

環境技術の自主開発努力を考慮した環境規制の執行方策に関する研究

(株) 日建技術コンサルタント ○正員 深見敬充
 鳥取大学大学院 学生会員 塩飽研二
 鳥取大学工学部 正員 福山 敬
 鳥取大学工学部 正員 喜多秀行

1. はじめに

環境規制が長期的に有効であるためには、被規制主体が自主的に汚染物排出量を削減する技術を開発する誘因を持つ必要がある。本研究では、被規制主体が自ら排出量削減技術の開発を効率的・効果的に行なう可能性がある場合、いかなる規制の下でその誘因が誘導されるかを、被規制主体が存在する「市場」と「規制費用」を考慮して分析する。そのために、まず、規制主体による規制レベルを所与としたもとの被規制主体(企業)の寡占市場競争下での開発技術レベルの意思決定をモデル化した「企業間ゲーム」を構築する。さらに、それらの市場(複数企業)と規制主体の規制・被規制の関係を「規制ゲーム」としてモデル化し、規制主体が被規制主体に新たな技術の開発・導入を誘発させるような規制の方法について分析する(環境規制ゲームの概念図を図1に示す)。

2. 環境規制ゲーム

2.1 被規制主体の行動モデル

任意の規制政策の下での、企業の開発導入の意思決定をゲームとしてモデル化する。モデル化にあたって以下の事項を仮定する。環境規制の対象となるのは、同一の寡占市場にある複数企業であり、各企業は市場財を生産する際に、その副産物として、負の価値を持つ財(汚染物)を生産することになるとする。このとき、企業は市場財の産出水準に関する意思決定のみをもつ。企業は生産活動による汚染物を事後処理した後、それを直接環境に排出している。ここで、政府は企業に対する環境規制として、この汚染排出物に対して課税を行うものとする。この政府の環境規制の下で、企業は自らの保有する汚染物処理技術を高度化するか、否かの意思決定を持つとする。企業の利潤 Π_i を以下のように定義する。

$$\Pi_i(x_i, \theta) = P\left(\sum_{k=1}^M x_k\right)x_i - C_i(x_i) - G_i(x_i, \theta) - H(f(x_i, \theta) : \phi) - I(\theta) \quad (1)$$

ここで、 Π_i ：企業 i の利潤、 x_i ：企業 i の生産量、 $f(x_i, \theta)$ ：汚染物排出量、 θ ：技術水準を表すパラメータ値、 M

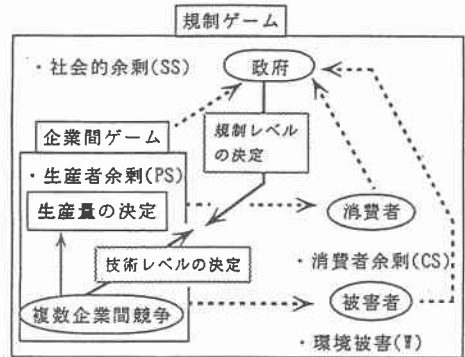


図1: 環境規制ゲームの概念図

：寡占市場における企業数、 $P(\sum_{k=1}^M x_k)$ ：逆需要関数、 $C_i(x_i)$ ：生産費用、 $G_i(x_i, \theta)$ ：処理費用、 ϕ ：政府による規制、 $H(f(x_i, \theta), \phi)$ ：排出物に対する環境規制、 $I(\theta)$ ：新しい技術 θ の開発・導入費用(固定費用)である。ここで、処理費用は、生産費用とは分離可能であるとし、また、便宜上生産のための固定費用はないものとする。

いま、市場の需要が線形で近似できるとする。つまり、 $P(\sum_{k=1}^M x_k) = a - b \sum_{k=1}^M x_k$ とする。また、生産費用は線形と仮定し、 C を単位当たりの生産費用として、 $C_i(x_i) = Cx_i$ で与えられるとする。技術水準を示すパラメータ値が小さい程技術水準が高度であるとし、 θ ：技術開発する以前の技術水準、 θ' ：技術開発したときの技術水準とすると、 $\theta' < \theta$ である。生産物 x_i に対する汚濁物処理費用 G_i を $G_i(x_i, \theta) = G_i(\theta)x_i$ とする。汚染物排出量 $f(x_i, \theta)$ を $f(x_i, \theta) = \theta x_i$ とする。また、政府による規制は H は、単位汚染物排出量に対する課税 $H(f(x_i, \theta) : \phi) = \tau \theta x_i$ とする。 τ は単位排出物汚染量に対する課税率である。以上の仮定より、企業 i の利潤 Π_i は以下のように書き直せる。

$$\Pi_i = (a - b \sum_{k=1}^M x_k)x_i - Cx_i - G_i(\theta)x_i - \tau \theta x_i - I(\theta) \quad (2)$$

今、モデル分析の単純化のために、市場は2企業のみか

らなると考える。このとき、2企業競争ゲームは技術開発努力を行うか否かを戦略とする2×2ゲームで表すことができる。2企業寡占競争下にある企業の状態は、純粋戦略のみを考えることにすると、自分及び相手企業が技術開発するかしないかの意思決定の組み合わせとして4通り存在することになる。それぞれの企業の戦略を0-1で表せば、この4通りのケースは、(1,1), (1,0), (0,1), (0,0)と表すことにする。ここで(.,.)中の最初の項は自社の開発に関する意思決定であり、後ろの項は他社のそれである。1は「開発する」、0は「開発しない」を表す。このとき、企業の最適生産量に対して、 $x_{0,1} > x_{0,0} > x_{1,1} > x_{1,0}$ の関係が成立することが示される。また、企業間ゲームの均衡解は、「両企業とも開発する」か「両企業とも開発しない」という2ケースのみ存在することが示される。

2.2 規制ゲーム

政府は、生産者余剰 PS 、消費者余剰 CS 、環境汚染排出物による環境被害 $-W$ の和で表される社会的余剰 SS を最大化するように環境規制を執行すると考える。

$$SS = PS + CS - W \quad (3)$$

生産者余剰 PS は、各企業の固定費用はゼロの仮定より企業の利潤の総和として、 $PS = \sum_i \Pi(x_i)$ と定義できる。消費者余剰 CS は、 $CS = \int_p^a D(p)dp = \frac{1}{2}X^2$ で与えられる。ただし、 a は生産量が0に近いときの価格であり、また、 $X = \sum x_i$ であり、 X は、政府による規制に対する反応として市場により決定される総生産量である。一方、環境被害を金銭ターム W で表し、環境被害は汚染物排出量に関して増加関数であると仮定し、 $W = w_1(f(x, \theta))^{w_2} = w_1(\theta x)^{w_2}$ とする。ここで、 $w_1, w_2 (> 1)$ は環境被害を表すパラメータ値である。

政府の規制ゲームにおける戦略は、ある一定の環境規制(具体的にはある税率 τ)を導入するか否かであるとする。このとき、政府と市場の関係は、政府による規制に関する規制の執行に対して市場(企業)が事後的にその経営戦略を決定すると考えられる。このように考えれば、本規制ゲームは政府を先行者とするシュタッケルベルク均衡ゲームになっていると考えられる。したがって、政府は、企業間ゲームで得られた2つの均衡解に対して、社会的に最適な市場均衡をもたらす(最適)税率を選択すると考える。

$$\max_{\tau} \{SS_{1,1}, SS_{0,0}\} \quad (4)$$

ただし、ここで $SS_{1,1}$, $SS_{0,0}$ は、それぞれ「両企業が技術開発を行ったとき」、「両企業が技術開発を行わなかったとき」の社会的総余剰である。

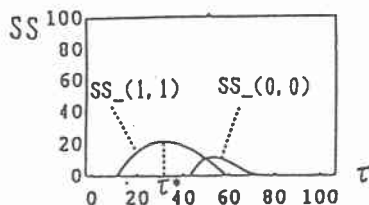


図2: $\theta' = 0.70, I(\theta') = 20$ のときの税と社会的余剰の関係

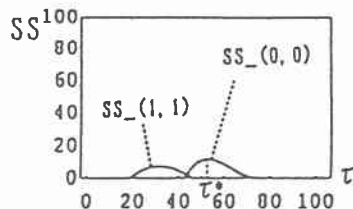


図3: $\theta' = 0.70, I(\theta') = 27$ のときの税と社会的余剰の関係

3. 均衡解分析

本モデルに対して数値計算を行った。図2は、縦軸に社会的総余剰、横軸に税率を示している。これより、社会的総余剰は、企業がすべて技術開発を行った場合の方が行わない場合よりより大きな値を持つ($\max SS_{0,0} < \max SS_{1,1}$)ことになる。これは、技術開発が社会全体にとって有益であるということを示している。このとき、政府はその社会的余剰の包絡線 SS の中で最大となるもの($\tau^* = 30$ 付近)を最適政策として選択する。このとき、市場の選択は「2企業とも開発する」となる。

また、図3は図2で示した場合より、技術開発費用が大きい場合(技術レベルは同じ)を示している。図2では、社会的余剰の大小関係は $\max SS_{0,0} < \max SS_{1,1}$ であったが、図3のケースでは、各企業の技術開発の固定費用が大きい場合には $\max SS_{0,0} > \max SS_{1,1}$ という関係も存在するということが示されている。つまり、企業が技術開発を行わない方が社会的余剰が大きい。これは、固定費用の増大にともない技術開発による利益が大幅に減少することによると考えられる。このとき、 $\max SS_{0,0} > \max SS_{1,1}$ の関係より、政府は社会的余剰の包絡線の中で $\tau^* = 50$ 付近を選択すると考えられ、市場は、技術開発を行うインセンティブを持ち得ない。

4. おわりに

技術開発を行うのにかかる固定費用の大小が社会的メリットに敏感に影響することがわかった。開発費用の大きな技術に関して、企業に開発インセンティブを与えるためには、規制主体による何らかの補助金などの負担軽減システムが必要であろう。