

기술역량투자와 기술혁신투자의 동태모형

권명중* · 하태정**

본 논문에서는 지금까지 기술혁신투자 연구에서 명시적으로 고려하지 않았던 기술역량을 기술혁신투자와 연계해서 분석하였다. 기술역량과 기술혁신 사이의 구조적 관련성하에서 연구개발투자 결정과정을 분석하고 다음의 연구결과를 도출하였다. 첫째, 기술역량은 기술혁신투자의 불확실성을 낮추고, 투자범위를 넓힌다. 둘째, 기술역량이 없는 기업은 자력으로나 외부의 지원으로나 저기술로부터 탈출할 수 없는 ‘저기술 함정’에 빠져 있다. 셋째, 기술역량과 기술혁신은 양방향성 보완재 관계를 통해 연구개발투자가 연구개발투자를 유인하는 선순환구조를 구축한다. 넷째, 기술혁신투자는 기술역량을 고려하였을 때가 그렇지 않을 때보다 더 높게 결정된다.

핵심주제어: 기술역량, 보완재, 연구개발투자
경제학문헌목록 주제분류: L0, O3

I. 서 론

본 논문은 기업의 기술역량(technological capability)과 기술혁신투자¹⁾ 사이의 구조적 관련성에 대한 분석을 통해 기술혁신을 위한 연구개발투자의 새로운 결정원리를 밝히는 것을 목적으로 한다.

‘기술혁신투자와 자본재투자가 서로 보완재이며, 이런 관계를 통해 기술혁신투자가 자본재투자를 유인한다’는 주장이 필자를 포함해서 여러 경제학자들에 의해 이론과 실증적으로 연구되어 왔다(Mairesse and Siu, 1984; Lach and Schankerman, 1989; Stoneman and Kwon, 1998, 2000; Nickell and Nicolitsas,

* 연세대학교 정경대학 사회과학부 경제학과 교수(제1저자), 전화: (033) 760-2310, 팩스: (033) 763-4324, E-mail: consign@yonsei.ac.kr

** 과학기술정책연구원(제2저자), 전화: (02) 3284-1775, 팩스: (02) 3284-1869, E-mail: hhhtj@stepi.re.kr

논문투고일: 2008. 10. 16 수정일: 2008. 10. 23 게재확정일: 2008. 10. 27

1) 연구개발투자, 기술혁신투자, 기술역량투자에 대한 정의와 상호관련성은 제2절 제1항을 참조하라.

2000). 그런데 이러한 주장에는 모든 기업들이 기술역량을 이미 가지고 있다는 것을 암묵적으로 전제하고 있다. 즉, 기업들이 기술혁신을 성공적으로 수행할 수 있는 능력, 예컨대 연구개발투자를 기획·평가·경영할 수 있는 능력(기술투자 능력), 연구개발투자의 결과물을 구체적으로 원형제작하고, 시험하고, 효율적으로 생산하고 조정할 수 있는 능력(생산능력), 또 신기술이나 신생산공정을 개발할 수 있는 능력(기술개발능력)이 있다고 전제한다. 모든 기업이 이런 기술역량을 가지고 있다고 가정하기 때문에 기술혁신투자를 위한 기회가 주어지면 기업들은 언제든지 기술혁신투자를 할 수 있다고 생각한다. 그러나 기술혁신과정을 잘 살펴보면 기술역량은 모든 기업들이 자동적으로 가질 수 있는 것이 아니라 시간과 비용을 지속적으로 투자하고, 또 경험을 일정 기간 동안 축적해서 일정 수준의 임계치에 도달해야지만 가질 수 있는 것이다. 기술역량이 없으면 기술혁신투자가 이루어지기 어려우며, 기술역량의 있고 없음과 기술역량의 수준에 따라 기술혁신투자 수준이 결정된다. 따라서 기술역량에 대한 투자와 기술혁신투자는 서로 보완재이며, 기술혁신투자는 기술역량획득과정(투자과정)과 연계하여 분석되어야 한다. 이러한 연계성을 고려하지 않으면, 산업 또는 국가 단위에서 기술혁신투자가 설비투자과 성장을 유인하는 관계는 설명할 수 있지만 산업 간 또는 산업 내 기업들 사이에 기술혁신투자의 양극화 문제, 또는 대부분의 중소기업들이 저기술함정(low skill trap)에 빠져 있는 현상을 설명할 수 없다.²⁾ 또한 Finegold and Soskice(1988)의 연구에서 주장하는 인적자본의 축적도 이루어지지 않고 기술혁신투자도 이루어지지 않는 ‘저기술 균형(low skill’s equilibrium)’의 함정에 빠지는 문제의 원인도 규명할 수 없다. 예컨대, 산업들 사이에 또는 기업들 사이에 기술역량 축적이 상이한 형태로 진행되는 상황에서 외부적으로 급격한 패러다임 기술변화가 일어났다고 해 보자. 기술역량이 상대적으로 축적되지 않은 산업이나 기업은 기술변화에 대응해서 기술혁신투자를 할 수 없다. 하지만 기술역량을 축적한 산업이나 기업은 기술변화에 대응해서 기술혁신투자를 진행해서 그렇지 않은 산업이나 기업과 성과 차이가 나게 된다. 또한 기술혁신투자를 위한 정부지원정책도 기업이나 산업이 기술역량을 축적해 놓지 않으면 정책의 실효성을 기대할 수 없다. 이와 같이 기술혁신과 관

2) 기업부문 연구개발투자에 관한 시계열 자료는 기업들 사이에 연구개발투자의 양극화 현상이 있음을 뚜렷하게 보여 주고 있다. 과학기술연구활동조사 보고서(과학기술부, 각년도)에 따르면 1995~2003년까지 9년간 매출액 기준 상위권 기업들의(1~65위) 연구개발투자는 등락의 변화를 보여 주고 있지만, 하위권 기업(66~200위)의 연구개발투자는 투자환경의 변화에도 불구하고 투자가 되지 않는 채로 변화하고 있지 않음을 나타내고 있다.

런된 다양한 경제현상을 이해하기 위해서는 기술역량에 대한 분석이 기술혁신 과정과 연계되어 분석되어야 한다.

기술혁신투자를 분석할 때 기술역량 획득과정을 포함해서 좀더 포괄적이고 장기적 관점의 분석이 필요한 또 다른 몇 가지 이유가 있다. 첫째, 내생적 성장 이론(New Growth Theory)의 미시적 근거(micro foundation)를 확립하기 위해서 연구개발투자에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 신고전학파의 대표적 성장 이론인 Solow의 성장모형에서 자본의 한계생산체감의 법칙 때문에 장기적으로 성장이 정체된다. 내생적 성장이론은 이 문제에 대한 해결책으로 ‘연구개발투입을 통한 기술변화’를 제시하고 있다(Romer, 1990; Grossman and Helpman, 1991). 즉, 연구개발투자가 생산해 내는 지식(기술)은 비경합적 성격을 가지므로 다른 기업들에게 외부성(spillover)을 준다. 이 외부성이 한계생산체감법칙을 상쇄해서 성장이 정체되는 문제를 해결하게 된다. 그런데 내생적 성장이론에서는 연구개발투자가 기업의 이윤추구 동기에 의해서 의도적으로 결정된다고 단순하게 설명되어 있지, 어떻게 기업들이 연구개발투자를 지속적으로 할 수 있게 하는지에 대한 설명이 부족하다. 따라서 ‘연구개발투자의 지속성’에 대한 이론적인 탐구가 필요한데, 연구개발투자의 지속성 문제는 기술역량 획득과 깊은 관련성이 있다.

둘째, 연구개발투자 결정에 관한 미시적 연구로서 이론적 평가방법이나 실증적 평가방법 등이 제시되지만, 이러한 방법들은 수요 측면을 주로 고려한 것으로 연구개발을 수행하는 공급 측면이 고려되고 있지 않다. 혁신적 기술변화가 빈번하고 빠르게 일어나는 지식기반경제에서는 연구개발 능력과 같은 공급 측면이 연구개발투자를 결정짓는 데 중요한 변수가 될 수 있다. 이런 관점에서도 기술역량과 연계된 연구개발투자에 대한 연구가 필요하다.

셋째, Arrow(1962)가 일찍이 주장한 바와 같이, 기술혁신은 내재적으로 시장 실패를 포함하고 있으므로 기술혁신투자와 관련해서 정부개입이 종국적으로 요구된다. 그런데 정부개입을 통해 시장실패를 보정하려 한다면 기술혁신의 인과관계를 포함해서 기술혁신투자 결정과정에 대한 포괄적인 이해가 바탕이 되어야 한다. 기술역량을 포함한 기술혁신에 대한 분석이 필요한 또 다른 이유이다.

위와 같은 필요성에 주목하면서, 본 논문은 연구개발투자 결정을 기술역량 축적을 위한 투자와 기술혁신을 위한 투자로 구분하고, 각각의 투자 사이의 관계를 이론적으로 정립한다. 즉, 기업이 연구개발투자를 한다고 했을 때, 첫 번째 단계에서는 기술역량을 획득하기 위한 투자를 하고, 두 번째 단계에서는 기

술개발 기회가 주어졌을 때 신제품이나 신생산공정을 개발하고 상품화시키는 투자를 한다. 기업들이 연구개발투자를 두 단계로 나누어서 하는 이유는, 첫째 기술역량과 기술혁신이 보완재적 관계를 갖고 있기 때문이며, 둘째 이렇게 함으로써 연구개발투자에 내재하고 있는 기술적 불확실성(technological uncertainty)과 관련된 위험(risk)을 최적으로 관리할 수 있기 때문이다. 기술역량과 기술혁신이 보완재적 관계를 갖고 있다는 것은 기술역량의 축적이 기술혁신의 가능성과 효율성을 증대시키는 일방향성 관계뿐만 아니라 기술혁신을 통한 경험축적이 기술역량을 다시 증대시키는 동태적인 양방향성 관계를 의미한다. 이것은 기술역량투자를 통해 지속적인 연구개발투자를 가능하게 함으로써 연구개발투자의 선순환(virtuous circle)구조를 구축할 수 있음을 의미한다. 본 논문에서는 이와 같은 연구결과가 갖는 정책적 함의도 탐구한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제I절 서론에 이어, 제II절에서는 본 논문과 관련된 기존연구와의 관련성을 고찰하고, 제III절에서는 기술역량과 기술혁신의 상호관련성을 검토한다. 제IV절에서는 기술역량을 위한 연구개발투자와 기술혁신을 위한 연구개발투자 사이의 동태적 연계모형을 구축하고 그 분석결과를 논의하며, 제V절에서는 정책적 시사점을 논의하고 연구결과를 요약한다.

II. 기존연구와의 관련성 고찰

본 논문과 내용적으로 관련 있는 연구와의 차이점을 설명해 보자.

내생적 성장이론과 관련된 여러 연구 중 본 논문과 가장 관련이 깊은 연구가 Romer(1990)의 연구이다. Romer는 연구개발투자가 생산하는 지식이 비경합적(non-rivalry) 성격을 갖기 때문에 기업들 사이에 지식의 외부성이 일어난다고 주장한다. 그런데 연구개발투자의 결과물인 지식이 비배제성을 가진다고 가정하면 무임승차문제가 일어나서 기업이 지식을 공급할 수 없다. 이런 문제 때문에 Romer는 연구개발투자의 결과물인 지식이 부분적인 배제성(partial excludability)을 갖는다는 가정을 하였다. 이렇게 가정함으로써 연구개발투자의 사회적 이윤이 보장될 수 있다. 본 논문과 Romer의 연구가 공유하는 개념은, 첫째 연구개발투자가 기업의 이윤추구동기로 결정되고, 둘째 연구개발투자로부터 얻게 되는 지식(codified knowledge) 또는 경험(tacit knowledge)이 또 다른 연구개발투자에 외부성을 준다는 것이다. 그러나 본 논문이 Romer의 논문과 상이한 점은

본 논문에서는 연구개발투자의 결과물인 지식으로부터 발생하는 외부성이 해당 기업과 다른 기업들 사이에 일어나는 것이 아니라 ‘기업 내 다양한 연구개발 프로젝트’ 사이에서 일어나므로 지식의 배제성 여부가 연구개발투자의 제약조건으로 작용하지 않는다는 것이다.

Ciccone and Matsuyama(1996)는 본 논문 연구결과가 갖는 함의성 중에 하나인 ‘저기술함정’과 비견(比肩)할 수 있는 연구를 하였다. Ciccone and Matsuyama는 생산과정에서 중간재 또는 생산자서비스(예를 들면, 장비보수 및 유지, 수송, 회계, 엔지니어링 등)와 최종재 사이에 보완재 관계가 있음을 전제로 개발도상국들이 ‘저발전의 함정(development trap)’에 빠지는 문제를 설명하였다. 즉, 생산자서비스가 전문화되지 않거나 중간재가 저급한 기술을 사용하면 최종재 생산은 원시적인 생산방법을 사용해야만 한다. 특히, 보완재인 생산자서비스가 전문화·선진화되어 있지 않으면 고급기술을 전수하려는 시도가 실패할 수밖에 없다. 그러나 생산자서비스와 중간재의 전문화와 고급화가 이루어지면 우회생산(roundabout production)이 가능하고 생산성이 높은 전문화된 생산방법을 사용하는 최종재의 생산이 가능하게 된다. 개발도상국가에서 생산자서비스와 중간재의 생산을 전문화하는 창업기업의 부재가 ‘저발전함정’의 원인으로 지적된다. 이 연구와 본 논문은 ‘보완재’ 개념을 사용해서 ‘국가들 중에서 지속적으로 저발전이 일어나는 원인’이나 ‘기업들 중에서 저기술 기업으로 남아 있는 원인(low technology trap)’을 밝혔다는 점에서 공통점이 있다.

Aghion and Howitt(1992)은 연구개발투자를 2기간 모형으로 분석하였다. 그들은 1기간 연구개발투자와 2기간 연구개발투자가 서로 대체재 관계를 갖는다고 가정하고, 2기간 연구개발투자가 늘어나면 1기간 연구개발투자가 억제된다는 연구결과를 도출하였다. 이렇게 되는 이유는 2기간에 기업들의 연구개발투자가 집중되면 그 연구결과인 새로운 지식이 1기간에 생산해 놓은 지식들을 쓸모없게 만들기(obsolete) 때문에 1기간의 연구개발투자의 수익성이 떨어져서 1기간의 연구개발투자가 억제되게 된다. 이와 같은 연구결과는 본 논문에서 상정하는 보완재 관계의 결과와 반대되는 것으로 시사점을 갖는다.

Ⅲ. 기술역량과 기술혁신의 관련성

1. 기술역량투자와 기술혁신투자의 정의

‘연구개발’을 주제로 하는 대부분의 연구에서 연구·개발은 ‘지식(knowledge)’을 생산하기 위한 투입요소로 정의된다(예들 들면, Romer, 1990; Gilbert and Newberry, 1982; Farrell and Shapiro, 1988 등). 특히, 내생적 성장이론은 기술도 일종의 지식으로 정의하고(Grossman and Helpman, 1991, p. 15) 연구개발과 기술(지식)의 관계를 투입과 산출관계로 규정한다. 투입물인 연구개발과 산출물인 기술혁신에 대한 정의는 Freeman이 그의 저서 *The Economics of Industrial Innovation*(1974, pp. 313~325)에서 언급한 이후 대부분의 기술경제학의 개론서에서 그의 정의와 개념을 폭넓게 인용하고 있다(Stoneman, 1983, p. 8; Aghion and Howitt, 1998, p. 295; 권명중, 2006, p. 46). 즉, ‘연구’는 ‘새로운 지식’의 탐색으로 기초연구와 응용연구로 구성된다. 기초연구는 과학적 법칙의 발견과 같이 새로운 지식을 창출하기 위한 연구이며, 응용연구는 과학지식의 상업적 이용가능성을 탐색하거나 상업적 이용을 위한 연구이다. ‘개발’은 과학지식을 이용해서 신제품이나 신생산공정을 만드는 데 필요한 기술활동(technical activities)이다. 또 ‘기술혁신’은 응용연구와 개발을 통해 사업 아이디어를 신제품이나 신생산공정으로 상품화시키는 것을 의미한다.

위의 개념을 바탕으로 기술역량투자와 기술혁신투자의 개념을 명확히 해 보자.

Aghion and Howitt(1998)의 연구에서 사용된 단계적 기술진보과 비약적 기술진보 개념을 이용해서 기술역량의 개념을 설명해 보자. 기술격차가 있는 기업들이 기술경쟁을 하는 경우, 기술력이 뒤쳐진 기업이 기술력이 앞선 기업을 따라잡기 위해서는 기술력이 앞선 기업이 거쳤던 단계를 똑같이 거쳐야 된다는 것이 단계적 기술진보의 정의이다. 그런데 기술력이 뒤쳐진 기업이 기술력을 따라잡기 위해서 거쳐야 하는 단계 중에는 문서화된 지식뿐만 아니라 경험을 통해서 배울 수밖에 없는 지식(tacit knowledge: 경험지(知) 또는 암묵지(知))이 있고, 이런 지식은 그 자신의 연구개발투자를 통해서만 배울 수 있다(Aghion and Howitt, p. 291). 이런 이유 때문에 실제로 많은 기업들이 신제품 또는 신생산공정의 상품화와 직접 관련은 없지만 첨단과학지식과 첨단기술을 이해할 수 있는 능력 또는 당장은 아니지만 신제품이나 신생산공정을 개발할 기회가 주어

지면 언제라도 그러한 기술개발을 할 수 있는 핵심기술능력(core competence)을 갖기 위해서 연구개발 부서를 설치하고 연구개발투자를 한다(권명중, 2006, pp. 56~57). 이와 같은 연구개발투자는 상품화(기술혁신)를 위한 투자는 아니고, 기술력을 따라잡기 위한 투자이다. 이와 같이 신제품 또는 신생산공정의 상품화를 위한 연구개발투자와 구별되면서 기술력을 따라잡기 위한 연구개발투자를 기술역량투자라고 한다.

이제 비약적 기술진보의 개념을 통해 기술역량투자를 이해해 보자. 기술력이 뒤쳐진 기업이 기술력이 앞선 기업이 거쳤던 똑같은 단계를 거치지 않고도 기술력이 앞선 기업의 기술력을 능가할 수 있는 것을 비약적 기술진보라고 한다. 비약적 기술진보가 이루어지는 경우는 기술혁신이 문서화된 지식(codified knowledge)에 의해서 결정적으로 좌우되는 경우로서, 예를 들면 제약·생명공학·화학산업 등에서 주로 일어난다. 이 경우 대부분의 기업들이 첨단과학지식을 따라잡거나 첨단과학지식의 응용능력을 갖기 위해 기초연구나 상업적 가능성을 탐색하는 응용연구에 투자를 한다. 이러한 투자는 상품화(기술혁신)를 위한 직접적인 투자가 아니기 때문에 기술역량투자로 간주한다.

반면 기술혁신투자는 단계적 기술진보이든 비약적 기술진보이든 구체적인 신제품이나 신생산공정을 개발하기 위해서 행해지는 연구개발투자이다. 요약하면, 연구개발투자는 기술역량투자과 기술혁신투자로 구성된다. 본 논문에서는 연구개발투자 중에서 기술역량 획득을 위한 연구개발투자를 ‘기술역량투자’로 정의하고, 구체적인 신제품이나 신생산공정의 상품화를 위한 연구개발투자를 ‘기술혁신투자’로 정의한다.

2. 기술역량의 범주

기술역량은 ‘발전경제학’에서 개발도상국의 산업화를 논의할 때 사용되었던 개념이다(Westphal, Kim, and Dahlman, 1985; Lall, 1992). 기술역량은 단순히 기존 기술지식을 이해하거나 활용할 수 있는 능력으로 정의되기도 하고(Westphal, Kim, and Dahlman, 1985), 이런 능력에 더해서 새로운 기술을 창출할 수 있는 능력으로 확대 정의되기도 한다(Kim, 1997). 최근에는 기술역량의 개념에 기술적인 차원뿐만 아니라 조직관리적인 차원까지 포함되어야 한다는 주장이 있다(Romijn, 1999).

기술역량을 좀더 세분해서 정의하면 기술역량은, ① 생산시설을 설치·운영하

거나, 개선·확장하는 데 있어서 ‘과학지식이나 신기술을 이해하거나 사용할 수 있는 일반적 능력’과, ② 주어진 기술을 이해해서 ‘새로운 기술을 창조할 수 있는 일반적 능력’을 포함한다(Lall, 1992). 즉, 기술역량의 첫 번째 범주인 ‘기술이해능력’은 상품화를 위해 어떤 기술이 최적기술인지를 구별할 수 있는 능력과 기술이해를 바탕으로 기술혁신투자를 계획·수행하는 능력을 포함한다.³⁾ 두 번째 범주인 ‘기술잠재력’은 기존의 기술을 새롭게 수정·개선할 수 있는 능력과 신제품이나 신생산공정을 개발할 수 있는 능력을 포함한다.⁴⁾

3. 기술역량과 기술혁신의 관련성: 동태적으로 전략적 보완재 관계

‘기술역량이 기술혁신 사이의 관련성’을 슈페터의 기술변화 3단계(Schumpeterian Trilogy, 1934) 이론에 따라 설명하면 다음과 같다. 기존상품 또는 생산공정의 개선에 대한 창안(idea)이나 신제품 또는 신생산공정에 대한 창안이 나오게 되면, 먼저 이러한 창안을 구체적인 상품으로 만들 수 있는지를 기술적으로 검증하게 된다. 이 과정을 슈페터는 발명 및 고안의 단계(invention)라고 명명하였는데, 이 단계에서 기업에게 요구되는 기술역량은 위에서 설명한 ‘기술이해능력’이다. 발명 및 고안의 단계에서 기술적으로 검증이 된 발명품 중에서 경제성 있게 만들 수 있고 또 상업적으로 성공가능성이 있다고 판단되는 발명품들을 시장에 내놓을 수 있는 상품으로 만들게 된다. 이 과정을 슈페터는 기술혁신단계(innovation)라고 명명하였는데, 이 단계에서 기업에게 요구되는 기술역량은 소비자들에게 경제적 가치를 줄 수 있는 상품으로 개발할 수 있는 능력인 ‘기술잠재력’이다. 발명 및 고안단계에서 기술혁신단계로 이행하는 과정에서 기술역량과 기술혁신은 3가지 관점에서 관련성을 갖는다.

첫째, ‘시간’의 관점에서 관련성이다. 발명 및 고안의 단계에서 요구되는 ‘기술이해능력’이나 기술혁신단계에서 요구되는 ‘기술잠재력’은 기업이 신기술개발을 시작하기 전에 사전적(ex-ante)으로 갖추어야 하는 생산요소이다. 그런데 신기술을 개발할 수 있는 정도의 기술역량을 갖기 위해서는 ‘인력 및 지식’ 투자가 지속적으로 축적되어 어떤 임계치(critical mass point) 수준에 도달해야 한다. 이것은 기업이 신기술개발(기술혁신)을 하려는 의도가 있다면 신기술개발을 시

3) Lall(1987)은 기술이해능력을 기술투자능력(technology investment capability)으로 설명한다.

4) Lall(1987)은 기술잠재력을 생산능력(production capability)과 기술혁신능력(innovation capability)으로 구분해서 설명한다.

작하기 오래 전에 기술역량을 갖추어야 한다는 것을 의미한다. 따라서 기술역량과 기술혁신은 시간적인 선후관계로 연관성을 가진다. 이런 이유로 인해서 기술역량과 기술혁신은 ‘동태적 연관성’을 갖는 구조로 분석되어야 한다.

둘째, ‘전략’의 관점에서 관련성이다. 기술혁신의 수행 여부, 기술혁신의 범위, 기술혁신의 성공가능성 등이 모두 기업의 기술역량의 수준에 의해 영향을 받는다. 반대로 기술혁신의 수준이나 범위를 어떻게 결정하느냐에 따라서 기술역량에 대한 투자수준이 영향을 받는다. 또한 기술혁신의 수행은 기술경험을 축적시켜 기술역량을 확장시킨다. 따라서 기술역량과 기술혁신 사이에는 상호의존성(inter-dependence)이 존재하고, 둘 사이에는 전략적 관계가 형성된다. 기업들은 기업역량과 기술혁신 사이의 전략적 관계를 이용해서 기술혁신의 불확실성과 관련된 위험을 관리하거나, 불확실한 미래 사업기회를 준비한다. 각각의 경우를 설명해 보자.

① 기술적 불확실성 문제: 기술혁신투자는 일반투자에 비해 불확실성이 더 크다. 일반투자는 상업적 불확실성만이 존재하지만, 기술혁신투자는 상업적 불확실성에 기술적 불확실성(연구개발의 성공가능성)과 경제적 불확실성(소비자들이 받아들일 수 있는 가격의 개발가능성)이 더해진다.⁵⁾ 예를 들어 보자. 일반투자자의 경우 상업적 성공가능성이 80%라고 하고, 기술적·경제적 성공가능성이 80%라고 해 보자. 이 경우 일반투자자는 성공가능성이 80%이지만, 기술혁신투자는 성공가능성이 64%($0.8 \times 0.8 = 0.64$)로 일반투자자보다 성공가능성이 16% 낮다. 그 이유는 기술적·경제적 불확실성이 있기 때문이다. 그런데 기술역량과 기술혁신 사이의 전략적 관계를 이용하면 기술적·경제적 불확실성을 어느 정도 줄일 수 있다. 기술역량을 고려하지 않은 채 기술혁신투자를 한다면 기술혁신투자의 성공가능성은 그대로 64%이다. 그런데 기술역량에 대한 선행투자를 통해 기술적·경제적 성공가능성을 기존의 80% 이상으로 높일 수 있으므로, 기술혁신투자의 성공가능성을 64% 이상으로 높일 수 있다. 즉, 기술역량투자를 통해서 기술혁신의 위험을 낮출 수 있다.

② 미래 사업기회에 대한 보험(insurance)문제: 기업들은 기업의 핵심기술역량(core competence)을 증진시키기 위해서 응용연구나 가능성 연구 등을 수행한다. 이런 연구는 상품개발에 직접적인 관련성은 없지만 미래 기술변화와 함께

5) 기술적 불확실성은 창안단계에서 나온 아이디어를 구체적인 상품이나 서비스로 만들 수 있는 기술확보에 대한 불확실성을 의미하며, 경제적 불확실성은 구체적인 상품이나 서비스를 만들 수 있는 기술이 확보되었다고 하더라도, 경제성 있는 (소비자가 구입할 수 있는 정도의 낮은 가격으로) 상품으로 만들 수 있는가에 대한 불확실성을 의미한다.

사업기회가 주어졌을 때 바로 이익을 낼 수 있는 사업으로 전환할 수 있기 위해서 행해진다. 따라서 이런 연구는 기술역량(기술잠재력) 획득을 위한 투자이다. 이런 투자는 금융시장의 스톡옵션(stock option)과 같은 역할을 한다. 스톡옵션을 사게 되면 미래 어떤 시점에서 주식을 현재가격으로 살 권리를 갖는데 미래 어떤 시점이 도래되어 그가 사려고 하는 주식의 가격이 정해진 가격보다 올랐으면 사고, 그렇지 않으면 사지 않아도 된다. 기술역량(기술잠재력)에 대한 투자도 스톡옵션에 대한 투자와 비슷하다. 지금 기업의 핵심역량을 증진시켜 놓으면 이 핵심역량과 관련된 사업기회가 미래에 오면 그 사업에 뛰어 들 수 있지만 이런 핵심역량을 키워 놓지 않으면 그런 사업기회가 와도 그 사업에 뛰어 들 수 없게 된다. 물론 그런 사업기회가 주어지지 않거나, 사업기회가 와도 상업적으로 수지타산이 맞지 않으면 사업을 포기할 수 있는 선택도 갖는다. 따라서 기술역량에 대한 투자는 미래 기술혁신 수행을 위해 보험을 들어 놓는 것과 같은 역할을 하게 된다.

셋째, ‘보완재’ 관점에서의 관련성이다. 보완재는 두 개의 상품/서비스가 한 묶음이 되어야 제대로 기능하거나, 한 묶음이 되었을 때 기능이 향상되는 상품이다. 따라서 보완재는 두 개의 서로 다른 상품/서비스 사이에 한 상품의 가격 증가가 다른 상품/서비스의 수요를 감소시키는 관련성으로 규정한다. 보완재 개념을 확장한 개념인 ‘전략적 보완재(strategic compliment)’는 한 기업의 전략적 행동에 다른 기업이 우호적으로 같이 행동하는 것으로 규정한다(Fudenberg and Tirole, 1984). 기업들이 이렇게 행동하는 이유는 두 기업이 같은 행동을 취할 때 기업들에게 더 많은 이익이 발생하기 때문이다. 기술이해능력이나 기술잠재력이 상품개발과정에서 필요한 요소라는 점에서 ‘기술역량’과 ‘기술혁신’은 보완재이며, 동일 기업이기는 하지만 기술역량 수준과 기술혁신 수준이 같은 방향으로 움직일 때 더 높은 이익을 발생시킨다는 점에서 ‘기술역량’과 ‘기술혁신’은 일종의 전략적 보완재라고 할 수 있다.

IV. 기술역량투자자와 기술혁신투자의 동태모형

기술역량과 기술혁신의 관련성을 바탕으로 기술역량투자 및 기술혁신투자 모형을 구축하고 분석한다. 분석과정에 필요한 수학적 증명은 설명의 편의를 위

해 ‘명제-증명’의 형태를 취하지 않고 설명과정에 포함하며, 수학적 논증결과는 ‘정리’로 요약한다.

1. 기술역량투자의 결정

(1) 기술역량의 특성

기술역량과 기술혁신의 관련성으로부터 기술역량의 특성을 아래의 ①~④로 규정한다.

① 기술역량은 지속적으로 비용을 발생하고, 경험을 축적해서 일정 수준의 역량에 도달해야지 생산투입요소로서 ‘실질적’인 가치를 지닌다. 기술역량은 무형자산이지만 화폐가치로 나타낼 수 있다고 가정한다. 이런 특성을 반영해서 기술역량을 다음과 같이 쓴다.

$$\begin{aligned} X_i &= H_i \left(\sum_{\omega=1}^t TC(\omega) \right) + e, \quad i=1, \dots, n, \\ X_i(t) &= H_i \left(\sum_{\omega=1}^t TC(\omega) \right) + e \quad \text{if} \quad \sum_{\omega=1}^t TC(\omega) \geq \mathcal{C}, \\ X_i(t) &= 0 \quad \text{if} \quad \sum_{\omega=1}^t TC(\omega) < \mathcal{C}. \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 $X_i(t)$ 는 i 기업의 t 시점에서 기술역량을 나타낸다. i 기업은 기술역량 획득을 위해 매 시점 ω 에서 비용 TC 를 지출한다. 기술역량은 저량(stock)이므로 t 시점에서의 기술역량 $X_i(t)$ 는 t 시점까지 기술역량 습득을 위해 사용된 누적비용 $\sum_{\omega=1}^t TC(\omega)$ 로 인해 얻어진 역량과 타기업의 연구개발 외부성 등으로 인해 획득된 역량, e 의 합으로 측정된다. e 는 무작위 요소(random factor)이다. 그런데 기술획득을 위해 사용된 비용의 누적치가 임계치인 \mathcal{C} ⁶⁾에 이르지 못하면 신기술을 개발할 수 있는 실효적인 기술역량에 이르지 못한다.

기술역량은 기술역량 획득 비용지출의 누적치($\sum_{\omega=1}^t TC(\omega)$)가 늘어날수록 증가하며 그 증가율은 감소한다($\partial X_i / \partial \sum_{\omega=1}^t TC(\omega) > 0$, $\partial^2 X_i / (\partial \sum_{\omega=1}^t TC(\omega))^2 < 0$).

② 신기술(신제품/신생산공정)을 개발하기 위해서는 기술역량도 필요하고 기술혁신을 위한 연구개발투자도 필요하다. 기술역량은 단시간 안에 획득하거나 외부자원으로 완전하게 대체할 수 있는 것이 아니다. 기술역량이 없으면 기술

6) \mathcal{C} 는 업종이나 기업에 따라 그 수준이 다를 수 있다.

혁신을 위한 연구개발투자를 아무리 많이 한다고 하더라도 신기술개발이 제대로 이루어질 수 없고, 기술역량이 높다고 하더라도 기술혁신을 위한 연구개발투자가 이루어지지 않으면 신기술개발이 이루어지지 않는다. 따라서 신기술개발을 위한 기술역량과 연구개발은 완전 보완재(complete complements) 관계이다. 이와 같은 특성을 식 (2)로 나타낸다.

$$Y(X, RD) = \min(\alpha X, \beta RD), \alpha, \beta > 0. \quad (2)$$

식 (2)에서 Y 는 기술혁신(건수)을 나타내고, X 와 RD 는 기술역량(투자)과 기술혁신을 위한 연구개발(투자)을 나타낸다. α, β 는 파라미터이다. 식 (2)는 기술역량 수준을 넘는 기술혁신이 이루어질 수 없음을 의미한다.

③ 내생적 성장이론(Romer, 1990; Grossman and Helpman, 1991)에 관한 연구 결과가 제시하는 바와 같이, 연구개발 프로젝트 사이에는 외부효과(spillover effect)가 있다. 이러한 외부효과는 해당 기업과 그 밖의 다른 기업 사이에서 일어날 뿐만 아니라, 해당 기업의 연구개발 프로젝트 사이에서도 일어난다. 즉, 신기술개발에 관한 연구개발을 수행하는 과정에서 학습효과를 통해 축적된 지식과 경험은 시차를 두고 그 기업의 기술역량으로 축적된다. 또 이렇게 축적된 기술역량은 다음 연구개발을 수행할 때 연구개발비용을 절감하는 형태로 작용한다. 연구개발은 기술역량 축적을 매개로 해서 동태적으로 다른 연구개발에 외부효과를 발생한다. 이러한 특성을 식 (3)으로 쓴다.

$$X(t) = H(TC(t)) + X(t-1) + \rho RD(t-1) + e, \\ = dX(t) + X(t-1) + \rho RD(t-1) + e, 0 \leq \rho \leq 1, \quad (3)$$

$$\partial RD(t)/X(t) = -\gamma < 0, 0 \leq \gamma \leq 1. \quad (3-1)$$

식 (3)과 식 (3-1)에서 $dX(t)$ 는 t 시점에서 늘어난 기술역량을 나타내고, ρ 와 γ 는 연구개발이 기술역량에 영향을 미치는 외부효과의 정도와 기술역량이 연구개발비용에 미치는 영향을 나타내는 파라미터이다. 따라서 식 (3)과 식 (3-1)은 한 시점에서 연구개발비용의 ρ 비율만큼 기술역량으로 축적되고, 또 기술역량은 그 다음 연구개발비용을 γ 비율만큼 감소시킨다는 것을 나타낸다. ρ 와 γ 는 산업 및 기업의 내부환경에 따라 각각 다를 수 있다.

④ 기술역량 습득으로부터 기대되는 이익은 기술역량을 사용해서 얻을 수 있는 경제적 ‘가치’이다. 이러한 가치는 여러 가지 형태로 나타날 수 있지만, 신제품을 개발해서 상품화시켰을 때나 신생산공정을 개발해서 생산비를 절감했을

때 구체적으로 실현될 수 있다. 본 논문에서는 기술역량 습득으로부터 기대되는 이익은 기술역량을 사용해서 개발한 신제품의 상품화로부터 얻게 되는 이익으로 한정한다. 다만, 기술역량 습득의 이익의 범주는 다음과 같은 내용을 포함해야 한다.

첫째, 기술역량 습득은 특정 상품/서비스 개발을 목적으로 하기보다는 미래 불특정한 시점에 예견되는 잠재적 상품/서비스를 개발하기 위한 ‘포괄적인 기술역량 습득’을 의미한다. 따라서 기술역량 습득으로부터 기대되는 이익은 하나의 특정한 상품/서비스의 상품화로부터 발생하는 순이익이기보다는 기술역량을 사용해서 상품화한 모든 상품/서비스의 순이익의 합이 되어야 한다.

둘째, 기술역량을 습득했다고 해서 반드시 신제품을 개발하는 것은 아니다. 기업의 내부사정이나 외부환경 변화에 따라 신제품 개발기회가 주어지더라도 신제품 개발을 포기할 수도 있다. 따라서 기술역량 습득의 이익은 옵션의 가치를 계산하는 방식으로 측정되어야 한다.

이와 같은 두 가지 내용을 고려하고, 기호의 복잡성을 피하기 위해 신제품의 개발과 상품화가 동시에 일어난다는 가정하에서,⁷⁾ 아주 단순한 모형을 상정한다. 단순한 모형은, 첫째 기술역량투자를 고려하는 시점에서 미래에 대한 불확실성이 없고, 둘째 기술역량을 사용해서 단지 하나의 신제품을 개발하고 상품화한다고 가정하는 것이다. 이러한 가정은 아래에서 하나씩 완화하기로 한다. 위의 가정으로부터 기술역량투자의 이익은 식 (4)로 쓸 수 있다(이후부터 기호의 복잡성을 피하기 위해서 문맥상 명확한 경우에는 개별 기업을 나타내는 하첨자 i 는 생략하기로 한다).

$$\begin{aligned} \Pi(t) = & -H^{-1}(dX(t)) + [\int_{\tau}^{\infty} g_j q(\omega) \cdot \exp(-r(\omega - \tau)) d\omega - RD_j(\tau)] \\ & \cdot \exp(-r(\tau - t)). \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)에서 $\Pi(t)$ 는 t 시점에서 추가적인 기술역량투자의 이익을 나타낸다. $H^{-1}(dX(t))$ 는 t 시점에서 추가적인 기술역량 획득을 위해 사용한 비용을 나타내며, 식 (1)의 역함수이다.

7) 이 가정은 현실을 반영하지 않는 가정이다. 실제로 상품종류에 따라 다르지만 개발기간이 적게는 수 개월부터 길게는 수 년까지 걸린다. 따라서 개발과 상품화 사이에는 시간적으로 간격(lag)이 있다. 그럼에도 불구하고 이러한 가정을 쓴 이유는 연구결과에 영향을 미치지 않음에도 불구하고 시간을 나타내는 변수인 t, τ 이외의 또 다른 시간을 나타내는 기호를 사용함으로써 모형을 지나치게 복잡하게 만드는 것을 피하기 위해서이다.

$$TC(t) = H^{-1}(dX(t)).$$

또 $g_j(q(\omega))$ 는 추가적으로 획득한 기술역량을 사용해서 만든 신제품 j 를 ω 시점에서 판매함으로써 얻는 생산이익을 나타낸다(즉, 매출액-생산비용이다. 단, 고정비용 중에서 상품 j 를 개발하기 위한 연구개발 투자비용은 제외되었다). $q(\omega)$ 는 ω 시점에서 판매량(생산량)이다. 따라서 신제품 j 가 τ 시점에서($t \leq \tau$) 개발되어 상품화되었다고 하면, 식 (4) 우변의 두 번째 항, $[\int_{\tau}^{\infty} g_j(q(\omega)) \cdot \exp(-r(\omega-\tau)) d\omega - RD_j(\tau)] \cdot \exp(\tau-t)$ 은 t 시점으로 현재가치화한(r 은 할인율) 신제품 j 의 미래이익의 총합으로 기술역량투자자의 이익을 나타낸다.

이제 ‘확실성’ 가정을 완화해 보자. 기술역량을 습득한 기업이 t 시점 이후의 불특정 시점인 $\tau(t \leq \tau)$ 에서 새로운 신제품 j 를 개발할 것인지 그렇지 않은지는 τ 시점의 기업내부조건이나 외부환경 변화에 달려 있다. t 시점에서는 τ 시점에서의 내부조건이나 외부환경을 알 수 없으므로 불확실한 상황이다. 그런데 t 시점에서 기술역량 습득의 이익으로 표현된 식 (4) 우변의 두 번째 항은 확실성을 전제로 한 것이다. 따라서 t 시점에서 향후 기업내부조건이나 외부환경 변화에 대해서 불완비정보(incomplete information)가 있다고 가정하고 식 (4)의 두 번째 항을 불확실한 상황으로 모형화한다. 즉, $\phi_j(\tau)$ 를 τ 시점에서 신제품 j 를 개발할 확률이라고 해 보자($\phi=1$ 은 확실성, $\phi_j=0$ 은 완전한 불확실성이다). 제 III절에서 설명한 바와 같이 이 확률은 기술개발을 하는 시점의 기술역량에 의해 영향을 받는다. 즉, 기술역량이 높을수록 신제품 j 를 개발할 확률은 높아진다.

$$\phi_j(\tau) = \phi_j(X(\tau)), \quad \frac{\partial \phi_j(\tau)}{\partial X(\tau)} > 0.$$

그러면 식 (4)의 기술역량투자자의 이익은 기술역량투자자의 기대이익이 되고 식 (5)로 다시 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} E\Pi_j(t) &= \{\phi_j(X(\tau)) \cdot \Pi_j(t) + [1 - \phi_j(X(\tau))] \cdot 0\} \\ &= \phi_j(X(\tau)) \cdot \Pi_j(t), \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)의 우변의 두 번째 항, $[1 - \phi_j(X(\tau))]$ 은 τ 시점에서 신제품 j 를 상품화하지 않을 확률을 나타낸다. 그 때의 기술역량투자자의 이익은 ‘0’이다.

마지막으로, 기술역량으로 단 하나의 신제품만을 만들 수 있다는 가정을 완

화한다. 기술역량 획득 이후 그 역량을 이용해서 개발한 신제품의 개수를 m 이라고 해 보자. 기술역량을 사용하여 개발한 신기술 개수, m 은 당연히 기술역량 수준에 의해 영향을 받는다. 따라서 m 은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$m = m(X), \quad \partial m(X)/\partial X > 0.$$

이제 ‘불확실성’과 ‘복수의 신제품개발 가능성’을 모두 포함해서 기술역량투자의 기대이익을 식 (6)으로 쓴다.

$$E\Pi(X(t)) = -H^{-1}(dX(t)) + \sum_{j=1}^{dm(X(\tau_j))} \cdot d\phi_j(X(\tau_j)) \cdot [\int_{\tau_j}^{\infty} g_j(q(\omega)) \cdot \exp(-r(\omega - \tau_j)) d\omega - RD_j(\tau_j)] \cdot \exp(-r(\tau_j - t)). \quad (6)$$

식 (6)에 있는 ‘불확실성’과 ‘복수의 신제품개발 가능성’을 나타내는 수식에 대해 설명해 보자. 기술역량은 저량(stock)이므로 t 시점($t < \tau$)에서 기술역량투자가 되면 그 기술역량이 축적되어 이후의 신제품개발 시점인 τ 에서 기술역량의 일부분을 구성하게 된다. 따라서 t 시점에서의 기술역량투자가 τ 시점에서 신제품 j 를 개발할 확률, $\phi_j(\tau)$ 에 미치는 영향은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$d\phi_j(X(\tau)) = [\partial\phi_j(X(\tau))/\partial X(\tau)] \cdot [\partial X(\tau)/\partial X(t)] > 0.$$

여기서 $d\phi_j$ 는 t 시점의 추가적인 기술역량획득으로 인해 일어난 τ 시점에서 신제품 j 를 개발할 확률의 변화량을 나타낸다. 같은 논리로 t 시점에서의 기술역량투자로 인해 획득된 추가적인 기술역량이 향후 신제품개발 개수에 미치는 영향은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$dm(X(\tau_j)) = [\partial m(X(\tau_j))/\partial X(\tau_j)] \cdot [\partial X(\tau_j)/\partial X(t)], \quad j = 1, \dots, m.$$

(2) 최적기술역량의 결정

식 (6)은 t 시점까지 기술역량을 축적한 상태에서 추가적인 기술역량투자의 기대이익을 나타낸다. 식 (6)에 대한 최적화 분석을 통해 기술역량투자의 특성을 도출해 보자.

기술역량투자의 이익함수가 오목함수로서 최적화 2계 조건을 만족시킨다고 해 보자. 또 동태적 최적화 조건의 하나인 중재조건(arbitrage condition)을 만족시켜서 t 시점에서 시간을 기다려도 기술역량투자의 기대이익이 더 올라가지 않

는다고 가정한다(중재조건은 Ireland and Stoneman, 1986을 참고, $\partial E\Pi(t)/\partial(t) \leq 0$). 이러한 가정하에서 최적화 1계 조건으로부터 식 (7)을 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial H^{-1}(dX(t))}{\partial X} = & \frac{\frac{\partial dm(X(\tau_j))}{\partial X}}{\sum_{j=1}^{\infty}} \cdot \frac{\partial d\phi_j(X(\tau_j))}{\partial X} \\ & \cdot [\int_{\tau_j}^{\infty} g_j(q(\omega)) \cdot \exp(-r(\omega - \tau_j)) d\omega - RD_j(\tau_j)] \\ & \cdot \exp(-r(\tau_j - t)). \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)은 기술역량투자 결정을 나타낸다. 즉, 추가적인 최적기술역량투자는 기술역량을 늘리는데 들어가는 한계비용(식 (7)의 좌변항)과 기술역량으로부터 기대되는 한계수익(식 (7)의 우변항)이 같아지는 수준에서 결정된다. 이것은 더 이상의 설명이 필요 없는 최적화 원리이지만, 기술역량투자에 관한 통찰력을 주는 정보를 포함하고 있다. 즉, 기술역량의 증가가 어떻게 추가적으로 기업의 수익(즉, 한계수익)을 창출하는가에 관한 정보를 포함하고 있다. 그 내용은, 첫째 기술역량이 높아질수록 추가적으로 개발할 수 있는 신제품의 수가 늘어날 수 있음을 의미한다. 신제품의 수가 늘어나면 당연히 추가적인 수익이 늘어난다. 이러한 사실은 기술역량에 대해 투자할 때 기초과학(basic science)과 같이 그 적용범위가 넓은 경우가 응용과학(applied science)과 같이 적용범위가 제한된 경우보다 기술역량투자의 수익성을 높일 수 있다는 것을 암시한다. 따라서 식 (7)이 기업의 최적행동을 반영하는 것이라면 현실에서 기업들의 기술역량투자는 기초과학에 집중되어 있고, 기술혁신투자의 경우 응용과학에 집중되어 있어야 한다.

둘째, 식 (7)은 기술역량이 높아질수록 신제품 상품화와 관련된 기술적·경제적 불확실성을 낮출 수 있음을 의미한다. 기술역량이 높아지면 기술적·경제적 불확실성이 낮아져서 신제품의 상품화에 따른 '일종의 risk premium'을 낮춘다. 따라서 추가적인 기술역량의 획득이 신제품 상품화의 기대이익을 높인다. 이와 같은 내용을 [정리 1]로 요약한다.

[정리 1] 추가적으로 높아진 기술역량은 신제품 개발범위를 넓히고, 기술적·경제적 불확실성을 낮추어서 추가적인 이익을 발생시킨다. 이렇게 추가적으로 늘어나는 이익과 추가적인 기술역량 획득을 위한 비용이 같아지는 수준에서 최적기술역량이 결정된다.

이제 외부환경의 변화가 기술역량투자에 어떻게 영향을 미치는지 살펴보자. 모형에서 기술역량투자의 결정에 영향을 미치는 외부환경을 나타내는 외생변수는 신제품 개발을 위한 연구개발비용(RD)과 할인율(이자율, r)이다. 식 (7)을 외생변수인 RD 와 r 에 대해서 비교정태 분석을 하면 다음과 같은 결과를 얻는다. 연구개발비용이나 할인율이 높아지면 기술역량투자의 한계수익이 감소해서 기술역량투자 수준이 낮아진다. 물론 그 반대의 경우는 기술역량투자 수준이 높아진다.

2. 산업의 기술역량투자와 저기술합정

제1항에서는 기업의 기술역량투자 결정요인을 분석하였다. 이제 산업의 기술역량투자를 분석해 보자.

식 (1)에서 표기한 바와 같이 산업 내 기업이 n 개 있다(즉, $i = 1, \dots, n$). n 개 기업들 중에 한 개 대표기업의 기술역량투자를 위에서 분석하였다. 이 대표기업이 t 시점에서 식 (7)을 만족하는 추가적인 기술역량투자를 해서, 기술역량 수준이 $X^*(t)$ 가 되었다고 해 보자. 기술역량, $X^*(t)$ 가 주어졌을 때, 기술역량 $X^*(t)$ 를 이용해서 개발한 신제품 j 의 ω 시점에서 이익은 $\pi_j(\omega) = g_j(q(\omega)) - RD_j(\tau)$ 로 쓸 수 있다. 이 이익함수가 오목함수라고 하고 생산량, $q^*(\omega)$ 는 이익극대화 1계 조건을 만족시킨다고 해 보자.

$$\partial \pi_j(\omega) / \partial q = \partial g_j(q^*(\omega)) / \partial q = 0.$$

이제 $q^*(\omega)$ (즉, 기술역량을 이용해서 만든 신제품(들)의 최적생산량)를 이용해서 기업규모를 정의하고, $q^*(\omega)$ 를 기준으로 산업의 기업분포를 만들 수 있다. 즉, n 개의 기업을 기업규모, q^* 기준으로 올림차순으로 배열한다. 그리고 각각의 기업규모에 대응하는 빈도수로부터 확률밀도함수, $v(\cdot)$ 를 도출한다. 확률밀도함수로부터 누적확률분포함수, $V(\cdot)$ 를 도출한다. 이 기업분포는 일반적인 기업분포와 다르다. 일반적인 기업분포는 기업이 생산하는 모든 상품의 생산량으로 기업규모를 측정하지만, 본 모형의 기업규모는 신제품의 생산량으로 측정한다. 따라서 일반적으로 생산규모가 큰 대기업이라도 신제품의 생산이 작으면 규모가 작은 기업으로 취급되며 규모가 작은 벤처기업이라도 신제품 생산규모가 크면 큰 기업으로 간주된다.

이제 산업 내 n 개의 기업들 사이에 기술역량 수준 분포현황을 분석하기 위

해 David(1979)와 Davis(1979)의 연구결과를 차용해서 신제품 생산에서 규모의 경제가 있다고 가정한다. 그러면 신제품 j 의 이익은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\pi_{2j}(q_2^*(\omega)) > \pi_{1j}(q_1^*(\omega)) \quad \text{if} \quad q_2^*(\omega) > q_1^*(1). \quad (8)$$

식 (8)은 똑같은 기술역량 X^* 로 신제품 j 를 개발했다고 하더라도 기업규모 때문에 기업규모가 큰 2기업이 기업규모가 작은 1기업보다 신제품 j 의 생산이 이익이 더 크게 된다는 것을 의미한다. 이러한 식 (8)의 결과를 식 (7)에 적용하면 다음과 같은 사실을 유추할 수 있다. 추가적인 기술역량을 획득하는 비용(또는 한계비용)이 모든 기업에게 같다(식 (7)의 좌변향)고 하더라도, 규모의 경제 때문에 그 기술역량을 사용해서 개발한 신제품 j 의 생산이익이 모든 기업들 사이에 같지 않다(식 (7)의 우변향). 규모가 큰 기업에게는 한계비용보다 한계수입이 큰 형태가 되고, 어떤 규모의 기업에게는 한계비용과 한계수입이 같은 형태가 되고, 규모가 작은 기업에게는 한계비용이 한계수입보다 큰 형태가 된다. 이것은 산업 내 n 개의 기업들 모두가 똑 같은 수준의 기술역량을 가질 수 없음을 의미한다. 또 n 개의 기업들이 식 (7)과 식 (8)에 따라 기술역량투자 수준을 결정한다면 기업분포의 올림차순 순서대로 기술역량 수준을 가진다는 것을 의미한다.

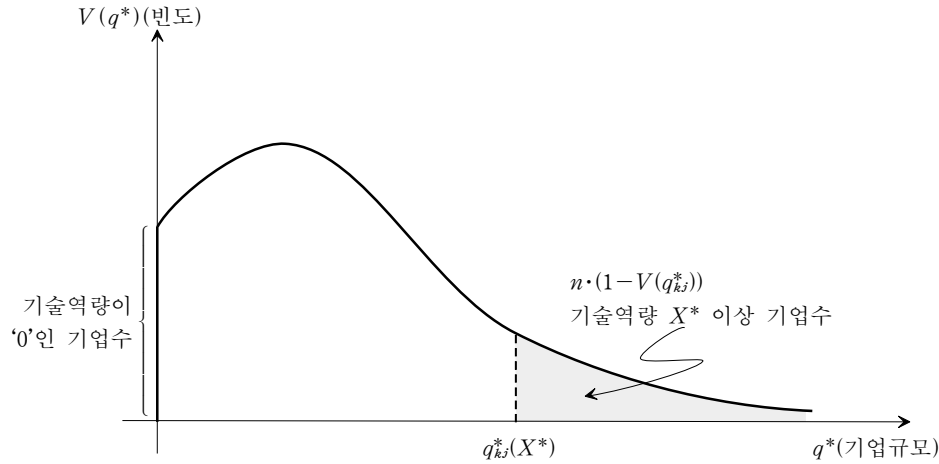
$$X_1^*(q_1) < X_2^*(q_2), \dots, < X_n^*(q_n), \quad q_1 < q_2 < \dots, < q_n.$$

구체적으로 n 개의 기업들 사이에 기술역량 분포를 분석해 보자. 위의 X^* 와 q^* 를 식 (6)에 대입하면 t 시점에서 추가적인 기술역량투자의 기대이익은 식 (9)로 쓸 수 있다(이때 추가적인 기술역량투자로 도달하는 기술역량 수준은 X^* 이다).

$$E\Pi^*(t) = \Pi^*(-H^{-1}(dX^*), dm(X^*), d\phi_j(X^*), q_j^*), \quad j=1, \dots, m. \quad (9)$$

식 (9)의 $E\Pi^*(t)=0$ 를 만족하는 기업의 규모를 q_{ki}^* 라고 해 보자($i=1, \dots, k, \dots, n, j=1, \dots, m$). 그러면 식 (8)로부터 t 시점에서 기술역량 수준, X^* 보다 기술역량이 높은 기업은 기업규모가 q_{ki}^* 이상인 기업들이고, 그 수는 $n \cdot [1 - V(q_{ki}^*)]$ 이다(그림 1) 참조).

이제 기술역량 수준이 산업 내 기업들 사이에 어떻게 확산되는지를 분석해 보자. 본 모형에서는 기술역량의 확산이 외부환경 변화에 의해서만 가능하다. 대표적인 외부환경 변화요인으로 산업 내 다른 기업들의 연구개발투자의 결과



〈그림 1〉 산업 내 기업규모 분포와 산업기술역량투자

로 생산된 지식의 외부성을 생각해 보자. Alfred Marshall(1890)이 설명한 바와 같이 경쟁기업의 신제품을 분해함으로써, 경쟁기업의 직원을 채용함으로써, 또는 학회나 경쟁기업 연구소의 세미나에 참석함으로써 새로운 산업지식이나 경험을 얻을 수 있다. 이런 외부성이 기술역량획득비용($-H^{-1}(dX^*)$)을 떨어뜨린다.⁸⁾ 기술역량획득비용이 내려가면 기술역량투자의 기대이익이 증가한다(식 (6) 참조). 그러면 기업규모가 q_{kj}^* 보다 차하위(次下位)에 있는 기업들 중에서 추가적인 기술역량투자의 기대이익(식 (9)의 $E\Pi^*(t)$)이 '0'보다 적었던 상태에서 '0'보다 같거나 크게 바뀌게 된다. 그 결과로 기술역량 수준, X^* 가 되는 기업들의 규모가 q_{kj}^* 에서 그것보다 작은 규모로 내려가고 기술역량수준 X^* 이상 되는 기업들의 수가 늘어난다.

[정리 2] 산업 내 기술역량 수준, X^* 의 확산은 산업 내 경쟁기업의 연구개발투자로 인한 양(+)의 외부효과로 인해 기술역량 획득비용이 낮아짐으로써 일어난다. X^* 의 확산은 시간이 지남에 따라 기업규모가 큰 기업으로부터 작은 기업으로 확산된다.

기술역량 수준 X^* 는 충분한 시간이 주어지면 기업규모가 가장 작은 기업에게까지 확산될까? 이 문제에 대한 대답은 본 모형에서 전제하는 가장 작은 기

8) 기술확산을 설명하는 David(1979)와 Reinganum(1981) 모형에서도 외생적 요인에 의한 기술구입비용의 하락을 기술확산의 원인으로 삼는다.

업에 대한 정의에 달려 있다. 본 모형의 기업규모에 대한 정의에 따르면 기업 규모가 가장 작은 기업, 즉 기업규모가 '0'인 기업은 기술역량을 사용해서 개발한 신제품 생산이 전혀 없는 기업이다. 현실적으로 기술역량이 임계치까지 축적되지 않아서 신제품 개발을 하지는 못하지만 기존의 상품을 생산하는 기업이 다수 있다(과학기술정책연구원 『2005년도 기술혁신활동조사: 제조업』 참조). 따라서 산업의 기업분포에 기업규모 '0'인 기업이 다수 포함되어 있다(〈그림 1〉 참조).

기업규모 '0'인 기업의 특성에 대해서 설명해 보자. 식 (1)에 따르면 기술역량 축적을 위한 누적비용($\sum_{\omega=1}^t TC(\omega)$)이 임계치인 \mathcal{C} 에 이르지 않으면 기업이 기술역량을 가질 수 없는데, 이러한 기업들이 기업규모 '0'인 기업들이다. 식 (2)로부터 이런 기업들의 특성을 유추해 보자.

$$Y(X, RD) = \min(\alpha X, \beta RD) \text{ (식 (2))}. \quad (10)$$

여기서, $X^*=0$ 이면, $Y=0$

$$X^*=0 \text{ and } RD>0 \text{이면, } Y=0$$

$$X^*=0 \text{ and } \partial TC_i / \partial RD_j = -dTC < \mathcal{C} \text{ 이면, } Y=0 (j \neq i)$$

식 (10)을 설명하면 다음과 같다. 첫째, 기술역량이 없으면 신제품이나 신생산공정과 같은 기술혁신 수행이 불가능하다. 둘째, 기술역량이 없으면 연구개발 지원정책($RD>0$)을 통해 연구개발을 지원해 주어도 기술혁신의 성과를 기대하기 어렵다. 셋째, 경쟁기업들의 연구개발투자의 외부효과가 기술역량 획득비용을 낮추어도, 그 효과가 기술역량 임계치에 이르지 못하면 양(+)의 외부효과를 전혀 누릴 수 없다. 따라서 산업의 대부분 기업들이 보유하는 최소한의 기술역량도 보유하지 못한다(즉, 기술역량 확산이 되지 않는다). 이와 같은 특성을 [정리 3]으로 요약한다.

[정리 3] 기술역량이 없는 기업규모 '0'인 기업들은 내부적으로 기술혁신을 수행할 수 없으며, 기술변화를 유인하는 외부환경 변화나 지원정책에도 전혀 대응하지 못한다. 이런 기업들은 '저기술함정(low technology trap)'에 빠져 일정 기간 동안 저기술 상황에서 빠져 나올 수 없다.

3. 기술역량과 기술혁신투자의 동태모형

기술역량이 기술혁신투자에 미치는 영향을 살펴보자. 신제품개발을 위한 연구개발투자는 최적화 결정이 아니라 투자할 것인지 아닌지를 결정하는 ‘stop or go’ 결정이다. 이런 결정은 의사결정모형으로 분석한다. 의사결정모형에서 사용하는 대표적인 방법이 ‘순현재가치(net present value)’에 의한 비용-편익 분석방법이다. 즉, 신제품을 개발하기 위해 지출한 연구개발비용이 이 신제품을 통해서 앞으로 벌어들일 이익을 현재가치로 평가한 것보다 크면 기술혁신투자를 할 가치가 없는 것으로 평가하고, 그 반대면 투자가가치가 있는 것으로 평가한다. 신제품 j 개발에 대한 의사결정을 위한 가장 단순한 모형은 식 (11)로 나타낼 수 있다.

$$\Pi_j(\tau) = \int_{\tau}^{\infty} g_j(q^*(\omega)) \cdot \exp(-r(\omega - \tau)) d\omega - (RD_j(\tau)) \leq \geq 0. \quad (11)$$

식 (11)은 식 (6)의 기술역량결정모형에서 τ 시점에서 평가한 신제품 j 의 이익과 같다. 최적기술역량 결정모형에서는 신제품을 개발하기 위해서 투입되는 연구개발비용을 외생변수로 처리하였다. 그러나 신제품 j 의 개발을 결정하는 기술혁신모형에서는 연구개발비용은 가장 중요한 내생변수이다. 따라서 연구개발비용을 내생화하는 형태로 모형을 수정할 필요가 있다. 식 (3)이 수정방향을 규정하는데 그 내용은 다음과 같다. 첫째, 연구개발비용이 기술역량에 의해 영향을 받는다. 둘째, 신제품 j 의 연구개발 경험이 기술역량으로 축적되어 신제품 j 개발 이후에 또 다른 신기술개발비용에 양(+)의 외부효과를 갖는다. 이 두 가지 가정의 당위성은 제II절에서 이미 설명했으므로 더 이상 설명하지 않는다. 이러한 가정을 반영해서 식 (11)을 식 (12)로 다시 쓴다.

$$\begin{aligned} \Pi_j(\tau) \int_{\tau_1}^{\infty} &= g_1(q^*(\omega)) \cdot \exp(-r(\omega - \tau_1)) d\omega \\ &+ \left[\sum_{j=2}^m (\rho \cdot \gamma \sum_{l=2}^j (RD_{l-1}(X(\tau_j))) \cdot \exp(-r(\tau_j - \tau_1))) \right] \\ &- RD_1(X(\tau_1)) \leq \geq 0, \quad 0 \leq \rho \leq 1, \quad 0 \leq \gamma \leq 1. \end{aligned} \quad (12)$$

식 (12)는 기술역량이 기술혁신투자에 두 가지 점에서 영향을 미치고 있음을 보여 주고 있다. 첫째, 식 (3-1)에서 규정한 바와 같이 기술역량이 연구개발비용에 영향을 미친다(식 (12) 우변의 세 번째 항). 둘째, 신기술 j 의 연구개발 경

힘이 기술역량으로 축적되어 신기술 j 개발 이후에 또 다른 신기술개발비용에 양(+)의 외부효과를 갖는다(식 (12) 우변의 두 번째 항). 영향을 미치는 정도는 식 (3)에서 규정한 바와 같이 다음과 같이 설명할 수 있다. 첫 번째 신제품 개발을 통해 축적된 경험이 연구개발비용의 ρ 비율만큼 기술역량 축적에 기여하고, 축적된 기술은 두 번째 신기술 개발 때 γ 비율만큼 연구개발비용을 절감시킨다. 이러한 연구개발비용 절감이 두 번째 연구개발의 가능성을 높인다.⁹⁾ 두 번째 연구개발로 축적된 경험은 세 번째 연구개발비용을 절감시키고, 이것은 세 번째 연구개발 가능성을 높인다. 이와 같은 연쇄적인 과정이 m 번째 신기술 개발까지 계속된다. 이와 같이 식 (12)의 두 번째 항은 첫 번째 신기술의 연구개발이 기술역량 축적을 통해 향후 모든 연구개발비용 절감에 기여하는 총액을 나타낸다(절감되는 부분은 음수(-)이어야 하나 신기술개발 이익을 계산할 때는 절감되는 만큼 신기술 개발이익이 되므로 양수(+)가 되어야 한다. 이런 점을 고려하여 식 (12)의 두 번째 항을 절대값으로 처리한다). 식 (12) 우변의 두 번째 항과 세 번째 항은 기업역량과 기술혁신 사이의 동태적 외부성을 이용해서 기술역량이 기술혁신비용을 절감하고 추가적인 기술혁신투자를 유인할 수 있음을 나타낸다.

이제 기술혁신 결정에 기술역량투자가 어떻게 영향을 미치는지를 분석해 보자. 신제품 j 의 개발이익, $\pi_j(\tau)$ 이 τ 시점 이후 더 이상 오르지 않는다고 가정하고(중재조건의 만족을 가정하면), 식 (12)의 부호가 '0'이 되는 것을 $\pi_j^*(\tau)$ 라고 해 보자. 그리고 신제품 j 개발 프로젝트 이외에도 다른 신기술 프로젝트가 $m-1$ 개 있다고 가정해 보자($j=1, \dots, m$). $\pi_j(\tau)$ 를 크기별로 올림차순으로 배열하고, m 개의 프로젝트를 $\pi_j(\tau)$ 에 대응시켜 만든 확률밀도함수를 $y(\cdot)$ 라고 하고, 그에 대응하는 누적확률분포함수를 $Y(\cdot)$ 라고 하자. m 개의 연구개발 프로젝트에 필요한 자금을 조달하는데 제약조건이 없다고 가정하면, 적어도 (기대)이익이 '0'보다 커서 수행할 수 있는 연구개발 개수는 $m \cdot (1 - Y(\pi_j^*(\tau)))$ 이다.

이제 외부환경 변화로 인해 기술역량이 높아졌다고 해 보자. 그리고 이것이 기술혁신투자에 어떤 영향을 미치는가를 보기 위해 $\pi_j^*(\tau)$ (식 (12)로부터 도출)를 기술역량, X 로 미분해서 식 (13)을 도출한다.

9) 첫 번째 신제품개발로 인한 연구개발비용의 절감이 다음 신제품 개발가능성에 전혀 영향을 미치지 않는다고 가정하면 두 번째 항은 다음과 같다.

$$\sum_{j=2}^m (\rho \cdot \gamma RD_1(X_j)) \cdot \exp(-r(\tau_j - \tau_1)).$$

$$\frac{\partial \pi_1^*(\tau)}{\partial X} = \left[\sum_{j=2}^m (\rho \cdot \gamma \sum_{l=2}^j \frac{\partial RD_{l-1}(X(\tau_j))}{\partial X}) \cdot \exp(-r(\tau_j - \tau_1)) \right] - \frac{\partial RD_1(X(\tau_1))}{\partial X} > 0 \text{ (식 (3)과 식 (12)로부터 도출).} \quad (13)$$

식 (13)은 기술역량이 높아지면 기존 연구개발 프로젝트의 비용을 절감시킬 뿐만 아니라 향후 수행될 연구개발 프로젝트들의 비용을 절감시켜 현 연구개발 프로젝트의 이익이 늘어난다는 것을 의미한다. $\pi_j^*(\tau)$ 가 이익이 '0'인 프로젝트를 나타내기 때문에, 기술역량이 높아짐에 따라 $\pi_j^*(\tau)$ 는 연구 프로젝트의 (기대)이익이 작은 프로젝트로 이동한다. 이동된 지점을 $\pi_j^{**}(\tau)$ 라고 하면, 기술역량이 높아짐에 따라 추가로 시작하는 연구개발 프로젝트의 개수는 $m \cdot [Y(\pi_j^*(\tau)) - Y(\pi_j^{**}(\tau))]$ 이다. 이와 같은 결과를 [정리 4]로 요약한다.

[정리 4] 기술역량을 외생변수로 하고 기술혁신투자 균형을 비교정태학(comparative statistic)으로 분석했을 때 기술역량의 증가가 추가적인 기술혁신투자를 유인한다.

[정리 4]는 기술역량을 고려하지 않고 기술혁신투자를 분석한 기존의 연구결과에 대해서 다음의 두 가지 점에서 새로운 통찰력을 제공한다. 첫째, 기술역량을 고려한 기술혁신투자는 기술혁신투자만을 독립적으로 고려한 기술혁신투자보다 더 높은 투자수익을 상정(上程)하므로¹⁰⁾ 연구개발 프로젝트를 수행할 확률이 높아진다. 따라서 다수의 연구개발 프로젝트가 있다면 기술역량과 기술혁신을 통합적으로 고려할 때가 기술혁신만을 고려할 때보다 더 많은 연구개발 프로젝트를 수행하게 된다.

둘째, 연구개발과정에서 축적되는 기술역량을 매개로 해서 연구개발투자가 지속적으로 투자되는 선순환구조를 설명할 수 있다. 첫 번째 연구개발을 통해 축적된 기술역량은 두 번째 연구개발비용을 절감시킴으로써 두 번째 연구개발의 가능성을 높인다. 두 번째 연구개발을 통해 축적된 한 단계 상승된 기술역량은 첫 번째 연구개발로 축적된 기술역량에 누적되어 세 번째 연구개발비용을 더 절감시킴으로써 세 번째 연구개발을 유인할 가능성은 더 높아진다. 이와 같이 연구개발과정에서 축적된 기술역량을 매개로 연구개발 유인구조가 나선형으

10) 더 높은 투자수익이 상정되는 이유는 위에서 설명했듯이 기술역량을 매개로 연구개발의 동태적 외부성이 향후 연구개발비용을 절감하기 때문이다.

로 반복되면서 ‘연구개발투자자의 지속적인 선순환구조’가 만들어진다.

V. 정책적 함의와 결론

연구개발투자자는 일반투자자보다 불확실성이 높다. 또 연구개발투자자의 산출물인 지식은 비배제성이나 비경합성과 같은 공공재적 성격이 있다. 물론 연구개발투자자의 공공재적 문제를 해결하기 위해 지적재산권제도를 운영하지만 현실적으로 이 제도가 완벽하게 연구개발투자자의 재산권을 보호해 주지 않는다. 따라서 연구개발투자자를 시장에 맡겨 놓으면 사회적으로 바람직한 수준보다 낮은 수준의 투자가 이루어지던지 아예 투자가 이루어지지 않는다. 여기에 정부가 연구개발투자에 개입할 정당성을 갖는다. 본 논문의 연구결과가 함축하는 시장실패에 대응하는 정부의 정책은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, [정리 1]의 핵심내용은 기술역량이 ‘불확실성’이나 ‘외부효과’를 기업내부에서 내재화(internalization)하는 수단이라는 것이다. 따라서 기술역량투자자는 시장실패를 줄이는 데 기여하므로 정부의 지원이 필요하다.

정부의 지원은 지원비용 대비 가장 효과가 높은 방법에 집중되어야 한다. 기업들이 기술역량을 단기간에 획득하는 가장 효율적인 방법은 기술역량을 체화하고 있는 연구·기술 인력을 확보하는 것이다. [정리 2]가 제시하는 바와 같이 기술역량이 기업들에게 확산되기 위해서는 연구·기술 인력 획득비용이 낮아져야 된다. 이와 관련된 정부정책은 이공계 석·박사급 인력을 기준요건을 갖춘 중소기업에 배분하는 병역특례제도이다. 중소기업들은 이 제도가 기술혁신에 가장 도움이 되는 제도로 평가하고 있다(권명중, 1999). 이런 제도의 혜택을 받을 수 있는 기업들의 범위를 확대하는 것이 필요하다. 그러나 근본적으로는 연구·기술 인력의 획득비용을 낮추는 방법으로 연구·기술 인력의 공급을 확대하는 방법을 고려하여야 한다. 단기적으로는 중국·인도·러시아와 같이 인건비는 싸지만 연구능력이 있는 인력의 수입을 용이하게 규제를 철폐하는 방법을 고려해 볼만하다. 장기적으로는 대학의 이공계 교육과정을 선진화함으로써 노동공급의 질을 높여 유효임금(effective wage)을 낮추는 방법 역시 검토해 보아야 한다.

둘째, [정리 3]으로부터 ‘저기술함정’에 빠진 기업들은 자발적으로 이 함정으로부터 벗어나기 어렵다는 것을 유추할 수 있다. 기술변화와 같이 외부환경이

급격히 변화하면 이 기업들은 궁극적으로 시장으로부터 퇴출될 가능성이 높다. 이런 결과는 경쟁을 약화시켜 시장의 효율성을 저해한다. 따라서 정부의 선제적 정책대응이 필요하다. 그런데 [정리 3]이 의미하는 바와 같이 기존의 연구·개발정책은 ‘저기술함정’ 문제를 해결할 수 없다. 이런 기업에게는 ‘대규모 지원 정책’이나 ‘성과에 관계없는 지속적인 지원’이 따르지 않으면 정책의 효과를 거둘 수 없다. 따라서 기술역량이 전혀 없는 기업들을 목표로 하는 맞춤형 지원 정책이 될 때 정책의 효율성을 담보할 수 있다.

셋째, [정리 4]는 기술역량을 매개로 연구개발투자가 연구개발투자를 유인하는 선순환구조가 있음을 밝히고 있다. 이것은 대규모 연구개발투자를 하는 기업과 연구개발투자 규모가 미미한 기업이 궁극적으로 연구개발투자의 양극화가 일어날 수 있음을 의미한다. 연구개발투자의 양극화는 성과의 양극화로 귀결되어서 시장을 집중화시킨다. 시장이 집중화되면 시장의 자원배분 효율성이 저해되는 것은 주지의 사실이다. 이런 환경에서 정부가 할 수 있는 일은 기존의 R&D 보조금 지급, 공동기술개발지원, 위험공유 등의 지원 비율을 차등화해서 기업 간 연구개발투자 양극화를 완화하도록 해야 한다.

본 논문에서는 지금까지 연구개발투자 연구에서 명시적으로 고려하지 않았던 기술역량문제를 기술혁신투자와 연계해서 분석함으로써 연구개발투자에 대한 이해의 폭을 넓히고자 하였다. 즉, 기술역량과 기술혁신을 위한 연구개발투자를 통합하는 모형을 구축하고, 분석함으로써 다음의 연구결과를 도출하였다

- ① 기술역량은 기술혁신투자의 불확실성을 낮추고, 투자범위를 넓힌다. 특히, 기술역량 수준을 넘는 기술혁신은 일어날 수 없다.
- ② 기술역량이 없는 기업은 자력으로나 기존의 정부지원책으로나 저기술로부터 탈출할 수 없는 ‘저기술함정’에 빠져 있다.
- ③ 기술혁신투자는 기술역량투자를 고려했을 때가 그렇지 않을 때 보다 더 높게 결정된다.
- ④ 기술역량과 기술혁신을 위한 연구개발은 양방향성 보완재 관계를 통해 연구개발투자가 연구개발투자를 유인하는 선순환구조를 구축한다.

본 논문에서 연역적 방법으로 도출한 연구결과는 실증분석과 관련해서 다음과 같은 함의를 가진다. 기존의 실증연구들은 연구개발투자를 기술역량투자와 상품화투자로 구분하지 않고 통합된 자료로 분석함으로써 기술혁신 성과에 대

한 잘못된 결론을 도출하였을 가능성이 있다. 권명중(2008)은 기존의 연구개발 투자로 사용되는 자료를 기술역량투자와 상품화투자로 구분해서 계량분석을 수행하고 다음의 결과를 얻었다.

- ① 기술역량투자를 많이 한 기업이 더 많은 기술혁신을 이룬다.
- ② 대기업이 중소기업보다 더 많은 기술혁신을 수행한다. 이런 차이는 부분적으로 대기업과 중소기업 사이의 기술역량 차이에 기인한다.
- ③ 저기술함정이 유의적으로 존재하며 표본 중소기업 중 33%가 저기술함정에 빠져 있다.
- ④ 기술혁신투자는 다음 기술혁신투자를 유인하는 동태적 연계성이 있다. 이와 같은 실증분석은 본 논문의 [정리 3]과 [정리 4]를 실증적으로 지원한다.

기술역량과 연구개발투자와 관련된 연구는 아직도 탐구되어야 할 부분이 많이 남아 있다. 예컨대, 기술역량의 무조건적인 지원이 바람직하지도 가능하지도 않다면 어떻게 기술역량지원기업을 선정하는가에 관한 정책연구도 필요하고 기술역량과 기술혁신과의 동태적 상호작용을 정치하게 분석하기 위한 panel자료의 축적과 계량분석도 요구된다. 이 모든 과제를 미래연구로 남겨 둔다.

참 고 문 헌

- 권명중, 「민간부문의 자율적인 정보통신 R&D투자 확대방안에 관한 연구」, 정보통신부, 1997.
- _____, 『기술혁신의 경영과 경제』, 신원사, 2006.
- _____, 「중소기업의 저기술함정에 대한 연구: 기술역량과 연구개발투자의 관계를 중심으로」, 2008년도 추계 중소기업학회자료집, 2008.
- 하태정, 「대중소기업간 양극화 해소를 위한 기술혁신역량 획득 및 확산 전략」, 과학기술정책연구원, 2006.
- Aghion, P. and P. Howitt, “A Model of Growth through Creative Destruction,” *Econometrica*, 60(2), 1992, 323~351.
- _____, “Market Structure and the Growth Process,” *Review of Economic Dynamics*, 1, 1998, 276~305.
- Arrow, K., “The Economic Implication of Learning by Doing,” *Review of Economic*

- Studies*, 29, 1962, 155~173.
- Ciccone, A. and K. Matsuyama, "Start-up Costs and Pecuniary Externalities as Barriers to Economic Development," *Journal of Economic Development*, 49, 1996, 33~59.
- Cohen, W. and S. Klepper, "The Anatomy of Industry R&D Intensity Distribution," *American Economic Review*, 82, 1992, 773~799.
- David, D., "A Contribution to the Theory of Diffusion," *Center for Research in Economics Growth Research Memorandum*, No. 71, Stanford University, 1969.
- _____, "The Diffusion of Process Innovation," Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
- Farrell, J. and C. Shapiro, "Dynamic Competition with Switching Costs," *Rand Journal of Economics*, 19, 1988, 123~137.
- Finegold, D. and D. Soskice, "The Failure of Training in Britain: Analysis and Prescription," *Oxford Review of Economic Policy*, 4 · 3, 1988, 21~53.
- Freeman, C., "The Economics of Industrial Innovation," Penguin, Harmondsworth, 1974.
- Fudenberg, D. and J. Tirole, "The fat cat effect, the puppy dog ploy and the lean and hungry look," *American Economic Review*, Papers and Proceedings, 74, 1984, 361~368.
- Gilbert, R. and D. Newbery, "Preemptive Patenting and the Persistence of Monopoly," *American Economic Review*, 72, 1982, 514~526.
- Grossman, G. and E. Helpman, "Innovation and Growth in the Global Economy," Cambridge, MA: MIT Press, 1991.
- Ireland, N. and P. Stoneman, "Technological Diffusion, Expectation and Welfare," *Oxford Economic Papers*, 283~304.
- Kim, I-S., "Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning," Boston, Harvard Business School Press, 1997.
- Lach, S. and M. Schankerman, "Dynamics of R&D and investment in the scientific sector," *Journal of Political Economy*, 97, 1989, 880~904.
- Lall, S., "Technological Capabilities and Industrialization," *World Development*, 20, 1992, 165~186.
- Lucas, R., "On the Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary*

Economics, 22, 1988, 3~42.

Mairesse, J. and A. K. Siu, "An Extended Accelerator Model of R&D and Physical Investment," in Z. Griliches, ed., *R&D, Patents and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, 1984, 271~297.

Mansfield, E., "Industrial Research and Technological Innovation," New York: Norton, 1968.

_____, "Industrial Robots in Japan and USA," *Research Policy*, 18, 1989, 183~192.

Nickell, S. and D. Nicolitsas, "Human Capital, Investment and Innovation: What are the Connections?" in R. Barrell, Geoff Mason, and Mary O'mahony, *Productivity, Innovation and Economic Performance*, Cambridge University Press, 2000, 268~289.

Romer, P., "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, 98, 1990, 71~102.

Romijn. H., "Acquisition of Technological Capability in Small Firms in Developing Countries," New York: Macmillan Press, 1999.

Schumpeter, J., *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, 1934.

Stoneman, P. and M.J. Kwon, "The Diffusion of Multiple Process Technologies," *Economic Journal*, 104, 1994, 420~431.

_____, "The Impact of Technology Adoption on Firm Profitability," *Economic Journal*, 107, 1996, 952~962.

_____, "Gross Investment and Technological Change," *Economics of Innovation and New Technologies*, 7, 1998, 221~243.

_____, "Gross Investment and Technological Change: a Diffusion Based Approach," in R. Barrell, Geoff Mason and Mary O'mahony, *Productivity, Innovation and Economic Performance*, Cambridge University Press, 2000, 199~216.

Westphal, Kim and Dahlman, "Reflection on the Republic of Korea's Acquisition of Technological Capability," in Rosenberg and Frischtak, eds., *International Technology Transfer: Concepts, Measures and Comparisons*, New York: Praeger, 1985, 162~221.

[Abstract]

The Dynamic Model of R&D Investment for Technological Capability and Innovation

Myung Joong Kwon · Tae Jeong Ha

The objective of this paper is to theoretically explore the dynamic model of R&D investment for technological capability and innovation. The results are as follows: ① technological capability reduces uncertainty relating to innovation and widens the range of innovation. ② Firms without technological cannot escape from low technology trap' even with its own efforts and government's help ③ Through the fact that capability and innovation are in complements in both directions, R&D investment in innovation builds up the virtuous circle for sustainable R&D investment. ④ R&D investment for innovation is made in higher level under the consideration of technological capability than under no consideration of it. The policy implications of these results are also discussed.

Keywords: technological capability, complements, R&D

JEL Classification: L0, O3