

**구조분해분석을 이용한  
국내 CO<sub>2</sub> 배출량 변화요인분석에 관한 연구**  
A Study on the Change of CO<sub>2</sub> Emission in Korea  
using Structural Decomposition Analysis

박준영<sup>1)</sup> 허은녕<sup>2)</sup>

**I. 머리말**

1997년 12월 교토의정서, 1998년 11월 부에노스아이레스 기후변화협약 당사국 총회이후 우리 나라에도 CO<sub>2</sub>배출저감이 시급한 과제로 떠올랐다. 온실가스의 대부분을 차지하는 CO<sub>2</sub>는 주로 에너지소비로부터 발생하는데, 우리 나라의 경우 과거 에너지소비가 경제성장률을 상회하는 높은 증가추세를 보여왔고, 이로 인해 CO<sub>2</sub>배출량 증가율이 세계에서 가장 높은 것으로 보도되었다. 이 같은 상황에 주목, 본 연구에서는 국내 CO<sub>2</sub>배출실태를 분석하고 이를 기초로 산업연관분석(Input-Output Analysis)을 이용하여 1990-1995년 기간동안 산업부문별 CO<sub>2</sub>유발계수를 측정하고, 구조분해분석(Structural Decomposition Analysis)을 이용하여 동기간 동안 CO<sub>2</sub>배출량 변화를 8개 요소로 분해하여 각 요소의 기여도를 실증 분석하였다.

**II. 분석모형**

**1. 산업부문별 CO<sub>2</sub> 배출량, 배출계수 및 배출유발계수의 도출**

산업연관분석을 통하여 부문별 CO<sub>2</sub> 배출량을 구하는 식은 다음 식(1)과 같다.

$$P = Ee * Ce \tag{1}$$

단, P : 부문별 CO<sub>2</sub> 배출량 벡터(25×1); 탄소환산톤(TC)

Ee : 부문별 에너지원별 에너지소비량 행렬(25×14); 석유환산톤(TOE)

Ce : 에너지원별 CO<sub>2</sub> 배출원단위 벡터(14×1); TC/TOE

\* : 행렬간 곱셈

식(1)에서 에너지원별 에너지소비량(Ee)은 에너지센서스로부터 최종에너지소비 열량기준으로 산출하였는데, CO<sub>2</sub>의 대부분이 화석연료의 연소과정에서 배출되므로 설비용, 수송용 및 자가발전용 에너지소비만을 포함시키고 원료용 에너지소비는 제외시켰다. 분석의 대상이 되는 주요 화석연료로 석탄, 석유, 가스를 선택하였으며 분석의 정확성을 높이기 위해 제품별로 세분하였다.<sup>3)</sup> 또한 화석연료별 탄소함유량이 상이하므로 IPCC가 추천한 수치를 이용, 에너지원별 CO<sub>2</sub> 배출원단위를 결정하였다. CO<sub>2</sub> 배출계수에 타 산업부문에서의 중간재 생산과정에서 간접적으로 유발되는 CO<sub>2</sub>량을 모두 포함한 단위산출액당 CO<sub>2</sub>배출량 즉, CO<sub>2</sub>배출유발계수를 구하기 위해서는 식(2)와 같이 산업연관분석을 통하여 구해지는 생산유발계수(투입계수의 역행렬)를 CO<sub>2</sub>배출계수에 곱해야 한다. 이때 국내 발생 CO<sub>2</sub>는 국내생산의

1) 한국환경정책평가연구원 연구원

2) 서울대학교 지구환경시스템공학부

3) 신탄의 소비도 CO<sub>2</sub>를 배출하지만 자료상의 제약으로 제외하였다. 또한 산업부문에서 석탄, 석유, 가스 외에도 전력 또한 소비하지만 CO<sub>2</sub>를 직접 배출하는 1차 에너지원이 아니므로 제외하였다.

경우에만 발생하기에 투입계수는 국산투입계수표에서 구하였다.

$$Y = W' * (I - A^d)^{-1} \quad (2)$$

단, Y : CO<sub>2</sub> 배출유발계수 벡터(1×25)  
 I : 단위행렬(25×25)  
 A<sup>d</sup> : 국산투입계수행렬(25×25)

## 2. CO<sub>2</sub> 배출량 변화요인 분석

1990년 과 1995년의 산업연관표(Input-Output Table)을 사용하여 구한 CO<sub>2</sub> 배출계수를 사용, 국내 CO<sub>2</sub>배출량 변화를 구조분해분석(Structural Decomposition Analysis)을 이용하여 8개의 요소, 즉 에너지원단위 변화효과, CO<sub>2</sub>배출원단위 변화효과, 경제성장 효과, 국내최종수요 변화효과, 수출변화효과, 최종재수입비율 변화효과, 중간재수입비율 변화효과, 투입구조 변화효과로 분해하여 각 요소의 기여도를 분석하였다(자세한 구조분해분석방법은 박준영(1999) 참조). 요인별 부호 및 값의 결정요소는 [표 1]과 같이 요약될 수 있다.

[표 1] CO<sub>2</sub> 배출량 변화요인

요인별 분류	부호 및 값의 결정요소
<b>(A) 배출계수변화</b>	배출계수가 증가시 양수, 감소시 음수. 증감폭과 산출규모에 비례함
(A-1) 에너지 원단위 변화	에너지원단위가 증가시 양수, 감소시 음수. 증감폭, 산출규모 및 CO <sub>2</sub> 배출원단위에 비례함.
(A-2) CO <sub>2</sub> 배출 원단위 변화	CO <sub>2</sub> 배출원단위가 증가하면 양수, 감소하면 음수이고, 그 값은 증감폭, 산출규모 및 에너지원단위에 비례함.
<b>(B) 경제성장</b>	배출계수 및 기준연도의 산출규모에 비례함.
<b>(C) 구조변화</b>	산출액증가율이 GDP증가율보다 높으면 양수, 낮으면 음수이고, 그 값은 증가율의 차이와 배출계수의 크기에 비례함.
(C-1) 국산품에 대한 국내최종수요 변화	국산품에 대한 국내최종수요증가율이 GDP증가율보다 높으면 양수, 낮으면 음수이고, 그 값은 증가율의 차이와 유발계수의 크기에 비례하고 최종재 수입비율에 반비례함.
(C-2) 수출변화	수출증가율이 GDP증가율보다 높으면 양수, 낮으면 음수이고 그 값은 증가율의 차이와 유발계수의 크기에 비례함.
(C-3) 최종재 수입비율변화	최종재수입비율이 높아지면 음수, 낮아지면 양수이고, 그 값은 국산품에 대한 국내최종수요와 유발계수의 크기에 비례함.
(C-4) 중간재 수입비율변화	중간재수입비율이 높아지면 음수, 낮아지면 양수이고, 그 값은 증감폭, 배출계수 및 국내최종수요의 크기에 비례함.
(C-5) 투입구조변화	투입구조가 CO <sub>2</sub> 저배출형으로 개선되면 음수, 악화되면 양수이고 그 값은 증감폭, 배출계수, 국내최종수요의 크기에 비례함.

## III. 분석결과 및 고찰

### 1. 부문별 CO<sub>2</sub> 배출량, 배출계수 및 유발계수 계측결과

CO<sub>2</sub>배출계수는 산출량 1단위(100만원)를 생산하는데 직접 발생하는 CO<sub>2</sub>배출량으로 표시되며 CO<sub>2</sub>유발계수는 최종수요 1단위의 변동에 따라 단위당 중간재 투입구조를 통해 직접·간접적으로 유발되는 CO<sub>2</sub>배출량을 의미한다. 95년 CO<sub>2</sub>배출계수를 살펴보면 전력·가스·수도 부문이 2.1053으로 가장 높고 그 다음으로 운수보관업이 0.4315, 비금속제품(요업토석제품)은 0.3571, 석유석탄제품이 0.3175로 높게 나타났다. 주목할 만한 점은 섬유가죽제품과 목재종이 제품을 제외한 대부분의 제조업에서 배출계수가 감소하였다는 점이다. 즉 단위산출량 대비

CO<sub>2</sub>배출량이 감소하였다. 유발계수의 경우에도 배출계수의 순위와 대부분 비슷하며 배출계수와 마찬가지로 대부분의 제조업에서 유발계수의 감소현상이 나타났다. 최종수요 1단위의 증가가 간접적으로 유발하는 CO<sub>2</sub>배출량을 알아보기 위해 유발계수에서 배출계수를 차감한 숫자를 살펴보면 화학제품, 제1차금속제품이 높게 나타나 이들 산업에 투입되는 중간재가 CO<sub>2</sub> 다배출형 산업에서 생산되고 있는 것으로 풀이된다. 그리고 석유석탄산업이나 정밀기기산업, 비제조업에서는 통신, 도소매업에서 간접유발효과가 낮은 것으로 나타났다.

## 2. CO<sub>2</sub> 배출량 변화요인 분석

1990-1995년 기간중 25개부문의 CO<sub>2</sub>배출증가분을 100%로 볼 때 경제성장에 의한 기여도는 69.35%인 것으로 나타났다. 이는 CO<sub>2</sub>배출계수가 불변인 상태에서 모든 부문의 산출액이 GDP성장율과 동일하게 증가했을 경우 동기간 중 CO<sub>2</sub>배출증가량은 실제증가량 25백만TC의 69.35%인 17백만TC에 달하게 됨을 의미한다. 그러나 동기간중 25개부문 전체에서 CO<sub>2</sub>배출계수의 변화는 CO<sub>2</sub>배출을 감소시키는 방향으로 발생하여 전체배출량의 9.6%를 감소시키는 데 기여한 것으로 나타났다. 에너지원단위 변화에 의한 효과는 -0.31%로 아주 미미하며 CO<sub>2</sub>배출원단위 변화(에너지원별 구성의 변화)의 효과가 -9.30%으로 다른 세부 요인중 가장 높은 배출감소 영향을 끼친 것으로 나타났다. 즉, 고탄소 연료인 석탄에서 중탄소 연료인 석유로, 이후 저탄소 연료인 가스로의 구조적인 변화가 CO<sub>2</sub>배출에도 영향을 준 것이다.

분석기간중 산업구조의 변화가 CO<sub>2</sub>배출의 40.25%를 차지하고 있다. 산업구조의 변화를 구성하는 항목 중에서 국내최종수요는 CO<sub>2</sub>배출 증가에 큰 영향을 끼치고 있는 것으로 나타나, 증가된 최종수요를 충족시키기 위해 산출액이 늘고, 산출액을 증가시키기 위해 화석연료의 투입이 증가한 것이다. 한편 투입구조는 CO<sub>2</sub>배출증가에 음의 효과를 끼치고 있는 것으로 보아 미약하게나마 산업의 생산기술이 CO<sub>2</sub>저배출형으로 전환하고 있다. 그러나 그 비중이 6.54%로 매우 낮아 앞으로의 지속적인 노력이 필요하다. 분석기간동안 최종재와 중간재의 수입으로 CO<sub>2</sub>배출의 8.84%를 감소시켜 왔다는 사실에 입각하였을 때, 앞으로도 CO<sub>2</sub> 다배출형 최종재와 중간재의 수입은 지속적으로 증가시키는 것이 바람직하다.

**주요어 :** 이산화탄소, 산업연관분석, 구조분해분석

### 참고문헌

1. 박준영, 1999, "구조분해분석을 이용한 CO<sub>2</sub> 배출량 변화요인분석에 관한 연구," 공학석사 학위논문, 서울대학교 자원공학과.
2. 최충규, 1993, "산업부문별 이산화탄소 배출량에 대한 비교정태분석", 월간 산업동향, 업연구원.
3. 한국은행, 1993, "1990년 산업연관표작성보고서".
4. \_\_\_\_\_, 1998, "1995년 산업연관표작성보고서".
5. Chen, C. and A. Z. Rose, 1988, "A Structural Decomposition Analysis of Changes in Demand in Taiwan: 1971-1984", *Energy Journal*, vol. 11, no. 1.
6. Miller, R. E. and P. D. Blair, 1985, "Input-Output Analysis : Foundations and E Prentice-Hall, Inc.
7. Rose, A. Z. and S. Casler (1996), "Input-Output Structural Decomposition Analysis appraisal" *Economic Systems Research*, vol. 8, no. 1.