

Title	環境水準と生産物が課税対象であるときの最適環境税率について
Sub Title	Optimal environmental taxes on ambient pollution and environmental harmful products
Author	澤田, 英司(Sawada, Eiji)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2013
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.106, No.2 (2013. 7) ,p.285(99)- 296(110)
JaLC DOI	10.14991/001.20130701-0099
Abstract	
Notes	研究ノート
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20130701-0099">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20130701-0099</a>

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.

研究ノート

## 環境水準と生産物が課税対象であるときの 最適環境税率について\*

澤田 英 司

(初稿受付 2013 年 5 月 9 日,  
査読を経て掲載決定 2013 年 6 月 25 日)

### 1 はじめに

環境被害が生じるプロセスの中で、様々な外部不経済を内部化するための課税政策が研究されてきた(本研究ではそのような租税の総称として環境税という言葉を使う)。特に、汚染排出に課税するピグー税は、非常に優れた性質を持つことが知られている。汚染排出が観察でき、経済主体に地理的な違いがあまりないのであれば、適切な税率を1つ定めることで、外部不経済を内部化することができる(Pigou, 1920)。しかしながら、現実には、汚染排出の観察が難しい経済活動も数多くある(代表的な例として、農業生産に使用された農薬や肥料の流出が挙げられる)。近年の多くの環境

税の理論研究では、ピグー税の実施が難しい環境汚染に対する課税政策に分析の主たる焦点が当てられてきた(Dosi and Tomasi (eds.), 1994; Shortle et al., 1998; Shortle and Horan, 2001)。

ピグー税の代替として、投入要素税(input tax)・生産物税(output tax)・環境水準税(ambient tax)・環境被害税(damage based tax)の4つが考えられてきたが、これらの内、生産物税と環境水準税は一般に外部不経済を内部化できないことが知られている(Plott, 1966; Horan et al., 1998)。一方で、投入要素税と環境被害税は適切な税設計によって外部性の内部化ができるものの、それぞれ適切な税率計算の煩雑さと適切な税率のもとでの税率が実際の環境被害額を大きく上回るという問題

\* 本稿作成にあたり、大沼あゆみ教授(慶應義塾大学)、細田衛士教授(慶應義塾大学)と匿名の査読者から大変貴重なコメントを頂戴した。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著者に帰するものである。

が指摘されている (Plott, 1966; Holterman, 1976; Common, 1977; Herriges and Govindasamy, 1994; Horan et al., 1998; Hansen, 1998; Karp, 2005)。また、環境水準税と環境被害税は複数の経済主体の行動の結果を政策対象とするため、経済主体間に様々な形態の相互作用が生じることが指摘されている (澤田, 2010)。さらに、先行研究全体として、(あくまでピグー税の代替として考えられているので) 汚染排出が観察できない場合に分析が限定されていることも問題である。

以上の背景を踏まえて、本研究は、生産物と環境水準を課税対象とする外部不経済を内部化できる政策について分析を行う。本研究ではそのような政策として、税率メニューの提示を提案する。この税率メニューは、投入要素の種類と量に応じて税率が調整されるため、税収が経済活動 (各投入要素の投入量) に対して非線形となる点が特徴的である。加えて、税率メニューが煩雑な税率計算と税収と環境被害額の不一致という他の最適環境税が抱える問題を解決できるかどうかも本研究の大きな関心の1つである。

続く第2節では本研究を通じて用いられる経済モデルが提示される。第3節では、生産物税と環境水準税の性質について、汚染排出が観察できる場合とできない場合に分けて、改めて分析を試みる。汚染排出が観察できるならば、環境水準税については外部不経済を内部化することができるが示される。その意味で、効率性という点において環境水準税はピグー税に劣るものではない。一方で、生産物税は依然として一般に外部性を内部化す

ることはできないことが示される。第4節では、新たに、生産物と環境水準に対して税率メニューを提示する政策を提案する。適切に税率メニューを定めることで、汚染排出が観察可能かどうかによらず、生産物と環境水準を課税対象としながら外部性を内部化することができるが示される。さらに、適切な税率メニューは必ずしも全ての投入要素についての情報を必要としないことが示される。第5節では、税率メニューと予算バランスについて分析する。ここで、適切な税率メニューのもとで、税収と環境被害額を一致させることができるが示される。最後に第6節で本研究の結論についてまとめる。

## 2 経済モデル

労働  $x_i^l$  と  $m$  種類の汚染  $\mathbf{x}_i^p = (x_i^{p_1}, \dots, x_i^{p_j}, \dots, x_i^{p_m})$  によって、 $n$  人の経済主体  $i = 1, \dots, n$  が生産を行う経済を考える。 $x_i^{p_j}$  は経済主体  $i$  の汚染  $j$  の投入量を表す。また、ベクトル  $\mathbf{x}_i^p$  の転置ベクトルを  $\mathbf{x}_i^{pT}$  と表す。生産関数は  $q_i = f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$  と表され、労働と汚染それぞれについて収穫逓減を仮定する。 $p = P(Q)$ ,  $Q = \sum_{i=1}^n q_i$  を生産物の逆需要関数とする。賃金率を  $w^l$ , 汚染の価格ベクトルを  $\mathbf{w}^p = (w_1^p, \dots, w_m^p)$  とする。汚染排出は汚染ベクトルによって決定し、 $e_i = g_i(\mathbf{x}_i^p)$ ,  $\partial g_i(\mathbf{x}_i^p) / \partial x_i^{p_j} > 0$  と表される。

汚染排出の一部 (あるいは全て) はある特定の自然環境に流達することで環境被害を生じさせる。また、この汚染流達は、自然要因に大きく依存する。したがって、汚染流達を自

然要因を表す確率変数  $\nu$  によって次のように表す：

$$h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu) \leq e_i. \quad (1)$$

汚染流達関数は、 $\partial h_i(\cdot)/\partial x_i^j > 0$ 、 $\partial h_i(\cdot)/\partial \nu > 0$  を満たすと仮定する。さらに、本研究では、汚染排出の観察可能性と汚染流達の不確実性について次の仮定を置く。

仮定 1. 汚染排出が観察できるとき、汚染流達の不確実性は流達経路だけにある。このとき汚染流達は、流達係数  $k_i(\nu)$  によって次のように表される：

$$h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu) = k_i(\nu)e_i. \quad (2)$$

最後に、環境被害を  $n$  人の経済主体の汚染流達の総和  $H = \sum_{i=1}^n h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)$  によって、 $D(H)$  と表す。本研究ではこの  $H$  を環境水準と呼ぶ。環境被害関数は  $D' > 0$ 、 $D'' < 0$  を満たすと仮定する。

以上の前提から、社会的最適化問題を、社会の総余剰（消費者余剰と生産者余剰から環境被害を差し引いたもの）を最大化する労働と汚染を選択する問題として定式化する<sup>(1)</sup>：

$$\max_{x_1^l, \dots, x_n^l, x_1^p, \dots, x_n^p} \int_0^{\sum_i f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)} P(Q) dQ$$

$$- \sum_{i=1}^n (w^l x_i^l + \mathbf{w}^p \mathbf{x}_i^{pT}) - E[D(H)]. \quad (3)$$

一階の条件は次のとおりとなる：

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} - w^l = 0, \quad \text{for } i = 1, \dots, n, \quad (4)$$

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}} - w^{pj} - E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right] = 0, \quad \text{for } i = 1, \dots, n, \text{ and } j = 1, \dots, m. \quad (5)$$

ここで、(4) 及び (5) を満たす労働と汚染の組を  $(x_1^{l*}, \dots, x_n^{l*}, \mathbf{x}_1^{p*}, \dots, \mathbf{x}_n^{p*})$ 、 $\mathbf{x}_i^{p*} = (x_i^{p1*}, \dots, x_i^{pm*})$  と表し、社会的最適均衡と呼ぶ。

### 3 生産物税と環境水準税の失敗

この節では、生産物税と環境水準税の性質について、汚染排出が観察できるときと、観察できないときの双方について考察する。特に、汚染排出についての情報によって、先行研究の分析結果に変更が生じるかどうか注目する。

#### 3.1 生産物税

生産物 1 単位に対して  $\tau_i^q$  だけ課税されるとき、経済主体  $i$  の問題は次のように定式化

(1) この定式化は、Xepapadeas (1997) p.10 を参考にした。また、本研究では不確実な環境被害を単純に期待値で評価している。本研究において、不確実性は、(15) の右辺第 2 項の効果が生じる点でのみ重要となる。また、この項は環境被害の大きさが不確実であれば不確実性の評価の方法によらず現れるため、評価方法による分析結果への影響は少ないと考えられる。他の評価方法として、たとえば、甚大な被害が予想される環境汚染に対して、ある一定水準以上の環境被害が生じる確率を一定値に抑えるという制約のもとで社会厚生を最大化を考えるものがある (Lichtenberg and Zilberman, 1988)。

できる :

$$\max_{x_i^l, \mathbf{x}_i^p} (p - \tau_i^q) f(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) - (w^l x_i^l + \mathbf{w}^p \mathbf{x}_i^{pT}). \quad (6)$$

一階の条件は次のように求められる :

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} - w^l - \tau_i^q \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} = 0, \quad (7)$$

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} - w^{p_j} - \tau_i^q \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} = 0 \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (8)$$

(7) 及び (8) より,  $m + 1$  本の方程式によって特徴付けられるここでの主体的均衡を  $(x_i^{lq}, \mathbf{x}_i^{pq})$ ,  $\mathbf{x}_i^{pq} = (x_i^{p1q}, \dots, x_i^{pmq})$  と表す。(4) と (7), (5) と (8) を比べると, 主体的均衡と社会的最適均衡が一致するための条件は,

$$\tau_i^q \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} = 0, \quad (9)$$

$$\tau_i^q \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} = E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (10)$$

それぞれ, (9) は労働についての限界税収がゼロになること, (10) は汚染について限界税収が期待限界被害と一致することを意味している。しかしながら, 一般に, (9) と (10) を同時に満たす  $\tau_i^q$  は存在しない。なぜなら,  $x_i^{l*} = x_i^{lq}$  を満たすような税率は, (9) より,  $\tau_i^q = 0$  であるが, このとき,  $E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] = 0$  でない限り (10) を満たすことはないからである。ここでの労働は汚染を増やさないため, 単純に限界生産性が賃金率と等しくなることが効率的となるが, 生産物への課税は汚染の発生

の有無に関係なく (生産量の増加による税収の増加という形で) 要素投入の決定に影響を与える。同様に, ある汚染が社会的最適均衡の値に一致するように税率を設定すると, 必ず他の変数が社会的最適均衡から逸脱してしまう。

生産物税の失敗の原因は変数の数が  $m + 1$  個である一方で, 政策変数によって制御できるインセンティブがただ1つであるところにある。したがって, 生産物税によって社会的最適均衡を達成できる場合は, 投入要素の数がただ1つである場合のみである。またこの構造は, 汚染排出が観察できたとしても変化することはないため, (2) の特定化を行ってもやはり生産物税によって社会的最適均衡を達成することはできない。

**命題 1.** 汚染排出が観察できるかどうかによらず, 一般に, 生産物税によって主体的均衡と社会的最適均衡を一致させることはできない。すなわち,  $(x_1^{l*}, \dots, x_n^{l*}, \mathbf{x}_1^{p*}, \dots, \mathbf{x}_n^{p*}) = (x_1^{lq}, \dots, x_n^{lq}, \mathbf{x}_1^{pq}, \dots, \mathbf{x}_n^{pq})$  を満たす  $(\tau_1^q, \dots, \tau_n^q)$  は存在しない。

### 3.2 環境水準税

次に, 環境水準に対する課税について考察する。期待環境水準に対して  $\tau_i^H$  だけ課税される時, 経済主体  $i$  の問題は次のように定式化できる :

$$\max_{x_i^l, \mathbf{x}_i^p} p f(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) - (w^l x_i^l + \mathbf{w}^p \mathbf{x}_i^{pT}) - \tau_i^H E[H]. \quad (11)$$

一階の条件は次のとおりとなる :

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} - w^l = 0, \quad (12)$$

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} - w^{p_j} - \tau_i^H E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] = 0 \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (13)$$

(12) 及び (13) より、 $m+1$  本の方程式によって特徴付けられるここでの主体的均衡を  $(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$ 、 $\mathbf{x}_i^H = (x_i^{p_1}, \dots, x_i^{p_m})$  と表す。(4) と (12)、(5) と (13) を比べると、主体的均衡と社会的最適均衡が一致するための条件は、

$$E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] = \tau_i^H E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right], \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (14)$$

(14) は  $\tau_i^H$  について次のように整理できる：

$$\tau_i^H = E[D'] + \frac{\text{Cov} \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right)}{E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right]} \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (15)$$

汚染  $j = 1, \dots, m$  によって、所与の要素投入による排出量や流達量だけでなく、不確実

な環境被害の確率的な構造も異なったものになる。(15) の右辺第 2 項は、環境被害の不確実性へ与える影響を、汚染間で調整するための項である。制御すべき変数が  $m$  個ある一方で、環境水準に対して定めることのできる税率はただ 1 つとなる。したがって、(15) を満たす税率は、生産物税と同様の理由で一般に存在しない。環境水準税によって社会的最適均衡が達成できるのは、(15) の右辺第 2 項が全ての  $j$  について等しい場合か、(同じことだが) ゼロになる場合だけである。<sup>(2)</sup>

それでは、汚染排出が観察できるとき、(15) の右辺第 2 項はどうなるだろうか。経済主体が直面する問題に変化はないが、(2) の特定化によって (15) を次のように書き換えることができる：

$$\tau_i^H = E[D'] + \frac{\text{Cov}(D', k_i(\nu))}{E[k_i(\nu)]}. \quad (18)$$

(18) の右辺第 2 項はもはや  $j$  に依存していない。汚染排出が観察できるならば不確実性は流達過程だけに集約されるため、不確実性は(投入要素間でなく)経済主体間でだけ異なる。したがって、(18) を満たす環境水準税に

(2) いくつかの特定化によって、 $\text{Cov} \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right) = 0$  とすることができる。1 つは、(言うまでもないが) 汚染の原因となる投入要素が 1 種類だけの場合である。もう 1 つは、環境被害関数が線形である場合 ( $D'' = 0$ ) である。ここで、環境被害関数を次のように特定化する：

$$D(H) = dH, \quad d > 0. \quad (16)$$

このとき、 $\text{Cov} \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right)$  は次のように計算できる：

$$\begin{aligned} \text{Cov} \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right) &= E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] - E[D'] E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] \\ &= dE \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] - dE \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

よって、主体的均衡と社会的最適均衡を一致させることができる。

先行研究では、汚染排出が観察できないときのみ、ピグー税と環境水準税を比較し、環境水準税を社会的最適均衡が達成できないピグー税に劣る政策だと結論付けられていた。しかしながら、汚染排出が観察でき、ピグー税と環境水準税が共に実施可能な場合で両者を比べると、環境水準税はピグー税に決して劣らない政策である。

**命題2.** 汚染排出が観察できるとき、適切な環境水準税のもとで主体的均衡と社会的最適均衡は一致する。すなわち、仮定1.のもとで(18)を満たす $(\tau_1^H, \dots, \tau_n^H)$ を各経済主体に対する環境水準の税率とすると、 $(x_1^l, \dots, x_n^l, \mathbf{x}_i^{p*}, \dots, \mathbf{x}_n^{p*}) = (x_1^H, \dots, x_n^H, \mathbf{x}_i^{pH}, \dots, \mathbf{x}_n^{pH})$ が成立する。

#### 4 税率メニューの提示

前節では、それぞれ生産物と環境水準に対して固定された税率 $\tau_i^q$ と $\tau_i^H$ を適用する、(課税対象について)税収が線形となる政策を考えていた。この節では、新たに、労働と汚染の種類と量に応じて税率を調整する政策について考察する。このとき政府は、 $x_i^l$ と $\mathbf{x}_i^p$ について連続微分可能である関数 $T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$ と $T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$ を(生産物と環境水準に対する)税率として採用する。<sup>(3)</sup>

この政策は、投入要素の種類と量に応じて

税率が1つ決定する税率のメニューを個別主体に提示することと捉えることができる。以降、本研究では $T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$ と $T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$ を税率メニューと呼ぶ。

#### 4.1 生産物に対する税率メニュー

生産物に対する税率メニューが提示される時、経済主体*i*の問題は次のように定式化できる：

$$\max_{x_i^l, \mathbf{x}_i^p} (p - T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)) f(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) - (w^l x_i^l + \mathbf{w}^p \mathbf{x}_i^{pT}). \quad (19)$$

一階の条件は次のように求められる：

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} - w^l - \frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} = 0, \quad (20)$$

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}} - w^{pj} - \frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}} = 0 \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (21)$$

(20) 及び(21)より、 $m+1$ 本の方程式によって特徴付けられるここでの主体的均衡を $(x_i^{lM^q}, \mathbf{x}_i^{pM^q})$ 、 $\mathbf{x}_i^{pM^q} = (x_i^{p1M^q}, \dots, x_i^{pmM^q})$ と表す。(4)と(20)、(5)と(21)を比べると、主体的均衡と社会的最適均衡が一致するための条件は、

$$\frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} = 0, \quad (22)$$

$$\frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}} = E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right] \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \quad (23)$$

(3) たとえば、簡単な形として、 $T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) = \alpha_i^l x_i^l + \alpha_i^{p1} x_i^{p1} + \dots + \alpha_i^{pm} x_i^{pm}$ 、 $T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) = \beta_i^l x_i^l + \beta_i^{p1} x_i^{p1} + \dots + \beta_i^{pm} x_i^{pm}$ と設定する方法が考えられる。

前節の (9) 及び (10) と同様に、(22) は労働についての限界税収がゼロとなること、(23) は汚染についての限界税収が期待限界被害と一致することを意味する。さらに、(22) と (23) は次のように展開できる：

$$\frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) + T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} = 0, \quad (24)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) + T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} \\ & = E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (25)$$

前節との違いは (24) 及び (25) それぞれに左辺第 1 項が追加されたことである。生産物税の問題は、政府の政策変数が生産物に対する税率ただ 1 つであったことであった。しかしながら、ここで、 $\frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l}$  と  $\frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}}$  は投入要素ごとに調整することが可能である。すなわち、最終的に均衡で決定する税率は単一のものであるものの、税率調整によって、 $m+1$  種類の投入要素それぞれが (24) 及び (25) を満たすように制御することが可能となる。

**命題 3.** 生産物に対する適切な税率メニューのもとで、主体的均衡と社会的最適均衡は一致する。すなわち、(22) と (23) を満たす税率メニュー  $(T_1^q(x_1^l, \mathbf{x}_1^p), \dots, T_n^q(x_n^l, \mathbf{x}_n^p))$  を各経済主体に提示するとき、 $(x_1^{l*}, \dots, x_n^{l*}, \mathbf{x}_1^{p*}, \dots, \mathbf{x}_n^{p*}) = (x_1^{lM^q}, \dots, x_n^{lM^q}, \mathbf{x}_1^{pM^q}, \dots, \mathbf{x}_n^{pM^q})$  が成立する。

税率メニューの性質について、さらに考察

を加えよう。生産物税では、(9) を満たす税率は必ずゼロになった（そのことが生産物税の失敗の一因であった）。一方、(24) については、 $\frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} < 0$  であるとき、正の税率で労働の限界税収をゼロにすることができる。これは、汚染を生み出さない投入要素である労働を多く投入する企業に対して図る、税率の軽減措置と解釈できる。

一方で、(25) の左辺第 2 項と右辺は正の値をとるため、 $\frac{\partial T_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}}$  は全ての符号を許容する。しかしながら、ゼロとなる場合には注意が必要である。(24) 及び (25) を満たす  $\frac{\partial T_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l}$  と  $\frac{\partial T_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}}$  の組を考えると、ある汚染  $r$  について  $\frac{\partial T_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_r}} = 0$  であるとする：

$$T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_r}} = E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_r}} \right]. \quad (26)$$

このとき、税率メニューからその汚染を排除することができる。しかしながら、別の汚染  $s$  について同じく  $\frac{\partial T_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_s}} = 0$  であるならば、

$$T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_s}} = E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_s}} \right]. \quad (27)$$

一般に、(26) と (27) は同時に成立しない。したがって、税率メニューから排除できる汚染の数は高々 1 つである。また、労働は (24) を満たすとき、必ず  $\frac{\partial T_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} < 0$  であったため、 $T_i^q(\mathbf{x}_i^p)$  と税率メニューを簡素化することはできない。

**系 1.** 生産物に対する適切な税率メニューは

必ずメニューに労働を含む。また、ある汚染  $r$  が (26) を満たすのであれば、高々 1 つの汚染  $r$  をメニューから排除しても、なお適切な税率メニューは主体的均衡と社会的最適均衡を一致させることができる。

## 4.2 環境水準に対する税率メニュー

続いて、環境水準に対する税率メニューについて考える。環境水準に対する税率メニューが提示される時、経済主体  $i$  の問題は次のように定式化できる：

$$\begin{aligned} \max_{x_i^l, \mathbf{x}_i^p} p f(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) - (w^l x_i^l + \mathbf{w}^p \mathbf{x}_i^{pT}) \\ - T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) E[H]. \end{aligned} \quad (28)$$

一階の条件は次のように求められる：

$$p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} - w^l - \frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} E[H] = 0, \quad (29)$$

$$\begin{aligned} p \frac{\partial f_i(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} - w^{p_j} - \left( \frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} E[H] + \right. \\ \left. T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] \right) = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

for  $j = 1, \dots, m$ .

(29) 及び (30) より、 $m+1$  本の方程式によって特徴付けられるここでの主体的均衡を  $(x_i^{lM^H}, \mathbf{x}_i^{pM^H})$ ,  $\mathbf{x}_i^{pM^H} = (x_i^{p_1M^H}, \dots, x_i^{p_mM^H})$  と表す。(4) と (29), (5) と (30) を比べると、主体的均衡と社会的最適均衡が一致するための条件は、

$$\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} E[H] = 0, \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} E[H] + T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] \\ = E \left[ D' \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right] \quad \text{for } j = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (32)$$

前節と同じく、 $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l}$  と  $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}}$  を投入要素ごとに調整することによって  $m+1$  種類の投入要素が (31) と (32) を満たすように制御することができる。(32) を (15) の形で整理すると、

$$\begin{aligned} T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) = E[D'] + \frac{Cov(D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}})}{E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right]} \\ - \frac{\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}} E[H]}{E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{p_j}} \right]} \end{aligned} \quad (33)$$

for  $j = 1, \dots, m$ .

(33) の右辺第 3 項が (15) に追加されていることが分かる。社会的最適均衡では、汚染ごとに異なる大きさである (33) の右辺第 2 項が、第 3 項の  $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p_j}}$  によって調整されることで、右辺全体として全ての汚染について等しくなっている。

**命題 4.** 環境水準に対する適切な税率メニューのもとで、主体的均衡と社会的最適均衡は一致する。すなわち、(31) と (32) を満たす税率メニュー  $(T_1^H(x_1^l, \mathbf{x}_1^p), \dots, T_n^H(x_n^l, \mathbf{x}_n^p))$  を各経済主体に提示するとき、 $(x_1^{l*}, \dots, x_n^{l*}, \mathbf{x}_1^{p*}, \dots, \mathbf{x}_n^{p*}) = (x_1^{lM^H}, \dots, x_n^{lM^H}, \mathbf{x}_1^{pM^H}, \dots, \mathbf{x}_n^{pM^H})$  が成立する。

(31) は、生産物に対する税率メニューの場合とは異なり、単に税率メニューが労働に依

存しなければよい ( $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^l} = 0$  が成立すればよい)。したがって、予め  $T_i^H(\mathbf{x}_i^p)$  と税率メニューから労働を排除することができる。また、前節と同様に、汚染についても、社会的最適均衡においてある汚染  $r$  が

$$T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)E\left[\frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pr}}\right] = E\left[D\frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pr}}\right] \quad (34)$$

を満たすのであれば、そのような高々1つの汚染  $r$  を税率メニューから排除できる。

系2. 環境水準に対する適切な税率メニューはメニューに労働を含まない。また、ある汚染  $r$  が (34) を満たすのであれば、高々1つの汚染  $r$  をメニューから排除しても、なお適切な税率メニューは主体的均衡と社会的最適均衡を一致させることができる。

生産物に対する税率メニューとの違いは、ここでの課税対象である環境水準が労働に依存せず、労働は税率調整のみに影響することである。このとき、税率メニューは汚染だけを含むように作成すればよい。ため、生産物に対する税率メニューより簡素に設計できる。

また、系1と系2は投入要素税の抱える煩雑な税率計算という問題を緩和できるという意味で非常に重要である。投入要素税を適切に課すためには、全ての投入要素（本研究では、労働と全ての汚染）について最適税率を計算し、それぞれの投入量に基づいて徴収する必要があった (Plott, 1966)。一方で、税率メニューでは、高々1つの（あるいは2つの）投入要素を排除しても税率メニューを適切に定

めることができることから、少なくとも全ての投入要素についての情報を必要とする投入要素税と比べれば、実施が容易であると考えられる。

## 5 税率メニューと予算バランス

前節では、生産物と環境水準それぞれについて適切に税率メニューを定めることで、社会的最適均衡を達成できることを示した。また、この適切な税率メニューは投入要素税が抱える煩雑な税率計算の問題を緩和できることを明らかにした。最後に、この節では、先行研究が抱える残るもう1つの問題である税収と環境被害額の不一致についても解決可能であるかどうか分析を行う。

環境水準に対する税率メニューについて、社会的最適均衡で税収が環境被害額と一致する

$$\sum_{i=1}^n T_i^{H^*}(x_i^{l^*}, \mathbf{x}_i^{p^*})E[H^*] = E[D(H^*)] \quad (35)$$

が成立する最も単純な状況として、各経済主体からの税収がちょうど環境被害額を等分した額になる場合を考える：

$$T_i^H(x_i^{l^*}, \mathbf{x}_i^{p^*})E[H^*] = \frac{E[D(H^*)]}{n}. \quad (36)$$

環境水準に対する税率メニューのもとで主体的均衡と社会的最適均衡が一致する条件である (33) は、(36) が成立することを前提とすると、次のように整理できる：

$$\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}} = \frac{E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right]}{E[H]} \left( E[D'] \right. \\ \left. + \frac{Cov \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right)}{E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right]} - \frac{E[D(H^*)]}{nE[H^*]} \right). \quad (37)$$

(37) は  $i = 1, \dots, n$  と  $j = 1, \dots, m$  について成立しなければならないが,  $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}}$  は経済主体ごと, 汚染ごとに決めることができるため,  $n \times m$  個の条件それぞれが成立するように  $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}}$  の大きさを選ぶことができる。同様のことが, 生産物に対する税率メニューについても成立する。

**命題5.** 生産物と環境水準に対する適切な税率メニューのもとで, 均衡での税収と環境被害額を一致させることができる。すなわち, 税率メニュー  $(T_1^q(x_1^l, \mathbf{x}_1^p), \dots, T_n^q(x_n^l, \mathbf{x}_n^p))$  あるいは  $(T_1^H(x_1^l, \mathbf{x}_1^p), \dots, T_n^H(x_n^l, \mathbf{x}_n^p))$  のもとで, 均衡において  $\sum_{i=1}^n T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) f(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) = E[D(H)]$  あるいは  $\sum_{i=1}^n T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p) E[H] = E[D(H)]$  が成立するように,  $\left( \frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p1}}, \frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p2}}, \dots, \frac{\partial T_i^q(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pm}} \right)$  あるいは  $\left( \frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{p1}}, \dots, \frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pm}} \right)$  を選ぶことができる。

系1と系2において, 適切な税率メニューは必ずしも全ての汚染についての情報を必要としないことを確認した。命題5では適切な税率メニューのもとで予算バランスが達成可能であることを確認した。それでは, 税率メニューは煩雑な税率計算と予算バランスの間

題を同時に解決できるだろうか。

環境水準に対する税率メニューについて考えよう (生産物に対する税率メニューについても同様の議論が可能である)。適切な税率メニューが必ずしも全ての汚染の情報を必要としない理由は,  $m$  個の汚染を  $m$  個の税率調整  $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}}$  と税率  $T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)$  の合わせて  $m+1$  個によって制御するからであった。しかしながら, 税収をある目標値に固定してしまうとき, (36) より税率が  $\frac{\partial E[D(H^*)]}{nE[H^*]}$  に固定されてしまう。このとき政策決定者が自由に決定できるものは  $m$  個の税率調整  $\frac{\partial T_i^H(x_i^l, \mathbf{x}_i^p)}{\partial x_i^{pj}}$  だけとなる。したがって, このとき適切な税率メニューは全ての汚染の情報を必要とする。反対に, 煩雑な税率計算の緩和を優先するとき, 税率が (36) を満たしているとは限らないため, 予算バランスが達成される保証はない。2つの問題を同時に解決できるのは, (37) の右辺がゼロになる場合, すなわち, (36) という制約下において, 主体的均衡と社会的最適均衡を一致させるような税率調整がゼロとなる場合だけである。仮定より  $\frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} > 0$  であるので, (37) の右辺がゼロとなるためには,

$$E[D'] + \frac{Cov \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right)}{E \left[ \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right]} - \frac{E[D(H^*)]}{nE[H^*]} = 0 \quad (38)$$

が成立しなければならない。しかしながら (38) は一般に成立するとは限らない。また, (38) の左辺第2項が異なる  $j$  の間で等しいか  $Cov \left( D', \frac{\partial h_i(\mathbf{x}_i^p, \nu)}{\partial x_i^{pj}} \right) = 0$  でない限り, 成立するとしても高々1つの汚染についてのみ

である。

系 3. 一般に、適切な税率メニューは煩雑な税率計算の緩和と予算バランスの両方を達成することはできない。そのようなことが可能となるのは、唯一、(38) が成立するときのみである。

## 6 おわりに

本研究では、生産物税と環境水準税のもとで外部不経済を内部化する、様々な政策について考察を行った。まず、汚染排出が観察できるとき、環境水準税は外部不経済を内部化できることが明らかとなった。Horan et al. (1998) は、Segerson (1988) が提案した環境水準税は一般に外部不経済を内部化できないと結論付けた。しかしながら、(汚染排出が観察できないならば、当然ピグー税は実施できないので) 適切な課税に共に汚染排出という情報を必要とする点で、ピグー税と環境水準税は一方が他に劣るとは言えない。

次に、汚染排出が観察できないとき、生産物と環境水準それぞれに対する税率メニューを適切に定めることで、外部不経済を内部化できることが明らかとなった。この方法は、高々1つの投入要素を排除しても税率メニューを適切に定めることができることから、少なくとも全ての投入要素についての情報を必要とする投入要素税と比べれば、実施が容易であると考えられる。また、実際の被害額より大きな税金を必要とすることが問題であった環境被害税と異なり、税金と環境被害額が一致

する予算バランスの達成が可能であることが明らかとなった。しかしながら、これら煩雑な税率計算の緩和と税金のバランスの達成はトレード・オフの関係にあり、一般に両方を同時に解決することは難しいことも明らかとなった。政策決定者はこのトレード・オフに注意しながら税率メニューを設計する必要がある。また、両方の問題を同時に解決できる政策設計が研究課題として残される。

(CREST 研究員・

早稲田大学理工学研究所以外研究員)

## 参 考 文 献

- [1] Common, M. (1977), "A Note on the Use of Taxes to Control Pollution," *Scandinavian Journal of Economics*, vol.79, pp.345-349.
- [2] Dosi, C. and T. Tomasi (eds.) (1994), *Nonpoint Source Pollution Regulation: Issues and Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- [3] Hansen, L. G. (1998), "A Damage Based Tax Mechanism for Regulation of Non-Point Emissions," *Environmental and Resource Economics*, vol.12, pp.99-112.
- [4] Herriges, J. A. and R. Govindasamy (1994), "Budget-Balancing Incentive Mechanisms," *Journal of Environmental Economics and Management*, vol.27, pp.275-285.
- [5] Holterman, S. (1976), "Alternative Tax-Systems to Correct Externalities and the Efficiency of Paying Compensation," *Economica*, vol.46, pp.1-16.
- [6] Horan, R., J. S. Shortle and D. G. Abler (1998), "Ambient Taxes When Polluters Have Multiple Choices," *Journal of En-*

- vironmental Economics and Management*, vol.36, pp.186–199.
- [7] Just, R. and R. D. Pope (1978), “Stochastic Specification of Production Functions and Economic Implications,” *Journal of Econometrics*, vol.7, pp.67–86.
- [8] Karp, L. (2005), “Nonpoint Source Pollution Taxes and Excessive Tax Burden,” *Environmental and Resource Economics*, vol.31, pp.229–251.
- [9] Lichtenberg, E. and D. Zilberman (1988), “Efficient Regulation of Environmental Health Risks,” *The Quarterly Journal of Economics*, vol.103, no.1, pp.167–178.
- [10] Pigou, A. C. (1920), *Economics of Welfare*, Macmillan.
- [11] Plott, C. R. (1966), “Externalities and Corrective Taxes,” *Economica*, vol.33, pp.84–87.
- [12] 澤田英司 (2010) 「ピア・プレッシャー環境下の環境被害課税メカニズム」『環境経済・政策研究』岩波書店, vol.3, no.2, pp.50–59.
- [13] Segerson, K. (1988), “Uncertainty and Incentives for Nonpoint Pollution Control,” *Journal of Environmental Economics and Management*, vol.15, pp.87–98.
- [14] Shortle, J. S., R. D. Horan and D. G. Abler (1998), “Reserch Issues in Nonpoint Pollution Control,” *Environmental and Resource Economics*, vol.11, pp.571–585.
- [15] Shortle, J. S. and R. D. Horan (2001), “The Economics of Nonpoint Pollution Control,” *Journal of Economic Surveys*, vol.15(3), pp.255–289.
- [16] Xepapadeas, A. P. (1997), *Advanced Principles in Environmental Policy*, Edward Elgar, Cheltenham, UK·Northampton, MA, USA.