

使用済み製品の引取と不法投棄の 内部化政策：基本モデル

小 出 秀 雄*

1. はじめに：本研究の背景

本論は、消費者が使用済みの製品を生産者に引き取ってもらう一方、両者ともそれを不法投棄しうる、という想定的基本的な一般均衡モデルを構築し、その投棄に起因する外部不経済を内部化する政策をどのように設定すべきかを理論的に明らかにする。

消費者は、引取料金を生産者に支払って使用済み製品を引き取ってもらう一方、費用をかけずに自ら不法投棄ができると仮定する。また、生産者も、その引き取った製品を次の生産にリサイクルする一方で、やはり同様に投棄できるものとする。引取料金が存在するとき、これらの投棄行為による外部不経済を内部化するような政策は、同料金がないときの政策に比べて少々複雑となる。ただし、複雑となるのは、消費者による不法投棄への政策のみであり、生産者による投棄に対する有効な政策は単純なピグー税である。

日本では2000年に、「循環型社会形成推進基本法」¹などの廃棄物関係6法が立て続けに制定あるいは改定され²、資源の有効利用や廃棄物の排出抑制に対する社会的な意識がいつそう高まっている。その流れの中で、特定の使用済み製品に関して再商品化や再資源化などのリサイクルを義務付ける、いわば「個

* 西南学院大学経済学部。本論文は、文部科学省の平成16年度科学研究費補助金（若手研究(B)）による、「個別リサイクル法の料金徴収制度と不法投棄対策の経済学的分析」（課題番号：16730139）の成果の一部である。あらためて感謝申し上げる次第である。

1 2000年6月2日公布（法律第110号）、2001年1月6日全面施行。

別リサイクル法³が次々施行されている。

リサイクルに要する諸費用の負担（支払）方法は、個別リサイクル法によってそれぞれ異なる。例えば「家電リサイクル法⁴」は、消費者および事業者が使用済みの家電製品を排出する際に、「引取料金⁵」を支払うしくみを採用している。また、2003年10月1日より、それまでは自治体で粗大ごみとして収集されていた使用済みの家庭系パソコンが、メーカーによって有償で回収されるようになった。このパソコンリサイクルは、「資源の有効な利用の促進に関する法律⁶」に基づく取り組みであり、この制度が始まる以前に販売されたパソコンの引取については、その排出時に「回収再資源化料金⁷」を支払わなければならない。

使用済み製品の排出時点でリサイクル料金を徴収するこれらの「後払い方式」は、料金の支払を回避するための不法投棄行為を助長している。これは事実である。環境省が発表している最新のデータによると、2003年度における家

2 上述の基本法以外の5つの法律は、以下の通りである。[1]「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（通称「廃棄物処理法」）の改正。[2]「資源の有効な利用の促進に関する法律」の制定（「再生資源の利用の促進に関する法律」の全面改正）。[3]「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」（通称「建設リサイクル法」）の制定。[4]「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」（通称「食品リサイクル法」）の制定。[5]「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」（通称「グリーン購入法」）の制定。

3 現在、以下の5つの個別リサイクル法が施行されている。[1]「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」（通称「容器包装リサイクル法」）。[2]「特定家庭用機器再商品化法」（通称「家電リサイクル法」）。[3]「建設リサイクル法」（既出）。[4]「食品リサイクル法」（既出）。[5]「使用済自動車の再資源化等に関する法律」（通称「自動車リサイクル法」）。

4 1998年6月5日公布（法律第97号）、2001年4月1日完全施行。再商品化の対象は、エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、冷凍庫（2004年度より追加）の5品目である。

5 この料金には、使用済み製品の収集運搬に要する費用と、再商品化等の費用が含まれている。

6 2001年4月1日全面改正施行（法律第113号）。パソコンはこの法律において、「リデュース配慮設計」、「リユース配慮設計」、「リサイクル配慮設計」の対象品目に指定されている。なお、事業系パソコンについては、既に2001年4月から、メーカーによる回収とリサイクルが行われている。

7 この料金には回収のための物流費用が含まれているため、パソコンを郵送する際の料金を別途支払う必要はない。この家庭系パソコンの回収は、「エコゆうパック」を活用した共通回収スキームで行われている（有限責任中間法人パソコン3R推進センター・家庭系PCリサイクルホームページ [http://www.pc3r.jp/home.html]）。

電リサイクル対象製品の不法投棄台数は、2002年度に比べて、合計で10,256台増加している⁸。そのうち、エアコンの不法投棄は698台減少しているが（前年度比-3.9%）、テレビの不法投棄は5,829台、冷蔵庫は2,511台、洗濯機は2,614台、それぞれ増加している（前年度比+7.1%、+7.1%、+9.0%）。

また、同じ環境省のデータから、家庭系パソコンの不法投棄が増えていることも確認できる。2003年度10月から3月の半年間で、前年度の同期間と比べて、デスクトップ型パソコンが58台、ノート型パソコンが15台、CRTディスプレイが79台、液晶ディスプレイが7台、それぞれ不法投棄が増加している⁹。したがって、総量では、159台の投棄の増加ということになる。ちなみにこれらの数字は、該当する両期間のデータをもっている961自治体での集計である。

一方、2003年度10月からの半年間のデータを有している2,634自治体の不法投棄台数を集計すると、デスクトップ型パソコンが1,315台、ノート型パソコンが368台、CRTディスプレイが1,324台、液晶ディスプレイが88台である¹⁰。合計で3,095台という量は、1自治体当たりでは1.2台程度であるが、無視はできない数である。

このように、引取料金の徴収による後払い方式とそれを回避するための不法投棄が存在し、投棄の結果、消費者の生活環境が脅かされるといった形で外部不経済が生じる場合、経済学的にみて望ましい政策とはどのようなものとなるか。拙稿（2004 a, 2004 b）では既に、家電リサイクル法を念頭に置いた同様の分析を行っているが、本論を端緒とする一連の研究では、最も単純なモデルを「基本モデル」として提示することから始めて、より複雑なものへと発展していくという方針を採る。

その前にまず、若干の先行研究の内容を整理しておこう。廃棄物が不法投棄されうる場合、その外部不経済をいかに内部化すべきかについて検討した先駆的な分析として、Copeland(1991)の廃棄物貿易モデル(=Cモデル)とFullerton-Kinnaman(1995)の応用モデル(=FKモデル)が重要である。どちらも一般

8 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部（2004）。

9 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部（2004）。

10 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部（2004）。

均衡分析であるが、Cモデルは企業（生産者）が不法投棄をするのに対して、FKモデルは家計（消費者）が投棄を行うと仮定している¹¹。

Cモデルでは、企業による合法的な処理の単位費用が不法投棄の単位費用より高いことを前提として、合法処理を行うときにその量に対して課税される一方、不法投棄してそれが見つかった場合は（期待）罰金を支払わなければならない、と仮定されている¹²。そして、合法処理への最適な課税率は、不法投棄の可能性がないときの課税率に比べて低くなりうることが示されている。

一方FKモデルは、家計が稀少資源である時間を費やして不法投棄を行うと仮定しており、その総投棄量によって不効用を被るという理由から、投棄量への直接の課税が必要である、と結論している¹³。また、たとえそのような課税ができなくても、それ以外の変数である生産物と生産要素に対して適切な課税や補助を組み合わせることによって、これと同等の結果を得る¹⁴。

過去における外部性の内部化のモデル設定では、引取料金の存在がほとんど考慮されなかった。例外的にFKモデルでは、家計が生産者にリサイクルする資源量に対して価格を設定しており、これが正であれば、この価格を引取料金と解釈することができる。しかし、リサイクル資源が（常に）正の限界生産性をもつと仮定しているため、この価格は負でなければならない。つまり、リサ

11 細江（2002）は関数を特定化した部分均衡分析によって、家計とリサイクル業者のいずれか、あるいは両方が不法投棄するときの最適解と市場均衡条件を導出している。財市場とリサイクル要素市場の均衡を表す価格と数量の軌跡がそれぞれ屈折するため、両市場の均衡点が複数存在する可能性がある。そして、どの（安定的な）均衡が社会的厚生観点から望ましいかは、リサイクル業者の不法投棄への監視費用の大きさに依存する、と結論している。

12 Cモデルでは、企業による不法投棄が発覚する確率を、廃棄物の総量に占める不法投棄の割合に依存する逡増的な増加関数として定義している。したがって、不法投棄の割合が高くなるとそれだけ発覚する確率も高くなる。ただし、投棄は資源の投入なしで行われると仮定している。

13 FKモデルでは、ある不法投棄量を実現するために必要な時間を逆関数の形で定義し、投棄の限界生産性の逡減性を限界費用の逡増性に読み替えている。そして、家計の効用は投棄の総量についての負の関数であり、市場経済においてその効果を自ら制御することはできないとしている。

14 また、Porter（2002, 2004）は、FKモデルの政策的な含意をいくつか端的に図解し、政策間で利点と欠点を比較しており、有益である。なお、不法投棄を考慮しない多くのモデルにおいても、さまざまな政策の組み合わせが議論されている。その要点を総合した一般均衡分析として、拙稿（2002）を参照されたい。

イクルは家計にとっての収入源ということになり、結果的に引取料金は不要である¹⁵。

くわえて、家電製品などを不法投棄するのは、消費者だけではない。平成16年版の『循環型社会白書』によると、札幌市内の家電小売店から廃家電製品の処理を委託された古物商が、2002年7月下旬から10月上旬にかけて、家電リサイクル法の対象製品約160台を、厚田村の山中に不法投棄した¹⁶。また、福岡市では、ヨドバシカメラマルチメディア博多店で2002年11月から2003年12月までに引き取った廃家電製品のうち、1,311台がメーカーに引き渡されていなかった。同様に、同市のビックカメラ天神店では、2001年4月から2003年12月までに引き取った廃家電製品のうち、1,331台がメーカーに引き渡されていなかった¹⁷。これらの福岡市の事例はいずれも、収集運搬業務を他の業者に再委託あるいは再々委託することによって、製品の所在が不明になったものである¹⁸。

以上の理由より、引取料金の存在を理論モデルで明示するとともに、消費者だけでなく生産者も不法投棄を行おうと想定することは、理論的な関心のみならず現実的要素を考慮する意味からも重要である。

さらに本論では、基本モデルの分析に続いて、政策を実施する主体である「政策当局」が、市場経済における物質収支に関して十分な情報をもたない、という状況を検討する。具体的には、消費者が使用済み製品をどれだけ引き渡すかまたは不法投棄するか、あるいは生産者が引き取った製品をどれだけリサイクルするかまたは投棄するかについて、政策当局はそれらの限界値しか観察できないと仮定する。このようなモデルの応用は、より現実を反映した展開方向の

15 とはいえ、本論のモデルとFKモデルはこの点において、数理的に同等の構造をもつ。これに関しては、脚注28で再度言及する。

16 環境省編（2004）、5-6頁。

17 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部、経済産業省商務情報政策局（2004）。これらの情報は、2004年2月13日に経済産業省と環境省が両店に立入検査を行い、かつその後も事情聴取などを行うことによって明らかになった。なお、福岡市以外の店舗においても、2003年12月末までに引き取った製品のうち、ヨドバシカメラで7,722台（16店舗）、ビックカメラで581台（20店舗）の家電リサイクル券の回付が確認されなかった。

18 ここで挙げている例は、いずれも一般廃棄物である家電製品に関するものである。より深刻となっている産業廃棄物の不法投棄に関する経済学的分析としては、小出・山下（2003）や福山・細江（2004）、阿部（2004）などを参照されたい。

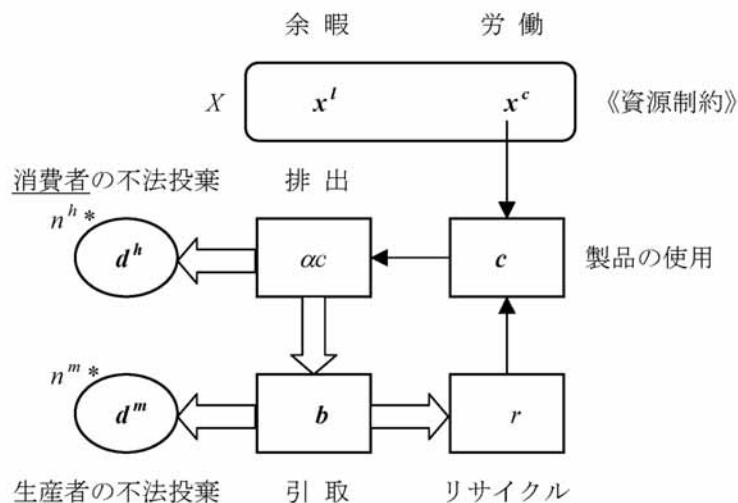
一つであり、その結論はきわめて示唆に富む。

本論の構成は次の通りである。まず、第2章で、基本モデルで採用する仮定を紹介する。続く第3章ではパレート最適条件を、第4章では競争均衡条件をそれぞれ導出する。そして第5章で、これらの条件を比較することによって、不法投棄に起因する外部不経済を内部化するための最適な政策の組み合わせを明らかにする。さらに、第6章では上述の応用モデル、すなわち政策当局が物質収支について十分な情報をもたない状況を検討する。最後の第7章で、本論の分析結果をまとめて、今後の研究の方向性を示す。

2. モデルの前提

本章では、多数の同質的 (identical) な消費者と生産者が存在し、ある製品の生産・使用・引取・リサイクルが行われる経済の基本的なモデルを提示する。あらかじめその構造を、図1に示しておく。

図1 モデルのフローチャート



まず、消費者に関する仮定の説明から始めよう。代表的な消費者 (representative consumer) が購入する製品 (product) の使用量を c とし、そのうち $0 < \alpha < 1$ だけ、使用済み製品 (used product) として排出すると仮定する。ここで α を排出率 (emission rate) とよぶ¹⁹。

次に、排出量 αc のうち、引取料金を支払って生産者に引き取ってもらう (take-back) 量を b 、そうせずに自らが不法投棄 (illegal disposal) する量を d^h とする²⁰。この関係を「製品使用後の物質収支条件」(material balance condition after using products) として、

$$\alpha c = b + d^h \tag{1}$$

という等式で表す。くわえて、消費者の数を n^h と仮定し、その不法投棄総量を

$$D^h \equiv n^h d^h \tag{2}$$

と定義する。

続いて、代表的な生産者 (representative producer) に関する仮定を導入する。製品の生産量 c に関する生産関数 (production function) を、次のように仮定する。

$$c \equiv f(x^c, r) \tag{3}$$

ここで、 x^c は労働 (labor) の投入量 (= 労働時間)、 r はリサイクル資源 (recycled material) の投入量である。単純化のため、引き取った資源を生産に投入できるように再加工程は省略している²¹。

19 逆に、 c のうち、 $(1-\alpha)$ は使用中である。つまりこのモデルは、静的ではあるが、製品の耐久性 (durability) を許容した設定になっている。もし当該製品が非耐久財ならば、 $\alpha=1$ である。

20 上添え字の h は、household (家計) からとっている。

21 Koide (2004) は瓶の流通を念頭に、より複雑なモデルを検討している。瓶のリサイクルにはガラスくず (カレット) と労働が必要である一方、分別への労働投入による瓶の再利用もできるものとし、瓶入り飲料の消費者には区別がつかない新しい瓶、再利用の瓶、リサイクル瓶の3種類が市場で競合すると仮定している。

(3)式に関して、労働の限界生産性 (marginal product of labor) については、通常の理論的な想定に従って $f_L > 0$ 、すなわち正を仮定する²²。一方、リサイクル資源の限界生産性 (marginal product of recycled material) については、その値がゼロとなる水準 r^0 が存在するものと仮定し、生産に投入される r がこの水準より少なければ $f_r > 0$ 、逆に多ければ $f_r < 0$ であるとしよう²³。

また、上記の限界生産性は各生産要素の増加に対して逓減する、つまり $f_{xx} < 0$ 、 $f_{rr} < 0$ であると仮定する。かつ簡単化のため、それぞれの限界生産性は他方の生産要素の変化とは独立、すなわち $f_{xr} = f_{rx} = 0$ であるとしよう。

前述したように、このモデルでは消費者同様、生産者も不法投棄を行う。リサイクル資源の量 r は、消費者からの使用済み製品の引取量 b から、生産者の投棄量 d^m を引いたものに等しい²⁴、すなわち

$$r = b - d^m \tag{4}$$

であると仮定する。これを、「製品引取後の物質収支条件」(material balance condition after taking back products) とよぶ。そして、生産者の数を n^m と仮定し、その不法投棄の総量を

$$D^m \equiv n^m d^m \tag{5}$$

と定義する。

さてここで、本論のモデルの代表的な消費者の効用関数 (utility function) を、次のように定義する。

$$U \equiv u(c, x^l, D^h, D^m) = u(c, x^l, n^h d^h, n^m d^m) \tag{6}$$

x^l は、余暇 (leisure) の量 (=余暇時間) である。この関数の限界効用 (marginal

22 以下で関数の下添え字は、1階または2階の偏微分の対象変数を表す。なお、変数自体の添え字を省略しても誤解を生じない場合は、関数の添え字の表記を簡略化している。

23 この想定は、有用な資源である r を積極的に投入しなければならない状況において、はじめは良質なものを利用できるが、徐々に質の悪いものを使わざるをえず、ついには生産性に支障を来してしまう、という可能性を取り入れたものである。

24 上添え字の m は、manufacturer (製造業者) からとっている。

utility) について、 $u_c > 0$ 、 $u_x > 0$ 、 $u_{Dh} < 0$ 、 $u_{Dm} < 0$ を仮定する。つまり、製品の使用と余暇の消費から効用を得る一方、消費者および生産者による不法投棄から意図せざる不効用を被る。

消費者は自ら不法投棄を行うが、他の消費者も同様に行うかもしれない。それにより結局は、自分の身の回りの環境が脅かされかねない。また、生産者による不法投棄も同様に、消費者の生活環境を脅かすであろう。このような認識から、この2種類の不法投棄の総量を、効用関数の変数として組み込んでいる。後述するように、これらの存在が分権的な意思決定において考慮されないことから、外部不経済 (external diseconomy) が生じる。

なお、前述の限界効用はそれぞれの変数の増加により逓減する、つまり $u_{cc} < 0$ 、 $u_{xx} < 0$ 、 $u_{DhDh} < 0$ 、 $u_{DmDm} < 0$ であると仮定する。また、簡単化のため、限界効用はそれ以外の変数から独立である、すなわち $u_{cx} = u_{cDh} = u_{cDm} = u_{xDh} = u_{xDm} = u_{DhDm} = 0$ であるとしよう²⁵。

最後に、このモデルの資源制約 (resource constraint) (=消費者の時間制約) を、次の式で仮定する。

$$X = x^l + x^c. \tag{7}$$

ここで X は、消費者が利用可能な総時間である。この限られた時間を、消費者は余暇と労働に費やす。

3. パレート最適

本章では、代表的消費者の効用最大化問題を解くことによって、パレート最適を実現する条件 (Pareto optimum conditions) を導く。まず、この最大化問題を定式化したラグランジュ関数 (Lagrangian) を、次のように定義する。

25 蛇足であるが、これらの交差偏導関数は、最適化問題の2階条件を満たす範囲内で、どのような符号をとっても構わない。すべてをゼロと仮定するのは、瑣末な数学的問題を回避するためである。

$$L \equiv u(c, x^l, n^h d^h, n^m d^m) + \lambda [f(x^c, b - d^m) - c] + \kappa [\alpha c - b - d^h] + \sigma [X - x^l - x^c] \quad (8)$$

ここで λ , κ , σ はそれぞれ、生産関数、製品使用後の物質収支、資源制約に関わるラグランジュ乗数 (Lagrangean multiplier) である。

以下では分析の簡単化のため、すべての変数に関して内点解を仮定しよう。(8)式をそれぞれの変数で偏微分し、ゼロと等しくすることによって、以下の最適化の1階条件を得る。

$$\lambda = u_c + \kappa \alpha, \quad (9)$$

$$\sigma = u_x = \lambda f_x, \quad \text{and} \quad (10)$$

$$\kappa = \lambda f_r = n^h u_{Dh} = n^m u_{Dm}. \quad (11)$$

また、(1)式、(3)式、(7)式で表される(8)式内の制約も、すべて等号で成立すると仮定しよう²⁶。

パレート最適を特徴づけるこれらの条件式の含意は、以下の通りである。

まず、(9)式は製品供給 c に関する条件であり、製品の生産に関する潜在価格 (= シャドープライス (shadow price) : 制約が緩和されることの限界的価値) λ が、製品を使用することによる限界効用 u_c と、その使用後の排出に関する潜在価格 κ に排出率 α を掛けた値との和に等しいことを意味している。なお、 κ の符号は、下記の理由より負である。

次に、(10)式は余暇 x^l と労働 x^c について得られる条件であり、資源制約の潜在価格 σ が余暇の限界効用 u_x 、および労働の限界生産物価値 (value of marginal product) λf_x に等しいことを示している。これらの値は、いずれも正である。

最後に、(11)式は上記以外の変数に関する条件を整理したものであり、使用后

26 くわえて、2階条件もすべて満たされていると仮定する。

の排出に関する潜在価格 κ がリサイクルの限界生産物価値 λf_r に等しく、かつ不法投棄により発生する2種類の限界不効用 (marginal disutility) $n^h u_{Dh}$ および $n^m u_{Dm}$ にも等しいことを表している。ここで、 u_{Dh} と u_{Dm} がともに負であると仮定しているので、 κ および f_r は負でなければならない。これより、パレート最適でのリサイクルへの最適な物質投入量が、その限界生産性がゼロとなる水準 r^0 よりも過剰であることが明らかとなった^{27,28}。

4. 競争均衡

続いて、本章では、消費者と生産者による分権的な意思決定問題を解くことによって、市場経済下での競争均衡条件 (competitive equilibrium conditions) を導く。

まず、代表的消費者は、既に導入した製品使用後の物質収支条件 $\alpha c = b + d^h$ と、予算制約 (budget constraint) である

$$p^x (X - x^l) = (p^c + t^c) c + t^{dh} d^h + s b \quad (12)$$

のもとで、不法投棄による悪影響を所与とした効用関数 $u(c, x^l, \bar{D}^h, \bar{D}^m)$ を最大化するものと仮定しよう。不法投棄は生産者のみならず、他の消費者も行う可能性があることから、各消費者にとって外部不経済の原因である \bar{D}^h と \bar{D}^m はともに操作不能である、と仮定している。

(12)式において、 p^x は資源の市場価格 (market price) (= 時間の機会費用)、 p^c は製品の市場価格、 t^c は同製品の購入時点での課税率 (tax rate)、 t^{dh} は発覚し

27 もし f_r が FK モデルと同様に、非負の値しかとらなるとすれば、当然(11)式における一番左の等号は成立しない。仮に製品使用後の物質収支が一致せず、ゆえに x がゼロであるならば、 f_r はゼロでなければならない。このことは同時に、 u_{Dh} と u_{Dm} がゼロに等しいことを要求する。つまりこのとき、消費者と生産者の不法投棄量はともにゼロでなければならない。これは端点解である。

28 FK モデルでは、リサイクル資源の正の限界生産性に対して負の価格 (= 限界収入) が対応しているが、このモデルでは逆に正の価格 (= 引取料金) を前提としているので、その限界生産性は負でなければならない。ゆえにこの点において、FK モデルと本モデルの構造は数理的に同等だといえる。

た不法投棄量 d^h に対する課税率, s は使用済み製品 b の引取料金 (take-back fee) である。本モデルでは最も単純な状況として, 消費者および生産者の不法投棄は100%の確率で, すべての量が発覚することを仮定している²⁹。したがって, その量に対して課税が可能である。以下では, t^c を製品課税率 (product tax rate), t^{dh} を消費者の投棄課税率 (consumer disposal tax rate) とよぶことにする。

この効用最大化問題を解くことで, 消費者均衡 (consumer equilibrium) を特徴づける以下の1階条件が得られる。

$$u_c + \kappa^c \alpha = \sigma^c (p^c + t^c) \quad (13)$$

$$u_x = \sigma^c p^x, \quad \text{and} \quad (14)$$

$$\kappa^c = -\sigma^c t^{dh} = -\sigma^c s. \quad (15)$$

ここで κ^c , σ^c はそれぞれ, 製品使用後の物質収支と予算制約に関するラグランジュ乗数である³⁰。

(13)式より, 消費者均衡において, 製品の使用による限界効用 u_c とその使用後の排出に関する潜在価格と排出率の積 $\kappa^c \alpha$ の和を金額で評価した $(u_c + \kappa^c \alpha) / \sigma^c$ が, 製品の税込みの購入価格 $p^c + t^c$ に等しい。

また, (14)式は, 余暇の限界効用の貨幣評価額 u_x / σ^c が, 資源価格すなわち労働賃金 p^x に等しいことを意味している³¹。

最後の(15)式は, 物質収支に関する潜在価格 $\kappa^c < 0$ と消費者の投棄課税率, および引取料金との関係を示したものである。これより,

$$t^{dh} = s > 0 \quad (16)$$

が得られる。つまり, 消費者の投棄課税率と引取料金は等しくなければならない

29 消費者による不法投棄とその隠蔽努力を仮定したモデル分析については, 拙稿 (2004 a) を参照されたい。このようなモデルの拡張は, 本論の続編で行う。

30 上添え字の c は, competitive market (競争市場) での潜在価格を意味する。

31 (7)式と(12)式より, p^x は x^c の限界収入であることが明白である。

い。ここで, 投棄課税率はゼロにはならないことに注意しよう。

続いて, 代表的生産者の利潤最大化問題を明らかにする。生産者は, 既に示した生産関数 $c = f(x^c, b - d^m)$ を制約とした利潤関数 (profit function) である

$$\pi \equiv p^c c - p^x x^c - t^{dm} d^m + qb + \lambda^c [f(x^c, b - d^m) - c] \quad (17)$$

を最大化すると仮定しよう。

(17)式の t^{dm} は発覚した不法投棄量 d^m に対する課税率, q は使用済み製品 b の単位収益 (unit profit) (=限界収益), λ^c は生産関数に関する(競争市場での)潜在価格をそれぞれ意味する。以降 t^{dm} を, 生産者の投棄課税率 (producer disposal tax rate) とよぶことにする。なお, q は, 引取行為に伴う各種の収入や補助金を足し合わせた額から, 引取にかかる実際の費用などを除いた額に等しい。ここで注意すべきは, 引取料金 s と単位収益 q は必ずしも一致する保証はない, という点である³²。

(17)式に基づく生産者の利潤最大化より, 生産者均衡 (producer equilibrium) を表現する以下の1階条件を得る。

$$p^c = \lambda^c, \quad (18)$$

$$p^x = \lambda^c f_x, \quad \text{and} \quad (19)$$

$$q = t^{dm} = -\lambda^c f_r. \quad (20)$$

この生産者均衡において, (18)式より, 製品価格 p^c はその潜在価格 λ^c に等しい。また, (19)式は, 労働賃金 p^x が労働の限界生産物価値 $\lambda^c f_x$ に等しいことを表している。さらに(20)式より, 使用済み製品の単位収益 q と生産者の投棄課税率 t^{dm} は, ともにリサイクルの限界生産物価値の絶対値 $-\lambda^c f_r$ に等しい。

32 仮にあらかじめ $s = q$ とするならば, 後述の(27)式より, $t^c = 0$ である。つまり, 製品への課税は必要ない。

5. 最適な政策の組み合わせ

本章では、前述のパレート最適条件と競争均衡条件を比較して、市場経済において最適資源配分を実現しうる政策の性質を明らかにする。本モデルでは、外部不経済の原因を2種類の不法投棄量と仮定していることから、直感的にはそれぞれの不法投棄に対して課税すればよいと考えられる。この予想はほぼ正しいが、消費者に対しては、不法投棄への課税と製品の購入に対する課税を組み合わせることができる。したがって、それだけ政策設定に自由度があるといえる。

まず、(10)式と(14)式、(19)式より、

$$p^x = \frac{\sigma}{\sigma^c}, \quad (21)$$

および

$$\lambda^c = \frac{\lambda}{\sigma^c} \quad (22)$$

が成立しなければならない。(21)式は、資源の市場価格である労働賃金が、資源制約の潜在価格を予算制約の潜在価格で除した額に等しくなければならないことを意味している。また、(22)式は、競争市場での製品の潜在価格が、最適資源配分時の同製品の潜在価格を予算制約の潜在価格で割ったものに等しくなければならないことを示している。

次に、(9)式、(13)式、(18)式、(22)式を用いると、

$$\kappa^c - \kappa = \frac{1}{\alpha} \sigma^c t^c \quad (23)$$

が得られる。これは、競争市場での物質収支の潜在価格と最適資源配分における同収支の潜在価格の差が、排出率（の逆数）と予算制約の潜在価格、製品課税率に依存していることを意味している。ただし、製品課税率は非負であるとは限らないので、常に $\kappa^c > \kappa$ であるとはいえない。

一方、(11)式、(15)式、(20)式、(22)式より、上述の潜在価格の差を次のように表すこともできる。

$$\kappa^c - \kappa = -\sigma^c \left(t^{dh} + \frac{n^h u_{Dh}}{\sigma^c} \right) = -\sigma^c (t^{dh} - t^{dm}) \quad (24)$$

よって、生産者の不法投棄への最適な課税率は、

$$t^{dm} = q = -\frac{n^h u_{Dh}}{\sigma^c} > 0 \quad (25)$$

である。(25)式の $-n^h u_{Dh} / \sigma^c$ は、不法投棄に伴う外部不経済を貨幣評価したものである。(11)式より $n^h u_{Dh} = n^m u_{Dm}$ であるから、消費者による追加的な投棄の悪影響と生産者による同様の悪影響の価値は互いに等しい。

さらに、(23)式と(24)式より、製品の購入段階での最適課税率と消費者が行う不法投棄に対する最適課税率の関係として、

$$t^c = -\alpha \left(t^{dh} + \frac{n^h u_{Dh}}{\sigma^c} \right) \quad (26)$$

を得る。この式の括弧内は、消費者の投棄課税率 t^{dh} と限界不効用の貨幣価値 $-n^h u_{Dh} / \sigma^c > 0$ との差である。よって、最適な製品課税率 t^c は、その差に排出率の負値を乗じた大きさということになる。

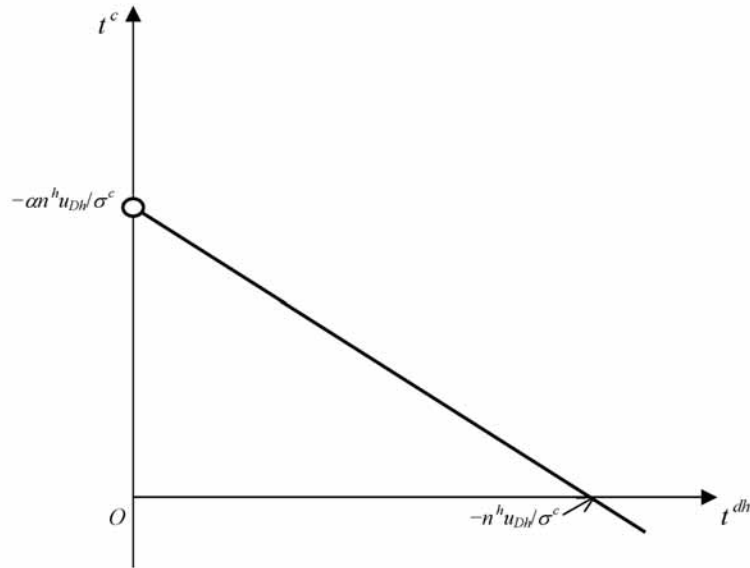
以上の分析より、市場経済において不法投棄による外部不経済を内部化するには、政策当局は(25)式と(26)式で示された課税を実施すればよいことがわかった。

図2は、(26)式をもとに、消費者の不法投棄への課税率 t^{dh} と製品購入への課税率 t^c の組み合わせを描いたものである。(16)式より $t^{dh} > 0$ であるから、 t^c は $-\alpha n^h u_{Dh} / \sigma^c$ 未満の値をとる。また、 t^{dh} が $-n^h u_{Dh} / \sigma^c$ に等しいとき、製品への課税は不要である。もし製品への補助の可能性を考えないならば、この $-n^h u_{Dh} / \sigma^c$ が t^{dh} の上限である。

以上の議論から、次の2つの命題を得る。

【命題1】 消費者による製品購入への最適課税率と不法投棄への最適課税率は、(26)式を満たす。もし不法投棄への課税率が、投棄による限界不効用の貨幣価値に等しく設定されるならば、製品購入への課税は不要である。

図2 消費者の投棄課税率と製品課税率の関係



【命題2】生産者による不法投棄への最適課税率は、(25)式で示すように、使用済み製品の単位収益および投棄に伴う限界不効用の貨幣価値に等しい。

また、(16)式、(20)式、(23)式、(24)式より、次の関係が得られる。

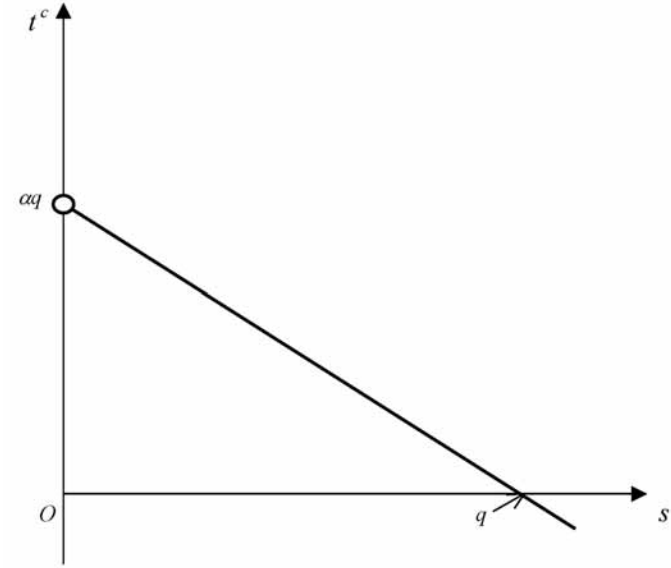
$$t^c = \alpha(t^{dm} - t^{dh}) = \alpha(q - s) \tag{27}$$

この含意を、次の補題とする。

【補題1】消費者による製品購入への最適課税率は、使用済み製品の単位収益と引取料金の差に、排出率を乗じた値に等しい。

図3では図2と同様に、製品購入への課税率 t^c を縦軸にとって、その大きさを表現している。横軸の引取料金 s は正であるから、課税率は αq ($= -\alpha n^h u_{Dh} / \sigma^c$) 未満である。単位収益 q を所与として引取料金が上昇

図3 引取料金と製品課税率の関係



すると、課税率は低下する。そして、引取料金と単位収益が一致する点 q ($= -n^h u_{Dh} / \sigma^c$) で、課税率はゼロとなる。

本章の分析より、生産者への不法投棄には直接の課税が必要である一方、消費者への不法投棄には直接の課税と製品への課税を組み合わせることができること、およびその製品課税は、使用済み製品の単位収益と引取料金の差に依存することが明らかとなった。

つまり本モデルにおいて、政策当局が生産者による不法投棄の悪影響を市場に内部化するには、ピグー税的な措置を実施するしかない。したがって、これができない場合は、外部不経済の影響は放置されたままになる。これは、政策当局にとってかなり厳しい状況に違いない。

他方、消費者による不法投棄に対しては、製品を購入する段階での課税率を高める代わりに投棄への課税率を低くする、といった相互調整ができる。したがって、政策当局にとっては生産者への政策よりも選択の幅が広く、有益である。ただし、政策の数が多いので、それだけ実施に多くの費用がかかるの

は必至である。

6. 物質収支の情報が十分でない場合

これまでの分析では、最適資源配分問題と分権的意思決定問題のどちらにおいても、共通の2種類の物質収支条件を仮定していた。それでは、もし政策当局からみて分権的経済の物質収支が十分明らかでないならば、先に導出した最適政策にどのような変更が生じるだろうか。本章では消費者と生産者の合理的行動において、それぞれに関わる物質収支条件が線形ではなく、一般的な関数である場合を想定する。

前章までのモデルのように、分権的経済において政策当局が物質収支を知っている場合を、「完全情報」(perfect information)の状況とよぼう。一方、以下で検討するような、政策当局が物質収支の偏導関数しか観察できない場合を、「限定情報」(limited information)の状況とよぶことにする。

まず、製品使用後の物質収支条件について、(1)式の代わりに、

$$ac = e(b, d^h) \quad (28)$$

を前提に、消費者は効用を最大化するものと仮定しよう。ここで、 $e_b > 0$ 、 $e_d > 0$ である。以下では、 e_b を消費者の限界引渡 (marginal delivery)、 e_d を消費者の限界投棄 (marginal consumer disposal) とよぶ。政策当局が観察できるのは、限定情報としてのこれらの値である。ちなみに、完全情報の場合は $e_b = e_d = 1$ であり、(28)式は(1)式と一致する。

次に、製品引取後の物質収支条件に関して、(4)式の代わりに、

$$r = g(b, -d^m) = g(b, d^{m-}) \quad (29)$$

をもとに、生産者が利潤を最大化すると仮定する。ここで $d^{m-} = -d^m < 0$ であり、 $g_b > 0$ 、 $g_{-d} > 0$ とする。つまり不法投棄量 d^m が減ると、 d^{m-} が増えるため、それだけリサイクルされる可能性は高まる。したがって、 g_{-d} は正である。以下では、 g_b を生産者の限界引取 (marginal take-back)、 g_{-d} を生産者の限界投

棄回避 (marginal producer disposal avoided) とよび、政策当局はこれらの限定情報のみを観察できるとする。なお、完全情報の場合は $g_b = g_{-d} = 1$ であり、(29)式と(4)式は同じである。さらに、(28)式と(29)式の関数はそれぞれ、適切に想定される2階偏導関数をもつと仮定する。

以下では、限定情報下における主要な計算結果のみを述べよう。まず、消費者均衡に関する(15)式は、次のように修正される。

$$\kappa^c = -\sigma^c \frac{\hat{i}^{dh}}{e_d} = -\sigma^c \frac{\hat{s}}{e_b} \quad (30)$$

ここでハット (^) は、完全情報でのパラメータと区別するための記号である。以下では煩雑さを避けるため、この表記を必要最低限度にとどめておく。

(30)式より、消費者の不法投棄に対する課税率を表す(16)式は、

$$\hat{i}^{dh} = \frac{e_d}{e_b} \hat{s} > 0 \quad (31)$$

となる。

また、生産者均衡に関する条件である(20)式は、

$$\frac{\hat{q}}{g_b} = \frac{\hat{i}^{dm}}{g_{-d}} = -\lambda^c f_r \quad (32)$$

に変更される。したがって、

$$\hat{i}^{dm} = \frac{g_{-d}}{g_b} \hat{q} > 0 \quad (33)$$

が得られる。

(24)式に対応するものは、次の式である。

$$\kappa^c - \kappa = -\sigma^c \left(\frac{1}{e_d} \hat{i}^{dh} + \frac{n^h u_{Dh}}{\sigma^c} \right) = -\sigma^c \left(\frac{1}{e_d} \hat{i}^{dh} - \frac{1}{g_{-d}} \hat{i}^{dm} \right) \quad (34)$$

これより、生産者の不法投棄への最適な課税率として、

$$\hat{i}^{dm} = g_{-d} \frac{-n^h u_{Dh}}{\sigma^c} > 0 \quad (35)$$

を得る。したがって、(33)式と(35)式より、使用済み製品の最適な単位収益は、

$$\hat{q} = g_b \frac{-n^h u_{Dh}}{\sigma^c} > 0 \quad (36)$$

となる。

また、(23)式と(34)式から、

$$\hat{t}^c = -\alpha \left(\frac{1}{e_d} \hat{t}^{dh} + \frac{n^h u_{Dh}}{\sigma^c} \right) \quad (37)$$

という、最適税率間の関係が導出される。

さてここで、これらの限定情報での最適値を、前章での完全情報の結果と比較してみよう。まず、(25)式と(35)式より、次の関係を得る。

$$t^{dm} - \hat{t}^{dm} = \frac{-n^h u_{Dh}}{\sigma^c} (1 - g_{-d}) \quad (38)$$

また、(25)式と(36)式より、

$$q - \hat{q} = \frac{-n^h u_{Dh}}{\sigma^c} (1 - g_b) \quad (39)$$

である。

(38)式の左辺は、生産者の不法投棄に対する、完全情報の税率 t^{dm} と限定情報の税率 \hat{t}^{dm} の差である。図4で示したように、生産者の限界投棄回避 g_{-d} が大きくなるにつれて、この格差は縮小する。もし g_{-d} が1より小さければ、 t^{dm} は \hat{t}^{dm} より大きい。逆に、 g_{-d} が1より大きければ、 t^{dm} は \hat{t}^{dm} より小さい。そして限界投棄回避が1に等しいならば、両税率は一致する。

一方、(39)式の左辺は、使用済み製品を引き取ることによって得る、完全情報の単位収益 q と限定情報の単位収益 \hat{q} の差である。図5はその状況を表したものである。生産者の限界引取 g_b が大きくなるにつれて、この収益格差は縮小する。もし g_b が1より小さければ、 q は \hat{q} より大きい。逆に、 g_b が1より大きければ、 q は \hat{q} より小さい。そして限界引取が1に等しいならば、両収益は一致する。

最後に、(26)式と(37)式から、製品課税率の差として、

図4 生産者の限界投棄回避と投棄課税率格差

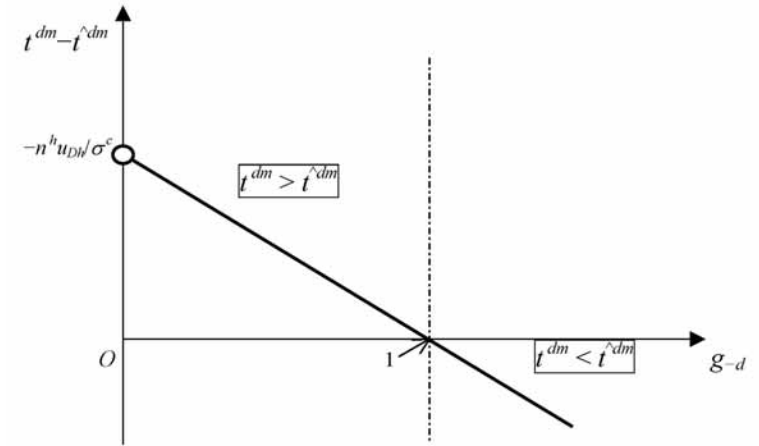


図5 生産者の限界引取と単位収益格差

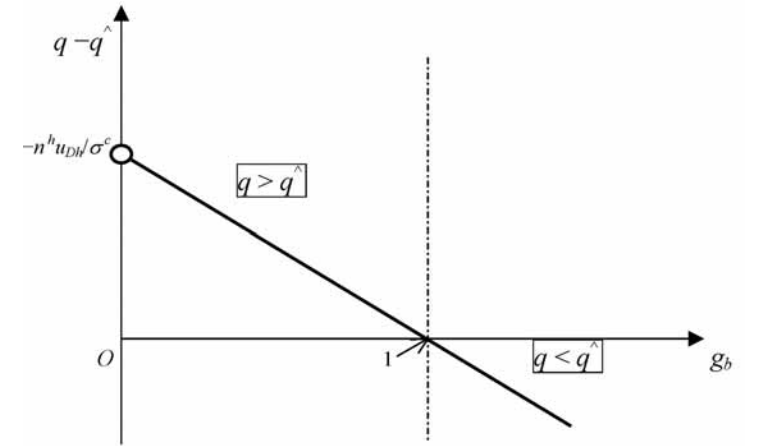
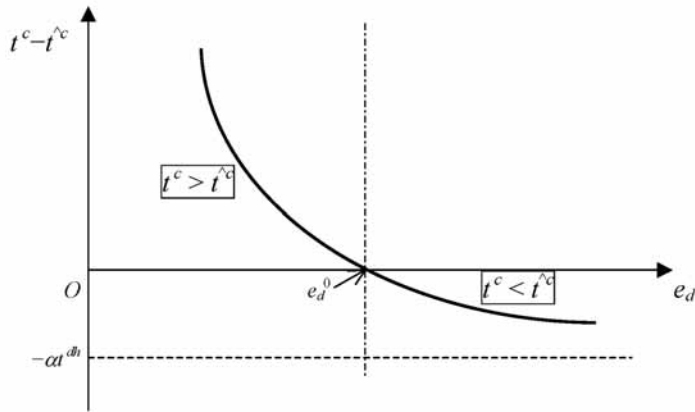


図6 消費者の限界投棄と製品課税率格差



$$t^c - \hat{t}^c = \alpha \left(\frac{1}{e_d} \hat{t}^{dh} - t^{dh} \right) \quad (40)$$

を得る。

図6では(40)式をもとに、消費者の限界投棄 e_d を横軸にとり、完全情報の税率 t^c と限定情報 \hat{t}^c の差を描いている。これは e_d に関する反比例の曲線であり、その漸近線は $t^c - \hat{t}^c = -\alpha t^{dh} < 0$ であるから、横軸との交点である。

$$e_d^0 = \hat{t}^{dh} / t^{dh} \quad (41)$$

において、両税率が一致する。したがって、 e_d が(41)式の水準より小さければ t^c の方が大きく、逆に大きければ \hat{t}^c の方が大きい。

ところで、完全情報下での偏導関数である $e_b = e_d = 1$ と $g_b = g_{-d} = 1$ を基準にすると、対象である限界値が1より小さいときは最適資源配分問題に比べて過小に評価されており、逆に、限界値が1より大きいときは過大に評価されている、と言い直すことができよう。この表現を使って、以上の結果の中でも特に興味深い点を、命題として示す。

【命題3】政策当局が製品使用後および製品引取後の物質収支に関して、その限界値しか観察できない限定情報の場合と、物質収支が明らかである完全情報の場合とを比較する。

- [1] 観察される生産者の限界投棄回避が過小に評価されるならば、限定情報での生産者への最適な投棄課税率は、完全情報での同課税率より小さい。
- [2] 観察される生産者の限界引取が過大に評価されるならば、限定情報での使用済み製品の引取の最適な単位収益は、完全情報での同収益より大きい。
- [3] 観察される消費者の限界投棄が(41)式で示された水準より小さいならば、限定情報での生産者への最適な製品課税率は、完全情報での同課税率より小さい。

この命題3は、経済主体が虚偽を行う誘因を裏付けている。まず、[1]と[3]より、消費者と生産者は政策当局に対して、不法投棄に関する限界値を過小に見せることによって、それぞれが直面する課税率を低くすることができる。また、[2]より、生産者は引取量の限界値を政策当局に過大に見せることによって、引取に伴う単位収益を高めることができる。

本章のモデルの構造は依然としてかなり単純ではあるが、政策当局が限定的な情報しか観察できないことを利用したこのような虚偽行為の経済的合理性を、十分示すことができている。例えば、政策当局が課税を始めるにあたって、現時点における使用済み製品の流通状況や不法投棄の状況を参考にすると、生産者はそのときだけ製品の限界引取を大きくみせつつ限界投棄回避を小さくみせれば、生産者が引取によって得る収益は大きくなり、課税額は小さくなる³³。同様に、消費者もそのときだけ限界投棄を小さくみせれば、自身への課税額は小さくなる³⁴。特に不確実性やゲーム構造といった複雑な仮定を置かなくても、

33 例えば、実際の製品引取後の物質収支が $r = b - d^m (= b + d^{m-})$ であるにもかかわらず、何らかの作為によって政策当局に、 $r' = 1.5b' - 0.5d^{m'} (= 1.5b' + 0.5d^{m-'})$ であると信じさせることができるならば、生産者が直面する引取の単位収益は大きくなり、投棄への課税率は小さくなる。

34 例えば、実際は製品使用後の物質収支が $ac = b + d^h$ であるのに対して、 $(ac)' = b' + 0.5d^{h'}$ であるように政策当局に信じ込ませれば、消費者に課される製品への税率は小さくなる。

このような半ば「常識的な」含意を得られたことは注目に値する。

7. おわりに：今後の方向性

本論は、消費者が使用済みの製品を生産者に引き取ってもらう一方、両者ともそれを不法投棄しうる、という想定的基本的な一般均衡モデルを構築した上で、その投棄に起因する外部不経済を内部化する政策をどのように組み合わせたらよいかを明らかにした。本モデルでは最も単純な状況として、消費者および生産者の不法投棄は100%の確率で、すべての量が発覚することを仮定した。

その分析の結果、生産者による不法投棄への最適課税率は投棄に伴う限界不効用の貨幣価値に等しいこと（命題2）、および、消費者による不法投棄への最適課税率は、製品購入への最適課税率と組み合わせることができること（命題1）、などがわかった。また、その製品課税率は、使用済み製品の単位収益と引取料金の差に排出率を掛けた額に等しいこと（補題1）も明らかにされた。

基本モデルの分析に続いて、第6章では、政策当局が物質収支について十分な情報をもたない応用的な状況を検討した。その結果、消費者と生産者は政策当局に対して、不法投棄に関する限界値を過小に見せることによって、それぞれが直面する課税率を低くすることができること（命題3 [1] [3]）、および、生産者は引取についての限界値を過大に見せることで、引取に伴う単位収益を高めることができること（命題3 [2]）、などが理論的に示された。

いうまでもなく、本論で提示した理論モデルはきわめて簡素なものであり、これを基礎としてさまざまな展開が可能である。以下では、稿を改めて検討すべきいくつかの方向性を、不法投棄に関する論点に絞っていくつか挙げる。このようなモデル展開によって、本論で得られた基本的な命題にどのような変更が求められるであろうか。

第一に、消費者および生産者による不法投棄の隠蔽努力を考慮したモデルの構築である。投棄の隠蔽に資源を費やすことによって、見かけの投棄量を減少させたり、投棄が発覚する確率を低くしたりできる。このとき消費者と生産者は、不法投棄の量とともにその隠蔽努力の量を決めることになる。このような

状況下では、どのような政策が有効なのだろうか。

第二に、政策当局が不法投棄を見つけるために資源を使う、という仮定の導入である。つまり、住民からの財源をもとに投棄を取り締まる経済主体の行動を、モデル内で考慮するのである。この場合、そもそも政策当局の合理的行動とは何なのかをまず論じなければならないため、第一に挙げた隠蔽努力の追加より、多くの困難が予想される。

第三に、冒頭でふれた Copeland (1991) のモデルが仮定したように、環境に悪影響を及ぼさないような合法的な廃棄物処理を、不法投棄に代表される不法処理と併存させる設定である。隠蔽努力を考えないならば、不法投棄の発覚確率は、投棄量が合法的処理量に対して多くなればなるほど高くなる。したがって、投棄への政策だけでなく、両方の処理に対する政策の組み合わせが重要となるであろう。

第四に、消費者と生産者以外の経済主体を加えることである。経済主体が増えることによって、使用済み製品の引取形態やリサイクル経路、不法投棄の方法に関して、さまざまな可能性を考慮することができる。もちろん経済主体を増やさなくても、本論の基本モデルの消費者と生産者の間にも、いろいろな要素を取り入れる余地が十分にある。

参 考 文 献

- 阿部新 (2004), 「廃棄物処理委託と排出者責任の経済分析」, 西日本理論経済学会編『環境政策と雇用政策の新展開』勁草書房, 47-73頁。
- Copeland, Brian R. (1991), "International Trade in Waste Products in the Presence of Illegal Disposal," *Journal of Environmental Economics and Management* 20, pp.143-162.
- 福山博文・細江守紀 (2004), 「産業廃棄物の不適正処理と原状回復の責任ルール」, 西日本理論経済学会編『環境政策と雇用政策の新展開』勁草書房, 25-46頁。
- Fullerton, Don and Thomas C. Kinnaman (1995), "Garbage, Recycling, and Illicit Burning or Dumping," *Journal of Environmental Economics and Management* 29, pp.78-91.
- 細江守紀 (2002), 「不法投棄, リサイクル, 及びモニタリングの経済分析」, 細江守紀・藤田敏之編著『環境経済学のフロンティア』勁草書房, 第7章。
- 環境省編 (2004), 『循環型社会白書 (平成16年版)』, ぎょうせい。
- 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 (2004), 「廃家電製品等の不法投棄の状況について」, 平成16年8月6日報道発表資料 [http://www.env.go.jp/press/press.php 3?serial=5169]。

- 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部，経済産業省商務情報政策局（2004），「福岡市における家電リサイクル法対象機器の不正処理事件に係る勧告等について」，平成16年4月9日報道発表資料〔<http://www.env.go.jp/press/press.php3?serial=4879>〕。
- 小出秀雄（2002），「外部性をもつ資源利用，及び廃棄物処理の一般均衡分析」，細江守紀・藤田敏之編著『環境経済学のフロンティア』勁草書房，第8章。
- 小出秀雄（2004 a），「家電リサイクル法の料金支払制度と不法投棄政策」，『比較経済体制学会年報』第41巻第2号，49-60頁。
- 小出秀雄（2004 b），「家電リサイクル法の料金制度と経済的手法」，西日本理論経済学会編『環境政策と雇用政策の新展開』勁草書房，3-24頁。
- Koide, Hideo (2004), "Bottle Targeted Policies in Material Cycles," 『経済学論集』(西南学院大学学術研究所) 第38巻第4号, 31-55頁。
- 小出秀雄・山下英俊（2003），「廃棄物政策：発生抑制インセンティブの効果的利用に向けて」，寺西俊一編『新しい環境経済政策：サステイナブル・エコノミーへの道』東洋経済新報社，第5章。
- Porter, Richard C. (2002), *The Economics of Waste*, Resources for the Future, Washington, D. C.
- Porter, Richard C. (2004), "Efficient Targeting of Waste Policies in the Product Chain," in Organisation for Economic Co-operation and Development, *Addressing the Economics of Waste*, OECD, Paris, pp.117-160.