

## R&D기반 성장모형의 실증분석

조상섭\* · 정동진\*\* · 장송자\*\*\*

### 〈 목 차 〉

1. 문제 제기
2. 기존 연구 및 계량방법론
3. R&D기반의 성장이론에 대한 실증분석
4. 결론 및 시사점

**Summary:** This paper extends the empirical analysis on R&D based growth model so that the nonstationary panel unit root testing methods can be used to distinguish the exogenous growth model and R&D based growth model for the 1981-1999 period with fourteen OECD economies including Korea. Our results show that first, using U.S. and Group mean as benchmarking, the stochastic R&D productivity convergence to benchmarking is not supported in our data set. Second, the empirical results for stochastic nonconvergence to the U.S. or group mean also are robustness to panel unit root methods. We, therefore, find strong support for the implications for R&D based growth model.

키워드: R&D기반 성장모형, 신고전과성장이론, 새성장이론, 수렴성 가설, 패널단위근검정,

\* 한국전자통신연구원 정보화기술연구소 선임연구원 (e-mail: choss@etri.re.kr)

\*\* 한국전자통신연구원 정보화기술연구소 선임연구원 (e-mail: jdj63227@etri.re.kr)

\*\*\* 한국전자통신연구원 정보화기술연구소 선임연구원 (e-mail: csj63390@etri.re.kr)

## 1. 문제 제기

한 국가의 경제성장에 대한 결정요인 및 그 경제정책적 시사점에 대한 관심은 고전경제학 이전부터 정치경제분야의 주된 연구대상이었다. 그러나 수리적 분석방법을 활용한 경제성장에 대한 연구는 Solow (1956)가 제시한 신고전파성장이론 (neoclassical growth theory)으로 정형화되었는데, 이후 신고전파성장이론은 한 국가 거시경제변수사이에 장기적인 상호관계를 개념화하는 데 상당한 영향을 미쳤다. 신고전파성장이론에서 경제가 오목한 단기적 생산기회 (concave short run product opportunities)를 가질 경우, 경제성장과정은 외생적 기술변동과 자본심화에 의한 결합적 상호작용의 결과로 이해될 수 있다. 신고전파성장이론의 등장으로 동일한 기술적 특성과 경제주체의 선호조건이 주어진다면 일인당 소득은 초기 자본상태와 관계없이 일정한 경제수준에 수렴하게 된다는 예측이 가능하게 되었다.

그러나 Romer (1986)와 Lucas (1988)는 Solow (1956) 성장모형의 예측력이 현실과 부합되지 않는다고 비판하면서, 상이한 경제성장이론을 제시하였다. 그들은 새성장이론(new growth theory)을 통해서 장기간에 후진국과 선진국간에 일인당 소득의 평준화가 이루어지지 않은 사실과 후진국의 경제성장률이 선진국의 경제성장률을 추월하지 못한 경험적 현상을 지적하였다. 즉 현실 자료를 통해서 나타난 경제현상은 후진국이 선진국을 추격할 것이라는 신고전파성장이론의 예측과 맞지 않는다는 실증근거를 제시하였다. 초기 소득수준과 장기에 걸친 소득 사이의 관계가 근본적으로 오목 (convexity) 생산함수가 아니기 때문에, 신고전파성장이론에서 예측한 수확체감현상이 현실에서는 나타나지 않았다는 것이다.

본 연구의 목적은 새성장이론 중에서 한 국가의 장기적 경제성장을 결정하는 요인으로 기술진보와 R&D의 역할을 강조하고 있는 소위 R&D기반 성장모형의 실증에 있다. Romer (1990), Grossman and Helpman (1991), 그리고 Aghion and Howitt (1992) 등은 R&D기반을 강조하는 내생적 성장이론 (endogenous growth theory)을 전개하였는데, 이윤추구를 목적으로 하는 기업의 혁신활동결과가 기술진보를 유발시킨다는 것이 주요한 주장이다. 이들에 따르면 혁신활동은 생산성을 증가시키고, 생산성의 증가는 결과적으로 장기적 경제성장을 유도하는 요인으로 작용한다. 따라서 이러한 경제작동체계 하에서는 R&D부문에 가해진 충격은 R&D부문의 노동생산성을 지속적으로 증가시킨다는 이론적 시사점이 도출될 수 있다.<sup>1)</sup> 즉 R&D기반 성장모형에 따르면, R&D부문의 R&D지출과 노동생산성은 단위근

---

1) 원론적인 R&D기반 성장모형의 핵심은 한 국가의 영구적인 R&D지출증가는 국민생산성 (GDP증가율)을 지속적으로

(unit root)을 갖는다.

본 연구는 R&D기반 성장모형이 주는 시사점에 주목하고, 기존 실증연구를 다음과 같이 두 가지 관점에서 보완 및 발전시켰다. 첫째, 한국을 포함한 14개 OECD회원국을 대상으로 1981-1999년 동안의 기간에 걸쳐 분석함으로써 분석결과에 대한 설득력을 높였다. 둘째, 기존의 단일시계열 방법론에서 벗어나 비정상적 패널분석 (non stationary panel analysis) 방법론을 사용함으로써 본 연구의 결론을 뒷받침하였다. 즉 분석 시기 및 대상을 확장시키고 발전된 분석방법론을 활용하여 노동생산성이 일정한 수준으로 수렴하는지를 분석하고 있다. 이를 위해서 LL (Levin and Lin, 1993; 2002)을 보완한 Wu (1996)와 IPS (Im, Pesaran and Smith, 1997)의 방법을 사용함으로써 계량분석결과에 대한 설득력을 높였다.<sup>2)</sup>

본 연구의 전개는 다음과 같다. 제 II장에서는 R&D기반 성장모형과 수렴성 여부의 연관 관계를 제시하였다. 그리고 Jones (1995b)와 Bernard and Durlauf (1996)의 연구를 검토 하면서 본 연구의 실증분석 방법론을 설명하였다. 제 III장에서는 실제 자료를 사용하여 R&D기반 성장모형에 대한 실증분석을 실시하였다. 마지막 장에서는 본 연구에 대한 간단한 요약 및 시사점을 제시하였다.

## 2. 기존 연구 및 계량방법론

### 2.1 R & D기반 성장모형에 관한 기존연구

경제성장의 원인을 규명하는 실증연구는 Baumol (1986)의 신고전파성장이론의 함축적 의미인 수렴성 검정에서부터 시작되었다. Baumol의 중요한 연구결과는 장기적 자료를 이용하여 단순한 회귀분석을 실시한 결과, 성장률이 상이한 몇 개의 집단(Club)이 발견된다는 점을 보였다. 이러한 실증결과는 신고전파성장이론보다는 Romer (1986)와 Lucas (1988)의 내생적 성장이론의 실증적 근거를 뒷받침하는 결과가 되었다.<sup>3)</sup>

내생적 성장이론 중에서 자본의 중요성을 강조한 Romer (1986)와 Lucas (1988) 그리

---

증가시킨다는 이론이다. 본 연구에서는 R&D지출증가는 적어도 R&D부문의 (노동) 생산성을 증가시킨다는 점을 함축하고 있다.

2) 비정상적 패널단위근검정 방법으로는 LL방법을 개선시킨 IPS방법이 많이 사용되고 있으며, 최근 들어 Fisher 검정법으로 알려진 p-값을 이용하는 Maddala and Wu (1999)와 Choi (2001)의 방법도 사용되고 있다.

3) 수렴성에 근거한 경제성장이론의 실증분석은 횡단면적 접근을 사용한 Barro (1991), 시계열분석을 중심으로 한 Bernard and Durlauf (1995), 그리고 비모수적 국가간 소득분포를 중심으로 연구한 Quah (1996)등 수많은 기존연구들이 있다.

고 Rebelo (1990)의 AK성장이론이 실증적인 연구결과의 지지를 획득하지 못하자, Romer (1990), Grossman and Helpman (1991), 그리고 Aghion and Howitt (1992) 등은 R&D의 중요성에 기반을 둔 경제성장모형을 제시하였다. R&D기반 성장모형의 실증적 검정은 Jones (1995a, 1995b)을 중심으로 이루어졌다. 그는 R&D기반 성장모형에 대한 실증분석을 미국을 중심으로 한 5개국에 대한 장기적 자료를 중심으로 실시하였으나, 영구적인 R&D자원의 증가가 지속적인 경제성장을 유발한다는 R&D기반 성장모형의 이론적 예측을 뒷받침하지 못했다.

그러나 Jones (1995a, 1995b)의 연구방법에 몇 가지 문제점을 지적할 수 있다. 첫째, 단순한 시각적 그래프와 단순 단위근검정에 의존했다는 점이다. 둘째, 선진 4개국을 중심으로 개별적인 접근을 했다는 점이다. 이 두 가지 측면을 고려할 때, Jones의 실증방법은 검정력(power of test)에 문제가 있는 것으로 볼 수 있다.<sup>4)</sup> 본 연구에서는 두 가지 문제점을 보완하기 위하여 한국을 포함한 OECD 14개국과 비정상적 패널분석(non stationary panel analysis) 방법론을 사용하였다.

## 2.2 R & D기반 성장모형과 수렴성의 관계

본 장에서는 R&D기반 성장모형을 Jones (1995b)에 따라서 간단하게 설명하고, Bernard and Durlauf (1996)가 제시한 수렴성 정의와 R&D기반 성장모형의 연관관계에 대해서 살펴볼 것이다.<sup>5)</sup>

일반적으로 R&D기반 성장모형은 복잡한 형태로 나타나지만, Jones (1995b)는 몇 가지 중요한 함의를 담은 축약된 모형을 다음과 같이 제시하였다. 한 국가의 경제성장은 다음과 같은 투입요소의 결과로 나타난다.

$$Y = K^{\beta} (A L)^{\alpha} \quad (1)$$

여기서 Y는 총생산량을 의미하고, A는 중립적 노동생산성 또는 지식축적 그리고 K는 총자본량을 의미한다. 이때 생산성 A는 다음과 같은 전개방식을 따른다.

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta L_a \quad (2)$$

4) 단순 단위근검정방법의 분별력 결함에 대한 언급문헌은 Levin and Lin (1993, 2002), Quah (1994), Im, Pesarn and Shin (1997) 그리고 Maddalar and Wu (1999)을 참조하기 바란다.

5) Jones (1995a)는 R&D기반 성장모형을 체계적으로 제시하였으며, Jones (1995b)는 R&D기반 성장모형에 대해서 실증분석을 하였다.

총 가용노동량은 경제생산활동을 하는  $L_y$ 와 혁신창조부분에서 활동하는  $L_a$ 으로 나누어져 있다. 따라서 총 경제의 노동량은  $L_y + L_a = L$ 이며,  $\delta$ 는 생산성증가의 속도를 좌우하는 모수(arriving rate)이다. 장기적으로 이 변수들은 한 국가의 경제분석에서 일정하다고 가정한다.<sup>6)</sup>

R&D기반 성장모형의 가장 중요한 전개방정식은 수식 (2)이다. R&D기반 성장모형은 한 국가에서 총 노동량은 일정하다고 가정하기 때문에, R&D부분의 노동자 비율이 일정하다면 이 경제는 정상상태(steady state of economy)의 균형성장과정에 있게 된다. 정상상태의 균형성장과정을 따를 경우에 노동장비비율( $\frac{K}{L}$ )과 일인당 국민소득은 같은 증가율을 보이게 된다. 따라서 생산성증가율은 경제성장률과 같게 된다. 즉 정상상태의 경제성장률은 다음과 같게 된다.

$$g_y = g_a = g \equiv \delta s^* L \quad (3)$$

여기서  $s^*$ 는 정상상태에서의 총 노동량 중에서 R&D부분의 균형노동량비율을 의미하며,  $\delta$ 는 R&D부분의 효율성을 나타내는 모수이다.

위에서 기술한 R&D기반 성장모형은 다음과 같은 시사점을 제시한다. R&D부분으로의 경제자원의 투입증가는 지속적 일인당 국민소득 증가율 또는 총요소생산성의 지속적 증가를 가져온다는 시사점을 보여주고 있다.

상기와 같은 이론적 배경 하에서 Jones (1995b)는 미국, 일본, 독일 그리고 프랑스 4개국의 자료를 중심으로 R&D기반 성장모형에 대한 유효성을 분석한 결과, 이 이론의 시사점이 현실과 불일치함을 보였다. 이하에서는 다음과 같은 두 가지 관점에서 기존 Jones의 연구를 확대시키고자 한다. 첫째, 1981-1999 기간의 한국을 포함한 OECD 14개국으로 분석 시기 및 대상을 확대할 것이다.<sup>7)</sup> 둘째, Jones (1995b)는 시각적이고 직관적인 실증방법에 의하여 결론을 도출하고 있으나, 본 연구에서는 수렴성과 R&D기반 성장모형의 관계를 제시한 후, 최근 설득력을 얻고 있는 패널시계열계량기법을 사용할 것이다.

실증분석에 앞서, Bernard and Durlauf (1996)의 수렴성 (convergence) 정의를 이용하여 R&D기반 성장모형을 패널단위근검정으로 어떻게 실증분석할 수 있는지 간단하게 서술하고자 한다.

6) 일반적으로 노동량 전개과정을 분석의 틀에 포함하는 경우가 있다 (Solow, 1956). 그러나 노동량이 일정하다는 가정은 본 연구의 주요 분석결과에 영향을 주지 않는다.

7) Jones (1995b, p.519)는 기술확산문제점을 들어 연구분석대상이 OECD국가 전체를 포함해야 한다고 제시하고 있다.

Bernard *et al.* (1996)이 제시한 수렴성에 대한 정의<sup>8)</sup>란 경제에 대한 예측기간이 길어짐에 따라 두 국가간에 장기적인 생산성에 대한 격차가 영(零)에 접근하는지에 대한 물음이다. 이 정의는 이력현상 (hysteresis)이 중요시되는 경우에는 성립하지 않는 정의로서, 생산성의 격차에 대한 충격의 효과가 영구히 지속된다면 생산성격차는 단위근을 갖게되며, 각국간에 수렴성은 성립할 수 없다 (Bernard *et al.*, 1996: p.165).<sup>9)</sup>

**수렴성 정의:** 고정된 시점  $t$ 에서 국가  $i$ 와 국가  $j$  사이에 장기적인 생산성의 격차가 같아진다면 장기예측의 균등에 대한 수렴성이 성립한다. 즉

$$\lim_{k \rightarrow \infty} E(y_{i,t+k} - y_{j,t+k} | \mathcal{I}_t) = 0 \quad (4)$$

위의 수렴성은 신고전파성장이론에서 정의된 것인 반면, R&D기반 성장모형을 검정하기 위해서 수렴성관점에서 다음과 같은 두 이론간에 관계를 정의할 수 있다 (Bernard *et al.*, 1996: p.166).

**R&D기반 성장모형과 수렴성과 관계:** 신고전파 성장이론에서는, 어떤 두 국가의 저축률, 인구 성장률, 생산함수 그리고 충격분포가 동일하게 주어진다면, 두 국가 사이의 연구원 생산성 격차는 장기적인 수렴성을 보이게 된다. 반면 만일 두 국가 사이의 연구원생산성 격차가 장기적으로 수렴하지 않는다면, R&D기반 성장모형이 채택된다고 할 수 있다.

위에서 R&D기반 성장모형에서의 수렴성 정의를 살펴보았다. 이제 시계열자료에서는 수렴성이 어떻게 분석될 수 있는지를 살펴보기로 한다. 본 연구에서 사용하고자 하는 연구원 일인당 생산성에 관한 시계열자료에서의 수렴성은 다음과 같은 Wold 분해로 표현될 수 있다. 즉 수렴성에 대한 분석이란 두 국가 사이의 연구원생산성 격차  $y_{i,t} - y_{j,t}$ 가 시간에 무관한 (time invariant) 지 여부를 확인하는 것이다.

$$y_{i,t} - y_{j,t} = x_{i,j} + \sum_{r=0}^{\infty} \pi_{i,j,r} \cdot e_{i,j,t-r} \quad (5)$$

여기서  $x_{i,j} = 0$ 과  $\pi_{i,j,r}$ 은 squire-summerable한 경우이며, 생산성격차를 정의할 때 Benchmarking으로 미국과 OECD 14개국의 단순평균 두 가지를 사용하였다.

만일 Benchmarking의 연구원 생산성과 다른 국가와의 연구원 생산성의 격차인  $y_{i,t} - y_{j,t}$ 가 확정적이거나 단위근 (unit root)을 갖는다면, 신고전파성장이론에 기초한

8) Bernard *et al.* (1996)은 신고전파성장이론에 입각하여 수렴성에 대한 두 가지 정의를 제시하였다. 그러나 본 연구에서는 시계열분석 방법론의 관점에서 수렴성에 대한 정의만을 설명하고자 한다.

9) Evans and Karras (1996)도 동일한 수렴성을 정의하였다.

수렴은 발생하지 않는다고 해석된다. 나아가 R&D부문에 경제자원의 지속적인 투입은 지속적인 일인당 국민소득 증가율 또는 총 요소생산성의 증가를 가져온다는 R&D기반 성장모형의 시사점이 유효성을 갖게 된다.<sup>10)</sup>

본 연구의 중요한 출발점 중 하나는 Jones (1996b)의 결론이 실증방법에서 사용한 통계량의 검정력이 약한 관계로 나타날 수 있다는 점에 있다. 따라서 본 연구에서는 Jones (1996b)의 방법론을 확장하고 보완한다는 점에서 패널 단위근 검정방법론을 채택하였다.

### 2.3 패널 단위근 검정방법론

Levin and Lin (1993, 2001)은 실증분석에서 자주 사용되는 비 정상성 여부를 검정하는 방법중 하나인 전통적인 ADF 단위근 검정방법의 검정력 (power of test)을 높이는 한 가지 방법으로 각 패널에 일차 자기상관계수가 동일하다는 가정을 도입하였다. 즉,

$$\Delta x_{i,t} = \mu_i + \beta x_{i,t-1} + \sum_{k=1}^p \theta_{i,k} \Delta x_{i,t-k} + \gamma_i t + \varepsilon_{i,t}; \quad i=1,2,\dots,N, \quad t=1,2,\dots,T \quad (6)$$

앞 절에서 보았듯이,  $x_{i,t}$ 는 Benchmarking국가와 대상 국가간에 연구원의 생산성 차이를 나타내는 변수를 사용하였다.

위 경우 LL 패널 단위근 검정방법에서 귀무가설 및 대립가설은 다음과 같이 설정된다.

$$H_0 : \beta = 0, \quad H_a : \beta_i \exists i \text{ s.t. } \beta_i < 0. \quad (7)$$

이런 가정에서 일반적 OLS  $\hat{\beta}$ 의 점근적 분포는 다음과 같음을 알 수 있다.

$$T\sqrt{N}\hat{\beta} \Rightarrow N(0, 2), \quad T, N \rightarrow \infty; \quad t_{\beta} \Rightarrow N(0, 1) \quad (8)$$

이 경우 OLS계수는 앞 수식에서 보듯이 수렴속도가 횡단면 자료 숫자 (N)보다는 시계열 변수 숫자 (T) 증가에 더 빨리 모수에 접근함 (super-consistent)을 알 수 있다. Wu

10) 본 논문의 심사위원은 수렴성과 R&D기반 성장모형과의 필요 및 충분조건에 대해서 지적하였다. 수렴성이 보장되지 않는다는 실증결과는 R&D기반 성장모형성립의 필요조건일 뿐이며, 충분조건은 될 수 없다. 제약적인 몇가지 조건에서 수렴성은 신성장이론과 신고전파성장이론을 구별할 수 없다는 점을 이론적으로 밝힌 Kelly (1992)논문이 있다. 또한 수렴성에 의한 신고전파성장이론 및 내생적 성장이론과의 차별성에 대한 불가지론을 설명한 Durlauf (1995)의 논문이 유용한 참고가 될 것이다. 그러나 실증경제학적 접근에서 모든 이론적 조건을 조정 (Control 또는 Experiments)하는 환경이 없으며, 본 연구는 Jones (1995a; 1995b)의 연구에서와 같이 R&D기반 성장모형의 일차적 검증에 있다. 역시 이점을 지적하여주시는 심사위원에게 감사드린다.

(1996)은 Levin and Lin (1993)의 패널 단위근 검정방법을 실질환율의 정상성검정에 도입하였다. 본 연구에서는 Levin and Lin이 제시한 이론적인 방법론보다는 Wu가 제시한 패널 방법론을 이용하여 R&D기반 성장모형을 검정하였다. 또한 일반적으로 패널단위근 검정은 전통적인 분포를 하지 않기 때문에 Simulation을 통하여 분포값을 계산하였다.

또 다른 패널 단위근 검정방법론으로는 Levin and Lin 패널 단위근 검정방법론을 보완한 Im *et al.* (1997)이 있다. Levin and Lin의 패널 단위근 검정의 경우 각 횡단면 단위가 동일 (homogeneity)하다는 가정을 도입함으로써 검정력을 높이는 방법을 사용한 반면, Im *et al.* (1997)는 각 횡단면에 이질성 (heterogeneity)을 인정하면서 평균 패널 단위근 검정을 통하여 사용자료 비 정상성을 분석하는 방법을 사용하였다. 따라서 두 방법론은 대립적인 관점보다는 보완적인 관점에서 접근해야하며, 본 연구에서는 두 가지 방법론을 사용함으로써 도출된 결론을 보강하였다. Im *et al.* (1997)를 간단히 소개하면 다음과 같다.

$$\Delta x_{i,t} = \mu_i + \beta x_{i,t-1} + \sum_{k=1}^h \theta_{i,k} \Delta x_{i,t-k} + \gamma_i t + \varepsilon_{i,t} \quad ; \quad i=1,2,\dots,N, t=1,2,\dots,T. \quad (9)$$

본 연구에서  $x_{i,t}$ 는 Benchmarking국가와 대상국가간에 연구원의 생산성 차이를 나타내는 변수이며, 이 경우 검정하고자 하는 귀무가설 및 대립가설은 다음과 같이 설정된다.

$$H_0: \beta_i = 0, \forall i, H_a: \exists i \text{ s.t. } \beta_i < 0. \quad (10)$$

가설 검정을 위하여 사용되는 통계량은 IPS t-bar 추정량으로 각 국가들의 관련변수에 대한 통상적인 Dickey-Fuller  $\tau$ 통계량의 평균으로 나타난다.

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i, \tau_i = \frac{\hat{\beta}_i}{\hat{\sigma}_{\beta_i}} \quad (11)$$

상기의 t통계량이 서로 독립적인 경우, IPS 통계량은 대 표본에서 다음과 같은 이론적 표준 t-bar통계량을 갖는다.

$$\Gamma_i = \frac{\sqrt{N}(\bar{t} - E(\tau_i | \beta_i = 0))}{\sqrt{\text{var}(\tau_i) | \beta_i = 0}} \quad (12)$$

Im *et al.* (1997)은 Monte Carlo simulation을 통하여, 상기 통계량에 대한 평균과 분산을 구하여 조정한 경우에  $\Gamma_i$ 는 다음과 같은 분산분포를 함을 보였다.<sup>11)</sup>



$$\lim_{n \rightarrow \infty, t \rightarrow \infty} \Gamma \Rightarrow N(0, 1) \quad (13)$$

다음장에서는 본 장에서 언급한 수렴성과 R&D기반 성장모형 그리고 두 가지 실증방법론을 사용하여 R&D기반 성장모형을 분석하였다.

### 3. R&D기반의 성장이론에 대한 실증분석

#### 3.1 사용자료

본 연구를 위하여 사용한 자료는 OECD (2001)에서 발행한 MSTI Database을 기본으로 하였다. 1981년에서 1999년까지 한국의 연구원 수는 한국산업기술진흥협회 통계자료와 과학기술부자료를 이용하였다. 실증분석 대상 국가는 한국을 비롯한 오스트리아, 캐나다, 덴마크, 프랑스, 독일, 아일랜드, 일본, 이태리, 네덜란드, 스페인, 스웨덴, 영국 미국 등 14개국이며, 벤치마킹으로는 미국과 그룹평균을 사용하였다.<sup>12)</sup>

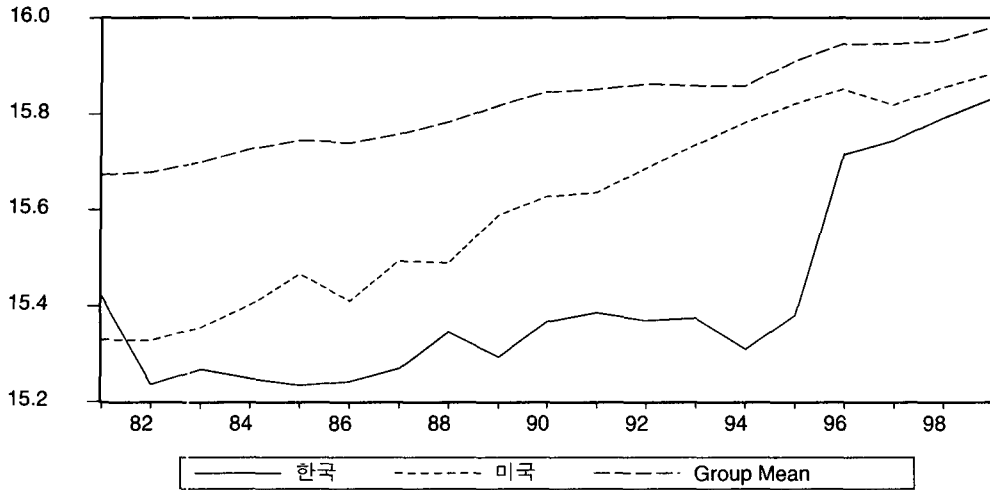
생산성 변수는 각 국의 구매력으로 평가된 GDP를 연구원 수로 나눈 연구원 일인당 생산성을 사용하였으며<sup>13)</sup>, 모든 변수는 자연Log변환을 하였다. <그림 1>은 대표적인 국가인 한국, 미국 그리고 Group평균의 연구원 생산성을 나타내는 시각적 추세를 나타낸 것이다.

<그림 1>에서 우리는 연구원 생산성추세에 대한 다음과 같은 두 가지 특징을 발견할 수 있다. 첫째, 세 변수의 추세를 단순히 시각적으로 볼 때 한 점에 접근하고 있음을 볼 수 있다. 둘째, 세 변수는 일정한 추세를 가졌다기보다는 Random Walk을 하는 것으로 볼 수 있다. 첫 번째 특징은 기존 연구인 Jones (1995b)의 연구결과와 관련이 있고, 두 번째 특징은 단순한 시계열자료 분석보다는 단위근검정 (unit root test) 방법론을 사용해야 한다는 본 연구의 방법론과 관계가 있다.

11) Im *et al.* (1997)은 각 횡단면 (N)과 시계열자료 (T)에 대응하는 분포값을 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 Im *et al.* (1997)을 사용하는 경우 그들이 제시한 값을 사용하였다.

12) 분석대상은 자료의 제한성으로 한정되어 있다. 그러나 논문심사위원의 지적대로 선진14국을 대상으로 일반적인 R&D기반 성장모형의 실증적 시사점을 도출하는 데 주의를 요구된다.

13) 본 연구에서 사용하고 있는 평균생산성이 생산성을 나타내는 지수로 한계를 갖고 있는 것은 사실이다. 그러나, Bernard and Jones (1996)연구에서 보듯이 총요소생산성 (total factor productivity)과 연구원 일인당 생산성 (labor productivity)의 격차가 본 연구결과에는 결정적인 차이를 주지 않을 것으로 생각된다.



<그림 1> 한국, 미국, Group 평균의 연구원 일인당 생산성 추이

### 3.2 실증분석 결과

본 연구는 R&D기반 성장모형의 유용성을 검증하기 위하여 다음과 같은 단계를 거쳤다. 먼저 각 국가와 벤치마킹과의 생산성 격차에 대한 단위근 검정을 실시하였다. 그러나 단순한 단위근 검정방법 (ADF unit root test)은 추정방법상에 단위근에 대한 가설검정력이 낮은 것으로 알려져 있다.<sup>14)</sup> 이를 보완하여 장기적인 시계열자료의 특성과 횡단면자료의 변동성을 결합한 패널단위근검정방법론이 제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 단위근에 대한 가설검정력을 개선하기 위해서 두 종류의 패널단위근 검정식을 간단하게 다시 제시하면 다음과 같다.

Wu 패널단위근 설정식:

$$\Delta x_{i,t} = \delta_0 + \beta x_{i,t-1} + \sum_{j=-1}^p \theta_j \Delta x_{i,t-j} + e_{i,t} \quad (14)$$

여기서  $\Delta x_{i,t} = x_{i,t} - x_{i,t-1}$ 이며  $x_{i,t}$ 는 벤치마킹 연구원생산성과 비교국가 연구원생산성의 격차이다.

14) 이에 대한 자세한 설명은 Quah (1994)와 최근에 패널단위근 검정방법을 잘 적용한 Fleissig and Strauss (1997; 2000)를 참고하길 바란다.

또한 본 연구에서는 설정오류를 줄이기 위하여 IPS 패널단위근 검정을 실시하였다.

IPS 패널단위근 설정식:

$$\Delta x_{i,t} = \delta_0 + \delta_1 t + \beta x_{i,t-1} + \sum_{j=-1}^p \theta_j \Delta x_{i,t-j} + e_{i,t} \quad (15)$$

<표 1>은 벤치마킹과 각 국가의 연구원생산성 격차에 대한 단일시계열 ADF단위근 검정 결과이다. <표 1>의 분석결과는 일반적으로 벤치마킹과 해당국가의 연구원생산성 격차가 단위근을 갖는다는 것을 기각할 수 없음을 보여준다. 이와 같이 생산성 격차에서 단위근이 존재한다는 분석결과는 각 국가간에 생산성 격차가 수렴하지 않는다는 것을 보여주며, 이는 기존의 연구와 달리 R&D기반 성장모형의 함의가 타당함을 보여주는 실증분석결과로 볼 수 있다. 즉 지속적인 연구원의 증가는 연구원의 생산성을 지속적으로 증대시키며, 이는 지속적인 경제성장에 필요한 총 생산성을 증대시킨다고 볼 수 있다.

단지 개별 국가별로 볼 때, 우리나라와 미국간에 연구원 노동생산성의 차이가 정상적 상태로 수렴하는 것으로 나타나고 있지만, 벤치마킹나라로 그룹평균을 사용하는 경우에는 단

<표 1> 단일시계열 ADF 단위근 검정결과 (1981-1999)

국가	Benchmarking	
	미국	Group Mean
오스트리아	-0.311	-0.616
캐나다	-0.605	-0.476
덴마크	0.023	0.111
프랑스	-0.684	-1.295
독일	-1.312	-0.679
아일랜드	-1.671	-2.490
일본	-2.694	-0.152
한국	-3.202*	-0.935
이태리	-1.658	-0.508
네덜란드	-1.149	-1.323
스페인	-2.483	-1.474
스웨덴	0.255	0.488
영국	-2.352	-2.432
미국	-	-0.762

주: 1) 본 ADF 단위근 결과는 1Lag에 대한 분석이며, 0Lag (DF unit root test) 또는 2Lag와 3Lag에서도 단위근 존재가설을 기각할 수 없었음.

2) \*, \*\*, \*\*\*은 각 10%, 5% 그리고 1%에서 통계적으로 유의적임을 나타내고 있음.

위근을 가진 것으로 나타나고 있다. 이러한 두 개의 벤치마킹사용에 따른 상반된 결과 역시 패널 단위근 검증방법을 사용해야하는 이유로 볼 수 있다.

그러나 상기에서 본 일반적인 분석결과는 단일시계열 ADF단위근 검정의 검정력이 높다는 전제에서 설득력을 얻을 수 있는 분석결과이다. Levin and Lin (1993; 2001)에서 볼 수 있듯이 단일시계열 ADF단위근 검증방법은 검정력이 약한 것으로 알려져 있다. 따라서 단위근 검정의 검정력을 높이기 위하여, 위에서 제시한 두 가지의 패널단위근 검정을 실시하였다. <표 2>에 나타난 결과에서 보듯이, 벤치마킹에 대한 연구원생산성의 격차가 비정상적이라는 귀무가설을 기각할 수는 없었다.

<표 2> 수렴성에 대한 패널단위근 검정결과

구분	Benchmark	0lag	1lag	2lag	3lag
Wu검정결과	U.S기준	-3.170	-3.130	-3.868	-3.373
	그룹평균	-3.302	-3.478	-3.950	-3.804
IPS검정결과	U.S기준	-1.564*	0.834	0.048	0.492
	그룹평균	-1.090	-0.483	-0.267	-0.272

주: 1) \*, \*\*, \*\*\*은 각 10%, 5% 그리고 1%에서 통계적으로 유의적임을 나타냄.

2) Wu 패널검정에 대한 t값 분포는 <표 3>를 참조하기 바라며, IPS 패널검정에 대한 t값 분포는 IPS (1997)을 참조하였음.

<표 3> Wu가 제시한 비정상 패널검정방법에 의한 t값의 Simulation분포

(반복횟수: 10,000)

임계값	1%	2.5%	5%	10%
0lag	-9.193	-7.110	-6.741	-6.470
1lag	-8.265	-6.975	-6.653	-6.380
2lag	-8.653	-6.879	-6.526	-6.259
3lag	-8.563	-6.897	-6.221	-5.871

주: 1) 본 Simulation은 분석대상에 준해서, 국가 수 n=14와 시간 t=19에 대한 정확한 분포를 Gauss3.2을 이용하여 추출하였음.

2) n=13인 경우는 n=14인 경우에 준하여 사용하였음.

본 연구에서는 단일시계열 ADF단위근 검정과 보다 개선된 IPS 패널단위근 검정, Wu 패널단위근 검정을 통하여 14개국 OECD국가간에 R&D연구원의 노동생산성 격차가 비정상적임을 보였다.<sup>15)</sup> 이러한 분석결과는 이론적 배경에서 본 바와 같이 R&D기반 성장모형을 뒷받침하는 분석결과로 볼 수 있다.

#### 4. 결론 및 시사점

본 연구는 R&D기반 성장모형을 장기에 걸친 여러 국가를 대상으로 실증하는 데 그 목적이 있다. 기존 연구인 Jones (1995b)를 분석 시기와 대상을 확장시켜 보다 개선된 계량기법을 활용하여 보완하였다. 즉 1981-1999 기간의 한국을 포함한 OECD 14개국을 대상으로 비정상적 패널분석을 이용하여, 연구원 일인당 생산성 격차가 수렴하는지에 대한 검정을 실시하였다. 본 연구의 분석결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 본 연구의 분석결과에 따르면, 연구원생산성 격차가 수렴성을 보이지 않았다. 이러한 결과는 벤치마킹을 미국과 분석국가들의 평균을 사용하였을 때 같은 결과를 나타냈다. 둘째, 본 연구의 분석결과에 따르면, Jones (1995b)의 결과와는 달리, R&D기반 성장모형이 제시하는 이론적인 견해가 유용성을 갖는 것으로 나타났다.

본 연구는 R&D기반 성장모형의 견해를 수렴성 검정이라는 간접적인 방법으로 평가하는 한계가 존재한다. 예를 들어, R&D부문에서는 수렴성이 존재할 수 있지만 국가전체 차원에서는 수렴성이 없는 경우에, 본 연구의 방법에 따르면 R&D기반 성장모형을 지지하는 결론에 도달할 수 있다는 한계를 갖는다. 이러한 문제점을 해결하는 방법으로는 순수 R&D부문의 자료만을 사용하는 방법이 있겠지만, 이에 대한 연구는 미래의 연구과제로 남겨둔다. 한편 연구원생산성 격차가 상당히 긴 시간이 지난 후에 정상적 (stationary)으로 복귀한다면, R&D기반 성장모형의 시사점과 상치되는 결론에 도달할 수도 있다.<sup>16)</sup>

본 연구가 갖는 한계에도 불구하고 다음의 경제정책적 시사점을 도출할 수 있다. 첫째, R&D기반 성장모형에 따르면, 국가자원의 지속적인 R&D부문의 투자는 지속적인 경제성장을 가능하게 할 수 있으며, 나아가 R&D관련 부문의 기술과 인력 육성이 경제성장의 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 둘째, 본 연구에서 분석한 R&D기반 성장모형은 R&D의 파급효과 (spillover effect)부분을 간과하고 있다는 점에서 R&D집중투자는 이론적 예측보다 더 지속적 경제성장에 영향력을 갖고 있다고 볼 수 있다. 본 연구결과는 R&D분야 투자 및 육성정책에 실증적 뒷받침이 될 것이다.

---

15) 본 연구 자료를 이용하여 Maddala and Wu (1999)가 제시한 Fisher 검정을 실시하였으나, 동일한 결과를 얻었다. 분석결과는 제시하지 않았으나, 분석결과에 대한 요구가 있을 경우 제공할 수 있다.

16) 본 연구에서 사용하는 자료기간은 약 20년 시계열자료이다. 이는 R&D부분에 일시적인 충격이 20여년 지속되다가 균형상태로 회귀한다면, 본 연구 분석상 잘못된 결론에 도달할 수 있다. 이에 대한 기존 연구의 하나로 Jones (1995a)은 일시적인 충격의 결과가 경제 모수에 따라 상당히 긴 기간후에 정상상태에 복귀가능성을 분석하였다.

## 〈참 고 문 헌〉

- Aghion, P. and P., Howitt (1992), "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, vol. 60, pp. 323-351.
- Baumol, W. J. (1986), "Productivity Growth, Convergence, and Welfare", *American Economic Review*, vol. 76, pp. 1072-1085.
- Bernard A. and S., Durlauf (1996), "Interpreting Tests of the Convergence Hypothesis", *Journal of Econometrics*, vol. 71, pp. 161-173.
- Bernard, A. and C., Jones (1996), "Comparing Apples to Oranges: Productivity Convergence and Measurement Across Industries and Countries", *American Economic Review*, vol. 86, pp. 1216-1238.
- Choi, I. (2001), "Unit Root Tests for Panel Data", *Journal of International Money and Finance*, vol. 20, pp. 249-272.
- Durlauf, S. (1995), "On Growth and Indeterminacy: Some Theory and Evidence", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 43, pp. 213-223.
- Evans, P. and G., Karras (1996), "Do Economies Converge? Evidence from a Panel of US States", *Review of Economics and Statistics*, vol. 78, pp.384-388.
- Fleissig, A. and J., Strauss (1997), "Unit Root Test on Real Wage Panel Data for the G7", *Economic Letters*, vol. 56, pp. 149-155.
- Fleissig, A. and J., Strauss (2001), "Panel Unit Root Tests of Purchasing Power Parity for Price Indices", *Journal of International Money and Finance*, vol. 19, pp. 489-506.
- Grossman, G. and E., Helpman (1991), "Quality Ladders in the Theory of Growth", *Review of Economic Studies*, vol. 58, pp. 43-61.
- Im, K. S., M. H., Pesaran, and Y., Shin (1997), "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", Revised Discussion Paper, University of Cambridge.
- Jones, C. (1995a), "R&D Based Model of Economic Growth", *Journal of Political Economics*, vol. 96, pp. 759-784.

- Jones, C. (1995b), "Time Series Tests of Endogenous Growth Models", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 110. pp. 495-525.
- Kelly, M. (1992), "On Endogenous Growth with Productivity Shocks," *Journal of Monetary Economics*, vol. 30, pp.47-56.
- Levin. A. and C. F., Lin (1993), "Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties", Discussion paper No. 93-56, University of California at San Diego.
- Levin, A., C., Lin and C., Chu (2002), "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-sample Properties", *Journal of Econometrics*, vol. 108, pp. 1-24.
- Lucas, R. (1988), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3-42.
- Maddala, G. and S., Wu (1999), "A comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* Special Issue, pp. 631-652
- Quah, D. (1994), "Exploiting Cross-Section Variation for Unit Root Inference in Dynamic Data", *Economic Letters*, vol. 44, pp. 9-19.
- Romer, P. (1986), "Increasing Return and Long Run Growth", *Journal of Political Economics*, vol. 94, pp. 1002-1037.
- \_\_\_\_\_ (1990), "Endogenous Technological Change", *Journal Political Economics*, vol. 98, pp. S71-S103.
- Solow, R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70. pp. 65-94.
- Wu, Y. (1996), "Are Real Exchange Rates Non-stationary?", *Journal of Money, Credit, and Banking*, vol. 28, pp. 54-63.