

국내 R&D 제조기업의 효율성 결정요인에 대한 연구: R&D 및 특허효과를 중심으로

Study on the Determinants of Efficiency in Korean R&D Manufacturing Firms: Focused on the Effects of R&D and Patents

임소진 (Lim, Sojin)

한국지식재산연구원¹⁾

〈 국문초록 〉

투입 증대를 통한 경제성장 전략은 급격히 변화하는 경제환경과 맞물리면서 한계를 보이면서 기업의 투입 대비 효율성에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구는 국내 제조기업 중 연구개발 투자액 상위 938개 기업의 2005~2018년 패널 데이터를 활용하여 기업의 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 주는 요인을 분석하였다. 분석 결과, 기업의 혁신을 위한 투입인 연구개발집중도와 연구개발 성과인 특허가 모두 기업의 효율성을 높이는 것으로 나타났다. 이 밖에 기업의 규모, 부채비율, 수익성 등도 기업의 효율성에 유의미한 영향을 주었다. 분석결과를 통해 본 연구는 기업의 낮은 효율성을 극복하기 위한 지식경영 관점에서의 시사점을 제시하였다.

주제어: 효율성, 효율성 결정요인, 지식경영, 특허, 연구개발투자

1) sjlim@kiip.re.kr

1. 서론

GDP대비 기업의 연구개발비 비중 세계 2위, 인구 천 명당 연구개발인력 세계 3위(IMD, 2021)가 말해주듯 국내 기업은 노동 및 연구개발투자 등 투입을 극대화하는 경영전략을 통해 성장해왔다. 하지만 국내 기업의 생산성·효율성은 세계 31위(IMD, 2021)로 전년 대비 상승했지만(2019~2020년 38위) 여전히 투입 측면에서의 순위와 상당한 격차를 보이고 있다. 또한 최근의 급격한 환경변화는 투입이 기업의 수익으로 연결되는데 대한 불확실성을 더욱 증가시킴으로써 국내 경제가 혁신의 역설(Innovation Paradox)에 빠졌다는 우려를 낳고 있다.

Lieberman & Montgomery(1988)는 R&D 투자 규모보다 R&D를 얼마나 효율적으로 활용하느냐에 따라 기업의 성과가 결정된다고 논의하고 있다. 노키아는 애플에 비해 6.4배나 더 많은 돈을 연구개발에 지출했으나 생산성 감소로 결국 MS에 인수된 사례가 의미하듯 연구개발 투자는 지속적으로 확대되어야 하지만 동시에 투자 대비 효율성 확보 또한 고려해야 할 시점이다.

기존 연구들은 주로 기업의 생산성에 관심을 두고, 생산성에 영향을 주는 다양한 요인에 대한 연구가 진행되어 왔다. Bozeman & Link(1983)는 미국 제조기업을 대상으로 Cobb-Douglas 생산함수를 이용하여 생산성과 R&D투자와의 관련성을 분석하였고, 기초 및 공정관련 연구에 대한 R&D 지출이 생산성을 증가시켰다고 논의하였다. Sharma(2012)는 인도의 제약기업을 대상으로 R&D투자가 기업의 생산성에 미치는 영향을 분석하였다. 국내 연구로 이경석 외(2006)는 기업의 R&D 투자가, Oh et al.(2014)는 기업의 특허등록 건수가 총요소생산성 증가에 영향을 미치는 것을 보여주었다. 장선미(2020)는 산업단위 분석에서 산업의

R&D 투자는 생산성에 긍정적인 영향을 미치지 못하지만 특허는 해당 산업의 생산성 증가에 양의 영향을 미치는 것을 보여주었다.

기업의 효율성은 자본 및 노동 등의 투입(input) 대비 매출액 등의 성과(output) 비율을 기반으로 측정된다는 측면에서 생산성과 공통점이 있다. 생산성과 효율성은 여러 문헌에서 유사한 의미로 사용되어 왔지만 엄밀한 의미에서는 차이가 있다. 효율성을 협의의 생산성으로 보는 경우도 있고, 생산성을 효율성과 능률성 등의 성과지표를 모두 포함하는 광의의 개념으로 정의한 경우도 있다(황석원 외, 2009).

생산성은 투입대비 성과의 비율로 측정하지만, DEA(Data Envelopment Analysis) 및 SFA(Stochastic Frontier Analysis)를 활용하여 측정하는 효율성은 주어진 투입 수준으로부터 달성 가능한 최대 산출인 생산변경(production frontier)에 비해 해당 기업의 투입대비 산출 수준이 상대적으로 어느 위치에 있는지를 나타낸다. 즉, A 기업이 B 기업에 비해 투입대비 성과의 비율, 즉 생산성이 더 높다고 하더라도 해당 투입물의 수준을 고려했을 때 효율성이 오히려 더 낮을 수 있다. 다르게 기술하면, 기술적으로 효율적인 기업이라도 하더라도 규모의 경제성을 고려하면, 즉 투입물의 양을 변화시켜 생산성을 높일 수 있다(박만희, 2008).

지금까지 국가, 산업, 기업 수준에서의 생산성을 분석한 연구에 비해 효율성에 초점을 맞춘 연구는 상대적으로 부족하다. Barua et al.(2004)은 DEA를 이용하여 인터넷기업 간의 상대적 효율성을 분석하였다. Das & Patel(2013)은 인도 제약기업의 효율성을 분석하였고 그 결과 상위기업 일수록 효율성이 높은 것을 보여주었다. 국내 연구로 함시창(2006)은 국내 통신 기업들의 효율성을 분석한 결과 규모가 큰 기업이 효율성이 높음을 보여주었고, 하귀룡·최석봉(2011)은 국내 ICT 중소기업 전체의 효율성을 분석한 결과 효율성이

0.8 이상인 기업의 비율이 2006년 17.2%에서 2009년 10.3%로 감소함을 보여주며 국내 중소기업들이 전반적으로 비효율적으로 운영되고 있다고 논의하였다. 손민정·김하나(2020)는 국내 ICT 중소기업을 대상으로 효율성을 분석한 결과 개방형 혁신을 하는 기업의 효율성이 그렇지 않은 경우에 비해 높음을 보였다.

기업의 효율성이 어떠한 요인에 의해 결정되는지에 대한 선행연구로 Sahoo & Nauriyal(2014), Das & Patel(2013)과 신범철·이의영(2010)은 기업의 자산구조가, Řepková(2015)는 기업의 자기자본비율이, You et al.(2010)는 기업의 소유구조가 기업의 효율성을 향상시킨다고 논의하였다. 또한 선행연구에서는 수출집약도가 기업의 효율성에 부의 영향을 미친다는 결과를 보이는데(신범철·이의영, 2010; Sahoo & Nauriyal, 2014), 이는 생산성 측면에서 수출기업이 내수기업보다 높은 생산성을 보인다는 기존의 연구결과(곽만순, 2006; Aw et al., 2000)와 상반된 결과다. 그 밖에, 기업의 시장점유율, 광고비 비율 및 정부정책도 기업의 효율성에 긍정적인 영향을 준다는 연구결과(사공진·김정규, 2015)도 있다.

기업의 효율성 결정요인으로 R&D투자를 고려한 선행연구로 Tripathy et al.(2009)도 DEA를 통해 인도 제약기업의 효율성을 분석하였고, R&D 투자 집중도가 높은 기업일수록 효율성이 높은 것을 발견하였다. 김근령·김기홍(2015)도 국내 제약기업의 효율성을 결정하는 가장 중요한 요인 중 하나로 R&D 투자의 중요성을 언급하였고, 신범철·이의영(2010), 신범철·이의영(2010), 사공진·김정규(2015), 황경윤·구종순(2016), Wang & Wong(2012), 황경연(2013), Tripathy et al.(2009) 등은 매출액 대비 R&D투자의 비율인 연구개발집중도가 기업의 효율성을 높이는 요인 중 하나인 것을 보여주었다.

본 연구는 국내 R&D 투자 상위 1,200대 기업 중 제

조업에 속한 938개 기업의 2005~2018년 패널데이터(11,964개 관측 수)를 활용하여 기업의 효율성을 측정하고, 추정된 효율성을 결정하는 요인을 분석하였다. 특히, 생산함수 추정과 효율성 결정요인을 분석함에 있어 연구개발투자와 특허의 영향에 초점을 두어 살펴봄으로써 기업의 효율성 증대를 위한 지식경영의 필요성을 논의하고, 이에 따른 시사점을 제시하고자 한다.

본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 국내 기업의 효율성을 측정함에 있어서 일반적으로 활용되는 DEA기법 대신 모수적 접근법인 SFA 방법을 활용함으로써 생산함수를 추정하였고, 투입변수로 R&D의 효과를 분석하였다. 기업의 효율성을 측정할 기존 선행연구에서 주로 활용된 DEA법은 생산함수에 대한 가정이 불필요하고, 이에 따라 함수 추정에 따른 오차를 줄일 수 있는 장점이 있으나 투입요소에 대한 가설 검증이 불가능하고 비효율성이 과대 추정될 수 있다는 단점이 있다. 본 연구는 생산함수를 추정하기 위해 초월대수함수를 활용하였고 이를 통해 R&D 투자의 단독효과 뿐만 아니라 다른 투입요소(노동, 자본)와의 교차 효과를 분석하였다. 또한 기업의 효율성을 측정한 선행연구들은 주로 상대적으로 짧은 기간에 대해 분석함으로써 효율성의 동적인 변화를 설명하지 못하고 있는데 반해, 본 연구는 2005~2018년 제조기업 데이터를 활용함으로써 R&D 투자가 생산량에 미치는 영향의 시간에 따른 동적 변화추세를 검증하였다.

둘째, 기업의 효율성을 분석한 선행연구들은 특정 산업으로 분석의 대상을 한정하였다. 이는 기업의 상대적 효율성은 같은 생산함수를 적용할 수 있는 동질 집단을 대상으로 측정하는 것이 합리적이기 때문이다. 본 연구는 기업의 효율성에 영향을 주는 R&D 및 특허의 효과를 분석하기 위해 분석대상 기업 집단을

특정 산업으로 한정하는 대신 제조업 중 R&D 투자 상위기업으로 한정하였다. 또한 이를 통해 효율성의 산업에 따른 차이와 효율성의 결정요인으로서 특정 산업의 효과를 검증하였다.

셋째, 본 연구는 효율성의 요인을 분석함에 있어서 R&D 뿐만 아니라 특허의 효과를 동시에 고려하였다. 지금까지 특허에 대한 연구는 주로 기업의 성과 및 생산성과 관련되어 진행되어 왔다. Audretsch et al.(2005), Cockburn & Wagner(2007)는 기업의 성과와 생존에 특허가 긍정적인 영향을 미친다고 논의하였다. 김건식(2014)은 기업의 R&D 투자와 재무적 성과 간 관계에 있어서 특허 출원이 매개효과가 있음을 실증분석을 통해 보였다. 장선미(2020)는 지식의 투입요소인 R&D는 산업의 생산성에 긍정적인 영향을 미치지 못하는 반면, 그 산출물인 특허는 산업의 생산성 증가에 유의한 양의 영향을 미친다고 논의하였다. 이종호 외(2020)는 비 IT 기업에서 특허건수가 기업의 성장에 부분 매개효과를 갖는 것으로 나타났으나, IT 기업에서는 특허의 매개효과가 없음을 실증분석을 통해 보였다. 그러나 특허가 기업의 상대적 효율성에 미치는 영향을 규명한 실증연구는 매우 부족하다. 본 연구는 R&D 투입의 정도를 나타내는 연구개발집중도와 R&D 성과물인 특허스톡이 동시에 기업의 효율성에 어떠한 영향을 주는지 분석함으로써 시사점을 제시하였다.

2. 연구개발 기업의 효율성 분석

2.1. 분석 모형

효율성을 측정하기 위해 일반적으로 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Anaysis)과 확률적변경분석(SFA: Stochastic Frontier Anaysis)이 활용된다. DEA와

SFA는 공통적으로 각 DMU의 투입 및 산출 값을 활용하여 효율적 변경(efficient frontier)을 도출하고 이로부터 각 DMU가 떨어진 거리를 기반으로 각각의 효율성을 측정한다. DEA는 효율성을 측정하기 위한 비모수적(non-parametric) 접근법으로, 통계적 분포 및 생산함수에 대한 가정이 불필요해 연구자의 주관적 판단이 개입될 여지가 적다는 장점과 수월성으로 가장 보편적으로 활용되는 방법론이다. 반면, SFA는 모수적(parametric) 접근법으로서 효율성의 측정 뿐 아니라 추정된 생산함수를 통해 다양한 가설검정 방법과 패널 데이터를 활용할 수 있다는 장점이 있다. Cullinane et al. (2002)는 패널 데이터를 이용하여 효율성을 측정할 경우 통계 모형을 잘 정의한다면 SFA가 DEA에 비해 더 효과적이라고 논의하고 있다.

본 연구는 기업의 경제적 성과에 대한 효율성을 추정하는데 있어 비효율성의 원인을 분석하기 위해 SFA를 활용하였다. SFA는 오차항을 확률적 오차항과 생산의 비효율성을 반영하는 항으로 구분하여 <수식 1>과 같이 표현된다. e^{u_j} 는 평균이 0이고 분산이 σ_v^2 인 정규분포를 가정한 확률적 오차항이고, e^{-u_j} 는 0~1 범위 내에서 변동하는 기업 j의 기술적 효율성이다.

$$\ln(y_i) = X_i\beta + v_i - u_i, \text{ 또는}$$

$$y_i = f(X_i, \beta) \cdot \exp(v_i) \cdot \exp(-u_i), \quad i = 1, 2, \dots, N$$

〈수식 1〉 SFA 모형

각 기업의 기술적 효율성(Technical Efficiency: TE)는 다음의 <수식 2>와 같이 표현된다. 여기서 분모는 이론적 최대 산출량을, 분자는 실제 산출량을 의미한다. 즉 TE 값이 1인 경우는 기술적 비효율성(u_i)이 0이므로 가장 효율적이라는 것을 의미한다.

$$TE_i = \frac{y_i}{y_i^*} = \frac{f(x_i; \beta) \times \exp(v_i) \times \exp(-u_i)}{f(x_i; \beta) \times \exp(v_i)} = \exp(-u_i)$$

〈수식 2〉 기술적 효율성(TE)

본 연구에서는 패널 데이터를 활용하여 시간에 따른 효율성의 변화를 고려해야 하므로 Battesse & Coelli(1992)의 모형을 채택하였다.

$$Y_{ti} = f(x_{ti}, \beta) e^{V_{ti} - U_{ti}}, i = 1, 2, \dots, N,$$

$$u_{ti} = \exp[-\eta(t - T)] \times u_i$$

〈수식 3〉 Battesse & Coelli(1992) 모형

〈수식 3〉에서 기업 i의 t년도에서의 기술적 비효율성 u_{it} 는 표본기간의 마지막 년도(T)까지 남은 기간(T-t), 기술적 비효율성의 변화율 η , 표본기간의 마지막 년도에서의 기업 i의 기술적 비효율성 u_i 에 의해 결정된다. η 가 양수인 경우는 효율성이 시간에 따라 증가했다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 생산함수를 추정하기 위해 투입요소 자본(K), 노동(L), 중간재(M), 연구개발스톡(RD)을 고려한 초월대수함수(translog functional form)를 가정하였다.

$$\ln(y) = a_0 + \sum_j a_j \ln(x_{jit}) + a_T t + \beta_{TT} t^2 + \sum_j \beta_{jl} \ln(x_{lit}) \ln(x_{jit}) + \sum_j \beta_{Tj} t \ln(x_{jit}) + v - u$$

$i = 1, 2, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad j, l = L, K, M, RD$
〈수식 4〉 초월대수함수

초월대수함수는 투입요소 간 교차항이 포함되어 있어 그 효과를 추정할 수 있다는 장점이 있다. 특히, 추세변수 t는 확률적 변경생산함수에서 기술변화에 대한 대리변수 역할을 하고, 기술적 비효율성이 시간의 흐름에 따라 변화하는 정도를 나타낸다(Kneller & Stevens, 2003).

2.2. 변수의 정의 및 자료

효율성 추정을 위해 산출(Y), 자본(K), 노동(L), 중

간재(M), 연구개발스톡(RD)은 아래 <표 1>과 같이 산출하였다. 연구개발스톡은 연구개발을 통해 새롭게 산출된 지식이 유입(RDI)되고, 축적된 지식(RDS)이 시간의 흐름에 따라 일정비율(δ)로 진부화¹⁾된 것을 정량적으로 나타낸 값이다.

$$RDS_t = (1 - \delta)RDS_{t-1} + RDI_{t-1}, RDS_0 = \frac{RDI_0}{g + \delta}$$

〈수식 5〉 연구개발스톡

기업의 효율성 분석을 위해 본 연구는 국내 제조기업 중 2018년 기준 연구개발 투자액 상위 938개 기업의 2005~2018년 기간 동안의 재무데이터를 확보하였다. 분석대상기업의 패널 데이터 중 2018년 기준 기초 통계량은 다음과 같다.

2.3. 생산함수 추정 및 효율성 분석결과

아래 <표 3>은 생산함수 추정 결과를 보여준다. μ 는 기술적 효율성을 나타내는 오차항의 통계적 분포로 기업의 비효율성이 통계적으로 유의미한 수준에서 존재하는 것으로 나타났다. 또한 이러한 비효율성은 시간에 따라 변화하고 있으며, 시간에 따라 효율성이 증가해온 것으로 분석되었다($\eta > 0$). 이는 매년 기술적 효율성 개선이 이루어졌다는 것을 의미하는 결과다. 전체 오차항의 분산 가운데 기술적 효율성에 의해 설명되는 부분의 비중(γ)은 78%로 매우 높게 나타났다.

추정된 계수를 보면 모든 투입요소(노동, 자본, 중간투입, 연구개발스톡)는 생산량에 양(+)의 영향을 미친다. 특히, 연구개발스톡(RD)이 생산량에 미치는 영

1) Bu(2004)에 의하면 1996~1998년 동안 한국의 물적 자본의 감가 상각률은 9.9%이고 1954~1990년 동안은 9.87%로 추계하였으며, Penman & Sougiannis(1998)은 기업가치 추정연구에서 할인율을 사용하는 것으로 인한 차이가 적음을 실증하고 일정한 할인율 10%로 가정하여 분석

〈표 1〉 변수의 정의

구분	변수명	설명
종속변수	ln_Y	- 산출에 대한 측정변수 - ln(실질 매출액)
독립변수	ln_L	- 노동투입에 대한 측정변수 - ln(종업원 수)
	ln_K	- 자본투입에 대한 측정변수 - ln(실질 유형자산)
	ln_M	- 중간투입에 대한 측정변수 - ln(실질 매출원가 + 실질 판매비와 관리비 - 실질 인건비 - 비용으로 처리된 실질 연구개발비 - 실질 감가상각비)
	ln_RD	- R&D 스톡에 대한 측정변수 - 영구재고법에 의해 추정 (감가상각률 10% 적용)

〈표 2〉 변수의 기초 통계량

단위: 억 원(실질), 명

구분	전체 기업 (938)		대기업(138)	중견기업(316)	중소기업(461)
	평균	중앙값	평균	평균	평균
매출액	10,800	1,510	60,100	4,130	1,020
종업원 수	1,073	291	5,467	551	158
인건비	241	58	1,200	131	39
유형자산	4,550	451	27,000	1,240	311
연구개발비	482	50	2,870	102	50
중간투입	7,370	606	40,800	3,020	674

〈표 3〉 생산함수 추정 결과

변수	Coef.	P> z	변수	Coef.	P> z
constant	6.886	0.000	lnK_lnRD	0.011	0.000
ln_L	0.419	0.000	lnRD_lnM	-0.062	0.000
ln_RD	0.697	0.000	t	-0.042	0.000
ln_K	0.312	0.000	t2	0.000	0.011
ln_M	-0.452	0.000	lnL_t	-0.006	0.000
ln_L2	0.023	0.000	lnM_t	0.004	0.000
ln_M2	0.079	0.000	lnRD_t	0.000	0.232
ln_K2	-0.008	0.000	lnK_t	0.001	0.271
ln_RD2	0.001	0.265	mu	1.459	0.000
lnL_lnK	0.009	0.003	eta	0.006	0.000
lnL_lnM	-0.075	0.000	sigma2	0.092	0.001
lnL_lnRD	0.046	0.000	gamma	0.783	0.080
lnK_lnM	-0.014	0.000			

향은 통계적으로 유의미한 수준에서 시간에 따라 일정한 것으로 나타났고, 연구개발스톡은 노동과 자본

투입과 양의 상호작용(강화효과)을 하는 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 주요 산업별 평균 효율성

주요 산업	효율성	주요 산업	효율성
음식료품	0.493	기타 기계 및 장비	0.408
의료용 물질 및 의약품	0.541	전자 부품, 컴퓨터, 통신장비 등	0.403
의료, 정밀, 광학 기기 및 시계	0.474	고무 및 플라스틱 제품	0.388
가구	0.459	전기장비	0.388
화학 물질 및 화학제품	0.453	자동차 및 트레일러	0.377
코크스, 연탄 및 석유정제품	0.447	평균	0.427

〈표 5〉 변수의 정의

변수		변수 설명
종속변수	효율성	SFA를 통해 추정된 기업의 효율성 값으로 0~1사이의 값을 가짐
독립변수	업력(년)	기업의 설립 년 이후 연차
	연구개발집중도(%)	연구개발비 / 매출액 × 100
	특허 스톡	기업이 보유한 유효특허 스톡 (진부화율 10% 적용)
	부채비율(%)	부채총액/총자산 × 100
	수출기업 여부	수출기업 여부, 더미변수 (0, 1)
	총자산순이익률(%)	당기순이익/총자산 × 100
	자산총계(억원)	-

다음으로 추정된 생산함수를 기반으로 기업의 상대적 효율성을 도출하였다. 대기업의 평균 효율성은 0.458로 중견(0.421)과 중소기업(0.423)에 비해 높았다. 평균 효율성 값을 산업별로 보면 주요 산업 중 의료용 물질 및 의약품 제조업, 음식료품 제조업, 의료·정밀·광학기기 및 시계 제조업에서 상대적으로 효율성이 높았고, 자동차 및 트레일러, 전기장비, 고무 및 플라스틱 제품 제조업에서 다소 낮은 효율성을 보이는 것으로 나타났다. 즉, 의약 산업을 제외하면 전자, 기계, 자동차 등 비교적 기술집약 산업에 속한 기업의 평균 효율성이 낮았다. 이러한 산업 간 효율성 차이는 분산 분석(ANOVA) 결과 통계적으로 유의미²⁾한 것으로 분석되었다.

3. 연구개발 기업의 효율성 결정요인 분석

3.1. 분석 모형 및 변수의 정의

본 연구에서는 기업의 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 Tobit regression을 활용하였다. Tobit 모형은 종속변수의 관측범위가 제약되는 경우에 활용할 수 있는 모형이다. 예를 들어 관측범위가 $Y_i^* \leq 0$ 이면 관측이 불가능한 경우 종속변수의 분포에 있어서 한계 값을 가지기 때문에 일반적인 회귀모형에서 가정하고 있는 정규분포를 가정할 수 없다. 앞에서 SFA를 활용하여 도출한 효율성 값은 0~1 사이로 제한되어 있기 때문에 Tobit regression을 활용하여 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. Tobit 모형은 아래와 같이 수식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 efficiency &= efficiency_i^* = \alpha + \beta X_i + u_i \quad \text{if } Y_i^* > 0 \\
 &= 0 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{if } Y_i^* \leq 0
 \end{aligned}$$

〈수식 6〉 Tobit 모형

2) Bartlett's test for equal variances: $\chi^2(21) = 2.7e+03$ Prob> $\chi^2 = 0.000$

분석에 사용한 변수는 다음 <표 5>와 같다. 선행연구에서 기업의 효율성에 영향을 주는 요인으로 기업의 업력과 규모, 연구개발 투자비용, 부채비율, 수출 등이 논의되었다. 본 연구에서는 효율성을 설명하는 독립변수로 연구개발집약도와 특허 스톡 외에 기업의 업력, 부채비율, 수출 여부, 자산총계, 총자산순이익률을 포함하였다.

3.2. 분석결과

<표 6>은 변수 간 상관관계 분석 결과를 보여준다. 기업의 효율성은 연구개발집중도, 특허스톡, 업력, 총자산순이익률과 통계적으로 유의미한 수준에서 양(+)의 상관관계, 부채비율과 음(-)의 상관관계를 보이고, 설명변수 간 다중공선성은 크게 문제되지 않는 것으로 판단할 수 있다.

<표 6> Pearson Correlation

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) 효율성	1.000						
(2) 연구개발집중도	0.038*	1.000					
(3) 특허스톡	0.089*	-0.002	1.000				
(4) 부채비율	-0.235*	0.048*	-0.026*	1.000			
(5) 수출기업 더미	0.142*	-0.025*	0.039*	-0.054*	1.000		
(6) 업력	0.111*	-0.039*	0.056*	-0.074*	0.209*	1.000	
(7) ROA	0.209*	-0.143*	0.009	-0.398*	0.036*	0.006	1.000

*1% 수준에서 통계적으로 유의미

<표 7> 분석결과 (1)

변수	모형 1		모형 2		모형 3	
	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t
constant	0.3949	0.000	0.3954	0.000	0.4479	0.000
업력	0.0009	0.000	0.0009	0.000	0.0006	0.000
연구개발집중도	0.0011	0.000	0.0011	0.000	0.0006	0.001
특허 스톡			9.98E-7	0.000	8.95E-7	0.000
부채비율					-0.0011	0.000
수출 더미					0.0264	0.000
Log likelihood	8149,573		8183,21		8508,863	

<표 7>과 <표 8>은 Tobit regression을 활용하여 효율성 결정요인을 분석하기 위해 설명변수를 순차적으로 포함시킨 결과를 보여준다. 모형 6에서는 연도와 산업 더미변수를 포함시켰다. 산업 더미변수의 경우 모형에 포함시켰을 때 유의미한 계수 값을 가지는 산업만 최종적으로 포함시켰다.

우선, 기업의 혁신을 위한 투입인 연구개발집중도와 연구개발 성과인 특허스톡은 모든 모형에서 통계적으로 유의미한 수준에서 기업의 효율성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 연구개발집중도와 특허 스톡을 순차적으로 모형에 포함시켰을 때 모형의 계수가 변화하지 않아 두 요인은 서로 독립적으로 기업의 효율성에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 이는 기업의 효율성을 증가시키기 위해서는 지식경영의 측면에서 혁신으로의 투입 뿐만 아니라 혁신의 성과

〈표 8〉 분석결과 (2)

변수	모형 4		모형 5		모형 6	
	Coef.	P> t	Coef.	P> t	Coef.	P> t
con	0.4151	0.000	0.4120	0.000	0.1965	0.000
업력	0.0007	0.000	0.0007	0.000	-0.0003	0.000
연구개발집중도	0.0006	0.000	0.0016	0.000	0.0015	0.000
특허 스톡	8.69E-7	0.000	6.97E-7	0.000	5.55E-7	0.000
부채비율	-0.0008	0.000	-0.0007	0.000	-0.0005	0.000
수출 더미	0.0248	0.000	0.0246	0.000	-0.0054	0.013
ROA	0.0018	0.000	0.0018	0.000	0.0016	0.000
ln(총자산)			0.0036	0.000	0.0128	0.000
연도 더미					포함	
산업_의약					0.0972	0.000
산업_전자					-0.0431	0.000
산업_전기장비					-0.0496	0.000
산업_기계					-0.0353	0.000
산업_자동차, 운송장비					-0.0644	0.000
Log likelihood	8635.786		8647.853		10293.294	

물을 배타적 권리인 특허로 권리화하는 것이 필요하다는 것을 의미한다.

기업의 업력과 규모는 기업의 효율성에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 기업의 업력이 증가하고 규모가 커질수록 효율성이 개선된다는 것을 의미한다. 이는 기존 연구(신범철·이의영, 2010; 함시창, 2006; Sahoo & Nauriyal, 2014; Das & Patel, 2013)와 맥락을 같이 하는 결과다. 그러나 산업 더미변수를 포함시킨 모형 7에서는 업력이 기업의 효율성에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 즉, 산업과 기업규모 효과를 제거했을 때 기업의 업력은 오히려 효율성에 부정적인 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

부채비율은 모든 모형에서 기업의 생산성에 유의미한 음(-)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 자기자본비율이 높은 기업의 효율성이 더 높다는 기존 연구(Řepková, 2015)에서의 결과를 뒷받침한다. 이러한 결과는 자금 안정성이 낮은 기업에서 기업의 생산

성이 오히려 낮아진다고 해석할 수도 있지만 낮은 생산성이 낮은 자금 안정성을 초래한다고도 해석될 수 있다.

수출 여부는 연도 및 산업 더미변수를 포함시키지 않은 모형 5까지 기업의 생산성에 유의미한 양(+)의 영향을 미치지 않지만, 연도 및 산업더미를 포함시켰을 때 오히려 음(-)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 수출집약도가 기업의 효율성에 부정적 영향을 미친다는 기존연구(신범철·이의영, 2010; Sahoo & Nauriyal, 2014)를 뒷받침한다. 수출기업이 내수기업보다 높은 생산성을 보인다는 기존 연구(곽만순, 2006; Aw et al., 2000)에서와 같이 본 연구의 변수 간 상관관계분석에서도 수출여부와 기업의 효율성은 양의 상관관계를 보였는데, 이는 내수기업에 비해 상대적으로 높은 수출기업의 효율성은 연도 및 산업의 효과의 영향이 있었다고도 해석할 수 있다.

4. 결론 및 시사점

지금까지 우리나라는 R&D 및 인력 등 투입의 극대화를 통해 경제성장을 달성했지만, 이러한 성장 전략은 급격히 변화하는 경제환경과 맞물리면서 분명한 한계를 드러내고 있다. 이에, 우리 기업의 만성적인 낮은 경영 효율성을 극복하기 위한 정책 및 이를 위한 연구가 필요한 시점이다. 본 연구는 국내 제조기업 중 R&D 투자액 상위 938개 기업의 2005~2018년 패널데이터를 활용하여 기업의 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 주는 요인을 분석하였다.

본 연구는 학문적 측면에서의 다음과 같은 차별성을 가진다. 첫째, R&D 기업의 생산함수 추정을 통해 R&D가 생산량에 미치는 영향의 시간에 따른 동적 추세변화와 타 투입요소와의 상호작용 효과를 검증하였고, 분석 결과 국내 기업의 R&D 스톡이 생산량에 미치는 영향은 통계적으로 유의미한 수준에서 시간에 따라 일정하고, R&D 스톡은 노동과 자본투입과 양의 상호작용(강화효과)을 하는 것을 실증분석을 통해 보여주었다. 둘째, 기업의 상대적 효율성을 측정함에 있어서 SFA모형 중 효율성의 동적 변화를 고려하는 Battesse & Coelli(1992)의 모형을 활용함으로써 국내 R&D 기업의 효율성이 시간의 흐름에 따라 증가해왔다는 것을 보여주었다. 마지막으로 국내 R&D 기업의 연구개발집중도와 특허스톡이 독립적으로 기업의 상대적 효율성에 긍정적인 영향을 미치는 것을 보여주고 있다.

본 연구에서의 분석결과를 토대로 다음과 같은 실무적 관점에서의 시사점을 제시한다. 첫째, 본 연구는 혁신을 위한 기업의 투입 강도인 연구개발집중도와 혁신의 성과로써 기업에 축적된 특허가 동시에 기업의 효율성을 유의미하게 높이는 것을 보여주었다. 즉, 연구개발을 위한 투입 뿐 아니라 연구개발의 결과물

을 특히로 권리화하는 것이 기업의 효율성을 증가시키는데 필요하다고 할 수 있다. 기업에 있어서 특허 등 지식재산권은 자사 기술을 보호함으로써 시장지배력을 높이는 수단일 뿐 아니라 특허풀 구축을 통한 경쟁기업 진입방지, 방어적 특허전략을 통한 소송 리스크 관리, 라이선싱을 통한 수익확보, 투자유치 등 대표적인 지식경영의 수단으로 그 중요성이 증가하고 있다. 특히 tract recort가 부족한 스타트업에 있어 특허는 중요한 핵심 자산으로 특허의 확보는 매우 중요하다.

둘째, 비교적 기술집약 산업인 전자, 기계, 자동차 산업은 기업의 규모, 연구개발집중도, 특허, 부채비율, 수익성 등 효율성에 영향을 미치는 다른 요인을 통제하더라도 기업의 효율성을 낮추는 산업 자체의 영향이 존재하는 것으로 나타났다. 이는 하이테크 산업의 경우 로우테크 산업에 비해 비교적 기술 및 제품의 주기가 짧고, 기술 경쟁 심화로 인한 기업의 생존을 저하 등으로 인해 초래되는 비효율이 존재하고 있다고 해석될 수 있다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 기술집약 산업에서 기업의 효율성 제고를 위해 다양한 기술금융 수단을 통한 적극적 투자지원, R&D 투자 촉진을 위한 정책금융 지원, 신속한 특허확보를 위한 제도적 지원, 규모의 경제 달성을 위한 기업 간 통합을 촉진할 수 있는 기반마련 등의 적극적인 지원 정책이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 제조업에 속한 연구개발투자 상위기업으로 분석대상을 한정했지만 효율성 추정에 있어서 동일한 생산함수를 가정하였다. 하지만 생산함수는 산업의 특성에 따라 달라질 수 있다. 또한 본 연구에서 기업의 효율성이 산업에 따라 통계적으로 유의미한 수준에서 차이가 있음을 보였지만, 이러한 산업 간 효율성 차이의 원인을 규명하지 못하였다. 후속 연구에서 전자, 기계, 자동차, 의약, 식료품 등 주요 산업 간 효율성 차이의 원

인을 분석한다면 더 의미 있는 시사점을 제시할 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구는 효율성에 영향을 미치는 혁신 측면에서의 요인으로 연구개발집중도와 특허스톡의 영향을 도출하였지만, 분석결과를 통해 기업의 지식경영 측면에서 의미 있는 시사점 도출에 한계가 있었다. 혁신의 결과물로서 특허는 청구항 수, 피인용 수, 공동출원 특허, 특허 다각화 정도 등에 따라 기업의 특허 기술의 수준 및 기업의 전략을 파악할 수 있는 좋은 대리 지표이기 때문에, 향후 연구에서는 특허의 다양한 질적지표를 활용함으로써 기업의 기술수준, 특허 전략, 공동연구 등 지식경영의 다양한 측면에서 효율성 제고를 위한 시사점을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

〈참고문헌〉

[국내 문헌]

1. 곽만순 (2006). 한국 제조업의 수출·내수기업 생산성 격차 분석. **국제통상연구**, 11(1), 51-75.
2. 김건식 (2014). 한국 제조업에서 혁신활동과 재무적 성과 간의 인과경로: 혁신성과 및 운영성과의 매개효과를 중심으로. **기술혁신학회지**, 17(1), 146-173.
3. 김근령, 김기홍 (2015). 국내 제약기업의 효율성 및 효율성 결정요인에 대한 연구. **국제경제연구**, 21(3), 75-100.
4. 박만희 (2008). **효율성과 생산성 분석**. 한국학술정보(주).
5. 사공진, 김정규 (2015). Stochastic Frontier Analysis를 이용한 제약회사의 효율성과 그 결정요인분석. **보건행정학회지**, 25(2), 97-106.
6. 손민정, 김하나 (2020). 원천기술 보유와 개방형 혁신(Open Innovation)이 기업의 효율성에 미치는 영향: 국내 ICT 중소기업 중심. **한국혁신학회지**, 15(2), 151-175.
7. 신범철, 이의영 (2010). R&D투자와 수출의 생산효율성 제고 효과: SFA기법을 활용한 실증분석. **기업경영연구**, 17(1), 1-21.
8. 이경석, 박명철, 이덕희 (2006). 시차분석을 통한 정보통신산업 연구개발투자가 총요소생산성에 미치는 효과 연구. **한국통신학회논문지**, 31(2), 154-163.
9. 이종호, 김태환, 정우진 (2020). 패널구조방정식을 활용한 IT기업의 R&D 투자효과 연구: 특허 매개효과 중심으로. **지식경영연구**, 21(1), 137-150
10. 장선미 (2020). 연구개발과 특허가 생산성에 미치는 영향에 관한 연구. **통상정보연구**, 22(4), 375-393.
11. 정우진, 김현석, 조신 (2019). ICT 산업의 R&D 투자가 타 산업에 미치는 파급효과 측정. **지식경영연구**, 20(1), 27-43.
12. 조찬희, 이상현, 이형용 (2021). 메타프론티어 분석을 이용한 여신전문금융회사의 효율성 비교. **지식경영연구**, 22(3), 151-172.
13. 하귀룡, 최석봉 (2011). 국내 ICT 중소기업의 경영효율성 분석: 상장기업을 중심으로. **중소기업연구**, 33(4), 55-75.
14. 함시창 (2006). 한국 통신기업들과 세계 주요 통신 기업들과의 기업효율성 비교분석. **정보통신정책연구**, 13(4), 115-157.
15. 황경연 (2013). 기업의 혁신활동과 지식자산축적이 국제화에 미치는 효과. **국제지역연구**, 17(3), 203-228.

16. 황경윤, 구종순 (2016). 수출제조기업의 효율성 결정요인에 관한 분석: 코스닥 기업의 연구개발집약도를 중심으로. **국제지역연구**, 20(2), 63-83.
17. 황석원 외 (2009). **국가연구 개발사업 R&D 효율성 분석 및 제고방안**. 과학기술정책연구원.

[국외 문헌]

18. Audretsch, D. B., & Lehmann, E. E. (2005). The effects of experience, ownership, and knowledge on IPO survival: Empirical evidence from Germany. **Review of Accounting and Finance**, 4(4), 13-33.
19. Aw, B. Y., Chung, S., & Robert, M. J. (2000). Productivity and turnover in the expert market: Micro evidence from Taiwan and South Korea. **The World Bank Economic Review**, 14(1), 65-90.
20. Barua, A., Brockette, P. L., Cooper, W. W., Deng, H., Parker, B. R., Ruefli, T. W., & Whinston, A. (2004). DEA evaluations of long- and short-run efficiencies of digital vs. physical product "dot com" companies. **Socio-Economic Planning Sciences**, 38(4), 233-253.
21. Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India. **Journal of Productivity Analysis**, 3(1-2), 153-169.
22. Bozeman, B., & Albert, N. L. (1983). The productivity growth to technology relationship, investments in technology. In **Investments in technology: Corporate strategies and public policy alternatives** (Chapter 5, pp. 74-83). New York: Praeger Publishers.
23. Bu, Y. (2004). Could foreign-aid financing cause excess depreciation of public capital?: Two simple hypothetical cases. **Economic Analysis and Policy**, 34(2), 189-202.
24. Cockburn, I. M., & Wagner, S. (2007). Patents and the survival of internet-related IPOs. **NBER Working Paper**, No.13146.
25. Cullinane, K., Song, D. W., & Gray, R. (2002). A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: Assessing the influence of administrative and ownership structures. **Transportation Research Part A**, 36(8), 743-762.

26. Das, S., & Patel, G. N. (2013). Assessment of performance of pharmaceutical firms making drugs for specific disease prevalent in India: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Management and Information Technology*, *6*(2), 763–775.
27. Kneller, R., & Stevens, P. A. (2003). The specification of the aggregate production function in the presence of inefficiency. *Economic Letters*, *81*(2), 223–226.
28. Lieberman, M., & Montgomery, D. (1988). First-mover advantages. *Strategic Management Journal*, *9*(1), 41–58.
29. Oh, D., Heshmati, A., & Löf, H. (2014). Total factor productivity of Korean manufacturing industries: Comparison of competing models with firm-level data. *Japan and the World Economy*, *30*, 25–36
30. Penman, S., & Sougiannis, T. (1998). A comparison of dividend, cash flow, and earnings approaches to equity valuation. *Contemporary Accounting Research*, *15*(3), 343–383.
31. Řepkova, I. (2015). Banking efficiency determinants in the Czech banking sector. *Procedia Economics and Finance*, *23*, 191–196.
32. Sahoo, B. K., & Nauriyal, D. K. (2014). Trends in and determinants of technical efficiency of software companies in India. *Journal of Policy Modeling*, *36*(3), 539–561.
33. Sharma, C. (2012). R&D and firm performance: Evidence from the Indian pharmaceutical industry. *Journal of the Asia Pacific Economy*, *17*(2), 332–342.
34. Tripathy, I. G., Yadav, S. S., & Seema, S. (2009). Measuring the efficiency of pharmaceutical firms in India: An application of data envelopment analysis and tobit estimation. *9th Comparative Analysis of Enterprise (Micro) Data Conference*, Tokyo, Japan.
35. Wang, M., & Wong, M. C. S. (2012). International R&D transfer and technical efficiency: Evidence from panel study using stochastic frontier analysis. *World Development*, *40*(10), 1982–1998.
36. You, T. W., Chen, X., & Holder, E. M. (2010). Efficiency and its determinants in pharmaceutical industries: Ownership, R&D and scale economy. *Applied Economics*, *42*(17), 2217–2241.

● 저 자 소 개 ●



임 소 진 (Sojin Lim)

현재 한국지식재산연구원 부연구위원으로 재직 중이다. 서울대학교에서 경제학 석사, 박사 학위를 취득하였다. 주요 연구분야는 지식재산 전략 및 분쟁, 지식재산 금융 등이다. 지금까지 Journal of Small Business Management 등 주요 학술지에 논문을 발표하였다.

〈 Abstract 〉

Study on the Determinants of Efficiency in Korean R&D Manufacturing Firms: Focused on the Effects of R&D and Patents

Lim, Sojin *

In that economic growth strategy through maximizing input would not working anymore in the rapidly changing economic environment, now we should focus on the improvement of firms' efficiency. This study estimate the efficiency and determinants of the efficiency using the panel data of 938 Korean manufacturing firms which ranked in high R&D investment firms during 2005~2018. We found that both R&D intensity as R&D input and patent stock as R&D output increase the efficiency of firms independently. And firm size, debt ratio, profitability also affect the firm's efficiency.

Key Words: Efficiency, Determinants of efficiency, Knowledge management, Patent, R&D investment

* Korea Institute of Intellectual Property