

연구개발투자와 경제성장의 상호관계 실증분석

최현이* · 조근태**

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경
- III. 연구 설계
- IV. 분석 결과
- V. 결론

국문초록 : 본 논문에서는 우리나라 경제성장과 연구수행 주체별 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발 투자 간의 장·단기 인과관계를 실증 분석하였다. 이를 위해 1976년부터 2020년 동안의 시계열 자료를 바탕으로 단위근 검정, 공적분 검정, 벡터오차수정 모형(VECM)을 통한 인과성 검정을 실시하였다. 분석결과, 우리나라 경제성장과 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자 간에는 장기적으로 인과관계가 존재하는 장기균형관계가 있다는 것을 도출하였다. 그러나, 공공 연구개발투자가 경제성장에 단기적으로 영향을 미치는 데에 비해 기업 및 대학 연구개발투자는 경제성장에 단기적으로 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 더불어, 경제성장 및 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자와 공공 연구개발투자, 대학 연구개발투자와 공공 연구개발투자 간에 단기적으로 양방향의 인과관계가 있는 것으로 도출되었다. 마지막으로 단기적으로 공공 연구개발에 인과관계가 있는 것은 GDP 경제성장이며, 대학의 연구개발에 단기적으로 인과관계가 있는 것은 공공 및 기업의 연구개발투자인 것으로 나타났다. 이상의 연구를 통해서 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발 투자와 경제성장 간에는 높은 상호 유기적인 관계가 존재한다는 것을 실증적

* 성균관대학교 기술경영전문대학원 박사과정/ KDI 국제개발협력센터 전문연구원(hychoi@kdi.re.kr)

** 성균관대학교 시스템경영공학과/기술경영전문대학원 교수(ktcho@skku.edu)

으로 도출하였다. 향후 연구개발투자가 경제성장에 미치는 파급효과를 높이기 위해서는 대학과 기업의 연구개발투자가 상호 촉진되고, 기업의 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 긍정적 영향을 미쳐 공공 연구개발투자가 향후 경제성장에 기여할 수 있도록 하는 정책개발이 필요할 것이다.

주제어 : 벡터오차수정모형(VECM), 경제성장, 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자

Investing the relationship between R&D expenditure and economic growth

hyunyi Choi·Cho Keun Tae

Abstract : The purpose of this research is to conduct the empirical analysis of the short- and long-term causal relationship between public R&D investment, corporate R&D investment, and university R&D investment on economic growth in Korea. To this end, based on the time series data from 1976 to 2020, a causality test was conducted through the unit root test, cointegration test, and vector error correction model (VECM). As a result, it was found that there is a long-run equilibrium relationship between economic growth in Korea, public R&D investment, corporate R&D investment, and university R&D investment, in which a causal relationship exists in the long run. Also, while public R&D investment has a short-term effect on economic growth, corporate and university R&D investment does not have a short-term effect on economic growth. In addition, the results shows that there is a bidirectional causal relationship between economic growth and public R&D investment, corporate R&D investment and public R&D investment, and university R&D investment and public R&D investment in the short term. Through this research, it was empirically found that a highly mutual relationship exists between public R&D investment, corporate R&D investment, university R&D investment and economic growth. In order to increase the ripple effect of R&D investment on economic growth in the future, R&D investment between universities and corporations should be mutually promoted, and R&D investment by corporations should have a positive effect on public R&D investment so that public R&D investment can contribute to future economic growth.

Key Words : Vector error correction model, public R&D investment, corporate R&D investment, university R&D investment, economic growth

I. 서론

1950년대 한국 전쟁 발발 이후 극심한 경제난에 시달리던 한국은 선진국으로부터 원조를 받던 나라에서 전 세계에서 유일하게 원조를 주는 나라로 변모하였다(이계우 외, 2007). 한국이 짧은 시간동안 어떻게 비약적인 경제발전을 이루었는가에 대한 개발도상국의 관심은 여전히 뜨겁다(홍성주 외, 2013). 한국은 1970년대에 비해 2020년 기준 명목 GDP가 134배 증가하였고, 1인당 GDP는 37배 증가하였다(KOSIS 국가정보통계정보 기준).

한국의 고도 경제성장을 가능하게 한 요인은 높은 교육열과 양질의 인적자본 등 다양한데 그중 연구개발에 활발히 투자하여 성공적인 기술고도화로 수출산업의 경쟁력을 강화한 것을 꼽을 수 있다(이근, 2013). 동아시아 발전 모델로 꼽히는 한국, 대만, 싱가포르의 발전에서 과학기술역량의 강화를 주도적으로 추진하였는데, 그중 한국의 과학기술 정책 성공 요인으로는 과학기술과 산업화의 연계(Industry-science Linkage)와 혁신을 유도하는 경제 및 산업정책을 꼽을 수 있다(Chung, 2002).

이러한 배경에서 공공, 기업, 대학의 연구개발투자가 어떤 관계를 가지고 있으며 경제 성장에는 어떠한 영향을 미치고 있는지 분석해 볼 필요가 있다. 이와 관련하여 우리나라 정부 연구개발투자자와 민간 연구개발투자자와의 인과관계에 관한 연구는 그간 이루어진 바 있으나(신태영, 2004; 오세홍 외, 2002; 유승훈, 2003; 조상섭 외, 2013; 하정훈, 2009; 하준경, 2005; 한용용, 2016), 공공, 기업, 대학으로 구분하여 실증연구한 자료는 드물다. 즉 연구개발투자의 재원별(정부, 민간) 연구는 많이 이뤄진 편이나, 연구수행 주체별(공공, 기업, 대학) 연구는 없는 실정이다. 특히, 공공연구기관, 기업, 대학이라는 혁신활동주체간 네트워크를 주목하는 혁신시스템 관점에서는 각각의 주체간 협력 및 파트너십이 중요하고 주체별 분석과 이에 따른 정책수립이 중요하기 때문이다.

또한, 조상섭과 강신원(2013) 연구에서 벡터자기회귀모형(VAR, Vector Auto-Regression) 모형을 활용하여 R&D투자와 경제성장간의 인과관계를 분석하고 있는데, 벡터자기회귀모형은 여러 시계열 변수의 상호영향관계를 동태적 분석을 할 수 있으나, 변수 간 공적분 관계 즉 장기 균형관계가 존재하는 경우에는 적절한 인과관계를 측정하지 못하는 오류가 발생할 수 있다(Engle and Granger, 1987; 김민찬, 2020).

이에 본 연구에서는 기존 연구를 보완하기 위해서 변수 간의 장기 관계를 포함하는 벡터오차수정모형(VECM, Vector Error Correction Model)을 활용하여 연구수행 주체별 연구개발투자자와 경제성장간의 장·단기 인과관계를 분석하고 이에 따른 정책적 시사점을

제시하고자 한다. 본 연구에서는 다음과 같은 질문을 검토하고자 한다. 첫째, 연구수행 주체별 연구개발투자는 경제성장에 장기적인 균형관계가 존재하는가? 둘째, 경제성장과 연구수행 주체별 연구개발투자에는 단기적 인과관계가 존재하는가? 이다.

경제성장과 연구수행 주체별 연구개발투자와 관련된 상기의 연구질문을 분석하기 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구개발투자의 현황을 살펴보고 기존문헌을 검토한 뒤 3장에서는 데이터에 대한 구성과 연구모델 및 방법론에 대하여 설명한다. 4장에서는 실증분석을 수행하고, 연구수행 주체별 연구개발투자의 경제성장과 granger 인과성 및 장·단기 인과관계를 살펴본다. 5장에서는 시사점 및 제언 그리고 한계와 향후 연구 방향성을 제시한다.

II. 이론적 배경

2-1. 연구개발투자 현황

<표 1>에서 보는 바와 같이, 우리나라의 2020년 기준 총 연구개발비는 112,868(백만 달러)로 GDP 대비 4.81% 비중을 차지한다. 이를 전 세계 국가와 규모면으로 비교하면 미국, 중국, 일본, 독일 다음으로 5위를 차지하며, GDP 대비 비중으로 비교하면 이스라엘 다음으로 전 세계 2위를 차지하고 있다. 우리나라 정부 및 민간 연구개발 비중은 각각 22.4%, 76.6%로 민간의 연구개발 비중이 월등히 높은 수준을 차지하며, 중국, 일본 다음으로 높은 비중을 차지하고 있다.

<표 1> 주요국의 연구개발비 지출 현황(2020년 기준)

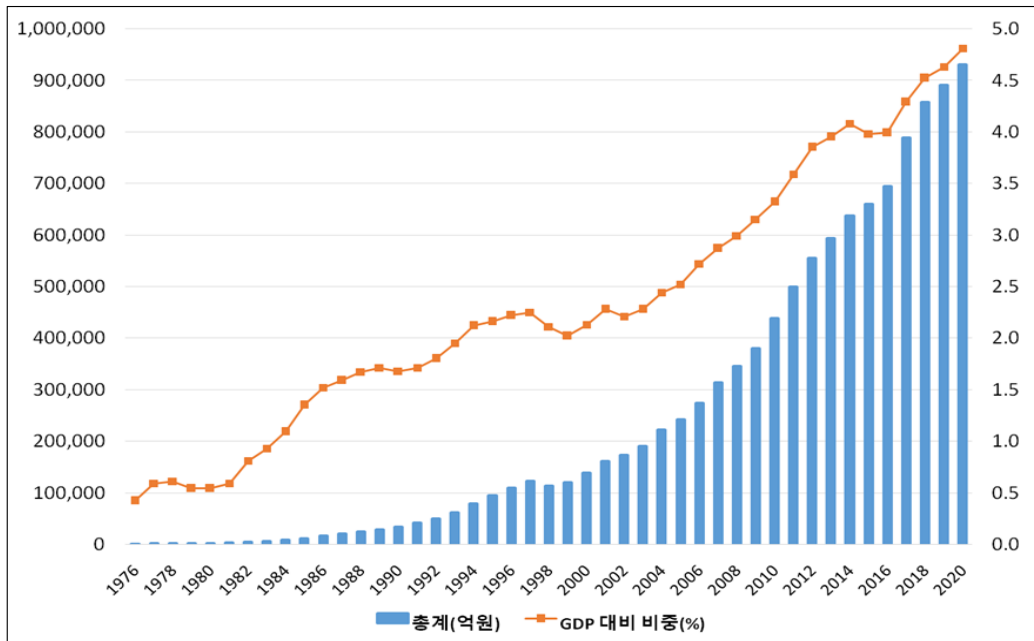
국 가	연구개발비 지출 (백만 US dollar)	GDP 비중(%)	정부 연구개발 비중(%)	민간 연구개발 비중(%)
미국	720,880	3.45	20.1	66.2
중국	583,754	2.40	19.8	77.5
일본	174,868	3.27	15.2	78.3
독일	144,352	3.13	29.7	62.6
한국	112,868	4.81	22.4	76.6
이스라엘	19,780	5.44	9.6	38.1

주: 공공 연구개발 및 민간 연구개발비중에서 이스라엘은 2019년도 자료임.

자료 : OECD(2022)의 자료 활용하여 저자 작성.

다음으로 연구개발에 대한 투자의 추이를 살펴보면 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 1976년부터 시작하여 1990년대 중반까지 연간 28.7%의 성장률로 투자를 늘렸다. 이후 1997년 말의 외환 위기를 맞아 투자의 추이가 주춤하는 모습을 보이다가 1999년말 부터 빠르게 증가하는 추세이다. 이는 1997년 4월 ‘과학기술혁신을 위한 특별법’을 제정하고 ‘과학기술혁신 5개년 계획’을 수립한 연구개발정책의 결과라고 볼 수 있다(오세홍, 2002).

<그림 1> 연구개발투자 추이

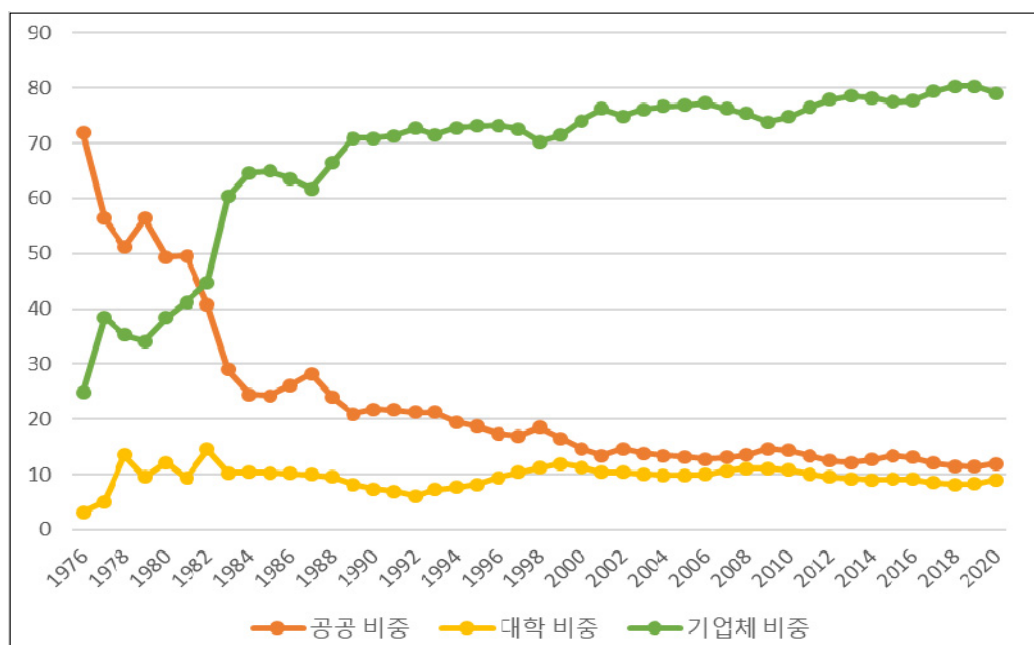


주: KOSIS 국가통계포털 접속하여 저자 작성(<https://kosis.kr/index/index.do> 접속일: 2022.11.01).

다음으로 연구개발투자를 연구수행 주체별로 공공, 기업, 대학으로 나눠서 살펴보면, 공공은 국·공립연구기관, 비영리법인이 해당되며, 기업은 대기업과 중소기업이고, 대학은 국·공립대학과 사립대학으로 구분된다. <그림 2>에서 보는 바와 같이, 공공부문 연구개발 투자는 1976년 기준 약 76%의 비중을 차지하며 기업보다 높았으며 이후 1983년부터는 기업부문이 전체 대비 60.4%를 차지하여 공공부문의 투자에 비해 대폭적으로 늘어나고 있는 추세이다. 이는 1970년대 초까지만 해도 정부 및 기업에서 활발한 연구개발 투자가 이뤄지지 않았으나 1976년부터 1981년까지 조정기를 거친 후 정부가 국가연구개발사업을 착수한 1982년 이후부터 기업의 연구개발투자가 급격히 늘어난 것을 알 수 있다(오세홍, 2002). 이렇게 기업개발투자는 빠른 속도로 증가하여 2020년 기준으로 기업의 연구개발

투자는 공공부문의 3.7배 수준을 차지하고 있다. 대학의 연구개발투자는 2006년도 이래로 10% 이상의 비중을 꾸준히 차지하고 있는데, 2003년 산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률을 근거로 각 대학에는 산학협력단이 설치되고 산학협력과 다양한 정책이 추진되고 있다(임의주 외, 2013)

<그림 2> 부문별 연구개발투자 비중 추이(%)



주: KOSIS 국가통계포털 접속하여 저자 작성(<https://kosis.kr/index/index.do>, 접속일: 2022.11.01)

2-2. 이론적 배경 및 선행연구

연구개발투자가 경제성장에 미치는 영향에 대한 실증적 연구를 살펴보기 앞서 경제 성장에 관한 이론적 배경을 살펴본다. 경제성장에 관한 이론은 외생적 성장이론과 내생적 성장이론으로 구분할 수 있다.

외생적 성장이론은 기술진보의 중요성을 역설하면서 기술충격이 외부에서 이루어지는 것으로 인식하고, 내생적 성장이론은 Romer(1990)에 의해서 발전된 모형으로 지속 가능한 발전을 위해서는 자본을 물적자본과 인적자본으로 구분하고 경제성장을 위해서는 물적 자본 뿐만 아니라, 교육 및 연구개발 같은 인적자본을 통해 내생적으로 발전할 수 있게 하는 것이다.

이후, 내생적 성장이론은 준내생적 성장이론과 제2세대 내생적 성장모형으로 발전하였다. 준내생적 성장이론은 Jones(1995)이 지식창출함수를 제안한 것으로 새로운 지식에 대한 수익 체감의 법칙을 적용하며, 제2세대 내생적 성장모형은 생산성이 증가하지 않는 현상을 R&D 투입이 여러 부문으로 분산되어 효과가 분산되는 생산물 확산효과를 설명한다. 결론적으로 연구개발투자는 기술진보를 통해 총요소생산성 증대와 경제성장에 기여하는 것이다(한용용, 2016).

연구개발투자와 경제성장에 관한 연구로는 성장회계 접근법과 생산함수 추정법, 인과관계 분석의 연구가 있다.

첫째, 성장회계 접근법은 생산함수를 이용하여 노동, 자본, 총요소생산성의 경제성장에 대한 기여도를 정량적으로 산출하는 것이다(하정훈, 2009). 한용용 외(2016) 연구에서 OECD 21개 국가의 패널 자료(1981~2011)를 가지고 종속변수는 총요소생산성으로 독립변수 GDP 비중, 연구개발투자, 노동투입량으로 하여 분석한 결과, 연구개발수준은 총요소생산성에 유의한 영향을 미친다는 것을 도출하였다. 지속적인 경제성장을 유지하기 위해서는 연구개발투자의 지속적인 증가가 수반되어야 한다는 시사점을 제시하였다.

둘째, 생산함수 추정법을 이용한 연구로는 신태영(2004), 하정훈(2009), Kim(2011) 등의 연구가 있다. 신태영(2004)은 생산함수 추정법을 적용하여 연구개발스톡을 연구개발투자액에서 추정하여 계산하였다. 분석결과, 1981년~2002년 동안의 GDP성장에 대한 연구개발 기여도는 28.1%임을 도출하였다. 하정훈(2009)에서 콥더글라스 생산함수를 이용하여 노동 투입, 자본투입, 연구개발투자가 경제성장에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, GDP 대비 연구개발비 비중, 총연구개발비, 총연구개발스톡은 경제성장에 긍정적인 효과가 있는 것으로 도출되었다. 또한, 연구개발투자를 재원별(공공 및 민간), 연구수행 주체별(공공 연구기관, 기업, 대학), 단계별(기초, 응용, 개발) 구분하여 분석을 하였는데 재원별로는 민간이 주체별로는 기업이 경제성장에 긍정적 효과가 있는 것으로 도출되었다. 단계별로 기초, 응용, 개발단계로 구분하여 분석하는 모형에서는 유의미한 결과가 도출되지 않았다. Kim(2011)의 연구에서는 우리나라 1976년에서 2009년의 기간동안 총 연구개발스톡이 경제성장에 65% 기여하였으며, 정부 및 민간의 연구개발스톡은 각각 16%, 19% 기여한 것으로 도출되었다.

셋째, 연구개발투자와 경제성장의 인과관계를 분석하는 연구도 있다(박진석, 2020; 김원규, 2018; 조상섭 외, 2013; 김선근 외, 2004; 오세홍 외, 2002). 박진석(2020) 연구에서는 연구개발투자, 연구개발스톡, 연구개발인력비율, 연구개발투자비율이 경제성장에 미치는 영향을 분석하고, 이중 연구개발인력 비율이 5% 유의수준에서 실질 GDP를

Granger 인과하는 것으로 도출되었다. 김원규 외(2018) 연구에서는 오차수정모형을 통해 분석한 결과, 정부의 연구개발스톡이 경제 전체 및 제조업의 총요소생산성, 노동생산성, 수출입비율, 기술무역수지비율, 총연구개발인력에 장기적으로 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 조상섭 외(2013) 연구에서는 주기적 인과분석방법을 통하여 분석한 결과, 총연구개발증가율은 GDP에 장기적으로 인과성을 가지며 단기적으로는 공공 연구개발이 GDP에 인과성을 가지는 것으로 도출되었다. 오세홍 외(2002) 연구에서는 정부 연구개발 투자와 경제성장간에는 인과관계가 존재하지 않으나, 민간 연구개발투자가 경제성장에 Granger 인과하는 것으로 도출되었다. 즉, 민간 연구개발투자(X)의 과거 정보가 경제성장(Y)을 설명하는 데 예측오차를 줄일 수 있으며 X가 Y의 원인변수라는 것이다. 나아가 총연구개발투자와 경제성장에는 양방향의 인과성이 존재하는 것으로 나타났다.

이상의 연구개발투자와 경제성장간 인과관계의 연구를 살펴보면 경제성장에 영향을 미치는 주요 변수는 정부 연구개발투자, 민간 연구개발투자, 연구개발인력이다. 그러나, 연구수행 주체별로 보면 연구소, 기업, 대학으로 구분할 수 있으며 이 주체별로 경제성장에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

연구수행 주제별 경제성장에 미치는 영향을 보기 위해서는 산·학·관 간 협력적 관계의 역할을 분석하는 트리플 헬릭스 이론을 살펴볼 수 있다. 동 이론은 대학, 산업, 정부를 3중 나선형태로 인식하여 상호 호혜적인 모습을 가지고 있다고 보고 주체 간 상호 작용이 매우 중요한데, 대학과 산업은 지식과 혁신을 추구하며 정부는 혁신 역량 관점에서 기술과 경제 발전에 촉매 역할을 한다는 것이다(설명환 외, 2018). 대학과 기업은 산학협력을 통해 연구 협력 및 교류, 인적 교류를 활발히 하면서, 대학은 단순히 교육기관 역할에서 탈피하여 교육과 연구를 병행하는 기관으로 전환되어 상업적인 지식의 원천으로 중요한 역할을 감당할 수 있어야 한다는 것이다(Etzkowitz and Leydesdorff, 1995; 이종호·이철우, 2014).

이러한 배경에서 기존의 연구를 보완하기 위해서는 우리나라 연구수행 주체별 경제 성장의 관계에 대해서 심층적인 연구를 수행할 필요가 있다.

Ⅲ. 연구 설계

3-1. 자료

본 연구를 위해 1976년부터 2020년까지의 연구 수행주체별 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학교 연구개발투자 금액을 수집하였다. 1976년도부터 시작한 것은 연구 수행주체별 자료가 이때부터 수집 가능하기 때문이다. 모든 자료는 KOSIS 국가통계포털에서 과학기술정보통신부의 「연구개발활동조사」 자료를 활용하였다. 동 자료는 경상가격이기 때문에 2015년 기준 GDP 디플레이터를 구하여 실질가격으로 변환 후 사용하였다.

경제성장을 나타내는 GDP는 1976년부터 2020년까지 한국은행의 명목 GDP 자료를 수집하여 GDP 디플레이터를 사용하여 2015년 기준으로 실질화하여 활용하였다. 이후, 모든 자료는 로그로 변환하였다. 그 이유는 로그 변환하게 되면 탄력성을 편리하게 구할 수 있으며 차분한 값이 해당 변수의 증가율을 나타내줄 수 있기 때문이다(유승훈, 2003).

실증분석은 stata 14를 사용하였으며, 분석에 활용된 기초 통계는 <표 2>에서 각 변수의 기초 통계량을 통해 살펴 볼 수 있다.

<표 2> 기초 통계량

변수명 (설명)	관측수	평균	표준편차	최소값	최대값
ln RGDP (log 실질 GDP)	45	22.613	0.830	20.995	23.642
ln publicex (log 공공 R&D 투자)	45	14.744	0.994	12.892	16.173
ln comex (log 기업 R&D 투자)	45	13.993	1.539	9.795	15.887
ln univex (log 대학 R&D 투자)	45	15.950	1.723	11.830	18.063

3-2. 분석 모형

경제성장, 공공연구기관 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자 간 Granger 인과성을 분석하기 위해서 본 연구에서는 Engle and granger(1987)가 제시한

벡터오차수정모형을 활용하여 변수간 단기적 및 장기적 관계를 살펴보고자 하며, 식(1)부터 식(4)까지로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta \ln rgdp = & \beta_1 + \sum_{p=1}^k \beta_{11p} \Delta \ln rgdp_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{12p} \Delta \ln publicex_{t-p} \\ & + \sum_{p=1}^k \beta_{13p} \Delta \ln comex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{14p} \Delta \ln univex_{t-p} + \lambda_1 EC_{t-1} + u_{1t} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln publicex = & \beta_2 + \sum_{p=1}^k \beta_{21p} \Delta \ln publicex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{22p} \Delta \ln rgdp_{t-p} \\ & + \sum_{p=1}^k \beta_{23p} \Delta \ln comex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{24p} \Delta \ln univex_{t-p} + \lambda_2 EC_{t-1} + u_{2t} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln univex = & \beta_3 + \sum_{p=1}^k \beta_{31p} \Delta \ln univex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{32p} \Delta \ln rgdp_{t-p} \\ & + \sum_{p=1}^k \beta_{33p} \Delta \ln publicex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{34p} \Delta \ln comex_{t-p} + \lambda_3 EC_{t-1} + u_{3t} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta \ln comex = & \beta_4 + \sum_{p=1}^k \beta_{41p} \Delta \ln comex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{42p} \Delta \ln rgdp_{t-p} \\ & + \sum_{p=1}^k \beta_{43p} \Delta \ln publicex_{t-p} + \sum_{p=1}^k \beta_{44p} \Delta \ln univex_{t-p} + \lambda_4 EC_{t-1} + u_{4t} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 Δ 는 각 변수의 1차 차분을 나타내며, $rgdp$ 는 실질 GDP, $publicex$ 는 공공 연구개발투자액, $comex$ 는 기업 연구개발투자액, $univex$ 는 대학 연구개발투자액을 나타낸다. β 는 추정해야 할 모수를 u_t 는 교란항을 의미하며 EC_{t-1} 은 오차수정항이다. t 는 관측시점을 의미하며, p 는 각 모형의 적정 시차(lag length)이다.

식(1)에서 $\beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}$,는 각 독립변수의 과거 값들이 GDP에 미치는 효과를 설명하는 계수이며 동 추정계수가 통계적으로 유의하다면 단기적으로 각 독립변수가 종속변수 GDP에 단기적으로 Granger-인과한다고 해석할 수 있다. 더불어, 오차수정항 EC_{t-1} 추정계수는 변수 간 장기적 인과관계를 나타내며 동 추정계수가 통계적으로 유의할 경우 X에서 Y로 장기적으로 Granger-인과¹⁾한다고 할 수 있다. 오차수정항의 추정계수는 외부

1) Granger 인과성 검정은 특정변수 과거값이 다른 변수 현재값 예측에 도움을 주는 지, 즉 예측가능성(predictability)을 의미하며 일반적인 원인 결과 관점의 인과관계와는 차이가 있다(Granger, 1969; 정수관, 2018).

충격에 의해 발생한 불균형이 장기균형으로 회복되는 정도를 의미한다(이명환, 2013).

이하 식(2)~(4)도 식(1)과 동일하게 각 독립변수의 추정계수는 각 종속변수와의 단기적 인과관계를 나타내며 $\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ 는 장기적 인과관계를 해석할 수 있다.

먼저, 벡터오차수정모형(VECM) 분석을 위해서는 먼저 시계열의 자료가 정상적(stationary)인지 판단해야 하며, 이를 위해 단위근 검정(unit root test)을 실시해야 하는데 이 검정이 없이 만약 비정상적 시계열을 이용하여 선형회귀모형을 추정하면 가성회귀(spurious regression)문제가 생길 수 있다. 가성회귀일 경우, 두 시계열이 전혀 상관없는 변수일지라도 매우 유의한 관계가 도출될 수 있기 때문에 주의가 필요하다(Stock and Watson, 1989). 시계열 자료는 일반적으로 비정상적일 수 있기 때문에 본 연구에서는 단위근 검정과 공적분 검정을 시행한다.

이후, 공적분 관계의 유무에 따라 VAR 또는 VECM 모형을 선택할 수 있다. VAR 모형에 기반한 Granger 인과성 검정은 장기균형관계에 관한 유의미한 정보를 배제하기 때문에 변수간 공적분 관계가 있다면 장기균형관계를 반영한 오차수정항을 포함하는 벡터 오차수정모형으로 분석을 한다.

IV. 분석 결과

4-1. 단위근 검정 결과

본 연구에서는 시계열 자료의 단위근 검정을 위해서 ADF-검정과 PP-검정을 적용하였으며, 상수항 및 시간추세를 모두 고려하여, 검정을 위한 관계식을 추정하였다. 상수항을 포함하는 것이 일반적이며, 동 연구는 시계열 연간자료이므로 시간추세를 포함하였다.

<표 3>은 각 변수의 단위근 검정 결과를 보여준다. 변수는 단위근을 가지고 있다는 귀무가설을 하며, 변수는 안정적이다를 대립가설을 한다. 먼저 수준변수를 ADF-검정과 PP-검정을 실시한 결과, 대학 연구개발투자 변수(Inunivex)를 제외하고는 귀무가설을 기각하지 못하고 즉, 단위근을 가지는 불안정 시계열인 것으로 판단된다. 그러나, 1차 차분한 변수에서는 ADF-검정과 PP-검정 모두 1% 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각하였다.

〈표 3〉 단위근 검정결과

구 분	단위근 검정	lnrgdp	lnpublicex	lncomex	lnunivex
수준변수	ADF fisher	0.2 (0.9958)	-1.652 (0.7715)	-2.793 (0.1994)	-4.878*** (0.0003)
	PP fisher	0.34 (0.9964)	-1.827 (0.6915)	-2.793 (0.1994)	-1.827*** (0.0003)
1차 차분변수	ADF fisher	-6.069*** (0.000)	-4.896*** (0.0003)	-6.996*** (0.000)	-7.644*** (0.000)
	PP fisher	-37.811*** (0.000)	-28.762*** (0.0005)	-6.631*** (0.000)	-8.625*** (0.000)

1) ()의 숫자는 P-value이다.

2) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10%의 유의수준에서 귀무가설(단위근이 존재한다)이 기각됨을 의미한다.

4-2. 공적분 검정 결과

변수들 간에는 단위근을 가지는 불안정한 시계열 자료라 하더라도 안정적 선형결합 관계가 존재할 수 있는데 이러한 관계의 존재여부에 따라 인과관계 검정방법이 달라진다. 따라서 공적분 검정을 통한 안정적인 선형결합 관계를 확인하고 인과관계 검증을 확인할 필요가 있다(박철민 외, 2016). 즉, 공적분 검정의 목적은 개별적인 불안정한 시계열의 선형결합이 안정적인지 검정하는 것이다.

먼저, 공적분 검정을 위해서는 변수의 올바른 시차 선택이 필요하여 이를 위하여 본 연구에서는 AIC(Akaike Information Criterion), HQ(Hannan-Quinn information criterion), SC(Schwarz Information Criterion) 검정 통계량을 이용하여 적정 시차를 선택하였다. VECM 모형 분석에 있어서 적정 시차 선택은 매우 중요한데, 시차가 너무 짧거나 길면 분석 결과가 정확히 도출하는데 오류를 끼칠 수 있다. <표 4>는 공적분 검증을 위한 시차선택에 대한 분석결과이다. <표 4>에서와 같이, AIC, HQ, SC가 동일하게 4 시차가 가장 적절한 시차로 도출되어 공적분 검정을 위해서 시차는 4로 적용하였다. 이후 공적분 검정을 위한 최적시차는 4로 적용하였으며, VECM 모형을 이용한 분석에도 동일한 시차를 적용하였다.

〈표 4〉 적정 시차 검증 결과

시차	LR	AIC	HQ	SC
0	-	-5.45214	-5.37604	-5.24317
1	478.35	-15.8996	-15.443	-14.6458
2	98.358	-17.079	-16.242	-14.7803
3	91.086	-18.0811	-16.8636	-14.7376
4	119.98*	-19.788*	-18.19*	-15.3996*

본 연구에서는 Fisher type Johansen 검정 방법을 이용하여 동 자료의 공적분 검정을 실시하였다. 공적분 방정식에서는 시계열에 선형 확정적 추세(linear deterministic trend)가 있다고 가정하였으며, 시간추세항은 제외하였으며, 절편항은 포함하는 식으로 검정을 실시하였다. 또한 Johansen(1988)이 제안한 우도비(likelihood ratio) 검정통계량 중에서 trace 검정통계량(trace statistic)을 기준으로 검정을 실행하였다(박철민 외, 2016).

다음 〈표 5〉에서는 Johansen 공적분 검증결과를 보여준다. 〈표 5〉의 분석의 결과 공적분 방정식의 개수가 0이라는 귀무가설을 통계적 유의수준 5%에서 기각이 된다. 즉 trace 검정통계량 135.492는 5% 임계치 62.99보다 크므로 귀무가설을 기각한다. 그러나, 공적분 방정식의 개수가 적어도 2개라는 귀무가설은 기각을 할 수 없어 적어도 2개 이상의 공적분이 있는 것으로 나타났다. 즉, 상기의 단위근 검정과 공적분 검정에 따라, 본 연구의 자료의 변수는 단위근을 가진 불안정한 시계열이나 공적분 관계가 있는 것으로 판단되어 VECM 모형으로 분석을 실시한다.

〈표 5〉 Johansen 공적분 검증결과

귀무가설	특성근	Trace 검정통계량	5% 임계치
$r=0$ (None)	.	135.492	62.99
$r\leq 1$ (At most 1)	0.85682	55.8026	42.44
$r\leq 2$ (At most 2)	0.5463	23.3992*	25.32
$r\leq 3$ (At most 3)	0.31361	7.9705	12.25

4-3. 장단기 인과관계 분석

<표 6>에서는 우리나라 경제성장 및 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자 간의 장·단기 인과관계를 VECM 모형으로 분석한 결과를 나타낸다.

<표 6> VECM 추정 결과

독립변수	종속변수			
	식(1)	식(2)	식(3)	식(4)
	$\Delta \ln \text{rgdp}$	$\Delta \ln \text{publicex}$	$\Delta \ln \text{univex}$	$\Delta \ln \text{comex}$
ECT(-1)	-0.13771**	-0.3675**	0.052034	0.212285**
$\Delta \ln \text{rgdp}$ (-1)	-0.33949	-1.64123***	-1.07983	-0.54481
$\Delta \ln \text{rgdp}$ (-2)	-0.54886**	-0.26347	-1.50349*	-1.13386**
$\Delta \ln \text{rgdp}$ (-3)	-0.3158	0.283842	-0.43822	-1.61221***
$\Delta \ln \text{publicex}$ (-1)	0.060353	0.730025***	0.575486*	-0.03092
$\Delta \ln \text{publicex}$ (-2)	0.14452**	-0.24803	-0.54737**	0.170242
$\Delta \ln \text{publicex}$ (-3)	0.007951	-0.11756	0.553594**	0.307467**
$\Delta \ln \text{univex}$ (-1)	-0.01324	-0.35846**	-0.00148	0.061589
$\Delta \ln \text{univex}$ (-2)	-0.01423	-0.08819	0.161182	-0.25549***
$\Delta \ln \text{univex}$ (-3)	0.014118	0.192032**	-0.22866	-0.20748**
$\Delta \ln \text{comex}$ (-1)	-0.03065	0.811471***	-0.26774	0.123103
$\Delta \ln \text{comex}$ (-2)	-0.01035	-0.34288	0.347764	0.219913
$\Delta \ln \text{comex}$ (-3)	-0.03186	-0.01433	-0.09175	0.276945**
con	-0.0094	0.007448	-0.00588	0.008234

주: ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10%의 수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

먼저, 실질 GDP의 방정식(식(1))에서 오차수정항 계수 추정치가 -0.13771(p-value : 0.007)으로 통계적으로 유의미한 음의 값을 갖는 것으로 나타났다. 오차수정항 계수 추정치가 유의미한 음의 값을 가지면 변수 간 장기적인 균형관계가 있다고 해석 할 수 있다. 즉, 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자는 장기적으로 경제성장에 인과관계를 가지고 있다고 볼 수 있다. 더불어, 단기적 인과관계로 공공연구개발투자 변화의 2년전 값이 0.14452(p-value : 0.029)로 GDP 성장 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나, 공공연구개발투자의 1기와 3기의 값은 GDP에 단기적으로 인과하지 않는 것으로

나타났다. 대학 및 기업연구개발투자의 실질 GDP에 단기적 효과는 모든 계수가 통계적으로 유의하지 않아 단기적 인과관계가 없는 것으로 확인되었다.

이에, GDP에 단기적으로 인과관계가 있는 것은 공공연구개발투자인 것으로 나타났다. 이는 Mazzoleni et al(2007)에서 공공 연구기관이 산업의 지식 격차를 해소하고, 혁신과 국가경제발전에 크게 기여하고 있다고 연구한 것과 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 그러나, 오세홍 외(2012)에서는 정부 연구개발투자가 경제성장 사이에 인과성이 없는 것으로 도출되었는데, 본 연구에서는 정부가 아닌 공공 연구개발투자 즉 국공립 연구기관, 비영리기관의 투자금액으로 분석을 했기 때문에 다른 연구결과가 도출된 것으로 해석할 수 있다.

이러한 결과는 기업 연구개발투자와 대학 연구개발투자가 단기적으로는 경제성장에 영향을 미치지 못하지만 장기적으로는 경제성장에 인과관계를 갖는 것으로 해석할 수 있다. 이는 연구개발투자가 경제성장에 영향을 미치기 위해서는 단기가 아닌 장기간이 소요된다는 점을 확인한 조상섭과 강신원(2013)의 연구결과를 지지한다.

두 번째로, 공공연구개발투자에 대한 방정식(식(2))에서 오차수정항 계수 추정치가 -0.3675 (p-value : 0.002)으로 통계적으로 유의미한 음의 값을 갖는 것으로 나타나고 있어, 실질 GDP, 기업 및 대학 연구개발투자는 공공연구개발투자에 장기적으로 인과관계를 갖고 있음이 확인되었다. 단기적으로는 실질 GDP, 기업 연구개발투자, 대학연구개발투자의 1기 값이 각각 -1.64123 (p-value : 0.001), 0.811471 (p-value : 0.000), -0.35846 (p-value : 0.003)으로 통계적으로 유의미하여, 단기적 인과관계를 갖는 것으로 도출되었다.

단기적으로는 실질 GDP의 변화는 공공연구개발투자 변화에 음의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 이는 연구개발투자가 경제성장을 견인한다는 기존 연구의 배경에서(하정훈, 2009; 한용용, 2016) 반대로 1년 전의 GDP 증가는 공공 연구개발투자 증가에 음의 영향을 끼친다고 해석할 수 있다. 그리고 대학 연구개발투자 변화는 3년전에서 1년전으로 변하는 동안 양의 관계에서 음의 관계로 변하는 것으로 나타났다. 이렇게 서로 다른 부호가 섞여 있는 인과관계는 해석에 주의가 필요한데 공공연구개발투자와 대학연구개발투자는 단순히 선형적 인과관계가 아니며 정부연구개발투자를 공공연구개발투자와 대학연구개발투자가 재원을 나누어서 쓰고 있기 때문에, 상호 보완적으로 움직이는 경향이 있다라고 해석할 필요가 있다. 기업의 연구개발투자로는 1년전의 기업 연구개발투자 변화는 공공 연구개발투자 변화에 양의 효과를 가져오는 것으로 나타났다.

세 번째로 대학 연구개발투자에 대한 방정식(식(3))에서 오차수정항 계수 추정치가 통계적으로 유의하지 않아 실질 GDP, 공공 및 기업 연구개발투자는 대학 연구개발투자에 장기적으로 인과관계가 없는 것으로 도출되었다.

대학 연구개발투자에 단기적 인과관계가 있는 변수로는 공공 연구개발투자가 도출이 되었는데 <표 6>에서 보는 바와 같이, 3년 전 공공연구개발투자 변화는 대학연구개발투자 변화에 양의 영향을 끼치다가 2년전에는 음의 영향을 끼치고 1년전에는 양의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 이는 앞서 서술한 바와 같이 공공 연구개발투자와 대학 연구개발투자는 정부 연구개발투자의 재원하에 상호 밀접하게 영향을 주고 받기 때문이다.

마지막으로 기업연구개발투자에 대한 방정식(식(4))에서 오차수정항 계수 추정치가 0.2122(p-value : 0.030)으로 통계적으로 유의미하나 양의 값을 갖는 것으로 나타나고 있는데, 즉 오차수정항의 추정치가 양의 값을 가지면 변수간의 장기적 인과관계가 없기 때문에, 실질 GDP, 공공 연구개발투자, 대학 연구개발투자는 장기적으로 기업 연구개발투자에 인과관계가 없는 것으로 도출되었다. 그러나, 단기적으로는 실질 GDP의 2기와 3기의 값이 통계적으로 유의미한 음의값으로 나와서 실질 GDP의 변화는 기업연구개발투자 변화에 단기적으로 음의 영향을 끼치는 것으로 나왔다. 공공연구개발투자의 3기의 값은 기업 연구개발투자에 양의 영향을 끼치는 것으로 도출되어 단기적 인과관계를 갖는 것으로 나타났다. 대학 연구개발투자의 2기 및 3기의 값은 통계적으로 유의미한 음의 값을 보여 대학의 연구개발투자는 단기적으로 기업의 연구개발투자에 음의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 이는 대학의 연구개발투자가 기업의 연구개발투자를 촉진한다는 기존의 연구(홍성훈, 2009; Jaffe, 19989)의 연구와는 상반된 결과를 보이지만 동 결과를 해석함에 있어서 대학이 활발하게 연구개발투자를 할 때, 3년전과 2년전에는 기업이 연구개발투자를 감소하는 경향이 있다라는 정도로 해석을 주의할 필요가 있다.

다음으로 <표 7>에서는 앞서 살펴보았던 VECM 모형의 추정값을 기반으로 하여 그레인저 인과검정을 실시한 결과이다. 그레인저 인과관계(Granger Causality)는 주어진 두 변수 간의 예측오차를 통해 시간적 선 후 관계를 고려함으로써 특정한 변수의 과거 변동이 현재의 변동을 설명 및 예측 할 수 있는지를 판단할 수 있는 것이다(홍미영, 2014; 김대용 외, 2020). 그레인저 인과검정은 Block Wald 검정의 χ^2 검정통계량을 이용하며 동 통계량이 통계적으로 유의하면 독립변수가 종속변수에 그레인저 인과한다고 할 수 있다.

〈표 7〉 그레인저 인과검정 결과

귀무가설	lag1		lag2		lag3	
	f-검정	prob	f-검정	prob	f-검정	prob
lnpublicex \Rightarrow lngdp	0.54	0.4615	4.79**	0.0286	0.01	0.9065
lnunivex \Rightarrow lngdp	0.07	0.7906	0.15	0.6986	0.13	0.7198
lncomex \Rightarrow lngdp	0.10	0.7499	0.01	0.9100	0.32	0.5704
lngdp \Rightarrow lnpublicex	10.51**	0.0012	0.31	0.5758	0.31	0.5753
lnunivex \Rightarrow lnpublicex	9.14**	0.0025	1.02	0.3128	4.21**	0.0401
lncomex \Rightarrow lnpublicex	12.60**	0.0004	2.48	0.1153	0.01	0.9145
lngdp \Rightarrow lncomex	2.01	0.1563	10.07**	0.0015	17.59***	0.000
lnpublicex \Rightarrow lncomex	0.04	0.8344	2.04	0.1531	6.33**	0.0118
lnunivex \Rightarrow lncomex	0.47	0.4938	14.84***	0.0001	8.54**	0.0035
lngdp \Rightarrow lnunivex	1.63	0.2014	3.66*	0.0558	0.27	0.6042
lnpublicex \Rightarrow lnunivex	3.13**	0.0768	4.36**	0.0367	4.25**	0.0394
lncomex \Rightarrow lnunivex	0.49	0.4828	0.92	0.3386	0.17	0.6805

주: 1) ***, **, *는 각각 1%, 5%, 10%의 유의수준에서 귀무가설(단위근이 존재한다)이 기각됨을 의미한다.
 2) 귀무가설은 A는 B에 그레인저 인과하지 않는다 이며 표에서는 이를 A \Rightarrow B로 나타낸다.

경제성장, 공공연구개발투자, 기업연구개발투자, 대학연구개발투자 간 단기간 인과관계는 복잡하고 상호 영향을 주고 받는 것으로 나타났다.

먼저 공공연구개발투자 그레인저 인과검정 결과를 살펴보면, 공공연구개발투자 증가는 단기적으로 경제성장의 증가에 그레인저 인과관계가 있는 것으로 분석되었으며, 공공 연구개발투자는 GDP, 대학연구개발투자, 기업 연구개발투자와 각각 양방향의 인과관계가 있는 것으로 도출되었다. 이는 공공 연구개발투자의 핵심 주체로서 정부출연연구기관(이하 출연(연))이 과학기술의 연구개발을 통해 기술이전 및 지원을 통해 기업체의 경영 성과를 달성하고, 전문 연구인력을 배출하고 정부 정책 수립 및 지원을 통한 산업 경쟁력 강화 등 다양한 경제적 파급효과를 창출하는 역할을 하기 때문이라고 해석할 수 있다(곽기호 외, 2017).

V. 결론

본 연구는 벡터오차수정모형(VECM)을 이용하여 우리나라 경제성장과 연구수행 주체별 공공, 기업, 대학의 연구개발투자의 장·단기 인과관계를 실증 분석하였다. 분석결과, 우리나라 경제성장과 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자 간에는 장기적으로 인과관계가 존재하는 장기균형관계가 있다는 것을 도출하였다. 더불어, 공공 연구개발투자가 경제성장에 단기적으로 영향을 미치는 데에 비해 기업 및 대학 연구개발 투자는 경제성장에 단기적으로 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한, 경제성장 및 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자와 공공 연구개발투자, 대학 연구개발투자와 공공 연구개발투자 간에 단기적으로 양방향의 인과관계가 있는 것으로 도출되었다. 마지막으로 단기적으로 GDP는 대학 연구개발투자에 인과관계가 있으며, GDP와 대학 연구개발투자는 기업 연구개발투자에 그레인저 인과관계가 있는 것으로 도출되었다. 향후 연구개발투자가 경제성장에 미치는 파급효과를 높이기 위해서는 대학과 기업의 연구개발투자가 상호 촉진되고, 기업의 연구개발투자가 공공 연구개발투자에 긍정적 영향을 미쳐 공공 연구개발 투자가 향후 경제성장에 기여할 수 있도록 하는 정책개발이 필요할 것이다.

본 연구의 분석결과는 연구개발투자와 이를 통한 경제성장을 위해 다음의 정책적 시사점을 제공한다. 먼저 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발 투자는 경제 성장에 장기적으로 균형관계가 있는 것으로 도출되어, 각 수행주체별 연구개발투자에 대한 지속적인 정책적 관심이 필요하다. 정부의 연구개발투자 재원은 공공기관 및 대학에서 연구를 수행하는데 주로 활용하고, 공공의 연구개발투자는 기업의 연구개발투자를 유발 및 촉진시킬 수 있다. 더불어, 출연(연)의 기초 및 원천분야에 지속적인 연구개발과 축적된 노하우와 자원은 기업의 기술혁신에 반영될 수 있다(이상민 외, 2017). 이러한 관계 속에서 공공, 기업 및 대학의 연구개발투자에 보다 긴밀하고 상호작용을 높일 수 있는 정책적 관심이 필요하다.

둘째, 공공 연구개발투자는 단기적으로 경제성장에 긍정적 영향을 미치며, 대학의 연구개발투자와 기업의 연구개발투자에도 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 공공, 대학, 기업이라는 연구수행 주체별로 보았을 때, 공공이 가장 높은 인과관계의 중심에 있는 것으로 볼 수 있다. 공공 연구기관의 역할 및 그간의 성과에 대해서 많은 연구가 이뤄져 왔으며(이민영 외, 2012; 민철구, 2013; 성지은, 2012), 공공 연구기관이 과학기술 발전 및 경제성장을 선도한다는 점에서 결과를 같이 한다. Cohen et al(2002)에서 강조한

바와 같이 공공 연구기관의 R&D성과는 산업계에 새로운 아이디어를 제안하고 기술 혁신에 더 크게 기여를 할 수 있을 것이다.

본 연구는 공공/기업/대학의 시차별변수를 고려한 모형을 주체별 변수의 단기 인과관계 및 장기 인과관계를 분석하였다. 이를 위해서 1976년부터 2020년까지의 연구 수행주체별 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학교 연구개발투자 금액을 수집하여 벡터오차 수정모형으로 분석하였다. 본 연구는 기존의 연구개발투자가 경제성장에 미치는 영향을 분석하는 연구에서 정부 및 민간으로 주로 나누어서 연구한 데에 비해, 본 연구는 공공, 기업, 대학으로 구분하여 분석하였다는 데 의의가 있다. 특히, 공공의 연구개발투자가 대학 및 기업의 연구개발투자와 어떠한 관계가 있는지 규명하였다는 점에서 그 연구의 의의가 크다고 하겠다. 국가혁신시스템의 관점에서 공공, 기업, 대학의 연구 및 협력은 매우 중요하며 각 부문이 상호 어떻게 관계를 맺고 있는지 보다 심도있게 살펴보고 향후 그에 맞춰 정책설계를 하는 것이 중요하다.

마지막으로 본 연구가 가지고 있는 한계점과 향후 후속 연구의 방향성을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발 투자는 상호 긴밀한 관계가 있으며 특히 공공 연구개발투자가 높은 인과관계 중심에 있다는 것을 도출하였다. 그러나, 공공연구개발투자와 대학연구개발투자의 경우 정부의 연구개발투자 규모라는 공통적인 요인에 의해 상당히 유사하게 움직이는 경향을 가지고 있으며, 다수의 시계열 변수들이 동시에 포함된 본 분석모형의 특징을 고려할 때 계수값의 크기나 유의도에 대한 신뢰성을 일괄적으로 담보하기는 어렵다. 따라서, 향후의 연구에서는 우리나라 시계열 변수로만 하는 것 보다는 지역별 또는 나라별 패널 데이터를 구축하여 분석을 한다면 보다 신뢰도 높은 결과를 도출 할것으로 기대한다. 이러한 후속 연구를 통해서 공공 연구개발투자에 대한 보다 심층적인 연구가 지속되기를 기대한다.

둘째, 본 연구에서는 경제성장에 인과관계가 있는 주요 변수로 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발투자로 선정하여 분석하였는데 이 변수 외에도 기존의 연구에서 언급한 연구개발인력, 연구개발인력비율, 총연구개발투자비율, 자원별 연구개발투자, 연구단계별 연구개발투자 등을 향후에 추가 분석을 하면 본 연구의 결과에서 논의를 확장할 수 있을 것이다. 나아가, 본 연구에서 주요 변수로 살펴본 공공, 기업, 대학의 연구개발 투자는 경제성장에 미치는 영향 외에도 기술무역투자, 총요소생산성 등에도 중요하게 영향을 미칠 것으로 기대하기 때문에 이와 같은 변수도 고려할 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서는 공공 연구개발투자, 기업 연구개발투자, 대학 연구개발 투자의 장

단기 인과관계를 살펴보며 각 수행주체별이 어떠한 동태적 관계를 가지고 있는지 파악했다는 점에서 향후 연구의 단초로서 기여를 했다고 할 수 있다. 후속연구에서 보다 심층적으로 각 수행주체 별의 인과관계 및 긍정적 부정적 효과까지 분석을 하고 경제성장의 파급효과까지 분석을 할 수 있기를 기대한다. 공공 연구기관, 기업, 대학은 국가혁신시스템의 중요한 주체이며 경제성장에 주요한 영향을 미치기 때문에 지속적인 정책적 관심과 노력이 필요할 것이며, 이와 관련된 후속 연구가 지속되기를 기대한다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 곽기호 · 박주형 · 오승훈 · 이운규 (2017). “과학기술계 정부출연연구기관 연구개발 성과의 경제적 파급효과 추정에 관한 연구”. 『한국기술혁신학회 학술대회』, pp. 409-422.
- 김대용 · 류성현 (2020). “패널 오차수정모형(ECM)을 이용한 특허와 연구개발이 생산성에 미치는 영향에 관한 연구”. 『과학기술정책』, 제3권 제1호, pp. 57-85.
- 민철구 · 박성욱 (2013). “정부출연연구기관 연구성과에 영향을 미치는 요인 분석”. 『기술혁신연구』, 제21권 제3호 pp. 121-140.
- 박진석 (2020). “우리나라 경제성장과 기술진보의 관계에 관한 연구”, 『기업과 혁신연구』, 제43권 제3호, pp. 55-67.
- 박철민 · 구분철 (2016). “R&D 투자와 기술무역 간의 인과관계 분석”, 『기술혁신연구』, 제24권 제2호, pp. 91-113.
- 송성수 (2002). “한국 과학기술정책의 특성에 관한 시론적 고찰”, 『과학기술학연구』, 제2권 제1호, pp. 63-83.
- 설명환 · 최종인 (2018). “트리플 힐릭스와 대학 창업보육의 발전방안”. 『벤처창업연구』, 제13권 제3호, pp. 99-112.
- 성지은 (2012). “탈주격 혁신을 위한 출연(연)의 구조적 한계와 과제: ETRI를 중심으로”. 『기술혁신 연구』, 제20권 제2호, pp. 1-28.
- 신태영 (2004). “연구개발투자의 경제성장에 대한 기여도”, 『정책자료』, pp. 1-27.
- 오세홍 · 임수진 · 손소영 (2002). “국내 연구개발투자자 경제성장간의 인과관계”, 『기술혁신연구』, 제10권 제1호, pp. 65-82.
- 유병규 (2004). “R&D 투자와 경제 성과”, 『과학기술정책』, 제146호, pp. 1-20.
- 유승훈 (2003). “정부 R&D 투자와 기업 R&D 투자의 인과관계 분석”, 『기술혁신연구』, 제11권 제2호, pp. 175-193.
- 이계우 · 박지훈 (2007). “한국의 공적개발원조 20년의 평가”, 『Journal of Economic Policy』, 제 29권 제2호, pp. 1-34.
- 이근 (2013). “한국의 국가혁신체제: 추격형에서 선진국형으로의 전환을 위한 정책 시사”, 『경제논집』, 제52권 제2호, pp. 183-186.
- 이명환(2013). “주거용 지가와 아파트가격 간의 인과관계에 관한 연구”, 『서울도시연구』, 제14권 제2호, pp. 51-65.

- 이민형 · 안두현 · 정미애 · 이혜진 · 고영주 · 변영지. (2012). “연구성과 제고를 위한 정부출연연구 기관 역할 및 운영체계 효율화 방안”. 『정책연구』, pp. 1-221.
- 이병현 · 송민근 · 김남수 · 임재성 · 한재희 · 김선영 · 송위진 (2017). “한국 기술혁신연구의 현황과 과제”, 『정책연구』, pp. 1-364.
- 이상민 · 조근태 (2017). “기술이전 이후 연구자의 사업화 지원이 사업화 성공에 미치는 영향: ETRI의 사례”. 『기술혁신연구』, 제25권 제2호, pp. 35-57.
- 임의주 · 김창완 · 조근태 (2013). “대학 산학협력단의 기술사업화 인적구성과 산학협력 성과”, 『기술혁신연구』, 제21권 제2호, pp. 115-136.
- 정수관. (2018). “구조변화를 고려한 국제원유시장의 통합 연구”. 『에너지경제연구』, 제17권 제1호, pp. 153-177.
- 조상섭 · 강신원 (2013). “연구개발의 인과관계에 대한 실증분석: 시계열영역접근과 주기영역접근 비교”, 『국제지역연구』, 제17권 제3호, pp. 99-117.
- 하정훈 · 이동욱 (2009). “우리나라 연구개발투자와 경제성장의 관계분석”, 『KISTEP R&D FOCUS』, 제13권, pp. 1-34.
- 하준경 (2005). “연구개발의 경제성장 효과 분석”, 『경제분석』, 제11권 제2호, pp. 73-107.
- 한웅용 · 전용일 (2016). “공적분 관계를 고려한 연구개발과 경제성장의 상호관계 연구”, 『국제지역 연구』, 제20권 제1호, pp. 147-165.
- 홍미영 (2014). “외국인 투자자본의 국내 서비스산업에 대한 영향 그랜저 인과관계검정을 중심으로”, 『관광학연구』, 제38권 제5호, pp. 101-120.
- 홍성주 · 전찬미 · 김종립 (2013). “한국 경제발전 초기 과학기술 도입과 내재화 방안”, 『Knowledge Sharing Program: 경제발전경험 모듈화 사업』.
- 홍성훈 (2009). “지역 연구개발투자가 지식 창출 및 확산에 미치는 효과에 관한 연구”, 『한국지역 경제연구』, 제14권, pp. 3-16.

(2) 국외문헌

- Chung, S. (2002), “Catching up through international linkages: science, technology and the Korean experience”, *Science and Public Policy*, Vol. 29, No. 6, pp. 431-437.
- Cohen, W. M., Nelson, R. R., and Walsh, J. P. (2002), “Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D”, *Management science*, Vol. 48, No. 1, pp. 1-23.
- Engle, Robert F., and Clive WJ Granger (1987), “Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing”, *Econometrica: journal of the Econometric Society*, pp. 251-276.

- Granger, C. W. (1969). "Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods", *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, pp. 424-438.
- Jaffe, Adam B (1989), "Real effects of academic research", *The American economic review*, pp. 957-970.
- Johansen, Søren (1988), "Statistical analysis of cointegration vectors", *Journal of economic dynamics and control*, Vol. 12, No. 2-3, pp. 231-254.
- Jones, Charles I (1995), "R & D-based models of economic growth", *Journal of political Economy*, Vol. 103, No. 4, pp. 759-784.
- Kim, Jin Woong (2011), "The economic growth effect of R&D activity in Korea." *Korea and the World Economy*, Vol. 12, No. 1, pp. 25-44.
- Mazzoleni, R. and Nelson, R. R (2007), "Public Research Institutions and Economic Catch-up", *Research Policy*, Vol. 37, No. 10, pp. 1512-1528.
- OECD (2022), "Main science and technology indicators", *OECD Science, Technology and R&D Statistics*.
- Phillips, Peter CB, and Pierre Perron (1988), "Testing for a unit root in time series regression", *Biometrika*, Vol. 75, No. 2, pp. 335-346.
- Romer, Paul M (1990), "Endogenous technological change", *Journal of political Economy*, Vol. 98 No. 5, Part 2, pp. 71-102.
- Shin, Taeyoung, Sungjoo Hong, and Juyoun Kang (2012), "Korea's strategy for development of STI capacity A historical perspective", *Policy Reference*, Vol. 12, No. 1, pp. 7-44.
- Stock, James H., and Mark W. Watson (1989). "Interpreting the evidence on money-income causality", *Journal of Econometrics*, Vol. 40, No. 1, pp. 161-181.

□ 투고일: 2022.12.15. / 수정일: 2023.02.27. / 게재확정일: 2023.04.11.