

Title	廃棄物における外部性と政策に関する一考察
Sub Title	On environmental externalities and waste management policies
Author	斉藤, 崇(Saito, Takashi)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2007
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.100, No.3 (2007. 10) ,p.651(69)- 669(87)
JaLC DOI	10.14991/001.20071001-0069
Abstract	<p>本稿は、廃棄物の問題において、不要物の回収と処理とを区別し、各段階における外部性を抑えるための課税・補助金政策について考察している。その結果、不要物の排出を抑えるための税率は、回収された不要物の不適正処理を防ぐための税率よりも高くなることが示された。また不要物を回収する手段であるデポジット制度について、デポジットとリファンドの水準は、一般的には異なるものであり、デポジットの方が高くなることも示された。</p> <p>This study distinguishes recovery and processing of unwanted substances and considers the taxation and subsidy policies for reduction of externalities at each stage of the waste problem. As a result, it indicates that the tax rate for reducing emissions of unwanted substances must be higher than the tax rate for avoiding inappropriate processing of collected unwanted material. In addition, regarding the deposit system, which is the means for collecting unwanted substances, this study indicates that the levels of deposit and refund generally differ, with the level for deposit being higher.</p>
Notes	小特集：環境経済学の新展開(上)
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20071001-0069

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

廃棄物における外部性と政策に関する一考察

On Environmental Externalities and Waste Management Policies

斉藤 崇(Takashi Saito)

本稿は、廃棄物の問題において、不要物の回収と処理とを区別し、各段階における外部性を抑えるための課税・補助金政策について考察している。その結果、不要物の排出を抑えるための税率は、回収された不要物の不適正処理を防ぐための税率よりも高くなることが示された。また不要物を回収する手段であるデポジット制度について、デポジットとリファンドの水準は、一般的には異なるものであり、デポジットの方が高くなることも示された。

Abstract

This study distinguishes recovery and processing of unwanted substances and considers the taxation and subsidy policies for reduction of externalities at each stage of the waste problem. As a result, it indicates that the tax rate for reducing emissions of unwanted substances must be higher than the tax rate for avoiding inappropriate processing of collected unwanted material. In addition, regarding the deposit system, which is the means for collecting unwanted substances, this study indicates that the levels of deposit and refund generally differ, with the level for deposit being higher.

廃棄物における外部性と政策に関する一考察*

齊 藤 崇†

要 旨

本稿は、廃棄物の問題において、不要物の回収と処理とを区別し、各段階における外部性を抑えるための課税・補助金政策について考察している。その結果、不要物の排出を抑えるための税率は、回収された不要物の不適正処理を防ぐための税率よりも高くなることが示された。また不要物を回収する手段であるデポジット制度について、デポジットとリファンドの水準は、一般的には異なるものであり、デポジットの方が高くなることも示された。

キーワード

外部不経済、不要物の回収、不要物の処理、デポジット制度

JEL Classification

H23, Q53

1. はじめに

大気汚染などの外部不経済が生じている場合、環境政策の基本的な考え方は、外部不経済を社会的に最適な水準に抑えることにある。どのような政策を用いるかは、外部不経済をどのようにコントロールするかによって変わってくるが、それ以外にも外部不経済がどのような形で生じているかにも大きく影響を受ける。その意味で、外部不経済というものをどのような経済活動からどのように生じるかについて整理をしておくことは重要である。

先行研究の多くでは、大気汚染のような古くからある環境汚染の問題と廃棄物のような問題を、外部不経済という点においては同一視しているように見受けられる。たとえば Wertz (1976) を先

* 本稿は慶應義塾経済学会主催コンファレンス「環境経済学の新展開」における報告論文を改訂したものである。同コンファレンスにおいて、討論者の島瀬和志先生（神戸大学）および参加された諸先生方から有益なコメントをいただいた。ここに感謝の意を記したい。なお言うまでもなく本稿に残る誤りは全て筆者に帰するものである。

† E-mail address: tsaito@eco.iuk.ac.jp

駆的なものとする廃棄物問題の理論的研究では、廃棄物そのものが消費者に不効用をもたらすものとされている。近年、よく引用されている Fullerton and Kinnaman (1995) などでも同じような立場で廃棄物というものを捉えている。

しかしながら細田 (1999) が指摘するように、廃棄物は適正な処理が行われる場合には外部性を生じることはない。廃棄物の中には有害な性質をもつものもあるが、廃棄物全般を考えた場合には必ずしも有害な物質が含まれているわけではない。また有害な物質が含まれていたとしても、適正な処理を行うことによって市場を経由しない形で他の経済主体への負の影響を生じさせないことも可能である。

もちろん、現実経済において、廃棄物のすべてが適正に処理されているわけではない。廃棄物問題の1つとして、不適正な処理あるいは不法投棄の問題を挙げることができる。これらについても、Sullivan (1987) をはじめとする多くの文献で理論的な研究が試みられている。不適正な処理ないし不法投棄は、外部不経済の問題として捉えることができるが、これは廃棄物そのものが外部性をもたらすというよりも、廃棄物が発生したあとの扱われ方によって外部性が生じると捉える方が自然である。このように考えると廃棄物問題における「外部性」はどのような段階において外部性が生じているのかということに着目することが重要である。なおこの点については、斉藤 (2004) でも指摘されている。

本稿では、こうした性質の異なる問題を捉えるために、不要物の回収と処理という2つの段階を区別し、それぞれにおける外部性について考察を行っている。具体的には、経済活動に伴って発生した不要物が回収されるか、回収されずに環境中に排出されるかという選択と、回収された不要物が適正に処理されるか、あるいは不適正に扱われるかという選択の両方を考慮している。そしてその上で社会的最適状態を実現するための政策について考察している。

この枠組みにおいて、不要物の排出および回収された不要物の不適正な処理によって外部性をもたらされることになるが、政策において両者に対する税金の水準は異なるものとなる。具体的には不要物の排出に対する税率が不適正処理に対する税率よりも高くなる。これは不要物の排出と不適正処理が、外部性をもたらすという点では同じであっても異なる意味を持つものであることを示している。

また本稿では政策の1つとして、税金と補助金の組み合わせについて論じている。これについては Fullerton and Kinnaman (1995) などでも述べられているが、既存研究と異なり、税金を支払う主体と補助金を受け取る主体が異なる場合についても考察している。さらにこの枠組みをデポジット制度に適用することによって、デポジットの水準とリファンドの水準についても言及している。そしてデポジットの水準がリファンドの水準よりも高くなることが示されている。

なお本稿の構成は以下の通りである。まず第2節において、本稿で取り上げるモデルの基本的な構造について説明し、このモデルで想定している各主体の行動について述べていく。つづく第3節

では社会的最適な状態を導出し、その特徴について整理する。ここで示された社会的最適条件は、市場メカニズムのもとで政策的な介入なしには実現し得ない。そのため第4節および第5節では、社会的最適状態を達成するための方策について提示する。ここではまず課税を用いる政策について取り上げ、あとで補助金を用いる政策について述べる。また補助金を用いる政策との関連でデポジット制度について考察する。最後に第6節において考察結果を整理し、本稿を締めくくる。なお本稿の分析を補足する議論について、補論AおよびBで展開している。

2. モデル

代表的生産者および代表的消費者から成る経済を想定しよう。この経済には2種類の消費財 x および y があり、このうち x 財の生産活動においてのみ不要物が発生するものとする⁽¹⁾。なお本モデルでは生産活動に伴う不要物について考えていくが、消費活動に伴って不要物が発生するとしても、ほぼ同じように考察していくことができる。

消費財は1種類の生産要素を用いてつくられる。それぞれを l_x, l_y とおくと、消費財の生産関数は次のように表すことができる。

$$x = f(l_x) \quad f' > 0, f'' < 0 \quad (1)$$

$$y = h(l_y) \quad h' > 0, h'' < 0 \quad (2)$$

2つの消費財のうち、 x 財は生産活動において不要物 z を発生させる。いまこの量が生産量と次のような関係になっているとしよう⁽²⁾。

$$z = \phi(x) \quad (3)$$

この不要物 z はそのまま環境中に排出されるのではなく、一部ないし全部が回収される。いま回収のための資源投入量を l_a とおき、回収量 a を次のように表現する。

$$a = \xi(l_a) \quad \xi(0) = 0, \xi' > 0, \xi'' < 0 \quad (4)$$

(1) このような2つの財のうちの片方のみが不要物を発生させるという想定は Fullerton and Kinnaman (1995) や Fullerton and Wu (1998) などの多くの文献において行われている。なお、この想定は分析を単純化するためのものであり、あとで導かれる帰結に本質的な影響を及ぼすものではない。

(2) なお不要物が消費活動に伴って発生すると考える場合も、(3)式と同じ定式化をすることができる。このとき、市場における主体的均衡条件は変わってくるが、最適解を達成するための税率等は同じように導くことができる。この点については第4節を参照されたい。なお消費財 x が貿易されている場合は、国内における生産水準と消費水準が一般には異なるため、どちらの活動に伴って不要物が発生するかについて区別することが重要である。本モデルでは閉鎖経済下における状況を想定しているため、どちらに伴う不要物についても、同じ枠組みで考察することができる。

また環境中への排出量 e は次のように表すことができる。⁽³⁾

$$e = z - a \quad (5)$$

では次に回収されたあとの段階について考えてみることにしよう。回収された不要物は、環境に影響を及ぼさないように適正に処理される。ただし全てが適正に処理されるとは限らず、不適正に処理されて環境負荷をもたらしてしまうものもある。いま適正な処理量を g とし、適正処理に必要な資源投入を l_g とおき、処理量との関係を次のように表すことにしよう。

$$g = \gamma(l_g) \quad \gamma(0) = 0, \quad \gamma' > 0, \quad \gamma'' < 0 \quad (6)$$

回収された不要物のうち、適正処理されなかったものが環境負荷をもたらしていると想定し、これを「不適正処理」と呼ぶことにしよう。このとき不適正処理の水準 b は次のように表すことができる。⁽⁴⁾

$$b = a - g \quad (7)$$

次に消費者についてみていくことにしよう。いま代表的消費者の効用関数を次のように表す。

$$u = u(x, y, e, b) \quad (8)$$

$$u_i > 0, \quad u_{ii} < 0, \quad u_j < 0, \quad u_{jj} < 0, \quad i = x, y, \quad j = e, b$$

消費者は消費財から効用を得ているのに対し、生産活動に伴う不要物の排出やその不適正な処理によって不効用を受けている。

最後に資源制約について触れる。ここで想定している経済では、消費財の生産および不要物の回収、処理に資源を用いている。いま総資源量を \bar{l} とすると、以下のような制約式を得ることができる。

$$\bar{l} = l_x + l_y + l_a + l_g \quad (9)$$

本稿で想定している経済は、以上の9本の方程式によって表現することができる。次節以降ではこの経済の性質について明らかにしていくことにしよう。

(3) より一般的な表現として、たとえば $e = \theta[z, a]$ (ただし $\theta_z > 0$, $\theta_a < 0$) という形式も可能である。ここでは簡単化のため、不要物のうち未回収のもの全てが環境中に排出されると想定する。

(4) 先の排出量 e と同じように、(6)式についても、 $b = \phi[a, g]$ (ただし $\phi_a > 0$, $\phi_g < 0$) のように、より一般的な表現を用いることができる。

3. 社会的最適状態の性質

では前節で示した経済における社会的に最適な状態を導出していこう。この状態は、効用関数(8)式以外の8本を制約として、代表的消費者の効用最大化問題を解くことによって求めることができる。この問題を解くにあたって、以下のようなラグランジュ関数を定義しよう。

$$L \equiv u[f(l_x), h(\bar{l} - l_x - l_a - l_g), e, b] + \lambda[\xi(l_a) + e - \phi(f(l_x))] + \delta[\gamma(l_g) + b - \xi(l_a)]$$

ここで λ および δ はラグランジュ乗数である。内点解のための必要条件は、以下のよう⁽⁵⁾に求めることができる。

$$u_x f' - u_y h' - \lambda \phi' f' = 0 \quad (10a)$$

$$-u_y h' + \lambda \xi' - \delta \xi' = 0 \quad (10b)$$

$$-u_y h' + \delta \gamma' = 0 \quad (10c)$$

$$u_e + \lambda = 0 \quad (10d)$$

$$u_b + \delta = 0 \quad (10e)$$

これらを整理することによって、次の主張が導かれる。

命題1 社会的最適状態において、次の関係が成り立つ。

$$\frac{u_x}{u_y} = \frac{h'}{f'} + \phi' \left(\frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'} \right) \quad (11)$$

$$-\frac{u_e}{u_y} = \frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'} \quad (12)$$

$$-\frac{u_b}{u_y} = \frac{h'}{\gamma'} \quad (13)$$

[証明]

3つ目の関係から導出する。(13)式は(10c)式と(10e)式から導くことができる。2つ目の(12)式については、(10b)式、(10c)式、および(10d)式から、求めることができる。そして1つ目の(11)式は、(10a)式と(10d)式を整理し、そこに(12)式を代入することによって得ることができる。■

これらはすべて消費と生産のあいだの関係を示している。その意味について順にみていくことに

(5) なお端点解の可能性については補論Aで取り上げている。

しよう。まず1つ目は消費財に関する条件である。この右辺は次のように整理することができる。

$$\text{RHS of (11)} = \frac{\frac{1}{f'} + \phi' \left(\frac{1}{\xi'} + \frac{1}{\gamma'} \right)}{\frac{1}{h'}}$$

両辺とも y 財で評価された形式に書き換えることができる。ここで分子第1項は x 財生産の限界費用、第2項のカッコ内は回収活動と適正処理の限界費用を示している。また ϕ' は生産活動に伴う不要物の限界的な発生量である。つまり x 財から得られる便益（左辺）と x 財生産限界費用と不要物の回収・適正処理の限界費用の和（右辺）が等しいことを意味している。

同じように考えると、2つ目の関係は、不要物の排出による限界不効用が回収活動および適正処理の限界費用の和に等しいことを、3つ目の関係は不適正処理による限界不効用が適正処理の限界費用に等しいことをそれぞれ意味している。なお、ここでは不要物の排出による不効用と不適正処理による不効用とを区別しているが、両者のあいだには次の関係が成り立っている。

系1 社会的最適状態において、不要物の排出と不適正処理による不効用のあいだに次の関係が成り立つ。

$$\frac{u_e}{u_b} > 1$$

[証明]

命題1の(12)式および(13)式より明らかである。■

この主張について考えてみよう。排出と不適正処理とは、外部性をもたらすという点では同じものであるが、社会的最適状態を考慮する場合には異なる意味を持っている。回収された不要物を適正に処理するか不適正処理するかという選択の状況においては、両者の限界費用が等しくなる水準が最適となる。これは(13)式からも明らかである。

一方、発生した不要物を回収するか排出するかという選択については、両選択肢の限界費用が等しくなることが最適ではない。なぜならば回収された不要物は、そのあとの段階で適正ないし不適正処理の選択を迫られるため、発生した不要物の扱いはそうした先のことを見込んだものでなければならないからである。(12)式に示されるように、排出の限界費用が回収と不適正処理の限界費用の和として表されるのは、そのためである。

こうしたことから、排出と不適正処理とでは限界不効用が異なることになる。この結果は、回収・排出のあとで処理が行われるということを反映したものであり、外部性がどのような形でもたらされるかということとは独立である。⁽⁶⁾そして、この性質は不要物の排出および不適正処理を抑制するための税率に影響する。これについては第4節でふたたび取り上げることにしよう。

(6) なお本稿のモデルでは、回収された不要物の処理を1段階しか想定していないが、たとえば中間処

命題 1 に示された条件は、市場メカニズムのもとで、政策の介入なしには実現することが困難である。次節以降では税金や補助金を用いて社会的に最適な状態を実現するための方策について検討を行っていく。

4. 課税による社会的最適解の実現

社会的最適を実現するための手段として、本稿では課税によるもの（第 4 節）と補助金を用いるもの（第 5 節）とを取り上げる。まず課税政策について考えていくことにしよう。そのために各消費財の生産者、処理業者、消費者の主体的均衡条件を求め、それを用いて社会的最適を達成するための条件について導出する。

では最初に x 財の生産者の行動から取り上げていく。この主体は生産要素 l_x を用いて財の生産を行っているが、その活動において不要物 z を発生させている。いま x 財生産業者は不要物の回収まで行っているとしよう。なお不要物の回収を別の主体が行っていると考えると、あとで導かれる帰結に本質的な違いは生じない。

x 財の価格を p_x 、生産要素価格を p_l とする。回収した不要物は処理業者に引き渡し、そのときの価格を p_a とする。また排出に対して t_e の課税が行われるものとしよう。このとき利潤最大化条件は次のように表すことができる。

$$p_x f' = p_l + \phi' f' \left(\frac{p_l}{\xi'} + p_a \right) \quad (14a)$$

$$\frac{p_l}{\xi'} + p_a = t_e \quad (14b)$$

ここで(14a)式の左辺は x 財の限界生産力価値を表しており、これが右辺第 1 項の生産要素価格と第 2 項の回収および処理費用に等しくなることを示している。また(14b)式は回収と排出とで限界費用が等しくなることを意味している。

一方、 y 財の生産企業については、次のような利潤最大化条件を得ることができる。

$$p_y h' = p_l \quad (15)$$

ここで p_y は y 財の価格である。2つの生産業者を比較すると明らかのように、不要物の発生が生じる場合には、その回収・処理も含めた限界費用と限界生産力価値が等しくなる。

次に不要物の処理主体の行動についてみていくことにしよう。回収された不要物は、適正処理または不適正な処理が行われる。ここで不適正処理に対する課税を t_b とおくと、利潤最大化条件は次

理、最終処分といったように複数段階の処理を考えても、同じような結果を導くことができる。この点については補論 B を参照されたい。

のように表すことができる。⁽⁷⁾

$$\frac{p_l}{\gamma'} = t_b \quad (16)$$

この条件は適正処理を行うことの限界費用と不適正処理を行った場合の限界損失が等しいことを意味している。これは回収された不要物を受け取る際の料金 p_a に対して限界利潤が等しくなっていると捉えることもできる ($p_a - p_l/\gamma' = p_a - t_b$)。

最後に消費者の行動についてみていくことにしよう。いま予算制約式を次のように示す。

$$p_l \bar{l} + \Pi + T = p_x x + p_y y$$

ここで左辺第1項は賃金収入を表しており、第2項の Π は家計部門が配当として受け取る企業利潤、第3項の T は政府からの移転所得を示している。また右辺は消費財への支出である。本モデルでは徴収された税金は消費者に一括移転されるものとして話を進める。効用最大化問題の内点解のための必要条件は、以下のようになる。

$$u_x = \lambda^c p_x \quad (17a)$$

$$u_y = \lambda^c p_y \quad (17b)$$

ここで λ^c はラグランジュ乗数である。

以上の各主体的均衡条件を用いて、社会的最適状態を達成するための条件を導出してみよう。これについては次の命題が答えてくれる。

命題2 以下の関係が成り立っているとき、上に示した課税政策において、社会的最適状態を達成することができる。

$$t_e = -\frac{u_e}{\lambda^c}, \quad t_b = -\frac{u_b}{\lambda^c}, \quad p_a = \frac{p_l}{\gamma'} = t_b$$

[証明]

処理の条件(13)式からみていくことにしよう。主体的均衡条件から、この式の両辺は次のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{LHS of (13)} &= -\frac{u_b}{u_y} = -\frac{u_b/\lambda^c}{p_y} \\ \text{RHS of (13)} &= \frac{h'}{\gamma'} = \frac{t_b}{p_y} \end{aligned}$$

したがって $-u_b/\lambda^c = t_b$ が成り立つとき、両辺は等しくなることがわかる。

(7) なおここでは不適正処理に対する監視等は想定していない。監視によって発覚したものに課税を行う場合については、この t_b を税金の期待値、つまり不適正処理を行うことの期待損失と置き換えることによって、同じようにみていくことができる。

次に回収・排出の条件(12)式について考える。先と同じように主体的均衡条件を用いると、両辺は次のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{LHS of (12)} &= -\frac{u_e}{u_y} = -\frac{u_e/\lambda^c}{p_y} \\ \text{RHS of (12)} &= \frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'} = \frac{t_e - (p_a - t_b)}{p_y} \end{aligned}$$

両辺が等しくなるためには $-u_e/\lambda^c = t_e - (p_a - t_b)$ が成立する必要がある。また消費に関する条件(11)式についても同じように両辺を整理すると

$$\begin{aligned} \text{LHS of (11)} &= \frac{u_x}{u_y} = \frac{p_x}{p_y} \\ \text{RHS of (11)} &= \frac{h'}{f'} + \phi' \left(\frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'} \right) = \frac{p_x - \phi'(p_a - t_b)}{p_y} \end{aligned}$$

となる。ここで両辺が等しくなるためには $p_a = t_b$ とならなければならない。したがって先の回収・排出に関して、 $-u_e/\lambda^c = t_e$ が成立すればよいことがわかる。■

この命題は次のことを示している。まず排出や不適正処理に対する税率は、それぞれによってもたらされる不効用の水準によって決まる。これは税率が限界外部費用に等しくなっていると捉えることができる。一方で、回収された不要物を引き取る際の料金の水準は、適正・不適正処理の限界費用と等しくなるよう設定される必要がある。 x 財の生産企業は不要物の処理も含めた形で利潤最大化行動をとっているが、そのときに考慮される処理料金の水準は処理業者の限界利潤がゼロとなるように設定することが望ましいということがわかる。なおこのときの x 財の価格は次のような関係になっている。

$$p_x = \frac{p_l}{f'} + \phi' \left(\frac{p_l}{\xi'} + p_a \right) = \frac{p_l}{f'} + \phi' \left(-\frac{u_e}{\lambda^c} \right)$$

つまり財の生産に関する限界費用(第1項)に回収・処理の限界費用(第2項)が加わっている。そして第2項のカッコ内は排出の限界外部費用に等しい。このように不要物の回収・処理に関する費用が価格に反映され、それによって不要物の発生を伴う消費財 x の水準が最適な状態になる。

本研究では不要物の排出と不適正処理の2つが消費者の効用にマイナスの影響を与えており、それぞれを抑えるために税金を用いている。命題2より2つの税率はともに正であることが容易に確かめられるが、その大小関係について次の性質を得ることができる。

系2 社会的最適状態において、不要物の排出と不適正処理に対する税率について次の関係が成り立つ。

$$t_e > t_b$$

[証明]

命題2および系1より明らかである。■

命題1において、排出および処理についての条件式をそれぞれ導き出した。これによれば、社会的最適状態においては、排出による限界費用は回収と適正処理の限界費用の和と等しく、不適正処理の限界費用は適正処理の限界費用と等しくなっている。排出も不適正処理もどちらも消費者に不効用をもたらすという点では同じようなものとして捉えることもできるが、実際には発生した不要物を回収し、処理するという流れがあるため、そうした段階の違いが両者の限界費用の差に表れている。同じことは社会的最適な状態を実現するための税率にも当てはまり、排出を抑えるための税率の方が不適正処理を抑えるための税率よりも高くなるのである。

ここまで示された政策は、外部性をもたらす活動に対して課税を行って抑制するというものであった。同じように外部性の水準を抑えるためには、補助金を用いる方法もある。それについて次にみていくことにしよう。

5. 補助金を用いた政策とデポジット制度

では不要物の回収、および回収された不要物の適正処理に対して補助金を用いる方法についてみていくことにしよう。この政策を考えるにあたって、 x 財生産企業および不要物の処理企業の行動を若干変更する。まず x 財生産企業について取り上げる。いま回収量に対して s_a の補助金が付与されるとしよう。 x 財生産企業は回収した不要物を引き渡す際に料金 p_a を支払っているため、実質的に受け取る額は $s_a - p_a \equiv \bar{s}_a$ となる。これを \bar{s}_a と表そう。この符号についてはあとで確かめる。

このもとで利潤最大化条件は次のように書き換えられる。

$$p_x f' = p_l \quad (18a)$$

$$\frac{p_l}{\xi'} + p_a = s_a \quad (18b)$$

課税政策のもとでは、限界生産力価値が生産要素価格および回収・処理費用の和と等しくなっていた。補助金が付与されると、(18b)式のように限界的な回収・処理費用と補助金の水準が等しくなるまで回収が行われるため、回収に伴う正味の限界費用はゼロとなる。したがって(18a)式のように限界生産力価値と生産要素価格が等しくなる水準が選ばれる。

一方、不要物の処理主体の利潤最大化条件は次のように書き換えることができる。

$$s_g = \frac{p_l}{\gamma'} \quad (19)$$

ここで s_g は適正処理に対する補助金である。この条件のもとで適正処理の限界費用と補助金が等し

くなり、それらを差し引いた正味の限界費用はゼロとなる。不適正処理は費用をかけずに行うことができると考えているので、この場合も課税政策と同じように2つの処理において限界費用が等しくなっている。

最後に消費者の効用最大化条件について述べる。いま x 財の購入に対して t_x の税金が課されているとしよう。このとき最適条件は次のように書き換えられる (λ^c はラグランジュ乗数)。

$$u_x = \lambda^c(p_x + t_x) \quad (20a)$$

$$u_y = \lambda^c p_y \quad (20b)$$

こうした条件のもとで、社会的最適状態を達成するための条件は次の命題のように示すことができる。

命題 3 以下の関係が成り立っているとき、上に示した政策において、社会的最適状態を達成することができる。

$$\bar{s}_a + s_g = -\frac{u_e}{\lambda^c}, \quad s_g = -\frac{u_b}{\lambda^c}, \quad t_x = \phi'(\bar{s}_a + s_g)$$

[証明]

まず処理に関する条件(13)式についてみると、この両辺は次のように表すことができる。

$$\text{LHS of (13)} = -\frac{u_b}{u_y} = -\frac{u_b/\lambda^c}{p_y}$$

$$\text{RHS of (13)} = \frac{h'}{\gamma'} = \frac{s_g}{p_y}$$

したがって $-u_b/\lambda^c = s_g$ のもとで両辺は等しくなる。また回収・排出に関する条件(12)式の両辺は次のようになる。

$$\text{LHS of (12)} = -\frac{u_e}{u_y} = -\frac{u_e/\lambda^c}{p_y}$$

$$\text{RHS of (12)} = \frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'} = \frac{\bar{s}_a + s_g}{p_y}$$

両辺が等しくなるためには $-u_e/\lambda^c = \bar{s}_a + s_g$ が成立していればよい。

一方、消費に関する条件(11)式についても同じように両辺を整理すると以下のように表される。

$$\text{LHS of (11)} = \frac{u_x}{u_y} = \frac{p_x + t_x}{p_y}$$

$$\text{RHS of (11)} = \frac{h'}{f'} + \phi' \left(\frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'} \right) = \frac{p_x + \phi'(\bar{s}_a + s_g)}{p_y}$$

したがって、両辺が等しくなるためには $t_x = \phi'(\bar{s}_a + s_g)$ となっている必要がある。■

適正処理に対する補助金の水準は、不適正処理に伴う不効用の水準によって決まっている。これは課税を行う場合と同じように捉えることができる。一方、回収に対する補助金は若干複雑なものとなっている。社会的最適状態の性質から明らかなように、排出の限界不効用は回収と適正処理の限界費用の和に等しくなっている。この命題が示しているように、回収に対する正味の補助金と適正処理に対する補助金の和は、排出の限界不効用の水準に等しくなっている。言い換えれば、回収に対する正味の補助金は排出の限界外部費用と適正処理の補助金の差で表すことができる。

$$\bar{s}_a = -\frac{u_e}{\lambda^c} - s_g = -\frac{u_e}{\lambda^c} - \left(-\frac{u_b}{\lambda^c}\right) > 0$$

また排出と不適正処理の限界不効用の関係から回収に対する正味の補助金が正となっていることがわかる。これは $\bar{s}_a = s_a - p_a$ という関係にあるので、処理業者に引き渡すときに支払う価格よりも高い水準の補助金を受け取っていることになる。

この政策では不要物の回収と適正処理に対して補助金を付与しているが、それだけで社会的最適状態を実現することは困難である。こうした補助金に加えて、消費財の購入に対して t_x という税金が課されなければならない。命題3の証明において、 $t_x = 0$ とすると社会的最適状態が実現できないことは容易に確かめることができる。

課税政策の場合とは異なり、ここで示された政策のもとでは、消費財の生産企業の利潤最大化条件に不要物の処理が含まれていない形になっている。これは回収に対する補助金によって、回収・処理の限界費用が正味ゼロになっているためである。不要物の発生が消費財の数量と関わっている場合、その数量を最適にする必要があり、そのために購入時での課税による抑制が必要となる。なおこの場合の消費者価格は次のように表すことができる。

$$p_x + t_x = \frac{p_l}{f'} + \phi'(\bar{s}_a + s_g) = \frac{p_l}{f'} + \phi'\left(-\frac{u_e}{\lambda^c}\right)$$

つまり購入時の課税を組み合わせることによって、不要物の回収・処理の費用が価格に反映され、消費の水準が最適なものとなる。命題に示されているように、最適な税率は限界不効用の大きさによって決まっている。これは、いずれ不要物となり不効用をもたらす可能性のある消費財の水準を抑えるためのものであり、その意味でピグー税的なものとみなすことができる。

このように補助金を用いる政策は、課税を伴うものとなる。こうした税金と補助金の組み合わせについては、Fullerton and Kinnaman (1995) などでも示されている。そこでは消費者による不法投棄の問題、つまり本稿で言うところの不要物の排出について考察しており、それを抑制するために消費財の購入時に税金を支払い、使用済の消費財を適正に処理することに対して補助金を受け取る、というものである。つまり、同一主体に対する税金と補助金の組み合わせを考えている。そして、この組み合わせをデポジット制度 (Deposit-Refund System) と捉えている。

こうした捉え方は、税金と補助金の組み合わせ政策の1つであるが、一般的にはもう少し広く捉えることができる。本稿でみてきたように、不要物の排出や不適正処理を行う主体が異なれば、税金を支払う主体と補助金を受け取る主体も別になる。具体的には、税金は財の購入時に課せられ、消費者が支払うのに対し、補助金は不要物排出の抑制については排出主体、不適正処理の抑制については処理主体に付与される。

したがって、消費活動に伴って発生する不要物の排出抑制を考えるならば、つまり消費者が税金を支払い、補助金も受け取ることになり、上述の文献のように同一主体に対する税金と補助金の組み合わせ政策が行われることになる。一方、本稿でみたように生産活動に伴う不要物の抑制を考える場合は、消費者が税金を支払い、消費財生産企業が補助金を受け取ることになる。このように、不要物が生産と消費のどちらの経済活動に関連して発生するかによっても状況が異なってくるのである。

前節の課税政策では、排出に対する税金と不適正処理に対する税金とのあいだに大小関係をみることができた(系2)。ここで示した税金-補助金政策についても、税金と補助金との関係についてみてみることにしよう。このことを考察するにあたって、先の命題3の3つ目に示された条件式に着目する。

$$t_x = \phi'(\bar{s}_a + s_g)$$

ここで右辺の ϕ' は消費財の生産量増大に伴う不要物の限界的な発生量である。つまり消費財 x が1単位増加するとき、不要物は ϕ' 単位追加的に発生する。一方、左辺の t_x は消費財1単位に課される税金である。

したがって消費財の単位をそろえて考えれば、 $\phi'\bar{s}_a$ が回収に対する補助金、 $\phi's_g$ が適正処理に対する補助金と捉えることもできる。このとき、購入時にかかる税金の水準は、不要物を回収するための補助金と適正処理を促進するための補助金の和で表されることになり、個々の補助金の水準より高いものとなるのがわかる。

本稿のモデルでは、生産活動に伴う不要物の発生を想定していたが、消費活動に伴う不要物の発生についてもほぼ同じ枠組みで考察することができる。不要物の回収活動も消費者が行うと考えると、予算制約式がやや変更されるものの効用最大化条件はほとんど変わらず、回収に関する均衡条件(18b)式が消費者の行動を示すものとして追加されるだけである。そして、それに伴って x 財の生産企業の利潤最大化条件は(18a)式のみとなる。

したがって、命題2および命題3は、消費活動に伴う不要物の発生についてもそのまま適用することができる。前述の議論から明らかなように、このとき命題3はデポジット制度と同じものとなり、デポジットの水準は t_x で、リファンドの水準は $\phi'\bar{s}_a$ で示される。

ここでデポジットの水準とリファンドの水準を比較すると、デポジットの水準の方が高くなる。命題3に示されているように、デポジットの水準はリファンド、つまり回収を促進するための補助

金 $\phi' s_a$ と回収された不要物の適正処理を促すための補助金 $\phi' s_g$ の和として表される。つまり、デポジットの水準はリファンドのほかに回収されたあとの処理の費用を含んだものとなる。このように不要物の排出を抑制する手段としてデポジット制度を用いる場合、デポジットの水準とリファンドの水準は一般的には異なるものとなる。

なおここでは不要物の排出を抑制する手段としてのデポジット制度に焦点をあてているが、デポジット制度は、不法投棄を抑制するためだけの手段ではなく、不要となったものを回収するための一般的な方法に過ぎない。つまり、不要物に関する外部性がないとしても、デポジット制度を導入することによって、何らかの便益が享受できるのであれば、そうした制度は自発的に行われることになる⁽⁸⁾。したがってデポジットとリファンドの水準の関係については、より広い観点から論じる必要があるだろう。これについては今後の課題としたい。

6. 研究のまとめ

本稿では、不要物の発生と処理に関するモデルを用いて考察を行ってきた。不要物の回収と排出、適正処理と不適正処理という2段階の選択を考慮し、それぞれの外部性を区別することによっていくつかの重要な点を指摘することができた。これらについて、以下に整理していくことにしよう。

本稿で用いたモデルは、不要物の排出による外部性と回収された不要物の不適正処理による外部性とを区別し、考察を行ってきた。社会的最適状態を考える際に、外部性がどのような形で表れるかということとは関係なく、両者の水準が異なるものとなることが示された。具体的には、不要物の排出の限界費用が不適正処理の限界費用よりも大きくなる。

これは不要物を回収するか排出するかという選択の際に、あとの段階である回収された不要物の処理についても考慮されることを反映している。この性質は社会的最適状態を実現するための税率にも影響を及ぼし、排出に対する税率が不適正処理に対する税率よりも高くなる。こうした点は非常に興味深いものであろう。

2つ目の点として、補助金を用いた政策において、税金と補助金の組み合わせが必要であることを示し、その水準について検討した。不要物の回収や適正処理に補助金を付与する場合、財の購入時の課税とセットにする必要がある。既存研究では同一主体に対する税金と補助金の組み合わせについて論じられているが、外部性をもたらす主体が変わってくれば、税金を支払う主体と補助金を受け取る主体が異なることもありうる。

(8) Bohm (1981) は、そうしたデポジット制度を市場発生的なもの (market-generated, voluntary) とし、政府主導によるもの (government-initiated, mandatory) と区別している。なお、デポジット制度が生産者や消費者に与える影響について分析を行った研究として、Onuma and Saito (2003) がある。

また税金と補助金の水準に関して、税金の水準は2種類の補助金の水準の和となることも明らかとなった。したがって税金の水準と個々の補助金の水準を比較する場合は、税金の方が高くなる。本稿で考察したモデルを消費活動に伴って不要物が発生する場合に適用すると、税金と補助金の組み合わせ政策はデポジット制度と同じものとみなすことができる。このときデポジットとリファンドの水準は異なるものとなり、デポジットの水準の方が高くなるということも本稿の考察から明らかとなった。

最後に本稿の分析の新たな展開として、3つの点を挙げておく。まず1点目として、本稿では課税による政策と補助金を用いた政策とを取り上げたが、両政策の比較は特に行っていない。政策を実施する主体から考えた場合に、どちらがより望ましいのかということを検討することは重要である。本稿では政策の実施費用を考慮しなかったが、そうした点を含めることによって新しい帰結を得ることができるかもしれない。この点については今後の課題としたい。

また本稿では消費財の水準と不要物の発生について一定の関係を想定していたが、技術水準の改善などにより不要物の発生がより少なくなるようなことも現実的には考えられうる。そうした政策と技術進歩の観点は、非常に重要である。こうした点は、不要物の排出に絞った研究であれば、これに近いものがいくつか行われているが、本稿のような処理まで含めた分析において、このような観点からの研究はほとんど行われていない。その意味でも重要な課題であると言える。これについても今後の研究課題としたい。

さらに開放経済下への応用についても興味深いだろう。近年では、国内では不要物となったものを国外で使用されるために輸出されたり、消費財が国外で不要物となって処理され、そこで不適正に処理されてしまう状況も起こってきている。本稿の分析では貿易は考慮されていないが、ここで考察を開放経済下での分析に応用することは非常に重要である。この点についても、今後の課題としたい。

A. 端点解の可能性

本稿のモデルでは、経済活動に伴う不要物の発生を考え、その回収と処理とを区別して、各段階における環境負荷について考察を行ってきた。その際、不要物の回収量および排出量、そして回収された不要物の適正処理量および不適正処理量について、内点解の状況に焦点を当ててきた。本補論では、端点解の可能性について言及する。

まず排出・回収に関するものについて取り上げると、次の条件が成り立っているとき、発生した不要物は全て排出されることになる。つまり回収は行われぬ。

$$-\frac{u_e}{u_y} < \frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'}$$

この条件は、第3節において示した最大化問題について、Kuhn-Tucker条件を導出して整理することによって求めることができる。

このとき命題1の(12)式は不等号で成立する。こうした状況は限界回収費用 $1/\xi'$ が十分に大きい場合に起こりうる。たとえば発生した不要物（汚染物質）が拡散するなどして回収が困難な場合、不要物そのまま環境中に排出されることになる。反対に限界回収費用 $1/\xi'$ が十分に小さければ、発生した不要物は全て回収されることになる。

$$-\frac{u_e}{u_y} > \frac{h'}{\xi'} + \frac{h'}{\gamma'}$$

同じように適正・不適正処理に関する端点解について着目すると、(13)式が不等号で成立する場合に生じることがわかる。たとえば適正処理の限界費用 $1/\gamma'$ が十分に大きい場合や不適正処理の限界不効用が十分に小さい場合には、適正処理は全く行われない。

$$-\frac{u_b}{u_y} < \frac{h'}{\gamma'}$$

また適正処理の限界費用 $1/\gamma'$ が十分に小さい場合や不適正処理の限界不効用が十分に大きい場合は、回収された不要物は全て適正に処理される。

$$-\frac{u_b}{u_y} > \frac{h'}{\gamma'}$$

このように端点解に着目することによって、廃棄物の問題は他の環境汚染の問題と同じ枠組みの中で論じることができる。たとえば発生した不要物の回収費用が十分に大きな場合は、不要物の回収が行われないため、排出を抑制することによって、外部性の水準を抑えることになる。大気汚染のような問題は、発生した不要物（汚染物質）が拡散するなどして、回収が困難である状況として捉えることができる。これは本稿のモデルの枠組みにおいて、端点解のケースとして位置づけることができるのである。

一方、不要物の回収費用が莫大なものでなければ、回収してそれをどのように処理するかということも重要な課題となってくる。本稿でみてきたように、この場合は、処理に対する課税ないし補助金によって、社会的に最適な状態を実現することができる。廃棄物の問題は、不要物の発生抑制のほか、その適正処理についても考える必要がある。このことは、本モデルの枠組みで考えれば、不要物の回収費用がそれほど大きくなく、内点解のケースとして位置づけられるからと捉えることもできるのである。

B. 処理が複数段階になる場合

本稿のモデルで導かれた結論は、回収された不要物の処理を複数段階に分けても成立する。このことを以下に確認してみることにしよう。まず各段階の処理を次のように表現する。

$$a_{i+1} = \gamma_i(l_{g_i}) \quad \gamma_i(0) = 0, \quad \gamma_i' > 0, \quad \gamma_i'' < 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (21)$$

これはモデルの(6)式を書き換えたものである。ここで a_{i+1} は処理を経て次の段階（第 $i+1$ 段階）に送られる不要物である。各段階において処理できなかったものは、環境負荷を発生し、消費者の効用に影響を与えているとしよう。このとき第 i 段階に生じる環境負荷の水準 b_i は次のように表される。

$$b_i = a_i - a_{i+1} \quad (22)$$

なお最終段階で処理された不要物 a_{n+1} は適切に管理され、環境負荷を生じないものとしよう。本文中における適正処理量 g がこれにあたる。

また代表的消費者の効用関数(8)式を次のように書き換える。

$$u = u(x, y, e, b_1, \dots, b_n) \quad (23)$$

処理段階を複数にすることにより、資源制約(9)式も次のように書き換えられる。

$$\bar{l} = l_x + l_y + l_a + \sum_{i=1}^n l_{g_i} \quad (24)$$

以上のようにモデルを修正することにより、命題1に示された条件式は次のように書き換えられる。

$$\frac{u_x}{u_y} = \frac{h'}{f'} + \phi' \left(\frac{h'}{\xi'} + \sum_{k=1}^n \frac{h'}{\gamma_k'} \right) \quad (25a)$$

$$-\frac{u_e}{u_y} = \frac{h'}{\xi'} + \sum_{k=1}^n \frac{h'}{\gamma_k'} \quad (25b)$$

$$-\frac{u_{b_i}}{u_y} = \sum_{k=i}^n \frac{h'}{\gamma_k'} \quad i = 1, \dots, n \quad (25c)$$

ここで命題1の(11)式が(25a)式に対応しており、(12)式は(25b)式に、そして(13)式は(25c)式に対応している。

不要物の処理を複数段階にしても、命題1および系1の主張が成立する。つまり、消費財の便益は消費財生産および回収・処理費用の和と等しく、排出の不効用は回収費用および処理費用の和と、第 i 段階の処理に関連する環境負荷の不効用は第 $i+1$ 段階以降の処理費用の和とそれぞれ等しくなっている。また第 i 段階の処理に関連する不効用は、第 $i+1$ 段階のそれよりも大きくなる。

同じようにして、社会的最適を実現するための税金および補助金についても、命題2や命題3と同じような結論を得ることができる。つまり処理を複数段階にしても、本稿で示したような基本的性質は保たれる。

(鹿児島国際大学経済学部講師)

参 考 文 献

- [1] Baumol, William J. and Wallace E. Oates (1988) *The Theory of Environmental Policy*, second edition, Cambridge University Press, New York.
- [2] Bohm, Peter (1981) *Deposit-Refund Systems: Theory and Applications to Environmental, Conservation, and Consumer Policy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [3] Choe, Chongwoo and Iain Fraser (1999) “An Economic Analysis of Household Waste Management”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 38, No. 2, pp.234–246.
- [4] Eichner, Thomas and Rüdiger Pethig (2001) “Product Design and Efficient Management of Recycling and Waste Treatment,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 41, No. 1, pp.109–134.
- [5] Eichner, Thomas and Rüdiger Pethig (2003) “Corrective Taxation for Curbing Pollution and Promoting Green Product Design and Recycling,” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 25, No. 4, pp.477–500.
- [6] Fullerton, Don and Thomas C. Kinnaman (1995) “Garbage, Recycling, and Illicit Burning or Dumping,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 29, No. 1, pp.78–91.
- [7] Fullerton, Don and Thomas C. Kinnaman (2000) “Two Generalizations of a Deposit-Refund System,” *American Economic Review*, Vol. 90, No. 2, pp.238–242.
- [8] Fullerton, Don and Wenbu Wu (1998) “Policies for Green Design,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 36, No. 2, pp.131–148.
- [9] 細田衛士 (1999) 『グッズとバツズの経済学』, 東洋経済新報社。
- [10] Kinnaman, Thomas C. and Don Fullerton (2000) “The Economics of Residential Solid Waste Management,” in Tietenberg, Tom and Henk Folmer eds. *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2000/2001*, pp.100–147.
- [11] Laffont, J. J. (1998) “Externalities”, in John Eatwell, Murray Milgate, and Peter Newman eds., *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, Macmillan, London, Vol. 2, pp.263–265.
- [12] Onuma, Ayumi and Takashi Saito (2003) “Some Effects of Deposit-Refund System on Producers and Consumers,” *Keio Economic Society Discussion Paper Series*, KESDP No. 03–05, Keio University.
- [13] Palmer, Karen, Hilary A. Sigman, and Margaret Walls (1997) “The Cost of Reducing Municipal Solid Waste,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 33, No. 2, pp.128–150.
- [14] Palmer, Karen and Margaret Walls (1997) “Optimal Policies for Solid Waste Disposal: Taxes, Subsidies, and Standards,” *Journal of Public Economics*, Vol. 65, No. 2, pp.193–205.
- [15] 斉藤崇 (2004) 『廃棄物政策に関する経済学的分析』, 博士学位論文, 慶應義塾大学。
- [16] Sigman, Hilary A. (1998) “Midnight Dumping: Public Policies and Illegal Disposal of Used Oil,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 29, No. 1, pp.157–178.

- [17] Sullivan, Arthur M. (1987) "Policy Options for Toxics Disposal: Laissez-Faire, Subsidization, and Enforcement," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 14, No. 1, pp.58-71.
- [18] Wertz, Kenneth L. (1976) "Economic Factors Influencing Households' Production of Refuse," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 2, No. 4, pp.263-272.