

## ■ 研究論文 ■

## 韓国における産業部門別二酸化炭素排出量の算出及び削減に関する研究

Analysis of Regulating CO<sub>2</sub> Emissions in Industrial Sectors in Korea

尹 性二\*・松橋隆治\*\*・石谷久\*\*\*

Yoon, Sung-Yee Ryuji Matsuhashi Hisashi Ishirani

吉田好邦\*\*\*\*・姜喜政\*\*\*\*\*

Yoshikuni Yoshida Kang, Hee-Jung

(原稿受付日1997年8月12日, 受理日1998年4月17日)

## Abstract

Factor analysis was conducted on CO<sub>2</sub> emissions in industrial sectors in Korea. Through this analysis, we clarified which factor had the greatest effect on CO<sub>2</sub> emissions. Then, based on the results of the analysis, policies were proposed to regulate all economic and social activities in short-term measures for controlling CO<sub>2</sub> emissions. Evaluated results identified the regulatory policy, which successfully reduce CO<sub>2</sub> emissions with minimum sacrifice on GNP.

## 1. はじめに

1985年以来, 地球温暖化に対する実質的な国際会議が行われて来ている。近年, IPCC機構下では環境関連論議の基本方向ができており, 地球温暖化などの環境問題を背景として炭素税や排出権取引といった地球温暖化などの環境問題を背景として二酸化炭素排出量の現状凍結, 削減といった目標が内外であげられ, そのための経済手段として, 炭素税や排出権取引引きといった検討がおこなわれている。

この会議に参加している各国の立場にはある程度差があるものの, こういった動きに何らかの策を示さなくてはならない。現在, 発展途上国では, 二酸化炭素削減の長期的方策, すなわち, 産業構造の改変あるいは代替エネルギー開発に関する研究が十分行われていないのが現実である。もし, 地球温暖化現象に対処するための温室ガスの排出規制が決定されると韓国の場合かなり大きい影響を受けることが予想される。産業輸送部門で必須的に使用される石油と石炭の消費節減は産業生産及び経済活動に相当の影響を及ぼす可能性がある。他方, 化石燃料である石油と石炭の利用の削

減により, 原子力発電の拡大及び天然ガスの利用に代替するにも立地の問題や, 社会受容可能性などの問題を解決しなければならない。しかし, 地球温暖化への対処は短期的には経済活動に負の影響を及ぼすが, 単なる負の影響だけとはかぎらない。全地球的な環境の改善策により地球温暖化による海面の上昇あるいは地球生態系の変化による被害を防止することができ, 地域的には化石燃料の使用過多による大気汚染, 酸性雨などの環境問題を解決するきっかけになることもある。すなわち, 長期的には環境汚染による費用の支払いを防止することのできる肯定的な側面もある。

上で述べた理由から韓国は地球温暖化に関する国際協約に積極的に対処する必要があるといえる。しかし, いままで韓国の地球温暖化に関する研究として, 長期的な産業構造の変革及び代替エネルギー開発による二酸化炭素削減可能性の評価が十分行われていない。

この論文ではこういった韓国の現実を考えて生産部門の二酸化炭素の排出が産業別にどういった構造であるかを分析し, 現在の生産部門の排出状況を要因分析を通じて調べてみる。さらに, この論文では前の結果に基づいていくつかの政策シナリオによる二酸化炭素削減可能性を評価する。

こういった研究はCO<sub>2</sub>排出の規制のための方策を樹立するための基礎資料として活用できるだろう。

## 2. 二酸化炭素排出量の推定

## 2.1 推定の概要及びモデル

基本的には1980年, 1985年, 1990年の二酸化炭素排

\* 財団法人エネルギー経済研究所 第3研究室研究員

〒105-0001 東京都港区虎ノ門4-3-13 秀和神和町ビル10F

\*\* 東京大学工学系研究科地球システム工学専攻助教授

\*\*\* " " 教授

\*\*\*\* " " 助手

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

\*\*\*\*\* 建国大学校産業工学科教授

〒143-701 Korea ソウル市広津区毛陳洞93-1

出量を各年度の産業連関表を用いて算定するが、本研究では、研究の目的にあわせて、特に生産部門を分析対象とする。推定の概要及びモデルを述べる前に韓国の産業連関表に関して説明を付け加えると、研究の対象になる地域は韓国の国内排出に限定し、モデルの成立のため基本仮定は、生産部門のCO<sub>2</sub>は化石燃料等のエネルギー使用によって発生し、商品を生産、分配する全過程で直接的に発生、そして、CO<sub>2</sub>が燃料の燃焼過程で発生するとその全量が大气中に排出されているとする。ここで取り上げられる人為的排出源の主なものとしては、石炭、石油、天然ガスなど化石燃料起源の排出、化石燃料以外の燃料の燃焼による排出、セメント製造等のための石灰石起源排出を推計の排出源とした。燃料種類及び排出係数の設定においては、国内で実際に供給あるいは消費されている燃料種が反映されるよう、できるだけ細かな燃料種の成分分析に基づく排出係数を基礎とした。

第*i*部門の生産額当たりの二酸化炭素排出係数*w<sub>i</sub>*は化石燃料の種類*j*ごとに*j*燃料の二酸化炭素排出係数  $\varepsilon_j$  に*i*産業の*j*燃料使用熱量  $\phi_{ij}$  を乗じて合算した。ここで*w<sub>i</sub>*を直接排出係数と定義する。さらに第*i*部門の排出量*C<sub>i</sub>*は、その部門の直接排出係数*w<sub>i</sub>*にその部門の生産額*X<sub>i</sub>*を乗じて求めた。それを式で表すと、〈式2-1〉となる。

$$w_i = \sum_j \varepsilon_j \phi_{ij} \quad C_i = w_i \times X_i \quad \dots\dots\dots \langle \text{式2-1} \rangle$$

*C<sub>i</sub>*: 各産業部門ごとの二酸化炭素直接排出量, *X<sub>i</sub>*: *i*産業の総生産額, *w<sub>i</sub>*: *i*産業の単位生産額当たりの二酸化炭素直接排出係数,  $\varepsilon_j$ : 化石燃料の二酸化炭素排出係数,  $\phi_{ij}$ : *i*産業の*j*燃料使用熱量。

直接・間接排出量(最終財の生産時の二酸化炭素直接排出量にその最終財の生産のために投入される中間財の生産により排出される二酸化炭素を加えた排出量)を求めるためにはレオンティエフ逆行列  $(I-A)^{-1}$  型を使い、*b<sub>ij</sub>*を  $(I-A)^{-1}$  の第*ij*成分とすると第*i*部門の直接・間接二酸化炭素排出係数(誘発係数) *t<sub>i</sub>*は

〈式2-2〉で表すことができる。

$$t_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} w_i \quad n=22 \text{ (産業部門)} \quad \dots\dots\dots \langle \text{式2-2} \rangle$$

*t<sub>i</sub>*: *j*部門の生産額当たりの直接・間接二酸化炭素排出係数この式から国内最終需要及び輸出により誘発される二酸化炭素排出総量*T<sub>i</sub>*は〈式2-3〉で表される。

$$T_i = t_i Y_i + t_i E_i \quad \dots\dots\dots \langle \text{式2-3} \rangle$$

*T<sub>i</sub>*: 二酸化炭素排出総量, *Y<sub>i</sub>*: 最終需要, *E<sub>i</sub>*: 輸出, ここでこの論文の直接排出係数と誘発係数の意味を定義しておく、二酸化炭素の直接排出係数が、直接エネルギー消費によって発生する単位生産額当たりの二酸化炭素量であるのに対し、二酸化炭素誘発係数はその産業で投入された原材料或いは中間財を生産するために発生した二酸化炭素まで考慮した排出係数である。

2.2 二酸化炭素排出量の計算結果

2.1で説明したモデルから求めた直接排出係数、誘発係数、二酸化炭素排出量は以下表1、表2、表3のようである。

二酸化炭素排出係数は全体的には減少傾向にある。これは、単純に考えるとエネルギーの使用における効率が向上したことを表している。電力・都市ガス・水道部門は1980年、1985年、1990年と続けてかなり高い係数を示している。石油・石炭製造業部門もかなり排出係数が増加している。鉄鋼業の場合は、技術の開発などによって1985年には減少の傾向を見せていたが、高品質で下処理工程が多い製品生産に変わり、エネルギー使用量が多い生産構造に移ったことで1990年には増加の傾向を見せている。窯業・土石の場合はエネルギー効率の改善により1980年以降は上位10の中から抜けている。

1980年には直接排出係数と同じく電力・都市ガス・水道部門の誘発係数が一番高い係数を示している。それから1985年と1990年では鉱業部門が一位を示している。全体的にみると直接排出係数と同じく減少の傾向にある。この原因については第3章で詳しく分析する。しかし、いずれにしてもエネルギー産業、素材産業の

表1 上位10の直接二酸化炭素排出係数 単位: (t-C/10<sup>6</sup>won)

1980年		1985年		1990年	
電力・都市ガス・水道	3.2636	電力・都市ガス・水道	1.7849	石油・石炭	1.5787
化学工業	1.6833	分類不明	0.9464	電力・都市ガス・水道	1.2548
窯業・土石	1.3765	石油・石炭	0.9394	分類不明	0.8137
運輸・保管	0.9268	鉱業	0.7505	運輸・保管	0.7627
鉄鋼業	0.6440	非鉄金属工業	0.6857	鉱業	0.7065
政府サービス	0.6053	運輸・保管	0.6699	鉄鋼業	0.4912
商業・宿泊業	0.2994	社会サービス	0.5598	非鉄金属工業	0.4185
教・研・衛・医	0.2698	鉄鋼業	0.4422	社会サービス	0.3956
分類不明	0.2556	商業・宿泊業	0.4018	印刷出版	0.2302
石油・石炭	0.2014	印刷出版	0.3137	商業・宿泊業	0.1973

表2 上位10の誘発係数 単位:(t-C/10<sup>6</sup>won)

1980年		1985年		1990年	
電力・都市ガス・水道	4.088404	鋳業	3.500996	鋳業	2.3364
化学工業	3.865398	石油・石炭	3.043773	化学工業	2.272716
石油・石炭	3.773848	電力・都市ガス・水道	2.363564	電力・都市ガス・水道	1.845495
鋳業	3.486486	鉄鋼業	1.74184	石油・石炭	1.715384
鉄鋼業	2.406724	化学工業	1.474865	鉄鋼業	1.650413
窯業・土石	1.712956	非鉄金属工業	1.205457	金融・保険・不動産	1.247477
運輸・保管	1.451747	商業・宿泊業	1.187586	運輸・保管	1.172658
商業・宿泊業	1.220159	運輸・保管	1.051024	非鉄金属工業	0.920639
農林水産業	0.789181	分類不明	1.026383	商業・宿泊業	0.828474
金融・保険・不動産	0.842061	金融・保険・不動産	0.868703	分類不明	0.825875

表3 生産部門の各産業別二酸化炭素排出量 単位:t-C

1980年		1985年		1990年	
化学工業	11059083	電力・都市ガス・水道	7959502	運輸・保管	12053611
電力・都市ガス・水道	6579523	石油・石炭	7909326	電力・都市ガス・水道	9144935
運輸・保管	4550321	運輸・保管	6168768	鉄鋼業	9000053
鉄鋼業	2714917	商業・宿泊業	5756417	商業・宿泊業	6155270
窯業・土石	2426264	鉄鋼業	3596101	石油・石炭	5537884
商業・宿泊業	2285243	化学工業	3353172	化学工業	4852278
政府サービス	2067950	教・研・衛・医	1150682	建築・土木	3262588
農林水産業	1288348	鋳業	1015861	教・研・衛・医	1885190
石油・石炭	1064404	建設・土木	910960.4	鋳業	1569743
飲食業	764962.2	繊維工業	841737.5	製・木材・紙・パルプ	1331690

排出・誘発係数が大きい。

直接排出係数と誘発係数そして二酸化炭素排出量で上位10位はいずれも素材産業と民生部門の運輸・保管が占めている。特に、運輸・保管部門の場合は、かなり増加率が高い。鉄鋼業も高い増加を示している。国レベルで二酸化炭素削減の政策を推進する際にはこのような業種に重点をおくべきである。商業・宿泊業、電力・都市ガス・水道部門などは排出の増加率は高くないけれども増加の傾向を示している。鉄鋼業、紙・パルプ・印刷、建設、運輸・保管などの産業はかなりの増加率を示している。このことから見ると少なくとも先進国型排出の傾向に近づいていることが推測できる。

以上の計算結果では、特に、排出係数の部門間の比較の場合は、同一製品でないで容易には比較できない可能性がある。すなわち、原材料、素材は一次製品より価格が安いので、排出係数を計算する時分母が小さくなり、排出係数が大きくなる傾向があることを理解した上で解析するべきである。

### 3. 産業別二酸化炭素排出に関する要因分析

#### 3.1 要因分析のためのモデル設定

2では部門ごとの二酸化炭素排出量を算定するためのモデルを設定し、実際1980年、1985年、1990年の二酸化炭素排出量を算定した。ここでは2の結果を用いて二酸化炭素排出の要因に関する考察を行う。このモデルは産業連関表を用いて産業部門別成長要因を調べるM. Syrquinモデル<sup>1)</sup>を総二酸化炭素排出量変化の

要因を分析できるように改良したものである<sup>2)</sup>。

M. Syrquinモデルでは、産業連関分析の需給均衡式から外生変数である国内最終需要及び輸出の変化に応じる産出量が計測可能である。この時外生変数及び産出量の変化を測定する基準としてGDPの成長倍率

$$\left( \lambda = \frac{GDP_{t+1}}{GDP_t} \right)$$

が使用されている。つまりt期とt+1

期の間に消費、投資、輸出のような外生変数が同期間のGDP成長倍率のように変化すると全ての産業は同一率で成長することになる。しかし、外生変数がGDP成長倍率より大きく増加して産業の成長を促進または産業成長を低下させる場合にt+1期の実際産出量は最終需要がλ倍比例的に変化した場合の産出量とは差がある。このように外生変数の変化とGDP変化の差が投入産出関係により各産業の成長にどのような影響を与えているのかを要因別に究明するものである。

このようにGNP deflatorを使ってt年度の実質GNPを求めずに上述のようにして産業連関分析の需給均衡式を使ってモデル化している。しかし、本研究では経済分析で一般的に使われているGNP deflatorを使ってt年度の不变価格GNPを求めその上に、t年度の二酸化炭素総排出のバランス式を考え、そしてそれを産業連関分析の需給均衡式を使ってモデル化したものである。

二酸化炭素排出量変化に影響を及ぼす要因は、誘発係数と最終需要に大きく分けられる。つまり、比較期間の最終需要水準及び形態の変化と産業間の技術的な

関係の変化が総二酸化炭素排出量の増・減に影響を及ぼすということである。(t+1)とt期間の産業別二酸化炭素排出量の差を $\delta T$ とするとこれは次のように示される。

$$\delta T = T_{t+1} - T_t \dots\dots\dots \text{<式3-1>}$$

特定期間の産業部門別CO<sub>2</sub>排出量は<式3-2>で示すことができる。

$$T_t = W_t \times X_t = W_t \times (I - A_t^d)^{-1} (F_t + E_t) \dots\dots\dots \text{<式3-2>}$$

この時最終需要の輸入依存度を対角成分に配置した対角行列 ( $M_t$ ) を対置させると上の式は<式3-3>に変形される。ここで点字dは国内生産分を意味する。以下の点字dも同じ意味を持つ。F<sub>t</sub>は輸入を含む最終需要である。

$$T_t = W_t (I - A_t^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \dots\dots\dots \text{<式3-3>}$$

W<sub>t</sub>: 二酸化炭素直接排出係数, A<sup>d</sup>: 国内生産分の投入係数, M<sub>t</sub>: 輸入の対角行列, FD: 輸入を除く最終需要, E: 輸出ここで対角行列M<sub>t</sub>の対角成分m<sub>ij</sub>はFDとFD<sup>d</sup><sub>j</sub>番目の要素d<sub>j</sub>・d<sup>d</sup><sub>j</sub>を利用して次のように表示される。

$$m_{ij} = (d_j - d_j^d) + d_j \dots\dots\dots \text{<式3-4>}$$

また、総CO<sub>2</sub>排出量の差異を式で示すと次のような式になる。

$$\begin{aligned} \delta T &= T_{t+1} - T_t \\ &= W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_{t+1}) FD_{t+1} + E_{t+1} \} \\ &\quad - W_t (I - A_t^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \dots\dots\dots \text{<式3-5>} \end{aligned}$$

この式の右辺に W<sub>t+1</sub>(I - A<sub>t+1</sub><sup>d</sup>)<sup>-1</sup>{(I - M<sub>t</sub>)FD<sub>t</sub> + E<sub>t</sub>} を加減して整理すると次のようになる。

$$\begin{aligned} \delta T &= W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_{t+1}) FD_{t+1} + E_{t+1} \} \\ &\quad - W_t (I - A_t^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &\quad + W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &\quad - W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &= W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_{t+1}) (FD_{t+1} - FD_t) + (E_{t+1} - E_t) \} \\ &\quad + W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_{t+1}) FD_t - (I - M_t) FD_t \} \\ &\quad + \{ W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} - W_t (I - A_t^d)^{-1} \} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &= W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} (I - M_t) \delta FD \\ &\quad + W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} (I - M_t) \delta E \\ &\quad - W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} (M_{t+1} - M_t) FD_t \\ &\quad + \{ W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} - W_t (I - A_t^d)^{-1} \} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &\quad \dots\dots\dots \text{<式3-6>} \end{aligned}$$

<式3-6>の右辺の4項での排出係数と産業間の技術的關係を示すレオンティエフ逆行列の要因を分離して調べてみるために、

$$\begin{aligned} &W_t (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &\text{を加減すると次の<式3-7>のように展開される。} \\ \delta T &= W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} (I - M_t) \delta FD \\ &\quad + W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} (I - M_t) \delta E \\ &\quad - W_{t+1} (I - A_{t+1}^d)^{-1} (M_{t+1} - M_t) FD_t \\ &\quad + (W_{t+1} - W_t) (I - A_{t+1}^d)^{-1} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &\quad + W_t \{ (I - A_{t+1}^d)^{-1} - (I - A_t^d)^{-1} \} \{ (I - M_t) FD_t + E_t \} \\ &\quad \dots\dots\dots \text{<式3-7>} \end{aligned}$$

右辺の第1項は国内需要の変化による効果である。これは最終需要項目中で民間・政府の消費、投資、在庫の変化によって変化されたCO<sub>2</sub>の量を意味する。第2項は輸出変化の効果である。特別に最終需要で分離させることによって輸出の変化に伴う二酸化炭素量の増・減がわかる。従来、輸出は韓国の経済政策の基調として形成されて来ているため、排出にはどのように作用したかを分析することができる。第3項は国内需要の輸入代替の効果である。国内で生産したものを輸入することによってCO<sub>2</sub>の排出量がどのように変化するかを知ることができる。第4項はCO<sub>2</sub>排出係数の変化の効果である。エネルギー使用量と種類によるCO<sub>2</sub>排出の変化が明らかになる。第5項はそのまま産業間の中間需要変化(これを技術変化ともいう)によるCO<sub>2</sub>の変化を示すものである。

このモデルを1980年と1985年、1985年と1990年の間に適用させてその期間のCO<sub>2</sub>の変化がいかなる要因によって主導されたかを調べる。

3.2 要因分析の結果

3.1のモデルを用いて二酸化炭素排出変化の要因を分析した。その結果は図-1、図-2のようである。

1980年と1985年の間では二酸化炭素排出量の増加量の80.3%が国内最終需要変化によって説明される。輸出による寄与は7.6%、輸入代替によつては27.6%、投入係数の変化によつては4%であった。しかし、排出係数の変化は-19.9%で逆に二酸化炭素排出量を減少させる方向に働いた。これは、一次エネルギー消費の構成をみると原子力が80年度に2%、85年度に7.4%、90年度には14.2%まで増加しており、天然ガスも85年度には0.2%であったのが、90年度には3.2%まで増加している。石炭の場合は逆に85年度に39.1%であった

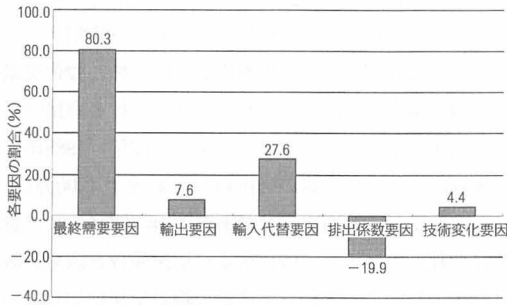


図-1 1980, 1985年間の二酸化炭素排出要因の寄与度 (1980年価格の基準)

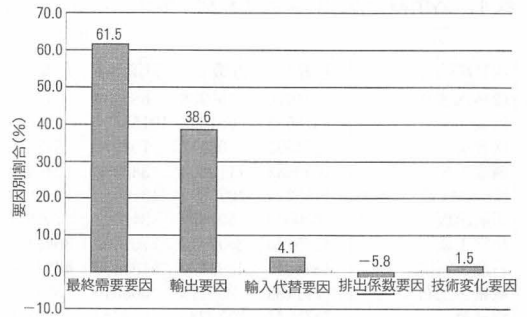


図-2 1985, 1990年間の二酸化炭素排出要因の寄与度 (1980年価格の基準)

のが26.2%まで減少し、石油の場合も61%から50%程度までに減少しているからである。

1985年と1990年との要因分析結果も1980年と1985年との結果とほぼ同じ傾向が見られた。国内最終需要が二酸化炭素排出変化量の61.5%、輸出が38.6%、投入係数が1.5%で各々二酸化炭素排出量の増加に寄与し、輸入代替と排出係数は各々4.1%、-5.8%で二酸化炭素排出量の減少に寄与した。

#### 4. 二酸化炭素規制方策に関する研究

地球温暖化の問題に応じて二酸化炭素をどの程度まで排出してもよいかは明確に示されたことはない。地球全体において排出可能量 (排出許容量) が決められているのであれば逆算で各国においても割り当てが可能であろうが、まだ、この問題に関しては不確実な状態である。しかし、韓国においては、気候枠組条約から韓国に対して年平均増加率を2%として勧告していることから、この論文では、その勧告案を用いて韓国の排出可能量を求めた。それを式で表すと<式4-1>のようである。

$$(E_{t+1}^* - E_t) + E_t = 0.02 \quad E_{t+1}^* = 1.02E_t, \dots \dots \dots \text{<式4-1>}$$

$E_{t+1}^*$ : (t+1) の排出量許容量,  $E_t$ : t の排出量許容量

この式で1985年を基準にして排出可能量を計算すると1990年の排出可能量は55百万t-Cになる。従って1990年の二酸化炭素排出量は68百万t-Cから19%を削減しなくてはならないことになる。

##### 4.1 生産部門における二酸化炭素排出規制方策

ここでは二酸化炭素排出量の削減方策として<sup>2)</sup> 1) 二酸化炭素排出量を基準にして一定比率で削減する方法, 2) 二酸化炭素誘発係数を基準にして一定比率で削減する方法, 3) 二酸化炭素排出量を基準にして平

均以上排出している産業だけ削減する方法, 4) 二酸化炭素誘発係数を基準にして平均以上誘発する産業だけに削減する方法の四つのシナリオを下の式のもとで考える。

$$E_i^* = E_i - (E_{tco2t} - E_{tco2t}^*) \times (E_i + E_{tco2t}) \dots \dots \dots \text{<式4-2>}$$

$$E_i^* = E_i - (E_{tco2t} - E_{tco2t}^*) \times (b_i + b_{tco2t}) \dots \dots \dots \text{<式4-3>}$$

$$E_i^* = E_i - (E_{tco2t} - E_{tco2t}^*) \times (E_i + E_{taco2t}) \dots \dots \dots \text{<式4-4>}$$

$$E_i^* = E_i - (E_{tco2t} - E_{tco2t}^*) \times (b_i + b_{taco2t}) \dots \dots \dots \text{<式4-5>}$$

$E_i^*$ : 各産業別二酸化炭素許容排出量,  $E_i$ : 各産業別現在排出量,  $E_{tco2t}$ : 二酸化炭素現在総排出量,  $E_{tco2t}^*$ : 二酸化炭素総許容排出量,  $b_i$ : 各産業別二酸化炭素の誘発係数,  $b_{taco2t}$ : 平均以上の二酸化炭素誘発係数の合計,  $b_{tco2t}$ : 二酸化炭素誘発係数の合計。

以上の四つの方策に従って計算を行った結果を表4に示す。

以上のように短期間で二酸化炭素排出量を削減するには非常に国民経済に与える負荷が大きいと考えられる。

##### 4.2 二酸化炭素削減方策の評価

削減方策に関して政策手段として取り入れる際に単純に二酸化炭素の削減量だけではなく、経済性も考えなくてはならない。したがって、産業生産部門に規制をかけた場合に、国民経済に与える影響が最も少ないものを政策の判断基準とした。それを式に表すと<式4-6>のようである。

$$V = \sum v_i X_{ii} \dots \dots \dots \text{<式4-6>}$$

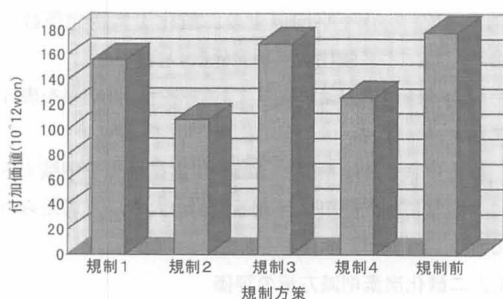
$V$ : 付加価値総額,  $v_i$ : i産業の付加価値率,

$X_{ii}$ : 規制から求められた各産業の総生産額

図-3で見ればわかるように規制をする前の付加価値よりは四つの政策のすべてが減っているのが分かる。つまり、規制をかけることによって国民経済に相当な

表4 各削減の方策による産業別二酸化炭素排出可能量 単位：t-C

産業部門	方策1	方策2	方策3	方策4
農林水産業	304016	150938	685139	347447
鉱業	1373525	691025	10158836	330096
飲食業	274591	106777	708571	313818
繊維工業	1090682	1110393	383059	1246494
製・木材・紙・パルプ	1165229	1075892	1316452	1331690
印刷出版	620000	592692	347447	708571
化学工業	4245743	3997512	7707392	3646421
石油・石炭	4845649	4892730	5187688	4627736
窯業・土石	291483	250115	308040	333123
鉄鉱業	7875047	8379335	4667353	8124378
非鉄金属工業	1151895	970200	1885190	827979
金属鉱業	203163	165411	232186	232186
一般・電気機械	152074	7901	498923	173799
電子・通信・精密機械	335176	288740	313818	383059
輸送用機械	425976	375999	333123	486829
その他製造業製品	167025	156991	71941	190886
電力・都市ガス・水道	8001818	8450847	7585284	8165753
建設・土木	2854764	3140805	381956	3262588
商業・宿泊業	5385861	5843682	1569743	5715698
運輸・保管	10546909	11612575	2749723	11431422
通信	62949	27073	173799	71941
金融・保険・不動産	269535	161135	408952	353846
政府サービス	599496	513037	486829	685139
教・研・衛・医	1649541	1822097	190886	1885190
社会サービス	436558	341733	397648	498923
その他サービス	334211	348962	17022	381956
事務用品	0	0	0	0
家計外消費支出	14894	197807	1246494	17022
分類不明	347942	87037	1331690	40545
二酸化炭素排出許容量	55025753	55025753	55025753	55025753

図-3 二酸化炭素排出削減における国民経済に対する影響度合 (単位：10<sup>12</sup>won)

負荷を与えることを示している。しかし、適切な政策として考えられるのはその中でも国民経済に与える負荷が最も少ないものである。その観点から見ると規制3の二酸化炭素排出量を基準にして平均以上排出している産業だけに一定比率で規制をした方策が経済的には最も影響が小さい。

## 5. 終わりに

本研究では韓国の二酸化炭素排出量を算出するモデルを開発し、それに従い1980年、1985年、1990年の二

酸化炭素の排出量を算出した。それから、1980年から1990年までの排出量の変化に対する要因分析を行った。更に、その要因分析の結果を用いて四つの二酸化炭素の削減方策を考え、それぞれの場合における国民総生産の損失額を評価した。その結果、1980年、1985年、1990年度の二酸化炭素の排出量はそれぞれ4200万t-C、4700万t-C、6800万t-Cであり、年平均4.9%で急激に増加している。二酸化炭素の排出係数と誘発係数は減少の傾向にあるが、生産量の絶対値が増加していることで全体的な二酸化炭素の排出量の増加は抑えられない。要因分析では1980年と1985年、1985年と1990年の間の変化要因を分析した。その結果二酸化炭素増加に寄与の大きい順番に国内需要、輸出、輸入代替であり、投入係数もわずかながら増加要因となった。他方、二酸化炭素排出係数は分析した10年間で二酸化炭素を減らす方向に作用しているが、後半5年間は寄与が小さくなっている。このような結果から短期的に二酸化炭素を削減するには国民経済に負の影響を与えることはやむを得ないと判断できる。

シミュレーションより四つの削減方策を評価した結果もっとも国民総生産の損失が小さいのは、二酸化炭素排出量を基準にして全体の平均以上排出している産業に規制をかける方策であった。後数年では今の傾向がつづくとなると排出係数の働きも二酸化炭素排出において増加するだろう。

発展途上国の場合は環境問題を経済外的な要素、つまり外部経済として考え、高度成長に反する要因として捕らえている。国際状況を考慮すると、これからはこの環境問題を内部経済として考えなくてはならないだろう。その意味で、経済発展に伴いエネルギー使用量が増加しつつある韓国としては、このような状況の変化に積極的に対応する必要があるだろう。さらに、単なる経済的な環境変化だけではなく持続可能な発展といった地球的思考に転換する必要があると思われる。

## 参考文献

- 1) 韓国産業銀行, 2000年の産業構造の展望, 1989.
- 2) Kim, Kyung-A, 地球温暖化国際協約による二酸化炭素排出規制に関する研究, ソウル環境大学院修士論文, 1992.
- 3) 森口祐一, 近藤美則, 清水浩; 我が国における部門別・起源別CO<sub>2</sub>排出量の推計, エネルギー・資源, 14巻, 1号 (1993.1)
- 4) 韓国銀行, 1990産業連関表作成報告書, 1993.