국토연구 제60권 (2009. 3): pp157~170

시·군 경제-에너지-환경 산업연관모형: 포항시 사례

Economy-Energy-Environment IO Model for Local Government: the Case of Pohang-si

정기호 경북대학교 경제통상학부 교수(제1연구자)
Jeong Kiho Professor, School of Economics and Trade, Kyungpook National Univ.(Primary Author)
(khjeong@knu.ac.kr)

하인봉 경북대학교 경제통상학부 교수
Ha Inbong Professor, School of Economics and Trade, Kyungpook National Univ.
(ibha@knu.ac.kr)

김충실 경북대학교 농업경제학과 교수
Kim Chungsil Professor, Dept. of Agricultural Economics, Kyungpook National Univ.
(chskim@knu.ac.kr)

김윤경 이화여대학교 경제학과 조교수
Kim YoonKyung Assistant Professor, Department of Economics, Ewha Womans Univ.
(yoonkkim@ewha.ac.kr)

박성덕 대구경북연구원 지식산업연구실 부연구위원
Park Seongduk Researcher, Daegu-Gyeongbuk Development Institute
(bluerose@dgi.re.kr)

정경하 경상북도청 연구원
Jeong Gyungha Researcher, Gyungsangbuk-Do Provincial Government
(khjung@gb.go.kr)

목 차

I. 서론

II. 세 지역 MRIO 모형 구조

III. 포항시 세 지역 MRIO 모형

IV. 포항시 경제-에너지-환경 모형

V. 결론

※ 본 연구는 2008년도 산업자원부 기후변화특성화대학원사업 연구비지원에 의해 이루어졌음.

www.kci.go.kr

I. 서론

최근 전 지구적인 기후변화 영향의 증폭과 함께 국제사회에서 기후변화협약의 논의가 빠르게 진전되면서 국내에서도 다방면에 걸친 대응 방안이 논의되고 있고 그 핵심에는 온실가스 감축이 자리하고 있다.[1] 온실가스 배출이 세계 9위를 차지하고 석유소비는 세계 7위를 차지하며(산업자원부・에너지관리공단. 2007), 철강과 석유화학 등 에너지 집약산업이 경제의 큰 축을 담당하는 우리나라의 현실을 고려할 때, 온실가스 감축과 이에 따른 에너지소비 감축은 국가경제에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 특히 에너지집약산업의 공간적 분포를 감안하면 그 파급영향은 수도권보다는 비수도권 지역경제에 대해 더 큰 강도로 미칠 가능성이 높다. 그러나 국내의 기후변화와 관련된 영향분석 및 대응전략 연구는 국가 차원에만 집중적으로 이루어져 왔고 지방자치단체에 대한 지역 차원의 연구와 연구에 필요한 통계DB나 경제모형 등 인프라는 거의 미비한 실정이어서, 이에 대한 보완이 시급하다.

본 연구는 시・군 단위의 기초자치단체에 대한 기후변화 연구가 가능한 경제-에너지-환경 산업연관모형을 구축하고자 한다. 광역시・도 단위의 광역자치단체에 비해 시・군 단위의 기초자치단체는 통계자료가 매우 빈약하다. 본 연구의 목표는 지역적 경제구조 특성을 감안하면서 한편으로는 부족한 통계자료의 현실을 고려하여 경제적으로 시・군 단위 기초자치단체의 경제-에너지-환경 산업연관모형을 구축할 수 있는 방안을 포항시 사례를 중심으로 제시하는 것이다.

대부분의 시・군 기초자치단체는 지역 산업의 자급도가 낮고 인근의 광역시나 상위의 도 단위 광역자치단체 경제에 크게 의존하는 특성을 가지며, 광역자치단체 산업은 국가경제에 크게 영향을 받는 계층적 구조를 갖기 쉽다. 물론 본 연구에서 사례로 다루는 포항시처럼 국가산업단지가 위치하는 경우에는 기초자치단체의 산업이 국가경제에 직접적으로 영향을 받는 경로도 추가적으로 존재할 수 있다. 이러한 계층적인 경제구조 때문에, 기초자치단체 경제에 대한 외생적 충격의 파급효과를 분석할 때 상위의 광역자치단체 경제와 최상위의 국가경제 전체 간의 상호작용에 따른 효과를 고려하지 않으면 비현실적인 분석결과를 얻을 가능성이 높다. 기존의 국내 지역산업연관모형에 관한 연구는 광역자치단체 혹은 광역권에 초점을 맞추거나(박창귀. 2007; 이춘근. 2006, 2008; 주수현・이선영. 2004; 박상우・이종열. 2001) 시・군 단위 기초자치단체에 초점을 맞추더라도 위에서 언급한 상위경제와의 환류효과를 고려하지 않는 단일지역 산업연관모형 위주였다(박성덕. 2005; 이종철. 1991; 조병훈. 2000; 전장수. 1988; 송해안. 1988; 양광남. 1994). 본 연구는 포항시 사례에 대해 포항시-경북권(포항시 제외)-전국(경북권 제외) 등의 세 지역으로 구성되는 다지역 산업연관모형(Multi Regional Input Output model : MRIO)을 구축함으로써 이러한 문제를 피하고자 한다.

시・군 단위 기초자치단체에 대한 지역경제모형 연구에서 가장 큰 제약은 지역통계의 부족이다. 특히 에너지, 환경 부문은 경제 부문에 비해 통계 부족의 문제가 더 크다. 시・군 단위의 기초자치단체마다 이러한 부족한 통계문제를 해결하면서 경제-에너지-환경 모형을 구축하는 것은 현실적으로 어려

1) 우리나라의 기후변화협약 대응 제1차 종합대책(1999~2001), 제2차 종합대책(2002~2004), 제3차 종합대책(2005~2007) 등은 모두 온실가스 감축 방안이 핵심 과제들을 구성하고 있음.

www.kci.go.kr

우므로, 비교적 비용이 적게 들면서 간편하게 모형을 구축할 수 있는 모듈식 모형구축 접근법에 대한 필요성은 매우 크다고 할 수 있다. 본 연구는, 기존 연구(김윤경. 2006)에서 이미 개발된 에너지-환경 모형을 활용하여 포항시에 대해 개발하는 세 지역 MRIO모형과 접목시킴으로써 이러한 모듈식 모형 구축 방법을 제시한다. 이러한 접근법을 다른 시·군 단위 기초자치단체에 적용할 때는, 각 기초자치단체마다 별도의 지역산업연관모형 모듈을 구축하되 동일한 에너지-환경모형 모듈과 연결되는 구조를 갖게 될 것이다. 물론 이러한 접근방식은 모든 기초자치단체가 동일한 에너지-환경 기술구조를 갖는다는 비현실적인 가정의 비용을 치러야 하므로 향후 지역별 에너지-환경 자료가 구축되면 이를 보완할 필요가 있다. 기존 연구에 대한 본 연구의 기여는 두 가지로 요약된다. 첫째는 계층적 경제구조를 감안하는 시·군 기초자치단체의 MRIO 모형 구축 사례를 처음으로 제시한다. 둘째는 시·군 단위 기초자치단체에 대한 경제-에너지-환경 산업연관모형을 처음으로 제시한다.

II. 세 지역 MRIO 모형 구조

두개 이상 지역을 연계하는 산업연관모형으로는 Isard(1951)의 지역 간 산업연관모형(Inter Regional IO: IRIO)과 Chenery(1953)과 Moses(1955)의 다지역 산업연관모형(Multi Regional IO: MRIO)의 두 가지 유형이 있다.[2] 지역투입계수가 작성 가능한 경우에는 IRIO를, 지역 기술계수와 교역계수를 통해 지역투입계수를 추계하는 경우에는 MRIO를 적용한다. IRIO가 이상적인 모형이지만 방대한 세분화된 자료를 요구하기 때문에 현실적으로 쉽게 적용 가능한 것은 MRIO 모형이다(이춘근. 2006).

세 지역(P, G, O)과 3개 부문(1, 2, 3)으로 구성되는 MRIO 모형의 구조를 설명하기 위해 다음 표기법을 도입한다.

$$\hat{A}=\begin{pmatrix} A^P & O & O \\ O & A^G & O \\ O & O & A^O \end{pmatrix}$$

$$C=\begin{pmatrix} \hat{C}^{PP} & \hat{C}^{PG} & \hat{C}^{PO} \\ \hat{C}^{GP} & \hat{C}^{GG} & \hat{C}^{GO} \\ \hat{C}^{OP} & \hat{C}^{OG} & \hat{C}^{OO} \end{pmatrix}$$

$$Y=\begin{pmatrix} Y^P \\ Y^G \\ Y^O \end{pmatrix},\quad X=\begin{pmatrix} X^P \\ X^G \\ X^O \end{pmatrix}$$

단, $\hat{A}$를 구성하는 항목 O: $O=\begin{pmatrix} 0\,0\,0 \\ 0\,0\,0 \\ 0\,0\,0 \end{pmatrix}$ 인 행렬

$$A^M=\begin{pmatrix} a_{11}^M & a_{12}^M & a_{13}^M \\ a_{21}^M & a_{22}^M & a_{23}^M \\ a_{31}^M & a_{32}^M & a_{33}^M \end{pmatrix}$$: 지역 M의 기술계수행렬

$$\hat{C}^{NM}=\begin{pmatrix} c_1^{NM} & 0 & 0 \\ 0 & c_2^{NM} & 0 \\ 0 & 0 & c_3^{NM} \end{pmatrix}$$: 지역 간 교역계수행렬

$$Y^M=\begin{pmatrix} Y_1^M \\ Y_2^M \\ Y_3^M \end{pmatrix}$$: 지역 M의 최종수요벡터

$$X^M=\begin{pmatrix} X_1^M \\ X_2^M \\ X_3^M \end{pmatrix}$$: 지역 M의 산출물벡터

N,M: P,G,O

그러면 지역 간 투입계수행렬은 다음과 같이 계

2) 두 모형의 상세한 비교와 문헌연구는 이춘근(2006), 지해명(2003), Miller and Blair(1985)를 참조.

www.kci.go.kr

산되며,

$$A = \begin{pmatrix} A^{PP} & A^{PG} & A^{PO} \\ A^{GP} & A^{GG} & A^{GO} \\ A^{OP} & A^{OG} & A^{OO} \end{pmatrix} = C\hat{A} \qquad \langle 식\ 1 \rangle$$

세 지역 간 균형조건식은 다음과 같다.

$$X = (I - C\hat{A})^{-1} CY \qquad \langle 식\ 2 \rangle$$

위의 균형조건식으로부터 다양한 파급효과를 계산하는 승수들을 표현하기 위해, 균형식을 구성하는 항목에 대한 다음 표기법을 추가적으로 도입한다.[3)]

$$(I - C\hat{A})^{-1} C \equiv \begin{pmatrix} \alpha^{PP} & \alpha^{PG} & \alpha^{PO} \\ \alpha^{GP} & \alpha^{GG} & \alpha^{GO} \\ \alpha^{OP} & \alpha^{OG} & \alpha^{OO} \end{pmatrix} \qquad \langle 식\ 3 \rangle$$

단, $\alpha^{NM} = \begin{pmatrix} \alpha_{11}^{NM} & \alpha_{12}^{NM} & \alpha_{13}^{NM} \\ \alpha_{21}^{NM} & \alpha_{22}^{NM} & \alpha_{23}^{NM} \\ \alpha_{31}^{NM} & \alpha_{32}^{NM} & \alpha_{33}^{NM} \end{pmatrix}$

① 지역 내 단순산출승수: 지역의 특정 부문에 대한 외생수요가 1단위 증가할 때 그 지역 전 부문에서의 산출 증가액이다. 지역 M의 역내 단순산출승수,

$$O^{MM} = i'\,\alpha^{MM} \qquad \langle 식\ 4 \rangle$$

단, $i = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

② 지역 간 단순산출승수: 타 지역에서의 특정 부문 최종수요가 1단위 증가할 때 당해 지역 전 부문에서의 산출 증가액이다. 상품별로 지역 N의 최종수요가 1단위 증가할 때 지역 M의 전 부문에서의 산출 증가액은 다음과 같다.

$$O^{NM} = i'\,\alpha^{NM}, \quad N \neq M = P, G, O \qquad \langle 식\ 5 \rangle$$

③ 전국적 단순산출승수: 지역에서의 특정 부문 최종수요가 1단위 증가할 때 이를 충족시키기 위한 국가의 전 부문 생산 증가액이다. 상품별로 지역 M의 최종수요가 1단위 증가할 때 국가 전 부문의 산출증가는 다음과 같다.

$$O^{M} = O^{PM} + O^{GM} + O^{OM},\ M = P, G, O \qquad \langle 식\ 6 \rangle$$

④-1 지역 내 부문별 생산유발계수: 지역에서의 특정 부문(j) 최종수요가 1단위 증가할 때 동일 지역의 특정 부문(i) 생산증가액이다.

$$\alpha_{ij}^{MM},\ M = P, G, O,\ i,j = 1, 2, 3 \qquad \langle 식\ 7 \rangle$$

④-2 지역 간 부문별 생산유발계수: 지역에서의 특정 부문(j) 최종수요가 1단위 증가할 때 타 지역의 특정 부문(i) 생산증가액이다.

$$\alpha_{ij}^{NM},\ N \neq M = P, G, O,\ i,j = 1, 2, 3 \qquad \langle 식\ 8 \rangle$$

④-3 전국 부문별 생산유발계수: 지역에서의 특정 부문(j) 최종수요가 1단위 증가할 때 국가의 특정 부문(i) 생산증가액이다.

$$O_{ij}^{M} = \alpha_{ij}^{PM} + \alpha_{ij}^{G} M + \alpha_{ij}^{OM},\ i,j = 1, 2, 3 \qquad \langle 식\ 9 \rangle$$

⑤ 지역 최종수요의 승수효과: 지역에서 생산된 상품에 대한 최종수요가 1단위 증가할 때의 지역

3) 각 유발계수 분석 내용은 2지역으로 표현된 Miller and Blair(1985; pp128-132)의 내용을 3지역으로 확장한 것임.

www.kci.go.kr

간 상호 작용을 감안한 생산증가액이다.[4)]

$$(I-C\hat{A})^{-1}\equiv\begin{pmatrix}\gamma^{PP}\gamma^{PG}\gamma^{PO}\\ \gamma^{GP}\gamma^{GG}\gamma^{GO}\\ \gamma^{OP}\gamma^{OG}\gamma^{OO}\end{pmatrix} \quad \langle 식\ 10\rangle$$

단, $\gamma^{NM}=\begin{pmatrix}\gamma_{11}^{NM}\gamma_{12}^{NM}\gamma_{13}^{NM}\\ \gamma_{21}^{NM}\gamma_{22}^{NM}\gamma_{23}^{NM}\\ \gamma_{31}^{NM}\gamma_{32}^{NM}\gamma_{33}^{NM}\end{pmatrix}$

⑥ 내생부문(생산액)의 파급효과: 최종수요가 아닌 내생부문의 파급효과 계측을 위한 유발계수는 최종수요와 다르다. 예를 들어 특정 부문(h)의 생산액이 외생적으로 증가할 경우 파급효과를 평가하기 위해서는 아래 모형을 사용한다.[5)]

$$X=(I-C\hat{A})^{-1}A_h\triangle X_h \quad \langle 식\ 11\rangle$$

단, A_h: h부문의 중간투입계수 벡터

$\triangle X_h$: h부문의 외생적인 생산증가

즉, h부문의 생산이 외생적으로 $\triangle X_h$만큼 증가하면, 이러한 생산증가를 충족하기 위해서 각 부문으로부터 중간투입이 $A_h\triangle X_h$만큼 증가해야 하고 이것이 각 생산부문에 대한 수요증가로 주입되어 생산파급효과를 유발한다. 예를 들어, 지역 G에서 부문 2의 생산이 외생적으로 $\triangle X_2^G$만큼 증가하는 경우를 고려하자. 지역 G에서 전 부문의 생산증가는 다음과 같다.

$$\triangle Y_G^* \equiv A_2^{GG}\triangle X_2^G \quad \langle 식\ 12\rangle$$

단, $A_2^{GG}=(\hat{C}^{GG}A^G)$의 2번째 열 벡터.

이로부터 유발되는 지역 G의 부문별 역내 생산파급효과, 타 지역 M에 대한 부문별 지역 간 생산파급효과 그리고 국가 전체에 대한 부문별 생산파급효과는 각각 다음과 같다.

$$\gamma^{GG}\triangle Y_G^* = \gamma^{GG}\left(A_2^{GG}\triangle X_2^G\right) \quad \langle 식\ 13\rangle$$

$$\gamma^{MG}\triangle Y_G^* = \gamma^{MG}\left(A_2^{GG}\triangle X_2^G\right) \quad \langle 식\ 14\rangle$$

$$\left(\gamma^{PG}+\gamma^{GG}+\gamma^{OG}\right)\triangle Y_G^* \quad \langle 식\ 15\rangle$$

III. 포항시 세 지역 MRIO 모형

본 연구에서 고려하는 산업연관표의 기본골격은, 가계부문이 외생화되는 개방형이며 수입상품과 국산상품을 동일한 상품으로 취급하는 경쟁수입형, 그리고 지역 내 생산품과 지역 외 생산품을 구분하여 취급하는 비경쟁이입형, 마지막으로 거래액을 중간 유통마진이 제외된 가격으로 평가하는 생산자가격표 등으로 설정하였다.

포항시에 대한 세 지역 MRIO 모형을 구축하는 첫째 단계 작업은, 한국은행의 6개 광역권에 대한 2003년 기준 통합대분류(28개 부문) 지역산업연관표(한국은행. 2007a)를 합산하여 경북권(K)과 경북권 제외 전국(O)으로 구성되는 두 지역 통합대분류 중간거래표, Z^{MN}, $M, N=K, O$를 작성하는 것이다.

① Z^{KK}: 한은 지역IO의 경북권에서 세로방향으로 역내 자료와 수입을 합산

4) $(I-C\hat{A})^{-1}$에 따른 승수를 계산할 때의 문제점은 지해명(2003; p69) 참조.

5) 만약 h부문이 다른 부문에 미치는 효과만을 고려할 경우에는 $C\hat{A}$ 대신에 h부문의 행과 열을 제외한 행렬을 이용(한국은행, 2007b. pp133-134).

www.kci.go.kr

② Z^{OK}: 한은 지역IO의 경북권에서 세로방향으로 대구경북권과 수입을 제외하고 지역 간 중간거래표들을 합산

③ Z^{KO}: 한은 지역IO의 경북권에서 가로방향으로 지역 간 중간거래표 합산

④ Z^{OO}: 전국 거래표에서 ①+②+③를 뺀 나머지.

작성된 중간거래표는 지역 간 산업연관표(Interregional IO table)로서 수입도 같이 합산하기 때문에 경쟁수입형이다.

둘째 단계 작업은, 포항시의 통계자료 제약을 감안하여 두 지역 통합대분류의 중간거래표를 26개 산업부문으로 재조정한다. 이러한 산업부문 재조정은 각 기초자치단체의 지역실정에 맞추어 더 작은 수의 부문으로 조정될 수 있다.[6)]

셋째 단계 작업은, 다지역 산업연관모형(Multiregional IO Model) 접근법에 의해 포항(P), 포항 제외 경북권(G), 경북권 제외 전국(O)으로 구성되는 세 지역 IO모형을 구축하는 것이다. 이 단계 작업은 다음 세 단계로 이루어진다.

① 세 지역의 기술계수행렬 추계: A^{P}, A^{G}, A^{O}

② 입지계수법(Location Quotient: LQ)에 의해, 세 지역에 대한 지역 간 교역계수 행렬 추계: $\hat{C}^{MN},\ M, N = P, G, O$

③ ①과 ②의 결과를 이용하여 지역별 투입계수행렬 추계: $A^{MN},\ M, N = P, G, O$

먼저 ①의 세 지역의 기술계수행렬 추계는 아래와 같이 진행된다.[7)]

ⓐ $A^{O} = (Z^{GO} + Z^{OO})(\hat{X}^{O})^{-1}$ 〈식 16〉

표 1_산업부문분류

통합대분류(28개 부문)	본 연구의 26개 부문
농림수산품	(1) 농림어업
광산품	(2) 광업
음식료품	(3) 음식료품
섬유 및 가죽제품	(4) 섬유 및 가죽제품
목재 및 종이제품	(5) 목재. 종이. 인쇄
인쇄 및 출판	
석유 및 석탄제품	(6) 석유 및 석탄제품
화학제품	(7) 화학제품
비금속광물제품	(8) 비금속
1차 금속	(9) 1차 금속
금속제품	(10) 금속제품
일반기계	(11) 일반기계
전기 및 전자기기	(12) 전기전자
정밀기기	(13) 정밀기기
수송 장비	(14) 수송 장비
가구 및 기타제조업	(15) 가구 및 기타제조
전력, 가스 및 수도	(16) 전기가스수도
건설	(17) 건설
도소매	(18) 도매
음식점 및 숙박	(19) 숙박음식
운수 및 보관	(20) 운수
통신 및 방송	(21) 통신
금융 및 보험	(22) 금융보험
부동산 및 사업서비스	(23) 부동산사
공공 행정 및 국방	(24) 공공 행정
교육 및 보건	(25) 교육보건
사회 및 기타 서비스	(26) 기타 서비스
기타	

단 $\hat{X}^{O}$ = 지역 O의 산출액벡터로 구성된 대각행렬

ⓑ 포항의 지역 기술계수행렬 A^{P}는 경북권과 포

6) 광역도가 매년 발간하는 '시·군 단위 지역내총생산'에는 시·군 단위 기초자치단체의 산업별 생산액 자료를 15개 산업부문분류로 공개하며 특히 제조업은 하나의 산업부문으로 처리됨. 따라서 상세한 산업분류를 하기 위해서는 내부 자료의 이용이 불가피함.

7) 이하에서 이용되는 포항시의 26개 부문 산업별 생산액은 경상북도청의 내부자료를 이용하였으며, 자료문의는 본 연구의 마지막 저자에게 하기 바람.

www.kci.go.kr

항의 산업별 생산액에 LQ방법을 적용하여 도출된다.

$$a_{ij}^{P} = \begin{cases} a_{ij}^{K} LQ_i^P, & \text{if } LQ_i^P < 1 \\ a_{ij}^{K}, & \text{if } LQ_i^P \geq 1 \end{cases} \quad \langle \text{식 } 17 \rangle$$

단, $LQ_i^P = \dfrac{X_i^P / X^P}{X_i^K / X^K}$, $i = 1...26$

X_i^P, X^P: 각각 포항 산업부문i의 생산액과 총 생산액

X_i^K, X^K: 각각 경북권 산업부문i의 생산액과 총 생산액

ⓒ $A^G = (Z^{KK} + Z^{OK} - Z^P)(\hat{X}^G)^{-1}$ 〈식 18〉

단, $Z^P = A^P \hat{X}^P$

$\hat{X}^P$ = 포항의 산출액벡터로 구성된 대각행렬

$\hat{X}^G$ = 포항 제외 경북권의 산출액벡터로 구성된 대각행렬

다음 ②의 LQ에 의해 세 지역에 대한 지역 간 교역계수 행렬 추계는, 세 지역에 대한 LQ를 전국 대비 각 지역의 산업별 생산액을 이용하여 계산하고 계산된 지역별 LQ을 이용하여 다음과 같이 추계하였다.[8)]

$$LQ_i^M = \frac{X_i^M / X^M}{X_i / X}, \quad i = 1...26 \quad \langle \text{식 } 19 \rangle$$

단, X_i^M, X^M: 각각 지역 M의 산업부문 i의 생산액과 총 생산액

X_i, X: 각각 전국 산업부문i의 생산액과 총 생산액

ⓐ LQ 〉 1의 경우: 지역 내 교역계수 c_{ii}^{MM}는 1이고 타 지역에서 당해 지역으로 이입되는 교역계수 c_{ii}^{MN}는 0

ⓑ LQ 〈 1의 경우: 지역 내 교역계수 c_{ii}^{MM}는 당해 지역의 LQ이고 나머지 1이 되기 위하여 부족한 지역 간 교역계수c_{ii}^{MN}는 LQ가 1 이상인 지역의 LQ를 가중치로 하여 계산.

마지막으로 ③의 지역별 투입계수행렬 추계는 다음과 같이 이루어진다.

$$A = \begin{pmatrix} A^{PP} & A^{PG} & A^{PO} \\ A^{GP} & A^{GG} & A^{GO} \\ A^{OP} & A^{OG} & A^{OO} \end{pmatrix} = C\,\hat{A} \quad \langle \text{식 } 20 \rangle$$

단, $\hat{A} = \begin{pmatrix} A^P & O & O \\ O & A^G & O \\ O & O & A^O \end{pmatrix}$

$\hat{A}$를 구성하는 항목 O: $O = \begin{pmatrix} 0\,0\,0 \\ 0\,0\,0 \\ 0\,0\,0 \end{pmatrix}$인 행렬,

$$C = \begin{pmatrix} \hat{C}^{PP} & \hat{C}^{PG} & \hat{C}^{PO} \\ \hat{C}^{GP} & \hat{C}^{GG} & \hat{C}^{GO} \\ \hat{C}^{OP} & \hat{C}^{OG} & \hat{C}^{OO} \end{pmatrix}$$

IV. 포항시 경제-에너지-환경 모형

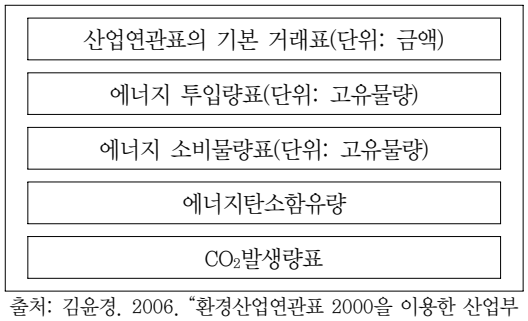
본 장에서는, III장에서 개발된 포항시에 대한 세 지역 MRIO 모형에 김윤경(2006)의 우리나라 경제-에너지-환경 IO모형의 일부 결과를 접목하여 포항시의 경제-에너지-환경 IO 모형을 도출하는 과정을 제시한다.

김윤경(2006)은 CO_2를 중심으로 하는 환경산업연관표를 작성하여 부문별 및 산업별 에너지소비,

8) 상세한 계산과정에 대한 설명은 박상우·이종열·변세일 외(2003) 참조. 입지계수법(LQ)에 의한 교역계수 추계는 지역 간 교차거래를 허용하지 않는 문제점이 있으나, 이러한 문제점의 개선은 어떤 형식이든 시·군 단위 기초자치단체에서는 조사에 많은 비용과 시간이 소요되는 자료를 필요로 함. 본 연구의 목적은 경제적으로 간편하게 시·군 단위 기초자치단체에 적용할 수 있는 모형 구축과정을 제시하는 것이므로, 이러한 문제 해결은 추후 연구과제로 남김.

www.kci.go.kr

그림 1 _ 김윤경(2006) 환경산업연관표 구조



출처: 김윤경. 2006. "환경산업연관표 2000을 이용한 산업부문의 이산화탄소(CO_2)발생 분석". 자원·환경경제연구 제15권 제3호. 서울 : 한국환경경제학회·한국자원경제경제회. pp425-450.

CO_2 배출구조와 흐름을 분석하였다. 환경산업연관표의 대략적인 구조는 〈그림 1〉과 같다.

김윤경(2006)에서, 에너지 투입량표는 각 산업에 투입되는 에너지원들의 양을 고유의 물량단위로 기재한 것이며, 에너지 소비물량표는 에너지투입량 중에서 원료 사용분을 제외하고 연료 사용분만을 표시한 표다. 투입에너지의 원료용과 연료용 구분은 보다 정확한 CO_2배출량 추정을 위한 것이다. 에너지 탄소함유량표는 IPCC의 탄소배출계수를 이용하여 에너지원별 탄소함유량을 보여준다[9].

김윤경(2006)에서 에너지는 18개 유형으로 분류되었는데, 본 연구에서는 일반적인 지역차원 연구에서 고려될 필요가 없거나 포항시의 소비가 미미한 원유, 천연가스, 기타 석유연료와 기타 석유제품을 제외하고 대신 스팀난방을 첨가한 15개 유형으로 분류한다.

본 연구에서는 김윤경(2006)의 연구결과를 원용하여 다음과 같은 방식으로 본 연구의 다지역 산업연관모형과 연계한다.

① 포항시에 대한 세 지역 MRIO 모형을 활용하여 〈식 4〉~〈식 15〉의 각종 파급효과에 따른 포항시 산업별 생산액 변동액을 계산한다.

표 2 _ 에너지유형분류와 단위

(1) 석탄(M/T)
(2) 코크스(M/T)
(3) 기타석탄제품(M/T)
(4) LNG(M/T)
(5) 휘발유(Kl)
(6) 제트유(Kl)
(7) 케로신(Kl)
(8) 디젤(Kl)
(9) 연료유(Kl)
(10) LPG(M/T)
(11) 나프타(Kl)
(12) 전력(Gwh)
(13) 도시가스($1000M^3$)
(14) 산업 폐가스($1000M^3$)
(15) 스팀난방(G.cal)

출처: 김윤경. 2006. pp425-450.

$$\triangle X_{2003} = (I - C\hat{A})^{-1} C \triangle Y \qquad \langle 식\ 21 \rangle$$

단, $\triangle X_{2003}$: 포항시 2003년 기준 명목 생산액변동(단위: 백만 원).

② ①의 결과는 2003년 기준이므로 2000년 기준으로 되어 있는 김윤경(2006)의 결과를 이용하기 위해서는 불변가격으로 전환할 필요가 있다. 이러한 불변화 과정을 위해 포항시 산업별 생산액의 2003년 명목값 대비 2000년 기준 불변값의 비율을 이용한다.

$$\triangle X_{2000} = \triangle X_{2003} * (X_{2000} / X_{2003}) \qquad \langle 식\ 22 \rangle$$

단, $\triangle X_{2000}$: 포항시 2000년 기준 불변 생산액변동(단위: 백만 원)

9) 각 표의 상세한 설명은 김윤경(2006; pp429-431) 참조. 김윤경(2006)에서 사용된 각 표 자료에 대한 문의는 본 연구의 4번째 저자인 김윤경에게 하기 바람.

www.kci.go.kr

③ 28개 부문 통합대분류로 되어 있는 김윤경(2006)의 산업연관표를 26개 부문으로 재조정한다.

④ 김윤경(2006)에서 산업연관표의 기본 거래표와 에너지투입량표로부터 산업별·에너지원별 에너지원단위(=에너지투입량/생산액)을 계산한다.

$$EUnit = EZ * (\hat{X}_N)^{-1} \quad \langle 식\ 23 \rangle$$

단, $EUnit$: 산업별·에너지원별 에너지원단위 행렬,
EZ: 국가 산업별·에너지원별 에너지투입량 행렬,
$\hat{X}$: 국가 산업별 생산량을 대각원소로 하는 대각행렬

⑤ ①의 결과를 ④의 결과에 곱하여 포항지역의 산업별 에너지원별 에너지소비량 변동을 계산한다.

$$DE_P = EUnit * \triangle\widehat{X_{2000}} \quad \langle 식\ 24 \rangle$$

단, DE_P: 산업별·에너지원별 에너지투입량 행렬 (단위: 에너지별 물량단위. 〈표 2〉 참조)
$\triangle\widehat{X_{2000}}$: $\triangle X_{2000}$ 을 대각원소로 갖는 대각행렬

⑥ ⑤의 결과를 에너지소비량으로 변환한다.

$$DEC_P = DE_P * \widehat{FR} \quad \langle 식\ 25 \rangle$$

단, DEC_P: 산업별·에너지원별 에너지소비량 (단위: 에너지별 물량단위. 〈표 2〉 참조)
$\widehat{FR}$: 에너지원별 연소율을 대각원소로 갖는 대각행렬.

⑦ ⑥의 결과를 김윤경(2006)의 에너지탄소함유량과 CO_2 발생량 결과에 적용하여 포항시의 CO_2 배출량 변동을 계산한다.

$$DC_P = DECC_P * \widehat{CC} \quad \langle 식\ 26 \rangle$$

$$DCO2_P = DC_P * 44 / 12 \quad \langle 식\ 27 \rangle$$

단, DC_P: 산업별·에너지원별 탄소배출량(단위: 1000 탄소 ton)
$\widehat{CC}$: 에너지원별 탄소함유량을 대각원소로 갖는 대각행렬(단위: 탄소Kg/에너지별 물량단위)
$DCO2_P$: 산업별·에너지원별 CO_2배출량(단위: 1000 CO_2 ton).[10]

〈식 27〉에서 44/12를 곱하는 것은, Carbon 단위로 계산한 〈식 26〉의 결과를 CO_2 단위로 환산하기 위한 것이며, CO_2의 분자량은 44이고 C의 분자량은 12.011 그리고 O의 분자량이 15.999인 C과 O의 분자량을 감안한 것이다.

위에서 제시된 포항시의 경제-에너지-환경 IO 모형을 활용한 간단한 사례의 결과가 부록의 〈부표 2〉에 주어져 있다. 여기서는 포항(P), 포항 제외 경북권(G), 경북권 제외 전국(O)의 세 지역에서 모든 산업의 최종수요가 동시에 1단위(백만 원)만큼 감소하는 경우 포항에 미치는 파급효과를 다루고 있다. 특히 〈식 26〉과 〈식 27〉의 결과로서 도출되는 포항에 대한 탄소와 CO_2 배출에 미치는 파급효과가 제시되어 있다. 분석결과, 포항에서 탄소와 CO_2 배출의 감소량은 각각 14.6 톤과 53.5 톤이며, 산업별로는 화학제품(7) 〉 전기·가스·수도(16), 운수(20) 〉 석유 및 석탄제품(6) 〉 광업(2) 〉 1차 금속(9) 등의 순서인 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 기후변화와 기후변화협약 대응에 따른 파급효과가 비수도권 지역경제에 더 큰 영향을 미칠 것으로 기대되는 데 반하여 국내의 기후변화 연

10) 김윤경(2006)의 환경산업연관표 도출과정의 상세한 설명은 에너지경제연구원(2005)를 참조.

www.kci.go.kr

구는 상대적으로 국가 차원에만 집중되어 있다는 문제의식에서 출발하였다. 이에 따라 특히 통계자료나 분석모형 등의 연구 인프라가 열악한 시·군 단위의 기초자치단체에 대해 기후변화 관련 연구가 가능한 경제-에너지-환경 산업연관모형의 구축과정을 포함시 사례를 중심으로 제시하였다.

본 연구에서 고려한 포항시 산업연관모형은 기초자치단체(P)-기초자치단체 제외 광역권(G)-광역권 제외 전국(O)으로 구성되는 계층적 구조를 갖는 세 지역 MRIO모형이다. MRIO모형의 구축과정에서 부족한 지역통계는 입지계수법(Location Quotient: LQ)에 의해 추정되었다. 일반적으로 LQ보다는 RAS가 추정력이 우수하다는 기존 연구결과를 고려하면(박상우·이종열·변세일 외, 2003; Miller and Blair, 1985), LQ 외에 RAS를 시도해볼 필요가 있으며 이 작업은 추후 연구과제로 남긴다.

본 연구에서 고려하는 경제 산업연관모형과 에너지-환경 산업연관모형의 연결은 기존 연구결과를 활용하는 모듈식이다. 특히 본 연구에서는 김윤경(2006)의 연구결과를 활용하여 산업별·에너지원별 에너지원단위를 도출하고 또한 에너지탄소함율량과 CO_2 발생량표를 활용하여 기초자치단체 세 지역 MRIO모형에서 도출되는 각종 산업생산량 파급효과와 연계시키는 접근을 고려하였다. 이러한 접근은 에너지, 환경의 기초통계가 절대적으로 부족한 시·군 단위 기초자치단체의 제약을 고려하면 기초자치단체의 기후변화협약 대응전략의 효과를 분석하는 데 사용될 수 있는 경제-에너지-환경모형을 경제적으로 구축할 수 있는 대안으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

김윤경. 2006. "환경산업연관표 2000을 이용한 산업부문의 이산화탄소(CO_2) 발생 분석". 자원·환경경제연구 제15권 제3호. 서울 : 한국환경경제학회·한국자원경제경제학회. pp425-450.

박상우·이종열. 2001. 지역 간 투입산출분석 모형 개발 연구(I). 경기 : 국토연구원.

박상우·이종열·변세일. 2003. 지역 간 산업연관표 작성연구(III). 경기 : 국토연구원.

박성덕. 2005. "원자력발전소의 지역경제 파급효과 분석: 울진군을 중심으로". 경북대학교 박사학위 논문.

박창귀. 2007. "우리나라 6대 광역 경제권역 간 산업연관관계". 국토연구 제55권. 경기 : 국토연구원. pp115-136.

산업자원부·에너지관리공단. 2007. 기후변화협약과 우리의 대응. 경기도 : 에너지관리공단.

송해안. 1988. "비조사법에 의한 지역산업연관표 작성과 지역경제분석에의 응용 - 영광군 사례분석". 농촌경제 제11권 제4호. 서울 : 한국농촌경제연구원. pp63-76.

양광남. 1994. "원자력발전 관련시설이 지역경제에 미치는 효과분석 - 월성원자력발전소 지역을 중심으로". 충남대학교 박사학위 논문.

에너지경제연구원. 2005. 동북아에너지협력연구 동북아 주요국의 에너지효율 비교 분석 연구. 경기도 : 에너지경제연구원.

이종철. 1991. "산업연관분석 모형 통한 지역경제분석 - 청주시를 중심으로". 충북개발연구 제2권. 충북 : 충북개발연구원. pp46-51.

이춘근. 2001. 산업연관모형에 의한 지역물가파급효과 분석. 대구 : 대구경북연구원.

_____. 2006. 지역산업연관분석론. 서울 : 학문사.

_____. 2008. "지역 간 산업연관모형을 이용한 수도권과 비수도권 경제적 효과 분석". 응용경제 제10권 제2호. 서울 : 한국응용경제학회. pp231-249.

전장수. 1988. "산업연관모형에 의한 지역경제의 생산구조분석 - 양비례조정법에 의해 작성된 지역산업연관표를 이용한 구례군의 사례분석을 중심으로". 고려대학교 석사학위 논문.

조병훈. 2000. "1998 경주세계문화엑스포의 경제적 효과 분석". 한국행정논집 제12권 제4호. 대구 : 한국정부학회. pp763-781.

주수현·이선영. 2004. "부산지역 경제구조 및 산업연관분석", 경제연구 제22권 1호. 대구·부산 : 한국경상학회. pp179-209.

www.kci.go.kr

지해명. 2003. MRIO 시산표 작성-지역 간 교역계수 추정 연구. 동북아경제중심추진위원회. 서울 : 서울시정개발연구원.

한국은행. 2007a. 2003년 지역산업연관표. 서울 : 한국은행.

_____. 2007b. 산업연관분석해설. 서울 : 한국은행.

Chenery. H. S. 1953. "Regional Analysis". ed. Chenery. H. B., Clark. P. G. and Cao-Pinna. V. *The Structure and Growth of the Indian Economy*. Rome : U. S. Mutual Security Agency.

Isard. W. 1951. "Interregional and Regional Input-Output Analysis : A Model of a Space Economy". *Review of Economics and Statistics* vol.33, no.4. Boston : MIT Press. pp318-328.

Miller. R. E. and Blair. P. D. 1985. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.

Moses. L. M. 1955. "The Stability of Interregional Trading Patterns and Input-Output Analysis". *American Economic Review* vol.45, no.5. Pittsburgh : American Economic Association. pp803-826.

• 논문 접수일: 2009. 1.21
• 심사 시작일: 2009. 1.23
• 심사 완료일: 2009. 3. 9

www.kci.go.kr

ABSTRACT

Economy-Energy-Environment IO Model for Local Government: the Case of Pohang-si

Keyword: MRIO, Energy, Environment, Pohang

This study suggests a procedure to construct economy-energy- environment IO model for a basic unit of local government such as city and 'Gun'. In the model, economic IO is based on 3 region MRIO consisting of basic unit of local government(BULG), wide area unit of local government(WULG), and national economy(NE) and is estimated by using data of input coefficients matrix of WULG and NE and data of sectoral outputs of BULG through the LQ method. The MRIO model is connected with the existing energy-environment IO model developed by Kim(2006). The suggested model can be used to analyze the impact on sectoral outputs, energy consumption and CO_2 emission of economic exogeneous shocks. Pohang city is used as a case. A simple example for using the suggested model is also provided in the study.

시·군 경제-에너지-환경 산업연관모형: 포항시 사례

주제어: 다지역산업연관모형, 에너지, 환경, 포항시

본 연구는 포항시 사례를 중심으로 시·군 단위 기초자치단체에 대한 경제-에너지-환경 IO 모형을 제시한다. 고려되는 지역 IO 모형은 기초자치단체-광역권-전국의 계층적 구조를 갖는 세 지역 MRIO 모형으로서, 광역권과 전국의 투입계수행렬과 기초자치단체의 산업별 생산액 자료를 이용하여 입지계수법(LQ)에 의해 추정된다. 본 연구는 특히 에너지와 환경부문에 대한 기초자치단체의 통계자료 부족의 제약을 감안하여, 기존 연구(김윤경. 2006)에서 이미 개발된 에너지-환경 모형을 활용하여 기초자치단체의 지역IO 모형과 접목시키는 모듈식 모형구축 방법을 제시한다. 제시된 모형은 외생적인 경제적 충격에 따른 기초자치단체의 산업생산과 에너지원별 에너지소비 그리고 CO_2 배출 파급효과를 산업별로 분석할 수 있다. 본 연구에서 제시된 모형을 활용하는 간단한 사례로서 기초자치단체, 광역권, 전국의 모든 산업에서 최종수요가 1단위 감소하는 경우에 기초자치단체(포항시)의 산업별 탄소와 CO_2 배출에 미치는 파급효과 분석결과도 제시된다.

www.kci.go.kr

[부 록]

부표 1 _ 산업별·에너지원별 에너지원단위(<식 23>의 계산 결과)

구분	산업												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
석탄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.484	0.002	0.247	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
코크스	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	−0.017	0.020	0.019	0.173	0.000	0.000	0.000	0.000
기타석탄	0.007	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LNG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
휘발유	0.003	0.004	0.002	0.004	0.003	0.006	0.002	0.004	0.001	0.003	0.004	0.001	0.002
제트유	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
등유	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.002	0.012	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001
디젤	0.057	0.139	0.009	0.006	0.009	0.007	0.008	0.051	0.005	0.012	0.006	0.002	0.005
연료유	0.004	0.015	0.018	0.027	0.033	0.045	0.031	0.088	0.026	0.011	0.007	0.004	0.005
LPG	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.003	0.012	0.002	0.009	0.002	0.001	0.000
나프타	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.378	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
전력	0.036	0.494	0.079	0.143	0.261	0.104	0.324	0.512	0.482	0.183	0.114	0.081	0.101
도시가스	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.001	0.001	0.001
폐가스	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.148	0.000	0.000	0.249	0.000	0.000	0.000	0.000
스팀난방	0.000	0.000	0.012	0.045	0.009	0.001	0.080	0.003	0.005	0.001	0.002	0.002	0.002
구분	산업												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
석탄	0.000	0.000	1.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
코크스	0.000	0.005	0.099	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
기타석탄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
LNG	0.000	0.000	0.468	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
휘발유	0.002	0.003	0.001	0.002	0.006	0.002	0.004	0.002	0.002	0.003	0.005	0.003	0.004
제트유	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.099	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
등유	0.001	0.001	0.005	0.002	0.008	0.031	0.009	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.005
디젤	0.006	0.012	0.018	0.017	0.019	0.011	0.183	0.005	0.004	0.006	0.018	0.018	0.011
연료유	0.004	0.007	0.206	0.001	0.003	0.003	0.210	0.001	0.001	0.001	0.007	0.009	0.005
LPG	0.001	0.005	0.015	0.001	0.006	0.020	0.046	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002
나프타	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
전력	0.096	0.161	0.528	0.024	0.192	0.183	0.055	0.121	0.058	0.150	0.152	0.147	0.101
도시가스	0.001	0.001	0.146	0.000	0.002	0.023	0.000	0.001	0.001	0.003	0.007	0.006	0.004
폐가스	0.000	0.000	0.671	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
스팀난방	0.001	0.001	0.284	0.005	0.030	0.004	0.004	0.000	0.009	0.001	0.002	0.005	0.008

www.kci.go.kr

부표 2_세 지역의 산업 최종수요가 1단위(백만 원) 감소할 때, 포항의 산업별 탄소와 CO_2 배출 파급효과

(단위: 1000 ton)

산업	탄소	CO_2
1	−0.000127	−0.000466
2	−0.000820	−0.003005
3	−0.000083	−0.000304
4	−0.000066	−0.000243
5	−0.000210	−0.000769
6	−0.002888	−0.010589
7	−0.002541	−0.009318
8	−0.000448	−0.001643
9	−0.000956	−0.003507
10	−0.000066	−0.000244
11	−0.000097	−0.000357
12	−0.000021	−0.000079
13	−0.000049	−0.000178
14	−0.000040	−0.000146
15	−0.000129	−0.000473
16	−0.003563	−0.013066
17	−0.000029	−0.000107
18	−0.000136	−0.000498
19	−0.000193	−0.000707
20	−0.001734	−0.006360
21	−0.000028	−0.000104
22	−0.000031	−0.000112
23	−0.000093	−0.000340
24	−0.000042	−0.000154
25	−0.000081	−0.000296
26	−0.000127	−0.000466
합계	−0.014599	−0.053531

www.kci.go.kr