한국 제조업의 산업간 체화지식흐름구조 변화의 특성

김문수* · 오형식** · 박용태**

〈 목 차 〉

1. 서 론
2. 산업간 체화기술지식흐름의 산출과 네트워크 분석
3. 실증분석
4. 결 론

1. 서 론

지식과 정보의 창출(production), 보급(distribution), 이용(use)에 기반한 경제로 정의되는 지식기반경제(knowledge-based economy)의 도래와 함께 기술혁신과 그 결과의 확산은 경제시스템을 지식사회로 전환시키는 결정요인이 되고 있다(OECD, 1996a). 기술지식과 기술활동의 복잡화, 융합화, 대형화 현상은 기술혁신에 있어 체계적 개념의 도입으로 이어지고, 이러한 체계에서의 다양한 지식의 교류는 기술적, 산업적 융합을 더욱 촉진하는 循環關係를 형성하고 있는 것이다. 따라서 시스템의 형태와 시스템 내의 여러 구성인자들간의 상호작용(interaction)이 국가간에 서로 다른 구조와 내용을 가질 수 있으며, 이러한 차이를 분석하고 규명하기 위한 국가혁신시스템(national systems of innovation)의 개념이 제시되고 있다. 특히 국가경제의 핵심요소인 '산업간

* 서울대 산업공학과 박사과정
** 서울대 산업공학과 교수

지식의 흐름구조'의 규명은 지식기반경제에 관한 연구와 정책개발의 시발점이라 할 수 있다. 이러한 배경 하에서 저자들은 前號에서 한국 제조업의 세부 산업들간의 비체화기술지식(disembodied technological knowledge)의 흐름관계를 네트워크로 상정하고, 민간부문의 연구개발을 통해 산업간 기술지식의 흐름이 본격적으로 이루어졌던 1980년대의 자료를 통해 그 구조적 변화의 특성을 분석한 바 있다(김문수외, 1998). 본 논문은 前號의 논문에 이어서 체화지식(embodied knowledge)을 대상으로 한 분석을 다루고 있다. 기본개념에 대한 정의나 관련연구의 정리는 前號의 논문에서 詳述한 바 있으므로 생략하기로 한다.

2. 산업간 체화기술지식흐름의 산출과 네트워크 분석

2.1 산업간 기술지식흐름 행렬

체화기술지식의 네트워크를 생성하기 위해서는 먼저 각 산업의 지식의 양을 산출해야 한다. 기술지식의 크기로 통상 측정되는 것으로 연구개발인력(과학기술인력), 연구개발투자(혹은 연구개발 스톡), 특허, TBP(technology balance of payments; licensing fees, direct purchases of knowledge, etc.) 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 기술지식의 창출과 축적 그리고 활용이라는 측면에서 연구개발 인력수가 지식량의 측정치로 적당하다고 판단하여, 기술지식의 代用指標(proxy measure)로 사용하였다. 각 산업에서 창출되고 보유한 기술지식이 생산되는 제품에 체화되어 다른 산업으로 이동되는 현상을 기술지식의 흐름으로 정의하고, 특히 중간재에 체화되어 이동되는 체화지식의 흐름(overall flows of embodied knowledge)은 산업연관분석(input-output analysis)을 이용한다. 투입-산출을 이용한 지식의 흐름은 기본적으로 공급산업에서 수요산업으로의 중간재 혹은 자본재의 거래량에 근거하여 그 크기에 비례해서 체화지식의 흐름이 발생한다는 것이다. 즉, 거래비율이 하나의 가중치로 적용된다. 투입-산출을 이용하여 가중치를 구하는 방법은 다음과 같이 세가지로 구분될 수 있다. 첫째, 중간거래량의 合에 대한 각 산업간의 거래량, 즉 $X_{ij}/\sum_j X_{ij}$(Terleckyi weight)를 이용하는 경우. 둘째,

투입산출표에서의 投入係數($a_{ij}=X_{ij}/Q_j$, 여기서 Q_j는 j산업의 생산액)를 이용하는 경우. 그리고 마지막으로 산업간 직·간접효과를 고려하는 생산자 誘發係數(γ_{ij} ; 레온티에프 역행렬 $[I-A]^{-1}$의 원소)를 이용하는 경우이다. 생산자 유발계수는 산업간 일대일 흐름(직접 효과)이외에 여타 다른 산업에 의한 생산유발정도(간접 효과)가 포함되므로 앞의 두 경우보다 산업간 지식흐름을 보다 정확히 계측할 수 있다(Mohnen, 1996) 따라서, 본 논문은 레온티에프 逆行列을 이용하여 다음과 같이 체화지식흐름 행렬을 구한다.

$$K = H \cdot B = [\ k_{ij}\ ]$$

여기서 H는 각 산업의 연구개발인력을 나타내는 대각행렬이고, B는 각 산업의 공급과 수요관계로 변환시키는 행렬로 다음과 같이 정의된다(Leoncini et al. 1996).

$$B = X^{-1} \cdot [I-A^d]^{-1} \cdot D = [\ b_{ij}\ ]$$

X는 각 산업의 생산액을 나타내는 대각행렬, $[I-A^d]^{-1}$는 국산거래 레온티에프 역행렬을, D는 각 산업의 최종수요를 나타내는 대각행렬이다. K행렬의 원소 k_{ii}는 i산업의 체화지식을 통한 자체 지식의 총량을, $k_{ij}(i\neq j)$ 는 j산업에서 요구하는 i산업의 체화지식량을 의미한다. 결국 k_{ij}는 i산업에서 j산업으로의 실질 체화지식량(절대량)을 기준으로 하므로 산업간 지식흐름규모가 네트워크 특성으로 나타나는 효과(dimension scale effect)를 반영한다. 한편, 산업간 체화지식 흐름의 상대적 효과(proportional scale effect)를 분석하기 위해서 상대적 체화지식흐름 행렬(relative embodied knowledge flow matrix : K′)를 K행렬로부터 다음과 같이 구한다

$$K' = [\ k'_{ij}\ ]$$

$$\text{여기서, } k'_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_{j\neq i} k_{ij}} \quad \text{for } i\neq j$$

$$k'_{ii} = 0 \quad \text{for } i$$

K′는 특정산업의 지식의 흐름량이 적더라도 다른 산업들과 흐름관계를 분석할 수 있다는 점에서 橫斷面的 구조를 고찰할 수 있다.

본 논문에서 산업간 지식흐름을 측정하기 위해서 지식의 크기와 흐름량을 구하기 위한 가중치를 각각 연구원 수와 중간재 흐름에 근거한 생산자 유발계수를 이용하여 계측하였다. 그러나 이러한 계측은 몇 가지 한계점을 내포하고 있다. 첫째, 지식의 크기를 측정하는데 있어서 다양한 형태로 존재하는 지식을 예컨대 도입기술이나 기업 혹은 산업 특유 기술(firm or industry specific technology) 등을 포함하지 않고 있으며, 또한 연구원들의 개별적 질적 측면을 고려하지 않고 있다. 그러나 아직까지 이들을 모두 고려한 측정 지표들은 개발되지 않았으며 추후 연구과제라 할 수 있다. 둘째, 체화기술지식 흐름의 중요 메카니즘이라 할 수 있는 자본재를 통한 흐름을 고려하고 있지 않다. 이는 국내의 통계자료의 한계[1]에 기인한다. 따라서 본 논문의 기술지식과 흐름량은 과소추정되는 결과를 나타내며, 이상의 한계점을 고려하는 향후 연구가 필요하다.

2.2 네트워크 분석

네트워크분석(network analysis)은 그래프이론(graph theory)을 이용하여 시스템의 구성요소(node)간의 상호작용(linkage)의 구조를 분석하는 정량적 기법이다. 체화기술지식의 흐름행렬(K, K')은 다음과 같은 체화기술지식 네트워크로 쉽게 변환할 수 있다(실제로 행렬자체가 하나의 네트워크라고 할 수 있다). 체화기술지식 네트워크 G_V는 세 개의 집합 즉 산업들(N), 그들 산업간 연결관계들(L: 지식흐름관계), 그리고 산업간 체화기술지식흐름의 정도(V: 지식흐름량)로 구성된다.

$$K \text{ or } K' \equiv\rangle \quad G_V(N,\ L,\ V)$$

산업간 연결은 그 연결의 정도와 一對一로 대응한다. 체화기술지식 네트워크의 연결관계는 산업간 지식흐름으로 구성되기 때문이다. 각 지식 흐름행렬을 그래프로 표현하면 매우 복잡한 형태로 구성된다. 따라서 체화기술지식 네트워크의 특성을 용이하게 분석하기 위해서 연결정도가 상대적으로 약한 산업간 연계를 무시하고 중요 산

---

1) 국내 고정자본형성표는 1990년 이후 계측.

업들과 그들간의 연결에 주목하기 위해서 기준값(cutoff)에 따라 다음과 같이 K, K 행렬의 G_V 를 G_D 로 變換(dichotomize)시킨 후 이를 중심으로 네트워크 분석을 수행한다.

$$G_V \equiv\rangle G_D(N,\ L_D)$$

여기서 집합 L_D 는 산업간 흐름관계를 나타낸다.

$$L_D = \{\ l_{ij}\ \},\quad where\ \ l_{ij} = 1\ \text{for}\ v_{ij} > cutoff$$
$$l_{ij} = 0\ \text{for}\ v_{ij} \leq cutoff$$

l_{ij}는 i산업에서 j산업으로 지식흐름관계를 나타내는 것으로 값이 1이면 기준값보다 큰 지식흐름이 존재함을 의미한다.[2)]

본 논문에서는 네트워크의 구조적 특성을 파악하기 위해 크게 두 가지의 지수를 산출한다. 첫째, 네트워크의 체계적 연계성(systematic connection)을 파악하기 위해 네트워크의 밀도(density of network)를 다음과 같이 측정한다.

$$D = \frac{l}{g(g-1)}$$

분모는 모든 노드간의 연계(방출, 흡수)가 이루어 질 때의 경우의 數로(네트워크내의 노드간 연계의 최대수 $\binom{g}{2}$를 의미) g는 노드(산업)의 수를 의미하며, 분자 l(= $\sum_i\sum_j l_{ij}$)은 네트워크내의 노드간 실제 총 연계수를 나타낸다. 밀도가 클수록 네트워크는 보다 체계적 연계성이 증가한다. 즉, 산업간 연계가 보다 밀집된 형태를 구성하고 있음을 의미하며 한 산업에서 창출된 지식이 네트워크의 다른 산업까지 도달할 가능성이 커진다.

---

2) $l_{ij} = 1$과 $l_{ji} = 1$는 의미가 완전히 다르다. 전자는 i산업에서 j산업으로의 지식흐름, 즉 i산업 입장에서는 지식의 방출, j산업 입장에서는 지식의 흡수관계를 표시한다. 후자는 정반대의 의미를 갖으며, 이러한 형태의 노드간 관계를 갖는 네트워크를 양방향 네트워크(digraph or directed graph)라고 한다.

둘째, 각 산업의 중심성 지수(node centrality index)와 중심화 지수(group centrality index)를 측정하여 각 산업의 중심적 역할과 네트워크의 位階的 정도를 분석한다. 중심성 지수와 중심화 지수는 연구 대상과 연구자의 관심에 따라 여러 가지 형태로 구분되는데 부분(degree, local), 전체(closeness, global), 매개(betweenness, intermediary) 중심성과 중심화 지수[3]이다. 부분 중심성과 중심화 지수는 다음과 같이 측정된다.

$$C_D^O = \sum_j l_{ij} \qquad \overline{C_D^O} = \frac{\sum_{i=1}^{g}[C_D^O(n^*) - C_D^O(n_i)]}{(g-1)(g-2)}$$

$$C_D^I = \sum_i l_{ij} \qquad \overline{C_D^I} = \frac{\sum_{i=1}^{g}[C_D^I(n^*) - C_D^I(n_i)]}{(g-1)(g-2)}$$

하첨자는 부분 중심성/중심화 지수를 표시하고, 상첨자 O와 I는 지식의 방출(outflow), 지식의 흡수(inflow)관계를 나타내고 있는데 각각 유사한 형태로 산출된다. 중심성 지수는 단순히 각 산업이 지식의 방출(혹은 흡수) 대상이 되는 산업수를 의미하며 이는 산업 지식의 흐름관계에서 영향력 있는 산업의 식별을 위한 지수[4]라고 할 수 있다. 중심화 지수는 중심성 지수가 가장 큰 산업에서 각 산업의 중심성 지수의 차이의 합을 한 산업이 가질 수 있는 최대 중심성 지수(n^*는 최대 중심성지수를 갖는 노드를 의미)로 나누어 측정되는데 이는 특정 산업이 시스템 전체 측면에서 그 영향도가 얼마나 큰 가를 나타내는 지수이다. 이 지수값이 클수록 시스템은 특정산업을 중심으로 집중화된 구조로 판단할 수 있고 이는 시스템의 위계의 정도를 설명하는데 유용하다. 부분 중심성 지수는 노드간 직접적인 연결에 관심을 두고 있는데 실제로 직접적인 연결 흐름관계를 구성하지 않더라도 몇 단계의 흐름관계를 통해서 지식의 방출이나 흡수가 가능하다. 이러한 점을 고려하여 측정되는 것이 전체 중심성 지수와 매개 중심성 지수이다. 전체 중심성지수는 여러 단계를 거쳐 발생할 수 있는 지식의

---

3) 각 지수의 수학적 도출과정, 측정 방법과 의미는 S. Wasserman, K. Faust(1994), p.p 169-219 와 J. Scott(1991) p.p 85-102 참조.

4) 예를 들어 j산업의 $C_D^O = 7$이고 k산업의 $C_D^O = 2$라면 전자의 경우에 j산업으로부터 지식을 흡수하는 관계에 있는 산업의 수가 7을 의미하는 것으로 k산업에 비해 지식의 방출측면에서 보다 중요한 위치에 있다고 할 수 있다.

흐름을 고려하여 부분 중심성 지수와 유사한 방법으로 측정되는 것으로 보통 부분 중심성 지수가 높은 노드들에서 전체 중심성 지수가 높은 노드가 발견된다. 반면, 매개 중심성 지수는 지식 흐름의 경로에서 각 노드가 다른 노드들로 얼마나 연결되는 가를 측정한다. 이는 산업기술지식의 배경이 서로 다른 산업간 지식흐름의 연계에 중추적 역할을 하는 산업의 식별이라는 측면에서 매우 중요시되는 지수라고 할 수 있다.

3. 실증분석

3.1 분석자료

본 논문에서 산업별 연구인력수는 산업기술개발실태조사(산업기술진흥협회, 1982-1991)의 자료를 이용하였으며, 산업별 생산유발계수는 산업연관표(한국은행, 1983, 1987, 1990)의 자료를 이용하여 계산하였다. 한국표준산업분류(KSIC)에 근거하여 제조업 34개 산업[5]에 대한 K와 K'행렬을 산출하였으며, 분석대상 산업은 다음과 같다.

1. 식음료, 2. 섬유, 3. 나무・목재, 4. 종이・인쇄, 5. 유기・무기화학, 6. 염료・도료,
7. 비료・농약, 8. 의약품, 9. 세정제・화장품, 10. 기타화학(화약, 접착제 등),
11. 석유정제, 12. 석탄제품, 13. 고무제품, 14. 플라스틱, 15. 도자기・토기, 16. 유리제품,
17. 시멘트・콘크리트・토석제품, 18. 1차철강, 19. 비철금속 20. 조립금속,
21. 보일러・터빈, 22. 특수산업용기계, 23. 공작기계, 24. 서비스・사무용기계(컴퓨터 포함), 25. 기타산업기계, 26. 산업용전기기기, 27. 음향・영상・통신,
28. 가정용전기기기, 29. 반도체・전자부품, 30. 기타전기기기, 31. 조선, 32. 자동차,
33. 기타수송기기(철도차량, 항공기 등), 34. 정밀기기

제조업 34개의 세부산업을 대상으로 네트워크 분석[6]과 통계적 분석을 並行하면서 한국 제조업의 지식 네트워크의 구조적 특성과 시간에 따른 변화를 분석한다.

---

5) KSIC상의 산업분류와 산업연관표상의 산업분류를 대조하여 자료를 정리하였음.

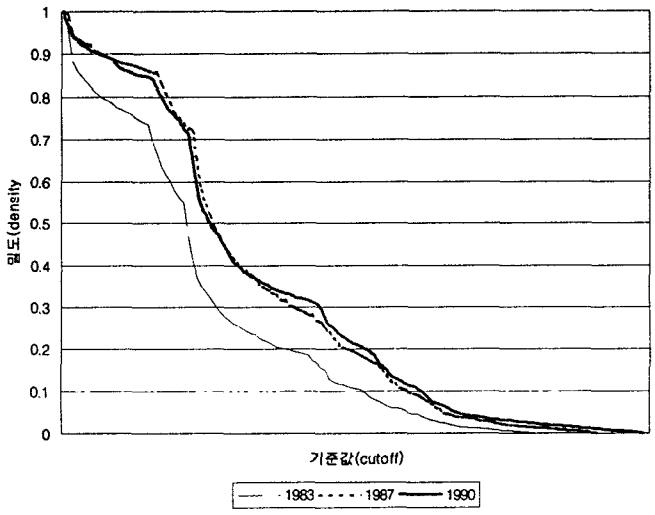
6) 네트워크 분석 프로그램인 UCINET Ⅳ ver 1.66과 그래프 작성 프로그램인 KrackPlot 3.0을 이용하였음.

3.2 절대량 기준 지식흐름구조 변화의 특성

3.2.1 네트워크의 체계적 연계성

〈그림 1〉에서 체화기술지식의 실질 흐름량을 기준으로 기준값[7](cutoff)에 따라 네트워크의 밀도(density)를 살펴보면 83년에 비해서 87년의 경우에 상당한 증가가 있었으며, 90년의 경우는 87년과 비교하여 소폭 상승하였다.

〈그림 1〉 절대량기준 각 연도별/기준값별 밀도의 변화



또한 기준값/연도별 연결수에 대한 표준편차가 시간에 따라서 증가하고 있으며, 특히 기준값 100의 경우는 크게 증가하고 있다. 이는 지식흐름연계 구조에서의 중요산업의 지식방출 혹은 흡수 등 기술지식의 흐름으로 표현되는 연계의 수가 산업별로 차이가 크다는 것을 의미한다.

---

7) 절대량 기준의 경우 기준값을 1.4, 4.0, 40, 100에 대해서 분석하여 주로 100을, 상대적 흐름량의 경우 0.05, 0.1, 0.3에 대해서 분석하여 주로 0.3을 기준으로 네트워크 변화의 특성을 고찰.

〈표. 1〉 절대량 기준의 지식흐름행렬에서의 밀도와 표준편차

	기준값 : 1.40			기준값 : 40			기준값 : 100		
	'83	'87	'90	'83	'87	'90	'83	'87	'90
밀 도	0.25	0.37	0.38	0.04	0.07	0.09	0.01	0.03	0.04
표준편차	0.43	0.48	0.49	0.19	0.26	0.28	0.09	0.18	0.3

한편, 네트워크간 상관분석을 수행한 결과 87년과 90년의 경우 매우 높은 상관관계(0.714)를 보이고 있으나 83년과 87년의 경우와 83년과 90년의 경우 각각 0.482, 0.381로 상대적으로 낮은 상관관계를 보이고 있다. 이는 제조업 전반에 걸쳐 80년 초반과 80년대 중반이후 급격한 변화가 나타나고 있음을 의미하며 87년 이후 이러한 변화의 지속과 확대가 진행되고 있음을 의미한다. 즉, 한국 제조업의 체화지식흐름에서의 네트워크 연계성(connectivity)이 급격히 확대되고 있음을 시사하고 있다.

3.2.2 절대량 기준 지식흐름구조의 특성

〈그림 2〉는 절대흐름량 기준으로 기준값 100에서의 각 연도의 체화기술지식 네트워크를 도시한 것이다. 그림에서 右側에 표시된 숫자는 네트워크 연계구조에 포함되지 못한 산업들로 이들 산업들은 지식흐름이 100보다 작은 산업들을 의미한다. 네트워크의 전반적인 변화를 분석하면, 첫째, 체화기술지식의 흡수(indegree-flow) 측면에서 초반에 식음료(1), 섬유(2)산업의 중심과 중반이후 이들 산업과 더불어 가전(28), 자동차(32), 철강(18), 조립금속(20), 반도체(29) 등이 주요 지식흡수산업으로 부상하였다. 특히 90년의 경우 자동차산업의 흡수부분 중심성 지수는 가장 컸는데 이는 종합산업인 자동차산업이 한국의 대표산업으로 도약하면서 급격한 제품기술의 발전과 공정상의 효율성 증대를 위해 소재, 전기·전자, 정밀기계, 공작기계 등의 다양한 기술을 요구하였기 때문으로 보인다. 둘째, 체화기술지식의 방출(outdegree-flow) 측면에서는 흡수측면과 다른 양상을 보이고 있다. 83년의 경우 자동차(32), 염료·도료(6), 유리제품(16)산업이 주요 방출산업이었으나, 87년과 90년의 경우 이외에 특수산업용기계(22),

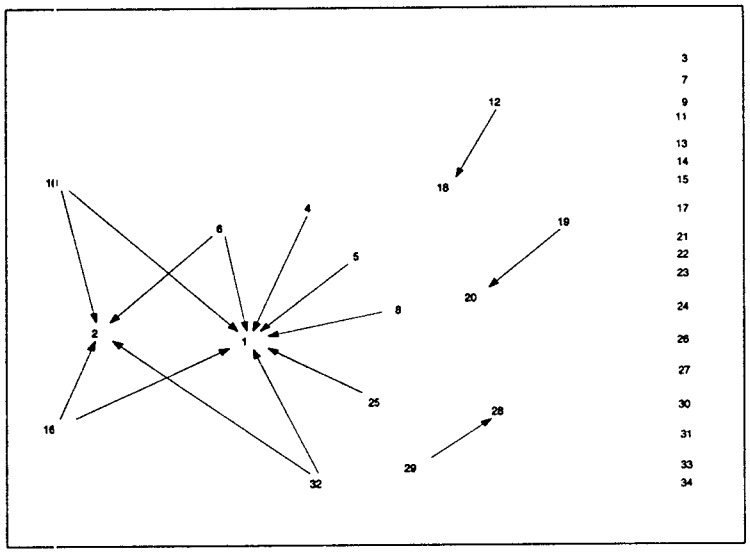
산전(26), 기타 전기기기(30), 정밀기기(34), 사무·서비스기계(24), 반도체(29), 도자기·토기(15) 등이 주요 지식 방출산업으로 등장하고 있다. 특히, 이들 산업의 기술지식을 흡수하는 산업들은 섬유와 식음료 산업을 제외하면 대부분 이들 산업간의 지식흐름으로 구성되고 있다. 이는 소위 첨단산업 부문간의 기술혁신의 흐름이 80년대 초반에 비해 상대적으로 크게 증가하고 있으며, 각 산업의 기술혁신을 위해서는 다른 산업의 기술혁신을 통한 제품이나 지식의 흡수가 절대적으로 필요함을 의미하고 있다. 셋째, 체화기술지식의 매개(intermediary) 측면에서 83년 네트워크에서는 매개산업을 발견할 수 없었으나, 87년 이후 자동차(32), 가전(28), 특수산업용기계(22), 철강(18), 조립금속(20) 등이 중요 매개산업으로 등장하고 있다. 이들은 기술적 특성이 상이한 방출부문의 기술지식을 흡수부문으로 연결해줌으로써 새로운 제품의 개발이나, 공정혁신에 필요한 다양한 기술지식을 확산시키는 중요한 역할을 수행한다. 넷째, 각 네트워크의 위계 정도(특정산업을 중심으로 얼마나 집중화 되었는가를 판단)를 파악하기 위한 중심화 지수[8]를 살펴보면 다음과 같다. 우선 흡수 측면에서 각 네트워크의 중심화 지수는 완만히 상승하고 있는데 이는 전통적인 산업(식음료, 섬유 등)과 자동차산업의 전체 네트워크에서 상당한 위치를 차지하고 있음을 의미한다. 한편, 방출 측면에서는 지수값이 흡수측면에 비해 작은데 이는 소수 산업에 의해 그 중심적인 역할이 점유된 것이 아니라 여러 산업에 의해 점유된 경우이며 또한 87년 이후 지수값의 급격한 상승을 보이고 있는데 여러 중요 산업 중에서 몇 개의 중심산업들(염료·도료, 산전, 유리 산업, 공작기계, 정밀기계)의 연계수가 급증한데 기인한다. 특히 이들 산업은 소재부문, 전기부문, 정밀부문으로 많은 산업에서 필요로 하는 기본적인 기술지식을 확산시키는 역할을 수행한다.

---

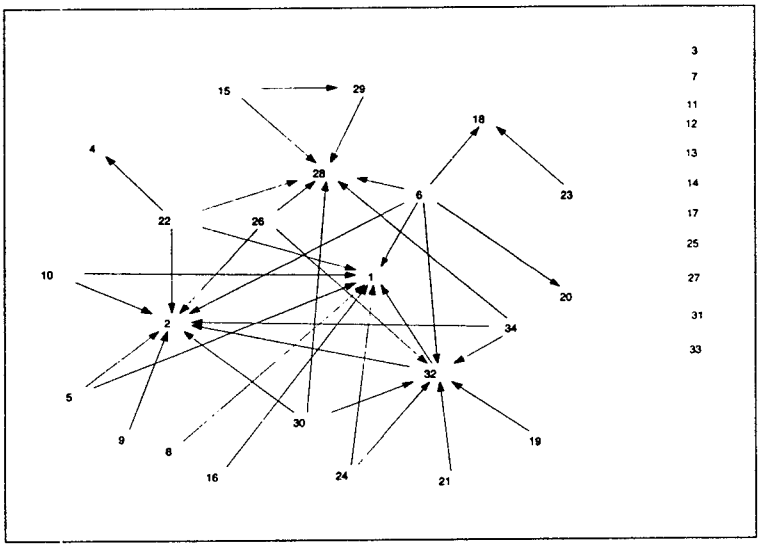
8) 절대량기준의 각 연도별 네트워크의 중심화 지수(기준값: 100. 단위 %)

	1983	1987	1990
inflow	24.3	25.6	31.1
outflow	5.0	15.9	24.6

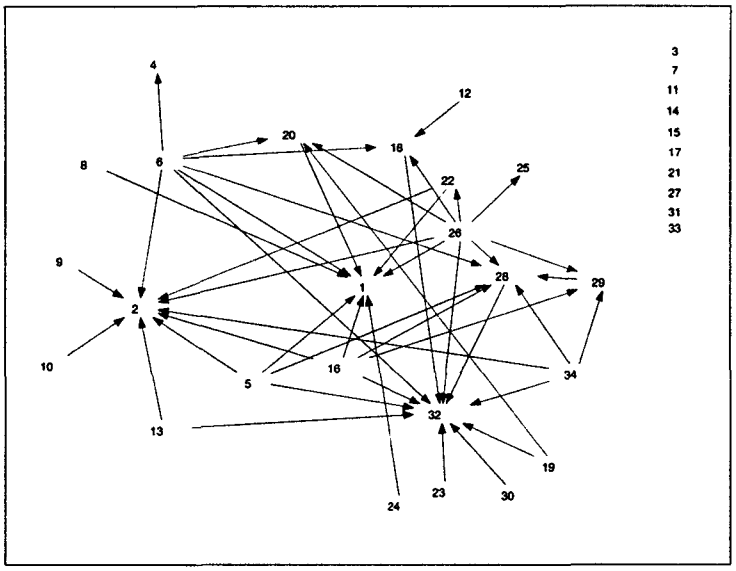
〈그림 2〉 절대량 기준 연도별 체화기술지식 네트워크(기준값: 100)



(a) 1983년



(b) 1987년



(c) 1990년

이상을 종합하여 전체적인 특성을 요약하면, 한국 제조업의 산업간 체화기술지식의 흐름구조는 우선 지식의 방출과 흡수부문으로 구분할 수 있다. 방출부문은 중요 중심산업이 다수인 다중심적 구조(multi-central outflow structure)로, 흡수부문은 전통적 산업(식음료, 섬유산업)의 지속적인 지식의 흡수와 성장산업(자동차, 가전, 반도체 등)의 다양한 산업으로부터의 흡수라는 二重構造(dualistic inflow structure)로 변화하는 특성을 갖는다고 할 수 있다.

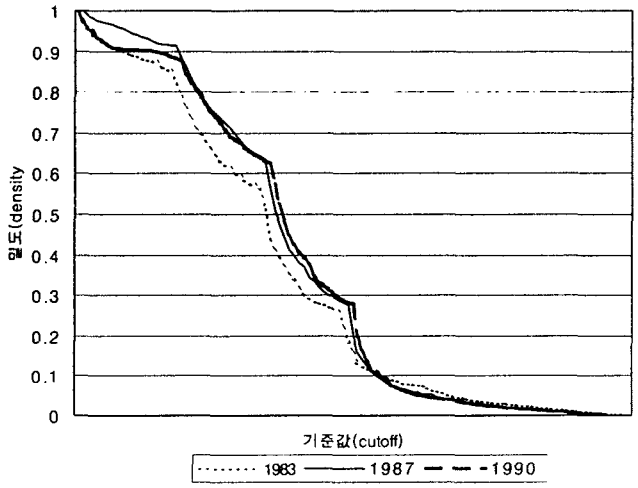
3.3 상대량 기준 지식흐름구조 변화의 특성

3.3.1 네트워크의 체계적 연계성

본 절에서는 특정산업에서 여러 산업으로의 체화기술지식의 흐름량의 비율을 가지고, 전체 네트워크의 변화를 고찰한다. 이러한 분석은 제조업의 산업간 관계를 相對的으로 비교할 수 있다는 점에서 즉, 횡단면적 측면에서 그 구조적 특성을 파악할 수 있다는 점에서 유용하다. 〈그림 3〉에 나타난 것처럼 상대적 흐름량을 기준으로 한 연

도별 네트워크의 밀도는 크게 차이를 보이고 있지 않으며, 또한 〈표 2〉에 제시된 것처럼 기준값 별로 밀도나 표준편차가 크게 차이를 보이고 있지 않다. 이는 기존의 공급자-사용자 관계를 유지, 확대하는 방향으로 변화하고 있음을 시사한다.[9] 이를 절대량 기준의 분석과 비교하면, 기존의 산업간 관계를 기본적으로 유지하면서, 특정산업들의 지식방출이나 흡수가 보다 강화되는 형태로 진화되고 있음을 알 수 있다.

〈그림 3〉 상대량기준 각 연도별/기준값별 밀도의 변화



〈표 2〉 상대량 기준의 지식흐름행렬에서의 밀도와 표준편차

	기준값 : 0.05			기준값 : 0.1			기준값 : 0.3		
	'83	'87	'90	'83	'87	'90	'83	'87	'90
밀 도	0.11	0.12	0.11	0.08	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
표준편차	0.31	0.33	0.32	0.27	0.26	0.25	0.17	0.16	0.16

9) 네트워크 상관관계를 살펴보면 83년과 87년의 경우 0.775, 87년과 90년의 경우 0.799로 매우 높은 수준을 보이고 있음.

3.3.2 상대량기준 지식흐름구조의 특성

〈그림 4〉는 체화기술지식의 상대적 흐름량(기준값:0.3)을 기준으로 각 연도별 네트워크를 도시한 것이다. 우선 지식의 방출측면에서 네트워크의 구조를 살펴보면 절대량 기준의 구조와 유사하나(지식 방출산업이 매우 다양하게 분포), 상대량 기준의 경우가 방출산업의 수(부문 중심성 지수가 1이상인 산업)가 더 많으며 그 크기에 있어서는 매우 비슷한 값을 갖는다(상대량 기준 83, 87, 90년 방출 부문 중심성 지수는 1 혹은 2의 값을 보임). 이는 네트워크 구조의 위계적 정도[10]가 매우 낮음을 의미하며 따라서 방출부문의 구조는 周邊的 구조(peripheral structure)를 갖는다고 할 수 있다. 둘째, 흡수측면은 절대량 기준의 네트워크와 매우 유사한 구조를 띠고 있는데, 특히 전통산업인 식음료(1), 섬유(2) 산업의 그 위계적 정도가 절대량 기준의 경우보다 컸으며, 또한 가전(28), 자동차(32), 철강(18) 등이 중심된 흡수산업으로 부상되고 있다. 따라서, 절대량 기준의 분석처럼 흡수부문은 전통산업 부문과 성장산업 부문으로 兩分되는 二重構造(dual structure)를 갖는다고 할 수 있다. 셋째, 지식을 중개하는 매개변수 측면을 살펴보면, 철강(18), 조립금속(20), 가전(28), 자동차(32) 등이 중요 매개산업이며, 절대량 기준과는 다르게 식음료(1), 섬유(2) 산업 등도 중요한 매개산업으로 나타나고 있다.

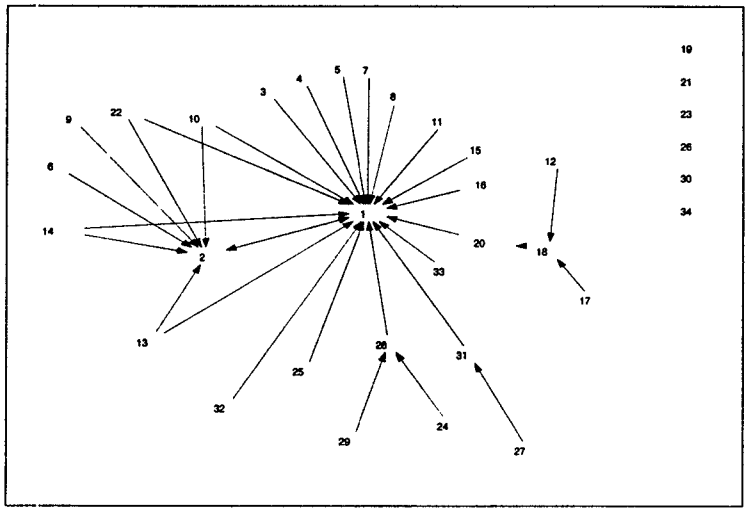
상대량 기준의 네트워크 구조변화의 특성은 절대량 기준과 매우 유사하며, 단지 지식의 방출측면에서 몇 개 산업의 중심화 구조가 아닌 주변적 구조를 보이고 있다는 점이 다르다고 할 수 있다.

---

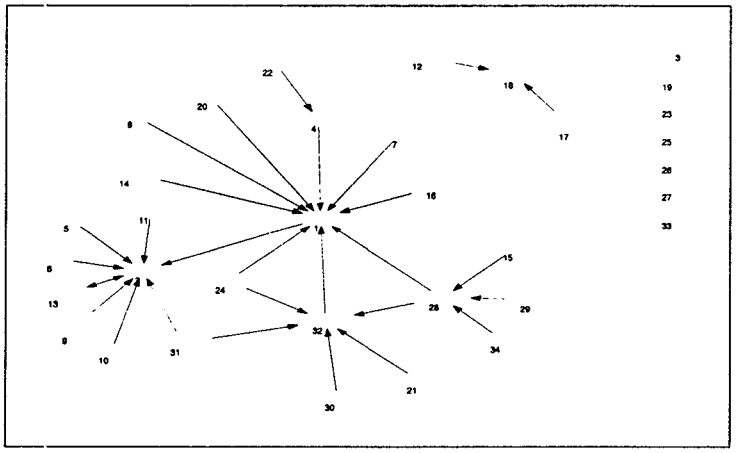
10) 상대량 기준의 각 연도별 네트워크의 중심화 지수(기준값: 0.3, 단위: %)

	1983	1987	1990
inflow	58.14	26.23	26.13
outflow	3.41	3.70	3.60

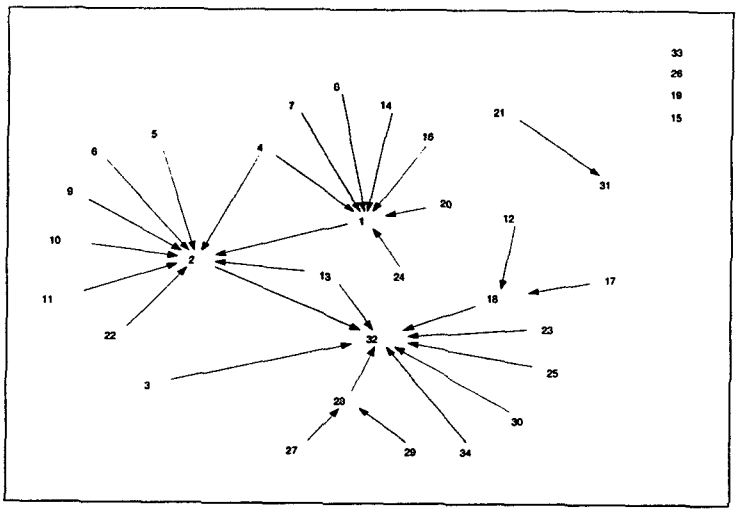
〈그림 4〉 상대량 기준 연도별 체화기술지식 네트워크(기준값: 0.3)



(a) 1983년



(b) 1987년



(c) 1990년

3.4 체화기술지식의 흐름에 따른 산업유형

기술지식의 흐름이라는 관점에서 각 산업은 필연적으로 다른 산업과의 관계를 갖게 된다. 즉, 각 산업의 지식의 창출과 방출 혹은 흡수가 산업별로 상당한 차이를 보이고 있으며, 이는 결국 산업들을 지식의 공급자, 사용자 또는 매개자 측면으로 구분할 수 있음을 의미한다. 〈표 3〉은 체화기술지식의 흐름의 절대량을 기준으로 하여 전체 제조업 34개 산업을 지식방출 산업부문(knowledge outflow industrial sector), 지식흡수 산업부문(knowledge inflow industrial sector), 지식흐름매개 산업부문(knowledge-flow intermediary sector)으로 유형화한 것이다.

부분 중심성 지수 및 전체 중심성 지수를 근거로 하여 지식의 방출부문과 흡수부문으로 유형화하였는데 지식의 방출 측면과 흡수 측면에서 두 부문의 차이가 有意하였다.[11] 특수산업용기계산업, 공작기계산업, 사무·서비스기계(컴퓨터산업 포함)산업, 기타 전기기기산업은 지식의 방출량과 흡수량이 상당하여 중복하여 분류하였다. 또한,

11) 각 부문의 지식 방출량 및 흡수량을 기준으로 분산분석을 수행한 결과 유의수준 0.01에서 유의미한 결과를 얻었음.

매개 중심성 지수를 근거로 하여 기술지식의 매개 산업부문을 추출하였다. 지식방출부문은 자체 지식의 창출과 여타 산업으로의 지식흐름량이 지식흡수부문보다 상당히 많았으며, 지식흡수부문은 자체의 지식의 창출보다는 지식방출부문으로부터의 지식유입량이 상당히 컸다. 지식매개부문은 여타 산업으로부터의 지식을 유입하고 이를 다른 산업으로 방출하는 지식흐름의 중개역할을 수행한다고 할 수 있다.

지식흐름에 따른 산업의 분류는 각 부문별로 다른 정책수단을 적용하여 전체 제조업에서의 기술지식의 원활한 확산을 촉진할 수 있으며, 이는 결국 개별산업의 기술진보 또는 생산성 향상에 도움을 줄 수 있기 때문에 정책적으로 매우 큰 의미를 갖는다고 할 수 있다. 또한 산업유형별 연구개발 형태, 연구개발 성과에 미치는 영향요인의 분석 등의 향후 연구에 지식흐름에 따른 산업 유형화가 새로운 기준으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결 론

지식기반경제하에서는 경제주체들의 지식창출과 더불어 지식의 확산이 강조된다. 한 산업에서 창출된 기술지식이 장비나 기계에 체화되어 다른 산업으로 흡수되어 그 산업의 기술혁신을 誘引하는 순환적 기능을 갖기 때문이다. 이는 경제적으로 제품의 고부가치화, 신제품의 개발, 생산 공정상의 효율성의 향상을 꾀함으로써 기술확산에 의한 收穫遞增(increasing returns)을 가능케 한다.

본 논문은 산업연관표에 기초하여 교역 네크워크를 통한 체화지식의 흐름구조를 네트워크 분석기법을 이용하여 살펴보았다. 실증자료는 산업간 연계구조가 본격적으로 형성된 '80년대 제조업을 대상으로 하였다. 지식과 지식흐름의 계측상의 여러 한계가 존재함에도 불구하고 다음과 같은 분석결과를 얻었다.

첫째, 한국 제조업의 체화지식흐름구조가 動態的으로 급격한 변화보다는 기존구조하에서 점진적인 변화 양상을 보이고 있으며, 이는 새로운 지식연계의 구축보다는 기존의 지식흐름관계를 강화시켜가는 현상으로 파악될 수 있다. 둘째, 체화지식의 흐름구조에서 방출부문의 경우, 몇 개의 중심산업군으로 지식이 확산되는 다중심적 구조의 형태로 진화하고 있으며, 흡수부문의 경우는 전통산업군과 성장산업군으로 구분되

어 지식의 흡수가 이루어지는 이중적 구조의 형태로 진화하는 모습을 발견할 수 있다. 셋째, 지식의 흡수측면에서 지식의 공급부문이나 첨단 산업부문의 지식을 중개하는 매개산업군의 존재를 파악하였다.

〈표 3〉 체화기술지식의 흐름에 따른 산업분류

지식 방출 부문 (knowledge outflow sector)	지식 흡수 부문 (knowledge inflow sector)	지식 흐름 매개 부문 (knowledge-flow intermediary sector)
유기,무기화학(5), 염료,도료(6), 비료농약(7) 의약품(8),세정제,화장품(9), 기타화학(10), 석유정제(11), 석탄제품(12), 고무제품(13), 도자기,토기(15), 유리제품(16), 비철금속(19), 특수산업용기계(22), 공작기계(23), 사무,서비스기계(24), 산업용전기(26), 기타 전기기기(30), 정밀기기(34) (총 18개 산업)	식음료(1), 섬유(2), 나무,목재(3), 종이인쇄(4),플라스틱(14) 시멘트,콘크리트(17), 철강(18), 조립금속(20), 보일러,터빈(21), 특수산업용기계(22), 공작기계(23), 사무,서비스기계(24), 기타산업기계(25), 음향영상통신(27), 가전(28), 반도체(29), 기타 전기기기(30), 조선(31), 자동차(32), 기타 수송기기(33) (총 20개 산업)	철강(18), 조립금속(20), 특수산업용기계(22), 가전(28), 자동차(32) (총 5개 산업)

이상의 결과를 토대로 제조업 부문의 생산성과 기술혁신을 제고하기 위한 정책방안을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 제조업의 지식흐름구조의 변화 방향에 따라 정책방향도 신축적으로 변화될 필요가 있다. 즉, 향후의 政策基調는 지식창출을 강조하는 공급중심적 방향으로부터 지식활용을 중시하는 확산지향적(diffusion-oriented) 방향으로 전환되는 것이 바람직하다. 둘째, 지식흐름의 관계에 따른 산업부문별 정책수단을 차별적으로 적용하여야 한다. 연구개발효과와 파급효과가 큰 지식공급부문의 경우 특정

기술분야의 지원보다는 共有技術(generic technology)의 개발에 직접투자하는 방식이 요구되며 지식흡수부문의 경우 자체 연구개발을 직접 지원하는 것보다는 연구개발의 파급이나 매개산업부문을 통한 지식의 유입을 촉진시키는 하부구조적 접근방안이 더 효과적이다. 셋째, 지식매개산업을 지원함으로써 네트워크의 연계성을 제고하여야 한다. 특히 지식연계가 缺如되어 있거나 취약한 영역을 부문을 강화시킴으로써 기술지식이 산업간에 원활하게 유통될 수 있는 체제를 구축해야 한다. 마지막으로, 미래성장산업의 육성을 통해 지식연계구조를 확대시키는 정책이 요구된다. 지식연계구조는 동태적으로 성장 내지 진화하는 생명체이므로 새로운 知識源을 지속적으로 개발하여 성장의 잠재력을 유지해야 하는 것이다.

참 고 문 헌

1. 김문수, 오형식, 박용태, "한국 제조업의 지식 네트워크의 구조변화의 특성", 「기술혁신연구」, 제6권, 제1호, 1998. 6.
2. 김연섭, 「첨단생산기술 확산정책」, 서울대학교, 박사학위논문, 1997.
3. 삼성경제연구소역(I. Kenichi 저, 1992), 「자본주의의 시스템간 경쟁」, 1995.
4. 산업기술진흥협회, 「산업기술개발실태조사」, 1984-1991, 각년도.
5. 이희경, 김정우, "연구개발투자의 산업간 파급효과: 한국제조업에 대한 실증연구", 「기술혁신연구」, 제4권, 제1호, 1996. 10.
6. 한국은행,「산업연관표」, 1983, 1987, 1990.
7. 홍순기, 홍사균, "산업간 기술흐름구조와 연구개발투자의 파급효과분석", 과학기술정책, 제6권, 제1호, 1994. 6.
8. W. Cohen & D. Levinthal, "Innovation and Learning: the Two Faces of R&D", *Economic Journal*, Vol. 99, 1989.
9. P. David and D. Foray, "Interactions in Knowledge Systems: Foundations, Policy Implication and Innovation Policies, Namely for SMEs", *Science Technology Indusry Review*, No. 16, 1995, pp. 70-102.
10. C. Freeman, "Networks of Innovators: a Synthesis of Research Issues", *Research Policy*, Vol. 20, 1991.
11. C. Freeman, "The 'National Systems of Innovation' in Historical Perspective", *Cambridge of Economics*, 19(1995), pp. 5-24.
12. L. Gelsing, Innovation and the Development of Industrial Networks, In B. A., Lundvall(eds), *National Systems of Innovation-Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Pub., 1992.
13. A. Goto 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, 1989, pp. 555-564.
14. Z. Griliches, "R&D and The Productivity Slowdown", *AER*, Vol. 70, No. 1,

1980, pp. 92-116.

15. H. Hakansso, *Corporate Technological Behavior Cooperation and Network*, London: Routledge, 1989.
16. K. Kobayashi and A. Andersson, A Dynamic Input-output Model with Endogenous Technical Change, In B. Johansson, C. Karlsson, L. Westin(eds), *Patterns of a Network Economy*, Springer-Verlag, 1994.
17. R. Leoncini, M. A. Maggioni, S. Montressor, "Intersectorial Innovation Flows and National Technological System Network Analysis for Comparing Italy and Germany", *Research Policy* 25(1996), pp. 415-430.
18. B. A., Lundvall(eds), *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Pub., 1992.
19. B. A., Lundvall, Innovation an Interactive Process: from User-Producer Interaction to the National System of Innovation, In G., Dosi, C., Freeman, R., Nelson, G., Silverberg, and L., Soete,(eds), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Pub. Ltd., 1988.
20. P. Mohnen, "New Technologies and Inter-Industry Spillovers", *STI Review*, Paris: OECD, No. 7, 1996.
21. R., Nelson(eds.), *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*, Oxford Univ. Press, 1993.
22. J., Niosi and B., Bellon, "The Global Interdependence of National Innovation Systems", *Technology in Society*, Vol. 16, No. 2, 1994, pp. 173-197.
23. OECD, *Technololgy and The Economy; The Key Relationships*, 1992.
24. OECD, *Knowledge-based Economy Industrial Dynamics*, 1996a.
25. OECD, *Technology Diffusion: a Typology of Programs*, 1996b.
26. G. Papaconstantinou, N. Sakurai, A. Wyckoff, "Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries", *STI Working Papers*, 1996. 1.
27. K. Pavitt, "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy* 13, 1984, 343-373.
28. M. Polayni, *Personal Knowledge*, Chicago ; University of Chicago Press, 1958.

29. N. Rosenberg, *Inside Black Box; Technology and Economics*, Cambridge Univ. Press, 1982.
30. N. Rosenberg, "Critical Issues in Science Policy Research", *Science and Public Policies*, Vol. 18, No. 6, 1990.
31. A. J. Scott, *Social Network Analysis : a Handbook*, SAGE Publications, 1991.
32. S. Wassersman, K. Faust, *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge Univ. Press, 1994.
33. E. Wolff and M. Nadiri, "Spillover Effects, Linkage Structure, and Research and Development", *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 4, No. 2, 1993, pp. 315-331.