

# Technology 수렴가능성에 대한 실증적 고찰

## An Empirical Study on the Technology Convergence

조 상 섭\* · 이 장 우\*\*

### <目 次>

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| I. 서론                | III. 사용자료 및 실증분석결과 |
| II. 기존 연구 및 실증분석 방법론 | VI. 결론 및 시사점       |

### <Abstract>

The objective of this study is to examine the existence of technology gap convergence between manufacturing sector and Grand Total over 1970 to 2000 under nonlinearity relationship in Korea. We use the concept of technology convergence as the stationarity test of technology gap over the relevant periods.

Our empirical results provide two important implications for the future study: First, our empirical results strongly support the nonlinearity for technology convergence in our country and an empirical tests based on the assumption of linearity will be biased and wrong industry and economic policy implications. Second, we find two regimes i.e. technology convergence and technology divergence between manufacture sector and Grand Total in our country over 1970 to 2000. These study results imply that the relevant industry and economic policies for technology and R&D implementations be with a causation.

JEL classification: F12, F43, C12, C22, C45,

Key Words: Technology 수렴성; Technology Gap Regime; 비선형성; 단위근검정과 TAR

\* 한국전자통신연구원(ETRI), 선임연구원, E-mail:choss@etri.re.kr

\*\* 한국전자통신연구원(ETRI), 책임연구원, E-mail: jwoo@etri.re.kr

본 논문은 2003년도 한국기술혁신학회 춘계학술대회에서 발표된 논문을 수정 및 보완하였음을 밝혀둔다. 본 논문에 유익한 논평을 하신 임상일 교수님과 편집위원장 및 익명의 두 심사위원님께 감사드린다. 그러나 본 논문에 관련된 모든 오류는 저자들의 책임에 있음을 알려둔다.

## I. 서론

본 연구는 우리나라 산업간 Technology 수렴가설에 대하여 최근 계량기법을 이용하여 실증분석하는 데 있다. 즉 Technology 수렴성립 여부는 두 나라 또는 두 해당 산업간에 Technology, 즉 총 요소생산성(Total Factor Productivity)의 차이가 장기적으로 정상상태에 있는지에 대한 단위근 검증방법을 사용하거나, 두 나라 또는 두 산업간에 Technology 수준이 장기적으로 [1, 1] 공적분관계가 성립하는지에 대한 실증검증방법을 사용할 수 있다.[Carlino and Mills, 1993, Bernard and Durlauf, 1995, and Evans, 1996]. 그러나 기존 연구들은 Technology 수렴가설을 검증할 때, 수렴가설에 대한 설정관계식의 중요한 가정을 해당 관련 부분 또는 산업간 Technology Gap에 대한 선형관계에 기초하고 있다.

최근 Technology 수렴가능성에 관한 기존 연구결과들은 일반적으로 수용되거나 일치된 견해를 보여주고 있지 않다. 한 예로 Evans and Karras(1996) 및 Bernard and Jones(1996 a, b)은 비정상적 패널기법인 Levin and Lin(1993)을 사용하여 1929~1991년 동안 경제수렴가능성을 검증하였으며, 사용한 실증방법론에 의할 경우에 미국 산업간에 경제수렴화 현상이 존재함을 보였다. 그러나 Bernard and Jones(1996 a, b)는 총 요소생산성수렴현상이 제조업 부분에서는 발견되지 않았으나, 서비스 부분에서는 강하게 나타나고 있음을 보였다. 따라서 산업간에 Technology 수렴을 주도하고 있는 산업부분은 서비스부분임을 주장하였다. 역시 최근에 Evans(1996)는 선진 13개국 1870~1989년 동안 장기 시계열자료를 이용하여 각 연도별 횡단

면분산을 구한 다음, 비정상적 패널방법론을 이용하여 분석한 결과 13개 국가들이 경제 수렴상태에 있음을 주장하였다.

경제수렴 또는 Technology 수렴가설을 검증할 때, 선형관계 또는 비선형관계의 설정은 매우 중요한 연구 사안이 된다. 오래 전부터 거시경제 자료사용에서 선형과 비선형의 차별성은 중요하게 논의되어 왔다. Ashley et al. (1989)은 선형모형에 의한 자료형성과 비선형모형에 의한 자료형성의 구별방법을 제시하고, 증권시장에서 형성된 자료와 산업생산량은 선형모형으로부터 자료형성이라는 귀무가설을 쉽게 부정할 수 있음을 보였다. Durlauf and Johnson(1995)은 기존 연구에서 많이 사용되는 공통적 선형관계가정에 의한 수렴성을 검증하기보다, 각 나라들은 서로 다른 초기 상태에 따라 서로 다른 장기적 정상상태를 가질 수 있기 때문에 나라간에 정확한 수렴가설에 대한 실증 분석을 하기 위해서는 Regression Tree 기법을 사용해야 한다는 것을 주장하였다. 역시 최근 Howitt(2000)와 Howitt and Mayer-Foulkes(2002)는 각 경제는 다른 Technology Regimes에 있기 때문에 서로 다른 수렴그룹에 접근할 수 있다는 비 선형적 설정에 대한 이론적 근거를 제공하고 있다.

상기에서 언급한 기존 연구결과로 볼 때, 이론적 및 계량적 관점에서 Technology 수렴가설에 대한 정확한 실증분석은 먼저 나라 또는 산업간 Technology 수렴관계가 비선형관계일 수 있다는 관점을 수용해야 한다. 따라서 본 연구는 Caner and Hansen (2001)이 제시한 새로운 계량기법(Threshold AutoRegression with a Unit Root)을 이용하여 우리나라 산업간에 Technology 수렴가설을 검증하였다. 즉 1970년부터 2000년까지 제조업부분을 Technology Leader로 가정한 후, 제조업과 국가 전체 통합부분(Grand Total)간에 총

요소생산성(Total Factor Productivity) 간에 차이(Technology Gap)가 정상상태인지에 대한 분석을 실시하였다. 이 분석을 위하여 기존에 검증방법과 다른 비 선형계량기법(TAR)을 사용하여 앞에서 설명한 Technology 수렴의 비선형관계 성립여부에 대한 분석 관점을 수용하였다.

본 연구와 같이 비선형관계를 수용한 기존 연구로는 PPP(Purchasing Power Parity)의 성립여부를 분석한 Sarantis(1999)와 Chortareas, Kapetanios and Shin(2002) 등의 기존 연구들이 있다. 먼저 Sarantis(1999)는 실질 환율관계가 서로 다른 Regimes를 갖는 비정상상태에 있음을 보였으며, Chortareas, Kapetanios and Shin(2002)은 STAR기법을 이용하여 G7국가들의 실질 환율이 선형가정에서 ADF (Augmented Dickey and Fuller) Unit Root 검증결과와 비 선형관계를 수용한 STAR에 의한 Unit Root 검증결과가 서로 달라짐을 보였다.

본 연구의 전개순서는 다음과 같다. 먼저 Technology 수렴가설에 대한 기존 실증연구를 간단하게 소개하고, 다음 장에는 본 연구에서 사용한 자료설명 및 실증분석결과를 기술하였다. 마지막 장에서 간단한 본 연구결과를 요약 정리하였다.

## II. 기존 연구 및 실증분석 방법론

본 연구에서 분석하는 Technology 수렴성립 여부는 최근 거시와 미시경제학적 관점에서 중요한 분석대상이 되고 있다. 만일 한 경제내부에서 또는 경제들 사

이에 Technology 수렴이 이루어진다면, 다음과 같은 두 가지 경제학적 그리고 산업정책적 관점에서 신고전학과 성장이론에 매우 중요한 실증기반을 제공하게 된다. 먼저 거시적으로 내생적 성장이론(Agion and Howitt, 1992, Grossman and Helpman, 1991)이 주장하는 경제 및 기술정책 그리고 산업정책변수들, 특히 R&D지출을 통한 경제 및 산업성장을 이룰 있다는 주된 내용에 배치되는 실증분석결과를 제공하게 된다. 역시 Technology 수렴가설성립은 R&D based Growth 이론(Jones, 1995a, b)의 타당성에 커다란 의문을 제기하게 된다.<sup>1)</sup> 다른 한편으로 Technology 수렴 현상은 Technology 수용장애(Parente and Prescott, 1993)에 의한 기술진보정체성과 Technology Regimes (Howitt, 2000, Howitt and Mayer-Foulkes, 2002)의 존재 가능성에 대한 실제 성립여부에 대한 실증적 판단에 대한 근거를 제공할 수 있다.

일반적으로 수렴가설과 비 수렴가설을 검증하는 계량방법론은 Baumol(1986)이 사용한 단순한 횡단면 회귀방법론에 의한 실증분석을 시작으로 패널방법론 (Islam, 1995)과 비정상적 패널방법론(Evans 1996, Bernard and Durlauf 1995, and Bernard and Jones 1996 a, b) 등이 존재하고 있다. 특히 Galton's fallacy에 연관하여, Friedman(1992)이 횡단면 회귀분석에 따른 수렴가설을 검증하는 실증방법론에 오류가능성을 제기함에 따라, 분석하고자 하는 대상의 전체 분포형태 및 시간에 따른 분포이동성에 실증분석의 초점을 둔 Quah(1996, 1997)의 분석방법론 등이 존재한다.

본 연구에서 사용하는 Technology 수렴성에 대한 정의는 Carlino and Mills(1993) 및 Evans(1996)의 연구

1) Jones(1995 a,b)가 발표한 두 논문에서 R&D based Growth Model은 외생적 및 내생적 성장이론의 보완적 중간이론(Semi R&D based Growth Model)이다.

에 기반을 두고 있다. 즉 본 연구에서 Technology 수렴은 어떤 산업과 비교대상 산업간에 Technology 차이가 비교적 긴 시간을 두고 정상적 상태에 있을 경우로 정의하였다. 따라서 기존 연구들처럼 Augmented Dickey-Fuller(ADF) procedures를 이용하여 Technology 수렴가설의 성립여부를 검증한다면, Technology 수렴이 성립하기 위해서는 두 산업간에 Technology 차이가 정상적 특성을 가져야 한다(i.e. No Unit Root in TFP Difference). 이런 연구관점에서 실시한 국내 관련 연구로는 패널 단위근 검증방법을 이용하여 노동생산성의 정상성을 검증한 조상섭(2002) 및 R&D기반 성장모형을 실증분석한 조상섭 등(2002)이 있다.

다음으로 본 연구에서 사용한 Technology 측정방법은 Funk and Strauss(2003) 또는 OECD(2001)에서 사용한 방식과 같은 간접측정방법을 사용하였다.<sup>2)</sup> 즉,

$$TFP_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{L_{i,t}^\alpha K_{i,t}^{1-\alpha}}, \quad i=\text{제조업(Manufacture)과 국가 전체 산업(Grand Total), } t=1970, \dots, 2000. \quad (1)$$

여기서 Y는 실질 부가가치액이며, K는 자본량, L은 총 고용자수를 사용하였다. 모든 해당 변수는 OECD'S Structural Analysis Industrial(STAN) Database (2003)을 사용하였다. 초기 자본량 및 축적자본량에 대한 계산은 Bronwyn Hall and Jacques Mairesse(1995)이 사용한 방식에 따라서 Perpetual Inventory Method을

사용하여 측정하였으며,  $\alpha$ 를 계산하는 방식은 노동보수액을 부가가치생산액으로 나눈 값을 사용하였다.

앞 장에서 언급했듯이, Technology 수렴가설에 대한 검증결과는 실증분석방법론에 따라 민감하게 작용할 수 있음을 알 수 있다. 특히 암시적인 가정인 선형관계에 대한 가정은 실증결과에 더욱 큰 영향을 미칠 수 있다. 또한 본 연구의 목적과 같이 단위근 검정결과에 따라 Technology 수렴결과가 다르게 나타날 수 있을 경우에는 더욱 선형관계 검증과 비선형관계를 기반으로 단위근 검증을 동시에 해결할 수 있는 계량 방법론이 중요하게 작용한다. 최근에 본 연구와 유사한 관점에서 U.S. GDP의 비 선형성 및 일시적 경제 충격의 Nonlinear 충격함수를 도입하여 미국경제에 대한 특징을 연구한 Potter (1995)가 있다.

본 연구에서는 상기의 방법론적 문제점(즉 비 선형성과 비 정상성)을 Hansen(1997) 및 Caner and Hansen (2001)이 제시한 Threshold Autoregression (이후부터 축약하여 TAR)모형을 이용하여 Technology 수렴가설을 검증하였다. 사용한 TAR모델은 다음과 같다.

$$\Delta y_t = \theta_1 x_{t-1} 1_{(z_t < \lambda)} + \theta_2 x_{t-1} 1_{(z_t \geq \lambda)} + e_t \quad (2)$$

본 연구에서  $y_t$ 는 제조업과 전체 산업간에 해당 TFP차이를 나타낸다. 또한  $z_t$ 는  $Z_t = y_t - y_{t-m}$ 을 나타낸다. 본 연구에서는  $m=1$ 로 한정하였으며<sup>3)</sup>, 기술

2) 자주 언급되는 생산성을 측정하는 목적은 Technology 변화를 추적하는 것이다. Technology란 “경제가 필요한 생산물을 얻기 위하여 주어진 자원을 현재 주어진 방식에 따라서 변환시키는 것”(Griliches, 1987)으로 정의하고 있다. 특히 여기서 Technology 측정은 비체화 형태 또는 체화 형태 모두를 포함하게 된다. 따라서 생산성은 직접 또는 간접적으로 기술변화와 연관되어 있지만, 그 연관관계 자체는 명시적이라고 볼 수 없다 [OECD, 2001, p. 11]. 본 연구는 Technology와 TFP을 같은 의미로 사용하였다.  
 3) 위 선택은 이론적으로 볼 때, Technology Gap이 I(1) 또는 I(0)이므로 그 차이는 최소한 I(0)가 될 수 있기 때문이며, 사용 자료의 한계 즉 연도별 데이터로 31년 동안 데이터이기 때문에  $m=2$  이상을 수행할 수 없기 때문이다.

적 자료한계로 인하여 Time Trend를 포함하지 않았다.

1은 모델 안에서 결정되는 Threshold Point를 말한다.<sup>4)</sup>

Caner and Hansen(2001)이 제시한 TAR방법론의 특징을 본 연구목적과 관련하여 기술하면 다음과 같이 요약된다. 첫째, 검정통계치에 대한 Asymptotic Distribution은 비정규분포를 하기 때문에 표준분포표가 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 Bootstrapping에 의한 해당 분포를 구하여 Technology 수렴가설을 검증하였다. 둘째, 만일 분석관계식이 비선형인 경우에는 TAR을 이용한 단위근 검증방법이 일반적인 ADF 검증방법보다 높은 Power를 갖는 것으로 알려져 있다. 이러한 연구결과를 이용하기 위해서는 먼저 Technology 차이에 대한 선형관계에 대한 가설을 검증한 후, 만일 위 관계가 비선형인 경우에는 TRA을 이용하여 단위근을 검증하여야 한다는 분석방향을 제시한다. 마지막으로 위 분석과정에서 자료의 Trimming 구간이 중요하게 작용한다. 즉 잘못된 Trimming 선택은 통계량에 대한 검정력(Power of Test)을 낮추는 결과를 나타낸다. 본 연구에서는 Andrews(1993)의 Trimming 영역에 대한 선택제안에 따라  $[\pi_1, \pi_2] = [0.15, 0.85]$ 에서 실시하였다.<sup>5)</sup> 상기의 방법론의 특성을 고려하여, 다음 장에서는 우리나라 제조업과 전체 산업의 합을 나타내는 부분간에 대한 Technology 차이에 대한 단위근 검증을 통하여, Technology 수렴성립여부를 실증 분석하였다.

### Ⅲ. 사용자료 및 실증분석 결과

#### 1. 사용자료

모든 자료는 OECD(2003) STAN Data을 사용하였다. 분석대상은 우리나라의 Grand Total, Manufacturing Sector를 대상으로 하였다. 일반적으로 그리고 상대적으로 제조업은 전반적인 산업부분을 나타내는 전체산업부분에 비하여 Technology Leader로 간주하기 때문에 본 연구에서도 제조업의 해당 TFP에서 전체산업부분이 어느 정도 TFP의 차이를 보이는지에 대한 거리로 Technology 차이를 측정하였다.<sup>6)</sup> 앞 장에서 언급했듯이, 단위근 검정에 의하여 두 부분간에 Technology 차이가 정상성을 보이는 경우에 Technology 수렴상태에 있음을 의미한다. 분석기간은 주어진 자료를 이용할 수 있는 1970~2000년까지 연도별 자료를 사용하였다. Technology측정은 제 II장에서 설명한 바와 같다.

먼저 <그림 1>은 두 부분의 31년 동안 세 부분에 대한 Technology 차이를 나타냈다. <그림 1>에서 시각적으로 보듯이, Technology 차이에 대한 추세는 전체 산업부분과 제조업간에 Technology 차이가 지속적으로 감소하다가 1997년을 기점으로 다시 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 시각적인 특징보

4) 즉 만일 Threshold Point보다 작을 경우에는 0을 나타내며, 클 경우에는 1을 나타내어 두 개의 Regime이 존재하는 형성수식을 의미한다. 자세한 내용은 Caner and Hansen(2001)의 TRA with Unit Root방법론에 대한 원 논문을 참조하기 바란다.

5) Trimming선택은 연구결과에 크게 작용할 수 있다. 따라서 많은 연구에서는 Trimming구간을 [0.05, 0.95] 또는 [0.1, 0.9]을 통상적으로 사용한다. 본 연구에서는 기존 연구에서 제안되고 있는 [0.15, 0.85]을 사용하였다. Trimming구간에 대한 상기 지적을 하여 주신 임상일 박사에게 감사드린다.

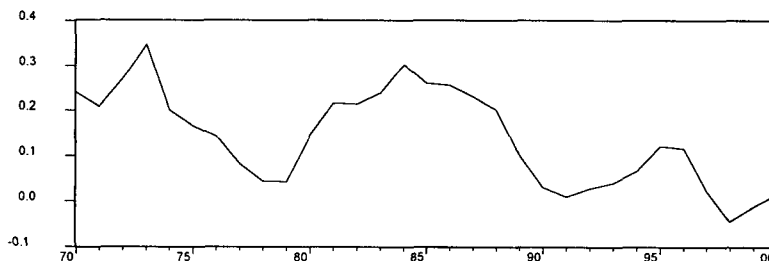
6) 어느 산업 또는 부분이 Technology Leader인가는 본 연구분석에서 중요한 Issue가 아님을 알려둔다.

다는 장기적으로 Technology 수렴이 존재하고 있는지에 대한 정밀분석은 앞 장에서 언급한 몇 가지 순차적인 계량분석을 통하여 알 수 있다.

<표 1>은 두 부분간에 Technology 차이에 대한 통상적인 ADF 단위근 검정결과를 나타낸 도표이다. 본 연구에서는 앞 장에서 언급했듯이 Time Trend를 제외한 ADF 함수를 설정하였다. ADF 단위근 실증분석결과를 보면, 먼저 Lag1과 Lag2에서 두 부분에서 공통적으로 통계적 유의수준 10%에서 Technology 수준이 정상적인 특성을 나타냈다.<sup>7)</sup> 이 실증결과는 역시 ADF 단위근 검정방법의 설정이 선형이라는 가정을 만족시킨 상태여야 함을 앞 장에서 설명하였다. 그러나 비선형인 인 경우에는 위 ADF 단위근검증에 대한

실증결과가 달라질 수 있다. 둘째, 두 부분간에 Technology 차이가 정상성을 보이는지에 대한 검정결과는 Lag3인 경우에 유의수준 10%에서 정상적 특성을 보였다. 따라서 DGP(Data Generating Process)가 선형관계인 Lag3의 경우에 우리나라 두 부분간에 Technology 수렴이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 역시 이 단계에서 시험적인 이러한 결론들은 최소한 다음과 같은 두 가지 전제조건을 충족시켜야 한다. 먼저 전통적 ADF 단위근 검정방법이 주어진 자료에서 정상성과 비정상성을 정확히 구분할 수 있어야 한다(Test Power Problem). 또 다른 전제조건은 부분간에 Technology 차이의 관계가 선형관계를 보장해야 한다. 첫째 전제조건인 ADF 단위근 방법론에 대

<그림 1> 1970 - 2000동안 Technology Gap추이



<표 1> 전체산업과 제조업간 Technology수준 및 차이에 대한 단위근 검정결과

부분	Lag Numbers		
	1Lag	2Lag	3Lag
Grand Total	-2.675*	-2.895*	-2.685
제조업	-2.765*	-2.881*	-2.213
Technology 차이	-2.002	-1.845	-2.782*

주: \*Significant at the 10% level; \*\* at the 5% level; \*\*\*at the 1% level

7) 시계열 자료분석에서 Technology 수준이 비정상적이어야 한다는 것은 다음에서 실시하는 Technology 차이가 정상성 검증을 하기 위한 필요조건이다. Technology 수준이 비정상적 특성을 지니고 있다는 사실은 기존 논문에서 검증된 사실이다. Bernard and Jones (1996 a, b)를 참조하기 바람.

한 Power 문제는 Levin and Lin(1993), Im, Perseran Shin(1997), and Maddala and Wu(1999)이후 패널기법을 이용하여 해결해 가고 있는 추세에 있다. 본 연구 목적과 관계가 있는 다른 하나의 전제조건에 대한 성립여부는 선형성 대 비선형성의 문제로써, 우리나라 Technology 수렴가능성과 관련하여 다음 절에서 자세히 분석하였다.

## 2. 실증분석 결과

먼저 본 연구 전개상에 가장 중요한 Technology 차이의 선형관계성립여부를 검증하고자 한다. 만일 두 부분간에 Technology 차이의 선형관계가 성립하는 경우에는 <표 1>에서 보았듯이, 우리나라의 경우 두 부분간에 Technology 수렴가능성이 Lag3인 경우에 한하여 성립한다고 볼 수 있다.<sup>8)</sup> 따라서 더 이상 Technology 수렴가능성을 검증하지 않아도 된다. 그러나 앞에서 기술한 TAR방법론에 의한 선형의 Technology 수렴관계가 기각된다면, <표 1>에서 발견한 사실은

설득력을 얻지 못하게 된다.

<표 2>는 두 부분간에 Technology 차이의 관계가 선형이라는 귀무가설을 검정한 결과 도표이다. TAR을 이용하여 Technology 차이의 선형관계를 검증한 결과, 우리나라 Grand Total과 제조업부분에서 선형관계 가설을 기각하는 분석결과로 나타났다. 또 다른 검증방법으로 Technology Gap이 비정상적인 상태라는 가정에서 선형성을 검증한 결과도 유사한 분석결과를 나타났다.<sup>9)</sup> 따라서 분석기간 동안, 두 부분간에 즉 Grand Total 및 Manufacturing 부분의 Technology 차이는 비선형관계에 있다는 주장이 설득력을 얻게 된다.

다음 분석단계로 비선형관계에서 Technology 차이의 정상상태에 대한 성립여부를 검증하는 것이다. 이 검정통계량으로 Caner and Hansen(2001)은 다음과 같은 네 가지 통계량을 제시하였다. 즉 One Side Wald t Statistic, Two Side Wald Statistic, One Regime Individual t Statistic, 그리고 The Other Regime Individual t Statistic이 있다. 본 연구에서는 그들의 제안에 따라 세 개의 통계량을 사용하여 TAR기법을 이

<표 2> Technology 차이에 대한 선형관계에 대한 검정결과

구분	Wald Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	13.9	12.5	14.5	21.7	0.075

주: (1) Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

(2) Unit Root을 제한하는 경우에 Linearity Test Statistic p-Value는 각 0.103로 나타났다.

8) Grand Total 과 제조업부분의 Technology수준이 Lag1과 Lag2에서 정상성을 가진 것으로 나타났으나, 이는 ADF 단위근검정력에 대한 의문이 있다. 즉 패널 단위근 방법을 이용한 기존 연구들은 Technology수준은 비 정상성을 가진 것으로 보고 되고 있다. Bernard and Jones (1996 a, b)를 참조하기 바람.

9) 즉 검증하고자 하는 Technology Gap이 비정상 자료라는 제한적 정보를 사용하는 경우에도 유의수준 10.3%에서 선형성을 기각하였다.

198 Technology 수렴가능성에 대한 실증적 고찰

용한 비선형관계에서 Technology 수렴성 여부를 검증하였다.<sup>10)</sup> <표 3>에서 <표 5>는 우리나라 부분간에 Technology 수렴에 대한 분석결과이다.

위 분석결과를 설명하면 다음과 같다. 첫째, 전체 자료를 대상으로 하는 One Side Wald t Statistic에 의할 경우, 두 부분간에 Technology 차이는 정상적인 특성을 나타내고 있음을 보여주고 있다. 따라서 두 부분간에 Technology 수렴가설을 기각하지 못하였다.<sup>11)</sup> 둘째, Technology 수렴가설에 대한 부분별 평가 실시한, 즉 Technology Regime에 따른 Technology 수렴성

을 나타내는 Regime별 t-value에 의한 경우에는, Technology Regime One에서는 우리나라 산업의 경우 Technology 차이간에 비정상성이 성립되어 Technology 수렴가설이 기각됨을 알 수 있으나, 다른 Technology 차이를 나타내는 Regime Two의 경우는 Technology 차이의 정상성이 성립되어 우리나라 산업간에 Technology 수렴가설이 성립을 알 수 있다. 따라서 Technology Regime One의 기간동안에는 두 분석대상은 Technology 이탈현상이 발견되었고, Technology Regime Two의 기간동안에는 Technology 수렴현상이

<표 3> Technology수렴에 대한 비 정상성 검정결과

구 분	R_1t Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	14.8	14.0	16.6	22.9	0.08

주: Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

<표 4> Technology수렴에 대한 정상성 검정결과(First Regime)

구 분	t_1 Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	1.46	2.91	3.31	4.01	0.52

주: Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

<표 5> Technology수렴에 대한 정상성 검정결과(Second Regime)

구 분	t_2 Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	3.56	3.03	3.31	3.87	0.03

주: Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

10) Caner and Hasen (2001, p.1575)는 Two Side Wald Test는 검정력이 One Side Wald Test보다 낮은 것으로 보고했다.

11) 즉 전 데이터를 대상으로 하여 비 선형성을 가정으로하는 경우, Technology Gap은 비 정상적이라는 귀무가설을 기각할 수 있는 증거를 보여준다.(10% 유의수준으로 볼 때)



발견되고 있다고 볼 수 있다. 실증분석을 결론적으로 말하면, 전체적인 Technology 수렴현상을 발견할 수 있지만 부분적으로는 Technology 수렴성립을 단정하기는 어렵다고 본다.

<그림 2>는 앞에서 분석한 Technology 수렴에 대한 두 Regime을 기간별로 도식화한 것이다. 위 분석에 따르면, Technology 차이에 대한 Regime Two에 속하는 기간 동안인 1970년 초기 및 1980년 초기동안에 우리나라 산업간에 Technology 수렴이 일어났던 기간으로 평가할 수 있다.

#### IV. 결론 및 시사점

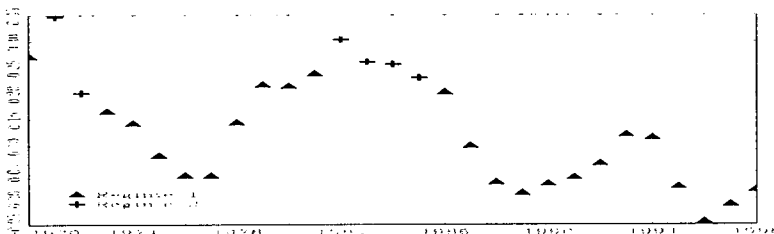
본 연구에서는 Technology 수렴가설에 대한 실증분석은 계량방법론에 따라 다른 연구결론에 도달할 수 있음을 보여주었다. 또한 장기 분석기간 동안에 산업간에 Technology 차이는 서로 다른 Regime을 가질 수 있다는 Brezis, Krugmman, and Tsiddon(1993)와 Howitt and Mayer-Foulkes(2002)의 이론적 견해를 뒷받침하는

실증분석결과를 제시하였다.

본 연구의 실증분석 결과에서 보았듯이, Technology 수렴가설을 검증할 때에 중요한 가정은 분석관계식의 비선형관계의 성립여부에 대한 물음이다. 본 연구에서 보았듯이, 우리나라에서 Technology 선도산업인 제조업과 국가 전체를 나타내는 Grand Total 간에 Technology 차이는 선형관계에 있다는 귀무가설을 기각하고 있음을 알 수 있다. 즉 Technology수렴과 이탈이라는 두 가지 경제상태에 대한 존재가능성을 보여 주었다. 이러한 실증결과는 산업간 또는 국가간에 Technology 차이에 따른 수렴가설을 검증하는 경우, 관련 연구방법론은 Technology 차이에 따른 다른 Regime의 존재가능성을 인식하고, 이러한 가능성을 실증분석에 포함하여 분석해야 한다는 사실을 말해 주고 있다.

본 연구실증분석결과에 따른 시사점은 Technology 수렴가능성은 Technology 차이의 Regime별로 수렴가능성과 이탈가능성을 보여주고 있다. 본 연구에서 볼 수 있듯이, Technology 차이에 대한 Regime One에서는 제조업과 우리나라 Grand Total간에 Technology수

<그림 2> 우리나라 Technology 수렴에 대한 Regime 구조



렴현상을 발견할 수 없었다. 그러나 Technology Regime Two에서는 Technology간에 대한 수렴현상을 발견할 수 있었다. Technology수렴현상이 나타난 기간은 1970년 초반과 1980년대 초반기로 나타났다. 그러나 최근에 들어 우리나라 제조업과 Grand Total간에 Technology수렴현상은 기각되고 있다. 이러한 현상은 1990년대 이후 제조업의 기술발전의 속도와 다른 산업의 기술이전 및 파급에 대한 조정속도에도 관계가 깊은 것으로 볼 수 있다. 이러한 시사점은 최근 우리나라 산업간에 Technology 비 수렴현상이 산업간에 균형발전은 물론 소득분배에도 부정적 영향을 미치고 있음을 알려주는 신호로 볼 수 있다.

본 연구에 따른 분석한계는 역시 사용자료 기간에 있다. 본 연구결과에 실증분석결과에 따를 경우, Technology간에 차이는 비선형관계에 있음을 알 수 있다. 따라서 Technology 차이에 따른 Regime별로 Technology 수렴가능성에 대한 성립여부를 분석해야 한다.<sup>12)</sup> 이를 위해서는 추가적으로 자료를 Regime별로 나누어(Sampling Splitting) 수렴가능성을 살펴보는 방법이 요구된다. 즉 기존에 선형관계에서 Technology 수렴가설 검정방법론보다는 더 장기적인 자료를 요구하게 된다는 사실을 말해주고 있다.

### 참 고 문 헌

조상섭 (2002), “정보통신자본(IT Captial Stock)의 노동생산성기여도 분석,” 『정보통신정책연구』 9, pp. 119-138.

조상섭, 정동진, 장송자 (2002), “R&D기반 성장모형의 실증분석,” 『기술혁신연구』 10, pp. 91-105.

Aghion, P. and P., Howitt (1992), “A Model of Growth through Creative Destruction,” *Econometrica* 60, pp. 323-351.

Andrews, D. (1993), “Tests for Parameter Instability and Structural Change with Unknown Change Point,” *Econometrica* 61, pp.821-856.

Ashley, R, and Patterson, Douglas (1989), “Linear Versus Nonlinear Macroeconomies: A Statistical Test,” *International Economic Review* 30, pp.685-704.

Baumol, W. (1986), “Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long Run Data Show,” *American Economic Reviews* 76, pp.1072-1085.

Bernard, A. and S. Durlauf (1995), “Convergence in international output,” *Journal of Applied Econometrics* 10, pp.97-108.

Bernard, A., and C. Jones (1996 a), “Comparing Apples to Oranges: Productivity Convergence and Measurement across Industries and Countries,” *American Economic Reviews* 86, pp.1216-1238.

Bernard, A. and C. Jones (1996 b), “Productivity across industries and Countries: Time series theory and evidence,” *Review of Economics and Statistics* 78, pp. 135-146.

Brezis, E., Krugman, P., and Tsiddon, D. (1993), “Leapfrogging in International Competition: A Theory of Cycles in National Technological Leadership,” *American Economic Review* 83, pp.1211-1219.

12) 본 연구 분석결과에서 보듯이, Regime Two에서 Technology 수렴현상이 나타났다. 이러한 결과는 Regime Two에 속하는 자료의 수가 절대적으로 작아서 나타난 결과일 수 있다.

- Carlino, G. and L. Mills (1993), "Convergence and U.S. States: Time Series Analysis," *Journal of Monetary Economics* 32.2, pp.335-346.
- Caner, M. and Hansen, B. (2001), "Threshold Autoregression with a Unit Root," *Econometrica* 69, pp.1555-1596.
- Chortareas, G., Kapetanios, G., and Shin, Y. (2002), "Nonlinear Mean Reversion in Real Exchange Rates," *Economic Letters* 77, pp.411-417.
- Durlauf, S. and Johnson, P. (1995), "Multiple Regimes and Cross-Country Growth Behaviour" *Journal of Applied Econometrics* 10, pp.365-368.
- Evans, P. (1996), "Using Cross-Country Variances to Evaluate Growth Theories," *Journal of Economic Dynamics and Control* 20, pp.1027-1049.
- Evans, P. and G. Karras (1996), *Convergence Revisited*, *Journal of Monetary Economics* 37, pp.249-265.
- Friedman, M. (1992), "Do Old Fallacies ever Die?," *Journal of Economic Literature* 30, pp.2129-2030.
- Funk, M., Strauss J. (2003), "Panel Tests of Stochastic Convergence: TFP Transmission within Manufacturing Industries," *Economic Letter* 78, pp.365-371.
- Griliches, Z. (1987), "Productivity: Measurement Problems," in Eatwell, Milgate, and Newman(eds.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*.
- Grossman, G. and E., Helpman (1991), "Quality Ladders in the Theory of Growth," *Review of Economic Studies* 58, pp. 43-61.
- Hall, B. and Mairesse, J. (1995), "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms," *Journal of Econometrics*, pp.263-293.
- Hansen, B. (1997), "Inference in TAR Models," *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1, pp.119-131.
- Howitt, P. (2000), "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences," *American Economic Review* 90, pp. 829-846.
- Howitt, P. and Mayer-Foulkes, D. (2002), *R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs*, Manuscript, Brown University.
- Im, K. S., S. Pesaran, S. and J. Shin (1997), *Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels*, Manuscript, University of Cambridge.
- Islam, N. (1995), "Growth Empirics: A Panel Data Approach," *Quarterly Journal of Economics* 110, pp. 1127-1170.
- Jones, C. (1995a), "R&D Based Model of Economic Growth," *Journal of Political Economics* 96, pp. 759-784.
- Jones, C. (1995b), "Time Series Tests of Endogenous Growth Models," *Quarterly Journal of Economics* 110. pp. 495-525.
- Levin, A. and C. Lin (1993), *Unit root test in panel data: Asymptotic and Finite Sample Properties*, Discussion Paper.
- 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.
- OECD (2001), *Measuring Productivity*, Paris.
- Parente, S. and Prescott, E. (1993), "Changes in the Wealth of Nations," *Federal Reserve Bank of*

- Minneapolis Quarterly Review 17, pp.407-438.
- Potter, Simon (1995), "A Nonlinear Approach to US GNP," Journal of Applied Economics 10, pp.109-125.
- Quah, D. (1996), "Empirics for Economic Growth and Convergence," European Economic Review 40, pp.1353-1357.
- Quah, D. (1997), "Empirics for Growth and distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs," Journal of Economic Growth 2, pp.27-59.
- Sarantis, N. (1999), Modeling Non-linearities in Real Effective Exchange Rates, Journal of International Money and Finance 18, pp.27-45.