

地球温暖化対策の政策オプションに関する研究 (その2)

一予測モデルにおける不確実性の評価一

九州大学 学生員○濱村 剛 学生員 矢野 康弘
同 上 学生員 松本 亨 正 員 井村 秀文

1. はじめに

現在、地球温暖化問題が各方面で論議的となっているが、その主な原因としてあげられるのは、大気中の温室効果ガスの増加である。その温室効果ガスの中でも一番大きなウェイトを占めるのがCO₂で、現在の温室効果の半分以上はこれに起因している（今後はCH₄、N₂O等の影響が増大すると予測されている）。

そのCO₂の主な発生原因は、世界の経済成長に大きく寄与してきた化石燃料の大量消費、世界全体の生態系を維持するために不可欠な森林の大幅な減少（特に熱帯林は毎年約1130万haの割合で減少している。）等である。

地球温暖化と人類社会との関係は極めて緊密なものであり、その防止のためには長期的かつグローバルな視点から関連因子間の相互連関を分析する必要がある。

本研究は、以上のような視点から、特に化石燃料消費量の推移に伴う影響（特に、気温上昇、海面水位の上昇）の予測モデルを構築し、地球温暖化を防止するための政策オプションについて検討する。

2. 予測モデルの構造

- 化石燃料・・・累積消費量 Z_f に、Verhulst型の成長曲線を仮定する。

$$\frac{1}{Z_f} \frac{dZ_f}{dt} = r_f \left[1 - \left(\frac{Z_f}{Z_{fm}} \right)^a \right] \frac{1}{\alpha} \quad (10\% \text{ TOE})$$

特に、図1の場合を標準モデルとする。

- 化石燃料によるCO₂の排出量 $X(t)$

- CO₂大気中残存量 $Z(t)$

$$Z(t) = (1 - \sigma)X(t) + (1 - \mu)Z(t-1)$$

- 温室効果の強さ Δq

$$\Delta q = A \log \left[\frac{\{X_0 + Z(t)\}}{X_0} \right]$$

- 温度上昇の簡単なモデルとして、大気及び海洋表面を

上層とし、深海部を下層とする2層ボックスモデルを考える。

$$\frac{dT_1}{dt} + \theta T_1 + k_1(T_1 - T_2) = Q$$

$$\frac{dT_2}{dt} + k_2(T_2 - T_1) = 0$$

$$\theta = \frac{\lambda}{C_1}, k_1 = \frac{\kappa}{C_2}, k_2 = \frac{\kappa}{C_2}, Q = \frac{\Delta q}{C_2}$$

- 海面水位の上昇 ΔL

$$\Delta L = \beta(h_1 T_1 + h_2 T_2)$$

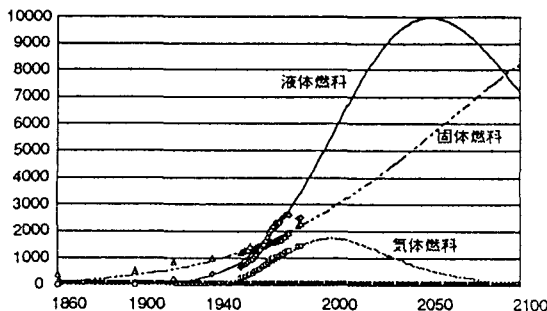


図1. Verhulst 曲線による

エネルギー消費量の近似及び将来予測

表1. パラメータの説明

Z_{f0}	累積消費量の初期値
Z_{fm}	累積消費量の限界値
X_0	産業革命以前のCO ₂ 濃度
Δq	温室効果気体に蓄えられる熱の量
σ	CO ₂ 発生量の海中への溶解度
μ	CO ₂ 残存量の海中への溶解度
λ	地球外への熱の放射量を表すパラメータ
C_1, C_2	温室効果による上下層の熱容量
T_1, T_2	温室効果による上下層の平均温度の上昇
κ	両層間の熱伝導係数
β	水の熱膨張率
h_1	海洋表面層の厚さ
h_2	深海層の厚さ

3. シミュレーションの実行例

2. の予測モデルのシミュレーション結果を示す。

図2は、標準モデルにおける化石燃料の消費に伴う気温、水温、海面水位上昇への影響を表している。

CO₂の発生量は、図3より化石燃料のうちで液体燃料によるものが一番多く、従って液体燃料の変動について述べていくことにする。

図4は、液体燃料の変動に伴う気温、水温の変動についてそれぞれの影響を表したものである。

図5は、液体燃料の変動に伴う海水面の変動について影響を表したものである。

4. 考察

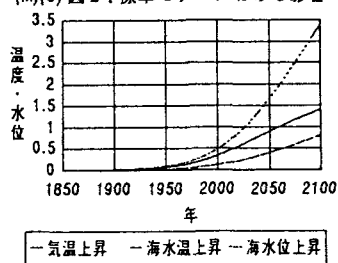
本論文においては、簡単な予測モデルに基づいて地球温暖化に大きな影響を及ぼす化石燃料消費量の推移と気温、水温、海面上昇との関係について検討した。紙面の都合でモデルの根拠などの細かいところまでは説明できなかったが、このようにシステム構成要素間の相互作用や因果関係を分析することにより様々な政策シナリオに対して、その影響及び効果を予測・評価することができる。

今後はもう一方の温暖化要因である森林についてのモデルや液体燃料の変動についてだけでなく、確率変動や地域間格差を考慮した大局的なモデルを構築したい。

表2. パラメータ値

標準モデル	液体燃料 $Z_{f0}=8$; $Z_{fm} = 1.42E+6$ ($10^6 tOE$) 固体燃料 $Z_{s0}=4,000$; $Z_{sm} = 3.8E+6$ ($10^6 tOE$) 気体燃料 $Z_{g0}=0.001$; $Z_{gm} = 1.3E+5$ ($10^6 tOE$) $r_f=0.021$, $\alpha=0.2$ $r_s=0.0083$, $\alpha=0.2$ $r_g=0.040$, $\alpha=0.2$ $X_0=270$ (ppm), $\sigma=0.53$, $\mu=0.01$, $\lambda=1.4$ ($W/m^2 \cdot C$) $C_1=7.3135$, $C_2=93.1$, $\kappa=1.173$, $\beta=0.004$ $h_1=75$; $h_2=1000$ (m)
消費が多い場合	液体燃料 $Z_{f0}=20$; $Z_{fm} = 1.41E+6$ ($10^6 tOE$) $r_f=0.0353$, $\alpha=0.5$ 残りは同値
消費が少ない場合	液体燃料 $Z_{f0}=1$; $Z_{fm} = 1.41E+6$ ($10^6 tOE$) $r_f=0.018$, $\alpha=0.1$ 残りは同値

(m)(C) 図2. 標準モデルにおける影響



(ppm) 図3. 各燃料のCO₂発生量

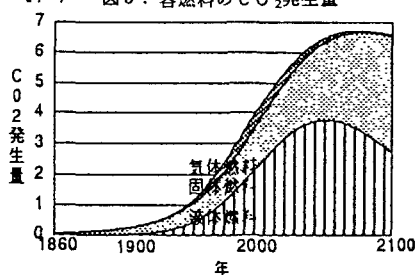


図4. 温度上昇の変動

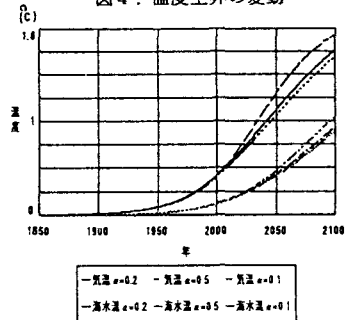


図5. 海面上昇の変動

