

R&D成果에 대한 R&D投入要素의 分配率 計測에 관한 研究

-A Study on Estimation of Distribution Rate of
R&D Input on R&D Output-

이 재 하*

Lee, Jae ha

장 경**

Chang, kyung

Abstract

The purpose of this study is to estimate the distribution rate of R&D input on R&D output in major manufacturing industrial sector. The distribution rate is estimated on time-series data for the period 1980 to 1996. The data used in this study can be divided into the two categories. 1) R&D output data (Patent, Utility) 2) R&D input data (R&D expenditure, R&D workers)

The raw data of R&D expenditure is transformed into R&D stock. And the specific production function is used to represent the interaction between R&D input and output. The production function shows the maximum rate of R&D output that can be achieved by certain given, technologically possible, R&D input combinations.

The main findings can be summarized as follows.

- 1) There was a diminishing return between R&D input and output($\alpha + \beta < 1$).
- 2) R&D output growth was more affected by R&D expenditures than R&D workers.
- 3) R&D workers were more contributed highly to Patent granted than Utility model.

1. 연구의 목적

많은 국가들이 산업경쟁력을 향상시키기 위하여 研究開發(R&D)에 집중적인 노력을 아끼지 않고 있음은 주지의 사실이다. 더구나 R&D를 통한 새로운 기술이나 제품의 창출만이 산업경쟁력 확보를 위한 근간이 된다는 인식에 따라 우리나라 製造産業의 경우도 최근 10여년동안 끊임없이 R&D투자를 강화해 왔으며, 이런 노력의 결과로 R&D투자확대를 통한 技術蓄積의 기반을 부분적으로 구축할 수 있었다.

그러나 이제는 量的인 투입측면에서 R&D의 外形的 成長보다는 R&D의 質的인 수준향상에 보다 큰 관심을 갖게 되는 시점에 이르렀다. 이는 양적인 R&D투입에 비하여 질적인 R&D성과면에서 우리나라와 선진국과의 상당한 격차를 어떻게 해소할 것인가가 주요 과제로 등장했기 때문이기도 하다. 따라서, R&D성과면에서 선진국과의 이러한 質的格差를 줄이기 위해서는 R&D투자의 量的 확대도 중요하지만 이보다는 우선, R&D投入要素의 세부화된 計量化作業을

* 남서울대학교 경영학과

** 단국대학교 산업공학과

통하여 R&D투입요소가 어떻게 R&D성과에 기여했는가를 규명하는 작업이 필요하다. 그간 R&D투입에 따른 성과에 대한 분석은 양적인 측면에서 투입요소와의 연관관계에 초점을 맞춘 것이 일반적인 시각이었다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 본 연구에서는 R&D投入要素의 計量化를 위한 개념적 틀을 개발하여 R&D성과에 대한 R&D투입요소의 보다 정확한 기여도를 투입요소의 분배율로써 포착해 보고자 한다.

2. 선행연구의 검토

본 연구에서는 特許와 新案件數와 같은 R&D활동의 1차적인 直接成果만을 분석대상으로 하고 있고, R&D투입요소에 대해서는 R&D성과에 가장 밀접한 R&D투자액과 R&D종사자(수)로 국한하였다. 본 연구의 목적과 직·간접적으로 관련하는 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, Mueller[1]는 미국의 5개 산업(1958년~1960년)을 대상으로 R&D투자액과 R&D종사자수가 특허건수에 미치는 영향을 파악하기 위하여 線形을 가정한 重回歸分析을 통하여 검토하였다. 이 때, 연구비에 대해서는 R&D활동단계별 비용으로 구분하여 분석하였다. 그 결과, 대체로 기초연구는 응용연구보다 특허에 대한 설명력이 높게 나타났고, 산업마다 이들 연구비의 영향력은 다소 차이가 있음이 밝혀졌다. 이어 Comanor와 Scherer[2]는 미국의 제약산업을 대상으로 하여 특허출원건수에 대한 연구자수, 매출액의 기여도를 살펴보고자 이들간의 관계를 선형으로 가정하여 검토하였으며, 통계적으로 유의한 관련이 있음을 밝혔다.

한편, Pavitt[3]은 미국의 제조산업(1974년~1975년)을 대상으로 특허등록건수에 대하여 R&D투자액과 R&D종사자수, 총종업원수 그리고 매출액 등과의 상관정도를 살펴보았다. 분석 결과, 총종업원과 매출액보다는 R&D투자액과 R&D종사자수가 특허등록건수와의 상관관계가 높았으며, 통계적으로도 유의한 것으로 밝혀졌다. Evenson[4] 또한 미국의 제조산업(1964년~1978년)을 대상으로 특허등록건수에 대한 투입요소(R&D종사자수, 정부지원금, 기초비용, 개발비용)들의 기여도를 非線型關係式을 통하여 분석하였다. 그 결과, 기초비용의 기여도를 제외하고는 모두 陽의 관계를 갖고 있는 것으로 나타났다.

Pakes와 Griliches[5]는 미국의 7개 산업, 121개 기업(1968년~1975년)을 대상으로 R&D투자액과 특허와의 관계를 검토하였다. 분석결과, 7개 산업 전체를 놓고 볼 때 特許變量(Patent Variance)의 약 80% 정도는 R&D투자변량과 연관이 깊으며, 정밀과학계측산업에서는 95% 정도가, 그리고 전자기기 및 통신산업에서는 특허변량의 약 89%가 R&D투자변량과 관련되고 있음이 밝혀졌다.

한편, Soete[6]는 OECD 18개국을 대상으로 세계지적소유권 기관(World Intellectual Property Organization; WIPO)의 산업통계 Data(1975년~1977년)를 토대로 단순회귀식을 이용하여 국가별 R&D투입비 對比 특허출원 및 등록건수와의 관계를 분석하였다. 아울러, Uno Kimio[7]는 R&D비용과 R&D인력을 투입요소로 보고, 성과(특허출원건수)와의 관계를 生産函數의 형태로 분석하였다. 그러나, 특허성과와 R&D투입요소간의 관계를 설정함에 있어 투입시기가 달라짐에 따라 R&D투입요소 자체가 안고 있는 質的인 측면을 고려해 주지 못한 상태에서 연구를 전개시키고 있다는 점에서는 앞의 선행연구들과 동일한 문제점을 안고 있다. 이러한 문제에 대하여 Saito[8]는 일본의 제조산업을 대상으로(1963~1986) 기술개발성과(특허와 실용신안등록건수)와 기술개발자원(연구인력과 연구비용)과의 관계를 Uno와 동일한 접근 방식을 취하면서 투입요소의 질적인 측면을 고려한 기술개발함수를 개발하고, 이를 통하여 기술개발성과에 대한 R&D투자액 및 종사자의 기여도를 산출하였다. 본 연구에서도 활용하고 있는 개념의 기본적인 틀은 Saito의 연구모형에 근거하고 있다.

3. 분석모형 및 변수처리

본 연구의 분석대상은 전기·전자산업, 기계산업, 화학산업 등으로 하였고, 제조업전체에 대해서도 분석을 시도하였다. 분석기간은 비교적 정확한 R&D관련변수를 구할 수 있었던 1980년부터 최근 1996년까지로 하였다. R&D성과지표로는 국내 특허건수(출원:PA, 등록:PG)와 實用新案件數(출원:UA, 등록:UG)를 이용하도록 하였다. R&D투입지표로는 성과창출에 가장 직접적인 관련을 갖는 R&D투자액(RD_E)과 R&D종사자수(RD_M) 등으로 하였다.

그런데 본 연구의 목적에 따른 분석을 행하기 위해서는 플로우(Flow)개념의 R&D투자액을 R&D자본스톡(Stock)으로 변화시킬 필요가 있다. 그러나 우리나라 산업을 대상으로 하는 경우에 이러한 문제해결을 위한 관련연구가 적고 추계에 필요한 자료 역시 구하기가 쉽지 않아 R&D자본스톡의 추계가 여간 어려운 일이 아니다. 따라서 본 연구에서도 R&D자본스톡을 추계함에 있어, 분석의 편의상 Saito의 연구[8]에서와 마찬가지로 實質 R&D투자액에 Laspeyres 방법¹⁾으로 디플레이터시킨 금액을 R&D비용으로 사용하였다. 다만, 본 연구에서는 각각의 성과변수와 R&D투입변수(비용,인력)와의 時間差(time-lag)²⁾를 보다 면밀히 고려해 줌으로써 R&D성과와 R&D투입변수간의 관련정도를 높힐 수 있도록 하였다.

이상 분석에 필요한 지표들은 주로 R&D투입비용 및 人力에 대해서는 「과학기술년감」에 수록된 지표를 사용하였고, 특허와 실용신안정보에 대해서는 「특허년보」와 「산업기술 주요통계요람」을 참조하였으며, 물가지수에 대해서는 「주요경제지표」 등을 토대로 보충하도록 하였다.

본 연구에서는 Cobb-Douglas(C-D) 生産函數의 형태를 빌어 R&D投入과 특허성과와의 관계를 규명하고자 하는데, 이 함수는 P.H. Douglas가 1934년 생산, 노동, 자본에 관한 실제적 자료를 이용하여 산출량과 생산요소의 투입량사이의 관계를 아래의 函數式으로 나타낸 것에 근거하고 있다.

$$Q = A L^{\alpha} K^{\beta}, (\alpha + \beta = 1)$$

여기서 Q는 생산량, A는 상수, L은 노동투입량, K는 자본투입량, 그리고 α 와 β 는 투입의 탄력성을 의미한다. 이 함수는 수식전개가 용이하여 위의 함수에서 양변에 모두 代數를 취하면, $\log Q = \log A + \alpha \log L + \beta \log K$ 의 식으로 변형된다. 또한, 一次 同次 함수체계를 따르고 있어 勞動과 資本을 동일한 비율로 변화시켰을 때, 그에 따라 규모 역시 동일한 비율로 변화하는 특징을 갖고 있다. 한편, 1次 同次를 전제로 하는 경우에 α 와 β 는 각각 노동과 자본이 산출물에서 차지하는 분배의 몫(share)을 나타내는 구조를 갖고 있다. 그러나, 이 C-D 함수에서 $\alpha + \beta$ 가 항상 1일 필요는 없다. $\alpha + \beta$ 의 합이 1보다 클 수도 있는데, 이 때는 규모가 변화할 때 수확이 증가하는 경우이며, 1보다 적을 때에는 규모가 변화할 때 수확이 감소하는 경우이다.

본 연구에서는 이러한 C-D生産函數의 구조적 특징을 이용하여 산출물 Q를 R&D성과(특허·실용신안)로 대체하고, 자본은 R&D 투입비용으로, 노동은 R&D人力으로 대체하여 궁극적으로 R&D성과에 대한 투입요소(비용,인력)의 분배율을 산출하게 된다. 본 연구에서 활용하고 있는 모형은 다음과 같다.

1) 개별물가지수(도매물가지수)를 개별지출항목에 적용하는 방식으로서, 우리나라 과학기술연감의 경상 R&D자료의 경우 인건비와 기타 경비 그리고 기계장치와 토지, 건물 등으로 구성되어 있어 이들 비용별 디플레이터지수를 구하여 개별지출항목에 적용시키게 된다.

2) 산업별 R&D성과와 R&D투입요소와의 시간차의 분석은 다음의 분석결과를 활용하였다. 李在河(1997), "R&D투입과 성과간의 시간지연분석," 기술경영경제학회학술발표 논문집, pp.166~167.

$$Q_{i,t} = A_i (RD_{Mi,t-m} \cdot C_{Mi,t-m})^{\alpha_i} \cdot (RD_{Ei,t-m} \cdot CE_{i,t-m})^{\beta_i}$$

여기서, $Q_{i,t}$: i산업의 t년도의 成果, A_i : i산업의 常數項
 $RD_{Mi,t-m}$: i산업의 (t-m)년도의 R&D종사자수,
 $RD_{Ei,t-m}$: i산업의 (t-m)년도의 R&D투자액
 $C_{Mi,t-m}$: i산업의 해당년도 바로 前년도의 특허건수를 前년도 R&D종사자수로 나눈 수치를 창조성지수 1로 간주하고 이를 기준으로 산출한 당해년도의 창조성지수
 $CE_{i,t-m}$: i산업의 해당년도 바로 前년도의 특허건수를 前년도 R&D투자액으로 나눈 수치를 창조성지수 1로 간주하고 이를 기준으로 산출한 당해년도의 창조성지수
 α_i, β_i : i산업에 대한 分配率의 지수
 $t-m$: 투입과 산출간의 時間遲延差(Time-Lag) 등을 의미하고 있다.

이러한 C-D함수모형의 적합여부에 대해서는 추정된 함수식의 精度를 측정하는 방식으로 흔히 쓰는 決定係數(Coefficient of determination, r^2)를 활용하는 것으로 하였다. 제조산업 전체를 대상으로 이들의 관계를 一般線型으로 가정한 경우($r^2 = 0.82$)와 C-D함수형태의 非線型을 가정한 경우($r^2 = 0.87$)로 나누어 통계적인 事前分析作業을 실시해 본 결과, C-D함수형태로 부터 從屬變數(成果)의 全體變量을 설명함에 있어 다소 높은 설명력을 갖고 있다고 하는 결과에 근거하고 있다.

한편, Saito의 연구에서는 매년의 성과 1건당 투입비용 및 인력의 수치를 구한 다음, 초기 기준년도에 투입된 성과 1건당 투입비용이나 인력을 1로 指數化하여 각 年도별 기술수준지수를 산출하고 그의 연구모형에 적합시켜 寄與率을 구하였다.

이와 달리 본 연구에서는 創造性指數의 산출을 위한 기준년도의 설정에 있어서 기준년도를 연구의 시발년도로 잡지 않고, 해당년도의 바로 전년도로 설정하여 전년도의 창조성수준을 1로 보고 당해년도의 창조성지수를 산출하는 방식을 채택하는 것으로 하였다. 이는 경제학에서 성과의 증감에 대한 투입요소별 기여율을 구할 때, 전년도를 기준으로 하여 성과 및 투입요소의 增減率을 구하고 있는 것과 동일한 산출방식을 채택하기 위함이다.

4. 분석결과

본 연구의 분석모형에 근거하여 R&D성과에 대한 R&D투입요소의 分配率을 도출한 분석결과는 표1에 나타난 바와 같다. 첫째, 가장 특징적인 현상으로서 分配率 α 와 β 의 합이 1을 초과하지 않는 것으로 밝혀졌다. 이는 곧 투입요소의 증가에 따라 성과의 증가가 이루어지지 않는 것으로 볼 수 있으나 收穫遞減現象이 내재되었음까지는 아직 단정하기 어렵다고 본다. 이에 대한 보다 정확한 분석은 추후의 과제로 남긴다.

둘째, 제조업 전체의 경우 R&D성과를 창출함에 있어 R&D종사자보다 R&D투자액의 分配率이 보다 높게 나타나고 있다. 이는 우리나라 제조산업의 과거 R&D투자형태를 추측할 수 있는 하나의 결과로서, R&D성과창출을 위해서 그간 연구인력강화보다는 설비투자위주로 자원투입이 유도해 온 것으로 풀이된다. 이는 R&D비용과 R&D인력에 대한 기초자료를 시간축을 갖고 일차 Plotting시켜 본 결과, R&D비용보다 R&D인력쪽에서의 산포가 훨씬 크게 나타난 것에도 연관되어진다고 생각된다.

셋째, 특허성과에 있어서는 R&D종사자의 分配率이 높았고, 실용신안의 경우에는 R&D투입액의 分配率이 높았던 것으로 나타났다. 이 결과는 일정요건을 갖춘 성과물로서의 특허산출에는 量的인 비용확대보다 R&D종사자의 創意力이나 지적 수준이 더 유효하게 작용한다는 점을 시사하고 있다.

<표1> R&D투입요소의 분배율 계측결과

구 분		α (R&D종사자)	β (R&D투자액)
제조업 전체	특허출원	0.4123	0.5234
	특허등록	0.4326	0.5476
	실용신안출원	0.3785	0.6057
	실용신안등록	0.4273	0.5308
전기·전자산업	특허출원	0.4895	0.4408
	특허등록	0.5832	0.4123
	실용신안출원	0.3869	0.6021
	실용신안등록	0.3873	0.5327
기계산업	특허출원	0.4575	0.4895
	특허등록	0.5903	0.3752
	실용신안출원	0.4684	0.5213
	실용신안등록	0.4171	0.5384
화학산업	특허출원	0.5733	0.4161
	특허등록	0.5024	0.4529
	실용신안출원	0.3800	0.5953
	실용신안등록	0.3781	0.6032

5. 결 론

이제 R&D의 量的인 투자확대와 더불어 질적수준 향상에 관심을 갖기 시작한 시점에서 본 연구는 R&D성과에 대하여 질적인 측면을 고려한 R&D투입요소들의 기여도 즉, 분배율을 계측하였다. 계측해 본 결과, R&D성과와 R&D투입자원간에는 수확체감의 현상이 내재되어 있음이 확인되었다. 또한 R&D성과창출에 있어서 인력측면보다는 비용측면의 기여가 높았던 것으로 밝혀져, 80년대 이후 지금까지 비용위주의 산업R&D투자정책의 단면을 엿볼 수 있었다.

그러나 특히, 특허의 경우에는 R&D투자비용보다 연구인력의 기여가 높은 것으로 나타나고 있어, 오늘날과 같이 창의성이 강조되는 상황에서는 연구자 인력의 보강이 궁극적으로는 특허창출의 기반을 조성하는데 중요한 역할을 담당하리라 본다.

아울러 본 연구를 수행함에 있어서의 미비점들은 첫째, R&D성과와 투입요소의 선정에 있어서의 한계점과 둘째, 創造性指數를 개발함에 있어 특허의 질적측면을 1건대비 비용이나 인력으로 설정하고 있으나 이를 보완할 수 있는 새로운 지표의 개발문제 셋째, R&D비용에 대한 보다 정확한 Stock추정의 문제 넷째, R&D投入要素와 産出間등의 관계설명에 적합한 함수식의 정확한 추정 등으로 볼 수 있다. 이러한 미비점들이 해결된다면 본 연구의 의의는 더욱 클 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] D. C. Mueller, " Patents, research and development, and the measurement of technical change," *J. of Political Economy*, May-June, 1966.
- [2] W. S. Comaner & F.M. Scherer, " Patent statistics as a measure of technical change," *J. of Political Economy*, Vol.77, May-June, pp.392-406, 1969,
- [3] K. Pavitt, " R&D, patenting and innovation activities," *Research Policy*, Vol.11, no.1, Feb., pp.33-51, 1982.
- [4] R. E. Evenson," International invention: implications for technology market analysis " in *R&D, patents and productivity*, Chap.5, ed by Zvi Griliches, The Univ. of Chicago Press, pp. 89-126. 1984.
- [5] A. Pakes and Z. Griliches , " Patents and R&D at the firm level: A first look ", in *R&D, patents and productivity*, Chap.3, ed Griliches.Z., The Univ. of Chicago Press, pp. 55-72. 1984.
- [6] L. Soete, " The impact of technological innovation on international trade patterns: the evidence Reconsidered," *Research Policy*, Vol.16, pp.101-130, 1987.
- [7] 鳥野公郎(Uno Kimio), " 技術進歩の計量分析," *研究技術計劃學會*, Vol.206, pp.19-33, 1984.
- [8] M. Saito, " わが國産業の技術開發構造," *研究技術計劃學會*, Vol.2, pp.226-238, 1987.
- [9] 李在河, " R&D투입과 성과간의 시간지연분석," *技術經營經濟學會 夏季學術發表論文集*, pp.166~167, 1997.
- [10] 神 隆行, *技術革新と特許の經濟理論*, 多賀出版, 1984.
- [11] 김적교, 조병택, *研究開發과 市場構造 및 生産性*, 韓國開發研究院, 1989.
- [12] 崔大植, *技術進歩와 經濟成長*, 무역경영사, 1982.