

複数技術を考慮した生産関数の提案 ～環境技術の評価に向けて～

名古屋大学環境学研究科 学生員 ○秀島 聡
名古屋大学環境学研究科 正会員 奥田 隆明

1. はじめに

地球温暖化を緩和するため、将来、大幅なCO₂排出削減が求められることが予想される。現在の技術のままCO₂排出量を削減しようとするれば、経済活動を大幅に抑制しなければならないが、CO₂排出量の少ない代替技術をあらかじめ研究開発しておけば経済活動への影響を抑制することができる。しかし、新技術の研究開発には莫大な資金を必要とするため、その技術が社会の受ける損害をどれだけ軽減できるかについて事前に評価する必要がある。

新技術の開発はその技術を直接利用する産業の生産を変化させるだけでなく、産業連関を通して他の産業へも影響を与える可能性がある。従って、こうした社会全体への影響を評価するためには応用一般均衡モデルなどの経済モデルを用いる必要がある。しかしながら、これまでの経済モデルでは、新しい生産技術の影響を明示的に扱うことが難しい。そのため、経済モデルの外部に技術の選択を分析する技術選択モデルを設け、ある年の経済モデルの結果を受けて技術選択を求め、その結果を用いて翌年の経済モデルを計算する手法などが用いられてきた。

しかし、CO₂の大幅削減などの目標を達成するための技術評価を行う場合は、目標達成のために経済構造が大きく変化し、これによって技術選択も変化する。また逆に技術選択の結果、経済構造がさらに変化することが考えられる。このように相互に影響を及ぼしあう場合の均衡点を推計するためには、技術選択を経済モデルに内生化したモデルを使用することが望ましい。

そこで、本研究では、技術選択を内生化した経済モデルを開発するために複数技術を考慮した生産関数を提案する。また、この生産関数を過去の統計データから具体的に推計する方法を提案する。

2. 生産関数の提案

通常のエconomicモデルの生産関数は式(1)のように表

される。

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

ここで、 y は生産物、 x_n は生産要素である。式(1)は生産要素と生産物の関係を示すものであり、どのような技術が利用されているのかについては明示的に考慮されていない。

本研究で提案する生産関数では、1つの産業が複数の技術を利用して生産を行うものと仮定する。技術はそれぞれ生産要素を用いて合成財を生産し、それらをさらに合成して生産物を産出するものとする。

$$y = f(y^1, y^2, \dots, y^k) \quad (2)$$

$$y_i = f_i(x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i) \quad (i=1, \dots, k) \quad (3)$$

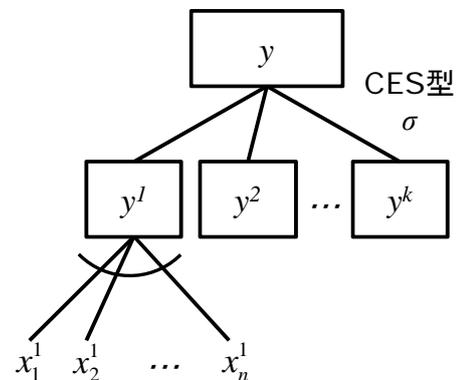


図-1 生産関数の構造

ここで、 y は生産物、 k は技術、 y^k は技術 k による合成財、 x_n^k は技術 k の生産要素を表す。

例えばCO₂排出削減を目的として化石資源に高い炭素税をかけた場合、化石資源を多く使用する技術のコストが上昇し、あまり使用しない技術のコスト上昇は小さいため、コストの差が生じる。それによって、技術間の価格弾力性に従って技術の利用される割合が変化し、化石資源の使用量の低い技術のシェアが大きくなる。

3. 生産関数の推定

2. の生産関数において、産業全体に投入される生産要素の量は統計から得ることができる。しかし、それぞれの技術に投入される生産要素の量や、技術の間の価格弾性値は直接得ることができない。本研究ではそれらを推定するために、次のような手法を提案する。

(1) 技術の抽出

2. の生産関数から、式(5)が導かれる。

$$a_t = \sum_k a^k \cdot g_t^k \quad (5)$$

ここで、 a_t は時点 t における産業全体の投入係数、 a^k は技術 k の投入係数であり時間によらず一定、 g_t^k は時点 t における技術 k が産業に占める割合である。 a_t は産業連関表などから得ることができるが、 a^k 、 g_t^k の値は未知である。

本研究ではこれらの値を推定するために、PMF (Positive Matrix Factorization) を用いることを提案する。PMF は因子分析手法の一種であり、これまで大気汚染物質データから汚染源を抽出するためなどに使用されてきた。本研究ではこの PMF を用いて産業全体の投入係数をデータとし、それを構成する技術を因子として抽出する。PMF では式(6)の Q を最小とする重み付け最小二乗法を解くことで、 a^k と g_t^k の値を求める。

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^m \left(\frac{e_{ii}}{s_{ii}} \right)^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_{ii} - \sum_{k=1}^p g_i^k a_i^k}{s_{ii}} \right)^2 \quad (6)$$

ここで、 i は産業、 e_{ii} は残差、 s_{ii} は数値の不確かさである。

この手法を用いて電力産業について技術の抽出を試みた。データとしては、1970 年から 1990 年までの接続産業連関表を用いた。また、産業分類については農業、鉱業、軽工業、化学、窯業土石、金属、その他製造業、建設、電力、運輸、その他第三次産業の 11 部門に統合したものをを用いた。

図-2 に抽出された技術の投入係数を、図-3 にそれらの寄与率の変化を示す。技術 1 は化学と鉱業から多く投入していることがわかる。化学からの投入は重油、鉱業からの投入は石炭や天然ガスと考えられる。これに対して技術 2 は、技術 1 に比べて化学、

鉱業からの投入が少なく、特に化学からの投入が少ない。技術 1 は燃料として重油を多く投入する発電技術、技術 2 は燃料の使用量を減らし、特に重油への依存を減らした発電技術と考えられる。

寄与率を見ると、1970 年は技術 1 が大部分を占めていたが、1980 年にかけて減少し、ほとんどが技術 2 による生産へ移行したことがわかる。原油価格の高騰により、大半を重油に頼った電源構成から石炭や天然ガス、原子力などの比重を高めた結果と考えられる。

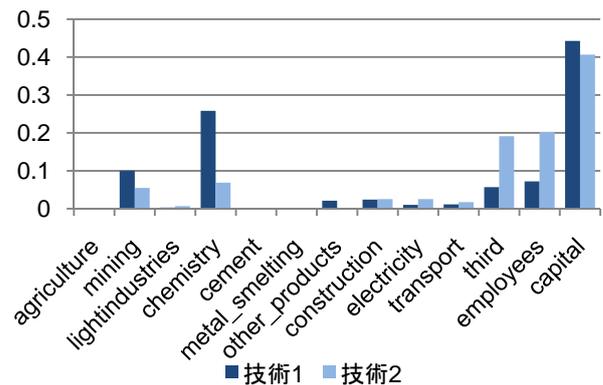


図-2 技術抽出の結果

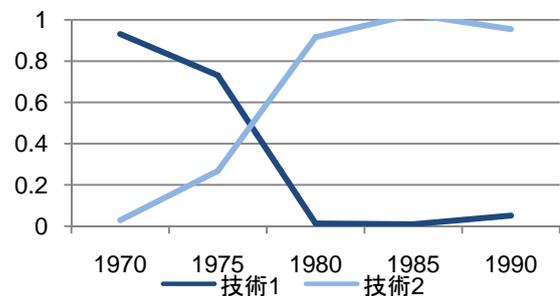


図-3 寄与率の推移

(2) σ の推定

(1)でもとめた技術の投入係数から、それぞれの時点での技術の単位生産コストを計算し、式(7)に従って最小二乗法により σ を推計した。

$$\ln \left(\frac{g_t^k}{g_t^{k'}} \right) = -\sigma \cdot \ln \left(\frac{p_t^k}{p_t^{k'}} \right) + \ln \left(\frac{\alpha^k}{\alpha^{k'}} \right) \quad (7)$$

ここで、 p_t^k は時点 t における技術 k の単位生産コスト、 α^k は技術 k に関する定数である。

推計の結果、弾性値 $\sigma=39.81$ 、重相関係数は 0.962 という結果が得られた。