한국의 산업구조에 대한 연결망 분석:

산업연관표를 중심으로(1963-1993)

김용학(연세대) · 이경용(산업안전보건연구원)
박찬웅(동국대) · 장덕진(연세대 사회발전연구소)

1. 문제제기

한국은 1960년대 이후 고도의 경제성장을 이룩하였으며, 산업구조상 많은 변화를 가져왔다. 특히 1차 산업이 중심이었던 과거와는 달리 2차 산업과 3차 산업의 비중이 상대적으로 크게 증가하였다. 그 동안의 산업구조에 대한 이해는 주로 해당 산업의 총생산액과 종사자수가 전체 산업에서 얼마의 비중을 차지하는가를 통해 이루어져왔다.

본 연구에서는 이에 대한 대안으로 산업구조를 산업간 재화 및 서비스의 흐름의 관계 혹은 연결망으로 파악하고자 한다. 이러한 산업구조에 대한 개념을 바탕으로 본 연구는 한국의 산업구조에 대한 두 가지 논의를 검토하고 이에 대한 분석을 시도하였다. 첫 번째는 산업구조는 산업간 기술적 분업 혹은 기술연관도를 나타낸다는 것이다. 이에 따라 그 사회의 기술 변화는 산업구조의 변화를 가지고 올 것이며, 반대로 기술 변화와 그로 인한 산업간 분업 관계가 안정되면, 산업구조도 안정될 것이라는 것이다. 둘째 논의에서는 한국과 같이 국가가 경제발전을 주도하는 사회에서 산업구조 자체도 국가의 경제발전정책의 변화에 따라 변할 것이라는 것이다. 즉 특정 산업에 대한 자본, 인력, 기술지원, 각종 세제 혜택 등은 그 산업의 특성과 다른 산업과의 관계를 변화시킬 것이고 이는 전체 산업구조의 변화로 나타날 것이라는 것이다.

이를 위하여 한국은행에서 발간하는 산업연관표를 바탕으로 연결망 분석 방법을 이용하여 시기별로 산업간 연관도가 어떻게 달라지는가를 분석하였다. 또한 우리나라의 산업화가 개발국가의 주도적인 역할로 이루어졌다는 기존의 주장을 검증하기 위하여 정책 금융이 할당된 특정 산업이 정책금융으로 인하여 산업의 위상에 어떠한 변화가 있었는가를 살펴보고자 한다.

2. 문헌고찰

산업연관표를 이용하여 산업들간의 연관도를 연결망으로 분석한 예는 시카고 대학의 버트에 의해서 시도되었으며, 버트는 미국의 산업시장의 안정성을 연결망 분석을 통해 파악하였다. 한국의 경우 이재열과 장호, 장덕진 등이 산업연관표에 대한 연결망 분석을 시도하였다. 이재열의 경우에는 기업의 수익률은 시장의 연결망 구조에서 파생되는 자율성과 구속성의 변이에 따라 달라진다는 가정하에 1990년도를 대상으로 분석하였으며, 장호는 하청의존도의 결정요인을 알아보기 위하여 1985년도 산업연관표를 이용하여 연결망 구속성 특성을 분석하였다. 결국 이들의 연구는 산업연관표에 대한 연결망 분석을 통하여 산업의 환경적 특성을 변수화한 후 이를 바탕으로 수익률과 하청의존도 등과 같은 현상을 설명하는데 이용하였다. 장덕진의 경우에는 1970년대에 이루어진 중화학공업 정책이 과연 전략적이었는가를 검증하기 위하여 중화학부문의 산업들이 전략적인 산업이었는가를 산업연관표를 바탕으로 연결망 분석을 이용하여 알아보았다. 본 연구에서는 기존에 많이 사용되어온 구조적 등위에 추가하여 질적산업연관분석(qualitative input-ouput analysis)에서 이용되는 digraph 방법을 이용하여 산업간 연결망 구조의 시기적 변화를 알아보았다.

이전 연구에서 본 연구자들은 digraph를 통해 1993년 산업연관표를 분석하여 한국의 산업간 연결망을 파악한 바 있다(김용학 · 박찬웅 · 이경용, 1998). 이 연구의 주요 발견은 1993년 현재 산업간 연결망이 버트가 분석하고 있는 미국의 산업간 연결망과 유사하게 나타났다는 것이다. 그러나 이 분석은 한 시점에 대한 정태적 분석이라는 한계를 가진다. 또한 1993년 산업연결망에 나타난 산업간 관계가 어떤 요인에 의해 영향을 받았는가에 대한 단서를 제공하지 못한다. 본 연구는 이런 문제점을 출발로 두 가지 질문을 제기한다. 첫째, 한국의 산업구조는 어떻게 변화해왔는가? 산업화가 시작한 1960년대, 중화학공업화로 전환한 1970년대, 경제 및 금융자유화 정책이 시행되기 시작한 1980년대, IMF 이전의 1990년대에 각각 산업구조는 어떻게 변화해왔는가? 둘째, 만일 뚜렷한 변화가 있다면 이것은 무엇을 의미하는가? 산업간 기술적 분업의 변화인가? 아니면 개발국가로서의 한국의 경제육성 정책의 결과인가? 본 연구는 이 질문들에 대한 답변을 찾기위한 제한된 시도이다.

3. 연구방법

본 연구에 사용된 자료는 1963년부터 1993년까지의 산업연관표와 수출입은행의 정책금융자료 및 일반예금은행의 대출금 자료를 이용하였다. 분석목적에 따라 크게 세가지의 연구방법이

사용되었는데, 각각은 다음과 같다.

1) 산업구조에 대한 기술적(descriptive) 분석

(1) Digraph

산업간 재화와 용역의 흐름을 대상으로 산업간 연관성의 변화를 알아보기 위하여 산업연관표상의 중간산출 총합의 5%를 기준으로 산업간 연관성을 유·무로 변환하였다. 이러한 방법을 이용하여 각 연도별 산업간 경로거리(path distance)를 기준으로 다차원척도법을 통해 지도로 표시한 후, 지도상에 위치한 각 산업별 재화와 용역의 산출물 흐름을 화살표로 표시하여 산업간 연결망 구조를 파악하였다. 이 지도를 통해 재화와 용역의 흐름에서 나타나는 중심 산업과 변방 산업들이 무엇인지를 파악할 수 있으며, 나아가 전방, 후방 산업의 연관도를 확인할 수 있다. 연도별 산업간 연결망 특성에 대한 분석은 중심화(centrailization) 특성을 보여주는 변수인 in-degree, out-degree, betweeness, power 그리고 산업간 연결망 구조의 전체 밀도의 변화를 알아보기 위하여 전체 밀도(density)를 측정하여 연도별로 비교하였다.

(2) Structural equivalence

연도별로 분류된 산업들의 구조적 등위를 바탕으로 산업별 등위 점수를 비교 분석하였다. 이를 위하여 구조적 등위 점수를 이용한 다차원척도법 분석을 시도하였으며, 분석결과를 연도별로 비교하였다.

→ 각 연도별 산업간 연결망을 2차 평면에 위치지운다(digraph, structural equivalence).

→ 각 연도별 산업간 재화와 용역의 흐름을 파악한다(digraph).

→ 각 연도별 산업간 연결망 지표들을 산출한다(centralization, density).

2) 연도별 산업시장의 안정성 분석

산업간 거래 분포의 안정성은 기술적 분업의 안정성을 보여주는 것이다. 이를 위하여 각 연도별 산업간 거래를 동일한 형태로 재구성하여야 하는바, 1960년대 1970년대 1980년대 1990년대를 각각 분리하여 산업분류를 일치시켰으며, 60년대와 90년대를 제외하고 5년 간격의 안정성을 분석하였다. 산업간 거래 분포의 안정성은 거래된 절대 규모의 산업별 분포에 대하여 투입과 산출을 분리하여 상관관계를 분석할 수 있으며, 해당 산업이 다른 산업들과 갖는 등위 점수를 산출하여 투입과 산출로 수정한 후 이를 바탕으로 안정성을 분석할 수 있다.

→ 재화와 용역의 산업간 절대 거래 분포의 안정성 분석(투입 분포, 산출 분포, 전체)

→ 산업의 구조적 등위의 안정성 분석(유클리디안 거리를 이용한 상관관계)

3) 산업의 연결망적 특성과 정책 금융 규모간 상관분석

산업간 연결망적 특성과 정책금융 규모간에는 양방향적인 인과관계의 설정이 가능하다(예를 들어 ① 중심적 산업에 정책금융을 투자하였다 ② 정책금융의 혜택을 본 산업들이 성장함으로써 중심적 산업이 되었다). 또한 이 양방향적 인과관계는 시차(time-lag)를 두고 나타날 수도 있다. 이 관계를 발견적으로 포착하기 위하여 다음과 같은 분석틀을 설정하였다.

산업의 연결망 위치(시점 1)	→	산업의 연결망 위치(시점 2)	→	산업의 연결망 위치(시점 3)
(a1)↑ ↓(b1) (c1)↗↘(d1)		(a2)↑ ↓(b2) (c2)↗↘(d2)		(a3)↑ ↓(b3)
정책금융 규모(시점 1)	→	정책금융 규모(시점 2)	→	정책금융 규모(시점 3)

산업별 연결망적 특성은 digraph를 통해 산출될 수 있는 중심성(centrality: indegree, outdegree, betweeness, power) 지표들을 분석에 이용하였으며, structural equivalence를 통해 산출될 수 있는 prominence 지표를 분석에 이용하였다. 또한 해당 산업의 정책금융 규모는 해당 산업에 주어진 정책 금융의 절대액과 해당 산업의 총산출액으로 수정된 값, 해당 산업의 수출총액으로 수정된 값을 이용하여 상관관계를 분석하였다.

4. 연구결과

1) 산업간 재화와 용역 흐름의 변화

산업간 재화와 용역의 거래 규모를 해당 산업 산출총액의 5% 이상에 대해서만 거래 관계가 있다고 보았을 때, 연결망 분석의 경로거리에 근거한 2차 평면상의 위치(다차원척도법)를 파악한 결과 1963년의 경우 산업간 연결망 구조에서 가장 중심에 위치하는 산업은 기타서비스, 식료품, 운수 및 보관업, 음료품 및 연초, 목재 및 가구, 그리고 상업 등이다. 이러한 산업들은 1966년의 경우 모두 주변으로 밀려나는 모습을 보이고 있다. 목재품 및 가구의 경우에는 완전히 주변으로 밀려나기보다는 중심과 주변의 중간에 위치하는 모습을 보이고 있다. 반면 1966년의 경우 비철금속, 철강일차제품, 화학비료, 기타화학제품, 기초화학제품, 인쇄출판, 제혁 및 혁제품, 건축 및 보수, 석유 및 석탄제품 등이 중심으로 이동한 모습을 보인다. 1963년과 1966년 3년 사이에 가장 특이한 이동을 보이는 산업은 직유계 산업으로 1963년도의 경우 주변에 위치

하면서 직물, 직유제품, 일반기계 등과 서로 가까운 거리를 유지하고 있었으나, 1966년도의 경우 이들 산업들과는 먼 거리에 위치하고 있다. 운수 및 보관, 상업 등은 1963년에서 1970년 사이에 큰 변화 없이 중심에 위치하고 있는 것으로 나타났다.

2) 연도별 산업간 연결망 구조의 변화

1963년과 1966년 그리고 1970년과 1975년, 1980년과 1985년, 1990년과 1993년도간의 산업간 거래(투입과 산출)의 산업별 분포를 유클리디안 거리를 이용하여 구조적 등위값을 산출한 후 이 등위값들간의 상관관계(연도간 matrix correlation)를 분석한 결과 1960년대의 경우 상관계수값이 가장 낮고 1990년대의 상관계수값이 가장 높았다. 이러한 결과로 보아 1960년대의 경우 산업시장이 불안정하고 1970년대 이후 산업시장이 상대적으로 안정화되었음을 알 수 있다.

연도별 산업간 연결망 구조의 특성을 파악한 결과 연도가 지남에 따라 밀도는 감소하고 있으며, 중심화 지표들도 감소하는 경향을 보이고 있다. 중심화 지표들 중 유일하게 power 값은 상대적으로 증가하는 경향을 보이고 있는데, 이러한 결과는 산업구조 변화에 대한 흥미로운 해석을 가능하게 해준다. 연결망 밀도 및 중심화 지표들이 연도에 따라 감소하고 있는 것은 기술 발전에 따른 산업간 분업이 증대되면서 부문별 연결구조가 발달하고 반면 전체 연결구조는 상대적으로 희박해지는 것을 반영한다고 생각된다. 이러한 연구결과는 산업연관표에 대한 많은 분석에서 보고되고 있다. 즉 산업화 초기에는 모든 산업들이 하나의 구조로 통합되는 모습을 보이는 반면 기술발전과 함께 산업화가 진행되면서 전체 산업간 연관도는 떨어지고 부문별 연관성이 증대되는 것으로 알려져 있다. 반면 power 값의 증가는 전체 밀도가 낮아짐으로써 서로 간에 관련성이 적어진 경제의 하위 부문들 중 특정 부문으로 높은 power를 가진 산업들이 모여있음을 강하게 시사한다.[1)]

---

1) Bonaccich power는 ego의 power 뿐만 아니라 ego에 근접해있는 행위자들(alters adjacent to ego)의 power에 의해서도 결정된다는 특징을 가지고 있다. 따라서 높은 power값을 가진 행위자들이 가까이 모여있을 때 행위자 power의 최대값은 가장 커지게 된다. Bonaccich power에 근거한 중심화 지표는 행위자 centrality의 최대값에서 다른 행위자들의 centrality를 뺀 총합으로 구해지기 때문에 network size에 의존하게 되므로 연도간 비교를 위해서는 산업부문의 수로 나누어 줄 필요가 있다. 이렇게 나누어진 평균 중심화 지표는 63년 7.27, 70년 10.83, 80년 9.71, 90년 12.85로 대체로 증가하는 추세를 보여주고 있다. 연결망 밀도나 다른 중심화 지표의 값들이 낮아지고 있는 것과 power centralization이 높아지고 있는 것을 동시에 고려할 때, 경제의 하위 부문들간 연계는 낮아지되 높은 power를 지닌 산업들은 하나의 하위 부문으로 모여들고 있는 현상을 반영한다고 할 수 있다.

Digraph method를 이용한 연결망 지표의 연도별 분포

연도	Density		Centralization			
	평균	표준편차	indegree	outdegree	betweeness	power
1963	0.10	0.30	36.56%	8.82%	11.80%	283.5
1970	0.07	0.05	20.07%	8.31%	13.35%	585.0
1980	0.06	0.23	20.28%	6.25%	5.37%	582.5
1990	0.05	0.21	19.64%	5.15%	7.94%	925.5

산업간 절대 거래액을 이용한 산업간 연결망 밀도의 연도별 분포

연도	절대거래규모		산업별 거래총량으로 수정	
	평균	표준편차	평균	표준편차
1963	62	680	0.06	0.25
1970	691	3197	0.03	0.14
1980	13121	96318	0.02	0.18
1990	34962	202984	0.02	0.09

3) 산업별 정책금융 규모와 산업별 연결망적 특성간의 상관성

정책금융 규모와 산업별 연결망적 특성들간의 상관성을 알아본 결과 동일 연도에 주어진 정책금융의 산업별 규모는 해당 산업의 연결망적 특성들 중에서 몇 가지 지표들과 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였다. 정책금융 액수는 몇 가지로 변환되었는데, 하나는 산업의 규모를 고려하기 위해 산업별 총산출액으로 나눈 값이고, 다른 하나는 비선형관계를 교정하기 위해 로그를 취한 값이다. 아래의 표에서 로그를 취한 값은 betweenness와 통계학적으로 유의한 상관관계를 보였다. 즉 betweenness값이 적을수록 로그를 취한 정책금융의 규모가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향은 국가의 정책금융이 상대적으로 산업간 연관도가 적은 산업에 투입되고 있음을 보여주는 결과이다.

1963년도의 산업간 연결망 지표와 정책금융 규모간 상관계수값 분포

연결망 지표	Loan (1)	Nor-Loan (2)	Log-Nor-Loan (3)
betweeness	0.599***	-0.170	-0.408***
contsraint	-0.106	0.041	0.081
degree	0.403*	-0.143	-0.106
indegree	0.152	-0.305*	-0.348***
outdegree	0.407***	0.012	0.052
power	0.469***	0.165	0.139

(1) Loan: 정책금융의 절대액
(2) Nor-Loan: 정책금융 절대 규모를 해당 산업의 총산출액으로 나눈 값
(3) Log-Nor-Loan: Nor-Loan에 로그를 취한 값

1980년도의 산업간 연결망 특징과 정책금융 규모간 상관관계 분석결과

연결망 지표	Loan (1)	Nor-Loan (2)	Log-Nor-Loan (3)
betweeness	0.068	-0.167	-0.115
contsraint	-0.191	0.371***	0.130
degree	0.304**	-0.234	-0.217
indegree	0.413***	-0.234	-0.255*
outdegree	-0.155	-0.027	0.114
power	0.183	-0.046	-0.075

(1) Loan: 정책금융의 절대액
(2) Nor-Loan: 정책금융 절대 규모를 해당 산업의 총산출액으로 나눈 값
(3) Log-Nor-Loan: Nor-Loan에 로그를 취한 값

1990년도의 경우 산업별 정책금융 절대 규모를 해당 산업의 수출총액으로 수정한 후 로그를 취하였을 때 각 산업들의 prominence 값과 약 0.4의 상관계수값을 보였다.

5. 결론

본 연구에서는 1963년 이후 1993년까지의 산업연관표를 통해 산업구조의 변화를 연결망 분석방법을 통하여 분석하였으며, 산업별 정책금융 규모와 산업별 연결망적 특성이 서로 상관성을 보이는지를 알아본 결과 몇 가지 유의한 발견을 하였으며, 향후 보다 정교한 분석을 통해 개발국가의 정책 금융 전략이 산업구조의 변화에 미친 영향과 그 동안 전략적이었다고 여겨지는 산업에 대한 평가를 시도할 수 있을 것이다.

본 연구는 제한점은 다음과 같다. 우선 산업연관표상의 산업분류가 연도별로 다른 차이점을 생산품으로부터 수정하지 않고 동일 분류 차원에서 수정하였다. 이러한 수정으로 인하여 산업분류 상의 오류가 발생할 수 있었을 것이다. 두 번째 산업연관표상 내수시장에서의 중간거래를 나타내는 내생부문만을 분석대상으로 하였기 때문에 요소투입이나 최종수요와 같은 외생부문이 고려되지 않은 제한점을 지니고 있다. 이러한 제한점은 특히 정책금융규모와 연결망적 특성간의 상관관계 분석에서 왜곡을 가져왔을 가능성이 있는 것으로 생각된다.