

# 排出権取引制度と市場設計

前田 章

排出権取引は日本では1997年の京都議定書とそのなかで規定された「京都メカニズム」を契機にして一般に知られるようになった。一方、欧米では1970年代から経済理論として研究され、政策としても実践されてきている。日本では、欧米のような理論と実践の蓄積がないまま、温暖化抑制のためにとにかく排出権取引を導入すべし、というような論調ばかりが目立っている。経済理論に立ち返って、その意義と必要性を深く掘り下げ、その上で残された論点を考察することは大切なことであると思われる。本稿では、排出権制度の経済理論について紙面の許す限りじっくりと考察してみたい。

キーワード：排出権、許可証、環境問題、気候変動、温暖化

## 1. はじめに

地球温暖化問題に対する意識の高まりとともに、その対策としての排出権取引制度が注目されている。EUや英国が域内や国内での取引制度を実験的に開始していることを受けて、日本国内でも早急に制度を開始するべきであるとの論調が多く見られるところである。

そもそも排出権取引は、日本では1997年の京都議定書とそのなかで規定された「京都メカニズム」を契機にして一般に知られるようになったものである。一方、欧米では、排出許可証 (Tradable Permits) と呼ばれ、1970年代から経済理論として研究されてきた。また、実際の政策としても、水質の規制、二酸化硫黄による大気汚染と酸性雨の規制などで実践されてきたものである。欧米の昨今の動きは、そういう点では決して早急ではなく、過去の多くの理論研究と実践に裏打ちされたものといえる。裏を返すと、こうした過去の蓄積を深く理解することなく、欧米の昨今の動きに形式だけ追従しようとするなら、誤った方向に進みかねない。

本稿では、排出権制度の経済理論<sup>1</sup>について紙面の許す限りじっくりと考察してみたい。環境問題の考え方から始めて、経済政策の必要性、排出権制度設計の手順、さらに、不確実性に関わる論点などについて論じたい。

## 2. 環境問題の考え方

### 2.1 問題の本質

自然環境を利用することは、その利用者に「便益」をもたらす。一方、環境の利用はなんらかの副次効果(多くの場合、損失・損害)を生み出す。環境は特定の誰かに所有されているものではない場合がしばしばである。大気や河川は国民なり人類なりの共有物であって、決して誰かの所有に帰するものではない。それゆえ、こうした環境の利用に伴う副次効果は、その責任を特定の利用者に帰属させることが難しい。個々の利用者にしても、副次効果は自らの利用のみならず、他の多くの利用者の利用によるものであり、自らの意思を超えるものである。こうした自分以外の要因で降りかかってくるものを「外部性」と呼ぶ。

通常、経済合理的な行動を取る人間・法人(以下、経済主体と呼ぶ)は、便益から損失を差し引いた純便益を最大化するように自身の行動を決める。環境の利用が外部性を伴う場合、社会全体が本来負っている「社会的損失」と個々人が自身のものとして認識する「私的損失」とは、それぞれ別個のものとして認識されることになる。そのため、私的な純便益(=私的便益-私的損失)を最大化する行動は、社会全体で積み上げてみても、社会的な純便益(=社会的便益-社会的損失)の最大化と一致しなくなってしまう。すなわ

<sup>1</sup> 京都議定書では「Emissions Trading」となっているの  
で、「排出量」取引とする論者も多い。しかし、後述する  
ように、環境を汚す権利 (Rights) について市場を導入する  
という考え方が根底になっているので、経済理論の立場  
からは「排出権」と訳するのが適切と考える。

ち、個々人の利益追求行動が社会全体の幸福につながる、というアダムスミスの「神の見えざる手」が働かなくなってしまうのである。そこで、純粋な自由主義市場とは違う形で、社会的純便益の最大化を考えなくてはならない。これが、外部性がある場合の経済社会の問題であり、その典型的な例が環境問題であるといえよう<sup>2</sup>。

## 2.2 外部性の帰結

以上のことを、もう少し数学的に述べてみよう。経済主体を  $i=1\sim N$  で表すことにする。経済主体  $i$  の環境利用による便益を  $B_i(e_i)$  とする。ここに、 $e_i$  は環境負荷物質（温室効果ガスなど）の排出量を表す。また、なんの制約もなく最大限排出した場合の排出量を  $e_i^{BAU}$  と表すことにする（BAUは Business-as-Usual を表す）。

$B_i(e_i)$  の関数としての性質は次のようになっている。排出量が多くなればなるほど便益は増加するものと考えてよいので、これは増加関数である。ただし、排出量一単位の増加に対する便益の増分（これを「限界便益」とよぶ。  $MB_i(e_i)$  と書くなら、  $MB_i(e_i) \equiv dB_i(e_i)/de_i$  である）は便益自体が大きくなるにしたがって減少してくる。こうした性質は、経済学では「限界効用通減の法則」と呼ばれる。

社会全体の総排出量  $e$  は  $e \equiv \sum_{i=1}^N e_i$  と表せる。これを使えば、社会全体の便益（社会的便益）  $B$  は次のように定義される。

$$B(e) \equiv \text{Max}_{\{e_i\}} \sum_{i=1}^N B_i(e_i) \text{ s.t. } e \equiv \sum_{i=1}^N e_i$$

細かい数学を省略すると、  $MB(e) \equiv dB(e)/de = MB_i(e_i)$  となっている。

次に、排出に伴う社会的損失を  $D(e)$  とすれば、その「社会的限界損失」は  $MD(e) \equiv dD(e)/de$  と書ける。

以上の準備のもと、各経済主体の行動は、次のような純便益最大化問題として表される（簡略化のため、私的損失はゼロとする。便益のなかに含めて、純便益と考え直してもよい）。

$$\text{Max}_{e_i \in E_i} B_i(e_i) \quad \forall i \quad (1)$$

この問題の解は、  $e_i^{BAU}$  の定義から、次のようになる。

$$e_i^p = e_i^{BAU} \quad \forall i$$

一方、社会全体にとっての最適な排出量は次の問題

によって算出できる。

$$\text{Max}_{\{e_i\}} B(e) - D(e) \quad (2)$$

この問題の解は次の必要条件を満たす。

$$MB_i(e_i^s) = MD(e^s) \quad \forall i \quad (3)$$

$$e^s \equiv \sum_{i=1}^N e_i^s \quad (4)$$

(3)(4)は未知数  $(N+1)$  個、方程式  $(N+1)$  本の連立方程式であるので、その解は一意に定まる。容易に分かるように、  $0 \leq e_i^s < e_i^{BAU} = e_i^p \quad \forall i$  である。そのため、

$$e^s < \sum_i e_i^p$$

$$(B(e^s) - D(e^s)) > (B(\sum_i e_i^p) - D(\sum_i e_i^p))$$

すなわち、各経済主体の自由勝手な活動の結果、排出される排出量は、社会全体にとって最適な排出量よりも多い。また、そのときの社会的な純便益は、社会的に最適な水準よりも低くなる。

## 2.3 外部性の補正

環境問題の本質は、個々人の行動（私的な純便益の最大化）の結果と、社会全体のあるべき姿（社会的純便益最大化）が一致しない、ということである。ならば、その解決策は、単純である。この両者を一致させればよいのである。

いま、規制当局が、排出量一単位につき  $t$  円の税（環境税）を各経済主体に課したとしよう。このとき、各経済主体の最適化問題(1)は次のように変化するはずである。

$$\text{Max}_{e_i \in E_i} B_i(e_i) - te_i \quad \forall i \quad (5)$$

この問題の解は、次のようになる。

$$MB_i(e_i^t) = t \quad \forall i \quad (6)$$

そこで、規制当局は、環境税  $t$  を次のような値に設定する。そうすれば、(6)は(3)と同じ解を導くことになる。

$$t = MD(e^s)$$

これにより、自由な経済活動の下でも、社会的最適性が担保されることになる。このような課税の考え方は Pigou 税と呼ばれる。

## 3. 許可証取引

### 3.1 許可証の導入

経済的措置のもう一つの考え方は、排出量に直接的に規制をかぶせることである。規制当局は経済主体一人ひとりについて規制量を定める。しかし、このような直接規制には、規制当局が全知全能でない限り、必ず不備が生じる。そこで、直接規制に市場メカニズムを組み合わせる。具体的には、社会全体の許容排出量

<sup>2</sup> 環境経済学・政策の入門的な教科書としては文献[3]、上級レベルのものとしては文献[1]などが挙げられる。

を  $l$  とし、これを「排出許可証」に直す。この許可証は、その保有者に排出してもよい「権利」を与えるものである。さらに、この許可証（および、そこに表象される権利）を売買可能とする。これを「取引可能排出許可証 (Tradable Permits/Allowances/Licenses)」と呼ぶ<sup>3</sup>。

排出許可証の形に直された社会全体の許容排出量  $l$  は各経済主体へ初期配分される。この初期配分をどのように行うか、という問題はしばらく脇に置いておこう。とにかく、各経済主体への許可証初期配分を  $\{l_i\}$  とする。定義により、 $l = \sum_i l_i$  である。ここで、許可証は取引可能であるので、その市場取引価格を  $p$  としよう。各経済主体の市場買取引量を  $\{z_i\}$  とする。このとき、各経済主体の行動は次の最適化問題として表すことができる。

$$\text{Max}_{e_i \in E_i} B_i(e_i) - p \cdot z_i \quad \text{s.t.} \quad e_i \leq z_i + l_i \quad \forall i \quad (7)$$

この問題は容易に解けて、その必要十分条件は次のようになることがわかる。

$$MB_i(e_i^M) = p \quad \forall i \quad (8)$$

$$z_i^M = e_i^M - l_i \quad \forall i \quad (9)$$

$z_i$  は、 $z_i > 0$  のとき買入れを、 $z_i < 0$  のとき売却を表す。そこで、買う人がいれば必ずその一方で売の人がいないといけない。そこで市場全体では、常に次の等式が成り立っていないといけない。これをマーケットクリアリング条件と呼ぶ。

$$\sum_{i=1}^N z_i = 0$$

以上の条件からすべての市場取引量、価格、排出量が「市場均衡」として定まる。

### 3.2 取引制度の設計

(8)は(6)と同じ形式をしている。違いは、 $l$  が規制当局によって設定されるのに対して、 $p$  は市場が決めるという点である。規制当局が  $l = e^s$  と設定したとしよう。このとき、(8)は

$$MB_i(e_i^M) = p = MB(l) = MB_i(e_i^s) = MD(e^s) \quad \forall i \quad (10)$$

となる。すなわち、社会的純便益の最大化が達成され、しかも、このときの各経済主体の排出量は、次のように自動的に社会的純便益最大化時の排出量に一致している。

$$e_i^M = e_i^s \quad \forall i \quad (11)$$

言い換えると、各経済主体の排出量を社会的最適性が達成されるような分布に導くために、規制当局は  $l = e^s$  とだけ設定すればよい。

各経済主体への許可証初期配分  $\{l_i\}$  がいかなる分布をしていても、取引後の排出量の分布は、その初期配分に無関係に決まる。また、取引価格、さらには各経済主体が最終的に直面する限界便益も初期配分に一切関係しない。すなわち、排出許可証（権利）の初期割当ては経済的な帰結に一切影響しない。こうした性質は、Coase の定理（文献[2]）と呼ばれている<sup>4</sup>。

規制当局の取るべきステップをまとめると次のようになろう。

ステップ1：規制当局は社会的な最適総排出水準を算定する。

ステップ2：それに等しい量の排出許可証を作成する。

ステップ3：排出許可証を各経済主体に分配する（初期配分）。

ステップ4：排出許可証のあるべき分布は経済主体間の自由な市場取引に任せる。

ステップ5：規制期間の終わりに各経済主体の排出量が許可証保有量以下であることを確認する。

## 4. 情報の非対称性

### 4.1 環境税対許可証

前節までの議論から分かるとおり、環境税と排出許可証は本質的に同じである。ただし、どちらも制度の導入にあたっては、規制当局が限界便益や限界損失を正確に把握することが必要である。もし、正確な費用便益分析ができなければ、適切な環境税を算定することもできないし、また、社会的に最適な総排出量を算定することもできない。

特に、規制対象となる企業や個人は、自らの排出から得る便益や排出削減にかかるコストを厳密に把握していたとしても、それを規制当局にすべて教えるということは現実の資本主義経済社会では考えにくい。このような規制対象と規制当局の間の「情報の非対称性」が残るとき、環境税と許可証制度のどちらがより

<sup>3</sup> 文献[9]によって初めて経済理論として厳密な取り扱いがなされた。

<sup>4</sup> 許可証制度において、市場を操作することのできる人がいる（市場支配力が存在する）場合は、Coase の定理は成り立たない。そうした問題を扱ったものとしては文献[4]がある。また、文献[8]は市場支配力の成立条件を理論的に論じている。

望ましい制度であるといえるだろうか。

排出許可証においては、規制当局は望ましい総排出量のみ決定すればよい。一方、課税は最適な税率  $t$  を決定する。これは、経済主体にとっては、利用できる排出量の購入価格を決定されることに等しい。このように考えてみると、課税による規制と排出許可証制度による規制とどちらが良いか、という選択は、本質的に人為的な価格による規制と量による規制のどちらが良いか、という問題に帰着されることになる。詳細は紙面の制約上省略するが、文献[11]は次のことを示した。排出削減便益と排出削減コストに不確実性がある場合、

- 価格による規制と量による規制の優越は、排出削減限界便益関数と排出削減限界コスト関数、それぞれのカーブの相対的な傾きの大きさのみで決まる。
- 排出削減限界便益関数の不確実性は、価格による規制と量による規制の優越には一切関係しない。

#### 4.2 ハイブリッドシステム

文献[11]は、情報の非対称性のもとで、どちらの政策手段を選択するべきか、という問題に一定の判断基準を示したといえる。そこで比較的容易に思いつくことは、なにも二者択一にする必要はなく、両者を組み合わせればよいではないか、ということではないだろうか。排出許可証制度に環境税を組み合わせる考え方は、ハイブリッドシステム (Hybrid Systems) と呼ばれている。

ハイブリッドシステムの考え方をはじめて提案し、その効果を分析したのが、文献[10]である。具体的には、彼らは、排出許可証制度に罰則金と報奨金を組み合わせた制度を考え出した。罰則金は、許可証保有量を超える排出量に対して1排出単位当り〇〇円という形の罰則 (ユニットペナルティー) を課すものである<sup>5</sup>。報奨金はその逆である。排出許可証量  $l$ 、単位あたり罰則金  $q$ 、単位あたり報奨金  $s$  とすると、ハイブリッドシステムは次のような「ペナルティー関数」を設定することに等しい。

$$P(x; q, s, l) = sx + (q - s) \text{Max}\{x - l, 0\}$$

( $x$  は排出量を表す)

$l$ 、 $q$ 、 $s$  を適切に設定すれば、ペナルティー関数で、排出による環境へのダメージ  $D(x)$  を近似すること

ができる。規制当局が排出削減コスト関数についての正確な情報を知らない (情報の非対称性による不確実性がある) 場合でも、ある程度、排出企業を社会的に最適な排出行動に誘導することができるという仕組みである。

## 5. 不確実性への対応

### 5.1 不確実性の根源

文献[11]や文献[10]では、規制当局は規制対象の内情について多くを知り得ないという意味での不確実性が想定されている。このような不確実性が規制当局の側にあったとしても、規制を受ける側には直接的な不都合はない。では、規制を受ける側に不都合な不確実性というのがあるとしたら、どのようなものであろうか。

これまで見てきた排出許可証の理論では、規制を受ける排出者は排出許可証を割り当てられ、その市場取引に従事すると同時に自身の排出量を最適なレベルにまで削減するものと想定されている。しかし、こうした仮定は実はなかなか現実的とは言いがたい。排出許可証は約束期間の最終時点まで取引可能で、市場価格を睨みながら、自由に売買を行うことが可能であろう。これに対して、排出削減活動はそれほど自由自在ではない。排出削減には事前に手を打っておく必要がある。まず何も手を打たない場合の排出量 (BAU 排出量) を予測し、その上で生産計画や排出ガス回収・処理計画の変更を行う。その際、多くの場合、設備の変更や新規設備の導入を伴うため、設備投資が必要となる。もちろんこれにはリードタイムが必要である。

排出削減に事前の投資 (およびそれに伴うリードタイム) が必要であるとすると、規制を受ける排出者にとって排出許可証市場はリスクの伴う市場となる。BAU 排出量を予測し、それに対して最適な排出削減量を決定する。この時点で、排出削減量は、その後の微調整はあり得るとしても、おおかたは固定されることとなる。約束期間の最後になって排出許可証が足りないとなったら、市場から調達するよりほかにない。市場全体で排出削減が不十分であることが判明した場合には、排出許可証の市場価格は高騰するかもしれない。市場価格の高騰は一部の排出者に大きな損害を与えることにもなる。

さらに特徴的なことには、この許可証が足りるかどうかわからない状態は、市場取引の時点ですべて解消する。すなわち、取引の時点では、どれだけ排出許可

<sup>5</sup> これは見方を変えると、選択性の環境税ともいえる。

証が必要か、そして、そのときの市場価格はいくらかが完全に観測できる。しかし、そのように不確実性が解消されてからでは、もう損害は避けようがない状態になっている。こうした不確実性こそが、排出者に不都合を及ぼす可能性のある不確実性といえる。

## 5.2 セーフティーバルブ

こうした市場価格高騰リスク緩和の方法として近年注目されているものが、セーフティーバルブ（あるいはプライスカップとも呼ばれる）である。それは規制当局が価格に上限を設け、実際の市場価格がそれを上回るような事態が発生した場合には、その上限価格で規制当局が無制限に排出許可証を供給する、というものである。これは、文献[10]のハイブリッドシステムと形は似ているが、その目的が異なる。したがってその利用方法も異なる。文献[5]は、セーフティーバルブの気候変動政策における議論の背景や経緯について記している。文献[6]はセーフティーバルブと排出規制量との組合せについて考察し、次のように論じている。

- 排出上限設定とセーフティーバルブ設定は、不確実性の程度によって排出削減を制御する能力に違いが出る。不確実性の高い場合は、主としてセーフティーバルブの操作により排出削減量を誘導することができるが、そうでない場合は排出上限設定がその役割を担う。
- セーフティーバルブを社会的限界排出削減コストの2倍になるように設定すると、そのような不確実性の影響を受けない。

## 6. おわりに

環境問題とはそもそも何であるか、という点から始めて、経済政策の必要性、排出権の考え方について記した。さらに、規制当局と規制対象との間の情報の非対称性、排出削減投資の硬直性に起因する不確実性などについて詳しく見てみた。紙面の制約で全く触れることはできなかったが、この他にも、許可証の時点間移転の可否<sup>6</sup>、不正に対する抑制策、初期配分時のオークション利用など、政策的な論点は数多く残されている。

排出権取引とは規制当局によって許可証がきちんと定義されて始めて成り立つものといえる。その意味で、

きわめて人為的な市場であって、株式や債券のような資本市場とは全く別のものである。昨今は温暖化抑制のためにとにかく排出権取引を導入すべきである、というような論調が目立っている。また、金融機関を中心に、排出権を金融商品として積極的に販売する動きも見られる。こうした動きは、一歩間違えば、本来の環境政策のあり方を置き去りにしたまま、温暖化対策を誤った方向に誘導しかねない。経済理論に立脚した政策論議が強く望まれるところである。

## 参考文献

- [1] Baumol, W. and Oates, W. E. (1988). *The Theory of Environmental Policy. Second Edition.* Cambridge University Press.
- [2] Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics* III. 1-44.
- [3] Goodstein, E. S. (1995). *Economics and the Environment.* Prentice-Hall. New Jersey.
- [4] Hahn, R. W. (1984). Market Power and Transferable Property Rights. *Quarterly Journal of Economics* 99 (4): 753-765.
- [5] Jacoby, H. D. and Ellerman, A. D. (2004). The Safety Valve and Climate Policy. *Energy Policy* 32 (4): 481-491.
- [6] Maeda, A. (2006). On the Role of Policy Instruments in Designing Emissions Markets. *Proc. of 29th IAEE International Conference in Potsdam.* IAEE. 16 pp. (in CD ROM)
- [7] Maeda, A. (2004). Impact of Banking and Forward Contracts on Tradable Permit Markets. *Environmental Economics and Policy Studies* 6 (2): 81-102.
- [8] Maeda, A. (2003). The Emergence of Market Power in Emission Rights Markets: The Role of Initial Permit Distribution. *Journal of Regulatory Economics* 24 (3): 293-314.
- [9] Montgomery, D. W. (1972). Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs. *Journal of Economic Theory* 5: 395-418.
- [10] Roberts, M. J. and Spence, M. (1976). Effluent Charges and License under Uncertainty. *Journal of Public Economics* 5: 193-208.
- [11] Weitzman, M. L. (1974). Price vs. Quantities. *Review of Economic Studies* 41 (4): 477-491.

<sup>6</sup> 例えば、文献[7]とそこでの参照論文を参照されたい。