

정부와 민간의 R&D 투자 및 국민소득간의 인과관계 분석 : 한·미·일 국제비교*

2004. 3.

김선근** · 오완근***

Abstract:

In this paper we: (1) analyze the relationship among public R&D investment, private R&D investment, and GDP by employing the Granger causality test; (2) examine if there is any country-specific pattern in the relationship by testing the cases of Korea, the U.S. and Japan. We found some common results for the above countries as follows: (i) GDP causes Public R&D, not vice versa; (ii) Private R&D causes GDP; and (iii) Public R&D does not cause Private R&D. For the bivariate model of GDP and total R&D, the results show the existence of one-way causality running from total R&D to GDP for both U.S. and Japan. We also found bidirectional causal relationship between GDP and total R&D for Korea, which could be interpreted as a typical pattern for newly industrialized countries.

KeyWords: GDP, 정부 R&D 투자, 민간 R&D 투자, 그랜저 인과관계

* 이 논문은 2004학년도 한국외국어대학교 교내학술연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

** 교신저자, 대전대학교 국제무역통상학과 조교수, Email: sunkim@dju.ac.kr

*** 한국외국어대학교 경제학과 부교수, Email: wanoh@hufs.ac.kr

I. 서론

국가 R&D에 있어 투입과 산출에 대한 연구는, Solow(1957)가 “기술진보는 생산성 향상의 주요 요인이며 결국 거시경제 성장의 핵심”이라 주장한 이래, 더욱 활발히 이루어졌으며 특히 경제성장에서의 기여도 측면에 대한 연구가 집중되었다. 1970년대 슈페터 학파(Schumpeterian)의 산업구조론적 접근에 이어 1990년대 Romer(1994)에 의해 제기된 내생적 성장모델(Endogenous Growth Model)에서도 기술변화는 중요한 변수의 하나로 분석되어 왔다.

그러나 현실적으로 R&D에 대한 투자는 그 성과물을 객관적으로 정확히 측정할 수 없는 특성을 지니고 있어, 정책결정자들은 자국의 경제상황을 고려할 때, R&D에 대한 투자를 지속하여야 할 것인지, 또 한다면 얼마만큼 투자하는 것이 적정규모인지에 대해 근본적인 의문을 제기해 왔다. 이러한 R&D의 경제적 성과에 대한 분석, 즉 R&D 투자와 국내총생산(GDP)의 관계에 대한 연구는 생산함수적 접근, 거시모형적 접근, 인과관계론적 접근 등 다양하게 많은 연구가 이루어졌다.

그러나 기존의 연구들은 R&D 투자와 GDP의 일반적인 관계에 대해 분석하였으나 어느 특정 경제를 대상으로 한 분석결과가 다른 경제에도 동일하게 적용된다고 보기는 어렵다. 2001년 세계은행의 보고서¹⁾에서 1인당 R&D 지출액의 국별비교를 보면, 일본이 1001.84 달러로서 가장 높게 나타나고 미국이 720.00달러로 두 번째, 독일, 프랑스가 각각 598.40 달러, 527.12 달러이다. 이들 국가들은 1인당 GNP가 비슷한 수준임에도 R&D 지출액은 크게 상이함을 알 수 있고, 개도국도 이와 같은 양상을 보이고 있다. 물론, 1인당 GNP가 높은 국가들의 1인당 R&D 지출액이 상대적으로 높게 나타나 두 변수의 상관관계를 짐작할 수 있으나, 국민소득과 R&D의 특정한 관계가 모든 나라 경제에 동일하게 적용될 수 있는가에 대한 의문이 제기된다.

아울러 동일한 경제를 분석대상으로 할지라도, 이들 두 변수의 관계가 고정적인 것이 아니라 시간의 흐름과 경제발전 단계에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 Lang(2002)는 독일의 경우 R&D 투자의 생산성에의 수익률을 측정해 볼 때, 최근 10년간 장기탄성계수(Elasticity of production costs with respect to R&D)가 0.01로서 1960년대 0.08에 비해 크게 감소하였다고 주장하였다. 즉 R&D 투자의 성과가 한 나라 경제에 있어서도 경제상황에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다. R&D 투자의 한계수익이 체증하는지, 아니면 체감하는지에 대해서도 연구결과는 상반된 결과를 보여주고 있다. 즉 Hall(1993)은 R&D 투자의 한계수익체감을 보여주고 있으나, 반면 Scherer(1993)는 1970년대 오일 쇼크 이후 1980년대에 한계수익이 체증하는 것으로 주장하고 있는 것이다.

그러므로 본 연구에서는 R&D 투자와 GDP의 인과관계를 분석하되, 경제발전의 정도가 다른 한국, 미국, 일본의 세 국가를 대상으로 그 인과관계의 차이점과 공통

1) World Bank(2001).

점을 찾아내는데 그 주요목적은 둔다. 시계열 분석기법은 공적분 검정과 그랜저 인과관계(Granger causality) 검정법을 사용하였으며, GDP와 총 R&D 투자 외에도 기존의 논문들과 달리 R&D 투자를 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자로 세분화하여 GDP와의 3변수 인과관계를 분석하였다. 정부 R&D와 민간 R&D로 나누어 분석한 배경은, Kim and Oh(2000)의 논문에서 검증된 바와 같이 이들 투자 간의 상호 인과관계가 존재하기 때문이며, 3변수 모형이 R&D 투자와 GDP와의 인과관계에 관해 보다 정확하고 많은 정보를 줄 수 있을 것으로 기대하기 때문이다.

이후 본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 연구와 관련된 이론적 배경 및 가설을 제시하며, III장에서는 실증분석에서 사용되는 자료와 실증분석 결과에 대한 설명을 하고 있고, IV장은 요약 및 결론을 담고 있다.

II.이론적배경 및 가설

1.기존연구

1) 생산함수론적 접근

Singh and Trieu(1996)은 Cobb-Douglas 생산함수를 활용하여 R&D 지출이 총요소생산성 증가에 미치는 영향을 한국, 일본, 대만의 시계열자료로 회귀분석하였다. 그 결과, 상기 세 국가 모두에 있어 R&D 지출이 총요소생산성 증가에 유의한 긍정적인 영향을 미친 것으로 검증되어 Krugman(1994)의 주장²⁾을 반박하고 있다. 또한, 본 연구는 전통적 생산함수의 오차항을 R&D 지출 변수로 설명하였다. 즉, R&D 지출 변수를 분류한 바, 기초연구에의 지출, 응용연구에의 지출, 그리고 실험개발에의 지출로 나누어 분석하였다. 국별로 볼 때, 한국과 대만의 경우 동일하게 기초연구가 생산성 증가에 미치는 긍정적 효과가 가장 크게 나타났으나 응용연구와 실험개발연구는 오히려 생산성에 부정적 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 일본의 경우는 응용연구가 생산성에 가장 큰 긍정적 영향을 미치는 것으로 분석되었으나 실험개발연구는 생산성에 부정적 영향을 주는 것으로 나타났다.

2) 국민계정론적 접근

신태영 외(1998)와 Shin(2003)은 한국의 경우 R&D 투자가 국민경제에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 거시계량경제모형을 설계하여 개별 경제변수에 어떤 경로를 통해 어떤 영향을 미치는지를 구조화하였다. 내생적 성장이론을 원용하여 잠

2) Krugman(1994)은 한국 등 상기 분석 대상국가의 경제성장은 요소축적량(input accumulation) 증가에 기인한 것으로 설명하였다.

재 GDP를 구하고 공급부문을 모형화했으며, 수요부문에서 연구개발부문을 분리하여 설계하였다. 본 분석은 1970~2000년에 대한 통계자료를 이용하였으며, R&D 투자의 효과분석과 아울러 건설투자, 중소기업 대출금, 실업기금 등의 정책대안의 효과를 상호 비교하였다.

분석 결과, 재정정책에 따른 단기적 경제성장 효과는 건설투자와 실업기금의 실효성이 가장 크게 나타나고 그 다음으로 R&D 투자로 나타난다. 그러나 정책시행 10년 후와 20년 후의 장기적 효과를 살펴보면, R&D 투자는 3년 후 시점부터 장기 성장효과가 살아나 10년 후 0.24%, 20년 후 1.30%, 30년 후 1.54%의 누적효과를 보여 여타 건설투자나 실업기금의 효과보다 우월한 것으로 나타났다. 이렇듯 R&D 투자가 실물경제에 장기적으로 큰 영향을 미치는 것은 연구개발 활동을 통한 연구개발 스톡 축적이 적은 반면 연구개발 스톡의 수익률이 높기 때문인 것으로 평가된다.

한편, Fraumeni et al.(2002)의 연구는 국민소득 및 생산계정(NIPA, National income and the product accounts)에서 R&D 등 무형의 자산을 정부와 민간이 보유한 설비 및 재고 등과 같은 투자로 해석하여 접근하였다.³⁾ 즉, 미국경제를 대상으로 R&D 변수를 NIPA 모델에 투입하여 R&D의 영향을 분석한 바, GDP와 저축 등 거시경제변수 등에의 영향은 물론이고 경제성장률에의 기여도 추정에 초점을 두었다.⁴⁾

미국의 자료를 통한 1961년부터 2000년까지의 분석결과, R&D 투자의 한 단위 증가는 실질 국민소득(real GDP)을 최대 0.1%만큼 증가시키고 명목 국민소득은 2%만큼 증가시키는 것으로 추정되었다. 또한, R&D 투자는 총 GDP 성장의 4%, R&D 자본의 수익률은 GDP 성장에 11% 정도 기여하는 것으로 나타났으며 이는 총 자산형 소득의 20%를 차지하는 것으로 나타나 경제성장률에의 기여도가 매우 높음을 보여주고 있다. 결론적으로 R&D 투자는 감가상각분과 투자편익의 시차(lag), 그리고 디플레이터에 대한 다른 가정을 고려하면 GDP 성장에 2-7%의 기여를 하며, R&D 자본의 수익은 4-15%의 기여를 하는 것으로 나타났다.

3) 인과관계(Causality) 접근

경제성장률과 R&D, 혹은 정부 R&D와 민간 R&D간의 관계에 대한 국내논문으로는 Kim and Oh(2000)와 오세홍·임수진·손소영(2002), 그리고 유승훈(2003) 등을 들 수 있다. 먼저, Kim and Oh(2000)는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계가 시간의 흐름에 따라 상이함을 보였다. 즉, 산업화 초기단계에서는 양자간에 상호

3) 더 상세히 살펴보면, NIPA는 R&D를 기업의 중간재(intermediate input), 그리고 정부나 비영리 법인의 경상소비(current consumption)로 간주함.

4) 국민소득 계정에 R&D를 포함할 경우 다음과 같은 변화가 있다. 첫째, 기업부문에서 R&D 지출액은 비용이 아니라 자산형 소득인 투자로 간주된다. 둘째, 정부 및 공공부문의 R&D 지출은 소비가 아니라 투자로 계상된다. 셋째, 정부 및 공공부문의 R&D 지출은 그 수익(private returns) 만큼 소비를 증가시키게 된다.

인과관계가 성립하지 않고, 정부투자에 의한 R&D 인프라가 구축된 후에야 민간 R&D 투자가 활성화된다는 주장이었다. 이들은 이러한 가설을 검증하기 위하여 APEC 국가 중 미국, 일본, 캐나다의 선진 3개국과 한국과 대만의 2개 개도국을 대상으로 하여 정부 R&D와 민간 R&D간의 관계를 공적분 검정과 그랜저 인과관계 검정을 통하여 살펴보았다. 특히 한국의 경우 민간 R&D 지출이 정부 R&D 지출을 1977년에 따라잡고 1982년 이후 추월하였으며 이 시기를 전후하여 경제안정화 정책이 도입되어 이후 평균 경제성장률이 낮아졌음을 고려, 연구대상기간 1971-1997을 다시 1971-1981, 1982-1997로 구분하여 양자간의 인과관계를 논하였다.⁵⁾

한편 오세홍·임수진·손소영(2002)은 Engle-Granger(1987) 공적분 검정을 실시한 후 Hsiao 방식의 그랜저 인과성 검정법을 이용하여 GDP와 총 R&D, 정부 R&D, 민간 R&D와의 관계를 살펴보았다. 이들은 GDP와 총 R&D 지출 간에는 양방향의 인과관계가 존재하고, GDP와 정부 R&D 간에는 인과관계가 없으며, 민간 R&D는 GDP를 인과하지만 그 역은 성립하지 않음을 보였다. 이들은 이러한 점들에 근거하여 정부연구개발투자는 민간연구개발투자를 유도하고, 그 결과는 2차적으로 GDP의 증가로 나타난다고 주장하였다. 또한 유승훈(2003)은 Kim and Oh(2000)에서 사용한 방법론을 그대로 사용하되 데이터를 2002년까지로 연장하여 정부 R&D와 민간 R&D간 인과관계를 분석한 결과 양자간에 양방향으로 인과관계가 있음을 보였다.

그런데 상기에서 언급한 논문들은 모두 GDP와 총R&D(TERD), GDP와 정부 R&D(GERD), GDP와 민간R&D(PERD), 혹은 정부R&D-민간R&D의 2변수 모형을 사용하고 있다는 점이 공통이다. 그러나 본 연구에서는 GDP-TERD의 2변수 모형 외에 GDP-GERD-PERD 3변수 모형을 사용하여 GDP-GERD-PERD 상호간의 인과관계를 살펴보고자 한다. 그 이유는 이들 세 변수가 매우 밀접히 연결되어 있으므로 어느 두 변수만을 가지고 분석하면 이들 중 하나 혹은 둘 다에 영향을 미치는 나머지 한 개의 변수를 빠뜨린 상태에서 분석하게 되기 때문이다.

2. 이론적배경및가설정립

Kim and Oh(2000)는 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자를 R&D에 대한 수요와 공급으로 보아 민간의 R&D에 대한 수요는 정부의 R&D 공급에 의한 인프라가 구축된 후 민간 투자가 유발됨을 보였다. 즉 R&D에 대한 수요와 공급이 시간의 함수로서 공급이 일정기간 우선적으로 지속된 후에야 수요가 뒤따르는 특성이 존재하는 것을 검증하였다.

본 논문에서는 정부 R&D와 민간 R&D를 시간의 변수가 아니라 GDP와의 인과관계로 분석한다. 즉, 총 R&D 투자, 정부 R&D 및 민간 R&D가 GDP와 상호 인과관

5) 본 연구에서 한국의 경우, 1971-1981년에는 정부투자가 민간투자를 Granger cause하지 않으나, 1982-1997년에는 Granger cause 하는 것으로 나타났다.

계가 어떤 방향으로 존재하는가 하는 문제와 아울러 GDP 성장 단계별로 어떤 인과 관계를 가지는지가 분석의 대상이다.

먼저, 총 R&D 투자와 GDP의 관계에서 양 변수간에 인과관계가 양방향으로 작용하는 경우와 단방향으로 작용하는 관계가 있을 수 있다. 이들 인과관계를 정리하면, 첫째 양방향의 인과관계가 성립하는 경우, 둘째 총 R&D가 GDP를 인과하는 경우, 셋째 GDP가 총 R&D를 인과하는 세 가지 경우를 상정할 수 있다.

첫째의 경우는 총 R&D 투자의 변화분과 GDP 변화분이 밀접한 관계를 가져 어느 한쪽의 변화로 다른 쪽의 변화를 예측할 수 있는 단계이다. 이는 여러 요인이 작용한 결과로 추측되나 이 중 가장 중요한 요인으로 R&D 투자의 성격이 산업생산과 밀접한 관계가 있고, 또한 생산의 증가가 R&D 투자를 더욱 유인하는 경우로 추정된다. 이 경우는 R&D 활동이 활발하고 경제성장률이 높으며 R&D 투자규모가 적정수준 이하인 신흥공업국의 모델로 GDP의 성장이 R&D 투자규모의 확대를 가능케 하는 경우를 일컫는다.

둘째, 총 R&D 투자가 GDP를 단방향으로 인과하는 경우는 앞서 설명한 바와 같이 R&D 투자가 개발연구나 시제품제작 등 벤처지원 등 산업생산 지향적인 경우로 해석된다. 이는 국가 R&D 총 투자액이 이미 적정규모⁶⁾를 달성하고 R&D의 성격이 산업생산과 밀접한 관계를 가진 선진국의 모델로 사료된다.

그 좋은 예로서 미국은 방위산업과 관련된 국방 R&D에 전체 R&D 투자의 55% 정도를 지속적으로 배분하고 있는 바, 이 경우에 해당할 것으로 추정된다.

셋째, GDP가 총 R&D를 단방향 그랜저 인과하는 경우는 국민생산의 증대에 따라 국가 R&D에의 투자배분 여력이 확대되는 것, 즉 국가연구개발사업의 확충 등의 경우를 상정할 수 있겠다. 이는 R&D 투자가 아직 산업생산과 연계되지 않은 산업발전의 초기단계에 처한 개발도상국의 경우로 사료된다.

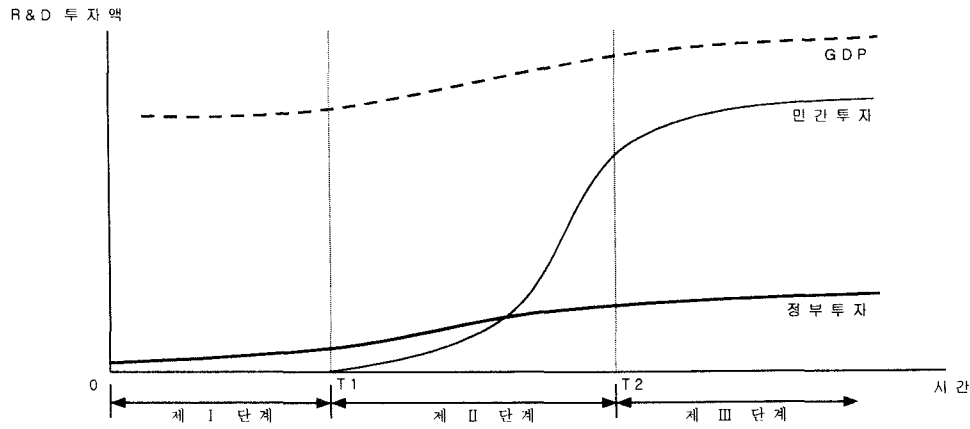
따라서 상기의 인과관계의 종류와 의미를 살펴보기 위해, R&D 투자와 GDP를 표시해 보았을 때 두 변수의 관계는 <그림 1>과 같이 설정할 수 있다.

<그림 1>에서 두 변수의 관계를 GDP 성장단계에 따라 세 단계로 구분하였다. 제 I 단계는 R&D 투자와 GDP간의 관계가 형성되지 않은 초기의 산업화 단계를 나타낸다. 이 단계에는 R&D 투자의 성격이 인력양성, 시설 및 연구장비 등 R&D 인프라 구축에 주로 집중되어 생산에 직접적으로 연계되지 않는 특성이 있다. 또한 R&D 투자를 민간투자와 정부투자로 구분하여 볼 때, 민간투자는 미미한 수준에 머물며 정부투자가 대부분을 차지하게 되어 정부투자가 민간투자를 유발하지 않는 초기 산업화 단계이다.

제 II 단계는 정부투자에 의해 민간투자가 시점 T1에서 비로소 유발되어 결국 산업생산에 기여하고 산업생산의 증가는 다시 R&D 투자를 유발하게 되는 단계를 말한다. 즉, R&D 투자가 적정규모 이하인 상황에서 R&D 투자의 증가는 GDP의 증가

6) 여기서 적정규모란 한계생산성 체감의 법칙에 따라 R&D 투자의 한계생산성이 0인 투자규모를 말한다.

<그림 1> R&D 투자와 GDP의 단계적 관계에 관한 가정모델



를 가져오고, 이는 다시 R&D 투자의 확대를 유인하는 관계를 나타낸다. 이는 높은 경제성장률을 달성하는 신흥공업국들에서 찾아 볼 수 있으며 우리나라와 싱가포르, 대만, 홍콩이 이런 단계를 경험한 것으로 추정된다.

제 III 단계는 이미 R&D 투자가 적정규모를 달성한 상태에서 GDP의 증가가 R&D 투자를 유인하지는 않고, R&D 투자가 GDP에 기여하는 단계이다. 이는 선진국의 모델이나 모든 선진국 경제에 적용되는 양자간의 인과관계가 존재하는 것이 아니라 각국별 R&D 투자의 성격에 따라 GDP와의 관계가 상이하다. 그 예로 미국은 방위산업체와 연계된 국방 R&D에 전체 R&D 예산의 55%를 투입하고 있어 R&D와 GDP가 밀접한 관계를 가질 것으로 사료되나, 반면 캐나다는 양자간의 관계가 미약할 것으로 추정된다.⁷⁾

그러므로 총 R&D 투자와 GDP의 양자관계, 그리고 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자 및 GDP의 삼자관계는 대상국가의 기술수준 및 경제발전 정도 그리고 R&D 투자의 성격에 따라 상이한 관계를 형성한다는 것이다. 상기의 가설을 검증하기 위해 한국, 미국, 일본의 3국의 경우를 대상으로 다음과 같이 시계열 모형을 활용하여 분석한다.

III. 실증분석

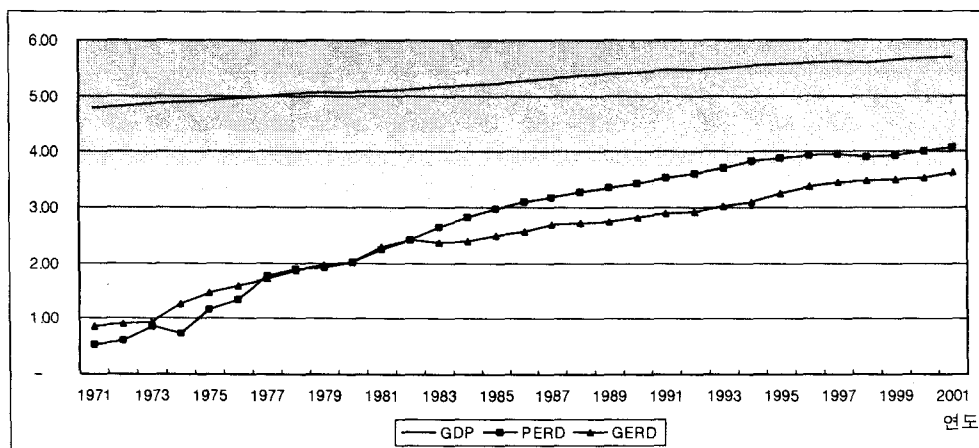
1. 분석변수와 시계열 자료

7) 본 논의의 근거는 Kim and Oh(2000)의 분석 결과로, 정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계 검증에서 미국의 경우 양방향 그랜저 인과하는 것으로 나타났으나, 캐나다는 인과관계가 유의하지 않음을 볼 수 있다.

연구의 대상국가 및 기간은 한국은 1971년-2001년, 미국 1955년-2000년, 일본 1971년-2000년이다. 자료의 출처는 한국의 경우, GDP 및 GDP 디플레이터는 한국은행의 DB, 총R&D투자(TERD), 정부투자(GERD), 민간투자(PERD)는 과학기술부·한국과학기술기획평가원(2003)이다. 미국의 경우 GDP 및 GDP 디플레이터는 IFS CD ROM, R&D 투자관련 통계는 OECD에서 발간된 Basic Science and Technology Statistics(CD ROM)를 활용하였다. 일본은 IFS CD ROM과 National Institute of Science and Technology Policy의 홈페이지 통계를 이용하였다. 모든 값은 GDP 디플레이터로 나누어 실질치(real term)로 전환하였으며 자연대수를 취하였다.

먼저 한국의 경우, R&D 투자와 GDP의 관계는 <그림 2>의 연도별 추세에서 개괄적으로 살펴 볼 수 있다. 그림에서 상단의 실선이 GDP, GERD는 정부R&D투자, 그리고 PERD는 민간R&D투자의 추이를 나타낸다. GDP와 R&D 투자가 대상기간인 31년간 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있어 상호간의 연관관계가 있음을 추정케 한다. 1971년이래 정부투자가 민간투자를 앞서 있으나 국가연구개발사업이 시행된 1982년 이후엔 민간투자가 정부투자를 앞질러 큰 증가율을 보이고 있다. 이는 정부의 지속적인 투자에 의해 R&D 인프라가 구축되었고 1980년대 초에 비로소 민간 R&D가 유발되었음을 알 수 있다. 앞서 <그림 1>에서 설명한 바, 민간투자가 유발되는 T1 이전의 초기단계에선 정부투자와 민간투자간 상호 유인관계가 미약하고 결국 정부 R&D 투자의 GDP에의 기여도도 낮은 기간이라 하겠다.

<그림 2> 한국의 R&D 투자 및 GDP의 관계



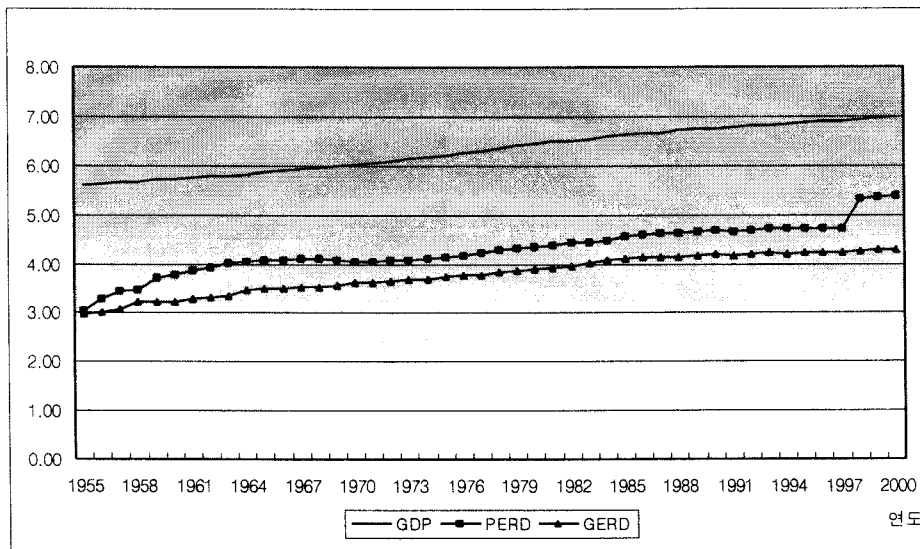
주) 상기 그림에서 GDP는 국내총생산, PERD는 민간 R&D 투자, 그리고 GERD는 정부 R&D 투자를 나타내며, 종축은 이들 변수의 자연대수를 취한 값임.

그러나 1982년 이후 민간의 R&D 투자는 급격한 증가를 보이고 있어, 이 시점을 기준으로 비로소 정부 R&D 투자와 상호 인관관계가 형성된 것으로 설명할 수 있다. 현재 정부투자와 민간투자의 분담비율이 20:80 정도로서 선진국형 투자배분 모

델로 진입한 것으로 평가된다.

한편, 미국 역시 <그림 3>에서 알 수 있는 바와 같이 GDP와 R&D 투자는 선순환의 관계가 존재하는 것으로 추정되나 한국과 달리 정부투자와 민간투자가 1956년 이후 평행선을 그리고 있다. 앞서 가설에서 설명한 바와 같이, 정부 R&D와 민간 R&D가 각기 고유한 영역을 확보하고 상호 연관관계를 가지고 있음을 짐작할 수 있다.

<그림 3> 미국의 R&D 투자 및 GDP의 관계



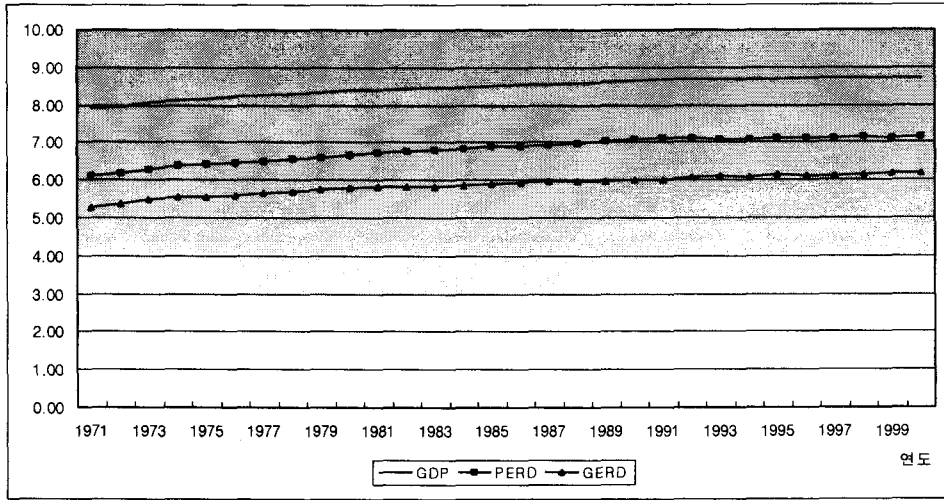
주) 상기 그림에서 GDP는 국내총생산, PERD는 민간 R&D 투자, 그리고 GERD는 정부 R&D 투자를 나타내며, 종축은 이들 변수의 자연대수를 취한 값임.

미국의 R&D 투자는 1980년을 전후한 10년간 연평균 5.3%의 증가를 보인 반면, 1990년 전후엔 불과 0.9%의 성장률을 보이고 있다. 그러나 R&D 투자규모 측면에서 미국은 세계 1위이며 기술재투자 프로그램, Advanced Technology Program 등 시대적 요구를 반영한 사업들이 추진되어 왔다. 여타 국가와 비교할 때 특징은 국방 R&D 투자가 매년 총 R&D투자의 과반을 초과하는 상황이어서 정부투자는 곧 민간투자를 유발하는 매우 밀접한 관계에 있을 것으로 보인다. 왜냐하면 미국의 국방 R&D는 군수산업과의 대응투자에 의해 수행되고 있기 때문이다.

일본 역시 <그림 4>에서 보듯, 미국과 비슷한 양상을 보이고 있어 한국과는 차별화된다. 일본은 1970년대 초 GDP와 R&D 투자가 크게 증가하는 양상을 보이고 있고 1980년대에 들어 그 증가폭이 더욱 가속화되었다.⁸⁾ 그러나 1991년부터 경기후퇴가 시작되어 R&D 투자액도 감속현상을 보여 1990년대 초 총 R&D 투자의 연평균 증가율이 1.0%에 그쳐, 1980년대 10.5%의 증가율을 기록한 것과 크게 대조를 이룬다.

8) 이에 관한 자세한 사항은 김갑수(1994) 참조.

<그림 4> 일본의 R&D 투자 및 GDP의 관계



주) 상기 그림에서 GDP는 국내총생산, PERD는 민간 R&D 투자, 그리고 GERD는 정부 R&D 투자를 나타내며, 종축은 이들 변수의 자연대수를 취한 값임.

상기의 추세에서 볼 때, 일본의 GDP와 R&D 투자는 밀접한 관계를 가진 것으로 사료되며 정부부문과 민간부문의 상호작용 하에 적절한 배분비율을 유지하는 것으로 볼 수 있다.

따라서 상기 3국의 사례는, 앞서 설정한 가설에서와 같이, 한국은 제 2단계에 속하고, 미국, 일본은 제 3단계에 이르러 선진국과 신흥공업국의 각기 모델에 부합되는 것으로 볼 수 있다. 이하에서는 이러한 가설을 그랜저 인과관계(Granger Causality) 검정법을 이용하여 3국에 대해 통계적으로 분석한다.

2. 단위근검정

먼저 시계열 변수들의 안정성 여부를 알아보기 위해 Phillips-Perron(1988) 단위근 검정을 실시하였다. 단위근 검정 결과는 <표 1>에 나타나 있다.

검정시 확정적 시간 추세항(deterministic time trend)과 상수항을 포함하는 경우와 상수항만 포함하는 경우 모두를 검정하였다. 최적시차 수를 정하는 데에는 Newey and West 방법(1987)을 따랐다. 그 결과 최적시차는 모두 3으로 나타났다.

검정 결과 모두 수준에서는 단위근이 존재하지만 1차차분한 경우는 단위근이 없는 것으로 나타났다.⁹⁾ 즉 모든 변수가 수준에서는 불안정적이지만 1차차분에서는 안정적인 I(1)으로 나타났다.

9) 미국 GERD의 경우 수준에서 추세를 포함하면 불안정적, 상수항만 포함하면 안정적으로 나타났지만 그림에서 보듯이 동 변수가 추세를 보여주고 있어 I(1)으로 해석한다.

<표 1> Phillips-Perron 단위근 검정

국가	변수	시차	상수항만 포함시		상수항과 시간추세항 포함시	
			검정통계량	임계치(5%)	검정통계량	임계치(5%)
한국	GDP	3	-1.41	-2.96	-1.46	-3.56
	TERD	3	-1.47	-2.96	-0.73	-3.56
	GERD	3	-0.21	-2.96	-2.73	-3.56
	PERD	3	-1.64	-2.96	-1.00	-3.56
	△GDP	3	-4.98	-2.96		
	△TERD	3	-4.27	-2.96	-	-
	△GERD	3	-5.32	-2.96		
	△PERD	3	-6.36	-2.96		
미국	GDP	3	-0.40	-2.92	-2.06	-3.51
	TERD	3	-1.80	-2.92	-2.58	-3.51
	GERD	3	-4.43	-2.92	-3.22	-3.51
	PERD	3	-2.11	-2.92	-2.79	-3.51
	△GDP	3	-5.62	-2.92		
	△TERD	3	-5.91	-2.92	-	-
	△GERD	3	-5.46	-2.92		
	△PERD	3	-6.15	-2.92		
일본	GDP	3	-2.85	-2.96	-0.69	-3.57
	TERD	3	-2.09	-2.96	-0.53	-3.57
	GERD	3	-0.79	-2.96	-2.08	-3.57
	PERD	3	0.60	-2.96	-1.19	-3.57
	△GDP	3	-3.55	-2.96		
	△TERD	3	-3.31	-2.96	-	-
	△GERD	3	-3.58	-2.96		
	△PERD	3	-5.22	-2.96		

주: △는 1차 차분이며, 임계치는 McKinnon(1991)임.

3. 공적분검정

모든 변수들이 단위근을 갖는 불안정한 시계열로 나타났으므로 변수들 간에 공적분 관계가 있는지를 검토한다. 공적분 검정방법에는 여러 가지가 있다. Gonzalo(1994)는 공적분을 검정하는 주요 다섯 가지 방법을 비교·검토한 후 이들 가운데서 Johansen(1988)과 Johansen and Juselius(1990)가 제시한 최우추정방법(FIML: full information maximum likelihood estimation)이 여러 가지 면에서 가장 우월한 것임을 보이고 있다. 이에 기초하여 본 연구에서는 최우추정방법을 사용한다. 우선 시차수 k 개를 가정한 VAR 모형은 다음과 같다.

$$Y_t = \mu + \Pi_1 Y_{t-1} + \dots + \Pi_k Y_{t-k} + \varepsilon_t \quad (1)$$

여기서, 2변수 모형인 경우 $Y=[GDP, TERD]$, 3변수 모형인 경우 $Y=[GDP, GERD, PERD]$ 이며 μ 는 상수항이며, ε 은 백색 잡음이다. 이 VAR 모형(1)은 다음 식(2)와 같이 오차수정모형으로 전환할 수 있다.

$$\Delta Y_t = \mu + \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta Y_{t-k+1} - \Pi Y_{t-k} + \varepsilon_t \quad (2)$$

여기서 Δ 는 일차 차분 표시이며, $\Gamma_i = -I + \Pi_1 + \dots + \Pi_i$ ($\forall i = 1, \dots, k-1$), $\Pi = I - \Pi_1 - \dots - \Pi_k$ 이다. 이 때 최적 차수를 결정하는 데는 Schwarz Criterion(SC)을 사용하였다. 참고로 $SC = -2l/T + (k \cdot \log T)/T$, 단 $l = (-T/2)(1 + \log(2\pi) + \log(\hat{\varepsilon}'\hat{\varepsilon}/T))$ 이다. <표 2>는 비제약 VAR 추정에서 시차수를 달리하여 얻어진 SC 값들을 제시해 주고 있다.

< 표 2 > 최적 시차 결정을 위한 SC 값

모형	국가	SC 값		
		시차수 2	시차수 3	시차수 4
GDP-TERD	한국	-4.66	-4.35	-4.14
	미국	-4.75	-4.40	-4.96
	일본	-8.76	-8.63	-9.36
GDP-GERD-PERD	한국	-3.34	-2.82	-3.17
	미국	-6.81	-6.05	-5.78
	일본	-11.23	-11.09	-11.92

주: 굵게 표시된 값은 최적시차에서의 SC 값임.

이제 위 식(2)에서 행렬 Π 의 공적분 위수(cointegration rank)를 추정하면 공적분 관계 여부를 알 수 있다. 공적분 검정에서 공적분 방정식에 시간추세항은 제외하였고 상수항은 넣었다. 공적분 검정 결과는 <표 3>에 나타나 있다.

먼저 GDP-TERD 모형을 보면 한국, 미국, 일본 3개국 모두 공적분 벡터가 없다는 가설은 신뢰수준 5%에서 기각된 반면 벡터수가 최대 하나 있다는 가설은 기각되지 않아 양 변수 간에는 공적분 벡터의 갯수가 하나 있는 것으로 나타났다. 즉, 3국 모두 GDP와 TERD 간에는 하나의 장기적으로 안정적인 선형관계가 있음을 알 수 있다.

한편 GDP-GERD-PERD 모형을 보면 한국과 일본의 경우 세 개의 변수간에 공적분 관계가 없다는 가설과 공적분 벡터수가 최대 하나 있다는 가설은 기각하지 못하여 공적분 위수(cointegration rank)가 하나 있는 것으로 보이며 미국의 경우 벡

터수가 최대 하나 있다는 가설은 기각하지만 두 개 있다는 가설은 기각하지 못하여 공적분 위수가 두 개 있는 것으로 나타났다.

<표 3> 공적분 Trace 검정 결과

모형	국가	귀무가설	우도비통계량(trace)	임계치(5%)
GDP-TERD	한국	R = 0	25.40	19.96
		R ≤ 1	4.07	9.24
	미국	R = 0	26.24	19.96
		R ≤ 1	8.01	9.24
	일본	R = 0	33.90	19.96
		R ≤ 1	5.46	9.24
GDP-GERD-PERD	한국	R = 0	36.78	34.91
		R ≤ 1	14.59	19.96
		R ≤ 2	3.89	9.24
	미국	R = 0	51.19	34.91
		R ≤ 1	24.41	19.96
		R ≤ 2	6.00	9.24
	일본	R = 0	61.27	34.91
		R ≤ 1	17.67	19.96
		R ≤ 2	4.97	9.24

주: R은 공적분 위수(cointegration rank)임.

임계치는 Osterwald-Lenum(1992).

4. Granger인과 관계 검정

두 모형에서 공적분 관계가 있는 것으로 판명된 경우의 그랜저 인과 관계 검정은 오차수정모형을 이용하여야 한다(Granger(1988), Oh and Lee(2004)). 왜냐하면 공적분 관계에 있는 시계열 변수들간의 그랜저 인과 관계 검정시 VAR를 이용한 전통적인 그랜저 인과 관계 검정은 인과 관계의 중요한 통로인 오차수정항을 통한 인과 관계를 파악할 수 없게 되기 때문이다. 오차수정모형을 이용할 경우 독립변수 차분항이 종속변수에 미치는 영향은 물론 오차수정항의 변화가 독립변수에 미치는 영향도 찾아낼 수 있다. 추정된 오차수정항의 계수는 장기균형관계에서의 이탈이 단기에 어느 정도 종속변수에 영향을 주어 장기 균형관계로 조정되도록 하는지를 말하는 단기조정계수로 간주된다.

식(2)의 오차수정모형을 GDP-TERD 모형에서 GDP와 TERD 각각의 변수별로 풀어쓰면 다음과 같다.

$$\Delta RD_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} ECT_{i,t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_{rdi} \Delta RD_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_{rdi} \Delta Y_{t-i} + \epsilon_{rdt} \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} ECT_{i,t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_{yi} \Delta RD_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_{yi} \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_{yt} \quad (4)$$

여기서 Y는 실질GDP, RD는 총 R&D투자(TERD), ECT는 오차수정항, R은 공적분 벡터 수, n은 앞서 공적분 검정시에 사용한 최적 차수이다. 위 식에서 보듯이 오차수정모형에서는 독립변수의 차분항들과 오차수정항 모두 종속변수에 영향을 줄 수 있는 그랜저 인과 관계의 원천(source of causation)이 될 수 있다.

먼저 실질 GDP가 R&D를 그랜저 인과하는가를 보려면 식(3)에서 ΔY 의 계수와 오차수정항의 계수가 유의적인지 파악하면 된다. 검정은 세 가지 경우로 나누어진다. 첫째, $H_0: \delta_{rdi} = 0, \forall i$ 를 검정한다. 이는 종속변수가 장기관계를 나타내는 오차수정항에 의해 받는 영향을 배제한다는 점에서 단기 인과관계로 해석되기도 한다. 이는 약 인과관계 검정이라 불리기도 한다. 둘째, 오차수정항의 계수가 유의적인가, 즉 $H_0: \beta_{1i} = 0 \forall i$ 를 검정한다. 이 경우는 장기 균형관계에서의 이탈이 종속 변수에 주는 영향을 파악한다는 점에서 장기 관계를 설명한다고 할 수 있다. 추정된 오차수정항의 계수는 장기균형관계에서의 이탈이 단기에 어느 정도 종속변수에 영향을 주어 장기 균형관계로 조정되도록 하는지를 말하는 단기조정계수이다. 셋째, 독립변수의 차분항과 오차수정항의 계수가 모두(jointly) 영과 다르지 않은가, 즉 $H_0: \beta_{1i} = 0 \text{ and } \delta_{rdi} = 0 \forall i$ 를 검정한다. 이 경우가 일반적으로 말해지는 (강) 그랜저 인과관계 검정이다. 모든 계수의 유의성 검정은 F 검정을 사용한다.

R&D가 실질GDP를 그랜저 인과하는 지에 대한 검정도 위와 같은 방식으로 한다. 식(4)에서 첫째, $H_0: \gamma_{yi} = 0, \forall i$ 둘째, $H_0: \beta_{2i} = 0, \forall i$ 셋째, $H_0: \beta_{2i} = 0 \text{ and } \gamma_{yi} = 0, \forall i$ 를 검정한다. GDP-GERD-PERD 모형도 동일한 방법으로 검정할 수 있다.

먼저 GDP-TERD 모형의 그랜저 인과 관계 검정 결과는 <표 4>에 나타나 있다. 한국의 경우 독립변수의 차분항의 계수는 유의적이지 않다. 즉 독립변수의 차분항이 종속변수에 영향을 미치지 않는 것이다. 따라서 GDP와 TERD가 단기에는 양자간에 인과관계가 성립하지 않는다는 것을 알 수 있다. 한편 독립변수의 차분항과 오차수정항의 계수가 모두(jointly) 영과 다르지 않은가라는 것을 검정한 결과는 GDP와 TERD가 서로 Granger 인과하는 것으로 나타났다. 이러한 양방향의 인과관계 결과는 Hsiao 방식의 Granger 인과성 검정법을 이용한 오세홍·임수진·손소영(2002)의 결과와 일치하는 것이다. 그리고 이러한 인과의 원천이 오차수정항으로 나타났다.

다른 한편 미국의 경우 단기에는 한국과 마찬가지로 GDP와 TERD간에 인과관계가 성립하지 않으나 일반적인 의미에서의 그랜저 인과관계 의미로는 TERD가 GDP를 인과하지만 그 역은 성립하지 않는 일 방향의 인과관계만 성립한다. 그리고 일본은 미국과 마찬가지로 TERD에서 GDP로의 일 방향 인과관계만 성립하지만 단기

에도 동일한 방향으로의 인과관계가 성립하는 것으로 드러났다.

이상의 실증분석 결과는 본 논문의 앞장에서 제시된 가설들을 뒷받침하는 결과이다. 즉, 한국과 같은 신흥공업국의 경우 R&D 투자의 성격이 산업생산과 밀접한 관계가 있어 R&D 투자의 증가는 GDP의 증가를 가져오고, 이는 다시 R&D 투자의 확대를 유인하는 관계를 나타낸다고 말할 수 있다. 또한 미국과 같은 선진국의 경우 R&D 투자가 적정규모를 달성한 상태에서 GDP의 증가가 R&D 투자를 유인하지는 않고, R&D 투자가 GDP에 기여하는 단계에 있다는 것을 반증하고 있다 하겠다.

<표 4> GDP-TERD 간의 그랜저 인과 관계 검정 결과

국가	귀무가설	검정통계량				
		Δ GDP	Δ R&D	ECT	Δ GDP & ECT	Δ R&D & ECT
한국	R&D \Rightarrow GDP	-	0.20	25.56**	-	15.19**
	GDP \Rightarrow R&D	0.56	-	10.79**	7.31**	-
미국	R&D \Rightarrow GDP	-	0.87	21.04**	-	6.20**
	GDP \Rightarrow R&D	0.23	-	0.09	0.30	-
일본	R&D \Rightarrow GDP	-	3.28**	28.91**	-	7.45**
	GDP \Rightarrow R&D	1.85	-	0.10	1.63	-

주: 1) R&D=TERD

2) \Rightarrow : 그랜저 인과하지 않음을 의미함.

3) ** : 신뢰도 5% 수준에서 유의함.

다음으로 <표 5>에는 GDP-GERD-PERD 모형에 대한 그랜저 인과 관계 검정 결과가 제시되어 있다. Kim and Oh(2000), 오세홍·임수진·손소영(2002), 유승훈(2003) 등의 기존 연구들이 GDP와 TERD, GDP와 GERD, GDP와 PERD, 혹은 GERD-PERD의 2변수 모형을 사용하는데 반하여 본 연구에서 GDP-GERD-PERD의 3변수 모형을 사용한 이유는 이들 세 변수가 매우 밀접히 연결되어 있으므로 어느 두 변수만의 관계를 보면 이들 중 하나 혹은 둘 다에 영향을 미치는 나머지 한 개의 변수를 빠뜨린 상태에서 분석하게 되기 때문이다.

먼저 한국의 경우 GDP와 GERD는 GDP와 TERD와의 관계와 동일한 결과를 보여주고 있는데 상호간에 양방향으로 그랜저 인과하며 인과의 원천은 오차수정항이며, 단기에는 두 변수간에 인과관계가 없는 것으로 나타났다. 오세홍·임수진·손소영(2002)의 경우 2변수 모형을 사용하고 양자간에 공적분 관계가 존재함에도 불구하고 오차수정모형을 이용한 것은 아니지만 본 연구에서와 마찬가지로 (단기) GDP와 GERD는 상호 인과하지 않는다는 결과를 제시하였으며 GDP와 PERD간에는 본 연구에서와 마찬가지로 PERD에서 GDP로의 일방향 인과관계를 보인다고 주장하였다. GERD와 PERD 관계를 보면 PERD는 GERD를 인과하는 반면에 GERD는 PERD를 인과하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 양방향 (강) 인과성을 발견한 유승훈(2003)과 다소 다른 결과인데 그 원인은 2변수 모형이 아닌 3변수

모형을 사용한데 기인한 것으로 추정된다.

<표 5> GDP-GERD-PERD 간의 그랜저 인과 관계 검정 결과

국가	귀무가설	검정통계량						
		△GDP	△GRD	△PRD	ECT	△GDP &ECT	△GRD &ECT	△PRD &ECT
한국	GRD ⇔ GDP	-	1.30	-	19.28**	-	10.73**	-
	GDP ⇔ GRD	1.23	-	-	7.18**	5.15**	-	-
	PRD ⇔ GDP	-	-	2.08	19.28**	-	-	11.25**
	GDP ⇔ PRD	0.04	-	-	1.93	1.91	-	-
	PRD ⇔ GRD	-	-	0.10	7.18**	-	-	3.73**
	GRD ⇔ PRD	-	3.38	-	1.93	-	2.92	-
미국	GRD ⇔ GDP	-	12.53**	-	11.18**	-	6.64**	-
	GDP ⇔ GRD	0.19	-	-	8.40**	-6.17**	-	-
	PRD ⇔ GDP	-	-	0.04	11.18**	-	-	7.46**
	GDP ⇔ PRD	1.07	-	-	2.85	2.29	-	-
	PRD ⇔ GRD	-	-	0.06	8.40**	-	-	7.68**
	GRD ⇔ PRD	-	1.01	-	2.85	-	2.50	-
일본	GRD ⇔ GDP	-	0.52	-	37.34**	-	11.69**	-
	GDP ⇔ GRD	0.82	-	-	0.31	0.95	-	-
	PRD ⇔ GDP	-	-	3.96**	37.34**	-	-	10.01**
	GDP ⇔ PRD	2.83	-	-	0.05	2.18	-	-
	PRD ⇔ GRD	-	-	0.45	0.31	-	-	0.49
	GRD ⇔ PRD	-	3.35**	-	0.05	2.18	2.89	-

- 주: 1) GRD=GERD, PRD=PERD
 2) ⇔ : 그랜저 인과하지 않음을 의미함.
 3) ** : 신뢰도 5% 수준에서 유의함.

다음으로 미국을 보면 GDP와 GERD의 경우 양방향으로 인과관계가 성립하는데 이는 한국의 경우와 동일한 것이다. 하지만 단기에는 GERD에서 GDP로의 일방향 인과관계만이 존재한다. 한편 GDP와 PERD를 보면 단기에는 양방향 모두 인과관계가 성립하지 않으며 장기에는 PERD는 GDP를 일방향으로 인과하고 있다. 또한 GERD와 PERD와의 관계를 살펴보면 단기에는 서로 인과하지 않으나 장기에는 PERD에서 GERD로의 양방향으로 인과관계가 있다.

마지막으로 일본을 살펴보면 GDP와 GERD의 경우 단기에는 서로 인과하지 않는 중립성 가설이 성립하며 장기에는 GERD에서 GDP로의 일방향 인과관계가 성립한다. GDP와 PERD의 관계에서는 장단기 모두에 걸쳐 PERD에서 GDP로의 일방향 인과관계만 성립한다. 또한 GERD와 PERD간에는 단기에만 GERD에서 PERD로의 인과관계가 성립하고 장기에는 서로 인과하지 않는 것으로 나타났다.

이상의 그랜저 인과관계 검정결과를 정리해보면 GDP-TERD 모형의 경우 본 논

문의 가설, 즉 경제발전 초기단계의 개발도상국에서는 GDP가 총 R&D를 단방향 그랜저 인과하고, 신흥공업국의 경우 GDP와 총 R&D 투자가 상호 인과하며, 선진국의 경우에는 총 R&D 투자에서 GDP로의 일방향 그랜저 인과한다는 가설을 지지해 주고 있다. 그리고 이러한 인과의 원천이 대부분 오차수정항으로 나타났다.

한편 GDP-GERD-PERD 모형의 경우 한·미·일 3국 모두 GDP가 GERD를 인과하지만 그 역은 성립하지 않음을 보여주고 있다. 이는 아마도 GERD가 정부예산과 관련되며 이는 다시 GDP 수준과 관련되어 있기 때문으로 분석된다. 그리고 3국간에 동일한 패턴을 보여주는 것으로 GDP와 PERD와의 관계를 들 수 있다. 즉 PERD에서 GDP로는 인과관계가 성립하지만 그 역은 성립하지 않는 일방향 그랜저 인과관계가 존재한다. 이는 PERD가 산업생산을 늘려 GDP를 증가시킬 수 있지만 GDP가 증가한다고 해서 PERD가 자동적으로 증가하는 것은 아님을 말해주고 있다. 3국간 동일한 패턴을 보여주고 있는 다른 한 가지는 GERD가 PERD를 그랜저 인과하지 못한다는 것이다. 이는 연구대상국이 선진국과 신흥공업국으로서 경제발전 초창기의 후발개도국 단계(<그림 1>의 제 I 단계)를 이미 거친 상태이기에 나타나는 현상으로 풀이된다.

IV. 요약 및 결론

본 논문은 R&D 투자와 GDP의 인과관계를 한·미·일 3개국을 대상으로 분석하여 국별 공통점과 차이점을 찾아보고, 이에 더하여 GDP 수준에 따른 그 인과관계의 일정한 패턴이 존재하는지 모색하고자 시도하였다.

먼저, GDP-GERD-PERD 3변수 모형을 한·미·일 3국에 적용한 결과 다음의 공통적인 결과를 얻었다. 첫째, GDP가 GERD를 인과하지만 그 역은 성립하지 않으며, 둘째, PERD에서 GDP로는 인과관계가 성립하지만 그 역은 성립하지 않는 단방향 Granger 인과관계가 존재하고, 셋째, GERD가 PERD를 Granger 인과하지 않는다는 것이다. 이러한 3변수 모델의 분석결과는, 한국을 대상으로 분석한 오세홍 외(2002)의 두 변수 인과관계 검증의 결론인 PERD가 GDP를 인과하지 못한다는 사실과 대립되며, 또한 유승훈(2003)의 GERD와 PERD 간의 양방향 인과관계가 성립한다는 결과와 상이하게 나타났다. 최근에 발표된 이들 두 연구결과와 상이한 결론을 얻은 배경은, 분석 대상기간과 분석방법에 있어 약간의 차이도 있겠으나 이들의 분석은 GERD와 PERD를 모두 포함하여 GDP와의 인과관계를 분석하지 않은 2변수 모형을 사용했기 때문으로 사료된다.

아울러 본 연구는 국별 비교를 통해, 경제발전의 수준 즉 GDP의 성장경로에 따라 이들 변수의 인과관계가 어떻게 진화하는지를 보고자 시도하였다. 앞서 가설에서 제시한 바와 같이, R&D와 GDP의 인과관계는 고정되어 있고 모든 국가에 동일한 것이 아니라 GDP의 수준에 따라 상이한 패턴을 보인다는 것이었다. 더 나아가 한·미·일 3국의 결과로 추론해 볼 때, 그 패턴은 신흥공업국의 경우 GDP와 총

R&D 투자가 상호 인과하며, 선진국의 경우에는 총 R&D 투자에서 GDP로의 일방향 그랜저 인과한다는 패턴을 가진다는 것이다. 그런데 이러한 가설을 검증하고 일반화하기에 본 논문의 연구대상국이 3개국에 불과하여 국별 사례가 충분한 것은 아니나 그 시사점을 찾고 개발도상국을 포함하여 많은 국가들을 대상으로 연구하는 향후 연구과제를 제시하는데 그 의의를 들 수 있다. 한국을 신흥공업국의 대표적 국가로 보고 미국과 일본을 선진국으로 볼 때, 상기의 가설이 성립함을 보여주고 있으며 이러한 인과의 원천이 대부분 오차수정항이라는 사실을 알게 되었다.

선진국의 경우 GDP가 R&D 투자를 유인하지 않는 이유로는, 국가 R&D 투자에의 투자재원의 여력과 투자에 대한 규모의 경제로 설명할 수 있겠다. 개도국의 경우, 정부부문 및 민간부문 모두 R&D 투자재원이 부족하여 R&D에 있어 규모의 경제를 달성하는 수준이하로 투자가 이루어지는 게 현실이다. 따라서 GDP의 증가에 따라 투자재원이 확충되고 R&D 투자에 더 많은 재원을 확보할 수 있는 여력이 생겨 GDP의 증가가 R&D 투자의 증가로 이어질 수 있다. 그러나 선진국의 경우, 이미 R&D 투자에 있어 규모의 경제를 달성한 이후이고, 정책이 투자의 효율성에 초점이 맞추어져 있어 GDP의 증가가 R&D 투자를 유인하지 않는 것으로 볼 수 있다.

본 연구결과의 중요한 시사점은, 한국은 국민총생산 대비 R&D 투자액이 3%에 근접하여 동 지표로 볼 때, 선진국과 대등한 R&D 집약적 국가란 논의가 있지만 아직 R&D 투자에 있어 규모의 경제를 달성하지 못한 신흥공업국 모형에 머물고 있다는 점이다. 정부 R&D가 국가연구개발사업으로 민간부문과의 대응투자에 의해 수행되고 있고, 투자의 대상이 기초연구보다 개발연구에 치중하여 산업지향적인 점도 간과할 수 없겠다. 미국, 유럽 등 선진국에서 정부투자와 민간투자의 대상기술이 확연히 구분되고 분담되어 있는 것을 볼 때, 우리나라의 정부 R&D 투자가 산업이 할 수 없는 시장실패의 독자적 영역을 언제 어떻게 갖추어야 할지 결정하는데 본 연구의 결과가 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 과학기술부·한국과학기술기획평가원(2003), 「2002년 과학기술연구활동조사보고서」.
- 신태영(2002), 「연구개발투자와 지식축적량의 국제비교」, STEPI.
- 신태영 외(1998), 「거시계량경제모형을 이용한 연구개발투자의 정책효과 분석」, 정책자료 98-15, 과학기술정책.
- 오세홍·임수진·손소영(2002), “국내 연구개발투자와 경제성장간의 인과관계,” 「기술혁신연구」, 제10권 제1호, pp. 65-82.
- 유승훈(2003), “정부 R&D 투자와 민간 R&D 투자의 인과관계 분석,” 「기술혁신연구」, 제11권 제2호, pp. 175-193.
- Bassanini, Andrea, Stefano Scarpetta and Ignazio Visco(2000), "Knowledge, Technology and Economic Growth: Recent Evidence from OECD Countries", 150th Anniversary Conference of the National Bank of Belgium Brussels.
- Cororaton, Caesar B.(1999), "Rate of Return to R&D Investment in the Philippines", Philippine Institute for Development Studies, Discussion Paper Series, No. 99-24.
- David, Paul A., Bronwyn H. Hall, and Andrew A. Toole(2000), "Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D? A Review of the Econometric Evidence," *Research Policy*, Vol. 29, Issues 4-5, pp. 497-529.
- Engle, R. F and C. W. Granger(1987), "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing," *Econometrica*, Vol. 58, pp. 251-276.
- Fraumeni, Barbara M. and Sumiye Okubo(2003), "R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at its Effect on GDP," Presented at the Conference on Research in Income and Wealth, NBER, Washing. D. C.
- Gonzalo, Jesus(1994), "Five Alternative Methods of Estimating Long-Run Equilibrium Relationships," *Journal of Econometrics*, Vol. 60, pp. 203-233.
- Granger, C. W. J.(1988), Some recent developments in a concept of causality, *Journal of Econometrics*, Vol. 39, pp. 99-211.
- Hall, B. H.(1993), "Industrial research during the 1980s: Did the Rate of Return Fall?," *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 2, pp. 289-343.
- International Monetary Fund, International Financial Statistics CD ROM, 2003.

12.

- Johansen, S.(1988), "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 12, 231-54.
- _____ and K. Juselius(1990), "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 52, pp. 169-210.
- Kim, Sun G. and Oh, Wankeun(2000), "The Relations between Government R&D and Private R&D Expenditure in the APEC Economies: A Time Series Analysis," *Journal of APEC Studies*, Vol. 2, No. 1, pp. 29-53.
- Krugman, Paul (1994), "The Myth of Asia's Miracle," *Foreign Affairs*, November/December, 62-78.
- Lang, Günter(2002), "The Impact of R&D on Productivity Growth", University of Augsburg.
- Ishaq, Nadiri M. and Seongjun Kim(1996), "International R&D Spillovers, Trade and Productivity in Major OECD Countries," National Bureau of Economic Research, Working Paper 5801.
- National Institute of Science and Technology Policy, www.nistep.go.jp.
- Newey, W. and K. West(1987), "A Simple Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix," *Econometrica*, Vol. 55, pp. 703-708.
- OECD, *Main Science and Technology Indicator*, 2003/1.
- Oh, Wankeun and Kihoon Lee,(2004), "Causal Relationship between Energy Consumption and GDP revisited: The case of Korea 1970-1999," *Energy Economics*, Vol. 26, No. 1, pp. 51-59.
- Osterwald-Lenum, M.(1992), "Practitioners Corner A Note with Quantiles of the Asymptotic Distribution of the Maximum Likelihood Cointegration Rank Test Statistics," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 54, pp. 461-472.
- Phillips, P. C. B. and P. Perron(1988), "Testing for a unit root in time series regression," *Biometrika*, Vol. 75, pp. 335-346.
- Romer, Paul, (1994) "The Origins of Endogenous Growth," *Journal of Economic Perspectives*, Winter, pp. 3-2.
- Scherer, F. M.(1993), "Lagging Productivity Growth: Measurement, Technology and Shock Effects," *Empirica*, Vol. 20, pp. 5-24.
- Singh, Nirvikar and Hung Trieu(1996), "The Role of R&D in Explaining Total Factor Productivity Growth in Japan, South Korea, and Taiwan," Unpublished manuscript, University of California at Santa Cruz.

- Shin, Taeyoung(2003), *Long-run Effects of R&D Investment on National Economy: A Macro-Econometric Model*, STEPI.
- Solow, R. M. (1957), Technical Progress and the Aggregate Production Function *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp. 312-320.
- Tsai, Kuen-Hung and Jiann-Chyuan Wang(2002), "An Examination of Taiwan's Innovation Policies and R&D Performance", Division of Taiwan Economy Chung-Hua Institution for Economic Research.
- World Bank(2001), *World Development Report*.