

국내 제조업의 이산화탄소 배출 변화요인 및 디커플링 분석

*김 유정¹⁾, 김 성용²⁾

Decomposition and Decoupling of CO₂ emission in Korea's manufacturing industry

*Yujeong Kim, Seong yong Kim

Key words : CO₂ emission(이산화탄소 발생량), Decomposition(분해분석), Decoupling(디커플링), Decoupling index(디커플링지수)

Abstract : This paper aims at identifying the factors that have influenced changes in the level of industrial CO₂ emissions. By means of complete decomposition method the observed changes are analyzed into five different factors: output level, energy intensity, energy mix and structural change and utility use. The application study refers to the manufacturing sectors in Korea. Moreover, this paper discusses the relationship between Korea's manufacturing CO₂ emission and economic growth (as measured by GDP), investigating whether economic growth is decoupling from CO₂ emission.

1. 서론

OECD에서는 2001년에 환경부담을 경제성장에서 분리하는 Decoupling을 2010년까지의 OECD환경전략의 주요과제 정하였다. 주어진 기간에 환경부담 증가율이 경제의 성장률(예: GDP) 증가보다 낮을때 디커플링일 일어났다고 말할 수 있다. 현재 세계적으로 가장 핵심적 환경부담으로 지적되는 것이 이산화탄소이며 이를 줄이기 위한 노력이 다각적으로 이루어지고 있다.

본 연구에서는 1981년부터 2006년의 제조업의 이산화탄소 배출량을 요인별로 정량화 하고 그 요인별 효과를 비교분석하였다. 그리고 Decoupling index를 통해 국내 제조업의 경제활동과 이산화탄소 배출간의 디커플링이 발생하고 있는지 그리고 그 유인효과는 무엇인지를 확인하였다.

이다. 분해분석은 에너지소비와 이산화탄소의 요인을 알아보는 방법론으로 1980년 초반부터 대두되기 시작했다.

본 연구에서는 에너지소비의 변화의 요인을 알아보기 위해 'Sun(1996)'에 의해 소개된 complete Decomposition Model을 사용하였다. 완전분해모형은 다른 분해모형과 달리 residual항목이 나타나지 않아 더 발전된 모형이라 할 수 있다. 여러 요인에 의해 변화된 항목은 모두 동등하게 효과를 미친다는 것을 기본으로 하는 모형이다.

본 연구에서는 경제성장으로 인한 효과, 집중도 요인, 구조적변화요인, 에너지 믹스효과, 전력사용효과 등 5가지 요인으로 분석하였다.

$$C = \sum_i \left(Q \cdot \frac{Q_i}{Q} \cdot \frac{E_i}{Q_i} \sum_j \frac{E_{ij}}{E_i} \cdot \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \right) \quad (1)$$

2. 모형 및 방법론

$$\Delta C = \Delta Q + \Delta S + \Delta I + \Delta M + \Delta U \quad (2)$$

2.1 Decomposition analysis

2.2 Decoupling index

분해분석(decomposition analysis)은 기준년도(based year)를 중심으로 하여 목표연도(target year)의 분석대상변화량을 요인별로 추정하는 것

각각 분해된 변화요인을 바탕으로 경제활동과 이산화탄소배출간의 디커플링 여부와 그 디커플링을 유도하고 있는 효과들을 디커플링 index이

용하여 비교분석하였다.

디커플링 index(D)는 다음과 같이 수식에 의해 계산된다.

$$dE_t = dP_t + dS_t + dI_t + dM_t + dU_t \quad (3)$$

$$D = 1 \frac{dE_t}{dF_t} = \frac{S+dI+dM+dU}{dP_t} = DS + DI + DM + DU \quad (4)$$

$D \geq 1$ Denoting strong decoupling efforts
 $0 < D < 1$ Denoting weak decoupling efforts
 $Dkt \leq 0$ Denoting no decoupling efforts

또한 제조업의 특성이나 기존의 이산화탄소 원단위의 향상속도에 따라서 디커플링의 효과는 달라지며, 그를 보정하기 위해 다음과 같은 Rescaling 과정을 통해 산업의 특성을 살펴보았다.

$$cc_i = \frac{dI_{it}}{IR_{it}} \quad (r = \frac{dIR_t}{IR_0}, \quad dIR_t = r \times I_{i0}) \quad (5)$$

$$Dr_i = cc_i \times D_i \quad (6)$$

$cc \geq 1$ more efficient sector
 $cc < 1$ slower reduction rate

3. 결과

3.1 Data

분석기간은 1981년부터 2006까지로 하였으며 제조업을 7개군(음식료, 섬유, 제지 및 인쇄, 석유화학, 비금속, 1차금속, 조립금속 및 기계)로 구분하였으며, 에너지원은 석유, 석탄, 도시가스, 전력으로 구분하였다.

각 제조업의 에너지 집중도와 에너지 MIX 및 산업비중의 추세는 각각 표1과 그림 1.2와 같다.

Table 1 Energy intensity of manufacturing sectors in Korea

Year	Manufacturing	Food products & Beverages	Textile, Apparel & Leather	Wood, Paper & Printing	Coal, Chemical & Petroleum	Non-Metallic Mineral Product	Basic metals	Fabricated Metal, Machinery
1981	1.47	0.63	0.70	0.95	2.22	4.11	4.02	0.24
1985	0.88	0.45	0.47	0.53	1.30	2.22	2.18	0.17
1990	0.72	0.37	0.45	0.49	1.31	1.40	1.50	0.13
1995	0.58	0.26	0.37	0.32	1.23	1.27	1.01	0.09
2000	0.51	0.15	0.33	0.30	1.32	0.96	0.86	0.08
2005	0.48	0.17	0.37	0.36	1.33	0.88	0.89	0.06
2006	0.45	0.16	0.33	0.34	1.32	0.90	0.87	0.05

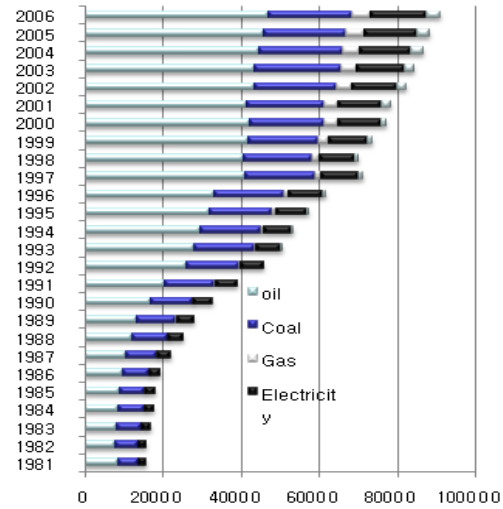


Fig. 1 Energy mix and total energy consumption in manufacturing in Korea

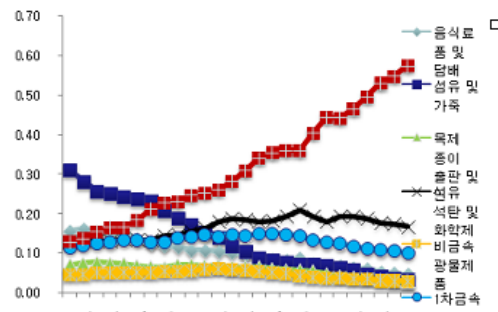


Fig. 2 share of sub-sectors and total value added of manufacturing in Korea

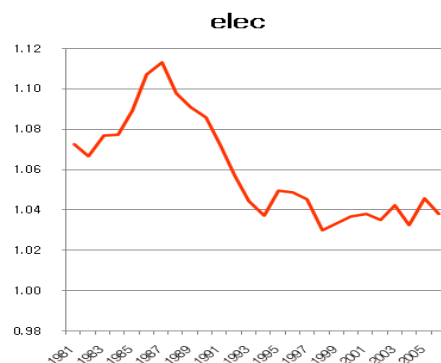


Fig. 3 Carbon emission factor (CT/toe)

3.2 Decomposition analysis

이산화탄소변화요인 분석결과 2000년 이후부

터 제조업의 구조변화효과와 에너지집중도 효과는 이산화탄소배출을 감소시키는 요인으로 작용하고 있으며 에너지 믹스 효과는 감소요인으로 작용하고는 있으나 그 영향은 크지 않았다. 또한 2000년 이후부터 경제활동대비해서 이산화탄소배출량이 적어진 것으로 나타났다(im-carbonization).

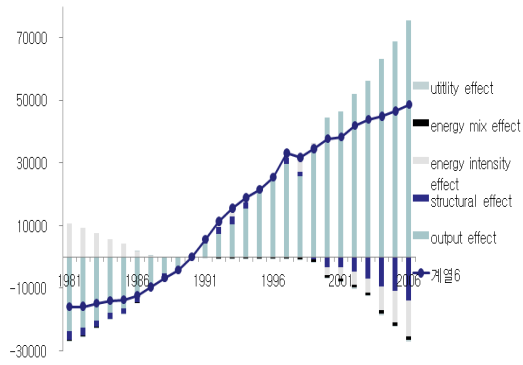


Fig. 4 Carbon emission factor (CT/toe)

시기별로는 각 변화요인의 영향을 살펴보면 최근들어 구조변화 및 에너지 집중도 향상 효과가 두드러지게 나타난 것을 확인할 수 있다.

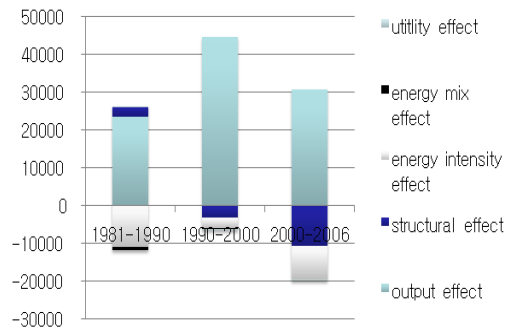


Fig. 5 Carbon emission factor (CT/toe)

Table 2. Contribution of changes of CO2 emission by effects

	Output effect	structural effect	energy intensity effect	energy mix effect	utility mix effect
1981-1990	148.05	17.80	-67.81	1.66	0.30
1990-2000	118.30	-8.29	-7.02	-2.19	-0.81
2000-2006	282.79	-98.45	-79.22	-4.25	-0.87

변화요인별 각 제조업부문의 효과를 살펴보면 그림 6-10과 같다.

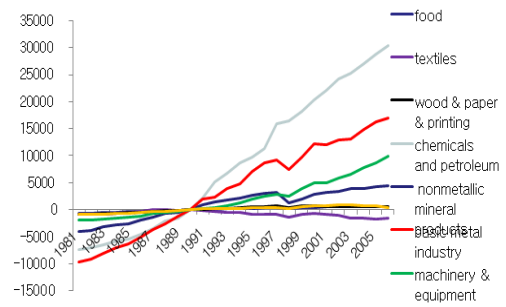


Fig. 6 Output effect

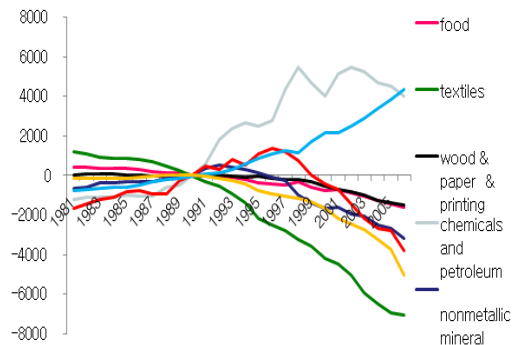


Fig. 7 Structural effect

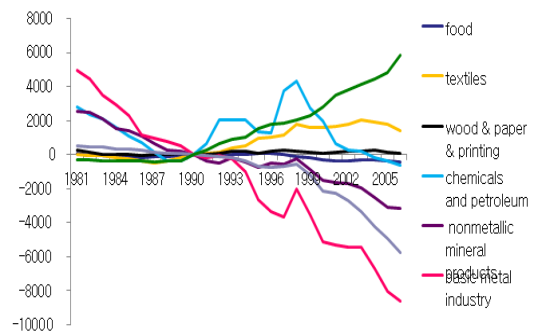


Fig. 8 Energy Intensity effect

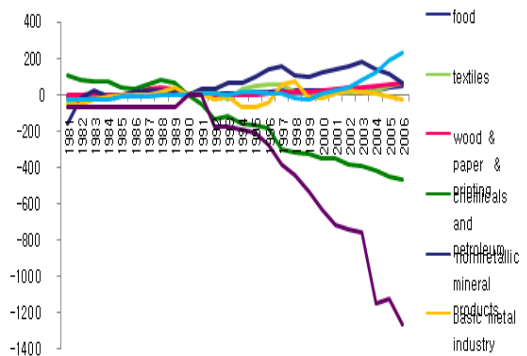


Fig. 9 Energy mix effect

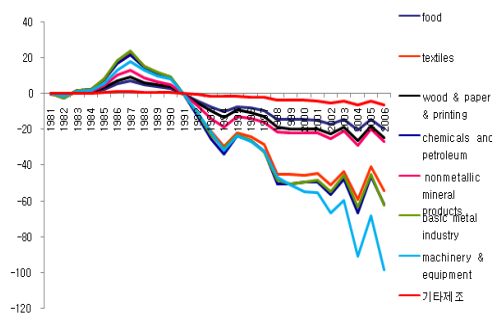


Fig. 10 Utility effect (CT/toe)

3.3. Decoupling analysis

제조업전체는 이산화탄소와 경제활동간에 디커플링이 일어나고 있었으며, 기간별 디커플링 유인요인의 효과를 살펴보면 표3과 같다. 전기간 동안 구조변화효과와 에너지집중도 저감효과로 인한 디커플링 유인효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 3. Decoupling driving force of manufacturing in Korea(100%)

	D s	D I	DM	DU
1990-2000	45.28	38.34	11.94	4.44
2000-2006	53.86	43.34	2.33	0.47
1990-2006	51.65	42.05	4.80	1.50

제조업의 디커플링 index를 분석한 결과 그림 같다. 1981년 대비하여 제조인쇄업을 제외하고는 모두 이산화탄소배출과 경제활동간에 디커플링이 일어났다.

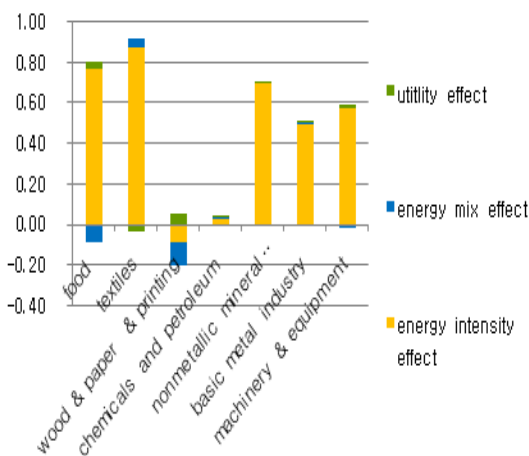


Fig. 11 Decoupling index of manufacturing sectors in Korea

업종간의 특성과 기존의 이산화탄소배출집중도를 반영하여 rescaling하여 디커플링을 분석한 결과 디커플링 여부는 동일하였으나, 섬유업은 효과속도가 빠른 것으로, 음식료, 조립금속 및 기계장비류는 디커플링 속도가 느린 산업으로 나타났다.

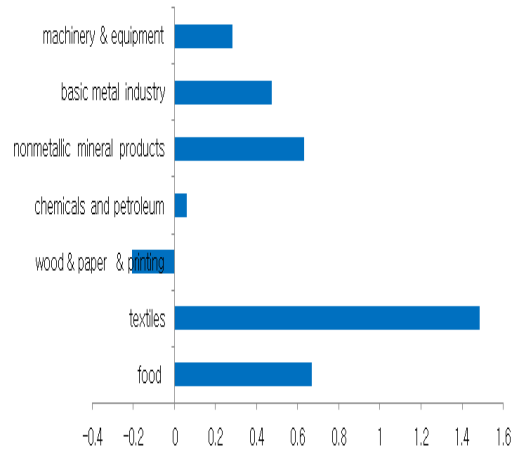


Fig. 12 Rescaled decoupling index of manufacturing sectors in Korea

References

- [1] J.W.Sun, 1998, Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model, *Energy Economics*, 20, 85-100
- [2] Martin Brown-Santirso and Abby Thornley, 2006, Decoupling Economic Growth and Energy use in New Zealand,
- [3] OECD, 2002. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth” [www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/sg-sd\(2002\)1-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2002doc.nsf/LinkTo/sg-sd(2002)1-final) [4 April 2005]