

○佐々木幸陽，渡辺千仞（東工大社会理工学）

1. 序

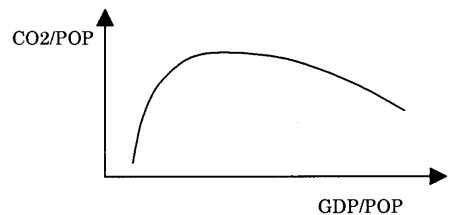
温室効果ガス、特に二酸化炭素の増加に伴う地球温暖化の問題は現在世界中で議論されている。今後多くの発展途上国が経済成長を迎えると予想されており、地球の二酸化炭素の吸収能力の限度がはつきりとしたものではないことを考えると、もはや手遅れという状況に陥らないためにもいかにして二酸化炭素の排出を抑えながら経済成長を成し遂げる事ができるかというのが課題となっている。

その流れから、先進国および市場経済移行国に対する温室効果ガスの削減目標が 1997 年の京都会議において決定された。この削減目標は 97 年現在の排出量を 90 年時点のものに戻すという考えから設定されたものである。この目標値は一見どの国にも平等に課されたタスクであるとも受け止められるが、温暖化ガスの削減への取り組みは国によって異なっているため、削減努力を怠っていた国と精力的に取り組んできた国との間に不平等が生じてしまっていると言えよう。そのため本研究ではその削減目標値の新たな設定のモデルを提案することを目的とする。

また、経済成長と二酸化炭素の削減を同時進行的に可能にするには、一国の技術だけでなく他国からのスピルオーバーを利用することが必要不可欠であり、戦後それを効果的に行うことができた日本製造業の発展パスを顧る。

2. 二酸化炭素の削減目標値の設定

先行研究において一人当たりの所得と一人当たり汚染物質の関係は右図のように逆 U 字型になることが発見されている (Shafik and Bandyopadhyay, 1992; Cole, 1997; Moomaw and Unruh, 1997; Roberts and Grimes, 1997; Schmalensee, 1998; Vincent, 1997) (【2】参照)。発展初期の段階は一次産業中心の産業構造から二次産業への移行によって化石燃料の使用料が大幅に増加することによって、一人当たり CO₂ 排出量が急速に増

図1 一人当たりGDPと一人当たりCO₂の関係

え、経済がある程度発展した後は環境技術の開発、コスト削減の努力によりエネルギー使用量の減少、エネルギー転換等によって一人当たりの二酸化炭素が減少しているものと考えられる。これを実際のデータをもとに観察してみる。図1は OECD 各国とロシア、中国、NIEs の合計 35 ヶ国について 96 年時点での一人当たり GDP と一人当たり CO₂ の関係をプロットしたものである。なお、図中の点線枠内には今後の発展を控えている多くのアフリカ、南アメリカ、アジアの地域の国々が存在していることを示している。この図を見るとアメリカ、カナダ、シンガポール、オーストラリア、ルクセンブルクなど一部の地域を除けば先の逆 U 字型の関係がみてとれる。

図中において下方にある国は、一人当たり GDP の値の割には二酸化炭素の排出が他国よりも抑えられている国である。ノルウェー、スイス、スウェーデン、フランス、イタリア、スペインなどがそれにあたる。これらの国は環境に対して理想的な成長をしているいわば環境先進国と言えよう。

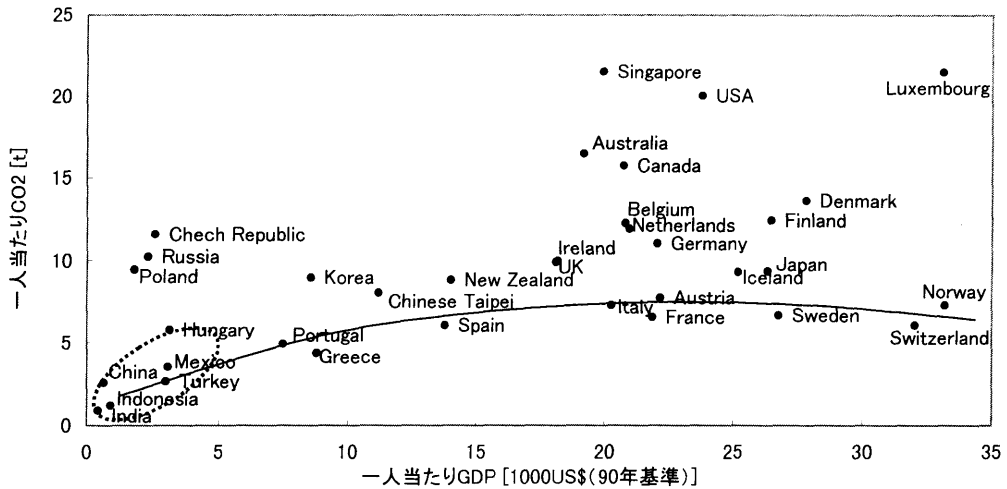


図 2 1996 年時点の“一人当たりGDP—一人当たり CO₂”散布図

よってこれらの国々の散布データから近似曲線を求め、それを削減目標のための基準とすることによって削減目標値を求めようというのが今回提案するモデルである。つまり二酸化炭素の削減目標の設定にもトップランナー方式を採用しようというものである。

しかし目標値を定めたとしても当然それに反発する国というのが現れるものであり、そういったケースのために排出権取引、技術援助による他国での CO₂ 削減、植林による吸収源の増加などを二酸化炭素の削減の代替案とすれば環境を第一に考えている国とそうではない国との相違もカバーできることになる。

近似曲線を求める際には以下の Weibull function と呼ばれる関数を用いる。

$$\text{Weibull function: } y = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha} \right]$$

この式において α 、 β 、 γ はそれぞれ形、スケール、シフトを意味している。また、 x は一人当たり GDP、 y は一人当たり CO₂ である。この式の両辺を対数でとると

$$\log CO_{2i} = \psi_i + \psi_i + (\alpha - 1) \log \left(\frac{GDP_i - \gamma}{\beta} \right) - \left(\frac{GDP_i - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha} + \omega_i$$

となり、これを回帰してパラメータを求める。データは IEA 編纂の「CO₂ Emissions from Fuel Combustion」のデータ(1971~1996)を使用した。データ採取の対象国としては、それぞれの所得水準において最も低い汚染レベルを示している 9 ヶ国(ノルウェー、スイス、スウェーデン、フランス、イタリア、スペイン、ポルトガル、ギリシャ、アルゼンチン)とする。

この回帰結果は、図 2 の逆 U 字型カーブに示す通りである。これと実績値との差が各国が遂行すべき削減目標値を示すことになる。

3. 日本製造業に視点を据えた発展段階におけるスピルオーバーの重要性の実証

市場経済移行国や新興工業国は同等レベルの所得水準の他国に比べて高めの一人当たり CO₂ を示している。これは発展初期の段階では先進国が有するような高度な技術がまだ開発されておらず、当然 CO₂ の削減に通じるような

環境技術も取り入れられていないため、成熟に近い国よりも発展段階にある国のほうが汚染度が高くなってしまふと考えられる。

そしてアメリカ、カナダ、オーストラリアは所得水準の増加という発展段階の中で比較的 CO₂ の削減努力を怠つてきたために図 2 の逆 U 字型カーブのような軌道からは外れているのではないだろうか。

つまり、今後多くの途上国が経済成長という階段を踏みあがっていくことを考えると、先進国からの進んだ環境技術の導入がいかに重要かが認識される場所である。

そこで、戦後に驚異的な経済成長を果たし、やはり諸外国からの効果的な技術導入が大きな要因であり、それを一人当たり CO₂ の削減に影響を及ぼす生産性の向上に焦点を当てて実証する。分析対象としては戦後の日本製造業を牽引してきた一次金属を取り上げる。

生産性向上要因を時代ごとで検証するためにここでは全要素生産性(TFP)を用いる。まず、生産関数を以下のよう示す。

$$V = f(X, TFP) \quad V: GDP \quad X: L, K$$

TFP を国内技術ストック (T_j)、導入技術ストック (Tim)、スピルオーバー等 (t) に分解する。

$$V = f(X, T_j, Tim, t)$$

ここで、導入技術は生産性の向上に非常に大きな役割を果たしていることが明らかであるのに対して、国の主導で技術を合理的に導入する目的で組まれた協体制等により技術を比較的安く導入することができていたことからそれを適正評価するため、まず以下のようなコブ・ダグラス型生産関数を設定する。産業分類は一次金属である。

$$Y = AL^\alpha K^\beta M^\gamma E^\delta T^\epsilon$$

この式における T には導入技術によるものと国内研究開発によるものが混在しているので、 T を T_j と Tim に分ける。この際、 Tim には係数 η をかけて ηTim とする。この係数 η を導入技術実用化効果係数と呼ぶ。すると生産関数は以下のようなになる。

$$Y = AL^\alpha K^\beta M^\gamma E^\delta (T_j + \eta Tim)^\epsilon$$

両辺の対数をとる。

$$\begin{aligned} \ln Y &= \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln M + \delta \ln E + \epsilon \ln (T_j + \eta Tim) \\ &= \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln M + \delta \ln E + \epsilon \ln T_j (1 + \eta Tim / T_j) \\ &= \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln M + \delta \ln E + \epsilon \ln T_j + \epsilon \eta Tim / T_j \end{aligned}$$

第一次オイルショックの前後の構造変化を検証するためにダミー係数を用いて表すと

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln M + \delta \ln E + \epsilon \ln T_j + \epsilon \eta (D_1 + D_2) Tim / T_j$$

$$D1 \begin{cases} 1 & 61 \sim 73 \\ 0 & 74 \sim 96 \end{cases} \quad D2 \begin{cases} 0 & 61 \sim 73 \\ 1 & 74 \sim 96 \end{cases}$$

これを 1961 年から 1996 年まで回帰して得られた結果が表 1 である。

表 1 回帰結果

(*5%有意 **1%有意)

α	β	γ	δ	ϵ	$\epsilon \eta$		η		adj.R ²	DW
					61-73	74-96	61-73	74-96		
-0.06 (1.37)	0.09 (3.01)**	0.80 (21.34)**	0.12 (4.37)**	0.11 (2.90)**	7.28 (2.65)*	6.45 (2.64)*	63.5	56.3	0.993	1.53

表 1 が示す通り、実用化効果係数は第一次オイルショックの前後にわたって非常に高い値を示している。これは日本の鉄鋼業が導入した技術をその導入にかかった費用以上に活用することができたことを如実に物語っている。今後は導入技術 Tim を扱うときにはこの η をかけたものを用いることとする。すると式は

$$V = f(X, Tj, \eta Tim, t)$$

となり、この両辺を時間で微分する。

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V}{V} &= \sum \frac{\partial V}{\partial X} * \frac{X}{V} * \frac{\Delta X}{X} + \frac{\partial V}{\partial Tj} * \frac{Tj}{V} * \frac{\Delta Tj}{Tj} + \frac{\partial V}{\partial \eta Tim} * \frac{\eta Tim}{V} * \frac{\Delta \eta Tim}{\eta Tim} + \frac{\partial V}{\partial t} * \frac{t}{V} * \frac{\Delta t}{t} \\ &= \sum \frac{\partial V}{\partial X} * \frac{X}{V} * \frac{\Delta X}{X} + \frac{\partial V}{\partial Tj} * \frac{R}{V} + \frac{\partial V}{\partial \eta Tim} * \frac{\eta Ti}{V} + \frac{\partial V}{\partial t} * \frac{1}{V} \\ &(\because \Delta Tj \doteq R, \Delta \eta Tim \doteq \eta Ti, \Delta t = 1) \end{aligned}$$

右辺の第 2 項、第 3 項および第 4 項が TFP の変化率であるのでそれらを個別に求めることによって TFP の変化に何がどれだけ貢献していたかを検証することができる。この際、時代区分としては時代背景を顕著に表すために第一次オイルショック前 (1961~1973)、第一次オイルショック後からバブル期前 (1974~1986)、バブル期以降 (1987~1996) とすると結果は図のようになり、第一次オイルショック以前は TFP の上昇に導入技術が大いに貢献していたことが分かる。

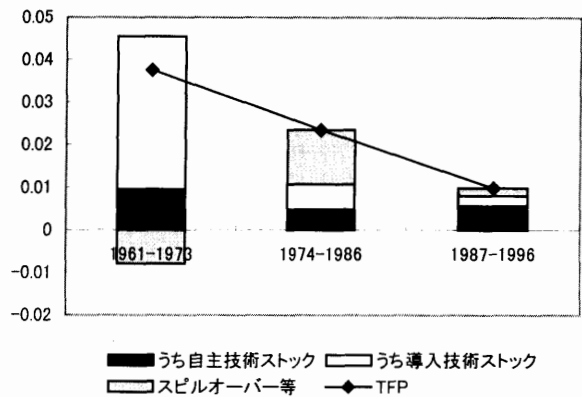


図 3 一次金属の TFP 変化率とその貢献要因の推移

4. まとめ

本研究ではまず、二酸化炭素の削減値の設定にトップランナー方式を採用した削減モデルを提示し、戦後に驚異的な経済成長を果たしながらも低いレベルの二酸化炭素排出レベルを成し遂げた日本製造業の例を取り上げ、そこでは他国からの技術導入や産業間でのスピルオーバーが重要な役割を果たしていたことを実証した。京都会議において決定された削減目標値を達成するためにも、先進国は先進国間でのよりいっそうのグローバルスピルオーバーが必要不可欠であり、削減義務が課されなかった途上国に対しても先進国からの技術移転による排出抑制は欠かせなくなっている。

5. 参考文献

- [1] International Energy Agency, "CO₂ Emissions from Fuel Combustion.", 1999
- [2] Marzio Galeotti, Alessandro Lanza, "Richer and cleaner? A study on carbon dioxide emissions in developing countries", Energy policy 27 565-573, 1999
- [3] 伊丹敬之, 伊丹研究室, "日本の鉄鋼業 なぜ今も世界一なのか", NTT 出版, 1997