

# CO<sub>2</sub> 배출요인 관점에서의 기후변화협약 대응

유 동 현 · 에너지경제연구원, 연구위원

e-mail : dhyoo@keei.re.kr

이 글은 온실가스 배출량의 대부분을 차지하는 에너지 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출에 초점을 맞추어 기후변화협약 대응 정책입안 시 정책방향에 대해 다루고 있다. 에너지 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 요인분석을 통해 탄소집약도, 에너지원단위, 소득효과로 구분하고 있으며, CO<sub>2</sub> 배출과 이들 요인간의 관련 정도를 제시하고 있다.

우리나라 온실가스 배출량의 82%는 연료연소에 의한 CO<sub>2</sub>이다. 우리는 화석연료의 거의 전부를 수입에 의존하고 있어 에너지 절약을 통한 효율적 이용은 기후변화협약 대응정책의 중요한 한 축임에 틀림없다. OECD 국가이면서 동시에 연료연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출국 10위인 우리나라로서는 온실가스 저감협상이 먼 훗날의 이야기인 아닐 것이다. 더욱이 거대한 에너지 소비국인 중국이 온실가스 배출저감의무와 관련하여 전향적인 선언을 할 것이라는 소식이 전해지는 최근 상황에서 우리에게 대한 압력은 더욱 강도를 더할 전망이다.

온실가스 배출저감 정책을 고려하기 위한 하나의 접근방법으로 에너지 연소에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 변화를 요인별로 분석해보고자 한다. 분석을 위해 CO<sub>2</sub> 배출 결정요인을 탄소배출구조, 에너지소비효율성, 경제활동 규모 등의 세 가지 요인으로 상정하였다. 탄소배출구조는 국가의 에너지 수급여건 즉 경제의 에너지원별 선택 결과를 나타내주는 요인으로서 에너지의 탄소집약 정도를 의미하는 주요 변수이며, 에너지 소비효율성은 경제규모 내에서 에너지자원의 분배 효율성을 반영하는 것으로서 에너지소비 절약 정도를 나타내는 지표라 할

수 있다. 그리고 경제활동 규모는 해당 시기의 경제규모형성에 요구되는 에너지 소비 규모를 결정하는 중요한 요소로서 에너지 소비 증가의 요인이라 할 수 있다.

경제활동규모 요인(scale effect)을 대변하는 대표적 변수로는 GDP, GNP, GNI 등을 이용할 수 있으며, 에너지 소비효율성 요인(content effect)의 대표적 변수로는 GDP에 대한 1차 에너지소비 비율인 에너지원단위를 들 수 있다. 그리고 탄소 배출구조 요인(structural effect) 변수로는 에너지원별 구성을 나타내는 의미를 가지나 탄소측면에서 에너지원 구성에 의한 결과를 나

타내는 것으로서 에너지 소비에 대한 탄소배출량으로 표시되는 탄소집약도를 이용할 수 있다.

이상에서 설명한 세 가지의 요인들과 CO<sub>2</sub> 배출량간의 관계를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{이산화탄소배출량} = \frac{\text{이산화탄소배출량}}{\text{1차 에너지소비}} \times \frac{\text{1차 에너지소비}}{\text{GDP}} \times \text{GDP}$$

$\frac{\text{이산화탄소배출량}}{\text{1차 에너지소비}}$  : 탄소 배출구조 요인  
 $\frac{\text{1차 에너지소비}}{\text{GDP}}$  : 에너지 소비효율성 요인  
 GDP : 경제활동규모 요인

위 식의 양변에 자연로그 ln을 취하면, t기의 에너지 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln(\text{CEmi}_t) = \ln(\text{CI}_t) + \ln(\text{I}_t) + \ln(\text{G}_t)$$

CEmi<sub>t</sub>: t기의 에너지 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량

CI<sub>t</sub>: t기의 탄소집약도(탄소 배출구조 요인)

I<sub>t</sub>: t기의 에너지원단위(에너지 소비효율성 요인)

G<sub>t</sub>: t기의 GDP(경제활동규모 요인)

그리고 0기~t기 동안의 에너지 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량의 변화율을 위의 식을 이용하여 나타내면 다음과 같다.

$$\ln\left(\frac{\text{CEmi}_t}{\text{CEmi}_0}\right) = \ln\left(\frac{\text{CI}_t}{\text{CI}_0}\right) + \ln\left(\frac{\text{I}_t}{\text{I}_0}\right) + \ln\left(\frac{\text{G}_t}{\text{G}_0}\right)$$

따라서 0기~t기 동안의 CO<sub>2</sub> 배출량의 변화율은 동기간 중의 CI, I, G의 변화율의 합으로 설명될 수 있다. 이상과 같은 방법에 의한 에너지 연소에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 요인분해 분석 결과는 다음과 같다.

에너지 연소로 인한 이산화탄소 배출량 변화에 대한 요인별 기여도를 외환위기 기간이었던 '97~'98년 기간을 기준으로 외환위기

이전과 외환위기 기간 및 외환위기 이후로 나누어 보면, '81~'97년 기간은 경제활동규모 요인 GDP 증가가 가장 큰 기여도를 보이고 있으며, 에너지원단위 약화 역시 이산화탄소 배출 증가 요인으로 작용하여 탄소집약도 개선에 따른 마이너스 효과를 상쇄하고 있음을 알 수 있다.

그리고 외환위기 기간인 '97~'98년에는 모든 요인이 이산화탄

표 1 에너지 연소에 따른 CO<sub>2</sub> 배출변화 요인분해 결과 (총변화 = 100)

	총변화 $\ln\left(\frac{\text{CEmi}_t}{\text{CEmi}_0}\right)$	탄소집약도변화 $\ln\left(\frac{\text{CI}_t}{\text{CI}_0}\right)$	에너지원단위변화 $\ln\left(\frac{\text{I}_t}{\text{I}_0}\right)$	소득변화 $\ln\left(\frac{\text{G}_t}{\text{G}_0}\right)$
'81-'86	100.00	-35.79	-53.98	189.77
'86-'91	100.00	-18.51	16.04	102.47
'91-'97	100.00	-13.35	31.90	81.46
'81-'97	100.00	-19.62	9.39	110.23
'97-'98	100.00	42.52	9.41	48.06
'98-'04	100.00	-6.52	-26.29	132.81
'03-'04	100.00	-40.63	-127.98	268.61
'81-'04	100.00	-24.12	1.90	122.22
'90-'04	100.00	-22.40	12.65	109.75

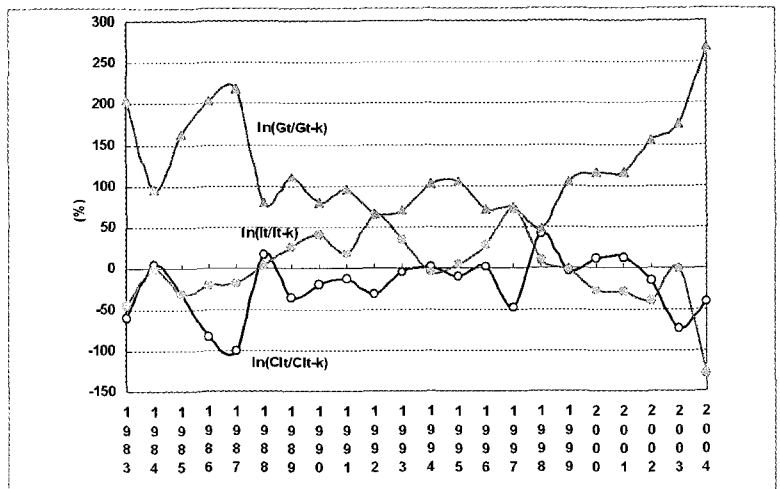


그림 1 에너지 연소에 따른 CO<sub>2</sub> 배출변화 요인분해(1982~2004)

소 배출량 변화의 ‘+’ 요인으로 작용하였으며<sup>1)</sup>, 그 이후인 ‘98~’04년 기간에 에너지 원단위와 탄소집약도 변화가 이산화탄소 배출량 증가에 ‘-’ 요인으로 작용한 반면 GDP 증가는 이산화탄소 배출 증가요인으로 작용하여 ‘90년대의 에너지원단위와 소득 증가가 이산화탄소 배출 증가요인으로 작용하였던 것과는 다른 양상을 나타냈다. 표 1과 그림 1에서는 에너지 연소로 인한 이산화탄소 배출량 변화의 요인별 기여도 지수를 기간별로 나타내고 있다.

에너지 연소에 따른 CO<sub>2</sub> 배출 변화 요인을 정리하면, ‘80년대 이후 CO<sub>2</sub> 배출량이 늘어난 요인은 소득 증가에 따른 에너지 절

대량 증가와 아울러 에너지 원단위 악화도 ‘90년대 동안 ‘+’ 요인으로 작용한 것으로 보인다. 이는 ‘90년 이후의 요인분석 결과를 보면, 에너지 원단위의 기여율이 높게 나타난 점에서도 알 수 있다.

2004년 CO<sub>2</sub> 배출 관련 실적으로 보면, GDP 탄성치가 매우 낮아졌으며, 석탄화력 신규가동에도 불구하고 연료 연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량 증가율이 낮은 수준을 나타냈는데 이는 신규 원자력 가동, LNG 수요 증가 등의 요인이 작용한 결과가 반영된 탄소집약도와 에너지원단위가 ‘-’ 요인으로 작용한 결과로 이해할 수 있겠다.

종합해보면, 외환위기 이후 우

리나라의 연료연소로 인한 CO<sub>2</sub> 배출은 소득증가에 의해 늘어나고 있으며, 에너지원단위 개선 및 저탄소 연료 보급 확대 등은 순조로이 진행되는 것으로 보인다. 향후 이러한 추세가 지속된다면 어느 시점에 가서는 더 이상의 에너지원단위로 인한 개선효과가 비용문제로 인해 나타나지 않을 수 있을 것이며, 저탄소 연료 보급 역시 한계에 다다를 것이다. 그러므로 온실가스 배출저감 압력에 대처하기 위해서는 이러한 두 가지 점에서의 한계를 충분히 고려해야 할 것이며 저감정책 입안 시에도 비용 효율적인 대안이 우선 도입될 수 있도록 원론에 충실해야 할 것이다.

## 기계용어해설

### 입자 통과시간(Particle Transit Time)

유체 내에서 흐르는 입자가 특정한 구역을 통과하는 데 걸리는 시간

### 입자영상 유속계(Particle Image Velocimetry)

유체 내에서 흐르는 입자의 움직임을 영상으로 기록하고 이를 분석하여 유동을 분석하는 장치

### 공기구동형 밸브(Air-Operated Valve)

공기의 구동원에 의해 밸브의 열림과 닫힘이 수행되는 밸브

1) ‘98년 에너지 연소로 인한 이산화탄소 배출량은 감소하였음.