

기술혁신이 노동생산성에 미치는 효과¹⁾

I. 연구의 목적과 내용

이 논문의 목적은 기술혁신이 노동생산성에 미치는 효과를 실증적으로 분석하는 것이다. 국내외에서 기술혁신이 생산성에 미치는 효과를 실증적으로 분석한 경제학적 연구는 매우 드물다. 이는 경제학에서 ‘기술’이라는 주제가 생산성 추계와 관련한 분야를 제외하고는 최근까지 거의 다루어지지 않았기 때문이다(Rosenberg, 1994). 연구가 부진한 또 하나의 이유로 기술이나 기술혁신을 경제학적으로 분석할 수 있는 적절한 지표가 별로 없다는 점을 들 수 있다. 실증적인 연구의 경우 국내 뿐만 아니라 외국에서도 R&D투자액이나 특허건수를 기술혁신의 대리지표로 사용한 연구들이 대부분이다. 그러나 R&D투자액이나 특허건수가 기술혁신과 밀접하게 관련되어 있기는 하지만 여기에는 자본에 체화되지 않은 지식의 진보만이 주로 반영되기 때문에 직접적인 혁신지표라고 보기 어렵다. 이외에 직접적으로 기술혁신을 도입한 분석으로는 로봇이나 자동화기기, 컴퓨터, NC공작기계 등의 확산이 생산성과 노동에 미치는 효과에 대한 실증 분석들이 있지만 거시적인 경제적 효과에 대한 분석으로 일반화하기는 어렵다. 그 밖에도 기업이나 노동자들에 대한 설문조사를 기초로 한 보고서들이 있다.

이 논문에서는 제조업의 각 산업별 혁신투자를 기술혁신의 지표로 삼아 제조업에서 기술혁신이 노동생산성에 미치는 효과를 분석한다. 이 논문의 특징은 투자동기에 따라 신제품생산투자액과 합리화투자액을 각각 제품혁신과 공정혁신의 대리지표로 삼아 제조업에서 혁신의 유형에 따라 기술혁신이 노동생산성에 미치는 효과가 어떻게 달라지는가를 분석한다는 점이다.

1) 이 글은 본인의 박사학위논문(1996) 가운데 제2장과 제3장을 주로 요약·정리하고 일부 내용을 보완한 것이다. 논문의 지도를 맡아 주셨던 배무기 선생님, 그리고 심사과정에서 많은 도움을 주신 정기준 교수님, 이근 교수님, 어수봉 박사님, 이종훈 박사님께 감사드린다.

다. 또한 혁신투자액의 경우 다른 지표와 달리 기술혁신의 확산단계에서 직접 생산에 투입된 '비용'으로 측정하기 때문에 다른 경제변수와의 연관관계가 높아서 거시적인 분석에 적합하다는 특징을 갖는다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존의 연구들을 검토하고 기술혁신이 생산성에 미치는 효과에 대한 가설을 설정한다. 3절에서는 자료의 구성과 자료특성에 따른 분석방법에 대해 정리한다. 4절에서는 기술혁신이 생산성에 미치는 효과를 실증적으로 분석한다. 5절에서는 연구결과를 요약하고 시사점과 한계에 대해 정리한다.

II. 선행연구와 가설

생산성에 관한 구미의 많은 연구들은 새로운 기술이 빠르게 확산되면서도 생산성에 미치는 효과가 잘 확인되지 않는다는 점(productivity puzzle)을 지적해 왔다.²⁾ OECD(1991)에서는 이 문제에 대한 해답을 크게 세가지 영역으로 나누어 찾고 있다.

- ① 생산성의 침체가 새로운 기술경제체계의 등장과 관련되어 있는가?
- ② 생산성과 기술변화의 속도에 관한 측정방법에 문제가 있는가?
- ③ 새로운 기술에 적합하도록 생산체제를 변화시킬 필요에 대해서 제대로 대응하지 못하는 기업내외의 조직이나 제도와 관련된 문제가 있는가?

신습페터주의로 불리는 진화론적인 기술경제학의 입장에 가까운 연구들은 주로 첫번째와 세번째의 문제의식에 관심을 기울인다(Bell et al., 1991; Freeman and Perez, 1988; Freeman and Soete, 1994; OECD, 1992). 이들은 생산성 퍼즐의 해답을 새로운 기술의 잠재력을 충분히 발휘할 수

2) 생산성은 일반적으로 단일요소생산성(partial factor productivity)과 총요소생산성(total factor productivity)으로 구분된다. 단일요소생산성은 노동이나 자본과 같은 투입요소로 산출을 나눈 값이다. 단일요소생산성은 측정이 용이할 뿐만 아니라 기술에 대한 특정한 가정을 필요로 하지 않는다. 그러나 기술의 변화뿐만 아니라 상대가격 변화에 따른 요소집약도 변화의 효과도 반영된다는 단점이 있다. 총요소생산성은 산출 변화 가운데 투입요소들의 변화에 의해 설명되지 않는 잔여(residual)를 의미한다. 따라서 일반적으로 총요소생산성은 투입요소에 체화되지 않은 기술진보에 의한 생산의 증가율을 의미하게 된다.

있는 기업조직과 경제제도의 변화가 뒷받침되지 않았다는 점에서 찾고 있다. 두 번째 문제는 생산성의 추정방법과 관련된 것으로 주로 신고전파적인 접근방식으로 해결책이 모색되고 있다(Griliches, 1991).

한국에서의 총요소생산성 관련 연구들은 한국의 경제성장이 총요소생산성 증가로 측정될 수 있는 기술의 진보보다는 주로 요소투입의 증대에 의해 설명된다는 점을 보여주고 있다(문희화 외, 1991; 김광석·홍성덕, 1992). 또한 단일요소생산성 측면에서 노동생산성은 매우 급속하게 증대해 온 반면 자본생산성은 오히려 감소하는 것으로 나타난다. 이러한 변화들은 모두 자본투입의 급속한 증대에서 비롯된 것이다.

기술혁신과 생산성의 관계에 관한 실증연구가 가장 진전되어 있는 영역은 R&D투자가 생산성에 미치는 효과에 대한 분석이다. 이는 오랫동안 자료가 축적되어 왔고 과학기술지식의 발전에 대한 대표적인 대리변수로 이해되어 왔기 때문이다(Odagiri, 1985; Goto and Suzuki, 1989; Nadiri and Mamuneas, 1994; Griliches, 1994). 또한 OECD에 의해 연구개발지표가 표준화되어 있기 때문에 각 나라별 비교연구도 활발히 이루어져 왔다. 다음으로 연구가 활발한 부분은 특허를 기술혁신의 대리지표로 사용하여 분석하는 것이다(Evenson, 1991; Vivarelli, 1995).

국내에서의 기술혁신과 생산성에 관한 실증적 연구도 순수한 생산성 추계에 관한 연구 이외의 영역에서는 연구개발투자가 생산성에 미치는 효과에 관한 연구가 대부분이다(김적교·조병탁, 1989; 이기채, 1991; 장진규·김기국, 1993; 홍순기·홍사균, 1994). 이들 가운데 이기채(1991)는 제조업의 기업체 패널데이터를 이용한 것이고 다른 연구들은 산업차원에서의 연구이다. 김적교·조병탁(1989)의 경우 제조업의 중분류산업별로 R&D자본스톡이 생산성에 미치는 효과를 추정하였으나 유의성이 높은 추정결과를 얻지는 못하였다. 한편 홍순기·홍사균(1991)과 장진규·김기국(1993)의 경우 R&D활동의 산업내 효과뿐만 아니라 산업별 파급효과까지를 포함해서 분석하고 있다.

이 논문에서는 한국경제의 성장과정에서 요소투입에 비해 총요소생산성

의 증대가 큰 기여를 하지 않았다는 기존의 연구성이나 선진국에서의 생산성 퍼즐 현상에도 불구하고 「기술혁신이 총요소생산성을 통해 노동생산성을 증대시킬 것」이라는 가설을 세우고 이를 검증하고자 한다. 이는 두가지 이유 때문이다. 첫번째는 이 논문에서 기술혁신의 지표로 삼고 있는 혁신투자는 R&D투자액이나 특허건수 등의 지표와 달리 ‘발명·발견-혁신-확산’으로 이어지는 기술혁신의 전과정 가운데 확산단계의 지표로서 다른 경제변수들과의 연관관계가 매우 높기 때문이다. 두번째는 혁신투자에 의한 자본투입의 질적인 변화가 동질적인 요소투입을 가정했을 때에는 자본투입의 변화가 아니라 잔여로 남는 총요소생산성에 반영될 것이기 때문이다.

한편 기술혁신의 유형에 따라 생산성에 미치는 효과가 다르게 나타날 것이다. 지금까지의 연구에서 기술혁신을 분류하는 방식에 대해서는 어느 정도 합의가 이루어지고 있다. 기술혁신은 일반적으로 두가지 차원에서 분류된다.

첫번째는 혁신의 내용에 따라서 새로운 제품을 개발하는 제품혁신(product innovation)과 생산과정을 개선하는 공정혁신(process innovation)으로 구분하는 것이다. 두번째는 기술혁신의 정도에 따라 점진적 혁신(incremental innovation)과 급격한 혁신(radical innovation)으로 구분하는 것이다. 항상 그런 것은 아니지만 일반적으로 제품혁신은 급격한 혁신일 경우가 많고 공정혁신은 점진적 혁신일 경우가 많다.

경제내에서 두 유형의 혁신은 서로 밀접하게 관련되어 있는데 자본재를 생산하는 기업에서의 제품혁신은 이를 사용하는 기업의 공정혁신으로 연결되기 때문이다. 한 산업내에서 두 유형의 혁신이 번갈아가며 나타나기도 한다. 새로운 제품이 등장하는 시기에는 제품혁신을 중심으로 경쟁이 이루어지다가 제품이 어느 정도 표준화되면 이를 낮은 비용으로 생산하기 위한 공정혁신으로 경쟁의 중심이 옮겨지는 것이다(Utterback, 1987; Utterback and Suarez, 1993).

지금까지의 실증연구에서는 자료상의 이유로 공정혁신과 제품혁신을 구분한 분석은 많지 않다(Warken and Ronning, 1990; Lee and Stone, 1994; Vivarelli, 1995). 이 논문에서는 신제품투자와 합리화투자를 제품혁신과 공정혁신의 대리지표로 삼아 혁신의 유형에 따라 생산성 효과가 어떻게 달

라지는가를 살펴본다. 가설은 「제품혁신이 공정혁신보다 생산성 증가에 기여하는 정도가 더 크다」로 설정한다. 혁신의 유형과 효과에 관한 선행연구를 살펴볼 때 급격한 혁신이 많이 포함된 신제품 투자가 점진적인 혁신이 많이 포함된 합리화 투자에 비해 생산성에 미치는 효과가 클 것으로 기대된다. 또한 신제품생산을 위한 투자의 경우 신설비와 새로운 생산방식의 도입과 함께 이루어질 가능성이 높다.

Ⅲ. 자료의 구성과 분석방법

1. 자료의 구성

기술혁신은 혁신의 내용에 따라 크게 제품혁신과 공정혁신으로 나누어진다. 혁신투자 유형에 따른 산업별 혁신투자 자료는 산업은행에서 발간하는 『설비투자계획조사』를 이용한다. 이 조사는 1974년도부터 매년 투자동기에 따라 투자계획과 투자실적을 조사하고 있다.³⁾ 자료의 특성상 엄밀하게 대응되는 것은 아니지만 위 조사의 동기별 투자 가운데 합리화투자과 신제품생산을 위한 투자의 실적을 산업별로 공정혁신과 제품혁신의 대리지표로 간주하여 혁신투자 자료를 구성한다.

그런데 설비투자계획조사는 중분류보다 약간 더 세분화된 산업별로 일정 규모 이상의 기업에서 표본기업을 추출해서 투자액만을 조사하고 있을 뿐이다.⁴⁾ 따라서 혁신투자가 노동에 미치는 효과를 분석하기 위해서는 이 자

3) 1982년도부터는 투자동기 항목을 더욱 자세히 구분하여 합리화투자를 설비의 유지 보수, 자동화 및 생력화 투자, 에너지절약 투자로 구분하고 있으며 R&D 투자도 독립적인 조사항목으로 포함시켰다. R&D투자의 경우에는 유형자산에 대한 투자보다는 무형자산에 대한 투자가 더욱 중요하다. 그러나 설비투자계획 조사의 경우 무형자산에 대한 투자를 포함한 전체 R&D지출액이 아니라 R&D 관련 설비지출액만을 조사하고 있다. 따라서 이 논문에서는 R&D투자를 제외하고 신제품생산투자와 합리화투자만을 이용하여 분석한다. 또한 1982년 이후에는 합리화투자에 대해 세분화된 투자동기가 제시되고 있지만 분석시기를 확장하기 위해 합리화 투자로 묶어서 분석하였다.

4) 산업과 조사시기에 따라 다르지만 대체로 종업원수 100인 이상 사업체를 표본으로 하고 있다.

료를 다른 투자 관련 자료 및 조사대상 산업의 여러가지 특성을 조사하고 있는 자료와 결합할 필요가 있다.

우선 산업별로 투자와 관련해서 이용할 수 있는 통계자료로는 통계청의 『광공업통계조사보고서』와 한국은행의 『국민계정』이 있다. 통계청의 『광공업통계조사보고서』는 설비투자계획조사의 기준이 되는 것으로 광공업을 대상으로 세세분류 산업별로 매년의 유형고정자산취득액을 5인 이상 규모의 사업체에 대해 조사하고 있다. 이 조사의 토지, 건물 및 구축물, 기계기구 및 장비, 차량 및 운반구 등의 자산형태별 유형고정자산 취득액이라는 범주는 『설비투자계획조사』의 투자액과 동일하다. 또한 대상산업별로 자산형태별 유형고정자산총액, 사업체수, 성별 및 생산직·사무관리직별 종업원수, 급여액, 부가가치, 생산액 등을 조사하고 있기 때문에 두 자료를 결합시키면 산업의 기본적인 특성을 얻을 수 있다

그런데 설비투자계획조사는 전체 제조업을 포괄하고 있지 않을 뿐만 아니라 일정한 중분류산업별로 일정규모 이상의 사업체를 대상으로 하기 때문에 표본이 대기업에 편중되어 있는 반면 광공업통계조사는 세세분류 산업별로 5인 이상 사업체를 대상으로 하므로 표본이 완전히 일치하지 않는다는 문제가 있다. 산업분류의 경우에는 설비투자계획조사에 맞추어 광공업통계조사의 산업분류를 통합할 수 밖에 없다. 이러한 방식으로 연속적인 시계열자료를 얻을 수 있는 제조업은 14개이다.⁵⁾ 따라서 3장과 4장에서 분석이 이루어지는 집계수준(level of aggregation)은 대체로 중분류 제조업이 된다. 이 논문에서 분석하는 대상은 1978년부터 1992년도까지 15년 등

5) 연속적인 자료를 구할 수 있는 산업은 15개지만 석유정제업의 경우 광공업통계조사에서 연도별로 지나친 변동을 보이고 있기 때문에 분석에서 제외하였다. 한편 1991년부터 『광공업통계조사보고서』의 산업분류가 바뀌었기 때문에 1991년과 1992년의 경우 5자리수 산업세분류별 자료를 이용하여 구분류로 재편하였다. 한편 설비투자계획조사의 표본이 대기업에 편중되어 있기 때문에 규모별 혁신투자의 차이가 모든 산업에서 동일해야 한다는 무리한 가정을 채택해야 한다. 이 때 대체로 『설비투자계획조사』보다 실제 합리화투자와 신제품투자 비율은 낮을 가능성이 높다. 이 경우에는 혁신투자가 생산성이나 고용에 미치는 효과의 추정계수들이 저평가될 것이다. 이러한 문제들이 있지만 위의 가정은 자료의 한계 때문에 불가피하다.

안의 제조업 14개 산업이다.6)

투자동기별 혁신투자액은 『설비투자계획조사』에서 산업별로 투자동기별 투자비율을 취하고, 이 비율에 『광공업통계조사보고서』의 산업별 유형고정자산 취득액을 곱해서 구한다.

광공업통계조사는 경상가격 기준으로 조사하기 때문에 조사 결과를 불변가격 기준으로 적절하게 환산하는 것이 필요하다. 『국민계정』은 토지자산을 제외한 건물 및 구축물, 기계기구 및 장치, 차량 및 운반구에 대해 매년의 유형고정자산형성액을 불변가격 기준과 경상가격 기준 모두에 대해 제시하고 있다. 따라서 이로부터 자산형태별로 디플레이터를 구할 수 있다. 광공업통계조사의 자산형태별 취득액을 불변가격으로 환산하기 위해서 이 디플레이터를 이용한다. 토지자산은 건설부가 발표하는 공업용 토지가격지수를 이용하여 불변가격 기준으로 변환한다. 산업별 부가가치와 인건비는 산업별 도매물가지수와 제조업 전체의 도매물가지수를 이용하여 불변가격으로 환산한다. 이렇게 광공업통계조사와 설비투자계획조사를 결합하여 기본적인 산업특성과 산업별 혁신투자를 구할 수 있다.

위와 같은 방식으로 1978년부터 1992년까지 15개년도 14개 산업에 대해 투자동기별 투자액과 노동생산성에 관한 자료를 구성한다. 출전자료와 주요변수를 요약하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 자료의 출처와 주요 변수

자	변
원	수
『설비투자계획조사』	산업별 합리화투자 비율, 산업별 신제품투자 비율
『광공업통계조사보고서』	산업별·자산형태별 명목 유형고정자산 총액 산업별·자산형태별 명목 유형고정자산 취득액 산업별·성별·직종별 노동자수 산업별 부가가치 총액
『국민계정』	자산형태별(비토지자산) 자본재 가격지수
『건설통계편람』	공업용 토지가격지수
『경제통계연보』	산업별 도매물가지수

6) 『설비투자계획조사』에 산업별로 신제품투자와 합리화투자가 발표되는 것이 1974년도부터지만 『광공업통계조사보고서』에 유형고정자산총액이 발표되는 것이 1978년도부터이므로 1978년부터 자료를 구성하였다.

2. 자료의 특성과 분석방법

이 논문에서 사용하는 자료는 횡단면과 시계열 자료가 통합된 자료로 산업을 분석단위로 하고 있다. 이러한 자료의 경우에는 일반적으로 이분산성과 계열상관의 문제를 갖는 것으로 알려져 있다(Hsiao, 1986). 따라서 통상적인 회귀분석방법을 그대로 적용할 수 없다. 또한 혁신투자가 생산성에 미치는 효과는 투자가 실행된 시기뿐만 아니라 여러 해에 걸쳐 나타난다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 이 논문에서는 다음과 같은 방법을 사용하였다.

우선 계열상관과 산업의 특성에 따른 효과 - 산업의 고정효과(fixed effects) - 를 통제하기 위해 시간에 따라 추세적으로 증가하는 변수들은 증가율로 변환하여 분석한다.⁷⁾ 고용이나 생산, 노동생산성, 임금, 자본스톡과 같은 변수들이 여기에 해당된다.

그런데 생산이나 노동생산성과 같은 변수들은 경기의 영향을 강하게 받기 때문에 증가율로 변환하는 것만으로는 이 효과가 모두 통제되기 어렵다. 따라서 이 문제를 완화하기 위해서 연도별 더미변수를 추가한 공분산 모형(fixed effects model)을 이용하여 추정한다.

마지막으로 혁신투자가 여러 시기에 걸쳐 효과를 나타내기 때문에 이 효과를 분석하기 위하여 알몬의 다항시차분포모형(Almon's polynomial lag model)을 이용하여 추정한다.⁸⁾ 이 모델은 회귀계수에 사전적으로 특정한

7) 시간에 따라 증가하는 추세를 갖는 변수들을 1차적분된 시계열이라고 부른다. 1차적분된 시계열의 경우 1계차분을 통해 정상시계열로 변화시킬 수 있다. 이 논문에서 사용되는 변수들의 경우 모형의 성격상 자연로그를 취하여 차분하기 때문에 증가율들 사이의 관계와 동일하게 된다. 이종훈(1994)의 경우 연도와 산업이 통합된 자료를 이용한 분석에서 각 분석변수들을 산업별 평균으로부터의 편차를 이용하여 분석하고 있다. 이 방식에 의해서도 산업별 고정효과를 통제할 수 있다. 그렇지만 원래의 변수들이 추세를 가질 경우에는 계열상관 문제가 여전히 남을 수도 있다.

8) 이 논문에서 사용하는 자료와 분석방법은 Lee and Stone(1994)과 매우 유사하다. Lee and Stone(1994)은 미국의 11개 중분류(two-digit) 제조업에 대해서 1974년부터 1988년까지 15개년도의 통합자료를 구성하여 공정혁신과 제품혁신이 물가 및 임금, 매출, 수출에 미치는 효과를 더미변수를 이용하여 분석하고

유형을 갖는 값들을 부여하지만 시차회귀계수 β_j 가 시차 j 에 대해 다음과 같은 구조를 갖는 것으로 파악하는 것이다.

$$\beta_j = f(j) = \varphi_0 + \varphi_1 j + \varphi_2 j^2 + \dots + \varphi_r j^r$$

이 논문에서는 β_j 를 j 의 2차함수로 설정하여 추정한다. 이는 혁신투자의 효과는 시간이 지남에 따라 점차 증가하다가 감소하는 구조를 가질 것으로 볼 수 있기 때문이다.⁹⁾ 시차의 수가 k 이고 $r=2$ 인 경우 일반적인 추정 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Y_t &= \sum_{j=0}^k \beta_j X_{t-j} + \varepsilon_t = \sum_{j=0}^k (\varphi_0 + \varphi_1 j + \varphi_2 j^2) X_{t-j} + \varepsilon_t \\ &= \varphi_0 \sum_{j=0}^k X_{t-j} + \varphi_1 \sum_{j=0}^k j X_{t-j} + \varphi_2 \sum_{j=0}^k j^2 X_{t-j} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

이 때 $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ 가 우리가 실제로 추정하는 값들이다. 시차의 수는 6으로 설정하였다.¹⁰⁾

있다. 그러나 Lee and Stone(1994)의 경우 시차분포모형을 이용하지는 않고 있다. Warken and Ronning(1990)도 독일경제를 대상으로 유사한 산업자료를 이용하여 여러가지 유형의 혁신을 촉진하는 경제적 요인과 기술혁신의 고용 효과에 대해 분석하고 있다.

- 9) $r=3$ 인 모형을 추정하여 비교해 본 결과 $r=2$ 에서 회귀계수가 더 유의한 것으로 나타났다. 또한 자료에 포함된 관측치가 많지 않기 때문에 불필요하게 시차분포의 차수를 크게 잡을 이유가 없다.
- 10) 혁신투자가 몇년 동안의 시차를 갖고 생산성에 영향을 미치는지를 사전적으로 확정할 수 없었기 때문에 이 논문에서는 현재 시기의 혁신투자만을 포함한 모형에서 과거 7개년까지의 혁신투자를 포함한 모형까지 8개의 추정식에 대해 시차분포모형을 이용하여 추정한 후 가장 적절한 모형을 선택하였다. 이들 모형의 자세한 추정 결과는 황덕순(1996)의 <부표 3-1>~<부표 3-3>에 소개되어 있다. 투자후 7년까지의 시차효과에 대해서만 분석한 이유는 자료의 시계열이 15년으로 제한되어 있기 때문이다. 우리와 유사한 자료를 사용한 Lee and Stone(1994)의 경우에는 혁신투자를 5개년도까지 이산적 시차변수로 포함시킨 모형을 추정한 후 AIC(Akaike Information Criterion)를 이용하여 그 가운데 가장 적합한 모형을 선정하였다. Jones and Kato(1995)는 일본기업에서 종업원지주제가 생산성에 미치는 효과를 분석하면서 주식배분이 생산성에 미치는 효과를 과거 4기까지의 시차변수를 각각 포함시킨 네개의 모형을 추정하였다.

IV. 기술혁신이 노동생산성에 미치는 효과에 관한 실증분석

1) 추정모형의 설정

4절의 생산성 효과 추정모형은 (1)식과 같은 Cobb-Douglas 생산함수를 이용하여 유도된다. 노동생산성과 자본생산성을 추정하는 모형은 형식적으로는 다르지만 혁신투자가 총요소생산성을 통해 노동생산성과 자본생산성에 미치는 효과를 추정하는 것이기 때문에 혁신투자의 효과를 분석한다는 차원에서 본다면 실질적으로는 동일하다. 따라서 이 논문에서는 단일요소 생산성 가운데 보편적으로 사용되는 노동생산성에 대해 추정하는 것으로 한다. 추정모형의 유도과정은 다음과 같다.

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

Y는 부가가치, L은 취업자수, K는 유형고정자산이다. 노동생산성 함수에서 노동투입이 독립적으로 나타나는 이유는 1차동차라는 엄격한 가정을 완화해서 $\alpha+\beta=1$ 이 아닐 수도 있다고 보기 때문이다. 변수들 사이의 관계를 선형관계로 바꾸어 주기 위해 양변에 자연로그를 취하게 되면 (2)식과 같이 변환된다.

$$(2) \quad \ln(Y/L) = \ln A + \beta \ln(K/L) + (\alpha+\beta-1)\ln L$$

분석자료가 산업과 연도별 자료가 통합된 것이기 때문에 1인당 노동생산성이나 1인당 자본스톡, 취업자수와 같은 변수들은 해마다 추세적으로 증가하는 시계열이라는 특징을 갖는다. 이를 해결하기 위해 자연로그를 취한 각 변수들을 1계차분함으로써 변수들의 추세와 산업별 고정효과를 통제할 수 있다. (2)식을 1계차분하면 (3)식과 같이 된다.

$$(3) \ln(Y/L) - \ln(Y/L)_{-1} = \ln A - \ln A_{-1} + \beta \ln(K/L) - \beta \ln(K/L)_{-1} \\ + (\alpha + \beta - 1) \ln L - (\alpha + \beta - 1) \ln L_{-1}$$

$$\Delta \ln(Y/L) = \Delta \ln A + \beta \Delta \ln(K/L) + (\alpha + \beta - 1) \Delta \ln L$$

(3)식에서 -1이라는 하첨자는 전기변수를 의미한다. 위와 같이 자연로그를 취해서 1계차분한 결과는 증가율들 사이의 관계와 동일하다. 또한 총요소생산성이나 노동생산성 증가율은 대부분 연간 단위의 변화율로 계산된다. 따라서 (3)식을 (4)식과 같은 증가율들 사이의 관계로 변환한다.

$$(4) PVD = AR + \beta KLD + (\alpha + \beta - 1) EMD$$

PVD는 1인당 부가가치 증가율, AR은 외생적인 기술변화율, 즉 총요소생산성이며 KLD는 자본집약도 증가율이고 EMD는 취업자수 증가율이다. (4)식에서 좌변의 노동생산성 증가율은 자본집약도의 증가율과 노동투입의 증가율, 요소소득분배율과 투입요소의 변화로 설명되지 않는 외생적인 기술변화로 나타난다. (2)식에서 (4)식으로의 변환은 추세를 제거해 주기 위한 것이기 때문에 (4)식의 계수는 (2)식의 계수의 마찬가지로 탄력성을 의미한다.

그런데 (4)식에서 AR로 표현된 총요소생산성이 순수하게 지식의 진보와 같은 외생적인 기술변화율만으로 구성되는 것은 아니다. Kendrick(1991)에 의하면 총요소생산성은 여러가지 가정하에 측정되기 때문에 여기에는 외생적인 기술변화 뿐만 아니라 투입요소의 질의 차이를 비롯한 여러 가지 요인들이 반영된다. 이 논문에서 분석하고자 하는 합리화투자 및 신제품투자자는 새로운 기술과 지식을 체화하고 있을 뿐만 아니라 자본투입의 질을 변화시킴으로써 총요소생산성을 증가시킬 것으로 기대된다. 따라서 1인당 합리화투자액과 신제품투자액을 시차분포모델을 이용하여 포함시키게 되면 (4)식의 AR의 일부는 이들에 의해서 설명될 것이다. AR에는 시기별 차이가 반영되어 있기 때문에 연도더미변수를 모형에 포함하여 추정한다.

이 때 1인당 합리화투자액과 신제품투자액은 생산이나, 노동투입, 자본투

입 등의 변수와는 달리 차분하지 않고 그대로 사용한다. 이는 이 변수들이 다른 변수들과 달리 추세를 갖고 증가하는 것이 아니라 매시기마다 불규칙하게 변화하기 때문이다.11)

따라서 AR은 다음의 (5)식과 같이 분해된다.

$$(5) \text{ AR} = \alpha + \sum_{j=0}^6 \gamma_j \text{ DRM}_{i,t-j} + \sum_{j=0}^6 \delta_j \text{ DPM}_{i,t-j} + \theta_t \text{ YEAR(dummy)}$$

$\sum_{j=0}^6 \gamma_j \text{ DRM}_{i,t-j}$ 와 $\sum_{j=0}^6 \delta_j \text{ DPM}_{i,t-j}$ 는 각각 다음과 같다.

$$\sum_{j=0}^6 \gamma_j \text{ DRM}_{i,t-j} = \sum_{j=0}^6 (\varphi_0 + \varphi_1 j + \varphi_2 j^2) \text{ DRM}_{i,t-j}$$

$$= \varphi_0 \sum_{j=0}^6 \text{ DRM}_{i,t-j} + \varphi_1 \sum_{j=0}^6 j \text{ DRM}_{i,t-j} + \varphi_2 \sum_{j=0}^6 j^2 \text{ DRM}_{i,t-j}$$

$$\sum_{j=0}^6 \delta_j \text{ DPM}_{i,t-j} = \sum_{j=0}^6 (\psi_0 + \psi_1 j + \psi_2 j^2) \text{ DPM}_{i,t-j}$$

$$= \psi_0 \sum_{j=0}^6 \text{ DPM}_{i,t-j} + \psi_1 \sum_{j=0}^6 j \text{ DPM}_{i,t-j} + \psi_2 \sum_{j=0}^6 j^2 \text{ DPM}_{i,t-j}$$

$\text{DRM}_{i,t-j}$ 와 $\text{DPM}_{i,t-j}$ 는 각각 j 기 시차의 산업별 1인당 합리화투자액과 1인당 신제품투자액이다. 변수열의 하첨자 가운데 i 는 산업을 의미하고 t 는 연도를 의미한다.

(4)식에 혁신투자 관련지표를 시차분포모델로 포함시키고 연도더미를 추

11) 1인당 합리화투자액과 신제품투자액은 추정모형에 백만원 단위로 포함되어 추정되었다. 따라서 이들의 추정계수는 다른 변수들이 동일한 가운데 1인당 합리화투자나 신제품투자가 1백만원 증가할 때 생산성 증가율이 몇 %포인트 변화하는가를 보여주게 된다.

가한 최종적인 추정방정식은 (6)식과 같다.

6

6

$$(6) \text{ PVD}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{KLD}_{it} + \beta_2 \text{EMD}_{it} + \sum_{j=0} \gamma_j \text{DRM}_{i,t-j} + \sum \delta_j \text{DPM}_{i,t-j} \varphi_0 \\ + \theta_t \text{YEAR}(\text{dummy}) + \varepsilon_{it}$$

PVD_{it}: 1인당 노동생산성의 증가율

KLD_{it}: 자본집약도의 증가율

EMD_{it}: 취업자수 증가율

(6)식에서 $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ 와 ψ_1, ψ_2, ψ_3 가 우리가 실제로 추정할 값들이며 이들로부터 γ_j 와 $\sum \gamma_j, \delta_j$ 와 $\sum \delta_j$ 를 구하게 된다. 이때 1인당 혁신투자액의 단위는 백만원으로 회귀계수는 생산성에 대한 혁신투자의 탄력성이 아니라 다른 변수들이 불변일 때 1인당 혁신투자액이 1백만원 증가하면 노동생산성이 몇 %포인트 변화하는가를 보여준다. 이는 혁신투자가 없었을 때에 비해 혁신투자가 노동생산성을 몇 % 증가시키려는가를 의미한다고 볼 수 있다. 다만 주의해야 하는 것은 혁신투자가 실행된 후의 새로운 노동생산성 변화율은 혁신투자가 없었을 때의 노동생산성 변화율에 γ_j 나 δ_j 를 더한 값이기 때문에 γ_j 나 δ_j 의 부호와 동일한 부호를 갖지는 않는다는 점이다. 자본집약도 변화의 효과까지 감안할 때 γ_j 나 δ_j 가 음의 부호를 갖더라도 노동생산성의 변화율은 양의 값을 가지게 될 것이다.

2) 실증분석 결과

합리화투자와 신제품투자가 노동생산성을 향상시킬 것이라는 가설로부터 두개의 추정모형 모두 $\sum \gamma_j > 0, \sum \delta_j > 0$ 일 것으로 기대된다. 혁신투자 효과의 시차별 구조에서 γ_j 와 δ_j 는 일정시기까지는 증가하다가 다시 감소할 것으로 기대된다.

(6)식의 추정결과는 <표 2>와 같다. 여기에서는 $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ 와 ψ_1, ψ_2, ψ_3 로부터 구한 γ_j 와 $\sum \gamma_j, \delta_j$ 와 $\sum \delta_j$ 를 중심으로 살펴본다.

<표 2> 혁신투자의 생산성 효과에 관한 추정결과

	PVD (1)	PVD (2)	PVD (3)
KLD	0.159*** (3.232)	0.140*** (2.847)	0.139*** (2.979)
EMD	0.007 (0.129)	0.003 (0.057)	0.009 (0.166)
φ_0	-1.200 (-1.366)	-1.249# (-1.626)	
φ_1	0.988 (1.270)	1.417* (1.907)	
φ_2	-0.134 (-1.048)	-0.229* (-1.851)	
ψ_0	-1.037** (-2.393)		-1.169*** (-2.855)
ψ_1	1.495** (2.436)		1.508*** (2.692)
ψ_2	-0.252** (-2.295)		-0.245** (-2.487)
F값	10.299	11.845	12.644
Adj-Rsq	0.5434	0.5301	0.5477
N	122	126	126

주: 괄호는 t값. *는 p=0.1, **는 p=0.05, ***는 p=0.01수준에서 유의.
#는 p=0.11수준에서 유의.

추정결과에서 우선 주목되는 것은 제품혁신은 가설과 마찬가지로 노동생산성을 향상시키는 반면 공정혁신은 노동생산성 증가율에 대해 유의미한 효과를 갖지 않는 것으로 나타난다는 점이다(<표 2>에서 (1)식의 추정결과). 공정혁신이 제품혁신에 비해 효과가 적을 것으로 기대되기는 했지만 효과가 유의미하게 나타나지 않는 것은 예상외의 결과이다.

공정혁신의 효과에 대해서는 뒤에서 다시 살펴보기로 하고 우선 제품혁신이 생산성을 향상시키는 효과에 대해서 시차별 회귀계수값의 추이와 그 합을 통해 자세히 살펴보자(<표 3>). <표 3>을 그래프로 나타낸 것이 <그림 1>이다.

<표 3>에 의하면 제품혁신투자가 1인당 노동생산성 증가율에 미치는 효

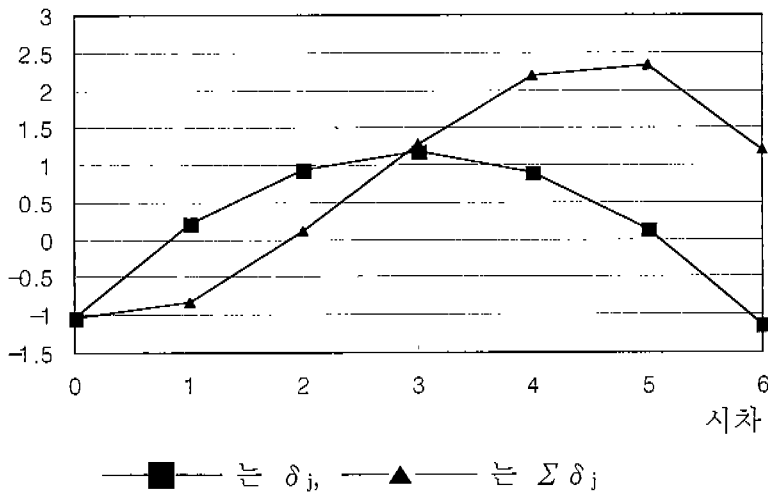
과는 투자가 이루어진 시기에는 음의 값을 갖지만 투자가 이루어진 후 1년이 흐른 뒤에는 양의 값으로 바뀌고, 3년이 경과한 후 1.18%포인트 증대 시킴으로써 최고에 이르는 구조를 갖는 것으로 나타난다. 제품혁신투자가 1인당 노동생산성 증가율을 향상시키는 효과는 투자후 5년까지 나타나고 6년이 경과한 다음에는 다시 감소시키는 방향으로 바뀐다.¹²⁾ 투자가 이루어진 시기부터 6년이 경과한 후까지 7년 동안의 노동생산성 증가율에 기여한 효과의 합은 1.21%포인트이다. 투자가 이루어진 시기에 생산성 증가율을 감소시키는 효과를 나타내는 것은 투자 성과가 본격적으로 나타나기 시작할 때까지 일정한 시차가 소요된다는 점을 보여주는 것이다.

<표 3> 제품혁신이 1인당 노동생산성 증가율에 미치는 효과
(단위: %포인트)

	0기	1기	2기	3기	4기	5기	6기
δ_j	-1.04	0.21	0.94	1.18	0.91	0.14	-1.14
$\sum \delta_j$	-1.04	-0.83	0.11	1.29	2.20	2.34	1.21

<그림 1> 제품혁신이 1인당 노동생산성 증가율에 미치는 효과

1인당 노동생산성 증가율
(% 포인트)



12) 이 때 δ_6 에는 6기 이후의 모든 효과가 반영된 것으로 볼 수 있다.

공정혁신이 생산성에 미치는 효과를 다시 확인하기 위해서 (6)의 추정 모형에서 제품혁신투자를 제외하고 공정혁신투자만을 포함시킨 모형을 추정해 보았다. 추정모형은 식 (7)과 같다.

$$(7) \text{PVD}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{KLD}_{it} + \beta_2 \text{EMD}_{it} + \sum_{j=0}^6 \gamma_j \text{DRM}_{i,t-j} \\ + \theta_t \text{YEAR}(\text{dummy}) + \varepsilon_{it}$$

(7)식의 추정결과는 <표 2>에 정리되어 있다(<표 2>에서 (2)식의 추정 결과). 유의도는 만족스럽지 않지만 공정혁신투자가 생산성을 미미하게나마 증가시키는 것으로 나타났다. γ_j 를 얻기 위해 실제로 추정되는 $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ 가운데 φ_1 과 φ_2 는 $p=0.1$ 수준에서 유의하게 나타나고 φ_0 는 $p=0.11$ 수준에서 유의한 것으로 나타났다. (5)식을 추정하여 얻은 γ_j 와 $\sum \gamma_j$ 의 값은 <표 4>와 같다. <그림 2>는 <표 4>를 그래프로 그린 것이다. <표 4>에 따르면 공정혁신투자가 1인당 노동생산성 증가율에 미치는 효과의 시차별 구조는 제품혁신투자의 효과와 비슷하다. 초기에는 노동생산성 증가율을 떨어뜨리는 효과를 갖다가 3년이 지난 후에 효과가 정점에 이르고 6년이 경과한 후 감소시키는 효과를 갖는 것이다. 차이는 γ_j 의 크기가 전체적으로 낮고 투자후 2년이 지난 후에야 γ_j 가 양의 값($\gamma_2 > 0$)을 갖는다는 점이다. 노동생산성 증가율을 향상시키는 효과가 정점에 이른 γ_3 의 값이 0.95이고 $\sum \gamma_j$ 의 값은 0.23에 불과하다.

공정혁신이 생산성을 향상시키는 효과가 미미하게 나타나는 이유로는 여러가지를 생각해 볼 수 있다. 첫 번째는 제품혁신과 공정혁신이 어느 정도 상관관계가 있다는 점이다.¹³⁾ 제품혁신과 공정혁신의 추이가 일치하는 것은 아니지만 상당수 산업에서 유사하게 나타난다는 점을 알 수 있다. 제품혁신을 제외하고 공정혁신만을 포함시킨 추정식에서 공정혁신의 효과가 어느 정도 유의미하게 나타났다는 점은 이를 반영한 것으로 해석된다. 그러나 이 요인만으로 공정혁신의 효과가 크지 않다는 것을

13) 산업별 제품혁신과 공정혁신의 추이에 대한 자세한 자료는 황덕순(1996)의 <부록 2>에 소개되어 있다.

모두 설명할 수는 없다. 공정혁신만을 포함시킨 추정모델에서도 공정혁신의 효과가 그렇게 크게 나타나지 않기 때문이다.

두번째는 자료의 문제이다. 투자는 사업체 단위로 이루어지는데 분석 단위가 산업이기 때문에 합리화투자를 실행한 사업체에서는 생산성이 증가했지만 다른 사업체의 성과가 낮았기 때문에 산업차원에서 생산성 효과가 분명히 드러나지 않을 가능성이 있다. 세번째로 공정혁신이 생산성을 향상시키는 효과가 실제로 없을 수도 있다. 그러나 두 번째, 세 번째 가능성에 대해서는 현재의 자료를 이용해서는 분명한 해석을 내리기 어렵다.

<표 4> 공정혁신이 1인당 노동생산성 증가율에 미치는 효과

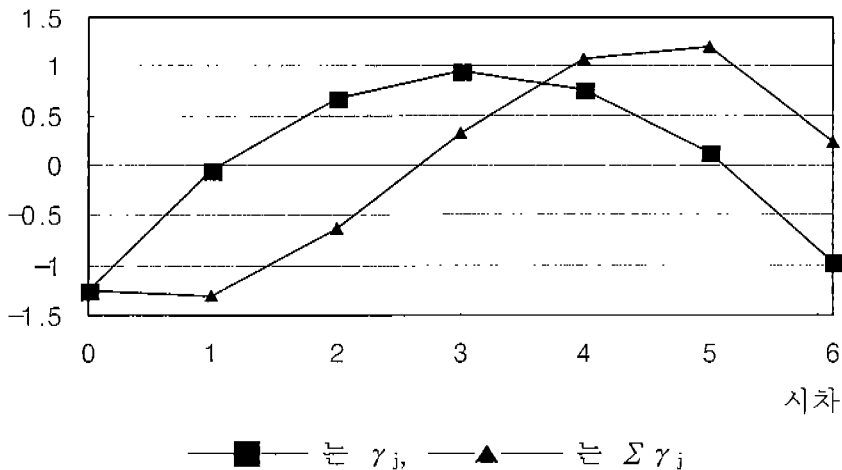
(단위 : %포인트)

	0기	1기	2기	3기	4기	5기	6기
γ_j	-1.25	-0.06	0.67	0.95	0.76	0.12	-0.97
$\sum \gamma_j$	-1.25	-1.31	-0.64	0.31	1.07	1.20	0.23

<그림 2> 공정혁신이 1인당 노동생산성 증가율에 미치는 효과

1인당 노동생산성 증가율

(%포인트)



V. 맺음말

이 논문에서는 생산함수로부터 혁신투자가 노동생산성에 미치는 효과를 추정하는 모형을 유도하여 한국의 제조업에서 제품혁신과 공정혁신이 노동생산성에 어떤 효과를 미치는가를 살펴보았다.

분석결과 제품혁신의 경우 생산성을 증가시키는 효과는 뚜렷이 나타났다. 반면 공정혁신이 생산성에 미치는 효과는 분명하게 확인되지는 않았으며 생산성에 긍정적인 효과를 미치더라도 그 효과는 크지 않다는 점을 확인할 수 있었다. 제품혁신이 생산성을 증가시키는 효과가 있고, 그 효과의 크기가 공정혁신보다 크다는 점은 가설과 부합하는 것이다.

공정혁신이 생산성에 미치는 효과가 분명하지 않은 것은 예상외의 결과이다. 공정혁신의 효과가 미미한 이유에 대해서는 여러 가지 해석이 가능하지만 공정혁신과 제품혁신이 어느 정도 상관관계가 있다는 점을 제외하고는 타당성을 확인하기 어렵다. 자료상의 한계 때문일 수도 있고 실제로 효과가 없을 가능성도 있지만 이에 대해서는 더 진전된 연구가 이루어질 필요가 있다.

이 논문에서는 구체적으로 어떤 경로를 통해 혁신투자의 생산성 효과가 나타나는가를 분석하지는 않았다. 다만 혁신투자가 자본투입의 질을 개선할 뿐만 아니라 새로운 기술과 지식을 체화하고 있기 때문에 생산성을 증가시킬 것이라는 가설을 세우고 이를 검증해 보았을 뿐이다. 제품혁신이 생산성을 증가시키는 구체적인 경로와 공정혁신이 생산성을 증가시키는 효과의 유무 및 경로를 구명하기 위해서는 앞으로 미시적인 자료를 이용한 연구가 더 진전되어야 할 것이다.

기술혁신이 생산성을 향상시키고 경영성과의 개선으로 이어지기 위해서는 새로운 기술을 효율적으로 활용할 수 있는 인력과 결합되어야만 한다. 기술과 숙련은 보완관계에 있기 때문이다(Lazonick, 1990, 1993). 지금까지 한국에서 어떠한 방식으로 기술혁신과 인력의 결합이 이루어져 왔는가에 대한 연구도 중요한 연구과제이다.

<자료 및 참고문헌>

1. 자료

건설부, 『建設統計便覽』, 1994년도.

경제기획원 조사통계국(혹은 통계청), 『鑛工業統計調查報告書』, 각년도.

한국산업은행, 『설비투자계획조사』, 각년도.

한국은행, 『경제통계연보』, 각년도

_____, 『국민계정』, 1994년도.

2. 참고문헌

김광석·홍성덕(1992), 『製造業의 總要素生産性動向과 그 決定要因』, 한국개발연구원.

김적교·조병탁(1989), 『研究開發과 市場構造 및 生産性』, 한국개발연구원.

문희화·조병탁·황인호·김영범(1991), 『韓國의 總要素生産性 - 製造業 27個 業種을 中心으로』, 한국생산성본부.

이기채(1991), 『韓國企業에서 研究開發(R&D) 投資가 生産性 向上에 미치는 影響』, 서울대학교 대학원 경영학과 박사학위논문.

이종훈(1994), 「賃金柔軟性 提高를 위한 賃金體系 改善方案」, 『韓國開發研究』 제16권 제1호, 한국개발연구원, pp. 149-174.

장진규·김기국(1993), 「研究開發投資의 直間接 生産性 增大效果 分析 - 動態模型에 의한 實證的 研究」, 『科學技術政策』, Vol. 5, No.1, 과학기술정책관리연구소, pp. 117-129.

홍순기·홍사균(1994), 「산업간 기술흐름구조와 연구개발투자의 파급효과 분석」, 『科學技術政策』, Vol. 6, No. 1, 과학기술정책관리연구소, pp. 3-22.

황덕순(1996), 『技術革新이 生産性, 雇傭, 熟練에 미치는 效果에 관한 研究』, 서울대학교 대학원 경제학과 박사학위논문

Evenson, R.E.(1991), "Patent Data by Industry Evidence for Invention Potential Exhaustion?" in OECD, *Technology and Productivity - The Challenge for Economic Policy*, OECD, pp. 233-247.

Freeman, C. and Perez, C.(1988), "Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour", in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and Soete, R. eds., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, pp. 38-66.

Freeman, C. and Soete, L.(1994), "Afterword and Policy Conclusions" in Ducatel, K. ed., *Employment and Technical Change in Europe: Work Organization, Skills and Training*, Edward Elgar, pp. 217-228.

Goto, A. and Suzuki, K.(1989), "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXXI, No. 4, pp. 555-564.

Griliches, Z.(1991), "Productivity and Technological Change: Some Measurement Issues" in OECD, *Technology and Productivity - The Challenge for Economic Policy*, OECD, pp. 229-231.

_____ (1994), "Productivity, R&D and the Data Constraint", *American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 1-23.

Hsiao, C.(1986), *Analysis of Panel Data*, Cambridge University Press.

Jones, D.C. and Kato, T.(1995), "The Productivity Effects of Employee Stock-Ownership Plans and Bonuses: Evidence from Japanese Panel Data", *American Economic Review*, Vol. 85, No. 3, pp. 391-414.

Kendrick, J.W(1991), "Total Factor Productivity - What It Does and

- Does Not Measure" in OECD, *Technology and Productivity - The Challenge for Economic Policy*, OECD, pp. 149-156.
- Lazonick, W.(1990), *Competitive Advantage on the Shop Floor*, Harvard University Press.
- Lazonick, W.(1993), "Learning and the Dynamics of International Competitive Advantage" in Tompson, R. ed., *Learning and Technological Change*, St. Martin's Press, pp. 172-197.
- Lee, H. and Stone, J.H.(1994), "Product and Process Innovation in the Product Life Cycle: Estimates for Manufacturing Industries", *Southern Economic Journal*, Vol. 60, No. 3, pp. 754-763.
- Nadiri, M.I. and Mamuneas, T.P(1994), "The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries", *Review of Economics and Statistics*, Vol. LXXVI, No. 1, pp. 22-37.
- Odagiri, H.(1985), "Research Activity, Output Growth and Productivity Increase in Japanese Manufacturing Industries", *Research Policy*, Vol. 14, pp. 117-130.
- OECD(1991), *Technology and Productivity - The Challenge for Economic Policy*, OECD
- OECD(1992), *Technology and the Economy*, OECD, 이근 외 譯(1995), 『과학과 기술의 경제학』, 경문사.
- Rosenberg, N.(1994), *Exploring the Black Box: Technology, Economics, and History*, Cambridge University Press.
- Utterback, J.M.(1987), "Innovation and Industrial Evolution in Manufacturing Industries" in Guile, B.R. and Brooks, H. eds., *Technology and Global Industry*, National Academy Press, pp. 16-48.
- Utterback, J.M. and Suarez, F.F.(1993), "Innovation, Competition, and Industry Structure", *RP*, Vol. 22, No. 1, pp. 1-21.

Vivarelli, M.(1995), *The Economics of Technology and Employment - Theory and Empirical Evidence*, Edward Elgar.

Warren, J. and Ronning, G.(1990), "Technical Change and the Structure of the Labour Force" in Matzner, E. and Wagner, M. eds., *The Employment Impact of New Technology - The Case of West Germany*, Avebury, pp. 173-193.