

企業の環境技術改善インセンティブに関する研究

鳥取大学大学院 学生会員 塩飽研二
 鳥取大学工学部 正会員 福山 敬
 鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行

1. はじめに

持続可能な地球環境を達成するために環境負荷量を将来にわたって継続的に減少させて行くには、汚染物処理技術等、環境技術のたゆまない改善が不可欠である。本研究は企業の環境への汚染物排出の規制問題に焦点をあて、企業が環境技術向上のインセンティブをもつための環境規制政策の持つべき特性をモデル分析により明らかにする。

2. 基本的な考え方

従来の環境規制に関する多くの研究では、企業の規制の遵守にその焦点がおかれ、企業のもつ技術の向上のインセンティブという長期的な規制の問題は、考慮されていなかった。最近になり、環境技術の開発インセンティブやその普及効果の重要性を指摘する研究が見られるようになった。しかしながら、そこでは企業は政府による環境規制を所与として活動すると仮定しており、規制主体(政府)と企業間の相手の行動を考えた戦略的な意思決定は考慮されていない。

また、環境技術の革新を分析する場合、企業と政府間の規制に関する直接的な関係のみでなく、他企業との相互作用の側面も欠かせない。なぜなら、新技術の導入は、その企業の規制に関するコストの削減のみならず、市場におけるシェアの増減に大きく関わってくる。さらに、技術知識が模倣を通じて他企業に普及する現象も無視できないであろう。

本研究では、同一の寡占市場にある複数企業を想定し、各企業の技術開発・導入のインセンティブと政府による規制の関係を、ゲームモデルを用いて分析する。これにより、企業の技術の高度化を誘引するための環境規制システムの整えるべき条件を明らかにする。

3. 環境規制ゲーム

寡占市場にある企業と、その環境規制を行う政府の関係を複数企業間の市場競争モデルである「市場ゲーム」と、その市場と規制主体である政府間の規制・被規制関係を記述する「規制ゲーム」の2つに分けて考える。市場ゲームにおいて企業は、政府による任意の環境規制の下で、保有する副産物(汚染物)処理技術を高度化するか否かの意思決定を行うとする。政府による

		企業2	
企業1		開発する	開発しない
	開発する	$\Pi_{1,1}, \Pi_{1,1}$	$\Pi_{1,0}, \Pi_{0,1}$
	開発しない	$\Pi_{0,1}, \Pi_{1,0}$	$\Pi_{0,0}, \Pi_{0,0}$

図-1: 2企業寡占市場の市場ゲーム

任意の規制(課税)の下での財生産 x_i から得られる企業 i の利潤 Π_i を次式のように定義する。

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

なお、 $f(x_i)$: 汚染物排出量、 θ_i : 技術水準を示すパラメータ、 H : 政府によって提示された環境規制、 M : 寡占市場における企業数、 $P \left(\sum_{k=1}^M x_k \right)$: 産出物の市場価格、 $C_i(x_i)$: 生産費用、 $G_i(f(x_i), \theta_i)$: 処理費用、 $H(f(x_i))$: 排出物に対する環境規制、 $I(\theta_i)$: 技術 θ_i の開発・導入費用(固定費用)である。いま、市場の需要が線形で近似できるとする。

$$P \left(\sum_{k=1}^M x_k \right) = a - b \sum_{k=1}^M x_k \quad (2)$$

また、生産費用は線形と仮定し、 C_i を単位当りの生産費用として、 $C_i(x_i) = C_i x_i$ で与えられるとする。技術水準を示すパラメータが小さいほど技術水準が高度である。したがって、 θ_i : 技術開発する以前の技術水準、 θ'_i : 技術開発したときの技術水準とすると、 $\theta'_i < \theta_i$ である。一方、生産物 x_i に対して生成される汚染物排出量を βx_i として、副産物処理費用 G_i を線形と仮定する。

$$G_i(f(x_i), \theta_i) = \beta \theta_i x_i \quad (3)$$

また、規制 H は排出量に対する課税で表される。

$$H(f(x_i)) = \tau \beta x_i \quad (4)$$

τ は、単位汚染排出物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 は以下になる。

$$\Pi_i = \left(a - b \sum_{k=1}^M x_k \right) x_i - C_i x_i - \beta \theta_i x_i - \tau \beta x_i - I(\theta_i) \quad (5)$$

企業は式(5)の利潤の最大化行動をとると考える。

ここで、モデル分析の簡単化のため、同質の2企業による寡占競争を考える。2企業からなる競争は、技術開発という意味決定を戦略とすると図-1に表すような標準型ゲームとして表記できる。ここで、利潤 $\Pi_{i,j}$ の i

は自社が技術開発した(しない)とき $1(0)$ で、一方 j は他社が技術開発した(しない)とき $1(0)$ の値をとる。このときそれぞれの最適生産量 $x_{i,j}$ は、

$$x_{1,0} > x_{1,1} > x_{0,0} > x_{0,1} \quad (6)$$

の関係にあることがわかる。それぞれのケースにおける企業の利潤は以下で与えられる。

$$\Pi_{1,1} = \frac{\{a - (c + \theta'\beta + \tau\beta)\}^2}{9b} - I(\theta') \quad (7)$$

$$\Pi_{1,0} = \frac{\{a - (c + \theta'\beta + \tau\beta) + (\theta - \theta')\beta\}^2}{9b} - I(\theta') \quad (8)$$

$$\Pi_{0,1} = \frac{\{a - (c + \theta'\beta + \tau\beta) - (\theta - \theta')\beta\}^2}{9b} \quad (9)$$

$$\Pi_{0,0} = \frac{\{a - (c + \theta\beta + \tau\beta)\}^2}{9b} \quad (10)$$

次に、企業群(市場)と政府間の環境規制ゲームを考える。政府の環境規制に関する戦略は、企業の排出物に対してある一定の税率 τ を導入するかどうかであるとする。政府は、生産者余剰 PS 、消費者余剰 CS 、及び生産に伴う排出物による環境被害 W の和で表される社会的総余剰 SS を最大化するように規制を執行すると考えることができる。

$$SS = PS + CS - W \quad (11)$$

ここで、消費者余剰 CS は以下で与えられる。

$$CS = \int_p^a D(p) dp = \frac{b}{2} X^2 \quad (12)$$

ただし、 $X = \sum_i x_i$ 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ことになる。

一方、各企業の固定費用ゼロの仮定より、生産者余剰 PS は利潤の総和として次のように定義できる。

$$PS = \sum_i \pi(x_i) \quad (13)$$

最後に W は総環境負荷排出量の増加関数とする。

$$W = W(\sum_i \beta x_i) \quad (14)$$

4. 均衡解分析と考察

政府と市場の関係は、政府による規制の執行に対して事後的に市場にある企業がその経営戦略を決定すると考えられる。つまり、本規制ゲームは政府を先行者とするシュタッケルベルグ均衡ゲームになっていると考えることができる。図-2は、市場ゲームの3つの均衡解を示している。ただし、図中の関数は、

$$I(\theta) = \frac{4\beta}{9b} (a - (c + \tau\beta) - \theta\beta) (\theta - \theta') \quad (15)$$

$$I(\theta) = \frac{4\beta}{9b} (a - (c + \tau\beta) - \theta'\beta) (\theta - \theta') \quad (16)$$

である。ここで、図中のゾーン1は、

$$I(\theta) > \frac{4\beta}{9b} (a - (c + \tau\beta) - \theta'\beta) (\theta - \theta') \quad (17)$$

の領域であり、技術開発コストが比較的大きい場合である。このとき、環境税率のいかに関わらず市場の均衡は全企業が「開発しない」となることがわかる。

一方、技術の開発コストが比較的小さく、式(17)の

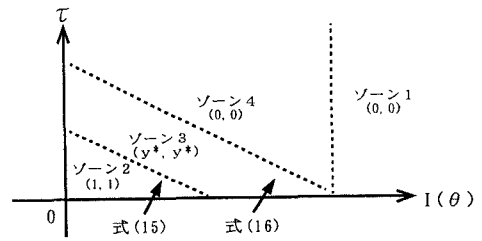


図-2: 均衡解

符号が逆転するとき、政府の導入する税率 τ の大きさによって市場の均衡解は、次の3つの場合が存在する。

- $\tau \leq \tau_1$ のとき ... ゾーン2 ... $(1, 1)$
 - $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$ のとき ... ゾーン3 ... (y^*, y^*) , $0 < y^* < 1$
 - $\tau_2 \leq \tau$ のとき ... ゾーン4 ... $(0, 0)$
- ただし、 $\tau_1 = a - (\theta\beta - c) - 9bI(\theta') / \{4\beta^2(\theta - \theta')\}$
 $\tau_2 = a - (\theta'\beta - c) - 9bI(\theta) / \{4\beta^2(\theta - \theta')\}$

$$y^* = \{(\Pi_{1,0} - \Pi_{0,0}) / (\Pi_{1,0} + \Pi_{0,1} - \Pi_{1,1} - \Pi_{0,0})\}$$

である。 (l, m) は均衡解を表し、企業1が l 、企業2が m の均衡解戦略をとることを意味する。これより、開発コストが低いとき(ゾーン2)、企業は常に技術開発を行う。よって、開発コストが高いとき、政府は補助金政策等により、均衡解をゾーン1からゾーン2に変えることで、企業の技術開発インセンティブを誘導することができる。また、図より規制の強化にともなって均衡解が $(1, 1) \Rightarrow (y^*, y^*) \Rightarrow (0, 0)$ に移行することがわかる。従って、環境税の増加という環境規制の強化は、式(4)式(6)より常に生産量及び排出量を減少させることになり、この環境規制の強化によって排出量が減少することがわかる。しかしながら、この規制の強化は上記の均衡解の変化から明らかなように市場における企業の環境に関する技術の開発・導入のインセンティブを減少させる結果となる。規制の強化は短期的効果(排出量の減少)をもたらすが、技術開発という長期的効果をもたらさないことになる。

5. おわりに

環境技術の開発インセンティブを考慮した環境規制に関する研究は、まだ諸についたばかりである。本研究では単純なモデルを用いて、環境規制下の企業の新環境技術の開発・導入に関する意思決定と規制方策の関係を明らかにした。これにより、政府による環境規制(課税)の強化が市場の新技術開発インセンティブに対しても逆進性が明らかになった。つまり、技術開発のコストが大きい場合、環境課税は長期的規制として有効に機能しない。また、このとき開発・導入のインセンティブを保証するためには、技術開発に対する固定補助金等がより有効であると考えられる。