

## R&D 투자와 기술무역 간의 인과관계 분석\*

박철민\*\* · 구본철\*\*\*

### <목 차>

- I. 서론
- II. 선행연구 및 분석모형
- III. 분석방법 및 자료
- IV. 실증분석 결과
- V. 결론 및 시사점

**국문초록** : 본 연구는 R&D 투자와 기술무역 변수들 간에 어떠한 인과관계가 있는지를 검토하고, 그 결과에 대한 정책적 함의를 제시함으로써 연구개발 활동의 촉진과 기술무역 활성화 방안을 모색하는데 그 목적이 있다. 이에 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입, 그리고 기술수출로 구성된 다변량 모형을 설정하고, 오차수정모형을 토대로 Granger-인과성 검정을 실시하였다. 분석결과 단기적으로는 총 5개의 인과관계가 성립하는 것으로 나타났고, 장기적으로는 정부 R&D 투자에서 기술수출로의 인과관계를 제외한 11개의 관계에서 인과성이 존재하는 것으로 확인되었다. 아울러 충격반응분석을 통해 시간의 흐름에 따라 각 변수들이 특정변수의 충격에 어떻게 반응하는지도 살펴보았다. 본 연구는 R&D 투자와 기술무역 간의 인과관계를 실증적으로 분석함으로써 그 관계를 명확히 하고, 도출된 결과들을 토대로 연구개발 활동 및 기술무역진흥을 위한 시사점을 제시하고 있다는 점에서 그 의미가 있다.

주제어 : R&D 투자, 기술무역, 오차수정모형, Granger-인과성 검정, 충격반응분석

\* 본 논문은 2016년 경제학 공동학술대회에서 발표한 초고를 추가 보완하여 작성하였음.

\*\* UST 과학기술경영정책학과 석사과정, 제1저자 (big2932@naver.com)

\*\*\* 기초과학연구원(IBS) 책임연구원 / UST 과학기술경영정책학과 교수, 교신저자 (bcku@ibs.re.kr)

---

---

## A Causality Analysis between R&D Investment and Technology Trade

Cheolmin Pak · Bonchul Ku

---

---

**Abstract :** The purpose of this study is to examine the causal relationship among R&D spending and variables of technology trade, and to explore promoting R&D activities and revitalizing technology trade.

To analyze the causal relationship, we built a multivariate model that consists of government R&D spending, private R&D spending, technical importation and export of techniques, and employed the Granger-causality test based on an error correction model. The results show that there are five Granger-causality relationship among them in the short run, as well as there are eleven Granger-causality relationship among a total of twelve causal relationship, excluding only a unidirectional causality relationship from the government R&D spending to the export of techniques, in the long run. Besides, we attempted the impulse-response analysis on them to observe the reaction of any dynamic system in response to some external change.

The significance of this paper is to make sure the causal relationship between R&D investments and the technology trade by analyzing empirically, and to suggest several implications for promoting the R&D activities and revitalizing the technology trade.

Key Words : R&D investment, Technology trade, Error correction model,  
Granger-causality test, Impulse-response analysis

# I. 서론

최근 지식기반 경제로의 패러다임 전환이 가속화됨에 따라 전 세계적으로 연구개발(이하 R&D) 및 기술무역 규모가 보다 확대되고 그 역할 또한 중요해지고 있다(문병기 외, 2013). 이러한 기조에 힘입어 국가 R&D 투자규모는 그동안 지속적으로 증대되어 왔으며, 그 결과 2013년 기준 투자규모는 세계 6위, GDP 대비 R&D 투자는 1위를 차지하는 등 연구개발 투입만큼은 세계 최고수준에 이르고 있는 것으로 확인된다(KISTEP, 2014).

그러나 지속적으로 증대되어 온 R&D 투자와는 달리 국내 기술무역수지는 만성적인 적자상태에 머물러 있으며, 한 국가의 기술경쟁력 수준을 대표하는 기술무역수지비(기술수출액/기술도입액) 또한 OECD 국가들 중 최하위를 기록하고 있는 것으로 나타났다(한국무역학회, 2012; 정운세, 2013). 즉, R&D 투자와 기술무역은 상호 관련성이 높은 원인변수이자 결과변수임에도 불구하고, 그 실태는 대조적인 양상을 보이고 있는 것이다. 그에 따라 양자 간에 미치는 영향 및 그 성과에 대한 실증분석의 필요성이 크게 제기되고 있는 상황이지만(백은영 외, 2010), 이에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 R&D 투자와 기술무역 변수들 간에 어떠한 인과관계가 있는지 그 인과구조를 실증적으로 밝혀냄으로써 연구개발 활동의 촉진 및 기술무역 활성화 방안을 모색하고자 한다. 아울러 이러한 원인 진단은 그동안 불명확했던 R&D 투자와 기술무역 변수들 간의 인과관계를 규명하고, 향후 관련 연구에 있어서도 정교한 모형설정을 가능케 하는데 기여할 것으로 기대된다.

특히, R&D 투자와 기술무역 변수들 사이의 인과관계를 규명하는 것은 정책적으로도 중요한 함의를 가진다. 예를 들어, R&D 투자가 기술무역에 양(+의 인과관계)에 있는 경우 R&D 투자 증대를 통한 기술무역 활성화 정책이 고려되어야 할 것이고, R&D 투자가 기술무역에 음(-)의 효과를 유발하거나 어느 방향으로도 인과관계가 존재하지 않는다면 기술무역 활성화 정책은 R&D의 양적투입이 아닌 기술무역 관련 시스템이나 제도적 측면에서의 개선이 강구되어야 할 것이다. 그리고 역으로, 기술무역이 R&D 투자에 양(+의 효과를 불러일으킨다면, 기술무역 증진을 통한 R&D 투자의 확대방안을 꾀할 수 있음은 물론이다. 따라서 이러한 인과관계 분석결과는 정책적으로 어디에 주안점을 두어야 하는지 그 방향을 결정하는데 시사 하는바가 크다고 할 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본 연구와 관련된 선행연구에 대한 검

토와 분석모델을 설명하며, 3장에서는 R&D 투자와 기술무역 사이의 인과관계를 분석하기 위해 이용될 방법론과 자료들을 소개한다. 그리고 4장에서는 실증분석을 통해 도출된 결과를 제시하고, 마지막장에서는 도출된 결과를 토대로 결론과 시사점, 그리고 본 연구의 한계점에 대해 논의하고자 한다.

## II. 선행연구 및 분석모형

### 1. 선행연구 검토

우선, 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 간의 인과관계를 다룬 연구, 즉 상호 구축관계(crowding-out effect)인지 보완관계(complementary effect)인지를 밝혀내기 위한 분석은 국내외를 막론하고 상당수 수행되었다. 그러나 양자 간의 관계에 대해서는 다소 상이한 결과들이 병립하고 있는 것으로 확인된다. 대표적으로 국내 선행연구들을 살펴보면 다음과 같다.<sup>1)</sup>

송종국 외(2003)는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자를 크게 3개의 산업으로 분류한 횡단면자료와 1983년부터 2000년 사이의 시계열자료를 결합한 패널데이터를 활용하여 Granger-인과성 검정을 수행하였다. 그 결과, 정부 R&D 투자는 민간 R&D 투자를 구축하는데 반해, 민간 R&D 투자는 정부 R&D 투자에 보완하는 효과를 보이는 것으로 나타났다.

유승훈(2003)은 1970년부터 2002년까지의 자료를 활용하여 오차수정모형을 토대로 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 간의 Granger-인과관계를 분석하였다. 이에 양자 간에는 양방향의 인과성이 존재함을 발견하였으며, 탄력성 계측결과, 둘은 단기적으론 대체관계, 장기적으론 보완관계에 있음을 확인하였다.

김선근 외(2004)는 한국, 미국, 일본 세 국가를 대상으로 2변수 및 3변수 모형을 설정하여, 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 간의 Granger-인과관계를 분석하였다. 그 결과 상호 인과성이 존재하지 않는 것으로 나타났다.

이진우 외(2008)는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자뿐만 아니라 국방 R&D 투자와

---

1) 해외연구의 경우 David et al.(2000), Czarnitzki and Fier(2002), Lach(2002), Almus and Czarnitzki(2003), Duguet(2004), Kaiser(2006), Gonzalez and Pazo(2008) 등이 있다.

국민소득 변수들도 함께 고려한 모형을 구축하고서 1972년부터 2005년까지의 자료를 활용하여 Granger-인과관계를 분석하였다. 그 결과 양자 간 양방향 인과성을 발견하였다.

조상섭 외(2013)는 1976년부터 2010년까지의 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 데이터를 가지고, 기존의 인과분석 방법론과 달리 주기적 영역의 분석방법을 적용하여 살펴 보았다. 그 결과, 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자는 장기에서부터 단기에 이르는 모든 기간 동안에 인과성이 존재하지 않는 것으로 나타났다.

최종일 외(2013)는 정부 R&D 투자가 민간 R&D 투자에 미치는 효과를 과학기술정책 기조에 따라 시기별로 구분하여 동태적 패널모형을 통해 분석하였다. 그 결과 2003~2007년 참여정부시기의 정부 R&D 투자가 민간 R&D 투자를 부양하는 효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

다음으로 R&D 투자와 기술도입 또는 기술수출을 대상으로 다룬 연구들을 살펴보면, 먼저 장진규 외(1994)는 한국 산업기술진흥협회의 1990년도 기술도입 실태에 관한 자료를 토대로 토빗모형(Tobit method)을 적용하여 연구개발과 기술도입의 상호관계를 분석 하였으며, 양자 간에는 상호보완적인 관계에 있다고 결론지은 바 있다.

마찬가지로 송종국 외(2003)에서도 기술도입과 R&D 투자 간에는 대체관계인지 보완 관계인지를 고정효과모형을 토대로 실증 분석하였다. 이를 위해 R&D 투자와 기술도입에 대한 13개 산업의 횡단면자료와 1983년부터 2000년 사이의 시계열자료를 결합한 패널데이터를 활용하되, 1983~1992년의 기간과 1993~2000년의 기간을 구분하여 분석하였다. 그 결과 1983년부터 1992년 사이에는 기술도입의 증대가 R&D 투자를 촉진하였고, R&D 투자의 증대는 기술도입을 감소시키는 것으로 밝혀졌다. 이와는 대조적으로 1993년부터 2000년 사이에는 R&D 투자가 기술도입을 유발하고, 기술도입에서 R&D 투자로의 관계는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

백은영 외(2010)에서는 OECD 국가들의 GDP 대비 R&D 지출 및 부가가치 노동생산성이 우리나라의 기술도입과 기술수출에 미치는 영향을 각각 분석하였다. 분석방법은 패널선형회귀분석의 고정효과모형을 활용하였으며, 그 결과 OECD 국가들의 R&D 지출은 우리나라의 기술수출에는 통계적으로 유의하지 못한 반면, 기술도입에는 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Can(1987)은 캐나다의 R&D 투자와 하이테크 기술무역을 대상으로 단순회귀분석을 수행하였으며, 그 결과 R&D 투자는 하이테크 기술수출에 매우 유의한 영향을 미침을 확인 하였다. 마지막으로 Braga et al.(1991)은 브라질 산업을 대상으로 로짓분석(logit analysis)을 통해 기술도입이 자체 연구개발 활동과 보완적 관계에 있음을 확인한 바 있다.

이와 같이 R&D 투자와 기술무역을 함께 다룬 선행연구는 많지 않은 편이며, 특히 그 대부분이 그들 간의 상관관계에 대한 연구들로 국한되어 있다. 그러나 Blomstrom et al.(1996)과 Madden and Savage(1998)의 지적처럼, 변수들 사이에 강한 양의 상관관계가 존재한다고 해서 이것이 반드시 인과관계의 성립을 의미하는 것은 아닐 뿐 더러, 인과관계가 성립하더라도 어떤 변수가 다른 변수보다 선행하여 발생하는지 즉, 인과성방향을 구분 지을 필요가 있다(오세홍 외, 2002).

## 2. 분석모형

전술한 바와 같이, R&D 투자와 기술무역 변수들 간의 상호관계, 특히 인과관계를 계량경제학적 관점에서 분석한 연구는 다소 미흡한 것으로 확인된다. 따라서 본 연구에서는 R&D 투자와 기술무역 간의 인과관계 및 그 효과를 분석하고자 하며, 이를 위해 세부적으로 R&D 투자는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자, 기술무역은 기술도입, 기술수출과 같이 네 가지 변수로 구분한 뒤, 이들 간 총 12가지 인과관계 방향과 상호 간에 미치는 효과를 살펴보고자 한다.

먼저, 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계를 살펴보는 이유는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자는 상호 구축효과를 초래하는지 아니면 보완효과가 발생하는지를 검증하는데 그 목적이 있다. 마찬가지로 정부 및 민간 R&D 투자와 기술도입의 경우도 그 인과관계를 살펴봄으로써 R&D 투자와 기술도입 간에 대체효과를 초래하는지 아니면 보완효과가 발생하는지를 검증하고자 한다. 그리고 정부 및 민간 R&D 투자와 기술수출 간의 인과관계 분석은 R&D 투자가 과연 기술수출을 진작시키는지 그 실효성을 확인하기 위함이다. 더불어 기술도입과 기술수출 사이의 인과관계도 분석함으로써 두 변수 사이의 인과관계를 명확히 밝혀냄과 동시에 그로부터 시사점을 이끌어내고자 한다.

한편, 본 연구에서는 단순 이변량 모형이 아닌 네 변수 모두를 포함한 모형을 설정하여 이를 토대로 상호간 인과관계를 분석한다는 점에서 차별성을 갖는다. 이와 같은 다변수 모형으로의 확장은 상호간섭이 클 것으로 보이는 변수들을 함께 고려함으로써 단순 2변수 모형을 통한 분석에 비해 현실에 부합할 뿐만 아니라 보다 강건한(robust) 결과를 제시할 것으로 기대되기 때문이다.

### Ⅲ. 분석방법 및 자료

#### 1. Granger-인과성 검정과 단위근 검정

본 연구에서는 R&D 투자와 기술무역 네 변수들 사이의 인과관계를 살펴보기 위해 Granger-인과성(Granger-causality)검정을 수행한다(Granger, 1969). 이 기법은 두 개의 시계열 변수  $X$ ,  $Y$ 가 있다고 가정할 때,  $Y$ 의 과거 값에  $X$ 의 과거 값을 함께 사용함으로써  $Y$ 의 현재 값에 대한 예측오차가 감소한다면  $X$ 가  $Y$ 를 ‘Granger-인과’한다고 말하며, 특히 이 검정은 소표본을 활용한 실증분석의 경우 인과성을 검정하는 다양한 기법들 중에서 가장 바람직한 결과를 가져오는 것으로 밝혀진 바 있다(Guilkey and Salemi, 1982; Geweke et al., 1983)<sup>2)</sup>.

Granger-인과성 검정을 적용하기 위해서는 분석대상의 시계열 변수가 안정적(stationary)이어야 한다. 인과성 검정에 있어서 불안정한 시계열 자료를 변수 그대로 이용할 경우 가성적인(spurious) 인과관계가 나타날 수 있기 때문이다(Granger and Newbold, 1974; Stock and Watson, 1989). 따라서 인과성 검정에 앞서 Engle and Granger(1987)의 연구절차에 따라 시계열 변수들의 안정성, 즉 각 변수의 단위근(unit root)<sup>3)</sup> 여부부터 확인해야 한다.

단위근을 검정하는 방법은 크게 DF-검정(Dickey-Fuller test), ADF-검정(Augmented Dickey-Fuller test), PP-검정(Phillips-Perron test)을 들 수 있다. DF-검정은 처음으로 개발된 단위근 검정기법이지만, 그 사용상 자기상관(autocorrelation) 및 이분산(heteroskedasticity)이 존재하지 않음을 전제로 한다는 제약점으로 인해 최근에는 잘 이용되지 않는 검정이다. 이를 보완한 것이 ADF-검정과 PP-검정이다.

ADF-검정은 시차차분변수(lagged differenced variable)를 회귀식에 포함시켜 자료의 불일치성(inconsistency)의 문제를 점진적으로 해소시키는 반면, PP-검정은 계열상관을 고려하기 위해 수정항을 통상의  $t$  또는  $F$ 통계량에 추가함으로써 일치성을 확보하였다는 데 그 차이점이 있다. 이에 본 연구에서는 ADF-검정과 PP-검정 결과를 함께 참고하여

---

2) 단, 인과관계분석은 시계열적 특성에 초점을 맞춘 분석으로 단지 특정변수의 과거치가 다른 변수의 현재치를 예측하는데 도움을 주는지 그 여부를 통계적으로 살펴보는데 목적이 있다. 따라서 철학적인 인과관계와는 개념상 거리가 있다는 점에 주의해야 한다(박주환 외, 2001).

3) ‘단위근’이란 불안정한 시계열을 자기회귀모형(autoregressive model:  $Y_t = \alpha + \beta Y_{t-1} + \varepsilon_t$ )으로 표현했을 때 그 특성근( $\beta$ )이 1인 경우를 일컫는다.

단위근 여부를 판단하도록 한다.

아울러 시차의 임의적 선정에 따라 단위근 존재 여부에 대한 결론이 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 적정차수를 결정하기 위한 모형 선정 기준으로 통상 실증연구에서 보편적으로 이용되고 있는 SC(Schwarz Information Criterion) 정보기준을 ADF-검정에 적용하며, PP-검정에서는 Newey-West Bandwidth를 통해 적정시차를 결정한다.

## 2. 공적분 검정

단위근 검정 결과, 두 시계열 변수  $X$ 와  $Y$ 가 각각 불안정하다고 판명된 경우 일반적으로  $X$ 와  $Y$ 의 선형결합(linear combination)은 확률보행(random walk)일 가능성이 크다(Engle and Granger, 1987). 하지만 두 변수가 특정 조합인  $Z = X - bY$ 의 형태로 나타낼 수 있다면 두 변수는 선형결합을 통해 안정적인 성격을 가지게 되고, 그러한 성질이 성립된 때  $X$ 와  $Y$ 는 공적분<sup>4)</sup>되어 있다고 표현한다.

공적분의 검정법에는 크게 Engle and Granger(1987)의 방법과 Johansen and Juselius(1990)의 방법이 있다. 전자는 공적분 관계에 있다고 생각되는 변수들을 회귀시켜서 공적분 벡터를 구한 후 그 회귀식으로부터 유도된 잔차항의 단위근을 검정하여 공적분 유무를 판단하는 방법이고, 후자는 벡터자기회귀분석(VAR) 모형에 제한정보 최우 추정법(maximum likelihood estimation)을 적용한 다음 추정계수 행렬의 공적분 위수(rank)를 측정함으로써 공적분 존재 유무를 검정하는 방법이다.

Gonzalo(1994)의 연구에 의하면, 공적분 검정방법들 중 Johansen and Juselius(1990)이 제시한 방법이 여러 가지 면에서 가장 우월함을 보이고 있으며, 전자에 비해 보다 보편적으로 활용되고 있다. 이에 본 연구에서는 Johansen and Juselius(1990)이 제시한 방법을 적용하여 공적분 존재 유무를 검정한다. 아울러 최적 시차수는 SC 정보기준을 최소로 만들어 주는 수준에서 시차를 결정한다.

## 3. 오차수정모형과 인과성 검정

만약  $X$ 와  $Y$ 가 각각 불안정적인 시계열이면서 이 두 시계열의 선형결합도 불안정적이라면 차분된 변수와 VAR(Vector Auto Regressive)모형에 기초한 Granger-인과성 검

---

4) 장기적으로 두 개 혹은 그 이상의 경제시계열 간에 체계적인 움직임(systematic co-movement)을 보이는 경우, 이를 일컬어 공적분(cointegration)이 존재한다고 말한다.



정을 적용하지만(Toda and Phillips, 1993), 공적분이 존재한다면 오차수정모형(ECM: Error Correction Model)에 근거한 포괄적인 인과성 검정을 해야 한다(Engle and Granger, 1987).

이는 두 변수 사이에 공적분 관계가 존재함에도 불구하고 통상적인 인과성 검정기법을 적용할 경우, 검정의 유효성을 저하시킬 뿐만 아니라 인과관계가 존재함에도 불구하고 인과관계를 포착하지 못하는 모형설정오류가 발생할 수 있기 때문이다(Rotemberg and Woodford, 1992). 아울러 VAR모형에 기초한 Granger-인과성 검정은 두 변수 사이의 단기적인 관계에서의 인과성 유무만을 검정하므로 장기적인 관계를 살펴볼 수 없다는 단점이 있지만, 오차수정모형을 이용하면 독립변수의 차분항이 종속변수에 미치는 영향뿐만 아니라 오차수정항의 변화가 종속변수에 미치는 영향도 알 수 있기 때문에 장·단기 인과관계 모두를 파악할 수 있다는 장점이 있다<sup>5)</sup>.

오차수정모형을 통한 대표적인 Granger-인과성 검정의 형태는 다음과 같다.

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^{p_{11}} \beta_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{p_{12}} \beta_{12j} \Delta X_{t-j} + \gamma_1 \hat{\varepsilon}_{t-1} + u_{1t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta X_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^{p_{21}} \beta_{21i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{p_{22}} \beta_{22j} \Delta Y_{t-j} + \gamma_2 \hat{\varepsilon}_{t-1} + u_{2t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $\Delta$ 는 차분 연산자,  $p$ 는 시차 수,  $\alpha, \beta, \gamma$ 는 추정모수,  $u_1$ 은 교란항, 그리고  $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ 은 아래 (3)과 같이 구성되는 공적분 회귀식에서의 잔차의 시차값(lagged value)이다.

$$Y_t = \eta_0 + \eta_1 X_t + \varepsilon_t \quad \dots\dots\dots (3)$$

식 (1)은  $X$ 가  $Y$ 에 인과 하는지 여부에 대해 검정할 때 사용되며,  $Y$ 가  $X$ 에 인과 하는지 그 여부를 검정할 때는 식 (2)가 사용된다. 예를 들어, 식 (1)의  $\Delta X_{t-j}$  추정계수들이 통계적으로 모두 유의하면( $\beta_{12,1} = \beta_{12,2} = \dots = \beta_{12,p_{12}} = 0$  이 기각된다면),  $X$ 는  $Y$ 에 단기적으로 ‘Granger-인과’한다고 판단 내릴 수 있으며, 오차수정항( $\hat{\varepsilon}_{t-1}$ )의 추정계수인  $\gamma_1$ 이 통계적으로 유의하면( $\gamma_1 = 0$ 이 기각된다면)  $X$ 에서  $Y$ 로의 장기적인 인과성이

5) 오차수정항의 경우 장기 균형관계로부터의 이탈이 종속변수에 영향을 주는 틀을 파악한다는 점에서 장기적인 인과관계를 설명한다고 보는 것이다(유승훈, 2003).

존재한다고 한다. 그리고  $\Delta X_{t-j}$ 의 추정계수와 오차수정항의 추정계수가 모두 통계적으로 유의하면 즉,  $\gamma_1 = \beta_{12,1} = \dots = \beta_{12,p_{12}} = 0$  이 기각된다면  $X$ 에서  $Y$ 로의 강(strong) 인과성이 존재한다고 한다.

본 연구에서는  $\Delta X_{t-j}$ ,  $\Delta Y_{t-j}$ , 오차수정항의 추정계수가 통계적으로 유의한 지 그 여부를 검정하기 위해 보편적 분석도구인 Wald-test를 활용하며, 이를 통해 변수들 간의 단기 및 장기적인 인과관계를 밝혀내고자 한다.

오차수정모형에서도 그 시차수의 결정은 매우 중요하다. 변수들의 시차구조는 인과성 검정의 결과에 민감한 영향을 미치며, 시차의 수를 자의적으로 결정하게 된다면 추정계수를 왜곡하고 잘못된 인과성 추론을 이끌 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 단위근 검정과 공적분 검정에서와 마찬가지로 SC 정보기준을 최소로 만들어 주는 수준에서 최적 시차수를 결정한다.

#### 4. 충격반응분석

Granger-인과성 검정은 각 변수들 간의 인과여부에 대한 단순한 정보만을 제공한다. 즉, 상호 간에 미치는 영향이 양(+)인지 음(-)인지 그 효과에 대한 성격을 분간하기 어려우며, 또한 이러한 영향이 미치는데 얼마나 많은 시간이 요구되는지에 대한 정보는 제공하지 못한다. 따라서 본 연구에서는 충격반응분석(impulse response analysis)을 통해 각 변수들의 변동성이 자신은 물론 상호 간 어떠한 반응을 보이는지 살펴보고자 한다.

충격반응분석은 VAR 또는 오차수정모형의 추정계수를 바탕으로 내생변수의 현재값과 미래값에 대한 오차항 중 하나에 대한 1표준편차 충격(one standard deviation shock)의 효과를 추적함으로써 모형 내의 어떤 변수에 대하여 일정한 크기의 충격을 가할 때 모형의 모든 변수들이 시간의 흐름에 따라 어떻게 반응하는가를 나타낸다. 특히, 충격반응분석 결과를 그래프로 나타내곤 하는데, 이는 시간의 변화에 따라 미치는 영향력을 시각적으로 분석하는데 크게 용이하다는 장점을 갖는다.

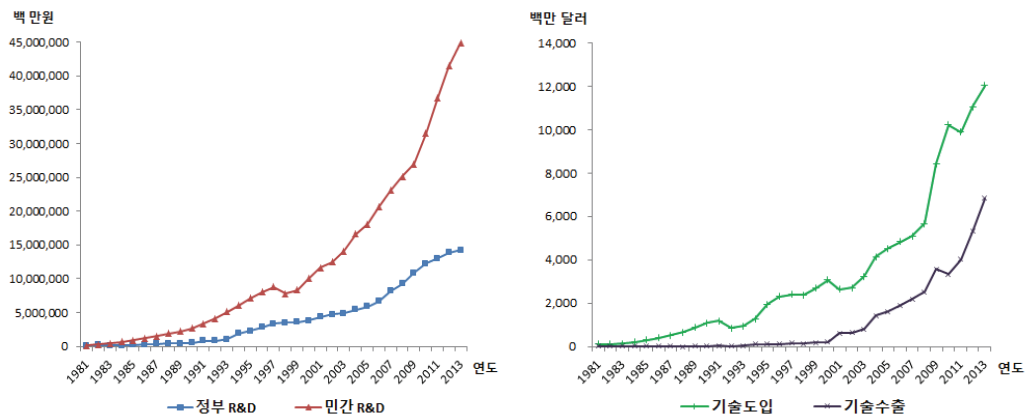
한편, 충격반응함수의 경우 어느 한 변수에 충격이 발생하면 이로 인해 다른 변수가 영향을 받고 이것이 다시 처음 충격이 시작된 원래의 변수에 영향을 미치는 순환작용(feed back)이 발생하기 때문에 충격과 반응을 명확히 설명하지 못할 수 있다(문권순, 1997). 이에 본 논문은 직교화된(orthogonal) 충격반응분석을 이용함으로써 이러한 순환작용 발생 가능성을 제거한다.

## 5. 자료

인과관계 여부를 확인하기 위해 사용하는 변수는 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입, 그리고 기술수출이다. 이들 자료 모두 국가통계포털(KOSIS: Korean Statistical Information Service)을 통해 구득하였으며, R&D 통계와 기술무역 통계의 원출처는 각각 『연구개발활동조사보고서』와 『기술무역통계조사』이다. 각 통계치들은 전부 경상가격으로 나타나 있다. 따라서 물가변동에 따른 편의(bias)를 제거하기 위해 한국은행이 제공하는 GDP 디플레이터를 활용하여 2010년 기준 불변가격으로 환산하였다.

아울러 기술도입과 기술수출은 화폐단위가 US달러인 관계로 추가적으로 각 연도별 평균 환율을 통해 원화로 환산해주었다. 이는 각기 다른 화폐단위를 원화로 통일함으로써 분석의 용이성을 더하고, 환율변동에 따른 수출입액의 변동을 완화 또는 제거하여 통계치의 엄밀성을 높이는 데에 그 효용성이 있다.

분석기간은 1981년부터 2013년까지 총 33개의 연간 시계열 자료를 이용하였다. 그 이유는 기술무역 변수 측면에서 신빙성을 갖춘 통계가 1981년부터 발표되고 있으며 본 연구를 수행할 당시 공식적으로 발표된 최신자료는 2013년 자료들이기 때문이다. 그리고 분석에 활용된 각 변수들은 자연로그로 치환하여 모형에 투입하였다. 이것은 탄력성 계산의 편리함과 그 차분(differencing)한 값은 곧 해당 변수의 증가율을 나타내는 이점으로 인해 실증연구에서 통상적으로 취하는 방식이기 때문이다(유승훈, 2003).



<그림 1> R&D 투자와 기술무역 추이

## IV. 실증분석 결과

### 1. 단위근 검정 결과

Engle and Granger(1987)의 연구절차에 따라, 먼저 각 시계열 자료들의 단위근을 검정하였다. 단위근에 대한 검정은 상수항(intercept)과 시간추세항(trend and intercept)을 포함시키거나 포함시키지 않고 실시할 수 있는데, 본 연구에서는 상수항만 고려한 추정식과 상수항 및 추세를 모두 고려한 추정식을 통해 단위근 여부를 검정하였다. 이에 <표 1>과 <표 2>는 그 각각에 대한 결과를 제시하고 있다. 여기서 LGR은 자연로그를 취한 정부 R&D 투자, LPR은 자연로그를 취한 민간 R&D 투자, LM은 자연로그를 취한 기술도입, LX는 자연로그를 취한 기술수출을 각각 의미한다.

<표 1> 단위근 검정 결과 (상수항만 고려)

변수	검정법	수준변수			1차 차분변수		
		t-통계량	임계치	p-값	t-통계량	임계치	p-값
LGR	ADF-검정	-1.292(0)	-2.957	0.621	-6.129(0)	-2.960	0.000
	PP-검정	-1.372(2)	-2.957	0.583	-6.129(0)	-2.960	0.000
LPR	ADF-검정	-6.209(0)	-2.957	0.000	-2.989(0)	-2.960	0.047
	PP-검정	-4.514(3)	-2.957	0.001	-3.701(27)	-2.960	0.009
LM	ADF-검정	-1.836(0)	-2.957	0.357	-3.764(0)	-2.960	0.008
	PP-검정	-1.809(4)	-2.957	0.369	-3.568(6)	-2.960	0.013
LX	ADF-검정	0.643(2)	-2.964	0.989	-4.250(1)	-2.964	0.002
	PP-검정	0.444(2)	-2.957	0.982	-5.523(3)	-2.960	0.000

<표 2> 단위근 검정 결과 (상수항 및 시간추세항 모두 고려)

변수	검정법	수준변수			1차 차분변수		
		t-통계량	임계치	p-값	t-통계량	임계치	p-값
LGR	ADF-검정	-1.742(0)	-3.558	0.708	-6.051(0)	-3.563	0.000
	PP-검정	-1.789(1)	-3.558	0.686	-6.051(0)	-3.563	0.000
LPR	ADF-검정	-4.800(1)	-3.563	0.003	-2.966(0)	-3.563	0.157
	PP-검정	-7.357(4)	-3.558	0.000	-2.750(9)	-3.563	0.225
LM	ADF-검정	-3.981(1)	-3.563	0.020	-3.905(0)	-3.563	0.024
	PP-검정	-2.391(6)	-3.558	0.377	-3.723(6)	-3.563	0.036
LX	ADF-검정	-2.198(0)	-3.558	0.475	-4.562(1)	-3.568	0.005
	PP-검정	-2.198(0)	-3.558	0.475	-5.782(2)	-3.563	0.000

※ ( )는 SC와 Newey-West Bandwidth 값을 최소로 하는 적정시차 값

※ 사용된 임계치는 MacKinnon(1996)의 유의수준 5%에서의 값

단위근 검정 결과를 살펴보면, LGR, LM, LX의 수준변수는 검정법 또는 추정식에 상관없이 유의수준 5%에서 t-통계량 모두 임계치를 상회하는 것으로 나타난 반면, 1차 차분할 경우 검정법 및 추정식과 상관없이 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. 즉, 이들 수준변수들은 단위근을 갖는 불안정 시계열이지만 1차 차분하면 안정화되는 I(1)인 것으로 판명되었다.<sup>6)</sup>

한편, LPR의 수준변수는 추정식이나 검정법에 관계없이 t-통계량이 유의수준 1%에서의 임계치보다 작은 값이 추정되었다. 즉, 본 시계열은 단위근을 갖지 않는 안정적인 시계열 I(0)임을 확인할 수 있다.

## 2. 공적분 검정 결과

앞에서 언급한 바와 같이 불안정한 시계열 자료라 하더라도 변수들 간에는 안정적인 선형결합 관계가 존재할 수 있으며 안정적인 선형결합 관계의 존재여부에 따라 인과관계 검정방법이 달라진다. 따라서 인과관계 검정을 실시하기에 앞서 공적분 검정을 통한 안정적인 선형결합 존재여부를 확인할 필요가 있다.

공적분 검정을 시행함에 있어 본 연구는 원시계열에 선형 확정적 추세(linear deterministic trend)가 있다고 가정하였으며, 공적분 방정식에는 시간추세항은 제외하였으나, 절편항은 포함하였다. 또한 Johansen(1990)이 제안한 우도비(likelihood ratio) 검정 통계량 중에서 trace 검정통계량(trace statistic)을 기준으로 검정을 실행하였다. 이상 공적분 검정 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 공적분 검정 결과

귀무가설	특성근 (Eigenvalue)	Trace 검정통계량	5% 임계치	p-값
$\gamma = 0$ (None)	0.827	109.845	47.856	0.000
$\gamma \leq 1$ (At most 1)	0.618	45.647	29.797	0.000
$\gamma \leq 2$ (At most 2)	0.430	17.725	15.494	0.023
$\gamma \leq 3$ (At most 3)	0.047	1.408	3.841	0.236

※ 사용된 임계치는 Mackinnon-Haug-Michelis(1999)의 유의수준 5%에서의 값

※  $\gamma$  은 공적분 위수(cointegration rank)

6) <표 2>의 ADF-검정 결과에 따르면, LM의 수준변수의 경우 단위근이 없다는 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타나는데, 본 연구에서는 PP-검정법의 결과에 근거하여 LM의 수준변수는 단위근이 존재하는 것으로 간주하였다.

공적분 검정 결과에 따르면, 공적분 백터수가 각각 0, 최대 1, 최대 2라는 귀무가설들 ( $\gamma = 0, \gamma \leq 1, \gamma \leq 2$ )에 대해서는 trace 검정통계량이 5% 임계치보다 크게 나타나 기각하는 반면, 공적분 백터수가 최대 3이라는 귀무가설( $\gamma \leq 3$ )은 trace 검정통계량이 5% 임계치보다 작게 추정되어 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타났다. 즉, 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입, 그리고 기술수출 네 변수 사이에는 최대 세 개의 공적분 관계가 존재하고 적어도 하나 이상의 인과관계가 내재되어 있음을 알 수 있다. 따라서 본 논문은 오차수정모형에 근거하여 인과관계를 검정한다.

### 3. Granger-인과성 검정결과

공적분 검정결과에 따르면 각 변수들 간에 장기적인 균형관계가 있는 것으로 나타나므로, 본 연구에서는 VAR 모형을 통한 Granger-인과성 검정이 아닌 오차수정모형(ECM)을 통해 변수들 간의 인과관계를 분석하였다.

<표 4> Granger-인과성 검정결과

귀무가설	단기 인과성		장기 인과성		강 인과성	
	$\chi^2$ 통계량	p-value	$\chi^2$ 통계량	p-value	$\chi^2$ 통계량	p-value
LGR $\rightarrow$ LX	0.465	0.793	3.501	0.061	4.330	0.228
LPR $\rightarrow$ LX	0.569	0.752			10.533	0.015
LM $\rightarrow$ LX	17.686	0.000			17.688	0.001
LGR $\rightarrow$ LPR	1.997	0.158	23.285	0.000	23.753	0.000
LM $\rightarrow$ LPR	2.809	0.094			23.326	0.000
LX $\rightarrow$ LPR	4.656	0.031			24.761	0.000
LGR $\rightarrow$ LM	3.952	0.267	12.840	0.000	15.599	0.004
LPR $\rightarrow$ LM	2.493	0.477			16.141	0.003
LX $\rightarrow$ LM	8.346	0.039			18.736	0.001
LPR $\rightarrow$ LGR	5.193	0.023	13.433	0.000	13.585	0.001
LM $\rightarrow$ LGR	5.369	0.021			14.392	0.001
LX $\rightarrow$ LGR	0.554	0.457			13.433	0.001

※ 음영표시는 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 경우임.

먼저, Granger-인과성 검정을 통한 변수들 사이의 단기적인 인과관계를 살펴보면 총 12개의 인과관계들 중에서 5개의 인과성이 확인된다.<sup>7)</sup> 이로 미루어 보아, R&D 투자의

경우 민간투자에서 정부투자로의 단방향적인 단기 인과성이 존재하며, 기술도입과 기술수출 양자 간에는 양방향적인 단기 인과관계가 성립함을 알 수 있다. 그리고 정부나 민간부문 모두 R&D 투자는 기술무역에 인과하지 않았다. 다만 그 인과방향은 일부 역으로 성립함을 알 수 있는데, 이는 곧 R&D투자가 기술무역 변수들에 영향을 미치는 것이 아니라 기술도입 및 기술수출의 수준이 단기적으로 R&D 투자 관련 정책방향에 결정적인 요인일 수 있음을 시사한다.

다음으로 종속변수가 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입, 기술수출인 네 모형을 대상으로 각각의 오차수정항이 0이라는 귀무가설에 대해  $\chi^2$  검정을 실시한 결과 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자 및 기술도입을 종속변수로 둔 모형은 유의수준 1% 하에서 기각되는 반면, 기술수출을 종속변수로 둔 모형은  $\chi^2$  통계량이 3.501로 추정되어 5% 유의수준에서 기각할 수 없는 것으로 판명되었다. 아울러 강 인과성 검정을 위해 오차수정항의 추정계수와 각 독립변수들의 추정계수 모두(jointly) 통계적으로 유의한지 Wald test를 통해 검정하였다. 그 결과, 정부 R&D 투자에서 기술수출로의 인과성의 경우  $\chi^2$  통계량이 4.33으로 추정되어 유의수준 5%에서 기각할 수 없는 것으로 나타났으나, 이를 제외한 나머지 변수들 간의 인과성은 모두 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

이러한 결과로 미루어 볼 때, 정부 R&D 투자에서 기술수출로의 인과관계를 제외한 11개의 관계에서 장기적인 인과관계가 성립함을 확인할 수 있다. 즉, 송종국 외(2003), 유승훈(2003), 그리고 이진우 외(2008)의 연구결과와 마찬가지로 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자는 장기적으로 양방향적인 인과관계가 있음을 알 수 있으며 그뿐만 아니라, R&D 투자와 기술무역 간의 인과관계는 시점을 장기로 확장할 경우 단기에 비해 다양한 인과관계가 존재하는 것으로 확인되었다.

#### 4. 충격반응 분석결과

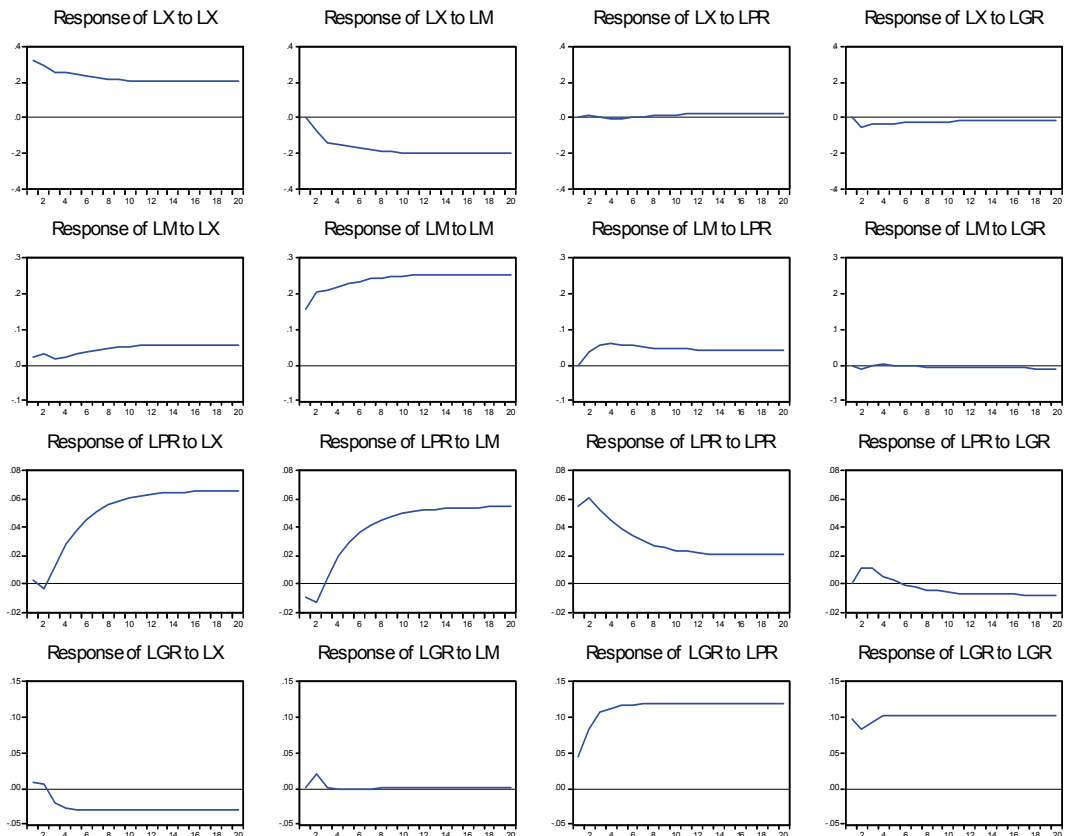
이상의 인과관계 분석에서는 장·단기적 원인과 결과의 방향성을 잘 제시해주는 하지만 시간의 변화에 따른 요인별 영향력을 구체적으로 파악하기 어려운 한계가 존재한다. 이에 본 절에서는 오차수정모형의 추정결과에 기초한 충격반응분석을 통해 모형 내

---

7) 단, LM → LPR의 인과관계는 유의수준을 10%로 볼 경우, 귀무가설을 기각하고 단기적인 인과성이 있다고 해석할 수 있다.

정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입 그리고 기술수출들 간의 충격과 그에 대한 반응을 동태적으로 분석하였다.

한편, 다변수 모형에 대한 충격반응분석은 오차수정모형 추정과 달리 내생변수의 순서를 적절히 배열해야 한다. 이는 상호 연관되어 있는 충격들을 구조적 충격들로 해석하기 위해서는 이들 오차항들을 직교화해야 하는데, Cholesky 분해법은 암묵적으로 하방삼각행렬(lower triangular matrix)을 가정하고 있어 내생변수들의 배열순서에 따라 그 결과가 달라지기 때문이다(전해정 외, 2012). 이에 대한 대안으로 내생변수들의 순서는 Granger-인과관계 검정의 결과를 토대로 외생성이 큰 정도에 따라 배열하는 것이 일반적이다. 따라서 본 연구의 시계열 배열순서도 Granger-인과관계 검정 결과에 따라 외생성이 큰 순서대로 기술수출(LX), 기술도입(LM), 민간 R&D 투자(LPR), 정부 R&D 투자(LGR)의 순으로 설정하였다. 이상 그 분석결과는 다음 <그림 2>와 같다.



<그림 2> R&D 투자와 기술무역 간 충격반응분석 결과



<그림 2>의 충격반응함수 분석결과를 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있다. 좌측 열부터 순서대로 살펴보면, 먼저 기술수출의 충격에 따른 기술도입과 민간 R&D 투자의 반응은 장기적으로 양(+)<sup>1)</sup>의 효과를 유발하는 것으로 나타난데 반해, 정부 R&D 투자의 경우 단기적으로는 양(+)<sup>1)</sup>의 유발효과를 가졌다가 중장기적으로는 음(-)<sup>1)</sup>의 효과를 갖는 것으로 분석되었다.

다음으로 기술도입의 충격에 대한 기타 변수들의 반응을 살펴보면, 기술수출에 장기적으로 음(-)<sup>1)</sup>의 효과를 유발하고, 민간 R&D 투자에는 양(+)<sup>1)</sup>의 효과를 유발했으며, 정부 R&D 투자에는 단기에 잠깐 (+)<sup>1)</sup>의 효과를 유발했다가 중장기적으로 0에 수렴하는 것으로 나타났다.

그리고 민간 R&D 투자의 충격은 기술수출, 기술도입, 정부 R&D 투자 모두에게 양(+)<sup>1)</sup>의 유발효과를 가져오는 것으로 확인된다. 단, 정부 R&D 투자의 유발효과는 상대적으로 큰 반면, 기술수출 유발효과는 거의 미미한 수준인 것으로 나타났다는 점에서 차이점을 찾을 수 있다.

마지막으로 정부 R&D 투자의 충격에 대한 각 변수들의 반응은 기술도입의 경우 비록 그 장기적인 인과성 존재에도 불구하고 변동효과가 거의 나타나지 않았으며, 민간 R&D 투자의 경우 단기에는 양(+)<sup>1)</sup>의 유발효과가 나타났으나 점진적으로 감소하는 것으로 분석되었다.

## V. 결론 및 시사점

본 연구는 다변수 모형의 설정과 Granger-인과성 검정, 그리고 충격반응분석을 통해 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입, 기술수출 사이의 인과관계를 실증적으로 면밀하게 살펴보았다. 그 절차는 우선 각 분석대상 변수들의 단위근 검정을 통해 안정성 여부를 검토해보았으며 그 결과, 민간 R&D 투자를 제외한 모든 수준변수들이 불안정한 것으로 나타났으나 1차 차분을 통해 안정성을 갖는 차분 안정적인 변수임을 확인하였다. 분석에 투입될 대다수의 시계열이 불안정적이므로 변수들 사이에 장기적으로 안정적인 시계열을 생성하는 선형결합이 존재하는지를 진단하기 위해 수준변수들에 대한 공적분 검정을 실시하였으며, 3개의 공적분 관계가 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 시계열 간에 공적분 관계가 존재하기 때문에 VAR 모형에 기초한 전통적인 Granger-인과성 검

정이 아닌 오차수정모형을 토대로 인과성의 방향을 검정해보았다.

분석결과, 단기적으로는 단 5방향의 인과관계, 즉 민간 R&D 투자에서 정부 R&D 투자로의 단방향적 인과관계, 기술수출에서 민간 R&D 투자로의 단방향적 인과관계, 기술도입에서 정부 R&D 투자로의 단방향적 인과관계, 기술도입과 기술수출의 양방향적인 인과관계가 성립하는 것으로 판명되었다. 그리고 장기적으로는 정부 R&D 투자에서 기술수출로의 인과관계를 제외한 11개의 관계에서 인과성이 존재하는 것으로 확인되었다.

아울러 충격에 대한 반응을 시간의 흐름에 따라 분석하기 위해 오차수정모형을 토대로 직교충격반응함수를 도출해보았으며, 이상의 분석결과들을 통해 다음과 같은 시사점들을 이끌어낼 수 있다.

첫째, 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 간의 관계부터 살펴보면, 송종국 외(2003)의 연구결과와 유사하게 분석되었다. 우선 정부 R&D 투자는 민간 R&D 투자를 단기적으로는 증대시켰으나 장기로 갈수록 감소시키는 것으로 나타났다. 즉, 정부 R&D 투자의 확대는 민간 R&D 투자에 대해 초기에는 보완효과를 유발하다가 점차 구축하는 것으로 해석할 수 있다. 이로 보건대, 정부 R&D 투자가 민간 R&D 투자를 지속적으로 유발할 수 있도록 장기적인 관점에서의 개선이 요구된다고 할 수 있다. 반면, 민간 R&D 투자의 증대는 정부 R&D 투자를 꾸준히 유발하는 것으로 보이며 그 효과 또한 상대적으로 큰 것으로 확인된다. 이는 민간 R&D 투자가 생산성 증가에 긍정적인 영향을 미쳐 국가전체의 부의 증가를 이끌고, 이는 다시 국가 R&D 투자에 더 많은 재원확보를 가능하게 한 것으로 해석된다(유승훈, 2003).

둘째, 민간 R&D 투자와 기술도입의 관계를 살펴보면 민간 R&D 투자의 증대는 전반적으로 기술도입의 증대효과를 보이고 있으며, 기술도입의 증대의 경우에도 비록 민간 R&D 투자를 단기에는 잠깐 감소시키지만 중장기적으로는 증대시키는 결과를 보이고 있음을 알 수 있다. 이로 미루어 보아, 양자 간에는 단기적으로 대체효과가 다소 존재하나 중장기적으로는 상보관계임을 알 수 있는데, 이는 곧 장진규 외(1994), 백은영 외(2010) 및 Braga et al.(1991) 등의 연구와 일치하는 결과를 제시하고 있다. 이는 기술도입을 통해 확보한 지식을 기업 내부적으로 흡수 및 적용하기 위해 연구개발투자를 더욱 촉진시키는 것으로 해석할 수 있으며, 그 반대의 경우에도 연구개발이 가속화되고 고도화될수록 외부기술의 필요성이 커져가고 그에 따라 기술도입이 증대되는 것으로 해석할 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 보면, 단지 기술수출만을 장려할 것이 아니라 기술도입을 위한 장려책도 적극 고려되어야 할 것으로 사료된다.

셋째, 정부 R&D 투자와 기술도입의 관계를 살펴보면 기술도입의 반응은 정부 R&D

투자 충격에 전체적으로 거의 0에 근접하고 있으며, 정부 R&D 투자 또한 기술도입의 충격에 단기적으로 잠깐 양(+의) 반응을 보이다가 중장기적으로는 0에 수렴하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 양자 간에는 장기적으로 양방향적 인과관계가 존재하나 상호 미치는 영향은 미미한 수준인 것이다. 이는 민간 R&D 투자 및 기술도입의 경우와 상당히 대조적이라 할 수 있으며, 그동안 정부 R&D는 기술도입과 다소 무관하게 투자결정이 이루어진 것으로 보인다.

넷째, 민간 R&D 투자의 증대는 장기적으로 기술수출에 양(+의) 효과를 유발하나 다소 낮게 계측되었는데, 이는 곧 백은영 외(2010)의 연구결과처럼 민간 R&D 투자의 양적 증대를 통한 수출증대는 크게 유효하다고 보기 어려우며, 원천기술 개발투자 확대, 투자 대비 질적 성과의 제고 및 기술무역시스템 또는 제도적 정비에 노력을 경주해야 할 것으로 사료된다(이재영, 2009). 또 다른 기술수출 증대 경로인 기술도입에서 기술수출로의 인과관계를 살펴보면, 이것 역시 음(-)의 효과를 유발하고 있어 기술도입을 통한 기술수출 증대효과도 민간 R&D 투자와 마찬가지로 그 실효성을 확인하기 어렵다. 따라서 기술도입을 통한 기술수출 증대 방안 또한 심도 있게 강구되어야 할 것으로 보인다.

마지막으로 기술수출 증가는 장기적으로 민간 R&D 투자와 기술도입의 유발효과를 불러일으키고 있다. 이를 통해 알 수 있는 것은, 기술수출이 역으로 민간 R&D 투자와 기술도입의 증대를 유인하는 결정적인 요인으로서 작용하고 있다는 것이다. 이는 기술수출 즉, 기술료 수입의 증가가 기업들의 기술도입이나 R&D 투자와 같은 연구개발활동을 촉진시키는데 그 유인(incentive)을 제공했기 때문인 것으로 해석된다. 아울러 기술수출은 정부 R&D 투자를 장기적으로 감소시키는 효과를 야기했을 뿐만 아니라, 동시에 정부 R&D 투자도 기술수출에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그동안 정부 R&D 투자의 결정이 성과활용의 측면에 있어 상업적인 방향과는 다소 무관하게 집행되어진 데에서 비롯된 것으로 판단된다.

본 연구는 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 기술도입, 그리고 기술수출 사이의 인과관계를 실증적으로 분석함으로써 그 관계를 명확하게 규명하고 도출된 결과로부터 정책적 시사점을 도출했다는 점에서 나름대로의 의의를 갖는다고 할 수 있겠으나, 다음과 같은 한계점들은 추후 보완되어야 할 것이다.

먼저, 본 논문에서 사용된 자료들은 실질가격으로 환산함에 있어 GDP디플레이터를 그 대용지표로 사용하였는데, GDP디플레이터는 R&D 활동만이 가지는 특수성을 고려하지 않아 정확한 물가변동을 반영했다고 보긴 어렵다(박철민 외, 2015). 마찬가지로 기술도입과 기술수출에 해당하는 금액들도 GDP디플레이터보다는 그에 상응하는 물가지수

를 통한 실질가격 환산이 그 분석에 있어 엄밀성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

그리고 자료상 제약으로 인해 분석자료가 33개에 불과하여 관측대상이 충분히 확보되지 못했다는 점과 연간 시계열데이터라는 상대적으로 주기가 긴 데이터를 사용한 관계로 일종의 누락변수(omitted variable) 문제가 발생할 가능성이 내포되어 있다는 점 또한 한계점으로 남는다(Geweke, 1978).

그 외에도 추후 다른 변수들을 매개변수로 활용한다거나 혹은 단지 변수들 간의 직접적인 인과관계를 분석할 경우 본 연구결과와 또 다른 새로운 시사점을 밝힐 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

### (1) 국내문헌

- KISTEP (2014), 「2013년도 연구개발활동조사보고서」, 미래창조과학부.
- 국가과학기술심의회 (2013), 「기술무역 심층분석 및 정책방안(안)」, 미래창조과학부.
- 김선근·오완근 (2004), “정부와 민간의 R&D 투자 및 국민소득간의 인과관계 분석: 한·미·일 국제비교”, 『기술혁신학회지』, 7(2), pp. 257-281.
- 문권순 (1997), “벡터자기회귀(VAR)모형의 이해”, 『통계분석연구』, 2(1), pp. 23-56.
- 문병기·이정현 (2013), 「창조경제 실현을 위해 기술무역을 나아가야 할 길: 기술수준별 대·중소 기업 수출분석과 기술무역 위상 제고 방안」, 한국무역협회.
- 박철민·구본철·남상성 (2015), “R&D 디스플레이터 산출방법 개발에 관한 연구”, 『한국경영공학 회지』, 20(3), pp. 121-137.
- 박추환·정동현 (2001), “국내 산업별 성장에 있어서 정보통신자본 및 R&D 스톡 변동이 미치는 영향분석”, 한국경영과학회/대산산업공학회 춘계공동학술대회, pp. 240-241.
- 백은영·문희철 (2010), “우리나라 기술무역을의 산업별 특성에 관한 연구: OECD 국가를 대상으로”, 『통상정보연구』, 12(4), pp. 151-170.
- 송종국·서환주 (2003), “기업의 R&D 구조변화와 정부정책 방향에 대한 소고”, 『기술혁신연구』, 11(1), pp. 79-97.
- 오세홍·임수진·손소영 (2002), “국내 연구개발투자와 경제성장간의 인과관계”, 『기술혁신연구』, 10(1), pp. 65-82.
- 유승훈 (2003), “정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계 분석”, 『기술혁신연구』, 11(2), pp. 175-193.
- 이재영 (2009), “한국 기술무역을의 수출 강화 방안”, 『e-비즈니스연구』, 10(2), pp. 3-27.
- 이진우·권오성 (2008), “국방 R&D 투자 및 정부, 민간 R&D 투자와 국민소득간의 상호 인과관계 분석”, 『한국국방경영분석학회지』, 34(1), pp. 79-98.
- 장진규·홍순기 (1994), “연구개발과 기술도입의 경제효과 및 상호관계 분석”, 『기술경영경제학회 지』, 2(1), pp. 242-255.
- 전해정·박현수 (2012), “주택시장과 거시경제변수 요인들간의 동태적 상관관계 분석”, 『주택연구』, 20(1), pp. 125-147.
- 정수관·강상목 (2012), “정부 R&D, 민간 R&D와 생산성의 인과관계 분석”, 『생산성논집』, 26(3), pp. 107-137.
- 정윤세 (2013), “기술무역수지 개선에 관한 연구”, 한국무역학회 2013년도 춘계학술대회, pp. 55-66.
- 정재승 (2012), “우리나라의 기술무역수지 적자개선에 관한 연구”, 『통상정보연구』, 14(2), pp. 227-248.

- 조상섭 · 강신원 (2013), “연구개발의 인과관계에 대한 실증분석: 시계열영역접근과 주기영역접근 비교”, 『국제지역연구』, 17(3), pp. 99-117.
- 최종일 · 오동훈 · 이영수 (2013), “과학기술 정책기조를 고려한 정부 R&D 투자 민간 R&D 투자에 의 영향”, 『한국질서경제학회』, 16(1), pp. 1-19.
- 한국무역학회 (2012), 『기술무역수지 개선을 위한 대책 방안 마련』.
- 한국무역협회 (2005), 『우리나라 기술무역수지의 현황과 정책과제』.
- 한국산업기술진흥협회 (2014), 『2013년도 기술무역통계조사』, 미래창조과학부.

## (2) 국외문헌

- Almus, M. and Czarnitzki, D. (2003), “The Effects of Public R&D Subsidies on Firms’ Innovation Activities: the Case of Eastern Germany”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 21(2), pp. 226-236.
- Blomstrom, M., Lipsey, R. E. and Zejan, M. (1996), “Is Fixed Investment the Key to Economic Growth?”, *Quarterly Journal of Economics*, 111(1), pp. 269-276.
- Braga, H., and Willmore, L. (1991), “Technological Imports and Technological Efforts: An Analysis of Their Determinants in Brazilian Firms”, *Journal of Industrial Economics*, pp. 421-432.
- Can, D. L. (1987), “The Role of R&D in High-Technology Trade: An Empirical Analysis”, *Atlantic Economic Journal*, 15(4), pp. 32-38.
- Czarnitzki, D. and Fier, A. (2002), “Do Innovation Subsidies Crowd out Private Investment: Evidence from the German Service Sector”, *Applied Economics Quarterly*, 48(1), pp. 1-25.
- David, P., Hall B., and Toole, A. (2000), “Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D?”, *Research Policy*, 29(4), pp. 497-529.
- Duguet, E. (2004), “Are R&D Subsidies a Substitute or a Complement to Privately Funded R&D? Evidence from France Using Propensity Score Methods for Non-experimental Data”, *Revue d’Economie Politique*, 114(2), pp. 263-292.
- Engle, R. F. and C. W. J. Granger, C. W. J. (1987), “Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”, *Econometrica*, 55(2), pp. 251-276.
- G. W. Schwert (1989), “Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 7(2), pp. 147-159.
- Geweke, J. (1978), “Temporal Aggregation in the Multiple Regression Model”, *Econometrica*, 46(3), pp. 643-661.
- Geweke, J., R. Meese, and W. Dent (1983), “Comparing Alternative Tests for Causality in Temporal Systems: Analytic Results and Experimental Evidence”, *Journal of Econometrics*,

21(2), pp. 161-194.

- Gonzalo, J. (1994), "Five Alternative Methods of Estimating Long-Run Equilibrium Relationships", *Journal of Econometrics*, 60(1), pp. 203-233.
- Gonzalez, X. and Pazo, C. (2008), "Do Public Subsidies Stimulate Private R&D Spending?", *Research Policy*, 37(3), pp. 371-389.
- Granger, C. W. J. (1969), "Investigating Causal Relation by Econometric and Cross Sectional Method", *Econometrica*, 37(3), pp. 424-438.
- Granger, C. W. J. and P. Newbold (1974), "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, 2(2), pp. 111-120.
- Guilkey, D. K. and M. K. Salemi (1982), "Small Sample Properties of the Three Tests of Causality for Granger Causal Ordering in a Bivariate Stochastic System", *Review of Economics and Statistics*, 64(4), pp. 668-680.
- Johansen, S. and K., Juselius (1990), "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration-with Applications to the Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), pp. 169-210.
- Kaiser, U. (2006), "Private R&D and Public Subsidies: Microeconomic Evidence from Denmark", *Danish Journal of Economics*, 144(1), pp. 1-17.
- Lach, S. (2002), "Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Private R&D? Evidence from Israel", *Journal of Industrial Economics*, 50, pp. 369-390.
- MacKinnon, J. (1996), "Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests", *Journal of Applied Econometrics*, 11(6), pp. 601-618.
- Madden, G and Savage, S. J. (1998), "CEE telecommunications investment and economic growth", *Information Economics and Policy*, 10(2), pp. 173-195.
- Phillips, P. C. B. and P. Perron (1988), "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, 75(2), pp. 335-346.
- Rotemberg, J. and M. Woodford (1992), "Oligopolistic Pricing and the Effects of Aggregate Demand on Economic Activity", *Journal of Political Economy*, 100(6), pp. 1153-1207.
- Stock, J. H. and M. W. Watson (1989), "Interpreting the Evidence in Money-Income Causality", *Journal of Econometrics*, 40(1), pp. 161-182.

□ 투고일: 2016. 02. 25 / 수정일: 2016. 04. 12 / 게재확정일: 2016. 05. 10