

우리나라 산업에서의 기술진부화: 체화가설에 의한 측정 및 노동생산성과의 연관성

Technological Obsolescence in the Korean Industries: The Measurement by
Embodiment Hypothesis and Its Relationship with Labor Productivity

성태경(Tae Kyung Sung)*

목 차

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| I. 서론 | III. 변수, 자료 및 분석대상 |
| II. 기술진부화와 노동생산성의
연관성 | IV. 추정결과
V. 요약 및 결론 |

국문 요약

본 연구에서는 산업연관표를 통해서 특정연도(1990년) 기술의 진부화 정도를 측정하고, 노동생산성과의 연관성을 밝힘으로써 체화가설(embodiment hypothesis)을 검증한다. 이는 기술에 강한 경제적 의미를 부여한 Salter(1969)의 주장에 근거한 것으로, 경제적 잉여율의 감소를 기술진부화 정도로 보았다. 분석대상은 우리나라 제조업에 속한 주요 업종인 음식료, 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 철강, 금속제품, 일반기계, 전기전자, 정밀기기, 수송기계 등이다. 연구결과, 우리나라 제조업 전체에 대해서 일률적으로 체화가설의 성립여부를 판단하기는 어려웠다. 그러나 제조업 주요 업종 중 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등의 산업에서는 체화가설이 성립함을 확인하였다. 즉 이들 6개 산업에서는 기존 자본설비에 현대적인 새로운 자본설비가 연속적으로 도입됨에 따라 특정시점에서 자본설비에 체화되어 도입된 기술은 진부화 하지만, 시현되는 노동생산성은 증가하는 것으로 분석되었다. 따라서 개별기업들은 설비투자에 대한 의사결정 시에 관련설비에 체화된 기술진보에 관한 정보를 적극 고려해야 하며, 정부는 R&D지원 일변도의 정책에서 벗어나 체화기술진보 효과가 큰 산업에 대해서는 설비투자를 지원하는 정책도 고려해야 한다.

핵심어 : 체화가설, 기술진부화, 노동생산성, 산업연관표, 한국제조업

※ 논문접수일: 2012.10.3, 1차수정일: 2013.5.28, 2차수정일: 2013.6.18, 게재확정일: 2013.6.27

* 전주대 경영학부 교수, sungtk@jj.ac.kr, 063-220-2542

ABSTRACT

The paper tests the embodiment hypothesis by measuring the technological obsolescence of a specific year (1990)'s technology and investigating the relationship between labor productivity and technological obsolescence. This approach is based on Salter (1969) that emphasizes the economic aspect of technology. We use the rate of economic surplus as the proxy of technological obsolescence for 10 main industries, including food processing, textiles, chemicals, non-steel metals, steels, metal products, machinery, electronics, precision machinery, and transportation equipments. The result shows that the embodiment hypothesis is not accepted for the overall manufacturing sector. However, we found the vintage effect - a positive relationship between technological obsolescence and labor productivity over time - in textiles, chemicals, non-steel metals, metal products, electronics, and transportation equipments. Therefore, the government should support R&D investment as well as capital equipments investment for the industries with large vintage effect.

Key Words : Embodiment hypothesis, Technological obsolescence, Labor productivity, Input-Output table, Korean manufacturing sector

I. 서 론

자본과 노동의 성장기여도를 측정하는 문제와 관련하여 부수적으로 제기된 체화가설(embodiment hypothesis)에 의하면, 기술은 자본, 즉 기계설비에 체화되어 그 효과가 나타난다고 한다. 어떤 한 기계설비가 제작될 때, 그 시점의 최상기술(best practice technology)이 그 기계설비에 체화되어 경제적 효과가 시현된다는 것이다. 이러한 체화가설에 따르면, 노동생산성은 생산의 효율 개선, 근로자의 기능 수준, 그리고 자본집약도뿐만 아니라 자본의 연령분포(age distribution of capital) 혹은 빈티지(vintage)에 의해서도 결정된다.¹⁾

체화가설의 지지자들은 생산성과 자본설비의 연령분포를 연관지어 보았으나 실증적으로 확실한 증거를 얻지는 못했다. You(1976)는 1929-68년 기간 동안 미국제조업에서 빈티지 효과(vintage effect)를 검증해 보았으나, 대부분의 기술진보는 비체화되어 시현되는 것으로 결론지었다. 즉 자본설비에 체화된 기술은 노동생산성의 증가에 중요한 요인이 되지 못한 것으로 보고하였다. 반면에 Hugh and Lane(1987)은 You(1976)가 사용한 활용가능한 자본설비의 평균연령이 아닌 실제 활용되는 자본설비의 평균연령을 사용하여 미국 제조업에서 체화가설에 대한 증거를 발견하였다. 한편 성태경(1996)은 한국의 제조업을 대상으로 하여 자본연령의 생산성에 대한 효과를 밝혀 보고자 하였으나, 빈티지 효과를 찾아내지 못하였다. 이 연구에서는 Nelson(1964)의 근사식을 사용하여 자본연령을 구하였으나, 자본설비 측정 상의 문제를 내포하고 있었다.

본 연구에서는 자본연령을 직접 추정하는 기존연구들²⁾과 접근방법을 달리하여, 우리나라 제조업을 대상으로 체화가설을 검증해 보고자 한다. 산업연관표를 통해서 특정연도의 기술(1990년 기술)을 선정하고, 이 기술이 시간이 지남에 따라서 기술진부화가 진행되는지를 추적한다. 한편으로는 새로운 자본설비를 도입한 결과로서 시현되는 노동생산성을 추적하여, 기술진부화와 연관성을 밝힌다. 만약 특정연도 자본설비의 기술진부화와 새로운 자본설비를 도입한 결과 실제로 시현되는 노동생산성이 정(+)의 관계를 가지는 것으로 나타나면, 체화가설이 성립하는 것으로 본다. 분석단위는 우리나라 제조업의 주요 산업으로 음식료, 섬유·의복, 화

1) 자본설비의 연령구성은 제작시점구조(vintage structure)라고도 불린다. 따라서 체화가설은 Vintage 모델과 같은 의미로 사용되고 있다.

2) Kennedy and Thirlwall(1972)에 의하면 체화가설에 대한 실증적 연구는 크게 두 가지 부류로 나누어진다. 하나는 자본설비에 체화된 기술진보율을 직접 정확하게 측정하려는 것이고, 다른 하나는 체화가설의 상대적 중요성을 평가하려는 것이다. 전자의 방법을 채용한 연구들 중에서 Solow(1960), Intriligator(1965), Nelson(1964), Baily(1981), Mchugh and Lane(1987), Wolff(1991), Hobjijn(2001) 등은 체화가설을 지지하였으나, You(1976), Wickens(1970), Mchugh and Lane(1983) 등은 체화가설을 기각하였다. 후자의 경우에 대표적인 연구로 Massel(1962), Lydall(1968) 등을 들 수 있는데, 이 연구들은 비체화기술진보에 비교한 체화기술진보의 상대적 중요성을 부각시키지 못하였다.

학, 비금속광물, 금속제품, 철강, 일반기계, 전기전자, 정밀기기, 수송기계 등이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 제II절에서는 Salter(1969)의 논지를 근거로 하여 기술진부화와 노동생산성의 연관성을 설명하고, 구체적인 가설을 설정한다. 제III절에서는 기술진부화와 노동생산성의 측정방법을 설명하고, 자료 및 분석방법을 설명한다. 제IV절에서는 산업별로 추정결과를 제시하고, 설정된 가설을 검증한다. 제V절에서는 논문을 요약하고 정책적 시사점을 제시한다.

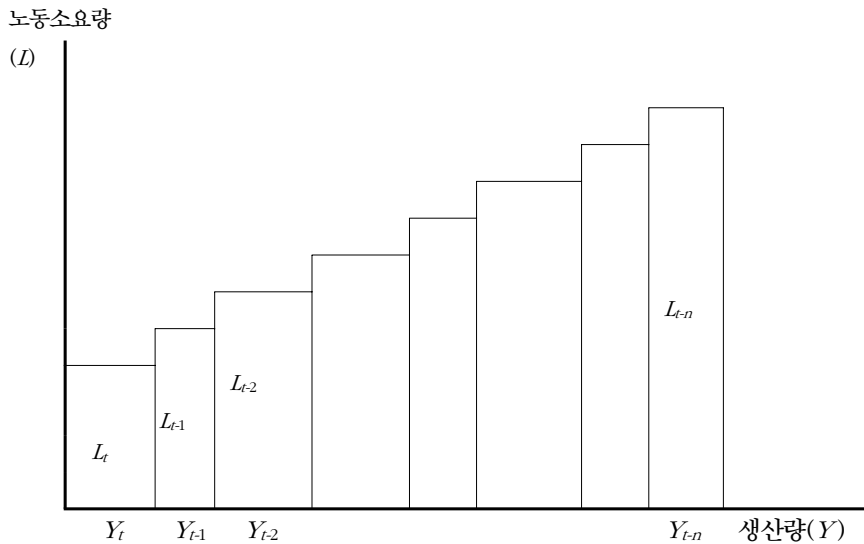
II. 기술진부화와 노동생산성의 연관성

체화가설에 따르면, 기존의 기계설비는 물리적인 소모에 의해서 그 생산성이 감소할 뿐만 아니라, 보다 진보된 기술이 체화된 경쟁적 설비들의 등장에 의해서도 효율성이 감소된다. 즉 일정시점에서 제작된 기계설비는 그 시점에서 가장 효율적인 기술을 체화하나, 보다 개선된 효율적인 기법들이 나타나면서 과거 시점에서는 가장 효율적이었던 기술을 진부화시킬 것이다. 그 결과 사용 중인 기계설비 중 가장 오래된 기계설비는 운영비용만을 겨우 커버할 것이고, 반면에 최근에 제작되어 도입된 기계설비는 경제적 이윤을 가져다 줄 것으로 예측할 수 있다. 시간의 변화를 허용하면, 특정 산업은 경제적 이윤을 가져올 새로운 기계설비를 도입할 뿐만 아니라 부(-)의 잉여를 얻는 진부화 된 기계설비를 대체하게 될 것이며, 이로 말미암아 자본스톡의 연령구성이 변화될 것이다.

이러한 생각은 기술진보를 실질비용절감에 직접 연결시킴으로써, 기술진보의 개념에 강한 경제적 의미를 부여한 Salter(1969)에 의해서 체계화된 바 있다. (그림 1)에는 새로운 기술이 기계설비에 체화되어 도입될 때 일어나는 과정이 나타나 있다.³⁾ Y_t 는 t 기에 제작되어 설치된 기계설비의 용량이고, L_t 는 그 설비의 사용 시에 요구되는 단위 노동소요량이다. 막대그래프의 '높이'는 각 기계설비의 단위 노동소요량을 나타내며, 이는 기계설비에 체화된 기술을 반영한다. 횡축을 따라서 막대그래프의 높이가 커지는 것은 오래 전에 제작된 기계설비는 더 많은 노동량이 소요됨을 의미한다. 예를 들어, 오래 전인 $t-n$ 기의 생산량 Y_{t-n} 을 생산하는데는 연령 평균이 높은 기계설비가 사용되어 노동소요량이 L_{t-n} 으로 매우 크지만, 최근인 t 기의 생산량 Y_t 를 생산하는데는 연령평균이 낮은 기계설비가 사용되어 노동소요량이 L_t 로 더 적게 소요될 것이다.

반면에 막대그래프의 '넓이'는 각 설비가 당해산업의 총생산량에서 차지하는 생산량을 나타

3) Salter는 종축을 비용으로 표시하고 있다. Salter(1969), p. 59



(그림 1) 신기술의 도입에 따른 기술진부화와 노동생산성

낸다. 그러므로 막대그래프의 높이는 시간변화에 따른 최상기술의 변화가 노동량을 절감시키는 정도는 물론이고, 기존설비의 물리적 진부화에 따른 유지보수에 추가되는 노동량 및 운영 효율의 하락을 반영할 것이다. 산업 전체적인 평균적 단위 노동소요량은 각 막대그래프들의 가중평균값이 될 것이다. 산업 전체적인 차원에서 보면 일인당 노동생산성은 평균 노동생산성을 상회하는 새로운 기계설비가 추가될수록, 혹은 평균 노동생산성을 하회하는 노후화된 기계설비가 폐기될수록 증가될 것이다.

이와 같은 체화가설 하에서 우리는 구체적으로 다음 두 가지 가설을 검증하고자 한다.

가설 1: 어떤 특정시점에서 기계설비에 체화되어 도입된 기술은 신기술을 체화하는 현대적인 기계설비들이 제작되어 설치됨에 따라서 진부화 될 것이다. 즉 체화기술진보율이 빨라지면, 기존 기계설비의 진부화가 진행될 것이다.

가설 2: 기존의 자본설비에 현대적인 새로운 자본설비가 연속적으로 도입되면, 특정시점에서 자본설비에 체화되어 도입된 신기술은 시간이 지남에 따라 진부화 하지만, 새로운 자본설비의 도입으로 인해 시현되는 노동생산성은 증가할 것이다. 따라서 체화 기술진보가 진행되면, 특정 연도 기계설비의 기술진부화와 시현되는 노동생산성 간에 정(+의 관계를 예측할 수 있다.

III. 변수, 자료 및 분석대상

1. 기술진부화

한 국민경제의 산업연관표(I/O table)에서 나타나는 투입산출구조의 변화는 일어날 수 있는 체화기술변화의 정도를 나타낼 수 있다. 즉 노동계수벡터, 국내중간재투입 및 수입투입행렬의 집합은 특정 시점에서 한 경제에서 실제로 활용되는 평균적 기술(average-practice technology)⁴⁾이라고 볼 수 있다. 물론 다른 시점에서의 행렬집합은 그 시점에서의 평균적 기술을 나타낼 것이다. 체화가설의 관점에서는 신기술, 즉 최근에 제작되어 도입된 기계가 그 기술, 즉 오래 전에 제작되어 도입되었던 기계에 비해서는 더 생산적이고 더 많은 이윤을 가져다 줄 것이다.

이제 산업연관표에서 각 산업의 특정 제작연도에 대한 경제적 잉여를 총산출물에 대한 비율로 표시하면, 다음의 식이 성립한다.

$$R_i^t = \{P_i^t - \sum P_j^t a_{ji} - \sum P_j^m a_{ji}^m - w_i^t l_i\} / P_i^t \quad (1)$$

여기서,

- R_i^t : t 연도에 있어서 i 산업의 경제적 잉여율
- P_i^t : t 연도에 있어서 i 산업의 생산자물가지수
- a_{ji} : 기준연도의 국내요소투입계수
- P_j^m : t 연도 i 산업의 수입물가지수
- a_{ji}^m : 기준연도의 수입투입계수
- w_i^t : t 연도 i 산업의 임금지수
- l_i : 기준연도에 있어서 i 산업의 노동투입계수

위의 식에서는 가격에서 중간투입액과 임금만이 제외되므로 기업은 경제적 잉여 중에서 운영 및 고정자본에 대한 수익을 지급하고 감가상각분을 충당해야 함을 알 수 있다. 여하튼 식(1)을 통하여 특정 시점의 평균기술 하에서 각 산업에 대한 연간 잉여를 계산할 수 있다.

우리는 경제적 잉여율 R_i^t 를 기술진부화의 대리변수로 활용한다. 만약 어떤 한 산업에서 특

4) Vintage 모델에서 최상기술(best practice technology)은 신고전학파의 생산이론에서 말하는 최적생산기법과 같은 개념이다. 즉 한계기술대체율과 상대요소가격비가 일치하는 상태에서의 기계장비를 말한다. 그러나 현실적으로 요소시장의 불완전성 때문에 기업은 최상기술을 사용하지 못할 것이다. 따라서 산업연관표 등 생산과 관련하여 수집되는 실제 자료는 이론적인 생산함수가 아니라 집계요소비용 또는 평균적인 요소비용을 나타낼 것이다.

정기술이 시간이 지남에 따라서 경제적 잉여율이 하락하면, 기술진부화가 진행된다고 보는 것이다. 이는 기술의 정의에 강한 경제적 의미를 부여한 Salter(1969)의 생각에 따른 것으로, Mathur(1977)는 이러한 방법으로 영국 산업들에 대해 기술진부화율을 추정할 바 있다.

2. 노동생산성

노동생산성은 노동량 투입 대비 산출량 비율로 보았다. 즉 평균 노동생산성 개념이다.

$$LP_i^t = Y_i^t / L_i^t \tag{2}$$

여기서,

LP_i^t : t 연도에 있어서 i 산업의 평균 노동생산성

Y_i^t : t 연도에 있어서 i 산업의 실질 총산출량

L_i^t : t 연도에 있어서 i 산업의 노동 투입량

3. 자료 및 분석대상

본 연구에서는 1990년 기술을 대상으로 기술진부화 현상을 측정한다. 즉 1990년 산업연관표에 나타나 있는 노동계수벡터, 국내중간재투입행렬 및 수입투입행렬의 집합을 1990년의 평균기술로 보고, 이에 대해서 연도별로 산업별 경제적 잉여율(R_i^t)을 계산한다. 가격에 대한 자료, 즉 연간 생산자가격지수와 수입가격지수는 한국은행 경제통계시스템에서, 그리고 임금률은 노동통계연감에서 구하였다. 산업연관표분류, 한국표준산업분류, 그리고 무역분류 상에서 산업분류가 서로 일치하지 않는 부분은 산업연관표분류에 맞추어 통합하여 계산하였다.

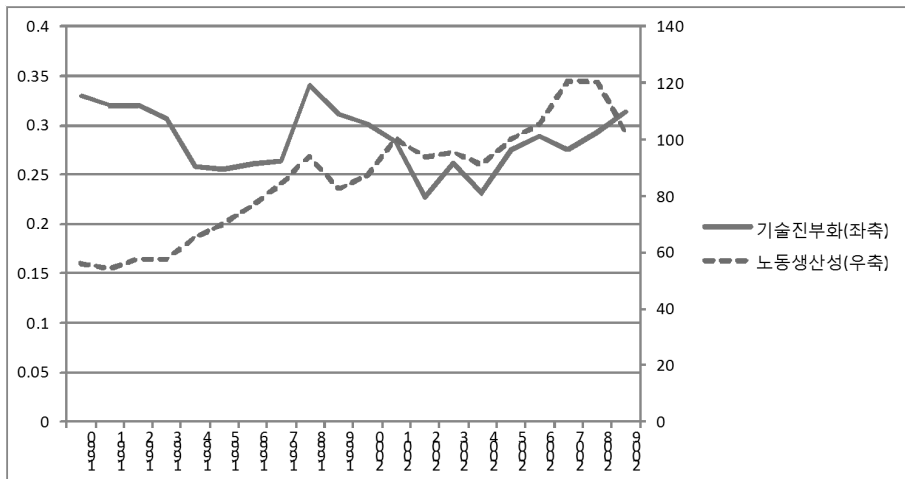
한편 노동생산성은 한국생산성본부의 생산성DB를 토대로 계산하였다. 노동투입량은 근로시간을 사용하였으며, 2005년을 기준으로 지수화 하였다.

분석대상산업은 제조업에 국한시켰으며 식음료, 섬유 의복, 화학, 비금속광물, 철강, 금속제품, 일반기계, 전기전자, 정밀기기, 수송기계 등으로 구분하여 분석하였다. 분석기간은 1990년부터 2009년까지이다.

IV. 추정결과

식 (1)에 의해서 계산된 경제적 잉여율, 즉 기술진부화율과 식 (2)에 의해서 계산된 노동생산성이 산업별로 (그림 2)에서부터 (그림 11)까지 나타나 있다. 이제 이 그림들을 통하여 앞에서 설정한 가설들에 대하여 검증해 보기로 하자. 가설 1은 자본설비에 체화되어 일단 도입된 신기술은 시간이 지남에 따라서 진부화 될 것이라는 예측이다. 이 가설은 산업별 그림에서 1990년 기술의 경제적 잉여율이 시간이 지남에 따라 감소하여, 우하향하는 모습을 보여 준다면 성립한다고 할 수 있다. 우선 목측으로 보았을 때, 1990년 기술의 경제적 잉여율이 뚜렷하게 우하향하는 산업은 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등이다. 음식료와 철강은 우하향하는 일정한 패턴을 보이지 않지만, 최근의 경제적 잉여율이 초기 경제적 잉여율에 비해서는 낮아진 것으로 나타나고 있다. 일반기계와 정밀기기의 경우는 초기에는 오히려 경제적 잉여율이 증가하다가 일정 기간을 지나면서 감소하면서 기술진부화가 진행되는 것으로 나타나고 있다. 따라서 우리는 가설 1이 성립하고 있음을 대략적으로 알 수 있다.

이제 산업별로 경제적 잉여율을 시간추세에 대해서 회귀 분석함으로써 보다 분명하게 판정할 수 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등의 산업에서는 가설 1이 통계적으로 유의하게 성립되는 것으로 나타났다. 즉 이 산업들의 경우 1990년 기술에 대해 계수들이 마이너스(-)부호를 가지면서 1% 내에서 통계적으

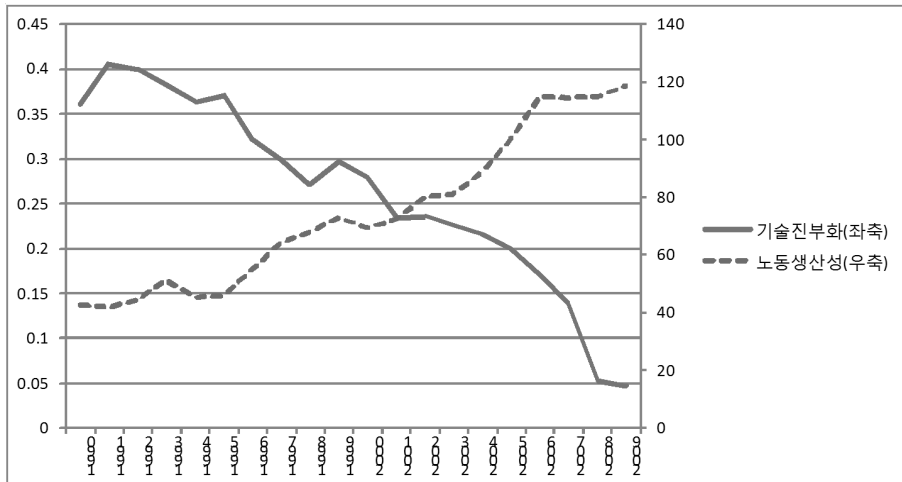


주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

(그림 2) 음식료산업의 기술진부화와 노동생산성

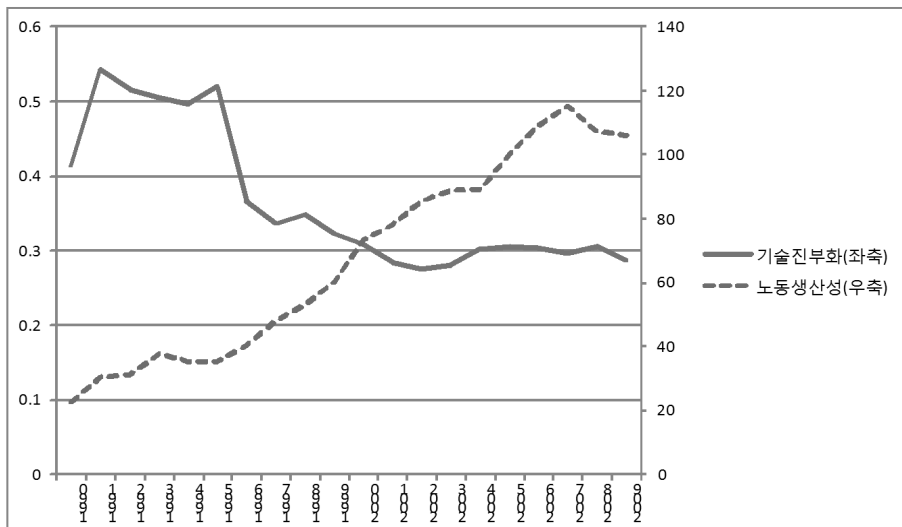
로 유의하다.

특히 이러한 산업의 기술진부화 현상은 전기전자산업에서 뚜렷하게 나타나고 있다. 즉 전기 전자산업에서는 기업들이 구모형을 교체하지 않고 계속 사용하면, 기술의 진부화로 경제적 잉



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

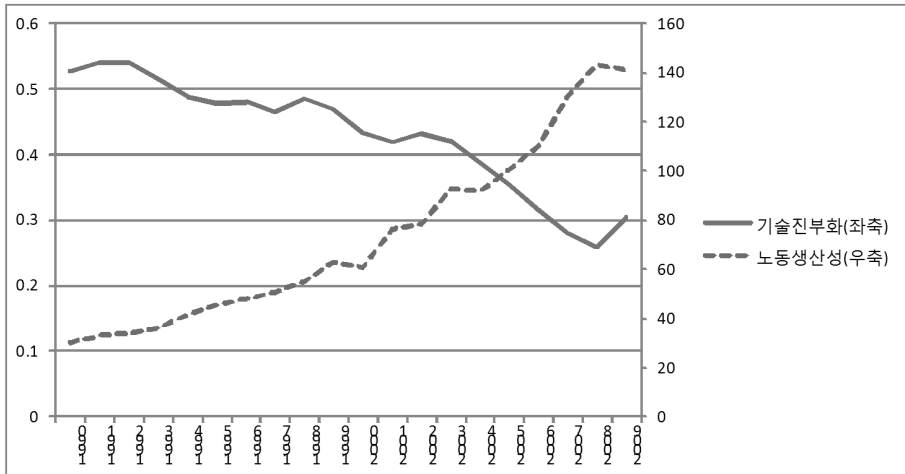
(그림 3) 섬유·의복산업의 기술진부화와 노동생산성



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

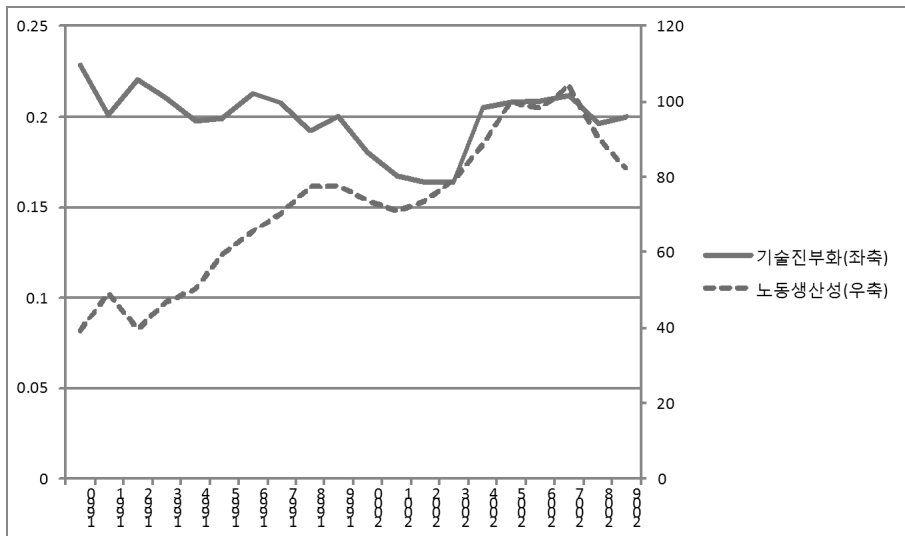
(그림 4) 화학산업의 기술진부화와 노동생산성

여율이 급격하게 하락한다는 것을 보여준다. 이는 전기전자산업의 특성과도 일치되는 결과이다. 전기전자산업은 생산공정에 기계설비를 많이 사용하는 자본집약적인 산업인데다가, 1990년대 이후 새로운 기술이 최신모델에 체화되는 속도가 매우 빠른 산업이기 때문이다. 특히,



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

(그림 5) 비금속광물산업의 기술진부화와 노동생산성

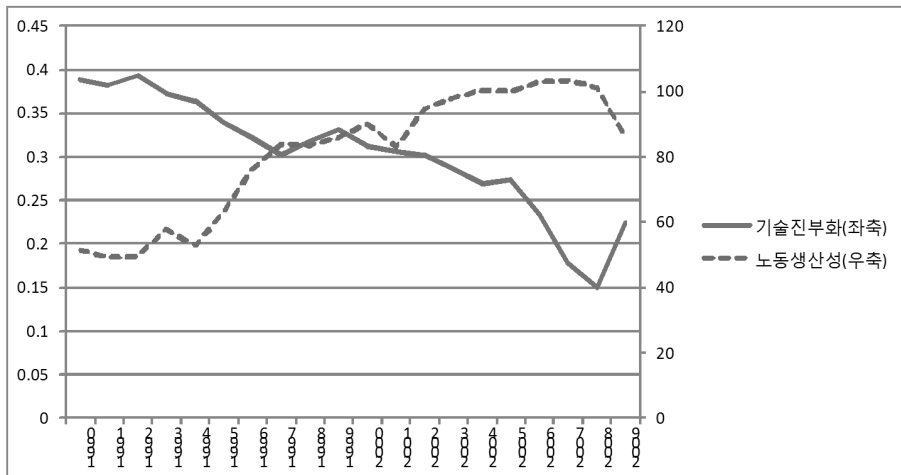


주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

(그림 6) 철강산업의 기술진부화와 노동생산성

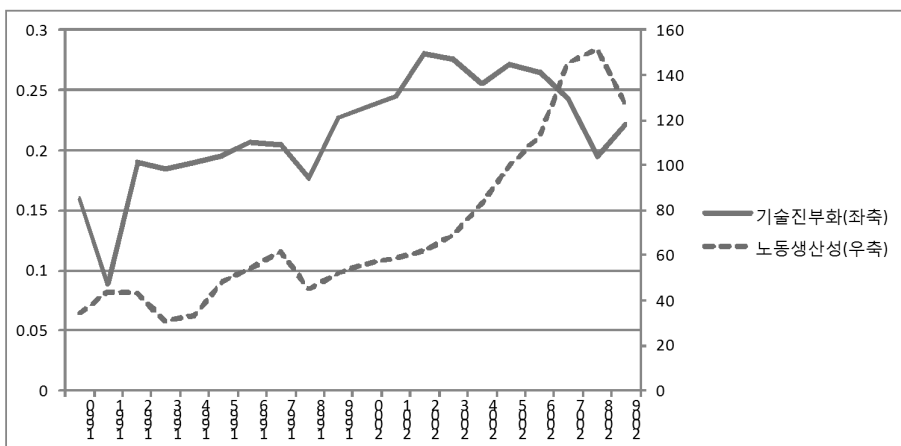
컴퓨터의 등장으로 인한 제조업의 정보화 현상은 전기전자산업에서 체화기술진보를 가속화시킨 것으로 추정된다(Hobijn, 2001). 섬유 의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 수송기계 등의 산업에서도 전기전자산업과 동일한 이유로 기술진부화 가설이 성립하는 것으로 볼 수 있다.

이제 가설 2에 대해서 살펴보자. 가설 2는 체화기술진보가 진행되면, 특정연도 기계설비의 기술진부화와 실제로 시험되는 노동생산성 간에는 정(+)의 관계가 성립할 것이라는 예측이다.



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

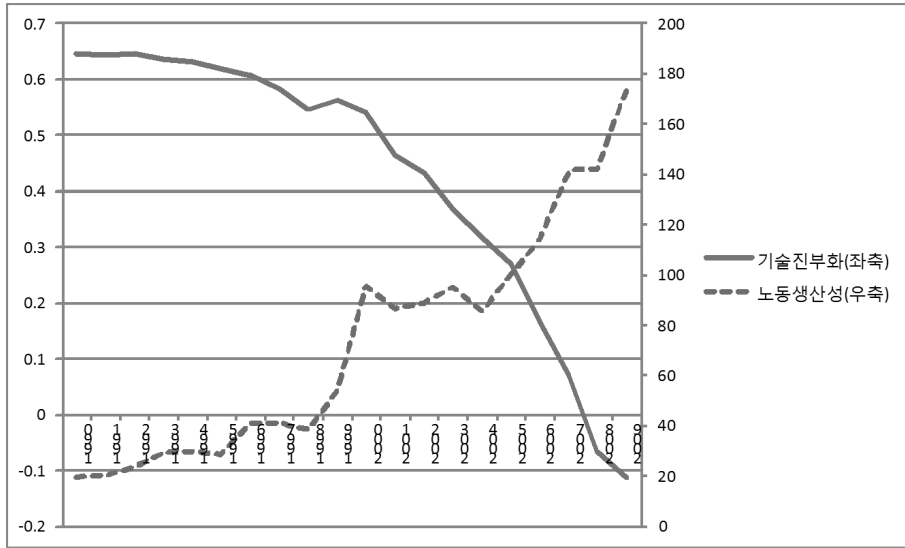
(그림 7) 금속제품산업의 기술진부화와 노동생산성



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

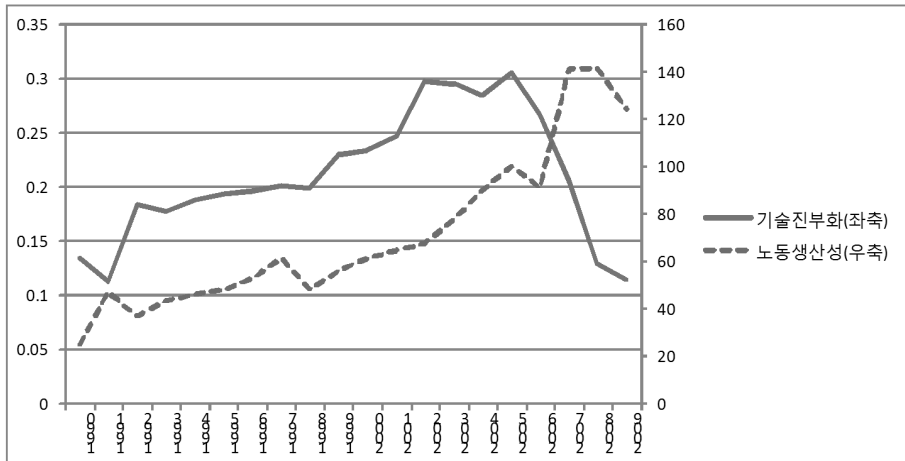
(그림 8) 일반기계산업의 기술진부화와 노동생산성

이 가설은 산업별 그림에서 1990년 기술의 경제적 잉여율은 시간이 지남에 따라 감소하여 우하향하지만(다시 말해서 기술진부화가 진행되지만), 산업에서 실제로 시현되는 노동생산성이 증가하는 모습을 보여 준다면 성립한다고 할 수 있다. 대략적으로 보았을 때, 시간이 지남에



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

(그림 9) 전기전자산업의 기술진부화와 노동생산성

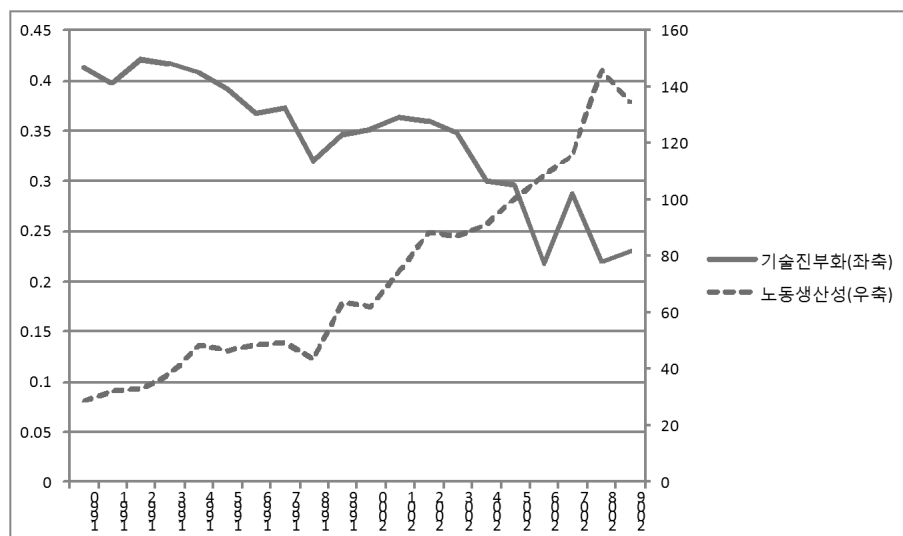


주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

(그림 10) 정밀기기산업의 기술진부화와 노동생산성

따라서 경제적 잉여율은 감소하나 노동생산성이 증가하는 현상이 뚜렷하게 나타나는 산업은 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등이다. 나머지 음식료, 철강, 일반기계, 정밀기계 등은 일정한 패턴을 찾아보기 어렵다.

이는 경제적 잉여율과 노동생산성 간의 Pearson 상관계수를 통하여 확인할 수 있다. <표



주: 경제적 잉여율은 식 (1)에 의해서 계산된 값으로서 작아질수록 기술진부화가 진행됨을 의미함. 노동생산성은 식 (2)에 의한 지수 값으로 2005년을 100으로 놓은 것임.

(그림 11) 수송기계산업의 기술진부화와 노동생산성

<표 1> 경제적 잉여율의 시간추세에 대한 회귀분석결과

산업	1990년 기술			
	계수	t값	유의확률	R ²
음식료	-0.001	-1.222	0.237	0.073
섬유·의복	-0.018**	-15.820	0.000	0.929
화학	-0.012**	-6.087	0.000	0.661
비금속광물	-0.014**	-14.841	0.000	0.921
철강	-0.001	-1.392	0.180	0.093
금속제품	-0.011**	-10.766	0.000	0.866
일반기계	0.005*	3.559	0.002	0.400
전기전자	-0.041**	-10.532	0.000	0.854
정밀기계	0.002	0.831	0.416	0.035
수송기계	-0.010**	-10.218	0.000	0.846

주) **는 1%, *는 5% 수준에서 각각 유의함.

〈표 2〉 경제적 잉여율과 노동생산성의 상관관계

산업	Pearson 상관계수	유의확률(양쪽)
비금속광물	-0.977**	0.000
섬유의복	-0.961**	0.000
전기전자	-0.949**	0.000
수송기계	-0.901**	0.000
금속제품	-0.840**	0.000
화학	-0.808**	0.000
음식료	-0.243	0.301
철강	-0.210	0.374
정밀기기	0.073	0.759
일반기계	0.410	0.073

주: 1) 경제적 잉여율이 감소할수록 기술진부화율이 커지는 것으로 보았으므로, 경제적 잉여율과 노동생산성의 부(-)의 상관관계는 기술진부화율과 노동생산성 간의 정(+)의 상관관계를 의미함.

2) **는 1% 수준에서 유의함.

2)를 보면, 경제적 잉여율과 노동생산성 간에는 부(-)의 관계가 나타나고 있는데, 본 연구에서는 경제적 잉여율이 감소할수록 기술진부화율이 커지는 것으로 보았으므로, 경제적 잉여율과 노동생산성 간 부(-)의 상관관계는 기술진부화율과 노동생산성 간 정(+)의 상관관계를 의미한다. 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등의 산업에서는 경제적 잉여율과 노동생산성의 상관계수가 마이너스(-)를 기록하였고, 1% 수준에서 통계적으로 유의하게 나타나고 있다. 상관계수의 크기순으로 보면, 비금속광물이 -0.977로 가장 크고, 섬유·의복(-0.961), 전기전자(-0.949), 수송기계(-0.901), 금속제품(-0.840), 화학(-0.808)순이다. 모두가 가설 1이 성립한 산업들이다.

요약하면, 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등에서는 1990년 기술의 경우 시간이 지남에 따라서 기술진부화가 뚜렷하게 나타났을 뿐만 아니라, 등장하는 새로운 자본설비를 도입한 결과로서 시현되는 노동생산성과 정(+)의 상관관계를 보여주었다.

V. 요약 및 결론

본 연구는 자본연령을 직접 측정하는 기존연구와는 접근방법을 달리하여 체화가설을 검증하고자 하였다. 즉 산업연관표를 통해서 특정연도 기술(1990년 기술)의 진부화를 측정하고, 노동생산성과의 연관성을 밝힘으로써 간접적으로 빈티지 효과(vintage effect)를 찾아보았다. 이는 기술에 강한 경제적 의미를 부여한 Salter(1969)의 주장에 근거한 것으로, 기술진부화를

경제적 잉여율의 변화로 본 것이다. 분석대상은 우리나라 제조업에 속한 주요 업종인 음식료, 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 철강, 일반기계, 전기전자, 정밀기기, 수송기계 등이다. 분석기간은 1990년부터 2009년까지이다.

연구결과는 다음과 같이 두 가지로 요약된다. 첫째, 분석대상이 된 10개의 산업 중 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등의 산업에서 경제적 잉여율, 즉 기술진부화율과 시간추세가 부(-)의 관계를 보여 주었다. 즉 1990년 기술은 시간이 지남에 따라서 새로운 신기술을 체화한 현대적 자본설비가 도입되면서 기술이 진부화되는 것으로 나타났다. 반면 음식료, 철강, 일반기계, 정밀기기 등의 산업에서는 이러한 관계가 확인되지 못하였다. 둘째, 기술진부화 현상이 나타난 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등의 산업에서 체화가설이 예측하는 대로 기술진부화와 노동생산성간에 정(+)의 관계가 관측되었다. 즉 이들 6개 산업에서는 기존 자본설비에 현대적인 새로운 자본설비가 연속적으로 도입됨에 따라 특정시점에서 자본설비에 체화되어 도입된 기술은 진부화 하지만, 실현되는 노동생산성은 증가하는 현상이 나타났다. 결론적으로 제조업 전체에 대해서 일률적으로 체화가설의 성립여부를 판단하기는 어려우나, 제조업 주요 업종 중 섬유·의복, 화학, 비금속광물, 금속제품, 전기전자, 수송기계 등의 산업에서는 체화가설이 성립함을 확인하였다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점을 갖는다. 첫째, 체화가설에 대한 실증분석 시에 가장 어려운 자본의 질 측정의 문제를 우회하는 접근방법을 사용한 결과, 각 변수들 간의 통계적인 관계를 직접적으로 보여주지 못하고 있다. 예를 들어, 노동생산성에 대한 체화기술의 기여도 등을 직접 추정하기 보다는 체화기술의 정도를 간접적으로 보여주는 기술진부화와 노동생산성의 관련성을 확인하는 정도에 그치고 있다. 둘째, 산업별 물가 및 생산요소의 가격 자료의 제약으로 시계열 샘플이 20개에 그치고 있어 로버스트(robust)한 통계적 결과를 확보하기 어려웠다. 이에 따라 산업별 및 기간별 현상을 구분하여 설명하는데 한계가 있다. 셋째, 산업 분석단위의 문제가 있다. 산업별 연구결과를 보면, 일반기계산업은 생산공정에 기계설비를 많이 쓰는 자본집약적인 산업인데다가 자본설비에 체화되는 기술진부의 속도가 상대적으로 빠르지만 체화가설이 성립하지 않은 것으로 나타났다. 이는 받아들이기 어려운 결과이다. 따라서 체화가설의 검증 시에 분석단위의 수준을 낮추는 접근방법이 바람직하다. 산업을 더 세분하거나 특정한 설비에 대하여 추가로 연구할 필요가 있다. 일례로 Boucher(1981)는 미국의 공작기계산업을 대상으로 체화가설을 검증한 결과, 새로운 기술을 체화하는 신모델의 등장이 생산성 향상에 주요 요인이 되었던 것으로 보고하고 있다.⁵⁾

5) 종전 모델인 범용공작기계에 비해서 수치제어(numerical control)기술과 CAM(computer-aided manufacturing)기술이 부가된 NC공작기계의 생산성은 크게 향상되었다. Boucher에 의하면 NC공작기계는 작업공정시간을 20-75%까지 감소시킨 것으로 추정하였다.

이와 같이 여러 가지 연구의 한계점에도 불구하고 일부 산업에서 체화가설이 성립할 수 있다는 본 연구의 잠정적인 결론이 기업전략 및 산업정책에 주는 시사점은 다음과 같다. 먼저 개별기업 입장에서는 설비투자에 대한 의사결정 시에 관련설비의 기술진보에 관한 정보를 적극적으로 고려해야 한다는 것이다. 가령 체화기술진보의 속도가 빠른 산업에 속한 기업은 기대설비수명을 짧게 잡는 등 전략적인 변수로 활용할 수 있다. 산업정책 면에서는 기술이 자본설비에 체화되어 시현된다는 점을 감안하여 설비투자에 대한 지원을 강화해야 한다. 현재 정부의 과학기술정책은 곧 R&D투자 지원정책이라고 할 수 있는데, 체화기술진보가 빠른 설비의 구입에도 지원이 이루어져야 한다는 것이다. 구체적으로 자본설비 구입지원은 물론 감가상각제도의 변경 등 제도적인 수단도 동원될 수 있다.

참고문헌

- 고용노동부 (각년도), 「노동통계연감」.
- 성태경 (1996), “생산성에 대한 체화기술진보의 효과 측정: 한국제조업의 경험”, 「산경논총」, 13: 243-257.
- 통계청 (각년도), 「물가연보」.
- 한국은행, 「1990년 산업연관표」.
- 한국은행, 「경제통계시스템」.
- Baily, M. N. (1981), “Productivity and the Services of Capital and Labor”, *Brookings Papers on Economic Activity* 1, 1-50.
- Boucher, T. (1981), “Technical Change, Capital Investment, and Productivity in the U.S. Metalworking Industries”, A. Dogramaci (ed.), *Aggregate and Industry-Level Productivity Analyses*, Leiden: Martinus Nijhoff Publishing, 93-121.
- Cater, C. F. (1977), “Industry and Technical Progress”, W. Leontief (ed.), *Structure, System, and Policy*, London: Cambridge University Press, 189-200.
- Hobijn, B. (2001), *On the Measurement and Consequences of Embodied Technological Change*, Ph.D Dissertation, Department of Economics, New York University.
- Intriligator, M. D. (1965), “Embodied Technical Change and Productivity in the U.S., 1929-58”, *Review of Economics and Statistics*, 47(1), 65-70.
- Kennedy, C. and A.P. Thirlwall (1972), “Surveys in Applied Economics: Technical Progress”,

- Economic Journal*, 82(325), 11-72.
- Leontief, W. W. (1953), *Studies in the Structure of the American Economy*, New York: Oxford University Press.
- Lydall, H. F. (1968), "Technical Progress in Australian Manufacturing", *Economic Journal*, 78(312), 807-826.
- Massel, B. F. (1962), "Investment, Innovation and Growth", *Econometrica*, 30(2), 239-252.
- Mathur, P. N. (1977), "A Study of Sectorial Prices and their Movements in the British Economy in an Input-Output Framework", W. Leontief (ed.), *Structure, System, and Policy*, London: Cambridge University Press, 29-47.
- Mchugh R. and J. Lane (1983), "The Embodiment Hypothesis : An Inter-regional Test", *Review of Economics and Statistics*, 65(2), 323-327.
- Mchugh R. and J. Lane (1987), "The Age of Capital, the Age of Utilized Capital, and Tests of the Embodiment Hypothesis", *Review of Economics and Statistics*, 69(2), 362-367.
- Nelson, R. R. (1964), "Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections", *American Economic Review*, 54(5), 575-606.
- Salter, W. E. G. (1969), *Productivity and Technical Change*, London: Cambridge University Press.
- Solow, R. M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Solow, R. M. (1960), "Investment and Technical Progress", in K. Arrow et al.(ed.), *Mathematical Methods in the Social Science*, San Francisco: Stanford University, 89-104.
- Wickens, M. R. (1970), "Estimation of the Vintage, Cobb-Douglas Function for the United States, 1900-1960", *Review of Economics and Statistics*, 52(2), 187-193.
- Wolff, E. N. (1991), "Capital Formation and Productivity Convergence over the Long Term", *American Economic Review*, 81(3), 565-579.
- You, J. K. (1976), "Embodied and Disembodied Technical Progress in the United States, 1929-1968", *Review of Economics and Statistics*, 58(1), 123-127.

성태경

서강대학교에서 경제학 박사학위를 취득하고, 현재 전주대학교 경영학부 교수로 재직 중이다. 연구 분야는 기술경제이론, 과학기술혁신정책, 혁신시스템, 중소기업 및 벤처경영, 산업조직 및 동학 등이다.