	DRS
부산	1,000	0,835	DRS	0,887	0,828	DRS	0,943	0,706	DRS	1,000	0,805	DRS	0,926	0,830	DRS
대구	1,000	0,940	DRS	0,837	0,900	DRS	1,000	0,815	DRS	0,933	0,830	DRS	0,920	0,888	DRS
광주	1,000	1,000	CON	1,000	1,000	CON	0,997	0,961	DRS	1,000	1,000	CON	1,000	1,000	CON
울산	0,789	0,973	CON	0,757	0,982	CON	0,760	0,987	CON	0,746	1,000	CON	0,746	0,985	DRS
강원	0,907	0,974	IRS	0,987	0,997	CON	1,000	0,962	DRS	1,000	1,000	CON	1,000	1,000	CON
세종	0,411	0,719	IRS	0,140	0,886	CON	0,150	0,990	CON	0,252	0,974	CON	0,252	0,951	CON
충북	0,525	0,879	DRS	0,540	0,892	DRS	1,000	0,531	DRS	0,585	0,803	DRS	0,585	0,855	DRS
충남	0,495	0,755	DRS	0,511	0,681	DRS	0,502	0,844	DRS	0,602	0,607	DRS	0,602	0,732	DRS
전북	0,669	0,953	DRS	0,719	0,908	DRS	0,868	0,888	DRS	1,000	0,871	DRS	1,000	0,874	DRS
전남	0,593	0,972	DRS	0,591	0,891	DRS	1,000	0,916	DRS	1,000	1,000	CON	0,733	0,950	DRS
경북	0,760	0,854	DRS	0,712	0,832	DRS	0,744	0,853	DRS	0,783	0,788	DRS	0,727	0,821	DRS
경남	0,488	0,764	DRS	0,480	0,801	DRS	0,566	0,733	DRS	0,667	0,716	DRS	0,629	0,812	DRS
제주	1,000	0,896	IRS	0,935	0,789	IRS	1,000	1,000	CON	0,968	0,974	IRS	1,000	1,000	CON
평균	0,762	0,842		0,731	0,839		0,810	0,830		0,809	0,837		0,784	0,851	

규모효율성이 5년 내내 0.2 초반대의 수치를 보였으며 이는 규모효과로 인한 비효율성이 매우 큼을 의미한다. 〈표 6〉에서 볼 수 있듯이 경기도의 경우 CCR, BCC 효율성의 차이가 극심한 것으로 나타났다. 이렇듯 규모효과를 배제할 경우의 실제의 효율성을 왜곡할 여지가 있으며 궁극적으로는 규모로 인한 비효율성이 발생하지 않게 CCR 효율성과 BCC 효율성이 같아져야 할 것이다. 이러한 차이를 메우기 위해 DEA에서는 RTS 정보를 통하여 투자규모의 적정성 여부를 제시한다.

〈표 6〉에서의 결과를 살펴보면 대부분의 지자체가 DRS를 보이는 가운데 세종, 제주 2곳만이 전년도 CRS 및 IRS 로 기록되었다. IRS를 보인 지자체는 2곳뿐으로 연구개발비나 연구원 수를 확충할 경우 더 큰 성과를 나타낼 수

있는 규모의 경제성을 보임을 의미한다. 다만 세종은 IRS 상태가 2013년에 만 한정되고 이후에는 규모로 인한 비효율성이 없는 상태임으로 나타났다. 반면 제주는 2013년부터 2016년까지 5개 년 중 3개 년도가 IRS를 보여 R&D 투자에 있어 큰 잠재성을 보였던 것으로 나타났다. 따라서 제주의 경우 적극적인 투자의 확장이 R&D 투자효율성의 제고에 도움이 될 것이다. 다만 이러한 투자확대 과정에 있어 확실한 목적의식이 없는 무조건적인, 보여주기식 투자확대가 생기는 것은 막아야 할 것이다. 이러한 환경에서는 불필요한 투자, 연구원들의 도덕적 해이가 나타날 가능성이 생기게 된다. 한편 강원도의 경우 CRS, DRS, IRS 세 조건을 모두 보이는 지역으로 나타났다지만 사실상 규모효과로 인한 비효율성이 지극히 미미하며 최근 2년간은 CRS상태를 보이는 등 양호한 규모수익 상태를 보이는바 향후에도 현재의 투입상태를 유지하는 것이 바람직할 것이다.

대전, 광주, 울산 3곳의 지자체 역시 대부분 CRS상태를 보여 투입과 산출이 적절한 균형을 이루고 있음을 의미한다. 공통적으로 1년간의 DRS상태가 나타났으나 규모로 인한 비효율은 매우 미미한 것으로 나타났다. 따라서 본 3곳의 도시는 규모에 있어서는 최적성을 보이고 있다고 평가할 수 있으며 추후에도 이러한 상태를 지속시킬 필요가 있다. 반면 대부분의 지자체가 DRS 상태를 보인 것은 R&D 투자에 있어 대체적으로 과잉투입이 있음을 시사한다. 본 결과는 바꿔 말하면 투입에 비해 산출이 기대에 못 미치고 있음을 의미하며 한국 R&D투자가 마주하고 있는 본질적인 문제이기도 하다. 이에 각 지자체들의 경우 투자의 면면을 상세히 고려하여야 할 것이며 불필요하다고 판단되는 투자는 과감히 줄이더라도 동시에 투자규모 감소에 따른 연구원들의 의욕저하를 막는 인센티브 정책을 시행할 필요가 있다. 즉, 성과가 부족한 연구원, 혹은 연구프로젝트의 경우 지원을 줄일 수도 있지만 이 과정에서 탁월한 성과를 보이는 경우 충분한 보상을 할 필요가 있다. 이를 통해 연구 성과의 양은 축소되더라도 질을 높일 필요가 있다.

4. 개별효율성 및 패널분석

본 장에서는 총요소 R&D 효율성을 산출요소의 성격에 따른 분해를 통해 각각 논문효율성, 특허효율성, 경제효율성으로 나누도록 한다. 이러한 분해는 특정 목표를 집중적으로 제고하기 위해 도움이 된다. 우선 <표 7>에서 볼 수 있듯이 5년 평균 기준 개별효율성 수치 중에서는 특허효율성이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. 논문효율성이 특허효율성에 비해 다소 떨어졌지만 지자체별로 우위를 보이는 효율성은 각각 달랐다. 그러나 두 효율성 모두 60%에 미치지 못하는바 추후 연구논문 성과 특허출원 등에 있어 개선이 요구된다. 반면에 경제효율성은 두 효율성에 비해 크게 떨어짐을 볼 수 있

<표 7> 산출변수 변경에 따른 효율성 수치 (5년 평균)

구분		총요소 효율성	논문효율성	특허효율성	경제효율성
수도권	서울	0.776	0.688	0.636	0.429
	인천	0.312	0.258	0.286	0.236
	경기	0.198	0.154	0.179	0.174
비수도권	대전	0.992	0.799	0.976	0.640
	부산	0.762	0.718	0.657	0.471
	대구	0.820	0.713	0.732	0.532
	광주	0.989	0.956	0.811	0.615
	울산	0.761	0.732	0.608	0.322
	세종	0.211	0.194	0.171	0.045
	강원	0.966	0.892	0.942	0.605
	충북	0.485	0.384	0.444	0.336
	충남	0.377	0.243	0.371	0.265
	전북	0.761	0.696	0.684	0.425
	전남	0.743	0.276	0.623	0.657
	경북	0.618	0.596	0.447	0.286
	경남	0.432	0.290	0.377	0.370
	제주	0.915	0.705	0.884	0.605
	효율성평균	0.654	0.547	0.578	0.413

다. 본 결과는 R&D 투자가 기술료 및 사업화 건수의 성과로 이어지는 정도가 아직 미진함을 의미한다. 따라서 향후 보다 다양한 분야에 R&D 역량을 지원하고 규제완화를 통해 시장규모를 키울 수 있는 정책적 지원이 요구된다.

한편 DEA에서 선정한 종속변수들이 R&D 투자의 단기적인 성과물이라면 GRDP와 같은 최종 경제성과는 R&D 투자의 궁극적인 목적이라고 할 것이다. 따라서 이러한 최종적 성과에 기여하는 데에 있어 어떠한 효율성 요인이 유의미한 영향을 미치는가를 파악하는 것 역시 중차대한 문제라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 DEA로 도출된 3가지 효율성을 독립변수로 하고 지역내총생산을 종속변수로 한 패널분석을 실행하였다. 이러한 연구방식은 Cruz-Cázares 외(2013)의 연구에서도 확인할 수 있으며 해당 연구에서도 R&D 효율성, 기업의 크기, 연차 등을 독립변수로 하여 경제적 성과인 ROA(Return On Assets)를 종속변수로 한 회귀분석을 실행한 바 있다.¹²⁾

본 연구에서 진행한 패널회귀분석 단계는 다음과 같다. 우선 일반적으로 활용되는 고정효과모형(fixed effect model)과 확률효과모형(random effect model) 중 어느 모형을 활용할지를 판별해 주는 하우스만 검정(Hausman test)을 실시하였다.¹³⁾ 분석결과 카이제곱이 29.38이고 유의확률은 0.000으로 5% 유의수준에서 귀무가설을 기각하여 본 모형에서는 고정효과모형을 적용하였다. 그리고 독립변수 외에 GRDP에 영향을 미치는 규모의 영향을 배제하고, 순수한 효율성의 영향을 확인하기 위해 통제변수를 반영하였다. 독립변수는 논문효율성, 특허효율성, 경제효율성이고, 통제변수는 인구, 연구비, 연구원 수, 종속변수는 GRDP이다. <표 8>은 2013년부터 2017년까지 17개 광역자치체의 GRDP에 대한 세 가지 효율성의 패널 고정효과모형의 분석결과이다.¹⁴⁾

12) Cruz-Cazares, Claudio, Cristina Bayona-Saez, and Teresa Garcia-Marco. "You can't manage right what you can't measure well: Technological innovation efficiency." *Research policy*, Vol.42 No.6-7(2013), 1245면.

13) Wooldridge, J. M., *Introductory econometrics: A modern approach*, Fifth edition, Cengage learning, 2015, 493면.

14) 정성호, 『STATA 더 친해지기』, 박영사, 2017, 60면.

패널분석 결과 특허효율성이 유의수준 $p < 0.01$ 에서 GRDP에 정(+)의 영향을 끼치는 것으로 나타났다.¹⁵⁾ 즉 특허효율성이 1만큼 증가하게 되면 GRDP는 0.282만큼 증가하게 된다. 본 결과는 실질적으로 GRDP에 유의한 영향을 미치는 요인은 특허임을 의미한다. 따라서 특허의 양과 질을 늘리는 것이 매우 중요한 과제이며, 지역경제성장에 기여함을 알 수 있다. 특히 세계적으로도 통용될 수 있는 해외특허의 비중을 늘린다면 지자체의 역량은 보다 강화될 것이다. SCIE논문의 경우 GRDP에 직접적인 영향을 미치지 못하였다. 하지만 토대가 되는 연구를 통해 특허 등 실질적인 성과로 이어질 수 있기 때문에, 대학 및 연구소 등의 역량 강화를 위해 장기적인 안목의 투자가 필요하다. 경제효율성의 경우 기술료와 사업화 건수를 산출물로 다룸에도 불구하고 GRDP에 유의미한 영향을 미치지 않았다.

〈표 8〉 GRDP에 대한 고정효과모형 분석결과

구분	변수명	Coef.	Std. Err.	z
독립변수	논문효율성	0.281	0.143	1.96
	특허효율성	0.282	0.096	2.95**
	경제효율성	0.030	0.052	0.59
통제변수	인구(로그)	-0.246	0.134	-1.84
	연구비(로그)	0.288	0.058	4.94***
	연구원(로그)	0.245	0.108	2.29*
상수		16.179	1.464	11.05***
N	85			
R ² (within)	0.6645			
R ² (overall)	0.4156			

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

15) 독립변수인 논문효율성, 특허효율성, 경제효율성은 1 이하인 반면, 통제변수인 인구, 연구비, 연구원, 종속변수인 GRDP는 상대적으로 수가 매우 크기 때문에 회귀계수의 편의(bias)가 발생할 수 있다. 따라서 통제변수와 종속변수는 자연로그를 취하여 분석에 활용하였다.

V. 결론 및 제언

4차 산업혁명의 도래에 따라 국가 간 R&D 역량이 중요시되는 상황에서, 국가의 발전은 각 지자체의 경쟁력 강화라고 할 수 있다. 오늘날의 예측 불가능한 동태적인 변화에 대응하기 위해서는 중앙집권적인 형태보다 분권화가 보다 용이하기 때문에 각 지자체의 역할이 증대되고 있다. 한국은 상위 R&D 투자국이지만 실증분석을 통하여, 지역 간 투자의 격차가 크고, 이로 인한 투자효율성의 차이도 나타났다. 따라서 한정된 자원의 중복투자를 방지하고 효율성을 기하기 위한 지역 특화산업의 육성이 필요하다. 이를 위해서는 선택과 집중을 통해 글로벌 수준의 경쟁력을 목표로, 지역 내 산학연관의 협력적 거버넌스를 구축하여 각 지역별 특화 R&D 모형을 구축해야 한다.¹⁶⁾

이에 본 연구에서는 17개 지자체의 연구개발투자액, 연구원 수를 투입변수로 하고, R&D 투자의 산출물이라고 할 수 있는 SCIE 논문 편수, 국내 외 특허 수, 사업화 건수 및 기술료와 같은 다양한 산출변수를 설정하여, DEA 효율성을 독립변수로 한 패널분석을 수행, 국내 지자체의 R&D 투자에 성과를 분석하였다. 연구결과 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, DEA분석을 통해 도출된 최근 5년간의 지자체별 R&D 효율성은 65.4%를 보여 약 35% 가량의 비효율성을 개선할 수 있는 것으로 나타났다. 2014년 최저 효율성을 기록했었던 한국의 R&D 효율성은 2015년 이후 전년도 평균을 계속 상회하는 수치를 보여 꾸준한 성장을 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 수도권 및 광역시 중에서는 광주와 연구개발에 특화된 대전이 예상대로 가장 우수한 효율성 수치를 보였으며 경기, 인천, 세종은 효율성이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 2013년부터 시로서 등장한 세종은 효율성 수치는 작았으나 규모효과는 잘 살리고 있는 것으로 나타나 향후 개선의 여

16) 김성진 외 3인, “2019년 지방 R&D체계 발전방향에 관한 연구”, 한국과학기술기획평가원, 2020, 168면.

지가 보였지만 경기와 인천은 수도권임에도 불구하고 서울은 물론 기타 광역시에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 추후 지자체 규모에 맞는 성과의 개선이 요구된다. 지방의 경우 강원과 제주가 매우 우수한 효율성을 보였다. 둘째, 효율성 분해를 통해 얻을 수 있었던 RTS 정보는 향후 지자체로 하여금 효율성 제고를 위한 R&D 투자의 규모를 결정할 수 있다는 점에서 유용한 시사점을 제공하였다. 분석결과 한국의 지자체 대부분이 DRS 상태에 있는 것으로 나타났으며 이는 한국의 R&D 투자효율성의 제고를 위해서는 투입을 줄일 필요가 있다는 의미이다. 그럼에도 불구하고 투입을 줄이는 과정에서 연구자들의 연구의욕저하도 일어날 수 있기에 단순한 규모절감이 아닌 성과에 따른 인센티브제 등을 시행하여 연구 성과의 질을 올리는 기회로 삼아야 할 것이다. 규모를 적절히 사용하고 있는 도시로는 대전, 세종, 광주, 울산으로 나타났으며 제주의 경우 투입규모 증가를 통해서 R&D 효율성을 제고시킬 수 있는 잠재성이 큰 지역으로 나타났다. 다만 투입의 증가에서 오는 연구자의 도덕적 해이문제나 확실한 성과가 없는 보여주기식 투자확대는 경계해야 할 과제이다. 끝으로, 본 연구에서는 R&D 효율성을 산출변수의 성격에 따라 각각 논문효율성, 특허효율성, 경제효율성으로 분리하여 독립변수로 하고 GRDP를 산출변수로 하는 패널분석을 진행하였다. 하우스만 검정을 통해 고정효과모형을 적용한 패널분석결과 GRDP에 직접적인 영향을 미치는 효율성은 특허효율성으로 나타났다. 따라서 국내 특허는 물론 추후 국제적으로도 통용될 수 있는 해외특허 수의 증가가 지자체는 물론 국가의 경제성장을 이끄는 중요한 요인이 될 수 있음을 볼 수 있었다.

본 논문의 한계점은 다음과 같다. 우선 연구에서 사용된 DEA 방법론은 비모수(non-parametric)이자 방사형(radial)모형을 기반으로 한 전통적인 DEA모형으로 통계적인 신뢰성이나 효율성 과대평가의 측면에서 다소 부족함이 있을 수 있다. 이러한 점은 부트스트래핑(bootstrapping) 기법이나 비방사형(non-radial)을 기반으로 한 SBM-DEA의 적용을 통하여 극복할 수 있을 것이며 향후 연구에서 이 점을 주목할 필요가 있을 것이다. 또한 본 연구에서의 산출물의 경우 논문의 수준, 특허의 질, 사업화 건의 규모 등 우열이 존재함

에도 이들의 우열을 충분히 반영하지 못하였다. 향후 연구에서는 이러한 한계를 보다 상세하게 정의하여 변수로 포함한다면 보다 정확한 결과를 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

〈단행본(국내 및 동양)〉

- 김성진 · 박정일 · 김동현 · 이충현, 『2019년 지방 R&D체계 발전방향에 관한 연구』, 한국과학기술기획평가원(2020).
- 민인식 · 최필선, 『패널데이터분석』, 지필미디어(2012).
- 박만희, 『효율성과 생산성 분석』, 한국학술정보(2008).
- 정성호, 『STATA 더 친해지기』, 박영사(2017).
- 한국과학기술기획평가원, 『2018년도 연구개발활동조사보고서』(2019).

〈단행본(서양)〉

- Ashenfelter, O., Levine, B.P., & Zimmerman, J.D., *Statistics and Econometrics: Methods and Applications*, John Wiley(2003).
- Baltagi, B., *Economic anlysis of pannel data*, John Wiley & Sons inc, (1995).
- OECD, *Frascati Manua*(2002).
- Wooldridge, J. M., *Introductory econometrics: A modern approach Fifth edition*, Cengage learning(2015).

〈학술지(국내 및 동양)〉

- 조남권 · 김규환 · 이석진, “DEA 를 통한 중소 · 중견기업의 R&D 효율성 분석”, 『지식재산연구』, 제13권 제2호(2018).
- 조정래 · 김태윤, “공기업 주관 R&D 효율성의 특성 분석: 국가에너지기술개발사업의 연구 성과를 중심으로”, 『규제연구』, 제26권 제2호(2017).
- 최충익, “패널모형: 시계열 분석과 횡단면 분석을 한번에”, 『국토연구』, 제320호(2008).
- 한하늘, “인천광역시 연구개발 생산성 추세변화 비교분석: 특허성과를 중심으로”, 『인천연구』 제7호(2013).

〈학술지(국내 및 동양)〉

- 김현정 “에너지 공기업 연구개발(R&D) 투자의 효율성 측정과 제고 방안”, 『공공사회연구』, 제9권 제4호(2019).
- 문광민, R&D “스톡의 시차와 기간간 연속성을 고려한 정부 R&D 효율성 측정: Dynamic DEA 모형의 적용”, 『사회과학연구』, 제30권 제4호 (2019).

- 박정희 · 문종범, “DEA를 이용한 지역산업기술개발사업의 효율성 분석”, 『산업경제연구』, 제23권 제4호(2010).
- 방민석 · 정혜진, “자료포락분석을 활용한 지방 R&D 사업의 효율성 분석”, 『지방행정연구』, 제25권 제4호(2011).
- 염명배 · 성을현 · 황경연, “DEA 모형을 이용한 지역별 R&D 투자의 효율성 비교분석”, 『생산성논집』, 제25권 제2호(2011).
- 우청원, “DEA를 이용한 청정에너지기술 R&D 효율성 분석 : 신재생에너지기술 R&D 과제를 대상으로”, 『기술혁신학회지』, 제22권 제4호 (2019).
- 이광배 · 모수원, “우리나라 지역연구개발투자의 생산성과 동태적 효율성”, 『산업경제연구』, 제26권 제1호(2013).
- 이민희 · 이광배 · 박홍균, “지역 연구개발투자의 효율성 분석”. 『산업경제연구』, 제25권 제5호(2012).

〈학술지(서양)〉

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W., “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis.” *Management science*, Vol.30 No. 9(1984).
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, “Measuring the efficiency of decision making units.” *European journal of operational research*, Vol.2 No.6(1978).
- Chen, C. P., Hu, J. L., & Yang, C. H., “An international comparison of R&D efficiency of multiple innovative outputs: The role of the national innovation system”, *Innovation*, Vol.13 No.3(2011).
- Cruz-Cázares, Claudio, Cristina Bayona-Sáez, and Teresa García-Marco, “You can’t manage right what you can’t measure well: Technological innovation efficiency.” *Research policy* Vol 42 No.6-7 (2013).
- Docekalov, M., & Nina, B., “The Use of Data Envelopment Analysis to Assess The R&D Effectiveness of the Czech Manufacturing Industry”, *Business: Theory and Practice*, Vol.14 No.4(2013).
- Hashimoto, A., & Haneda, S., “Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry”, *Research Policy*, Vol.37 No.10(2008).
- Sharma, S., & Thomas, V., “Inter-country R&D efficiency analysis: An application of data envelopment analysis”, *Scientometrics*, Vol.76 No.3(2008).
- Wang, E. C., & Huang, W., “Relative efficiency of R&D activities: A cross-country

study accounting for environmental factors in the DEA approach”, *Research Policy*, Vol.36, No.2(2007).

Zhao, H., “The Empirical Study on R&D Efficiency of High-Tech Industry in China”, *International Journal of Trade, Economics and Finance*, Vol.6, No.1 (2015).

〈인터넷 자료〉

정구민, “CES 2020 핵심 기술 주요 트렌드”,

〈https://ee.kookmin.ac.kr/community/board/notice/878?fbclid=IwAR1W4kCZhzqNlQRt_OPvZsDqFZmWgie_Wm5K8XthmdrfM8zKmsMwt80YrhY〉, 검색일: 2020. 03. 10.

A Study on 17 Metropolitan Local Governments' R&D Investment Efficiency

Lee, Hyoungsuk & Seo, Hyungjun

This study aims to examine Korean 17 local governments' R&D investment efficiency based on data envelopment analysis (DEA). The summary of empirical result is summarized as follows. First, From the year 2013 to 2017, Korean national R&D investment efficiency shows 65.4% in average. It means that it is possible to achieve 34.6% potential efficiency when inefficient local governments locate frontier. From the perspective of region, Daejeon, Gwangju, Gangwon and Jeju show high efficiency while Gyeonggi, Incheon and Sejong show the lowest value. Second, it is through R&D efficiency decomposition, we derived both R&D pure technical efficiency (PTE) and scale efficiency (SE). In that Korea shows high SE for 5 years, we can find Korea shows small inefficiency which comes from scale effect. However, almost all local governments show decreasing return to scale (DRS), implying downsizing input scale may lead to higher efficiency. Finally, we decomposed R&D efficiency based on characteristics (paper efficiency, patent efficiency, economic efficiency) and utilized them as independent variables. And then we conducted panel analysis for GRDP with three efficiency variables. As a result of the analysis, only patent efficiency had significantly positive impact on GRDP.

Keyword

R&D Investment, Metropolitan Local Governments, Data Envelopment Analysis, Patent, Panel Regression