

## IV-40

## 二酸化炭素排出抑制政策における効率性と公平性の計量比較

○東北大学 学生員 北村 崇

東北大学 正 員 森杉 壽芳

東北大学 正 員 林山 泰久

## 1. はじめに

今日、我が国のみならず世界的に共通な問題であり、緊急に対処が必要であると言われている問題として地球温暖化問題をあげることができる。地球温暖化問題は、影響範囲が時間的・空間的に広範囲であることから、人類を代表とする森羅万象全てがその影響を直接的に受けることとなる。さらに、その影響は不確実性および不可逆性という特殊な性質をもつものとされていることから、影響の予測が困難である部分が多い。したがって、現在における有効な対応策は、地球温暖化の最大の原因である二酸化炭素排出を抑制することであると言っても過言ではない。二酸化炭素排出抑制策に関する経済学的アプローチとしては、炭素税を代表とする環境税の導入、排出権取引制度の設立およびその市場化等の議論がなされている。

本研究は、二酸化炭素排出抑制政策を推進する上で、効率性のみならず公平性の観点から経済学的に分析を行い、両観点から得られる知見を踏まえた環境政策を提案することを大きな目的とする。

## 2. DICE Model

本研究では世代間の公平性に着目する。また、二酸化炭素排出量モデル、換言すれば気候変動モデルは外生的に取り扱うものとする。すなわち本研究で用いる気候変動モデルは、現時点で世界的に評価が高いとされている Nordhaus<sup>1)</sup>による Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy(DICE Model)であり、モデル内の厚生関数を最大化させる効率性基準に基づいた二酸化炭素排出量を外生変数とする。このモデルを用いることにより、世代間において公平性が確保されているか、如何なる経済政策が世代間公平性を高めることが可能であるかをシミュレートする。

DICE Model は、地球全体の経済学的制約と地球物理学的制約のもとで、目的関数である社会厚生関数を最大化するものである。最大化問題を解く際に、Ramsey

による経済最適成長理論が用いられる。また、経済学的要因と地球物理学的要因が相互に影響を及ぼしており、各要素間の関係は約 20 本の構造方程式で構成される。このモデルにより、将来の二酸化炭素排出量や大気中の二酸化炭素濃度、気温上昇および最適炭素税等を予測することが可能である。

このモデルの利点は、世界を単一の領域でモデル化しているため計算が容易であることであり、動学モデルであるため 10 年単位で気候変化の経路を求めることができることである。その点で異時点間の比較である本研究の目的に添うものである。

## 3. 効率性、公平性および総合指標の定義

効率性指標として EFI(Efficiency Index)、公平性指標として EQI(Equity Index)および総合指標として COI(Comprehensive Index)を式(1)~(3)のように定義する。

$$EFI = W(t) = \sum_{t=0}^T u(t) = \sum_{t=0}^T R(t)L(t) \ln c(t) \quad (1)$$

$$EQI = \left[ \sum_{t=0}^T \{ \ln c(t) \}^{\varepsilon} \right]^{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (2)$$

$$COI = \left[ \sum_{t=0}^T \{ u(t) \}^{\varepsilon} \right]^{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (3)$$

ここで  $W(t)$  は  $t(0 \leq t \leq T)$  期における社会厚生、 $u(t)$  は  $t$  期における社会全体の効用、 $R(t)$  は  $t$  期における社会的時間選好率、 $L(t)$  は  $t$  期における世界の総人口および  $c(t)$  は  $t$  期における消費量を意味し、 $\varepsilon$  はパラメータ(外生)を示している。

EFI は  $t$  期における社会全体の効用を現在価値化した値であり、通常のコスト便益分析でいう便益であることから効率性指標を意味している。

EQI は  $t$  期における一人当たりの効用を比較することにより得られる指標であり Bergson 社会的厚生関数とも呼ばれているものである。なお、式(2)は社会的割

引率を用いていないことに注意されたい。特に式(2)は Kolm=Atkinson 型関数と呼ばれており、 $\varepsilon$  の値によって公平性を評価することが可能である。例えば、 $\varepsilon=1$  の場合には Bentham 型、 $\varepsilon=\infty$  の場合には Rawls 型および  $\varepsilon$  がその他の値を示す時には Nash 型の評価関数を意味することになる。なお、Bergson 社会的厚生関数などに関しては小林<sup>2)</sup>に詳しい。

COI は  $t$  期における社会全体の効用を比較することにより得られる指標である。

4. 温度上昇規制に関するシミュレーション

(1) 温度上昇に対するシナリオの設定

地球温暖化問題の温度上昇シナリオについては IPCC をはじめとして多々存在する<sup>3)</sup>。本研究では、既存文献を参考にして温度上昇シナリオを表-1 のように設定した。

表-1 温度上昇シナリオと設定値

|                            |
|----------------------------|
| (1) 温度上昇規制値：               |
| 1.5°C～3.0°Cの範囲内で 0.1°C毎に計算 |
| (2) 公平性の度合 $\varepsilon$ ： |
| 0.2～0.8 の範囲内で 0.1 毎に計算     |

(2) シミュレーションの実行

主要なシミュレーション結果を、表-2、3および図-1に示す。なお、EFI、EQI および COI は、それぞれ dimension が異なるため、各指標の変化を相互比較可能なように標準化 (N(0,1)) したものを表-3に示す。

表-2 から温度上昇規制値を緩めるほど効率的な生産がされ各指標は大きくなり、また公平性の度合である  $\varepsilon$  を大きくするほど EQI、COI がそれぞれ大きくなることが読み取れる。よって、この結果は妥当であろう。

表-3 に示したように、1.7°C～2.3°Cの範囲で  $\varepsilon$  を大きくすると、EQI は小さく、COI は大きくなり、他の範囲はその逆の結果となる。これは規制の値を厳しめ、または緩めに設定することと、その中間的な値(1.7～2.3°C)に設定することとの違いから生じるものだと考える。

表-2 温度上昇に関するシミュレーション結果

| 温度上昇規制値 | 1.5°C                         | 2.0°C   | 2.5°C   | 3.0°C   |
|---------|-------------------------------|---------|---------|---------|
| EFI     | 42622                         | 42961   | 43129   | 43158   |
| EQI     | ( $\varepsilon=0.2$ ) 1.7261  | 1.7268  | 1.7272  | 1.7273  |
|         | ( $\varepsilon=0.5$ ) 4.1926  | 4.2027  | 4.2102  | 4.2113  |
|         | ( $\varepsilon=0.8$ ) 11.0790 | 11.1483 | 11.2005 | 11.2081 |
| COI     | ( $\varepsilon=0.2$ ) 1.8402  | 1.8403  | 1.8404  | 1.8404  |
|         | ( $\varepsilon=0.5$ ) 6.2516  | 6.2536  | 6.2550  | 6.2552  |
|         | ( $\varepsilon=0.8$ ) 30.7554 | 30.7796 | 30.7969 | 30.7994 |

表-3 シミュレーション結果を正規化した値

| 温度上昇規制値 | 1.5°C                         | 2.0°C   | 2.5°C  | 3.0°C  |
|---------|-------------------------------|---------|--------|--------|
| EFI     | -2.1534                       | -0.2156 | 0.7434 | 0.9048 |
| EQI     | ( $\varepsilon=0.2$ ) -1.9229 | -0.3483 | 0.7858 | 0.9529 |
|         | ( $\varepsilon=0.5$ ) -1.9097 | -0.3564 | 0.7880 | 0.9557 |
|         | ( $\varepsilon=0.8$ ) -1.8959 | -0.3649 | 0.7904 | 0.9587 |
| COI     | ( $\varepsilon=0.2$ ) -1.9097 | -0.3563 | 0.7886 | 0.9547 |
|         | ( $\varepsilon=0.5$ ) -1.9178 | -0.3513 | 0.7870 | 0.9534 |
|         | ( $\varepsilon=0.8$ ) -1.9259 | -0.3464 | 0.7854 | 0.9521 |

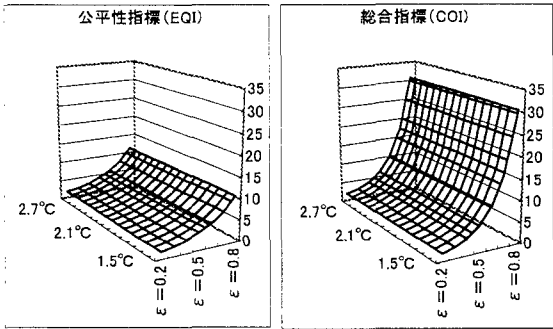


図-1 シミュレーション結果  
(左図：EQI、右図：COI)

5. おわりに

本研究は、DICE Model を用いて、二酸化炭素排出抑制策を効率性、公平性およびそれらを総合した観点から評価を行った。なお本稿で割愛したシミュレーションおよびそこから得られた知見については、発表時に委ねるものとした。

主要参考文献

1) Nordhaus, W.D.(2000): Warming the World Economic Models of Global Warming, The MIT Press, Cambridge.  
2) 小林潔司(2000):公平論を巡る最近の理論的展開, 土木計画学ワンデーセミナーシリーズ 19, 土木計画における公平論を巡って, pp.51-68.  
3) IPCC 第3作業部会編(1998): 地球温暖化の経済・政策学, IPCC 第3作業部会報告, 中央法規.

なお、DICE Model については下記が有益である。

<http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/homepage.htm>