

연구개발투자의 산업간 파급효과

(한국제조산업에 대한 실증연구)

김 정 우 · 이 회 경

(한국과학기술원 산업경영학과)

ABSTRACT

본 연구는 기술에 대한 대응개념으로 사용되고 있는 연구개발투자의 효과가 산업의 생산성 향상에 얼마만큼 기여하고 있는가에 관한 실증연구로, 그 효과를 자체 연구개발효과와 파급효과로 나누어 측정하는데 목적이 있다. 파급효과와 관련하여, 중간재의 거래를 통한 체화된 파급효과와 산업간의 기술거리로 인한 비체화된 파급효과로 나누어 한국 제조산업을 18개로 분류한 후 각 산업의 연구개발스톡을 측정하였으며, 연구개발투자의 체화된 파급효과 측정을 위하여 산업연관표를 이용하여 가중치를 계산하였다. 그리고, 비체화된 파급효과 측정을 위하여는 각 산업에서 고용하고 있는 전공별 연구원 수의 자료를 이용 기술거리를 구하였다.

본 연구에서는 각각의 가중치로 구한 연구개발스톡, 체화된 연구개발 스톡, 그리고 비체화된 연구개발 스톡을 이용하여 각 독립변수들에 대한 한계생산성을 구하였으며, 분석 방법으로는 단순 회귀분석과 함께 시계열의 효과와 산업간 효과를 고려하는 패널데이터 분석을 시도하였다. 체화된 파급효과와 비체화된 파급효과 중 하나만을 변수로 포함하는 경우에는 추정치가 유의한 결과를 나타내고 있지만, 두 가지의 변수를 모두 포함하는 경우에는 부호도 일정하지 않으며 비유의적인 결과를 보였다. 이러한 결과는 다중공선성에 의한 것으로 보인다.

두 가지 파급효과에 대한 한계생산성 추정치는 기술과 연구개발투자가 외부성을 가지고 있으며, 기술과 관련된 변수의 도입이 필요함을 시사한다. 또한 이러한 파급효과의 추정치는 거시차원에서 연구개발 지원의 정당성에 대한 근거를 제시하고 있으며, 기술혁신을 위한 투자의 타당성을 실증적으로 보여주고 있다.

I. 서 론

경제성장이라는 주제와 함께 기술진보에 대한 관심을 가진 것은 경제학이 시작된 때부터라고 이야기할 수 있다. 기술이라는 개념이 경제학에서 다루고 있는 다른 요소들과는 달리 측정하기 힘들기 때문에 계량분석을 하기에는 어려움이 따른다. 기술에 대한 대응 개념으로 많이 사용되고 있는 연구개발투자와 관련된 경제, 기술의 변화 그리고 생산성 증가에 대한 연구에 있어서 주된 과제는 그 성격을 얼마나 잘 반영하는가이다. 이에 따라 지식과 정보의 비경쟁적 성격이 주된 관심대상이 되었으며, 이러한 개념들이 가지고 있는 성격으로 인하여 파급효과(spillover effect)라는 개념의 고려가 필요하게 되었다. 즉, 한 산업의 연구개발투자는 이러한 성격으로 인하여 자기 산업에만 효과를 미치는 것이 아니라 다른 산업에도 영향을 미치게 되는 것이다.

본 연구는 1982-90년 사이의 우리나라 제조업에 대한 시계열 및 횡단면 자료를 이용하여 국

내 제조산업들의 연구개발활동이 생산성향상에 얼마나 영향을 미치고 있는가에 관심을 두고 분석하는데 목적이 있다. 이러한 효과 분석은 국가의 정책에 대한 실증적인 근거를 제시할 것이고, 미시적인 자료를 사용하여 분석한다면 기업간의 효과를 측정하여 기업의 투자를 수행하는데 기반을 제공할 것이다.

연구개발투자는 새로운 기술의 발명을 증가시키는 역할을 하고, 그 발명은 상업적인 적용을 통하여 혁신이 이루어지며, 그 기술은 다른 개체의 모방을 통해서 파급되고, 그 효과는 경제성장으로 이어지게 된다는 논리가 밑바탕에 존재하고 있다. 이에 따라 내생적으로 결정되고 파급되는 기술은 성장이라는 경제문제를 한 단계 발전시켜 해결하는 중요한 변수가 되었다.

이 분야의 연구에서 가장 중요하게 다루어야 하는 것 중의 하나는 파급효과와 관계된 영향을 얼마나 정확하게 추출하여 측정하는가 하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 자체 연구개발에 대한 효과와 더불어 두 가지의 파급효과를 분석하고자 한다. 첫째로 산업간의 중간재 거래로 인하여 발생하는 체화된(embodied)된 파급효과를 분석하고, 둘째로 산업간 기술공간의 유사성 혹은 지식의 기술적 적합성의 정도에 따라 발생하는 비체화된(disembodied) 파급효과를 고려하여 추정하였다. 본 연구에서는 연구개발투자에 대한 파급효과 흐름을 파악하기 위하여, 연구개발투자의 산업부문간 체화된 기술흐름행렬표와 비체화된 기술흐름행렬표 작성을 위한 가중치를 실제 계산하였으며, 연구개발투자에 대한 직·간접효과를 추정하였다.

II. 분석 모형

본 연구에서는 연구개발투자 자료를 활용하여 연구개발스톡을 계산하였으며, 생산함수를 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 거시 자료를 이용하였다. 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되는 콤팩트글러스 생산함수를 이용하였으며, 식[1]과 같다.

$$Q = Ae^{\lambda} L^{\alpha} K^{\beta} R_1^{\gamma_1} R_2^{\gamma_2} R_3^{\gamma_3} \quad [1]$$

- R_1 : 각 산업의 자체 연구개발스톡
- R_2 : 각 산업의 체화된 연구개발스톡
- R_3 : 각 산업의 비체화된 연구개발스톡
- L : 노동 투입량
- K : 자본 스톡

식[1]에 log를 취하고, 각 항을 시간 t 에 대해서 미분을 한 후, 정리하면 식[2]를 얻을 수 있다.

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \lambda + \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + \gamma_1 \frac{\dot{R}_1}{R_1} + \gamma_2 \frac{\dot{R}_2}{R_2} + \gamma_3 \frac{\dot{R}_3}{R_3} \quad [2]$$

(·는 각 변수의 시간에 대한 변화율을 의미한다)

식[2]의 우변항의 계수는 각 독립변수의 산출탄력성을 나타내고 있으므로, 본 연구에서 추정

하고자 하는 연구개발투자의 한계생산성에 대한 계수 형태로의 변환이 필요하다. 연구개발투자의 산출탄력성과 한계생산성¹⁾의 관계를 나타내기 위한 식을 이용하면 식[3]과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \lambda + \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + \rho_1 \frac{\dot{R}_1}{Q} + \rho_2 \frac{\dot{R}_2}{Q} + \rho_3 \frac{\dot{R}_3}{Q} \quad [3]$$

자본과 노동에 대한 보상은 각각의 한계생산물 가치만큼 받는다고 가정하면 총요소생산성의 개념을 도입할 수 있다. 이 개념을 이용하여 추정식을 표현하면 아래의 식[4]와 같다.

$$\frac{\dot{T}}{T} = \lambda + \rho_1 \frac{\dot{R}_1}{Q} + \rho_2 \frac{\dot{R}_2}{Q} + \rho_3 \frac{\dot{R}_3}{Q} \quad [4]$$

진부화율 측정의 어려움으로 인하여 연구개발스톡 변화의 측정에 문제가 있을 경우, 이를 무시하고 추정을 할 수 있다. 즉, 진부화율을 무시하면, 식[5]로 추정식을 나타낼 수 있다.

$$\frac{\dot{T}}{T} = \lambda + \rho_1 \cdot \frac{E_1}{Q} + \rho_2 \cdot \frac{E_2}{Q} + \rho_3 \cdot \frac{E_3}{Q} \quad [5]$$

(E_1, E_2, E_3 는 연구개발스톡이 아닌 연구개발지출을 나타내는 변수이다)

III. 변수의 측정 및 자료의 선택

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

i) 연구개발스톡의 측정

연구개발스톡은 기업과 산업의 노력에 의해서 축적되어 진다. 기술의 대용개념인 연구개발스톡은 외부환경변화와 우수한 기술의 발전, 지식의 적합성의 감소 등에 의해서 평가절하되고 낙후되며, 기업과 산업에 있어서 새로운 생산물과 생산공정을 발전시킬 수 있는 미래의 잠재성을 나타내는 지표이다. 이러한 개념을 통하여 연구개발스톡이 계산되며, Griliches(1980)의 연구에서 적용한 방법을 따라 연구개발스톡을 계산할 경우, 식[6]과 같이 표현할 수 있다.

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

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

$$R_t = RD_t + (1-\delta)R_{t-1} \quad [6]$$

$$\text{단, } RD_t = \sum_{i=1}^n \mu_i E_{t-i} \quad [7]$$

R_t : t년도의 연구개발 스톡
 RD_t : t년도의 연구개발 흐름
 E_{t-i} : t-i기의 연구개발 투자액
 δ : 연구개발 스톡의 진부화율
 μ_i : 시차분포

위 식에서 기술지식의 흐름을 측정하기 위해서는 식[7]을 사용하여야 한다. 그러나 현실적으로 연구개발 시차분포에 대해 적절한 정보를 알 수 없으므로 실제의 추계에서는 평균 연구개발시차(θ) 즉, 식[8]을 사용하는 것이 일반적이다.

$$RD_t = E_{t-\theta} \quad [8]$$

평균시차(θ)를 이용하여 식[6]을 변환시키면 식[9]를 얻을 수 있다.

$$R_t = E_{t-\theta} + (1-\delta)R_{t-1} \quad [9]$$

연구개발스톡 측정을 위한 자료는 크게 다음의 다섯 가지로 나눌 수 있다.

① 각 산업의 연구개발투자³⁾

우리나라에서 사용가능한 발표자료는 과학기술처의 '과학기술활동조사보고', '과학기술연감'과 산업기술진흥협회의 '산업기술실태조사'가 있으며, 본 연구에서는 과학기술처 '과학기술활동조사보고'와 '과학기술연감' 각 연도의 자료를 이용하고, '산업기술실태조사'를 참고하였다.

② 각 산업별 진부화율

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 실제 추계는 못하였으며, 그에 대한 대체 자료로서 일본의 산업별 진부화율⁴⁾을 이용하였다.

3) OECD에 따르면 연구개발투자는 "자금의 출처를 불문하고 산업분야 혹은 통계단위 안에서 수행된 연구개발에 대한 모든 지출을 연구개발비"로 정의되어 있다.

4) 홍순기·홍사균·안두현(1991)의 자료를 이용하였다.

③ 각 산업별 시차자료⁵⁾

국가마다 기술관련효과가 상이할 뿐 아니라, 주력하는 내용에 따라서 시차가 매우 다양하며, 기술도입의 경우에도 실용화에 이르기까지 국내기술과 마찬가지로 상당한 기간이 소요됨을 알 수 있다. 평균시차에 관한 자료는 장진규(1994)에서 실제 추계되어진 자료를 사용하였다.

④ 각 산업별 연구개발비 디플레이터

본 연구에서는 기존에 존재하고 있는 디플레이터 중 하나를 선택하여 사용하는 것을 피하고 가중치의 적용방법에 따른 분류 중에서 개별 디플레이터 이용방법으로 그 값을 구하였다.

기존의 연구개발비 자료와 경제관련 자료로써 산출할 수 있는 OECD에서 제시한 방법을 따랐으며 홍순기 등(1991)을 참조하였다. 본 연구에서는 OECD의 방법을 이용하기 위하여 각 연구개발비를 인건비와 자본재 관련비용으로 나누고, 인건비 관련비용을 인건비와 기타 인건비로 세분하고, 자본재관련 비용을 기계, 토지건물, 기타로 나눈 후 각각에 적합한 디플레이터를 선정하였다. 각 경상비와 디플레이터의 관계에서 불변 비목별 연구개발비를 계산하고, 그것을 합산하여 불변 연구개발비를 구하였다. 그 후 경상연구개발비를 불변연구개발비로 나누어 연구개발 디플레이터를 계산하였다.

⑤ 각 산업의 초기 연구개발스톡

시계열자료를 이용하기 위해 각 산업별 초기 연구개발스톡을 구해야 한다. 연구개발투자 스톡을 측정하는 식[9]에서 각 연구개발투자스톡의 증가율이 매년 일정하고, 연구개발투자지출의 증가율과 같다고 가정하면 Goto and Suzuki(1989)의 방법에 따라 식[10]으로 표현할 수 있다.

$$R_0 = \frac{E_{1-\theta}}{g + \delta} \quad [10]$$

R_0 : 기준년도의 스톡양

E_t : 실질 연구개발 지출액

g : 기준년도 이후 동안 연구개발지출의 연평균 증가율

θ : 평균시차

ii) 체화된 파급효과(중간재를 통한 파급효과)를 측정하기 위한 스톡의 측정

75개 부문으로 작성된 1990년 산업연관표 중 생산자가격평가표⁶⁾의 자료를 이용하여 각 산업 간의 가중치를 구하였다. 산업연관표에 있어서 열(column)은 한 산업의 생산을 위해 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. 이를 이용하여 각 i 산업으로 흘러 들어오는 체화된 파급변수를 측정하는 식은 [11]이다.

5) 장진규·정성철·김기국(1994), p.40 <표 3-4>.

산업기술진흥협회의 1985년부터 1987년까지의 3년 동안 각 산업기술개발단계별 소요기간 자료를 이용하여 아이디어가 제안되어지고 상업화되기까지의 평균시간을 계산하여 구한 자료를 사용하였다.

6) 조사통계월보 (한국은행, 1993.10).

$$R_{2i} = \sum_{j \neq i} w_{ij} R_{1j} \quad [11]$$

R_{2i} : i 산업으로 흘러 들어오는 체화된 파급효과의 양
 w_{ij} : 산업연관표를 통해서 작성된 각 산업간의 가중치
 R_{1j} : j 산업의 연구개발스톡

iii) 비체화된 파급효과(기술거리에 의한 파급효과)의 측정을 위한 스톡의 측정

기술거리를 측정하기 위하여 종래 사용되던 지표로는, 특허(Jaffe, 1986) 또는 연구개발비 투자 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 기술 위치를 표현할 수 있는 다른 자료를 사용하여 분석하였다. 즉, 90년도 산업기술개발실태 조사의 연구원 전공별 구성자료⁷⁾를 이용하여 산업간 기술거리를 추정하고자 하였다. 연구인력⁸⁾의 전공에 따라 분류한 연구원 전공별 구성자료는 크게 농림·수산업, 보건학, 이학, 공학, 산업디자인, 인문사회학으로 나누어져 있고, 다시 보건학을 3개 부문, 이학을 5개 부문, 공학을 19개 부문으로 세분화하여, 총 31개 부문의 자료로 구성되어 있다. 그리고 각 전공 분야는 박사, 석사, 학사로 나누어져 있으므로 각 산업의 기술위치벡터를 총 93개의 원소로 구성할 수 있다.

i 산업의 기술위치 벡터를 만들기 위하여, 각 전공분야와 학위별로 전체 산업 중에서 i 산업이 인력을 얼마나 보유하고 있는지의 비율을 계산하여 그 값을 각 벡터의 원소값으로 사용하였다. 각 벡터는 93개의 원소를 가지고 있으며 식[12]로 표현될 수 있다.

$$F_i = [f_{i1}, \dots, f_{i31}, f_{i32}, \dots, f_{i62}, f_{i63}, \dots, f_{i93}] \quad [12]$$

$f_{i,j}$: i 산업이 j 기술분야의 연구인력을 보유하고 있는 비율⁹⁾

산업간의 기술거리는 위 식으로부터 얻어진 각 산업별 위치 벡터를 이용하여 구할 수 있다. 기술거리를 구하는 식¹⁰⁾은 [13]과 같이 나타낼 수 있으며, 각 기술거리의 값을 나타내면 다음의 표[1]과 같다.

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

8) 연구인력은 총기술인력 중 연구개발업무에 종사하는 자로서 연구원, 연구보조원, 기술지식종사자, 기능직종사자, 행정사무원 등으로 구분된다.

9) j : (1~31 : 박사), (32~62 : 석사), (63~93 : 학사).

10) Jaffe (1986).

$$p_{ij} = \frac{F_i F_j}{[(F_i F_i)(F_j F_j)]^{1/2}} \quad [13]$$

p_{ij} : i 산업과 j 산업 사이의 거리를 나타내는 값

(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	0.089	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	0.159	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	0.034	0.206	0.092	0.122	0.124	0.015	0.006	0.051	0.001
고무제품	0.089	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	0.264	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	0.244	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	0.031	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	0.299	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	0.593	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	0.299	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

이러한 과정을 통해서 구해진 가중치와 각 산업의 연구개발스톡을 이용하여 비체화된 연구개발 스톡을 구하는 식은 체화된 연구개발스톡을 구하는 경우와 유사하며 식[14]와 같이 표현할 수 있다.

$$R_{3i} = \sum_{j \neq i} p_{ij} R_{1j} \quad [14]$$

R_{3i} : i 산업으로 흘러 들어오는 비체화된 파급효과의 양

p_{ij} : 산업의 기술위치벡터를 통해 작성된 각 산업간의 가중치

R_{1j} : j 산업의 연구개발스톡

본 연구에서는 식[11]과 [14]를 이용하여 각 산업에 대한 체화된 연구개발스톡과 비체화된 연구 개발스톡을 계산하고 각 연도별 횡단면자료를 작성하였다.

iv) 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. 그 이유는 총요소생산성의 개념이 기존의 투입물이 경쟁적 균형수준에서 사용된다는 가정을 하고 있으며, 생산함수의 탄력성에 대한 적절한 근사치로서 요소배분율을 사용하고 있기 때문이다. 일반적인 콥다글러스 생산함수의 경우, 각 요소가 한계생

산물만큼의 소득배분을 받는다면 탄력성과 요소소득배분율이 같게 된다는 미시이론에 기초한다. 식[4]의 좌변항을 이용하여 TFP를 직접 구할 수 있으며, 생산성의 증가분에서 노동과 자본의 양적 증가에 의한 생산증대효과를 제외시킨 순수한 생산성의 효과만을 추출하는 것이 TFP를 사용하는 목적이다.

총요소생산성을 측정하기 위한 자료는 산출, 노동투입, 요소소득배분율, 자본스톡 등의 네 가지이다. 산출의 측정에는 산업별로 조사된 부가가치를 사용하였으며, 그 자료를 1985년 불변가격으로 변환하기 위하여 1985년으로 표시된 소비자 물가지수를 디플레이터로서 사용하였다.

노동투입 측정의 경우, 각 산업별로 조사된 상용근로자 수¹¹⁾를 이용하여, 노동투입을 나타내는 변수로 사용하였다. 노동요소의 소득배분율을 구하기 위하여 전체의 부가가치 중 노동요소 소득이 차지하는 비율을 계산하였으며, 이를 위해 각 산업의 월평균 임금, 상용근로자수, 그리고 부가가치 자료를 이용하였다. 본 연구에서 사용되는 월평균 임금은 1985년 불변가격으로 변환되었으며, 노동요소소득배분율은 각 산업에서 지급하는 급여의 총액을 각 산업에서의 부가가치로 나누어서 그 비율을 사용하였다. 노동의 요소소득배분율을 구하는 식은 [15]와 같이 표현할 수 있다.

$$\text{노동의 요소소득배분율} = \frac{\text{상용근로자수} \times \text{월평균임금} \times 12\text{개월}}{\text{각 산업의 부가가치}} \quad [15]$$

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 양기준접속법에 의해 구해진 장진규·김기국(1994)의 자료를 사용하였다.

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

IV. 추정 결과

본 연구는 각각의 자료에 대해 다음과 같은 네 가지 방정식을 사용하여 추정하였으며, 각 추정결과는 표[2]와 [3]에 수록하였다. 첫째는 자체연구개발스톡만을 포함한 경우, 둘째는 자체연구개발스톡과 체화된 연구개발스톡을 포함한 경우, 셋째는 자체연구개발스톡과 비체화된 연구개발스톡을 포함한 경우이다. 마지막으로 자체연구개발스톡과 체화된 연구개발스톡, 비체화된 연구개발스톡을 모두 포함한 경우를 추정하였다.

i) 산업별·연도별 단순회귀 분석

시계열 자료의 수가 최대 9개이고 차분을 한 후의 자료는 8개이므로 산업별로 자체 연구개발 투자의 효과와 파급효과의 유의한 추정치는 얻지 못하였다. 음식료, 섬유, 기타화학, 석유정제 그리고 조립금속의 경우, 부분적으로만 유의적인 추정치를 나타내고 있을 뿐이다.

각 연도의 횡단면 자료를 이용하여 제조업 전체의 연도별 효과를 측정한 결과, 1983~1984, 1985~1986, 1987~1988 그리고 1988~1989의 추정치 중에서 부분적으로 중간재를 통한 파급효과와 기술거리를 통한 비체화된 파급효과에 대한 결과가 유의적인 양(+)의 값을 나타내고 있다.

이러한 비유의적이고 예상과는 다른 부호의 추정치들이 나타나는 것은 적은 자료 수로 인하여 얻을 수 있는 정보의 양이 너무 적고, 총요소생산성의 민감성을 완화시킬 수 있는 조치를 취하지 못했기 때문이라고 생각된다. 그러므로 보다 더 많은 정보의 양을 사용할 수 있는 패널 데이터의 분석과 기간을 집계하여 추정하는 방법을 사용하였다.

ii) 패널 데이터 분석

본 연구에서 사용된 자료는 횡단면의 경우 18개 산업별 자료와 8년간의 시계열 자료로 되어 있다. 횡단면의 구성인자인 산업별 자료를 구성하는 기업들이 시간이 지남에 따라 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 미시자료가 아닌 산업별 집계자료라는 데 중점을 두고 패널자료분석을 시도하였다.

표[2],[3]의 추정치는 종속변수를 달리하여 추정한 결과로서, 각 추정치들은 한계생산성을 나타내고 있다. 종속변수에 따라 다른 결과를 보이고 있지만 대체적으로 자체 R&D효과는 120%~170%, 체화된 파급효과에 대한 추정치는 90%~200% 그리고 비체화된 파급효과의 경우에는 4~20%의 값을 나타내고 있다. 이러한 추정치들은 외국의 경우보다는 높은 결과를 나타내고 있으나, 우리나라의 자료를 이용한 여타 연구들과 비교해 볼 때에는 비교적 낮은 값을 나타내고 있다.

각기 다른 방정식으로 표현되는 각 모형에서 고정효과(fixed effect)모형과 확률효과(random effect)모형 중 어느 것이 적절한지 Hausman 방법에 의한 검정결과, 확률효과모형이 보다 적합한 것으로 나타났다. 즉, 전체 기간과 산업들 사이에서 산업간의 차이를 고려하여 추정하는 모형이 시계열 사이의 변화를 고려하는 모형이 보다 적합하다는 것이다. 그러나 1982년부터 1990년 사이의 경제성장률이 일정하지 않고 비교적 큰 폭의 변동을 보인 점을 감안할 때, 생산성에 미치는 효과의 변화가 시간에 따라 존재할 것으로 생각되어 전체 기간을 세분하여 각 추정치를 얻고 Hausman 검정을 하였다. 그 결과 1988년부터 1990년 사이의 추정치는 확률효과모형보다

고정효과모형이 적합하다는 결과를 나타내어 이 기간 동안 생산성에 있어서 시간의 흐름에 따른 많은 변화가 있었다는 것을 알 수 있다.

(표 [2] : 종속변수가 $\frac{T}{T} = \frac{Q}{Q}$ 인 경우의 추정치 (기간 : 1983~1990))

	자체 R&D 효과	Embodied Spillover	Disembodied Spillover
Total Estimates	1.53891 (2.69)		
Between Estimates	2.87500 (2.028)		
Within Estimates	-0.2067 (-0.18)		
Random Effect Estimates	1.22725 (1.526)		
Total Estimates	1.52286 (2.069)	1.21530 (2.036)	
Between Estimates	3.36204 (2.511)	1.37983 (1.828)	
Within Estimates	-0.4290 (-0.37)	1.47729 (0.909)	
Random Effect Estimates	1.28429 (1.648)	1.20875 (1.822)	
Total Estimates	1.58538 (2.139)		0.130930 (1.525)
Between Estimates	3.39938 (2.382)		0.159387 (1.373)
Within Estimates	-0.3659 (-0.32)		0.167752 (0.768)
Random Effect Estimates	1.29487 (1.634)		0.128923 (1.328)
Total Estimates	1.46650 (1.976)	2.02360 (1.491)	-0.128704 (-0.663)
Between Estimates	3.24214 (2.292)	2.01732 (1.166)	-0.104819 (-0.413)
Within Estimates	-0.4294 (-0.37)	1.58930 (0.484)	-0.017333 (-0.039)
Random Effect Estimates	1.25589 (1.606)	2.01544 (1.354)	-0.128115 (-0.604)

() : t값

(표 [3] : 종속변수가 $\frac{T}{T} = \frac{Q}{Q} \cdot \frac{L}{L}$ 인 경우의 추정치 (기간 : 1983~1990))

	자체 R&D 효과	Embodied Spillover	Disembodied Spillover
Total Estimates	2.53671 (1.277)		
Between Estimates	3.45182 (1.021)		
Within Estimates	0.14671 (0.047)		
Random Effect Estimates	2.45848 (1.214)		
Total Estimates	2.50942 (1.264)	1.87697 (1.166)	
Between Estimates	4.19955 (1.231)	2.16593 (1.138)	
Within Estimates	0.01383 (0.004)	0.88409 (0.197)	
Random Effect Estimates	2.50019 (1.257)	1.87514 (1.161)	
Total Estimates	2.62857 (1.323)		0.268404 (1.167)
Between Estimates	4.50381 (1.304)		0.326215 (1.179)
Within Estimates	0.01925 (0.006)		0.134464 (0.223)
Random Effect Estimates	2.61826 (1.315)		0.268060 (1.162)
Total Estimates	2.57122 (1.282)	0.98058 (0.267)	0.142632 (0.272)
Between Estimates	4.44183 (1.235)	0.82011 (0.186)	0.219202 (0.341)
Within Estimates	0.01680 (0.005)	0.06155 (0.006)	0.127294 (0.104)
Random Effect Estimates	1.76114 (0.800)	0.95930 (0.213)	0.048929 (0.925)

() : t값

V. 결론

본 연구에서는 생산성에 대한 기여도를 자체연구개발스톡의 효과와 체화된 파급효과, 비체화된 파급효과로 나누어서 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(+의 결과를 보이고 있지만 두 효과를 동시에 고려할 경우, 유의적이지 않으며 부호의 방향도 일정하지 않아 이는 다중공선성에 의한 것으로 보이며 이 문제를 해결할 수 있는 적절한 대안이 강구되어야 할 것이다.

각 추정치에 있어서 산업전체의 거시적인 관점에서는 자체 연구개발스톡의 축적과 관계된 효과와 체화된 파급효과의 추정치가 비슷한 값으로 나타나고 있다. 그러나 이러한 추정치는 다른 나라의 유사한 연구보다는 크게 나타나고 있으며, 그 이유는 데이터상의 문제와 모형의 특성상 다른 산업으로 흘러 나가는 효과를 고려하지 못하기 때문으로 추측된다.

파급효과가 양(+)으로 나타나는 것은 거시적인 관점에서 정부의 연구개발투자에 대한 정당성을 마련한다고 할 수 있으며, 기술혁신을 위한 투자의 장기성과 관련된 국가차원의 실증적 타당성을 제공하는 추정치이다. 이러한 결과의 중요성에 대한 논의는 민간부문의 연구개발에 대한 조성 및 원조정책 그리고 민간과 함께 수행하는 연구개발 공동사업의 결성 지원 및 이를 위한 조성정책과 관련되어 진행되어 왔으며, 본 연구는 이러한 논의의 실증적인 근거를 제공하고 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 설명되어져야 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 13개 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 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 사업단 위별로 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.

< 참고문헌 >

- 장진규·정성철·김기국, "연구개발투자의 경제효과 분석", 과학기술정책관리연구소, 1994.
- 장진규·김기국, "연구개발투자의 산업성장 기여도", 과학기술정책동향, 1994.2, pp.40-56.
- 홍순기·홍사균·안두현, 연구개발투자의 산업부문간 흐름과 직·간접 생산성 증대효과 분석에 관한 연구 1991, 정책연구 91-14, 과학기술정책연구소.
- Adams, James D. and Adam B. Jaffe . "The Span of the Effect of R&D in the Firm and Industry," *CES Discussion Paper* 94-4, June 1994.
- 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.
- _____ . "Research and Development and interindustry spillovers : an empirical application of dynamic duality," *Review of Economic and Statistics*, vol.71, No2, pp.249-269.
- 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.
- 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.
- _____ . "R&D and the productivity slowdown," *American Economic Review*, 1980, Vol70, No.2, pp.434-448.
- _____ (ed.). *R&D, Patents and Productivity* , Chicago University Press, 1984, Chicago.
- _____ . "The Search for R&D Spillovers," *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94, Supplement, pp.29-47, 1992.
- _____ . "Productivity, R&D, and the Data Constraint," *American Economic Review*, March 1994, pp.1-23.
- Griliches, Zvi and Frank R. Lichtenberg. "Interindustry technology flows and productivity growth : a reexamination," *Review of Economics and Statistics*, Vol.59, pp.324-329.
- _____ . "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.
- 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.
- 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.
- Odagiri, Hiroyuki. "Research activity, output growth, and productivity increase in Japanese manufacturing industries," *Research Policy* 14 , 1985, pp.117-130.
- Pakes, Ariel and Mark Schankerman. "The Rate of Obsolescence of Patents Research Gestation Lags, and the Private Rate Of Return to Research Sources," in Zvi Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago : University of Chicago Press, 1984, pp.73-88.
- Romer, Paul M. "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No.5(1990), pp. s71-s102.
- Scherer, F.M. "Interindustry technology flows and productivity growth," *Review of Economics and Statistics*, Vol.64, 1982, pp.627-634.
- _____ . "Using Linked Patent and R&D Data to Measure Interindustry Technology Flows," in Zvi Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago : University of Chicago Press, 1984, pp.417-464.