

# 地球温暖化統合モデルの研究Ⅱ

Integrated Assessment Model of Climate Change

佐藤正博\*  
Masahiro Sato

## 1. はじめに

本研究では、地球温暖化問題のアプローチの一手段として、非線型の目的関数を有する非定常な微分方程式系の最適制御の手法を用いて、最適な二酸化炭素排出の時間経路（何時どのくらいCO<sub>2</sub>を排出したら最適か）を求める試みを行った。今までこの種の解析では、排出経路を求めることが即対策として考えられてしまうため、対策にかなう目的関数や制約条件の設定には多くのパラメータを含むモデルの構築が必要とされてきた。しかし、多くのパラメータを含めば含むほど、「風が吹けば桶屋がもうかる」的な原因と結果がはっきりしないモデルとならざるをえない。本論文では、原因と結果が比較的わかりやすくなるように、目的関数と制約条件を設定した。目的関数では二酸化炭素の排出量が増加すれば効用が増加するものとして定義し、大気濃度が増加すれば二酸化炭素排出量が制約されるものとして設定している。このように、ダイレクトに目的関数と制約条件に二酸化炭素の排出量を入り込ませることによって、単純なモデルとして構築した。

定式化にあたっては経済成長モデルの資本ストックを許容残量(排出可能量)と読み換え、生産関数は大気からの二酸化炭素除去量(海洋吸収量)、そして消費は排出量と読み換えた。更に、効用関数を排出量の関数として捕らえることによって、経済成長モデルの内部に制約条件として炭素サイクルモデルを組み込むことができた。

## 2. 基本的な考え方

最適経済成長モデルの目的関数の効用関数を世界レベルの仮想GDPとして、また、制約条件に炭素サイクルモデルを組み込むことにより、CO<sub>2</sub>排出量が地球温暖化の環境容量によって制約されながら、経済成長を最大化させる排出経路を算定するモデルを作成した。

### (1) 目的関数

$$V(x_0) = \max_{T \rightarrow \infty} \int_0^T GDP(y) e^{-\gamma t} dt \dots \dots \dots (1)$$

GDP: 世界レベルの想定GDP      y: CO<sub>2</sub>排出量      γ: 割引率

### (2) 制約条件

$$\frac{dx}{dt} = \kappa \cdot (x_a - x) - \beta \cdot y \dots \dots \dots (2)$$

x: 許容残量 (= x<sub>a</sub> - 大気CO<sub>2</sub>濃度)      x<sub>a</sub>: CO<sub>2</sub>環境容量 (=600ppbvと仮定)  
κ: 深海等吸収係数      β: 排出係数

\* 東京大学総合文化研究科 The University of Tokyo Graduate School of Arts and Sciences  
株式会社環境数理研究所 Environmental Science Research Institute, Inc.

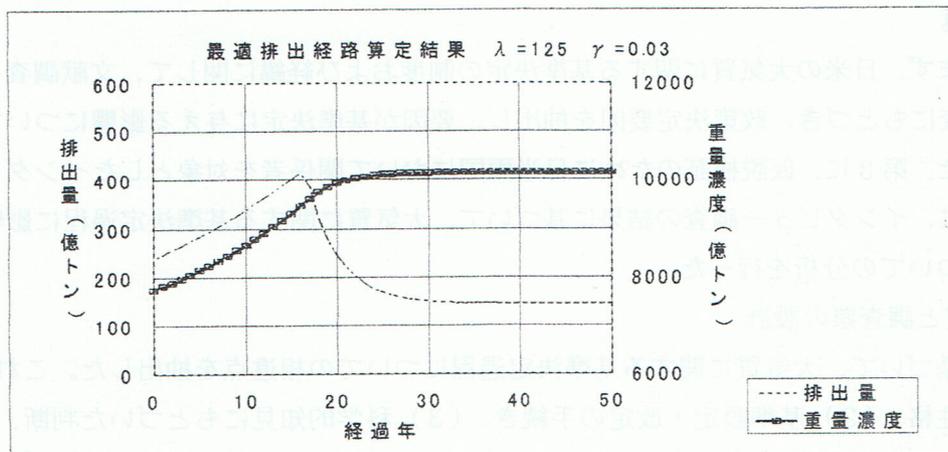
### (3) パラメータの決定

- ①  $b$  の決定：国別GDPと排出量データ (World Resources 1998-99) から回帰分析で決定。
- ②  $\beta$  の決定：1950年以降のCO<sub>2</sub>濃度データと排出量データ (同データ) から回帰分析で決定。
- ③  $\gamma$ 、 $\kappa$  の設定： $\gamma$  は0.02、0.03、0.05、ライフタイム  $\lambda$  ( $\kappa$  の逆数) は50, 125, 200年の各3ケースについて算定。

### 3. CO<sub>2</sub>最適排出経路算定結果

図-1は割引率  $\gamma$  が0.03、ライフタイム  $\lambda$  が125年のケースの最適排出量である。最適排出経路は現在(1995年)から15年後程度までは3%成長を続け、25年後までの10年間に現在の半分程度の150億トン程度で安定させるものとなった。

図-1 CO<sub>2</sub>最適排出経路算定結果



### 4. 結論

本研究では、環境問題を解決するためには「自然現象の制約条件のもとで、いかに人間の効用の最大化を図るか」を追求することが必要と考え、具体例として、地球温暖化問題を単純なモデルで表現し解析した。この結果、許容濃度を600ppmvとした場合、ここで算定した最適排出経路からは、今まで常識として考えられてきたすぐに削減が必要だとする論拠はかなり薄いことに気付く。パラメータによっては、10年あるいは20年後に削減開始する最適排出経路が選択されている。その後、急激な削減が必要となるが、この間にCO<sub>2</sub>削減のための急速な技術革新を達成できれば、このような急激な排出抑制も可能となろう。現在、このモデルのうち、炭素サイクルモデルの精緻化を行っている。今学会で発表する予定である。

#### 参考文献

Nordhaus, W.D. (1994), *Managing the Global Commons*, The MIT Press

T. M. L. Wigley, D. S. Schimel (2000), *The Carbon Cycle*, Cambridge University Press

植田和弘・落合仁司・北畑佳房・寺西俊一著(1991)、*環境経済学*,有斐閣