
우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석: OECD 국가와의 비교를 중심으로

김영훈* · 김선근**

<목 차>

- I. 서 론
- II. 이론적 배경 및 변수설계
- III. 실증분석 및 결과
- IV. 결론 및 시사점

국문초록 : 본 연구는 1984년부터 패널자료의 확보가 가능한 17개 OECD 국가를 표본으로 하여 R&D 생산성 및 효율성에 대한 실증분석을 통해 비교하고 우리나라의 수준과 특징을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 그 성과를 산출(output) 측면과 성과(outcome) 측면으로 구분하고, 맘퀴스트 생산성지수와 자료포락분석방법을 활용하여 R&D경로단계별 생산성 및 효율성과 그 변화추이를 비교분석하였다. 우리나라는 R&D 투자 대비 산출 생산성은 매우 높은 반면, 평균효율성은 매우 낮게 나타났으며, 효율성의 시계열 변화추이를 보면 최초 지수 0.10에서 시작하여 최종 0.83까지 가파르게 상승하면서 주요 선진국들 수준에 도달하였다. R&D 산출 대비 생산성은 매우 낮으며, 통합 프런티어에 대한 효율성은 최초 지수 1.00에서 최종 0.057까지 주요 선진국들 수준으로 가파르게 하락하여 왔다. 그리고 상관분석을 통해 R&D 산출 대비 생산성이 곧 R&D 투자 대비 생산성을 가늠하는 지표가 될 수 있음을 보였다. 본 연구는 우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 향상을 위해서는 R&D 투자 및 산출 증대의 노력 이상으로 R&D 산출물의 활용 측면이 보다 강화되어야 하고 이를 위해 효과적인 기술확산 체계 구축, 기술금융시장환경 조성 및 사업화에 성공하기까지 실질적인 인큐베이팅 제공 등

* 한국연구재단 선임연구원, 경영학 박사 (1004@nrf.re.kr)

** 교신저자, 대전대학교 경영대학 정교수 (sunkim@dju.kr)

전반적인 기술사업화 시스템의 혁신이 주요 과제임을 시사하고 있다.

주제어 : R&D투자, R&D산출, R&D성과, 생산성, 효율성, R&D경로단계, 기술사업화

An Analysis on the R&D Productivity and Efficiency of Korea: Focused on Comparison with the OECD Countries

Young H. Kim · Sun G. Kim

Abstract : This paper aims to measure and analyze R&D productivities and efficiencies of 17 major OECD countries including Korea over the 1984-2008 period by using the Malmquist Productivity Index and Data Envelopment Analysis, classifying R&D performance into an output and outcome aspects. It also searches the Korea's current status and characteristics in each R&D stage to enhance Total Factor Productivity (TFP) compared with other developed countries.

Our major findings are the followings: (i) Korea's productivity index of R&D input vis-a-vis R&D output is very high (13.39% annual growth rate) compared with those of major advanced countries, whereas the annual average of efficiency index is very low (0.33), i.e. Korea's technical efficiency index has risen to 0.83 at the last time series started at 0.10 point and come up to the level of major advanced countries. (ii) the Korea's productivity index of R&D output vis-a-vis R&D outcome is very low (14.02% annual reduction rate) compared with those of major advanced countries, whereas the annual average of efficiency index is very high (0.22), i.e. Korea's integrated frontier technical efficiency index has dropped to 0.057 at the last time series started at 1.00 point and coming up to the level of major advanced countries. (iii) The productivity of R&D input vis-a-vis R&D outcome is positively correlated with that of R&D output vis-a-vis R&D outcome and the growth of R&D input factors.

In a nutshell, it implicates that the effort to take advantage of R&D outputs, namely establishing the diffusion and commercialization system of technical knowledge to the level of developed countries, should be strengthened over that on the growth of R&D investment and output for enhancing R&D productivity and efficiency in Korea.

Key Words : R&D input, R&D output, R&D outcome, productivity, efficiency, R&D pathway stage, technology commercialization

I. 서론

1950년대 이후 미국 등 서구 선진국의 부와 생산성의 빠르고 지속적인 증대를 전통적인 요소인 노동, 자본 등 기존 모델로서는 적절히 설명할 수 없는 상황에 직면하게 됨에 따라 새로운 요소로서 지식이 포함되기 시작하였으며, 지식경제하에서 경제성장 동력의 핵심은 노동 및 자본 중심에서 지식재산 중심으로 빠르게 변화되어 왔다.¹⁾ 미래학자 앨빈 토플러는 ‘부의미래’에서 시간, 공간, 그리고 지식이 미래의 부를 좌우하는 심층기반이 될 것이라 예견한 바 있으며, 세계 각국은 국가 경쟁력과 경제성장의 원천인 지식수준의 향상과 주도권 확보·유지를 위한 경쟁을 치열하게 전개하면서 R&D에 막대한 자본과 인력을 투자하고 있다. 이는 R&D 활동의 증대가 새로운 지식을 창출하고 기술진보 및 기술혁신을 통하여 생산성 증대를 촉진함으로써 일국의 지속적인 경제성장을 도모할 수 있기 때문이다.

우리나라 총요소생산성(TFP)의 잠재성장률에 대한 기여도는 2000년대 들어 자본과 노동을 앞지르고 있다.²⁾ 즉 과거 성장동력이었던 인력, 자본 등 생산요소 투입과 규모의 경제를 통한 부가가치 창출에 한계성을 보이고 있으며 이러한 추세는 더욱 가속화될 것으로 전망되고 있다. 또한, 대외적으로 선진국의 기술보호주의 강화 및 중국 등 신흥국의 급속한 추격과 대내적으로 낮은 출산과 고령화 사회에 들어서면서 정부는 경제성장 동력 창출을 위한 기술혁신과 R&D 투자의 중요성을 깊이 인식하고 지속적으로 투자를 확대하여 왔다.³⁾

한편, 과거에는 선진국을 캐치 업하고 기술개발능력의 확보를 위한 R&D 투자의 확대가 관심사로서 양적으로는 빠르게 증가하여 왔으나 그 효율성 측면에서는 아직 많은 의문이 있으며 의미 있는 연구결과 또한 미흡하다. 일본 경제산업성의 연구개발투자과 과학기술수준 동향(2009)에 따르면 한국의 특허생산성은 비교대상국 중 가장 높지만 특허

1) 미국의 특허컨설팅 전문기업인 OCEAN TOMO사에 따르면 S&P 500개 기업의 유형자산(tangible assets)과 무형자산(intangible assets) 시장가치 비율은 1985년 68:32에서 2005년 20:80에 달한다.

2) 2000년대 초 총요소생산성 41.5%, 자본 36.6%, 노동 22.0%로 나타난다(이우성·윤문섭, 2007).

3) 최근 정부의 R&D 예산 증가율은 “문민정부 26.6%/년, 국민의정부 15.1%/년, 참여정부 10.0%/년”에 달하며, 전체 재정증가율(문민정부 16.4%/년, 국민의정부 7.9%/년, 참여정부 2.1%/년)보다 높은 수준이다. 그리고 MB정부에서는 R&D 투자를 보다 확대하여 2012년에는 GDP 대비 국가R&D 총투자 비중을 5% 수준으로 목표하고, 정부R&D 예산규모는 2008년의 1.5배 수준인 16.6조원을 투자할 계획이다(기획재정부, 2009).

수익성은 가장 낮은 수준으로⁴⁾ 특허가 경제적 부가가치 창출로 연계되지 못하고 있는 것으로 나타난다(교육과학기술부, 2009). 조운애 외(2005)는 우리나라의 지식스톡과 중요소생산성 간에 공적분관계가 성립되지 않으며, 이는 R&D 활동의 직접적인 결과인 혁신이 장기적인 생산성에 미치는 효과가 미흡함으로써 경제성장의 확대에 한계 요인으로 작용하고 있다고 주장하였다.⁵⁾

R&D 투자 및 활동은 기술지식을 발전시키고, 기술지식의 확산 및 축적, 기술사업화 등, 즉 기술혁신을 통하여 노동, 자본 등 총 요소의 생산성을 향상시킴으로써 국민경제에 기여하고 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구는 1984년부터 패널자료의 확보가 가능한 OECD 국가를 표본으로 하여 R&D 생산성 및 효율성 분석을 통해 우리나라의 상대적인 수준과 특징을 살펴보았으며, 특히 rm 성과를 산출(output) 측면과 성과(outcome) 측면으로 구분하여 분석함으로써 R&D 투자가 지식을 창출하고 경제성장으로 효율적으로 연계되고 있는지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 특정한 함수관계를 정의하지 않으며 비효율성을 고려하는 비모수(non-parametric), 프런티어(frontier) 접근방법인 맘퀴스트 생산성지수(MPI)와 자료포락분석(DEA)을 활용하여 R&D경로단계별 생산성과 이에 따른 효율성 및 그 변화추이를 비교분석하였다.

II. 이론적 배경 및 변수설계

1. R&D와 경제성장

Solow(1956, 1957)는 물적인 자본 축적의 역할을 명확히 하고 지속적인 경제성장의 배후 추진력으로서 기술변화(technical change)에 대한 중요성을 언급하였다. 즉 경제성장의 대부분은 투입된 자본이나 노동의 증가량에 직접적인 영향을 받는 것이 아닌 단위 노동당 자본 증가량에 의한 것으로 자본량의 증가는 기술변화라고 하는 외부요인에 의해 발생된다는 것을 명확하게 하였으며, 제2차 세계대전 후 미국 경제의 급격한 성장원인의 절반 정도는 기술변화에 의한 것으로 설명이 가능하다고 하였다.

4) 특허생산성은 '특허 수/연구개발비', 특허수익성은 'GDP/특허 수'로 산정하였으며, 비교대상국은 미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일, 러시아, 한국 이상 7개국이다.

5) 반면, 미국의 경우 지식(특허)스톡과 중요소생산성 간에 공적분관계가 성립하는 것으로 나타난다(Abdih & Joutz, 2005).

Solow로 대표되는 신고전과 성장이론(외생적 성장이론)에서는 기술변화의 역할을 일종의 ‘블랙박스’로 취급하고 경제성장을 결정하는 모델과는 무관한 것으로 간주한 한정적인 체계이나, Romer(1986, 1990)로 대표되는 신성장이론(내생적 성장이론)에서는 이러한 한정적인 틀을 깨고 인적자본, R&D 투자, 자본으로서의 기계 및 장비, 공공연구 인프라의 확충과 같은 기술변화와 총요소생산성의 향상을 가능케 하는 여러 가지 핵심요소들의 역할과 결정 메커니즘을 성장모델 내에 포함시키고 있다. 또한 경제성장의 원천으로 지식의 축적에 주목하는 동시에, 일국의 경제 내에 축적된 지식의 생산적 활용을 가능케 하는 경제적 메커니즘 또는 정부정책과 제도적 요소 등을 강조하였다(OECD, 2003).

이후 R&D와 경제성장간의 관계 규명을 위한 연구는 R&D 투자를 노동 및 자본과 더불어 직접적인 생산요소의 하나로 보고 Cobb-Douglas 생산함수를 추정한 생산함수론적 접근, 국민소득 및 생산계정(NIPA)에서 R&D 등 무형의 자산을 통상적인 유형자산 투자로 접근하여 거시경제변수에의 영향과 경제성장 기여도를 추정하는 국민계정론적 접근 방법과 그 밖에 인과관계 접근, 성장론 접근, 비모수적 접근방법 등으로 지속적으로 이루어져 왔다.

한편, 경제의 지속적 성장을 위해서는 기술혁신과 생산성 향상이 필수적이며 R&D와 경제성장 간에 양의 상관관계가 있다는 데에는 누구나 공감하지만 경제성장률을 결정하는 것이 어떤 종류의 R&D 변수인지, 예컨대 R&D 투자의 증가율인지 GDP 대비 R&D 투자의 비중인지 등에 대해서는 통일된 이론이 없다고 볼 수 있다. Ha & Howitt(2004)와 하준경(2004)은 선진국의 자료를 이용하여 다양한 성장이론들을 비교해본 결과 제2세대 내생적 성장모형의 설명력이 가장 우수한 것으로 나타났다. 즉 경제의 장기성장률(생산성증가율)은 R&D 종사자수의 증가율보다는 R&D 집약도, 특히 GDP 대비 R&D 지출액 비중에 의하여 잘 설명된다. 또한 R&D 집약도를 변화시키는 정책은 단기뿐만 아니라 장기적으로도 경제성장률을 바꿀 수 있다. Aghion & Howitt(1998), Dinopoulos & Thompson(1998), Peretto(1998) 등에 의해 개발된 제2세대 내생적 성장이론⁶⁾에서는 R&D와 성장률 간의 관계를 설명하는 모형에 지식스톡의 규모수익불변은 유지하되 Young(1998)에 의해 제기된 생산물확산효과(product proliferation effect)⁷⁾를 추가하여

6) 1990년대 초 Romer(1990), Grossman & Helpman(1991), Aghion & Howitt(1992) 등에 의한 제1세대 R&D 기반 내생적 성장이론은 생산성증가함수에서 R&D 종사자의 수는 생산성증가율과 정비례의 관계를 갖게 되며, 1990년대 중반 Jones(1995)에 의해 실증적 측면에서 부정된 후, 기존 지식·기술 스톡이 생산성을 높이는 데 한계수익체감의 법칙이 작용하도록 모형을 설정한 준내생적 성장이론과 제2세대 R&D 기반 내생적 성장이론으로 발전하게 된다.

7) 시장의 규모가 커지면 생산물의 종류가 보다 다양해지므로 R&D 투입이 여러 부문으로 분산

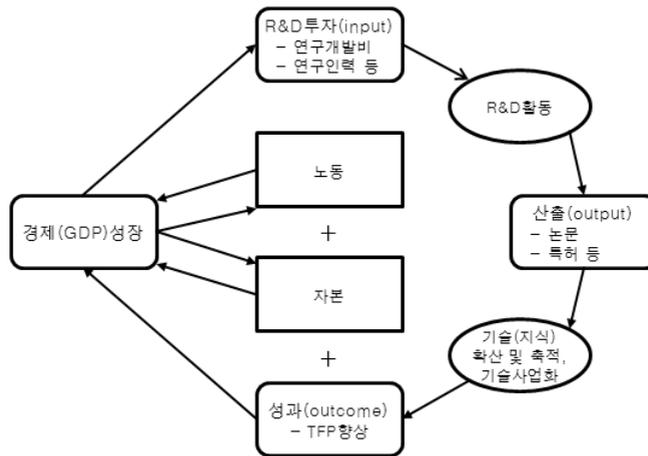
생산성증가함수를 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$g_T = \lambda(X/Q)^\sigma \quad (\text{수식 1})$$

여기서 Q 는 생산물의 다양성 정도 또는 시장규모 등을 나타내는 변수이며, 정상상태에서 인구규모에 비례한다고 본다. g_T 가 T 의 수준과는 무관한 대신 X 를 Q 로 나누어줌으로써 X 의 증가가 가져오는 문제들을 해결하고 있다. 즉 장기적으로는 X 와 Q 모두 인구규모에 비례하여 증가할 것이므로 X/Q , 즉 R&D 집약도는 특정한 추세를 가지지 않고 안정적으로 움직일 수 있으며, 이는 생산성증가율의 안정성과 모순되지 않는다는 것이며, 또한 R&D 정책이 장기적으로 유효성을 갖는다는 내생적 성장이론의 핵심명제는 그대로 유효하게 된다.

2. 분석모델 및 성과지표

<그림 1> R&D와 경제성장 모형



R&D 투자 및 활동은 논문, 특허 등의 산출로서 기술지식을 축적 및 발전시키고 기술 지식의 확산 및 축적, 사업화 등, 즉 기술혁신을 통하여 노동, 자본 등 총 요소의 생산성

되기 때문에 동일한 양의 R&D 투입이 가져오는 평균적 품질개선 효과는 점차 희석되게 된다. 따라서 일정한 율로 모든 생산물의 평균적 품질향상 속도를 유지시키기 위해서는 시장규모의 팽창에 따라 R&D 투입도 함께 늘어나야 한다는 것이다.

을 향상시킴으로써 국민경제에 기여하고 있는 것으로 알려져 있으며, <그림 1>과 같이 정리될 수 있다.

R&D의 산출(output), 성과(outcome)에 대하여 연구자마다 다른 개념을 사용하고 있기 때문에 명확히 정의하기란 쉽지 않다. 본 연구에서는 R&D 투입지표로 연구개발비와 연구인력, 산출지표로는 과학기술 부문을 대표하는 과학적, 기술적 성과인 논문과 특허를, 최종성과로는 경제적성과를 대표하는 총요소생산성(TFP)을 사용하고자 한다. 구체적으로는, 연구개발비 및 연구원의 경우 생산물확산효과를 고려하여 제2세대 R&D 기반 내생적 성장이론에서 TFP성장률에 대응하여 주로 사용되는 R&D 집약도(R&D intensity), 즉 ‘연구개발비(R)/GDP(G)’ 및 ‘연구원수(L_R)/인구(L)’를 변수로 하며, 논문 및 특허의 경우도 동일한 논리를 적용하여 논문계제 수와 특허건수를 보정한 후 시장규모(GDP)로 나눈 값인 ‘보정된 논문계제 수(A)/GDP(G)’ 및 ‘보정된 특허건수(P)/GDP(G)’를 변수로 하며, TFP는 경제(GDP) 성장률 중 잔차(residual)의 기여율에 해당하는 TFP성장률(g_T)을 변수로 한다.

산출지표인 논문과 특허에 대해 양적 요소와 질적 요소를 모두 고려하여 양적 요소로는 SCI 논문수와 특허출원수를, 질적 요소로는 평균 논문인용횟수와 특허출원종류별 가중치를 달리하여 반영하였으며, 특허가 최종 등록되기까지 상당한 시간이 소요되며 매우 가변적일 수 있으므로 특허출원 정보를 사용하였다. 투자시점 대비 시차는 많은 연구에서 통상적으로 다루듯이 논문과 특허 모두 1년으로 하였다. 또한 기술분야, 연구개발 목적, 일국의 기술수준 등에 따라 경제적성과에 미치기까지 그 소요기간은 다양하게 나타나겠지만 연구개발비 사용주체의 비중이 산업체가 압도적으로 많고 개발연구의 비중이 훨씬 높은 점과 기존연구 등을 고려하여 TFP의 경우 투자시점 대비 3년을 적용하였다.

3. 분석방법

일반적으로 효율성(efficiency)은 주어진 투입으로 달성할 수 있는 최적 산출에 대한 실제 산출의 비율을, 생산성(productivity)은 투입에 대한 산출의 비율을 의미한다. 즉 투입을 X축, 산출을 Y축으로 한 생산프런티어에서 프런티어에 위치한 점은 동일한 투입의 다른 점보다 효율성이 높으며, 원점으로부터의 방사선의 기울기가 가장 큰 프런티어에 위치한 점은 다른 어느 점보다 생산성이 높다고 할 수 있다.

최근에는 MPI를 활용하여 효율변화와 기술변화로 구성된 생산성 변화를 측정하기 위

한 연구들이 검증하고 있다. MPI는 거리함수(distance function)를 이용하여 측정되며, 거리함수의 추정에는 'Farrell의 효율성'⁸⁾의 개념에 기초하여 비모수적 방법인 선형계획법을 이용하는 DEA 모형이 활용된다. DEA는 특정 시점에서 기술효율성(Technical Efficiency)이 가장 높은 DMUs에 의해 결정된 포락경계(envelope frontier)로부터 개별 DMUs의 투입·산출조합이 떨어져 있는 정도를 나타내는 반면, MPI는 프런티어로부터 개별 DMU의 투입·산출조합의 이동 정도를 보여주는 것으로, MPI Approach는 생산성 지수를 시간의 변화에 따른 프런티어의 변화(Technical Change)와 변경된 프런티어에 근접하려는 각 생산주체들의 기술효율성변화(Technical Efficiency Change)로 분리하여 생산성의 측정 및 그 원인을 규명하려는 방법론이다. 그리고 규모수익불변 가정과 규모수익가변 가정 간에 기술효율성의 차이가 발생한다면 이는 규모의 비효율성이 존재하기 때문이며, 즉 기술효율성은 순수효율성변화(Pure Efficiency Change)와 규모효율성변화(Scale Efficiency Change)로 분해될 수 있음을 의미한다(Charnes, Cooper & Rhodes, 1978, Caves et al. 1982a, b; Fare et al., 1992, 1994).

DEA와 MPI는 응용분야가 매우 광범위하기 때문에 이를 활용하여 효율성 또는 생산성을 분석한 실증연구는 매우 많으며, R&D분야에 적용한 주요연구를 정리해보면 <표 1>과 같다. 기존연구와 비교하여 본 논문의 차이점은 첫째, R&D 성과를 1차 성과인 산출(output) 측면과 최종 성과인 경제적성과(outcome) 측면으로 구분하여 R&D 투자, 산출, 경제적성과의 상호간 생산성 및 효율성을 동시에 고려하여 국가 간 비교하고 시사점을 찾아내고자 한 점이다. 둘째, MPI를 활용한 생산성 변화와 이에 따른 DEA 효율성의 흐름을 동시에 고려하여 측정 및 비교하였다. 셋째, 횡단자료를 이용하여 시점별 각각의 프런티어에 대한 효율성을 구하는 방법과 패널자료를 이용하여 통합 프런티어(integrated frontier)에 대한 효율성을 구하는 방법을 함께 사용하여 효과적인 연구결과를 얻고자 하였다. 넷째, 분석기간을 한국의 R&D 투자가 활성화되기 시작한 1980년대 초부터 최근까지로 하여 생산성 및 효율성의 중장기적인 변화에 초점을 두었다.

8) Farrell(1957)은 DMU(Decision Making Unit; 의사결정 단위)가 투입 또는 산출 공간상에서 생산프런티어로부터 떨어져 있는 거리를 측정함으로써 DMU의 효율성을 측정할 수 있다는 것을 제시했다.

<표 1> MPI/DEA를 활용한 R&D분야 주요연구

연구자	분석대상	기간	투입자료	산출자료	방법
Kim & Lee (2004)	OECD 14개국의 제조업	1978~1993	노동, 자본스톡, 연구개발스톡	부가가치	MPI
Kocher et al. (2006)	OECD 21개국	1980~1998	연구개발비, 경제학부 보유 대학수, 인구(비통제변수)	논문수 (10대 경제학 저널)	DEA
Wang & Huang (2007)	30개국	1997~2002 (시차 3년)	연구개발스톡, 연구원수, 기술·지원인력수	논문수(SCI, EI), 특허등록수	DEA
장진규 외 (1996)	농어촌진흥공사 등 11개 정부투자기관	1994	연구개발스톡/종업원수, 연구원수/종업원수	매출원가개선율, 총자본경상이익률, 매출액증가율	DEA
고민수·이덕주 (2001)	OECD 26개국	1993(투입) 1998(산출)	연구개발비, 연구원수 연구개발비/GDP 연구원수/노동인구천명당	특허출원수·등록수, 논문수·피인용횟수	DEA
박수동·홍순기 (2003)	OECD 16개국	1990~2001	연구원수, 연구개발스톡	논문수, 특허출원수	MPI DEA
홍사균 외 (2006)	정부연구개발사 업 기초연구과제	2001~2005 (종료년도)	연구개발비, 연구기간, 연구경험	논문수, 특허수, 인력양성, 네트워크	DEA

4. 변수설계 및 자료

1984년 이후 패널자료의 취득이 가능한 OECD 17개 국가를 대상으로 하였으며, 변수별 패널자료는 시차를 적용하여 R/G 와 L_R/L 의 경우 1984년부터 2005년까지, A/G 와 P/G 는 투자시점 후 1년 후인 1985년부터 2006년까지, g_T 는 투자시점 후 3년 후인 1987년부터 2008년까지 각각 22년간 자료를 사용하였다.

R/G 은 ‘연구개발비/GDP’로 구할 수 있다. 연구개발비는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) DB⁹⁾를 통해 취득한 PPP\$ 자료를 불변가격(Constant price)으로 환산하여 사용하였다. 자료가 중간에 일부 누락된 경우에는 선형 내삽(interpolation)하였다.¹⁰⁾ 한국의 연구개발비 투자규모는 1984년 3.122 billions PPP\$(12위)에서 2005년 30.618 billions PPP\$(6위)로 약 10배 확대되었으며, 연평균증가율은 11.49%(1위)에 달한다. GDP는 IMF (2009)에서 PPP\$ 자료를 취득하여 불변가격으로 환산하였다. 영국, 미국을 제외하고는

9) 이하 NTIS DB의 Data source는 OECD Main Science and Technology Indicators(2009)임.

10) 1984~1994년 한국 자료는 동 홈페이지를 통해 취득한 원화 자료를 불변가격 PPP\$로 환산하여 포함하였다.

전부 GDP 증가율에 비해 연구개발비 증가율이 높게 나타나며, 특히 한국을 포함한 스페인, 핀란드, 덴마크 등은 GDP 증가율에 비해 연구개발비 증가율이 상당히 높은 것으로 나타났다. 한국의 R/G 은 1984~1990년 1.51%에서 2001~2005년 2.63%로서 선진국 수준으로 성장하였다. 2001~2005년 기준 스웨덴(3.93%), 핀란드(3.48%), 일본(3.23%)이 높은 집약도를 보이고 있으며, 다음으로 한국이 미국(2.60%), 덴마크(2.52%), 독일(2.52%)과 비슷한 수준으로 투자된 것으로 나타났다. 그리고 한국은 1984~2005년 기간 동안 스페인, 핀란드와 함께 연평균 4%대의 높은 증가율을 보였으며, 이후로도 계속 증가하여 2006년 3.01%, 2007년 3.21%, 2008년 3.37%의 R/G 을 보였다.¹¹⁾

L_R/L 은 ‘연구원수/인구’로 구할 수 있다. OECD 연구개발활동조사시행표준지침(2002)에 의한 FTE기준 연구원수를 사용하였으며, 자료는 NTIS DB와 과학기술연구활동조사보고서(과학기술부, 1999)를 통해 취득하고, 자료가 중간에 일부 누락된 경우에는 선형내삽하였다. 한국의 연구원 투자규모는 1984년 34,857명(8위)에서 2005년 179,812명(5위)으로 5배 이상 확대되었으며, 연평균증가율은 8.13%(2위)에 달한다. 인구는 ILO(2010)에서 취득한 경제활동인구(economically active population)를 사용하였다. 스페인, 한국, 아일랜드는 양 증가율이 모두 높은 것으로 나타나며, 핀란드, 덴마크는 저조한 인구 증가율에도 불구하고 연구원 수의 증가율이 상당히 높은 것으로 나타났다. 한국의 L_R/L 은 1984~1990년 0.28%에서 2001~2005년 0.66%로 성장하였으며, 2001~2005년 기준 핀란드(1.48%), 스웨덴(1.04%), 일본(1.01%) 순으로 높은 집약도 투자를 보였다.

A/G 은 ‘보정된 논문게재 수/GDP’로 구할 수 있다. 보정된 논문게재 수는 양적인 논문게재 수에 세계¹²⁾ 대비 평균 피인용횟수(impact relative to world)를 반영하여 구한다. 자료는 Thomson Reuters사에서 발간하는 SCI(Science Citation Index) DB 중 NSI(National Science Indicators) CD-ROM(2010)에서 취득하였다. 한국의 논문게재 규모는 1985년 571건(17위)에서 2006년 28,425건(10위)으로 약 50배 성장하였으며, 연평균증가율은 20.45%(1위)에 달한다. 연도별로 세계 평균 피인용횟수를 기준(=1)으로 하여 해당 국가의 상대적인 논문 영향도를 산출하면 한국은 1985년 0.64(16위)에서 2006년 0.73(17위)으로 소폭 성장하는 데 그쳤다. 반면, 한국과 비슷한 수준이던 스페인은 0.59에서 1.08로 성장하였으며, 아일랜드는 0.65에서 1.31로 성장하였다. 보정된 논문게재 수는 양적인 논문게재 수에 세계 대비 상대적인 논문 영향도를 곱하여 구하게 되며, 한국의 보정된 논문게재 수는 1985년 365건(17위)에서 2006년 20,750건(12위)으로 성장하였으며, 이는 전

11) 김병우(2007)는 한국의 최적 R/G 을 공적분 벡터 추정을 통하여 3.3~4.4%로 도출해낸 바 있다.

12) 비교대상 17개국과 나머지 국가를 포함한다.

적으로 양적인 증가에 기인한다고 볼 수 있다. 보정된 논문게재 수를 GDP로 나눈 값인 A/G , 즉 billions PPP\$ 당 보정된 논문게재 수는 한국의 경우 1985~1991년 1.49건(17위)에서 2002~2006년 15.88건(17위)으로 10배 이상 성장하였으나 순위는 최하위를 벗어나지 못하고 있다. 그리고 2002~2006년 기준 스웨덴(77.45건), 덴마크(72.64건), 핀란드(64.63건)가 높은 산출 집약도를 보이고, 한국과 함께 일본(18.39건), 스페인(25.89건) 등이 낮은 집약도를 보였다.

P/G 는 ‘보정된 특허건수/GDP’로 구할 수 있다. 특허건수는 R&D 활동과 근접한 시점의 성과를 활용하기 위하여 특허출원 자료를 사용하며, 국제비교하기에 객관성과 가치가 인정되는 미국특허, 삼극특허 및 PCT특허를 사용한다. 자료는 각각 미국특허청(USPTO, 2009), 세계지적재산권기구(WIPO, 2009) 및 NTIS DB를 통해 취득하였다. 해당 연도는 미국특허의 출원일, PCT 국제단계 출원일, 삼극특허 최우선일을 기준으로 하였다. 해당 국가는 미국특허와 PCT는 첫 번째 신청자의 거주국가로 하였으며, 삼극특허는 분율가산방식(fractional counts)¹³⁾으로 산정하였다. 2006년 기준 한국은 미국, 캐나다, 일본 등과 함께 미국특허의 비중이 월등히 높게 나타나며, 스페인, 스웨덴, 네덜란드, 노르웨이 등은 PCT의 비중이 높게 나타나고, 프랑스, 벨기에, 독일은 상대적으로 삼극특허의 비중이 높은 편이다. 그리고 한국의 연평균 증가율은 미국특허 28%, 삼극특허 33%, PCT 31%로서 비교 대상국 중 가장 높은 증가율을 보이고 있으며, 전반적으로 PCT의 증가율이 높게 나타나고 있어 PCT의 가치와 글로벌 관심도를 짐작케 한다. 보정된 특허건수는 미국특허, 삼극특허를 단순합산하고, PCT는 삼극특허와 동일한 가치를 부여하여, 즉 가중치 2를 두어 추가 합산함으로써 산출하였다.¹⁴⁾ 한국의 보정된 특허건수는 1985년 180건(16위)에서 2006년 36,206건(4위)으로 눈부시게 성장하였다. 보정된 특허건수를 GDP로 나눈 값인 P/G , 즉 billions PPP\$ 당 보정된 특허건수는 한국의 경우 1985~1991년 1.28건(16위)에서 2002~2006년 22.44건(7위)으로 약 18배 성장하였다. 그리고 2002~2006년 기준 핀란드(37.15건), 일본(32.01건), 스웨덴(31.01건) 순으로 높은 산출 집약도를 보이고, 스페인(2.36건), 이탈리아(5.12건) 등이 낮은 집약도를 보였다.

마지막으로 경제적성과 지표는 TFP성장률(g_T)을 사용하였다. The Conference Board 사(2010)를 통해 자료를 취득하였으며, g_T 는 GDP성장률을 성장회계방법에 의해 노동량,

13) 삼극특허는 OECD에서 국가별 특허건수를 비교하기 위해 개발한 지표이며, OECD는 발명자 수로 나누어 각 국가에 가산하는 분율가산 방식의 사용을 권고하고 있다.

14) 이는 최태진(2007)의 연구에서 대학의 특허관리 업무를 대행하는 변리사, 대학의 산학협력단 관계자, 연구기관의 지식재산관리 담당자를 대상으로 AHP 설문조사를 실시하여 분석한 결과와 유사한 가중치다.

노동의 질, ICT 자본, 비ICT 자본과 TFP 성장으로 기여도를 분해하여 로그의 차이로 계산되었다.¹⁵⁾ 한국의 g_T 는 1986~1993년 기간 동안 경제성장(GDP)에 연평균 4.86% 기여한 것으로 나타나고, 1994~1998년 외환위기의 영향으로 좀 낮아진 연 2.22% 성장하였으며, 1999~2003년 연 2.93%, 2004~2008년 연 2.12% 성장하였다. 그리고 1986~2008년 기준으로는 연 3.19% 성장하여 누적 약 100% 성장하였으며, 이는 분석대상 국가 중 압도적인 수치로서 한국은 그간 모방형·추격형 혁신체제에 의거하여 후발국가의 이점을 최대한 누려왔음을 볼 수 있다.

III. 실증분석 및 결과

본 연구는 R&D 투자(input)의 산출(output), R&D 산출의 경제적성과(outcome), R&D 투자의 경제적 성과로 R&D 경로를 구분하여 생산성과 효율성을 측정 및 비교분석하고 한국의 단계별 특징을 살펴보고자 하였다. 따라서 첫째, MPI를 활용하여 생산성을 기술 효율성변화지수(TECI)와 기술변화지수(TCI)로 분해하고, 기술효율성은 다시 순수효율성변화지수(PECI)와 규모효율성변화지수(SECI)로 분해하여 분석하였다. MPI 분석은 투입 및 산출변수를 조정하면서 R&D 경로 단계별로 이루어진다. (i) 투입변수를 R/G , L_R/L 로 하고 산출변수를 A/G , P/G 로 하며, (ii) 첫 번째 분석의 산출변수인 A/G , P/G 를 투입변수로 하고 산출변수를 g_T 로 하며, (iii) 투입변수를 R/G , L_R/L 로 하고 산출변수를 g_T 로 한다. 둘째, MPI 분석절차에 따라 동일한 자료를 가지고 DEA를 수행하였다. 횡단자료를 이용하여 시점별 각각의 생산 프런티어에 대한 효율성(TE)을 구한 후 국별 또는 시계열 비교하는 방법과 패널자료를 이용하여 통합 프런티어(Integrated Frontier)에 대한 효율성(IFTE)¹⁶⁾을 구한 후 비교하는 방법을 함께 사용한다. 후자의 방법은 시점별 프런티어가 변경되는 문제가 제거되고 기술변화분이 반영됨에 따라 좀 더

$$15) \Delta \ln Y = \Delta \ln T + v_L \Delta \ln L + v_Q \Delta \ln Q + \sum_{i=1}^6 v_{K_i} \Delta \ln K_i$$

Y: 산출량, T: Hicks 중립 TFP, L: 노동의 양, Q: 노동의 질

K: 자본 (computer hardware, software, telecommunications equipment, dwellings, buildings and structures, equipment and machinery)

16) 17개 국가 22개의 시계열 자료를 각각 개별 DMU로 간주하여 총 374개의 DMUs에 대해 분석하는 방법이다. 즉 한국의 경우 22개의 DMUs에 대해 동일 프런티어에 대한 각각의 효율성을 산출하게 된다.

객관적인 비교가 가능하게 된다. 그리고 MPI와 DEA를 동시에 활용함으로써 생산성 및 효율성과 그 변화·속도를 쉽게 볼 수 있게 된다. 셋째, 각 국가의 시계열별 생산성지수를 변수 값으로 하여 R&D 경로단계 간 상관분석을 추가 수행하였다.

1. 생산성 분석

R&D 투자 대비 산출 생산성을 분석한 결과, 한국은 MPI가 1.1399로서 평균 13.99% 증가(1위)하였다. TECI와 TCI로 분해하면, TECI는 1.1044로서 평균 10.44% 증가하였으며, TCI는 1.0267로서 평균 2.67% 증가하였다. 이는 생산성 변화가 기술변화보다는 기술 효율성의 증가에 기인하였음을 보여준다. 즉 생산성 변화는 생산프런티어의 변화에 관여하기보다는 선진국들이 주도한 생산프런티어의 변화를 빠른 속도로 추격하는 과정에 있었다고 볼 수 있다. TECI를 PECI와 SECI로 분해한 결과는 각각 1.0209, 1.0817로서 기술효율성의 증가는 R&D 투자규모의 영향이 큰 것으로 나타났으며, 스페인의 경우도 한국과 유사하다. 생산성을 국가 간 비교하면 한국이 압도적인 우위에 있으며, 다음으로 이탈리아, 일본, 미국 순으로 높은 증가율을 보이고, 캐나다, 호주, 스웨덴이 감소한 것으로 나타났다. TECI에서도 한국이 월등하며, 일본, 미국, 핀란드 등의 생산성 변화는 기술 변화에 기인하는 것으로 나타났다.

R&D 산출 대비 경제적성과 생산성을 분석한 결과, 한국은 MPI가 0.8598로서 평균 14.02% 감소(17위)하였다. TECI는 1.0000, TCI는 0.8598로서 생산성 변화는 기술변화에 기인하였다고 볼 수 있으며, TECI를 PECI와 SECI로 분해한 결과는 모두 1.0000으로서 R&D 규모의 영향은 없었다고 볼 수 있다. 생산성은 미국, 일본, 스웨덴 순으로 상대적인 우위를 보이며, 한국, 스페인, 핀란드 순으로 열세를 보이고 있다. 그리고 한국은 TECI와 TCI에서 모두 열세를 보이고 있으며, 모든 국가가 기술변화에 기인하여 생산성이 감소한 것으로 나타났다.¹⁷⁾ 한편, 주요 선진국들은 유사한 지수를 보이고 있으며, 미국, 독일, 일본, 스웨덴, 프랑스, 영국 순으로 기술효율성이 증가한 것으로 나타났다.

R&D 투자 대비 경제적성과의 경우 한국은 MPI가 0.9431로서 평균 5.69% 감소(16위)하였다. TECI와 TCI로 분해하면, TECI는 0.9831, TCI는 0.9593으로서 생산성 변화는 기술효율성보다는 기술변화에 보다 기인하였다고 볼 수 있다. TECI를 PECI와 SECI로 분

17) 기술변화지수는 A/G 와 P/G 의 투입변수 또는 g_T 의 산출변수를 어떻게 보정하느냐에 따라 일괄적으로 상향 또는 하향될 수 있다. 즉 절대값보다는 상대값의 의미가 크며, 글로벌 평균을 고려하여 볼 필요가 있을 것이다.

해한 결과는 각각 1.0000, 0.9831로서 효율성의 감소는 R&D 규모의 영향에 따른 것으로 나타났다. 그리고 생산성을 국가 간 비교하면 영국, 이탈리아, 미국 순으로 상대적인 우위를 보이며, 핀란드, 한국, 스페인 순으로 열세를 보이고 있다. 대부분의 국가가 기술변화에 기인하여 생산성이 감소하고, 기술효율성에 기인하여 생산성이 다소 회복되는 것으로 나타났으며, 주요 선진국들은 유사한 지수를 보이고 있다.

<표 2> R&D 생산성(1984~2008)

국가	투자: 산출			산출: 성과			투자: 성과		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
네덜란드	1.0178	1.0038	1.0216	1.0805	0.8872	0.9587	1.0313	0.9585	0.9885
노르웨이	1.0091	1.0143	1.0235	1.0718	0.8916	0.9556	1.0259	0.9568	0.9816
덴마크	0.9926	1.0075	1.0000	1.0679	0.8914	0.9518	0.9974	0.9558	0.9534
독일	0.9961	1.0275	1.0235	1.1188	0.8593	0.9614	1.0172	0.9580	0.9745
미국	0.9958	1.0461	1.0416	1.1362	0.8637	0.9814	1.0355	0.9553	0.9892
벨기에	1.0289	1.0040	1.0330	1.0620	0.8937	0.9490	1.0194	0.9519	0.9703
스웨덴	0.9816	1.0166	0.9979	1.1102	0.8766	0.9733	0.9997	0.9633	0.9630
스페인	1.0413	0.9975	1.0388	1.0000	0.9162	0.9162	0.9991	0.9494	0.9486
아일랜드	1.0131	1.0096	1.0229	1.0513	0.8947	0.9406	1.0074	0.9479	0.9549
영국	1.0129	0.9940	1.0068	1.0905	0.8948	0.9757	1.0363	0.9586	0.9934
이탈리아	1.0326	1.0172	1.0503	1.0638	0.8922	0.9492	1.0318	0.9599	0.9904
일본	1.0017	1.0476	1.0494	1.1121	0.8810	0.9798	1.0278	0.9588	0.9854
캐나다	0.9938	0.9995	0.9933	1.0788	0.8982	0.9689	1.0180	0.9517	0.9688
프랑스	1.0001	1.0226	1.0227	1.0983	0.8801	0.9667	1.0192	0.9601	0.9785
핀란드	0.9967	1.0352	1.0318	1.0782	0.8710	0.9391	0.9921	0.9466	0.9392
한국	1.1044	1.0267	1.1339	1.0000	0.8598	0.8598	0.9831	0.9593	0.9431
호주	0.9881	1.0058	0.9938	1.0817	0.8969	0.9701	1.0139	0.9574	0.9708
글로벌평균	1.0118	1.0161	1.0280	1.0760	0.8851	0.9523	1.0149	0.9558	0.9701

2. 효율성 분석

MPI 분석으로 생산성(효율성)의 변화·속도를 파악할 수 있다면, DEA로는 시점별 효율성과 그 흐름을 파악할 수 있다. R&D 투자 대비 산출 효율성을 분석한 결과, 평균 TE에서 한국은 단연 최하위(0.33)임을 볼 수 있다. 이는 생산성 분석에서 한국의 MPI(TECD)가 매우 높게 나타난 원인이 될 수 있을 것이다.¹⁸⁾ 덴마크, 핀란드, 스웨덴의 효율성이 매우 높게 나타나고 있으며, 다음으로 네덜란드, 영국, 캐나다, 호주, 미국이 뒤를

있고 있다. 한편, 한국의 IFTE는 TE보다 떨어진 0.23으로서 이는 프런티어가 가장 높게 형성되기 때문이며, 글로벌평균도 TE는 0.70, IFTE는 0.55로 나타났다. R&D 산출 대비 경제적성과의 경우 한국과 스페인의 TE가 1이며, 다음으로 이탈리아, 아일랜드가 높게 나타났다. 한국과 스페인은 TE가 최고치인 1이었기 때문에 생산성 분석에서 TECI가 증가할 수 없었던 것이며, 역으로 MPI가 매우 높게 나타난 원인이 될 수 있을 것이다.¹⁹⁾ IFTE는 스페인(0.39), 한국(0.22), 이탈리아(0.16) 순으로 높게 나타났다. 그리고 R&D 투자 대비 경제적성과의 경우에는 스페인의 TE가 1이며, 다음으로 이탈리아, 아일랜드가 높고, 한국(0.62)이 뒤를 잇고 있다.

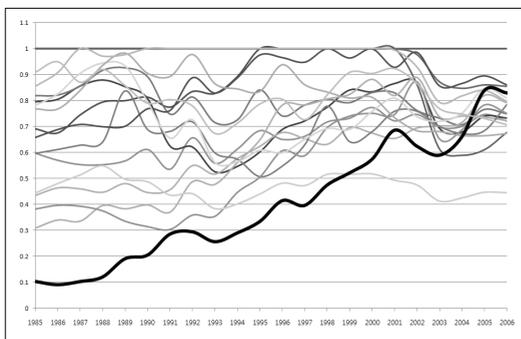
<표 3> R&D 효율성(1984~2008)

국가	투자: 산출		산출: 성과		투자: 성과	
	TE	IFTE	TE	IFTE	TE	IFTE
네덜란드	0.89	0.77	0.22	0.05	0.57	0.31
노르웨이	0.65	0.55	0.40	0.09	0.59	0.34
덴마크	0.97	0.85	0.19	0.04	0.51	0.27
독일	0.74	0.50	0.26	0.04	0.45	0.25
미국	0.80	0.53	0.20	0.03	0.34	0.18
벨기에	0.59	0.51	0.33	0.08	0.50	0.27
스웨덴	0.91	0.78	0.13	0.02	0.36	0.20
스페인	0.57	0.49	1.00	0.39	1.00	0.58
아일랜드	0.66	0.57	0.52	0.12	0.80	0.45
영국	0.85	0.72	0.23	0.06	0.52	0.28
이탈리아	0.52	0.40	0.63	0.16	0.82	0.46
일본	0.74	0.46	0.31	0.07	0.28	0.15
캐나다	0.81	0.71	0.26	0.06	0.50	0.27
프랑스	0.46	0.36	0.35	0.07	0.47	0.25
핀란드	0.95	0.70	0.16	0.03	0.37	0.21
한국	0.33	0.23	1.00	0.22	0.62	0.34
호주	0.81	0.70	0.30	0.07	0.52	0.30
글로벌평균	0.70	0.55	0.32	0.07	0.52	0.29

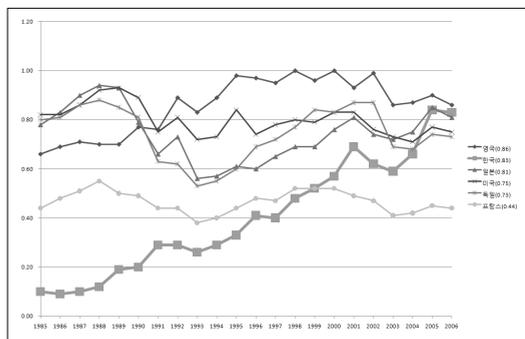
18) 국별 MPI와 TE 간 상관계수는-0.704, MPI와 IFTE 간 상관계수는-0.791로서 높은 부적상관을 보인다.
 19) 국별 MPI와 TE 간 상관계수는-0.813, MPI와 IFTE 간 상관계수는-0.677로서 높은 부적상관을 보인다.

다음으로 R&D 투자 대비 산출 TE의 변화추이(그림 2, 3)를 보면, 한국의 효율성은 1985년 0.10에서 시작하여 1999년 프랑스를 추월하고, 2002, 2003년 잠시 주춤하다가 2004년 이후 확연히 주요 선진국들 수준으로 상승하였으며, 효율성지수 0.80내외로 국가 간 수렴(convergence)하는 현상을 보이고 있다. 주요국의 시계열 추이(그림 3)에서 한국은 프랑스(0.44), 독일(0.73), 미국(0.75), 일본(0.81)을 차례대로 추월하고, 2006년 들어서는 효율성이 0.83까지 상승하여 영국(0.86) 아래 위치하고 있다. 한편, IFTE 변화추이는 TE와 유사하나 보다 높은 프런티어와 기술변화분이 반영되어 한국은 1985년 0.05에서 시작하여 보다 가파르게 상승하는 모습이며, 선진국들도 TE에서는 평행추세였지만 상승추세로 바뀌었다.

<그림 2> TE 변화추이

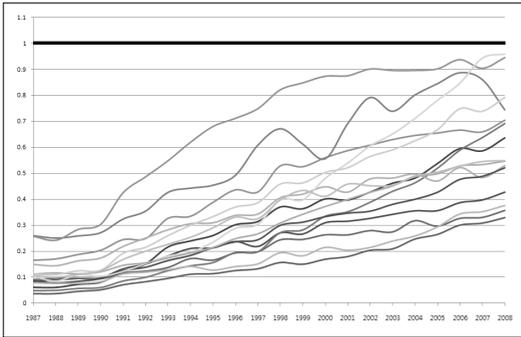


<그림 3> 주요국의 TE 변화추이

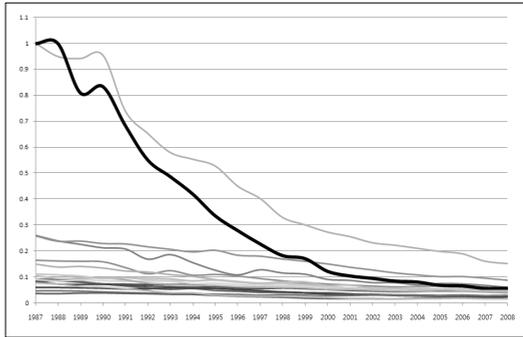


R&D 산출 대비 경제적성과 TE의 변화추이(그림 4, 5)를 보면, 한국과 스페인은 1선에서 변화가 없으며, 일본(0.96), 이탈리아(0.94), 프랑스(0.79) 등이 곧 한국과 스페인을 따라잡을 추세이다. 일본은 최초 지수 0.10, 프랑스는 0.11에서 시작하였으며, 미국은 0.05에서 시작하여 0.69까지 상승하였다. 이는 상대적으로 한국과 스페인의 효율성이 이들 선진국 수준으로 하락하고 있다고도 볼 수 있을 것이다. 다만, 스웨덴(0.33), 덴마크(0.36), 핀란드(0.38) 등은 하단에서 느리게 움직이고 있다. 한편, IFTE의 변화추이는 지수 0.04내외로 국가 간 수렴하는 현상을 보이고 있는데, 한국은 최초 지수 1에서 시작하였으나 최종 지수 0.057로서 스페인(0.152), 이탈리아(0.088), 노르웨이(0.059), 아일랜드(0.059)에 밀리고 있으며, 일본(0.054), 영국(0.049), 프랑스(0.047), 미국(0.030), 독일(0.026) 등 주요 선진국 수준으로 가파르게 하락하여 왔다.

<그림 4> TE 변화추이

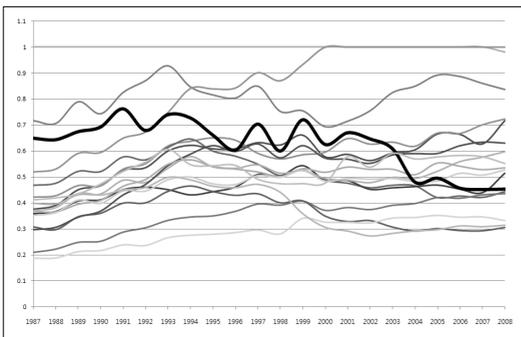


<그림 5> IFTE 변화추이

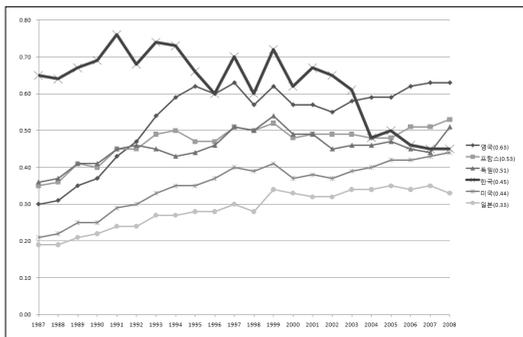


R&D 투자 대비 경제적성과 TE의 변화추이(그림 6, 7)를 보면, 스페인이 1선에서 움직이고 있으며, 이탈리아는 1987년 0.52에서 시작하여 2000년부터 1을 유지하고 있다. 아일랜드는 0.71에서 0.93사이에서의 움직임을 보이고, 한국은 1987년 비교적 높은 0.65에서 시작하여 1991년 0.76까지 상승하였다가 이후 하락추세로 돌아서서 2008년 0.45까지 하락하였다. 주요 선진국들은 한국과 확연히 다른 모습으로서 지속적인 상승추세를 보이며 2004년부터 한국을 앞지르기 시작했다. 영국은 0.30에서 시작하여 주요 선진국 중 가장 높은 0.63까지 상승하였다. 다만, 일본(0.33)은 하단에서 느리게 상승하면서 아직 한국에 미치지 못하지만 머지않아 추월당할 수 있는 추세로 보인다. 한국의 경우 적은 R&D 투자로 높은 생산성을 구가하던 시대는 이미 지나갔다고 볼 수 있겠다. 한편, IFTE의 경우 한국은 TE보다 가파른 하락추세로, 주요 선진국들은 TE의 완만한 상승추세에서 완만한 하락추세로 바뀌었다. 이는 TCI가 전반적으로 낮고 통합 프런티어는 시점별 프런티어 중 가장 효율적인 프런티어보다도 높게 형성되기 때문이다.

<그림 6> TE 변화추이



<그림 7> 주요국의 TE 변화추이

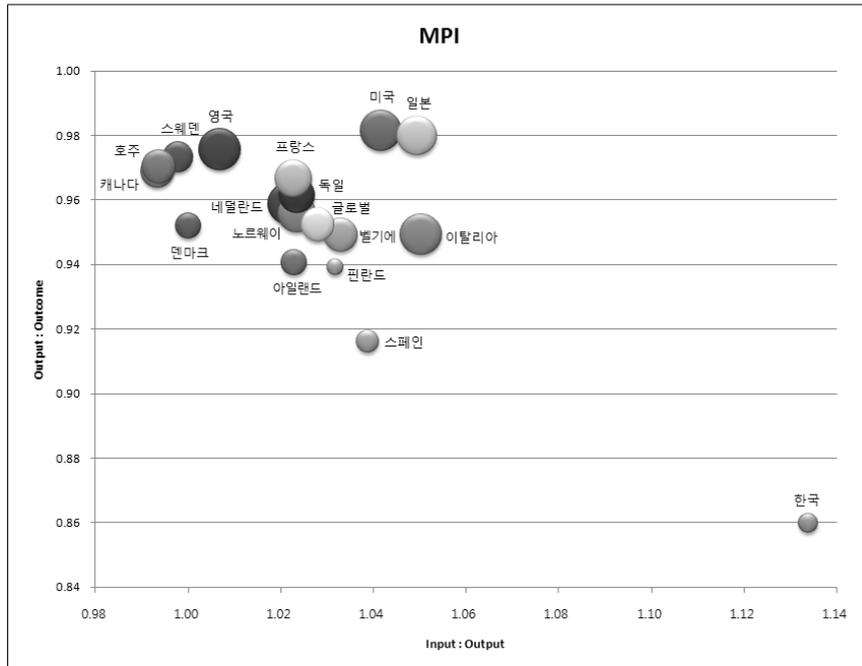


3. R&D 경로단계 간 비교 및 상관분석

다음 <그림 8>은 국별 평균 R&D 투자 대비 산출(IPOP) 생산성지수를 X축으로 하고, 산출 대비 경제적성과(OPOC) 생산성지수를 Y축으로 한 차트이다. 원의 크기는 투자 대비 경제적 성과(IPOC) 즉 생산성지수를 반영하였다. IPOP의 경우 단연 한국이 월등하게 나타난다. 한국은 1985년 가장 낮은 효율성(TE, IFTE)에서 시작하였으나 가장 빠른 속도로 상승하여 2004년 이후 주요 선진국 수준에 이르게 되었다. 선진국에서는 이탈리아, 일본, 미국 등이 상대적으로 높게 나타나며, 스페인, 벨기에 핀란드까지가 글로벌평균을 상회하고 있다. 반면, OPOC는 한국이 최하위이다. 따라서 한국은 가장 높은 효율성(IFTE)에서 시작하여 주요 선진국 수준으로 가장 빠르게 하락하여 왔다. 미국, 일본, 영국 등이 가장 높게 나타나고, 스웨덴, 호주, 캐나다, 프랑스, 독일, 네덜란드, 노르웨이까지가 글로벌평균을 상회하고 있다. 원의 크기(IPOC)는 핀란드, 한국, 스페인 등이 가장 작다. 한국은 상위수준의 효율성(TE)에서 시작하여 완만한 하락추세를 보인 반면, 주요 선진국들은 완만한 상승추세를 보이면서 한국은 중하위수준으로 하락하였다. 영국, 이탈리아, 미국 등의 원의 크기가 가장 크며, 네덜란드, 일본, 노르웨이, 프랑스, 독일, 호주, 벨기에까지가 글로벌평균을 상회하고 있다. 그리고 미국, 일본이 IPOP, OPOC, IPOC 생산성지수 모두에서 글로벌평균을 상회하고 있으며, 아일랜드, 덴마크가 모두 글로벌평균을 하회하고 있다.

한국은 R&D 경로단계별 효율성이 모두 선진국 수준으로 진입하고 있다. 이는 더 이상 후발자의 이익으로 인한 R&D 효율의 향상은 기대하기 어려워지고 있음을 의미하는 것이며, 여전히 선진국과의 기술격차는 존재하는 상황 하에서 무한 R&D 생산성(효율성) 경쟁을 펼쳐야 하는 시기가 도래하였다고 볼 수 있겠다. 본 연구에서는 제외되었지만 신흥국들의 경우 한국과 유사하거나 뒤 떨어진 패턴을 보일 것으로 짐작된다. 이는 신흥국들의 경우 선진국에 비해 기술의 확산 및 사업화 시스템이 열악하여 R&D에 의한 기술 공급 생산성은 높을 수 있으나 경제적성으로 이어주는 기술수요와의 연계 정도가 미흡할 수 있기 때문이다. 또한 선진국과의 기술격차가 줄어들면서 g_T 향상을 위해서는 보다 많은 R&D(지식)스톡이 요구되어지기 때문이다.

<그림 8> R&D경로단계 간 생산성지수 비교



주) 원의 크기는 Input : Outcome MPI의 크기를 반영함.

다음으로 IPOP, OPOC, IPOC를 변수로 하고, 각 국가의 시계열별 생산성지수를 변수 값으로 하여 상관분석을 수행한 결과는 <표 4>와 같다. OPOC와 IPOC 간 및 IPOP와 IPOC 간에 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 즉 R&D 산출 대비 경제적성과 생산성지수가 높을수록 R&D 투자 대비 경제적성과 생산성지수가 높게 나타날 가능성이 크고, R&D 투자 대비 산출 생산성지수가 높을수록 R&D 투자 대비 경제적성과 생산성지수도 높게 나타날 가능성이 크다고 볼 수 있겠다. 반면, IPOP와 OPOC 간에는 음의 상관성이 있으며, 이는 R&D 산출 생산성이 경제적성과 생산성으로 연계되기까지의 time gap을 반영하기 때문으로 보인다. 한편, 국별 평균 생산성지수를 변수 값으로 한 상관분석에서는 OPOC와 IPOC 간에 높은 상관관계(0.674**)가 있으며 IPOP와 IPOC 간에는 유의미한 결과가 나타나지 않아 일국의 OPOC 생산성이 곧 IPOC 생산성을 가늠하는 잣대가 될 수 있음을 보여준다.

또한, IPOC 생산성지수와 R&D 투입요소들 간 상관분석 결과 <표 5>와 같이 모두 양의 상관관계인 것으로 나타났다. 이는 R&D 투입요소들을 증가시키면서 R&D 생산성을 높일 수 있어야 한다는 의미로 해석되며, 특히 여타 자원이 부족하여 R&D 이외 다른 방

법을 찾기 힘든 한국은 더욱 그러할 것이다.

<표 4> R&D경로단계별 생산성지수 간 상관분석 결과

		투자:산출	산출:성과	투자:성과
투자:산출	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	1		
산출:성과	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	-.695** .000	1	
투자:성과	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	.235** .000	.205** .000	1

N=357, ** : p<0.01(양쪽)

<표 5> IPOC 생산성지수와 R&D 투입요소들 간 상관분석 결과

		R/G	L_R/L	A/G	P/G
투자:성과	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	.152** .003	.207** .000	.153** .003	.165** .001

N=374, ** : p<0.01(양쪽)

IV. 결론 및 시사점

본 연구는 우리나라의 R&D 생산성 및 효율성을 실증분석을 통해 OECD 선진국들과 상대 비교함으로써 어느 수준인지, 어떤 특징이 있는지 살펴보고자 하였다.

IPOP 분석결과, 한국의 생산성지수는 평균 13.39% 증가하여 OECD 분석 대상국 중 1위를 기록하였다.²⁰⁾ 반면, 평균효율성(TE)은 최하위(0.33)로 나타났다. 그러나 그 시계열 변화추이를 보면, 최초 0.10(17위)에서 시작하여 최종 0.83(4위)까지 가파르게 상승하여 확연히 주요 선진국 수준에 이르게 되었으며, 효율성지수 0.80내외로 국가 간 수렴하는 현상을 보였다. 이는 Nathan Rosenberg(2000)가 언급하였듯이 동일한 문제를 안고 있는 여러 국가들이 결국 비슷한 방식과 과정을 통해 기술혁신의 수렴과정(technology

20) 박용태, 이젠 테크노경영이다, 나비장책, 2008 참조. 박용태는, “연구개발에서 이른바 ‘생산성의 역설(paradox)’이 나타나기 때문이다. 기술경쟁에서 살아남기 위해 기업들은 기술투자를 계속 늘려왔다. 투자를 늘릴수록 연구성과도 늘어난다.”고 주장하였다.

convergence)을 보인다는 주장과 일맥상통한다 하겠다.²¹⁾

OPOC 분석결과, 한국의 생산성지수는 평균 14.02% 감소(17위)하였다. 평균효율성(TE)은 스페인과 함께 최상위(1.00)로 시계열 변화가 없었다. 반면, 일본, 이탈리아, 프랑스 등 선진국들의 TE가 빠르게 상승하고 있어 곧 한국과 스페인을 따라잡을 추세이며, 이는 상대적으로 한국의 효율성이 선진국 수준으로 하락하고 있다고도 볼 수 있다. 한편, IFTE의 변화추이는 효율성지수 0.04 내외로 국가 간 수렴하는 현상을 보였으며, 한국은 주요 선진국 수준으로 빠르게 하락하여 왔다.

IPOC 분석결과, 한국의 생산성지수는 평균 5.69% 감소(16위)하였으며, 평균효율성(TE)은 비교적 높게(0.62) 나타났다. TE의 시계열 변화추이를 보면, 한국은 최초 0.65(3위)에서 시작하여 최종 0.45(12위)까지 완만한 하락추세인 반면, 주요 선진국들은 완만한 상승추세로 확연히 다른 모습이며, 2004년부터 한국을 앞지르기 시작했다.

R&D경로단계 간 상관분석에서는 R&D 생산성(IPOC)이 IPOP와 OPOC 생산성 및 R&D 투입요소들과 모두 양의 상관이 있는 것으로 나타났다. 그리고 국별 평균 생산성지수를 변수 값으로 한 분석에서는 OPOC와 IPOC 간에 높은 상관관계가 있으며 IPOP와 IPOC 간에는 유의미한 결과가 나타나지 않아 일국의 OPOC 생산성이 곧 IPOC 생산성을 가늠하는 잣대가 될 수 있음을 보여준다.

본 연구를 통해 한국의 R&D 경로단계 모두에서 효율성이 선진국 수준으로 진입하는 흐름을 포착할 수 있었다. 장기적으로는 R&D 생산성 및 효율성이 주요 선진국에 이르는 것이 당연할 수도 있겠지만 빠른 경제성장 만큼이나 R&D 분야에서도 빠르게 진행되고 있음을 보여주는 모습이다. 하지만 R&D 분야에서 그 동안 후발자의 이익을 충분히 누려온 점과 선진국과의 기술격차가 여전히 크다고 볼 수 있는 현 상황 하에서 이후의 전망이 밝다고만 할 수 없겠다. 게다가 R&D 투자가 지속적으로 증대되고 있으며 경제(TFP)성장률이 안정적인 하향 추세를 보일 가능성을 고려한다면 선진국 수준에 도달하고 있는 효율성이 마치 덧에 걸리듯 장기간 저조하게 나타날 가능성이 있다고 여겨진다. 그 수준은 일국의 R&D 체제의 변모 정도에 달려있을 것이다.

IPOP 효율성을 향상시키기 위해서는 선진국에 비해 상당히 미흡한 것으로(17위) 나타나는 논문의 산출 집약도(A/G), 즉 그 질적 수준²²⁾을 높이기 위한 혁신정책이 요구되어

21) Nathan Rosenberg (2000), *Schumpeterian and the Endogeneity of Technology*, London and New York: Routledge.

22) 질적 수준의 대리 지표로 사용한 논문의 영향지수는 과학기술지식과 그 수요와의 껍 정도를 보여주고 있는 것으로 우리나라는 표본 국가 중 최하위이다.

진다. 이와 관련하여서는 기존연구에서 구체적인 방안들이 제시되고 있다.

그리고 한국은 OPOC 생산성이 선진국에 비해 상당히 낮은 수준이며 그 효율성(IFTE)의 하락추세가 가파르다. 후발자의 이익은 줄어드는 데 반해 기술의 확산 및 사업화 시스템의 혁신성고가 부족하여 기술공급의 생산성 및 효율성은 높은 반면, 경제적 성과로 이어주는 기술수요와의 연계가 아직 미흡한데 따른 현상으로 볼 수 있을 것이다.²³⁾ 즉 R&D 투자 및 활동이 궁극적인 목표인 생산성 증대로 연계되기 위해서는 기술수요와 기술공급 간 갭(gap)을 줄이고 상호 인과관계를 가질 수 있도록 R&D 투자 및 산출 증대의 노력 이상으로 R&D 산출물의 활용 측면이 보다 강화되어야 할 것이다. 김인수(1985)는 기술혁신 체제에 있어 기술수요 부문과 기술공급 부문, 그리고 수요와 공급을 연결하는 연계부문 즉 세 부문의 유기적 관계를 강조하였다.²⁴⁾ 한국의 OPOC 생산성이 낮은 원인으로, 첫째 우리나라는 선진국에 비해 아직 연계관계의 구축이 미흡한 것으로 설명할 수 있겠다. 그 연계관계란 기술이 생성되어 실제 생산에 적용되기 까지 과정의 효율성을 말하여 이는 이른바, 죽음의 계곡(Death Valley)이라 불리는 사업화 과정을 말한다. R&D 성과의 사업화 과정은 벤처펀드, 기술경영인력, 사업화 시스템 등을 모두 포괄하는 문제로 본 연구의 논의 범위 밖이나 국가적 R&D 생산성을 제고하기 위해서는 R&D 사업화 과정이 더욱 선진화되어야 하겠다는 의미를 지적할 수 있겠다.²⁵⁾ 둘째, OPOC가 낮은 원인으로 산업의 수요를 충분히 고려하지 않은, 즉 전주기적 국가 R&D 체계가 미확립되어 R&D 성과가 곧바로 산업의 성과로 이어지지 못하는 문제도 내재하고 있는 것으로 판단된다.

과거 한국은 이미 검증된 선진국 원천기술의 흡수와 활용능력에 대한 경쟁력을 토대로 시장의 수요에 대한 진지한 고려가 없이도 공급 위주의 방식으로 수요를 유인하고 생산성 제고 효과를 거둘 수 있었지만 선진국의 원천기술 이전 기피현상은 심화되고 있으며 스스로 산업계의 수요에 부응한 원천기술을 개발하고 이의 사업화 메커니즘을 발전

23) 기술무역수지가 여전히 개선되지 못하고 있으며, 이는 시장에서는 활용할 가치가 없는 기술에 불과하거나, 기술을 사용할 적절한 파트너를 찾지 못하기 때문일 수 있다. 또는 기술의 가치는 높을 수 있으나 바로 수요자가 사용하기에는 부적합하고 또 다른 일련의 과정을 필요로 하기 때문에 해외에서 직접 기술을 도입하여 사용하는 편이 더 나은 경우일 수 있다. 그리고 국가 R&D의 사업화율과 공공연구성과의 민간으로의 기술이전을 또한 저조한 실정이다(지식경제부, 2009; 장진규 외, 2009).

24) Linsu Kim, "Technology Transfer and R&D in Korea", *Korea's Economy*, 1(1), April, pp. 292-300.

25) 국가 R&D 투자의 약 10%를 차지하는 대학의 연구생산성이 1%도 되지 않는다. 지난 2009년 전국 148개 대학의 총연구비는 3조 4,944억 원에 이르렀지만 기술이전 수입료는 299억 8,100만 원에 불과하다. 국내 대학의 기술이전 수입료 총액은 미국 MIT 공대의 3분의 1수준이고, Stanford 대학의 절반에 못 미친다(국가 R&D 통계 참조).

시킴으로써 성숙제품이 아닌 프런티어 제품에서 경쟁력을 획득해 나가지 않고서는 더 이상 글로벌 경쟁력을 유지할 수 없게 되었다.

따라서 시장수요를 반영하는 원천기술을 자체 개발할 수 있도록 다양한 이해관계자들 간 연계강화 등 적절한 환경을 조성하고 창조적인 R&D 역량을 강화함은 물론, 개발된 기술이 시장 수요자로의 공급이 원활해지도록 시장실패 영역에 대한 기술금융시장환경 조성, 기술의 확산·활용·공유를 매개하는 가장 중요한 수단인 산·학·연 인력교류 및 실질적인 협력 시스템 구축, 기술공급자와 기술수요자 간 기술흐름의 중추적 역할을 수행하는 다양한 기술사업화 지원 서비스산업에 의해 사업화에 성공하기까지 실질적인 인큐베이팅 제공 등 전반적인 기술사업화 시스템의 혁신을 통하여 R&D 산출물의 활용도를 보다 높일 수 있도록 다양한 정책적 지원이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 고민수·이덕주 (2001), 「DEA를 이용한 OECD 국별 연구개발 효율성 비교 분석」, 대한산업공학회 추계학술대회 발표논문.
- 교육과학기술부 (2009), 「세계 지적재산권 지표 중 특허 현황」.
- 교육과학기술부 (각 년도), 「연구개발활동조사보고서」.
- 국가과학기술지식정보서비스 (NTIS) DB, <http://www.ntis.go.kr>.
- 기획재정부 (2009), 「창조형 R&D, 녹색기술로 미래성장동력 창출-2009년도 R&D 예산 주요 내용 및 특징」, 2009년도 정부 연구개발투자 부처 합동 설명회.
- 김병우 (2007), 「지속적 경제성장을 위한 R&D 집약도 도출: 파레토 최적배분을 위한 탐색적 연구」, 정책연구 2007-02, STEPI.
- 박수동·홍순기 (2003), “비모수적 방법을 이용한 OECD 국가별 R&D 효율성과 생산성 분석”, 「기술혁신학회지」, 제11권 제2호, pp. 151-174.
- 엘빈 토플러 (2006), 「부의미래」, 청림출판.
- 이우성·윤문섭 (2007), “R&D 투자를 통한 성장잠재력 확충 방안”, 「과학기술정책이슈」, 제2호, STEPI.
- 장진규 외 (1996), 「정부투자기관의 R&D 투자흐름 및 R&D 효율성 분석」, STEPI.
- 장진규 외 (2009), 「저탄소 녹색성장을 과학기술정책 과제」, 협동연구총서 09-06-02, STEPI.
- 조운애 외 (2005), 「혁신역량 강화를 위한 연구개발투자의 효율성 제고방안」, 산업연구원.
- 지식경제부 (2009), 「2008년도 공공연구기관 기술이전 현황 조사 보도자료」, 2009.7.7.
- 최태진 (2007), 「국가연구개발사업의 유형별 성과분석을 통한 전략적 연구관리 체계 구축에 관한 연구」, 건국대학교 박사학위논문.
- 하준경 (2004), “연구개발의 경제성장 효과분석”, 「금융경제연구」, 제203호, 한국은행 금융경제연구원.
- 홍사균 외 (2006), 「정부연구개발사업의 추진구조와 성과의 상관관계 분석: 기초연구를 중심으로」, STEPI.
- Caves, D., L. Christensen and E. Diewert (1982a), “Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers”, *Economic Journal*, Vol. 92, No. 365, March, pp. 73-86.
- Caves, D., L. Christensen and E. Diewert (1982b), “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity”, *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, November, pp. 1393-1414.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), “Measuring Efficiency of Decision Making

- Units". *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.
- Fare, R., S. Grosskopf, L. Bjorn and R. Pontus (1992), "Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980~1989: A Non-Parametric Malmquist Approach", *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3, No. 3, pp. 85-101.
- Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang (1994), "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries", *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83.
- Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- Ha, J. and P. Howitt (2004), "Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory", *mimeo*, Brown University.
- ILO (2010), *LABORSTA Labour Statistics Database*.
- IMF (2009), *World Economic Outlook Database*, October.
- Jones, C. I. (1995), "R&D-Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy*, 103, pp. 759-784.
- Kim, J. W. and H. K. Lee (2004), "Embodied and disembodied international spillovers of R&D in OECD manufacturing industries", *Technovation*, Vol. 24, No. 4, pp. 359-368.
- Kim, Linsu (1985), "Technology Transfer and R&D in Korea", *Korea's Economy*, 1(1), April, pp. 292-300.
- Kim, Sun G. (2000), "Is government investment in R&D and market environment needed for indigenous private R&D in less developed countries?: evidence from Korea", *Science and Public Policy*, Vol. 26, No. 1, pp. 13-22.
- Kocher, M. G., M. Luptacik and M. Sutter (2006), "Measuring productivity of research in economics: A cross-country study using DEA", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 40, No. 4, pp.314-332.
- NSI (2010), *SCI DB CD-ROM*, Thomson Reuters Com.
- OCEAN TOMO, <http://www.oceantomo.com>.
- OECD (2002), *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*.
- OECD (2003), *Developments in Growth Literature and Their Relevance for Simulation Models*, Environment Directorate, Environment Policy Committee.
- Rosenberg, Nathan (2000), *Schumpeterian and the Endogeneity of Technology*, London and New York: Routledge
- Solow, R. M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal*

of Economics, 70, pp. 65-94.

Solow, R. M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economic Studies*, Vol. 39, No. 3, August, pp. 312-320.

The Conference Board (2010), *Total Economy Database*, January.

USPTO (2009), *Patent Technology Monitoring Team Report*, June.

Wang, E. C. and W. Huang (2007), "Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach", *Research Policy*, Vol. 36, No. 2, pp.260-273.

WIPO (2009), *Statistics Database*, November.

Young, A. (1998), "Growth Without Scale Effects", *Journal of Political Economy*, 106, pp. 41-63.

□ 투고일: 2010. 10. 28 / 수정일: 2011. 06. 08 / 게재확정일: 2011. 06. 21