

地球温暖化対策の政策オプションに関する研究

- 政策フレームモデルの開発 -

九州大学工学部 ○学生員 矢野 康弘 学生員 松本 亨
同 上 学生員 浜村 剛 正員 井村 秀文

1. はじめに

大気中に微量に存在するCO₂などの温室効果ガスによって、地球の平均気温は、摂氏15度程度に保たれ、生物が快適に生きることができる環境が作りだされている。地球の放射平衡温度は-17度と温室効果ガスが存在しなければ現在実現している温度に比べて、約32度も低いという計算になる。

人類は、産業革命以来技術革新によって大規模な工業生産を達成してきた。しかし、現在の人類を支える技術のほとんどは、石炭や石油などの化石燃料の大量消費によって成立している。これらの化石燃料の大量消費によって、大気中のCO₂の蓄積量は将来ますます上昇し、地球温暖化を引き起こすと言われている。

本研究は、経済成長とエネルギー消費に関する過去のデータに基づき地球環境と社会システムの相互連関作用を巨視的に捉えた上で、物理的制約の下における持続可能な開発を行うための効果的な政策を探ろうとするものである。

2. モデルの構造

(1)生産関数 LINEX型生産関数を採用する。GNP (Y) の生産要素として、エネルギー消費 (E)、資本投資 (K)、労働力 (L) を考える。

$$Y_t = Y_0 E \exp \left[a_0 \left(2 - \frac{L}{K} - \frac{E}{K} \right) + a_0 c_t \left(\frac{1}{E} - 1 \right) \right]$$

(2)エネルギー消費 化石燃料Ef (液体燃料Efl、固体燃料Efs、気体燃料Efg)

$$\frac{1}{Z_t} \frac{dZ_t}{dt} = r_t \left[1 - \left(\frac{Z_t}{Z_{res}} \right)^\alpha \right] \frac{1}{\alpha} - \Gamma \Delta T$$

原子力Ea、自然エネルギーEn

$$\frac{dE_a}{dt} = \psi_a(I_a) \left[1 - \frac{E_a}{E_{a\infty}} \right]$$

$$\frac{dE_n}{dt} = \psi_n(I_n) \left[1 - \frac{E_n}{E_{n\infty}} \right]$$

(3)温暖化による温度上昇

$$\Delta T = A \log \left(\frac{Z_f(t)}{Z_{f0}} \right)$$

(4)資本・投資 生産拡大投資Ip、エネルギー開発投資Ie = Ia + In

$$I_p = \frac{dK}{dt} = s_p Y - \mu K \quad I_a = s_a Y \quad I_n = s_n Y$$

(5)人口・労働力 y = Y/N、穀物総生産量F、1人当たり穀物摂取必要量f

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = v(y) - \phi \left(\frac{F}{N}, f \right) \quad v(y) = r_0 \exp(-ay)$$

$$\phi \left(\frac{F}{N}, f \right) = \begin{cases} 0 & (\text{if } \frac{F}{N} \geq f) \\ b \left[f(y) - \frac{F}{N} \right] & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$f(y) = \frac{f_{\infty}}{1 + \left(\frac{f_{\infty} - f_0}{f_0} \right) \exp(-\xi_f y)}$$

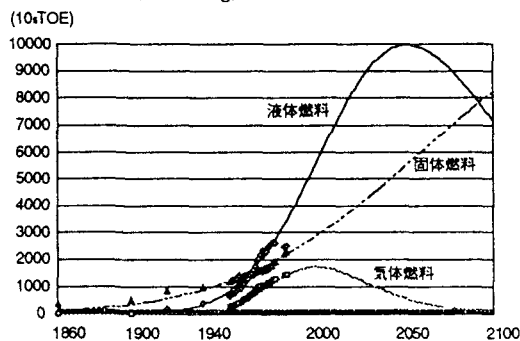


図-1 Verhulst曲線によるエネルギー消費予測
(プロットは過去のデータ)

(6)平均寿命と労働力人口

$$h(y) = \frac{h_{\infty}}{1 + \left(\frac{h_{\infty} - h_0}{h_0} \right) \exp(-\xi_h y)} \quad L = \left(\frac{h_w}{h(y)} \right) N$$

(7)土地利用と食料生産 生活用地 S_c 、産業用地 S_i 、食糧生産用地 S_a 自然エネルギー生産用地 S_n

$$\frac{1}{S_i} \frac{dS_i}{dt} = \sigma \left(\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} \right) \left[1 - \frac{S_i}{S_{i\infty}} \right] \quad \sigma(y) = \frac{\sigma_{\infty}}{1 + \left(\frac{\sigma_{\infty} - \sigma_0}{\sigma_0} \right) \exp(-\eta_c y)}$$

$$S_c = \sigma_c(y) N, S_i = \sigma_i(y) Y, S_n = \sigma_n E_n$$

$$S_a = S_t - (S_c + S_i + S_n)$$

(8)食糧生産 単位面積あたりの収穫量 ϕf 、技術進歩率 ξf

$$F = \phi_f S_a \exp(\xi_f t) \quad \phi(y) = \frac{\phi_{f\infty}}{1 + \left(\frac{\phi_{\infty} - \phi_0}{\phi_0} \right) \exp(-\xi_h y)}$$

3. 数値シミュレーション

1985年のGNP、エネルギー消費、資本投資をそれぞれ1として指数化し上述のモデルを用いて数値シミュレーションを行なった。図-2.3は標準モデルで政策的に余り対応がない場合に当たる。図-3は化石燃料消費に温暖化によるフィードバックをかけた、原子力エネルギーや自然エネルギーの消費を積極的に進めたものである。

LINEX型生産関数による
数値シミュレーション (GNP(1985)=1)

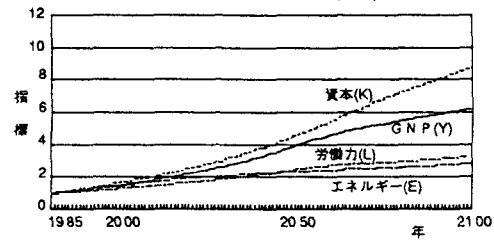


図-2

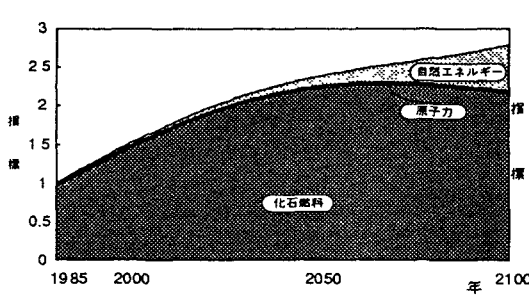


図-3

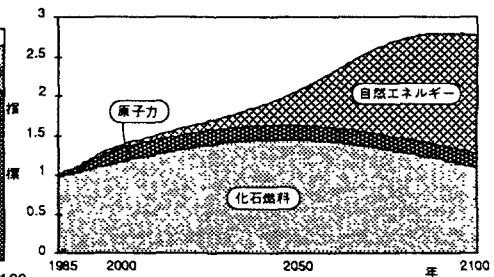


図-4

4. 考察

エネルギー消費のシミュレーションからも分かるように原子力エネルギーは、社会的な問題からも非常に制約が強く上限値の設定が重要となる。現在は、これをパラメーターとして与えているが、地球環境のフィードバックを受ける関数として定義できれば、さらに精密なシミュレーションが可能となる。

物理的制約化でのモデルであるので、ロジスティック方程式やVerhulst方程式をほとんどの式に適用しているが、化石燃料をはじめとして成長曲線が物理的要因のみに支配されない性質をもつ要素もある。このためさらに市場原理などをこのモデルに組み込めば、より精密な将来予測が可能になると考えられる。