

하이브리드 산업연관표를 이용한 우리나라 CO₂ 배출 구조 분석

박창귀*

An Analysis of CO₂ Emission Structure in Korean Industry
Using Hybrid IO Table

Park, Chang-Gui

I. 서론	iii
II. 방법론 연구	iv
III. 2003년 하이브리드 산업연관표 작성	v
IV. 우리나라의 CO ₂ 배출 구조	vi
V. 결론	vii
부록	viii
참고문헌	ix

국문 요약

우리나라의 산업별 직·간접 CO₂ 배출구조 분석을 위해서는 산업연관표의 에너지 부분을 물량화한 하이브리드 산업연관표(소위 에너지 및 환경 산업연관표)가 필요하다. 그러나 최근까지의 연구 성과를 보면 CO₂ 배출 총량이 연구자에 따라 각각 다르고 산업별 배분 역시 많은 편차를 보이고 있다. 본 논문에서는 기존의 에너지 및 환경 산업연관표 작성방법을 비교 분석하고 개선방안을 제시함으로써 우리나라의 CO₂ 배출 총량 산정과 산업별 배출량 추정 의 정도를 높이는데 기여하고자 한다.

이를 위해 에너지 원료로의 사용과 연료로의 사용을 구분하고, 생산물세 및 보조금으로 인한 교란요인을 제거한 새로운 하이브리드 산업연관표를 작성하였다. 그 결과 석유석탄 산업에서는 원료로 투입된 에너지를 거래표에서 제거한 후가 제거하기 전보다 CO₂ 배출량이 5.2배 낮게 나타났다. 또한 기초가격 기준 산업연관표를 이용하여 추정한 CO₂ 배출량이 생산자가격 기준 산업연관표를 이용한 경우에 비해 2.7% 적게 나타났다.

■ 주제어 ■ 에너지 및 환경 산업연관표, CO₂ 배출, 기초가격평가표

Abstract

To analyze the direct and indirect CO₂ emission structure according to industries in Korea, a hybrid IO table quantifying the section of energy in the IO table is needed. However, the results of the recent researches revealed differences in the total amount of CO₂ emission by researchers in addition to significant standard deviation in industrial distribution. This study intends to make comparative analysis of the existing method of making an IO table for energy and environment and presents an improvement scheme to contribute to an improvement in calculation of the total amount of CO₂ emission and estimation of the emission by industries in Korea.

For this purpose, division was made into use as raw materials of energy and that as fuel and a new hybrid IO table was made by removing confounding factors caused by the product tax and subsidies. As a result, the oil and coal industry emitted 5.2 times less CO₂ after removing energy inputted as raw materials from the transaction table than before. The amount of CO₂ emission estimated by using the IO table based on basic price was found to be 2.7% less than by using the IO table based on the producer price.

■ Keywords ■ Energy and CO₂ IO table, CO₂ emission, Transaction Tables at basic price

I 서론

생산 및 소비활동에 따라 증가한 오염물질¹⁾은 기후변화 등을 가져와 예기치 못한 홍수, 가뭄 등으로 인류에 큰 해악²⁾을 끼친다. 오염물질 중 기후변화를 유발하는 것은 이산화탄소 등의 온실가스다. 앨 고어 전 미국 부통령과 함께 2007년 노벨 평화상을 수상한 '유엔정부간기후변화위원회(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)'는 온실가스가 현재속도로 배출된다면 2100년까지 지구 평균온도가 산업혁명 이전 수준보다 1.1~6.4도 상승할 것으로 전망하고 지구상에 존재하는 생물중 상당수가 사라질 수 있다고 경고한 바 있다³⁾.

이같이 심각한 기후변화 문제에 대응하기 위하여 국제사회는 1997년 교토의정서를 채택하였다. 이에 따라 과거 경제성장 과정에서 대량의 온실가스를 배출한 책임이 있는 미국, 일본, 유럽연합 등 총 38개국은 2008~12년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축하기로 합의하였다. 다행히 우리나라는 온실가스 감축 의무부담국으로의 지정은 면제되었으나 2007년 12월 인도네시아 발리에서 열렸던 유엔 주재 제13차 기후변화협약 당사국 총회를 거치면서 온실가스 감축의무 국가에 포함될 것이 유력하다.

이에 따라 우리나라도 이산화탄소 등 온실가스 감축 프로그램을 짜야하는데 이를 위해서는 정확한 환경통계가 필요하다. 환경통계중 산업별 직접 오염물질 배출통계는 어느 정도 갖추어져 있다. 그러나 주변산업과의 연관효과를 감안한 간접 배출통계가 취약한 실정이다. 가령 자동차를 생산하는 공장이 배출하는 온실가스 통계는 쉽게 잡을 수 있지만 자동차의 원자재로 투입되는 철강, 플라스틱 등에서 배출하는 유발 통계는 계측하기가 쉽지 않다.

이를 위해서는 환경통계와 산업연관표를 결합한 소위 에너지 부문이 물량화된 하이브리드 산업연관표(에너지 및 환경 산업연관표)가 필요하다. 하이브리드 산업연관표를 이용하면 산업별 직간접 온실가스 배출 실태를 정확히 파악하여 대응방안을 모색할 수 있기 때문이다. 가령 이산화탄소 저감을 위한 수단으로 탄소세나 에너지세 등을 도입하였을 때에 성장, 소비, 투자 등에 어떠한 영향을 미치는지, 더 나아가서는 환경오염물질 저감을 위한 정책이 어

1) 에너지나 자원을 사용하면 사용할수록 오염물질이 증가하는 현상은 일찍이 열역학 제 2법칙으로 불리는 엔트로피 증가 법칙으로 증명되어 왔다.

2) 가령 2005년에 미국 뉴올리언즈에서 발생한 카트리나 참사, 우리나라의 최근 30년간 임동시의 평균 최저기온이 100년전에 비해 3.8도나 상승하였다는 보도(중앙일보 2007.11.10) 등이 그것이다.

3) IPCC, 2007. *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

는 산업 및 어느 경제주체를 대상으로 이루어져야 하는지 등을 명확하게 볼 수 있다.

우리나라에서도 최근 하이브리드 산업연관표 작성에 관한 관심이 높아지고 있다. 그러나 연구가 최근에 시작되었음을 감안하더라도 해결해야 할 부분이 작지 않은 것 같다. 우선 CO₂ 배출 총량 산정이 각각 다르고 산업별 배분 역시 연구자에 따라 차이가 너무 크게 나고 있다.

표1 주요 연구별 우리나라 CO₂ 배출량 추정치

(단위: 천 탄소톤)

구 분	2000년	2003년
최한주·이기훈(2006)	115,523 (423,584)	
환경부(2007) ²⁾		131,267 (481,312)
김윤경(2006) ³⁾	128,251 (470,252)	
에너지경제연구원 ⁴⁾	117,873 (432,200)	129,205 (473,750)

주: 1) ()는 탄소를 이산화탄소로 환산한 CO₂톤임

2) 환경부의 용역으로 한국환경정책·평가연구원에서 작성

3) 한국은행의 용역으로 이화여대 김윤경 교수가 작성

4) 2003년 자료는 홈페이지에 발표한 2002년과 2004년 자료를 평균

본 논문에서는 기존의 에너지 및 환경산업연관표 작성방법을 비교 분석하고 개선된 방법을 제시함으로써 우리나라 이산화탄소 배출 총량 산정과 산업별 배출량 추정치의 정확도를 높이는 데 기여하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 기존의 연구 사례를 검토하고 문제점을 지적하였다. 더불어 개선방안을 제시하였다. III장에서는 개선된 방법을 사용하여 우리나라의 2003년 하이브리드 산업연관표를 작성하였다. IV장에서는 작성된 하이브리드 산업연관표를 이용하여 우리나라의 CO₂ 배출 구조를 살펴보았다. V장은 결론이다.

II 방법론 연구

1. 선행연구 분석

레온티에프는 1970년 일본 도쿄에서 열린 '국제공해심포지엄'에서 '공해의 파급과정과 산업구조: 투입산출분석에 의한 접근'⁴⁾이라는 논문을 발표함으로써 산업연관표에 물질적 환

경의 개념을 처음으로 도입하였다. 본 논문에서 레온티에프는 기존의 산업연관표에서 고려하지 않았던 공해의 발생량과 공해제거활동비용을 추가한 '공해분석용 산업연관표'를 제안하였다. '공해분석용 산업연관표'는 생산과정에 투입된 화석연료의 단위당 대기오염물질의 발생계수를 산업별로 산정하여, 이를 기존의 산업연관표에 더하는 방법을 취하고 있다.

그 후 Miller & Blair는 통상적인 산업연관표가 모두 금액단위로 표시된 것과 다르게 에너지 투입은 물량단위, 비에너지 투입은 금액단위로 나타내는 에너지 산업연관표 작성 방법을 제시하는 한편 1963~1972년까지의 미국경제를 대상으로 에너지 집약도를 추정하였다. 그리고 CO₂ 등 환경 오염물질 배출량을 물량으로 나타내는 하이브리드 환경산업연관표 작성방법을 제시하였다⁴⁾. 한편 Gowdy & Miller(1987)는 에너지 산업연관모형⁶⁾을 이용하여 1963~1977년중 미국 산업에 대해 1차 에너지원별 에너지집약도를 추정하고 에너지 사용 변화요인을 분석하였다.

일본 게이오대학 산업연구소 환경문제분석그룹(1996)은 일본의 80-85-90 환경분석용 산업연관표를 작성하고, 산업별 CO₂ 발생을 분석하였다. Julio and Rosa(2004)⁷⁾는 스페인을 대상으로 환경산업연관표를 만들어 1995년의 산업별 CO₂ 직·간접 배출량을 추정하고 국가간의 상품이동에 따른 CO₂ 배출량의 이동을 살펴보았다.

국내 연구로는 최한주·이기훈(2006)⁸⁾, 심상렬(2005)⁹⁾, 김윤경(2006)¹⁰⁾의 연구가 대표적이다. 최한주·이기훈은 환경혼합산업연관모형을 이용하여 2000년 우리나라 산업의 CO₂ 유발계수와 유발배출량을 추정하였다. 이러한 혼합산업연관모형은 에너지 가격 차이에 따른 투입량 변동 혹은 CO₂ 배출량 차이를 고려해주는 장점이 있다. 그러나 원유 등 1차 에너지와 휘발유 등 최종 에너지 간의 이중계산을 피하려고 1차 에너지로 국한하여 환경혼합산업연관모형을 만들다 보니 에너지원별 재고변동 등에 따른 산업별 에너지 소비를 정확하게

4) Wassily Leontief, 1970. "Environmental Repercussions and the Economic Structure: an Input-Output Approach". *The Review of Economics and Statistics* 52(3): 262-271.

5) Miller, R. E. and Blair, P. D. 1985. *Input-Output Analysis : Foundations and Extensions*. New Jersey: Prentice-Hall.

6) Gowdy, J. M. and Miller J. L. 1987. "Technological and Demand Change in Energy Use: an Input-Output Analysis". *Environment and Planning* 19: 1387-1398.

7) Julio Sanchez-Choliz, and Roza Duarte, 2004. "CO₂ emissions embodied in international trade: evidence for Spain". *Energy Policy* 32: 1999-2005.

8) 최한주, 이기훈. 2006. "환경 혼합 산업연관모형을 이용한 산업별 이산화탄소 배출량 추정과 변화요인 분석". 『자원·환경경제연구』 15(1): 424-450.

9) 심상렬. 2005. 「에너지 산업연관표 작성」.

10) 김윤경. 2006. "환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구". 『계간국민경제』 2: 44-99.

추정하지 못하는 한계를 보였다.

심상렬(2005)은 혼합단위로 이루어진 에너지산업연관표를 1975년부터 2000년까지 5년간격으로 작성하였다. 동 논문에서 한국은행 산업연관표의 에너지 부분과 에너지경제연구원의 에너지수지표를 비교 분석하고 문제점을 제시하는 등 에너지수지표와 산업연관표와의 관계를 우리나라 최초로 분석하였다.

김윤경(2006)은 1, 2차 에너지를 동시에 고려하되 이중 계산을 피하기 위해 에너지투입량표와 에너지소비량표를 각각 작성하여 에너지의 원료로의 사용분을 제외하고 2000년 기준 CO₂ 환경산업연관표를 작성하였다. 그러나 에너지투입량표를 소비량표로 전환하는 과정에서 연료·연소 비율을 추정하여 사용함으로써 산업연관 거래표 상에서 직접 조정하지 못함에 따른 문제점을 안게 되었다.

더불어 위의 선행연구들은 모두 한국은행 산업연관표의 생산자거래표를 이용함으로써 산업간 조세와 보조금 차이에 따른 에너지 투입량 변동을 고려할 수 없는 한계를 갖게 되었다.

표2 주요 연구별 하이브리드 산업연관표 작성 장·단점 비교

구 분	장 점	단 점
최한주·이기훈	- 에너지 중복계산 피함 (무연탄, 유연탄, 원유, 천연가스 등 1차에너지원으로 추정)	- 에너지원별 재고변동 요인 감안 못함 - 조세요인 감안 못함
환경부	- 산업공정에서 발생하는 온실가스 포함	- 원료로의 사용분 제거 불명확 - 조세요인 감안 못함
김윤경	- 에너지의 원료로의 사용과 연료로의 사용을 구분 - 에너지별 재고변동 감안	- 원료로의 사용분 제거가 다소 부정확 - 조세요인 감안 못함
에너지경제연구원	- 불변 에너지 산업연관표를 작성	- 환경산업연관표는 작성 안함 - 조세요인 감안 못함

2. 개선방법

본 논문에서는 기존 연구에서 사용한 생산자가격거래표 대신 조세와 보조금이 제거된 기초가격거래표를 처음으로 사용하였다. 기초가격거래표를 사용하는 것은 국제적 권고¹¹⁾ 사

11) UN, OECD, Eurostat, IMF et al. 1993. *The System of National Accounts*.

1993 SNA에서는 산업연관표 편제와 관련하여 기초가격으로 작성한 것을 권고하고 있다. 이는 부문별 세율 및 보조금의 차이 등에 따른 경제적 파급효과 분석의 왜곡을 줄이고 주요국 조세제도 차이에 따른 국별 비교 가능성 저하를 막기 위한 것이다.

항이기도 하지만 무엇보다 에너지 투입액을 물량으로 변환할 때 산업별 배분을 정확히 할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

그리고 에너지의 원료로의 사용과 연료로의 사용을 제품의 생산공정도¹²⁾를 이용해 총공급액과 거래표상에서 동시에 구분하였는데 이는 산업에서 실제 사용하고 있는 에너지량과 CO₂ 배출량을 보다 정확히 추정할 수 있기 때문이다. 동 방법을 사용함으로써 중복계산을 피하기 위해 1차 에너지만을 대상으로 하였을 경우 나타나는 문제점, 이런 문제점을 극복하기 위해 1차 및 2차 에너지를 모두 사용한 경우 발생하는 또 다른 문제점 등을 해결할 수 있었다.

또한 국산과 수입 에너지의 가격차가 크다는 데 착안하여 국산거래표와 수입거래표를 구분하여 에너지 및 환경 산업연관표를 각각 작성하고 이를 합해서 CO₂ 총 배출량을 구하였다.

Ⅲ 2003년 하이브리드 산업연관표 작성

1. 기본구조

에너지 산업연관표는 금액단위로 표시된 산업연관표 중 에너지 관련부분을 물량단위로 바꾼 표이다. 따라서 에너지 산업연관표는 산업연관표의 형식을 따르고 산업연관표의 기록 원칙에 의해 작성된다. 그리고 1차 에너지의 채굴, 2차 에너지로의 전환, 최종소비 등의 에너지 흐름이 종합성을 가져야 한다.

에너지 산업연관표를 만든 후 여기에 에너지원별 CO₂ 배출계수를 반영하면 CO₂ 환경산업연관표가 작성된다. 그러므로 환경산업연관표는 산업 간의 연관관계에 따른 에너지이용과 온실가스 배출 관계를 나타내는 표라고 할 수 있다. 환경산업연관표는 산업연관표처럼 직간접 파급효과 분석을 할 수 있으므로 경제주체들이 의식하고 사용하는 에너지 외에 간접적으로 사용하는 에너지에 의해 배출되는 온실가스 배출 경로까지 파악할 수 있는 장점이 있다.

12) 해당 제품을 생산하는 기업의 제조원가명세서와 제품 원단위표 등도 활용한다.

표3 하이브리드 산업연관표의 구조

구 분		산업(중간수요)		최종 수요	총수요	수입 (공제)	총산출
		에너지산업	에너지이외 산업				
산업 (중간투입)	에너지산업	물 량	물 량	물 량	물 량	물 량	물 량
	에너지이외 산업	금 액	금 액	금 액	금 액	금 액	금 액
부가가치		금 액	금 액				
총투입액		금 액	금 액				

출처: 1) Miller, R. E. and Blair, P. D. 1985. *Input-Output Analysis : Foundations and Extensions*. New Jersey: Prentice-Hall.
2) 심상렬. 2005. 「에너지 산업연관표 작성」.

2. 산업분류 및 물량화 대상

에너지 및 환경 산업연관표를 작성하기 위해서는 산업을 어느 수준까지 분류할 것인지를 우선 결정해야 한다. 본 논문에서는 자료이용의 용이성과 분석의 편의성을 위해 공표된 한국은행의 산업연관표 부문분류 중 대분류(28부문)를 사용하였다. 다만 에너지부문은 에너지원에 따라 CO₂ 발생량 차이가 크므로 자료의 정확성을 위해 기본부분(404부문)에서 추정을 하고 28부문으로 통합하였다.(부록 <에너지 및 환경 산업연관표 부문 분류표> 참조)

환경산업연관표에서 환경이라는 개념은 경제활동에서 배출되는 모든 오염물질을 포함하므로 그 배출대상에 따라 대기, 수질, 토양 등으로 다양하게 분류할 수 있다. 그중 대기오염이 지구온난화와 관련되며 주로 석유, 석탄 등 화석연료 사용 시 발생한다. 따라서 본 논문에서는 지구온난화를 유발하는 화석에너지를 대상으로 에너지 산업연관표를 작성하였다.

한편 환경 산업연관표는 화석연료에서 주로 발생하는 CO₂를 대상으로 작성하였다. 지구온난화가스로는 CO₂, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 6불화황 등이 있는데 그중 CO₂가 기후변화협약과의 관계, 관련 자료의 축적 정도, 데이터 이용의 용이성, 기존연구 사례 등에 비추어 가장 적합하기 때문이다.

다른 온난화 물질은 관련 설비를 통해 저감이 용이하지만 CO₂는 발생량이 곧 배출량이므로 측정하기가 쉽고 온실가스(Greenhouse Gas) 전체 배출의 80% 이상¹³⁾ 을 차지하고 있어 가장 중요하기 때문이기도 하다.

13) 에너지경제연구원의 온실가스배출통계 2005년 기준

3. 작성방법

에너지 및 CO₂ 환경산업연관표 작성을 위해서는 우선 어떤 거래표를 사용할 것인가를 결정해야 한다. 다음으로 우리나라에서 사용하는 화석연료 총공급액과 공급량을 추정해야 한다. 그리고 추정된 공급량 중에서 앞에서 언급한 제품의 생산공정도를 이용해 원료와 연료로의 사용을 구분해야 하고, 마지막으로 사용된 연료량에 탄소배출계수 등을 적용하여 CO₂ 배출량을 추정한다.

1) 기준 산업연관표의 선택

2000년까지는 한국은행에서 구매자가격거래표와 생산자가격거래표만 작성하였고 기초가격거래표는 2003년에 처음으로 작성·발표되었다¹⁴⁾. 그런 관계로 기존 연구들은 모두 생산자가격거래표를 이용하고 있는데 생산자가격거래표는 산업별·용도별 세율의 차이로 이용시 실제 물량이 왜곡되는 단점이 있다.

본 논문에서는 기초가격거래표를 이용하였다. 그리고 국산거래표와 수입거래표를 구분하여 에너지 및 환경 산업연관표를 각각 작성하고 이를 합해서 에너지 총 소비량 및 CO₂ 총 배출량을 구하였다.

2) 화석 에너지 총공급량 추정

금액기준 산업연관 거래표 중 에너지의 투입액을 투입량으로 전환하기 위해서는 에너지 원별 단가가 필요하다. 에너지원별 단가를 추정하기 위해서는 국산 및 수입 에너지 공급량 및 공급액 표가 필요하다. 공급액 표 작성을 위해 산업연관표가 제공하는 공급액을 주로 이용하였고 에너지통계연보 등의 자료도 참조하였다. 수량을 알 수 없는 연탄의 경우는 연탄 제조시의 무연탄 투입율(65.8%)¹⁵⁾을 이용하여 연탄 총 공급량을 역산하였다.

3) 에너지 소비량 추정 및 석유로의 환산

원유의 경우 원유 자체로 소비되지 않고 정제되어 휘발유, 등유 등 석유제품으로 사용된

14) 구매자가격거래표에서 유통 마진을 제거하면 생산자가격거래표가 되고 여기에 생산물세와 보조금이 제거하면 기초가격거래표가 된다.

15) 생산자가격거래표에는 보조금이 공제되어 있으므로 투입을 산정시 동 보조금을 환원해야 에너지균형조건에 위배되지 않는다.

다. 그러므로 원유와 석유정제품을 합산하면 실제 에너지소비량보다 과다 계산되고 따라서 CO₂ 발생량도 많아진다. 그러므로 원유(→석유정제품), 무연탄(→연탄), 유연탄(→코크스)¹⁶⁾처럼 원료로 사용되는 부분은 제외되어야 한다.

이처럼 원료로 사용된 부분을 제외하고 순수하게 연료로 사용된 에너지를 집계한 표를 에너지소비량표라고 한다. 동 표의 에너지소비량에 에너지의 물량단위당 발열량을 곱하면 열량으로 전환할 수 있고 열량으로 전환된 양은 toe 등 공통의 단위로 환산할 수 있다

4) CO₂ 발생량표 작성

CO₂ 발생량은 에너지소비물량에 단위당 이산화탄소 배출계수를 곱하여 구한다. 물론 각 에너지가 갖고 있는 탄소함유량은 에너지의 원산지와 질에 따라서 다르다. 가령 동일한 석탄이라 하더라도 각 산지에 따라서 탄소함유량은 다른데 현실적으로 이를 만족시킬만한 상세한 정보를 얻을 수가 없다.

일반적으로는 IPCC가 제시하는 탄소배출계수를 이용하는데 본 논문에서도 이를 따랐다. IPCC의 가이드라인에 따르면 이산화탄소 배출량은 “연료사용량×단위발열량×탄소배출계수×연소율”를 이용하여 배출량을 계산하도록 권고하고 있어 본 연구에서도 이러한 식에 의해 CO₂ 배출량을 계산하였다.

더불어 CO₂ 발생량을 본 논문에서는 UN 등 국제기관에서 많이 사용하고 있는 탄소톤 단위로 기재하였으며 탄소톤을 CO₂톤으로 환산하기 위해서는 탄소와 이산화탄소간 질량비인 44/12를 곱하면 된다.

4. 기존방법과의 비교

1) 원료용 제거 전과 후

앞에서도 서술하였듯이 에너지원은 원료로 쓰이는 것과 연료로 쓰이는 것으로 나뉜다. 산업별 정확한 추정을 위해서는 원료로 사용되는 양만큼 에너지원별 공급량과 거래표 투입에서 공제해 주어야 한다. 그러나 II장에서 살펴본 것처럼 기존 연구의 경우를 보면 그렇지 못한 경우가 많았는데 실제 어느 정도 영향이 있는지를 살펴보았다.

<표 4>은 거래표에서 원료용으로 사용되는 에너지를 제거하기 전과 후의 CO₂ 배출량을

16) 기타석탄제품의 광물타르 및 분류카본도 화학제품의 원료로 사용되어 에너지소비에서 제외하였다.

비교한 것이다. 전체규모에 있어서는 거의 차이가 나지 않았으나 산업별로는 큰 차이가 났다. 가령 석유석탄 산업에서는 5.2배 가량 차이가 났고 화학, 비금속, 전기·가스·수도 등에서도 상당한 차이를 보였다.

표4 원료용 제외 전후의 CO₂ 배출량

(2003년 기초가격)

(단위: 천 탄소톤)

구 분	석유석탄	화학	비금속	전기가스수도	재고증가	합계
원료용 제외전(A)	12,896	5,416	5,474	29,026	-1,066	124,703
원료용 제외후(B)	2,463	3,559	7,439	38,719	-1,595	125,232
A/B	5.2	1.5	0.74	0.75	0.67	

한편 에너지원별로 보기 위해 <표 5>와 <표 6>를 작성하였다. 두 표를 비교하여 보면 CO₂ 배출 총량은 원료용 제외 후가 제외 전보다 529천 탄소톤 많게 나왔다. 이는 원료용 제외 유무에 따라 산업별 배분비율이 달라진데 기인한 것이며 원료용 제외 후가 항상 많은 것은 아니다.

에너지원별로 보면 유연탄의 경우가 가장 큰 차이를 보였는데 원료용 제외 전에는 유연탄의 CO₂ 배출량이 전체 에너지의 19.8%를 차지한 반면 원료용 제외 후에는 20.1%를 차지하여 0.3%p 차이가 났다. 그 외에도 기타석탄제품, 중유, 액화석유가스 등에서 차이가 발생하였다.

표5 연료별 CO₂ 배출량 (원료용 제외 전)

(2003년 기초가격)

(단위: 천 탄소톤)

연료별	산 업	민간소비	합 계	(%)
무연탄	4,696	0	4,696	(3.8)
유연탄	24,656	0	24,656	(19.8)
연탄	315	251	566	(0.5)
기타석탄제품	20,846	0	20,846	(16.7)
나프타	274	0	274	(0.2)
휘발유	2,232	3,673	5,905	(4.7)
제트유	4,144	0	4,144	(3.3)
등유	2,461	3,517	5,977	(4.8)

연료별	산 업	민간소비	합 계	(%)
경유	16,491	1,736	18,227	(14.6)
중유	24,573	71	24,644	(19.8)
액화석유가스	3,979	1,699	5,678	(4.6)
도시가스	5,146	3,942	9,088	(7.3)
합계	109,813	14,890	124,703	(100.0)

표6 연료별 CO₂ 배출량 (원료용 제외 후)

(2003년 기초가격)

(단위: 천 탄소톤)

연료별	산 업	민간소비	합 계	(%)
무연탄	4,746	0	4,746	(3.8)
유연탄	25,134	0	25,134	(20.1)
연탄	315	251	566	(0.5)
기타석탄제품	20,848	0	20,848	(16.6)
나프타	274	0	274	(0.2)
휘발유	2,232	3,673	5,905	(4.7)
제트유	4,144	0	4,144	(3.3)
등유	2,461	3,517	5,977	(4.8)
경유	16,491	1,736	18,227	(14.6)
중유	24,573	71	24,644	(19.7)
액화석유가스	3,960	1,717	5,677	(4.5)
도시가스	5,146	3,942	9,088	(7.3)
합계	110,324	14,908	125,232	100.0

2) 조세 제거 전과 후

우리나라는 에너지에 부가하는 조세율이 용도에 따라 매우 다르고 규모도 크다. 가령 휘발유의 경우 농기계에 사용하면 면세인 반면 자가용에 사용하면 부가세가 매우 높다. 반면 석탄은 정부가 보조금을 지급하는 경우가 많다. 그러므로 조세 제거 전 산업연관표를 사용하느냐, 조세 제거 후 산업연관표를 사용하느냐에 따라 에너지 사용 및 CO₂ 배출량을 산업별로 배분할 때 큰 영향을 준다.

표7 에너지원별·산업별 조세(생산물세) 및 보조금

(2003년 산업연관표)

(단위: 10억원)

에너지원	산업					민간소비	총수요계
		(농수산)	(비금속)	(전기)	(운수)		
석탄	-131.1	0	-1.6	-77.8	0	0	-131.2
원유	1605.0	0	0	1012.1	0	0	1605.0
석탄제품	-30.0	-14.4	-1.6	-	-	-26.4	-56.4
석유제품	9,266.6	261.6	326.8	250.5	2,921.6	6,492.1	15,758.8
합계	10,710.4	247.2	323.6	1,184.9	2,921.2	6,465.7	17,176.2

주: 마이너스(-)는 조세보다 보조금이 큰 경우 발생

조세 제거 전과 후에 어느 정도 차이를 가져오는지 알아보기 위해 기초가격거래표를 이용한 연료별 CO₂ 배출량<표 6>과 생산자가격거래표를 이용한 경우의 CO₂ 배출량<표 8>을 비교하여 보았다. 기초가격거래표로 추정된 결과에서는 민간소비에서 CO₂가 14,908천 탄소톤 배출되었으나 생산자가격으로 추정된 결과에서는 16,499천 탄소톤이 배출되었다. 무려 10.7%p 차이가 발생하였다.

표8 연료별 CO₂ 배출량 (원료용 제외 후)

(2003년 생산자가격)

(단위: 천 탄소톤)

연료별	산업	민간소비	합계	(%)
무연탄	4,844	0	4,844	3.8
유연탄	25,123	0	25,123	19.5
연탄	317	253	570	0.4
기타석탄제품	20,848	0	20,848	16.2
나프타	88	0	88	0.1
휘발유	2,227	4,329	6,557	5.1
제트유	4,145	0	4,145	3.2
등유	2,506	3,802	6,308	4.9
경유	18,455	2,085	20,540	16.0
중유	24,709	73	24,783	19.3
액화석유가스	3,919	1,804	5,723	4.4
도시가스	4,936	4,152	9,088	7.1
합계	112,118	16,499	128,617	100.0

한편 CO₂ 배출 유발계수를 조세 제외 전인 생산자가격거래표로 도출하는 경우와 조세 제외 후인 기초가격거래표로 도출하는 경우를 비교하여 보자. 전자가 후자보다 생산 1억원당 0.3탄소톤 적게 나왔고 양자 간의 표준편차는 4.2%에 달했다. 산업별로는 음식료품 12.5%, 석유·석탄 9.6%, 음식점 및 숙박 7.0% 등의 순으로 적게 배출되는 것으로 나타났다.

표9 사용 산업연관표별 CO₂ 배출 유발계수 비교

(단위: 탄소톤/억원, %)

산업	기초가격 거래표(A)	생산자가격 거래표(B)	차이(A-B)	$\frac{(A-B)}{A}$ *100
농림수산물	9.9	9.8	0.06	0.6
광산품	15.1	15.4	-0.31	-2.0
음식료품	10.4	9.1	1.29	12.5
섬유, 가죽제품	11.4	10.9	0.53	4.6
목재, 종이제품	16.2	15.8	0.40	2.5
인쇄, 출판 및 복제	8.9	8.9	-0.02	-0.2
석유, 석탄제품	7.2	6.5	0.69	9.6
화학제품	12.5	12.2	0.34	2.7
비금속광물제품	50.3	49.6	0.61	1.2
제1차금속	50.3	50.1	0.23	0.5
금속제품	21.7	21.3	0.41	1.9
일반기계	14.3	13.9	0.41	2.8
전기, 전자기기	7.0	6.9	0.18	2.6
정밀기기	7.6	7.3	0.29	3.7
수송장비	11.7	10.9	0.75	6.4
가구 및 기타제조업제품	13.1	12.5	0.66	5.0
전력 가스 수도	113.1	112.4	0.70	0.6
건설	13.2	13.0	0.21	1.6
도소매	6.4	6.5	-0.06	-0.9
음식점 및 숙박	11.3	10.5	0.79	7.0
운수 및 보관	35.1	35.4	-0.27	-0.8
통신 및 방송	4.0	4.2	-0.15	-3.7
금융 및 보험	2.9	3.0	-0.10	-3.5
부동산 및 사업서비스	4.8	4.6	0.22	4.7
공공행정 및 국방	6.3	6.4	-0.15	-2.4
교육 및 보건	6.7	7.0	-0.31	-4.6
사회 및 기타서비스	9.7	8.8	0.85	8.8
표준편차			0.42	4.2

주: 생산자 가격거래표로 도출하는 경우와 기초가격거래표로 도출하는 경우의 절대적인 차이를 보기 위해 표준편차를 산출

IV 우리나라의 CO₂ 배출 구조

1. 개요

2003년 기초가격 기준 산업연관표 국산 및 수입거래표를 이용하여 이산화탄소 배출량을 추정한 결과 우리나라 생산 및 소비활동에 의해 CO₂가 총 125,232천 탄소톤 배출된 것으로 나타났다. 산업에서 총 110,324천 탄소톤이 배출되어 총배출량의 78.1%를 차지하였으며 소비에서 총 14,908천 탄소톤이 배출되어 총배출량의 11.9%를 차지하였다.

표10 산업별 에너지원별 CO₂ 배출량

(2003년 기초가격)

(단위: 천 탄소톤, %)

에너지원	1차산업	제조업	전가수	건설	서비스	(운수보관1)	민간소비	총배출량
무연탄	0	3,167	1,575	0	4	(0)	0	4,746
유연탄	0	4,560	20,575	0	0	(0)	0	25,134
연탄	138	98	0	5	74	(4)	251	566
기타석탄제품	0	12,876	7,970	0	1	(0)	0	20,848
나프타	0	271	0	0	4	(0)	0	274
휘발유	143	877	9	127	1,077	(102)	3,673	5,905
제트유	0	16	0	0	4,128	(3,746)	0	4,144
등유	41	723	67	73	1,557	(178)	3,517	5,977
경유	2,005	2,858	346	1,139	10,143	(6,300)	1,736	18,227
중유	183	10,258	5,343	84	8,705	(7,068)	71	24,644
액화석유가스	19	1,056	167	46	2,672	(1,545)	1,717	5,677
도시가스	4	1,275	2,667	69	1,130	(49)	3,942	9,088
합계	2,534	38,035	38,719	1,542	29,495	(18,993)	14,908	125,232
	<2.0>	<30.4>	<30.9>	<1.2>	<23.6>	<15.2>	<11.9>	<100.0>

주: 1) 서비스업중 CO₂ 배출량이 가장 큰 산업

2) < >는 비중(%)임

<표 11>과 같이 CO₂ 배출의 산업별 구성비를 보면 전기·가스·수도에서 우리나라 전체의 30.9%가 배출되었으며 제조업에서도 30.4%가 배출되었다. 무연탄, 유연탄 등 석탄류 소비로 인한 이산화탄소 배출은 화력발전에서 주로 발생하였으며 철강 생산 등 제조업에서도 40.4% 발생한 것으로 나타났다. 석유류 소비로 인한 탄소 배출은 운수업에서 크게 발생하

였으며 제조업에서도 24.8% 배출되었다. 한편 도시가스로 인한 탄소 배출은 민간소비가 43.4% 차지하였으며 전기·가스·수도도 29.4%를 차지하였다.

표11 CO₂ 배출의 산업별 구성비

(2003년 기초가격)

				(단위 : %)
구 분	석탄류	석유류	도시가스	합계
1차산업	0.3	3.7	0.0	2.0
제조업	40.4	24.8	14.0	30.4
전기·가스·수도	58.7	9.1	29.4	30.9
건설	0.0	2.3	0.8	1.2
서비스	0.2	43.6	12.4	23.6
(운수보관)	0.0	29.2	0.5	15.2
소계	99.5	83.5	56.6	88.1
민간소비	0.5	16.5	43.4	11.9
총배출	100.0	100.0	100.0	100.0

<표 12>처럼 산업별 에너지원의 CO₂ 배출 구성비를 보면 석유류가 51.8%로 가장 많았으며 석탄류는 41.0%, 도시가스는 7.3%로 나타났다. 부문별로 보면 제조업은 석탄류가 54.4%로 석유류 42.2%보다 많았으며 전기·가스·수도 생산에는 석탄류가 77.8%로 압도적으로 많았다. 한편 운수업의 경우에는 석유류가 99.7%로 대부분을 차지하였다.

표12 산업별 에너지원의 CO₂ 배출 구성비

(2003년 기초가격)

				(단위 : %)
구 분	석탄류	석유류	도시가스	합계
1차산업	5.5	94.4	0.2	100
제조업	54.4	42.2	3.4	100
전기·가스·수도	77.8	15.3	6.9	100
건설	0.3	95.2	4.5	100
서비스	0.3	95.9	3.8	100
(운수보관)	0.0	99.7	0.3	100
소계	46.3	49.1	4.7	100
민간소비	1.7	71.9	26.4	100
총배출	41.0	51.8	7.3	100

2. CO₂ 원단위

CO₂ 원단위는 1단위의 제품 생산 혹은 서비스를 제공할 때 사용하는 에너지로 인해 발생하는 CO₂ 배출량으로 수식으로는 $\frac{CO_2 \text{배출량}}{\text{산출액}}$ 으로 나타낼 수 있다. 그러므로 그 수치가 클수록 CO₂ 배출량이 많은 산업이고 환경부하가 큰 산업이라고 할 수 있다. <표 13>는 생산과정에서의 산출액 기준 CO₂ 원단위와 이를 응용한 소비과정에서의 소비액 기준 CO₂ 원단위를 나타내고 있는데 생산과정에서의 CO₂ 원단위는 1억원당 6.34 탄소톤이고 소비과정에서의 CO₂ 원단위는 1억원당 3.32 탄소톤인 것으로 추정되었다.

표13 산출액 및 소비액 기준의 CO₂ 원단위

구 분	경제규모(조원)	CO ₂ 배출량(천 탄소톤)	CO ₂ 원단위(탄소톤/억원)
생산과정(산출액)	1,740.9	110,324	6.34
소비과정(소비액)	449.0	14,908	3.32
합 계	2,189.9	125,232	5.72

주: 1) 이산화탄소 배출량을 민간소비액으로 나누어 산출

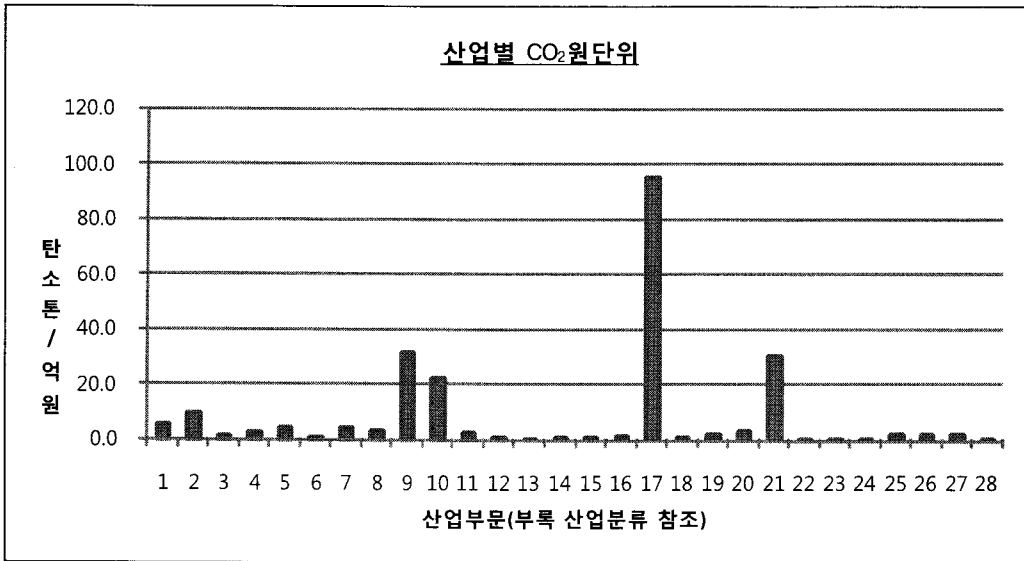
CO₂ 원단위를 경제주체별이 아닌 산업별로 살펴보는 것은 어떤 산업에서 CO₂를 많이 발생시키는지 알아보기 위해 필요하다. 산업별 CO₂ 배출량을 보면 전기가스수도가 38,719천 탄소톤을 배출하여 전산업 배출량의 35.1%를 차지하였다. 다음으로는 운수보관이 18,993 탄소톤을 배출하여 17.2%, 제1차금속이 17,249 탄소톤을 배출하여 15.6%를 차지하였다.

1억원 생산을 위해 배출하는 이산화탄소량을 나타내는 CO₂원단위는 전기가스수도가 95.8 탄소톤으로 가장 높았으며 비금속광물제품 31.8, 운수보관 30.5, 제1차금속 22.5 등의 순으로 높게 나타났다.

표14 산업별 CO₂ 원단위

산 업	산출액(억원)	CO ₂ 배출량(천 탄소톤)	CO ₂ 원단위(탄소톤/억원)
전기가스수도	404,170	38,719(35.1)	95.8
운수보관	623,352	18,993(17.2)	30.5
제1차금속	765,152	17,249(15.6)	22.5
비금속광물제품	234,121	7,439(6.7)	31.8

주: ()는 전산업에서 차지하는 비중(%)

그림1 산업별 CO₂ 원단위

주: CO₂ 원단위의 산업 간 차이가 매우 크다. (9. 비금속광물제품, 10. 제1차금속, 17. 전력가스수도, 21. 운수·보관)

3. 생산유발에 의한 CO₂ 배출

CO₂ 배출량은 산업별로 직접 배출되는 부분이 있지만 간접적으로 배출되는 부분도 있다. 가령 자동차 생산과정을 보면 자동차 생산공장 가동에 따른 CO₂ 배출량이 있다. 그러나 자재로 사용되는 강판을 철강업체에서 생산하기 위해서는 에너지가 사용되고 이에 따라 CO₂가 배출된다. 이처럼 간접적인 부분까지 계측하기 위해서는 레온티에프 생산유발계수를 이용할 필요가 있다.

레온티에프 생산유발계수는 산출액과 중간투입, 최종수요 간의 항등식을 이용하여 유도한 (1)식에서 $(I-A^d)^{-1}$ 를 가리킨다.

$$X = (I - A^d)^{-1}(Y - M) \quad (1)$$

X : 산출액 벡터 A^d : 국산투입계수 I : 단위행렬
 Y : 최종수요 벡터 M : 수입액 벡터

생산유발계수는 국내 최종수요 1단위 증가시 각 산업에서 생산유발 되는 정도를 나타내는데 이러한 생산유발계수에 CO₂ 배출량¹⁷⁾을 산출액으로 나눈 e^b 계수를 곱하면 (2)식과 같은 CO₂배출 유발계수를 유도할 수 있다.

$$EC = e^b(I - A^a)^{-1} \quad (2)$$

EC : 최종수요 1단위에 대한 CO₂ 배출 유발계수

e^b : 각 재화의 생산과정에서 발생한 CO₂ 배출량을 산출액으로 나눈 계수의 행벡터를 대각요소로 하는 정방행렬

<표 15>는 (2)식에 의해 산출한 산업별 직·간접 CO₂ 배출 유발계수이다. 동 표를 보면 전력·가스·수도의 1억원당 배출 유발계수가 113.1 탄소톤으로 가장 컸으며 다음으로 비금속광물제품과 제1차금속이 50.3 탄소톤을 직·간접 배출한 것으로 나타났다. 한편 최종수요형인 건설은 직접계수는 1.1 탄소톤에 지나지 않았으나 철근, 형강 등을 많이 사용하여 간접 유발계수가 12.1 탄소톤이나 되었으며 타 산업에서 생산하는 원재료를 많이 사용하는 일반기계, 자동차·선박 등 수송장비 등도 간접 유발계수가 높았다.

표 15 산업별 직·간접 CO₂ 배출 유발계수

(2003년 기초가격)

(단위: 탄소톤/억원)

산 업	유발계수			총유발계수
	직접(A)	간접(B)	B/A	
농림수산물	5.6	4.3	0.8	9.9
광산물	9.8	5.3	0.5	15.1
음식료품	1.8	8.6	4.7	10.4
섬유,가죽제품	2.9	8.5	2.9	11.4
목재,종이제품	4.6	11.6	2.5	16.2
인쇄,출판및복제	1.2	7.8	6.7	8.9
석유,석탄제품	4.7	2.5	0.5	7.2
화학제품	3.3	9.2	2.8	12.5
비금속광물제품	31.8	18.5	0.6	50.3
제1차금속	22.5	27.7	1.2	50.3
금속제품	2.7	19.0	6.9	21.7

17) CO₂ 배출량은 국내거래표상의 에너지 소비로 인해 발생한 양뿐만 아니라 수입거래표상의 에너지 소비로 인해 발생한 양까지 합하여 산출하여야 한다.

산 업	유발계수			총유발계수
	직접(A)	간접(B)	B/A	
일반기계	1.3	13.1	10.1	14.3
전기,전자기기	0.7	6.3	8.9	7.0
정밀기기	0.9	6.7	7.4	7.6
수송장비	0.8	10.9	13.8	11.7
가구및기타제조업제품	1.8	11.3	6.3	13.1
전력가스및수도	95.8	17.3	0.2	113.1
건설	1.1	12.1	11.1	13.2
도소매	2.0	4.4	2.2	6.4
음식점및숙박	3.5	7.8	2.2	11.3
운수및보관	30.5	4.7	0.2	35.1
통신및방송	0.5	3.5	7.2	4.0
금융및보험	0.5	2.4	5.1	2.9
부동산및사업서비스	0.7	4.1	5.5	4.8
공공행정및국방	2.3	4.0	1.8	6.3
교육및보건	2.3	4.3	1.9	6.7
사회및기타서비스	2.3	7.3	3.1	9.7
단순평균	8.5	9.0	4.7	17.6

V 결 론

지금까지 기존의 에너지 및 CO₂ 환경 산업연관표, 즉 에너지 부문이 물량화된 하이브리드 산업연관표 작성방법을 비교하고 개선방안을 모색해 보았다. 그리고 우리나라 2003년 에너지 및 CO₂ 환경 산업연관표를 개선된 방법으로 작성하고 그 결과를 분석하였다. 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

먼저 기존의 에너지 및 환경 산업연관표 작성방법을 비교한 결과 기초통계여건의 제약, 자료의 방대함 등으로 각 작성방법마다 한계를 보였다. 특히 에너지의 원료로의 사용과 연료로의 사용을 공급량과 거래표에서 동시에 고려해야 하는 문제, 생산물세 및 보조금으로 인한 교란요인을 제거하는 문제 등이 에너지 및 환경 산업연관표의 정도를 높이는데 제약 요인으로 작용하여 왔다.

원료로 투입된 에너지를 거래표에서 제외하기 전과 후를 추정해본 결과 큰 차이가 나타났는데, 가령 석유석탄 산업에서는 5.2배 가량 차이가 났고 화학, 비금속, 전기·가스·수도 등에서도 상당한 차이를 보였다. 기초가격 기준 산업연관표를 이용하여 추정한 CO₂ 배

출량을 생산자가격 기준 산업연관표를 이용한 경우와 비교한 결과도 전자가 후자보다 2.7% 적고, CO₂ 배출 유발계수의 양 추정치간 표준편차도 4.2%에 달한 것으로 나타났다.

다음으로 개선된 방법으로 환경 산업연관표를 작성해본 결과 기존보다 CO₂ 배출량이 적게 나왔다. 가령 에너지경제연구원에 따르면 2003년 중 129,205천 탄소톤이 배출된 것으로 추정되고 환경부가 발표한 자료도 131,267천 탄소톤이 배출된 것으로 발표하였는데 본 연구에서는 125,232천 탄소톤이 배출된 것으로 추정되었다.

환경원단위의 경우를 보면 우리나라에서 1억원 어치의 제품 혹은 서비스를 생산하는데 CO₂는 6.34 탄소톤이 배출되었다. 그리고 우리나라 국민들은 1억원 소비에 3.32 탄소톤 CO₂를 배출시키는 것으로 나타났다.

산업별로는 화력발전, 운수업, 제1차금속제품, 비금속광물제품 생산 등에 에너지가 많이 사용되고 따라서 CO₂ 배출량도 많은 것으로 나타났다. 물론 에너지 소비 및 CO₂ 배출은 해당 기업의 것도 중요하지만 간접적으로 유발되는 것도 중요하다. 간접적으로 유발되는 것까지 포함하기 위해서는 산업연관표의 유발계수를 이용하여야 하는데 이렇게 하여 산출된 결과를 보면 시멘트, 철강, 전력 생산 등에는 CO₂의 직접 배출이 큰 반면 건설, 자동차·선박 등은 조립산업의 특성을 반영하여 간접 배출이 훨씬 큰 것으로 나타났다.

따라서 산업의 직접 에너지 사용량만을 기준으로 에너지 효율화 및 CO₂ 배출량 감소 정책을 사용할 경우 실효성이 떨어질 것이다. 가급적 유발계수가 높은 산업에 대해 에너지 사용을 효율화하고 CO₂ 배출감축을 유도하는 것이 산출액 감소는 적게 줄이고 효과는 많이 보는 정책일 것이다.

본 연구는 한국은행이 발표하는 산업연관표 테두리 내에서 에너지 및 환경 산업연관표를 어떻게 정확하게 작성할 수 있는지에 초점을 맞추었다. 에너지경제연구원에서 작성하는 에너지수지표 등 에너지 물량단위 기초통계를 어떻게 활용¹⁸⁾하여 물량단위 혼합 산업연관표 작성의 정도를 높일 것인가는 추후 과제로 남겨 놓는다. 아울러 동 표를 환경 사회회계행렬(SAM)로 확장한다면 일반균형분석을 통한 탄소세 도입의 산업별 효과 측정¹⁹⁾ 등에도 유용하게 사용되어 효과적인 정책 기준을 제공할 것으로 생각된다.

18) 심상렬, 2005. 「에너지 산업연관표 작성」.

심상렬은 물량단위 에너지 산업연관표 작성에 에너지수지표를 반영하려고 하였으나 자료 성격의 차이 때문에 에너지수지표를 반영하지 못하였다.

19) Gibert E. Metcalf., Sergey Palitsev., John Reilly., Henry Jacoby et al. 2008. *Analysis of U.S Greenhouse gas proposals*. NBER working paper series 13980.

〈부 록〉 하이브리드 산업연관표 부문 분류표

1. 산업 분류표(공표 산업연관표의 통합 대분류)

부문	부문명	부문	부문명
1	농림수산물	15	수송장비
2	광산품	16	가구 및 기타 제조업 제품
3	음식료품	17	전력, 가스 및 수도
4	섬유 및 가죽제품	18	건설
5	목재 및 종이제품	19	도소매
6	인쇄, 출판 및 복제	20	음식점 및 숙박
7	석유 및 석탄제품	21	운수 및 보관
8	화학제품	22	통신 및 방송
9	비금속광물제품	23	금융 및 보험
10	제1차금속제품	24	부동산 및 사업서비스
11	금속제품	25	공공행정 및 국방
12	일반기계	26	교육 및 보건
13	전기 및 전자기기	27	사회 및 기타서비스
14	정밀기기	28	기타

2. 화석 에너지 분류표

부문	부문명	부문	부문명
1	무연탄	8	휘발유
2	유연탄	9	제트유
3	원유	18	등유
4	천연가스(LNG)	19	경유
5	연탄	20	중유
6	기타석탄제품	21	액화석유가스
7	나프타	22	도시가스

참고문헌

- 김승우 외. 2001. 「환경경제학」. 박영사.
- 김윤경. 2006. "환경산업연관표 작성 및 분석방법에 관한 연구" 「계간국민계정」 2: 44~99.
- _____. 2006. "환경산업연관표 2000을 이용한 산업부분의 이산화탄소(CO₂) 발생 분석" 「자원·환경경제연구」 15(3): 424~450.
- 산업자원부, 에너지경제연구원. 2005년, 2006년. 「에너지통계연보」.
- 심상렬. 2005. 「에너지 산업연관표 작성」. 에너지경제연구원.
- 최한주. 2007. 「우리나라 산업의 에너지 소비 및 이산화탄소 배출 구조 분석」. 충남대학교 박사학위 논문.
- 최한주, 이기훈. 2006. "환경 혼합 산업연관모형을 이용한 산업별 이산화탄소 배출량 추정과 변화요인 분석" 「자원·환경경제연구」 15(1): 27~50.
- 한국은행. 2007. 「2003년 산업연관표」.
- 한국은행 보도자료. 2008. 「최근 우리나라 산업별 온실가스 배출구조 분석 및 시사점」.
- 한국철강협회. 2003년, 2004년. 「철강보」.
- 환경부. 2007. 「환경경제통합계정 작성 기반 구축 및 활용방안 연구(VI)」.
- 金子敬生. 1991. 「産業聯關の 經濟分析」.
- 環太平洋 産業聯關分析協會. "Innovation & I-O Technique" *Business Journal of Papias* 각권 각호.
- David Zilberman. 2007. *Economics of resources and the environment*. Berkeley.
- Gowdy, J. M. and Miller J. L. 1987. "Technological and Demand Change in Energy Use: an Input-Output Analysis" *Environment and Planning* 19: 1387~1398.
- Gibert E. Metcalf, Sergey Paltsev, John Reilly, Henry Jacoby, Jennifer F. Holak. 2008. *Analysis of U.S Greenhouse gas proposals*. NBER working paper series 13980.
- Intergovernmental Paenl on climate change. 2007. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Julio Sanchez-Choliz and Roza Duarte. 2004. "CO₂ emissions embodied in international trade: evidence for Spain" *Energy Policy* 32: 1999~2005.

- Lahr, M. L. and Dietzenbacher, E. 2001. *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions(Eds)*. Basingstoke: Palgrave.
- Miller, R. E. and Blair, P. D. 1985. *Input-Output Analysis : Foundations and Extensions*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Simone Bastianimi, Federico Maria Pulselli and Enzo Tiezzir. 2004. "The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions" *Ecological Economics* 49(3): 253~257.
- UN, OECD, Eurostat, IMF, World Bank. 1993. *The System of National Accounts*.
- Wassily Leontief. 1970. "Environmental Repercussions and the Economic Structure: an Input-Output Approach" *The Review of Economics and Statistics* 52(3): 262~271.