

エネルギー部門のR&Dを考慮した日本経済のヴィンテージ資本モデル 2050年の国内CO₂排出量を1990年比50%に削減するシナリオの分析

畠瀬和志*
Kazushi Hatase

1. はじめに

地球温暖化防止への取り組みとして、日本政府は2020年に向けたCO₂排出削減の中期目標を発表した。この中期目標は、現時点における国際的な要請と国内における実現可能性のバランスから設定されたものであるが、一方、2020年時点において望ましいCO₂排出削減の水準は、種々の要因により変化する。

そのような要因として重要なものに、エネルギー部門における代替の制約がある。エネルギー設備（例えば、発電プラント）の耐用年数は非常に長く、一度化石エネルギー用のものが建設されると簡単には新エネルギー用には変更出来ない。また、港湾、パイプライン、エネルギー貯蔵施設といったエネルギーインフラと個々のエネルギー設備には相互依存関係があり、化石エネルギー用のエネルギーインフラの下で新エネルギー用の設備を建設するのは容易ではない。このように、エネルギー部門における生産要素の代替には強い制約が存在し、それは中期的なCO₂削減目標に影響すると考えられる。

本研究では、以上のようなエネルギー部門における代替の制約を「ヴィンテージ資本モデル」によってモデル化し、2050年における日本国内のCO₂排出量を1990年比50%に削減するシナリオにおいて、このような代替の制約がCO₂削減の経路にどのような影響を及ぼすかを分析した。なお、エネルギー部門のモデル化においては、化石エネルギーと新エネルギーの代替を考慮するとともに、エネルギー効率改善にPopp (2004) のR&Dモデルを、エネルギーコストの変化にLearning by Doingモデルを適用した。

2. 分析方法

本研究では、Putty-Clay 仮説（ヴィンテージ資本仮説のひとつ）を適用したラムゼー型動学モデルを用いる。このモデルでは、生産に関わる諸変数の新ヴィンテージを計算し、生産関数を各変数の新ヴィンテージの関数とすることによって、「既存の資本は部門間を動かず、新規投資によってのみ部門間の調整が行われる」と仮定する。ここでは、総生産 Y 、資本 K 、労働投入 L 、化石エネルギー投入 E_F 、新エネルギー投入 E_N 、化石エネルギーのO&M（Operation and Maintenance）コスト O_F^E 、新エネルギーのO&Mコスト O_N^E について新ヴィンテージが計算される。

$$\tilde{Y}_t = Y_t - (1 - \delta) Y_{t-1}$$

$$\tilde{K}_t = K_t - (1 - \delta) K_{t-1}$$

$$\tilde{L}_t = L_t - (1 - \delta) L_{t-1}$$

$$\tilde{E}_{j,t} = E_{j,t} - (1 - \delta) E_{j,t-1} \quad (j = F, N)$$

$$\tilde{O}_{j,t}^E = O_{j,t}^E - (1 - \delta) O_{j,t-1}^E \quad (j = F, N)$$

* 神戸大学経済学研究科研究員 Graduate School of Economics, Kobe University
〒657-8501 神戸市灘区六甲台2-1 TEL&FAX 078-231-5788 E-mail: hatase@opal.kobe-u.ac.jp

生産関数は通常の応用一般均衡モデルに準じるが、エネルギーR&D投資 I^R と知識プール H からイノベーション可能性フロンティア \tilde{H} を計算する式(R&Dモデル)が追加されている。

$$\begin{aligned}\tilde{Y}_t &= \phi^Q \left[\alpha^{KL} \left(\tilde{K}_t^{\gamma_K} \tilde{L}_t^{1-\gamma_K} \right)^{\frac{\sigma_Q-1}{\sigma_Q}} + (1 - \alpha^{KL}) \left(\tilde{Q}_t^{HE} \right)^{\frac{\sigma_Q-1}{\sigma_Q}} \right]^{\frac{\sigma_Q}{\sigma_Q-1}} \\ \tilde{Q}_t^{HE} &= \left[\alpha^H \left(\tilde{H}_t \right)^{\frac{\sigma_{HE}-1}{\sigma_{HE}}} + \left(\tilde{E}_t \right)^{\frac{\sigma_{HE}-1}{\sigma_{HE}}} \right]^{\frac{\sigma_{HE}}{\sigma_{HE}-1}} \\ \tilde{H}_t &= \phi^{RH} \left(I_t^R \right)^{\gamma_R} \left(H_t \right)^{\gamma_H}, \quad H_t = (1 - \delta_H) H_{t-1} + \tilde{H}_{t-1} \\ \tilde{E}_t &= \left[\left(\tilde{E}_{F,t} \right)^{\frac{\sigma_E-1}{\sigma_E}} + \left(\tilde{E}_{N,t} \right)^{\frac{\sigma_E-1}{\sigma_E}} \right]^{\frac{\sigma_E}{\sigma_E-1}}\end{aligned}$$

なお、化石エネルギー E_F 、代替エネルギー E_N のコストは、Learning by doingによって低減するものと仮定する。

本研究は日本経済を対象とするため、モデルはArmington仮定を用いた開放経済モデルとし、マクロ経済恒等式を以下のように記述する。

$$A_t = C_t + I_t + I_t^R + I_{F,t}^E + I_{N,t}^E + O_{F,t}^E + O_{N,t}^E$$

ここで、 A はArmington財(国内財と輸入材を統合した財)、 C は消費、 I は投資、 I^R はエネルギー効率改善への投資、 I_F^E は化石エネルギーへの投資、 I_N^E は代替エネルギーへの投資、 O_F^E は化石エネルギーのO&Mコスト、 O_N^E は代替エネルギーのO&Mコストである。

シミュレーションにあたっては、2050年以降のCO₂排出量が1990年比50%以下になるよう制約条件を設け、この条件の下で効用の総和が最大になるCO₂削減経路を計算した。シミュレーションのシナリオは、エネルギー部門における代替の制約を決定づける要素である「資本の耐用年数」と「化石エネルギー・新エネルギー間の代替弾力性」が計算結果にどう影響するかを調べることを目的とし、SCL (Short Capital Lifetime) + SE (Small Elasticity)、SCL + LE (Large Elasticity)、LCL (Long Capital Lifetime) + SE、LCL + LEの4種類のシナリオを設定した。なお、R&Dモデルのパラメータ設定はPopp (2004)に従い、エネルギーR&DによるリターンがR&D投資の4倍になるようシェアパラメータ α^H の値を調節した。また、以下のようにエネルギーR&D投資がエネルギー以外への投資をクラウドアウトするように設定した。

$$\tilde{K}_t = K_t - (1 - \delta) K_{t-1} = I_{t-1} - 4 * crowdout * I_{t-1}^R \quad (crowdout = 50\%)$$

3. 分析結果

4種類のシナリオにおけるCO₂排出量の時間変化を図1に、新エネルギーのシェアの時間変化を図2に示す。2050年以降のCO₂排出量が全てのシナリオで同じ(1990年比50%)であっても、中期的な削減量はパラメータの選択によって大きく変わり、資本の耐用年数が長いほど、またエネルギー間の代替弾力性は小さいほど、より速やかにCO₂排出削減が行われる。一方、新エネルギーの普及は、資本の耐用年数よりもエネルギー間の代替弾力性に大きく影響され、エネルギー間の代替弾力性が小さいほどより速やかに化石エネルギーから新エネルギーへの転換が行われる。資本の耐用年数については、21世紀初頭においては新エネルギーの普及にあまり影響を及ぼさない。

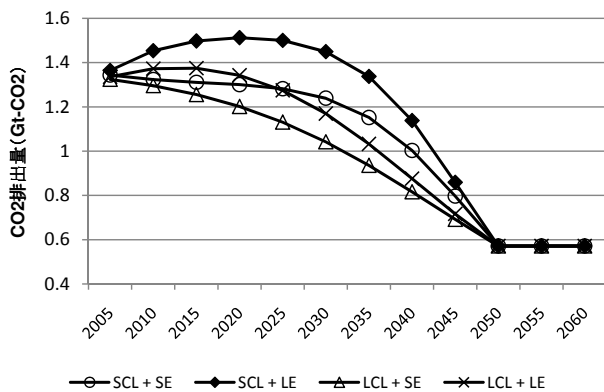


図 1: CO₂ 排出量の時間変化

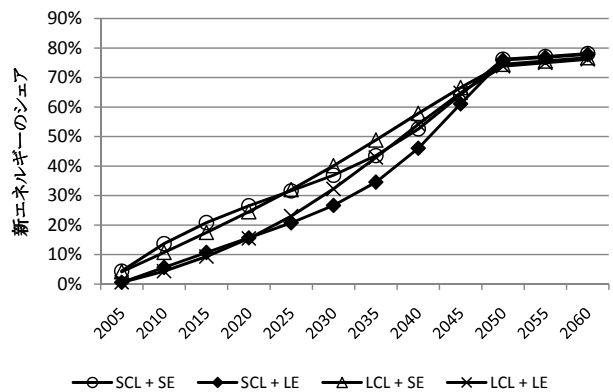


図 2: 新エネルギーのシェアの時間変化

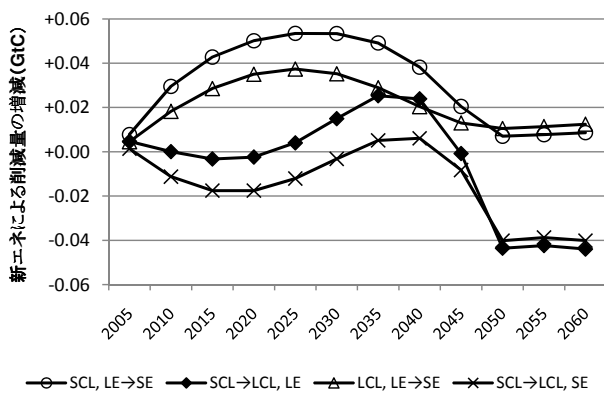


図 3: 資本の耐用年数・エネルギー間の代替弾力性を個別に変化させた際の新エネルギーによる削減量の増減

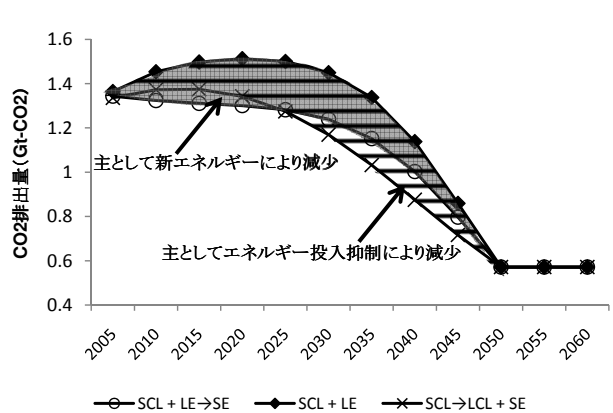


図 4: 資本の耐用年数・エネルギー間の代替弾力性の変化がCO₂ 排出削減の方法に及ぼす影響

図3に、資本の耐用年数・エネルギー間の代替弾力性を個別に変化させた際に新エネルギーによる削減量がどう変化するかを示す。エネルギー間の代替弾力性を大 小へと変化させた場合、新エネルギーへの転換による削減量が増える。一方、資本の耐用年数を短 長へと変化させた場合、総削減量が増える（図1参照）にも関わらず新エネルギーによる削減量はさほど変わらないか減少する。これは、資本の耐用年数が長い場合は主として総エネルギー投入の抑制によりCO₂削減が行われるためである。

4. 結論

2050年におけるCO₂削減目標が同じ（1990年比50%）であっても、中期的な削減量はパラメータの選択によって変わり、資本の耐用年数が長いほど、またエネルギー間の代替弾力性が小さいほど、より速やかに排出削減が行われる。しかし、資本の耐用年数の長短とエネルギー間の代替弾力性の大小は、CO₂排出削減の方法に異なった影響を及ぼす。資本の耐用年数は長いほどCO₂排出量が少なくなるが、この排出減少は主としてエネルギー投入の減少によってもたらされる。一方、エネルギー間の代替弾力性は小さいほどCO₂排出量が少なくなるが、この排出減少は主として新エネルギーへの転換によってもたらされる。この結論を模式的に図4に示す。なお、この結論は2050年におけるCO₂排出量を1990年から30%~70%の範囲で削減するシナリオにおいて当てはまる。