

연구개발투자의 산업간 파급효과: 한국제조업에 대한 실증연구

이회경* · 김정우**

1. 서 론

거시경제학에서 성장이라는 주제는 기술진보라는 개념과 함께 항상 논의되어 왔다. 그러나 기술이라는 추상적인 개념은 일반적으로 경제학에서 다루고 있는 다른 요소들과는 달리 실제 측정하여 계량분석을 하기에는 어려움이 따른다. 이러한 문제점으로 인하여 기술에 대한 대응 개념으로 많이 사용되고 있는 연구개발투자와 관련된 경제 문제, 기술의 변화 그리고 생산성 증가에 대한 연구의 주된 과제는 그 개념들이 내포하고 있는 공공재적 혹은 비경쟁적인 성격을 얼마나 잘 반영하는가이다. 이에 따라 지식과 정보의 비경쟁적 특징이 주된 관심대상이 되었으며, 이를 반영하기 위해서 파급효과(spillover effect)라는 개념을 사용하게 되었다. 즉, 한 산업의 연구개발투자는 공공재적인 특징으로 인하여 자기 산업에만 효과를 미치는 것이 아니라 다른 산업에도 영향을 미치게 되는 것이다.

기술진보와 관련된 실증적인 연구는 연구개발투자가 새로운 기술의 발명을 촉진시키는 역할을 하고, 그 발명은 상업적인 적용을 통하여 혁신이 이루어지며, 또한 기술은 다른 개체의 모방을 통해서 파급되고, 그 효과는 경제성장으로 이어지게 된다는 논리를 근거로 하고 있다. 이에 따라 기술은 성장이라는 경제문제를 한 단계 발전시

※ 본 논문의 미비한 점을 지적하고 유익한 조언과 논평을 해주신 익명의 논평자들에게 깊은 감사를 드린다.

* 한국과학기술원 테크노경영대학원 교수

** 한국과학기술원 테크노경영대학원

켜 설명할 수 있는 중요한 변수가 되었다.

이 분야의 연구에서 가장 중요하게 다루어야 하는 것 중의 하나는 파급효과를 얼마나 정확하게 추출하여 측정하는가 하는 것이다. Griliches(1979, 1992)는 파급효과에 대한 개념을 소개하고 측정방법을 제시하였으며, 이를 기반으로 하여 Bernstein and Nadiri(1988, 1989), Scherer(1982), Goto and Suzuki(1989) 등은 비용함수 혹은 생산함수를 이용하여 그 효과를 측정하고자 하였다. 특히 Jaffe(1986)은 기술거리 측정을 시도하였으며, Goto and Suzuki(1989)는 일본 전자관련산업에 대하여 파급효과를 체화된(embodied)와 비체화된(disembodied) 파급효과로 나누어 측정하였다. 우리나라의 자료를 대상으로 한 연구로는 홍순기 등(1991)과 장진규·김기국(1994)을 들 수 있다. 본 연구는 우리나라의 기존 연구들과는 사용자료의 기간, 파급효과의 측정 방법(체화된 그리고 비체화된 파급효과의 구분) 및 사용 등에 있어서 기존 연구와 차이를 보이고 있다.

본 연구는 1982~90년 사이의 우리나라 제조업에 대한 시계열 및 횡단면 자료를 이용하여 국내 제조산업들의 연구개발활동이 생산성향상에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있으며, 이러한 분석은 국가의 정책에 대한 실증적인 근거를 제시할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 자체 연구개발에 대한 효과와 더불어 두 가지의 파급효과를 분석하고자 한다. 첫째로 산업간의 중간재 거래로 인하여 발생하는 체화된 파급효과를 분석하고, 둘째로 산업간 기술공간의 유사성 혹은 지식의 기술적 적합성의 정도에 따라 발생하는 비체화된 파급효과를 Jaffe(1986)의 방법에 근거하여 추정하였다. 즉, 연구개발투자에 대한 파급효과 흐름을 파악하기 위하여, 연구개발투자의 산업부문간 체화된 기술흐름행렬표와 비체화된 기술흐름행렬표 작성을 위한 가중치를 구하고, 연구개발투자에 대한 직·간접효과를 추정하였다.¹⁾

2. 분석 모형

본 연구에서는 연구개발지출 자료를 활용하여 기술지식 스톡을 계산하였으며, 생산

1) 파급효과의 체화모형에는 중간재 체화와 자본재 체화가 있는데 자본재 체화효과를 측정하기 위해서는 고정자본 형성흐름표가 필요하나 우리나라에 대한 자료를 구하는데 어려움이 있으므로 본 연구에서는 중간재 체화만을 다루었다.

함수를 이용하여 연구개발투자의 효과를 직접 추정하였다. 또한 체화된 파급효과를 측정하기 위한 투입산출표를 이용하는 중간투입물 접근방법과 비체화된 파급효과 측정을 위한 기술공간상의 접근방법을 병행함으로써 파급효과에 대한 효과분석을 시도하였으며, 사용 자료는 산업차원의 거시자료를 이용하였다. 생산함수는 일반적으로 많이 사용되는 다음의 콥다클러스 생산함수를 이용하였다.

$$Q = Ae^{\lambda t} L^\alpha K^\beta R_1^{\gamma_1} \quad (1)$$

위 식에서 R_1 은 각 산업의 자체 기술지식 스톡, L 은 노동투입량, 그리고 K 는 자본스톡, t 는 시간을 나타낸다. 식(1)에 \log 를 취하고, 각 항을 시간 t 에 대해서 미분한 후, 정리하면 식(2)를 얻을 수 있다.

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \lambda + \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + \gamma_1 \frac{\dot{R}_1}{R_1} \quad (2)$$

여기에서 $\dot{\cdot}$ 는 각 변수의 시간에 대한 변화율을 의미한다.

식(2)의 우변항의 계수는 각 독립변수의 산출탄력성을 나타내고 있으므로, 본 연구에서 추정하고자 하는 연구개발투자의 한계생산성에 대한 계수 형태로의 변환이 필요하다. 연구개발투자의 산출탄력성과 한계생산성의 관계식을 이용하면 식(3)과 같이 표현할 수 있다²⁾.

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \lambda + \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + \rho_1 \frac{\dot{R}_1}{Q} \quad (3)$$

자본과 노동에 대한 보상은 각각의 한계생산물 가치만큼 받는다고 가정하면 총요소생산성의 개념을 도입할 수 있다. 이 개념을 이용하여 추정식을 표현하면 아래의 식(4)와 같다³⁾.

$$\frac{\dot{T}}{T} = \lambda + \rho_1 \frac{\dot{R}_1}{Q} \quad (4)$$

2) 산출탄력성(γ) = $\frac{\partial Q}{\partial R} \frac{R}{Q}$, 한계생산성(ρ) = $\frac{\partial Q}{\partial R}$

3) $\frac{\dot{T}}{T} = \frac{\dot{Q}}{Q} - \alpha \frac{\dot{L}}{L} - \beta \frac{\dot{K}}{K}$ (α, β 는 각각 노동과 자본의 요소소득배분율을 나타낸다).

3. 변수의 측정 및 자료의 선택

전산업(全産業) 자료의 미비로 본 연구에서는 분석범위를 제조업으로 한정하였다. 모든 변수는 18개 제조산업에 대한 1982년부터 1990년까지의 시계열, 횡단면 자료로 구성되어 있으며, 1985년 불변가격으로 조정하였다⁴⁾.

3.1 기술지식 스톡의 측정

기술지식 스톡은 기업과 산업의 노력에 의해서 축적되어 진다. 기술의 대응개념인 기술지식 스톡은 외부환경변화와 보다 우수한 기술의 발전, 지식의 적합성의 감소 등에 의해서 평가절하 되고 낙후되며, 기업과 산업에 있어서 새로운 생산물과 생산공정을 발전시킬 수 있는 미래의 잠재성을 나타내는 지표라 할 수 있다. 이러한 개념을 통하여 기술지식 스톡이 계산되며, Griliches(1980)의 연구에서 적용한 방법을 따라 기술지식 스톡을 계산할 경우, 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$R_t = RD_t + (1 - \delta) R_{t-1} \quad (5)$$

$$\text{단, } RD_t = \sum_{i=1}^n \mu_i E_{t-i} \quad (6)$$

여기에서 사용된 변수들은 각각 R_t 는 t 년도의 기술지식 스톡, RD_t 는 t 년도의 기술지식의 흐름, E_{t-i} 는 $t-i$ 기의 연구개발지출액, δ 는 기술지식 스톡의 진부화율, 그리고 μ_i 는 연구개발시차를 나타낸다. 위 식(6)은 기술지식의 흐름을 보여주나 현실적으로 연구개발 시차분포에 대하여는 적절한 정보가 주어지지 않으므로 실제의 추계에서는 평균 연구개발시차(θ)를 사용하여 $E_{t-\theta}$ 를 RD_t 대신 사용하는 것이 일반적이다⁵⁾.

4) 1991년 이후의 연구개발지출 자료는 산업별 분류시 1991년 이전 자료와는 다른 기준에 의하여 분류되고 있어 본 연구에서는 사용 자료의 일관성을 유지하기 위하여 위의 기간으로 국한하였다.

5) 시차자료의 경우, 장진규·안두현(1992)과 장진규 등(1994)의 연구에서 실제 추계한 연구시차가 거의 같게 나타나고 있으므로 본 연구에서는 이 추계치를 이용하였다. 한편 장진규 등(1994)의 경우 실증분석시에는 시차가

$$RD_t = E_{t-\theta} \quad (7)$$

이에 따라 식(5)를 변환시키면 다음을 얻을 수 있다.

$$R_t = E_{t-\theta} + (1-\delta)R_{t-1} \quad (8)$$

기술지식 스톡 측정을 위한 자료는 크게 다음의 다섯 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 각 산업의 연구개발지출로 우리나라에서 사용가능한 발표자료는 과학기술처의 ‘과학기술활동조사보고’, ‘과학기술연감’과 산업기술진흥협회의 ‘산업기술실태조사’가 있으며, 본 연구에서는 과학기술처 ‘과학기술활동조사보고’와 ‘과학기술연감’ 각 연도의 자료를 이용하고, ‘산업기술실태조사’를 참고하였다.

둘째, 각 산업별 진부화율로, 이를 진부화율을 측정하는 방법에는 특허의 자료를 이용하여 새로운 기술의 창출에서부터 폐기에 이르기까지 노하우(know-how)의 수명에 관한 통계를 분석하여 구하는 방법과 기술수명에 관한 자료로부터 역산하는 방법의 방법이 있으나 자료의 미비로 실제 추계는 못하였으며, 그에 대한 대체 자료로서 일본의 산업별 진부화율을 이용하였다⁶⁾.

셋째, 각 산업별 시차자료는 국가마다 기술관련효과가 상이할 뿐 아니라, 주력하는 내용에 따라서 시차가 매우 다양하며, 기술도입의 경우에도 실용화에 이르기까지 국내기술과 마찬가지로 상당한 기간이 소요되고 있다. 평균시차에 관한 자료는 장진규 등(1994)에서 실제 추계된 자료를 사용하였다⁷⁾.

넷째, 각 산업별 연구개발지출 디플레이터의 사용에 있어서 본 연구에서는 기존에 존재하고 있는 디플레이터 중 하나를 선택하여 사용하는 것을 피하고 가중치의 적용 방법에 따른 분류 중에서 개별 디플레이터 이용방법으로 그 값을 구하였다. 기존의 연구개발지출 자료와 경제관련 자료로써 산출할 수 있는 OECD에서 제시한 방법을 따랐으며 홍순기 등(1991)을 참조하였다. 본 연구에서는 OECD의 방법을 이용하기 위하여 각 연구개발지출을 인건비와 자본재 관련비용으로 나누고, 인건비 관련비용을

없는 것으로 가정하고 있다.

6) 장진규·안두현(1992)과 홍순기 등(1991)의 연구에서도 진부화율을 직접 추계하지 못하고 일본의 산업별 진부화율 자료를 사용하고 있다.

7) 장진규 등(1994), p.40 : 산업기술진흥협회의 1985년부터 1987년까지의 3년 동안 각 산업기술개발단계별 소요기간 자료를 이용하여 아이디어가 제안되어지고 상업화되기까지의 평균시간을 계산하여 구한 자료를 사용하였다.

인건비와 기타 인건비로 세분하고, 자본재관련 비용을 기계, 토지건물, 기타로 나누고 후 각각에 적합한 디플레이터를 선정하였다. 각 경상비와 디플레이터의 관계에서 불변 비목별 연구개발지출을 계산하고, 그것을 합산하여 불변 연구개발지출을 구하였다. 그 후 경상연구개발지출을 불변연구개발지출로 나누어 연구개발 디플레이터를 계산하였다.

다섯째, 시계열자료를 이용하기 위해 각 산업별 초기 기술지식 스톡을 구하여야 한다. 기술지식 스톡을 측정하는 식(8)에서 각 기술지식 스톡의 증가율이 매년 일정하고, 연구개발지출의 증가율과 같다고 가정하면 Goto and Suzuki(1989)에서와 같이 식(9)로 표현할 수 있다.

$$R_0 = \frac{E_{1-\theta}}{g + \delta} \quad (9)$$

여기에서 R_0 는 기준년도의 스톡양, E_t 는 실질 연구개발지출액, g 는 기준년도 이후 동안 연구개발지출의 연평균 증가율, 그리고 θ 는 평균시차를 나타낸다.

3.2 체화된 파급효과를 측정하기 위한 스톡

장진규·안두현(1992)과 Bernstein and Nadiri(1988) 등의 연구에서는 다른 산업부문의 R&D를 단순합하였으나 우리 경우는 이와 달리 각 산업간의 가중치를 구하여 가중합을 사용하였다. 즉, 75개 부문으로 작성된 1990년 산업연관표 중 생산자가격평가표⁸⁾의 자료를 이용하여 각 산업간의 가중치를 구하였다. 산업연관표에 있어서 열(column)은 한 산업의 생산을 위해 중간재로 투입된 타 산업의 산출물 양을 나타내고 있으므로, 이것을 산업별로 집계하여 전체로 나누면 그 가중치를 구할 수 있다. 즉, 75×75 행렬로 표현된 표를 산업별로 표현하여 원하는 행렬을 구하였다. 본 연구에서는 제조업 18개 산업에 대한 18×18의 행렬표를 만들어서 사용하였다. 따라서 각 i 산업으로 흘러 들어오는 체화된 파급효과는 다음의 식과 같이 측정할 수 있다.

$$R_{2i} = \sum_{j \neq i} w_{ij} R_{1j} \quad (10)$$

8) 조사통계월보 (한국은행, 1993. 10).

여기에서 R_{2i} 는 i 산업으로 흘러 들어오는 체화된 파급효과의 양, w_{ij} 는 j 산업에서 i 산업으로의 흐름을 나타내는 산업간의 가중치, 그리고 R_{1j} 는 j 산업의 기술지식 스톡을 의미한다.

3.3 비체화된 파급효과의 측정을 위한 스톡

비체화된 파급효과를 측정하기 위하여 일종의 대리변수(proxy)의 개념으로 볼 수 있는 기술거리에 의한 파급효과를 보고자한다. 기술거리 측정의 목적은, PC산업의 예에서 볼 수 있듯이 유사한 분야에 종사하면서 R&D를 수행할 때 기술정보의 확산과 교류에 의한 파급효과가 크게 나타날 수 있으므로, 기술거리의 측정을 통하여 비체화된 파급효과를 적절히 파악하는데 있다.

기술거리를 측정하기 위하여 종래 사용되던 지표로는, 특허(Jaffe, 1986) 또는 연구개발지출 비율(Goto and Suzuki, 1989)을 들 수 있다. 특허의 경우, 전체 특허의 분포에서 산업 혹은 기업이 어느 위치에 있는가를 측정하고, 그 위치 중 겹치는 부분이 어느 정도인가를 계산하여 기술거리를 측정할 수 있다. 연구개발비를 사용할 경우, 각 산업이 다양한 종류의 생산물 영역에 투자한 연구개발비의 비율로 각 산업의 위치벡터와 기술거리를 측정할 수 있다.

우리나라의 경우, 자료의 미비로 위의 두 가지 지표 중 어느 것도 사용하기 어려우므로 기술위치를 나타낼 수 있는 다른 변수를 대신 사용하여 분석을 시도하였다. 즉, 90년도 산업기술개발실태 조사의 연구원 전공별자료⁹⁾를 이용하여 산업간 기술거리를 추정하고자 하였다. 연구인력¹⁰⁾의 전공에 따라 분류한 연구원 전공별자료는 크게 농림·수산업, 보건학, 이학, 공학, 산업디자인, 인문사회학으로 나누어져 있고, 다시 보건학을 3개 부문, 이학을 5개 부문, 공학을 19개 부문으로 세분화하여, 총 30개 부문의 자료¹¹⁾로 구성되어 있다. 그리고 각 전공 분야는 박사, 석사, 학사로 나누어져 있으

9) 산업기술개발실태조사(산업기술진흥협회 1991. 11.)중에서 연구원 전공별 전공분야(농림·수산업, 의·약학, 이학, 공학, 기타 등 5개 중분류, 31개 세분류) 자료를 사용하였다.

10) 연구인력은 총기술인력 중 연구개발업무에 종사하는 자료로서 연구원, 연구보조원, 기술지식중사자, 기능직중사자, 행정사무원 등으로 구분된다.

11) 일반적으로 비체화된 파급효과는 거래를 통하지 않고 일어날 수 있는 효과를 나타내는 것이므로, 체화된 파급

로 각 산업의 기술위치벡터를 총 90개의 원소로 구성할 수 있다.

물론 산업간 기술거리가 연구원 전공별 구성형태에 의하여 정확히 반영된다고 할 수 없다. 그러나 산업 내에서의 전공별 구분은 대상 산업의 범위가 좁아질수록 그 구분이 점차 모호해지는 문제점이 있을 수 있으나 산업간의 구분은 나름대로 타당성이 있다고 볼 수 있다.

i 산업의 기술위치 벡터를 산출하기 위해, 각 전공분야와 학위별로 전체 산업 중에서 i 산업이 인력을 얼마나 보유하고 있는지 그 구성비율을 계산하였다. 즉, 각 벡터는 90개의 원소를 가지고 있으며 식(11)로 표현될 수 있다.

$$F_i = [f_{i1}, \dots, f_{i30}, f_{i31}, \dots, f_{i60}, f_{i61}, \dots, f_{i90}] \quad (11)$$

위의 f_{ij} 는 i 산업이 j 기술분야의 연구인력을 보유하고 있는 비율¹²⁾을 나타낸다.

산업간의 기술거리는 위 식으로부터 얻어진 각 산업별 위치 벡터를 이용하여 구할 수 있다. Jaffe(1986)는 기술거리를 측정하기 위해 다음 식(12)를 사용하였다. 이에 따라 각 산업간 기술거리를 구하면 다음의 <표 1>과 같다.

$$d_{ij} = \frac{F_i F_j}{[(F_i F_i)(F_j F_j)]^{1/2}} \quad (12)$$

위에서 사용한 d_{ij} 는 i 산업과 j 산업 사이의 거리를 나타내는 값을 나타낸다.

이러한 과정을 통해서 구한 각 산업의 기술거리의 값과 각 산업의 기술지식 스톡을 이용하여, 비체화된 기술지식 스톡을 구하는 방법은 체화된 기술지식 스톡을 구하는 경우와 유사하며 식(13)과 같이 표현할 수 있다.

$$R_{3i} = \sum_{j, j \neq i} d_{ij} R_{1j} \quad (13)$$

위의 R_{3i} 는 i 산업으로 흘러 들어오는 비체화된 파급효과의 양, d_{ij} 는 산업의 기술위치벡터를 통해 작성된 각 산업간의 가중치, 그리고 R_{1j} 는 j 산업의 기술지식 스톡을 나타낸다.

효과와 비체화된 파급효과를 모두 포함하고 있는 연구개발비 자료보다는 기술의 정도를 보다 잘 표현하고 있다고 볼 수 있는 연구인력의 자료가 순수한 기술의 정도와 위치를 나타내는 데 보다 적합하다고 할 수 있다.

12) 편의상 j 를 j : (1~30 : 박사), (31~60 : 석사), (61~90 : 학사)와 같이 나열하였다.

<표 1> 각 산업간 기술거리

	음식료	섬유	목재 가구	종이 인쇄	산업용 화학	기타 화학	석유 정제	석유 석탄	고무 제품	플라 스틱	비금속 광물	1차 금속	조립 금속	일반 기계	전기 전자	수송 기계	정밀 기계	기타 제조업
음식료	1.000	0.026	0.282	0.282	0.320	0.397	0.253	0.030	0.069	0.044	0.023	0.012	0.015	0.069	0.019	0.009	0.039	0.247
섬유	0.026	1.000	0.057	0.056	0.234	0.111	0.166	0.011	0.190	0.211	0.062	0.033	0.031	0.119	0.111	0.038	0.050	0.057
목재가구	0.282	0.057	1.000	1.000	0.298	0.020	0.139	0.007	0.192	0.186	0.045	0.026	0.010	0.062	0.042	0.011	0.034	0.014
종이인쇄	0.282	0.056	1.000	1.000	0.294	0.020	0.157	0.007	0.185	0.176	0.044	0.026	0.010	0.062	0.041	0.011	0.034	0.013
산업용화학	0.320	0.234	0.298	0.294	1.000	0.521	0.622	0.040	0.481	0.399	0.191	0.071	0.169	0.097	0.136	0.042	0.148	0.343
기타화학	0.397	0.111	0.088	0.020	0.521	1.000	0.126	0.009	0.066	0.051	0.020	0.008	0.008	0.024	0.021	0.005	0.057	0.644
석유정제	0.253	0.166	0.159	0.157	0.622	0.126	1.000	0.116	0.466	0.422	0.143	0.098	0.053	0.131	0.124	0.054	0.090	0.159
석유석탄	0.030	0.011	0.007	0.007	0.040	0.009	0.116	1.000	0.138	0.084	0.206	0.092	0.122	0.124	0.015	0.006	0.051	0.001
고무제품	0.069	0.190	0.192	0.185	0.481	0.066	0.466	0.138	1.000	0.613	0.291	0.183	0.144	0.357	0.282	0.107	0.284	0.045
플라스틱	0.044	0.211	0.186	0.176	0.399	0.051	0.422	0.034	0.613	1.000	0.188	0.097	0.056	0.156	0.233	0.069	0.112	0.028
비금속광물	0.023	0.062	0.045	0.044	0.191	0.020	0.143	0.206	0.291	0.188	1.000	0.241	0.098	0.221	0.311	0.062	0.132	0.026
1차 금속	0.012	0.033	0.026	0.026	0.071	0.008	0.098	0.092	0.183	0.097	0.224	1.000	0.353	0.308	0.191	0.205	0.120	0.015
조립금속	0.015	0.081	0.010	0.010	0.169	0.008	0.053	0.122	0.144	0.056	0.098	0.353	1.000	0.310	0.277	0.239	0.121	0.008
일반기계	0.069	0.119	0.062	0.062	0.097	0.024	0.131	0.124	0.357	0.256	0.221	0.308	0.310	1.000	0.599	0.501	0.583	0.047
전기전자	0.019	0.111	0.042	0.041	0.136	0.021	0.124	0.015	0.282	0.233	0.311	0.191	0.227	0.599	1.000	0.231	0.553	0.018
수송기계	0.009	0.038	0.011	0.011	0.042	0.005	0.054	0.006	0.107	0.069	0.062	0.205	0.239	0.501	0.231	1.000	0.245	0.012
정밀기계	0.039	0.050	0.034	0.034	0.148	0.057	0.090	0.051	0.264	0.112	0.132	0.120	0.121	0.593	0.553	0.245	1.000	0.035
기타제조업	0.247	0.057	0.014	0.013	0.343	0.644	0.159	0.001	0.045	0.028	0.026	0.015	0.143	0.047	0.018	0.012	0.035	1.000

본 연구에서 시도하고 있는 비체화된 파급효과를 측정하기 위해서 작성된 산업간 기술거리를 이용하여 추계한 비체화된 기술지식 스톡의 산업별 추정치는 <표 2>와 같다.

<표 2> 비체화된 기술지식 스톡

단위 : 백만원

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
음식료	22968.9	32171.7	45943.8	71765.2	102781.3	140380.6	187811.6	252982.8	313671.7
섬유	26152.3	36987.6	54695.5	84161.4	120739.3	173573.6	241302.8	317372.7	408071.7
목재가구	36742.1	49611.1	72407.8	102707.7	138210.1	197232.7	255458.4	327312.4	394968.0
종이인쇄	28693.3	39829.6	58913.6	84002.5	109636.4	153921.4	197665.2	250684.8	306952.5
산업용화학	69875.1	94461.5	136154.5	192881.5	275740.5	378338.7	496055.8	657358.9	818097.4
기타화학	27475.9	38283.5	56230.8	87679.9	112659.0	162282.8	204418.6	256212.5	304562.6
석유정제	57155.7	79205.5	113932.3	169534.9	228561.3	317136.1	421363.0	538959.6	665552.9
석유석탄	12582.5	16957.2	25716.4	40216.2	55118.1	77042.7	104704.5	139482.9	181787.8
고무제품	60487.4	86570.0	129707.4	199992.7	289415.6	425005.1	592720.4	774434.2	999562.2
플라스틱	52206.2	70536.7	103437.5	160757.0	235205.8	339677.3	476849.3	621965.8	790245.7
비금속광물	44488.0	62035.9	93155.4	145203.7	229025.6	331371.2	477119.7	626610.1	810437.8
1차 금속	34480.8	48353.3	73517.2	122006.6	184841.1	277594.6	392638.8	532166.6	694190.2
조립금속	38984.4	54859.2	82740.5	139750.9	216162.8	328272.1	472093.8	636660.4	830763.1
일반기계	75627.2	105493.9	158068.4	252172.0	401191.3	611370.7	873514.4	1151626.0	1480230.9
전기전자	37370.9	51847.3	77395.6	126257.7	170211.7	242387.8	330718.3	461467.1	610773.0
수송기계	33135.3	46111.8	71511.7	116791.0	181708.1	272386.2	394296.8	534392.7	712822.8
정밀기계	68027.4	95137.3	143875.9	235159.8	376997.7	574725.7	831926.7	1119904.3	1463219.5
기타제조업	33714.4	46279.6	65062.3	96691.8	142810.6	196120.4	254423.1	344454.9	424349.7

3.4 총요소생산성(Total Factor Productivity: TFP)의 측정

생산함수를 이용할 경우, 암묵적으로 서로 다른 산업이 동일한 생산함수를 갖고 있다고 가정하고 있는 것이다. 이에 대하여 산업간의 차이를 자료상에 반영하는 하나의 방법으로 총요소생산성의 개념을 이용할 수 있다. 이 때 기존의 투입물이 경쟁적 균형수준에서 사용된다는 가정에 따라, 생산함수의 탄력성에 대한 적절한 근사치로서 요소배분율을 사용하게 된다. 식(4)의 좌변항을 이용하여 총요소생산성을 직접 구할 수 있으며, 생산성의 증가분에서 노동과 자본의 양적 증가에 의한 생산증대효과를 제외시킨 순수한 생산성의 효과만을 추출하는 것이 총요소생산성을 사용하는 목적이다.

총요소생산성을 측정하기 위한 자료는 산출, 노동투입, 요소소득배분율, 자본소득 등의 네 가지이다. 산출의 측정에는 산업별로 조사된 부가가치를 사용하였으며, 그 자료를 1985년 불변가격으로 환산하기 위하여 1985년으로 표시된 생산자 물가지수를

디플레이터로써 사용하였다.

노동투입 측정의 경우, 각 산업별로 조사된 상용근로자 수¹³⁾를 이용하여, 노동투입을 나타내는 변수로 사용하였다. 노동요소의 소득배분율은 각 산업의 피용자보수와 국내요소소득의 자료를 이용하여 그 비율을 이용하였다.

자본의 소득배분율에 대한 자료가 필요할 경우에는, 별도의 값을 구하지 않고 $\alpha + \beta = 1$ 이라는 가정 아래, 구해진 노동요소 소득배분율을 이용하여 그 값을 구하였다.

자본스톡의 측정은 실제 추계하는데 어려움이 있어 기존에 계산된 자료를 이용하였다. 즉, 두 개의 기준년 자본스톡 자료에 투자 시계열자료를 접속시켜 양기준년 사이의 각 연도 자본스톡을 측정하는 방법인 양기준점속법에 의해 구해진 장진규·김기국(1994)의 자료를 사용하였다.

4. 추정 결과

실증연구에서는 다음과 같은 네 가지 경우를 대상으로 하여 추정하였다. 즉, 자체기술지식 스톡(R_1)만이 설명변수로 포함되는 경우, 체화된 기술지식 스톡(R_2)과 비체화된 기술지식 스톡(R_3) 중 하나만을 설명변수로 추가하는 경우, 그리고 이 두 파급변수를 모두 포함하는 경우를 대상으로 하였다. 또, 앞절에서 설명된 바와 같이 생산함수를 이용하는 경우나 총요소생산성을 이용하는 경우 모두 가정에 따른 제한점을 가지고 있으므로 본 연구에서는 두 가지 경우 모두를 추정하였다¹⁴⁾.

먼저 일차적으로 각 산업별로 단순회귀분석을 사용하여 자체 연구개발효과와 체화된 파급효과 그리고 비체화된 파급효과의 정도를 알고자 하였다. 그러나 전체 18개의 제조업 중, 단지 음식료, 섬유, 기타화학, 석유정제 그리고 조립금속산업에 대해서만 통계적으로 유의한 추정치가 부분적으로 나타나고 있을 뿐, 자체R&D나 파급효과의 부호는 음으로 나타나고 있다. 이러한 결과가 나타난 것은 자료의 한계 때문인 것으

13) 노동통계연감과 통계청 통계정보(KOSIS)의 자료를 사용하였다.

14) 가정에 따른 제한점을 생산함수추정결과와 비교하기 위해서, 총요소생산성을 사용하는 경우도 $\frac{Q}{Q} - \alpha \frac{L}{L}$ 과 $\frac{Q}{Q} - \alpha \frac{L}{L} - \beta \frac{K}{K}$ 의 두가지로 나누어 구분하였다.

로 보인다. 즉, 전체 시계열 자료의 수가 9개이고 성장율을 구하기 위하여 차분을 취한 후의 자료는 8개에 불과하므로 추정치의 통계적 유의성 뿐만아니라 결과치의 해석에도 한계가 나타난 것으로 생각된다¹⁵⁾.

이러한 문제점을 보완하기 위하여, 더 많은 정보를 사용할 수 있는 패널 데이터의 분석방법을 사용하여 각 효과의 추정을 시도하였다. 본 연구에서 사용된 자료는 횡단면의 경우 18개 산업별 자료와 8년간의 시계열 자료로 되어 있다. 횡단면의 구성인자인 산업별 자료를 구성하는 기업들이 시간이 지나면서 해당 산업으로의 진퇴가 있을 수 있으므로, 엄밀한 의미에서 이와 같은 형태의 횡단면과 시계열의 복합은 패널자료로 분류하기는 어려울 수 있다. 그러나 본 연구에서는 이들 횡단면자료가 기업별 미시 자료가 아닌 산업별 집계자료라는 데 중점을 두고 패널자료분석을 시도하였다¹⁶⁾.

<표 3>~<표 5>의 추정치는 종속변수를 달리하여 추정한 결과로서, 각 추정치들은 한계생산성을 나타내고 있다. 생산함수를 이용하는 경우(<표 3>)와, 총요소생산성을 이용하는 경우(<표 4>, <표 5>) 추정결과는 많은 차이를 보이고 있다. 특히 총요소생산성 중 $Q/Q - \alpha L/L - (1-\alpha)K/K$ (<표 5>)의 경우, 어느 변수도 통계적으로 유의적이지 않다. 이는 총요소생산성의 경우, α 와 β 대신 노동소득배분율과 자본소득배분율을 각각 사용하였는바, 평균 노동소득배분율은 약 0.55, 자본소득배분율은 약 0.45인데 비하여, 생산함수를 이용하여 추정할 경우 α 의 추정치는 약 0.16, β 의 추정치는 약 0.15로 나타나 이에 따른 격차가 추정결과에 커다란 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 특히 <표 5>의 경우는 이러한 추정치가 α, β 에 대하여 복합적으로 작용하고 있으므로 우리의 경우, 각 산업이 동일한 생산함수를 공유한다는 강한 가정에도 불구하고 생산함수 추정결과인 <표 3>과 총요소생산성 측정시 노동소득배분율만을 고려하는 <표 4>를 분석대상으로 하였다¹⁷⁾.

15) 18개 제조업에 대한 산업별 단순회귀분석결과는 위에서 언급한 이유로 추정결과가 별다른 의미가 있다고 할 수 없어 별도로 이 논문에 포함시키지 않았다.

16) 패널자료분석시 고정효과모형(fixed effect model)과 확률효과모형(random effect model) 중 선택하여야 하는 문제가 있다. 고정효과모형은 자유도의 회생, 확률효과모형은 독립변수들과 오차항 간의 독립을 전제로 한다. 우리의 경우 Hausman의 방법을 이용하여 어느 모형이 적합한지 검정하였으며, 이에 따라 확률효과모형을 사용하였다.

17) 추정 결과들이 비교적 낮은 통계적 유의성을 보이는 것은, 위에서 언급한 노동 및 자본소득 배분율의 추정 격차 및 자료의 제한 등 외에도, 앞의 3.3절에서 언급된 바와 같이 산업간 기술격차가 연구원 전공분야별 구성

<표 3> $\frac{Q}{Q}$ 인 경우의 추정치¹⁸⁾ (기간 : 1982~1990)

자체 R&D 효과	체화된 파급효과	비체화된 파급효과
1.376 (1.550)		
1.336 (1.536)	1.579 (2.044)	
1.431 (1.636)		0.184 (1.659)
1.296 (1.480)	2.177 (1.239)	-0.095 (-0.379)

() : t값

<표 4> $\frac{Q}{Q} - a \frac{L}{L}$ 인 경우의 추정치 (기간 : 1982~1990)

자체 R&D 효과	체화된 파급효과	비체화된 파급효과
1.223 (1.304)		
1.223 (1.336)	1.249 (1.594)	
1.314 (1.438)		0.170 (1.520)
1.245 (1.349)	0.949 (0.528)	0.047 (0.185)

() : t값

<표 5> $\frac{Q}{Q} - a \frac{L}{L} - (1-a) \frac{K}{K}$ 인 경우의 추정치 (기간 : 1982~1990)

자체 R&D 효과	체화된 파급효과	비체화된 파급효과
0.419 (0.423)		
0.392 (0.405)	1.204 (1.432)	
0.441 (0.451)		0.110 (0.902)
0.292 (0.300)	2.661 (1.366)	-0.231 (-0.831)

() : t값

분석결과에 의하면 대체적으로 자체 R&D효과는 122%~143%, 체화된 파급효과에 대한 추정치는 95%~218% 그리고 비체화된 파급효과의 경우에는 -10~18%의 값을 나타내고 있다. 이러한 추정치들은 외국의 경우¹⁹⁾ 보다는 높은 결과를 나타내고 있는

형태에 의하여 완전히 반영되지 못하는 데에도 그 원인이 있을 수 있어 복잡적이라 할 수 있다.

18) <표 3>~<표 5>에서 각 가로축(row)은 추정시 변수의 포함여부에 따른 여러가지 모형의 추정결과를 나타낸다.

나, 우리나라의 자료를 이용한 홍순기 등(1991)의 연구가 자체 R&D 효과와 체화된 R&D 파급효과를 각각 126%, 688%로 추정하고 있는 것과 비교해 볼 때 체화된 파급효과의 경우 비교적 낮은 값을 나타내고 있다고 할 수 있다.

우리나라의 경우, 1980년대의 경제성장과 연구개발지출은 다른 선진국들과의 비교할 때 상당히 큰 것으로 나타나고 있다. 최근 연구개발지출의 급속한 신장 뿐 아니라 우리나라가 아직 개발도상국의 위치에 있다는 점을 감안한다면 생산성에 대한 연구개발투자의 효과가 다른 나라들보다 큰 이유를 변수의 측정오차(measurement error) 등 자료의 문제로 국한시키는 것은 무리가 있다고 할 수 있다. 규모의 경제가 존재하는 경우, 우리의 분석은 그러한 효과를 반영하여 추정하고 있지 않기 때문에 다른 나라의 경우보다 상대적으로 큰 추정치가 나타날 가능성이 있다.

본 연구가 기존의 우리나라의 연구와 비교할 때, 파급효과 추정치가 비교적 낮은 값을 나타내고 있는데 그 이유는 사용자료에 대한 차이로도 설명할 수 있을 것이다. 즉 기존의 많은 연구들이 진부화율을 0으로 가정하여 기술지식 스톱의 자료 대신 연구개발지출의 자료를 사용하고 있으나 본 연구에서는 평균시차의 자료와 진부화율을 고려하여 기술지식 스톱을 계산하고, 이를 하나의 변수로 이용하였다. 또 본 연구는 파급효과를 두 가지로 나누어서 설명하고 있으나 다른 연구에서는 하나의 파급효과 변수만을 사용하고 있기 때문에, 이러한 변수도입의 차이로도 효과 추정치들의 차이를 설명할 수 있을 것이다.

자체 R&D만 있는 경우와 파급효과 변수가 추가되는 경우를 비교해 보면, 파급효과 변수가 들어옴으로써 추정결과가 개선되는 것을 알 수 있다. 예를 들어 <표 2>의 경우, 자체 R&D만 있는 경우 한계생산성은 137.6%이나, 체화된 파급효과가 함께 있는 경우 자체 R&D 한계생산성은 별 변동이 없으나 체화된 파급효과는 157.9%이고

19)

단위 : %

	자체 R&D 효과	체화된 파급효과	비체화된 파급효과
Goto and Suzuki(1989 ; 전자산업)	29	10	4
Bernstein and Nadiri(1988)	9~27	10~162	
Griliches and Lichtenberg(1984)	11~31	40~62	
Scherer(1982)	13~29	64~74	

통계적으로도 유의하다. 그러나 체화된 파급효과와 비체화된 파급효과가 같이 들어오는 경우 추정결과가 개선되지 않는 것은 다음과 같이 설명이 가능할 것이다. 즉 두 가지 파급효과가 항상 같이 있어야 할 필요는 없으며 산업에 따라서는 어느 한가지 파급효과만 존재할 수 있고, 또 존재한다고 하여도 두 효과간의 상관관계가 높을 경우 다중공선성(multicollinearity)에 따라 통계적으로 비유의적인 결과를 초래할 수 있다²⁰⁾.

5. 결 론

본 연구에서는 생산성에 대한 기여도를 자체기술지식 스톡의 효과와 체화된 파급효과, 비체화된 파급효과로 나누어 추정하였다. 그러나 각 모형과 어떤 변수가 종속변수로 사용되었는가에 따라 추정 결과는 다른 값을 나타내고 있다. 그 이유는 각 변수들의 시계열자료가 짧고, 종속변수로 사용하고 있는 총요소생산성의 측정방법에 따른 민감성 때문이라고 생각된다. 체화된 파급효과와 비체화된 파급효과를 분리하여 추정할 경우에는 유의적인 양(+)²¹⁾의 결과를 보이고 있지만 두 효과를 동시에 고려할 경우, 유의적이지 않으며 부호의 방향도 일정하지 않다. 이러한 결과를 나타내고 있는 것은 다중공선성때문으로 생각된다.

각 추정치에 있어서 산업전체의 거시적인 관점에서는 자체 기술지식 스톡의 축적과 관계된 효과와 체화된 파급효과의 추정치가 대체적으로 높게 나타나고 있다. 그러나 이러한 추정치는 다른 나라의 유사한 연구보다는 크며, 그 이유는 자료상의 문제와 모형의 특성 그리고 우리나라의 특수한 상황에 기인하는 것으로 보인다.

파급효과가 양(+)으로 나타나는 것은 거시적인 관점에서 연구개발투자에 대한 정당성을 마련한다고 할 수 있으며, 기술혁신을 위한 투자의 장기성과 관련된 타당성을 제공하는 근거가 될 수 있다. 이러한 결과에 대한 논의는 연구개발조정 및 원조정책 그리고 여러 기관이 함께 수행하는 연구개발 공동사업의 결성지원 및 이를 위한 조성정책과 관련되어 진행되어 왔으며, 본 연구는 이러한 논의의 실증적인 근거를 제공하

20) 우리의 경우 두 파급효과간의 상관관계는 0.90으로 나타났다.

고 있다고 할 수 있다. 또한, 본 연구는 생산성 향상의 원인을 노동과 자본의 관점에서 설명하려는 경향에서, 그 원인을 자본과 노동 이외에 기술과 관련된 연구개발자본과 파급효과를 나타내는 변수 등의 관점으로 설명되어야 한다는 점을 보이고 있다.

본 연구에서 사용하고 있는 모형과 자료의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 생산함수를 이용할 경우 기존의 연구들에서 사용한 방법론을 응용하여 필요한 자료를 수집할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 이용가능한 산업별 시계열 자료가 9개 정도이므로 한계가 존재한다. 그리고 체화된 파급효과와 비체화된 파급효과 측정에 있어서 각 연도별 가중치를 따로 측정하여 그 효과를 계산하여야 하지만 자료의 제약상 1990년 자료를 사용한 가중치를 계산하여 사용함으로써, 시간에 따른 중간재 거래량의 변화와 기술거리의 변화를 고려하지 못하였다.

둘째, 체화된 파급변수와 비체화된 파급변수를 통해 체화된 효과와 비체화된 효과를 완전히 분리시킬 수 있는가의 문제이다. 두 변수사이에는 비교적 강한 상관관계가 존재하여 정확한 분리가 어려운 상태라면 두 효과를 완전히 분리시켜 추정하는 방법은 한계가 있다고 할 수 있다.

그리고, 앞으로 개선해야 할 내용은 다음과 같다. 첫째, 연구개발비를 집계한 경우보다 사업단위별로 분류된 자료를 이용하는 것이 분석상 바람직하고, 산업분류와 일치된 자료, 효과 측정시 필요한 정확한 파급변수 자료가 필요하며, 둘째, 정태적인 모형에 파급변수를 포함시키는 단계에서 파급효과를 동태적으로 표현할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한, 동태적인 모형으로 파급효과의 방향성을 나타낼 수 있는 발전된 방법이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 장진규·김기국, “연구개발투자의 산업성장 기여도”, 『과학기술정책동향』, 1994. 2, pp. 40-56.
2. 장진규·안두현, “국내제조업의 연구개발투자와 생산성”, 『과학기술정책』, 4권 2호, pp. 34-43, 1992, 한국과학기술연구원 정책기획본부.
3. 장진규·정성철·김기국, “연구개발 투자의 경제효과 분석”, 1994, 『정책연구 94-05』, 과학기술정책관리연구소.
4. 홍순기·홍사균·안두현, “연구개발투자의 산업부문간 흐름과 직·간접 생산성 증대효과 분석에 관한 연구”, 1991, 『정책연구 91-14』, 과학기술정책연구소.
5. Bernstein, Jeffrey I. and M. Ishaq Nadiri., “Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-tech Industries”, *American Economic Review Papers and proceeding*, May 1988, pp. 429-434.
6. _____ . “Research and Development and interindustry spillovers: an empirical application of dynamic duality”, *Review of Economic and Statistics* 1989, vol. 71, No 2, pp. 249-269.
7. Goto, Akira and Kazuyuki Suzuki. “R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D In Japanese Manufacturing Industries”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXI, no.1, November 1989.
8. Griliches, Zvi, “Issues in assessing the contribution of research and development to productivity and growth”, *Bell Journal of Economics*, 1979, Vol. 10, No. 1, pp. 92-116.
9. _____ . “R&D and the productivity slowdown”, *American Economic Review*, 1980, Vol 70, No. 2, pp. 343-348.
10. _____ (ed.). *R&D, Patents and Productivity*, Chicago University Press, 1984, Chicago.
11. _____ . “The Search for R&D Spillovers”, *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94, Supplement, pp. 29-47, 1992.

12. _____ . “Productivity, R&D and the Data Constraint”, *American Economic Review*, March 1994, pp. 1-23.
13. Griliches, Zvi and Frank R. Lichtenberg. “Interindustry technology flows and productivity growth: a reexamination”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 59, pp. 324-329.
14. _____ . “R&D and Productivity Growth at Industry Level: Is There Still a Relationship?”, in Zvi Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, 1984, pp. 465-501.
15. Griliches, Zvi and Jacques Mairesse. “Productivity and R&D at the firm level”, in Zvi Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, 1984, pp. 339-374.
16. Jaffe, Adam B. “Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms’ patents, profits and market value”, *American Economic Review*, December 1986, Vol. 76, No. 5, pp. 984-1001.
17. Scherer, F.M. “Interindustry technology flows and productivity growth”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, 1982, pp. 627-634.