

과학기술 지식흐름 연구 프레임워크 설정을 위한 문헌리뷰

박현우* · 김상국** · 김근환***

I. 서론

본고의 목적은 과학기술 지식흐름에 대한 경험적 연구에 활용할 수 있는 분석 프레임워크를 구상하는 것이다. 이를 위해 과학과 기술의 관계에 대한 기존 연구를 검토하며, 특히 과학기술의 시스템 접근과 과학기술 지식의 통합과 축적에 관한 여러 주장들을 고찰한다. 이들 접근방법이 모두 네트워크의 중요성을 지적하는 만큼 본고에서도 네트워크와 사회자본에 대한 연구문헌을 구체적으로 검토한다. 혁신시스템에 관한 연구에서 흔히 강조되는 점은 네트워크의 개념과 그것이 지식의 창출과 통합에 미치는 영향이다. 네트워크에 관한 연구의 다양한 접근방법들은 기술의 사회적 형성을 강조하는 것으로 보인다. 이러한 맥락에서 논의는 서로 상반되게 보일 수도 있는 기술의 경로의존성과 지식자본의 창출자로서의 사회자본의 개념을 중심으로 이루어진다.

본고에서는 기존의 관련 연구문헌 검토를 통해 앞에서 언급된 다양한 개념과 접근방법을 검토하고 과학기반 기술의 개발자 커뮤니티의 출현과 관련된 이슈를 확인한다. 보다 구체적으로는, 과학과 기술은 본질적으로 서로 상이한 두 가지 과정으로서, 서로 연관되어 있지만 반드시 밀접하게 상호작용하지는 않는 두 프로세스라는 점이 검토된다. 상호작용은 ‘도구성’과 인적자원 이전을 통해 조정된 방식으로 일어날 수 있다. 나아가 여러 유관기관을 가진 국가가 과학과 기술에서 개발자 커뮤니티의 출현을 형성하는 필수요소로 파악된다. 기술활동과 과학활동은 모두 국가마다 다를 것으로 예상된다.

또한 연구문헌 검토를 통해 기업들의 기술에 대한 탐구가 그들의 기술목적에서 출발할 것이라는 점과 당해 분야에서 기업들의 네트워크가 이들 경로를 따른 기존의 전문적 접촉과 밀접하게 연결될 것이라는 점이 확인된다. 한편, 연구문헌에서는 개별 연구자 혹은 관리자가 그들의 조직이 새로운 분야를 탐구할지의 결정에 영향을 줄 수 있지만, 새로운 분야에 어떻게 접근할지에 대해서는 영향을 별로 줄 수 없다는 점이 시사된다.

본고에서는 과학기술 지식흐름 연구를 위한 프레임워크 제안을 중심으로 주요 연구과제 도출을 위한 연구문헌 검토를 수행한다. 또한 주지하는 바와 같이 과학과 기술의 접점에서 커뮤니티의 등장을 추적하는 중요 지표로서 특허인용이 제시되어 왔으며, 여기에서는 다양한 연구문헌을 개관함으로써 이 지표의 해석방식이 적절한 것인지를 검토하고자 한다. 또한 과학과 기술이 다른 프로세스라는 가정은 과학문헌에서의 인용과 특허에서의 인용 관계를 해석함에 있어서 동일한 프레임워크를 채택하는 것이 과연 타당한지에 대한 문제를 검토한다.

특히 본고에서는 특허 인용 데이터에 대한 다양한 해석 가능성을 검토한다. 특허인용은 과학과 기술 간 지식의 상호교환을 나타내는 정보의 흐름으로 해석되어야 하는 것으로 이해되고 있다. 이와 관련하여 특허인용이 어떤 종류의 과학-기술 간 상호작용을 측정하는가 하는 문제가 제기된다. 이와 관련한 보다 더 구체적인 문제는 특허 인용이 지식이전의 방향을 나타낼 수 있는지와 특허의 과학논문 인용이 과학의 직접적 적용을 나타내는지에 대한 것이다. 따라서 본고에서는 특허의 과학논문 인용관계의 해석방식, 분석 프레임워크, 과학기술간 지식과 정보의 흐름 등 다양한 측면에서 과학기술 지식흐름을 분석하기 위한 관점과 연구과제를 도출하고자 한다.

* 한국과학기술정보연구원 정보분석본부 책임연구원, e-mail: hpark@kisti.re.kr

** 한국과학기술정보연구원 정보분석본부 선임연구원, e-mail: sgkim@kisti.re.kr

*** 과학기술연합대학원대학교 응용정보과학 전공 박사과정, e-mail: khkim75@kisti.re.kr

II. 과학과 기술의 개념과 관계

1. 과학과 기술의 개념적 구분

과학과 기술 같은 용어를 의미있게 사용하기 위해서는 우선 이들을 명확히 정의해야 한다. 많은 연구자가 ‘과학’과 ‘기술’이라는 용어를 여러 방식으로 사용하고 있으며, 혼란스러운 경우도 많다. 일반적으로 특허의 서지계량학적 연구에는 제도론적 견해와 인식론적 입장 등 두 가지 주요 접근 방법이 있다(Reger and Schmoch, 1996; Hinze et al., 1999).

이러한 제도론적 접근의 전형은 ‘과학기술’과 ‘산업’을 분리하는 것이다. 예를 들어 Hinze et al. (1999)은 과학은 대학과 비산업계 연구기관에 의해 대표되고, 따라서 공공 연구부문 혹은 학술 연구부문이 주로 담당하며, 많은 논문에서는 기초연구 혹은 심지어 순수연구를 하는 이들 과학기관들의 매우 단순한 연합이 이루어지고 있다고 설명하고 있다.

반면 인식론적 접근은 과학을 어떤 특정 조직형태(‘기관’)와 관계없이 정의하려 한다. 이러한 정의는 과학의 개념을 지식의 개념과 매우 가까운 무엇으로 간주한다. Grupp and Schmoch(1993)은 ‘지식지향적’이 ‘과학지향적’이라는 말의 동의어로 흔히 사용된다는 점을 지적한다. 과학의 인식론적 정의의 핵심적 의미는 과학활동의 많은 부분이 산업계에서 이루어진다는 것이다. 나아가 대학이나 비산업계 연구기관이 수행하는 모든 활동을 ‘과학’이라고 할 수는 없다. 예를 들어 컨설팅과 교육은 인식론적 의미에서 엄밀히 과학적인 것은 아니다. 과학과 기술의 인식론적 견해는 그 둘을 구분하기 어렵게 한다. 과학의 인식론적 이해의 한 가지 의미는 기술의 인식론적 이해를 전제로 한다는 것이다. 이는 기술의 정의가 과학의 정의만큼 다양하다는 점에서 문제가 있는 경우가 많다. 과학의 정의와 유사하게 기술의 개념도 여러 방식으로 정의될 수 있으며, 그 정의도 범위가 매우 상이할 수 있다(Autio, 1993). 따라서 용어의 정의가 매우 넓어지게 된다.

과학의 상응하는 정의에 맞추어 과학과 기술은 그들 간의 명확한 차이에도 불구하고 서로를 구분하기 어려울 것으로 보인다. 과학과 기술의 여러 정의에 대한 논의는 분석자에게 이 두 개념에 대한 이해를 명확히 하는 일이 얼마나 중요한지를 보여준다.

이해의 실체(body of understanding)와 실행의 실체(body of practice)를 구분하는 Nelson(1998)의 견해에 따라, Pavitt(1999)은 기초연구와 기술개발의 유사성과 차이점을 설명하고 있다. 그는 실무적 정의를 사용하고 있다. Pavitt은 기초연구를 일반적으로 대학에서 수행되는, 자연에 대한 일반화할 수 있고 반복 가능한 지식을 증대하기 위한 활동으로 정의한다. 이 활동의 결과는 인용된 간행물에서 재생산된다. 기술개발은 보통 기업에서 수행되는, 인공물(제품, 프로세스, 서비스)의 지식을 증대하기 위한 활동으로 설명된다. 이 활동의 결과는 인공물 자체에 체화되며, 부분적으로 특허문헌으로 발간된다. Pavitt은 지식의 두 가지 실체 간의 유사성을 세 영역에서 제시하고 있다. 첫째, 기초연구와 기술개발은 연구소의 실험활동으로부터 나타나는 지식의 실체이며 자격 있는 과학자와 엔지니어들에 의해 수행된다. 둘째, 일부 분야의 대기업들은 기초연구에 상당한 투자를 하고 많은 과학논문을 출간하며 주요 과학적 발견을 수행한다. 셋째, 일부 분야의 기초연구는 기술활동에 직접적인 영향을 준다. 그러나 과학과 기술 간, 기초연구와 기술개발 간에는 더 많은 차이가 있다. <표 1>은 이러한 차이를 보여주고 있다.

결론적으로 일반적으로 통용되는 과학과 기술의 정의는 존재하지 않는다고 할 수 있다. 과학이나 기술 활동을 수행하는 조직상의 차이는 실제적이며 다루기 쉬운 접근방법으로 보이는 반면, 과학과 기술 간의 관계에서 나타나는 변화에 대한 연구에는 인식론적 개념이 더 적합해 보인다. 인식론적 입장은 과학이 기업 연구소에서 추구되고 기술 또한 대학에서 개발될 수 있음을 인정한다. 그러나 인식론적 접근방법을 지나치게 단순화하는 것은 과학과 기술이 결국 지식으로 동일화 될 수 있는 지점에 이르게 한다. 과학은 현상을 이해하려는 프로세스로 간주되며, 기술은 인공물을 창조하려는 목적의 활동으로 이해된다. 연구결과의 출간은 과학적 활동의 표현으로 인식되며, 기

술활동은 인공물 자체로 구체화된다. 특정 분야에서 기술개발을 보호하기 위해 사용되는 특허는 기술에 대한 전형적인 표현으로 간주된다.

<표 1> 기초연구와 기술개발 간의 차이

활동유형	실험의 목적	필요(암묵적) 기술	학문기반 (경향)	주요 산출물 (부차 산출물)	발생 위치
기초연구	일반화 가능한 이론의 개발과 시험	예측을 가능하게 하기 위한 필수요소의 단순화	단일 혹은 소수	논문 (숙련기술, 기법, 네트워크)	대학
기술개발	특정 인공물의 개발과 시험	목표성능을 보장하기 위한 필수요소의 통합	수 개(통합자로서의 엔지니어)	인공물 (숙련기술, 특허, 논문, 운용요령, 기법)	기업 병원

자료: K. Pavitt (1998b), 795를 기초로 작성함.

2. 과학과 기술의 관계

과학과 기술의 관계는 오랫동안 논란의 대상이 되어 왔고 지금도 여전히 그러하다. 선형모델을 참조하지 않고는 과학과 기술의 관계는 거의 논의할 수 없다. 원래 과학추동(science-push) 모델과 기술견인(technology-pull) 모델 등 두 가지 선형모델이 있는데, 전자가 후자보다 더 관심을 끌었다. 과학추동 모델은 그 대안의 부재로 인해 오랜 기간동안 지배적인 위치를 차지했다. 그러나 기술사학자의 사례연구(Layton, 1988)는 선형모델이 기술변화에 대한 충분한 설명을 제시하지 못함을 보여주었다. 한편, Nightingale(1998)에 따르면, 과학정책 커뮤니티에서 선형모델은 죽은 지 오래되었으나, 과학계의 로비활동에는 여전히 많이 남아 있다고 한다. 이와 유사하게 선형적 사고는 이른바 과학기반 기술에 대한 연구에서 아직도 찾아볼 수 있다. 특히 특허계량학자들은 선형적 해석을 하는 방식으로 그들의 데이터를 제시한다.

그러나 Price(1965)는 과학과 기술의 자율적 시스템 간의 상호적 성질을 지적하였다. Price는, 그보다 이전의 Toynbee(1963)와 함께, 과학과 기술을 두 사람의 댄싱 파트너로 보았다. 이러한 의미에서 Price는 과학과 기술을 서로 다른, 상호작용하는 개념으로 보았다. 그는 과학과 기술 문헌의 인용관계 분석에 기초하여 인식시스템으로서 과학과 기술의 자율성과 그들의 상호작용의 양방향적 성질을 더욱 반영하는 두 흐름 모델(two-stream model)을 제시하였다. 그는 과학과 기술 문헌의 인용관계를 추적하여 과거의 과학에 근거한 과학지식과 과거기술에 근거한 기술과의 별개의 축적구조를 발견했다. 그는 또한 둘 사이의 미약하지만 상호적인 관계를 발견했다.

Price(1965)가 이 개념을 처음 소개한 이후 과학과 기술의 연구에 많은 변화가 있었다. 다수의 연구자들은 과학과 기술의 차이가 점점 작아지고 있다고 믿고 있다. 다른 연구자들은 더 나아가 ‘기술과학’(techno-science)의 도래를 선언하고 있다(Rabeharisoa, 1992). 혹자는 과학과 기술이 상대적으로 독립된 상태로 있기도 하지만 오늘날 양자 간에 더욱 밀접한 상호작용이 있을 수도 있을 것이라고 주장한다. 이러한 생각은 Rip(1992)이 제시한 혁신의 이분적 모델(two-branched model)에 반영되고 있다. 여기에서 요점은 경험적 혹은 준경험적(empirical or semi-empirical) 발견이다. 두 가지 다른 종류의 행동이 여기에서 파생한다. 즉, 기술개발, 시험적 프로세스 및 피드백으로 이해되는 개발(exploitation)과 이해증진을 위한 과학적 탐구(scientific exploration)가 그것이다. Rip(1992)에 따르면, 개발을 돕고 개선하기 위해 때로는 탐구 부문에서 나오는 통찰력이 요청될 수도 있다. 이것은 대부분 조정된 방식으로 일어난다. Nightingale(1998)은 과학지식이 행동에 대한 암묵적 가정이 시험되고 수정될 수 있는 추가의 통로를 제공한다고 주장한다. 이처럼 과학지식은 해답을 제시하기 위해 사용되기보다 기술이 어떻게 작용하는지에 대한 이해를 가능케 해준다. 이는 기술적 불확실성을 줄여줄 수 있으며, 실험에서 교착상태에 빠지게 되는 경우를 줄이는데 도움을 준다.

이와 같은 견해는 과학과 기술 간의 상호적인 교환 프로세스를 시사한다. Brooks(1994)는 여러 종류의 기여관계를 보다 상세히 조사했다. 그에 따르면, 과학은 새로운 기술적 가능성에 대한 직접

적인 아이디어의 원천으로 소용되는 새로운 지식을 제공함으로써 기술에 기여한다. 그는 또한 연구관행을 기술에 유용한 새로운 인적 능력과 역량의 개발과 흡수의 원천으로 간주한다. 이에 더하여 과학은 더 넓은 사회적, 환경적 영향 측면에서 기술의 평가에 점점 중요해지는 지식기반을 창출한다. 이 지식기반은 행위자들이 응용연구의 더욱 효율적인 전략을 개발하고 이는 다시 신기술의 개발을 촉진할 수 있도록 도울 수 있다.

과학에 대한 기술의 기여는 본질적으로 양면적이다. 기술은 과학에 새로운 문제와 도구를 가져다 준다. 우선, 기술은 흔히 새로운 과학적 질문의 풍부한 원천을 제공하고, 이를 통해 또한 이러한 질문의 해결에 필요한 자원의 할당을 더욱 효율적이고 시기적절한 방법으로 정당화시키고 과학의 과제를 확대하도록 돕는다. 다음으로, 기술은 새롭고 더욱 어려운 과학적 질문을 더욱 효율적으로 다루기 위해 필요한, 달리 입수할 수 없는 도구와 기법의 원천으로 간주된다.

기술이 과학에 기여하는 것과 함께 과학이 기술에 미치는 상호적 기여의 다양성은 두 주체 간 상호작용이 댄싱 파트너의 은유가 시사하는 것보다 더 간접적일 수 있음을 보여준다. 과학과 기술 간의 더욱 간접적인 교환은 인적자원의 이전, 그리고 도구의 개발과 사용의 형태로 발생할 수 있다. Price(1965)는 오래 전에 이미 과학과 기술 간의 매우 밀접한 상호작용이 신진 과학자가 자신의 분야에서 기록문헌을 읽는 교육의 시기에 발생하고 있음을 보았다. 이후에 그는 ‘도구성’(instrumentalities)의 개념을 추가함으로써 과학-기술 관계에 대한 자신의 모델을 수정했다. 도구성은 자연 혹은 데이터에 무언가를 하는 실험실 방법이다(Price, 1984). 실험자나 발명가가 사용하는 이 기술과 기법은 기초연구와 응용연구를 기술에 연계시킨다. 그는, 반드시 과학 지식시스템의 일부일 필요가 없는, 실험과학의 기술이 실험실의 도구로 사용되는 것으로부터 훨씬 더 넓게 응용되는 것으로 옮겨갈 수 있다고 하였다. 그에 따르면, 모든 종류의 실험실에서 진행되는 실제 작업의 대부분은 어떤 새로운 효과를 가져오는 무엇인가를 하기 위한 새로운 기법을 발견하는 일이며, 나아가 그 기법을 완성하고 확장하는 일이다(Price, 1984).

다른 학자들¹⁾에 비해 Price는 산업계와 학계의 연구소를 구분하지 않는다. 그의 사고에 따르면, 과학적 도구성을 과학에 대한 기술의 주요한 기여의 하나로 볼 수 있다. 이것은 특정 과학분야와 기술분야에서 밀접하게 네트워크된 커뮤니티의 출현을 나타내주는 증거가 거의 없을 것이라는 점을 시사한다. 대신 증거는 오히려 유사한 주제분야를 대상으로 한 별개의 활동 개념을 뒷받침할 가능성이 크다. 유사한 도구 모음 혹은 방법론을 사용하고 더욱 개선시키는 일은 그들이 공유하는 중심적 측면의 하나일 수 있다.

따라서 새로운 분야의 과학기반 혁신은 별개의 과학과 기술 개발자 커뮤니티에서 나오리라고 가정하는 것이 타당한 것으로 보인다. 이들 커뮤니티는 오직 부분적으로만 상호작용한다. 따라서 과학기반 기술은 양방향에서 중요성이 동등한 상호적 기여를 통해 과학과 기술 간의 간격을 뛰어넘는 기술로 이해되어야 할 것이다. 즉, 과학은 기술에 기여자가 되며, 마찬가지로 기술은 과학발전에 중요한 기여자이다.

3. 지식과 정보, 그리고 과학기술 연계

과학과 기술의 관계에 대한 논의는 과학과 기술 간의 지식 교환이 그 성질상 상호적이라는 점을 보여준다. 예를 들어 측정기술은 과학이 자연현상을 더 잘 이해할 수 있도록 해준다. 또한 과학활동은 기술에 유용하게 이용될 수 있는 새로운 능력의 개발원천으로 간주될 수 있다. 새로운 기술적 가능성에 대한 직접적 원천으로서 새로운 지식을 제공하는 일은 기술에 대한 과학의 여러 가

1) Rosenberg(1992)는 다음과 같이 주장하고 있다. 학계의 기초연구로 개발된 도구는 산업계로 광범위하게 이전되었다. 실제 최신 전자분야 제조공장에서 오늘날 목격하고 있는 많은 장비는 대학의 연구소에서 개발된 것이다. 종종 새로운 도구는 대학연구자들이 분명한 재정적 보상전망이 없는 근본적 의문을 밝히려는 노력을 기울일 수 있게 되어 있기 때문에 생겨났다. 주로 대학에서 이루어지는 기초연구는 많은 경우 자신의 내부적 수요를 만족시키고 그 과정에서 큰 외부적 이익을 제공하는 급진적 혁신활동을 자극했다.

지 기여 중 하나이다. 분석자들은 특허내 과학 참고문헌을 추적하여 이를 측정하려고 한다. 특허의 과학문헌 인용이 실제로 기술에 직접적으로 유용한 과학 ‘지식’을 보여주는가, 아니면 단순히 인용된 과학과 인용하는 특허 간 ‘정보’적 연계를 나타내는가에 대한 의문을 제기할 수 있다.

이러한 맥락에서 ‘정보’에 대하여 ‘지식’이라는 용어를 정의하는 일이 유용할 것으로 보인다. 두 개념은 본질적으로 다르다. Fransman(1998)은 지식은 때때로 가공된 정보(processed information)로 간주된다는 점을 지적하고 있는데, 이는 정보로부터 지식으로의 인과관계를 시사한다. 따라서 정보는 지식을 낳을 수 있는 상품으로 인식된다. 그러나 정보가 불완전한 경우와 같이 불확실한 조건에서는 지식과 정보의 인과관계가 역전될 수도 있다. 여기에서 지식은 불완전한 정보를 해석하는 데 사용될 수 있다.

나아가 ‘지식’이라는 용어는 혁신분야 문헌과 인식론적 문헌에서 각기 달리 사용된다. 인식론적 용어로 지식은 일련의 검증된 믿음이며, 반면에 기술연구와 혁신문헌에서의 지식은 흔히 매우 포괄적인 방식으로 이해된다. 또한 숙련기술(skill)이 지식의 암묵적 요소로 포함된다. 밀접하게 관련된 또 다른 개념은 지적자본으로서의 개념으로서, Nahapiet and Ghoshal(1998)은 이를 조직, 지식 커뮤니티 혹은 전문적 관행과 같은 사회적 집단의 지식과 이해능력으로 정의한다. 이들은 인적자본의 개념과 명확히 대비된다는 점에서 이 용어를 채택하였다. 여기에서 인적자본의 개념은 인간이 새로운 방식으로 행동할 수 있게 하는 획득된 지식, 숙련기술, 능력을 포함한다(Coleman, 1988). 따라서 지적자본은 지식과 이해에 기반한 행동을 위한 가치있는 자원이자 능력을 나타낸다.

한편, 지식의 흐름은 기본적으로 정보의 흐름과는 분명히 다르다. 정보흐름은 보내는 사람으로부터 받는 사람으로의 일종의 데이터의 전달, 즉 보내고 전달하는 프로세스로 이해될 수 있다. 지식흐름은 더욱 복잡한 교환 프로세스로서, 메시지, 즉 정보의 이해를 위한 것이다. 이러한 의미에서 지식흐름은 양방향적이다. 송신자와 수신자가 교환되는 정보를 이해할 필요가 있다. 이는 이전의 경험에 기초하여 양쪽을 성찰하는 일이 필요하다. Faulkner and Senker(1995)는 부호화된 지식 또는 명시적 지식이란 부분적 정보만을 전달할 수 있으며, 또한 정보의 적용은 관련된 암묵적 지식과 숙련기술의 전달을 위한 개인적 상호작용을 요구한다고 지적한다. 이것은 특허의 과학문헌 인용을 과학으로부터 기술로의 지식흐름으로 해석할 수 있는지에 대해 의문을 제기한다. 이러한 인용은 과학과 기술 간의 복잡한 상호작용의 단지 한 단면에 대한 부분적 지표로 보인다.

특허의 과학문헌 인용을 해석할 때 지식과 정보의 구분이 과학과 기술의 논의에 중요한 의미가 있음을 염두에 두어야 한다. Nightingale(1998)은 다음과 같이 지적한다. 과학의 산출물을 정보에 근거한 접근방법으로 다루는 것은 암묵적 지식의 중요성을 무시한다. 이것은 정보의 ‘의미’가 그 내부에 여하튼 포함되어 있다고 가정함으로써 그러하다. 이것은 대부분의 기술적 과학문헌의 경우 당해 주제에 정통한 과학자만이 이해할 수 있다는 점에서 분명 그릇된 것이다.

이러한 결론은 특허계량학적 분석과 관련하여 특히 중요하다. 이들 분석은 인용문헌과 피인용문헌 간의 정보흐름을 추적한다. 특허계량학자들은 인용되는 과학정보의 단편에 ‘의미’가 포함되어 있다는 그릇된 가정 아래 데이터를 해석할 수도 있으며, 따라서 지식이 과학에서 기술로 전달되었다고 자동적으로 결론을 내린다. 특허의 과학문헌 인용이 부분적 지표에 불과하다는 점을 감안하면 그러한 인용문헌을 과학이 기술에 기여한 지식으로 해석하지 말고 과학과 기술 간의 상호적 교환 프로세스의 지표로서 해석해야 한다.

III. 과학기술 지식흐름의 다양한 접근

1. 과학과 기술 관계의 시스템 접근

여기에서는 개발자 커뮤니티의 출현이 과학과 기술 기관의 이원적 관계 외에 국가적 하부구조와 같은 다른 요소에 의해 형성된다는 점을 살펴보기로 한다. 이는 과학과 기술 간의 관계에 대한 시스템 접근으로 설명된다.

1) 국가혁신시스템

학습과 지식창출 프로세스는 기업, 대학, 공공 연구센터와 같은 전문조직에서 일어난다. 이들 행위자들은 하나의 시스템을 구성하는 요소들이다. 혁신시스템 측면의 입장은 관계와 상호의존성의 복잡한 네트워크를 통해 이 요소들을 연결한다. 결국 성공적인 지식창출과 학습은 네트워크 내 교환 프로세스가 작동한 결과로 간주된다. 지식의 창출과 축적은 결정적으로 개별 행위자가 얼마나 잘 기능하느냐만이 아니라 하나의 시스템으로 그들이 얼마나 잘 협력하느냐에 달려 있다. 혁신시스템의 접근방법은 흔히 국가의 혁신 대리자 간의 동질성과 연계의 발전을 가져오게 하는 공식적인 국가 규제, R&D에 대한 재정지원, 그리고 그에 따른 지식의 공적 스톡의 중요성을 지적한다 (Nelson, 1988).

이와 관련하여 OECD(1997)는 국가혁신시스템(NIS) 접근방법을 검토했다. NIS 접근방법은 혁신 프로세스의 핵심이 사람, 기업, 조직 간의 기술과 정보의 흐름임을 강조한다. 혁신과 기술진보는 다양한 종류의 지식을 생산, 유통, 적용하는 행위자들 간 관계의 복잡한 집합으로 간주된다. 한 국가의 혁신성과는 대부분 이들 행위자가 사용하는 기술과 함께 지식창출의 집단시스템의 요소로서 이들이 서로를 어떻게 잘 관련시키는가에 주로 달려 있다. 혁신시스템 사고 내의 주요 행위자는 민간기업, 대학, 공공 연구기관, 그리고 이들 조직에서 일하는 개인들이다. 이들 간의 연계는 공동 연구, 개인적 교환, 교차 특허출원, 장비 구매, 그외 다양한 다른 채널 등 여러 형태를 취한다.

국가혁신시스템이 무엇인가에 대해서는 서로 관련된 다양한 정의가 있다. 예를 들어, Freeman (1987)은 NIS를 신기술을 착수, 도입, 수정, 확산하는 활동과 상호작용을 수행하는 공공 및 민간 부문 기관들의 네트워크로 정의하고 있다. 이와 비슷하게 Metcalfe(1995)는 NIS를 신기술의 개발과 확산에 공동으로, 그리고 개별적으로 기여하고, 정부가 혁신 프로세스에 영향을 주는 정책을 만들고 실행하는 기본구조를 제공하는 별개의 기관들의 집합으로 보고 있다. 또한, Lundvall(1992)은 새롭고 경제적으로 유용한 지식의 생산, 확산, 사용에서 상호작용하고, 국가의 경계 안에 위치하거나 자리잡고 있는 요소와 관계로 정의한다.

NIS 접근방법은 국가적 환경과 기반구조가 기술과 개발자 커뮤니티의 발전에 미치는 영향에 초점을 두고 있다. 기술개발은 국가적인 제도와 조직의 구성에 영향을 받는다. 그러나 NIS 개념은 기술개발에 영향을 줄 수 있는 다른 요소를 무시한다. 예를 들어 기술시스템은 이 국가적 요소에 집중하는 것을 뛰어 넘으려는 보다 최근의 개념이다. 두 개념은 매우 밀접하다.

2) 기술시스템

Carlsson and Stankiewicz(1991)는 기술시스템을 특정의 제도적 하부구조 하의 특정 기술분야 내에서 상호작용하며, 기술의 창출, 확산, 활용과 관련된 대리인들의 네트워크로 정의한다. 이 정의는 NIS에 대한 정의와 유사하다. 그러나 기술시스템의 접근방법은 국가가 아니라 부문에 초점을 맞춘다. 기술시스템의 분석은 미시적 단위(기업, 대학, 연구조직 등)와 경제 전 분야 간의 상호의존성을 강조한다. 거시적 환경은, 여러 미시적 단위의 단순한 집합이 아니라, 미시적 관계의 복잡한 네트워크로 본다.

기술시스템의 요소들은 이 복잡한 관계를 반영한다(Carlsson and Jacobsson, 1994). 이들 요소는 미시적 단위 자체, 이들 단위가 운영되는 환경, 그리고 서로 관계되는 방식의 성격을 규정한다. 세 가지 시스템 요소는 다음과 같다. 첫째, 경제적 역량으로서, 이는 신기술과 사업기회를 포착하고 활용하는 능력으로 정의된다. 둘째, 제도로서, 소유제도, 경영관행, 교육단위의 기능, 그리고 정부 정책과 같은 요소로 이해된다. 셋째, 네트워크 및 클러스터이다.

기술시스템의 정의는 국가혁신시스템의 정의와 밀접하다. 두 개념 간의 주된 차이는 시스템 경계이다. 국가혁신시스템은 국가 경계에 기초한다. 그러나 기술시스템은 기술적 차이 혹은 거리가 그 경계를 결정한다. 기술시스템의 경계는 국가 경계와 일치하지 않을 수도 있다. 그것은 국경을 넘을 수 있고, 성질상 매우 지역적일 수도 있다. 이러한 맥락에서 기술시스템은 국가혁신시스템의 하부시스템으로 간주될 수 있다(Keil and Laamanen, 1995). Carlsson and Stankiewicz(1991)는 혁신활동이 점점 더 범세계화 됨에 따라 기술시스템의 국제적 중요성이 커지고 있음을 강조한다. 기술시스템은 국가혁신시스템과는 다른 발전양상을 따를 수 있다(Yli-Renko and Autio, 1996). 그러나 Carlsson and Stankiewicz(1991)는 지식교환이 또한 지리적, 문화적, 정치적 근접성과 같은 국가혁신시스템과 관계될 수 있는 요소들에 따라 달라진다는 점을 부인하지 않는다. 그들은 기술시스템, 지역시스템, 그리고 국가시스템 접근방법 간의 상충관계를 완화하기 위해 시간 차원을 도입한다.

기술시스템의 개념은 기술발전의 정도에 따라 달라질 수 있다. 기술발전의 초기 단계에서는 기반이 되는 과학이 시스템의 틀을 제공할 수 있다. 그러나 기술발전의 후기 단계에서는 유사한 경제적 역량의 존재가 상이한 기술시스템을 구분하는 데 사용될 수 있다(Yli-Renko and Autio, 1996).

Autio and Hameri(1994)는 지역적 맥락의 중요성이 기술이 성숙해짐에 따라 줄어들 것으로 가정한다. 범세계적 맥락의 중요성에 대해서는 그 반대가 적용된다. 이들은 기술시스템을 국가 환경과 완전히 분리된 것으로 볼 수 없으며, 기술지식의 이전가능성이 제한적이기 때문에 진정한 범세계적 시스템은 출현할 가능성이 없다고 주장한다.

Granberg(1996)는 기술시스템의 개념을 시스템 정책 접근방법과 관련시킨다. 여기에서 기술시스템은 세 가지 주요 요소로 구성되는 사회적 실체로 정의된다. 그 첫 번째는 기술 혹은 기술분야로서, 이는 상호 관련된 기술적 문제와 문제 해결책의 복잡한 웹으로 간주될 수 있다. 특정의 해결책은 좁은 개념의 기법으로 획득될 수도 있다. 둘째는 기술의 개발, 확산과 활용에 참여한 행위자들의 집합이며, 셋째는 상이한 행위자들을 연계하는 협력과 교환 관계의 집합이다. 그에 따르면, 기술시스템은 그러한 행위자와 상호관계로 구성되는 네트워크(혹은 보다 전형적으로는 네트워크의 네트워크)이다. 네트워크 연계는 통상의 상품과 서비스의 흐름이라기보다는 지식과 역량의 흐름 측면에서 정의된다. 따라서 기술시스템은 동태적인 지식과 역량의 네트워크로 개념이 지워진다.

2. 경로의존성과 학습기반 접근

1) 지식관리와 경로의존성

Coombs and Hull(1998)은 ‘지식관리’ 분야에서의 기존 연구경향을 두 가지 주요 입장인 진화적론 부류와 관리론적 부류로 구분한다.

첫 번째 부류는 혁신연구에 ‘내부적’인 입장으로서, 기술변화에 대한 진화경제론적 관점에서 ‘혁신연구’의 발견성과를 통합하는 문헌들을 중심으로 한다. 이는 특정의 지식 집합을 기업 내의 공유된 이해체계 내에 체화시킴으로써 안정화시키고, 따라서 독특한 조직의 특징을 갖는 혁신을 창출하기 위해 그 지식을 전개하기 위한 바탕을 제공하는 기업 특정적 관행에 초점을 맞추므로써 지식을 혁신과 연계시킨다. 경로의존성은 진화론적 입장의 중심 개념이다. 그러나 여기에는 ‘강한’ 견해와 ‘약한’ 견해 등 두 가지 접근방식이 있다.

‘강한’ 견해는 경로의존성을 임의의 사건과 수확체증의 산물로 본다(Antonelli, 1998). Liebowitz and Margolis(1995)에 따르면, 경로의존성의 주장은 일부 기술, 제품 혹은 기준의 작거나 순간적인 이점

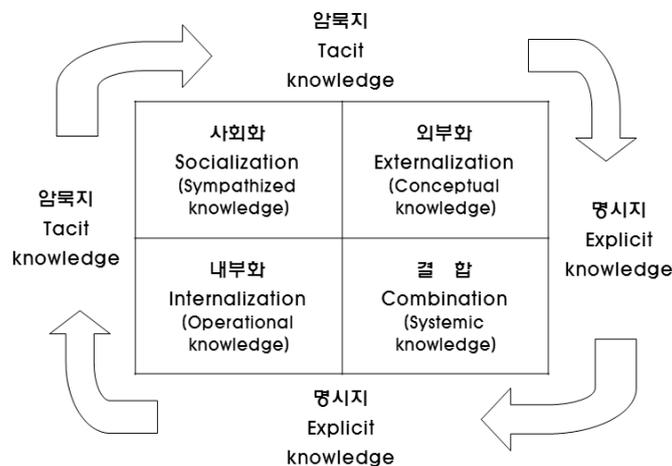
혹은 보잘것없는 우위가 자발적 결정과 개별적인 극대화 행위로 특징지어지는 세상에서조차 자원의 궁극적인 시장배분에 중요하고 돌릴 수 없는 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 이것은 ‘역사적 사건에 의한 고착’(lock-in by historic events)에 이를 수 있다. 중요하지 않은 것으로 보이는 우연한 사건이 기업이 갈 길을 결정한다는 것이다.

한편, ‘약한’ 견해는 기술케적의 효과를 강조한다. 이 견해는 지식축적과 더욱 관련되어 있다(Dosi, 2000). 이 접근방법은 과거에 축적된 지식을 미래의 가능한 경로에 대한 제약으로 본다. 이 개념은 흡수능력의 개념과 유사하다(Cohen and Levintal, 1990). 흡수능력은 조직이 기존의 정보와 지식을 흡수하고 활용하는 능력을 가리킨다. 기업의 흡수능력은 수행하는 R&D 활동의 성질에 크게 좌우되는 것으로 본다. Cohen and Levintal은 R&D의 목적이 기존 지식의 흡수와 활용능력을 강화함에 따라 새로운 정보를 창출하는 것 이상이라고 주장한다. 그들은 인식과학과 행동과학에 대한 과거 연구에 바탕을 두고 R&D가 외부기술의 흡수에 필요한 기능이라고 주장한다. R&D만이 지식의 가치를 인식하고, 따라서 흡수하고 적용하는데 핵심적인 능력을 가지고 있다.

사내 R&D의 기업 지식기반에 대한 기여는 두 가지 측면에서 이루어진다. 즉, 새로운 지식을 창출하는 것과 기업을 학습조직으로 만드는 것이 그것이다. 탐색에 의한 학습(learning-by-searching)은 사내 R&D가 연구의 실행을 통해 새로운 지식을 창출하는 프로세스를 설명한다. Senker(1996)는 Malerba(1992)에 대해 언급하면서 기업의 연구와 기술은 또한 기업의 흡수 및 학습능력을 향상시킨다고 강조한다. 그는 기업 R&D의 가장 중요한 역할 중 하나는 외부환경으로부터 과학과 기술의 발전을 흡수, 활용하기 위한 통로 역할을 하는 것이라고 말한다. 그러나 그는 기존의 지적자본이 이 통로의 효과성을 결정하고 제한하려 하는 경향이 있다고 지적한다. 이러한 지적자본은 R&D 인력이 전문지식을 가지고 있는 과학과 기술 분야에만 국한되는 경향이 있다(Senker, 1996). 이는 다시 말하면 기업이 지향해 가고자 하는 학습과 지식 통합의 경로 혹은 궤적을 강화한다. 여기에 제시된 이 견해는 진화론적 접근방식에 가깝다.

지식관리 문헌에 있어서의 두 번째 부류는 혁신연구와 관리연구 간의 경계에서 진화되어 왔다. 이 견해는 지식이 생산요소로서 점차 중요해짐을 강조한다. 이와 관련된 두 가지 주요 연구는 Nonaka and Takeuchi(1995)와 Leonard-Barton(1995)이다.

Nonaka and Takeuchi는 일본에서의 사례연구에 기초하여 조직이 지식을 창조하는 방법에 대한 모델을 개발했다. 그의 사회화-외부화-결합-내부화의 ‘SECI 모델’에서 기업은 계속하여 지식을 개발하고 변형시킨다. <그림 1>은 이 모델을 개략적으로 보여준다. 먼저, 외부화(externalization) 단계에서 암묵적이고 분명하지 않은 지식이 명시적이고 명확한 형태로 전환된다. 그리고 이 명시적 형태의 지식은 기존의 다른 명확한 지식과 결합(combination)된다. 그 다음으로 이 지식은 개인에 의해 내부화(internalization)되고 조직관행으로 동조화(socialization)된다. SECI 모델에 따르면 암묵적 지식은 초기 지식의 특징과 성질이 근본적으로 변화하는 순환적 변환 프로세스를 거친다.



<그림 1> Nonaka-Takeuchi의 학습 사이클

지식기반 견해의 다른 연구는 Leonard-Barton(1995)이다. 이는 ‘핵심역량’ 전략에 관한 문헌과 더 밀접히 관계된다. 그는 기업의 핵심 기술역량의 필수요소로 간주되는 전체 지식관리 시스템에 초점을 둔다. 그의 연구는 문제해결의 공유, 새로운 기술 프로세스와 도구의 실행과 통합, 실험과 시제품 제작, 기술·시장 지식의 도입과 흡수 등과 같은 핵심적 지식축적 활동에 집중한다.

Coombs and Hull(1998)은 진화론적 견해와 관리론적 견해를 비교하면서 다음과 같이 주장한다. Nonaka and Takeuchi와 Leonard-Barton의 견해는 기업의 개방적인 외부지식 학습과 기업의 급진적 신지식 창출 잠재력의 증대 가능성을 강조한다. 어떤 점에서 이 견해는 경로의존성으로부터 자유롭게 벗어날 가능성이 상대적으로 증가한다는 점을 보여준다. 반대로 진화론적 입장은 기업의 지식기반과 관리관행이 경로의존성을 강화하고 외부지식의 통합속도나 급진적 신지식의 창출을 제한하는 방법을 강조한다. 또한 Coombs and Hull은 진화론적 경제학의 견해와 관리론적 견해가 기본적으로 서로 보완적임을 발견했으며, 한편으로 두 견해가 기업 내에서 가능한 다양성 창출의 정도에 대한 질문에 다른 방향을 취한다고 주장한다.

적어도 부분적으로 진화론적 견해는 경로의존성으로부터 ‘탈피’하려는 경향이 더 강한 Nonaka-Takeuchi(1995)나 Leonard-Barton(1995)의 견해와 상충된다. 이 차이를 중재하는 하나의 개념은 ‘상황’(situation)인데, 이는 경로의존성, 고착, 그리고 역사의 상호관계를 논의하기 위해 Langlois(1998)가 도입했다. 그에 따르면, 모든 경험, 모든 행동은 하나의 맥락, 하나의 상황에서 발생한다. 한편으로 대리인의 상황은 Schütz and Luckmann(1973)이 ‘지식스톡’(stock of knowledge)이라고 부르는 바에 의해 알려져 있다. 다른 한편으로 이 지식스톡은 그 자체가 과거의 상황으로부터 만들어진 것, 즉 과거 상황의 퇴적(sedimentation)이다. 지식스톡은 대리인이 실재를 해석할 수 있게 한다. 어떤 순간의 우리의 행동은 그 상황에 의해 제한되는데, 이는 과거의 상황으로부터 연대기적, 즉 경로의존적으로 형성된 것이다.

2) 지식통합과 조직내 학습

지식관리 분야의 연구는 학습을 포함하거나 적어도 학습과 밀접하게 연결되어 있다. 조직내 학습은 다면적이고 복잡한 프로세스이다(Rifkin and Fulop, 1997). 그것은 단지 관리자가 일상적으로 무엇을 하는지에만 좌우되는 것은 아니며, 조직의 역사와 조직의 상황, 그리고 당해 조직이 정부운영 조직인지 아니면 시장지향적 조직인지 등과 같은 거시적인 요소도 역시 중요하다. 이 복잡성의 결과로 조직내 학습을 다루는 접근방법이 다양하게 존재한다. 가장 잘 알려진 것은 ‘조직학습’(organizational learning)과 ‘학습조직’(learning organization)이다.

(1) 조직학습

조직학습은 흔히 지식통합의 축적과정으로 이해된다. 새로운 지식의 통합과 적용은 조직학습 프로세스의 실질적인 부분으로 간주될 수 있다. Keil and Laamanen(1995)은 조직학습에 대한 문헌을 검토하면서 조직학습의 정의가 다양하다는 점을 발견하였으며, 대부분의 정의에서 학습이 지식의 창조와 전달, 실수의 발견과 수정이라는 점에 동의하고 있음을 지적한다.

Senker(1996)는 지식의 창조와 전달에 초점을 맞추고 상이한 종류의 지식을 조직학습의 유형에 연결시키고 있다. 그는 기업이 혁신과정에서 사용하는 지식의 유형과 원천에 대하여 설명하고 있다. 기업의 지식기반은 외부지식과 내부지식을 모두 포함하고 있다. Senker는 선행 연구(Gibbons and Johnston, 1974; Rothwell, 1977; Pavitt, 1987)를 참조하여 기업들이 혁신과정에서 사용하는 지식의 약 3분의 2가 사내 원천으로부터 나오는 것으로서, 이는 혁신이 대개 적용된 프로세스와 제작된 제품에 대한 기업 특정적이고 축적이 이루어진 기술지식에 기초하기 때문이라는 점을 지적하고 있다.

Senker에 따르면, 이 지식의 많은 부분이 두 형태의 학습, 즉 업무를 통한 학습(learning-by-doing)과 사용을 통한 학습(learning-by-using)으로부터 도출되는데, 이 두 형태의 학습은 모두 디자인과 마케팅을 포함하여 생산과 유통 업무에서의 일상적인 활동과 관련하여 발생한다. 외부의 지식은

공급자나 사용자와의 상호작용(상호작용을 통한 학습)과 산업내 타 기업들의 활동에 대한 모니터링을 통해 습득된다.

(2) 학습조직

Garavan(1997)은 학습조직에 대한 다양한 문헌에 대해 비판적 검토를 수행했다. 그는 두 가지 기본적인 접근방법을 제시했다. 첫째, 학습조직을 하나의 변수, 그리고 조직으로 설계될 수 있고 다른 조직상의 원천에 중대한 영향을 미칠 수 있는 무엇으로 다루는 접근방법, 그리고 둘째, 학습조직을 하나의 조직을 설명하기 위한 은유로 다루고 학습조직을 문화의 특정 변형으로 간주하는 접근방법이 그것이다. 그는 이러한 개념을 매우 난해하다고 비판하면서 기존문헌들이 다양한 입장을 나타내고 있고 학습조직 개념의 중심적 의문은 학습이 관리될 수 있는 것인가의 문제라고 말하고 있다. Garavan(1997)은 이 문제를 추적하여 Pettigrew and Whipp(1991)의 초기연구를 검토하고 있다. 그들은 조직이 학습하는 방식은 흔히 보이지 않고 눈에 띄지 않는 방식으로 획득한 필수적 기술과 지식과 함께 매우 미묘하고 복잡한 프로세스임을 발견했다. 결과적으로 그는 조직이 지식의 창조와 외부세계의 평가를 단순히 기술활동으로 보는 것은 충분하지 않다고 결론을 내리고 있다.

이러한 견해와 더불어 조직이 도대체 자체적으로 학습능력이 있는가라고 하는 보다 근본적인 논의가 있다. 예를 들어 Grant(1996)는 기업을 학습실체로만이 아니라 지식을 통합하는 조직으로 개념화하고 있다. 그의 주된 초점은 기업이 그 구성원의 전문적 지식을 통합하는 조정 메카니즘에 관한 것이다. 그는 '조직지식'의 개념에 의문을 표시하며 그 이유는 오직 개인만이 실제 알고 또 배울 수 있기 때문이라는 것이다. 그는 Simon(1991)의 다음과 같은 주장에 동의하고 있다. 즉, 모든 학습은 개인의 머리 속에서 일어난다. 조직의 학습은 오직 두 가지 방식, 즉 (1) 구성원의 학습을 통하거나, (2) 조직이 이전에 가지고 있지 않던 지식을 가지고 있는 새로운 구성원을 통합함으로써 이루어진다. 이 근본적인 통찰을 무시하면 학습 프로세스의 분석에 심각한 결과가 나올 수 있다. Grant(1996)는 조직을 분석단위로 삼는 것은 구체화의 위험이 따를 뿐더러, 규칙, 절차, 관례, 규범 등을 지식으로 정의함으로써 개인의 상호작용을 통해 '조직지식'이 창조되는 메카니즘에 주의를 기울이지 못하게 되며, 또한 관리자가 어떻게 이들 프로세스에 영향을 줄지에 대한 안내역할을 거의 할 수 없다고 경고하고 있다.

Grant(1996)는 개인의 학습과 관련하여 조직관행이 얼마나 중요한지의 문제를 제시한다. Augsdorfer(1996)는 개인적 주도와 조직관행의 중요성이 수행기능에 따라 변한다는 점을 시사한다. R&D는 보통 가장 관행지향적이 아닌 조직기능으로 인식되므로 강한 개인적 요소가 기대될 수 있다. 개인적 주도는 조직이 특정기술에 얼마나 관련될지를 결정하는 중요한 역할을 할지도 모른다. 그는 이에 대해 개별 구성원의 전문적 접촉을 통해 조직을 연계하는 네트워크의 중요성을 지적한다. 이들 전문적 네트워크와 이들 네트워크가 지식통합에 영향을 주는 방식은 주목할 가치가 크다.

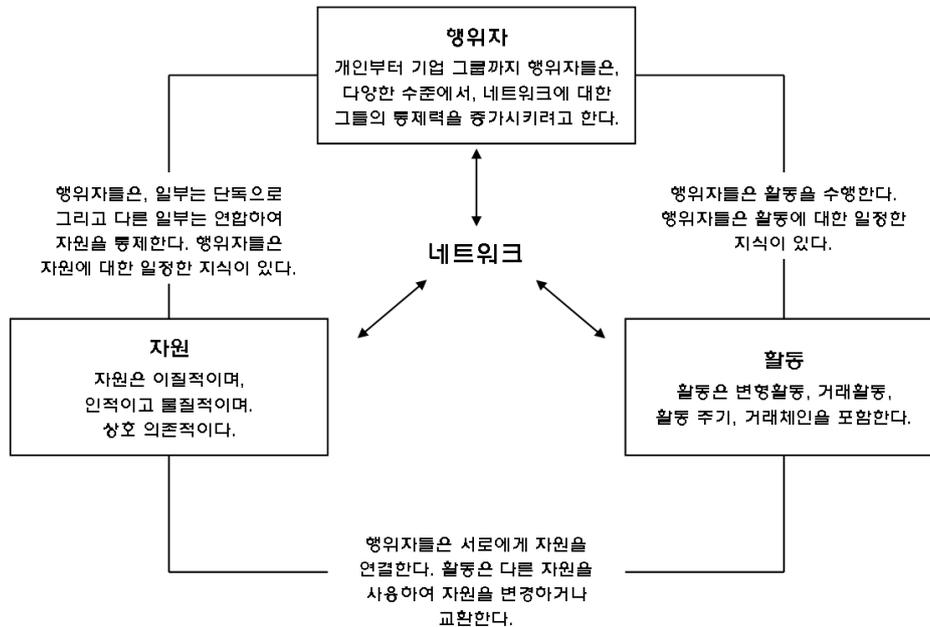
3. 과학기술의 네트워크와 사회자본 접근

1) 과학기술의 네트워크 접근방법

앞에서 기술시스템의 필수요소로서 또는 조직학습의 중요요소로서 네트워크의 중요성을 언급했다. 여기에서는 두 가지 네트워크 접근방법을 보다 상세히 논의한다. 우선 경제학 관련 접근방법을 소개하고, 다음으로 과학과 기술 연구에서 가장 일반적인 네트워크 개념인 행위자 네트워크 이론(actor network theory: ANT)을 검토한다.

Håkansson(1989)은 기업연구에 네트워크 개념을 적용한 최초의 경제학자에 속한다. <그림 2>는 그의 네트워크 모델을 개략적으로 보여준다. Håkansson의 개념화에는 네트워크 구조를 구성하는 세 부류의 상호 연계된 변수인 행위자, 자원, 그리고 활동이 포함된다. 네트워크는 개인으로부터

그룹에 이르기까지 여러 수준의 행위자들로 구성되며, 이들은 활동을 수행하고 관리하며 자원을 통제한다. 행위자들은 자원과 활동에 대해 불완전한 정보를 갖고 있다. 자원은 물적, 재무적, 또는 인적일 수 있다는 점에서 이질적이며, 상호 의존적이다. 그리고 활동은 자원을 연계시킨다. 이 모델에서 활동은 그것을 통해 자원이 교환(예를 들어 판매)되거나, 다른 자원을 사용하여 추가로 처리가 이루어지는 것을 의미한다. 활동은 변형활동, 거래활동, 활동주기, 거래체인 등을 포함한다.



<그림 2> Håkansson의 네트워크 모델

Yli-Renko and Autio(1996)는 혁신 네트워크의 출현과 특성에 영향을 주는 일련의 선행적인 변수들을 제시하고 있다. 특히, 다음의 변수들에 주목하고 있다. 첫째, 보완적 자산(complementary assets)으로서, 새로운 지식은 흔히 기존 지식집단의 경계지역에서 기업특정적, 암묵적, 독점적 지식의 형태로 창출된다. 둘째, 학습 프로세스(learning process)로서, 암묵적 지식의 교환이 일어나려면 상당히 밀접한 접촉과 개인화된 관계를 필요로 한다. 셋째, 속도(speed)로서, 경제적 불안정성과 기술적 불확실성으로 제휴의 시간적 이점이 점점 더 중요해진다. 넷째, 자원의 집합(resource pooling)으로서, 전문화의 증가와 높은 R&D 비용으로 인해 다른 기업과 자원을 합쳐야 한다. 다섯째, 유연성(flexibility)으로서, 조직의 배치뿐만 아니라 기업의 산출물도 바꾸는 능력이 네트워크의 주요 특징으로 나타난다. 여섯째, 호혜성(reciprocity)으로서, 충분한 신뢰와 호혜성의 존재가 네트워크 형성에 필요조건이다. 일곱째, 지원(support)으로서, 보통 기술의 참신함이 그것이 창출하는 지원과 관련하여 평가된다. ‘보완적 자산’이나 ‘자원의 집합’과 같은 대부분의 변수는 기술궤적과 경로의존성의 개념에 연관될 수 있다. ‘호혜성’ 같은 요소는 조정과정을 거침으로써 적어도 이들 개념과 동질적이 된다. 신뢰는 즉시적으로 창출할 수 있는 현상이 아니며 오랜 기간 지속된 관계의 결과이다. 이들 관계는 조직이나 개인의 주요 활동과 보통 밀접한 관계가 있는 특정 분야에서 발생할 가능성이 크다. 이것은 다시 경로의존성의 사례가 된다.

경로의존성은 네트워크가 반드시 기업의 핵심분야에서만 일어난다는 것을 의미하지는 않는다. 네트워크 활동은 또한 지식생산 프로세스가 점점 분리되어 가는 현상의 결과로 이해되어야 한다. 전문화의 세 가지 보완적 형태는 학문적, 기능적, 그리고 제도적 형태 등 각각 별도로 동시에 발전해왔다(Pavitt and Steinmueller, 2001). 지식의 전문화 증가는 어떻게 혁신 네트워크가 출현하는지를 결정할 것으로 보인다. Brusoni et al.(2000)은 고도로 전문화된 지식집합체의 증가가 밀접하게 연결된 조정 프로세스의 효과성을 저해한다고 말하고 있다. 이는 기업은 물론 다른 조직들도 내부 R&D

와 계약을 통한 협력 R&D의 결합에 점점 더 의존하게 만든다(Grandstrand et al., 1997; Langlois, 1992). 기업은 공급자나 대학과 같은 독립적인 외부원천과의 관계를 유지하는데, 이는 기술에서의 변화를 감지할 수 있게 하며, 이는 이들 기업이 사업을 수행하는 영역에서만 반드시 그러한 것이 아니다. 이 ‘느슨한 연계’(loose coupling)의 개념은 조직이 핵심적인 관계의 네트워크뿐만 아니라 적어도 각각의 기술계적에 일부 연관되어 있는, 더 폭넓고 다양한 외부적 지식관계를 유지함을 시사한다(Pisano, 1990). 사실 네트워크 접근방법은 사회심리학 분야에서 연유했으며, 여러 분야에 영향을 주었다. 행위자 네트워크 이론(ANT)은 과학과 기술 연구에서 가장 특징적인 사회학적 접근방법이다. ANT의 핵심에는 신기술의 창출이 그 개발을 지원하기 위한 안정적인 사회기술적 행위소(즉, 행위자와 인공물) 네트워크의 형성에 좌우된다는 생각이 있다. Singleton and Michael(1993)은 행위자 네트워크의 견해가 세 가지 사고에 의존한다고 설명하고 있다. 첫째, 일반화된 불가지론(generalized agnosticism)으로서, 행위자가 어떤 논란에 관여하든 관계없는 분석적 불편부당성을 말한다. 둘째, 일반화된 대칭성(generalized symmetry)으로서, 행위자의 관점을 이해하기 위한 추상적이고 중립적인 용어를 사용하는 것으로 말한다. 셋째, 자유로운 연합(free association)으로서, 사회적인 것, 자연적인 것, 그리고 기술적인 것 간의 선험적 구분을 거부하는 것을 말한다.

ANT는 사회구성주의자 접근방법과 관련이 있다. 새로운 기술사회학 내에서 가장 영향력 있는 접근방법 중 하나는 Bijker(1987)의 기술의 사회적 구성론(Social Construction of Technology: SCOT) 접근방법이다(Martin, 1998). ANT와 더불어 SCOT는 기술발전의 사회적 형성을 강조한다. 기술의 최종적인 형태로서 특정 디자인의 출현에 관련된 핵심적 요소는 기술선택 프로세스란 결국 사회학적으로 설명해야 할 프로세스라는 것이다. 초기에는 기술적인 면에서 근본적으로 다르지만 공존하는 여러 유형의 디자인이 존재한다. 기술적인 논리나 효율성의 관점 등 그 어느 것도 어떤 특정 디자인이 최종 형태의 기술로 등장할지를 결정하지 못한다. 그 대신 인공물에 의미를 부여하거나 문제를 정의하는 특정의 사회적 집단이 어떤 것이 의미가 있는 문제들인지를 결정한다. 문제를 제기하는 사회집단이 존재할 경우에만 문제가 존재한다(Pinch and Bijker, 1987).

그러나 SCOT은 몇 가지 이유로 비판을 받고 있다. 그 중 하나는 역사가 별로 중요하지 않다는 태도이다. SCOT은 행위자가 자신의 과거 이력을 가지고 있지 않고 아무런 제약 없이 행동할 수 있는 세상을 가정한다. 인공물에 대한 다양한 디자인의 가능성에는 제한이 없는 것으로 보인다. 또한 SCOT은 다음과 같은 점에서 비판받는다. 즉, 과학과 기술 간의 분명한 선험적 구분을 거부하는 것으로서, 이는 과학지식 사회학(sociology of scientific knowledge: SSK) 내에서 사용되는 이론적 원칙과 방법론이 상대적으로 문제가 없이 기술에 적용되게 하며, 또 과학과 기술 모두가 하나의 통합된 사회구성주의자 프레임워크 내에서 검토될 수 있게 한다(Martin, 1998).

2) 지식창출과 사회자본

여기에서는 지식창출에 대한 논의에서 사회적 요인을 강조하는 입장의 사회자본 개념을 살펴보기로 한다. 사회자본은 네트워킹과 밀접하게 연관된다. 사회자본은 시간이 가면서 발전하며 그러한 커뮤니티의 신뢰, 협동, 집단행동의 기초를 제공한다(Nahapiet and Ghoshal, 1998). 사회자본에 대한 문헌은 근래 급격하게 증가하였다. 그러나 그와 같은 ‘다양한 궤적’(Healy et al., 1999)이 사회자본에 대한 매우 상이한 정의를 가져오게 되었다. 예를 들어 Bourdieu(1977)는 ‘축적된 사회자본’(accumulated social capital)이라는 개념을 제시하면서, 물질적 자본과 ‘표상적’(혹은 ‘문화적’) 자본 모두를 아우르는, 사회자본에 대한 포괄적 이해를 가지고 있다. Fukuyama(1995)는 사회자본을 문화와 동일시하며, Coleman(1988)은 사회자본을 인적자본과 대비한다.

본고의 목적에 비추어 보면 전략관리와 공공정책 분야의 사회자본 연구문헌들이 가장 관련성이 크다. Putnam(1993)의 정의가 이 두 분야에서 가장 많이 인용되는 것 중 하나이다. 그는 사회자본이 호혜성의 규범과 시민참여의 네트워크 형태를 취한다고 보면서, 이는 신뢰, 규범, 네트워크와 같은 사회조직의 특징을 지칭하는 것이며, 이는 조절된 행동을 용이하게 함으로써 사회의 효율성

을 개선할 수 있다고 하면서 사회자본을 자산스톡으로 정의한다.

전략관리 분야의 문헌에서 Nahapiet and Ghoshal(1998)은 사회자본 개념과 가장 빈번하게 관련되는 학자들이다. 그들은 사회자본의 세 가지 상이한 차원을 구분한다. 첫째, 구조적 차원으로서, 네트워크 연계, 네트워크 구성, 적절한 조직으로 구성된다. 둘째, 인식론적 차원으로서, 공유되는 담화를 포함하여 공유되는 부호와 언어로 구성된다. 셋째, 관계적 차원으로서, 신뢰, 규범, 의무, 식별을 포함한다. 이들은 다른 형식의 사회자본이 지적자본의 창출에 어떻게 기여하는지를 조사하기 위해 지식활용을 포기하기로 한다. 이를 위해 그들은 조직지식에 초점을 맞추는 Nelson and Winter(1982)의 입장을 채택한다. 그들은 또한 사회적 그리고 맥락적으로 체화된 형식의 지식과 이해의 중요성을 개인들로 구성된 집단의 단순한 지식집합과는 다른 가치의 원천으로 인정한다.

Ghoshal et al.(2000)에 따르면 새로운 자원과 함께 지식은 두 가지 일반 프로세스인 결합과 교환을 통해 창출된다고 지적한다. 그러나 그들은 다른 지식창출 프로세스가 있을 수 있는 가능성을 배제하지는 않는다. 이들은 자원의 교환과 결합을 위한 네 가지 조건을 제시하고 있다. 첫째, 접근(access)으로서, 결합이나 교환을 실행할 기회가 존재해야 한다. 둘째, 기대(anticipation)로서, 당사자들은 자원의 결합과 교환이 가치를 창조할 것이라고 기대해야 한다. 셋째, 동기부여(motivation)로서, 관련 당사자들은 지식의 교환과 결합을 위한 개입이 가치가 있을 것이라고 느껴야 한다. 넷째, 결합능력(combination capability)으로서, 지식의 교환과 결합의 기회가 있고, 이들 기회가 가치 있게 느껴지며, 당사자가 해당 교환과 결합을 하도록 동기부여가 되는 경우라고 하더라도 정보 혹은 경험을 결합할 수 있는 능력이 있어야 한다.

Nahapiet and Ghoshal(1998)은 사회자본은 새로운 지적자본의 창출을 용이하게 하고, 조직은 제도적 조건으로서 높은 수준의 사회자본의 개발에 도움이 되며, 기업이 특정 한계 내에서 사회자본의 창출과 공유에 있어 시장보다 일정 수준 우위에 있는 것은 더 조밀한 사회자본을 갖고 있기 때문이라는 점을 제시하고 있다.

Fountain(1998)은 정책의 맥락에서 사회자본의 개념을 소개하고 있다. 그 역시 사회자본에 대한 Putnam(1993)의 이해를 채택하여 정책적 수단과 사회자본 개발의 상관관계를 검토하고 있다. Advanced Technology Program(ATP)²⁾이 사회자본의 구축에 미친 영향을 조사하면서 그는 새로운 기술의 개발은 폭넓은 분야의 다자간 협동으로부터 나오는 경향이 커지고 있다고 주장한다. ATP 수혜자들을 대상으로 조사한 바에 따르면, 이들은 전문적 지식을 모아 공유함으로써 생긴 창조적 사고의 자극이 협동의 가장 큰 이점이라고 '압도적으로' 응답했다. 기업들 또한 제품을 더 빨리 사업화하고 시간을 절약할 수 있는 능력에 가치를 부여하고 있다. 그의 분석은 주로 사회자본을 정책수단의 주요한 결과로 다룬다.

여기에서 개략적으로 소개된 개념은 '사회적'인 것과 관련되는 많은 연구들에 기여했다. 이러한 점으로 인해 오해가 생길 수도 있다. 사회자본 개념의 지지자들은 사회자본이 지적자본의 창출을 용이하게 한다고 주장함으로써 기술적 혹은 부문적 결정요인들을 네트워크 형성의 주요 요인으로 보는 연구자들로부터 비판을 불러일으킬 수도 있다. 사회적 측면을 강하게 강조하는 것은 사회자본 접근방법을 지식창출에 대한 일방적인 설명을 제시하는 모델로 잘못 인식하게 할 수 있다.

다른 한편으로 Nahapiet and Ghoshal(1998)이나 Fountain(1998)은 모두 사회자본이 유망한 발명을 사업화 하려는 조직의 개발이나 개인의 노력에 미치는 영향을 검토하지 못하였다. 다른 분야에서 전문성을 가진 행위자와의 연계성 부족은 발명의 추가적인 개발에 상당한 영향을 줄 수 있으며, 따라서 새로운 기술이 출현하는 형태와 정도에 중대한 영향을 미친다. 예를 들어 관련업계 혹은 금융업계와의 개인적 연계의 부족은 학계 전문가가 자신의 연구결과를 사업화 하고자 할 때 그 제약요인이 될 수 있다.

2) ATP는 미국 상무부 산하 국립기술표준원(NIST: National Institute of Standards and Technology)에서 지원하는 프로그램으로서 산업의 기술경쟁력 강화를 위한 목적으로 1997년부터 2007년까지 실질적인 지원사업이 시행되었다. 기초연구와 제품개발의 중간에 놓여있는 경쟁 전단계의 위험이 큰 기술 가운데 그 상업적 잠재력이 기대되는 기술을 대상으로 하였다.

IV. 과학기술 지식흐름과 특허인용의 해석

1. 특허의 과학문헌 인용의 해석관점

1) 특허인용과 과학-기술의 정의

특허의 표제면에 인용된 과학논문이 발명(기술)의 과학의존도를 나타내는지에 대한 문제가 계량 정보학적 연구에서 광범위하게 논의되고 있다. Rabecharisoa(1992)는 이 주제를 다룬 연구결과가 다양함을 지적하고 있다. 논의들은 과학과 기술의 관계를 확인하고 설명하는 문제에 초점을 두고 있다. 과학과 기술의 관계를 설명하기 위해 인용 연구는 보통 특허에 인용된 비특허문헌(Non-Patent Reference: NPR)을 통해 연계관계를 설정한다. 이는 특허가 기술을 대표하고 과학논문과 인용은 과학을 대표하는 것으로 간주됨을 의미한다.

전통적으로 기업들은 연구결과를 논문으로 발표하기보다는 특허를 더 많이 내는데 반해 대학 연구자들은 특허를 내기보다 논문을 더 많이 발표한다. Pavitt(1998a)에 따르면 기업이 총 특허의 80%를 차지하였으며, 나머지 20%의 대부분은 작은 회사 소유자인 개인에게 부여되었다.

연구논문의 경우 Hicks(1995)는 학계 연구자들이 산업계 연구자들보다 더 많이 발표한다는 사실을 확인했다. 학계가 대부분의 과학논문을 발표하고 산업계가 대부분의 특허를 차지하고 있는 상황에서 학계를 과학에, 그리고 산업계를 기술에 관련시키는 경향은 당연하다고 할 수 있다. 이것은 과학과 기술이 조직적으로 정의된다는 인상을 줄 수 있다. 이러한 패턴으로 인해 인용 연구가 과학과 기술의 정의에 준조직적 정의를 채택한다고 말할 수도 있다.

2) 선형적 시각과 이분적 시각

특허인용의 의미는 선형적 모델(linear model)과 이분적 모델(two-branched model) 측면에서 살펴볼 수 있다. 사실 기존 문헌들은 특허 인용연계에 대한 해석에 분명한 해답을 제공하지 못하고 있다고 할 수 있다. 오랜 동안 특허인용 분석자들은 선형적 방식으로 인용 연계관계를 해석한 것으로 보인다. 그들은 오해를 불러올 ‘과학의존도’와 같은 용어를 사용했다(Carpenter and Narin, 1983). 또한 그들은 특허에 인용된 과학논문의 수를 산업적 측면에서는 아니라고 하더라도, 기술적 의미에서 기초연구의 유용성의 지표로 간주한 것으로 보인다.

Meyer-Krahmer and Schmoch(1997)은 ‘양방향’ 상호작용 모델이 특히 과학기반 기술분야에서 산업계와 대학이 어떻게 연결되는지에 대해 보다 현실적인 설명을 제공하므로 더 적절하다고 주장한다. 사실 과학과 기술은 별개이며 독자적 영역이지만 서로 밀접하게 상호작용하는 실체이다.

이러한 아이디어는 Rip(1986)이 제시한 혁신의 이분적 모델에 나타난다. 그 출발점은 경험적 혹은 준경험적 발견으로서, 개발활동(exploitation)과 탐구활동(exploration)이 그곳에서 갈라져 나온다. 후자는 과학적 연구를 통해 이루어지고 합리화 과정으로 이해할 수 있다. 즉, 탐구활동으로부터 도출된 통찰은 개발활동을 돕거나 개선하기 위해 요구될 수도 있으며, 원형의 변형이라고 부를 수 있는 활동이다.

과학과 기술 간의 선형적 분석과 이분적 접근방법의 차이는 다음과 같이 설명될 수 있다. 기초연구, 혹은 과학은 수많은 과학논문을 생산하며, 기술은 특허로서 구체화된다. 선형적 분석에서는 특허에 인용되는 과학논문 수의 증가가 한편으로 과학 분야 간의 관계를 강화하고, 다른 한편으로 기술 분야 간의 관계를 또한 강화한다. 이분적 접근방법에서는 선형적 분석에서의 과학과 기술 간의 이러한 단순화된 해석을 과학논문과 특허 간의 보다 복잡한 시각과 비교한다. 이러한 시각은 과학과 기술 간의 상호적인 교환을 주장하는 Rip(1986)의 모델과 부합한다.

특허 인용에 대한 이와 같은 상이한 시각은 특정의 특허와 이들 특허가 인용하고 있는 과학논문 간의 직접적이고, 과학추동적인 연결을 보여주는 것이 가능한지에 대한 의문을 제기한다. 특허 인

용과 학술문헌의 인용은 서로 다른 두 개의 상이한 과정이라고 할 수 있다. 그 한 가지 이유는 저자란 인용자 중의 한 사람일 뿐이며 반드시 가장 중요한 인용자라고 볼 수만은 없기 때문이다. 심사관은 특허 인용 프로세스에 지대한 영향을 준다. 이들은 인용되는 문서의 선택에 개입하는 조정자로서의 기능을 갖는다. 발명 프로세스에 국외자인 제3자가 참고문헌을 선택한다면 인용 연계관계 해석에 대한 당면 문제는 특허 인용이 어느 정도까지 특허화된 발명에 대한 기초연구의 실제적인 기여를 반영하는가 하는 것이다. 특정 과학논문과 특정 특허 간의 직접적인 연계를 도출하는 것이 과연 가능한가 하는 것이다.

결국 특허와 인용된 논문 간의 직접적인 관계가 간혹 목격될 수 있지만 많은 경우에 과학과 기술 간에는 고도로 조정된 관계(highly mediated relationship)가 존재할 뿐일 수 있다는 문제가 제기된다. 개별 특허에 대하여 보다 엄밀한 검토를 수행할 경우 이 문제에 대한 적절한 판단이 가능하게 될 것이다. 특히 특허 표제면에 왜 연구논문이 인용되는지에 대한 이유는 분석자가 특허 인용을 과학과 기술 간의 직접적이고 인과적 연계로 해석할 수 있는지를 밝혀줄 것이다.

2. 특허의 과학논문 인용의 역할

인용연구는 대부분 심사관이 선택하는 특허 표제면의 참고문헌에 의존한다. 이들 자료는 계량서지학자들이 대규모 데이터베이스에서 접근할 수 있는 유일한 종류이다(Schmoch, 1993). Narin et al. (1997)도 역시 특허 표제면의 참고문헌이 가장 중요하다고 보기 때문에 특허본문 내의 참고문헌에 대한 해석은 생략하고 있다. 이들 인용은 심사관이 특허의 신규성을 평가하는데 사용하므로 매우 중요하다.³⁾ 특허에서의 과학논문 인용의 역할에 대한 상세한 조사는 Narin 등의 계량정보학자들의 연구결과와 특정의 특허인용이 갖는 기능을 보다 더 잘 이해하기 위해 필요하다. Narin 등은 미국 특허의 표제면에 있는 비특허문헌(NPR)을 이용한다. NPR은 다양한 비특허문헌, 즉 과학연구논문, 기술논문, 학술대회 발표자료, 교과서, 특허공보 자료, 초록 서비스 자료 등을 포함한다.⁴⁾

1) 법적 문서로서의 특허

특허는 법적 문서이다. 따라서 특허에서의 문헌인용의 역할은 학술논문에서의 인용과는 다르다. Campbell and Nieves(1979)는 특정의 법적 역할로 인해 특허에서의 문헌인용은 학술지 논문에서의 인용보다 훨씬 더 신중하게 선택되는 경향이 있다고 주장한다.

그럼에도 불구하고 심사관이 수행하는 인용의 질은 비판을 받고 있다. 즉, 특허내 인용이 학술지 논문에서의 참고문헌보다 관련성이 적을 가능성이 낮을 것이라는 사실에도 불구하고 Collins and Wyatt(1988)는 여전히 일부 문제가 있음을 지적하고 있다. 즉, 심사관들은 특정의 좁은 분야만을 이해하며 폭넓은 문헌에는 상대적으로 익숙치 않다. 따라서 그들은 학술지 문헌들을 일차적인 형태 대신에 이차적 형식(즉, 초록 형식)으로 사용한다.

심사관의 이러한 인용방식⁵⁾과 이에 따라 발생하는 표제면 상의 NPR에 대한 불규칙한 성질은 일

3) Narin et al.(1997)은 표제면과 본문 내 참고문헌 간의 매우 높은 유사성을 가정한다. 이 가정은 참고한 과학문헌의 대략 절반 가량이 표제면에 나타난다는 Narin and Olivastro(1988)의 연구에 근거하고 있다.

4) 모든 특허가 비특허문헌을 인용하는 것은 아니며, 오히려 일부 특허가 해당된다고 할 수 있다. 예를 들어 노르웨이의 지식기반에 대한 연구를 수행한 Iverson(1998)에 따르면, 노르웨이에서 출원한 미국 특허 중 NPR을 포함하는 경우는 30%에 불과하다. 또한 한국인이 미국특허청에 출원하여 1990년부터 2004년 기간 중에 등록된 특허를 대상으로 한국특허의 과학지식 기반에 대하여 연구를 수행한 박현우 외(2011)에 따르면, NPR을 포함한 경우는 21.8%로 나타나며, 2000년대 후반에 등록된 특허를 추가로 반영할 경우 이 수치는 29.3%로 나타난다. 이것은 특허청에 축적되어 있는 선행기술 조사의 참고문헌이 압도적으로 특허문헌이라는 사실에 기인한다. 한편, 독일 특허청의 선행기술 조사내용에서도 비특허문헌은 단지 10%에 불과한 것으로 나타나고 있다. 결과적으로 심사관의 공식적인 조사는 특허문헌이 주를 이루고 있다고 할 수 있다.

5) Collins and Wyatt(1988)는 심사관들이 자신들이 인용하는 문서를 실제로 읽지 않은 경우가 많았다는 서지학적 오류가 우연히도 반복되고 있다는 사실을 관찰하여 이러한 결론을 내리고 있다. 심사관들이 일련의

부 과학계량학자들로 하여금 이들 논문이 각각의 특허에 제시되어 있는 기술의 과학적 기반을 보여준다는 가정에 의문을 갖게 만들었다(Van Vianen et al., 1990). 그러나 Narin et al.(1997)은 과거 수년간에 걸친 NPR의 극적인 증가를 주목하고 있다. Narin and Noma(1985)는 1980년대 초기에 심사관들이 특허의 표제면에 점점 더 많은 수의 참고문헌을 기술하여 왔으며, 특허출원인들이 특허에 관련된 모든 참고문헌에 대해 당해 특허 심사관에게 세심하게 알려줄 것을 요구해 왔음을 1980년대 중반에 이미 지적하였다.

또 다른 인용연구에 대한 비판은 인용의 다양한 형태와 빈도와 관련되어 있다. Schmoch(1993)의 조사에 의하면 심사관 인용의 8%만이 발명자로부터 연유한다고 한다.6) 따라서 비특허문헌을 인용하는 배후의 동기를 상세히 검토해야 할 필요가 있다.

2) 비특허문헌의 배후동기

인터뷰 조사를 통해 선행기술 조사보고서에 비특허문헌을 포함시키는 이유를 파악할 수 있다(Grupp and Schmoch, 1992; Schmoch, 1993). <표 2>는 비특허문헌을 포함시키는 다양한 동기를 제시하고 있으며, 이들 동기가 과학연계에 대한 판단을 하는 데 어느 정도 사용가능한지를 평가한다.

<표 2> 비특허문헌의 인용동기

동 기	과학연계
1. 선행기술은 아직 특허로 등록되지 않았다. 따라서 심사관은 특허출원의 기술적 진보사항을 과학문헌에 연관시킨다.	○
2. 특허로 등록될 수 없는 연구결과의 인용(예, 공식, 가설, 발견 등)	△
3. 특정 기술분야에서 급속한 발전으로 인해 비특허 문헌만이 존재	△
4. 자기회사가 발간하는 잡지 혹은 공보에 발표된 발명	X
5. 특허 초록 서비스의 인용(일본어 또한 화학분야 특허용)	X
6. 발명성이 부족하여 관련특허가 없는 단순 사실의 인용	X

자료: Grupp and Schmoch (1992), 73-128; Schmoch (1993), 193-211.

Grupp and Schmoch(1992)은 특정 기술분야의 과학에 대한 의존성을 나타내기 위한 인용연구를 위해 여러 동기들이 어느 정도까지 관련되는지에 대한 질문을 던지고 있다. 이 표에서 6은 분명히 과학과 상관없다. 5도 초록 형태로만 존재하는 특허를 참고하는 것이므로 관련이 없다. 4는 특허화 될 만큼 중요한 것으로 보이지 않은 경우에 해당한다. 다만 이 경우 경쟁기업 등이 동일 주제에 대해 특허출원을 하지 못하게 해야 한다. 회사내의 사보나 공보 등에 발표된 자료는 특허와 유사하다. 이 경우 각 인용은 특허 참고문헌과 성격이 거의 유사하다. 2와 3은, 반드시 그렇지 않지만, 과학집약적 분야에 관련될 수 있으며, 1은 ‘과학연계’의 전통적 상황을 반영한다. 그러나 여기에서도 그 해석에 있어서 다음과 같이 주의를 필요로 하고 있다. 즉, 모든 간행물이 기초연구의 참고문헌으로 동등하지 않다는 점에 주의해야 한다. 간행물은 과학단체가 발행했을 때만 ‘과학적’으로 간주된다. 기술단체에 의한 간행물은 다른 말로하면 응용연구의 분야를 반영한다.

그러나 기술잡지도 기초연구 결과를 포함할 수 있다. 여러 동기의 중요성에 대한 정량적 데이터의 부족을 감안하면 과학-기술 연계의 지표로서 비특허문헌 인용자료를 사용할 때 그 해석을 신중히 해야 한다고 할 수 있다.

동일한 인용문헌들을 몇몇 다른 특허들에 사용했음을 발견함에 따라 관련성에 근거하기보다는 기계적으로 인용하는 경향이 일부 존재한다는 사실도 파악했으며, 일부 인용은 직접적인 관련성보다는 심사관이 부지런히 탐색했음을 보여주기 위해 포함된 것으로 추정하고 있다. 또한 국가적인 맹목적 애국주의도 심사관과 특허출원인의 인용행태에서 존재함을 관찰했다.

6) 인용의 형태에 대한 Schmoch(1993)의 조사결과는 특허문헌의 인용에만 관계된다. 비특허문헌에는 다양한 형태가 포함되지만 관련 데이터베이스의 한계로 인해 동일한 방식으로 NPR을 자동으로 분석할 수 없다.

3) 특허인용과 과학-기술 연계관계

앞에서 소개된 모든 비판이 Narin et al.(1997)의 연구에 영향을 주는 것은 아니다. 그들의 연구가 미국 특허의 표제면에 인용되어 나열되어 있는 비특허 참고문헌의 분석에 기초하고 있긴 하지만 그들은 참고문헌의 전부를 사용하지 않는다. Narin et al.(1997)은 NPR 데이터를 몇 단계로 표준화했다.7) 이 과정에서 과학 연관성이 없고 앞의 과학문헌 인용동기에 따른 관련성이 없는 인용문헌이 제거되었다.

그러나 특허에서 과학 연구논문의 인용이 만드는 연계는 고도로 조정된 성격을 가지고 있다. 저자들은 선행기술이나 클레임 관계라는 측면에서 ‘과학연계’(science link)라는 용어를 사용한다. 그러나 이 방식의 지지자가 기술의 ‘과학의존’(science dependence) 혹은 ‘과학기반’(science base)과 같은 용어를 사용하면 그들의 독자는 이 조정된 관계에 대해 지나치게 단순화된 개념을 가질 수 있게 된다. Narin et al.(1997)은 공공부문의 과학을 고도의 기술과 경제성장의 기반이 되는 ‘추진력’으로 보고 있다. 그들은 특허 인용분석이 그 추진력의 방향에 대한 정량적 증거를 제공한다고 주장한다. 그러나 개별 발명을 보고 그런 관계를 설정할 수 있을 것인가, 그리고 과학은 기술을 추동하는가에 대한 의문이 제기된다.

Narin et al.(1997)은 그들의 데이터가 오직 부호화된 지식내의 연계관계를 측정한다고 지적한다. 혁신과 기술변화 분야의 일부 학자들(Howells, 1996; David, 1993; Pavitt, 1987; Rosenberg, 1990; Arora, 1991)은 기술지식에서 암묵적 요소의 중요성을 강조해 왔으며, 과학논문에 포함된 정보는 당해기술을 실행하기에 충분치 않은 경우가 많다는 점을 강조해 왔다. 이는 과학과 기술 간에는 다양한 형태의 연계가 존재함을 의미한다. 실제 상황에서 과학과 기술 간에 다방면에 걸친 상호교환적 프로세스를 기대할 수 있다. 만일 지식교환에 대한 다양하고 쌍방향적인 사례들이 존재한다면 NPR 인용 데이터로부터 지식흐름의 방향에 대해 어떤 결론을 도출할지를 신중히 결정해야 한다.

V. 논의의 종합과 향후 과제

1. 논의의 종합과 연구과제

과학기술 지식흐름 분야의 기존 연구문헌을 검토한 바에 따르면 여러 가지 문제가 충분히 다루어지지 않은 채 여전히 논란의 대상이 되고 있다는 사실을 보여준다. 여기에서는 지금까지의 주요 검토결과를 요약하고, 그것으로부터 과학기술 지식흐름 연구를 위한 주요 과제를 도출한다.

이 주제는 과학과 기술을 지식의 두 가지 다른 실체로 규정하는 활동기반 이해방식을 채택한다. 즉, 과학은 이해의 실체이며 기술은 실행의 실체이다. Price(1965) 이후 과학과 기술은 독자적 인식 시스템 혹은 별도의 누적구조로 간주된다. 그러나 그가 그 둘 간의 약하고 교차적인 상호작용을 발견한 반면 생명공학과 같은 과학기반 분야의 최신 특허계량분석 연구는 과학과 기술의 융합을 제시한다. 이는 특정 분야의 과학과 기술 간에 어느 정도의 교환 프로세스가 일어나는지에 대한 의문을 제기한다. 그의 견해에 따라, 그리고 과학과 기술이 두 가지 근본적으로 다른 목표를 갖는 프로세스라는 점에서 과학과 기술이 융합된, 통일적인 개발자 커뮤니티는 없다는 점이 주요 명제로 제시된다. 즉, 특정분야의 과학과 기술은 관련되어 있지만, 기본적으로 별개의 활동이며, 둘 간의 직접적인 상호작용은 거의 없다.

7) 데이터는 우선 과학문헌, 초록, 서적과 같이 여러 형태로 분류되며, 430,226건의 NPR 중 약 242,000건을 ‘과학저널 논문, 과학 학술대회와 기타 과학 간행물의 인용’으로 정의되는 과학문헌으로 파악했다(Narin et al., 1997). 그리고 SCI 저널에 게재된 논문의 인용을 포함한 과학문헌의 다른 하부분류를 만들었다. 이후 175,000건의 SCI 과학문헌은 추가적인 표준화 과정을 거쳤으며, 마지막으로 나머지 NPR에 대한 저자의 주소가 공공 재정지원기관과 연결되었다. 또한, Park and Kang(2009)은 과학문헌을 SCI 수록논문과 기타 논문으로 구분하여 과학기술 지식흐름 패턴을 분석하였다.

특허인용 분석은 이 문제를 탐구하는 유용한 도구이다. 그러나 특허계량분석은 특허에 서지계량학 방법을 단순히 그대로 적용한 분야로서 해석상에서의 프레임워크의 수정이나 조정은 없다. 그런데 만일 과학과 기술이 근본적으로 상이한 프로세스라고 하면 학술적 인용, 즉 논문인용의 프레임워크가 특허인용에 무비판적으로 적용될 수 없다. 따라서 특허인용은 학술적 인용과는 근본적으로 다른 프로세스이며, 통일된 인용이론으로 그 두 가지 형태를 모두 포용할 수 없다.

이는 또한 지표의 선형적 해석에 의문을 제기한다. 지식기반 문헌의 검토는 정보와 지식의 차이를 지적한다. 이것은 특허의 과학문헌 인용을 해석하기 위한 필수적인 기반이다. 특허인용은 인용하는 특허와 인용된 과학문헌을 연계하는 정보의 흐름으로 간주될 수 있다. 그러나 이와 같은 과학문헌으로부터 특허로의 정보연계를 오직 과학으로부터 기술로의 지식이전을 보여주는 것이라고 가정하는 것은 사실을 왜곡하게 될 수도 있다. 일부 특허분석자들이 사용하는 ‘과학의존성’(science dependency)이라는 용어는 그러한 방식으로 해석되지 말아야 한다. 그러한 방식으로 과학과 기술산의 관계를 이해하는 것은 지식교환 프로세스의 상호적 성질을 무시하는 것이 된다. 따라서, 특허인용은 과학과 기술 간의 교차적 상호작용을 보여주는 정보의 흐름으로 해석되어야 한다.

개발자 커뮤니티는 국가적인 기반구조나 기술적/부문적 전문화와 같은 여러 요소에 의해 형성될 것으로 보인다. 국가 혁신시스템과 기술시스템 접근방법은 다양한 조직의 복잡한 네트워크를 통한 지식과 역량 흐름의 중요성을 강조한다. 두 가지 접근방법은 기업과 같은 행위자가 다른 조직(다른 기업, 대학, 연구조직, 정부기관 등)과의 네트워크에 체화됨을 강조한다. 여기에서 제시된 두 시스템적 견해인 국가 혁신시스템과 기술시스템은 비록 상호간에 근본적 부조화보다는 공통적인 측면이 더 많지만 국가 경계와 기술적 차이 간의 중요성에 대해서는 서로 부합하지 않는다. 이처럼 불일치가 일어나는 차이를 메우기 위한 제안은 과학과 기술이 개발 초기에는 매우 국지적이지만 성숙도가 증가하면서 점차 글로벌하게 된다는 것이다.

네트워크는 혁신시스템 혹은 기술시스템의 중요한 요소 중 하나로서, 자원, 행위자, 활동 등 세 가지 측면으로 구성된다. 기업이나 대학과 같은 행위자는 많은 자원을 다양한 활동을 통해 결합한다. 사회자본에 대한 상대적으로 최근의 개념은 네트워크 개념과 관련된다. 사회자본 이론의 주요 명제는 관계의 네트워크가 사회적 사건의 관리를 위한 가치 있는 자원이 된다는 것이다. 다른 가정은 조직이 제도적 환경으로서 높은 수준의 사회자본의 개발에 도움이 된다는 것이다. 이 개념에서 주의할 점의 하나는 사회자본이 새로운 지적자본의 창출을 용이하게 한다는 가정이다.

ANT와 SCOT과 같은 개념과 관련된 사회자본 개념에 대한 연구문헌의 증가는 다른 이론적 시각에서 기술적인 측면보다 사회적인 측면을 우선시하고 있는데, 이는 혁신이 오직 사회적인 측면에서만 결정된다는 오해를 가져올 수도 있다. 이러한 관점은 경로의존성의 진화론적 개념이나 기술선택에 대한 제한적인 관리론적 영향력에 대립된다. 따라서, 특정 기술분야에서 개발자 커뮤니티의 출현은 행위자들이 그들의 기존 기술궤적에서 축적한 사회자본에 의해 결정되며, 행위자들을 상이하지만 보완적인 기술과 연결하는 사회자본의 부족으로 방해받는다.

지식기반 문헌과 학습지향 문헌은 지식통합과 축적에 관련된 문제를 인식할 수 있게 한다. 조직이 개별 구성원을 통하지 않는 다른 방법으로 학습하는 능력에 대해 논란이 있다. 한 가지 접근방법은 조직의 학습능력을 강조하는 것으로서, 이는 루틴의 개념과 관련이 크다. 다른 접근방법은 조직이 오직 개별 구성원을 통해 새로운 것을 배울 수 있다는 점을 강조한다.

2. 특허인용 연구방향

사례연구에서 추적한 인용의 연계성은 기술의 과학의존이 아니라 과학과 기술의 다방면에 걸친 상호작용을 보여준다고 할 수 있다. 결과적으로 선형모델은 특허 인용데이터의 해석에 사용하지 말아야 한다. 그러나 그러한 해석이 인용분석방법 자체를 무용지물로 만드는 것은 아니다. 특허인용 분석은 해석방식의 개선과 더불어 정책도구로서 여전히 유용할 수 있다. 정책입안자들은 과학과 기술 분야 간의 상호 연계성을 보여주기 위해 이 방법을 사용할 수 있다. 공공부문의 기초연구

투자에 대한 다른 더 좋은 근거(Pavitt, 1998a)가 있으므로 정책도구로서 특허인용 분석은 기초연구에 대한 과거의 공공투자의 정당화와는 다른 방식의 유용한 대안이 될 수 있다.

특허의 비특허문헌, 특히 과학 참고문헌 인용과 그 빈도는 과학과 기술 간의 영역별로 특수한 교환강도를 나타낸다. 일부 분야는 그 강도가 강하고, 다른 분야는 약하다. 분야가 다르면 상호작용 방식도 다르다. 이렇게 되면 교환의 형태가 달라지고 특정한 이전 메카니즘이 필요할 수 있다.

특허에 인용된 과학문헌은 분야 간의 지식이전의 효과성과 효율성을 비교하거나 그에 대한 결론을 내리는 데 사용하면 안 된다고 할 수 있다. 관련 사례연구에 따르면 분야 간의 인용빈도의 다르다는 점을 볼 수 있었다. 다른 연구(예를 들어, Meyer-Krahmer and Schmoch, 1997)에서도 폭넓은 경험적 기반 위에서 이 점이 확인된다. 또한 모든 ‘기술’이 특허화되지 않는 것을 유의할 필요가 있다. 예를 들어 소프트웨어는 특허화가 거의 이루어지지 않는 분야이다. 경쟁우위를 확보하기 위한 더 좋은 방법으로서 노하우로의 보유나 신속한 출시와 같은 경향은 이러한 비교를 왜곡시킨다.

특허의 과학문헌 인용은 기술의 과학의존이 아니라 과학과 기술의 상호작용을 나타내는 정보의 흐름으로 해석해야 한다. 이것은 분석자가 특허의 인용분석 기법을 더 이상 개발하지 말아야 한다는 것은 아니다. 예를 들어, 특허의 동시인용 분석은 추가적이고 중요한 패턴을 보유할 수 있다. 그러나 분석결과의 해석은 본고의 일반적 맥락을 염두에 두어야 한다.

특허의 과학문헌 인용은 과학과 기술 간의 쌍방향의 상호작용적 관계를 반영한다. 따라서 과학기반 기술의 개념을 기술에 대한 선형적, 과학추동적 관계를 시사하는 것으로 해석하는 것은 문제가 있다. 특허의 과학문헌 인용은 기술이 과학을 선도하거나 혹은 지식을 발생시키는 프로세스가 서로 얽혀 있거나 쌍방향적인 상황을 나타내주는 경우도 있다. 이러한 의미에서 특허의 과학문헌 인용은 과학과 기술 간의 잠재적인 인식적 상호작용의 근거이다. 특허의 과학문헌 인용관계 추적은 과학적 및 기술적 기여가 서로 연관되는 분야를 파악하는 한 방법이다.

참고문헌

- 박현우 · 박광서 (2010), “기술혁신의 과학지식 연계관계의 특징 및 측정 가능성,” 산경논총, 전주대학교 산업경영연구소, 35-58.
- 박현우 · 손종구 · 유연우 (2011), “우리나라 기술혁신에서의 과학-기술 지식연계 특성분석,” 한국기술혁신학회지, 제14권 제1호, 1-21.
- 한유진 · 박현우 (2007), “기술혁신을 위한 특허와 논문지식 흐름의 역할,” 지식재산연구, 제2권 제2호, 한국지식재산연구원, 71-91.
- Antonelli, C. (1998), "The dynamism of localized technological changes. The interaction between factor costs inducement, demand pull and Schumpeterian rivalry," *Economics of Innovation and New Technology*, 6, 97-120.
- Arora, A. (1991), *The Transfer of Technological Know-how to Developing Countries: Technology Licensing, Tacit Knowledge, and the Acquisition of Technological Capability*, Ph.D. Dissertation, Stanford University.
- Augsdorfer, P. (1996), *Forbidden Fruit: An Analysis of Bootlegging, Uncertainty, and Learning in Corporate R&D*, Aldershot: Avebury
- Autio, E. (1993), *Technology Transfer Effects of New, Technology-based Companies: An Empirical Study*, Espoo: Helsinki University of Technology, Institute of Industrial Management, Working Paper 1993/1.
- Autio, E. and A-P. Hamer (1994), *Technological Systems: Structures, Dynamism, and Sources of Change*, Espoo: Helsinki University of Technology, Institute of Industrial Management, Working Paper 1994/1.

- Bijker, W., T. Hughes and T. Pinch (1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Bourdieu, P. (1977), *Outline of a Theory of Practice*, Cambridge University Press.
- Brooks, H. (1994), "The relationship between science and technology," *Research Policy*, 23, 477-486.
- Brusoni, S., A. Pencipe, and K. Pavitt (2000), "Knowledge specialization and the boundaries of the firm: Why do firms know more than they do?" *SPRU Electronic Working Paper Series*, No.46.
- Campbell, R. S. and A. L. Nieves (1979), *Technology Indicators Based on Patent Data: The Case of Catalytic Converters - Phase I Report: Design and Demonstration*, Batelle Pacific Northwest Laboratories.
- Carlsson, B. and S. Jacobsson (1994), "Technological systems and industrial dynamics - Implications for firms and government," Paper presented at the International JA Schumpeter Conference, Münster, Germany, August 17-20, 1994.
- Carlsson, B. and R. Stankiewicz (1991), "On the nature, function, and composition of technological systems," *Journal of Evolutionary Economics*, 1, 93-118.
- Carpenter, M. and F. Narin (1983), "Validation study: Patent citations as indicators of science and foreign dependence," *World Patent Information*, 5, 180-185.
- Cohen, W. and D. Levintal (1990), "Absorptive capacity: A new perspective on learning and organization," *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Coleman, J. (1988), "Social capital in the creation of human capital," *American Journal of Sociology*, 94 (Supplement S), 95-120.
- Collins, P. and S. Wyatt (1988), "Citation in patents to the basic research literature," *Research Policy*, 17, 65-74.
- Coombs, R. and R. Hull (1998), "'Knowledge management practices' and path-dependency in innovation," *Research Policy*, 27(3), 237-253.
- David, P. A. (1993), "Intellectual property institutions and the panda's thumb: patents, copyright, and trade secrets in economic theory and history," M. B. Wallerstein, et al. (eds.), *Global Dimensions of Intellectual Property Rights in Science and Technology*, Washington, DC: National Research Council/National Academy Press, 19-61.
- Dosi, G. (2000), *Innovation, Organization, and Economic Dynamics*, Elgar.
- Faulkner, W. and J. Senker (1995), *Knowledge Frontiers*, Oxford University Press.
- Fountain, J. (1998), "Social capital: Its relationship to innovation in science and technology," *Science and Technology Policy*, 25(2), 103-115.
- Fransman, M. (1998), "Information, knowledge, vision and theories of the firm," *Technology, Organization, and Competitiveness*, Oxford University Press, 147-193.
- Freeman, C. (1987), *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Pinter.
- Fukuyama, F. (1995), *Trust: The Social Virtues and the Creation of Prosperity*, London: Penguin.
- Garavan, T. (1997), "The learning organization: a review and evaluation," *The Learning Organization*, 4(1), 18-29.
- Gibbons, M. and R. Johnston (1974), "The roles of science in technological innovation," *Research Policy*, 3, 220-242.
- Ghoshal, S., M. Hahn and P. Moran (2000), "Organizing for firm growth: the interaction between resource-accumulating and organizing processes," In N. Foss and V. Mahnke (ed.), *Competence, Governance, and Entrepreneurship*, Oxford University Press.
- Grandstrand, O., P. Patel, and K. Pavitt (1997), "Multitechnology corporations: Why they have 'distributed' rather than 'distinctive core' capabilities," *California Management Review*, 39, 8-25.
- Granberg, A. (1996), "On the pursuit of systemic technology policies in an unstable environment: Reflections

- on a Swedish case," *Research Evaluation*, 6(2), 143-157.
- Grant, R. (1996), "Toward a knowledge-based theory of the firm," *Strategic Management Journal*, 19 (Winter Special Issue), 109-122.
- Grupp, H. and U. Schmoch (1992), "Perceptions of scientification of innovation as measured by referring between patents and papers," in H. Grupp (ed), *Dynamics of Science-based Innovation*, Berlin: Springer Verlag, 73-128.
- Håkansson, H. (1989), "Technological collaboration in industrial networks," *European Management Journal*, 8(3), 371-379.
- Healy, P., A. Mandanapour, and C. Magalhaes (1999), "Institutional capacity-building, urban planning and urban regeneration projects," *Futura*, 18(3), 117-137.
- Hicks, D. (1995), "Published papers, tacit competencies and corporate management of the public/private character of knowledge," *Industrial and Corporate Change*, 4(2), 401-424.
- Hinze et al. (1999), *Constraints and Opportunities for the Dissemination and Exploitation of R&D Activities: The R&D Environment*, Report on CEU Project, No. GS (Sprt Eims-99), In Interfaces: Science-Technology-Society, European Commission, DG XIII/D2 Dissemination of Scientific and Technical Knowledge Unit: Luxembourg/Brussels.
- Howells, J. (1996), "Tacit knowledge, innovation and technology transfer," *Technology Analysis and Strategic Management*, 8(2), 91-106.
- Iverson, E. J. (1998), "Knowledge bases and interactions in the Norwegian system: A patent share and citation analysis," Discussion draft, dated 8 May 1998, for '*STEP Rapport/Report 1997*', Presented at the 3rd Nordic Workshop in Bibliometrics, Oslo, 3-4 August.
- Keil, T. and T. Laamanen (1995), *Technology Transfer through Technology-Driven Acquisitions: An Explorative Study*, Espoo: Helsinki University of Technology, Institute of Industrial Management, Working Paper, 1995/2.
- Langlois, R. (1992), "Transaction cost economics in real time," *Industrial and Corporate Change*, 1, 99-127.
- Langlois, R. (1998), "Rule-following, expertise, and rationality: a new behavioral economics?" In K. Dennis (ed.), *Rationality in Economics: Alternative Perspectives*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 55-78.
- Law, J. (1987), "On the social explanation of technical change: The case of the Portuguese maritime expansion," *Technology and Culture*, 28, 227-252.
- Layton, F. (1988), "Technology as knowledge," *Technology and Culture*, 15, 31-41.
- Leonard-Barton, D. (1995), *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation*, Harvard School Press: Boston, MA.
- Liebowitz, S. and S. Margolis (1995), "Path dependency, lock-in, and history," *Journal of Law, Economics, and Organization*, 11(1), 205-226.
- Lundvall, B. (1992), ed., *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Publishers.
- Malerba, F. (1992), "Learning by firms and incremental technical change," *Economic Journal*, 102(413), 845-859.
- Martin, B. (1998), *From Eugenics to Therapeutics: Science and the Social Shaping of Gene Therapy*, Brighton: University of Sussex, D.Phil. Thesis
- Martin, B. and B. Scott (1992), "Automatic vehicle identification - A test of theories of technology," *Technology and Human Values*, 17, 485-505.
- Metcalf, S. (1995), "The economic foundations of technology policy: Equilibrium and evolutionary perspective," In P. Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technical*

- Change*, Oxford, UK and Cambridge, MA: Blackwell.
- Meyer, M. (2000), "Does science push technology? Patents Citing Scientific Literature," *Research Policy*, 29, 409-434.
- Meyer-Kramer, F. and U. Schmoch (1997), *Chemistry, Information Technology, Biotechnology, and Production Technology: A Comparison of Linking Mechanisms in Four Fields*, Fraunhofer Institute of Systems and Innovation Research, Karlsruhe, Germany.
- Nahapiet, J. and S. Ghoshal (1998), "Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage," *Academy of Management Review*, 23(2), 242-266.
- Narin, F., K. S. Hamilton, and D. Olivastro (1997), "The increasing linkage between US technology and public science," *Research Policy* 26(3), 317-330.
- Narin, F. and E. Noma (1985), "Is technology becoming science?" *Scientometrics* 7, 369-381.
- Narin, F. and D. Olivastro (1998), "Linkage between patents and papers," *Scientometrics*, 41(1-2), 51-59.
- Nelson, R. (1988), "Institutions supporting technical change in the United States," In G. Dosi, et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter, 312-29.
- Nelson, R. (1998), "Different perspectives on technological evolution," In J. Ziman (ed.), *Technological Innovation as an Evolutionary Process*, Cambridge University Press.
- Nelson, R. and S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge: Belknap Press.
- Nightingale, P. (1998), "A cognitive model of innovation," *Research Policy*, 27(7), 689-709.
- Nonaka, I. and H. Takeuchi (1995), *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press.
- OECD (1997), *National Innovation System*, Paris: OECD.
- Park, H. W. and J. Kang (2009), "Patterns of scientific and technological knowledge flows based on scientific papers and patents," *Scientometrics*, 81(3), 811-820.
- Pavitt, K. (1987), "The objectives of technology policy," *Science and Public Policy*, 14(4), 182-188.
- Pavitt, K. (1998a), "Do patents reflect the useful research output of universities?" *Research Evaluation*, 7(2), 105-111.
- Pavitt, K. (1998b), "The social shaping of the national science base," *Research Policy* 27(8), 793-805.
- Pavitt, K. (1999), "Technology, firms and innovation systems: Science and technology push," Lecture, SPRU, University of Sussex, Chapter 1 in K. Pavitt, *Technology, Management and Systems of Innovation*, Edward Elgar.
- Pavitt, K. and W. Steinmueller (2001), "Technology in corporate strategy: change, continuity, and the information revolution," A. Pettigrew, H. Thomas, and R. Whittington (eds.), *The Handbook of Strategy and Management*, London: Sage Publications, 344-372.
- Pettigrew, A. and R. Whipp (1991), *Managing Change for Competitive Success*, Oxford: Blackwell.
- Pinch, T. and W. Bijker (1987), "The social construction of facts and artefacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other," In W. Bijker, T. Hughes, and T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Pisano, G. (1990), "The R&D boundaries of the firm: An empirical analysis," *Administrative Science Quarterly*, 35, 153-176.
- Price, D. S. (1965), "Is technology historically independent of science? A study in statistical historiography," *Technology and Culture*, 6(4), 553-568.
- Price, D. S. (1984), "The science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy for the improvement of high technology innovation," *Research Policy*, 13, 3-20.
- Putnam, R. (1993), "The prosperous community: Social capital and public life," *The American Prospect*, 13(Spring), 35-42.

- Rabeharisoa, V. (1992), "A special mediation between science and technology: When inventors publish scientific articles in fuel cells research," In H. Grupp (1992) (ed.), *Dynamics of Science-based Innovation*, Berlin: Springer, 45-72.
- Reger, G. and U. Schmoch (1996), *Organization of Science and Technology at the Watershed*, Heidelberg: Physica.
- Rifkin, W. and L. Fulop (1997), "A review and case study on learning organizations," *The Learning Organization*, 4(4), 135-148.
- Rip, A. (1986), "Mobilizing resources through texts," M. Callon, J. Law, and A. Rip, *Mapping the Dynamics of Science and Technology*, London: Macmillan, 84-99.
- Rip, A. (1992), "Science and technology as dancing partners," In P. Kroes and M. Bakker (eds.), *Technological Development and Science on the Industrial Age*, Kluwer, 231-270.
- Rosenberg, N. (1992), "Scientific instrumentation and university research," *Research Policy*, 21(4), 381-390.
- Rothwell, R. (1977), "The characteristics of successful innovators and technically progressive firms," *R&D Management*, 7(3), 191-206.
- Rothwell, R. (1992), "Development towards the fifth generation model of innovation," *Technology Analysis and Strategic Management*, 4(1), 73-75.
- Schmoch, U. (1993), "Tracing the knowledge transfer from science to technology as reflected in patent indicators," *Scientometrics*, 26, 193-211.
- Schütz, A. and T. Luckmann (1973), *The Structures of the Life-World*, Evanston, IL: Northwestern University Press.
- Senker, J. (1996), "National systems of innovation, organizational learning and industrial biotechnology," *Technovation*, 16(5), 219-229.
- Simon, H. (1991), "Bounded rationality and organizational learning," *Organization Science*, 2, 125-134.
- Singleton, V. and M. Michael (1993), "Actor-networks and ambivalence: general practitioners in the UK cervical screening programme," *Social Studies of Science*, 23, 227-264.
- Toynbee, A. (1963), *Introduction: The Genesis of Civilisations, A Study of History*, 12 vols, 1, 3, New York.
- Van Vianen, B. G., H. F. Moed, and A. F. J. Van Raan (1990), "An exploration of the science base of recent technology," *Research Policy*, 19, 61-81.
- Yli-Renko, H. and E. Autio (1996), *The Catalyzing Impact of New, Technology-based Firms in Industrial Technological Renewal*, Center for Technology Management: Helsinki, Espoo: Working Paper, 1996/1.