

공공연구개발사업의 기술과급효과 측정을 위한 기술과급 메커니즘과 측정 방법론에 대한 문헌연구*

이윤숙** · 윤형노*** · 최정우****

<목 차>

- I. 서론
- II. 기술과급현상
- III. 기술과급측정 방법론 정리
- IV. 공공연구개발 사업의 기술과급 측정에
대한 제언

국문초록 : 본 논문에서는 공공연구개발사업의 기술과급측정을 위한 이론적/방법론적 기반을 제공하기 위하여 기술과급현상을 고찰하고 이를 측정하는 방법론에 관하여 논의하고자 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 첫째, 일반적인 기술과급메커니즘에 관하여 논의하며 과급현상 및 과급경로를 정리한다. 둘째, 기존에 문헌들에서 사용된 주요 방법론을 소개하고 방법론의 장단점을 논의한다. 셋째, 방법론과 기술과급현상에 대한 이해를 기반으로 기술과급현상과 측정의 문제를 고찰한다. 마지막으로 공공연구개발 사업의 기술과급효과 측정을 위한 선행조건을 제시한다. 본 논문의 목적은 연구자 및 정책입안자들에게 기술과급현상과 측정에 관한 이해를 넓히고 여러 방법론으로 측정된 기술과급측정의 결과를 올바르게 평가할 수 있도록 하기 위해서이다. 본 연구는 향후 공공연구개발 사업의 과급효과를 측정하고자 할 때 방법론적 한계를 인식하여 과급현상과 측정 결과의 간극(gap)을 인지하여 이를

* 본 논문은 서강대학교 기술경영전문대학원 교비연구비지원으로 수행되었습니다.

** 서강대학교 기술경영전문대학원 연구교수, 주저자 (yslee9728@gmail.com)

*** 국방연구원 획득센터 책임연구위원 (yoon@kida.re.kr)

**** 서강대학교 기술경영전문대학원 교수, 교신저자 (jwchoi@sogang.ac.kr)

기반으로 더 향상된 측정 방법을 고안하는데 도움을 줄 것이다.

주제어 : 기술과급현상, 과급경로, 총요소생산성, 생산함수, 산업연관분석, 특허흐름행렬표,
사회적 이익

A Literature Review of Spillover Mechanisms and Methodology to Evaluate the Spillover Effect of Public Funded R&D Programs

Younsuk Lee · Hyung-No Yoon · Jeong-Woo Choi

Abstract : In this paper, we present a literature review of the mechanisms and methodology for technology spillover, in order to provide a theoretical and practical foundation for estimating the technology spillover effect of public funded R&D programs. Our research consists of four parts. First, we investigate what technology spillover is and how it works. Second, we review the methodology used to empirically measure technology spillover, with a view to understanding the advantages and disadvantages of each method. Third, we identify the gap between the spillover phenomenon and its estimated results, caused by the limitations of the methodology, and discuss the challenges in measuring technology spillover. Finally, we present several considerations to improve the measurement of technology spillover in the context of public funded R&D programs. Our paper provides policy makers and researchers with basic knowledge about technology spillover and helps them suitably evaluate the results obtained from the literature review. In addition, it contributes towards improving the existing methodology by recognizing the gap between the spillover phenomenon and the methodology.

Key Words : Technology Spillover (R&D spillover), Public R&D Program Evaluation, Channels of Spillover, TFP, Product Function, IO Matrix, Patent Matrix

I. 서론

기술과급현상은 우리 사회에 광범위하게 존재하는 현상이다(Griliches,1992). Pavitt(1984)는 기술혁신과 산업적 패턴(sectorial patterns)을 알아보기 위하여 1945년부터 1979년 사이에 영국의 2000여 건의 제품 및 공정 혁신사례를 조사하였다. 혁신의 원천에 대한 조사 결과 전체 혁신의 40%는 동일 산업 안에서 60%는 타산업에서 생성된 기술에 의하여 혁신이 이루어진 것으로 조사되었다(Nadiri,1993). 이는 특정 산업에서 나타난 제품 및 기술혁신이 산업 간에 경계를 넘어 타산업의 기술혁신에 직접적인 영향을 주고 있음을 실증적으로 보여주고 있다. 다양한 산업에서 발생한 혁신이 이 산업과 직접적으로 연결되어 있는 타산업으로 과급되어 연쇄적인 혁신을 유발하고 이러한 과급들이 기반이 되어 거시적으로 사회변화 및 경제발전이 이루어질 수 있다. 이러한 기술과급 현상은 경영학, 정책학, 경제학등 여러 사회과학 분야에서 연구되어 왔다(Nelson, 2009). 경영학에서는 과급된 외부의 지식을 어떻게 효과적으로 활용할 수 있는 것인가의 문제(이러한 관심은 개방형 혁신(open innovation)으로 표출되기도 하였음)를 연구하였고, 정책분야에서는 공공재원으로 운영되는 연구개발사업들의 평가에 있어 과급성을 평가하고 측정하는 문제에 대하여 연구하였고, 경제학에서는 연구개발활동 및 기술과 경제성장과의 관계를 연구하여 왔다. 본 연구에서는 정책의 관점에서 공공연구개발 사업의 기술과급효과 측정에 관한 부분을 다루고자 한다.

각 국가에서는 국가의 경쟁력을 높이고 사회발전을 이루기 위하여 각종연구개발 사업에 막대한 예산을 투입하고 있다. OECD 통계에 의거하면 2011년 경제협력개발기구(OECD) 국가 중 연구·개발비의 규모가 가장 큰 나라는 미국으로 4152억달러를 투자하였고 그 뒤를 일본(1998억달러), 중국(1344억달러), 독일(1039억달러), 프랑스(624억달러) 순으로 조사되었다. 우리나라의 경우 2012년 기준으로 약 55조원(약 500억 달러)을 연구개발에 투자하였고 이는 2011년도 대비하여 약 11.1% 증가한 것이다. 전체 연구개발비 중 정부 및 공공재원에 의한 연구개발사업의 비중을 살펴보면 미국의 경우 전체 연구개발비의 약 40%, 일본 23%, 중국 21%, 독일 30.5%, 프랑스 39%를 차지하는 것으로 나타났다.¹⁾ 우리나라의 경우 2012년 기준으로 정부 및 공공재원에 의한 연구개발비는 약 13조원(120억 달러)으로 전체연구개발비 대비 약 25%를 차지하였으며 전년대비 약 6%증가한 것으로 나타났다.²⁾ 정부연구개발 사업들의 대형화 및 장기화라는 추세를 고려해볼

1) 프랑스는 2010년 기준, 나머지 국가는 2011년 기준으로 작성되었음

때 우리나라 및 각국의 연구개발비는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다(김태유등, 2002; 이준등 2010). 연구개발사업의 투입요소인 투자액이 증가하며 효율적/효과적인 투자를 위하여 연구개발사업의 성과 평가에 대한 관심도 높아지고 있다. 평가를 통하여 연구개발투자의 정당성 확보할 수 있고 공공의 재원을 더 효과적으로 사용할 수 있기 때문이다(이정원, 2000).

기술파급은 공공연구개발의 성과를 평가하는 중요한 요소로 고려된다. 공공의 재원이 투입되는 공공연구개발사업은 민간에서 수행하기 힘든 장기적이고 기초적인 연구들이 큰 부분을 차지한다. 기초 연구들이 사회적 효용을 산출하는 것은 연구개발의 결과 생겨난 지식/기술 그 자체가 아니라 이러한 기술들이 사회 전반으로 파급되어 활용되면서이다. 이에, 공공연구개발 사업의 평가에 있어 기술파급은 연구사업의 가치를 평가하기 위한 중요한 성과지표로 볼 수 있다. 그러나 기술파급효과의 중요성에도 불구하고 이를 실질적으로 측정하는 것은 쉽지 않다(Cozzens et al., 1994). 다양한 파급경로를 통하여 연쇄적으로 일어나는 현상을 포착하고 이로 인하여 야기된 경제적 가치를 추정하는데 있어 측정의 어려움이 존재하기 때문이다. 하지만, 이러한 측정의 어려움에도 불구하고 효과적으로 공공연구개발투자를 위한 기술파급측정의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다. 이는 각국의 정부들이 공공재원으로 투자하는 연구개발비의 규모가 확대되면서 투자의 효과성과 정당성 확보를 위하여 기술파급을 측정하여 사회적 효용이 높은 파급이 큰 연구개발사업에 투자하려고 하기 때문이다. 실제로, 미국 등 선진국에서 공공연구개발 사업의 평가의 한 부분으로 파급효과를 측정하는 연구들을 지속적으로 수행하고 있다(Ruegg, 2003). 그러나 그 중요성에도 불구하고 우리나라의 경우 파급효과와 파급효과를 측정하는 방법론에 대한 체계적 고찰은 부족하다. 이에 공공연구개발 사업의 파급효과를 측정하기에 앞서 파급효과와 파급을 측정하는 방법론에 대한 정립이 필요하다.

본 연구에서는 공공연구개발사업의 기술파급현상을 이해하고 측정가능성을 탐색하고자 기술파급현상의 이해와 이를 측정하는 방법론을 정리하고자 한다. 우선 기술파급현상이 무엇인지를 살펴보고 이를 기반으로 파급현상과 현상의 측정을 분리하여 고찰하고, 기존의 기술파급 측정 방법론이 현상을 어떠한 관점으로 측정하고 있는 것인지를 제시하고자 한다. 이를 통하여 독자들은 현상과 측정된 현상을 구분하여 인지할 수 있고 각 방법론이 가진 본연적인 한계를 이해할 수 있을 것이다. 이러한 과정을 통하여 정책입안자 및 독자들이 기존의 선행연구들에서 제시된 특정 방법을 통하여 측정된 파급효과 측

2) 2014년 10호, KISTEP 통계브리프, OECD 자료로 살펴본 주요국 정부연구개발예산 현황에서 인용함

정 결과를 어떻게 해석하고 평가해야하는지를 알 수 있을 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 첫 번째, 문헌연구를 통하여 기술과급 메커니즘과 과급경로에 관하여 논한다. 두 번째, 선행연구를 기반으로 기술과급을 측정하는 방법론을 정리하여 제시한다. 셋째 과급현상과 방법론 사이에 간극(gap)을 제시하고 현상을 측정하는데 발생하는 문제들을 제시한다. 마지막으로 공공연구개발 사업과 기술과급현상과의 관련성을 파악하고 이를 현실에서 측정하기 위하여 어떠한 부분들을 고려해야 하는지를 제시한다.

본 논문의 의의는 다음과 같다. 첫째, 기술의 과급현상 및 과급 메커니즘을 이해하고 현상과 이를 측정하는 방법론 사이에 간극(gap)을 인지할 수 있다. 둘째, 과급현상 측정 방법론의 제한점을 파악하여 향후 다양한 연구 및 보고서에 사용된 방법들의 장단점을 파악할 수 있고 이를 비판적으로 수용할 수 있다. 셋째, 이러한 현상과 측정 사이에 간극을 이해함으로써 실무자들 및 관련자들은 기술과급효과 측정을 위한 더 나은 방법을 모색할 수 있다.

II. 기술과급현상

1. 기술과급의 매커니즘

1.1 기술과급 현상

기술과급은 경제학에서 언급하는 일종의 외부성(externality)이다. 연구개발의 결과 생겨난 과학지식/기술은 비전유성(inappropriability) 및 비경합적인(non-rival) 성격을 지닌다(Verspagen, 1997; 홍장표, 2010). 이에 특정 조직이 개발한 기술 및 지식이 낮은 가치 혹은 보상없이 다른 조직으로 확산되어 새로운 가치창출에 기여할 수 있다. 이와 같은 현상을 R&D 과급효과 혹은 지식/기술 과급효과라고 지칭한다.

Griliches(1992)는 과급효과를 체화된 과급(rent spillover)과 비체화된 과급(knowledge spillover)로 분류하여 제시하였다. 체화된 과급이란 신기술이 사용된 제품 혹은 생산물이 시장구조를 통하여 거래되어 이 중간재를 사용한 기업과 소비자가 이익을 얻는 현상을 일컫는다. 반면에 비체화된 과급이란 특정 기업이 개발한 기술 및 지식

이 상품의 형태가 아닌 기술 및 지식의 형태로 보상없이 다른 조직 및 산업으로 확산되어 새로운 혁신을 유발하는 현상을 일컫는다. 일반적으로 비체화된 파급 혹은 지식파급(knowledge spillover)으로도 불리운다. Griliches(1992)의 파급형태의 분류는 시장구조를 통한 파급인지 아닌지로 구분된다고 볼 수 있다.

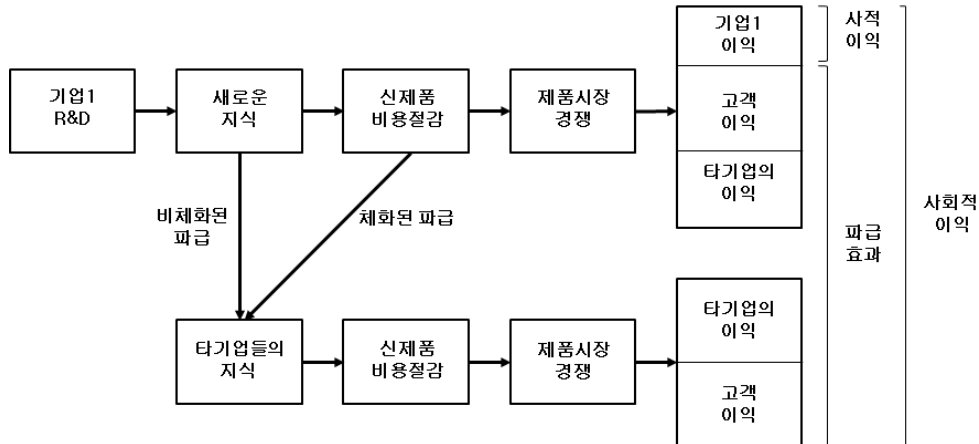
Jaffe(1998)는 파급효과를 지식파급(knowledge spillover), 시장파급(market spillover), 네트워크 파급(network spillover)의 세 가지 형태로 분류하였다. 지식파급은 Griliches(1992)의 비체화된 파급과 유사한 개념으로 특정 조직에서 개발한 기술/지식은 다른 조직으로(혹은 보상 없이) 다른 조직으로 파급되어 사용되는 현상을 일컫는데 주로 지식/기술이 사용된 제품의 이동이 아닌 지식/기술 그 자체가 파급되어 활용되는 상태를 의미한다. 일반적으로 시제품, 특허, 알고리즘 등 기초연구의 결과물이 확산되는 것이 지식파급현상으로 볼 수 있다. 지식 파급은 리버스엔지니어링을 통해서도 일어난다. 시장 파급(market spillover)은 새로운 지식과 기술이 적용된 상품들이 시장 메커니즘을 통하여 거래되어 신제품을 사용한 기업 및 소비자에게 경제적 이익을 창출하는 과정을 일컫는다. 이는 Griliches(1992)의 체화된 파급과 유사한 개념으로 볼 수 있다. 예를 들어, 혁신적인 제품을 개발한 기업이 이 제품을 그 혁신의 가치보다 낮은 가격으로 팔아 혁신을 통한 이익이 고객(구매기업)에게 생겨날 수 있거나 혹은 혁신적인 공정을 개발하여 원가를 절감한 기업이 시장보다 낮은 가격에 제품을 시장에 공급하여 고객이 이익을 얻는 현상등을 예로 들 수 있다. 네트워크 파급은 새롭게 개발된 지식이나 기술 혹은 이러한 기술이 사용된 제품이 기존에 존재하지 않았던 새로운 제품의 개발 및 시장을 창출하는 현상을 일컫는다. 예를 들어, 아이폰이 개발되면서 앱(APP)관련 기술과 시장이 생겨나는 현상을 들 수 있다.

1.2 기술파급과 사회적 이익(social return)

기술파급이 중요한 이유는 기술파급이 궁극적으로 사회적 이익(social return)을 창출한다는 것이다. <그림 1>는 특정 조직에서 개발한 기술이 타 조직으로 파급되어 사회적 이익을 창출하는 과정을 상세히 보여주고 있다. 기술파급을 통한 사회적 이익 창출은 두 가지 관점에서 정리해 볼 수 있다. 우선 기술을 개발한 조직의 입장에서 이다. 이 조직은 기술개발을 통하여 신제품을 개발하거나 새로운 공정을 도입하여 제품 시장에서 경쟁자들보다 더 큰 이익(private return)을 얻을 수 있다. 또한 신기술이 적용된 제품과 낮은 가격의 제품을 사용한 고객들은 성능이 좋은 제품을 사용하여 생산성을 높이거나 혹은

더 낮은 가격에 좋은 제품을 구입하여 경제적 이득을 얻을 수 있다.

또한 두 번째 관점은 개발된 기술/지식을 사용한 기업들의 활동을 통하여 산출된 이익이다. 특정 조직이 개발한 기술은 기술/지식의 형태(체화된 파급)로 혹은 시장 거래를 통한 제품의 형태(비체화된 파급)로 타 조직으로 파급된다. 타산업으로부터의 기술파급은 기술이 파급되어진 기업의 기술적 기회를 증대시키고 기술혁신의 유인(incentive)으로 작용하며 산업내부의 기술파급효과는 주어진 기술 수준을 달성하는데 소요되는 시간과 연구개발비 절감의 효과가 있다(Aldier and Cincera, 2007). 파급된 지식을 활용한 기업들은 신제품을 만들거나 공정을 개선할 수 있다. 신제품을 출시를 통하여 이 기업들은 경제적 이득을 얻을 수 있고 이 조직에서 출시된 상품을 사용한 고객들도 생산성 증대 및 비용 절감이라는 경제적 이득을 얻을 수 있다. 이러한 부분은 파급을 통하여 산출된 사회적 이익의 일부로 볼 수 있다. 기술파급으로 인한 사회적 파급은 앞서 언급한 기술을 개발한 조직의 관점에서 파생된 이익들과 두 번째 파급된 지식을 활용한 기업들이 파생시킨 이익의 합으로 볼 수 있다. 특정 기술의 파급성이 높다는 것은 다양한 산업으로 파급되어 다양한 혁신을 야기하는 것 그리고 혁신의 결과 나타난 사회적 변화 및 경제적 효과가 매우 큰 것 이 두 가지를 지칭하는 것인데 기술파급이 활발히 일어날수록 사회적 이익이 커지는 경향이 나타날 것이다. <그림 1>에서는 파급현상의 이해를 돕고자 파급현상을 단순화하여 표시하고 있으나, 한 조직과 다른 조직사이에 파급이 일회성이 아닌 여러 집단 간에 사회전반에 걸쳐 연쇄적으로 일어날 것이다. 파급성이 크다는 것은 이러한 연쇄적 반응이 큰 것을 의미한다고 볼 수도 있다. <그림 1>에서는 사적이익과 기술파급효과를 구분하고 이 둘의 합산을 사회적 이익으로 나타냈다. 일부연구들은 사적이익과 사회적 이익을 배타적(exclusive)으로 분류하여 본 그림에서 파급효과로 표시한 부분만을 사회적 이익으로 보고 사적이익과 사회적 이익과의 차이를 비교하기도 한다.



<그림 1> 기술파급으로 인한 사회적 이익 창출과정³⁾

1.3 기술파급의 경로

기술 파급현상을 이해하기 위해서는 기술이 파급되는 경로에 대한 이해가 선행되어야 한다. 앞서 제시한 <그림 1>에서는 체화, 비체화로 나누어 특정 기술이 타 조직으로 파급되는 현상으로 표시하였다. 본 파트에서는 파급경로를 더욱 구체화적으로 살펴보고자 한다.

기술이 개발된 조직에서 다른 조직으로 퍼져나가기 위해서는 매개체가 필요하다. 주된 매개체는 특허, 사람, 상품으로 볼 수 있다. 이러한 매개체의 특정 행위들로 기술파급 경로가 설정되어 질 수 있다. <그림 2>는 한 조직에서 다른 조직으로 파급이 일어날 수 있는 대표적인 경로를 보여주고 있다. 우선 체화된 파급의 경로에는 중간재(상품)의 이동, 자본재(설비 및 공장설립)의 이동, 특허 이전⁴⁾등을 들 수 있다. 이러한 활동들은 상품과 특허가 시장거래를 통해서 한 조직에서 다른 조직으로 파급된 것으로 볼 수 있다. 비체화된 파급의 경우 체화된 파급보다 다양한 경로를 가진다. 특정 기업에서 일하던 인력이 타 회사로 이직을 하는 경우⁵⁾, 또한 전문(학술) 잡지, 컨퍼런스등과 같은 학술활동

3) Adam Jaffe(1998), "The Importance of "Spillovers" in the Policy Mission of the Advanced Technology Program," Journal of Technology Transfer, 23 (2),11-19.에서 발췌 인용함

4) 일부 연구자들은 기술이전(technology transfer)과 기술파급(technology spillover)을 구분하여 언급하기도 하는데 Hall등 (2009)에 의하면 기술이전은 기술을 사고파는 것으로 의도적 기술거래에 대한 금전적 보상이 같이 가는 반면 기술파급은 무상으로 의도하지 않은 기술 확산현상을 의미한다고 구분하기도 한다. 그러나 넓은 의미로 기술이전도 기술 확산 및 파급의 하위분야로 볼 수 있다.

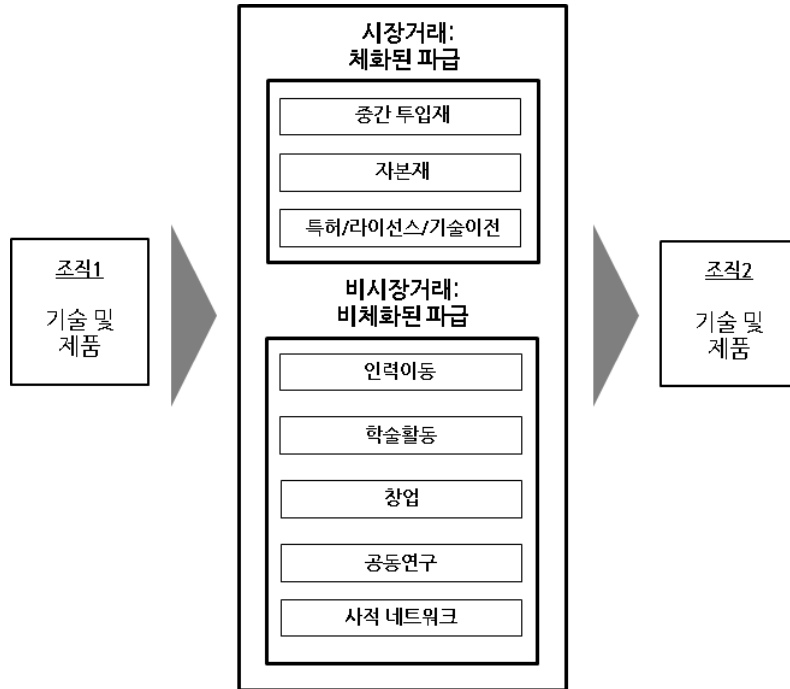
5) 인력을 통한 기술/지식 파급에 관한 관심이 최근 높아지고 있다.

을 통하여서도 이루어지고 리버스 엔지니어링(reverse engineering)⁶⁾과 같은 형태로도 이루어질 수 있다(Verspagen, 1997). 또한, 기존의 회사에서 기술을 가지고 있는 연구원들이 새롭게 분사(spin off)하여 창업을 하는 등의 활동 및 연구원들 간에 개인적 교류를 통한 지식 파급 및 조직들간에 협력연구(기업간, 산학연간등)을 통한 지식파급도 빈번하게 이루어지고 있다. 비체화된 파급의 경우 이외에 다양한 형태로 발생할 수 있다.

선행 연구들을 찾아보면 다양한 기술파급 경로들이 언급되고 있고 각 연구마다 일부의 파급경로에 초점을 두어 연구하거나(Moen, 2000; Almeida and Kogut,1996) 혹은 모든 파급을 고려하여 특정 경로를 고려하지 않고 전체적인 파급효과의 규모를 측정하고 있다. <그림 2>는 한 조직에서 다른 조직으로 기술이 파급되어 질 수 있는 가능성이 있는 모든 경로를 도식화해 놓은 그림이다. <그림 2>와 같이 다양한 파급경로 중 특정 경로를 통하여 파급이 일어나게 된다. 본 그림은 조직과 조직 간에 직접적 일차파급만을 도식화하고 있는데 기술을 개발한 조직(기업)으로부터 여러 조직(기업들)으로 그리고 기술파급을 받은 조직으로부터 또 다른 조직들로 연쇄적으로 파급이 일어나게 되고 이러한 연쇄적 파급에 있어 작용하는 파급경로는 상이할 수 있다.

산업에 따라 혹은 조직에 따라 어느 파급경로가 중요한 역할을 하고 있는지는 상이할 것이고 파급경로의 중요성도 다를 것이다. 유선회(2004)등에 따르면 체화된 기술이나 비체화된 기술이나에 따라 확산결정요인이 상이함을 지적하고 있는데 이들에 따르면 체화된 파급의 경우 시장구조, 기존 기술의 수명과 매물비용, 네트워크 외부성, 기술의 체계적 성격등이 파급에 영향을 주고 있다면 비체화 기술파급의 경우 잠재적 채택자의 수, 사용을 통한 학습효과, 기업의 흡수능력, 연구개발의 유형, 기술 및 지식의 형태가 중요한 요인이라고 밝히고 있다. 기술파급을 측정하는 연구들은 비교적 많지만 파급경로를 체계적으로 분석하는 연구는 거의 찾아보기 힘들다. 국내연구에서는 조현대등이 (2000)에서 공공연구개발의 결과가 민간산업으로 확산되는 경로를 조사하여 발표하였지만 파급경로를 중심으로 연구한 예는 많지 않다. 향후 파급경로를 체계화하여 분석하는 것도 의미 있는 일일 것이다.

6) 만들어진 상품을 역으로 추적하여(분해하여) 상품에 사용한 기술을 파악하고 참고하는 행위



<그림 2> 기술의 파급경로⁷⁾

Ⅲ. 기술파급측정 방법론 정리

1. 기술파급측정시 측정대상

기술은 추상적으로 존재하여 생산성 및 효율성의 증대를 가져오지만 물리적 실체가 없으므로 직접적으로 기술을 측정할 수 있는 방법은 없다. 이에 기술이 움직일 때 같이 수반되며 가시적으로 파악할 수 있는 매개체의 움직임으로 기술의 흐름을 측정할 수 밖에 없다. 기술파급을 측정하기 위해서는 측정 대상을 정해야 하는데 일반적으로 연구개발비의 투자, 상품, 인력, 특허등 측정 가능한 대상을 선택하여 간접적으로 측정하고 있다(유선희등, 2004). <표 1>은 각 기술의 흐름을 측정하기 위한 대상과 측정방법 및 특

7) Cincera, M, and B. van Pottelsberghe De La Potterie (2001), "International R&D spillovers: a survey." *Cahiers Economiques de Bruxelles*, Vol. 169, No.1, pp. 3-32.에서 사용한 그림을 수정하여 인용함

정을 정리하고 있다.

<표 1> 기술과급측정을 위한 측정대상

측정대상	특징	출처
R&D 투자	<ul style="list-style-type: none"> 계량분석/성장회계 방식에서 주로 사용됨 R&D 투자는 R&D 활동 및 R&D결과물과 밀접한 관련이 있다라는 전제로 사용됨 총요소생산성/ 계량분석을 기반으로 하는 논문들에서 주로 사용하는 변수임 	Bernstein, 1988; 조운애, 2004; Corderi and Lin, 2011등
상품	<ul style="list-style-type: none"> 상품은 기술을 담고 있는 매개체로 경제적 가치는 주로 상품단위의 거래를 통해 이루어짐 주로 산업연관표를 활용함 	Wolfe and Nadiri, 1993; Goto and Suzuki, 1989; Vuori, 1997; 이회경과 김정우, 1996; 조운애, 2004등
특허	<ul style="list-style-type: none"> 특허는 상품단위보다 기술을 직접적으로 표현하는 공신력 있는 제도임 발명산업과 이용산업의 행렬표 작성하여 기술과급 흐름을 측정하거나 혹은 네트워크 분석 및 인용분석 시 주로 활용됨 	Scherer, 1982; Verspagen, 1997; Griliches and Lichtenberg, 1984; Evenson and Putnam, 1994; Jaffe et al., 1993; 유선희등 2004등
인력	<ul style="list-style-type: none"> 인력은 기술/지식을 가지고 있는 대상으로 볼 수 있음 인력의 이동에 대한 네트워크 분석 산업 별 동일 전공자의 분포에 의거하여 행렬작성하여 과급을 측정 할 수 있음 	Le, 2010; Almeida and Kogut, 1999; 김문수외, 1998; 이회경과 김정우, 1996등

우리는 일반적으로 <표 1>에서 언급한 바와 같이 R&D 투자, 상품, 특허, 인력의 네 가지 매개체들을 기술 측정을 위한 대리변수로 사용하고 있다. 네 매개체는 앞서 언급한 과급경로와 관련성이 일정 부분 존재하는데 상품은 중간재의 이동 경로를 측정하는 방식이고 인력을 사용하는 방식은 비체화된 과급경로인 인력의 이동과 관계가 있지만 측정대상으로 사용한 각 대리변수들이 모든 과급경로를 잘 대표한다고 보기는 어렵다. 따라서 네 가지 변수의 특징을 이해하고 이를 기반으로 측정된 과급효과의 제한점을 이해하는 것이 필요하다. 또한 더 나아가 네 가지 대리 변수를 통하여 앞서 언급된 과급경로를 어떻게 잘 포착할 것인가도 중요한 문제로 볼 수 있다.

2. 기술과급측정방법의 분류

기존 연구들을 살펴보면 기술과급의 측정은 두 가지 측면으로 구분된다. 하나는 기술이 파급되어 나간 흐름을 찾는 것이고 다른 하나는 기술과급으로 인한 경제적 효과를 측정하는 것이다. 이는 Nadiri(1993)가 그의 산업간 기술과급효과를 측정하는 논문에서 선행연구 부분에서 언급한 기술흐름(technology flow)를 연구하는 것과 비용함수(cost function) 혹은 생산함수(Cobb Douglas production)를 사용하는 접근법으로 분류한 것과 일맥상통한다. 이 두 가지 흐름은 상호배타적으로 연구된 것은 아니고 주로 결합되어 사용되고 있다. 산업연관분석방법 및 여러 방법으로 산업 간의 기술적 연관성을 가정한 후 각 산업의 연구개발비를 이에 의거하여 배분하여 특정 산업의 자체연구개발비의 효과와 타산업으로 유입된 연구개발비에 의한 생산성 증대효과를 측정하는 형태의 논문이 많이 경제학 분야에서 주로 사용되는 방법론이다.

본 파트에서는 기술흐름을 파악하는 방법과 경제적 효과를 측정하는 방법 두 가지로 분류하여 제시하였다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 기술흐름을 파악하고 그 이후에 경제적 가치를 파악하는 두 가지를 결합한 형태를 동시에 사용하는 논문들이 많으므로 본 연구에서 사용한 분류방법을 하나만 사용할 수 있는 것으로 인식할 필요는 없다. 측정방법을 각각 살펴본 후 각 방법에 장단점 및 실제 사용에 있어 제한점등을 고찰하였다.

2.1 산업 간 기술흐름을 측정하는 방법⁸⁾

산업간 과급을 측정하는 방식은 크게 그 속성에 근거하여 거래기반, 기술기반, 유사성기반으로 분류할 수 있다. 이러한 분류는 Cerulli와 Poti (2009)의 기준을 따른 것이다. <표 3>는 이러한 산업간 기술과급흐름을 측정하는 방법론에 관하여 정리해 놓은 표이다.

거래기반을 바탕으로 기술흐름을 측정하는 방식은 산업연관표를 활용한다. 산업연관

8) 기술과급흐름을 측정할 때에 네트워크 혹은 인용분석을 많이 사용하는데 이러한 분석 방법은 기술과급의 흐름과 동적인 관계를 잘 포착하지만 본 논문에서 사용한 프레임에 적합하지 않아 자세히 다루지는 않았다. 그러나 <표 3>에서 제시한 거래기반, 기술기반, 기술적 지리적 유사성등에 의한 기술흐름 과급을 측정하고자 할 때 네트워크나 인용분석을 활용할 수 있다. 네트워크 분석은 미시적 거시적 단위에 상관없이 모두 사용가능하다. 미시적 경우 인력, 특히, 기업, 조직간에 동태적 네트워크 분석에 초점을 두고 거시적인 경우 산업간 혁신의 확산구조를 네트워크로 파악하여 산업수준의 분석 및 국가 간의 분석도 가능함(박상범, 2011). 또한 네트워크 분석은 기술과급을 시각화해 주는 장점도 가지고 있다. 네트워크 분석을 통한 기술과급 및 흐름은 김문수등의 1998년도 논문과 유선희등의 2007년 논문을 참고할 수 있다.

표는 매년 나라에서 조사발행하는 통계표로 일정기간동안 국가 경제 내에서 재화와 서비스 거래를 일정한 기준에 의거하여 작성된 표이다(정군오등, 2013). 이 표는 1936년 미국의 레온티에프에 의하여 만들어졌으며 이후 세계 각국으로 퍼져 공식통계로 작성되고 있다. 이 표에서 서비스와 재화의 흐름은 기본적으로 산업간 흐름을 기반으로 작성이 되어 특정 산업들 간에 일정기간동안 얼마나 많은 재화/서비스의 흐름이 있어왔는지를 보여준다. 이에 산업간 기술파급을 측정하고자 할 때 주로 중간재나 자본재등을 통한 파급의 흐름을 측정하고자 할 때 주로 이 표의 산업간 거래 가중치값(coeffcient)을 사용하여 측정하고 있다. 이러한 사용의 기반에는 산업간 물동량의 거래가 클수록 산업간 거리가 가깝고 이에 한 산업에서 생겨나 혁신이 타산업으로 퍼져나가 생산성 향상에 큰 영향을 줄 것이라는 가정을 깔고 있다. 국가에서 작성하는 공신력있는 표로 특정 산업의 파급효과를 측정하는데 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 방법은 주로 체화된 파급을 측정할 수는 있지만 비체화된 부분은 포착하기가 어렵고 기술간 거리와 산업의 거리가 동일하지 않을 수도 있다는 위험성을 내포하고 있다.

<표 3> 산업간 파급효과 측정 방법 구분

파급포착방법	산업간 가중치 측정 방법	전제	출처
거래기반 (Transaction Based)	산업연관표 (중간재/자본재)	산업간 거래가 많을수록 기술파급이 더 활발하게 일어날 것이다.	Goto and Suzuki, 1989; Wolfe and Nadiri, 1993; Vuori, 1997; 이회경과 김정우,1996; 조운애,2004
기술기반 (Technology Based)	특허흐름행렬/ 혁신기반행렬표 작성 ⁹⁾	특허의 인용이 많을수록 기술파급이 활발히 일어날 것이다.	Scherer, 1982; Griliches and Lichtenberg, 1984; Evenson and Putnam, 1994; Poti-Cioffi, 1997
기술적/지리적 유사성 (Technological Distance)	기술적/지리적 유사성을 기반으로 한 특허 및 인력 정보사용	기술적 유사성/ 지리적 근접성이 높을수록 파급효과가 클 것이다	Jaffe et al., 1993; Verspagen, 1997; 이회경과 김정우,1996; Odagiri and Kinukawa, 1997

특허는 기업/조직의 기술혁신활동과 밀접한 관련이 있다(유선회외, 2004). 이에 특허 정보의 사용은 기존의 산업연관표를 기반으로 간접적으로 산업 간 파급을 추정하는 것 보다 기술의 흐름을 더욱 직접적으로 파악할 수 있다는 장점이 있다. 특허흐름을 이용하는 방법

9) 혁신기반행렬표는 주로 신제품출시 및 새로운 공정의 출시를 기반으로 작성됨

은 특허의 발명산업을 행으로 이용산업을 열로 대각행렬을 공정기술 발명을 표시한 행렬 표로 기술지식의 흐름을 측정하는 방법이다. 이 방법은 Schmookler (1966)가 레온티에프의 산업연관표를 기반으로 작성하였다. 기술의 발명과 이용을 기반으로 각 산업간 빈도를 조사하여 기술간의 근접성을 행렬로 표시하였다. 기술기반의 특허를 원자료로 작성된 표로 산업연관표보다 직접적인 측정 방법으로 신뢰성이 높다고 할 수 있다. 하지만 모든 기술이 특허화 되는 것은 아니라는 한계점과 매번 연구자가 이러한 행렬을 작성해서 측정해야 한다는 점에 있어 사용의 어려움이 존재한다. 기술혁신흐름을 행렬표로 작성하여 기술과 급을 측정하는 방법은 Pavitt가 1984년에 작성한 것으로 혁신을 창출한 산업과 이를 활용하여 새로운 혁신을 만들어 낸 산업 그리고 혁신을 창출한 기업이 활동하는 주요 산업을 구분하여 3차원 행렬표를 구성하여 만들어진 것이다. 그러나 이는 새로운 상품이나 공정을 혁신으로 사용하고 있고 특정 기술이 타 산업과 동 산업내 어떻게 파급되었는지를 알 수 있는 장점이 존재하지만 이 행렬표 역시 작성이 쉽지 않다는 단점이 존재한다.

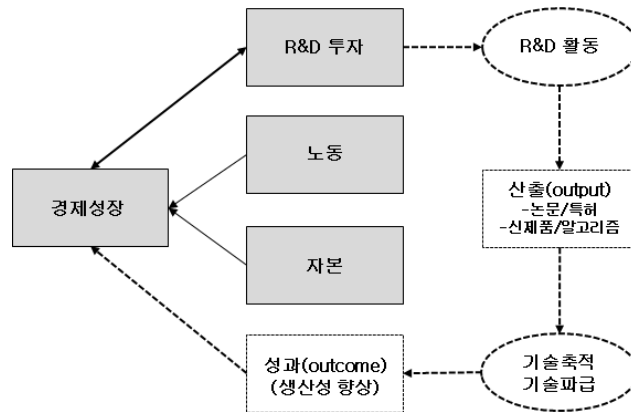
기술적/지리적 유사성을 기반으로 기술파급흐름이 측정되기도 한다. 이는 기술의 생산자와 수요자의 기술적으로 혹은 공간적으로 거리가 가까울수록 기술파급이 활발하게 일어난다(Maurseth and Verspagen, 2002; 홍장표, 2010)라는 가정을 기반으로 특허 및 인력 정보를 사용하여 산업간 근접성 행렬을 작성하여 산업간 파급성을 측정하는 기법이다. Jaffe 등(1993)의 연구를 살펴보면 실제로 물리적인 거리가 가까울수록 기술의 파급이 더욱 활발하게 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 기술의 유사성은 전체 특허 분포에서 산업이 어느 위치인가를 측정하고 그 위치 중 특정 산업끼리 얼마나 중복되는지를 계산하여 기술거리를 측정할 수 있고(김정우와 이희경, 1996) 인력을 통한 유사성은 산업내 동인 전공을 가진 연구개발인력의 분포 및 공유를 통하여 측정되어질 수 있다(김문수의 1998). 이러한 방식이 가지는 장점은 때로는 상품의 형태가 유사하지 않아도 공유하는 프로세스가 비슷한 산업일수록 기술의 파급이 더 잘 이루어 질 수 있는데(Wolfe and Nadiri, 1993) 이러한 부분들을 포착할 수 있는 장점이 존재한다.

2.2 경제적 효과를 추정하는 방법

기술파급의 경제적 효과를 측정하는 방법은 주로 생산함수(production function) 혹은 비용함수를 이용하여 총요소생산성의 향상을 측정하는 방법으로 이루어져왔다(Hall et al., 2009). 이 방법은 최초에 Griliches(1979)가 연구개발의 사회적 이익을 측정하기 위하여 사용되었다. 그는 이 논문에서 자본과 노동력을 기반으로 하는 Cobb-Douglas 생산함

수에 R&D stock을 투입변수로 추가하여 투입하여 생산성의 증가를 측정하였다 (Eberhardt et al., 2013).

이러한 방식의 기저에는 기술에 대한 대응개념으로 연구개발비를 사용하여 연구개발 활동의 결과가 활발할수록 기술/지식 축적이 높아지고 이러한 부분이 사회 전반으로 확산되어 생산성증대를 가져온다는 가정을 기반으로 하고 있다. <그림 3>은 이러한 관계를 보여준다. 연구개발비의 투자는 노동과 자본과 같이 경제성장 혹은 생산성 증대에 기여하고 있는데 이는 R&D 투자를 통한 R&D활동의 결과로 기술이 산출되고 이러한 기술이 사회 전반의 여러 조직으로 퍼져나가 생산성 증대 혹은 부가가치 증대를 통하여 경제성장에 이바지함을 보여주는 것이다. 그림에서 실선으로 표시된 부분은 실제로 데이터를 통하여 측정가능한 부분이고 점선으로 표시한 부분은 R&D투자가 왜 경제성장과 밀접한 관련이 있는지 내부의 메커니즘을 표시한 것이다.



<그림 3> 연구개발비가 경제성장에 영향을 주는 메커니즘

생산함수에 기존의 노동과 자본 요소 외에 연구개발비를 내생적변수로 추가한 한 아래와 같은 형태의 함수를 보편적으로 사용하고 있다.

$$Q = f(L^\alpha, K^\beta, R^\gamma)$$

Q는 산출물(output), L은 노동투입량, K는 자본투입량, R은 연구개발활동비의 투입을 의미한다. 여기서 분석의 단위를 각각 기업, 산업, 국가단위로 사용할 수 있다. 기술파급은 기본적으로 한 조직에서 다른 조직으로 지식 및 기술이 퍼져나가는 것으로 일반적으로 1) 같은 산업에 있는 다른 기업으로의 파급, 2) 다른 산업에 있는 기업으로 확산, 3)

공공연구소나 대학으로부터의 파급, 4) 국경을 넘어 다른 나라로의 파급등으로 구분할 수 있는데 (Hall et al., 2009) 이러한 파급의 형태를 기업단위, 산업단위, 국가단위로 크게 분류할 수 있고 위와 같은 식을 통해 특정 기업, 특정 산업 및 특정 국가 단위의 기술 파급의 경제적 효과를 추정할 수 있다. 기업을 분석 단위로 한다면 R은 기업들이 투여하는 총 연구개발비가 되고 산업으로 한다면 그 산업의 투여된 총 연구개발비를 의미하며 국가로 한다면 국가 단위에서 투자한 총연구개발비(aggregate level)가 된다. 여기서 연구개발비의 한계생산성(marginal productivity) 혹은 탄력계수(elasticity)가 외부 R&D에 대한 이득을 의미한다(Hall et al., 2009).

이와 같은 형태는 연구개발주체가 얻는 효과 및 파급효과가 모두 한꺼번에 포함된 식이다. 예를 들어 특정 산업의 연구개발비의 한계생산성 혹은 탄력계수를 구하였다면 이는 특정 산업에서 이루어진 연구개발활동의 결과 생겨난 모든 결과물들이 동 산업에서 사용되어 발생한 모든 경제적 가치를 추정하는 것으로 이는 산업내 파급을 포함하고 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나 타 산업에서의 파급을 포함하고 있지는 않다. 이에 타 산업(기업, 국가)에 기술파급에 의한 효과와 자체산업의 연구개발비 투자에 대한 효과를 분리하기 위하여 아래 식과 같이 R(연구개발비)을 산업(혹은 기업 및 국가) 자체의 연구개발비와 다른 산업(기업 혹은 국가)에 대한 연구개발비를 분리하여 사용하기도 한다. 아래 식의 R_1 은 자체 연구개발비 R_2 는 다른 산업에서 파급되어 들어온 연구개발비를 의미한다.

$$Q = f(L^\alpha, K^\beta, R_1^{\gamma_1}, R_2^{\gamma_2})$$

여기서 R_2 의 연구개발비는 산업이나 기업의 외부 조직으로 기술파급이 일어날 수 있는 산업이나 조직의 R&D 자본의 가중치를 반영한 합으로 아래와 같이 계산된다. a 는 일종의 조직(기업, 산업, 국가)간의 밀접성 및 유사성을 표현하는 가중치로 이러한 가중치는 다양한 방식으로 추정되어지고 있다. 기술흐름을 기반으로 하여 작성되는데 이러한 기술흐름을 포착하기 위하여 보편적으로 쓰이는 방법이 앞서 언급한 산업연관표, 특허를 통한 흐름행렬표 작성, 인력의 이동 및 전공의 유사성에 기반한 방법들을 주로 사용하고 있다. 조직간 기술의 밀접성을 표시하는 계수인 가중치는 특정 조직이 타 조직으로부터 흘러오는 R&D stock으로 변환되어 비용으로 추정되어 사용된다. 이는 생산함수에서 연구개발비용이 독립변수로 사용되어 연구개발비 투입대비 생산성 증대 분을 추정하는 식이기 때문이다.

$$R_2 = \sum_{j \neq i} a_{ji} R_{jt}$$

생산함수를 사용하여 기술과급을 측정하는 논문은 연구개발비의 총효과를 살펴보는 연구와 타조직으로부터 유입된 연구개발비용에 대한 탄력성(과급효과)을 따로 구분하여 측정하는 논문으로 구별할 수 있다. 이와 같은 생산함수를 사용한 접근(approach) 외에 일부 연구들은 비용함수를 사용하여 추정하기도 한다(e.g. Nakanishi, 2002; Bernstein and Yan, 1997). 또한 분석단위에 의거하여 프로젝트, 기업, 산업, 국가 단위로 구별하여 분류할 수 있고 산업간, 국가간, 기업간으로 확장하여 사용되어질 수 있다(Hall et al., 2009)¹⁰.

<표 4>에 이러한 방식을 사용하여 과급효과를 추정한 문헌들을 정리하여 제시하였다. 예를 들어 Corderi and Lin (2011)는 13 개 OECD 국가들을 대상으로 1987년부터 2002년 까지의 에너지 제조산업의 과급효과를 추정하였는데 각국의 연구개발비의 투자가 총요소생산성 증가에 긍정적인 영향을 주고 있는 것으로 나타났고 각 나라마다 사회적 이익(social return)이 2.9%~26.1%까지 증가한 것으로 실증하였다. 또한 Medda and Piga (2014)는 이탈리아 21개 산업의 500개 기업을 대상으로 기업들의 총요소생산성의 증대에 있어 각 기업의 R&D 활동과 산업내 그리고 산업 간 기술 과급에 의하여 유의한 영향을 받고 있음을 실증하였다. 이외에 전반적으로 표를 살펴보면 모든 연구에서 기술/지식 과급이 생산성증대에 긍정적인 영향을 주고 있음을 볼 수 있다. 본 표에서는 기업 단위와 산업단위로 구별하여 문헌을 정리하여 보여주고 있다¹¹). 본 표를 살펴보면 표본 국가 및 대상과 측정 기간은 상이하지만 과급효과가 모두 양수로 나타나고 있고 산업마다 과급효과가 적은 산업과 과급효과가 비교적 큰 산업으로 산업마다의 과급효과가 차이가 있음을 보여주고 있다.

이러한 방식은 기술과 기술과급의 결과가 경제성장에 미치는 영향을 계량적으로 파악하는데 도움을 주는 방법으로 경제학 및 정책분야에서 광범위하게 활용되고 있다. 그러나 이러한 연구개발비를 어떠한 가중치를 사용하여 추정하여 계산하는지에 따라 그 결과치가 상이하고(Hall et al., 2009) 연구개발비 투자와 이로 인한 생산성 증대를 보여주지만 연구

10) 연구개발비의 총효과를 살펴보기 위한 연구는 광범위하게 퍼져있다. 연구개발비를 투입요소로 사용한 총요소생산성 측정 논문은 모두 이러한 종류의 연구로 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 자체연구개발비와 외부에서 과급된 부분으로 분류하여 추정하고 있는 연구들 주로 대상으로 분류하였음

11) 기술과급을 측정하는 문헌들을 살펴보면 자국내 기술과급외에 국제 간 기술과급현상을 측정하는 논문들이 더 많이 존재한다. 본 논문에서는 국제간 기술과급은 다루지 않고 자국 내 기술과급을 다루는 논문을 주로 대상으로 분석하였다고 국제간 기술과급을 위한 부분은 "Cincera, M, and B. van Pottelsberghe De La Potterie (2001), "International R&D spillovers: a survey." Cahiers Economiques de Bruxelles, Vol. 169, No.1, pp. 3-32."을 참고로 할 수 있다.

개발비가 어떠한 기술을 산출하고 이러한 기술이 어떤 경로로 확산되어 경제적 가치를 창출하였는지를 구체적으로 제시하지는 못한다. 또한, 중요소생산성에 증감에 영향을 주는 요인은 기술뿐 아니라 법률, 인프라, 문화등 다양한 요인이 고려될 수 있는데 이런 요소들을 적절히 제어(control)하지 못하는 단점이 존재한다. 기술과급흐름을 연구비 분배로 사용하는데 실제로 기술과급은 연구비가 흘러가는 것이 아니고 기술이 퍼져나가는 것을 고려해 볼 때 현실을 적절히 반영하고 있는 가에 대한 의문을 제기할 수 있다.

<표 4> 생산함수를 사용한 기술과급효과 측정 문헌 정리¹²⁾

단위	저자	가중치	표본	기간	과급효과
기업	Jaffe, 1988	특허를 이용한 기술공간에 따른 기업 분류	미국 434개 기업	1972-77	0.10(탄력성)
	Bernstein, 1989 (비용함수 ¹³⁾)	-	캐나다 680개 회사	1978-81	20-26%
	Los and Verspagen, 2000	특허흐름행렬	미국 859회사	1977-91	0.33-0.68(탄력성)
산업	Griliches and Lichtenberg, 1984	특허흐름행렬	미국 193개 산업	1959-78	11-62%
	Scherer, 1982	특허흐름행렬	미국 443개 회사의 특허 분석(263개 산업)	1974	75-100%
	Odagiri, 1985	산업연관표	일본 15개 산업	1960-77	-606-734%
	Sterlacchini, 1989	산업연관표	영국15개 산업	1945-83	15-35%
	Goto and Suzuki, 1989	산업연관표	일본 50개 산업	1978-83	80%
	Bernstein, 1989 (비용함수)	-	캐나다 11개 산업	1963-83	29-94% (social return)
	Bernstein and Nadiri, 1989	-	미국 4개 산업	1965-78	9-13% (social return)
	Mohnen and Lepine, 1991	특허흐름행렬	캐나다 12개 산업	1975-83	3-90%
	Wolff and Nadiri, 1993	특허흐름행렬	미국 19개 산업	1947-77	14%
	Bernstein and Yan, 1997 (비용함수)	-	캐나다와 일본 10개 산업	1964-82	65-183%(캐나다) 9-56%(일본)
	Odagiri and Kinukawa, 1997	산업연관표	일본 4개 high tech 산업	1967-94	-23-84%(4)(탄력성)
	Bernstein, 1998 (비용함수)	-	캐나다와 미국 11개 산업	1962-89	28-167%(미국) 19-145%(캐나다)
	Bernstein and Mohnen, 1998 (비용함수)	-	캐나다와 일본 11개 산업	1962-86	65-183%(캐나다) 9-56%(일본)
	김정우와 이희경, 1996	산업연관표, 유사성 행렬 (연구원)	한국 18개 제조 산업	1983-89	4-20% (비체화) 90-200% (체화)
	Cerulli and Poti, 2009	산업연관표	이탈리아 31개 산업	2000	산업마다 과급효과가 다름을 순위로 보여줌
	Corderi and Lin, 2011	-	13개 OECD국가의 에너지 관련 산업	1987-02	2.9-26.1%
	Nakanishi, 2002 (비용함수)	-	미국 11개 산업	1975-90	71-500%(약 180%)
Medda and Piga, 2014	-	이탈리아 500개 기업, 21개 산업	1998-2000	0.55	

12) 본 표는 Hall, B. H., Mairesse, J., & Mohnen, P. (2009). *Measuring the Returns to R&D* (No. w15622). National Bureau of Economic Research에서 사용한 표를 기반으로 문헌을 추가 및 수정하여 사용함

13) 비용함수를 기반으로 추정하는 방식에서는 각 산업별 외부산업으로부터의 연구개발비로 산정 과정을 위한 부분이 명료하게 제시되어 있지 않음

14) Odagiri and Kinukawa(1997) 논문에서는 음의 값의 과급효과는 초기 transportation machinery

Bloom et al.,(2013)은 상품과 기술의 다른 차원에 속한 것으로 구분하여 연구하고 있고 기술의 과급과 상품의 과급으로 인한 효과가 상이함을 보여주었다. 또한 여러 과급경로를 통하여 과급효과가 발생하지만 각 경로에 대한 독립적이고 구체적인 추정은 할 수 없다. 일부 학자들은 이러한 생산성의 증대는 학습효과(learning effect) 및 규모의 경제(economy of scale)등 다른 요소들에 의해서도 발생할 수 있다(Griliches, 1998)고 언급하고 있다. 이에 연구개발비, 생산성 증대로 이어지는 중간에 여러 생략된 단계들에 관한 세심한 고려가 필요하다고 볼 수 있다.

3. 현상과 측정 방법론을 기반으로 살펴본 기술과급 측정의 일반적인 한계점

기술과급의 존재함은 부인할 수 없으나 지식의 흐름은 무형적이고 무작위적인 면이 많이 존재하기 때문에 이를 측정하는 것은 어려운 일이다(Ruegg et al., 2003; Jaffe,1998). 우리는 앞서 기술과급이 무엇이고 어떠한 경로를 통하여 나타나는지 살펴보았다. 그리고 과급을 측정하는 선행연구를 정리하여 방법론의 장단점을 정리하였다. 이를 기반으로 일반적으로 기술과급현상 측정에 대한 한계점을 논의해보고자 한다.

첫째, 기술과급현상과 측정사이에는 항상 불일치가 존재한다. 우리는 기술과급이 빈번하고 자연스러운 사회 속에 살고 있다. 하지만 이러한 현상을 측정한다는 것은 쉽지 않은데 이는 두 가지 측면에서 생각해 볼 수 있다. 첫째, 기술이 무엇이고 어디에 존재하는지에 관한 정의가 명확하지 않다. 기술이 명료하게 정의되지 않은 막연한 상태에서 기술의 대리변수로 사람, 연구개발비, 특허등 다양한 요인들을 사용하고 있지만 이러한 측정 변수들이 실제로 기술을 잘 반영한다고 볼 수 없고 기술과급을 측정하기 위하여 무엇을 가지고 측정할 것이냐의 문제가 항상 존재한다. 두 번째는 기술을 측정하기 위하여 특허, 인력등의 측정 변수를 정하고 이를 기반으로 과급을 측정하고자 할 때 어떻게 과급경로를 측정할 수 있는가의 문제이다. 기술의 과급은 일종의 기술의 외부성(externality)으로 과급되어진 주요 경로들을 파악하여야 하지만 이러한 부분의 측정을 위한 데이터가 현실적으로 존재하지 않는다. 이는 과급현상이 기술을 개발한 조직에서 다른 특정 조직으로만 이루어지는 것이 아니라 연쇄적으로 일어나는 현상이고 이러한 과급의 연쇄성은 단일한 경로만을 따라 이루어지는 것이 아니고 경우에 따라 다양한 방식으로 과급이 이

산업에서 추정된 값으로 설명하기 어려운 부분이라고 언급하고 있음

루어지기 때문이다. 측정의 정확성을 높이기 위해서는 우리는 다양한 파급경로를 고려하여 현상을 측정해야한다. 하지만 이들의 파급경로를 파악하기는 어렵고 이 경로들을 파악하였다 하더라도 여러 파급경로들이 독립적이지 않고 상호관련성도 존재하고 있다. 이에 이런 부분을 어떻게 처리할 수 있는지 고려해보아야 한다. 실제로 일부연구들에서는 여러 경로들을 종합적으로 고려하여 기술 파급을 측정하고자 하였으나 이러한 경로들이 독립적으로 존재하는 것이 아니고 상호간에 상당부분 상관관계가 존재하고 있음을 언급하고 있다(Hall et al.2009; Nadri, 1993). 우리는 기술이 존재하여 나타나는 현상을 경험하고 있지만 기술이 가진 무형적 속성(지식) 때문에 그 자체를 측정할 수 없고 항상 기술이 존재함으로 나타나는 현상을 기반으로 측정해야만 한다. 이에 사람, 특허, 상품등 기술을 담고 있는 가장 밀접한 측정요소를 찾아야 하는 숙제가 존재한다. 또한 파급경로를 측정함에 있어서도 많은 경우 파급의 무작위성 안에 규칙성을 발견해야하는 숙제가 있다. 이에 우리는 과거의 파급 사례들을 체계적으로 조사하여 우리가 간과하였던 파급 현상을 설명하는 체계적 요인을 정리하는 것이 필요하다. 실제로 어떠한 요인들이 기술 파급을 촉진하는지 혹은 관련이 있는지에 관한 연구들이 많이 이루어져왔는데 지리적(Jaffe et al., 1993) 혹은 기술적 거리등 다양한 요인들이 관련이 있음이 드러나고 있다(Aldieri and Cincera, 2007).

둘째, 기술파급을 측정한다는 것의 의미는 기술이 파급되어 간 흐름과 이를 통한 경제적 가치의 창출을 측정하고자 함이지만 기술의 경제적 가치 추정은 현실적인 제약이 존재한다. 이는 다음과 같은 이유 때문으로 볼 수 있다. 첫 번째 기술의 가치는 기술 그 자체에 존재하기보다는 기술이 상품화 혹은 상업화되면 기술의 집합으로 볼 수 있는 상품에 존재하기 때문에 상품의 가치에서 기술이 가지는 가치를 측정하는 것은 쉽지 않다. 이에 일부 연구들에서는 기술의 기여도를 파악하여 전체 상품의 가치에서 기술의 기여도만큼의 부분을 기술이 발생시킨 경제적 가치로 보고 있으나(김봉균, 2007) 이러한 방식이 정확히 기술의 가치를 반영한다고 보기는 어렵다. 두 번째는 기술의 파급과 사용으로 인한 사회적 이익의 많은 부분을 차지하는 소비자가 가지는 효용 및 이익을 어떻게 측정할 수 있는가의 문제이다. 기술파급은 존재하며 그 크기는 매우 크고, 사회적 이익(social return)이 사적인 이익(private return)을 능가한다(Griliches and Mairesse, 1995). 이러한 사회적 이익의 많은 부분은 소비자의 효용이지만 이러한 부분은 경제적 가치로 수치화하기 어려운 특성을 가진다. 총요소생산성을 사용한 방법이 이러한 부분을 일부 반영되고 있다고 볼 수 있지만 사실상 이 방법은 여러 다른 이유로 인한 경제성 및 생산성 증가에 대한 부분이 통제(control)되지 않아서 그 결과의 신뢰성이 높지 않다. 여기서

소비자란 최종소비자만을 의미하는 것이 아니고 중간재를 사용한 기업들도 소비자로 볼 수 있는데 전보다 개선된 기술을 가진 제품의 사용은 소비자들의 일의 능률 및 생산성 증대에 영향을 주는데 이러한 부분을 포착하여 경제적으로 가치화하기는 쉽지 않은 일이다. 또한 이러한 측정에 있어서의 측정 기간을 어떻게 잡는지에 따라 파급효과의 경제적 가치가 상이하게 나올 가능성이 크게 존재한다. 이러한 이유들로 기술이 어디에 존재하는지를 정의하고 이를 측정한다고 할지라도 이 기술의 사용으로 인한 경제적 가치를 추정하는 것 또한 당연한 어려운 문제이다.

이러한 어려움에도 불구하고 연구자, 정책입안자들은 기술파급이 가진 중요성으로 그 측정에 관심을 가질 수밖에 없다. 기술파급현상과 측정 사이에 괴리와 그 괴리가 생겨난 이유들을 밝히고 그 안에서 합리적인 방법들을 찾아가는 노력이 필요하다.

IV. 공공연구개발 사업의 기술파급 측정에 대한 제언

1. 공공연구개발과 기술파급의 관계

연구개발 활동은 특정 조직 및 국가의 경쟁력 향상 및 경제발전을 위한 중요한 활동으로 볼 수 있다(김소정등, 2011). 이러한 연구개발활동은 투자 주체에 따라 크게 민간과 공공으로 구별되어진다. 민간기업에서 행하여지는 연구개발활동과 비교하여 공공연구개발 사업은 다음과 같은 특징을 지닌다. 첫째, 공공채원에서 지원하는 연구개발 사업은 직접적인 이윤을 추구하는 것이 그 목적이 아니며(김태일과 장덕희, 2006) 국가 경쟁력 향상과 삶의 질 제고 등을 위한 사회적/ 공익적 목적을 이루기 위하여 수행되는데 이러한 사업들은 시장실패나 혹은 연구개발 목표의 차이로 인하여 민간에서 주도적으로 투자하기 어려운 기초연구 혹은 미개발 연구 분야 등에 주로 지원되고 있다. 이러한 정부의 연구개발활동은 결과적으로 새로운 기술의 개발로 연결될 확률이 높으며 정부발주의 연구개발수요를 통하여 다른 주체들의 연구개발활동을 촉진시키는 역할을 한다(Cohen et al., 2002). 기존의 선행 실증연구를 살펴보면 기초연구가 응용 및 개발연구보다 파급효과가 큰 것으로 나타나고 있다(이원기와 김봉기, 2003). 둘째, 공공연구개발 활동 및 민간에서 행하여지는 연구개발활동은 모두 새로운 기술 혹은 지식을 창출하는 것으로 새로운 지식 및 기술의 파급을 막을 수는 없다. 그러나 이러한 파급에 대한 방향이 서로

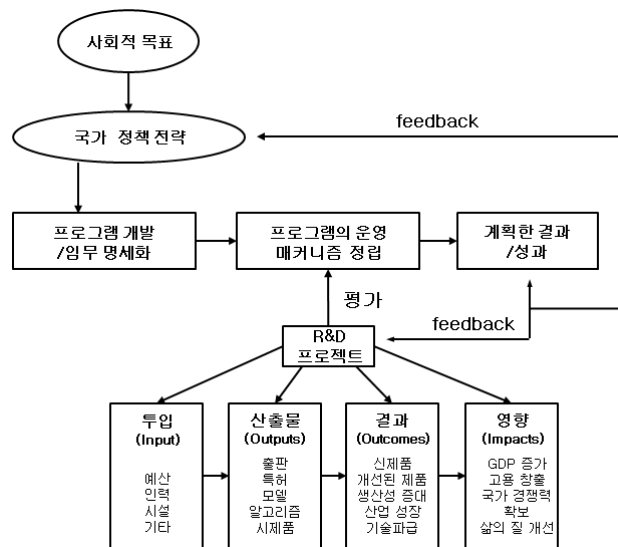
다르다. 공공연구개발의 경우 공적인 자금이 투입되어 이루어진 활동으로 결과물이 널리 파급되어 새로운 혁신 및 제품 개발에 응용되는 것이 투입된 비용 대비 효율성 및 효과성이 높은 것으로 볼 수 있으므로 기술 파급이 널리 일어나는 것을 바라는 반면 민간 연구개발활동의 경우 기술의 전유성이 낮아 기술 개발에 의한 이득이 개발한 주체에 돌아가지 않는 상황을 꺼려하는 경향이 나타난다. 실제로 공공부분에 투자된 R&D투자는 기초연구에 대한 투자비율이 높으며 민간에 의하여 수행된 R&D 보다 기술파급효과가 큰 것으로 나타나고 있다(Mamuneas, 1999). 공공연구개발활동에 있어서 기술파급은 투자에 대한 효과 및 효율성을 측정하는 중요한 성과지표이지만 민간연구개발활동에 있어서는 높은 기술파급은 연구개발활동을 기업이 주저하게 하는 원인이 될 수 있다. 이에 민간에서 행하기 어려운 일부 분야들(전유성이 낮지만 파급성이 높은)에 관한 정부의 지원이 필요하기도 하다.

<그림 4>는 국가에서 지원하는 공공연구개발 사업 계획 수립, 실행 및 평가 프로세스를 도식화한 것이다. 국가에서 운영하는 공공연구개발 사업은 궁극적으로 국가 경쟁력 향상과 국가 발전을 궁극적 목표로 한다. 이를 성취하기 위한 시대적/사회적 흐름을 반영하여 국가 정책전략이 마련되고 이를 기반으로 구체적인 연구개발사업들이 수립 및 고안된다. 이러한 연구개발 사업들이 실질적으로 수행/운영되는 과정에는 사전/중간/사후 평가를 진행하고 이러한 평가를 기반으로 연구개발사업을 개선하고 혹은 국가 공공연구개발 사업 정책 전략을 개선하는 등의 지속적인 피드백이 이루어지게 된다. 국가 연구개발 사업에 있어 평가는 국가 R&D 체계 및 내용의 개선에 도움이 될 뿐 아니라 제한된 규모의 예산의 효율적/효과적 사용을 돕고 국민들에게 예산 사용의 정당성 확보를 위한 중요한 요소이다. 이에 정부에서는 프로젝트의 목적 및 파급효과 등을 고려한 다양한 지표들이 평가를 위하여 사용되고 있다.

연구개발 사업의 성과에 관한 부분을 자세히 살펴보면 <그림 4>와 같이 연구결과(output), 효과/성과(outcomes), 영향력(impacts)의 세 가지로 구분된다. 연구결과는 프로젝트 수행을 위한 직접적인 목적을 일컫는 것으로 연구결과를 통하여 얻은 출판, 특허, 모델, 시제품, 알고리즘등을 의미한다. 이는 기초연구(basic research)를 통하여 주로 산출되는 결과물로 볼 수 있다. 성과는 기초연구를 통하여 개발된 기술 및 지식을 응용하여 신제품 및 개선 제품의 출시, 공정 개선 등을 통한 기업/산업의 성장 등을 포함하고 있으며 기술 및 지식의 파급을 통하여 더욱 증가할 수 있다. 이는 주로 응용연구(applied research)와 관련이 깊다고 볼 수 있다. 마지막으로 거시적인 영향력을 들 수 있는데 연구개발을 통하여 창출된 연구결과 및 성과들의 활용이 장기적 관점 그리고 사회적 맥락

으로 확장된다면 기술의 파급 및 축적을 통하여 GDP의 증가, 고용률 증가, 경쟁력 증가, 국가의 혁신역량 증가 등의 거시적 차원의 긍정적 효과를 의미한다.

연구개발은 그 목적에 따라 크게 기초연구, 응용연구, 개발연구 등으로 나뉘는데(유선 회등, 2004) 이러한 연구사업의 분류에 따라 특정 성과평가 지표가 다른 지표에 비하여 더욱 중요하게 나타날 수 있다. 예를 들어 기초연구의 경우 “자연현상에 대한 새로운 이론과 지식을 정립하기 위하여 행하여지는 것”¹⁵⁾으로 그 결과물을 통하여 직접적으로 부가가치를 산출하기는 어렵고 이러한 과학지식이 파급되어 다른 응용연구 및 개발연구등에 사용되어 그 가치를 창출할 수 있는 반면 응용 및 개발 연구는 이들 연구의 목적이 새로운 제품 및 공정의 개발과 관련이 있어 기술파급뿐 아니라 실질적인 부가가치를 창출하는데 기여할 수 있다. 이에 기초연구는 응용연구에 비하여 특정 연구개발의 결과가 직접적으로 상업적 가치를 창출하기는 어렵지만 파급효과는 응용연구에 비하여 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 기초연구를 통한 결과물들이 산업의 여러 분야로 확산되어 새로운 혁신을 야기할 확률이 높음을 알 수 있다. 제시한 <그림 4>는 연구개발사업의 일반적인 절차 및 성과지표를 도식화한 것으로 연구형태에 따라 그 결과물 및 파급효과등이 상이하게 나타날 것이다



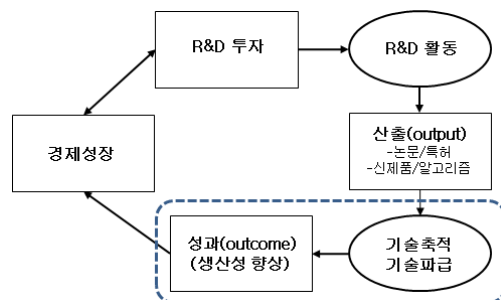
<그림 4> 공공연구개발 사업의 평가 및 개선 프로세스¹⁶⁾

15) 기초과학연구진흥법(89년 제정)

16) Ruegg, R. and I. Feller (2003). *A Toolkit for Evaluating Public R & D Investment: Models, Methods, and Findings from ATP's First Decade.*, US Department of

공공의 재원으로 수행된 연구개발 사업의 결과가 더 높은 사회적 이익(social return)을 창출하기 위해서는 개발된 기술 및 지식의 파급이 잘 일어나야 한다는 것이다. 즉, 공공연구개발사업이 사회적 목표(경제성장)와 연결되는 핵심은 개발사업 결과 창출된 지식 및 기술의 파급이라는 것이다. 이에 공공 부분의 R&D투자 효율성 평가에 있어 투자를 통해 개발한 기술로 얻은 직접적인 매출액과 더불어 이 기술이 존재함으로써 발생한 타 산업 및 기업들이 얻는 간접적인 기술적/경제적 효과를 같이 측정하고 있다(유선희등, 2004).

<그림 5>는 R&D 투자가 국가 경제 성장에 영향을 미치는 메커니즘을 보여주는 표이다. 그림을 살펴보면 R&D 투자는 R&D 활동을 통하여 직접적인 결과물인 새로운 제품 및 기술(지식)등을 만들고 이러한 산출물들은 산업간 혹은 조직간의 상호연관관계를 통하여 사회전반으로 파급되어 새로운 제품 및 지식등을 산출하는 연쇄적 반응을 야기한다. 이러한 연쇄적 파급은 한 산업 혹은 국가 전반적인 산업의 생산성 증대등의 효과를 가져올 수 있다. 생산성의 증대는 궁극적으로 GDP 증가와 같은 국가 경제 성장에 영향을 준다. 정부의 입장에서는 국가의 경쟁력 제고와 국민들의 삶의 질 향상등의 목적을 위하여 국가에서 투자하여 개발된 기술들이 가능하면 더 많이 파급되어 더 많은 가치를 창출하는 것이 투자에 대한 효율성 및 효과성을 높이는 일이다. 이에 기술파급 현상은 정부에 있어 중요한 관심사이다. 이에 프로젝트 혹은 정책연구원 보고서등을 통하여 파급을 측정하려는 연구들이 이루어져 왔으나(e.g., 유선희등, 2004; 조현대등, 2000) 여전히 파급에 대한 개념과 방법론 정립이 미흡한 편이다.



<그림 5> 정부의 R&D투자와 기술파급 그리고 경제성장과의 관계17)

Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology.에서 사용한 그림을 발췌 수정함

17) 김영훈과 김선근. (2011). 우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석: OECD 국가와의 비교를 중심으로. 기술혁신연구, 19(1), 1-27.에서 사용된 모형을 일부 수정하여 사용함

2. 공공연구개발 파급효과 측정을 위한 고려점

공공재원을 기반으로 수행되는 연구개발사업은 시장실패가 존재하거나 혹은 장기적으로 중요한 산업 그리고 기초연구 분야에 투자하는 경향이 있는데 이러한 연구들의 성과평가에 있어서는 기술파급이 주요한 요소로 작용을 한다. 우리나라의 경우 기술파급의 중요성은 인지하고 있지만 이를 평가하고 측정하기 위한 방법론 그리고 기술파급 현상에 대한 체계적 이론이 정립이 아직 미비한 상황이다(유선희등, 2004). 이러한 맥락 하에 우리는 공공연구개발사업의 기술파급현상을 이해하고 어떻게 합리적/객관적으로 이를 평가할 수 있는지를 탐색해보고자 기술파급이 무엇이고 어떻게 일어나고 있는 지 그리고 이를 측정하기 위한 방법론을 살펴보았다. 본 파트에서는 기존에 살펴본 기술파급효과현상에 대한 이해와 방법론을 기반으로 공공연구개발 사업의 기술파급을 측정할 때 고려해야 할 요인들에 관하여 논의해 보고자 한다.

첫 번째, 기술파급은 지식파급, 시장파급의 두 가지 형태가 존재하는데 파급효과를 측정한다고 할 때 어떤 파급효과를 측정할 것이냐의 문제이다. 기술파급은 크게 체화된 파급(rent spillover)과 지식파급(knowledge spillover)으로 구분될 수 있는데¹⁸⁾ 체화된 파급의 경우 시장 메커니즘을 통하여 기술이 파급되는 것을 의미하며 지식파급은 시장의 작용이 없이 이루어지는 파급을 일컫는다. 이론적으로 파급효과를 측정한다는 것은 이 두 가지 파급을 모두 측정한다는 것인데 현실적으로 둘 사이의 관계가 독립적이지 않게 나타나고 있다(Hall et al., 2009; 이희경과 김정우, 1995). 그럼에도 불구하고 이 부분을 무시하고 두 파급효과를 각자 추정하여 합산한다면 기술파급효과를 과대 추정하는 결과를 낼 수도 있고 한 부분만 추정한다면 중요한 파급효과를 놓치는 우를 범할 수도 있다. 이에 이 둘을 어떻게 보완적으로 측정하여 조금 더 실체에 가까운 기술파급효과를 측정할 수 있는지 고려해 봐야 한다. 향후, 공공연구개발 사업의 파급 측정 시 측정이 어떤 형태의 파급을 측정하고 있는 것인지 혹은 어떤 파급을 측정하는 것이 맥락에 적합한지를 고려해보는 것이 필요할 것이다.

둘째, 어떠한 파급경로가 주요 파급경로인가의 문제이다. 파급효과 측정 시 다양한 파급경로를 고려해야 하는데 공공연구개발 사업에 있어 기술파급이 일어나는 주요한 경로가 무엇인지를 식별하는 작업이 필요하다. 일반 기업의 경우 중간재 혹은 자본재 이동을 통한 파급이 큰 부분을 차지할 수 있지만 공공연구개발 사업의 경우 체화된 파급의 형태

18) 네트워크 파급도 포함될 수 있음

보다는 학술활동 및 협력연구등을 통한 파급이 더 큰 부분을 차지할 수 있다. 이에 공공 연구개발 사업의 맥락 하에 주요 파급경로를 식별하는 작업이 선행되어야 할 것이다. 조현대등(2009)이 우리나라 공공연구소의 지식이 산업으로 파급되는 유형을 분류하여 제시하는 연구를 행하였고 이 연구에 의거하면 공공연구는 학술활동 및 공동연구등을 통한 파급이 활발히 일어난다고 제시하였다. 이러한 연구에서 더 나아가 각 파급경로의 중요성을 파악하여 주요 파급경로를 식별하고 이러한 경로를 통한 파급을 측정할 수 있는 방식을 고려해 볼 수 있다.

셋째, 공공연구의 기술파급을 측정할 때 고려해야 하는 문제는 측정 대상을 무엇으로 할 것인가이다. 앞서 본 연구에서 제시하였듯이 기술파급을 측정하기 위하여 연구개발비 투자, 상품, 인력, 특허 등이 널리 사용되고 있다. 이러한 요소들은 기술이라는 무형적 요인을 가시적으로 측정할 수 있는 대리변수로 볼 수 있고 각 변수를 통한 기술파급의 포착 방법과 활용이 다르게 나타나고 있다. 연구개발비는 연구개발비 투자의 생산성 분석에 주로 사용되고 상품은 산업연관표의 작성의 기반이 되는 요소이며 특허는 특허 인용 및 특허 사용 정보를 사용하여 기술흐름을 파악하는 요소로 볼 수 있으며 인력은 각 산업의 동일전공 분포 현황 및 인력의 이동을 파악하여 기술파급흐름을 파악할 수 있다. 현재 공공연구의 기술파급 측정 시 이러한 요인들 가운데 어떠한 측정 대상을 가지고 어떻게 기술파급을 측정할 것인가를 고려해야 한다.

넷째, 현상을 측정하고자 하는 것인지 혹은 현상에 의하여 야기된 경제적 가치를 측정하고자 하는 것인지를 구분해야 한다. 일반적으로 파급효과를 측정한다는 것은 그것이 가지는 경제적 가치를 측정한다는 의미와 같이 같다. 이에 사례분석의 경우 비용편익 분석을 통한 편익의 추정 혹은 연구개발비 투자를 통한 생산성의 증대등을 측정하고 있는데 기술파급과 기술파급으로 인한 경제성의 측정은 엄밀히 이야기하면 분리된 것이지만 실제 정책평가 및 입안자가 평가하고자 하는 것은 기술파급 그 자체보다는 그것으로 인한 사회적 경제적 이익이라고 볼 수 있다. 그러나 기술의 파급을 포착하는 것과 이를 통한 경제적 이익을 추정하는 것을 매우 다른 일이다. 기술파급을 측정하는 문헌들을 찾아보면 실제로 기술흐름을 조사하는 연구(김문수, 1998; 유선회외, 2007)들과 기술파급이 야기한 경제적 가치를 측정하는 문헌들(서환주등 2008; 이희정과 김정우, 1996)로 구분되어지고 있음을 알 수 있다. 공공연구개발 사업의 기술파급을 측정하며 어떤 요인에 관심을 두어 기술파급을 측정할 것인가도 고려해봐야 한다.

다섯째, 측정기간 설정의 문제이다. 파급효과는 기술이 개발되고 나서 시간의 흐름에 따라 파급이 일어나게 된다. 이에 파급을 측정하고자 할 때 기간을 정하는 것은 파급효

과 측정에 있어 중요한 이슈이다. 앞서 제시한 문헌들을 살펴보면 표본들의 기술과급 측정 기간이 다양하게 나타나고 있다. 예를 들어 이희경과 김정우는 1983년부터 1989년까지의 데이터를 사용하여 패널 분석을 실시하고 있다. 또한, 공공연구개발의 효과를 추정하는 일부의 논문들에서(Lichtenberg and Siegel, 1991; Bassanini and Scarpetta, 2001) 그 효과가 긍정적으로 유의한 결과가 나오지 않았는데 그 이유 중에 하나로 투자하는 시점과 성과가 나타나는 시간차를 고려하지 않아서 이런 결과가 나왔다는 비판도 제기되었다(송치웅등, 2011). 본 연구에서도 실증분석한 연구들의 측정기간을 살펴보면 연구마다 매우 상이함을 알 수 있다. 동일한 연구개발사업들에 대하여 상이한 기간을 측정 기간으로 삼는다면 상이한 결과가 나올 것이다. 이에 연구개발사업의 특성이나 유형에 의거하여 사업별 과급효과가 일어나는 기간을 유형화하는 작업도 필요할 것이다. 특히 기초연구사업의 경우 성과가 확산되어 응용되는 데 응용/개발 연구에 비하여 상대적으로 오랜 시간이 걸릴 가능성이 크다. 그렇지 않으면 연구개발의 효과를 과소측정하게 되어 중요할 수 있는 연구개발사업의 투자 규모 위축을 가져올 수 있다.

여섯째, 측정 단위의 문제이다. 과급효과를 측정하고자 할 때 단일 프로젝트, 산업단위 혹은 전체 모든 사업등 여러 단계의 측정 수준(level)을 고려해 볼 수 있다. 특정 사업의 타당성을 평가하고자 할 때는 프로젝트의 단위가 적합할 것이고 특정 기간에 걸친 특정 기관 및 산업의 총연구개발투자의 효과를 알아보하고자 할 때는 전체 금액 혹은 전체 산업에 걸쳐 수행된 연구개발활동의 과급효과를 측정해야 할 것이다. 이에 공공연구개발사업의 기술과급효과는 측정 단위가 무엇인지를 구분하고 이에 알맞은 분석데이터가 요구될 것이다. 본 논문에서 언급한 생산/비용함수를 사용한 추정은 프로젝트 수준의 미시적 단위보다는 최소 기업단위 이상의 단위에서 사후에 측정하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 또한 산업 내 과급을 측정하고자 하는 것인지 산업 간을 측정하고자 하는 것인지 목적을 정하고 이에 적합한 분석을 실시하는 것이 필요하다. 현재까지 사용된 총요소생산성을 사용한 과급분석 방법은 주로 산업간 기술과급을 측정하기 위하여 사용되었다. 이때 공공연구개발사업은 단일 프로젝트 단위가 아닌 산업내에 투자된 총 연구개발비와 이 산업에 투여된 타산업에서의 행하여진 사업들의 연구개발비의 합을 기반으로 분석이 이루어진다. 단일프로젝트인 경우는 본 논문에서 제시한 방법보다는 사례분석 방법이 더 적합한데 이러한 사례분석의 경우 각각 과급경로와 이로 인한 수익을 비교적 상세하게 파악할 수 있는 장점이 존재한다(박상범, 2011). 그러나 이러한 사례들은 대부분 성공한 기술을 조사하는 것으로 모든 기술에 대하여 일반화하는데 문제가 있을 수 있다.

일곱 번째, 측정시기에 관한 문제이다. 국가에서 지원하는 R&D 사업의 평가가 기존의

사후(ex-post)평가에서 사전(ex-ante)평가를 통한 사전 타당성을 검토하려는 움직임이 많이 나타나고 있다(유선회외, 2004). 본 연구에서 제시한 방법들은 모두 사후적으로 기술과급을 측정할 수 있는 방법론이다. 현재 사전 평가에 주로 이용되는 비용편익 혹은 비용효과 방법은 과급경로 및 경제적 효과를 예측하기는 상당히 어렵다. 이에 사전 타당성 검토를 위해서는 이미 이루어진 많은 연구들에 대한 과급경로를 조사하고 이를 유형화하고 이에 따른 일반화 과정을 통한 체계적 요인을 뽑는다면 사전적으로 부분적이거나 예측이 가능할 것으로 보인다. 최근 미국등에서는 기존의 사전 평가의 경우 전문가의 견 활용과 더불어 데이터 마이닝 및 계량서지학 방법등을 통한 사전적 예측을 같이 사용하는 움직임이 나타나고 있다(유선회외, 2004). 우리도 과거에 이루어진 사업들의 평가 데이터를 기반으로 하여 예측을 한 후 이를 참고로 전문가의 의견을 반영하는 방식을 생각해 볼 수 있다.

마지막으로는 공공연구개발 사업의 특성에 대한 고려가 필요하다는 것이다. 연구는 크게 기초연구와 응용/개발연구로 구분되는데 기초연구와 응용/개발 연구는 그 목적이 다르고 결과물이 상이하다. 또한 주요한 과급경로의 차이가 존재할 수도 있다. 기초연구는 직접 상품을 개발하는 것이 아니고 그 가치와 효용은 과급성에 존재한다. 이에 과급 효과를 측정하지 않는다면 기초연구의 가치를 낮게 평가하게 될 것이나 사실상 경제 및 사회에 미치는 영향력은 훨씬 크다고 볼 수 있다. 응용/개발연구는 직접 제품개발에 사용하므로 연구개발의 결과가 짧은 시간 내에 상업적으로 이용되어 신제품등이 출시되고 이에 직접적 경제적 효과가 존재한다. 그러나 이러한 연구들의 결과물은 과급성은 기초 연구에 비하여 떨어질 수 있다. 또한 기초연구와 응용연구의 결과로 개발된 기술은 동일한 수명을 가진 것은 아니고 각기 다른 기술수명주기를 가질 수 있다. 기술이 가지는 수명주기는 기술과급의 경제적 성과와 밀접한 관련을 가질 수 있는데 이에 정확한 기술과급을 측정하기 위해서는 동일한 기간을 측정으로 사용하기 보다는 연구개발사업의 특성 및 개발된 결과물들의 특성을 고려하여 적절한 측정 기간을 설정하고 및 또한 연구에 따른 주요 과급경로를 고려/반영하여 효과를 추정해야 할 것이다.

3. 본 연구의 한계점

공공연구개발에 있어 기술과급효과의 측정은 중요한 문제이고 이를 파악하기 위한 요구들이 지속적으로 나타나고 있다. 그러나 그 필요성과 실제 측정에 있어 괴리가 존재하

고 있기 때문에 이에 정책입안자들은 기술과급측정의 한계점을 인지하는 것이 매우 중요하다. 이를 알지 못하면 제한적인 방법을 통하여 산출된 결과로의 확대하여 받아들이는 우를 범할 수 있기 때문이다. 본 연구는 기술과급현상 및 과급 매커니즘을 구체적으로 이해하고 이를 기반으로 실제 기술과급효과를 측정해야하는 공공연구개발 맥락에서의 더 나은 방식의 측정을 위한 고려점들을 제시하였다. 이는 기술과급이라는 현상을 체계적으로 접근하였다는 의의가 있지만 여전히 여러 한계점이 존재한다.

첫 번째, 본 연구에서는 모든 기술과급측정 방법론을 다루지는 못하였다. 주로 경제학에서 다루는 생산함수를 통한 추정 방법론에 중점을 두었고 사례연구나 네트워크 분석과 같은 다른 형태의 과급 방법론을 자세히 다루지는 않았다. 향후 이러한 부분을 같이 고려하여 살펴보는 것도 필요할 것이다. 사례연구방법의 경우 비용과 편익을 추정하는 것인데 체계적인 접근보다는 각 프로젝트 특수한 경우로 이러한 사례들을 기반으로 일반화하기는 어렵지만 현실에서 프로젝트 단위의 기술과급효과를 측정하기 위하여 가장 보편적으로 사용되는 방법은 사례연구로 볼 수 있고 사례연구를 기반으로 측정 방법을 일반화하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

둘째, 실제 데이터를 가지고 공공연구개발 사업의 기술과급을 측정하는 것을 보여주지는 못하였다. 향후 여러 기준들을 기반으로 하여 실제 데이터를 여러 방법으로 분석하여 각 분석 방법의 결과를 비교하여 시사점을 찾는 것도 현재의 기술과급측정 방법론의 문제점과 개선점을 이해하는데 필요한 일로 사료된다. 측정을 위해서 많은 노력과 비용을 투자하는 것은 그리고 모든 과급 현상을 온전하게 측정하고자 하는 것도 현실적으로 맞지 않는다. 여러 방법들을 적용하고 개선해 가며 간단하지만 신뢰성 있는 측정방법을 개발하려는 노력이 필요할 것으로 보인다.

셋째, 거시적으로 그리고 장기적으로는 총요소생산성 분석방법을 쓰는 것이 가장 보편적으로 받아들여지고 있지만 현실에서는 프로젝트 단위의 평가가 이루어지기 때문에 프로젝트 단위의 기술과급을 측정하기 위한 체계적인 접근을 고찰하는 것도 의미있는 일일 것이다.

우리나라에서는 체계적인 기술과급 측정을 위한 방법이 정립되지 않은 상태이고 과급 효과에 대한 정확한 이해와 개념의 공유도 부족한 상태이다. 이에 본 논문에서 우선 과급현상을 어떻게 봐야하는가에 대한 고찰을 시도했고 이를 기반으로 기존의 선행연구들에서 어떠한 방식으로 과급을 측정하고 있는지를 살펴보았다. 본 논문의 주된 목적은 이러한 기술과급에 대한 기본개념을 주로 전달하는데 중점을 두었고 이러한 틀을 중심으로 향후 수단별, 경로별, 타입별등 다양한 형태의 심화 연구가 필요할 것으로 보인다. 이

러한 연구들을 통하여 더욱 현실적이고 구체화된 기술과급측정 방법론이 제시될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 김문수·오형식·박용태 (1998), “한국 제조업의 산업간 체화지식흐름구조의 특성과 기술변화”, 『대한산업공학회 춘계학술발표논문집』, pp. 1-11.
- 김봉균 (2007), 『기술과급효과에 대한 정량화 측정 방법론 연구 : 항공우주산업을 중심으로』, 한국산업기술재단 기술정책연구센터.
- 김소정·김아연·윤병운 (2011), “연구개발 프로세스 평가 체계 및 시스템 개발: IT 산업을 중심으로”, *Entrue Journal of Information Technology*, Vol. 10, No. 2, pp. 59-70.
- 김영훈·김선근 (2011), “우리나라의 R&D 생산성 및 효율성 분석: OECD 국가와의 비교를 중심으로”, 『기술혁신연구』, 제19권 제1호, pp. 1-27.
- 김태유·이정동·이종수 (2002), 『대형연구개발사업의 기술적·경제적 타당성 분석방법』, 과학기술정책연구원.
- 김태일·장덕희 (2006), “우리나라와 다른 OECD 국가의 연구개발 투자규모 비교”, 『정책분석평가학회보』, 제16권 제3호, pp. 61-86.
- 박상범 (2011), “항공우주산업의 기술개발 과급효과의 특성 및 활용방안에 대한 고찰”, 『항공진흥』, 제56권 제1호, pp. 157-172.
- 서환주·이영수·김정언 (2008), “ICT 산업의 연구개발투자 과급효과분석”, 『e-비즈니스연구』, 제9권 4호, pp. 395-405.
- 송치용·이정원·오완근 (2011), “정부연구개발 투자가 총요소생산성에 미치는 영향: 민간부문 지원사업을 대상으로”, 『생산성논집』, 제25권 제2호, pp. 237-257.
- 유선희 외 (2004), 『R&D 성과의 과급효과 측정에 관한 연구』, 한국과학기술정보연구원.
- 유선희·이용호·원동규 (2007), “특허정보분석을 이용한 기술과급효과 측정에 관한 연구”, 『기술혁신학회지』, 제10권 제2호, pp. 687-705.
- 이원기·김봉기 (2003), “연구개발투자의 생산성 과급효과 분석”, 한국은행 조사통계월보, 5월호.
- 이정원 (2000), 『R&D 평가시스템의 이론적체계 구축 및 적용방안에 관한연구』, 과학기술정책연구원.
- 이준·김재수·국윤규 (2010), “국가 R&D 성과평가 및 예산 연계를 위한 프로세스 개선방안에 관한 연구”, 『기술혁신학회지』, 제13권 1호, pp. 44-67.
- 이희경·김정우 (1996), “연구개발투자의 산업간 과급효과: 한국제조업에 대한 실증연구”, 『기술혁신연구』, 제4권 제1호, pp. 129-146.
- 정근오·임응순·송재국 (2013), “국가 R&D 투자의 경제효과 분석: 보건의료산업을 중심으로”, 『기술혁신연구』, 제21권 제1호, pp. 59-83.

- 조운애 (2004), “기업의 연구개발 파급효과 분석”, 『응용경제』, 제6권 제1호, pp. 209-232.
- 조현대 · 민철구 · 이재억 · 황용수 · 성태경 · 이대희 · 강영주 (2000), 『공공연구의 산업기술혁신 파급경로 · 효과 분석 및 정책제언』, 과학기술정책연구원.
- 홍장표 (2010), “산업의 기술체제 특성이 지식전파와 기술혁신에 미치는 영향”, 『기술혁신연구』, 제18권 제2호, pp. 147-174.

(2) 국외문헌

- Aldieri L. and M. Cincera (2009), “Geographic and Technological R&D Spillovers Within the Triad: Micro Evidence From US Patents”, *Journal of Technology Transfer*, Vol. 34, No. 2, pp. 196-211.
- Almeida P. and B. Kogut (1999), “Localization of Knowledge and the Mobility of Engineers in Regional Networks”, *Management Science*, Vol. 45, No. 7, pp. 905-917.
- Bassanini, A. and S. Scarpetta (2001), “The Driving Forces of Economic Growth: Panel Data Evidence for the OECD Countries,” *OECD Economic Studies*, Vol. 33, No. 2, pp. 9-56.
- Bernstein, J. I. (1988), “Costs of Production, Intra- and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence”, *Canadian Journal of Economics*, Vol. 21, pp. 324-347.
- Bernstein, J. I. and M. I. Nadiri (1989), “Research and Development and Intra-Industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality”, *Review of Economic Studies*, Vol. 56, pp. 249-269.
- Bernstein, J. I. (1989), “The Structure of Canadian Inter-industry R&D Spillovers, and the Rates of Return to R&D”, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 21, pp. 315-328.
- Bernstein, J. I. and X. Yan (1997), “International R&D Spillovers Between Canadian and Japanese Industries”, *Canadian Journal of Economics*, Vol. 30, pp. 276-294.
- Bernstein, J. I. and P. Mohnen (1998), “International R&D Spillovers Between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors”, *Journal of International Economics*, Vol. 44, pp. 315-338.
- Bloom, N., M. Schankerman and J. Van Reenen (2013), “Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry”, *Econometrica*, Vol. 81, No. 4, pp. 1347-1393.
- Cerulli G. and B. Poti` (2009), “Measuring Intersectoral Knowledge Spillovers: An Application Of Sensitivity Analysis To Italy,” *Economic Systems Research*, Vol. 21, No. 4, pp. 409-436.
- Cincera, M, and B. van Pottelsberghe De La Potterie (2001), “International R&D Spillovers: A survey.” *Cahiers Economiques de Bruxelles*, Vol. 169, No.1, pp. 3-32.
- Cohen, W. M., A. Goto, A. Nagata, R. Nelson and J. P. Walsh (2002), “R&D Spillovers, Patents

- and The Incentives to Innovate in Japan and the United States". *Research policy*, Vol. 31, No. 8, pp.1349-1367.
- Corderi, D. and C. Lin, (2011), "Measuring the Social Rate of Return to R&D in Coal, Petroleum and Nuclear Manufacturing: A Study of the OECD Countries." *Energy Policy*, Vol. 39, No. 5, pp. 2780-2785.
- Cozzens, S., S. Popper, J. Bonomo, K. Koizumi and A. Flanagan (1994), *Methods for Evaluating Fundamental Science*. RANDrCTI DRU-875r2-CTI, Washington, DC.
- Eberhardt, M., C. Helmers, and H. Strauss (2013), "Do Spillovers Matter When Estimating Private Returns to R&D?", *Review of Economics and Statistics*, Vol.95, No.2, pp. 436-448.
- Evenson R. E. and J. Putman (1994), *Inter-Sectoral Technology Flows: Estimates From a Patent Concordance with an Application to Italy*, mimeo, Yale University.
- Goto, A. and K. Suzuki (1989), "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, pp. 555-564.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics* Vol. 10, No. 1, pp. 92-116.
- Griliches, Z. and F. Lichtenberg (1984), "R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?", in *R&D, Patents, and Productivity*, Zvi Griliches (ed.), University of Chicago Press, pp. 465-502.
- Griliches, Z. and F. R. Lichtenberg (1984), "Interindustry Technology Flows and Productivity Growth: a Reexamination", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, pp. 325-329.
- Griliches, Z. (1992), "The Search for R&D Spillovers", *NBER Working Paper Series*, No. w3768.
- Griliches, Z. and J. Mairesse (1995), "Production Functions: The Search for Identification", *NBER Working Paper Series*, No. w5067.
- Griliches, Z. (1998), "Introduction to R&D and Productivity: The Econometric Evidence", *In R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, University of Chicago Press.
- Hall, B. H., J. Mairesse and P. Mohnen (2009), "Measuring the Returns to R&D", *NBER Working Paper Series*, No. w15622.
- Jaffe, A. B. (1988), "Demand and supply influences in R&D intensity and productivity growth", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 70, No. 3, pp. 431-437.
- Jaffe, A. B., M. Trajtenberg and R. Henderson (1993), "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations". *The Quarterly journal of Economics*, Vol.

108, No. 3, pp. 577-598.

- Jaffe, A. B. (1998), "The importance of spillovers in the policy mission of the advanced technology program". *The Journal of Technology Transfer*, Vol. 23, No. 2, pp. 11-19.
- Le, T. (2010). "Are student flows a significant channel of R&D spillovers from the north to the south?". *Economics Letters*, Vol. 107, No.3, pp.315-317.
- Lichtenberg, F. R. and D. Siegel (1991), "The impact of R&D investment on productivity - new evidence using linked R&D - LRD data". *Economic Inquiry*, Vol. 29, No. 2, pp. 203-229.
- Los, B. and B. Verspagen (2000), "R&D Spillovers and Productivity: Evidence from U. S. Manufacturing Industries", *Empirical Economics*, Vol. 25, No. 1, pp. 127-148.
- Mamuneas, T. P. (1999), "Spillovers from Publicly Financed R&D Capital in High-tech Industries", *International journal of industrial organization*, Vol. 17, No. 2, pp. 215-239.
- Maurseth, P. B. and B. Verspagen (2002), "Knowledge Spillovers in Europe: A Patent Citations Analysis", *The Scandinavian journal of economics*, Vol. 104, No. 4, pp. 531-545.
- Medda, G., and C. A. Piga, (2014). "Technological Spillovers and Productivity in Italian Manufacturing Firms", *Journal of Productivity Analysis*, Vol.41, No.3, pp. 419-434.
- Møen, J. (2000), "Is Mobility of Technical Personnel a Source of R&D Spillovers?", *NBER Working Paper*, No. w7834.
- Mohnen, P. and N. Lépine (1991), "R&D, R&D Spillovers and Payments For Technology: Canadian Evidence", *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 2, No.1, pp. 213-228.
- Nadiri, M. I. (1993), "Innovations and Technological Spillovers", *NBER Working Paper*, No. w4423.
- Nakanishi, Y. (2002), "Empirical evidence of inter-industry R&D spillover in Japan", *Journal of Economic Research*, Vol. 7, No. 1, pp. 91-104.
- Nelson, A. J. (2009), "Measuring Knowledge Spillovers: What Patents, Licenses and Publications Reveal about Innovation Diffusion", *Research Policy*, Vol. 38, No. 6, pp. 994-1005.
- Odagiri, H. (1985), "Research Activity, Output Growth, and Productivity Increase in Japanese Manufacturing Industries", *Research Policy*, Vol. 14, No. 3, pp. 117-130.
- Odagiri, H. and S. Y. Kinukawa (1997), "Contributions and Channels of Interindustry R&D Spillovers: An Estimation for Japanese High-tech Industries". *Economic Systems Research*, Vol. 9, No. 1, pp. 127-142.
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research policy*, Vol. 13, No. 6, pp. 343-373.

- Poti B. and E. Cioffi (1997), "The Interindustrial Distribution of Knowledge: The Example of Italy", in proceedings of *the International Conference organised by OECD*, Cluster analysis and cluster based policies, Amsterdam, October 10-11.
- Ruegg, R. and I. Feller (2003), *A Toolkit for Evaluating Public R & D Investment: Models, Methods, and Findings from ATP's First Decade*, US Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology.
- Scherer, F. M. (1982), "Inter-industry Technology Flows and Productivity Growth", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, pp. 627-634.
- Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge.
- Sterlacchini, A. (1989), "R&D, Innovations and Total Factor Productivity Growth in British Manufacturing", *Applied Economics*, Vol. 21, pp. 1549-1562.
- Verspagen, B. (1997), "Estimating International Technology Spillovers Using Technology Flow Matrices", *Review of World Economics*, Vol. 133, No. 2, pp. 226-248.
- Vuori, S. (1997), "Interindustry Technology Flows and Productivity in Finnish Manufacturing", *Economic Systems Research*, Vol. 9, No. 1, pp. 67-80.
- Wolff, E. N. and M. I. Nadiri (1993), "Spillover Effects, Linkage Structure, and Research and Development", *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 4, No. 2, pp. 315-331.

□ 투고일: 2014. 05. 11 / 수정일: 2014.08. 05 / 게재확정일: 2014. 08. 19