

# 국가간 기술혁신 파급경로에 관한 실증분석

정동진\*, 김한주\*, 김상태\*, 조상섭\*\*

## 요약:

본 연구는 기술혁신파급경로를 결정하는 국가간 무역역할에 대한 실증적인 분석을 목적으로 한다. 이 연구목적을 위하여, 최근 자료인 1980년부터 2003년까지 15개 OECD국가를 대상으로 자국의 기술혁신을 결정하는 중요한 변수로 알려진 자국 R&D축적 및 무역대상국의 R&D축적자료를 구축하였으며, 이를 무역지수인 쌍방간에 수출 및 수입량을 경제규모로 나눈 가중지수를 이용하여 유입된 R&D축적량을 구축하였다. 또한 대상변수들의 기술혁신파급역할에 대하여 최근 논의되고 있는 비정상적 패널기법을 이용하여 분석하였다.

최근 제안되고 있는 비정상적 패널기법을 이용하여 국제간에 기술혁신파급경로를 분석한 결과를 간단하게 요약하면, 다음과 같다. 첫째, 분석대상변수들은 비정상성을 갖는 것으로 나타났다. 둘째, 그러나 장기적으로 분석대상변수들이 서로 균형상태를 나타내는 공적분관계에 있음을 알 수 있었다. 셋째, 국가간에 기술혁신파급경로의 방향과 정도를 파악하기 위하여 패널 공적분계수를 추정하였으나, 설정함수형태에 따라서 여러 가지 상반된 실증결과가 나타났다. 따라서 기존 연구[Coe et al., 1995, Keller, 1998, Kao, et al., 1999 그리고 Funk, 2001]의 분석결과 및 그 시사점들이 서로 다른 이유는 분석대상변수들의 선택차이뿐만 아니라, 기술혁신경로에 대한 설정함수형태에 따라서 서로 다른 분석결과가 나타날 수 있는 가능성을 보여준다.

본 연구에서 나타난 분석결과의 시사점을 보면, 국가간에 기술혁신파급경로분석은 기술혁신파급을 결정하는 매개변수선정도 중요하지만, 결정된 설명변수들 사이에 어떤 기술혁신파급에 관한 연관관계가 존재하는지에 대한 실증분석 즉 파급경로분석도 매우 중요함을 보여준다. 이러한 파급경로분석에는 기존의 선형가정뿐만 아니라 비선형가정을 이용한 기술파급경로분석을 통한 시사점제안이 요구된다.

**핵심어:** 기술혁신, 총 요소생산성, R&D축적량, 패널 단위근, 패널 공적분, 패널 공적분계수추정

---

\* 정보통신연구진흥원(IITA) 기술정책정보단

\*\* 한국전자통신연구원(ETRI) 정보통신서비스연구단

## I. 개요

R&D축적과 국가의 생산성향상의 기술전달과정에 관한 기존 연구들은 R&D축적이 자국의 생산성 향상뿐만 아니라, 무역을 통하여 타국의 생산성향상에 영향을 미친다는 R&D Spillover이론을 여러 가지 형태로 제시하고 있다 [대표적으로 기존 연구로써, Coe and Helpman, 1995 참조]. 그러나 R&D축적이 어떤 경제변수를 통하여 다른 나라에 경제적 영향을 미치는지에 대한 논의는 활발하였지만, 어떤 구체적 형태의 Mechanism을 통하여 영향을 미치는지에 대한 실증적 검정은 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 R&D축적의 기술파급효과에서 무역변수인 수입지수 [즉 Coe and Helpman, 1995 및 Kao Chiang, and Chan, 1999 참조]의 중요성과 수출지수의 중요성 [Funk, 2001 참조] 그리고 어떤 무역지수도 동일한 결과를 나타낼 수 있다는 Random Weight지수 [Keller, 1998 참조]의 기존 연구의 논의출발점에서부터 R&D축적의 기술적 파급효과분석결과가 설정하는 분석함수의 형태에 따라서 다른 결론에 도달할 수 있다는 분석관점을 연구목적으로 하였다. 즉 기존 연구결과에서 R&D 축적이 다른 나라에 미치는 영향정도가 사용하는 경제변수뿐만 아니라, 기술의 파급되는 경로 및 형태를 결정하는 설정함수형태에 따라서 다른 분석결과를 나타낼 수 있다는 논지를 연구의 목적으로 삼고자 한다.

기존 연구들에서 일반적으로 사용하는 R&D축적이 다른 나라에 미치는 기술적 영향의 정도가 사용하는 무역변수뿐만 아니라, 본 연구의 주요 분석대상이 될 기술파급경로 및 형태를 결정하는 설정함수형태를 분석하는 연구방향은 기존 문제의 연구방향에서 크게 이탈하지 않는다. 일반적으로 R&D축적의 기술파급에 관한 다양한 경제이론은 목적변수에 대한 명확한 제시는 찾아볼 수 있지만 [Grossman and Helpman, 2001판 참조], 해당 경제변수사이에 관계를 실증적으로 결정하는 설정함수에 대한 제시가 불명확하기 때문에, 이에 대한 연구방향도 중요한 부분을 차지할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구는 기존 OECD 국가적 관점에서 R&D기여도분석방법론에 확장적인 연구일 뿐만 아니라, 기존 연구범위가 1970–1990년을 대상으로 하였으나, 본 연구에서는 최근 OECD국가자료를 이용한 R&D기여도분석을 시시하였다. 이러한 연구결과에 따른 중요한 R&D정책적 및 국제환경변화에 따른 무역정책에 유용한시사점을 제시할 수 있다.

상기 연구목적을 위하여, 먼저 OECD 15개 국가의 R&D자본축적량과 해당 국가간에 수입 및 수출지수 그리고 총 요소생산성을 이용하여 R&D파급효과를 측정하였다. 실증분석방법론으로는 단일한 추정방법론보다는 횡단명과 시계열정보를 최대한 이용할 수 있는 패널기법을 이용하는 방법론을 사용하였다. 특히 모든 분석대상인 변수들의 특성이 비정상적이라는 상황을 고려하여 비정상패널방법론을 이용하였다 [ Kao, 1999, Kao et al., 1999, Pedroni, 1999, Maddala et al. 1999, and Nelson, 2003 참조]. 또한 실증분석형태는 Coe and Helpman, (1995)가 제시한 다음 설정모형을 중심으로 여러 가지 변형된 패널설정모형을 사용하였다.

$$\ln F_{it} = \alpha_i^0 + \alpha_i^d \ln S_{it}^d + \alpha_i^f \ln S_{it}^f \quad (1)$$

여기서  $S_{it} = \sum_j^n w_{ij} S_{jt}^d$ 로 정의된다. 기존 연구방법론에서는 상기 설정된 수식을 패널 Fixed 추정계수방법을 이용하는 일반적인 방법이 보편적으로 이용되고 있다.<sup>1)</sup>

다음으로 본 연구에서 총 요소생산성측정은 Funk and Strauss(2003) 및 OECD(2001)제안에서 사용한 방식과 같은 간접측정방법을 사용하였다. 따라서 다음과 같은 측정방식을 이용하여 각 국가의 총 요소생산성을 계산하였다.

$$TFP_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{L_{i,t}^\alpha K_{i,t}^{1-\alpha}}, i=\text{국가 전체 산업(Grand Total)}, t=1980, \dots, 2003. \quad (2)$$

여기서 국가별  $Y$ 는 1995년 기준 실질 부가가치액이며,  $K$ 는 물리적 자본량,  $L$ 은 총고용자수를 사용하였으며,  $\alpha$ 는 총 생산에 대한 노동분배율을 사용하여 측정하였다.

본연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기존 연구결과를 비교하고, 본 연구에서 사용한 자료구축방법론 및 실증방법론에 대하여 간단하게 설명하였다. 제 3장에서는 사용 자료에 대한 특성을 기술하고, 본 연구의 중요부분인 여러 가지 설정함수형태에 따른 실증연구결과에 대하여 제시하였다. 마지막 장에서는 본 연구결과에 대한 요약 및 정책적 시사점에 대하여 언급하였다.

## II. 기존연구 및 분석방법론

### 1. 기존 연구결과

내생적 성장이론(또는 신 성장이론)에 기반을 두고 설명되고 있는 R&D파급효과에 대한 국내 총 요소생산성증가의 이론적 바탕은 Grossman and Helpman, (2001, Ch.9)에서 자세히 전개되고 있다. 이들은 국제무역과 경제성장의 관계에서 무역이 경제성장에 영향을 미치는 네 가지 요소를 설명하는 가운데 국제간에 교류를 통한 기술적 정보의 전이를 강조하였다. 최근에 이러한 국제무역과 R&D축적 그리고 무역사이에 경제적 연관관계를 계량적으로 확인하는 연구들이 진행되고 있다. [표 1]은 본 연구와 밀접하게 관련 있는 기존 연구에 대한 방법론 및 결과를 제시한 도표이다.

[표 1]에 나타난 기존 연구결과에 대하여 요약하면 다음과 같다. 첫째, 일반적으로 R&D Spillover가 총 요소생산성증가에 중요하며, 상대적으로 국내 R&D축적보다 그 역할이 크게 나타났다. 둘째, 어떤 계량기법을 사용하는 가에 따라서 그 결과가 다르게 나타났다. 즉 FMOLS추정치가 DOLS추정치보다 크게 나타나고 있다. 역시 Muller and Nettekoven, (1999)가 제시한 Random추정계수방법론에 따를 경우, 국외 R&D축적량이 국내 총 요소생산성에 미치는 영향이 부의 효과를 나타내는 경우도 볼 수 있다. 마지막으로 매개변수를 수출비중을 사용할 것인지, 수입비중을 사용할 것인지에 대한 논란 [Keller, 1998, Randomly Assigned Weights 참조]등이 제기 되고 있다.

1) Muller and Nettekoven, (1999)은 패널 Fixed추정계수방법과 Random 추정계수방법간에 선택이 연구결과에 큰 영향을 미친다는 주장을 제기하였음. 그러나 이들의 연구는 사용변수에 대한 정상성을 고려하지 않았음.

그러나 기존 연구에서는 타국의 R&D 파급효과가 무역을 통하여 총 요소생산성에 어떤 방식으로 영향을 미치는지에 대한 검증 즉 설정함수의 차이에 대한 논의는 진행되지 않고 있다. 이러한 설정함수의 차이는 R&D 축적파급이 자국의 경제성장에 어떤 경로를 통하여 전이되는지에 대한 구체적인 형태를 제공한다. 기존에 사용되고 있는 설정함수형태는 가장 기본적인 경로형태를 가정한 검정방법으로 볼 수 있다.

[표 1] 대표적 기존 연구결과비교

변수	Coe and Helpman (1995)	Kao, Chiang and Chen (1999)		Funk (2001)	
		FMOLS	DOLS	FMOLS	DOLS
$S^d$	0.078	0.072 (4.451)	0.019 (4.705)	0.053 (3.03)	0.054 (2.62)
$G7S^d$	0.156	0.156 (4.449)	0.135 (3.221)	0.103 (2.84)	0.084 (1.94)
$S^f$	0.294	0.264 (3.354)	0.145 (1.555)	0.100 (3.81)	0.113 (3.62)
연구특징	수입비중을 사용, 전통적 OLS	수입비중을 사용, 공적분 계수추정	수출비중을 사용, 공적분 계수추정		

출처: 각 해당 논문에서 발췌

## 2. 실증방법론

기술혁신의 파급을 결정하는 요인으로 무역의 역할을 중시하는 내생적 성장모형을 검증하기 위하여 Coe and Helpman (1995)는 R&D축적과 총 요소생산성관계를 추정하는 데 기존에 사용되는 차분형태(Difference)의 자료전환방법보다는 자료의 수준(Level)을 사용함으로써, 분석대상이 되는 변수들간에 장기적인 관계를 추정하는 데 연구초점을 두었다. 그러나 연구결과발표 당시에는 패널자료에서 추정된 공적분계수의 점근적 분포특성이 알려지지 않았으며, 비록 단일분석대상의 시계열자료를 이용한 OLS추정량이 초 일치성(Super-Consistent)을 나타낸다고 하여도, 적용한 패널자료주준에서 패널 OLS추정치의 편기발생가능성으로 인하여 정확한 영향정도를 제시하기에는 그 계량이론기반이 빈약하였다.

그러나 최근 이러한 계량적 추정문제점을 해결하는 방법으로 패널 공적분계수추정방법인 DOLS추정량사용방법론이 많이 제안되고 있다. 이런 배경적 이유로는 첫째, DOLS추정량은 모수적 추정량이기 때문에 설정함수와 그 결과의 해석이 실제자료에 적용이 쉽기 때문이며, 둘째, 일반적으로 적용하는 자료규모에서 DOLS의 추정량이 FMOLS추정량보다 실제 옳은 귀무가설을 기각할 확률(Size Distortion)이 낮기 때문이다 [ Kao et al. 2000 참조]. 따라서 본 연구에서는 기존 연구에서 패널 공적분계수추정방법으로 많이 제안되고 있는 패널 DOLS추정량을 중심으로 기술하고자 한다.

먼저 Saikkonen (1991)과 Stock and Watson (1993)은 일반적 분석환경에서 단순 DOLS에 의한 공적분계수추정량은 빠른 일치성(Super Consistency)을 나타냄을 보였다. 그러나 실제 연구대상이 되는 실증분석환경에서는 제한된 표본의 크기 때문에 빠른 일치성을 보장하는데 상당한 사용의 한계를 나타냄을 보였다. 따라서 이러한 단순 DOLS 공적분계수추정량을 패널분석환경으로 확장시

킬 경우에는 어떤 통계적 특성을 나타낼 것인가가 중요한 연구대상이 되고 있다.

Kao et al. (1999)는 패널 OLS, FMOLS, DOLS의 추정량의 특성이 다음과 같음을 제시하였다. 첫째, 일반적으로 연구대상이 되는 표본크기에서 패널 OLS 추정량은 무시할 수 없는 편기를 갖는다. 둘째, 그럼에도 패널 FMOLS는 패널 OLS 추정량보다 효율적이지 못하다. 셋째, 실제 적용되는 분석자료를 대상으로 공적분 계수추정환경에서 패널 DOLS 추정량은 패널 OLS 또는 패널 FMOLS 추정량보다는 효율적으로 나타났다.

Mark and Sul (2003)은 기존 연구의 단순한 추정정립방정식보다는 실제 연구에서 보다 유용한 정립방정식에 의한 패널 DOLS추정량을 나타내는 분석방법론을 제시하였다. 즉 각 분석대상인 횡단면(Cross Section Units)의 공적분 추정계수는 동일하다는 가정에서 장기적 균형에 도달하는 단기적 동태과정에 개별적 분석대상의 이질성을 반영함으로써[즉 Short-run Dynamic Designs 방법을 도입], Kao et al. (1999)이 제시한 패널 DOLS 추정량을 실제 분석환경에 보다 적용가능하게 발전시켰다.<sup>2)</sup>

Mark and Sul (2003)은 여러 가지 Monte-Carlo분석환경에서 그들이 제시한 DOLS 추정방법론이 다음과 같은 통계적 특성을 나타내고 있음을 밝혔다. 첫째, 단순히 분석대상의 횡단면(N)[즉 Cross Section Units]의 증대는 패널 DOLS 검정통계량에 큰 영향을 미치지 못한다. 둘째, 분석대상의 시계열증대(T)[즉 Time Span]은 Size 왜곡은 크게 개선하지 못한다. 셋째, 분석대상의 횡단면간에 이질성이 클 경우에 각 분석대상에서 횡단면의 평균치를 차감하는 방법은 매우 유용한 통계적 결과를 나타났다. 마지막으로 패널 DOLS 추정량이 단순 DOLS 추정량보다는 공적분추정치에서 훨씬 정확하게 추정하였다.

본 연구는 Marke and Sul (2003)이 제시한 패널 DOLS을 이용하여 자국의 R&D축적과 무역을 통하여 타국에서 유입하는 R&D축적이 총 요소생산성에 어떤 경로와 어느 정도의 영향을 미치는지에 대하여 다음과 같은 기본 설정함수를 통하여 분석하였다. 이 기본 수식의 변형을 통하여 1980년부터 2003년까지 OECD15개국의 해당 분석자료를 기준의 연구방법론에 적용한 분석결과와 본 연구방법론의 분석결과를 비교하고, 연구결과의 시사점을 찾고자 한다.

$$y_{it} = \alpha_i + \lambda_i t + \theta_t + \gamma_1 x_{it} + \gamma_2 z_{it} \quad (5)$$

여기서  $y$ 는 총 요소생산성을 의미하며,  $x$ 변수는 자국의 R&D축적과 무역을 통하여 타국 유입 R&D축적을 나타내는 변수이다. 이러한 실증분석방법론의 배경을 바탕으로 본 연구에서는 기술혁신의 파급경로를 결정하는 수입 또는 수출지수로 조정된 타국의 R&D축적과 자국의 R&D축적량에 따른 설정함수형태를 중심으로 실증분석을 실시하였다.

### 3. 구축 자료

먼저, TFP 추정에 필요한 OECD 국가별 실질 GDP, 불변가격 자본스톡, 총고용자수은 Timmer et

2) Stock and Watson, (1993, p.784)은 기존 제안되고 있는 단일 방정식에 의한 공적분계수추정량 중에서 단기동태적 과정을 실제 환경[미국 통화수요함수의 경우]에 가장 알맞게 설정할 경우, DOLS가 가장 효율적임을 보였음,

al. (2003)의 자료를 이용하였으며, 노동분배율은 OECD STAN (2003) CD-ROM에서 추출하였다. 다음으로, 자국의 R&D 스톡자료는 OECD R&D Statistics (2003) CD-ROM의 국가별 R&D 투자액을 기초 자료로 추산하였으며, OECD 각국의 R&D 스톡 추산에 필요한 진부화율은 이원기 · 김봉기 (2003)의 우리나라 산업별 진부화율의 평균 0.236을 적용하였다.<sup>3)</sup> 한편, 타국으로부터 유입된 R&D스톡 추산은 위에서 구한 자국의 R&D 스톡에 분석 대상 국가간 교역비중인 GDP 대비 수입비중( 또는 수출비중)을 곱하여 합산하여 구하였다.<sup>4)</sup> 여기에 필요한 국가간 수출 및 수입 규모는 한국무역협회 종합무역정보 (KOTIS, <http://db.kita.net/>)에서 추출하였고, 교역비중을 구하기 위한 각국의 자국화기준 경상 GDP는 IMF에서 공표되는 수치를 통계청 통계정보시스템 (KOSIS)에서 다운받아 사용하였다.

### III. 실증분석결과

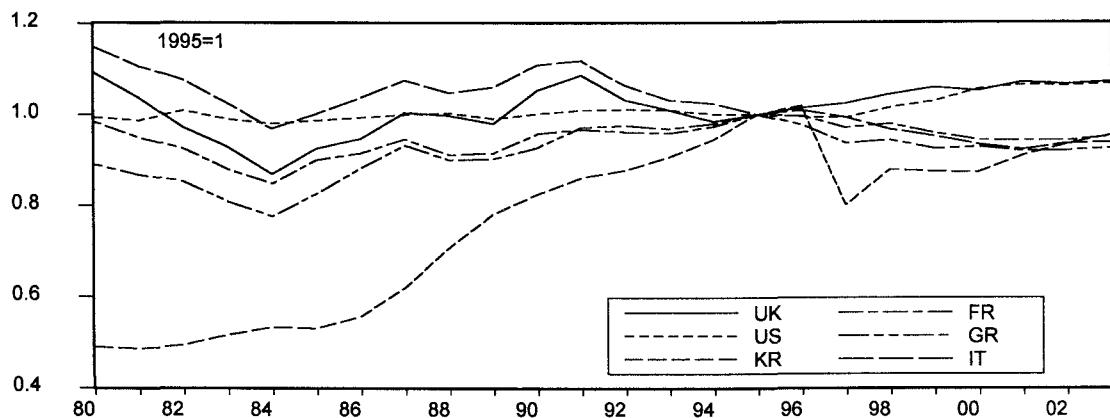
#### 1. 자료특성

앞장에서 설명한 자료구축방법론에 따라서 총 요소생산성과 해당 국가의 R&D축적량을 이용하여 실증분석하기 앞서, 본 절에서 구축된 총 요소생산성과 R&D축적량에 대하여 몇 가지 특징을 알아보았다. 먼저 1980년부터 2003년까지 우리나라를 비롯한 대표적 국가의 총 요소생산성 추이를 (그림 1)에 나타냈다.

(그림 1)에 나타난 특징을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 먼저 우리나라의 경우 총 요소생산성은 1980년부터 1995년까지 증가하다 IMF기간 이후 감소 그리고 최근 다시 증가하는 추세를 나타낸다. 둘째, 우리나라는 총 요소생산성은 분석기간 동안에 매우 빠르게 증가하였으며, 역시 그 기간 동안에 경제성장이 빠르게 진행되었음을 알 수 있다. 셋째, 비교 대상국가들 중에서 미국의 경우가 가장 안정적인 총 요소생산성 추이를 나타내고 있다. 마지막으로 5개 선진국의 경우에 1995년까지는 일반적으로 국가간에 시계열로 나타난 총 요소생산성의 변화폭이 서로 크지 않았으나 1997년 이후에 약간 차이가 나타나기 시작하였다.

3) 구체적인 방법은 서환주정동진(2003)을 참고

4) 구체적인 방법은 Coe and Helpman (1995)와 Funk (2001)를 참고



(그림 1) 6개국 총 요소생산성(TFP) 추이

다음으로 본 분석에 필요한 대상변수인 총 요소생산성, 자국 R&D축적량 및 타국 R&D축적량을 1980년도 대비로 비교하였다.<sup>5)</sup> [표 2]와 [표 3]에 나타난 도표를 중심으로 그 특징을 요약하면, 다음과 같다. 먼저, 우리나라의 경우에 1995년에 비하여 국내 및 타국에서 유입되는 R&D가 크게 증가하였다. 둘째, 평균적으로 볼 때, 각 국가의 국내 R&D축적량이 타국에서 유입된 R&D축적량보다는 높은 증가세를 나타내고 있다. 이러한 국가 전체를 분석대상으로 하는 특징에서 간과되는 사실은 총 요소생산성이 간접적으로 나타내는 기술적 기회(Technology Opportunity)가 산업간 즉 Sector to Sector에서 서로 차이가 있을 수 있다는 사실이다. 마지막으로 [표 3]에서 보듯이 우리나라의 무역비중은 아직도 미국중심으로 이루어지고 있다는 특징이다. 따라서 미국의 R&D축적이 다른 나라에 비하여 우리나라 총 요소생산성이 크게 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다.

[표 2] 총 요소생산성, 국내 R&D축적, 타국 유입R&D축적비교 (2003년 기준)

국가	TFP (1980년 대비)	자국R&D축적	타국R&D(수출)	타국R&D(수입)
United States	1.074	4.406	3.037	2.140
France	0.967	4.349	4.215	5.474
Germany	1.040	2.331	5.369	7.262
Italy	0.818	13.754	3.946	4.450
United Kingdom	0.982	3.112	3.898	4.555
Austria	0.995	4.204	5.891	5.633
Belgium	1.016	4.360	3.841	3.272
Denmark	1.043	10.563	3.964	4.216
Finland	0.929	19.638	4.805	5.596
Ireland	0.778	21.591	10.005	11.639
Netherlands	0.904	2.446	4.290	3.681
Portugal	0.864	212.505	7.382	4.444
Spain	0.964	36.124	9.816	5.994
Sweden	0.877	6.378	4.623	7.006
korea, Rep.	1.949	12.689	7.949	3.714
평균	1.013	23.897	5.535	5.272

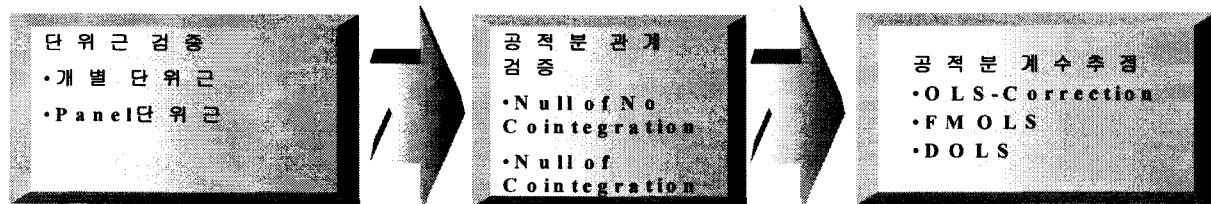
5) 하나의 연도간에 비교에는 경기변동문제가 발생할 수 있음.

[표 3] 우리나라와 Big5의 Bilateral Export Share

	FRANCE	GERMANY	ITALY	U.K.	U.S.	KOREA
FRANCE	-	0.154	0.200	0.139	0.106	0.055
GERMANY	0.264	-	0.292	0.212	0.242	0.124
ITALY	0.131	0.122	-	0.077	0.099	0.050
U.K.	0.109	0.098	0.086	-	0.178	0.049
U.S.	0.076	0.084	0.068	0.163	-	0.615
KOREA	0.007	0.015	0.012	0.018	0.131	-
합계	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

## 2. 실증분석결과

본 연구는 다음과 같은 연구방법론을 채택하였다. 먼저 분석대상이 되는 변수의 정상성을 검정하였다. 이러한 정상성검정은 전통적인 패널기법을 사용할 수 있는지 또는 전통적 패널기법을 보완하는 수정된 패널기법을 사용해야하는지에 대한 판단근거를 제공한다. 두 번째 단계에서는 분석변수사이에 공적분관계를 검정하는 단계이다. 본 연구에서는 변수들 사이에 장기적 균형상태가 존재하는지에 대한 검증으로 Kao (1999)가 제시한 패널 공적분검정방법을 사용하였다. 마지막으로 장기적 균형상태에서 R&D축적량이 기술혁신을 나타내는 총 요소생산성에 어떤 경로와 어느 정도 영향을 미치는지에 대하여 Kao et al. (1999) 및 Nelson et al. (2003)이 제시한 패널 공적분계수추정방법을 사용하였다.



(그림 2) 본 연구 분석체계도

먼저 분석대상변수들의 단위근 검정을 실시하였다. 단위근 검정을 실시한 결과 다음과 같은 결론이 나타났다. 첫째, 총 요소생산성, R&D축적 그리고 타국에서 유입된 R&D축적변수는 비정상적(Non-stationary)인 성질을 보여주었다. 특히 단일 단위근검정결과는 나라에 따라서 복잡한 결과를 보여주지만, 패널 단위근검정은 모든 대상변수들이 일반적으로 단위근을 갖는 것으로 나타났다.<sup>6)</sup> 둘째, 따라서 일반적이고 전통적인 패널회귀분석에 의한 R&D기여도분석은 Spurious관계에 의한 관계를 나타내며, 기여도 추정치 역시 Bias를 나타낼 가능성이 높다. 더욱 중요한 점은 분석대상이 되는 변수들이 단위근을 가질 경우에 정통적인 패널방법에 의한 추정치의 추정은 불가능하게 된다. 마지막으로 공적분관계의 존재확인으로 R&D 그리고 총 요소생산성간에 장기적 균형관계가 존재하는지에 대한 검정단계를 거쳐야 한다.

6) 본 연구의 지면 관계상 수입에 대한 단위근 검정결과는 생략하였음. 그러나 일반적 결과는 동일하게 나타났음.

[표 4] 사용변수의 정상성(단위근) 검증결과

나라	총 요소생산성		R&D축적		타국유입 R&D축적(수출)	
	1Lag	2Lag	1Lag	2Lag	1Lag	2Lag
Austria	-2.192	-1.735	-1.174	0.325	1.813	1.450
Belgium	-1.737	-1.481	-0.727	0.514	1.217	1.461
Denmark	-1.822	-1.800	1.497	2.374	-0.577	-0.282
Finland	-1.733	-1.309	-0.982	1.676	0.880	1.143
France	-2.040	-1.748	-1.452	-0.745	0.327	0.292
Germany	-1.859	-1.463	-1.194	0.138	0.694	0.764
Ireland	-0.906	-0.835	-0.874	0.003	2.430	2.347
Italy	-1.743	-1.252	0.400	2.426	-1.801	-1.710
Netherlands	-2.823	-2.292	-1.346	-0.496	1.215	0.753
Portugal	-3.954	-2.391	0.457	2.441	-0.434	-0.618
Spain	-2.021	-1.820	-0.068	3.255	1.417	1.256
Sweden	-3.676	-3.193	1.190	1.661	0.470	0.649
United Kingdom	-2.132	-1.909	1.065	1.073	0.474	0.616
United States	-0.138	-0.005	0.261	2.224	-1.118	-0.870
Korea, Rep.	-1.313	-1.440	-0.120	-0.047	-1.369	-1.265
Panel Test	Levin-Lin	-4.266 (0.00)		-7.645 (0.00)		-0.997 (0.159)
	I.P.S	-2.104 (0.017)	-0.943 (0.172)	-1.070 (0.142)	-0.527 (0.298)	0.616 (0.268)
	Maddala-Wu	0.108	0.339	0.496	0.999	0.927

각주: (i) ADF-t값; 5%, -3.003 for 1Lag, -3.011 for 2Lag (ii) Maddala-Wu는 p-값임 (iii) 패널 단위근 검정방법은 Levin-Lin, (1993) 및 Im et al. (1997) 그리고 Maddala et al. (1999)의 기존 논문참조바람

앞에서 본 바와 같이 분석대상이 되는 변수들이 단위근을 갖는다는 자료특징은 변수들 간에 장기적 균형상태를 지속하는 경우에는 몇 가지 제안된 패널 공적분계수추정방법을 이용하여 그 계수를 추정할 수 있게 된다. 즉 총 요소생산성에 영향을 주는 국내 R&D축적과 타국 유입 R&D축적의 정도를 축정할 수 있는 계량적 접근방법을 할 수 있다는 논거가 된다.

본 연구에서는 Kao (1999)에 제시한 패널 공적분검정방법을 이용하여 총 요소생산성과 자국 및 타국유입 R&D자본간에 장기적 균형관계를 형성하는지에 대한 검정을 실시하였다. [표 5]에 나타난 공적분 검정결과를 보면, 다음과 같은 결론에 도달할 수 있다. 첫째, 총 요소생산성, R&D축적 그리고 타국 유입 R&D축적변수는 비정상적(Non-stationary)인 성질을 가지고 있지만, 장기적 균형관계를 나타내는 공적분관계를 나타내는 것으로 볼 수 있다. 둘째, 그러나 일반적인 패널 회귀분석에 의한 R&D기여도추정은 독립변수의 내생화문제(Endogeneity)로 인하여 Bias를 나타낼 가능성이 있다.

[표 5] 공적분 검증결과

lag 수	1lag	2lag
Kao(1999)	-3.304 (0.0005)	-2.820 (0.0024)

각주: 괄호는 p-값임

[표 5]에서 보듯이 장기적 공적분관계의 확인은 적절한 패널 공적분계수추정방법을 이용하여 계수 추정을 할 수 있다는 논리적인 근거를 제시한다. 본 연구에서는 먼저 Kao et al. (1999)이 제시한 FMOLS 및 DOLS을 이용하여 총 요소생산성에 영향을 주는 국내 R&D축적 및 무역을 통하여 유입된 R&D축적의 영향을 측정하였다. 측정에 사용한 무역매개변수는 국가간에 수입지수를 사용하였다. [표 6]는 패널 공적분추정계수를 나타낸 도표이다.

[표 6] 공적분 계수추정결과

추정 방법	OLS	OLS-Correction	FMOLS	DOLS(1,2)
자국 R&D	0.0128 (0.932)	-0.014 (0.479)	0.051 (1.625)	0.032 (0.942)
Big 5	-0.033 (-1.806)	-0.041 (-0.914)	-0.072 (-1.525)	-0.0045 (-0.0082)
타국 R&D	0.024 (1.079)	0.078 (1.783)	0.631 (13.80)	-0.004 (-0.080)

각주: 괄호는 t-값임

먼저 [표 6]에 나타난 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 제안된 패널 공적분추정방법론별로 총 요소생산성에 대한, 자국 R&D축적 그리고 타국 유입 R&D축적변수의 기여도추정결과는 매우 다르게 나타나고 있다. 가장 특이한 결과는 DOLS추정결과에 따를 경우, 타국유입 R&D축적의 총 요소생산성에 대한 기여도가 부의 값을 갖는다는 결과이다. 그러나 FMOLS추정값은 매우 높은 기여도를 보여주고 있다. 둘째, 통계적 유의성이 가장 큰 FMOLS추정치를 가지고 결과를 해석할 때, 자국의 R&D축적과 OECD 전체 R&D유입 파급효과는 정의 상관관계를 나타내고 있으며, Big 5의 R&D활동이 자국의 총 생산성증가에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

다음으로 기존 연구관점과 달리 수식(5)을 중심으로 패널 DOLS에 의한 패널공적분계수를 추정하였다. 이러한 공적분계수와 앞 [표 6]과 결과를 비교함으로써 기술혁신파급의 설정함수의 중요성에 대한 논의를 하고자 한다. [표 7]은 수입 및 수출비중을 지수로 사용하여 타국 유입 R&D축적의 효과분석을 실시한 분석결과이다. 패널자료를 이용하여 실증분석으로 가능한 설정모형은 다음과 같은 세 가지를 고려해볼 수 있다. 먼저  $y_{it} = \alpha_i + \gamma_1 x_{it} + \gamma_2 z_{it}$ 로 기존 연구에서 사용하는 설정모형이다. 이 설정모형수식은 [표 6]의 분석결과이다. 다음으로는 본 연구에서 택한 설정모형으로  $y_{it} = \alpha_i + \lambda_i t + \gamma_1 x_{it} + \gamma_2 z_{it}$ 의 설정모형이며, 이 모형은 국가간에 이질적인 추세를 반영한 설정모형이다 [설정수식 1임]. 마지막으로 앞에서 언급한 수식(5)인  $y_{it} = \alpha_i + \lambda_i t + \theta_t + \gamma_1 x_{it} + \gamma_2 z_{it}$ 을 이용하여 분석하였다 [설정모형 2임].

[표 7] 특정 설정모형에 따른 분석결과

분 류		수입비중		수출비중	
		설정 1	설정 2	설정 1	설정 2
Pooled DOLS	자국 R&D	-0.085 (0.087)	0.081 (0.043)	-0.098 (0.069)	0.180 (0.053)
	타국R&D	0.103 (0.137)	-0.793 (0.083)	0.122 (0.073)	-0.105 (0.198)
Fixed DOLS	자국 R&D	-0.130 (0.066)	0.010 (0.042)	-0.115 (0.076)	0.109 (0.046)
	타국R&D	0.189 (0.105)	-0.766 (0.085)	0.148 (0.086)	-0.298 (0.157)

참조: Big5의 변수는 생략하였음. ( )는 표준오차를 나타냄

[표 7]의 분석결과에 대한 연구시사점은 다음과 같다. 설정수식 1의 자국 R&D의 기술혁신에 미치는 영향을 나타내는 공적분추정계수는 수출 및 수입지수를 사용한 경우 모두 부의 값을 나타내고 있다. 그러나 설정 2식의 경우에는 양호한 정의 값을 나타내고 있다. 둘째, 그러나 설정 2수식에 의한 경우에 타국유입 기술축적량을 나타내는 R&D의 공적분추정계수는 양호한 부의 값을 나타내고 있다. 이러한 상반된 결과는 기존 연구에서 제기되는 수출 또는 수입의 기술파급에 대한 역할보다는 [즉 분석변수의 선택보다는] 기술혁신의 특정 파급경로를 나타내는 설정함수의 선택에 의하여 추정계수의 분석결과가 다르게 나타남을 보여주는 실증분석결과이다.

#### IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 최근 자료와 분석방법론을 이용하여 기술혁신의 파급경로를 결정하는 요인 및 설정함수형태에 대한 연구를 실시하였다. 본 연구목적을 위하여 최근 자료인 1980년부터 2003년까지 15개 OECD국가를 대상으로 자국의 기술혁신을 결정하는 중요한 변수로 알려진 자국 R&D축적 및 무역대상국의 R&D축적자료를 무역지수를 이용하여 유입된 타국 R&D축적량을 계산하여 자료를 구축하였으며, 분석대상변수들의 기술혁신파급역할을 알아보기 위하여 대하여 비정상적 패널기법을 이용하여 분석하였다.

최근 제안되고 있는 비정상적 패널기법을 이용하여 국제간에 기술혁신파급경로를 분석한 결과를 간단하게 요약하면, 다음과 같다. 첫째, 분석대상변수들은 비정상성을 갖는 것으로 나타났다. 둘째, 그러나 분석대상변수들이 서로 장기적 균형상태를 나타내는 공적분관계에 있음을 알 수 있었다. 셋째, 국가간에 기술혁신파급경로의 방향과 정도를 파악하기 위하여 패널 공적분계수를 추정하였으나, 설정함수형태에 따라서 여러 가지 상반된 실증결과를 보여주고 있었다. 따라서 기존 연구 [Coe et al., 1995, Keller, 1998, Kao, et al., 1999 그리고 Funk, 2003]의 분석결과 및 그 시사점들이 서로 다른 이유는 분석대상변수들의 선택차이뿐만 아니라 기술혁신경로에 대한 설정함수형태에 따라서 서로 다른 분석결과가 나타날 수 있는 가능성을 보여준다고 보겠다.

본 연구에서 나타난 분석결과의 시사점을 보면, 국가간에 기술혁신파급경로분석은 기술혁신파급을 결정하는 매개변수선정도 중요하지만, 결정된 설명변수들 사이에 어떤 기술혁신파급에 관한 연관관계가 존재하는지에 대한 실증분석 즉 파급경로분석도 매우 중요함을 보여준다. 이러한 파급경로 결정에서 중요하게 다루어야 할 부분은 선형파급경로뿐만 아니라 비선형파급경로분석도 중요한 미래 연구분야로 고려해야 한다.

## 참고문헌

- 이원기·김봉기 (2003), “연구개발투자의 생산성 파급효과 분석”, 조사통계월보, 2003년 5월호, 한국은행
- 서환주·정동진 (2003), “정보화격차와 산업간 성장격차간의 누적적 관계”, 경제발전연구, 9권 1호, pp.1-29
- 통계청, 통계정보시스템 (KOSIS, <http://kosis.nso.go.kr/>)
- Coe, D. and Helpman, E., (1995), "International R&D Spillovers," *European Economic Review*, pp.859-887.
- Funk, Mark, (2001), "Trade and International R&D Spillovers among OECD Countries," *Southern Economic Journal*, pp.725-736.
- Funk, M., Strauss J., (2003), "Panel Tests of Stochastic Convergence: TFP Transmission within Manufacturing Industries," *Economic Letter*, pp.365-371.
- Grossman, G. and Helpman, E., (2001), *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press.
- Im, K. S., M. H. Pesaran and Y. Shin, (1997), Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels, *Revised Discussion Paper*, University of Cambridge.
- Kao, C., (1999), "Spurious Regression and Residual-based Tests for Cointegration in Panel," *Journal of Econometrics*, 110, 1127-1170.
- Kao, C., Chiang, M. and Chen, B., (1999), "International R&D Spillovers; An Application of Estimation and Inference in Panel Cointegration," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, pp.691-709.
- Keller, W., (1998), Are International R&D Spillovers Trade Related? Analyzing Spillovers among Randomly Matched Trade Partner," *European Economic Review*, pp.1469-1491.
- Levin. A., and C.F. Lin, (1993), Unit root test in panel data: Asymptotic and finite sample properties, *Discussion paper # 92-93*, University of California at San Diego.
- Maddala, G. and Wu, S., (1999), "A Comparative Study of Unit Roots with Panel Data and a New Simple Test," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, pp.631-652.
- Marcel P. Timmer, Gerard Ypma and Bart van Ark (2003), "IT in the European Union: Driving Productivity Divergence?", *GGDC Research Memorandum*, GD-67 (October 2003). (<http://www.ggdc.net/>)
- Muller, W. and Nettekoven, M., (1999), "A Panel Data Analysis: Research and Development Spillover," *Economic Letter*, pp. 37-41.

- Mark, N. and Sul, D., (2003), "Cointegration Vector Estimation by Panel DOLS and Long-run Money Demand," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, pp.655-680.
- OECD R&D Statistics (2003), *CD-ROM*, OECD (<http://www.oecd.org/statsportal/>)
- OECD STAN (2003), *CD-ROM*, OECD (<http://www.oecd.org/statsportal/>)
- Padroni, P., (1999), "Critical Values for Cointegration Tests in Heterogenous Panels with Multiple Regressors," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, pp.653-670.
- Saikkonen, P., (1991), "Asymptotically Efficient Estimation of Cointegration Regressions," *Econometric Theory*, pp.1-21.
- Stock, H. and Watson, W., (1993), "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems," *Econometrica*, pp.783-820.