

기업 외부 연구개발투자의 생산성효과와 기업규모의 조절효과[†]

Productivity Effect of Firms' External R&D and the Moderating Effect of Firm Size

김경호(Kyung-ho Kim)*, 정진화(Jin Hwa Jung)**

목 차

I. 서 론	IV. 분석자료
II. 이론적 배경 및 연구가설	V. 분석결과
III. 분석모형	VI. 요약 및 결론

국 문 요 약

본 연구는 외부기관에 R&D 투자를 위탁하는 외부 R&D 활동이 기업의 생산성에 미치는 영향과 이에 대한 기업규모의 조절효과를 분석하였다. 외부 R&D는 개방형 혁신활동의 한 형태로 혁신의 비용효율성을 제고하고 지식자원을 다양화할 수 있다는 점에서 주목받고 있다. 실증분석에서는 2006년부터 2015년까지의 「기업활동조사」의 제조업 기업 자료를 활용하여 기업별 총요소생산성을 추정하였고, 생산성 결정요인으로 외부 R&D 투자의 효과와 기업규모의 조절효과를 분석하였다. 분석방법으로는 통상 최소자승법(OLS)과 함께 분위회귀분석(Quantile regression)을 사용하여 생산성 수준에 따른 외부 R&D 투자 효과의 이질성을 확인하였다. 분석결과, 기업의 외부 R&D 투자는 기업의 생산성을 유의하게 증대시켰으며, 이러한 생산성 증대 효과는 기술수준에 관계없이 제조업 전 부문에서 공통적으로 확인되었다. 외부 R&D 투자의 생산성효과에 대한 기업규모의 조절효과는 내부 R&D 투자의 경우와 비교하여 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 외부 R&D가 기업의 생산성을 높이는 유효한 혁신수단이며, 특히 상대적으로 자체 연구역량이 부족한 중소기업의 경우 중요한 혁신전략일 수 있다는 점을 시사한다.

핵심어 : 외부 R&D, 기업규모, 총요소생산성, 분위회귀분석

※ 논문접수일: 2018.5.31, 1차수정일: 2018.7.5, 게재확정일: 2018.7.17

* 한국농촌경제연구원 연구원, laudate08@krei.re.kr, 061-820-2029

** 서울대학교 농경제사회학부 교수, 농업생명과학연구원 겸무연구원, jhjung@snu.ac.kr, 02-880-4739, 교신저자

† 본 논문은 김경호(2018)의 석사학위논문에 기초하였으며, 2018년 경제학공동학술대회 발표논문을 수정·보완한 것임.

ABSTRACT

The present study analyzed the effect of firms' external research and development (R&D) on corporate productivity, while investigating the moderating effect of firm size on the external R&D-productivity nexus. In the empirical analysis, we estimated South Korean manufacturing firms' total factor productivity (TFP) using the firm level data drawn from the Survey of Business Activities (Korea National Statistical Office) for the years 2006-2015. Thereafter, focusing on the role of external R&D and its interaction with the firm size in determining firms' TFP, the productivity function was estimated as well. To this end, we used ordinary least squares (OLS) and quantile regression to highlight the heterogeneous impacts of external R&D by companies' productivity level. Empirical results confirmed that firms' external R&D significantly enhanced corporate productivity in all manufacturing industries, from high-tech to low-tech. The moderating effect of firm size in determining the productivity effect of external R&D was not as prominent as in the case for internal R&D, which exhibited some degree of the size premium in the productivity-enhancing effect. These results suggest that regardless of the firm size, external R&D can be an important channel for corporate productivity improvement, and can be a particularly effective strategy for SMEs with relatively limited internal R&D capacities.

Key Words : External R&D, Firm Size, Total Factor Productivity, Quantile Regression

I. 서 론

혁신은 기업성과를 개선하는 핵심 동력이며, 연구개발(R&D) 투자는 혁신을 창출하는 중요한 투입요소라 할 수 있다(Griliches, 1979). 특히, 기술적 복합성의 증대와 상품 생명주기의 축소로 인해, 기업이 내부의 자원을 투입하여 자체 수행하는 내부 R&D뿐 아니라 다른 기업이나 연구소 등 외부기관에 R&D 활동을 위탁하는 외부 R&D 투자¹⁾가 혁신에 미치는 영향 또한 주목받고 있다.

외부 R&D 투자는 혁신의 활로를 기업 외부로까지 확장한다는 점에서, 자체 R&D 투자와 차별화된다. 기업은 혁신경로의 확장을 통해 혁신에 소요되는 시간과 비용을 절감하여 경쟁력 강화를 도모할 수 있다. 또한 외부 R&D는 다른 경제주체의 노하우를 습득하여 기업이 보유한 지식자원을 다양화하는 수단으로도 기능한다. 따라서 외부 R&D는 지속적인 혁신으로 시장우위를 유지해야 하는 대기업은 물론이고, 자체 역량만으로는 혁신활동을 수행하기 어려운 중소기업 모두에게 유용한 기회를 제공한다. 그렇다면 외부 R&D 투자의 효과는 기업규모에 따라 어떤 차이를 보일 것인가? 기업규모는 외부 R&D 투자의 주요 결정요인으로 인식되어 왔으나, 외부 R&D와 기술혁신의 관계에 대한 기업규모의 조절효과(moderating effect)에 대한 분석은 찾아보기 어렵다.

본 연구는 기업의 외부 R&D 투자가 해당 기업의 혁신성과에 미치는 영향을 분석하고, 그 과정에서 기업규모의 조절효과를 분석하는 데 목적이 있다. 이를 위해 본 연구는 기업 단위의 총요소생산성을 추정하고 생산성 증가를 혁신성으로 간주하였으며, 총요소생산성의 결정요인 회귀식을 사용하여 외부 R&D의 영향 및 기업규모의 조절효과를 분석하였다. 실증 분석에는 「기업활동조사」(통계청)의 제조업 기업 자료를 사용하였고, 통상최소자승법(OLS)과 함께 분위회귀분석(Quantile regression)을 사용하여 기업의 생산성 수준에 따른 R&D 투자 효과의 이질성을 확인하고자 하였다. 또한, 제조업을 기술수준에 따라 첨단기술(high-tech) 부문에서 저기술(low-tech) 부문까지 분류하여, 각 산업부문별 외부 R&D 투자 효과를 비교분석하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 선행연구를 검토하여 외부 R&D 투자의 유인과 효과를 파악하고, 기업규모와 혁신활동과의 관계에 대한 여러 가설을 확인한다. III장에서는 기업 단위의 총요소생산성 추정과 그 결정요인 분석을 위한 모형을 제시하고, IV장에서 분석자료를 설명한다. V장에서는 분석결과를 통해 외부 R&D의 생산성효과와 기업규모의 조절효과를

1) 외부 R&D(external R&D)는 여러 연구에서 연구계약(contract R&D), 연구조달(procurement R&D), R&D 외주화(R&D outsourcing) 등으로 서술된다.

확인하고 그 함의를 제시한다. 마지막으로 VI장에서 연구의 주요 결과를 정리하고, 시사점을 도출한다.

II. 이론적 배경 및 연구가설

1. 외부 R&D 투자의 유인

Chesbrough(2006)는 개방형 혁신(Open Innovation)이라는 개념을 제시하여, 외부 주체와의 네트워크 형성과 외부로부터의 지식유입이 기업 내부의 혁신활동 못지않게 중요한 혁신경로라는 점을 강조하였다. 기술적 복잡성이 증대되고 상품의 생명주기가 축소되는 상황에서 기업 내부의 혁신역량에만 의존하는 것은 한계에 직면할 수 있으며(Berchicci, 2013), 기업은 외부 주체와 전략적 협력을 통해 활로를 모색한다(Hagedoorn, 1993). 외부 R&D 투자는 주요 개방형 혁신활동의 하나이며, 외부 R&D 활동을 통해 기업은 기술지변을 확대하고 지식의 획득경로를 다양화할 수 있다(Kogut and Zander, 1992).

기업의 R&D 외주화 결정을 분석한 주요 이론으로는 거래비용이론과 자원중심이론을 들 수 있다. 먼저, 거래비용이론(transaction cost theory)은 기업이 직면하는 명시적·암묵적 비용이 기업행동을 결정하는 핵심 요인이라 주장한다. 이는 R&D 투자에 관한 의사결정에서도 마찬가지로(Pisano, 1990), 다른 경제주체에게 R&D 활동을 위탁하는 것은 기업이 선택할 수 있는 대안이다(Katz, 1986). 기업이 모든 종류의 R&D를 독자적으로 수행하는 것은 대부분의 경우 비효율적이며, 주변적인 R&D 활동을 위탁하는 것이 비용효율성 제고에 기여한다. 또한, 거래빈도나 기술적 불확실성이 적어 거래비용이 낮을 경우 기업은 R&D를 외주화하나, 지식의 전유성(appropriability) 문제나 도덕적 해이가 발생할 수 있는 경우 기업은 외부 R&D의 비용을 높게 인식하여 R&D 활동을 내부화한다(Spithoven and Teirlinck, 2015).

다른 일군의 연구들은 외부 R&D를 통한 기업의 자원 확보에 주목한다. 자원중심이론(resource based theory)에 따르면, 각 경제주체가 보유한 지식자원은 모방하기 어렵기 때문에(Barney, 1991; Das and Teng, 2000), 기업 외부의 지식자원을 확보하는 데에 외부 R&D가 내부 R&D보다 더 나은 수단이 될 수 있다. 예를 들어, 대학과의 R&D 계약은 새로운 과학지식을 확보하는 창구로 활용될 수 있으며, 다른 기업과의 협력으로부터는 혁신창출 및 사업화에 필요한 보다 직접적인 노하우를 기대할 수 있다(Nicholls-Nixon and Woo, 2003). 외부 R&D를 통해 확보된 다양한 지식자원은 기업성과의 개선에 활용된다(Leiblein and Miller, 2003; Stanko and

Calantone, 2011).

거래비용이론과 자원중심이론은 외부 R&D 투자의 동인을 각기 다른 기업전략 하에서 설명한다. 거래비용이론의 경우 외부 R&D를 통한 비용절감을 의사결정의 주된 동기로 제시하는 반면, 자원중심이론은 지식자원의 고유성을 강조하여 지식자원 확보를 중심으로 외부 R&D 관련 의사결정을 설명한다. 그러나 두 이론 모두 기업의 외부 R&D 투자 동인을 설득력 있게 제시하고 있으며, 외부 R&D 활동이 기업의 혁신효율성을 제고하는 유효한 전략임을 시사한다는 점은 동일하다. 즉, 기업은 주어진 조건 하에서 최적의 R&D 방안을 선택하며, 외부 R&D 활동은 기업의 혁신활동에 기여한다.

2. 외부 R&D 투자의 결정요인 및 효과

외부 R&D 투자의 결정요인으로는 기업규모와 함께 기업의 내부 R&D 투자, 지식의 전유가능성, 확산효과의 유입, 수출집약도, 경쟁기업과의 관계 등이 거론된다(Veugelers and Cassiman, 1999; Spithoven and Teirlinck, 2015). 기업규모가 외부 R&D 투자에 미치는 영향을 살펴보면, Veugelers and Cassiman(1999)은 소규모 기업일수록 R&D를 외주화하고, 종업원 규모가 500인 이상인 기업은 자체 R&D와 외부 R&D 모두를 더 적극적으로 수행하는 것을 확인하였다. Stanko and Calantone(2011)는 대체로 대기업이 외부 R&D 투자에 더 적극적이라고 주장하였다. 대기업이 광범위한 R&D 활동을 더 활발하게 수행하므로 R&D를 위탁하는 빈도 또한 높기 때문이다(Nakamura and Odagiri, 2005). 그러나 R&D 외주화가 중소기업들에게 새로운 기술적 기회를 제공하는 점 또한 분명하다(Narula, 2001). 대기업과 달리 중소기업은 제한된 내부 역량으로 인해 기업 외부에서의 기술 자원 획득이 요구되는 경우가 잦기 때문이다. 외부 R&D 결정요인에 관한 국내 연구를 살펴보면, 박경도·윤지웅(2007)은 기업의 내부 R&D 투자와 다른 기업과의 연구협력 여부가 외부 R&D 투자에 긍정적으로 기여함을 확인하였다. 임효정·이원영(2009)의 분석에서는 기업의 기술수준, 자체 R&D 집약도, 기업규모가 외부 R&D 투자와 역U자형의 관계를 보였다.

외부 R&D 활동과 기업 혁신성과의 관계를 분석한 연구들의 경우, 일군의 연구는 외부 R&D 투자가 제품혁신에 기여하는 것을 확인하였다(Nicholls-Nixon and Woo, 2003; Frenz and Ietto-Gillies, 2009). 이는 외부 R&D를 통해 확보한 다양한 지식자원이 신제품 개발에 활용되기 때문이다. 다른 연구들은 기업의 전체 R&D 투자 대비 외부 R&D 투자의 비중이 기업의 혁신성과와 역U자 형태의 비선형 관계를 지닌다는 것을 확인하였다(Bönte, 2003; Berchicci, 2013). 이는 외부 R&D 투자가 일정 수준까지는 신속한 기술획득을 통한 경쟁력 확보와 지식자원의

다양화에 기여하는 반면, 지나치게 외부 R&D에 의존하는 것은 조직 및 관리비용의 증가로 이어져 혁신성고를 저해하기 때문이다(Berchicci, 2013). 한편, Castellani and Pieri(2013)는 외부 R&D가 지역 생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 확인하였다. Steinberg et al.(2017)은 R&D 외주화 대상을 해외에 소재한 계열사와 외부기관으로 나누어 각각에 대한 외부 R&D 투자 성과를 분석하였다. Un and Rodríguez(2018)는 외부 R&D와 제품혁신의 관계를 분석하면서, 외부 R&D 투자수준에 따라 내부 R&D의 생산성이 U자형으로 나타나는 것을 확인하였다. 한상연(2017)은 외부지식의 활용이 기업의 기술혁신에 기여하였음을 보였으며, 외부지식의 활용성고과를 R&D 인력의 다양성고과 연계하여 분석하였다.

외부 R&D가 혁신성고에 미치는 영향이 자체 R&D와는 상이함을 주장한 연구들도 존재한다. Beneito(2006)에 따르면, 기업의 외부 R&D는 내부 R&D와 달리 특허 등록에 유의한 영향을 미치지 못하였으나, 실용신안의 등록에는 긍정적으로 기여하였다. 이는 외부 R&D가 한계적인 생산성의 증대에 기여한다는 점을 시사하는 것으로, Huang et al.(2009)은 외부 R&D로 인한 개발비용의 경감을 그 원인으로 지적하였다. 문성욱(2011)도 외부지식의 활용이 급진적 혁신보다는 점진적 혁신에 기여함을 확인하였다.

지금까지 살펴본 바와 같이 여러 선행연구들은 혁신성고에 대한 외부 R&D의 기여를 확인하였으며, 외부 R&D의 효과가 자체 R&D와 상이하다는 점을 밝히기도 하였다. 따라서 본 연구는 외부 R&D의 혁신성고 기여도에 대해 다음과 같이 연구가설을 설정한다.

가설 1. 외부 R&D는 기업의 혁신성고에 기여하며, 그 효과는 자체 R&D를 통제한 후에도 유의하다.

기업규모 변수는 여러 선행연구에서 외부 R&D 투자의 주요 결정요인으로 확인되었다(Veugelers and Cassiman, 1999; Narula, 2001; Nakamura and Odagiri, 2005; 임효정·이원영, 2009; Stanko and Calantone, 2011). 기업규모는 외부 R&D 전략수립에 있어 중요한 변수이며, 이는 기업규모 변수가 외부 R&D의 수행과정과 결과에도 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 그러나 기업규모가 외부 R&D 성과에 미치는 영향을 분석한 연구는 적으며, 외부 R&D의 유형을 세분화하고 외부 R&D와 내부 R&D의 관계를 분석한 비교적 최근의 연구들에서도 기업규모의 영향이 비중있게 고려되지는 않았다. 다만, 이경희 외(2011)는 외부 R&D 성과와 기업규모와의 관계를 분석한 예외적인 연구 중 하나로, 기업규모가 클수록 외부 R&D의 성과도 더 크다는 점을 확인하였다. 그러나 이 연구는 기업의 외부 R&D 수행 여부만을 통제하여, 외부 R&D 투자 수준을 분석에 반영하지 못하였다는 한계가 있다.

본 연구는 기업의 외부 R&D 투자액 변수를 활용하여 외부 R&D의 효과와 기업규모의 조절효과를 분석한다. 본 연구에서 확인하고자 하는 기업규모의 조절효과에 대한 연구가설은 다음과 같다.

가설 2. 기업규모가 클수록 외부 R&D가 혁신성장에 미치는 영향이 더 크다.

III. 분석모형

1. 생산함수와 기업 생산성 추정

혁신은 기업 생산성을 제고하는 가장 유용한 수단이며, R&D 투자는 혁신의 필수불가결한 투입요소이다. 관련 선행연구를 통해 확인한 바와 같이 외부 R&D 투자는 기업 외부의 지식자원과 노하우를 전달하고, 혁신활동의 시간 및 비용효율성을 높여 혁신에 기여한다. 따라서 외부 R&D 투자는 기업 생산성에 영향을 미치며, 자체 R&D 투자를 통제된 분석을 통해 외부 R&D 투자가 기업 생산성에 미치는 고유한 효과를 식별할 수 있다.

외부 R&D를 비롯한 R&D 투자가 생산성에 미치는 영향을 분석한 대표적인 방법으로는 Griliches(1979)에 의해 제안된 지식자본모형(knowledge capital model)이 있다. 지식자본모형은 R&D 투자로부터 지식자본 스톡을 구성하여 누적적인 R&D 투자가 생산성에 미치는 영향을 분석하는데, 분석을 실행하는 데 있어 몇 가지 난점이 존재한다. 지식자본 스톡의 감가상각 형태 및 감가상각률을 추정하는 것이 어려우며, R&D 투자의 시계열이 길지 않거나 초기 지식자본 스톡에 대한 정보가 부족한 경우에는 구성된 지식자본 스톡이 R&D 투자 등의 혁신활동을 반영하지 못하는 경우도 발생한다(Doraszelski and Jaumandreu, 2013).

이에 본 연구는 Olley and Pakes(1996), Buettner(2003), Doraszelski and Jaumandreu(2013)의 모형에 의거하여 현 시점의 기업 생산성이 전 시점의 기업 생산성에 의해 조건지워진다는 가정 하에서 외부 R&D 투자와 자체 R&D 투자가 생산성에 미치는 영향을 분석한다.²⁾ 구체적으로, $(t-1)$ 기 시점의 기업 특성이 주어진 가운데 기업의 t 기 생산성 ω_t 가 갖는 분포는 다음과 같이 가정된다(Olley and Pakes, 1996).

2) R&D 투자가 기업 생산성에 기여하는 시점은 산업의 특성 및 R&D의 성격에 따라 상이하다. 본 연구에서는 Olley and Pakes(1996) 방법론을 R&D 투자에까지 확장한 연구들(Buettner, 2003; Doraszelski and Jaumandreu, 2013)과 R&D 투자와 기업성과 간 관계를 분석한 연구들(Coad and Rao, 2008; Frenz and Ietto-Gillies, 2009; Coad et al., 2016)을 참고하여 $(t-1)$ 기의 R&D 투자가 t 기의 기업 생산성에 기여하는 분석모형을 설정하였다.

$$F_{\omega_t} = \{F(\omega_t | \omega_{t-1}), \omega_t, \omega_{t-1} \in \Omega\}^3 \quad (1)$$

t 기의 생산성은 $(t-1)$ 기의 생산성에 의해 조건지워지며, 그 관계는 $\omega_{t-1} > \omega'_{t-1}$ 인 경우 $F_{\omega_t} = \{F(\omega_t | \omega_{t-1})\}$ 가 $F_{\omega_t} = \{F(\omega_t | \omega'_{t-1})\}$ 에 대해 일계확률우위(First order stochastic dominance, FOSD)에 있는 것으로 설정된다. 즉, 전 시점의 생산성이 높을수록, 현 시점의 생산성도 높을 확률이 크다. ω_t 의 ω_{t-1} 에 대한 조건부 기댓값은 R&D 투자를 비롯한 여러 변수에 의해 결정된다.

$$E[\omega_t | \omega_{t-1}] = f(R_{t-1}, E_{t-1}, X_{t-1}) \quad (2)$$

$$\omega_t = h(R_{t-1}, E_{t-1}, X_{t-1}, \omega_{t-1}) + \xi_t \quad (3)$$

R 은 기업의 자체 R&D 투자, E 는 기업의 외부 R&D 투자, X 는 통제변수(기업규모 등)를 의미한다. ξ 는 독립변수와 통제변수에 대한 조건부 평균이 0인 오차항으로서 혁신활동의 불확실성을 반영한다(Buettner, 2003; Doraszelski and Jaumandreu, 2013).

본 모형에서는 $(t-1)$ 기의 R&D 투자가 t 기의 생산성에 영향을 주며, t 기의 생산성은 다시 그 이후의 생산성에 영향을 미치는 방식으로 R&D 투자의 장기적 효과가 반영된다. 이상의 모형, 특히 식 (3)과 같은 관계 하에서 외부 R&D의 효과를 파악하기 위해서는, 먼저 각 시점의 기업 생산성 ω 가 우선 식별되어야 한다. 그러나 ω 는 연구자가 관측할 수 없는 변수로, 생산함수의 추정을 통해 도출되어야 한다.

본 연구는 Olley and Pakes(1996)의 방법을 사용하여 생산함수를 추정하였다. Olley and Pakes(1996)는 관측되지 않는 기업 생산성 ω 를 기업의 물적자본 투자로 대리하여 비모수적 추정을 통해 생산함수와 log 잔차로서의 총요소생산성을 도출하였다. 이 방법은 기업 단위 자료를 바탕으로 생산함수를 추정할 경우 발생할 수 있는 생산요소 투입과 기업 생산성 사이의 내생성 문제를 통제하여 OLS 추정보다 우월한 방법이다.⁴⁾

3) ω_t 를 ω_{t-1} 과 전 시점의 R&D 투자액에 의해 조건지워지는 것으로 설정하여 $F_{\omega_t} = \{F(\omega_t | \omega_{t-1}, R_{t-1}, E_{t-1})\}$ 와 같은 분포를 가정할 수도 있다. 이는 모형을 간결하게 하며 Buettner(2003)와도 유사하다. 그러나 이 경우 ω_{t-1} 과 R&D 투자가 ω_t 에 미치는 효과의 방향이 같아야 한다는 제약이 추가된다. 그러나 이 조건은 반드시 성립한다고 보기 어려우며, Buettner(2003)의 실증분석에서도 일관적으로 관철되지 못하였다.

4) 구체적인 분석과정은 Olley and Pakes(1996)에 상세히 설명되어 있다.

2. 생산성 결정요인 분석

본 연구는 Olley and Pakes(1996)의 방법에 따라 추정된 기업의 총요소생산성을 종속변수로 하여, 외부 R&D 투자가 생산성에 미치는 영향을 기업규모의 조절효과와 함께 분석한다. 생산성 결정식에는 외부 R&D 및 자체 R&D 투자가 독립변수로 사용되며, 총 종사자 수가 300인 이상인 기업에 대하여 기업규모 더미변수를 부여하고 자체 R&D 투자 및 외부 R&D 투자와의 교차항을 각각 생성하여 기업규모의 조절효과를 반영한다. Buettner(2003)와 마찬가지로 기업의 물적자본을 통제변수로 사용하며, 중분류 수준의 산업부문 더미와 연도 더미 변수를 추가하여 산업부문 및 경기순환에 따른 생산성 변화를 통제한다. 생산성 결정요인에 대한 분석모형은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} \ln(TFP_t) = & \beta_0 + \beta_1 \ln(TFP_{t-1}) + \beta_2 \ln(K_{t-1}) \\ & + \beta_3 \ln(R_{t-1}) + \beta_4 \ln(R_{t-1}) \times D_{300} \\ & + \beta_5 \ln(E_{t-1}) + \beta_6 \ln(E_{t-1}) \times D_{300} + \beta_7 D_{300} \\ & + \beta_8 D_i + \beta_9 D_y \end{aligned} \quad (4)$$

TFP : 총요소생산성, K : 물적자본

R : 자체 R&D 투자액, E : 외부 R&D 투자액

D_i : 산업부문 더미변수(중분류), D_y : 연도 더미변수

D_{300} : 기업규모 더미변수(총 종사자 수가 300인 이상인 기업에 대해 1의 값을 부여)

위 모형에 대한 통상최소자승법(OLS) 추정계수는 총요소생산성의 평균에 대한 외부 R&D의 효과 및 기업규모의 조절효과를 보여준다. 외부 R&D의 계수가 유의하게 양(+)인 경우 외부 R&D는 기업 생산성에 기여하며, 그 계수가 유의하지 않은 경우 외부 R&D가 기업생산성에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설이 유지된다. 외부 R&D가 300인 미만 규모의 기업 생산성에 더 큰 영향을 미친다면 D_{300} 의 계수는 음(-)으로 추정되며, 그 반대의 경우 양(+)으로 추정될 것이다. 기업규모의 조절효과가 존재하지 않는 경우 D_{300} 의 계수는 유의하지 않게 나타날 것이다.

한편, 혁신활동은 상당한 불확실성을 수반하여 외부 R&D 투자의 효과는 기업 생산성 수준에 따라 이질적일 수 있다. R&D 투자가 성공적인 혁신성과를 창출한다면 기업의 생산성이 제고될 것이나, 그렇지 못한 경우 기업성과가 악화될 수도 있다. 따라서 기업 생산성 수준에 따라 R&D 투자 효과의 편차가 클 수 있다(Coad and Rao, 2008).

이에 본 연구는 분위회귀분석을 사용하여 기업의 생산성 수준에 따른 외부 R&D 투자효과의 상이성을 확인한다. 기업의 내부 R&D에 대해서는 기업성장에 따른 R&D 투자 효과의 상이성이 여러 연구들을 통해 확인된 바 있다. Coad and Rao(2008)는 기업성장의 수준에 따라 자체 R&D 투자의 효과가 상이함을 분위회귀분석을 통해 확인하였다. Coad et al.(2016)은 기업연령과 자체 R&D 투자의 조절효과를 분위회귀모형으로 분석하여 연령이 낮은 기업에서 R&D 투자 효과의 편차가 더 크다는 점을 밝혔으며, 이들 기업의 R&D 투자가 더 큰 위험을 지닌다고 주장하였다. 일군의 연구들은 자체 R&D 투자의 효과가 혁신성장에 따라 상이함을 보였으며 (Coad and Rao, 2008; Falk, 2012; Montessor and Vezzani, 2015), 성과가 저조한 기업에 대해 자체 R&D 투자의 효과가 음(-)으로 나타난 경우도 있었다(Coad et al., 2016).

분위회귀모형은 종속변수의 조건부 q 분위에 대한 선형모형을 추정한다. 분위회귀분석은 이상치에 대해 통상최소사승법보다 더 강건한(robust) 추정치를 제공하며, 분위에 따른 R&D 투자의 한계효과를 파악하는 데에도 유용하다. 분위회귀모형은 기본적으로 식 (5)와 같으며, 식 (6)을 최소화하는 $\hat{\beta}_q$ 가 q 분위의 회귀계수로 추정된다.

$$y_i = x_i \beta_q + e_{iq} \quad (5)$$

$$Q_q(y_i | x_i) = x_i \beta_q$$

β_q : q 분위 회귀계수, e_{iq} : 오차항($Q_q(e_{iq} | x_i) = 0$)

y_i : 종속변수(기업의 총요소생산성)

x_i : 독립변수 및 통제변수(외부 R&D, 자체 R&D, 기업규모 등)

$$\hat{\beta}_q = \operatorname{argmin} \sum_{i: y_i \geq x_i \beta_q} q |y_i - x_i \beta_q| + \sum_{i: y_i < x_i \beta_q} (1 - q) |y_i - x_i \beta_q| \quad (6)$$

IV. 분석자료

1. 분석자료

본 연구는 통계청의 「기업활동조사」를 분석자료로 활용하였다. 「기업활동조사」는 2006년부터 시행되었으며 조사대상은 50명 이상의 상용근로자, 3억원 이상의 자본금을 보유한 회사법인

으로 매년 10,000개 이상의 표본이 수집되고 있다. 해당 조사는 기업의 재무상태, 유형자산 취득, 기업규모, 자체 R&D 및 외부 R&D 투자액 등 기업활동 전반에 대한 자료를 포함하고 있어, 기업의 생산성 추정과 외부 R&D 효과 분석에 유용하다. 본 연구는 2006년부터 2015년까지의 제조업 기업 자료를 표본으로 활용하였다. 또한 외부 R&D의 영향과 기업규모의 조절효과가 산업별로 다를 수 있어, 제조업을 기술수준에 따라 첨단기술 제조업, 중기술 제조업, 저기술 제조업으로 구분하여 비교분석하였다. 산업분류 기준은 홍장표·김은영(2009)과 노지혜 외(2010)를 참고하였다. 기술수준에 따른 산업부문 구분은 <표 1>과 같다.

<표 1> 기술수준에 따른 산업부문 분류

구분	업종(분류기호)
첨단기술 제조업	의료용 물질 및 의약품(21), 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비제조업(26), 의료, 정밀 광학기기 및 시계 제조업(27)
중기술 제조업	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(19), 화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외(20), 고무제품 및 플라스틱제품 제조업(22), 비금속 광물제품 제조업(23), 1차 금속(24), 금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외(25), 전기장비 제조업(28), 기타 기계 및 장비 제조업(29), 자동차 및 트레일러 제조업(30), 기타 운송장비 제조업(31)
저기술 제조업	식품 제조업(10), 음료 제조업(11), 섬유제품 제조업(13), 의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업(14), 가죽, 가방 및 신발 제조업(15), 목재 및 나무제품 제조업(16), 펄프, 종이 및 종이제품 제조업(17), 인쇄 및 기록매체 복제업(18), 가구 제조업(32), 기타 제품 제조업(33)

주 : 업종분류는 한국표준산업분류 제9차(2008) 개정안 기준.

2006년부터 2015년까지 제조업 표본 기업의 외부 R&D 투자 현황은 <표 2>와 같다. 전체 제조업 기업의 외부 R&D 투자액 평균은 약 3억 5천만 원으로, 자체 R&D 투자액 평균의 약 8% 수준이다. 기업규모에 따른 R&D 활동을 살펴보면, 300인 이상 기업의 R&D 투자가 월등히 높으며, 산업부문별로는 첨단기술 제조업 부문의 R&D 투자수준이 높았다. <표 3>은 외부 R&D에 참여한⁵⁾ 기업 표본의 수와 비중을 산업부문 및 기업규모별로 비교한 것이다. 기업규모가 클수록, 그리고 기술수준이 높은 제조업 부문에 속할수록 기업은 외부 R&D 활동에 적극적으로 참여하였다. 이는 <표 2>의 외부 R&D 평균 투자액 및 R&D 집약도에 관한 현황과 같은 맥락에서, 기업규모 및 산업별 기술수준에 따라 기업의 외부 R&D 수행행태가 다르다는 것을 보여준다.

5) 외부 R&D 투자액이 0보다 큰 기업을 외부 R&D 활동 참여 기업으로 간주하였다.

〈표 2〉 R&D 투자액 및 R&D 집약도 현황

(단위 : 백만 원)

	자체 R&D 평균	자체 R&D 집약도	외부 R&D 평균	외부 R&D 집약도
제조업 전체	4,607.7	2.272%	349.6	0.067
첨단기술 제조업	14,319.2	5.569%	681.2	0.109%
중기술 제조업	2,834.9	1.284%	352.2	0.058%
저기술 제조업	548.3	0.555%	26.3	0.022%
100인 미만	324.7	1.254%	14.4	0.063%
100인 이상, 300인 미만	818.2	1.227%	42.0	0.065%
300인 이상	27,442.3	2.539%	2,145.3	0.200%

주 : R&D 평균은 기업 단위의 R&D 투자액의 평균을 구한 것이며, R&D 집약도는 해당 산업부문 전체의 매출액 대비 R&D 투자액을 구한 것임.

〈표 3〉 기업규모 및 산업부문별 외부 R&D 참여 기업 현황

(단위 : 個社)

	첨단기술 제조업	중기술 제조업	저기술 제조업	전체
100인 미만	404 (9.84%)	733 (5.09%)	153 (3.06%)	1,290 (5.49%)
100인 이상, 300인 미만	765 (14.74%)	1,091 (7.24%)	216 (4.23%)	2,072 (8.17%)
300인 이상	579 (29.89%)	934 (18.52%)	160 (9.4%)	1,673 (19.27%)
전체	1748 (15.56%)	2758 (7.99%)	529 (4.48%)	5,035 (8.75%)

주 : () 안은 해당 부문 내 외부 R&D 참여 기업의 비율임.

2. 변수설정 및 기초통계량

실증분석에서 사용되는 변수들의 조작적 정의는 다음과 같다. 생산함수 추정에서 종속변수로 활용되는 기업의 산출물은 Olley and Pakes(1996)에 따라 기업이 창출한 부가가치⁶⁾를 활용하였다. 부가가치는 「기업활동조사」 자료를 사용한 전현배 외(2012)를 따라 매출액에서 매출원가, 판매 및 일반관리비를 제하고 감가상각비와 노동비용을 더하여 구성하였다. 그리고 산업부문에 따른 생산자물가지수로 부가가치를 디플레이트하였다.

생산함수 추정에 사용되는 노동투입에는 상용종사자와 임시·일용종사자, 기타종사자를 합친 총 종사자 수를 사용하였으며, 물적자본으로는 총 유형자산 항목을 활용하였다(전현배 외,

6) 기업이 창출한 부가가치를 산출물로 활용하는 것은 생산활동과 수익창출활동 사이의 혼동을 야기하는 것이다. 그러나 기업별 판매가격 자료나 제품별 생산량, 판매액 자료가 부재하기 때문에 매출액으로부터 산출한 부가가치에 의존하는 것이 불가피하다.

2012; 이근희·표학길, 2015). 각 기업의 유형자산 항목은 이근희·표학길(2015)에 따라 국민계정의 국내총생산에 대한 지출 디플레이터 항목 가운데 건설투자와 설비투자를 합친 고정자산액에 근거한 투자 디플레이터로 할인되었다. 기업 생산성의 대리변수인 기업의 물적자본 투자로는 유형자산 당기취득액을 활용하였다. 유형자산 당기취득액 중 건물 및 토지, 건설 중인 자산의 경우 국내총생산에 대한 지출 디플레이터 항목 가운데 건설투자 디플레이터로 할인하였고, 기계장치, 차량운반구, 기타 자산에 대해서는 설비투자 디플레이터로 할인하였다. 독립변수인 R&D 투자는 외부 연구개발비 항목과 자체 연구개발비 항목을 활용하였으며, Buettner(2003)와 같이 산업부문별 생산자 물가지수로 디플레이트하였다. 이상을 정리하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 주요 변수의 조작적 정의

변수	조작적 정의
부가가치(Y)	(매출액) - (매출원가) - (판매 및 일반관리비) + (감가상각비) + (노동비용)
총 종사자 수(L)	(상용종사자) + (임시일용종사자) + (기타종사자)
물적자본(K)	유형자산
물적자본 투자액(I)	유형자산 당기취득액
자체 R&D 투자액(R)	자체 연구개발비
외부 R&D 투자액(E)	외부 연구개발비

실증분석에 앞서 주요 변수가 누락된 표본을 분석에서 제외하였다. 그리고 부가가치가 음(-)의 값을 지니거나, 매출액 성장률이 500% 이상인 표본 역시 이상치로 판단하여 제거하였다. 주요 변수들의 기초통계량은 <표 5>와 같다.

<표 5> 주요 변수의 기초통계량

(단위 : 억 원, 명)

변수	전체 제조업	첨단기술 제조업	중기술 제조업	저기술 제조업
부가가치	392.1 (5,203.0)	641.6 (10,431.8)	382.5 (3,210.2)	189.3 (550.3)
총 종사자 수	304.2 (1,856.8)	412.9 (3,084.7)	290.9 (1,607.8)	242.4 (580.6)
물적 자본	701.5 (7,143.1)	874.8 (11,953.1)	760.2 (6,221.4)	369.6 (1,367.5)
물적 자본 투자액	140.5 (2,094.0)	253.0 (3,967.4)	136.2 (1,506.8)	49.1 (184.2)
자체 R&D 투자액	16.7 (1,370.5)	148.3 (2,955.1)	28.6 (587.7)	5.5 (35.8)
외부 R&D 투자액	3.5 (103.7)	7.0 (133.3)	3.5 (110.4)	0.3 (6.5)
관측치 수	56,273	10,745	33,917	11,611

주 : 수치는 평균값이며 () 안은 표준편차를 나타냄.

V. 분석결과

1. 생산함수 추정결과

외부 R&D 투자가 기업 생산성에 미치는 영향을 분석하기에 앞서, Olley and Pakes(1996)의 모형에 의거하여 식 (7)과 같은 콥-더글라스 모형의 생산함수를 추정하였다.

$$y_{jt} = \alpha_0 + \alpha_l l_{jt} + \alpha_k k_{jt} + \omega_{jt} + \eta_{jt} \quad (7)$$

$$x_{jt} = \ln X_{jt} \quad (x = y, l, k,)$$

Y : 부가가치, L : 노동력, K : 물적자본, ω_j : 기업 j 의 생산성, η_{jt} : 오차항

생산함수는 전체 제조업 및 각 산업부문에 대해 추정하였고, 그 결과는 <표 6>과 같다. 생산함수 추정결과, <표 6>과 같이 기술수준이 높은 산업부문일수록 요소별 한계생산성이 더 크게 나타났으며, 자본계수의 경우 첨단기술 제조업이 저기술 제조업보다 약 2배 정도 높게 추정되었다.

<표 6> 생산함수 추정결과 : Olley and Pakes(1996) 방법

계수	구분	전체 제조업	첨단기술 제조업	중기술 제조업	저기술 제조업
α_l		0.7565*** (0.0099)	0.8197*** (0.0223)	0.7721*** (0.0120)	0.6547*** (0.0190)
α_k		0.1235*** (0.0131)	0.2164*** (0.0508)	0.1169*** (0.0250)	0.1065*** (0.0207)
관측치 수		55,263	10,571	33,424	11,268

주 : 1) *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

2) () 안은 표준오차.

3) 산업부문 더미 변수는 분석에는 포함되었으나, 표에 제시하지는 않음.

<표 7>은 통상최소자승법(OLS)에 의한 생산함수 추정결과이다. <표 6>과 <표 7>의 추정결과를 비교하면, 첨단기술 제조업의 자본계수를 제외하고는 Olley and Pakes(1996) 방법에 따른 추정계수가 OLS 추정계수보다 작았다. 이는 기업생산성과 생산요소 투입량 사이에 양의 상관관계가 존재하며, OLS 분석의 추정계수를 사용할 경우 기업 생산성의 효과를 생산요소로

귀속시키는 편이 야기될 수 있다는 것을 의미한다. 또한 OLS로 추정된 생산함수는 자본계수와 노동계수의 합이 1이 넘어 규모수익증가의 형태를 보이나, Olley and Pakes(1996) 방법으로 추정된 생산함수는 첨단기술 제조업의 경우를 제외하고는 계수의 합이 1보다 적어 규모수익감소를 보인다. 이처럼 OLS 추정량을 사용할 경우 생산함수의 형태까지도 달라진다.

〈표 7〉 생산함수 추정결과 : OLS

계수	구분	전체 제조업	첨단기술 제조업	중기술 제조업	저기술 제조업
α_l		0.9054*** (0.0043)	0.9493*** (0.0110)	0.9181*** (0.0054)	0.8342*** (0.0089)
α_k		0.2145*** (0.0025)	0.1641*** (0.0066)	0.2274*** (0.0032)	0.2213*** (0.0048)
관측치 수		56,245	10,571	33,903	11,605

- 주 : 1) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
- 2) () 안은 표준오차.
- 3) 산업부분 더미 변수는 분석에는 포함되었으나, 표에 제시하지는 않음.

2. 생산성 결정요인 분석

위와 같이 추정된 생산함수를 바탕으로 $\ln(TFP)$ 를 도출하고, 기업별 총요소생산성의 결정요인을 분석하였다.⁷⁾ 전체 제조업에 대해 추정된 생산함수를 바탕으로 한 결정요인 분석결과는 〈표 8〉과 같다. 전체 제조업에 대한 OLS 분석결과에서는 전년도 외부 R&D 투자가 당해의 총요소생산성에 기여하는 것으로 나타났다. 기업규모의 조절효과는 자체 R&D 투자의 경우 유의하게 나타났으나, 외부 R&D 투자에 대해서는 유의하지 않았다. 분위회귀분석 결과에서는, 기업 생산성이 높을수록 외부 R&D 투자가 총요소생산성에 미치는 영향이 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 자체 R&D 투자에 대한 분위회귀분석 결과와 부합한다(Coad and Rao, 2008; Falk, 2012; Montresor and Vezzani, 2015). 외부 R&D에 대한 기업규모의 조절효과는 기업 생산성이 극히 낮은 경우(0.1 분위)에 대해서는 양으로 유의하였으나, 중앙값 이상의 분위에서는 음으로 유의하였다. 자체 R&D의 경우에는 중앙값 이하의 분위에서 기업규모와의 조절효과가 양으로 유의하였다.

7) 추정모형의 독립변수에 전 시점의 종속변수인 $\ln(TFP_{t-1})$ 이 사용되어, 분석자료가 안정적이지 않을 경우 허구적 회귀의 가능성이 존재한다. 이에 패널로 구성된 분석자료의 안정성 여부를 확인하기 위해 Maddala and Wu(1999)의 모형을 활용하여 단위근 검정을 시행하였다. 검정결과, χ^2 통계량의 값이 23.04(자유도=6, p-value (10^{-3}))으로 자료가 안정적이지 않다는 귀가설이 기각되어 분석자료의 안정성이 확인되었다.

〈표 8〉 기업별 중요소생산성 결정요인 분석 : 전체 제조업

종속변수 설명변수	ln(TFP _t)					
	OLS	분위회귀분석(Quantile Regression)				
		0.1q	0.25q	0.5q	0.75q	0.9q
ln(TFP _{t-1})	0.653*** (0.008)	0.796*** (0.006)	0.789*** (0.003)	0.775*** (0.002)	0.714*** (0.003)	0.609*** (0.005)
ln(K _{t-1})	0.043*** (0.002)	0.016*** (0.003)	0.028*** (0.001)	0.035*** (0.001)	0.044*** (0.001)	0.052*** (0.002)
ln(R _{t-1})	0.000 (0.001)	-0.002** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.000 (0.000)	0.000 (0.001)	0.001 (0.001)
ln(R _{t-1}) × D ₃₀₀	0.008*** (0.002)	0.019*** (0.004)	0.009*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.002 (0.001)	0.000 (0.002)
ln(E _{t-1})	0.004*** (0.002)	-0.002 (0.003)	0.002** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.008*** (0.002)
ln(E _{t-1}) × D ₃₀₀	0.001 (0.002)	0.010*** (0.004)	0.002 (0.001)	-0.002* (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.005** (0.003)
D ₃₀₀	-0.022 (0.015)	-0.135*** (0.033)	-0.042*** (0.012)	-0.014 (0.010)	-0.006 (0.009)	0.027 (0.022)
상수	1.405*** (0.042)	0.531*** (0.090)	0.737*** (0.028)	0.894*** (0.022)	1.286*** (0.021)	1.993*** (0.056)
R ² , Pseudo R ²	0.496	0.269	0.349	0.401	0.407	0.379
관측치 수	47,326	47,326	47,326	47,326	47,326	47,326

주 : 1) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 2) () 안은 robust stand error.

3) 산업부문 및 연도 더미 변수는 분석에는 포함되었으나, 표에 제시하지는 않음.

〈표 9〉는 첨단기술 제조업의 생산함수를 바탕으로 중요소생산성과 R&D 투자의 관계를 분석한 결과이다. OLS 분석에서는 자체 R&D와 외부 R&D 모두 기업 생산성에 유의한 영향을 미쳤다. 분위회귀분석에서는 외부 R&D의 영향이 0.25~0.75 분위에서 유의하였다. 자체 R&D 경우의 그 계수는 저분위수 분석에서는 음수였으나, 중앙값 이상 분위분석에서는 양의 값을 보였으며, 분석분위에 따른 계수의 차이도 다른 산업부문의 분석결과들에 비해 컸다. 이는 첨단기술 제조업의 자체 R&D 활동에 내포된 불확실성이 상대적으로 크다는 점을 시사한다고 볼 수 있다. 첨단기술 제조업 부문에서 기업규모의 조절효과는 대부분의 경우 유의하게 나타나지 않았다.

중기술 제조업의 분석결과는 〈표 10〉과 같다. OLS 분석에서는 자체 R&D의 계수가 음으로 유의하였고, 자체 R&D와 기업규모의 교차항은 양으로 유의하였다. 따라서 중기술 제조업에서는 일정규모 이상의 기업만이 자체 R&D로부터 성과를 획득한다고 할 수 있다. 외부 R&D 투자

〈표 9〉 기업별 중요소생산성 결정요인 분석 : 첨단기술 제조업

종속변수 설명변수	ln(TFP _t)					
	OLS	분위회귀분석(Quantile Regression)				
		0.1q	0.25q	0.5q	0.75q	0.9q
ln(TFP _{t-1})	0.547*** (0.017)	0.741*** (0.018)	0.709*** (0.008)	0.674*** (0.006)	0.582*** (0.007)	0.483*** (0.013)
ln(K _{t-1})	-0.009 (0.006)	0.007 (0.009)	0.000 (0.004)	0.006** (0.003)	-0.003 (0.003)	-0.015** (0.006)
ln(R _{t-1})	0.003* (0.002)	-0.017*** (0.003)	-0.003*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.007*** (0.001)	0.014*** (0.002)
ln(R _{t-1}) × D ₃₀₀	0.003 (0.004)	0.027*** (0.005)	0.004 (0.004)	-0.002 (0.002)	-0.001 (0.002)	-0.005 (0.004)
ln(E _{t-1})	0.005* (0.003)	-0.000 (0.005)	0.005*** (0.002)	0.004*** (0.002)	0.005*** (0.002)	0.005 (0.004)
ln(E _{t-1}) × D ₃₀₀	0.002 (0.004)	0.006 (0.006)	0.001 (0.002)	0.000 (0.002)	-0.002 (0.002)	-0.004 (0.005)
D ₃₀₀	0.007 (0.033)	-0.186*** (0.039)	0.009 (0.035)	0.014 (0.022)	-0.021 (0.017)	-0.033 (0.035)
상수	1.528*** (0.079)	0.435*** (0.111)	0.790*** (0.049)	0.991*** (0.037)	1.580*** (0.037)	2.186*** (0.080)
R ² , Pseudo R ²	0.363	0.219	0.268	0.291	0.273	0.240
관측치 수	8,923	8,923	8,923	8,923	8,923	8,923

주 : 1) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 2) () 안은 robust stand error.
 3) 산업부문 및 연도 더미 변수는 분석에는 포함되었으나, 표에 제시하지는 않음.

〈표 10〉 기업별 중요소생산성 결정요인 분석 : 중기술 제조업

종속변수 설명변수	ln(TFP _t)					
	OLS	분위회귀분석(Quantile Regression)				
		0.1q	0.25q	0.5q	0.75q	0.9q
ln(TFP _{t-1})	0.635*** (0.011)	0.773*** (0.008)	0.770*** (0.004)	0.757*** (0.003)	0.693*** (0.003)	0.582*** (0.005)
ln(K _{t-1})	0.052*** (0.003)	0.015*** (0.003)	0.032*** (0.002)	0.040*** (0.001)	0.053*** (0.002)	0.064*** (0.002)
ln(R _{t-1})	-0.001* (0.001)	0.000 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001** (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.003*** (0.001)
ln(R _{t-1}) × D ₃₀₀	0.011*** (0.002)	0.025*** (0.005)	0.012*** (0.002)	0.006*** (0.001)	0.003** (0.002)	0.002 (0.003)
ln(E _{t-1})	0.004** (0.002)	-0.004 (0.003)	0.002 (0.002)	0.005*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.006** (0.003)
ln(E _{t-1}) × D ₃₀₀	0.001 (0.003)	0.010** (0.004)	0.003 (0.002)	-0.002 (0.002)	-0.000 (0.002)	0.001 (0.004)
D ₃₀₀	-0.038* (0.022)	-0.196*** (0.048)	-0.067*** (0.019)	-0.024* (0.013)	-0.006 (0.015)	0.039 (0.030)
상수	1.394*** (0.049)	0.635*** (0.051)	0.753*** (0.030)	0.923*** (0.022)	1.291*** (0.026)	1.986*** (0.035)
R ² , Pseudo R ²	0.500	0.265	0.347	0.397	0.407	0.389
관측치 수	28,714	28,714	28,714	28,714	28,714	28,714

주 : 1) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 2) () 안은 robust stand error.
 3) 산업부문 및 연도 더미 변수는 분석에는 포함되었으나, 표에 제시하지는 않음.

효과는 유의한 양의 값을 보였으나 기업규모의 조절효과는 유의하지 않았다. 분위회귀분석에서는 자체 R&D와 기업규모의 조절효과가 기업 생산성에 긍정적으로 기여하였다. 분위회귀분석에서도 자체 R&D의 계수가 음수인 경우가 있어, 300인 미만 기업의 자체 R&D 활동이 크게 성공적이지 않음을 시사한다. 외부 R&D 투자는 중앙값 이상의 분위에서 유의하였으며, 외부 R&D 투자와 기업규모의 교차항은 0.1 분위에서만 유의한 양의 값을 띠었다.

〈표 11〉은 저기술 제조업의 분석결과로, OLS 분석에서는 자체 R&D 투자만이 기업 생산성에 유의한 영향을 미쳤다. 분위회귀분석에서는 자체 R&D 투자 효과가 전반적으로 유의하였고, 중앙값 이하의 분위에서는 기업규모와의 조절효과 또한 유의하였다. 외부 R&D의 경우에는 0.1, 0.25 분위에서 기업규모와의 교차항이 유의하였고, 그 이상 분위에서는 외부 R&D 항의 계수가 유의하였다. 따라서 분위회귀분석 결과는 외부 R&D 투자가 저기술 제조업 기업의 생산성에 기여하였음을 보여준다.

〈표 11〉 기업별 중요소생산성 결정요인 분석결과 : 저기술 제조업

종속변수 설명변수	ln(TFP _t)					
	OLS	분위회귀분석(Quantile Regression)				
		0.1q	0.25q	0.5q	0.75q	0.9q
ln(TFP _{t-1})	0.755*** (0.015)	0.883*** (0.013)	0.860*** (0.006)	0.848*** (0.005)	0.809*** (0.005)	0.716*** (0.008)
ln(K _{t-1})	0.039*** (0.004)	0.017*** (0.006)	0.025*** (0.003)	0.028*** (0.002)	0.032*** (0.003)	0.044*** (0.003)
ln(R _{t-1})	0.002* (0.001)	-0.001 (0.002)	0.002* (0.001)	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)	0.003** (0.002)
ln(R _{t-1}) × D ₃₀₀	0.004 (0.003)	0.009* (0.005)	0.005* (0.003)	0.003* (0.002)	-0.000 (0.002)	-0.005 (0.006)
ln(E _{t-1})	0.004 (0.005)	0.001 (0.008)	-0.003 (0.004)	0.007* (0.004)	0.010*** (0.002)	0.010*** (0.003)
ln(E _{t-1}) × D ₃₀₀	0.008 (0.006)	0.020** (0.008)	0.013*** (0.004)	-0.004 (0.005)	-0.003 (0.004)	-0.001 (0.008)
D ₃₀₀	0.005 (0.024)	-0.046 (0.044)	-0.020 (0.021)	-0.008 (0.016)	0.016 (0.019)	0.063 (0.055)
상수	0.800*** (0.062)	0.031 (0.088)	0.336*** (0.036)	0.509*** (0.030)	0.801*** (0.037)	1.336*** (0.055)
R ² , Pseudo R ²	0.635	0.359	0.442	0.498	0.513	0.487
관측치 수	9,689	9,689	9,689	9,689	9,689	9,689

주 : 1) *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 2) () 안은 robust stand error.

3) 산업부문 및 연도 더미 변수는 분석에는 포함되었으나, 표에 제시하지는 않음.

기타 통제변수의 영향을 간략히 서술하면 다음과 같다. 기업의 $(t-1)$ 기 생산성 계수는 모든 경우에 유의하게 양이었으며, 그 값도 다른 계수에 비해 상대적으로 높았다. 이를 통해 현재의 생산성이 이전 시점의 생산성에 의해 큰 영향을 받는다는 점이 확인되었다. 그리고 전 시점의 물적자본은 현 시점의 생산성에 전반적으로 긍정적인 영향을 미쳤으나, 첨단제조업에서는 음(-)의 효과를 보이기도 하였다. 기업규모 더미변수는 그 자체로는 거의 유의하지 않았으나, 중기술 제조업에서는 생산성에 대체로 부정적인 영향을 미쳤다.

외부 R&D 투자에 관한 분석결과를 정리하면, OLS 분석에서 외부 R&D 투자는 저기술 제조업의 경우를 제외하고 기업 생산성에 긍정적인 영향을 미쳤다. 분위회귀분석 결과는 저기술 제조업에서도 외부 R&D의 효과가 전반적으로 유의함을 보였다. 따라서 이상의 분석결과는 가설 1을 지지하며, 외부 R&D 활동은 기업 생산성에 기여한다고 할 수 있다.

외부 R&D에 대한 기업규모의 조절효과를 살펴보면, OLS 분석에서는 조절효과의 계수가 유의하지 않았다. 또한 분위회귀분석에서도 조절효과 계수는 유의하지 않거나(첨단기술 제조업), 그 방향이 분위별로 일관적이지 않았다(전체 제조업, 중기술 제조업, 저기술 제조업). 따라서 외부 R&D에 대한 기업규모의 조절효과는 유의하지 않은 것으로 확인되며, 가설 2는 기각된다.

한편, 자체 R&D에 대한 기업규모의 조절효과는 첨단기술 제조업의 경우를 제외하고는 전반적으로 유의하게 나타났다. 외부 R&D와 자체 R&D의 조절효과를 비교하면, 전체 제조업과 중기술 제조업에서 자체 R&D 투자의 조절효과가 외부 R&D 투자의 조절효과보다 더 컸다. 이러한 분석결과는 외부 R&D의 효과가 기업규모에 따라 크게 상이하지 않다는 점을 시사한다. 이는 외부 R&D 투자의 양상이 대체로 표준화된 연구를 시장에서 구매하는 것으로(Beneito, 2006), 비교적 낮은 수준의 연구역량으로도 수행 가능하기 때문이다. 물론, 외부 R&D 활동도 협력 파트너 선정과 R&D 관리를 위한 내부 역량이 요구된다. 그러나 물적·인적 자원의 지속적 투자와 R&D 전(全) 과정의 관리를 요구하는 자체 R&D보다는 그 수준이 낮다. 즉, 외부 R&D 수행에 요구되는 연구역량의 수준이 상대적으로 낮아 중소기업 또한 외부 R&D로부터 일정수준의 성과를 획득할 수 있는 것이다. 이러한 분석결과는 중소기업의 적극적인 개방형 혁신활동 수행을 지지한다.

그러나 중소기업은 외부 R&D 파트너의 선정에서 난관에 봉착할 수 있다. 국내기업의 경우 자금력과 인적 네트워크가 외부 R&D 파트너의 선정에 큰 영향을 미치는데, 이러한 여건에 있어 중소기업이 상대적으로 불리하기 때문이다(이경희 외, 2011). 또한 R&D 관련 계약기준이 명료하지 않은 경우 도덕적 해이 문제가 발생할 수도 있다(이경희 외, 2011). 그러한 난점에도 불구하고, 본 연구의 분석결과는 외부 R&D가 유효한 혁신활동임을 보여준다. 따라서 기업 간

네트워크 형성을 지원하고 계약과 관련된 규정을 정비하여 외부 R&D에 대한 기업의 접근성을 제고할 필요가 있다.

VI. 요약 및 결론

본 연구는 기업의 외부 R&D 투자가 생산성에 미치는 영향을 기업규모의 조절효과와 함께 분석하였다. 기업 단위의 생산함수 추정을 통해 기업별 중요소생산성을 추정하였고, 이를 R&D 투자의 함수로 설정하여 외부 R&D 투자가 기업 생산성에 미치는 효과와 이에 대한 기업규모의 영향을 분석하였다. 분석자료로는 「기업활동조사」의 제조업 기업 자료를 활용하였으며, OLS 분석과 함께 분위회귀분석도 병행하여 기업 생산성 수준에 따른 R&D 투자의 이질적 효과를 분석하였다.

전체 제조업과 기술수준별 산업부문에 대한 주요 분석결과는 다음과 같다. 전체 제조업에 대한 분석에서는 외부 R&D의 기여가 OLS 분석과 분위회귀분석 전반에 걸쳐 유의하게 확인되었다. 외부 R&D에 대한 기업규모의 조절효과는 중앙값 이상의 분위분석에서 음으로 나타났다. 첨단기술 제조업 분석에서는 OLS 분석에서 외부 R&D의 계수가 양으로 유의하였고, 분위회귀 분석에서는 0.25~0.75 분위분석에서 외부 R&D 투자가 생산성 향상에 기여하였다. 중기술 제조업에서도 외부 R&D가 기업 생산성에 기여하였으며, 분위회귀분석에서는 중앙값 이상의 분위에서 외부 R&D 계수가 양으로 유의하였다. 저기술 제조업의 경우 분위회귀분석에서 외부 R&D의 기여가 유의하게 확인되었다.

이상의 분석을 통해, 본 연구는 기업의 외부 R&D 활동이 기업 생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 확인하였다. 기업 내부의 자체 R&D 투자를 통제하고 외부 R&D 투자의 고유한 효과가 식별되었다는 것은 개방형 혁신활동이 기업성장을 높이는 효과적인 전략이 될 수 있음을 시사한다. 또한, 본 연구는 외부 R&D 투자에 대한 기업규모의 조절효과가 자체 R&D 투자의 경우와 비교하여 훨씬 작으며, 특히 첨단기술 제조업이나 중기술 제조업에서는 거의 유의하지 않다는 점을 확인하였다. 이처럼 기업규모에 따른 외부 R&D 투자 효과의 차이가 크지 않은 것은 외부 R&D의 진입장벽이 자체 R&D에 비해 낮아 상대적으로 R&D 인프라와 노하우가 부족한 중소기업도 외부 R&D를 통해 대기업과 유사한 수준의 성과를 획득할 수 있기 때문으로 해석된다. 이러한 결과는 개방형 혁신활동에 대한 중소기업의 적극적 참여가 합리적인 전략이 될 수 있음을 시사한다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 혁신성과의 창출에는 기업이 보유한 인적자원의 역할

도 중요하나, 본 연구에서는 기업이 보유한 인적자본을 반영하지 못하였다. 이는 「기업활동조사」 자료가 종사자의 학력 수준이나 기업의 연구인력과 같은 정보를 포함하고 있지 않기 때문이다. 둘째, 기업의 R&D 활동에 대한 정책 변수의 효과를 고려하지 못하였다. R&D에 대한 정책적 지원은 기업의 R&D 의사결정에 상당한 영향을 미칠 수 있으며, 특히 상대적으로 자원 및 R&D 인력이 부족한 중소기업의 경우에는 정부의 지원이 더 큰 영향력을 발휘할 수 있다. 그러나 이 역시 자료의 한계로 인해 분석에 반영되지 못하였다. 이러한 한계점의 보완과 더불어, 기업 외부 R&D 활동의 혁신성과에 대한 세부업종별 분석도 필요하다. 세부업종별 특성에 따라 기업 외부 R&D가 생산성에 미치는 효과의 크기나 연결 기제가 다를 수 있으므로, 세부업종의 기술적·경제적 특성을 고려한 심층분석을 통해 외부 R&D 활동에 대한 전반적인 이해와 효과적인 관련 정책 수립이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김경호 (2018), “기업규모의 매개효과와 외부 연구개발 투자의 성과”, 서울대학교 석사학위 논문.
- 노지혜·정민근·나중덕 (2010), “기술집약도에 따른 국내 제조업의 기술혁신 패턴 분석”, 「기술혁신연구」, 18(2): 33-58.
- 문성욱 (2011), “외부 지식 활용이 한국 제조 기업들의 혁신에 어떤 영향을 미치는가?”, 「기술혁신학회지」, 14(4): 711-735.
- 박경도·윤지용 (2007), “중소기업의 내부연구개발 활동과 외부 연구개발 활동의 관계 : 보완관계인가 대체관계인가?”, 「벤처경영연구」, 10(3): 63-84.
- 이경희·박문수·조현승 (2011), 「한국 기업의 R&D 아웃소싱과 성과」, 산업연구원.
- 이근희·표학길 (2015), “기업동학, 자원재분배 및 노동생산성 결정요인 : 기업활동조사(2006~2012)에 기초한 패널분석”, 「한국경제의 분석」, 21(3): 43-114.
- 임효정·이원영 (2009), “한국 기업의 연구개발 외주활동 결정요인 분석”, 「기술혁신연구」, 17(1): 179-204.
- 전현배·조장희·허정 (2012), “기업의 생산성 격차와 국제화 전략”, 「경제학연구」, 61(1): 5-30.
- 한상연 (2017), “외부지식 활용을 통한 기술혁신과 연구개발 조직 인력다양성 영향 분석”, 「산업경제연구」, 30(1): 1-33.
- 홍장표·김은영 (2009), “한국 제조업의 산업별 기술혁신패턴 분석”, 「기술혁신연구」, 17(2): 25-53.

- Arrow, K. J. (1962), "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton University Press, 609-626.
- Barney, J. (1991), "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage", *Journal of Management*, 17(1): 99-120.
- Beneito, P. (2006), "The Innovative Performance of In-house and Contracted R&D in terms of Patents and Utility Models", *Research Policy*, 35(4): 502-517.
- Berchicci, L. (2013), "Towards an Open R&D System: Internal R&D Investment, External Knowledge Acquisition and Innovative Performance", *Research Policy*, 42(1): 117-127.
- Bönte, W. (2003), "R&D and Productivity: Internal vs. External R&D-evidence from West German Manufacturing Industries", *Economics of Innovation and New Technology*, 12(4): 343-360.
- Buettner, T. (2003), "R&D and the Dynamics of Productivity", London School of Economics, mimeo.
- Castellani, D. and Pieri, F. (2013), "R&D Offshoring and the Productivity Growth of European Regions", *Research Policy*, 42(9): 1581-1594.
- Chesbrough, H. W. (2006), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Press.
- Coad, A. and Rao, R. (2008), "Innovation and Firm Growth in High-tech Sectors: A Quantile Regression Approach", *Research Policy*, 37(4): 633-648.
- Coad, A., Segarra, A. and Teruel, M. (2016), "Innovation and Firm Growth: Does Firm Age Play a Role?", *Research Policy*, 45(2): 387-400.
- Das, T. K. and Teng, B. S. (2000), "A Resource-based Theory of Strategic Alliances", *Journal of Management*, 26(1): 31-61.
- Doraszelski, U. and Jaumandreu, J. (2013), "R&D and Productivity: Estimating Endogenous Productivity", *Review of Economic Studies*, 80(4): 1338-1383.
- Falk, M. (2012), "Quantile Estimates of the Impact of R&D Intensity on Firm Performance", *Small Business Economics*, 39(1): 19-37.
- Frenz, M. and Ietto-Gillies, G. (2009), "The Impact on Innovation Performance of Different Sources of Knowledge: Evidence from the UK Community Innovation Survey", *Research Policy*, 38(7): 1125-1135.

- Greene, W. H. (2012), *Econometric Analysis (7th edition)*, Pearson.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *The Bell Journal of Economics*, 10(1): 92-116.
- Hagedoorn, J. (1993), "Understanding the Rationale of Strategic Technology Partnering: Interorganizational Modes of Cooperation and Sectoral Differences", *Strategic Management Journal*, 14(5): 371-385.
- Huang, Y. A., Chung, H. J. and Lin, C. (2009), "R&D Sourcing Strategies: Determinants and Consequences", *Technovation*, 29(3): 155-169.
- Katz, M. L. (1986), "An Analysis of Cooperative Research and Development", *The Rand Journal of Economics*, 17(4): 527-543.
- Kogut, B. and Zander, U. (1992), "Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology", *Organization Science*, 3(3): 383-397.
- Leiblein, M. J. and Miller, D. J. (2003), "An Empirical Examination of Transaction and Firm-Level Influences on the Vertical Boundaries of the Firm", *Strategic Management Journal*, 24(9): 839-859.
- Maddala, G. S. and Wu, S. (1999), "A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test", *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1): 631-652.
- Montesor, S. and Vezzani, A. (2015), "The Production Function of Top R&D Investors: Accounting for Size and Sector Heterogeneity with Quantile Estimations", *Research Policy*, 44(2): 381-393.
- Nakamura, K. and Odagiri, H. (2005), "R&D Boundaries of the Firm: An Estimation of the Double-hurdle Model on Commissioned R&D, Joint R&D, and Licensing in Japan", *Economics of Innovation and New Technology*, 14(7): 583-615.
- Narula, R. (2001), "Choosing Between Internal and Non-internal R&D Activities: Some Technological and Economic Factors", *Technology Analysis & Strategic Management*, 13(3): 365-387.
- Nicholls-Nixon, C. L. and Woo, C. Y. (2003), "Technology Sourcing and Output of Established Firms in A Regime of Encompassing Technological Change", *Strategic Management Journal*, 24(7): 651-666.
- Olley, G. S. and Pakes, A. (1996), "The Dynamics of Productivity in the Telecommunications

- Equipment Industry”, *Econometrica*, 64(6): 1263-1297.
- Pisano, G. P. (1990), “The R&D Boundaries of the Firm: An Empirical Analysis”, *Administrative Science Quarterly*, 35(1): 153-176.
- Spithoven, A. and Teirlinck, P. (2015), “Internal Capabilities, Network Resources and Appropriation Mechanisms as Determinants of R&D Outsourcing”, *Research Policy*, 44(3): 711-725.
- Stanko, M. A. and Calantone, R. J. (2011), “Controversy in Innovation Outsourcing Research: Review, Synthesis and Future Directions”, *R&D Management*, 41(1): 8-20.
- Steinberg, P. J., Procher, V. D. and Urbig, D. (2017), “Too Much or too Little of R&D Offshoring: The Impact of Captive Offshoring and Contract Offshoring on Innovation Performance”, *Research Policy*, 46: 1810-1823.
- Un, C. A. and Rodríguez, A. (2018), “Learning from R&D Outsourcing vs. Learning by R&D Outsourcing”, *Technovation*, 72-73: 24-33.
- Veugelers, R. and Cassiman, B. (1999), “Make and Buy in Innovation Strategies: Evidence from Belgian Manufacturing Firms”, *Research Policy*, 2(1): 63-80.

김경호

서울대학교 농경제사회학부에서 경제학 석사학위를 취득하였으며, 관심분야는 개방형 혁신활동, 외부 R&D 투자, R&D와 생산성이다. 현재 한국농촌경제연구원에 재직 중이다.

정진화

미국 University of Illinois(UIUC)에서 경제학 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 농경제사회학부 교수로 재직 중이며, 주요 연구분야는 기술혁신과 기업성과, 기술혁신과 고용, 인적자원 투자와 성과 등이다.