

기술사업화 성공에 대한 기술성숙도 및 사업화 활동의 영향에 관한 연구: 공공기술을 중심으로

신윤미¹, 봉강호², 박재민^{2*}

¹과학기술일자리진흥원, ²건국대학교 기술경영학과

A Study on the Effect of Technology Readiness Level and Commercialization Activities on the Success of Technology Commercialization: Focusing on Public Technology

Yoonmi Shin¹, Kang Ho Bong², Jaemin Park^{2*}

¹The Commercializations Promotion Agency for R&D Outcomes

²Department of Management of Technology, Konkuk University

요약 우수한 연구성과를 상업화하여 산업발전에 기여하는 '기업가적 행위자(entrepreneurial actor)'로서의 공공 연구기관의 기능과 역할에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 이들의 상용화 단계 성과는 미흡하다는 지적이 제기되고 있다. 공공기술의 기업이 활용하기에 기술성숙도 또는 재현성(repeatability)이 미흡하여 공공 연구기관으로부터 개발된 기술의 사업화가 성공적이지 못하다는 주장이 있다. 본 연구에서는 공공기술을 도입한 기업을 대상으로 조사한 자료를 활용하여 기술사업화 성공에 대한 기술성숙도(TRL) 및 사업화 활동의 영향을 실증적으로 분석한다. 이를 위해 대학 및 출연(연)으로부터 기술을 이전받은 369개 기업의 설문응답 결과를 활용하여 프로비트 모형 분석을 실시하였으며, 특히 도입시점의 TRL 수준과 현재시점 TRL 수준의 차이(TRL Gap)를 측정하여 이의 조절효과를 검증하고자 하였다. 연구 결과, 기업이 도입한 공공기술의 도입시점 TRL이 높을수록 기술사업화 성공 가능성 또한 높은 것으로 나타났다. 또한, 도입시점의 TRL 수준과 사업화 시점의 TRL 수준의 차이(TRL Gap)는 그 자체로 기술사업화 성공에 영향을 미치지 않으며, 도입시점 TRL과 결합하여 추가적인 효과를 발생시키는 것으로 나타났다. 마지막으로, 한계효과 추정을 통해 TRL이 4~6 수준인 기술을 도입하여 TRL 9 수준으로 향상시키면 기술사업화 성공 가능성이 가장 높게 나타나는 것으로 관측되었다.

Abstract There is growing interest in the function and role of public research institutes as "entrepreneurial actors" that can contribute to industrial development by commercializing excellent research outputs. On the other hand, their performance in the commercialization phase is insufficient because of the insufficient technological technology readiness level or repeatability. This study conducted probit model analysis to examine the effect of the technology readiness level and commercialization activities on the success of technology commercialization. The results showed that the possibility of success in technology commercialization increased with increasing TRL at the time of acquisition. In addition, the difference between the TRL at the time of acquisition and the current TRL (TRL Gap) does not affect technology commercialization on its own. It generates additional effects in conjunction with the TRL at the time of acquisition. Finally, the results show that technology commercialization is most likely to succeed if technology with a TRL 4-6 level is improved to TRL 9 level through a marginal effect estimation.

Keywords : Technology Commercialization, Technology Readiness levels, Public Technology, Technological Innovation, Probit Model

본 논문은 제1저자의 박사학위논문 일부를 요약·수정된 것이다.

*Corresponding Author : Jaemin Park(Konkuk University)

email: jpark@konkuk.ac.kr

Received March 4, 2021

Revised March 29, 2021

Accepted June 4, 2021

Published June 30, 2021

1. 서론

오늘날 기술혁신에 대한 중요성이 더욱 커지고 있다. 저성장, 산업 경쟁력 정체, 청년실업 문제 등 우리가 직면하고 있는 여러 사회·경제적 문제를 해결하는 데 있어서 그 돌파구가 바로 기술혁신이기 때문이다. 이러한 맥락에서 우수한 연구인력 및 인프라를 보유한 대학과 정부 출연연구기관(이하 출연연)의 기능과 역할에 대한 관심이 높아지고 있다[1-3]. 즉, 이들의 연구개발 성과를 상업화하여 산업발전에 기여하는 '기업가적 행위자(entrepreneurial actor)'로서의 역할에 기대되는 바가 크다는 것이다[4]. 그러나 국가 과학기술혁신과 산업 발전에 있어 중추적 역할을 담당해야 할 대학 및 출연(연)의 기술이전 실적 등 상용화 단계의 성과는 미흡하다는 지적이 제기되고 있다. 산업통상자원부·한국산업기술진흥원(2020)[5]에 따르면, 대학·출연(연)의 기술료 징수 및 사업화 실적은 민간부문(기업)의 절반 수준을 벗어나지 못하는 실정이다.

이처럼 대학 및 출연연으로부터 개발된 공공기술의 사업화가 성공적이지 못한 이유로, 공공기술은 기업이 활용하기에는 기술성숙도 또는 재현성(repeatability)이 미흡하다는 주장이 있다[6-10]. 기술이 우수함에도 불구하고 기술 그 자체로는 기업이 추구하는 경제적 수익이 창출되기 어렵다는 점에 비추어볼 때, 공공기술의 상용화 가능성은 기업이 기술도입을 결정하는 데 있어 중요한 고려사항이다[11,12]. 즉, 공공기술이 기업으로 이전되어 사업화에 성공하는 데 있어 기술의 제품화 및 경제적 성과 창출의 가능성, 즉 '상용화 가능성'이 핵심요인이라 할 수 있다. 그러나 기술제공자인 연구자는 이전기술에 대하여 과학적 이해는 충분하지만, 상용화 관점의 고려는 부족할 수 밖에 없다[13]. 따라서 공공기술의 상용화 및 사업화 성과 제고를 위해서는 대학·출연(연)의 응용개발·실증연구 확대를 촉진하여 공공기술의 기술성숙도 및 재현성 향상을 유도해야 한다는 논의들이 이루어지고 있다[14-16].

한편, 공공기술의 사업화 성공에 있어 실제 기술성숙도가 중요한 지 여부를 실증적으로 규명한 연구는 찾아보기 어렵다. 즉, 공공기술의 성숙도에 따른 사업화 성공 가능성 차이에 대한 실증적 증거(evidence)는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 기업이 도입한 공공기술의 성숙도와 사업화 성공 간 관계를 체계적으로 확인하기 위한 실증분석을 수행하고자 한다. 구체적으로, 계량경제 모형을 활용하여 기업이 공공기술을 도입한 시점의 기술

성숙도와 사업화 성공 간 관계를 분석한다. 이와 더불어, 공공기술 도입시점의 기술성숙도와 현재시점(설문응답시점) 기술성숙도의 차이와 사업화 성공 간 관계를 분석하여 기술도입 이후 기업의 상용화 노력이 사업화 성공 가능성에 미치는 영향을 함께 살펴본다. 이를 위하여 대학 및 정부 출연연구기관의 연구성과인 공공기술을 도입한 기업을 대상으로 조사한 자료를 분석한다. 기술성숙도는 공공기술의 개발 정도 또는 완성도를 평가하기 위해 주로 이용되는 TRL(technology readiness levels) 지표를 활용한다. 본 연구는 공공기술의 성숙도와 사업화 성공 간 관계를 체계적으로 살펴봄으로써 기존에 미흡하였던 이론적 논의를 보완하고, 실증분석을 통한 시사점을 도출함으로써 정책수립에 기초자료를 제공한다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

2. 이론적 배경 및 가설 설정

2.1 기술혁신 과정

기술혁신 과정은 많은 학자들에 의해 꾸준히 연구되어 왔다. 대표적으로, Rosegger(1996)은 기술혁신 과정을 과학적 지식을 발견하는 기초연구, 새로운 기술적 아이디어(특히)를 창출하는 응용연구, 새로운 아이디어를 기반으로 한 제품 또는 서비스 개발, 투자유치 및 기술혁신 활동, 시장에서의 확산 등 5개의 단계를 거치는 점진적으로 발전해나가는 과정이라 하였다[17]. Rothwell and Zegveld(1985)의 경우, 기술혁신 과정을 아이디어 생성, 기술개발(R&D), 시제품 제조, 생산, 판매, 시장진입 등의 단계로 구성되며, 각 단계에서의 활동이 상호작용하는 모형으로 설명하였다[18]. 즉, 각 단계의 활동들이 서로 피드백을 주고 받으며 유기적으로 연계된다는 것이다. Jolly(1997)는 기술혁신의 가치가 증대되는 일련의 과정이 착상, 보육, 시연, 촉진, 지속 등 5단계의 프로세스와 이들 단계 사이에서 후속 단계를 넘어가기 위한 가치추적 및 자원조달의 전이 과정으로 구성된다고 하였다[19]. 여기서 기술이전은 주로 착상에서 보육단계, 그리고 보육단계에서 시연단계로의 전이과정에서 일어나는데, 기술사업화의 성공은 전이활동의 성공여부에 따라 좌우되는 것으로 이해된다[20].

앞서 살펴본 기술혁신 과정에 대한 이론적 모형들은 공통적으로 연구개발을 통해 개발된 기술이 사업화되어 시장성과가 실현되는 단계까지 포함하는 일련의 과정으로 설명한다. 즉, 기술개발 활동뿐 아니라 이를 상용화하

는 과정까지 함께 강조하고 있다는 것이다. 이러한 주장들은 연구개발뿐 아니라 실용화 및 확산(사업화) 과정에 대한 논의의 필요성을 뒷받침한다고 하겠다.

2.2 기술사업화

기술사업화의 정의는 많은 학자들에 의해 다양하게 연구되어 오고 있으나, 일반적으로 '기술을 이용하여 제품의 개발·생산 및 판매를 하거나 그 과정의 관련 기술을 향상시키는 것'으로 정의된다(「기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률(기술이전법)」 제2조). 기술사업화 성공의 기준은 정의에 따라 다를 수 있으나, 통상적으로 '개발된 기술이 다양한 형태의 상업적인 목적으로 활용되어 경제적 이득을 창출하는 단계에 도달하는 것'으로 볼 수 있다. 여기서 개념적으로, '기술사업화'는 '기술이전'과 구분된다. 예컨대 「기술이전법」 제2조에서는 기술사업화와 별도로 기술이전을 '양도, 실시권 허락, 기술지도, 공동연구, 합작투자 또는 인수·합병 등의 방법으로 기술이 기술보유자(해당 기술을 처분할 권한이 있는 자를 포함한다)로부터 그 외의 자에게 이전되는 것'이라고 정의하고 있다. 이러한 관점에서, 본 연구에서의 기술사업화는 기술이전 이후 기술을 도입한 기업이 이전받은 기술을 활용하여 경제적 성과를 창출하기 위해 수행하는 일련의 활동을 의미하며, 기술사업화 성공은 도입기술 활용을 통한 경제적 성과 창출의 성공을 의미한다.

기술사업화 성공 달성은 매우 어려우며, 상당한 비용이 요구되는 것으로 알려져 있다. Stevens and Burley(1997)에 따르면, 평균적으로 3,000건의 아이디어(raw idea) 중 상업적으로 성공하는 것은 1건에 불과하다고 하였으며[21], Hammerstedt and Blach(2008)는 기업이 성공적인 기술사업화 성과를 1건 창출하는 데 있어 사업화 비용(4~7단계, \$21.1M)만 연구개발 비용(1~3단계, \$3.42M)의 약 6.2배가 소요된다고 하였다[22].

이러한 배경에서, 기술사업화의 성공 가능성에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 이루어지고 있다. Harmon et al.(1997)에 따르면, 1983년부터 1993년까지 미네소타 대학에서 이전된 기술 중 상용화에 성공한 사례는 대부분 대기업으로 이전된 경우임을 확인하였으며, 결과적으로 기업의 규모에 따라 기술사업화 성공 가능성에 차이가 있다고 주장하였다[23]. Katrak(1997)과 Min and Kim(2014)은 기술사업화 성공에 대해 공공기술을 도입하는 기업이 기술을 성공적으로 도입하여 활용할 수 있는 능력, 즉 흡수역량(absorptive capacity)이 중요함을

시사하였다[24,25]. Berger et al.(1992)과 Bong et al.(2020)은 공공기술을 도입한 기업에 제공되는 정부 및 민간자금 지원이 기술사업화 성공 가능성을 높이는 데 기여한다고 주장하였다[16,26]. Jung et al.(2015) 및 이상민·조근태(2017), 봉강호(2020) 등 여러 선행연구에서는 공공기술을 도입한 기업에 대한 기술주체의 후속지원이 사업화 성공에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다[27-29]. 이종민 외(2013)의 경우, 공공기술을 도입한 기업이 영위하고 있는 산업유형에 따라 사업화 성공가능성에 차이가 있음을 보고하였다[30].

2.3 기술성숙도(Technology Readiness Level)

기술성숙도는 특정기술의 연구개발단계부터 상용화 단계까지 단계별 기술수준 또는 개발 정도를 판단할 수 있도록 정량화된 측정수단으로, 이해관계자들 간 공통된 인식을 갖도록 하는 기준이 된다. 즉, 기술적으로 차별성이 있고 우수한 기술임을 판단한다기보다 상용화를 목표로 기술적 아이디어 단계부터 연구개발이 어느정도 진행되어 있는지를 판단할 수 있다.

이러한 기술성숙도는 미국 NASA에서 성숙되지 않은 기술을 사용함에 따라 발생할 수 있는 위험 등을 관리하기 위해 개발 활용되었다. 1989년에 TRL을 7단계로 정의하였으나, 1995년에 상용화를 위한 현실적인 사항을 고려하여 Table 1과 같이 9단계로 확장하였다[31]. 우리나라에서는 2006년 방위사업청에서 TRL 지표를 처음 도입하였으며, 현재 기술의 개발 정도에 대하여 누구나 이해할 수 있는 측정수단으로 활용되고 있다. 국외에서는 기술성숙도의 개념 정립 단계를 넘어 이해관계자들의 의사결정의 활용 수단으로 기술성숙도 방법론 측면의 연구가 진행되고 있는 반면, 우리나라는 아직 국가 연구개발 사업의 관리와 평가에 활용하기 위한 개념 정립에 대한 연구가 진행되고 있다. 실제로 우리나라 국방부, 산업통상자원부, 국토교통부 등에서 특정 분야의 연구개발사업의 평가 및 관리를 위해 기술성숙도가 활용되고 있다.

그러나 기술성숙도의 측정은 연구자 및 기업 각자 주관적 판단에 의존되고 있고, 4차 산업혁명시대의 융복합 기술에 적용하기 어렵다는 단점이 존재한다. 이러한 단점에도 불구하고 연구개발 및 기술도입 과정에서 기술성숙도를 평가하는 것은 기술상용화를 위한 기술적 목표 달성 가능성과 소요비용·기간을 예측할 수 있는 수단이 되며 이는 기업의 상용화 성공에 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다.

Table 1. Description of TRL

Level		Description
1	Basic Research	Basic principles observed
2		Technology concept and/or application formulated
3	Experimental Proof	Proof of concept in laboratory environment
4		Laboratory testing of component or critical function
5	Prototypes	Component and/or breadboard validated or prototype demonstration
6		Pilot scale demonstration
7	Productization	Demonstration reliability and user evaluation
8		Certification and system complete
9	Commercial Application	System proven and ready for full commercial deployment

2.4 가설 설정

기술이 우수하더라도 경제적 가치를 창출하기 위해서는 제품화/서비스화되어야 하는데, 대학 및 출연(연)으로부터 개발된 공공기술은 기술성숙도 또는 재현성이 미흡하여 사업화에 어려움이 있다는 주장이 제기되어 왔다 [6-10]. 이러한 관점에서, 기술성숙도와 기술사업화 성공 간 관계를 규명하기 위한 실증연구들이 수행되어져 왔다. 예컨대, Min et al.(2019)는 기업이 도입한 기술의 TRL 수준과 기술사업화 성공 가능성은 정(+)의 관계를 가진다고 보고하였다[32]. 즉, 도입기술의 성숙도가 높을수록 사업화에 성공할 가능성이 높다는 것이다. 이러한 논의를 바탕으로, 본 연구에서는 다음과 같은 첫 번째 가설을 설정하였다.

〈가설 1〉 기업이 도입한 공공기술의 기술성숙도(TRL)가 높을수록 사업화에 성공할 확률 또한 높을 것이다.

앞서 논의한 기술성숙도는 기술적 특성으로 본다면, 기술을 도입한 기업특성으로서 도입기술에 대한 기업의 상용화 노력이 기술사업화 성공에 기여한다는 주장들도 제기된 바 있다. 먼저, 김태일·송주영(2016)은 FGI(focus group interview)를 통해 기술사업화 성공가능성을 예측하는 평가지표를 도출하였는데, 이 중 기업에 대한 평가지표로 기술 활용역량과 사업추진역량을 제시하였다 [33]. 즉, 도입한 기술을 시장요구수준까지 향상시키고, 제품을 개발·양산하여 판매하는 것이 중요함을 강조하였

다. 정부일·현병환(2018)의 경우에는 103편의 기술이전·사업화 성공요인 관련 연구논문에 대한 체계적 문헌고찰을 통해 기술특성이나 기술공급자의 역량보다 기술도입 기업의 기술개발 및 사업화 역량이 상대적으로 더 중요하다고 결론내렸다[34].

Bong et al.(2020)의 연구에서는 공공기술 도입 이후 기업의 응용개발 및 상용화 노력에 따른 기술성숙도의 증가 수준이 사업화 성공가능성과 정(+)의 관계를 가진다는 실증분석 결과를 보고하였다[16]. 여기서 기술성숙도의 증가수준은 기업이 공공기술을 도입한 시점의 TRL 수준과 설문응답시점 TRL 수준의 차이(TRL Gap)로 측정하여 분석하였다. 본 연구에서도 공공기술을 도입한 기업의 응용개발 및 상용화 노력이 사업화 성공에 기여할 것으로 가정하고, Bong et al.(2020)의 측정방법을 도입하여 공공기술 도입시점의 TRL 수준과 현재시점(설문응답시점)의 TRL 수준의 차이, 즉 TRL Gap을 분석에 활용한다. 그러나 본 연구의 경우, TRL Gap이 도입시점의 TRL과 사업화 성공 간 관계를 조절한다고 가정한다는 점에서 Bong et al.(2020)[16]과는 차이가 있다. 즉, 기업이 도입한 공공기술의 성숙도가 높을수록 사업화 성공 가능성이 높지만, 기업의 응용개발 및 상용화 노력이 더해지면 사업화 성공가능성이 더욱 향상될 것으로 가정한다. 이러한 관점에서 다음과 같은 두 번째 가설을 설정하였다.

〈가설 2〉 TRL Gap(현재시점 TRL-도입시점 TRL)은 기업이 도입한 공공기술의 TRL과 사업화 성공확률 간 관계를 긍정적으로 조절할 것이다.

3. 실증분석

3.1 연구자료 및 변수의 선정

본 연구에서는 공공기술을 도입한 기업의 사업화 성공에 대한 실증연구를 위해 과학기술정보통신부·과학기술일자리진흥원의 「2018년 공공연구성과 이전기술의 기술사업화 현황 및 성과 추적조사」 데이터를 활용한다. 동조사 데이터는 공공연구성과 기술사업화지원사업을 통하여 대학 및 출연(연)으로부터 기술을 이전받은 996개 기업을 대상으로 실시한 설문조사를 통해 작성되었다. 조사에 응답하지 않은 377개 기업 및 일부 결측치가 존재하는 250개 응답을 제외한 369개 기업의 응답을 최종 분석에 활용하였다.

본 연구의 실증분석에는 다음의 변수들을 활용한다. 첫째, 본 연구에서는 기술사업화 성공(Commercialization success)을 종속변수로 활용하며, 이는 도입기술의 활용을 통한 매출발생단계에 진입한 경우에 해당한다. 둘째, 가설변수로서 도입시점의 기술성숙도(TRL)는 기업이 대학 및 출연(연)으로부터 기술을 이전받은 시점, 즉 공공 기술 도입시점의 TRL 단계로 측정된 변수를 활용한다. 셋째, 조절변수로서 TRL Gap은 조사 응답년도(2018년) 기준 현재시점 TRL 단계와 공공기술 도입시점 TRL 단계의 차이로 계산한 값을 활용한다. 넷째, 가설 검증에 있어 기업특성에 따라 발생할 수 있는 사업화 성공 가능성 차이를 통제하기 위하여 인력규모(Firm size) 및 매출 규모(Sales), 기술도입기간(Adopt period), 제조업 여부(Manufacturing) 등을 모형에 함께 투입한다. 다섯째, 기업의 혁신특성으로서 연구전담인력규모(R&D staff) 및 외부기술 도입경험(External technology), 사업화 활동에 대한 투자규모(Commercialization investment)를 통제변수로 활용한다. 여섯째, 외부의 지원 또한 사업화 성공에 영향을 미칠 수 있다고 판단되는 바, 통제변수로서 정부의 기술지원(Technology support) 및 사업화 활동지원(Commercialization support), 자금 지원(Subsidies), 그리고 민간투자유치여부(External funds) 등을 모형에 함께 투입한다. 전술한 변수들의 기초통계

량은 Table 3에 제시하였다.

Table 2. Frequency for TRL

TRL	Adopt		Current		
	n	%	n	%	
Basic Research	1	1	.27	0	0
	2	27	7.32	5	1.36
Experimental Proof	3	169	45.80	73	19.78
	4	58	15.72	39	10.57
Prototypes	5	52	14.09	58	15.72
	6	40	10.84	85	23.04
Productization	7	15	4.07	41	11.11
	8	5	1.36	17	4.61
Commercial Application	9	2	0.54	51	13.82
Total		369	100.00	369	100.00

3.2 연구방법

본 연구의 종속변수, 즉 기술사업화 성공(Commercialization success)은 그 여부에 따라 0 또는 1의 값을 가지는 이항변수(binary variable)이다. 이러한 이항변수를 종속변수로 활용하는 경우, 주어진 설명 변수의 값에서 종속변수의 기댓값 또는 평균값으로 해석되기 보다는, 종속변수가 1인 값을 갖는 상황이 발생할

Table 3. Basic Statistics for Major Variables

Variable	Description	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Firm size	1=1~4, 2=5~9, 3=10~19, 4=20~49, 5=50~99, 6=100 or more in terms of number of employees	3.428	1.655	1	6
Sales	Natural log of sales in million KRW	7.068	3.322	0	13.385
Adopt period	Current year - Acquisition year	1.862	1.076	0	5
Manufacturing	1 if manufacturing firms, 0 otherwise	.664	.473	0	1
R&D staff	0=none, 1=1~4, 2=5~9, 3=10~19, 4=20~49, 5=50~99, 6=100 or more in terms of number of R&D staffs	2.030	1.384	0	6
External technology	1 if firm has uses of external technology at the survey year, 0 otherwise	.447	.498	0	1
Commercialization investment	0=no investment, 1=less than 50 mil. KRW, 2=50 mil. KRW~less than 100 mil. KRW, 3=100 mil. KRW~less than 200 mil. KRW, 4=200 mil. KRW~less than 500 mil. KRW, 5=more than 500 mil. KRW	2.209	2.016	0	5
Technology support	1 if firm has received technology development support from government, 0 otherwise	.209	.407	0	1
Commercialization support	1 if firm has received commercialization support from government, 0 otherwise	.081	.274	0	1
Subsidies	1 if firm has received government subsidies, 0 otherwise	.057	.232	0	1
External funds	1 if firm has received external funding, 0 otherwise	.033	.178	0	1
TRL	TRL at the time of acquisition	3.949	1.439	1	9
TRL Gap	Current TRL - TRL at the time of acquisition	1.653	1.528	0	7
Commercialization success	1 if commercialization was successful sales growth, 0 if not	.173	.379	0	1

확률(probability)로 해석된다. 선택확률 p 는 설명변수와 p 사이에 선형(linear)이 아닌 비선형(non-linear)의 관계가 요구된다. 예컨대 도입시점 TRL에 따라 사업화 성공여부를 분석할 때, 도입시점 TRL이 높을수록 사업화에 성공한다고 가정하면, 단순히 도입시점 TRL의 분포는 정규분포의 형태를 띠게 된다. 그러나 가정에 따르면 도입시점 TRL이 어느정도의 중간 단계인 경우에도 사업화에 성공할 수 있으므로 도입시점 TRL의 분포는 정규누적분포함수(cumulative distribution function; cdf)의 형태가 된다.

이러한 비선형 관계를 표준정규분포의 누적확률분포함수(cumulative normal probability function)로 표현하는 경우 이를 프로빗(probit) 모형으로 추정할 수 있다[35]. 본 연구의 실증분석에서도 기술성숙도 및 기술사업화 성공 간 관계를 추정하기 위하여 프로빗 모형을 활용한다.

4. 연구결과

4.1 프로빗 모형 분석결과

본 연구에서는 앞서 설정한 가설과 같이, 도입시점 기

술성숙도(TRL) 및 사업화 성공 간 관계와 더불어 TRL Gap이 이들 간 관계에 미치는 조절효과를 확인하는 데 목적이 있다. 이를 위해 프로빗 모형을 활용하여 가설변수 및 조절변수, 상호작용변수(가설변수 x 조절변수) 등을 순차적으로 추가해나가는 위계적인 방식으로 분석을 수행하였다[36].

프로빗 모형 분석 결과는 Table 4와 같다. 먼저, 가설변수만을 투입한 모형 1에서는 도입시점의 기술성숙도(TRL)가 통계적으로 유의한 양(+)의 계수값을 가지는 것으로 관측되었다. 조절변수인 TRL Gap을 함께 투입한 모형 2에서는 도입시점 TRL과 TRL Gap이 공히 유의한 양(+)의 계수값을 가지는 것으로 나타났다. 마지막으로, 모형 2에 상호작용변수를 추가로 투입한 모형 3에서는 도입시점의 기술성숙도(TRL)와 상호작용변수(A x B)는 통계적으로 유의한 양(+)의 계수값을 가지는 것으로 관측된 반면, 조절변수인 TRL Gap의 계수값은 유의하지 않았다. 이는 TRL Gap이 그 자체로는 기술사업화 성공에 영향을 미치지 않지만, 도입시점 TRL과 결합하여 추가적인 효과를 발생시킨다는 것으로 볼 수 있다. 즉, ‘순수 조절효과’를 발생시킨다는 것이다. 결과적으로, 기업이 도입한 공공기술의 성숙도가 높을수록 사업화에 성공할 가능성 또한 높으며, 기업의 응용개발 및 상용화 노력

Table 4. Probit model analysis results

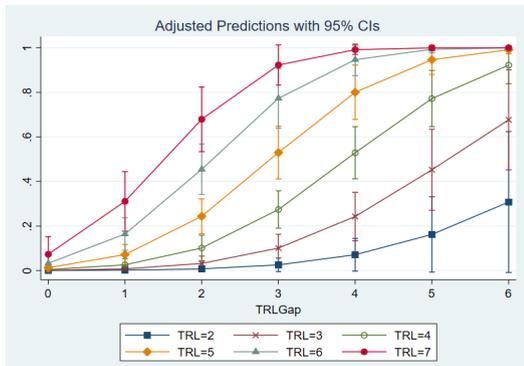
	(1)		(2)		(3)	
	Coef	Std.Err	Coef	Std.Err	Coef	Std.Err
Firm size	-.139	.081	-.150	.088	-.168	.091
Sales	.078*	.036	.115**	.035	.119**	.037
Adopt period	.150*	.075	-.007	.075	-.006	.077
R&D staff	.052	.100	-.013	.098	.001	.097
External technology	.380*	.181	.275	.195	.298	.196
Commercialization investment	.067	.044	-.002	.055	-.006	.055
Technology support	-.269	.237	-.338	.277	-.461	.290
Commercialization support	.851*	.335	.547	.383	.530	.398
Subsidies	1.045**	.362	.940*	.414	.942*	.431
External funds	1.803***	.437	2.163**	.715	2.180**	.683
Manufacturing	-.498*	.195	-.365	.223	-.450	.230
TRL(A)	.314***	.060	.545***	.095	.389**	.130
TRL Gap(B)			.642***	.100	.292	.222
A x B					.095*	.048
_cons	-2.976***	.447	-5.021***	.806	-4.328***	.893
Log pseudolikelihood	-129.621		-88.079		-86.271	
Wald	68.98***		62.75***		82.47***	
Pseudo R2	.239		.483		.493	

Note: *, **, and *** indicate significance at the 5%, 1%, and 0.1% levels, respectively. Estimated robust standard errors (Std.Err).

이 더해지면 사업화 성공가능성이 더욱 향상됨을 시사한다고 하겠다. 따라서 앞서 설정한 <가설 1>과 <가설 2>는 모두 채택되었다.

4.2 한계효과 추정결과

한편, 프로빗 모형은 어떠한 사건(본 연구의 경우, 사업화 성공)이 발생할 확률을 추정하기 때문에 독립변수가 종속변수에 미치는 영향 정도를 정확히 계산할 수 없다. 프로빗 모형에서 이를 도출하기 위해서는 한계효과(marginal effect)를 추정해야 한다. 본 절에서는 TRL Gap으로부터 발생하는 순수 조절효과의 영향정도를 확인하기 위하여 각 TRL 수준별로 TRL Gap 변화에 따른 한계효과를 추정하였다. 한계효과 추정결과를 도식화하면 다음 Fig. 1과 같다.



Note: Cases with fewer than two samples were excluded from the limit effect estimation range, and finally, TRLs had values from 2 to 7 and TRL Gap from 0 to 6.

Fig. 1. Estimation results of Marginal effects

한계효과 추정결과, TRL Gap=0 지점에서 도입시점 TRL이 높을수록 한계효과가 크게 관측되었다. 또한 TRL Gap이 한 단위 증가할 때, 도입시점 TRL이 높을수록 한계효과 변화 정도가 큰 것으로 나타났다.

세부적으로, 기업이 공공기술을 도입한 시점의 TRL이 7 수준이었으나 기업의 응용개발 및 상용화 노력이 더해져 TRL을 9로 향상시킨 경우(이때, TRL Gap=2) 한계효과는 약 0.1에서 0.7로 증가한다. 유사하게, 도입시점 TRL이 3인 경우 TRL을 9로 향상시켜도(이때, TRL Gap=6) 한계효과가 약 0.68 정도가 된다. 그러나 도입시점 TRL이 4~6인 경우 TRL을 9로 향상시키면(이때, TRL Gap=3~5) 한계효과가 약 0.77~0.80 정도까지 도달하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기술이전 이후

기업의 응용개발 및 상용화 노력이 더해져야 하겠지만, 대략 TRL이 4~6 수준인 기술을 이전시키면 사업화 성과를 극대화할 수 있음을 시사한다고 볼 수 있다.

한편으로, 한계효과 추정결과에서 도입시점의 TRL이 2에서 8로 높아진 경우(여기서, TRL Gap=6)의 한계효과 크기는 3에서 8로 높아진 경우(여기서, TRL Gap=5)보다 작고, 3에서 8로 높아진 경우의 한계효과 크기는 4 또는 5에서 8로 높아진 경우(여기서, TRL Gap=3 또는 4)보다 작은 것으로 관측되었다. 즉 도입시점 TRL 수준이 너무 낮은 공공기술의 경우, 기업의 응용개발 및 상용화 노력이 더해지더라도 사업화 성공 가능성이 크게 향상되지 못한다는 것이다. 이러한 결과는 기업의 흡수역량이 부족하여 이전받은 기술을 효과적으로 활용하지 못하고 있음을 암시하는 결과로 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 기술사업화 성공에 대한 기술성숙도 및 사업화 활동의 영향을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 대학 및 출연연으로부터 개발된 공공기술을 도입한 기업 데이터를 활용하여 실증분석을 수행하였다. 분석결과와 시사점, 그리고 이를 바탕으로 도출된 제언은 다음과 같다.

첫째, 기업이 도입한 공공기술의 도입시점 기술성숙도(TRL)가 높을수록 기술사업화 성공 가능성 또한 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대학 및 출연연 연구자가 시장수요와 사업화 관점을 고려하여 완성도 있는 기술을 개발하여 기업에 이전시키는 것이 사업화 성공에 중요하다는 것을 의미한다. 따라서, 과학적 관점인 연구자의 연구개발에 기업 전문가 참여와 같은 사업화 관점이 반영될 수 있도록 정부 차원의 연구개발 수행체계 구축이 필요하다.

둘째, 도입시점의 TRL 수준과 현재시점 TRL 수준의 차이, 즉 TRL Gap은 그 자체로 기술사업화 성공에 영향을 미치지 않으며, 도입시점 TRL과 결합하여 추가적인 효과(순수 조절효과)를 발생시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기업이 도입한 공공기술의 TRL 수준이 높을수록 사업화에 성공할 가능성 또한 높지만, 기업의 응용개발 및 상용화 노력이 더해지면 사업화 성공 가능성이 더욱 향상됨을 시사한다. 따라서, 기업이 도입한 기술을 사업화가 가능한 수준의 성능개량 및 향상과 같이 사업화에 필요한 후속 연구개발에 대한 기업 스스로의 노력을 촉진하기 위한 정부지원이 더욱 확대되어야 할 필

요가 있다.

첫째, 한계효과 추정을 통해 TRL이 4~6 수준인 기술을 도입하여 TRL 9 수준으로 향상시키면 기술사업화 성공 가능성이 가장 높게 나타남을 실증적으로 규명하였다. 이러한 결과는 공공기술의 사업화 성과 제고를 위해서는 공공부문의 연구개발 과정에서 사업화 관점을 고려하여 자체적으로 기술성숙도가 높은 기술을 개발하고 이를 이전하는 것도 바람직하나, 기술성숙도 TRL 4~6 수준의 기술을 기술활용 및 사업화 역량을 갖춘 기업으로 이전할 경우 성공적인 결과로 이어질 수 있음을 시사한다. 즉, 공공부문의 자체적인 응용개발·사업화 확대와 더불어 기업의 역량을 고려하여 적정 TRL 수준의 기술이전을 병행한다면 최적의 성과를 달성할 수 있을 것이라는 의미이다. 따라서 본 연구의 실증적 증거(evidence)에 근거하여 TRL 4~6 수준의 공공기술이 집중적으로 이전될 수 있는 정책방안을 모색해볼 것을 권고한다.

둘째, 한계효과 추정결과에서 현재에는 동일한 TRL 수준이더라도 도입시점의 TRL 수준에 따라 사업화 성공 가능성에 차이가 있음을 확인하였다. 기존에는 공공기술 사업화가 성공적이지 못한 이유로 기술성숙도 또는 재현성이 미흡한 기술이 기업으로 이전되는 경우가 많다는 점이 지적되어 왔고, 이에 대학 및 출연(연)의 응용개발·실증연구 확대를 촉진해야 한다는 견해가 많은 지지를 받았다[14-16]. 그러나 본 연구의 실증분석에서는 기업의 응용개발 및 상용화 노력이 더해지더라도 도입시점 TRL 수준이 너무 낮은 공공기술의 사업화 성공 가능성 향상은 제한적인 것으로 나타났다. 이는 TRL 수준이 낮은 공공기술을 도입한 기업들의 경우 자신들이 이전받은 기술을 성공적으로 활용하지 못하고 있음을 암시하는 것으로, 기업의 흡수역량이 공공기술의 사업화 성공에 있어서도 중요함을 확인시켜주는 결과로 볼 수 있다. 따라서 기업에 대학 및 출연(연)의 우수한 기술을 이전함과 동시에, 기업이 이전받은 기술을 효과적으로 활용할 수 있도록 하는 흡수역량 증진을 위한 정부지원이 함께 이루어져야 할 필요가 있다고 하겠다.

본 연구는 대학이나 공공연구기관에서 개발된 기술의 사업화 성공을 위해 기업의 관점으로 분석하였다는 데 차별성이 있으며, 공공기술의 사업화 성공에 있어서 기업의 흡수역량의 중요성을 확인시켜주는 실증적 증거를 제공한다는 점에서도 학술적 의의를 찾을 수 있다. 이러한 연구의 의의에도 불구하고, 본 연구는 몇가지 한계가 있음을 밝힌다. 첫째, 본 연구에서는 특정 사업을 통해 공공 기술을 이전받은 기업들을 대상으로 조사한 데이터를 분

석하였다는 점에서 연구결과의 일반화에 유의할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 자료의 한계로 인해 제조업 여부만으로 구분하여 분석하였으며, 기업들이 도입한 공공 기술의 기술분야나 기업들이 영위하고 있는 산업 유형에 따른 차이를 체계적으로 통제하지 않았다. 향후 연구에서는 이러한 한계점을 극복하여 분석한다면 보다 의미있는 연구결과를 도출해낼 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] D. Partha, P. A. David, "Toward a new economics of science", *Research Policy*, Vol.23, No.5, pp.487-521, Sep. 1994.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)01002-1](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)01002-1)
- [2] K. N. Kang, C. S. Jung, *Management of intellectual property and R&D performance: Focusing on universities and public research institutes*, Korea Institute of Intellectual Property, Korea.
- [3] K. H. Bong, J. Bae, J. Park, "An empirical study on the correlation between R&D and patent performance by innovation actors", *The Journal of Intellectual Property*, Vol.14, No.2, pp.167-192, Jun. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.34122/jip.2019.14.2.167>
- [4] Audretsch, D. B., "From the entrepreneurial university to the university for the entrepreneurial society", *The Journal of Technology Transfer*, Vol.39, No.3, pp.313-321, Jun. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-012-9288-1>
- [5] Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE), Korea Institute for Advancement Technology(KIAT), *2020 Industrial Technology Statistics*, KIAT, Korea, 2020.
- [6] R. Jensen, M. Thursby, "Proofs and prototypes for sale: The licensing of university inventions", *The American Economic Review*, Vol.91, No.1, pp.240-259, Mar. 2001.
- [7] D. S. Siegel, D. Waldman, A. Link, "Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study", *Research Policy*, Vol.32, No.1, pp.27-48, Jan. 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00196-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00196-2)
- [8] A. Agrawal, "Engaging the inventor: Exploring licensing strategies for university inventions and the role of latent knowledge", *Strategic Management Journal*, Vol.27, No.1, pp.63-79, Jan. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.508>
- [9] T. Hellmann, "The role of patents for bridging the science to market gap", *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol.63, No.4, pp.624-647, Aug. 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2006.05.013>
- [10] M. T. Larsen, "The implications of academic

- enterprise for public science: An overview of the empirical evidence”, *Research Policy*, Vol.40, No.1, pp.6-19, Feb. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.013>
- [11] E. Shove, “Gaps, barriers and conceptual chasms: Theories of technology transfer and energy in buildings”, *Energy Policy*, Vol.26, No.15, pp.1105-1112, Dec. 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(98\)00065-2](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(98)00065-2)
- [12] E. Luiten, H. van Lente, K. Blok, “Slow technologies and government intervention: Energy efficiency in industrial process technologies”, *Technovation*, Vol.26, No.9, pp.1029-1044, Sep. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.10.004>
- [13] S. J. Son, “Technical Commercialization: Perception of Gap and Design of Bridge”, *STEPI Insight*, Vol.178, pp.4-20, Nov. 2015.
- [14] R. A. Jensen, J. G. Thursby, M. C. Thursby, “Disclosure and licensing of university inventions: “The best we can do with the s**t we get to work with””, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.21, No.9, pp.1271-1300, Nov. 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-7187\(03\)00083-3](https://doi.org/10.1016/S0167-7187(03)00083-3)
- [15] S. J. Son, S. J. Lee, C. W. Woo, M. S. Kim, “Is it possible to technology commercialization without demonstration?” *STEPI Insight*, Vol.254, pp.1-23, May 2020.
- [16] K. H. Bong, Y. Shin, J. Park, “Do firms’ efforts matter? An innovation mechanism in public technology commercialization”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, in-press, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3025695>
- [17] Rosegger, G., *The Economics of Production and Innovation: An Industrial Perspective*, 3rd edition, Oxford: Butterworth Heinemann, 1996
- [18] Rothwell, R. and Zegveld, W., *Reindustrialization and Technology*, New York: M. E. Sharpe, 1985
- [19] Jolly, V. K., *Commercializing New Technologies: Getting from Mind to Market*, Boston: Harvard Business Press, 1997
- [20] J. Park, “Theory of technology commercialization and application of technology management: Based on Jolly’s theory”, *Industrial and Economic Analysis*, Korea Institute for Industrial Economics Trade, pp.27-31, 2008.
- [21] G. A. Stevens, J. Burley, “3,000 Raw Ideas = 1 Commercial Success!” *Research-Technology Management*, Vol.40, No.3, pp.1601-1703, May/June, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1080/08956308.1997.11671126>
- [22] R. H. Hammerstedt, E. L. Blach, “Commercialization of basic research from within the university and return of value to the public”, *Animal Reproduction Science*, Vol.105, No.1-2, pp.158-178, Apr. 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.11.014>
- [23] B. Harmon et al., “Mapping the university technology transfer process”, *Journal of Business Venturing*, Vol.12, No.6, pp.423-434, Nov. 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(96\)00064-X](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(96)00064-X)
- [24] H. Katrak, “The private use of publicly funded industrial technologies in developing countries: Empirical tests for an industrial research institute in India”, *World Development*, Vol.25, No.9, pp.1541-1550, Sep. 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(97\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(97)00051-X)
- [25] J-W. Min, Y. Kim, “What affects corporate commercialization of public technology transfer in Korea?”, *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol.22, No.2, pp.302-318, Jul. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1080/19761597.2014.956858>
- [26] R. E. Berger, C. J. Little, P. J. Saavedra, “Commercialization activities in the SBIR program (part 1)”, *The Journal of Technology Transfer*, Vol.17, pp.27-39, Sep. 1992.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02172609>
- [27] M. Jung, Y. Lee, H. Lee, “Classifying and prioritizing the success and failure factors of technology commercialization of public R&D in South Korea: Using classification tree analysis”, *The Journal of Technology Transfer*, Vol.40, pp.877-898, Oct. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-014-9376-5>
- [28] S. Lee, K. Cho, “A study on the impact of researcher’s commercialization support on the success of commercialization after technology transfer: A case of ETRI”, *Journal of Technology Innovation*, Vol.25, No.2, pp.35-57, May, 2017.
- [29] K. H. Bong, “Determinants of growth of public technology based start-up: Focused on subsequent support of technology subject”, *Knowledge Management Research*, Vol.21, No.2, pp.41-58, Jun. 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15813/kmr.2020.21.2.003>
- [30] J. Lee, M. Noh, S. Chung, “A study on the effects of SME’s technology planning competency on the success of commercialization”, *Journal of Technology Innovation*, Vol.21, No.1, pp.253-278, Apr. 2013.
- [31] J. C. Mankins, “Technology Readiness Levels”, *A White Paper*, Advanced Concepts Office of Space Access and Technology NASA, Apr. 1995.
- [32] J-W. Min, N. S. Vonortas, Y. Kim, “Commercialization of transferred public technologies”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.138, pp.10-20, Jan. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.10.003>
- [33] T. Kim, J-Y. Song, “Development of technology and enterprise assessment model for commercialization of public technology”, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.17, No.5, pp.153-163, May, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.153>
- [34] B. Chung, B-H. Hyun, “Analysis of success factors of technology transfer and commercialization through

systematic literature review”, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.8, No.1, pp.79-90, Jan. 2018.

DOI: <https://dx.doi.org/10.35873/ajmahs.2018.8.1.008>

- [35] A. C. Cameron, P. K. Trivedi, *Microeconometrics using Stata, Revised edition*, College Station: Stata Press, 2010.
- [36] R. M. Baron, D. A. Kenny, “The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations”, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.51, No.6, pp.1173-1182, Dec. 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1037//0022-3514.51.6.1173>

박 재 민(Jaemin Park)

[정회원]



- 1997년 6월 : 미 오하이오주립대학교 기술경제학 (경제학 석사)
- 1999년 9월 : 미 오하이오주립대학교 기술경제학 (경제학 박사)
- 2000년 10월 ~ 2007년 2월 : 과학기술정책연구원 연구위원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 경영대학 기술경영학과 교수

<관심분야>

경제성분석, 비즈니스경제, 지식경영

신 윤 미(Yoonmi Shin)

[정회원]



- 2018년 2월 : 홍익대학교 지식재산학과 산학학과간 협동과정 (지식재산학 석사)
- 2021년 8월 : 건국대학교 대학원 기술경영학과 (경영학 박사)
- 2011년 10월 ~ 2013년 1월 : 프론티어연구성과지원센터 연구원
- 2013년 2월 ~ 현재 : 과학기술일자리진흥원 선임연구원

<관심분야>

기술사업화, 과학기술정책, 기술경영

봉 강 호(Kang Ho Bong)

[정회원]



- 2019년 2월 : 건국대학교 대학원 기술경영학과 (경영학석사)
- 2021년 8월 : 건국대학교 대학원 기술경영학과 (경영학 박사)
- 2020년 9월 ~ 현재 : 건국대학교 경영대학 기술경영학과 강사

<관심분야>

기술혁신, 혁신전략, 지식경영