
산업의 기술체제 특성이 지식전파와 기술혁신에 미치는 영향

홍장표*

<목 차>

- I. 머리말
- II. 산업의 기술체제와 지식전파
- III. 실증모형과 자료
- IV. 실증결과
- V. 맺음말

국문초록 : 본 연구에서는 산업의 혁신패턴이 기술체제에 좌우된다는 산업별 혁신체제론적 접근에 따라 산업의 기술체제 특성이 지식전파와 혁신성파에 미치는 영향을 분석하였다. 과학기술정책연구원의 『2008년 기술혁신활동조사: 제조업』DB 자료를 이용하여 기술체제에 따라 산업을 분류하고 계량모형을 이용해 지식외부성의 원천과 지식전파가 유발하는 기술혁신을 산업별로 분석하였는데, 주요결과는 다음과 같다.

첫째 특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 일반적·명목적 지식기반 산업과 달리 기업의 혁신성파가 입지특성으로부터 영향을 받는 것으로 나타났으며, 고기술-특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 연구개발자본이 풍부한 지역, 저기술-특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 동종산업의 집적도가 높은 지역에 입지한 기업일수록 제품혁신이 활발하였다. 둘째 제품혁신을 선도적 혁신과 추종적 혁신으로 구분하여 지식전파가 유발하는 혁신수준을 산업별로 알아보았는데, 저기술산업에서는 외부로부터 전파된 지식이 선도적 혁신과 추종적 혁신을 유발하고 고기술산업에서는 추종적 혁신만 유발하는 것으로 나타났다. 이와 같은 분석결과

* 부경대학교 경제학부 교수 (jphong@pknu.ac.kr)

로부터 지식외부성의 원천과 지식전파가 유발하는 기술혁신의 수준은 산업의 기술체제에 따라 다르며, 지역산업 클러스터정책은 산업의 기술체제 특성을 감안해 모색할 필요가 있다는 함의를 얻고 있다.

주제어 : 기술체제, 지식전파, 기술혁신, 지식기반, 산업별 혁신체제

Technological Regime, Knowledge Spillover and Innovation

Jang-Pyo Hong

Abstract : This paper aims to analysis sectoral innovation patterns of technological innovation and localized knowledge spillover in Korean manufacturing sector. Sectoral innovation system approach proposed that the specific pattern of innovative activity and knowledge spillover in an industry can be explained as the outcome of different technological regimes. Technological regime is defined by the particular combination of technological opportunities, appropriability of innovations, cumulateness of technical advances and properties of the knowledge base. Based on a sample of 2,882 firms in manufacturing sector, this paper provides empirical estimates of the relationships between firm's product innovation and localized knowledge spillover.

Results of the analysis provide considerable support to the hypothesis that firm's product innovation and localized knowledge spillover are related to the nature of the underlying technological regime. In the industry based on the tacit and specific knowledge, firm's product innovation is positively related to the localized knowledge spillover. This paper also shows that high stability in the ranking of innovators are related to high degrees of cumulateness and appropriability.

Key Words : Technological Regime, Knowledge Spillover, Technological Innovation, Knowledge Base, Sectoral Innovation System

I. 머리말

기업이 기술혁신을 통한 창출된 지식은 특허로 보호되지만 지식 보호는 완벽하지 않다. 혁신활동을 통해 창출된 지식은 다른 부문으로 전파되어 새로운 기술혁신에 활용된다. 이런 측면에서 지식은 사적 재화이면서 공공재적 성격을 갖는다. 기술혁신에 관한 연구에서는 지식은 어떻게 창출되고 어떤 경로를 통해 전파되는지가 주요한 관심사가 되고 있다.

기술혁신을 혁신투입과 산출의 선형적 관계로 파악하는 전통적 신고전파 경제학에서는 연구개발투자로부터 창출된 지식이 제품판매, 라이선스, 기술제휴와 같은 시장계약을 통해 다른 부문으로 마찰 없이 전파되는 것으로 가정한다. 하지만 모든 지식이 마찰이나 비용 없이 전달되는 것은 아니며, 공급자와 수요자 사이의 거리에 따라 전달비용이 증가한다. 지식공급자와 지식사용자가 기술적 공간적으로 가까울수록, 지식전달이 용이하고 지식전달비용은 감소한다(Dosi et al., 1988; Maurseth & Verspagen, 2002).

진화경제학적 접근에서는 혁신과정을 지식공급자와 사용자간 상호작용과정으로 파악하고 지식전달의 어려움과 이를 해결하기 위한 주체들 사이의 집합적 학습활동을 강조한다(Dosi et al., 1988). 혁신은 연구개발투자뿐 아니라 현장학습(learning-by-doing)을 통해 이루어지고, 고객의 요구를 충족시키는 과정에서 직면하는 문제들을 해결하기 위한 다양한 비공식적 학습활동을 통해 지식이 창출되고 전달된다.¹⁾ 경제지리학적 접근에서는 나아가 지식전파의 국지적 성격에 주목하고 지역내 혁신주체들의 집단적 학습을 강조한다. 그리고 산업의 공간적 집적과 혁신활동의 지리적 집중은 이와 같은 지식전파의 국지성(locality)과 집단적 학습과 같은 비시장적 상호작용의 산물로 이해한다(Camagni, 1995; Capello, 2002).

현대 산업이 과학기술의 진보에 점점 더 크게 의존하면서 혁신활동에서 연구개발의 중요성이 커지고 있지만 그렇다고 연구개발투자가 모든 산업에서 중요한 것은 아니다. 혁신 성과가 연구개발에 좌우되고 시장기구를 통해 지식이 전파되는 산업이 있는가 하면 현장 학습과 비시장적 상호작용을 통해 지식전파가 이루어지는 산업도 있다. 이처럼 혁신의 원천과 지식전파경로가 산업에 따라 다르다면, 지식전파에서 시장기구의 역할을 강조하는

1) 기술적 기반이 유사한 주체들이 공통의 문제를 해결하기 위한 비공식적 학습활동이 기술적 시너지를 낳고 이에 참가하는 주체들의 집합적 자산(collective asset)으로 활용된다(Dosi et al., 1988).

신고전파 경제학이나 비시장적 상호작용과 지식전파의 국지성에 주목하는 경제지리학적 접근은 일면적일 수 있다. 시장기구를 통해 지식이 전파되는가 아니면 비시장적 상호작용을 통해 전파되는지는 기술혁신의 산업적 특성을 고려할 때 제대로 파악될 수 있다.

산업별 혁신체제론(sectoral innovation system)에서는 혁신패턴이 기회성, 전유성, 누적성, 지식기반과 같은 산업의 기술체제(technological regime) 특성에 좌우된다고 보고 혁신패턴과 지식전파의 산업별 다양성을 분석하고 있다(Malerba & Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000; Malerba, 2005). 본 연구에서는 기술혁신패턴이 산업의 기술체제에 따라 다르다는 산업별 혁신체제론적 접근에 따라 산업의 기술체제 특성이 지식전파와 혁신성파에 미치는 영향을 분석한다. 이를 위해 과학기술정책연구원의 2008년 제조업 기술혁신활동조사 DB 자료를 이용하여 기술체제에 따라 산업을 분류하고 지식전파가 혁신성파에 미치는 영향의 산업별 특성을 분석한다. 2절에서는 기술체제와 지식전파에 관한 이론적 검토로부터 연구가설을 도출한다. 3절에서는 실증 분석을 위한 계량모형과 자료를 소개하고 4절에서는 실증분석을 통해 연구가설을 검정한다. 마지막으로 5절에서는 실증결과를 요약하고 함의를 도출한다.

II. 산업의 기술체제와 지식전파

1. 기술체제와 기술혁신

산업별 혁신체제론에 따르면, 산업의 혁신패턴은 기술체제에 좌우된다(Malerba & Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000; Malerba, 2005). 기술체제는 혁신활동이 이루어지는 기술적 환경을 말하며, 여기에는 기술적 기회성, 혁신의 전유성, 누적성과 지식기반이 포함된다. 기술적 기회성이란 혁신활동에 대한 주어진 투자량에 대한 혁신의 성공 가능성을 말한다. 혁신의 전유성은 혁신을 모방으로부터 보호하고 혁신활동으로부터 이윤을 획득할 가능성을 지칭한다. 혁신의 누적성은 새로운 지식의 창출이 기존에 보유한 지식에 어느 정도 기반을 두고 있는가를 나타낸다. 기회성, 전유성, 누적성은 산업에 따라 다르며 이로 인해 산업의 혁신투자와 혁신률도 다르다. 또 혁신여건에 따라 산업의 혁신동학과 시장구조가 다르다. 낮은 전유성과 낮은 누적성을 띠는 산업에서는 혁신의 진입장벽이 낮고 혁신기업의 위계가 불안정하다. 이 경우 혁신의 집중성이 낮고 시장진입이 자

유로운 경쟁적인 시장구조가 형성된다. 이에 비해 높은 전유성과 높은 누적성을 띠는 산업에서는 혁신의 진입장벽이 높고 혁신기업의 위계가 안정적이어서 혁신의 집중성이 높고 시장진입이 어려운 과점적 시장구조가 형성된다는 것이다(Malerba & Orsenigo, 1996; Breschi & Malerba, 1997). 이와 같은 주장은 실증연구에서도 뒷받침되고 있는데, Malerba & Orsenigo(1996)는 6개 선진국 특허자료를 이용한 실증분석에서 기술체제 특성에 따라 산업의 혁신패턴이 다르다는 것을 보였고, Breschi et al.,(2000)은 유럽과 미국의 특허자료를 이용한 실증분석에서 혁신의 전유성과 누적성이 높은 산업에서 혁신의 집중성이 강하고 혁신기업의 위계가 안정적임을 밝혔다.

기회성, 전유성, 누적성이 기술혁신활동이 이루어지는 여건을 나타낸다면, 지식기반은 혁신에 사용되는 지식의 특성을 말한다. 지식기반은 과학적 지식과 응용원리처럼 폭넓게 적용될 수 있는 일반적 지식(generic knowledge)과 특정 생산자나 사용자의 경험에 의존하는 특수적 지식(specific knowledge), 그리고 매뉴얼이나 논문에 수록된 명목적 지식(articulated knowledge)과 실행을 통해 학습되는 암묵적 지식(tacit knowledge)으로 구분된다(Dosi et al., 1988). 혁신활동에 필요한 지식의 특수성과 암묵성의 정도는 산업에 따라 다른데, 의약이나 컴퓨터 산업이 일반적·명목적 지식에 크게 의존한다면 기계산업은 특수적·암묵적 지식에 크게 의존한다(Breschi & Malerba, 1997). 지식기반 특성은 지식 전파의 국지성과 혁신의 지리적 집중성에 영향을 미친다. 암묵적이거나 특수적 지식에 대한 의존도가 높은 산업에서는 지식이 국지적으로 전파되고, 인접기업들의 지식을 활용하기 위해 지리적 집적과 혁신활동의 공간적 집중이 나타난다(Breschi & Malerba, 1997; Koo, 2005). 유럽지역과 미국을 대상으로 한 실증연구에서는 지식전달이 상대적으로 좁은 지리적 범위에서 이루어진다고 보고하고 있다(Jaffe et al., 1993; Baptista & Swann, 1998; Capello, 2002; Lim, 2004).

한국 제조업을 대상으로 혁신패턴의 산업별 차이를 분석한 실증연구로 성태경(2005)은 고기술산업과 저기술산업에서 혁신활동의 결정요인이 다르다는 것을 보였으며, 김두호 외(2008)와 홍장표 외(2009)는 Pavitt(1984)의 산업분류법을 한국 제조업에 적용하여 공급자 지배산업, 생산집약적 산업, 과학기반산업 사이에 혁신정보의 원천과 외부기관과의 기술협력이 다르다는 것을 보였다. 이와 같은 국내외 실증연구들은 기술체제가 산업별로 다르다는 것을 밝혔지만, 기술체제 특성이 지식전파에 어떤 영향을 미치는지는 다루지 않았다.

본 연구에서는 산업의 기술체제 특성이 지식전파와 기술혁신에 미치는 영향을 분석한다. 이를 위해 기술체제의 특성에 따라 산업을 분류하고 지식전파의 공간적 범위와 지식

외부성의 원천, 지식전파가 유발하는 혁신수준의 산업적 특성을 검토한다. 산업분류기준을 마련하기 위한 작업가설과 본 연구의 주요 연구가설은 다음과 같다.

2. 가설의 설정

2.1 산업분류를 위한 작업가설

기술체제의 특성에 따라 산업을 분류하기 위해 기회성, 전유성, 누적성, 지식기반이라는 기술체제의 네 가지 요소들을 연구 목적에 적합하도록 공통적인 요소들끼리 묶어 산업분류기준을 마련할 필요가 있다. 기술체제의 구성요소들은 다음과 같이 혁신성과에 영향을 미치는 요소와 지식전파에 영향을 미치는 요소로 구분할 수 있다.

먼저 기술혁신의 여건을 나타내는 기회성, 전유성, 누적성은 산업내 기업의 혁신성과와 혁신수준에 영향을 미치는 요소들이다. 높은 기술적 기회성과 높은 혁신의 전유성은 혁신활동에 강한 인센티브를 부여한다. 기술적 기회성과 혁신의 전유성이 높을수록 혁신투자가 활발하고, 기회성과 전유성이 낮을수록 혁신투자가 저조하다. 누적성은 혁신의 연속성과 수확체증적 성격을 말하며 누적성이 높을수록 혁신기업이 재혁신에 성공할 확률이 높다(Breschi et al, 2000). 기술적 기회성, 전유성이 높을수록, 혁신의 누적성이 강할수록, 혁신활동과 지식창출이 활발하다. 산업의 혁신률은 이와 같은 혁신여건에 따라 다르며, 기회성, 전유성, 누적성이 높은 산업이 기회성, 전유성, 누적성이 낮은 산업보다 혁신이 활발하다.

다음으로 산업의 지식기반 특성은 지식전파의 공간적 범위와 전파수단에 영향을 미치는 요소라 할 수 있다. 지식이 특수적이고 암묵적일수록 지식전달은 공식적 수단보다는 대면접촉, 개인적 교육과 훈련, 인력의 이동과 같은 비공식적 수단에 의존한다. 지식의 특수성과 암묵성이 강할수록 지식은 광범위하게 전파되기 어렵고 그만큼 지식의 외부성이 약하다. 이에 비해 지식이 일반적이고 명목적일수록 발표, 라이선스, 기술제휴와 같은 공식적 전달수단을 통해 쉽게 이전될 수 있으며 지식의 외부성도 크다.

한편 지식기반은 혁신성과에도 일정한 영향을 미친다. 지식의 일반적·명목적 성격이 강할수록 지식의 외부성이 크고 기술적 기회성도 크다. 산업의 지식기반 특성이 지식외부성에 영향을 미치고 이것이 혁신성과에 영향을 미친다.²⁾ 지식기반이 이처럼 기술적

2) 물론 일반적 지식의 기술적 기회성이 높다고 해서 반드시 혁신성과가 높은 것은 아니다. 일반적 지식은 적용범위가 폭넓기 때문에 높은 수준의 흡수능력이 요구되며 관련 지식을 충분히

기회성을 통해 혁신성파에 간접적으로 영향을 미치고 직접 영향을 미치지 않는다면, 기회성, 전유성, 누적성(혁신여건)은 혁신성파와 수준, 그리고 지식기반은 지식전파의 공간적 범위와 전파수단에 각각 영향을 미치는 것으로 파악할 수 있다.

본 연구에서는 이와 같은 논의를 토대로 혁신여건과 지식기반의 두 기준으로 산업을 분류한다. 혁신여건에서 기회성, 전유성, 누적성이 높으면 고기술산업, 기회성, 전유성, 누적성이 낮으면 저기술산업, 지식기반의 특성에 따라 특수적·암묵적 지식기반 산업과 일반적·명목적 지식기반 산업으로 분류한다.³⁾ 이와 같은 산업분류 기준의 적합성을 검증하기 위해 다음과 같은 작업가설을 설정한다.

작업가설1: 산업의 기술적 기회성, 혁신의 전유성, 누적성이 높을수록 혁신이 활발하다.

작업가설2: 산업의 지식기반은 혁신여건과 독립적으로 혁신성파에 영향을 미치지 않는다.

2.2 지식전파의 공간적 범위와 지식외부성의 원천

앞서 논의한 것처럼 지식전파의 공간적 범위와 전파수단은 산업의 지식기반에 따라 다르다. 일반적·명목적 지식의 전파에는 지식공급자와 사용자 사이의 상호작용이 그다지 중요하지 않다. 이에 비해 특수적·암묵적 지식의 전달은 지식공급자와 사용자 사이의 긴밀한 접촉과 상호작용이 필요하며 주체들 사이의 거리에 민감하다. 이 경우 지식은 원거리까지 전파되기 어렵고 근거리에 위치하여 빈번한 대면접촉과 상호작용이 이루어지는 주체들 사이에서 국지적으로 전파된다. 특수적·암묵적 지식 전파에는 ‘거리의 독재’(tyranny of distance)로 공간적인 제약이 따른다(Breschi et al., 2000).

다음으로 특수적·암묵적 지식은 국지적으로 전파되지만, 지식 외부성의 원천은 산업의 혁신여건에 따라 다르다. 저기술산업은 기술적 기회성이 낮으며 기계나 중간재에 체화된 외부지식을 활용한다. 혁신에서 연구개발투자 이외에 현장학습이 중요한 역할을 하며 동일하거나 비슷한 문제에 직면한 기업들이 이를 공동으로 해결하는 과정에서 지식이 창출되고 전파된다(Capello, 2002). 이 경우 지식외부성의 주된 원천은 현장학습을 통

보유하고 있는 경우에 혁신에 활용된다(Breschi & Malerba, 1997).

- 3) 저기술산업은 기술적 기회성이 낮으며 혁신활동은 외부 지식의 활용에 의존한다. 그리고 낮은 전유성과 누적성으로 신제품을 모방하는데 그다지 오랜 시간이 걸리지 않는다. 이에 비해 고기술산업에서는 기술적 기회성이 높으며 특허, 기밀유지, 시장선점 등 다양한 방법을 사용하여 지식을 보호한다. 또 혁신의 누적성이 강해 기업내 축적된 기술역량이 혁신활동의 핵심 기반이다(Breschi et al., 2000).

해 습득한 지식이며, 암묵적 지식이 체화된 숙련노동의 이동이나 지역 공급업체와 고객 업체의 집단적 학습을 통해 전파된다. 이에 비해 고기술산업에서 혁신기회는 과학기술 진보의 성과로부터 주어지며 지식은 현장학습보다는 연구개발투자에 의해 창출된다 (Breschi et al., 2000). 이 경우 지식외부성의 원천은 연구개발자본(R&D capital)이고, 암묵적 지식이 체화된 연구인력의 교류나 이동으로 전파된다. 현장학습이 중요한 저기술산업에서는 동종산업이 집적된 지역에서 지식전파가 활발하다면, 연구개발활동이 중요한 고기술산업에서는 동종과 이종산업의 연구개발자본이 풍부한 지역에서 지식전파가 활발할 것이다. 이와 같은 논의로부터 다음과 같은 가설을 설정한다.

연구가설1: 특수적·암묵적 지식기반 산업에서 지식은 국지적으로 전파되고 활용된다.

연구가설2: 저기술-특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 동종산업집적지, 고기술-특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 연구개발자본집적지에서 지식전파가 활발하다.

2.3 지식전파와 유발혁신의 수준

선도기업(leader)이 발명이나 발견으로 얻어진 지식을 토대로 선도적 혁신을 수행하면, 다양한 경로를 통해 지식이 전파되면서 다른 기업의 혁신을 유발한다. 추종기업(follower)은 선도기업의 제품을 모방하거나 이를 변형시키는 모방적 혁신을 주로 수행하지만, 경우에 따라서는 모방에서 벗어나 완전히 새로운 혁신제품을 출시하는 창조적 혁신을 수행하기도 한다(Geisendorf, 2009).

지식전파가 창조적 혁신을 유발하는지 여부는 전유성과 누적성과 같은 산업의 혁신여건에 따라 다르다. 혁신의 전유성과 누적성이 낮은 저기술산업은 혁신의 진입장벽이 낮고 혁신기업의 위계서열이 안정적이지 않다. 낮은 전유성으로 신제품의 모방이나 변형이 용이할 뿐 아니라 낮은 누적성으로 외부지식을 활용하여 신제품을 개발하는데 어려움이 적다.⁴⁾ 이 경우 후발기업이 선도기업의 혁신제품을 모방하는 추종적 혁신은 물론 선도기업보다 앞서 신제품을 출시하는 선도적 혁신도 가능하다. 이에 비해 혁신의 누적성과

4) 혁신의 전유성과 누적성은 혁신기업 위계의 안정성과 정의 관계를 갖지만 기술적 기회성과 위계의 안정성 사이의 관계는 확실하지 않다. 기술적 기회성이 높을수록 혁신기업의 신규진입이 용이해 위계가 불안정해지지만, 기회성이 높을수록 전유성과 누적성도 높기 때문에 위계가 안정적일 수도 있다(Breschi et al. 2000).

전유성이 높은 고기술산업에서는 기존 선도기업의 혁신우위가 강고하고 혁신기업의 위계가 안정적이다. 선도기업은 높은 누적성에 힘입어 혁신을 지속적으로 수행할 수 있으며 높은 전유성으로 혁신을 보호하기 때문에 후발 기업이 선도기업을 추월하기가 용이하지 않다. 이에 따라 후발기업이 외부로부터 전파된 지식을 활용해 선도기업의 제품을 모방하는 추종적 혁신은 가능하지만 선도기업보다 앞서 신제품을 출시하는 선도적 혁신을 수행하기란 어려울 것이다. 이상의 논의로부터 다음과 같은 가설을 설정한다.

연구가설3: 고기술산업에서는 지식전파가 추종적 혁신을 유발하지만 저기술산업에서는 추종적 혁신뿐 아니라 선도적 혁신도 유발한다.

Ⅲ. 실증모형과 자료

1. 실증모형

기업의 혁신성과는 혁신의 투입요소인 연구개발투자와 기업특성에 좌우된다. 기술혁신에서 지식전파효과에 주목하는 연구에서는 혁신투입요소에 연구개발투자뿐 아니라 외부에서 전파되는 지식을 포함시키고 있다(Koo, 2005; Chena & Yang, 2006). 외부로부터 전파되는 지식이 많은 산업에 속한 기업이 혁신에 유리하다. 또한 지식의 암묵성이나 특수성으로 국지적으로만 전파된다면, 지식자본이 풍부한 지역에 입지한 기업이 혁신에 유리하다. 본 연구의 실증모형에서는 산업과 지역으로부터의 지식전파를 고려한 다음과 같은 지식생산함수를 사용한다.

$$INN_i = \alpha_0 + \alpha_1 RD_i + \alpha_2 FM_i + \alpha_3 ST_s + \alpha_4 RA_r + \alpha_5 RC_r + \epsilon_i \quad (1)$$

INN_i : i 기업의 혁신산출(제품혁신; 선도적 제품혁신; 추종적 제품혁신)

RD_i : i 기업의 혁신투입(연구개발집약도, 연구개발협력터미)

FM_i : i 기업의 특성(기업규모, 수출비중, 최종재생산비중)

ST_s : 산업특성(산업연구개발자본집약도)

RC_r : 지역산업집적도(상대적 산업집적도, 절대적 산업집적도)

RK_r : 지역연구개발자본(지역연구개발자본집약도, 지역연구인력비중)

s산업에 속하고 r지역에 입지한 i기업이 혁신에 활용하는 외부지식은 s산업에 전파되는 지식과 r지역에 전파되는 지식으로 구성된다. 만약 지식전파에 공간적 제약이 없다면, r지역에서 창출된 지식은 다른 모든 지역에 전파되고 활용된다. 이 때 기업의 혁신성과 입지특성과는 무관하고($\alpha_4 = 0$, $\alpha_5 = 0$), 산업특성에만 좌우된다($\alpha_3 > 0$). 그렇지 않고 r지역에서 창출된 지식이 지역내에서만 전파되고 활용된다면, 혁신성과는 입지특성인 RA_r 나 RC_r 로부터 영향을 받는다. 이때 $\alpha_4 > 0$ 이면 지역내 동종산업 집적의 외부성, $\alpha_5 > 0$ 이면 지역내 연구개발자본 집적의 외부성이 작용한다는 것을 뜻한다. 본 연구에서는 이와 같은 모형을 사용하여 지식전파가 혁신성과에 미치는 영향의 산업별 특성을 최소자승 추정법에 따라 분석한다.

2. 자료와 변수의 측정

본 연구에서는 과학기술정책연구원의 2008년도 기술혁신조사 DB를 이용하였다. 기술혁신조사 대상기간은 2005년부터 2007년까지의 3년이며 제조업 70개 업종(세 자리 표준산업분류)의 3,081개 기업이 조사되었다. 과학기술정책연구원의 기술혁신조사는 OECD의 기술혁신활동조사 매뉴얼(Oslo Manual)에 따라 혁신활동과 유형, 혁신정보의 원천, 기술혁신 투입요소, 기술혁신성과, 기술 확산의 역할 등 기업의 혁신과 네트워크에 관한 문항으로 구성되어 있다. 실증분석에서는 조사기업 가운데 통계가 누락된 기업들을 제외한 2,882개 기업을 표본으로 이용하였다. 주요 변수는 다음과 같이 측정되었다.

2.1 혁신산출과 기업의 혁신투입

혁신산출을 측정하는 정량적 변수로 흔히 특허건수를 사용한다. 그런데 혁신산출을 특허로 측정할 때, 혁신활동의 모든 성과가 특허에 반영되는 것은 아니고 또 모든 특허가 상업적으로 활용되는 것은 아니라는 단점이 있다. 다음으로 혁신산출이 매출(부가가치)이나 매출증가(부가가치증가)와 같은 혁신성과의 경제적 가치로 측정되기도 한다. 그런데 기업의 모든 매출(혹은 매출증가)이 혁신활동의 결과물은 아니며 또한 혁신성과가 매출에 반

영되는데 나타나는 시차를 적절히 반영하기 어렵다. 본 연구에서는 혁신산출량을 혁신성과의 경제적 가치로 측정하되, 이와 같은 문제점을 감안하여 Oerlemans & Meeus(2005)와 같이 제품혁신의 매출기여도(INN)를 사용하였다. 제품혁신의 매출기여도는 기업이 일정 기간(2005-2007년) 혁신활동을 수행하여 새롭게 출시한 제품이 해당 기업의 2007년도 매출액에서 차지하는 비중으로 측정하였다.⁵⁾ 제품혁신은 경쟁기업보다 앞서 시장에 최초로 출시한 ‘시장최초 혁신’과 시장최초는 아니지만 해당 기업이 제품을 처음 출시한 ‘기업최초 혁신’으로 구분되어 있다. 본 연구에서는 전자를 시장에서 최초로 제품을 출시하는 선도적 혁신(INL), 후자를 선도기업에 뒤이어 제품을 출시하는 추종적 혁신(INF)을 나타내는 변수로 사용하였으며 각각 해당 제품의 매출기여도로 측정하였다($INN=INL+INF$).

다음으로 기업의 혁신투입으로 기업연구개발집약도(RDI)와 외부기관과의 연구개발 협력(RDC) 변수를 사용하였다. 기업연구개발집약도(RDI)는 2005-2007년간 지출된 연구개발투자액을 매출액으로 나눈 값으로 측정하였으며, 외부기관과의 연구개발협력(RDC) 변수는 해당 기간동안 공식적인 연구개발협력을 수행하였으면 1, 없으면 0의 값을 부여하였다.

2.2 기업특성

기업특성 변수로는 기업규모(SZ), 수출비중(EX), 최종재 생산비중(FI)을 사용하였다. 기업규모(SZ)는 3년간 평균 상시종업원수의 로그변환값을 사용하였다. 슈페터 가설에 따르면 기업규모가 클수록 혁신이 활발하다. 수출비중(EX)은 해당기간 매출액 대비 수출액 비중으로 측정하였고, 최종재 생산비중(FI)은 매출액중 최종재(최종소비재와 최종투자재)가 차지하는 비중으로 측정하였다. 우리나라는 최종재 수출기업의 선도적 혁신이 중간재와 소재산업의 성장을 유발하는 기술발전경로를 채택하기 때문에 최종재 생산 부문의 수출기업이 중간재나 소재 생산기업보다 제품혁신이 활발하다(이근, 2004; 홍장표, 2006). 수출비중이 높을수록, 최종재 생산비중이 높을수록 제품혁신이 활발할 것이다.

2.3 산업특성에 따른 지식전파

한 산업부문에 다른 부문으로 전파되는 지식의 풀(pool)은 연구개발자본으로 측정될 수 있다. 연구개발자본은 현재와 과거의 연구개발투자에 의해 형성되는데, 영구재고법에

5) 제품혁신은 기존 제품에 비해 성능이나 용도면에서 완전히 다르거나 크게 개선된 제품을 시장에 출시하여 매출에 영향을 준 경우를 말한다.

따라 다음과 같은 식에 따라 산출된다(Griliches, 1992; Feldman & Audtretsch, 1999).

$$RDK_t = RD_t + (1 - \delta)RD_{t-1} + (1 - \delta)^2RD_{t-2} + \dots \quad (2)$$

RDK_t : t기의 연구개발자본, RD_t : t기의 연구개발투자, δ : 감가상각률

본 연구에서는 이 식에 따라 산업의 연구개발자본을 추정하였는데, 한국과학기술기획평가원의 ‘연구개발활동조사보고서’에서 제공하는 1998-2007년간 산업별 연구개발지출액을 한국은행의 무형고정자본 디플레이터를 사용해 실질가격으로 변환하여 사용하였다. 연구개발자본의 감가상각률(δ)은 Hall & Mairesse(1995), Chena & Yang(2006)과 같이 15%로 계산하였다. 기업은 혁신에서 동종산업과 이종산업에 축적된 연구개발자본을 활용한다. 이종산업에서 축적된 지식은 해당 산업에서 얼마나 적절한지에 따라 활용도가 다르며, 기술적 근접성이 높은 산업일수록 활용도가 높다. 산업간 지식전파를 측정할 때 이와 같은 측면을 고려해 기술적 근접성을 반영하는 가중치가 적용된다(Share, 1982; Griliches, 1992; Jaffe et al., 1993). 외부 지식에 대한 접근성이 산업내의 모든 기업이 동일하다면, s산업에 속한 기업에 동종 및 이종산업의 연구개발자본으로부터 전파되는 산출단위당 지식의 양(ST_s)은 식 (3)과 같다.

$$ST_s = \sum_{j=1}^n (\omega_{js} \times RDKI_j) \quad (3)$$

ω_{js} : j산업의 연구개발자본 가운데 s산업에서 사용되는 비중

$RDKI_j$: j산업의 연구개발자본집약도(= RDK_j/Q_j)

여기서 가중치(ω_{js})는 산업간 기술적 근접성을 나타내며, Scherer(1982)가 제시한 산업간 지식배분행렬 산출방법에 따라 산업연관표나 특허인용자료를 이용하여 구할 수 있다.⁶⁾ 본 연구에서는 한국은행의 2007년도 ‘산업연관표’를 이용하여 지식배분행렬 산출방법으로 가중치 행렬(Ω)을 구하였다. Ω 행렬의 주대각원소(ω_{ss})는 동일 산업에 배분되는 연구개발자본, 나머지 원소들($\omega_{js}, j \neq s$)은 이종산업에 배분되는 연구개발자본의 비중을 각각 나타낸

6) Scherer(1982)의 방법은 지식을 일종의 공공재로 간주하고 산업간 지식흐름을 측정하는 방법이다. 그런데 산업연관표나 특허인용 자료를 이용하여 측정할 때, Griliches(1992)가 지적하듯이 산업간 투입-산출이나 특허인용이 지식의 흐름을 정확히 반영하는 것은 아니라는 점은 유의할 필요가 있다.

다. 이 가중치행렬과 산업의 연구개발자본집약도로부터 연구개발자본의 산업간 배분행렬(R)을 구하였으며, 이를 산업특성에 따른 지식전파를 반영하는 변수(ST)로 사용하였다.⁷⁾

2.4 입지특성에 따른 지식전파

입지특성에 따른 지식전파는 지역산업집적도와 지역연구개발자본집약도를 사용해 측정하였다. 지역산업집적도는 해당 산업의 전국 종사자수에 대한 지역 종사자수의 상대적 비중으로 측정되고 있다(Koo, 2005). 본 연구에서도 이에 따라 2007년도 광공업 통계의 16개 광역시도 자료를 이용해 계산된 상대적 산업집적도(RAR)를 사용하였다. 그런데 전국비중으로 측정된 상대적 산업집적도는 성숙산업의 집적도를 과소평가하고 신생산업의 집적도를 과대평가할 가능성이 있다(Baptista & Swann, 1998). 이런 점을 감안하여 해당산업의 지역 고용자수로 측정한 절대적 산업집적도(RAA)도 사용하였다.

지역의 연구개발자본은 연구개발자본집약도(RCI)로 측정하였으며, 지역 제조업 매출액 단위당 연구개발자본으로 계산하였다. 지역의 연구개발자본은 지역 산업에서 현재와 과거에 수행한 연구개발투자로부터 형성된다고 보고, 한국과학기술기획평가원의 ‘연구개발활동조사보고서’에 나타난 16개 광역시도의 1998-2007년간 기업체 연구개발지출액을 이용하여 영구재고법에 따라 산출하였다. 연구개발투자로 창출된 지식이 연구인력에 체화되고 지역내 인력교류와 이동으로 전파된다는 점을 고려하여 지역연구인력비중(RCH) 변수도 사용하였다. 이는 지역기업 종사자에서 연구인력이 차지하는 비중으로 측정하였는데, ‘연구활동조사보고서’의 2007년도 지역기업체 종사자 1000명당 연구원수로 계산하였다. 변수의 측정을 요약하면 <표 1>과 같다.

7) 산업연관표를 이용하는 경우 연구개발자본의 산업간 배분행렬(\mathbf{R})은 $\mathbf{R}=\mathbf{r}\mathbf{\Omega}$ 식에 따라 산출될 수 있다(Aiello & Cardamone, 2005). \mathbf{r} 은 산업의 연구개발자본집약도, 가중치 행렬 $\mathbf{\Omega}$ 는 산업연관표에서 최종수요의 산업간 흐름을 나타내는 연산자 행렬이다. 연산자 행렬은 $\mathbf{\Omega}=(\mathbf{x})-\mathbf{1Ld}$ 이며, \mathbf{x} 는 총산출, \mathbf{d} 는 최종수요, \mathbf{L} 은 레온티에프 역행렬(생산유발계수행렬)이다. \mathbf{L} 행렬의 구성원소 α_{js} 는 생산유발계수를 나타내는데, s산업의 최종수요 1단위를 충족시키는데 직간접으로 필요한 j산업의 산출량이다. $\mathbf{\Omega}$ 행렬의 구성원소 ω_{js} 는 s산업의 최종수요를 충족시키기 위해 s산업에 배분되어야 할 j산업 산출량의 비중이다. 그러므로 \mathbf{R} 행렬의 구성원소 R_{js} 는 s산업의 최종수요를 충족시키기 위해 배분되어야 할 j산업의 연구개발자본량을 나타낸다. 이때 \mathbf{R} 행렬을 그대로 사용할 경우 규모효과로 편의가 발생하기 때문에, Aiello & Cardamone(2005)와 같이 각 구성원소를 행(column)합계로 나눈 값을 사용하였다.

<표 1> 변수의 측정

	구분	변수	측정	이용자료
혁신 산출	INN	제품혁신	혁신제품의 매출기여도(%)	과학기술정책연구원(2008)
	INL	선도적 제품혁신	시장최초제품의 매출기여도(%)	과학기술정책연구원(2008)
	INF	추종적 제품혁신	기업최초제품의 매출기여도(%)	과학기술정책연구원(2008)
혁신 투입	RDI	기업연구개발집약도	연구개발투자액/매출액(%)	과학기술정책연구원(2008)
	RDC	연구개발협력	외부기관과의 연구개발협력 여부	과학기술정책연구원(2008)
기업 특성	SZ	기업규모	log(종업원수)	과학기술정책연구원(2008)
	EX	수출비중	수출액/매출액(%)	과학기술정책연구원(2008)
	FI	최종재생산비중	최종재 생산액/매출액(%)	과학기술정책연구원(2008)
산업 특성	ST	산업연구개발자본집약도	$\Sigma(\text{가중치} \times \text{산업연구개발자본집약도})$	한국과학기술기획평가원; 한국은행(2008)
입지 특성	RAR	상대적 산업집적도	해당 산업의 지역 종사자수/해당산업의 전국 종사자수	통계청(2008)
	RAA	절대적 산업집적도	해당 산업의 지역 종사자수(천명)	통계청(2008)
	RCI	지역연구개발자본집약도	지역 연구개발자본 총액/지역 제조업 매출총액	한국과학기술기획평가원
	RCH	지역연구인력비중	지역 기업체 종사자 1000명당 연구원수	한국과학기술기획평가원

2.5 산업분류

앞서 작업가설에서 밝혔듯이 기술체제의 특성을 혁신여건과 지식기반으로 구분하고 이 기준에 따라 제조업 표준산업 세분류 70개 업종을 분류하였다. 산업의 기술체제 특성을 나타내는 기술적 기회성, 전유성, 누적성, 지식기반은 Malerba & orsenigo(1996), Breschi et al.(2000)을 참고하여 다음과 같이 측정되었다.

① 기술적 기회성(OPP)은 Breschi et al.(2000)과 같이 기술혁신조사의 ‘외부혁신정보의 활용도’를 이용하여 측정하였으며, 과학기술정책연구원(2008)의 외부 혁신정보원천의 활용도(5점 척도)를 산업별로 평균한 값을 사용하였다. 외부 혁신정보의 원천으로 공급업체, 고객, 경쟁업체, 협회와 조합, 신규고용인력, 대학, 정부출연연구소, 민간서비스업체, 컨퍼런스·박람회·전시회, 전문저널·서적으로 구분되어 있다.

② 혁신의 전유성(APP)은 ‘제품혁신 보호방법 활용도’ 항목을 이용해 측정하였다. 기술혁신 보호방법 항목을 지적재산권 등록방법과 비등록 방법으로 나눠 두 방법의 평균을 구하고 이를 합산한 값의 산업별 평균치로 측정하였다(Breschi et al. 2000). 지적재산권

등록방법에는 ‘특허권’, ‘실용신안권’, ‘의장권’, ‘상표권’ 등록이 포함되고, 비등록 방법에는 ‘사내 기밀로 유지’, ‘복잡한 설계방식 채택’, ‘경쟁기업에 앞선 시장 선점’이 포함된다.

③ 혁신의 누적성(CUM)은 t기 이전에 혁신을 수행한 기업이 t기의 혁신에 다시 성공할 확률로 측정된다. 본 연구에서는 해당 산업에서 특허를 이미 보유한 기업중 2005-2007년간 특허에 재출원한 비율로 혁신의 누적성을 측정하였다.

④ 산업의 지식기반(KB)은 외부 혁신정보의 원천 항목을 이용하여 측정하였다. 외부 혁신정보원천 가운데 ‘공급업체’, ‘고객’, ‘경쟁업체’, ‘협회와 조합’, ‘신규고용인력’은 산업 내 생산자나 사용자의 경험에 의존하는 특수적 지식이나 코드화되지 않은 암목적 지식, ‘대학’, ‘정부출연연구소’, ‘민간 서비스업체’, ‘컨퍼런스·박람회·전시회’, ‘전문저널·서적’은 적용범위가 폭넓은 일반적 지식이나 코드화된 명목적 지식을 나타낸다. 이 기준에 따라 지식을 구분하고 산업 평균치의 비중(일반적·명목적 지식/특수적·암목적 지식)을 평균 0, 표준편차 1의 크기로 표준화한 값을 사용하였다. 이 값이 양이면 일반적·명목적 지식의 비중이 제조업 평균보다 높고, 음이면 평균보다 낮다는 것을 뜻한다.

<표 2> 산업의 기술체제 변수들의 상관계수

		혁신여건			지식기반
		기회성	전유성	누적성	
혁신 여건	기회성		0.7773***	0.4777***	0.5268***
	전유성	0.7773***		0.6782***	0.4021***
	누적성	0.4777***	0.6782***		0.1820
지식기반		0.5268***	0.4021***	0.1820	

주: * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

<표 2>에서 산업의 기술체제 변수들의 상관계수를 보면, 높은 양의 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있다. 이 가운데 기회성과 전유성의 상관계수(0.7773)가 가장 높고 그 다음으로 전유성과 누적성(0.6782)이 높다. 지식기반과 다른 변수들의 상관계수도 높은 편인데, 그중 지식기반과 기회성이 가장 높고(0.5268) 지식기반과 누적성이 낮다(0.1820).

이상과 같은 방법으로 측정된 변수들을 이용하여 산업군을 분류하였다. 기회성, 전유성, 누적성은 단일의 혁신여건(IC) 변수로 변환하였으며, 세 변수의 주성분분석(principal factor analysis)으로부터 산출된 주성분점수를 사용하였다.⁸⁾ 주성분점수가 양이면 기회

8) 이와 같은 방법으로 산출된 주성분 변수는 전체 변동의 64.52%를 설명하는 것으로 나타났다.

성·전유성·누적성이 제조업 평균보다 높은 고기술산업, 음이면 평균보다 낮은 저기술 산업으로 분류된다. 이와 마찬가지로 지식기반(KB)의 값이 양이면 일반적·명목적 지식 기반 산업, 음이면 특수적·암목적 지식 기반 산업으로 분류된다.

<표 3>은 제조업 산업 세분류 70개 업종을 네 가지 산업군으로 분류한 결과이다. I 산업군에 속하는 주요 업종은 섬유, 의복·가죽, 신발, II 산업군에는 인쇄, 선박, 가구, III 산업군에는 기계, 자동차부품, 영상음향기기, IV 산업군에는 화학 의약품, 전기전자·반도체·통신, 정밀의료기기, 우주항공 등이 포함된다.

<표 3> 혁신여건과 지식기반에 따른 산업분류

		혁신여건	
		저기회성·저전유성·저누적성	고기회성·고전유성·고누적성
지 식 기 반	특 수 적 · 암 목 적	저기술-특수적 지식 산업군(I) 고기과실채소유지가공(151) 직물(172), 섬유염색(174), 기타섬유제품(179) 봉제의복(181), 모피제품(182) 가죽 가방 신발(191, 192, 193) 목재 나무제품(201, 202) 출판(221) 플라스틱제품(252) 유리제품(261), 시멘트석회(263) 제1차 철강(271), 금속주조(273) 조립금속제품(281, 289) 기타운송장비(359) 재생용 비금속가공원료(372)	고기기술-특수적 지식 산업군(III) 화학섬유(244) 고무제품(251) 도자기요업제품(262) 가공공작기계(292), 특수목적용 기계(293) 방송수신기 영상음향기기(323) 시계 및 시계부품(334) 자동차차체 트레일러(342), 자동차부품(343)
	일 반 적 · 명 목 적	저기술-일반적 지식 산업군(II) 곡물가공전분사료(153), 기타식품(154) 제사방직(171), 편조(173) 골판지종이용기(212) 인쇄(222), 기록매체복제(223) 기타비금속 광물제품(269) 일반목적용 기계(291) 선박 보트(351) 가구 및 기타제품(361, 369) 재생용 금속가공원료(371)	고기기술-일반적 지식 산업군(VI) 낙농제품아이스크림(152), 음료(155) 펄프종이판지(211) 코크스 석유정제 핵연료(231, 232, 233) 기초화합물(241), 의약품(242), 기타 화학제품(243) 제1차 비철금속(272) 무기 총포탄(294), 기타 가정용기구(295) 컴퓨터 사무용기기(300) 전기기계(311, 312, 313, 314, 315, 319) 반도체 전자부품(321), 통신방송장비(322) 의료기기(331), 측정시험(332), 사진광학(333) 자동차 및 엔진(341) 철도장비(352) 항공기 우주선(353)

3. 기초통계

표본기업의 기초통계량은 <표 4>와 같다. 혁신제품의 매출기여도로 측정된 제품혁신 변수를 보면, I 산업군(저기술-특수적 지식)이 가장 낮고 IV산업군(고기술-일반적 지식)이 가장 높다. 그리고 연구개발집약도와 연구개발협력으로 측정된 혁신투입에서도 I 산업군이 가장 낮고 IV산업군이 가장 높다. 기업특성을 보면, 종업원수로 측정된 기업규모는 IV산업군이 가장 크고 수출비중 역시 IV산업군이 가장 높다. 하지만 최종재 생산비중은 I 산업군이 가장 높고 III산업군이 가장 낮았다. 산업특성에 관한 변수에서는 산업연구개발자본집약도는 I 산업군이 가장 낮고 IV산업군이 가장 높았으며, 입지특성에 관한 변수를 보면 산업집적도는 III산업군이 가장 높지만, 지역연구개발자본집약도는 III산업군이 가장 낮고 IV산업군이 가장 높다.⁹⁾ 그밖에 기술체제 변수에서는 기회성과 전유성은 IV산업군이 가장 높고, 누적성은 III산업군이 가장 높은 것으로 나타났다.

<표 4> 변수의 기초통계량: 평균과 표준편차

		I 산업군	II 산업군	III 산업군	IV 산업군
표본수(N)		886	759	457	780
혁신산출	제품혁신(%)	6.90(18.18)	8.65(20.83)	12.58(22.76)	17.61(26.04)
	선도적 혁신(%)	2.33 (9.95)	2.53(10.68)	3.22(11.51)	4.61(12.78)
	추종적 혁신(%)	4.56(13.28)	6.12(16.07)	9.37(18.79)	13.00(20.97)
혁신투입	기업연구개발집약도	0.65 (2.51)	1.67(18.43)	1.82 (5.08)	3.10 (8.67)
	연구개발협력	0.06 (0.24)	0.09 (0.29)	0.17 (0.38)	0.21 (0.40)
기업특성	기업규모(로그값)	3.67 (1.21)	3.77 (1.34)	4.13 (1.48)	4.32 (1.58)
	수출비중(%)	6.67(20.40)	8.10(21.00)	13.73(24.35)	15.79(27.21)
	최종재생산비중(%)	54.52(48.26)	51.30(47.90)	26.08(42.16)	44.33(47.08)
산업특성	산업연구개발자본집약도	4.00 (2.46)	6.06 (5.54)	12.38 (7.59)	18.56(11.13)
입지특성	상대적 산업집적도(%)	8.00(10.41)	6.52 (6.51)	10.88 (5.56)	7.19 (6.86)
	절대적 산업집적도(천명)	19.95(25.16)	20.39(22.44)	36.51(32.73)	33.33(50.95)
	지역연구개발자본집약도	16.64(17.18)	14.78(15.58)	11.16(12.65)	18.75(16.84)

9) 연구개발자본집약도와 연구인력으로 측정된 지역연구개발자본은 16개 광역시도 사이에 커다란 차이를 보였다. 광역시 단위에서는 대전(49.77;10.67)과 서울(47.05;8.69)이 가장 높고, 그 다음이 인천(7.15;5.52)이고, 광주(4.38;2.68), 부산(4.10;2.36), 대구(3.90;2.76), 울산(1.32;5.98)은 낮았다. 도 단위에서는 경기(18.21;14.93)가 가장 높고, 충북(4.49;5.51), 충남(3.74;9.76), 경북(3.88;6.00), 경남(3.73;5.67), 전북(3.47;2.51), 제주(7.97;0.81)는 중간 수준이고, 강원(0.77;1.30)과 전남(0.94;1.28)이 가장 낮았다.

입지특성	지역연구인력비중	79.07(65.03)	72.32(59.60)	58.43(49.47)	88.57(63.06)
기술체제	혁신여건	-1.24 (0.56)	-0.92 (0.81)	0.47 (0.95)	1.10 (0.96)
	기회성	1.67 (0.69)	2.11 (1.02)	3.48 (1.28)	4.54 (1.22)
	전유성	0.55 (0.30)	0.77 (0.40)	1.36 (0.46)	1.77 (0.63)
	누적성	0.33 (0.20)	0.34 (0.16)	0.64 (0.19)	0.59 (0.14)
	지식기반	-0.40 (0.65)	0.33 (0.31)	-0.19 (0.42)	0.48 (0.41)

IV. 실증결과

1. 산업분류의 적합성 검정

연구가설 검정에 앞서 혁신여건과 지식기반에 따라 네 산업군으로 구분한 산업분류의 적합성을 검정하였다. <표 5>는 산업의 기술체제 특성을 나타내는 요소들이 제품혁신에 미치는 영향을 분석한 것이다. 모형1-3에서는 혁신여건을 나타내는 세 요소를 별도의 설명변수로 사용하여 추정하였다. 추정결과를 보면, 기회성(OPP), 전유성(APP), 누적성(CUM) 변수는 각각 1%의 유의수준에서 제품혁신과 정의 관계를 갖는 것으로 나타났다. 이로부터 산업의 기술적 기회성, 전유성, 누적성이 높을수록 혁신이 활발하다는 <작업가설 1>이 지지된다고 할 수 있다.

다음으로 지식기반 특성이 혁신여건과 독립적으로 제품혁신에 영향을 미치는지 여부를 알아보기 위해 혁신여건(IC) 변수와 지식기반(KB)을 설명변수로 사용하여 추정하였다. 모형4에서는 지식기반과 혁신여건을 설명변수로 사용하였는데, 추정결과 혁신여건 변수는 1%의 유의수준에 양의 부호를 보였지만 지식기반 변수는 통계적 유의성이 없었다. 모형5에서는 혁신여건 변수 가운데 지식기반과 관련성이 가장 큰 기회성(OPP)을 설명변수로 사용하였지만, 추정결과는 크게 다르지 않았다.¹⁰⁾ 이 결과는 산업의 지식기반 특성이 혁신여건과 독립적으로 혁신성과에 영향을 미치지 않는다는 <작업가설 2>을 지지하며 산업의 혁신성과는 혁신여건에 좌우된다는 것을 보여준다. 이와 같은 두 작업가설에 대한 검정결과는 지식기반 변수는 혁신성과에 직접적인 영향을 미치지 않는다고 보고 혁신여건과 지식기반에 따라 산업을 분류한 것이 적합하다는 것을 보여준다.

10) 모형4와 5의 추정에서 분산확대인자(VIF)를 산출하여 다중공선성 문제를 검토하였지만 문제가 없는 것으로 나타났다.

그 밖의 통제변수들을 보면, 연구개발집약도(RDI)와 연구개발협력(RDC) 변수는 예상대로 제품혁신에 정의 관계를 갖는 것으로 나타났는데, 이는 연구개발투자와 공식적 기술협력이 활발할수록 제품혁신이 활발하다는 것을 보여준다. 또 기업특성 변수인 기업규모(SZ), 수출비중(EX), 최종재생산비중(FI)도 정의 영향을 미치는 것으로 나타나 예상과 일치하는 결과를 보였다.

<표 5> 산업의 기술체제 특성과 제품혁신(N=2,882)

	모형1	모형2	모형3	모형4	모형5	
상수	-4.42 (3.50)***	-4.45 (3.60)***	-4.97 (3.64)***	0.41 (0.33)	-4.27 (3.27)***	
혁신투입	RDI	0.18 (5.21)***	0.18 (5.21)***	0.19 (5.57)***	0.18 (5.20)***	0.18 (5.20)***
	RDC	21.88(18.14)***	21.58(17.92)***	22.19(18.39)***	21.60(17.92)***	21.88(18.14)***
기업특성	SZ	1.44 (4.77)***	1.42 (4.75)***	1.72 (5.83)***	1.44 (4.80)***	1.43 (4.74)***
	EX	0.07 (3.80)***	0.06 (3.68)***	0.07 (4.22)***	0.06 (3.79)***	0.07 (3.81)***
	FI	0.04 (5.35)***	0.04 (5.26)***	0.04 (5.22)***	0.04 (5.32)***	0.04 (5.33)***
혁신여건	IC			2.12 (6.38)***		
	OPP	1.49 (5.81)***				1.44 (5.14)***
	APP		4.18 (7.13)***			
	CUM			7.94(4.50)***		
지식기반	KB			0.09 (0.13)	0.29 (0.68)	
adj R ²	0.198	0.203	0.195	0.202	0.198	
F-value	119.79***	123.30***	117.01***	105.21***	102.68***	

주: * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

2. 지식전파의 공간적 범위와 지식외부성의 원천

다음으로 지식전파의 공간적 범위와 지식외부성의 원천이 기술체제의 특성에 따라 어떻게 다른지 알아보기 위해 산업군별로 나누어 실증 분석하였다. 우선 <표 6>에서 입지특성변수(RAR, RCI)의 실증결과를 보면, 지식기반이 특수적·암묵적인 산업과 일반적·명목적인 산업 사이에 차이를 보였다. 특수적 지식 산업군(I, III)에서는 상대적 산업집적도(RAR)나 지역연구개발자본집약도(RCI)의 추정치가 5%의 유의수준에서 양의 부호를 보였다. 이는 특수적 지식기반 산업군에서는 지식자본이 축적된 지역에 입지한 기업에서 제품혁신이 활발하다는 것을 뜻하며 지식이 국지적으로 전파되고 활용된다는 것을 시사한다. 이에 비해 일반적 지식기반 산업군(II, IV)에서는 입지특성변수들의 추정치가 통계

적 유의성이 없거나 유의성이 있더라도 추정치의 부호가 음이었다.¹¹⁾ 이는 일반적 지식 기반 산업군에서는 지식자본이 축적된 지역에 입지한 기업이라 해서 특별히 제품혁신이 활발한 것은 아니며 지식이 국지적으로 전파되고 활용된다고 볼 수 없음을 보여준다. 이와 같은 결과는 특수적·암묵적 지식기반 산업에서 지식은 국지적으로 전파되고 활용된다는 <연구가설 1>을 지지하며, 지식전파에서 공간적 근접성은 모든 산업에서 필요한 것은 아니며 특수적·암묵적 지식기반 산업에서만 의미를 갖는다고 판단할 수 있다.

<표 6> 지식전파와 제품혁신: 입지특성변수로 RAR와 RCI를 사용한 모형

		저기술-특수(I)	저기술-일반(II)	고기술-특수(III)	고기술-일반(IV)
상수		-7.61(3.88)***	-3.81(1.63)	-4.83(1.29)	-0.15(0.05)
혁신투입	RDI	2.04(9.62)***	0.04(1.21)	0.95(5.03)***	0.40(3.92)***
	RDC	22.00(9.27)***	22.74(9.22)***	20.13(7.65)***	18.89(8.44)***
기업특성	SZ	2.82(5.92)***	2.02(3.62)***	1.52(2.12)**	0.75(1.19)
	EX	-0.01(0.41)	0.18(5.24)***	0.03(0.79)	0.04(1.29)
	FI	-0.00(0.32)	0.03(1.97)**	0.07(3.11)***	0.08(3.99)***
산업특성	ST	0.29(1.30)	0.29(1.79)*	0.16(1.25)	0.23(2.37)***
	RAR	0.14(2.40)**	-0.29(2.10)**	-0.02(0.11)	-0.03(0.20)
입지특성	RDI	-0.03(0.85)	0.00(0.00)	0.18(2.28)**	0.07(1.31)
	RCI				
adj R ²		0.255	0.213	0.281	0.152
F-value		38.87***	26.58***	23.32***	18.39***
N		886	759	457	780

주: * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

<표 7> 지식전파와 제품혁신: 입지특성변수로 RAA와 RCH를 사용한 모형

		저기술-특수(I)	저기술-일반(II)	고기술-특수(III)	고기술-일반(IV)
상수		-7.17(3.64)***	-4.65(1.94)*	-6.61(2.01)**	-0.54(0.17)
혁신투입	RDI	2.04(9.60)***	0.04(1.17)	0.95(5.07)***	40(3.94)***
	RDC	22.02(9.31)***	22.85(9.23)***	20.04(7.62)***	18.95(8.50)***
기업특성	SZ	2.83(5.98)***	1.96(3.51)***	1.61(2.24)**	0.73(1.17)
	EX	-0.00(0.34)	0.18(5.34)***	0.03(0.70)	0.04(1.26)
	FI	-0.00(0.16)	0.03(1.95)*	0.07(3.07)***	0.08(4.08)***

11) <표 6>의 실증결과에서는 저기술-일반적 지식 산업군에서는 상대적 산업집적도(RAR) 변수의 추정치가 5%의 유의수준에서 음의 부호를 보였지만, 절대적 산업집적도(RAA) 변수를 사용한 <표 7>의 실증결과에서는 양의 부호를 보였다. 이처럼 추정치의 부호가 서로 달라 저기술-일반적 지식 산업군에서 산업집적도와 제품혁신의 관계에 대해 판단을 유보하였다.

산업특성	ST	0.15(0.64)	0.04(0.27)	0.14(1.11)	0.21(2.40)***
입지특성	RAA	0.09(3.27)***	0.02(0.57)	0.02(0.70)	0.01(0.30)
	RCH	-0.01(1.43)	0.00(0.31)	0.05(2.45)**	0.02(1.35)
adj R ²		0.259	0.208	0.284	0.152
F-value		39.71***	25.94***	23.60***	8.40***
N		886	759	457	780

주: * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

다음으로 특수적 지식 산업군에서도 저기술산업과 고기술산업 사이에 지식외부성의 원천이 다르다는 점에 주목할 수 있다. 저기술-특수적 지식기반 산업군(I)에서는 상대적 산업집적도변수(RAR), 고기술-특수적 지식기반 산업군(III)에서는 지역연구개발자본집약도 변수(RCI)가 각각 유의한 것으로 나타났다. 이는 입지특성변수로 절대적 산업집적도(RAA)와 지역연구인력비중(RCH) 변수를 사용한 <표 7>의 실증결과에서도 마찬가지였다. 이와 같은 결과는 저기술-특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 동종산업집적지, 고기술-특수적·암묵적 지식기반 산업에서는 연구개발자본집적지에서 지식전과가 활발하다는 <연구가설 2>를 지지한다. 이는 저기술-특수적 지식기반 산업군(I)에서는 동종 산업의 집적에 따른 지식외부성, 고기술-특수적 지식기반 산업군(III)에서는 동종 및 이종산업의 연구개발자본으로부터 지식외부성이 작용한 결과로 해석할 수 있다.

한편 산업특성 변수(ST)의 추정치는 네 산업군 모두 양의 부호를 보여 동종 및 이종산업으로부터 전과되는 지식이 많을수록 제품혁신이 활발한 것으로 나타났다. 여기서 특수적 지식 산업군에서는 통계적 유의성이 없었지만, 고기술-일반적 지식 산업군(IV)에서는 1%의 높은 통계적 유의성을 보인 것이 주목된다. 이는 <표 7>의 실증결과에서도 마찬가지인데, 고기술-일반적 지식 산업군(IV)에서 산업특성 변수가 높은 추정치를 보여 동종 및 이종산업으로부터의 지식전과가 제품혁신에 미치는 양의 효과가 가장 뚜렷하였다.

3. 지식전과와 유발혁신의 수준

<표 8> 지식전과와 선도적 제품혁신

		저기술-특수(I)	저기술-일반(II)	고기술-특수(III)	고기술-일반(IV)
상수		-2.73(2.29)***	-4.06(3.17)***	2.07(0.98)	-1.18(0.70)
혁신투입	RDI	0.69(5.30)***	0.02(0.76)	0.29(2.72)***	0.13(2.50)**
	RDC	5.46(3.78)***	5.87(4.34)***	7.85(5.29)***	4.48(3.85)***

기업특성	SZ	1.00(3.44)***	0.88(2.88)***	-0.22(0.55)	0.76(2.31)**
	EX	0.00(0.22)	0.07(3.70)***	0.02(0.90)	-0.03(1.55)
	FI	-0.01(1.00)	0.02(2.68)***	0.03(2.01)**	0.02(2.43)**
산업특성	ST	0.22(1.56)	0.23(2.61)***	0.04(0.48)	0.07(1.32)
입지특성	RAR	0.06(1.73)*	-0.11(1.44)	-0.11(1.11)	-0.10(1.19)
	RCI	-0.02(1.02)	0.03(1.17)	0.00(0.03)	0.00(0.09)
adj R ²		0.082	0.102	0.105	0.048
F-value		0.82***	11.71***	7.70***	5.85***
N		886	759	457	780

주: * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

<표 9> 지식전파와 추종적 제품혁신

		저기술-특수(I)	저기술-일반(II)	고기술-특수(III)	고기술-일반(IV)
상수		-4.88(3.34)***	0.24(0.13)	-6.91(2.10)**	1.03(0.39)
혁신투입	RDI	1.36(8.59)***	0.03(1.00)	0.66(4.00)***	0.27(3.21)***
	RDC	16.54(9.36)***	16.87(8.56)***	12.28(5.34)***	14.41(7.89)***
기업특성	SZ	1.82(5.14)***	1.14(2.56)**	1.74(2.79)***	-0.01(0.02)
	EX	-0.01(0.74)	0.11(4.02)***	0.01(0.33)	0.07(2.56)**
	FI	0.00(0.38)	0.01(0.64)	0.04(2.26)**	0.05(3.34)***
산업특성	ST	0.08(0.47)	0.06(0.45)	0.13(1.13)	0.16(2.07)**
입지특성	RAR	0.08(1.81)*	-0.18(1.64)	0.09(0.59)	0.07(0.51)
	RCI	-0.01(0.31)	-0.03(0.80)	0.17(2.59)***	0.07(1.55)
adj R ²		0.226	0.154	0.196	0.129
F-value		33.23***	18.23***	14.91***	15.42***
N		886	759	457	780

주: * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

지식전파가 유발하는 혁신의 수준이 산업군 사이에 어떤 차이가 있는지 알아보기 위해 종속변수를 선도적 제품혁신과 추종적 제품혁신으로 구분하여 실증 분석하였다. <표 8>에서 선도적 제품혁신에 대한 실증결과를 보면, 저기술산업군(I, II)에서는 산업이나 입지특성 변수가 선도적 제품혁신과 통계적으로 의미 있는 정의 관계를 보였다. 저기술-특수적 지식산업군(I)에서는 상대적 산업집적도(RAR), 저기술-일반적 지식기반 산업군(II)에서는 산업연구개발자본집약도(ST)가 5%와 10%의 유의수준에서 양의 부호를 보였다. 이에 비해 고기술산업군(III, IV)에서는 음의 부호이거나 양의 부호라도 모두 통계적 유의성이 없었다. 이는 혁신의 전유성과 누적성이 낮은 저기술산업에서는 산업이나

지역에서 전파된 지식이 선도적 혁신을 유발하지만 고기술산업에서는 높은 혁신의 전유성과 누적성으로 선도적 혁신을 유발하기 어렵다는 것을 보여준다.

다음으로 <표 9>에서 추종적 제품혁신을 종속변수로 한 실증결과를 보면, 저기술산업뿐 아니라 고기술산업에서도 지식전파가 혁신에 기여하는 것으로 나타났다. 저기술산업군(I,II)에서는 상대적 산업집적도(RAR), 고기술산업군(III,IV)에서는 산업연구개발자본집약도(ST)와 지역연구개발자본집약도(RCI)의 추정치가 추종적 제품혁신과 통계적으로 의미 있는 양의 부호를 보였다. 이와 같은 실증결과는 지식전파가 고기술산업에서는 추종적 혁신, 저기술산업에서는 추종적 혁신뿐 아니라 선도적 혁신도 유발한다는 <연구가설 3>을 지지한다. 그리고 이는 혁신의 전유성과 누적성이 낮은 저기술산업은 고기술산업보다 혁신기업의 위계가 안정적이지 않다는 것을 시사해주고 있다.

V. 맺음말

지금까지 산업의 기술체제의 특성이 지식전파와 혁신성파에 미치는 영향에 관한 연구가설을 설정하고 2008년 기술혁신조사 DB 자료를 이용해 실증 분석하였다. 제조업을 기술체제 특성에 따라 산업을 분류하였으며, 외부로부터 전파된 지식이 기업의 혁신성파에 미치는 영향을 산업별로 비교 분석하였다. 본 연구에 주요 결과와 그로부터 도출되는 함의를 요약하면 다음과 같다.

우선 특수적·암묵적 지식기반 산업군에서는 기업의 제품혁신이 입지특성변수로부터 영향을 받는 것으로 나타났다. 특수적·암묵적 지식기반 산업군에서는 지식자본이 풍부한 지역에 입지한 기업이 제품혁신이 활발하고, 지식이 국지적으로 전파되고 활용된다는 것을 확인하였다. 또 이 산업군에서도 고기술과 저기술산업 사이에 지식외부성의 원천이 다르게 나타났는데, 고기술산업에서는 연구개발자본이 풍부한 지역, 저기술산업에서는 동종산업의 집적도가 높은 지역에 입지한 기업일수록 제품혁신이 활발하였다. 이는 고기술산업에서는 동종산업과 이종산업을 포괄하는 지역연구개발자본, 저기술 산업에서는 동종산업의 집적도로부터 지식의 외부성이 나타난다는 것을 시사하고 있다.

다음으로 제품혁신을 선도적 혁신과 추종적 혁신으로 구분하여 지식전파가 유발하는 혁신의 수준을 산업군별로 분석하였다. 이로부터 저기술산업에서는 외부로부터 전파된 지식이 모방적 혁신과 선도적 혁신을 유발하지만, 고기술산업에서는 추종적 혁신만 촉진

시키는 것으로 나타났다. 이 결과는 혁신기업의 위계가 전유성과 누적성이 높을수록 안정적이라는 산업별 혁신체제론의 예상과 일치하며, 지식전파가 유발하는 혁신의 수준은 산업의 혁신여건에 좌우된다는 것을 보여주고 있다.

본 연구는 산업의 기술체제 특성이 지식전파와 기술혁신의 수준에 영향을 미친다는 것을 실증적으로 밝혔다는 점에서 의미를 찾을 수 있다. 지식기반의 특성이 암묵적·특수적일 때 지역의 혁신주체들의 상호작용을 통해 지식이 지역에서 전파되고 활용되지만, 지식외부성의 원천과 혁신유발효과는 산업의 혁신여건에 따라 다르다. 저기술산업에서는 동종산업의 집적에 따른 상호작용이 지식 외부성의 원천이고 낮은 전유성과 누적성으로 시장 선도적 제품혁신이 유발된다. 고기술산업에서는 지역에 축적된 연구개발자본이 지식 외부성의 원천이지만 높은 전유성과 누적성으로 지식전파가 선도적 혁신을 유발하는 데에는 한계가 있다는 것이다. 이와 같은 분석결과로부터 지역산업 클러스터 조성과 같은 지역혁신정책은 산업의 기술체제 특성을 감안하여 모색할 필요가 있다는 함의를 얻을 수 있다.

참고문헌

- 과학기술정책연구원(2008), 『기술혁신활동조사: 제조업』
- 김두호·김병근(2009), “한국 제조업의 기술 및 산업특성에 따른 기술협력의 패턴에 대한 연구”, 과학기술정책연구원 기술혁신조사 심포지엄, pp. 398-441.
- 성태경(2005), “고기술산업과 저기술산업에서 기업의 혁신활동 결정요인 비교분석”, 한국산업경제학회, 『산업경제연구』, 제18권 제1호, pp. 339-360.
- 이 근(2004), 『과학기술의 새로운 패러다임과 경제』, 정보통신정책연구원
- 통계청(2008), 『광공업통계조사』
- 한국과학기술기획평가원, 『연구개발활동조사보고서』, 각년도
- 한국은행(2008), 『산업연관표: 통계 및 해설편』
- 홍장표·김은영(2009), “한국 제조업의 산업별 기술혁신패턴 분석”, 기술경영경제학회, 『기술혁신연구』, 제17권 제2호, pp. 25-53.
- 홍장표(2006), “지역기업 네트워크의 공간적 특성과 기술혁신: 혁신클러스터론의 비판적 검토”, 한국사회경제학회, 『사회경제평론』, 제26집, pp. 323-357.
- Aiello F. and P. Cardamone(2005), “R&D Spillovers and productivity growth: evidence from Italian manufacturing microdata”, *Applied Economics Letters*, Vol. 12, pp. 625-631
- Baptista R. and P. Swann(1998), “Do Firms in Clusters Innovate More?”, *Research Policy*, Vol. 27, pp. 525-540
- Breschi S. and F. Malerba(1997), “Sectoral Systems of Innovation: Technological Regimes and Schumpeterian Dynamics and Spatial Boundaries”, C. Edquist ed., *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Printer Publisher, pp. 130-155.
- Breschi S., F. Malerba and L. Orsenigo(2000), “Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation”, *Economic Journal*, Vol. 110, pp. 388-410.
- Camagni R. (1995), Global Network and Local Milieux: Towards a Theory of Economic Space, Gonti S., E. Malecki and P. Oinas eds., *The Industrial Enterprise and its Environment: Spatial Perspective*, Aldershot: Avebury
- Capello R. (2002), “Spatial and Sectoral Characteristics of Relational Capital in Innovation Activity”, *European Planning Studies*, Vol. 10, No.2, pp. 177-200.
- Chena, Jong-Rong and Chih-Hai Yang(2005), “Technological Knowledge, Spillover and Productivity: Evidence from Taiwanese Firm Level Panel Data”, *Applied Economics*, 37, pp. 2361-2371.

- Döring T. and J Schnellenbach(2006), “What do We Know about Geographical Knowledge spillovers and Regional Growth?: A Survey of the Literature” *Regional Studies*, Vol. 40, No. 3, pp. 375-395.
- Dosi G., G. Freeman, R. Nelson, G. Silberberg, L. Soete(1988), *Technological Change and Economic Theory*, London and New York: Printer Publishers
- Feldman M. P. and D. B. Audretsch(1999), “Innovation in Cities: Science-based Diversity, Specialization and Localised Competition”, *European Economic Review*, Vol. 43, pp. 409-429.
- Geisendorf S. (2009), “The Influence of Innovation and Imitation on Economic Performance”, *Economic Issues*, Vol. 14, No.1, pp. 65-94.
- Glaeser E. L., H. D. Kallal, J.A. Scheinkman and A. Shleifer(1992), “Growth in Cities” *Journal of Political Economy*, Vol. 100, pp. 1126-1152.
- Griliches Z. (1992) “The Search for R&D Spillovers”, *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94, pp. 29-47.
- Hall, B. H. and J. Mairesse(1995), “Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in France Manufacturing Firms”, *Journal of Econometrics*, Vol. 65, pp. 263-93.
- Henderson V., A. Kuncoro and M. Turner(1995), “Industrial Development in Cities”, *Journal of Political Economy*, Vol. 103, pp. 1067-1090.
- Jaffe A. B., M. Trajtenberg and R. Henderson (1993), “Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 63, pp. 577-598.
- Koo J. (2005), “Agglomeration and Spillovers in a Simultaneous Framework”, *The Annals of Regional Science*, Vol. 39, pp. 35-47.
- Lim U. (2004), “Knowledge Spillovers, Agglomeration Economies, and the Geography of Innovative Activity: A Spatial Econometric Analysis”, *The Review of Regional Studies*, Vol. 34 No.1, pp. 11-36.
- Malerba F. and L. Orsenigo(1996), “Schumpeterian Patterns of Innovation are Technology-Specific”, *Research Policy*, Vol. 25, No.3, pp. 451-478.
- Malerba F. (2005), “Sectoral Systems of Innovation: A Framework For Linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors”, *Economics of Innovation & New Technology*, Vol. 14, No.1, pp. 63-82.
- Maurseth P. B. and B. Verspagen(2002), “Knowledge-Spillovers in Europe: a Patent Citation Analysis”, *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 104, pp. 531-545.
- Oerlemans L. and M. Meeus(2005), “Do Organizational and Spatial Proximity Impact on Firm

Performance?”, *Regional Studies*, Vol. 39, No.1, pp. 89-104.

Pavitt K. (1984), “Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory”, *Research Policy*, Vol. 13, pp. 343-373.

Schere, F. M. (1982), “Inter-industry Technology Flows and Productivity Growth”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 64, pp. 627-634.

□ 투고일: 2010. 10. 22 / 수정일: 2010. 12. 15 / 게재확정일: 2010. 12. 30