

環境税と消費者選好のリンケージ効果について

On linkage effects between environmental taxes and consumer's preferences

鷲田 豊明*

2005 年 10 月 2 日

概要

環境税などの環境経済政策の評価をする場合、これまでは、与えられた環境のもとで企業や消費者などの経済主体の反応の結果からくる政策効果を分析していた。理論的には、その場合、環境の変化と消費者の選好を分離可能なものとする場合が多かった。そのために、政策効果としての環境の変化が、さらに消費者の選好を変化させるという側面が見落とされがちだった。今日、グリーン・コンシューマーやグリーン調達が大きなテーマになっている。これは、環境意識を通して環境が消費者の選好に影響を与えることを意味している。

本論文では、このリンケージ効果を理論的に、また定量的に分析する。具体的には、環境が消費者の選好に与えるリンケージ効果を、まず、理論的に分析する。基本的にそれは、効用関数において複数の一般財と環境の水準（大気汚染、温暖化、生態系など）を分離不可能とすることから始まる。これまで、環境を含む効用関数の理論的分析は、環境クズネット曲線、二重の配当論、環境と貿易の関係などの分野で数多く行われてきたが、環境と一般財が分離可能になっているために、環境の変化が消費者選好に影響を与える側面を無視する場合が多かった。ただ、実際に分離不可能とすると、理論的には様々な場合が出てきてしまう。環境の改善が、より環境の改善を促すような消費者選好を生み出す場合も、逆に、環境の改善を相殺するようなネガティブな効果を生み出す場合もある。

そこで、地球温暖化税を対象に、応用一般均衡モデルを用いてシミュレーションを行った。環境の改善を温暖化ガスの国際目標達成率にして、環境と一般消費財が分離不可能な効用関数に組み込み、二酸化炭素排出 1 トンあたり 10,000 円の課税をずとした。その結果、直接の排出削減量は 9800 万トンになる。それは京都議定書目標削減量の約 60 パーセントを達成することを意味する。さらに、この目標達成率という環境改善によるリンケージ効果によって、消費者がさらに反応する。このリンケージ効果による追加的削減量は 280 万トンになった。最近政府のまとめた京都議定書目標達成計画における、民生部門の省エネルギー法によるエネルギー管理の徹底からくる削減量に匹敵するものである。リンケージ効果は無視しがたい水準で存在することが確かめられた。今後、こうした分離不可能性を前提とした研究がより徹底的に行われる必要があることが明らかとなった。

1 はじめに

消費者や企業などの経済主体の自発的対策を促進させる環境政策がいっそう重要になってきている。規制や命令は特定の環境対策を確実に、あるいは緊急に行わなければならないときは有効でありまた必要となる。しかし、地球環境問題のように、われわれの生活様式そのものが長期的にまた深刻に生態系を劣化させるような場合には、個々の経済主体の意欲や工夫を生かし、結果的に広がりを生むことができる政策が切実に求められるのである。

経済主体の自発的環境対策を推進させるものは、個人のあるいは集団の環境意識である。明らかに、個人にはどのような環境をどの程度大切にしたいかについて差異がある。環境意識はそれに

* 上智大学大学院地球環境学研究所教授 tel.03-3238-4366 <http://washida.net>

応じて様々な色合いを持っている。環境意識は個人の価値観の中に環境の状況が組み込まれていることを意味している。今日注目されているグリーン・コンシューマーによるグリーン購入は、消費者の選択においても、このような環境意識が影響を与えるということである。すなわちそれは、環境に対する評価・価値意識と経済活動としての消費者の選択が連動しているということである。

このような環境と消費者の経済財評価（消費者選択）との連動はこれまでで経済学の分析対象となってきた。第1に、CVMやコンジョイント分析など環境そのものの経済価値を評価するという環境経済学的手法もこの一種である。このテーマではすでに数多くの理論的、実証的研究が発表されてきている。この手法においては、個人の環境に対する経済的選好をとらえるものの、一般に、環境に対する評価は通常の消費選択から分離されている。特殊なものとして、商品のLCAでとらえた温暖化ガス排出負荷などの環境属性に対する評価をコンジョイント分析などによってとらえる環境経済評価もある。この場合は、商品に帰属された環境負荷であり、それから独立に存在している通常の環境と消費者選択の関係ではない。

第2に、環境と経済を統合させたモデルを用いて、環境税などの政策評価や二重の配当問題、環境と貿易の関係、さらには環境と経済成長の関係あるいは環境クズネット曲線などの分析する場合に、消費者が通常財ばかりではなく、環境に対する評価も与えることを前提にした分析がおこなわれてきた。この場合、消費者の効用関数の構成が注目される。環境が効用関数に組み込まれ、消費者の厚生水準が環境の影響を受けるようになっていることは連関の前提である。しかし、それがただちに、環境が消費者の消費行動に影響を与えることを意味しているわけではない。すなわち、環境と消費が分離可能になっているのか、分離不可能な構造として効用関数に組み込まれているのが重要な問題になるのである。

環境と消費が効用関数上で分離可能になっていれば、環境水準は消費者の選択に影響を与えず、単に厚生水準を変化させるだけである。これは、消費者が環境を意識した行動をするようなアクターとして機能しないことを意味する。したがって、環境を意識した消費者を経済分析上明示的に扱うためには、効用関数の分離可能性の仮定をゆるめることがどうしても必要である。しかし、これまでの環境経済学に関わる研究において、このような分離可能性の仮定をゆるめた分析は少ないのである¹。

このような状況の中で、これまでに発表された幾つかの分離可能性を前提としない論文に注目する。

Ebert and Hagen [7] では、分離不可能な効用関数を前提として、不完全競争下のピグー税の効果について理論分析を行っている。それによって分離可能な場合に比べてより複雑になり、消費者の限界被害がゼロであっても、環境の変化が消費者の選好を変化させること考慮に入れざるを得ないために、ゼロでないピグー税が求められる可能性などの結果が導き出されている。

Carbone and Smith [4] は、大気汚染を効用関数の中に分離不可能な形で組み込み、エネルギー税の雇用水準や大気汚染水準に与える影響などを、応用一般均衡モデルを用いてシミュレーション分析している。この分析で特に興味深いのは、一般均衡解の計算にあたって、大気汚染水準がシミュレーションの過程で固定している場合と、大気汚染水準も変化し、分離不可能な効用関数をとおしてのフィードバック効果を考慮した場合の両者を計算しているところである。すなわち、それは本論文におけるリンケージ効果を抽出しているとも考えられるのである。

¹環境と経済成長との関連が論じられる場合には、経済構造の単純化が求められる、あるいはそれが許される関係でそもそも一般経済財が複数組み込まれていない場合が多く、環境は事実上経済厚生水準にしか影響を与えなくなってしまう。Xepapadeas [17] がこの分野の全体的レビューを行っている。あるいは Andreoni and Levinson [1] などがある。環境税に関する政策評価分析や二重の配当に関する分析では、そもそも効用関数に環境を組み込む必然性がないので、そのような構成にしている分析も多い。環境が効用関数に組み込まれている場合も、弱分離可能性が仮定されている。この点では、例えば、Bovenberg and Mooij [2], Bovenberg and Goulder [3] などがある。環境と貿易の関連を論じた論文でも分離可能性を前提としているものが多数である。たとえば、Perroni and Wignle [12]。

Schwartz and Repetto [14] は、環境税の二重の配当を巡るこれまでの議論が、効用関数において環境が弱分離可能であったことによるゆがみがあったと指摘する。これまで指摘されてきた「環境税が労働者の実質賃金を減少させ労働供給を低下させる」という悪影響は、分離不可能な効用関数のもとでは、環境改善によって労働供給が増加する効果によって相殺されることを理論的に明らかにするとともに、実証研究の必要性を指摘している。この場合は、環境の質と労働供給（余暇選好）のリンケージ効果である。

Espinosa and Smith [8], Smith and Espinosa [15] も注目に値する。この論文は、環境汚染を組み込んだ応用一般均衡モデルを用いて貿易政策が各国の経済に与える影響を分析している。興味深いのは、Stone-Geary 型効用関数を用いていることである。環境組み込まない形での通常の Stone-Geary 効用関数は、各財の subsistence level を与えられたパラメータとすれば、単に Cobb-Douglas 型効用関数の一般化であり分離可能性は明示的に表れないが、この論文では、この生存水準が環境水準によって決定されるとして、直接的な形での環境と消費選好との間の分離不可能性を導入している。理論的にも応用的にも発展可能性を持った定式化である。

Daitoh [5]、大東 [6] も興味深い。この論文は、環境汚染的な都市工業をもつ二重経済モデルにおいて環境税の効果を分析している。環境汚染が消費者の厚生水準を低下させるばかりではなく、消費の限界代替率を変化させる（すなわち分離不可能である）ことに分析の焦点を当てている。効用関数としては Cobb-Douglas 型を想定しているものの、工業製品と農村生産物についてのシェアパラメータを汚染の関数とすることによって、環境と消費の分離不可能性を導入しているという点で、はっきりと特色を示している。

これらのうち、Carbone and Smith 以外の論文においては、環境と経済が同時均衡しているので、環境の質が消費構造に与える程度を理論的あるいは実証的にとらえる試みは行われていない。環境が分離可能な要素となっていたこれまでの研究との比較ではこの効果を分離して理論的に、実証的に示すことは重要な意味を持っている。またそれは、環境が消費に与える影響であるから、消費における環境意識の効果を分離してとらえことにもつながり、今日の環境政策で注目されている自発的対策促進などの市民型・参加型環境政策の意義を明らかにすることにもつながると考えられる。

本論文では、環境の質が消費パターンに与える影響に分析の焦点をあて、環境の状態が消費者の選好を変化させることについての一定の理論的枠組みを与えると共に、代表的環境政策として環境税が導入された結果としての環境の変化と消費者選好の変化とのリンケージ効果について分析する。それによって、環境政策の評価を、もう一つ広い視点からおこなう可能性を示唆したいと考えている。

本論文は次のように構成される。第 2 節では問題を提示する。第 3 節では、簡単な理論モデルによって消費者選択理論との関連を考察する。第 4 節では、応用一般均衡モデルを用いてリンケージ効果の潜在量について日本経済を対象にしたシミュレーションをおこなう。最後に全体としてのまとめを記述する。

2 リンケージ問題

環境が消費者の選好に入ってくる経路には直接的なものと間接的なものがある。消費者の生活している圏域の中に環境汚染、生態系破壊、廃棄物問題などの環境問題が存在する場合、これは直接的な形で消費者の厚生水準に影響を与えていることになる。一方、必ずしも消費者自身が訪れることのない地域における環境問題、あるいは漠然と将来世代のために良好な環境を残しておこうなど

という動機に関わる環境問題などは間接的なものとなる。いずれも、消費者の選好に加わるべき環境問題である。

経済学は、こうした形で選好に影響を与える環境問題を積極的に研究のテーマとして位置づけてきた。たとえば、最適な汚染が限界被害と限界削減費用（あるいは限界便益）が均等する点で与えられるという場合の、限界被害、あるいは被害一般には、単に実際に支払われた費用に限らず、不快感などという精神的なものも含まれる。汚染によってもたらされる不快感、あるいは希少な生物種が失われることによる悲しみは、消費者の厚生水準の低下であり、被害として勘定されるべきものである。また、理論分析では、動学的経済モデルの効用関数の中に環境の質を組み入れることによって、経済成長経路に環境が与える影響を分析したものが多数存在する。

ただし、これらの経済学的分析は、主に、環境の質が消費者の全体的な厚生水準を変化させるという含意は存在しても、消費パターンにどのような影響を与えるのかという点に焦点を与えることはあまりない。環境が消費と代替関係にあるという想定が組み込まれていれば、分析上、十分だったのである。しかし、環境の質と消費者の選好について、少し考察を深めると、このような単純化の不十分さが浮かび上がる。

たとえば、休日に近隣を家族で散歩するだけで十分に息抜きになっていた人も、地域の大気が汚染されれば、あるいは身近な自然が失われれば、人々はレクリエーションのために地域を離れ、より豊かな自然を求めて遠出をしなければならないようになる。彼（彼女）らは、ほかの消費財に対する支出を切りつめて、レクリエーション費用を捻出せざるを得なくなる。

現在、グリーン購入や環境マーケティングといわれる分野において、消費者が環境配慮型の商品を選択する傾向が強くなり、地球温暖化問題や廃棄物問題の解決に向けて、消費者の環境指向はいっそう注目されるようになってきている。これもまた、消費者の選好に関して、消費と環境とのリンケージを表現するものである。すなわち、消費者は環境負荷の大きな商品からより小さな商品へと消費を代替させることによって、温暖化ガスや廃棄物の削減という環境を手に入れようとする。環境に配慮した商品が、そうでない商品よりも白色度が落ちたり、他商品質に問題があったり、より手間のかかるものであっても、そうしたことによる満足度の低下は、環境保全によって補われるというわけである。

このような消費者の選好を巡る消費と環境の相互関係とは別に、消費者の行動が物理的、技術的あるいは経済的に環境に影響を与える側面も無視できない。たとえば、地域環境汚染の例の場合は、人々が地域環境の劣化の結果としてマイカーで遠出をするようになるとそれによって地域環境がさらに悪化する可能性がある。環境配慮が他商品の場合は、消費者自身が期待するように、消費をとおして発生する全体としての環境改善（二酸化炭素や廃棄物の排出削減など）が実現するのは、選好上の関係ではなく物理的、経済的関係である。

これらの二つの関係は、図 1 にあるように、それぞれ双方向というものでは必ずしもない。まず、選好を通じた関係を見ると、消費者にとって環境は自らコントロールできないものであるから、与えられたものとして財・サービスの消費を考えなければならないことに気づく。環境に配慮した商品を買うときに、それがもたらす環境への影響を考慮する可能性はあるが、あくまで期待であり、またこの消費者にとってその影響が小さいことも理解しているにちがいない。一方、経済・技術関係は財・サービスの消費の結果として発生するものであり、選好の関係とは逆の方向への関係である。

二つの関係を区別すると、さらにそれらの間の関係がどのようなになっているかという疑問がわく。地域環境汚染の例によれば、環境悪化が人々のマイカー指向を増加させ、地域環境を累積的に悪化させるというシナリオが浮かんでくる。消費者の環境指向商品の選択では、それが環境改善をもたらすことによって、たとえば、人々の環境指向がより強まる、あるいは逆にそれが弱まってし

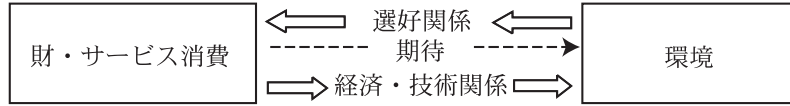


図 1: 環境と消費のリンケージ

まうなどの連鎖的な効果が考えられるのである。

このような選好と環境との連鎖効果を本論文ではリンケージ効果 (linkage effect) と呼んでいる。リンケージ効果を見逃すことによって環境政策の評価を正しく行えない場合も考えられる。以下では、まず、リンケージ効果が理論的にどのように考察されるかを示し、さらには実証的・定量的な概念を得るためにシミュレーション分析を行う。

3 リンケージ効果の理論

環境の質が消費選択に影響を与える場合を考えてみよう。

簡単化のために消費者の選択対象になっている商品が 2 つしかないとし、それらを第 1 財、第 2 財と呼び、それぞれの量をそれぞれ x_1, x_2 であらわす。また、消費者の選択に影響を与える可能性のある環境が 1 つだけ存在し、その環境の質を z であらわすことにしよう。ただし、 z は、大きくなればなるほど消費者にとって良好な環境を表現するとしよう。効用関数を次のようにあらわす。

$$U = U(x_1, x_2, z) \quad (1)$$

効用関数は連続微分可能で、二つの商品の正の消費量に関して準凹性を満たしているとしよう。いま、環境の水準が z^0 である状態で、消費者がある予算制約の下で効用最大化をしたとする。そのとき実現した効用水準を U^0 とする。また、このときの最適な消費水準を x_1^0, x_2^0 とする。この状況は、図 2 の実線の部分であらわすことができる。

いま、環境の質が z_1 に変化したとしよう。仮に、環境はよい方向に変化したと仮定する。もし、効用関数が環境と二つの商品消費に関して弱分離可能 (weak separable) なものである場合、環境の変化は商品の構成に何ら影響を与えない。弱分離可能である場合、環境の質の変化は二つの商品の限界代替率を変化させないからである (Pollak and Wales [13], Leontief [11], Foster [9])。

効用関数が環境と商品消費に関して分離不可能な場合、環境の質の改善は商品選択に何らかの影響を与える。財が正の価格を持ち消費者が予算を使い尽くす形で予算制約に従っている限り、ある財を一方向的に増やしたり減らしたりはしない。図 2 で言えば、第 1 財を増やし消費構成を (x_1^1, x_2^1) に変化させるか、逆に第 2 財を増やし消費構成を (x_1^2, x_2^2) に変化させるかのいずれかである。

いま、二つの商品の価格を p_1, p_2 とすると、環境の質 z の変化に対する第 2 財の消費量 x_2 の変化する方向は、次の式の符号によって決定される。当然、 x_1 の変化はその逆となる。

$$\frac{dx_2}{dz} = \frac{p_1 \left(\frac{U_{1z}}{p_1} - \frac{U_{2z}}{p_2} \right)}{p_1 U_{11} - U_{21} - U_{12} + \frac{p_1}{p_2} U_{22}} \quad (2)$$

ここで、 $U_{ij}, i = 1, 2; j = 1, 2, z$ は効用関数 (1) の第 i 商品 ($i = 1, 2$) に対する一次微分係数に対する第 j 商品 ($j = 1, 2$) または環境の質 (z) についての二次微分係数をあらわしている。

ここまでの情報で、(2) 式の符号は確定できない。すなわち、環境 (z) の変化に対して、財に対する選好がどのように変化するのは一般には確定できないのである。そこで今、第 2 財に環境の

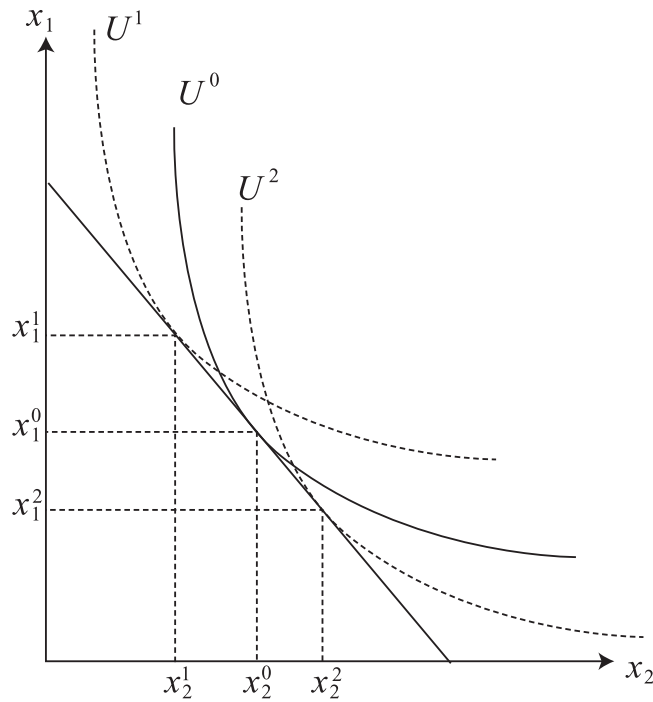


図 2: 環境の変化による選好のシフト

変化が与える影響に注目して、次のような関係を想定する。

$$x_2 = f(z) \tag{3}$$

f は環境 z のもとで、他の外生的経済変数が変わらないという想定のもとで決定される第 2 財に対する需要を与える関数である。 z は、消費決定において与えられているものであるが、もう一方で、消費水準が決定されると、その結果としての環境の水準 z が決まる。この関係は、経済的・技術的關係によって規定されるものである。いま、この関係を次のようにあらわす。

$$z = g(x_2) \tag{4}$$

いま、この第 2 財が環境に対してネガティブな影響を与える財とすると、 z は環境の良好さをあらわす変数なので、関数 g は右下がりになるべきものである。

消費者は、与えられた環境のもとでおこなう消費の結果もたらされる新しい環境への再調整が余儀なくされるが、そのプロセスをこの二つの関数によって表現できる。(3) 式であらわされる選好と環境との関係については右上がりである場合と右下がりである場合の二つがあり得るのだが、ここでは右下がりである場合について少し詳しく検討しておこう。右上がりである場合については、同じような分析を容易におこなうことができる。

問題を単純化して、それぞれの関数が適当な直線で描かれると仮定し、その傾きについて図 3 のような状況にあったとしよう。

消費者が初期の環境水準 z_0 のもとで消費水準を決定し、第 2 財については x_2^0 となったとしよう。この関係は選好関係 f によって図のように与えられる。次にこの第 2 材の消費水準は、経済的・技術的關係から環境に影響を与え、それは関数 g によって決定される。図の場合その水準は z_1 となる。図の場合、このようなことが繰り返されると、ある均衡点に落ち着くことがわかる。その

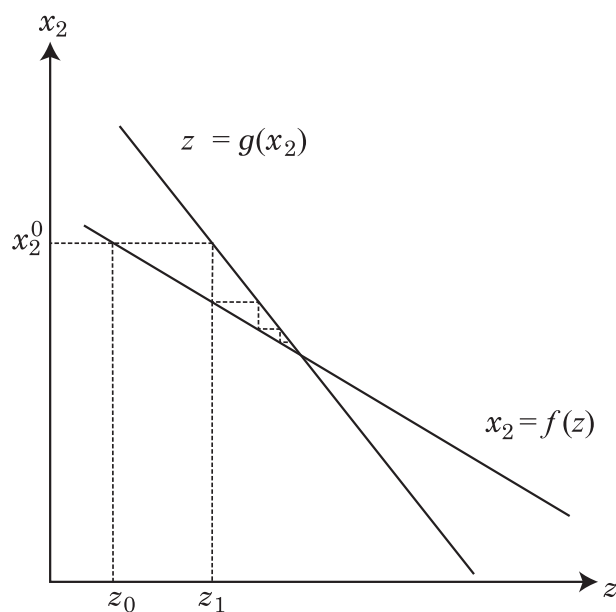


図 3: 消費と環境水準の決定構造

均衡点は安定なのである。一方、この二つの関数の傾きの大小が逆になっている場合、均衡点が不安定となることは容易に確かめられる。

一般に、この二つの関数の傾きがどのようになるかをいうことはできない。しかし、(1) 環境の変化に対して、それほど大きく消費者の第 2 財消費が反応することがない、あるいは (2) 消費 (x_2) の変化に対して、経済的・技術的過程をへる環境水準が、それほど大きく変化することがなければ、この図のように、安定な均衡が生じやすいことが予想される。

4 温暖化対策税のリンケージ効果：シミュレーション

4.1 効用関数の特定化

リンケージ効果の規模について知見を得ると同時に、リンケージ効果の実際をみる上で考慮しなければならない点を確認するために、一つのシミュレーションを行う。税としては、国内の二酸化炭素削減を目的とする温暖化対策税をとりあげる。環境水準は二酸化炭素の削減水準とする。通常環境水準とは異なるが、京都議定書の中で約束している日本の削減目標に対する国民的関心の強さを考慮すると、それが地球環境の一つのシンボルという意味を持っているとみなせる。

シミュレーションは、環境・廃棄物関連部門、要素をより詳細にはめ込んでいる 40 部門分類の応用一般均衡モデル EPAM を用いて行う。EPAM の詳細については別の著作を参考にさせていただきたい (鷲田 [16])。

EPAM は二酸化炭素排出に課税する仕組みはもともとはめ込んである。新たに必要なのは消費者が環境に対する選好を表現できるように、効用関数を設定することである。いま、環境水準をあらゆる二酸化炭素排出削減目標の達成率 (%) を z とする。 z は次のように定義される。

$$z = \frac{\text{初期排出水準} - \text{実現排出水準}}{\text{初期排出水準} - \text{目標排出水準}} \times 100$$

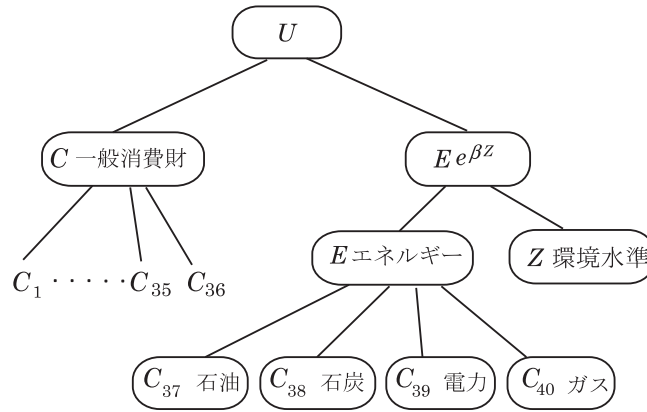


図 4: 効用関数の構造

これを含む効用関数は、次のように定義される。まず、EPAM の効用関数は、エネルギーと他の財との間に弱分離可能性の仮定をおく。エネルギーは電力、石油、ガス、石炭、エネルギーから構成され、その四つのエネルギーによる CES 型効用関数の効用水準としてエネルギー合成財を E の水準が与えられる。一方、残りの 36 の一般財からなる CES 型効用関数によって与えられる合成消費財の水準をサフィックスなしの C とおく。それらをまとめた CES 型の主効用関数は次のように与えられる (図 4)。

$$U = \left\{ \phi C^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} + (1-\phi)(Ee^{\beta Z})^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \right\}^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} \quad (5)$$

ここで、 ϕ はシェアパラメータ、 α は代替の弾力性である。 β は環境の影響強度に関わるパラメータで、正であると仮定し、 e は自然対数の底である。

この二つの合成財 E と C はまた、それらを構成している諸財からなる CES 型効用関数になっているのだが、ここではその詳細を省略する。

(5) 式の効用関数における、環境水準としての温暖化ガス排出削減目標達成率 z のはめ込み方にはさらに説明が必要だろう。このように効用関数の中に入っていることによって、合成エネルギー財 E と合成消費財 C の選択に関して環境は分離不可能となり、環境の変化は両者の選択に影響を与える可能性が出てくる。このような関数形の場合、 β を特定化するだけでは、環境水準の変化が消費とエネルギーにどのような影響を与えるかは一意に確定できない。ただし、環境の水準は、 C に含まれる 36 の一般消費財の間の限界代替率には影響を与えない。逆に、 C はエネルギー E の 4 つの財の間の限界代替率、あるいは E と環境水準 Z との限界代替率に対して影響を与えないという点では、分離可能性を有している。その意味で、この効用関数において分離不可能性は限定された形で入っているといえる。

温暖化ガス削減目標達成率とエネルギーの限界代替率が、一般消費財の消費水準の影響を受けず、分離可能になっていることは、消費者は、環境とエネルギー利用を直接に代替的なものとみていることを意味する。言い換えれば、消費者は、エネルギー利用の削減による効用水準の低下は他の消費とは無関係に、温暖化ガス削減目標の達成率の向上によって相殺可能とみているのである。

効用関数の中にはめ込まれている $Ee^{\beta z}$ については次のような前提のもとで、特定化されている。 $V = Ee^{\beta z}$ とすると、 V はエネルギーと環境に関する合成効用と考えてよい。 $z = 0$ の場合は、温暖化ガスの排出水準は現状に一致するので、環境については何らポジティブな評価が与えられず、 $V = E$ である。

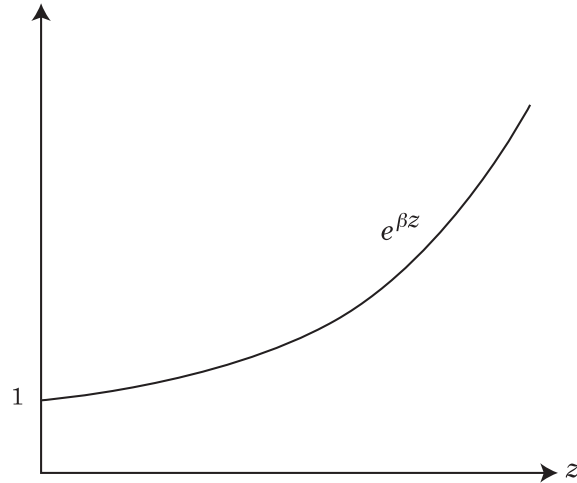


図 5: 環境の評価水準

図 5 のように、温暖化ガス排出削減目標達成率 (z) の高まりにつれて、その効用評価である $e^{\beta z}$ は幾何級数的な増加を示す。限界効用が逡増している。これは、限界的な排出削減コストが逡増するにつれて、社会もまたその評価水準を加速度的に増加させることを意味する。もちろん、この限界評価の逡増の強度は、 β の値によって変化する。

4.2 パラメータの決定

この β も含めた、モデルの各パラメータの数値決定方法、すなわち応用一般均衡分析におけるキャリブレーションの方法を説明しておこう。 $z = 0$ のとき、 $Ee^{\beta z} = E$ となるので、 β 以外のパラメータについては環境を含まないモデルにおけるキャリブレーション結果がそのまま適応可能になる。この点については、鷲田 [16] に現実データからのパラメータ決定方法が詳細に説明されているので、それを参考にさせていただきたい。 β については、 E と z の限界代替率が、価格の比率に等しくなるように決定する。先に述べたようにこの限界代替率はこの関数の場合 C に依存しない。

すなわち、ここで E の価格を p^E とし、 z すなわち温暖化ガス排出削減目標達成率 1% の評価価値を p^z とすると、

$$-\frac{dE}{dz} = \beta E = \frac{p^z}{p^E}.$$

すなわち、

$$\beta = \frac{p^z}{p^E E} \quad (6)$$

によって、 β を決定することにしよう。

ここで、実際のデータからこれらの数値決定手続きを示す。まず、 z についてである。EPAM における、温暖化ガスは二酸化炭素のみに限定していて、その 2000 年の初期排出水準は、12 億 4229 万トンである。環境省の公式排出水準とは、モデルの特定化上若干のずれがあるが無視する。1990 年からの 6%削減水準を 10 億 7740 万トンと設定し、先の定義に基づいて z を与えることにする。

z は達成率の%が単位であるが、その 1%は、164.89 万トンをあらわしている。この評価価値 (p^z) をどのように決定するのかというのが、一つの重要なポイントである。様々な考え方があり得る。た

例えば、EUで行われている温暖化ガス排出権取引市場で成立している価格を用いる方法も考えられる²。あるいは、スウェーデンの環境研究所 (IVL: Swedish Environmental Research Institute) が開発し、CPM (Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems, Chalmers University of Technology) が管理している EPS (Environmental Priority Strategies in product design) も二酸化炭素の貨幣価値換算値として日本の環境会計、環境報告書などで実際に用いられている³。このような換算値は、自然科学的手法のみで決められるものではなく、人々の何らかの形で評価価値が加えられるものである。ここでは、その点を考慮して、日本においてライフサイクルインパクトアセスメントの枠組みの中で開発された LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) の値を用いる⁴。

LIME によれば、二酸化炭素の評価価値は 2,180 円/CO₂-ton である。これを用いると、二酸化炭素排出量 1%削減の総価値は、3,595 百万円/CO₂-ton となる⁵。

一方、 E および p^E は、実際の水準、価格ではなく、エネルギーの合成財の量および価格であり、それぞれの個別量はモデルの化かでは決定できないものだが、 $p^E E$ については、初期状態で四つのエネルギーについての消費者の総需要額であることが理論的にわかっている⁶。そこで、限界代替率を一般均衡の初期状態とすると、 $p^E E$ は 100,637,087 百万円となる。結局、(6) 式から、 β は次のように求められる。

$$\beta = 0.0003572$$

EPAM に含まれるその他のパラメータは、モデルと現実データとのキャリブレーションによって決定されるか、または外生的に与えられたものである。(5) 式の効用関数に限定すれば、 ϕ は、キャリブレーションによって決定され、弾力性である α は外生的に与えられる。それぞれの値は次のようになっている。

$$\phi = 0.9896$$

$$\alpha = 0.6$$

弾力性は 0.6 と設定しているので、合成消費財価格に対する合成エネルギー財価格の比率が 1%変化すると、両者の合成財の消費比率は 0.6%変化することを意味する⁷。 ϕ は合成エネルギー財に比較して合成消費財のウェイトを示している。

4.3 シミュレーション

EPAM の初期状態は、2000 年の日本経済を再現するように、パラメータのなどが設定されている。この初期状態に対して、二酸化炭素トンあたり 10,000 円の課税をするという政策シミュレーションを行う。その結果、二酸化炭素の排出量は 9854.9 万トン削減し、総排出は約 11 億 4374 万トンとなり、全体で 59.8%の削減目標達成率となる。すなわち、環境水準 z は 0 から次の値まで増大したことになる。

$$z = 59.77$$

²<http://www.pointcarbon.com/>などを参照

³<http://eps.esa.chalmers.se/> 参照

⁴LIME の構造については、Itsubo, Sakagami Washida et.al.,[10] を参照。ここでは、平成 16 年度の調査結果の値を用いている。

⁵EPAM の金額単位は百万円であり、二酸化炭素の排出量単位は二酸化炭素換算トンである。

⁶鷲田 [16]、p.198 を参照。

⁷この弾力性の与え方については、鷲田 [16] を参照。

ステップ	排出量 (万トン)	追加削減量 (万トン)	目標達成率 (%)	$e^{\beta z}$
初期状態	124228.7	-	-	-
二酸化炭素課税	114373.8	9854.9	59.77	1.02158
リンケージ 1	114101.6	272.2	61.42	1.02228
リンケージ 2	114094.1	7.5	61.46	-

表 1: リンケージ効果のシミュレーション結果

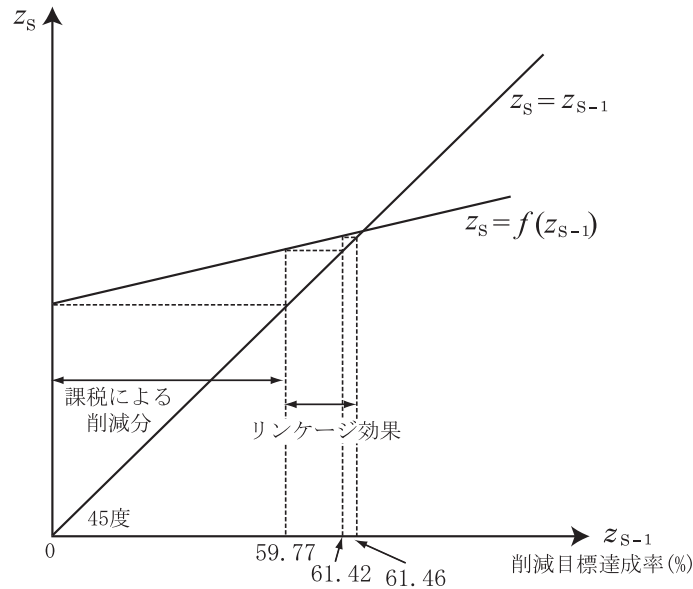


図 6: シミュレーション結果のイメージ図

すなわち、

$$e^{\beta z} = e^{0.0003572 \times 59.77} \simeq 1.02158$$

である。

この値を設定してシミュレーションを行うと、二酸化炭素の総排出は約 11 億 4101.6 万トンとなり、さらに 272.2 万トンの削減となる。これによる初期状態からの削減目標達成率は、61.42%となり、これによって次のステップに進むことができる。

$$e^{\beta z} = e^{0.0003572 \times 61.42} \simeq 1.02218$$

であり、これをはめ込んでシミュレーションをおこなうと、総排出量は 11 億 4094.1 万トンとなり、前の状態よりさらに 7.5 万トンの削減となる。

ここまでのステップで終わるとすると、炭素税の直接効果ではなく、リンケージ効果による削減総量は 279.7 万トンとなる。

結果を表 1 にまとめると共に、シミュレーションのイメージを図 6 で、スケールをやや誇張する形であらわしている。横軸は、シミュレーションに先立って与えられる二酸化炭素の排出削減目標達成率 (z_{s-1} , $s = 1, 2, 3, 4$) である。縦軸はシミュレーションの結果として与えられる目標達成率 (z_s , $s = 1, 2, 3$) である。 $z_s = f(z_{s-1})$ は応用一般均衡モデルによって与えられる両者の関係を表している。リンケージ効果の部分はもっと小さくあるべきだがわかりやすく大きく表示している。

	合成消費価格	合成エネルギー価格	合成消費（一般）	合成エネルギー消費
初期状態	9.802	2.424	27641759.1	4151883.5
二酸化炭素課税	9.849	2.686	27489613.2	3893896.3
ステップ 1	9.852	2.686	27497944.1	3861951.1
ステップ 2	9.852	2.686	27498173.1	3861073.3

表 2: 合成財価格と消費量の変化（「価格 × 合成財量」の単位：百万円）

4.4 シミュレーション結果の解釈

リンケージ効果による削減分である 279.7 万トンとはどのように評価されるだろうか。必要とされる総排出削減量の 1 億 6 千万トンと比較すれば小さいように見える。しかし、政府が 2005 年 4 月にまとめた京都議定書目標達成計画に示されている削減のための対策・施策ごとに示されている排出削減見込みと比較すると、それらの一つの施策分ほどの意味を持っていることがわかる。たとえば、公共交通機関の利用促進によってめざす削減量は約 380 万トンであり、バイオマスの利活用の推進による削減目標量は約 100 万トン、民生部門における省エネルギー法によるエネルギー管理の徹底では約 300 万トンの削減をめざすという。これらと比較しても、リンケージ効果による 272 万トンは決して無視できる数字ではないことがわかる。

ところで、このようなリンケージ効果は、どのような因果関係で発生するのだろうか。本節の初めにも述べたように、効用関数である (5) の特定化から、ただちに環境改善（二酸化炭素排出削減の目標達成率の増加）が、より環境負荷（温暖化ガス排出）を出す方向で経済活動に影響を与えるのか、逆に環境負荷を削減する方向で影響を与えるかについて確定することはできない。しかし、シミュレーションの結果から、環境改善は、より環境負荷を削減する方向に経済活動を導くようになっている。それは、環境改善に伴う消費者選好の変化が、一般消費財とエネルギー財の量的組み合わせの変化を導き、それが結果的に環境負荷の改善につながったことを意味する。

問題は、なぜ環境の改善が環境負荷を減少させる経済活動にシフトするのかである。応用一般均衡モデルであるために、その変化は全体に波及しているが、直接的なところは消費部面である。環境の変化が一般財に対する消費と環境負荷を直接生み出すエネルギー財の消費にどのような影響を与えているかを見るのが重要である。環境である二酸化炭素削減目標の達成率の変化がエネルギー財に対する消費を抑制するからこそ全体の環境負荷（二酸化炭素排出量）を減少させているのである。

モデルの効用関数はネステッドなものになっている。すなわち、モデルには石油、石炭、電力、ガスの四つのエネルギー関連財を含む 40 の財が組み込まれているが、効用関数はいったんそれらを合成消費財（36 の一般消費財に関する）とエネルギー合成財（石油、石炭、電力、ガスに関する）の二つに分け、トップレベルの CES 型効用関数を構成し、さらにそれらの合成財が構成する財を含むより詳細な CES 型効用関数から成り立つという、構造を持っているのである。

この二つの合成財に関わるシミュレーション結果を表 2 にまとめた。合成財そのものは現実的単位を持っていない、一種の効用単位であるが、価格をかけたものは百万円という単位を持っていると考えてよい。

ここで注目すべきことは、二酸化炭素税がかけられると合成消費財の消費量もエネルギー合成財の消費量も減少する。負の所得効果が強く働くのである。当然のことながら、エネルギー合成財の消費量の落ち込みの方が激しい。しかし、それによる削減目標達成率の影響（リンケージ効果のステップ）においては、二つの財の反応が逆になっている。すなわち、一般合成消費財の消費量は一貫した増加傾向を示すが、エネルギー合成財は逆に一貫した減少傾向を示すのである。

このことから消費者は次のように反応していることがわかる。環境が改善していることからくる満足度の増加が、それと代替関係にあるエネルギー利用の満足度増加に関する効率を高める。すなわち、環境が改善していること（二酸化炭素削減目標達成率の増大）によって、エネルギー系財（石油、石炭、電力、ガス）の利用から満足度の増加効率を高め、コストのかかるエネルギーの利用はほどほどにし、その余剰資金を一般消費財の購入に回すことによって、全体としての満足度をより高めようという選択になっていることを意味する。

「環境のために環境負荷を生み出す財の消費を避ける」という消費者行動は日常的に観察でき、強弱様々なグリーン・コンシューマーとして実際に存在している。これは、環境負荷を与える財と環境そのものが他の一般財とは分離可能な形で代替関係にあることを示唆している。これを組み込んだのが(5)にあらわれている効用関数である。このような消費者にとっては、逆に、環境が改善されれば、それによって増加する満足度のために、あえて環境負荷を生み出すような消費の増加を求めなくてもよいことを意味している。その費用を節約して環境負荷の少ない一般財の購入に向けた方が効用を高めるということに気づくのである。

5 まとめ

本稿で取り上げている問題は単純なものである。人々の消費嗜好は環境に影響を与えるが、同時に、環境もまた消費者の嗜好に影響を与える、ということである。人々の自発的行動が注目される今日、このリンケージに注目しなければならないことを示したかった。本稿では、若干の理論的検討と温暖化ガス排出をめぐるリンケージ効果のシミュレーションをおこなった。理論的な検討も、ここではプリミティブなものにとどまっているので、もっと広げまた深める必要がある。シミュレーションに関しても、消費者嗜好に与える環境を温暖化ガス削減目標達成率として分析した。このような分析はきわめて重要であり、リンケージ効果が無視できないことを示せたことによって、基本的に成功していると考えている。

課題もある。第一に、個々で用いた効用関数における環境水準の入れ方にさらなる工夫が必要である。この定式化では、環境水準とエネルギーの代替可能性を変化させた場合の分析ができない。環境をもっと一般的な効用関数の形でエネルギー合成財と関係づける必要がある。その場合、パラメータ決定のキャリブレーションが困難になるという問題があらわれる。これらを克服することが課題となる。第二に、このモデルにおいて用いている環境水準が、やや不自然であることは否めない。もっと人々が実感として感じている自然環境と消費者選択の関係を取り上げて分析する必要があると考えている。

このようなリンケージ効果に関する理論的・実証的分析の必要のある分野はまだまだ広く残されている。

参考文献

- [1] Andreoni, J. and A. Levinson, 2001, "The simple analytics of the environmental Kuznets curve," *Journal of Public Economics*, 80:269-286.
- [2] Bovenberg, A.L. and R.A. DE Mooij, 1994, "Environmental Levies and Distortionary Taxation," *American Economic Review*, 94(4):1085-1089.
- [3] Bovenberg, A.L. and L.H. Goulder, 1996, "Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General-Equilibrium Analyses," *American Economic Review*, 86(4):985-1000.
- [4] Carbone, J.C. and V.K. Smith, 2004, "Environmental Amenities and General Equilibrium Deadweight Loss," Unpublished Paper in <http://www4.ncsu.edu/jccarbon/manuscripts.html>.

- [5] Daitoh, I., 2002, "Consumption Externality of Pollution and Environmental Policy Reform in the Dual Economy," the paper presented in the Fall meeting of Japanese Economic Association.
- [6] 大東一郎, 2002, 「二重経済における汚染外部性と環境政策改革」, PRI Discussion Paper Series (No.02A-16).
- [7] Ebert, D. and O.V.D.Hagen, 1998, "Pigouvian Taxes Under Imperfect Competition If Consumption Depends on Emissions," *Environmental and Resource Economics*, 12:507-513.
- [8] Espinosa, J.A. and V.K.Smith, 1995, "Measuring the Environmental Consequences of Trade Policy: A Nonmarket CGE Analysis," *American Journal of Agricultural Economics*, 77:772-777.
- [9] Foster, B.A., 1981, "Separability, Functional Structure and Aggregation for a Class of Models in Environmental Economics," *Journal of Environmental Economics and Management*, 8:118-133.
- [10] Itsubo, N., Sakagami, M. and T. Washida, et.al., 2004, "Weighting Across Safeguard Subjects for LCIA through the Application of Conjoint Analysis," *International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(3):196-205.
- [11] Leontief, W., 1947, "Introduction to a Theory of the Internal Structure of Functional Relationships," *Econometrica*, 15(4):361-373.
- [12] Perroni, C. and R.M. Wigle, 1994, "International Trade and Environmental Quality: how important are the linkages?" *Canadian Journal of Economics*, 27(3):551-567.
- [13] Pollak, R.A. and T.J. Wales, 1992, *Demand System Specification and Estimation*, Oxford University Press.
- [14] Schwartz J. and R. Repetto, 2000, "Nonseparable Utility and the Double Dividend Debate: Reconsidering the Tax-Interaction Effect," *Environmental Resource Economics*, 15:149-157.
- [15] Smith, V.K. and J.A. Espinosa, 1996, "Environmental and Trade Policies: Some Methodological Lessons," *Resource for the Future*, discussion Paper 96-18.
- [16] 鷲田豊明, 2004, 『環境政策と一般均衡』, 勁草書房.
- [17] Xepapadeas, A., 2003, "Economic Growth and the Environment," The paper prepared for the *Handbook of Environmental Economics*, edited by Karl-Göran Mäler and Jeffrey Vincent.