

## 環境政策理論の再検討

永井 四郎

はじめに

地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨といった地球環境問題は、先進諸国の経済活動に付随して発生した汚染物が自然の自浄能力を超えた結果として顕在化した。それはかつての公害とは異なり国境を越えて移転する外部不経済であり、同時に南北問題を伴った厄介な問題でもある。

各国政府はこうした深刻な現状に対して、環境政策の実施を余儀なくされている。主要な政策手段は、直接規制、環境税、排出許可証取引、補助金である。これらはいずれも汚染物の排出制限や除去を排出源に求める政策であるが、最も重要な問題は、技術開発のインセンティブを排出源にもたらす政策手段は何かを当局が認識することである。一般に、排出源が汚染物の排出を削減する手段としては、活動水準の低減、除去装置（エンド・オブ・パイプ）の設置、技術革新（クリーナー・プロダクション）<sup>1)</sup>がある。このうち技術革新がきわめて重要な手段であることは言うまでもない。

環境経済学は多くの場合、上述の問題を排出源の「限界削減費用曲線」を用いて分析する。現行理論によれば、完全競争モデルの下で定式化された限界削減費用曲線と税率線との交点によって排出源の最適削減水準が定まるとしている。しかしながらその議論には経済理論上の重要な問題が潜んでいる。本稿の目的はその点を明らかにし、新しい分析手法を提示するとともにその手法に基づいて政策手段と排出削減の問題を検討することである。

[ I ] 記号と仮定

<記号>

y : 生産物	MAC : 限界削減費用
p : 生産物価格	H : 限界利潤
m : 産业内企業数	MSC : 社会的限界費用
$\theta$ : 汚染物に課される税率	MPC : 私的限界費用
h : 排出量	MEC : 限界外部費用

1) 生産過程の革新の他、新原料や新燃料の開発によって汚染物の排出が削減されることもある。この場合には新原料、新燃料を利用するために生産工程の変革が必要とされると考えられるが、本論文では、以上の状況はすべて可変費のパラメータ  $\alpha$  の変化に集約されるものとして扱う。

<仮定>

- (i) 完全競争モデル  
排出源は競争企業とする。
- (ii) 技術変化前の各企業の費用関数は同一である。

$$\langle 1 \rangle C = \alpha y^2 + \beta \quad (\alpha > 0, \beta > 0)$$

- (iii) 産業の需要曲線

$$\langle 2 \rangle D : p = -\alpha y + b \quad (a > 0, b > 0)$$

- (iv) 排出関数

$$\langle 3 \rangle h = \delta y \quad (\delta > 0)$$

- (v) 政策当局は汚染物に対して課税するが、各企業は、汚染物への課税率を生産物への課税率に変換し、生産量に基づいて利潤最大化行動を取るものとする。このとき生産物への課税率は  $\delta\theta$  となる。
- (vi) 汚染物は環境に均質に拡散する。

[II] 現行理論による環境政策効果分析の概要

(1) 限界削減費用曲線 (MAC) の定式化

限界削減費用とは、企業の生産活動に付随して発生する汚染物の環境への排出を削減する場合に生ずる限界費用である。ただし仮定(iv)、(v)より、MACは生産物1単位の生産によって発生する汚染物  $\delta$  を削減する費用である。したがって例えば除去装置を設置し、 $\delta$  を低めれば税率  $\delta\theta$  も低下することになる。

以下の定式化は Pearce=Turner<sup>2)</sup> による。費用曲線<1>の下で生産している競争企業の平均費用 (AC) と限界費用 (MC) は

$$\langle 4 \rangle AC = \alpha y + \frac{\beta}{y}, \quad MC = 2\alpha y$$

となる。したがって産業の供給曲線は

$$\langle 5 \rangle S : p = \frac{2\alpha}{m} y$$

で表される。いま環境税が  $\theta$  課せられた場合、企業の平均費用と限界費用は

$$\langle 6 \rangle AC_{\theta} = \alpha y + \frac{\beta}{y} + \delta\theta, \quad MC_{\theta} = 2\alpha y + \delta\theta$$

であり、産業の供給曲線は

$$\langle 7 \rangle S_{\theta} : p = \frac{2\alpha}{m} y + \delta\theta$$

2) Pearce and Turner[10]. Chapter 4.6. ただし彼らの分析は図式を中心としており、本論文のように具体的な費用関数によってはいない。

となる。課税前と後の市場価格  $p_0$ ,  $p_1$  および各企業の最適生産量  $y_0$ ,  $y_1$  は、

$$\langle 8 \rangle \quad p_0 = \frac{2ab}{2\alpha + am}, \quad p_1 = \frac{2ab + am\delta\theta}{2\alpha + am}, \quad y_0 = \frac{b}{2\alpha + am}, \quad y_1 = \frac{b - \delta\theta}{2\alpha + am}$$

である。

企業の課税前利潤関数は

$$\langle 9 \rangle \quad \pi = (p_0 - AC) y = -\alpha y^2 + p_0 y - \beta$$

であるから、限界利潤曲線が

$$\langle 10 \rangle \quad H_0 = -2\alpha y + p_0$$

で表される。機会費用概念からすれば、 $\langle 10 \rangle$ 式は限界削減費用曲線と見ることができる。ここで Pearce = Turner らは税が課されたとき、 $\langle 10 \rangle$ 式が税率分だけ下方シフトするとしている。それは限界利潤が税率分だけ減少するからだという根拠によっている。図 1 における  $H'_\theta$  および  $y'$  は

$$\langle 11 \rangle \quad H'_\theta = -2\alpha y + p_0 - \delta\theta$$

$$\langle 12 \rangle \quad y' = \frac{2\alpha b - (2\alpha + am)\delta\theta}{2\alpha(2\alpha + am)}$$

となる。点  $K$  まで生産量を削減することは明らかに企業にとって効率的である。なぜならば  $y < y'$  であれば限界利潤が税率より高いので生産量を増やすことで有利になるが、 $y > y'$  のときは限界利潤よりも税率が高くなり損失をもたらすからである。かくして企業は課税後、生産量  $y'$  で利潤最大化を達成する。

課税による企業の負担は、税額  $\delta\theta y'$  および削減費用  $(y_0 - y')\delta\theta/2$  である。この点について Pearce = Turner らは、排出した汚染による被害に対して企業にその負担を強いることは公平であるように思えるが、生産量を  $y'$  まで減らし、汚染水準を  $\delta y'$  にまで削減させることは企業にとって過重負担であり不公平であるように思われる<sup>3)</sup> と述べている。

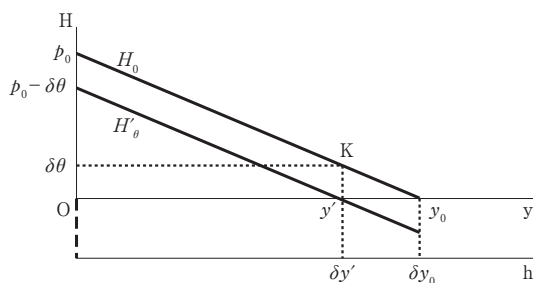


図 1 課税による限界利潤曲線のシフト

3) Pearce and Turner[11], pp.172-173.

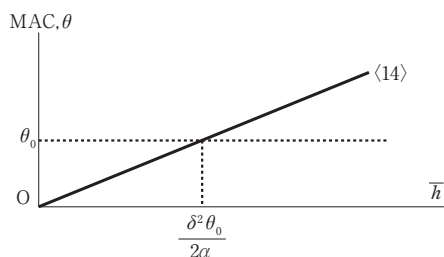


図2 限界削減費用曲線と税率

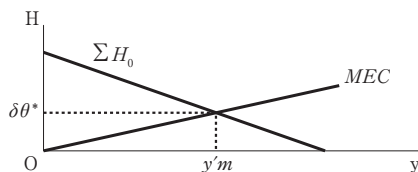


図3 最適課税率

税率  $\delta\theta$  が生産物に課されたときの生産物削減量  $\bar{y}$  は  $y_0 - y' = \delta\theta/2\alpha$  であるから、

$$\langle 13 \rangle \quad MAC = 2\alpha\bar{y}$$

が得られる。また税率  $\theta$  が排出量に課されたときの排出削減量  $\bar{h}$  は  $\delta(y_0 - y') = \delta^2\theta/2\alpha$  であるから、

$$\langle 14 \rangle \quad MAC = \frac{2\alpha}{\delta^2} \bar{h}$$

となる。したがって税率  $\theta = \theta_0$  が与えられると、各企業は限界削減費用が  $\theta_0$  に等しくなるように排出削減をすることになり、企業間で MAC の均等化が実現する。

いま産業内の各企業の限界利潤曲線を集計化した曲線を  $\Sigma H_0$  で表すと

$$\langle 15 \rangle \quad \Sigma H_0 = -\frac{2\alpha}{m}y + p_0$$

である。Pearce = Turner らは、

$$\langle 16 \rangle \quad \Sigma H_0 = MEC$$

が成立する生産量が社会的に望ましい水準であると論ずる<sup>4)</sup>。限界利潤曲線の下側の面積は汚染源たる企業の私的純便益を表し、MECの下側の面積は総外部費用を示すが、社会の目的は(純便益-外部費用)を最大化することであり、 $\langle 16 \rangle$ 式を満たす生産量においてそれが実現すると彼らは主張する。

以上の議論は、現在の環境経済学において受け入れられ、それに基づいた分析が一般的かつ

4) Pearce and Turner[10], pp.62-63.

当然の如くになされている。

(2) 環境政策効果分析の概要

図4を用いて、現行理論に基づく環境政策効果分析の概要を見ておこう。

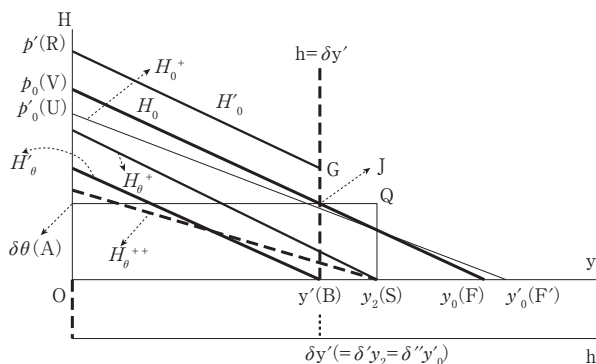


図4 環境政策の効果 (現行理論)

(i) 直接規制と補助金

いま政策当局により排出量規制 ( $h = \delta y'$ ) が課されたとしよう。各企業は生産量を B 点まで削減し、三角形 BFJ の利潤を失う。この段階で市場では供給曲線の左上方シフトが生じ、価格は  $p_0$  から  $p'$  に上昇する。ただし価格  $p'$  は税率  $\delta\theta$  で生産物に課税された場合の均衡価格  $p_1$  ( $< 8 >$ 式参照) より高くなる。その結果限界利潤曲線が  $H'_0$  にシフトし、最終的に各企業の利潤は四角形 OBGR になる。ここで

$$< 17 > \quad H'_0 = -2\alpha y + p'$$

である。

一方、各企業が排出係数を  $\delta'$  に下げる技術革新で対応し、限界利潤曲線が

$$< 18 > \quad H_0^+ = -2\alpha' y + p'_0$$

に変容したとしよう。ただし  $\delta y' = \delta' y'_0$  かつ  $\alpha' < \alpha$  で、 $< 8 >$ 式において  $dp_0/d\alpha > 0$  であるから  $p'_0 < p_0$  である。また

$$< 19 > \quad p_0\alpha' - p'_0\alpha = 2ba\alpha' \left( \frac{1}{2\alpha + am} - \frac{1}{2\alpha' + am} \right) < 0$$

より、 $p_0/2\alpha < p'_0/2\alpha'$  すなわち  $y_0 < y'_0$  となる。

ここで四角形 OBGR と三角形 OF'U の面積比は、 $H_0$  から  $H'_0$  へのシフトすなわち供給が制限されたことによる  $p_0$  から  $p'$  への価格上昇幅に依存する。したがって需要の価格弾力性が大きいほど価格上昇幅は小さくなり、技術革新のインセンティブが増大する<sup>5)</sup>。以上の分析から明らかなように、企業が技術革新によって排出規制に対応することが社会的厚生を高めること

5) 本論文のモデルでは、技術革新に伴う研究開発費は明示化されていない。また排出削減技術の開発は産業内の一企業によってなされるが、ここでは新技术が産業内のすべての企業に波及した状態を想定している。

になる。

直接規制に対する環境経済学者のこれまでの見解は、企業に規制が課されるとコストが上昇し、生産量の減少が生じて利潤を減少せしめるというものである。Baumol = Oatesらは、厳しい環境規制を課す国ではこれまで比較優位であった財をついには輸入するはめになりかねず、しかも環境基準の緩い他国に生産が移転し、その結果利潤や環境悪化を移すことになると論じている<sup>6)</sup>。それに対してPorterは、環境保護と経済性について、その対立思考は競争の静学的観点に立った誤った二分法であるとし、次のような直接規制に対する見解を提示した<sup>7)</sup>。すなわち適切にデザインされた直接規制は、企業の技術革新を促進させ汚染削減だけではなくコストの低下や生産物の質の改善をもたらすというのである。さらに彼はLindeとの共著論文において、直接規制が国際競争力の向上につながる点を強調する<sup>8)</sup>。国際競争力を有する企業の条件は、規模が大きく安価なインプットを持つというより、むしろ改善能力と絶えざる技術革新を遂行する能力を備えていることである。適切にデザインされた環境規制は上記の効果をもたらすばかりではなく、規制をしていない他国の企業に対して絶対優位をもたらすことにつながる。ここでそうした規制がもたらす技術革新の効果は、生産物と生産過程の双方に及ぶとされる。すなわち原料素材の変革や包装の改善によりリサイクルを容易にするとか、ゴミ処理コストを低め、汚染削減と同時に生産物の品質を高める効果をもたらす。一方生産過程において低いエネルギー消費を実現することによって排出削減を伴う高い資源生産性を達成する。世界需要が低汚染やエネルギー効率の高い生産物にシフトしている現状からして、直接規制はきわめて重要な政策手段であるというのがPorterらの主張である。本論文のモデルで「ポーター仮説」を解説するならば、 $H_0^+$ なる限界利潤曲線をもたらす技術革新がなされるようにデザインされた直接規制が要請されるということになる。

ここで補助金の議論が浮上する。これまで補助金問題は環境税との組み合わせで議論されることが多かった。直接規制との関わりで生ずる補助金のタイプは技術指定型である。この場合問題となるのは、本モデルで $H_0$ から $H_0^+$ となるような技術であるかどうか、政策当局の判断が必要とされることである。

ポーター仮説への反論は、Palmer = Oates = Portneyらによってなされた<sup>9)</sup>。彼らの論点は以下のようである。

- ① Porterらは環境規制の実施コストを無視している。
- ② 汚染の制御や防御には予測不可能な技術を必要とすることがある。
- ③ Porterらは規制が、ときとしてコスト節約や生産物の改善などの発見をもたらすというが、企業が効率的フロンティア上に存在していないなどはわれわれは考えない。
- ④ Porterらは③について都合のいい事例のみを列挙しているが、規制によってコストが上昇し利潤が減少した例は数多くある。

さらに彼らは、こうした議論は理論モデルを通してなされるべきであるとし、本モデルの<14>式に相当する限界削減費用曲線を用いてポーター仮説批判を行っている。この点については項目 [IV] で、環境税との関わりで取り上げたい<sup>10)</sup>。

6) Baumol and Oates [1], pp.258-266.

7) Porter [12].

8) Porter and Linde [13].

9) Palmer, Oates and Portney [9].

(ii) 環境税と排出許可証取引

いま当局により排出量  $h$  に対して税率  $\theta$  で環境税が課されたとしよう。このとき企業は生産物  $y$  に対して  $\delta\theta$  の税率で課税されたものとして対応し、現行理論では図 4 において限界利潤曲線  $H_0$  上の J 点、すなわち  $y'$  まで生産量が削減される。限界利潤曲線は税率分だけ下方シフトし、 $H'_\theta$  となる。企業の削減総費用は三角形 BFJ であり、支払う税額は四角形 OBJA となり、利潤は三角形 AJV にまで縮小する。

ここで企業がエンド・オブ・パイプを設置したとすると、 $H'_\theta$  は  $H_0^+$  に上方シフトし利潤は増加する。ただし  $\delta y' = \delta' y_2$  とする。したがってエンド・オブ・パイプの設置によって生産量が増加しても、支払う税額は OBJ で変わらず、企業は BSQJ 分の税額を節約することができる。

一方課税に対して企業が技術革新によって対応した場合、費用関数  $\langle 1 \rangle$  式の可変費パラメータ  $\alpha$  の低下を伴う。ところが税率  $\theta$  が低すぎると  $H'_\theta$  は上方シフトせず、 $H_0^{++}$  のように変容することから、企業に技術開発のインセンティブは生じない<sup>11)</sup>。当局が環境税によって企業の技術革新を促そうとするならば、ある一定率以上の税率で課税しなければならない。これは企業に大きな負担を強いることになる。

排出許可証取引は 1968 年 Dales によって発案され<sup>12)</sup>、Montgomery により理論的定式化がなされた<sup>13)</sup>。各排出源に初期配分された排出量と実際の排出量の差を排出当事者間で取引することにより、当局の目標排出総量を最小の費用で実現しようとするものである。Montgomery は排出許可証の市場が競争的であれば初期配分がどのようなものであれ、取引の結果排出許可証の均衡価格が定まり、各排出源の限界削減費用の均等化が成立することを示した。

いま 2 つの産業 A, B を想定し、産業の需要曲線および産業の代表的企業 a, b の費用関数、排出関数を

$$\langle 20 \rangle \quad \text{産業 A : } p = -a_0 Y + b_0, \quad C = a_0 Y^2 + \beta_0, \quad h = \delta_0 Y$$

$$\langle 21 \rangle \quad \text{産業 B : } p = -a_1 y + b_1, \quad C = a_1 y^2 + \beta_1, \quad h = \delta_1 y$$

としよう。したがって両産業内企業の MAC は以下のように示される。

$$\langle 22 \rangle \quad MAC_a = 2a_0 \bar{Y}, \quad MAC_a = \frac{2a_0}{\delta_0^2} \bar{h} \quad (\text{産業 A})$$

$$\langle 23 \rangle \quad MAC_b = 2a_1 \bar{y}, \quad MAC_b = \frac{2a_1}{\delta_1^2} \bar{h} \quad (\text{産業 B})$$

ここで政策当局が  $\langle 22 \rangle$ ,  $\langle 23 \rangle$  式の情報を得ているとして、目標排出量を

$$\langle 24 \rangle \quad m_0 \delta_0 Y^* + m_1 \delta_1 y^*$$

に置き、企業 a, b にそれぞれ  $\delta_0 e_0$ ,  $\delta_1 e_1$  だけ排出量配分をしたとしよう。ただし産業 A, B

10) ポーター仮説についての最近の研究は、Brannlund and Lundgren [3] によるものがある。彼らはポーター効果がどのようなメカニズムで引き出されるのか、その効果を可能にするような環境規制は存在するのか、という視点に立って生産関数を用いた理論的分析を試みている。

11) この点については項目 [IV] で詳しく論じられる。

12) Dales [4].

13) Montgomery [8].

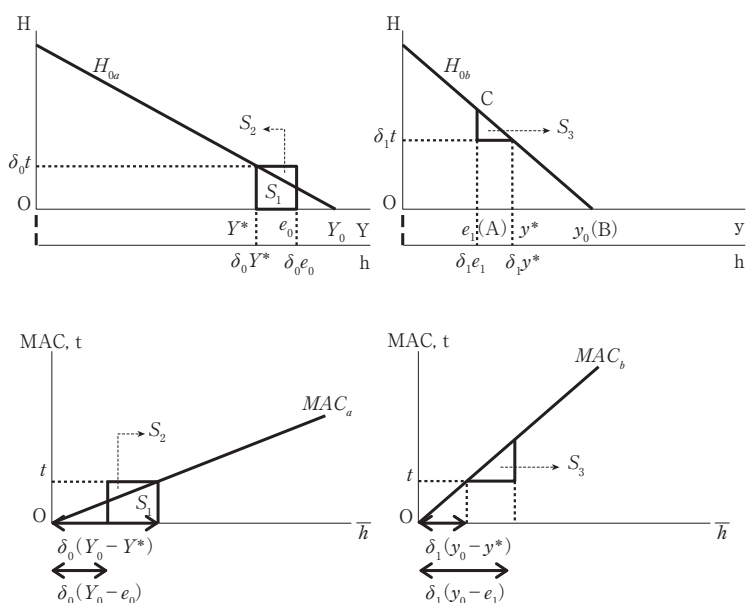


図5 排出許可証取引（現行理論）

の企業数をそれぞれ  $m_0$ 、 $m_1$  とする。このとき各企業は、（排出削減費用）<（許可証販売額）であれば排出権を売却し排出量を減らすであろう。一方（排出量増加による利潤増分）>（許可証購入額）であれば、企業は排出権を購入し排出量を増やすであろう。その結果、図5のように企業 a、b の最適排出量がそれぞれ  $\delta_0 Y^*$ 、 $\delta_1 y^*$  に定まる。

企業 a は  $\delta_0(e_0 - Y^*)$  分の排出許可証を価格  $t$  で販売することによって、排出削減負担 ( $S_1$ ) を回収し、かつ  $S_2$  を得ることができる。一方企業 b は許可証を  $t(\delta_1 y^* - \delta_1 e_1)$  で購入し、排出量を増やすことによって発生する追加利潤と許可証購入額との差額 ( $S_3$ ) を得ることができる。図5の下図は、横軸を排出削減量に取った場合の上と同じ状況を示している。

均衡許可証価格は、許可証の需給バランス

$$\langle 25 \rangle \quad \delta_0(e_0 - Y^*) m_0 \text{ (供給)} = \delta_1(y^* - e_1) m_1 \text{ (需要)}$$

が成立するように定まる。このとき総排出量は<24>式で示され、環境税が課された場合と同様になる。すなわち排出量がどのように配分されたとしても、許可証均衡価格は当局の排出量目標を達成するための環境税率と一致する。したがって排出許可証取引においても各企業の MAC の均等化が実現し、社会的に最小の費用で目標とする排出量が達成される。明らかに企業にとって排出許可証取引は税額の支払いがなく、環境税よりも軽い負担となる。

直接規制と許可証取引についての企業負担の問題は、図5右上の企業 b の状況を検討することで簡単に示すことができる。すなわち直接規制が  $\delta_1 e_1$  で課せられた場合、企業は三角形 ABC の利潤（削減費用）を失うが、許可証取引では価格  $t$  で  $\delta_1(y^* - e_1)$  分の許可証を購入するため、 $S_3$  分だけ負担が軽減する。



[Ⅲ] 現行理論の再検討

(1) MACと税率線の関係

Pearce = Turnerらは、<16>式の成立を前提にして

$$\text{<26> } MSC = MPC + MEC, \quad p = MSC$$

を導いている。けれども<26>式は競争下における（価格＝限界費用）原理から導かれ、 $p$ は外部性が内部化されたときの価格を示しているのであって、<16>式とは無関係である。そもそも<16>式は、それ自体経済的意味を持たない。なぜならば左辺の $\Sigma H_0$ は、課税前の価格 $p_0$ における集計限界利潤曲線であるが、右辺（ $MEC$ ）は課税後の新たな均衡点（均衡価格 $p_1$ ）における社会的損失額を表すからである。ここで $\Sigma H_0$ の代わりに課税後均衡点での集計限界利潤曲線 $\Sigma H_\theta$ としても同様に、<16>式の示す交点に経済的意味を付すことはできない。以下ではその点を明らかにし、現行理論の問題点を示そう。

いま排出物に税率 $\theta$ で環境税が課されたとする。競争企業の平均費用と限界費用は<4>式から<6>式、供給曲線は<5>式から<7>式のようにシフトする。プライス・テーカーとして行動する企業は、 $p_0 = MC_\theta$ となる生産量 $y'$ （<12>式参照）まで生産量を減らすであろう。このとき限界利潤曲線（ $H_0$ ）は税率 $\delta\theta$ だけ下方シフトし、 $H'_\theta$ （<11>式参照）となる。この段階において市場には超過需要が生じており、価格が $p_0$ から $p_1$ に上昇し、その結果企業は $p_1 = MC_\theta$ に基づいて生産量を $y_0$ から $y_1$ に増加させるであろう（<8>式参照）。新たな均衡点における企業の限界利潤曲線は

$$\text{<27> } H_\theta = -2\alpha y + p_1 - \delta\theta$$

となる。この式は、 $H'_\theta$ を課税による消費者負担分だけ上方シフトした曲線を表している。

図6において、課税の帰着点はBではなくSである。明らかに課税による企業の総削減費用は三角形BFKではなく、三角形SFQである。また課税後の企業利潤は三角形UKRではなく、三角形AQRである。したがって限界利潤曲線 $H_0$ と税率線UKの交点Kにおける排出量が、企業にとって最適水準であるとする現行理論には修正が必要とされる。すなわち<13>、<14>式のMACと税率線との交点は、企業の最適削減水準を示さない。

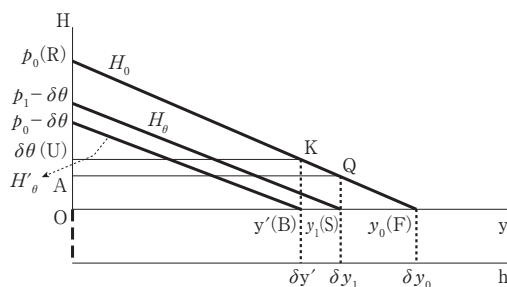


図6 課税による限界利潤曲線のシフト

(2) 効率性と社会厚生

ピグー税が課されたとき<26>式が満たされ、パレート効率が達成されることは周知の通りである。図7のE'点は、図6のK点に対応している。明らかに図6のK点は、企業にとって効率的である。しかしこのとき市場に供給される生産量はy'mであるが、それは課税の一時的効果を示しているにすぎない。課税の最終的效果は図6のS点で示され、市場にはy1mが供給され均衡が実現する。ここで社会的純便益は三角形OE1Wとなり、厚生が最大化が達成される。すなわち市場に対して課税という外圧がかかった場合、企業の効率性と社会厚生との同時的達成は不可能なのである。しかし市場には、次のステップとして価格の変化を通して厚生が最大化に向かうメカニズムが内在している。したがって課税の効果は、図7のE1点で議論されなければならない。

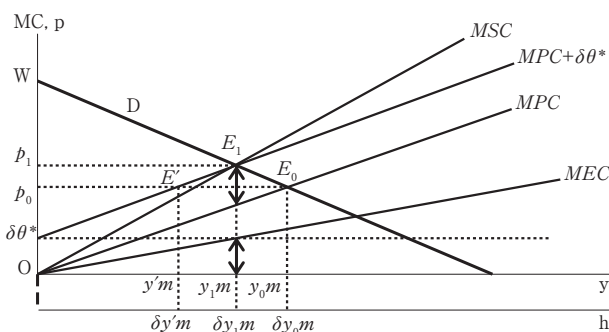


図7 ピグー税の効率性 (市場)

課税 (ピグー税) 後の集計限界利潤曲線は、

$$\langle 28 \rangle \quad \Sigma H_{\theta} = -\frac{2\alpha}{m} y + p_1 - \delta\theta^*$$

で表される。現行理論によれば、図8のK点をMECが通過しなければならない。しかし  $\Sigma H_{\theta}$  と MEC との交点はJであり、この点はいかなる経済的意味も有さないことが分かる。すなわち<16>式を満たす点は意味をなさない。税率線 T と MEC との交点 Q が、図7のE1点に対応するのであり、この点でピグー税による最適排出量  $\delta y_1 m$  が実現する。

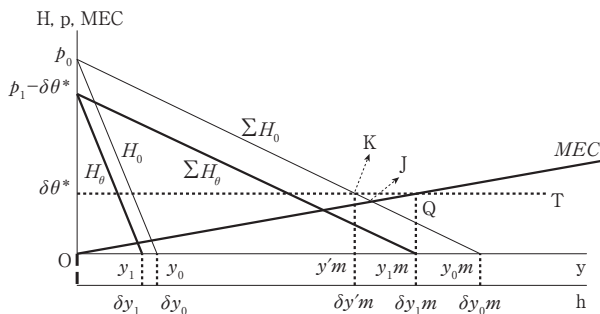


図8 ピグー税の効率性 (企業)

(3) 「税率-削減量曲線 (T-A 曲線)」の定式化

本項(1)の分析から明らかなように、<13>、<14>式の MAC と税率線との交点によって、企業の最適削減水準は定まらない。最適生産量削減水準は税率線  $T_y = \delta\theta$  を税の消費者負担分  $am\delta\theta/(2\alpha+am)$  だけ下方シフトした税率線  $T'_y$  と MAC <13>式の交点によって与えられる。一方最適排出量削減水準は税率線  $T_h = \theta$  を  $am\theta/(2\alpha+am)$  だけ下方シフトした税率線  $T'_h$  と MAC <14>式の交点によって示される。この理論的事実は、産業間で  $T'_h$  が異なることを示しており、「環境税が課されたとき、各企業の MAC は税率に等しく定まるので、企業間で MAC の均等化が実現する」という現行命題が否定されたことを意味している。

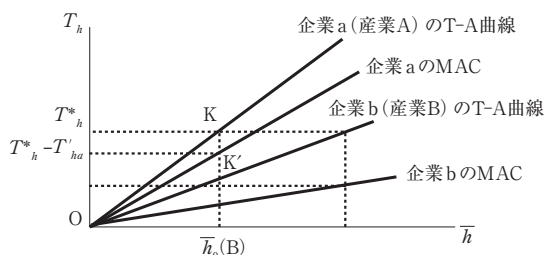


図9 税率-削減量曲線

上述の議論は次のように定式化できる。すなわち図6において、課税率  $\delta\theta$  による生産物の削減量  $\bar{y}$  は、 $y_0 - y_1$  であるから<8>式を考慮して

$$\langle 29 \rangle \quad T_y = (2\alpha + am) \bar{y}$$

が与えられる。これを排出削減量  $\bar{h}$  で表示すれば

$$\langle 30 \rangle \quad T_h = \frac{2\alpha + am}{\delta^2} \bar{h}$$

である。<29>、<30>の両式は、「税率-削減量曲線 (T-A 曲線)」と呼ぶべきものである。

いま図8においてピグー税  $T_h = \theta^*$  が課されると、<30>式より各企業の排出削減量は  $\bar{h} = \delta^2\theta^*/(2\alpha + am) = \delta(y_0 - y_1)$  となり、政策当局は目標排出削減量  $\delta m(y_0 - y_1)$  を達成することができる。図9は2企業 a, b の T-A 曲線と MAC との関係を表している。企業 a は税率  $T_h^*$  が課されたことによって、排出量を  $\bar{h}_0$  削減するがこのとき KB は限界削減費用ではないことに注意したい。企業 a の限界削減費用は、BK'である。ただし K'は、税率線に相当する  $(T_h^* - T'_{ha})$  と企業 a の MAC との交点である。以上のことは企業 b についても同様である。したがって企業間で限界削減費用の均等化は実現しないことが分かる。

(4) 排出許可証取引理論の再検討

直接規制と補助金の問題については MAC を用いずに分析が可能であり、すでに本稿 [II]- (2)-(i) でその概要が示されている。ここでは排出許可証取引について、現行理論を再検討してみよう。

図10において、政策当局は [II]- (2)-(ii) のケースと同様に目標排出量を

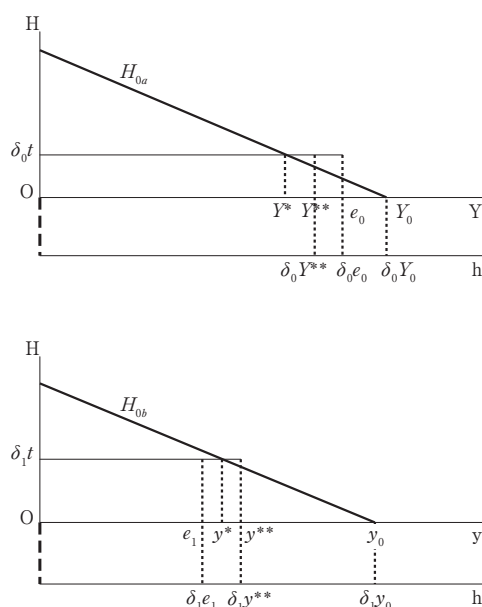


図10 排出許可証取引

$$\langle 31 \rangle \quad m_0 \delta_0 Y^{**} + m_1 \delta_1 y^{**}$$

に定め、企業 a, b にそれぞれ  $\delta_0 e_0$ ,  $\delta_1 e_1$  の排出量を割り当てたとして。競争的排出許可証取引の結果、企業 a の最適生産量  $Y^{**}$ 、企業 b の最適生産量  $y^{**}$  が決定されるであろう。均衡許可証価格  $t$  は

$$\langle 32 \rangle \quad \delta_0 (e_0 - Y^{**}) m_0 \text{ (供給)} = \delta_1 (y^{**} - e_1) m_1 \text{ (需要)}$$

が成立するように定まる。明らかに現行理論に比べて許可証供給量は減少し、許可証需要量は増加する。したがって現行理論では、均衡許可証価格が実際よりも低く評価されていることになる。

#### [IV] 環境政策と技術革新

##### (1) 先行研究の再検討

ここでは前項 [III] で提起された新しい理論的視点に立って、環境政策手段と技術革新に関するこれまでの議論を再検討する。この問題はすでに1960年代から半世紀に亘って議論されている分野であるが、理論的にいまだ統一の見解は出されていないように思われる。ただしほとんどの論者に共通した見解は、環境改善にとっての最重要課題が環境技術の革新にあるという点である。したがって直接規制と環境税や許可証取引といった間接規制で、どちらが排出源に技術開発のインセンティブをより多くもたらすかという点が争点になる。

Zerbe は1970年の論文で、直接規制と比べて環境税は排出源に技術革新のインセンティブをより多くもたらすことを示した<sup>14)</sup>。Downing = White らは4つの政策手段（直接規制、環境税、排出許可証取引、補助金）の比較研究を行い、環境税が最も大きな技術革新のインセン

タイプをもたらし、直接規制が最も低いインセンティブ水準になることを指摘した<sup>15)</sup>。また Mendelsohn は排出削減費用が不確実である場合について、R&D 削減のインセンティブが環境税の下で大きくなるという一般的見解に反する帰結を提示した<sup>16)</sup>。これに対して Milliman = Prince らは、Mendelsohn の議論には新技術開発後の企業による最適反応の分析が欠落しており、それが一般的見解と異なる結果をもたらしたと指摘する<sup>17)</sup>。

さらに Milliman = Prince らは、産業において効率的な汚染コントロールが可能となるためには次の3ステップを企業が働んで遂行できることが必要であるとしている。

- ① 企業内で広く適用できる重要な発見に基づいた技術革新がなされる。
- ② 各企業が新技術を容易に適用できる。
- ③ 新技術に対して汚染を最適に調整する企業の反応が起こる。

特に彼らはステップ③を強調し、Mendelsohn をはじめ多くの議論にはその点が欠落していることを指摘している。

上記3ステップと社会的便益の関係は、産業の MEC と産業内企業の集計 MAC によって分析される。図11で、 $MAC_0$  から  $MAC_1$  への変容はステップ①による。このとき社会的便益  $E^m AB$  が得られる。ステップ②は産業内企業に新技術の拡散が円滑になされることを意味しており、その結果  $MAC_1$  から  $MAC_2$  への変容をもたらす。ここで社会は追加的便益  $E^m BC$  を得る。そして最終ステップ③において排出量が  $E^*$  から  $E^{**}$  に減少し、社会的便益 CAD が追加される。

彼らは上述のような分析を通して直接規制や補助金政策に比べて環境税や競争的排出許可証取引が技術革新の推進において優れた手段であるという結論に至っている。けれども図11の A 点や D 点に理論的根拠はなく、それらの点に経済的意味を付すこともできない。さらに彼らが MEC と MAC の交点を考えている以上、MAC は集計 MAC でなければならない。そうなるとステップ①はステップ②の産業内技術拡散のプロセスを含まなければならない。すなわち彼らは厳密な MAC の定式化を欠いたまま議論を進めたと言わざるをえない。

Simpson = Bradford らは、ポーター仮説を念頭に置いて次のような議論を展開している<sup>18)</sup>。一般に厳格な直接規制は2つの効果、すなわち生産費を引き上げる直接効果と、技術革新を刺

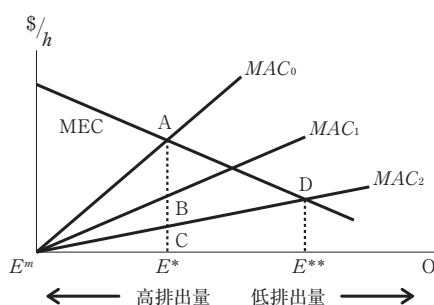


図11 技術革新と社会的便益

14) Zerbe [15].

15) Downing and White [5].

16) Mendelsohn [6].

17) Milliman and Prince [7].

18) Simpson and Bradford [14].

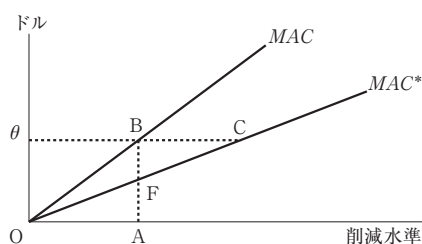


図12 環境税と技術革新

激して可変費を下げる間接効果がある。そして（間接効果）>（直接効果）のとき、直接規制は企業に利潤をもたらす。この場合重要なことは次の2点である。

- ① 成功した技術革新がもたらす利潤がR&Dコストを補うかどうか。
- ② 汚染削減、コスト削減の投資を企業が適切に実行できない場合、政府がそれを誘導すべきである。

彼らは、国内企業と外国企業が寡占的市場構造にあるとし、政府が国内企業の利潤最大化を達成させるように行動したとき、国内企業に対して政府が排出税（effluent tax）を課すことによって、企業に技術革新を誘発させ限界費用を低め、外国のライバル企業に対して優位性を持つようになることを示した。

Palmerらは、完全競争下において汚染源企業は利潤最大化を目的として行動し、研究開発に伴う不確実性や開発費用は所与と仮定し、環境税と技術革新の関係を分析している<sup>19)</sup>。図12で、環境税が税率 $\theta$ で課税されたとき、企業は $MAC=\theta$ となる点Aで削減量を定める。ここで企業は技術革新により、 $MAC^*$ を実現できるものとする。

企業がAのまま操業していたとすれば、それは $MAC^*$ を得るための研究開発コストが、 $MAC^*$ を実現したときの利潤よりも大きくなるからである。次にPalmerらは研究開発をする企業にもたらされる利潤として次の2点を挙げている。

- ① 技術革新によって得られる利潤は三角形OFBである。
- ② 新技術を持った企業は汚染削減量を増大させ、支払う税額を減らす。それにより得られる利潤は三角形FCBである。

したがって技術革新がもたらす利潤は三角形OCBとなる。ただし（研究開発コスト）>（三角形OCB）であれば、企業は技術開発をせずMAC上で排出削減することになる。彼らはここで、企業にとって利潤はBよりもCの方が低くなるという事実に注目し、新しい技術を開発するインセンティブが損なわれるとしている。厳格な規制により $\theta$ が上がったとしても、同様な結論が導かれる。すなわちPalmerらの議論によれば、環境規制によって企業の技術革新は誘発されないということになる。

彼らは、技術革新によって可変費パラメータ $\alpha$ と排出係数 $\delta$ の低下が同時に生ずるケースを看過している。それは<14>式のMACから明白である。したがって $MAC^*$ が右下方に変容する<sup>20)</sup>とは限らず、左上方への変容も起こりうる。MACの左上方変容は、削減水準を減少させ企業に利潤増加をもたらすであろう。さらに彼らのモデルには、すでに本稿で示されたよう

19) Palmer and Oates [9].

20) 技術革新に伴ってMACの右下方変容が生じることによって、削減量が増加し（排出量が減少し）技術開発のインセンティブが損なわれるという議論もある。Bohn and Russel [2]. p.449を参照。

に税率線と  $MAC$  や  $MAC^*$  の交点で排出削減が定まるといふ重大な現行理論の問題点が含まれていることを指摘しておきたい。

環境政策手段と技術革新に関する先行研究は、いずれも <14>、<16>式に基づいて、 $MAC$  と税率線、および  $MAC$  と  $MEC$  の交点で最適排出水準や削減水準が定まるといふ問題点を含んでいる。特に課税によってすべての排出源の  $MAC$  が均等化するといふ費用効率性命題は、多くの論者が依って立つところであるばかりかこれまでの環境経済学の中核をなすものである。本稿における議論で、その命題が否定されたことを再度確認しておきたい。

以上のような理論的分析とは別に実際の事例において、直接規制が排出源に技術開発を促したケースは少なくない。排水規制によって日本の紙パルプ産業が排水負荷技術の開発に取り組んだこと、自動車排ガス規制に各自動車メーカーが競ってエンジン技術の改良に挑戦し成功したこと、そしてフロン規制の効果などを挙げることができる。もちろん新技術の開発に応じて排出基準が厳しくなるような場合には、直接規制が技術開発のインセンティブを減じるであろう。したがって政策当局は、産業が具備する技術革新の可能性や削減対象となる汚染物の特性を十分考慮して政策手段を選択することが要請される。

## (2) 環境税と技術革新

環境税が課せられ、企業が技術革新によって対応しようとした場合、どのようなインセンティブがもたらされるかを図6で提示された限界利潤曲線のシフト ( $H_0 \rightarrow H'_0 \rightarrow H_\theta$ ) に基づいて分析してみよう。技術革新前の限界利潤曲線  $H_0$  が、新技術を得ることによってどのようにシフトまたは変容するかが問題となる。

### (i) エンド・オブ・パイプによる対応

環境税  $\theta$  が汚染物に課され、企業がエンド・オブ・パイプを設置すること<sup>21)</sup>で対応し、費用関数、および排出関数が次のように変化したとしよう。

$$\langle 33 \rangle \quad C = \alpha y^2 + \beta' \quad (\beta' > \beta)$$

$$\langle 34 \rangle \quad h = \delta' y \quad (\delta' < \delta)$$

課税後限界利潤曲線は

$$\langle 35 \rangle \quad H_\theta^+ = -2\alpha y + p_1 - \delta' \theta$$

となる。ただし

$$\langle 36 \rangle \quad p_1' = \frac{2ab + am\delta'\theta}{2\alpha + am}$$

である。いまエンド・オブ・パイプ設置前と後の利潤をそれぞれ  $\pi_\theta$ 、 $\pi_\theta^*$  とすると

$$\langle 37 \rangle \quad \pi_\theta^* - \pi_\theta = \frac{(p_1' - \delta'\theta)^2}{4\alpha} - \frac{(p_1 - \delta\theta)^2}{4\alpha} = \frac{\alpha\theta(\delta - \delta')(2b - (\delta + \delta')\theta)}{(2\alpha + am)^2} > 0$$

となり、 $\pi_\theta^* - \pi_\theta > \beta' - \beta$  が成り立つ限り、企業はエンド・オブ・パイプを設置するであろう。

21) エンド・オブ・パイプの設置は技術革新ではなく、技術変化と言うべきであるが、ここでは特に区別しないことにする。

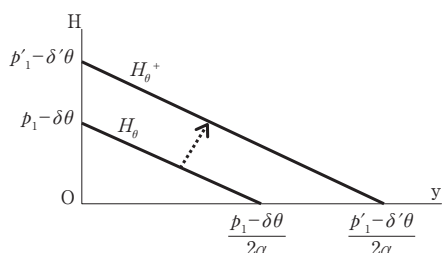


図13 エンド・オブ・パイプ設置による限界利潤曲線のシフト

このとき課税後限界利潤曲線  $H_\theta$  は図13のように上方シフトする<sup>22)</sup>。

(ii) 技術革新（クリーナー・プロダクション）による対応

企業が技術革新で課税に対応する場合、費用関数は可変費パラメータ  $\alpha$  の変化を伴い

$$\langle 38 \rangle \quad C = \alpha' y^2 + \beta' \quad (\alpha' < \alpha)$$

となる。排出関数は<34>式で表され、コスト減少と同時に汚染も除去されるものとする。課税後限界利潤曲線は

$$\langle 39 \rangle \quad H_\theta^+ = -2\alpha' y + p_1' - \delta' \theta \quad \left[ p_1' = \frac{2\alpha' b + am\delta' \theta}{2\alpha' + am} \right]$$

である。ここで

$$\langle 40 \rangle \quad (p_1 - \delta\theta) - (p_1' - \delta' \theta) = \frac{2am[b(\alpha - \alpha') - \theta(\alpha\delta - \delta'\alpha') + 4\alpha\alpha'(\delta - \delta')]}{(2\alpha + am)(2\alpha' + am)}$$

を考慮して

$$\langle 41 \rangle \quad K = \frac{b(\alpha - \alpha')}{\alpha\delta - \alpha'\delta' + 4\alpha\alpha'(\delta - \delta')}$$

と置くと

(A)  $\theta > K$  のとき

$$\langle 42 \rangle \quad p_1 - \delta\theta < p_1' - \delta' \theta$$

である。このとき

$$\frac{p_1 - \delta\theta}{2\alpha} - \frac{p_1' - \delta' \theta}{2\alpha'} = \frac{\alpha'(p_1 - \delta\theta) - \alpha(p_1' - \delta' \theta)}{2\alpha\alpha'} < 0$$

であるから

$$\langle 43 \rangle \quad \frac{p_1 - \delta\theta}{2\alpha} < \frac{p_1' - \delta' \theta}{2\alpha'}$$

---

22)  $(p_1' - \delta' \theta) - (p_1 - \delta\theta) = \frac{2\alpha\theta(\delta - \delta')}{2\alpha + am} > 0$



すなわち  $\pi_\theta < \pi_\theta^*$  となり、エンド・オブ・パイプを設置した場合の図13と同じ結果になる。ただし企業は技術開発に要する R&D コストや、産業への新技術の拡散に伴って生ずる特許権使用料収入を考慮して、

$$\langle 44 \rangle \quad (\pi_\theta^* - \pi_\theta) + (\text{特許権使用料収入}) > (\text{R\&D コスト})$$

が成り立つとき技術開発に向けた意思決定をするであろう。

(B)  $\theta < K$  のとき

$$\langle 45 \rangle \quad p_1 - \delta\theta > p'_1 - \delta'\theta$$

であり、

$$\langle 46 \rangle \quad \frac{p_1 - \delta\theta}{2\alpha} - \frac{p'_1 - \delta'\theta}{2\alpha'} = \frac{\theta\{\delta'(2\alpha + am) - \delta(2\alpha' + am)\} - 2b(\alpha - \alpha')}{(2\alpha + am)(2\alpha' + am)}$$

より、

$$\text{(B)-1} \quad \frac{\delta'(2\alpha + am)}{\delta(2\alpha' + am)} < 1 \text{ のとき}$$

$$\langle 47 \rangle \quad \frac{p_1 - \delta\theta}{2\alpha} < \frac{p'_1 - \delta'\theta}{2\alpha'}$$

となり、限界利潤曲線は図14のように変容する。

ここで課税前と後の利潤の変化を検討しよう。

$$\langle 48 \rangle \quad \pi_\theta - \pi_\theta^* = \frac{(p_1 - \delta\theta)^2}{4\alpha} - \frac{(p'_1 - \delta'\theta)^2}{4\alpha'} = \frac{\alpha(b - \delta\theta)^2}{(2\alpha + am)^2} - \frac{\alpha'(b - \delta'\theta)^2}{(2\alpha' + am)^2}$$

いま $\langle 48 \rangle$ 式の符号を確認するため、 $\alpha \rightarrow \alpha^2$ 、 $\alpha' \rightarrow \alpha'^2$ のように置き換えると

$$\begin{aligned} \langle 49 \rangle \quad & \frac{\alpha^2(b - \delta\theta)^2}{(2\alpha + am)^2} - \frac{\alpha'^2(b - \delta'\theta)^2}{(2\alpha' + am)^2} \\ &= \frac{\{\alpha(b - \delta\theta)(2\alpha' + am) + \alpha'(b - \delta'\theta)(2\alpha + am)\} \{\alpha(b - \delta\theta)(2\alpha' + am) - \alpha'(b - \delta'\theta)(2\alpha + am)\}}{(2\alpha + am)^2(2\alpha' + am)^2} \end{aligned}$$

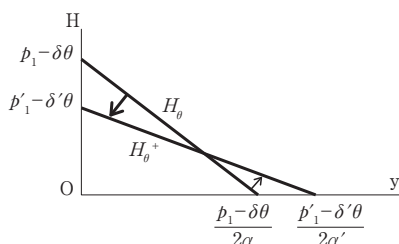


図14 技術革新による限界利潤曲線の変容 ( $\theta < K$ )

である。ここで

$$\begin{aligned} <50> \quad \alpha(b - \delta\theta)(2\alpha' + am) - \alpha'(b - \delta'\theta)(2\alpha + am) \\ &= amb(\alpha - \alpha') - \theta\{2\alpha\alpha'(\delta - \delta') + am(\delta\alpha - \delta'\alpha')\} \end{aligned}$$

となり、需要の価格弾力性が極端に大きい場合を除いて、 $am > 1/2$  であるから  $4\alpha\alpha' > 2\alpha\alpha'/am$  が成り立つ。よって

$$<51> \quad \theta < K < \frac{b(\alpha - \alpha')}{\delta\alpha - \delta'\alpha' + \frac{2\alpha\alpha'}{am}(\delta - \delta')}$$

すなわち  $\alpha(b - \delta\theta)(2\alpha' + am) > \alpha'(b - \delta'\theta)(2\alpha + am)$  より

$$<52> \quad \pi_\theta > \pi_\theta^*$$

となる。

$$(B)-2 \quad \frac{\delta'(2\alpha + am)}{\delta(2\alpha' + am)} > 1 \text{ のとき}$$

<46> 式の符号は

$$\begin{aligned} <53> \quad K - \frac{2b(\alpha - \alpha')}{\delta'(2\alpha + am) - \delta(2\alpha' + am)} \\ &= \frac{-b(\alpha - \alpha')(\delta - \delta')(am + 2\alpha + 2\alpha' + 8\alpha\alpha')}{\{(\alpha\delta - \alpha'\delta') + 4\alpha\alpha'(\delta - \delta')\}(\delta'(2\alpha + am) - \delta(2\alpha' + am))} < 0 \end{aligned}$$

を確認することで、

$$<54> \quad \theta < K < \frac{2b(\alpha - \alpha')}{\delta'(2\alpha + am) - \delta(2\alpha' + am)}$$

が得られることから、(B)-1 のケースと同様に<47>式が成り立つことが分かる。したがって限界利潤曲線は図14のように  $H_\theta$  から  $H_\theta^*$  に変容し、課税前後の利潤の関係は<52>式と同じになる。

以上のことから

$$<55> \quad \theta > K \text{ のとき } \pi_\theta < \pi_\theta^*, \quad \theta < K \text{ のとき } \pi_\theta > \pi_\theta^*$$

が確認される。すなわち環境税のケースでは、一定以上の税率が課されなければ企業に技術開発のインセンティブが生まれにくい。

## [V] 結 語

本稿における主要な分析結果は以下の4点である。

- ① 集計限界利潤曲線と MEC との交点によって最適課税率は定まらない。

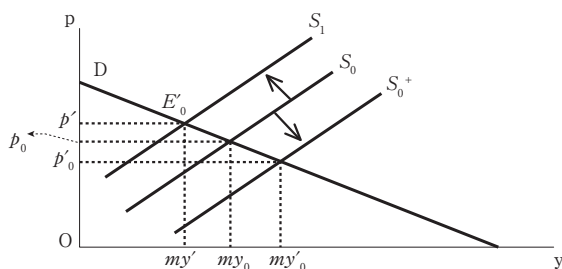


図15 直接規制の効果

- ② MAC <14>式と水平な税率線との交点において企業の最適排出削減量は決定されない。したがって環境税が課された場合に達成されると考えられていた費用効率性は実現しない。
- ③ 現行理論による分析では、競争的排出許可証価格は実際よりも低く評価される。
- ④ 環境税によって技術革新が誘発されるためには、相当の高い税率が適用されなければならない。本稿で提示されたT-A曲線分析によれば、現行理論よりも企業の税負担は軽くなるものの、企業による技術開発のインセンティブは<44>式を満たさなければ発生しない。

排出源に技術革新のインセンティブをより多く与える政策手段を特定することは、政策当局にとって最重要課題である。いま図4で示された直接規制の効果を市場の局面で捉えると図15のようになる。企業が生産量削減だけで直接規制に対応した場合には、市場は $E'_0$ で均衡し社会的厚生は減少する。一方、ある企業が新技術の開発に成功し、 $H^+$ （図4参照）なる限界利潤曲線を得た状況を想定しよう。この新技術が産業内に拡散した場合には、市場供給量は $my'_0 (> my_0)$ 、価格は $p'_0 (< p_0)$ となり、規制前に比べて社会的厚生は増大する。したがって当局が直接規制を課す場合には、技術指定型補助金の支給が重要な政策課題となる。

排出許可証取引においては、技術革新の可能性を想定したとき重要な問題が浮上する。それは一企業が技術革新に成功した場合、当該企業が技術を独占的に利用するのではないかという点である。産業内に新技術が波及したとき、汚染除去による排出許可証の供給が増加するため許可証価格が下落し、発明企業にスピル・オーバーが生ずることが予想されるからである<sup>23)</sup>。

排出源に技術革新の動機をもたらすという意味において望ましい環境政策手段は、直接規制と技術指定型補助金の組み合わせ、または排出許可証取引のいずれかである。その選択は、産業の特性や汚染物の属性を考慮してなされる必要がある。

（麗澤大学教授）

参考文献

- [1] Baumol, W.J. and W.Oates. (second edition 1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge.
- [2] Bohm, P. and C.S.Russel. (1985), Comparative Analysis of Alternative Policy Instruments, Kneese, A.V. and J.L.Sweeney (eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, Vol.I, North-Holland, pp.395-460.
- [3] Brannlund, R. and T.Lundgren. (2009), Environmental Policy without Costs?, Sustainable Investment and Corporate Governance Working Papers, 09-01.
- [4] Dales, J.H. Land. (1968), Water, and Ownership, *Canadian Journal of Economics*, Vol.1, No.4, pp.791-804.
- [5] Downing, P.B. and L.J.White (1986), Innovation in Pollution Control, *Journal of Environmental Economics*

23) この点については厳密なモデル分析が必要とされるが、他の稿に回したい。

- and Management*, 13, pp.18-29.
- [6] Mendelsohn, R. (1986), Regulating Homogeneous Emissions, *Journal of Environmental Economics and Management*, 13, pp.301-312.
- [7] Milliman, S.R. and R.Prince. (1989), Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control, *Journal of Environmental Economics and Management*, 17, pp.247-265.
- [8] Montgomery, W.D.(1972), Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs, *Journal of Economic Theory*, Vol.5, pp.395-418.
- [9] Palmer, K., W.E.Oates, and P.R.Portney. (1995), Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9, No.4, pp.119-132.
- [10] Pearce, D.W. and R.K.Turner. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Prentice Hall.
- [11] Pearce, D.W., R.K.Turner and I.Bateman. (1994), *Environmental Economics: An Elementary Introduction*, Pearson Education.
- [12] Porter, M.E. (1991), America's Green Strategy, *Scientific American*, April, 168.
- [13] Porter, M. E. and Claas van der Linde. (1995), Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9, No.4, pp.97-118.
- [14] Simpson, R.D. and R.L.Bradford. (1996), Taxing Variable Cost: Environmental Regulation as Industrial Policy, *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, pp.282-300.
- [15] Zerbe, R.O. (1970), Theoretical Efficiency in Pollution Control, *Western Economic Journal*, 8, pp.364-376.

## Summary

### A Reexamination of Environmental Policy Theory

Shiro Nagai

The Pigovian tax is widely known as a method to internalize a negative externality by imposing on polluters a tax equal to the value of the marginal loss suffered by the victims of pollution. There are two aspects regarding efficiency under this tax. One is efficiency in the sense that net social benefit becomes maximized. The other is efficiency realized in terms of cost, that is, efficiency in the sense that a certain pollution reduction target is achieved with minimal social cost. Of course, such efficiency is considered not only in the Pigovian tax, but also in the Baumol-Oates tax.

This paper points out that the framework of current theory has a serious problem with regard to efficiency in the second sense. The focus of our discussion is the basic proposition of environmental tax theory that the optimal amount of emission is determined at the intersection of marginal external cost curve and a curve in the aggregate of each firm's marginal profit curve. If this proposition is denied, we must accept that a situation where social welfare and private efficiency are not compatible.

(受付 平成23年11月18日)  
(校了 平成24年1月18日)