

鳥取大学 小池 淳司
鳥取大学大学院 ○山口由美子
鳥取大学 細井 由彦

1 背景と目的

大量生産・消費・廃棄型の社会経済活動による廃棄物問題の顕在化は、最終処分場の逼迫や処理費用の増大という深刻な社会問題を引き起こしている。これらの問題に対して、廃棄物等の発生を抑制するための資源の有効な利用の促進に関する法律に基づき資源循環型社会の構築が求められ、政府は様々な政策を実施している。それら政策には往來の規制手法だけでなく、経済メカニズムを用いた手法が導入されている。我が国の廃棄物政策に係る経済的負担措置の事例は、一般廃棄物の処理手数料の徴収や産業廃棄物に関する税負担制度などである。特に近年、一般廃棄物の処理手数料の徴収としてのごみ袋有料化制度は、多くの市町村で実施されている。鳥取県米子市では平成 19 年 4 月、同鳥取市でも同年 10 月からごみ袋有料化制度が開始された。鳥取市では、導入にいたってから間もないため、導入後の廃棄物排出量の変化などの統計データは明らかにされていない。鳥取市の予測では、ごみ袋有料化による収入は約 4 億円程度としている。これは現在の一般廃棄物処理費用の約 1 割程度を占めることになる。ごみ袋有料化の目的は、処理費用の徴収ではなく家計の排出するごみ減量化である。このような経済メカニズムを用いた一般廃棄物政策評価のためには、廃棄物問題が各経済指標に与える影響を定量的に計測することが必要である。本研究では、通常の応用一般均衡 (CGE) モデルに最終処分処理費用を考慮し拡張したモデルを構築する。具体的には、家計の効用関数と企業の生産関数に、それぞれ最終処分処理費用を組み込んだモデルの構築を行う。このモデルにより最終処分処理費用の変化が廃棄物排出量、企業と家計の行動に与える変化を明確にでき適切な廃棄物政策を検討することができる。

2 モデルの構築

本研究で構築した経済モデルを図-1 に示す。

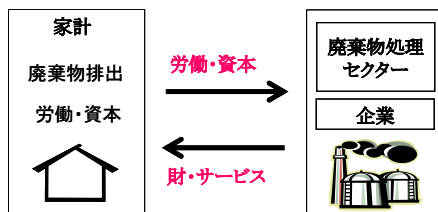


図-1 経済モデル

このモデルの特徴は、経済主体が企業・家計・廃棄物処理セクターの 3 主体から構成されている点である。企業は費用最小化行動、家計は効用最大化行動をとる。廃棄物処理セクターは、家計からの労働と資本を生産要素とし、排出された一般廃棄物を処理するサービスを生産する。廃棄物処理セクターは規模に関して収穫

一定の技術を仮定しているため、常に需要に見合うだけのサービスを供給する。ただし、収支バランスは収支の不足分を廃棄物処理セクターの税負担分として家計から徴収することで成り立っている。

また、本モデルでは、以下のラベルで変数を示す。

$i, j \in I = \{1, \dots, I\}$: 財の種類を表わすラベル

2.1 企業の行動モデル

第 j 財を生産する企業は、本源的生産要素として労働と資本、中間投入を投入して生産を行う。生産構造を図-2 に示す。つまり、生産関数の第 1 段階は付加価値と中間投入の生産技術を Leontief 型で仮定し、第 2 段階は、付加価値を労働と資本の生産技術をコブ・ダグラス型で仮定する。

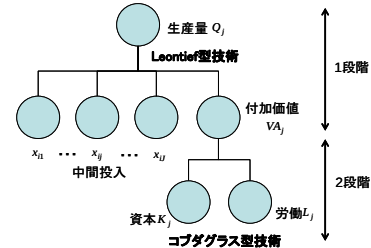


図-2 企業の生産関数の階層的構造

第 1 段階においては中間投入財と付加価値の生産技術を Leontief 型で仮定し、以下のように定式化する。

$$Q_j = \min \left[\frac{VA_j(L_j, K_j)}{v_j}, \frac{X_{1j}}{a_{1j}}, \dots, \frac{X_{ij}}{a_{ij}}, \dots, \frac{X_{Ij}}{a_{Ij}} \right] \quad (1)$$

ただし、 Q_j : 第 j 部門 (第 j 財) の生産量、 X_{ij} : 第 j 部門の第 i 部門中間投入量、 a_{ij} : 投入係数、 L_j, K_j : 第 j 部門の付加価値率、 VA_j : 付加価値、 v_j : 付加価値率

第 2 段階における付加価値は、労働と資本について規模に関して収穫一定を仮定したコブ・ダグラス型を仮定する。

$$\begin{aligned} \min_{L_j, K_j} \quad & wL_j + rK_j \\ \text{s.t.} \quad & VA_j = \gamma_j L_j^{\alpha_j} K_j^{1-\alpha_j} \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 w : 労働の価格、 r : 資本の価格、 γ_j : 産業 j の効率パラメータ、 α_j : 産業 j の生産要素分配パラメータ

式(2)より、単位あたりの労働と資本の派生需要 D_{L_j}, D_{K_j} が決まる。

$$(\text{労働}) \quad D_{L_j} = \gamma_j^{-1} \left[\frac{\alpha_j r}{(1-\alpha_j)w} \right]^{(1-\alpha_j)} \quad (3)$$

$$(\text{資本}) \quad D_{K_j} = \gamma_j^{-1} \left[\frac{(1-\alpha_j)w}{\alpha_j r} \right]^{\alpha_j} \quad (4)$$

企業の生産関数を Leontief 型技術にて定式化した。これより、各企業の技術には規模に対して収穫一定が成立する。よって、企業の提供する生産財価格は単位生産量あたりの生産費用に等しい水準になっている。なお、ここでは生産費用は生産要素価格と中間投入費用からなっており、各企業の生産財価格は以下のように表される。

$$p_j = [wD_{L_j} + rD_{K_j}]v_j + \sum_{i=1}^I p_i a_{ij} \quad (5)$$

2.2 家計の行動モデル

代表的家計は企業によって生産される合成財と余暇時間を消費すると仮定する。効用関数構造を図-3 に示す。つまり、第 1 段階は、合成消費財と余暇時間の代替関係をコブ・ダグラス型で仮定し、第 2 段階は、産業ごとの消費財をコブ・ダグラス型で仮定する。

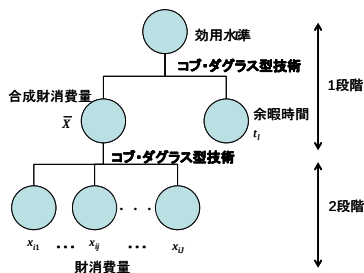


図-3 家計の効用関数の階層的構造

第 1 段階において家計は、企業によって生産される合成財と余暇時間を消費することで満たされる効用を所得制約と時間制約、廃棄物排出量制約の下で最大化する。また、家計の廃棄物排出行動は、家計が処理時間を投入し廃棄物を自己処理すると解釈する、「家計生産関数」の概念を用いる。自己処理量は、処理価格が上昇するほど処理時間を投入し、増加すると考えている。廃棄物総量は、財消費量に比例して排出されるとする。本研究で用いる処理時間とは、可燃ごみとして排出してきた廃棄物を分別することで資源ごみとして排出するといったような分別の手間にかかる時間のことを表している。

$$\max_{\bar{X}, t_l, t_g} u(\bar{X}, t_l) = \bar{X}^\beta t_l^{1-\beta} \quad (6)$$

$$s.t. \quad p_X \bar{X} = w t_w + r K - p_g G + \pi \quad (7)$$

$$t_l = t_w + t_l + t_g \quad (8)$$

$$G = T - Z(t_g) \quad (9)$$

$$Z(t_g) = a t_g^b \quad (10)$$

$$T = \varepsilon \bar{X} \quad (11)$$

$$G \geq 0 \quad (12)$$

ただし、 $\bar{X}$:合成財消費量、 t_l :余暇時間、 t_l :総利用可能時間、 t_g :廃棄物処理時間、 t_w :労働時間、 p_X :合成財価格、 p_g :廃棄物処理価格、 G :廃棄物排出量、 T :廃棄物総量、 $Z(t_g)$:自己処理量、 π :廃棄物処理セクターの税負担分、 β :効用関数の代替弾力パラメータ、 ε :廃棄物排出係数、 a, b :家計生産関数のパラメータ

また、式 (12) により、自己処理量は、一般廃棄物総量を超えないとする。これらは、制約条件として以下

のようにまとめることができる。

$$(p_X + p_g \varepsilon) \bar{X} = w(t_l - t_g) + rK + p_g Z(t_g) + \pi \quad (13)$$

式 (6) から (12) よりラグランジュ未定乗数法により解くと、ゴミ処理時間消費量 t_g と合成消費財の消費量 $\bar{X}$ 、余暇時間消費量 t_l が求まる。

$$t_g = \left(\frac{w}{p_g a b} \right)^{\frac{1}{b-1}} \quad (14)$$

$$\bar{X} = \frac{\beta(w(t_l - t_g) + rK + p_g Z(t_g) + \pi)}{p_X + p_g \varepsilon} \quad (15)$$

$$t_l = \frac{(1-\beta)(w(t_l - t_g) + rK + p_g Z(t_g) + \pi)}{w} \quad (16)$$

次に第 2 段階では、代表的家計は企業によって生産される財を消費することで満たされる効用を所得制約の下で最大化すると仮定し、以下のように定式化する。

$$\begin{aligned} \max_{x_1, \dots, x_J} \quad & \prod_{j \in J} x_j^{\mu_j} \\ s.t. \quad & p_X \bar{X} = \sum_{j \in J} p_j x_j \end{aligned} \quad (17)$$

ただし、 p_j :産業 j の消費財価格 x_j :産業 j の財消費量 μ_j :消費財の代替パラメータ

上式より、各消費財の需要量が以下のように求まる。

$$x_j = \frac{\mu_j}{p_j} (p_X \bar{X}) \quad (18)$$

さらに、この最適化条件に付随するラグランジュ乗数より、合成消費価格 p_X を求めることが可能であるが、ラグランジュ乗数は最適点において資源が一単位増加したときに評価関数の値が増加する大きさである。つまり、効用最大化で定式化している本研究におけるラグランジュ乗数は合成消費財価格の限界効用である。ここで、導出するのは、効用の限界合成消費財価格(合成消費財価格 p_X)であるので、導出したラグランジュ乗数を以下のように変形する必要がある。

$$p_X = \frac{1}{\lambda} \prod_{j \in J} \left(\frac{p_j}{\mu_j} \right)^{\mu_j} \quad (19)$$

2.3 廃棄物処理セクターの行動モデル

廃棄物処理企業は、労働と資本を生産要素として家計の排出する一般廃棄物処理サービスを生産するものとする。また、その生産関数を以下のように Leontief 型で定式化する。

$$Q_g = \min \left(\frac{L_g}{v_{gl}}, \frac{K_g}{v_{gk}} \right) \quad (20)$$

ただし、 Q_g :廃棄物処理セクターの労働投入量、 L_g :廃棄物処理セクターの労働投入量、 K_g :廃棄物処理セクターの資本投入量、 v_{gl} :廃棄物処理セクターの労働要

素の投入係数、 v_{gk} ：廃棄物処理セクターの資本要素の投入係数

上式より、廃棄物処理セクターにおける生産要素需要関数は以下のように求まる。

$$\begin{aligned} L_g &= v_{gl} Q_g \\ K_g &= v_{gk} Q_g \end{aligned} \tag{21}$$

ただし、

$$Q_g = T - Z(t_g) \tag{22}$$

したがって、基準年の家計生産関数の生産要素は、産業連関表の廃棄物処理部門における労働と資本の廃棄物処理部門における産出量の占める比率で求めることができる。

表-1 労働・資本の廃棄物処理部門における産出量比率

	Lg	Kg
廃棄物処理	0.8588	0.1412

$$\begin{aligned} L_g &= \frac{p_g Q_g \times 0.85}{w} \\ K_g &= p_g Q_g \times 0.14 \end{aligned} \tag{23}$$

また、廃棄物処理セクターは規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、常に需要に見合うだけのサービスを供給する。一方で、家計から徴収されるサービス費用は外生的に与えられるために収支バランスがとれない。そのため、収支の不足分は式(24)のように廃棄物処理セクターの税負担分として表わし、家計はその分だけ所得から徴収される。

$$\pi = p_g Q_g - (wL_g + rK_g) \tag{24}$$

3 市場均衡条件

本モデルでは、企業の生産に対して、規模に関して収穫一定の技術を仮定しているため、企業は常に需要に見合うだけの生産を行う。よって、本モデルの均衡条件としては生産要素市場に関する均衡条件が満たされればよい。以下の均衡条件式が得られる。

生産要素市場

$$(\text{労働}) \quad w \left(\sum_{j \in J} L_j + L_g \right) = w(t_t - t_l - t_g) \tag{25}$$

$$(\text{資本}) \quad r \left(\sum_{j \in J} K_j + K_g \right) = r\bar{K} \tag{26}$$

4 パラメータ設定

これまでに構築した CGE モデルを用いて実証分析を行うために、キャリブレーション手法によってパラメータ推計を行う。

表-2 企業行動に関するパラメータ

パラメータ	データ説明(導出方法)	出典
v_j	付加価値比率 $v_j = \frac{VA_j(L_j, K_j)}{Q_j} = \frac{L_j + K_j}{Q_j}$	鳥取県産業連関表
a_{ij}	投入係数 $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{Q_j}$	鳥取県産業連関表
α_j	付加価値の分配パラメータ(労働) $\alpha_j = \frac{L_j}{L_j + K_j}$	鳥取県産業連関表
$1 - \alpha_j$	付加価値の分配パラメータ(資本) $1 - \alpha_j = \frac{K_j}{L_j + K_j}$	鳥取県産業連関表
γ_j	付加価値の効率パラメータ $\gamma_j = \frac{L_j + K_j}{L_j^{\alpha_j} K_j^{(1-\alpha_j)}}$	鳥取県産業連関表

表-3 家計行動に関するパラメータ

パラメータ	データ説明(導出方法)	出典
β_j	合成財消費の分配パラメータ $\beta = \frac{(p_x + p_g) \bar{x}}{w(t_t - t_g) + rK + p_g Z(t_g) + \pi}$	鳥取県産業連関表
μ_j	消費財の代替パラメータ $\mu_j = \frac{p_j x_j}{(t_t - t_l - t_g) w + rK - p_g (T - Z(t_g)) + \pi}$	鳥取県産業連関表

表-4 廃棄物処理セクターに関するパラメータ

パラメータ	データ説明(導出方法)	出典
v_g	廃棄物処理セクターの付加価値比率 $v_{gl} = \frac{L_g}{Q_g}, v_{gk} = \frac{K_g}{Q_g}$	鳥取県産業連関表

次に、家計生産関数のパラメータ推計について説明する。一般廃棄物に関わる以下のデータを再現できるように式(10)家計生産関数の効率性パラメータと分配パラメータを設定する。その際、式(10)(14)を満たすようにパラメータを設定する必要がある。パラメータ設定の際には、表-5、表-6の単位を物量に関して百万円/年とし、時間に関して百時間として使用した。以下にパラメータ導出方法を示す。本研究では、廃棄物処理費用は全額家計が負担する場合を基準としてパラメータ設定を行った。

表-5 一般廃棄物に関するデータ

項目	数値	単位	出典
一般廃棄物処理費用	9,193	百万円/年	鳥取県一般廃棄物処理事業の概要(平成15年度実態調査)
一般廃棄物総排出量	234,905	トン/年	
自己処理量	118,840	トン/年	
一般廃棄物排出量	116,065	トン/年	
一般廃棄物処理価格	7.9	百万円/百トン	一般廃棄物処理費用/一般廃棄物排出量

表-6 時間に関するデータ

項目	数値	単位	出典
総利用可能時間	1,613,571	時間	NHK放送文化研究所、日本人の生活時間、日本放送出版協会
労働時間	947,368	時間	
余暇時間	539,051	時間	
処理時間	127,152	時間	
労働人口	322,356	人	鳥取県国勢調査

パラメータ b を設定することで、パラメータ a, c が自動的に決定できるように、式(10)を以下のように設定する。

$$Z(t_g) = at_g^b + c \tag{27}$$

よって、式(27)と式(14)を満たすパラメータ a, c を以下のように決定することができる。

$$a = \frac{wt_g^{1-b}}{p_g b} \tag{28}$$

$$c = Z(t_g) - \frac{wt_g}{p_g b}$$

これにより、処理時間に対してどれくらい自己処理ができるのかパラメータ b の大きさにより表現することができる。パラメータ b の値が大きいほど自己処理の

効率が低いといえる。本研究では、自己処理量は、処理価格が上昇するほど処理時間を投入し、増加すると考えている。よって、式(27)よりパラメータ b は 1 以下の値であることが必要である。本研究では、仮にパラメータ $b=0.80$ として実証分析を行う。このとき、 $a=0.98$ 、 $c=889$ となる。

また、式(11)より、廃棄物総量に関するパラメータ ε は表-5 により与えられた廃棄物総排出量と等しくなるように設定した。このとき、 $\varepsilon=0.005$ となる。

5 実証分析

本モデルで取り扱う CASE は、一般廃棄物処理費用を家計が全額負担する場合と政府が全額負担する場合、家計から手数料を徴収し、家計に処理費用の一部を負担してもらい、残りの処理費用は政府が税金によって処理する場合を考える。表-7 は、本研究で扱う政策の CASE をまとめたものである。鳥取市は、ごみ袋有料化による収入は約 4 億円程度と予想している。これは、現在の一般廃棄物処理費用の約 1 割程度を占めることになるので、CASE1 が鳥取県で実施されているごみ袋有料化制度を表わす。

表-7 処理価格の変化(単位：百万円/百トン)

	廃棄物処理費用	処理価格
CASE0	政府が全額負担	0.0
CASE1	家計から手数料を徴収	0.8
CASE2	家計が全額負担	7.9

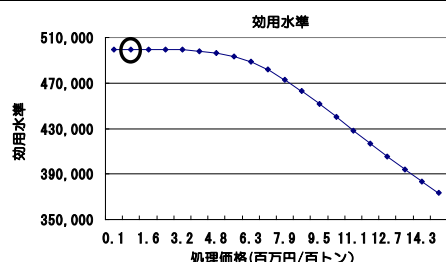


図-4 効用水準の変化

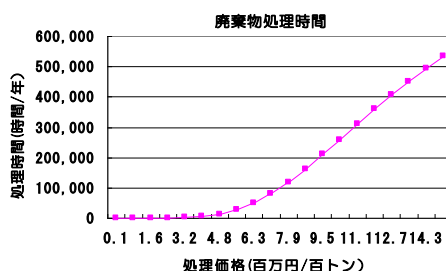


図-5 処理時間の変化

図-4、図-5 は、処理価格の変化が家計の効用水準と処理時間に与える影響を示したものである。図-4 より、家計の効用水準は、処理価格が低下するほど高くなる。効用水準が最も高くなるのは、家計の負担する処理価格が 0.8 (百万円/百トン) のときである。これは CASE1 の場合であり、全処理費用の約 1 割程度を家計が負担する状況である。CASE0 は、処理費用を政府が全額負担するため、家計の負担する処理価格が無料となる。そのため家計は、自己処理に費やす処理時間を労働時間と余暇時間に費やすことができる。したがって、処理価格が低下するほど労働時間の増加により、財消費

量も増加する。そのため、効用水準の変化は、処理価格の低下に伴って高い水準を示しているのである。しかし一方で、財消費量の増加は廃棄物排出量の増加につながる。よって CASE0 は、家計の効用水準は高いが、財消費量の増加に伴い廃棄物排出量も増加する。また、家計が処理費用を全額負担する CASE2 では、CASE0 と比べると家計の負担する処理価格が上昇するので、家計の自己処理に費やす処理時間が増加する。したがって、廃棄物排出量は減少するが、時間制約により処理時間が増加する分だけ労働時間・余暇時間が減少する。労働時間の減少により財消費量も減少するので、効用水準は CASE0 と比べると低下していることが分かる。以上より、処理費用の一部を家計が負担し、残りの処理費用は政府が税金で負担する CASE1 は、CASE0 と比べると廃棄物排出の抑制効果があり、CASE2 と比べると家計の効用水準の低下を防ぐ効果があるといえる。

6 まとめ

本研究で構築したモデルにより、鳥取県で実施されている経済メカニズムを用いた廃棄物政策手法が廃棄物排出量や各経済主体の行動に与える影響を明確にすることができる。一般廃棄物評価に関しては、「家計生産関数」の概念を用いてモデル構築を行った。これにより、現在鳥取県で実施されているごみ袋有料化が家計の行動に与える影響を明らかにすることができる。一般廃棄物は、市町村が処理することが廃棄物処理法により決められている。しかし、処理費用を政府が全額負担する場合は、廃棄物排出量は増加する。よって、処理施設の逼迫や処理費用増大につながるものが予想される。処理費用を家計が全額負担する場合は、自己処理をするために処理時間を費やすので、労働・余暇に費やす時間が減少する。家計の自己処理は、家計生産関数のパラメータの値が小さいため処理価格が上昇すると、今まで政府に委託処理していた量だけ処理するためには、多くの処理時間を投入しなければならないため処理効率が悪いといえる。その結果、効用水準は低下する。以上により、家計に処理費用を一部負担させる状況は、政府が全額負担する場合よりも廃棄物排出抑制効果があることが分かる。また、家計が全額負担する場合よりも効用水準の低下を防ぐことができ、効率的に廃棄物処理が行える状況にある。本研究では、仮にパラメータ $b=0.80$ として実証分析を行った。この場合、家計の効用水準が最も高くなる状態は、処理費用全体の 1 割程度を家計が負担する場合であることが確認できた。これは、現在の鳥取県で実施されている廃棄物政策の下での社会経済を示しているといえる。

【参考文献】

- (1)市岡 修：応用一般均衡分析，有斐閣，1991。
- (2)福山 敬：家計の渇水被害の計測に関する基礎的考察—家計の水消費行動のモデル化を中心として—，鳥取大学工学部社会開発システム工学科卒業論文，1988。
- (3)鳥取県庁循環型社会形成推進課，鳥取県一般廃棄物処理事業の概況(平成 15 年度実態調査)