

■ 산업간 지식 흐름 분석의 현황과 시사점

- (분석의 현황) 산업연관표, 산업내 연구인력의 전공분야 자료 등을 이용하여 산업간 지식 흐름을 추정하는 연구들이 이루어짐
 - 기존 연구 결과들로부터 여러 흐름 경로의 구성, 지식 흐름에서 각 산업의 역할, 지식 흐름 네트워크의 구조 등을 파악할 수 있음
- (흐름 경로의 구성) 체화 지식의 흐름은 중간재를 매개로 한 부분과 자본재를 매개로 한 부분으로 구분됨
 - 우리 나라의 경우 체화 지식의 흐름 중 자본재를 통한 지식 흐름의 비중이 25.7%로 나타나 선진국의 33~42%에 비해 상대적으로 낮은 특성을 지님
- (지식 흐름에서의 산업별 역할) 지식 흐름에서의 역할에 따라 각 산업을 지식 흡수 부문과 지식 방출 부문으로 나눌 수 있음
 - 우리 나라는 제조업 중에서 가전, 반도체, 자동차가 지식 흡수가 많고 화학 산업이 지식 방출이 많음
- (지식 흐름의 네트워크 구조) 지식 흐름 관계가 많은 산업에 광범위하게 존재하는가, 아니면 소수의 산업에 집중되어 있는가도 지식 흐름의 특성을 파악하는데 중요함
 - 우리 나라의 지식 흐름 구조는 몇몇 산업에 관계가 집중된 불균등한 성격을 지님
- (시사점) 지식 흐름의 특성에 기초한 지식 기반 강화 전략이 필요함
 - 자본재에 체화된 지식은 그 효과가 장기적으로 영향을 미치므로 지식 흐름 원활화를 위해 취약한 자본재 부문을 강화하는 것이 필요함
 - 지식 흐름에서의 역할에 따라 산업마다 차별적인 정책이 필요함. 예를 들어 지식 흡수 부문은 지식 유입을 촉진시키는 외부 정보네트워크 지원, 지식 방출 부문은 전용 기술 보다는 공유기술의 전파에 대한 지원이 필요함
 - 기존 흐름 관계의 원활화뿐만 아니라 새로운 지식 흐름 관계의 창출을 통해 지식 흐름이 전체 산업에 광범위하게 존재하도록 해야 함

산업간 지식 흐름 분석의 현황과 시사점

□ 지식 흐름 분석의 중요성

- 경제의 지식 기반을 강화하기 위해서는 산업간 지식의 흐름을 원활히 하는 것이 중요함
 - 지식은 개별 산업 주체의 고립된 연구를 통해서 형성되는 것이 아니라 주체들 간의 상호작용을 통해서 형성됨
 - 특히 지식의 복합성의 증대로 다양한 산업간 지식의 흡수와 확산이 점점 증대되고 있으며 그 관계도 점점 복잡해지고 있음
 - 따라서 산업간 지식 흐름의 현황을 파악하고 그 특성에 기초한 정책을 펴는 것이 필요함
 - 이 글에서는 산업간 지식 흐름에 관한 기존의 연구들을 검토하고 그들로부터 몇 가지 중요한 사실들과 시사점들을 도출하고자 함

□ 지식 흐름의 측정 방법

- 산업간 지식 흐름은 '체화 지식'(embodied knowledge)의 흐름과 '비체화 지식'(disembodied knowledge)의 흐름으로 나눌 수 있음
 - 체화 지식의 흐름은 중간재나 자본재의 공급을 통해 지식이 이전되는 것
 - 비체화 지식의 흐름은 연구 인력의 이동이나 특허 자료의 참조 등과 같이 중간재나 자본재의 이동을 통하지 않고 지식이 이전되는 것을 의미
- 체화 지식의 흐름은 산업연관표상에 나타난 중간재나 자본재의 흐름 정도에 각 산업의 지식 크기의 대리 변수를 곱하여 측정함
 - 중간재를 통한 체화 지식의 흐름량은 다음과 같이 계산함

$$\begin{aligned} & i \text{ 산업에서 } j \text{ 산업으로 중간재를 통한 체화 지식의 흐름량} \\ & = (\text{산업연관표상의 } i \text{ 산업에서 } j \text{ 산업으로의 투입계수 혹은 생산유발계수}) \\ & \quad \times (i \text{ 산업 지식 크기의 대리 변수}) \end{aligned}$$

- 자본재를 통한 체화 지식 흐름량은 투입계수표나 생산유발계수표 대신 고정자본

형성표 이용하여 측정함

- 각 산업의 지식의 크기는 R&D 지출액이나 R&D 스톡, R&D 인력 등을 대리 변수로 하여 측정함

< 산업간 지식 흐름의 측정 방법에 따른 기존 연구의 분류 >

지식 크기의 대리변수	체화 지식		비체화 지식		파급 효과
	중간재	자본재	기술 근접성	기술의 투입-산출표	
R&D 지출액	홍순기 외(1994) / Goto 외(1989) / Papaconstantinou 외(1996)	홍순기 외(1994) / Papaconstantinou 외(1996)	Goto 외(1989)		장진규 외(1994)
R&D 스톡	이회경 외(1996)		이회경 외(1996)		
R&D 인력	김문수(1999) / Leoncini 외(1996)		김문수(1999)		
특허의 수				Verspagen 외(1999)	

주: 검토 대상이 된 연구 결과들은 다음과 같음

1. 홍순기, 홍사균(1994), “산업간 기술흐름 구조와 연구개발투자의 파급효과분석”, 「과학기술정책」, 제6권, 제1호, 과학기술정책관리연구소.
2. 장진규, 김기국(1994), “연구개발투자의 산업생산성 증대효과”, 「과학기술정책동향」, 1994년 2월호, 과학기술정책관리연구소.
3. 이회경, 김정우(1996), “연구개발투자의 산업간 파급효과: 한국제조업에 대한 실증연구”, 「기술혁신연구」, 제4권, 제1호.
4. 김문수(1999), “한국 제조업의 지식연계구조 특성과 기술 변화”, 서울대 산업공학과 박사학위논문.
5. Goto, A. and K. Suzuki, “R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.LXXI, No.4, pp. 555~564.
6. Papaconstantinou, G., N. Sakurai and A. Wyckoff(1996), “Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries,” STI Working Papers, OECD.
7. Leoncini, R., M. A. Maggioni and S. Monstresor(1996), “Intersectoral Innovation Flows and National Technological Systems: Network Analysis for Comparing Italy and Germany,” *Research Policy* 25, pp. 415~430.
8. Verspange, B. and I. De Loo(1999), “Technology Spillover between Sectors and over Time,” *Technological Forecasting and Social Change* 60, pp. 215~235.

기획 논단

- 비체화 지식의 흐름은 산업간 기술 근접성을 산출하거나 기술의 투입-산출표를 작성하여 측정함
 - 산업간 기술 근접성이란 두 산업이 기술적으로 얼마나 유사한가를 나타내는 것으로, R&D 인력의 전공 분포가 비슷한가 아닌가, 혹은 R&D 지출의 대상 분야가 비슷한가 아닌가 등으로 측정함
 - 기술의 투입-산출표는 행(行)을 이용 산업, 열(列)을 발명 산업으로 하여 산업간 특허의 참조 빈도를 행렬로 표시한 것인데, 특허 자료에 나타나 있는 다른 특허 참조에 관한 정보를 활용하여 작성함
- 한편 산업별 생산성과 산업별 R&D 지출간의 회귀 분석을 통해 산업간 지식의 단순 파급 효과를 파악할 수도 있음
 - 각 산업마다 그 산업의 생산성을 종속변수로 놓고, 모든 산업에서의 R&D 지출액을 독립변수로 하여 회귀분석을 한 후 유의성이 존재하는 변수들을 골라내는 방식으로 산업간 지식 파급 효과의 유무를 파악함

□ 체화 지식의 내용 분석

- 우리 나라는 체화 지식 중 자본재에 체화된 부분이 상대적으로 작음
 - 체화 지식은 중간재에 체화된 것과 자본재에 체화된 것으로 나눌 수 있는데, 자본재에 체화된 지식은 한 번 공급이 이루어지면 장시간동안 그 영향을 미치므로 중간재에 체화된 지식보다 파급 효과가 크다고 할 수 있음
 - R&D 지출로 측정된 체화 지식의 크기를 보면, 선진국들은 자본재에 체화된 것의 비중이 33~42% 정도를 차지하는 반면(Papaconstantinou 외, 1996), 우리나라는 자본재가 차지하는 비중이 25.7%에 그쳐 자본재를 통한 지식 흐름이 상대적으로 취약함(홍순기 외, 1994)

< 체화 지식 중 자본재 체화 지식의 비중 비교 >

(단위: %)

미국	일본	독일	프랑스	영국	한국
41.7	39.8	34.5	32.9	32.5	25.7

자료: Papaconstantinou 외(1996)와 홍순기 외(1994)에 기초하여 작성

- (시사점) 국내 산업간 지식 흐름의 원활화를 위해서는 우선적으로 자본재를 통한 지식 흐름을 강화하는 것이 필요함
 - 파급효과면에서 자본재를 통한 체화 지식 흐름이 더 중요한 반면, 우리 나라는 자본재를 통한 지식 흐름이 취약함
 - 자본재 부문을 적극 육성하고 이 부문에의 R&D 투자를 늘려 자본재에 체화된 지식 흐름의 양을 크게 하는 것이 필요함

□ 지식 흡수 부문과 지식 방출 부문 분석

- 우리 나라 제조업에서는 가전, 반도체, 자동차가 지식 흡수가 많음
 - OECD 10개국에 대해 산업별 체화 지식 흡수량을 살펴보면, 제조업 중 체화 지식의 흡수가 많은 산업은 일본과 독일에서는 자동차 산업, 덴마크와 네덜란드에서는 화학 산업, 미국과 프랑스에서는 항공산업이 중요한 지식 흡수 산업으로 나타남(Papaconstantinou 외, 1996)
 - 체화 지식만이 아니라 비체화 지식까지 고려했을 경우, 우리 나라에서 양자 모두 지식 흡수량이 많은 산업은 가전, 반도체, 자동차 산업임(김문수, 1999)
- 우리 나라 제조업에서는 화학 산업이 지식 방출이 많음
 - OECD 10개국 중 6개국에서 체화 지식의 방출이 가장 많은 부문은 정보 관련 부문(컴퓨터, 통신기기, 반도체, 전기 기계, 정밀 기계)으로 나타남(Papaconstantinou 외, 1996)
 - 우리 나라에서 체화 지식과 비체화 지식 모두 방출이 많은 산업은 유기·무기 화학, 산업용 전기기기, 정밀기기 산업임(김문수, 1999)

< 지식 흡수량에 따른 우리나라 제조업의 분류 >

		체화 지식	
		적음	많음
비 체 화 지 식	적 음	의약품, 나무·목재, 염료·도료, 비료·농약, 세정제·화장품	-
	많 음	정밀기기, 공작기계, 서비스·사무용기계, 특수산업용기계	가전, 반도체, 자동차, 조립금속, 기타산업기계

자료: 김문수(1999)에 기초하여 작성

< 지식 방출량에 따른 우리나라 제조업의 분류 >

		체화 지식	
		적음	많음
비 체 화 지 식	적 음	비료·농약, 종이·인쇄, 도자기·토기	고무제품, 유리제품
	만 음	반도체, 특수산업용기계, 섬유,	유기·무기화학, 산업용 전기기기, 정밀 기기

자료: 김문수(1999)에 기초하여 작성

- (시사점)지식 흐름에서 산업별 역할에 따라 차별적인 정책 수단이 필요함

- 연구개발의 파급효과가 큰 지식 방출 부문의 경우 특정 분야에만 활용될 수 있는 전용 기술에 대한 지원 보다는 광범위한 분야에서 활용될 수 있는 공유 기술에 대한 지원을 강화해야 함
- 지식을 많이 흡수하는 지식 흡수 부문의 경우 자체 연구개발을 직접 지원하는 것보다는, 외부와의 정보 네트워크 구축이나 지식 교류의 활성화 등과 같이 지식의 유입을 촉진시키는 하부구조적 접근 방안을 취해야 함

□ 생산성에 대한 파급 효과 분석

- 특정 산업에서의 지식의 증대(R&D 투자)는 그 산업뿐만 아니라 다른 산업의 생산성도 향상시킴

- 지식의 증대는 생산성의 향상으로 그 효과가 나타남
- 특정 산업에서의 생산성 향상은 그 산업 자체의 지식 증대 활동뿐만 아니라 다른 산업에서의 지식 증대 활동에도 기인함
- 역으로 특정 산업에서의 지식 증대 활동은 그 산업의 생산성을 향상시킬 뿐만 아니라 지식의 흐름을 통해 다른 산업의 생산성도 향상시키는 효과가 있음

- 각 산업의 생산성 증대는 자체적인 지식 증대 활동보다는 타 산업에서의 지식 증대 활동에 의한 간접적 효과가 더 큰 것으로 나타남
 - 각 산업의 생산성 증가를 자체적 노력을 통한 지식의 증가량(R&D 지출액 등)과 타 산업에서 유입된 지식의 증가량을 종속 변수로 하여 회귀 분석을 수행함
 - 대부분의 회귀 분석 결과에서 자체 R&D 활동에 의한 직접적인 효과보다는 외부 R&D 활동에 의한 간접적인 효과가 큰 것으로 나타났음

<R&D 투자의 직·간접 효과 분석 결과 비교>

연구자	자체 R&D의 한계수익률(%)	외부 R&D의 한계수익률(%)
Terleckyi(1991, 미국)	28(29)	48(78)
Scherer(1982, 미국)	29	74
Griliches 외(1984, 미국)	29	51
後陵 외(1987, 일본)	53	136
Goto 외(1989, 일본)	26	80
Bernstein 외(1988, 캐나다)	9~27	10~160
홍순기 외(1991, 한국)	126	668
이회경 외(1996, 한국)	134	158

자료: 홍순기 외(1991)에 기초하여 보완

- 우리 나라에서 전자, 전기, 정밀기기 부문이 사회 전체적으로 생산성을 증대시키는 효과가 가장 큰 것으로 나타남(장진규 외, 1994)
 - 한 산업의 R&D 투자가 해당 산업의 생산비 감소에 미치는 영향(사적 수익률)과 다른 모든 산업의 생산비 감소에 미치는 것까지 합한 사회전체적인 영향(사회적 수익률)을 각각 회귀 분석을 통해 추정함
 - 그 결과 우리 나라에서 R&D 투자의 사적 수익률 면에서는 산업용 및 기타 화학 산업이 가장 높았지만 사회적 수익률 면에서는 전기, 전자, 정밀 기기 산업이 가장 높게 나타났음

<국내 산업별 R&D 투자의 사적 수익률과 사회적 수익률 비교>

산업군	사적수익률	사회적 수익률
음식료, 목재, 종이·인쇄	0.0223	0.0223
섬유, 기타 제조업	0.0477	0.0477
비금속 광물, 제1차금속	0.0587	0.0587
산업용 화학, 기타 화학	0.4365	0.9429
고무 제품, 플라스틱 제품	0.0394	0.7096
석유 정제, 석유·석탄 제품	0.2298	0.2399
수송기기, 일반기계, 조립금속	0.2939	2.0388
전기, 전자, 정밀기기	0.2960	2.8042

자료: 장진규 외(1994)

- (시사점)R&D 투자에 대한 정부의 지원이 강화되어야 하고 특히 파급 효과가 큰 산업에 대한 지원에 우선적으로 지원이 이루어져야 함
 - R&D 투자 등 지식 증대 활동은 외부에의 파급 효과가 크므로 기업의 자체적인 판단에만 맡겨서는 안되고 정부가 개입하여 확대를 촉진해야 함
 - R&D 활동의 사회 전체적인 파급 효과가 큰 부문에 R&D 재원이 더 많이 배분될 수 있도록 유도해야 함

□ 지식 흐름의 네트워크성 측정

- 지식 흐름을 통해 영향을 미치는 폭의 측면에서는 전기·전자, 화학, 정밀 기계 부문이 가장 광범위하게 영향을 미침
 - 지식의 원활한 유통과 확산을 위해서는 지식 흐름의 크기만이 아니라 영향을 주고 받는 산업의 수, 즉 흐름의 폭도 중요함
 - R&D 지출과 생산성 증대간의 영향 관계 추정에서 전기·전자, 정밀기기 산업군은 다른 7개 제조업 산업군 중 5개 산업군에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타나 영향을 미치는 폭이 가장 광범위한 것으로 나타났음(장진규 외, 1994)
 - 체화 지식의 흐름에서는 유기·무기화학, 유리 제품, 고무 제품 등이, 비체화 지식의 흐름에서는 유기·무기화학, 반도체, 특수 산업용 기계 등이 가장 많은 수의 산업들에 지식을 방출하는 것으로 나타남(김문수, 1999)

- 우리 나라 지식 흐름 구조는 전체적으로 몇 몇 산업군에 관계가 집중되는 집중화된 네트워크 구조를 가지고 있음(김문수, 1999)
 - 체화 지식의 흐름 구조에서 방출 부분의 경우 몇 개의 중심 산업군에서 지식이 확산되는 다중심적 구조를 이루고 있고, 흡수 부분의 경우는 전통산업군과 성장 산업군으로 구분되어 지식의 흡수가 이루어지는 이중적 구조를 띠고 있음
 - 비체화 지식의 흐름 구조에서는 소위 첨단 산업을 중심으로 지식의 창출과 확산이 이루어지고 주변부 산업에서 이를 흡수 활용하는 양극화된 구조를 띠고 있음

- 독일은 지식 흐름 관계가 전체 산업에 골고루 광범위하게 퍼져 있는, 긴밀하고도 분산적인 네트워크 구조를 가지고 있음(Leoncini 외, 1996)
 - 독일과 이탈리아간에 체화 지식의 흐름에 기초한 네트워크 밀도(수학적으로 있을 수 있는 모든 산업간 연결의 수 대비 특정값 이상의 지식 흐름을 보이는 산업간 연결의 수)를 측정 비교한 결과 독일이 모든 경우에서 높게 나타남
 - 네트워크의 중심화 지수(가장 많은 산업 연관 관계를 가진 산업이 전체 연관 관계의 수 중에서 차지하는 비중)에서도 이탈리아보다 독일이 높게 나타남

- (시사점)지식 흐름의 양이 늘어나도록 기존의 관계를 원활히 하는 것도 중요하지만 지식 관계의 폭이 넓어질 수 있도록 새로운 연관 관계를 형성하는데도 노력해야 함
 - 우리 나라는 불균등하게 집중된 네트워크 구조를 완화하여 광범위하고 균등한 연관 관계가 형성되도록 하는 것이 필요함
 - 그러기 위해서는 중간재 산업의 육성을 통해 국내 산업 연관의 확대를 이루는 것이 필요함
 - 또한 전공이나 출신에 관계없이 인력 이동이 자유롭게 이루어질 수 있도록 해야함

■ 정리: 김창욱 연구위원 cwkim@hri.co.kr ☎724-4044