

汚濁排出規制問題における高度処理技術導入のインセンティブに関する考察

日本工営株式会社 正会員 ○青木 智男 鳥取大学工学部 正会員 小林 潔司
鳥取大学工学部 正会員 多々納 裕一

1. はじめに

本研究では、汚濁規制方策として行政主体が企業の汚濁負荷量や汚濁処理技術に応じた課徴金・補助金を通じ、対象企業に自発的に汚濁処理技術の高度化を実現させるような規制方策の設計モデルを提案する。

2. インセンティブ規制の必要性

現行の行政指導型排出規制では、企業に排出基準を遵守させるため、基準値を越えて汚濁物質を排出する企業に対して何らかの制裁(罰金)を課することになる。この種の規制制度が有効に機能するためには、企業の汚濁物質排出量を常時正確に観測することが不可欠である。しかし、企業の汚濁物質排出量を安価にかつ正確に観測することは困難である。この時、企業の排出行動を常時正確に観測しなくても、企業の自発的な汚濁処理努力を誘発するような規制方式を設計することが重要となる(短期インセンティブ)。排出規制が企業の処理技術水準の低下を惹起する場合、排出規制の実施は将来の排出規制計画の実効可能な範囲を縮小させてしまう。一方、排出規制がより高度な処理技術の導入を誘引づければ、将来にわたる排出規制計画の実効性を拡大し、より望ましい環境基準の達成の可能性を探ることも可能となろう。すなわち、企業が長期的な利潤追求の結果としてより高度な汚濁処理技術を導入する誘引(長期インセンティブ)を持つようなインセンティブシステムの設計が重要となる。本研究では、短期的・長期的インセンティブシステムを通じて企業に排出基準の遵守と汚濁処理技術の高度化を誘引づけるメカニズムをインセンティブ規制と呼ぶ。

3. 短期インセンティブ規制問題

単一企業の排出行動を課徴金 m 、補助金 M を通じて規制する問題を考える。課徴金、補助金の額は、観測された水質 r に依存して決定される。短期のインセンティブ規制問題とは、企業が遵守すべき汚濁負荷の排出量と、企業に排出量を遵守させることを誘引づける課徴金・補助金システム(以下、インセンティブシステムと呼ぶ)を同時に決定する問題として定式化できる。短期インセンティブ規制問題の定式化にあたり、1) 規制対象は独占競争企業1社、2) 規制内容は初期時点決定、3) 各期に観測される水質水準にはリスクが存在

するが、その確率分布は一定、4) 行政主体は企業の汚濁処理技術に関する情報を保有すると考える。行政主体が設定するインセンティブシステム $\Phi(r) = M - m \cdot r$ を与件し、企業の利潤を次式のように定義する。

$$\pi(x, q, \theta; \varepsilon, \Phi) = \{p(x) - C\}x - G(q, s; \theta) - R(\theta) + \Phi(r) \quad (1)$$

なお、 C :単位生産費用、 x :生産量、 q :汚濁処理量、 s :期待水質、 θ :汚濁処理技術水準を示すパラメータ、 ε :水質観測値のリスク(確率変数)、 $p(x)$:逆需要関数、 $G(q, s; \theta)$:汚濁処理費用であり、生産費用 Cx とは完全分離可能であると仮定する。 $R(\theta)$:汚濁処理施設の固定費用である。 θ が小さいほど汚濁処理技術水準が高度であると考え、 $dR(\theta)/d\theta < 0$ 、 $d^2R/d\theta^2 > 0$ を仮定する。 g :単位生産量当たりの汚濁物質排出量を表す。 $G(q, s; \theta)$ は、通常の新古典派的費用関数の条件を満足し、物理的生産技術の場合と同様に、汚濁処理技術の改善により同一の汚濁物質の処理量に関する限界費用は減少すると仮定する。水質 r は、期待水質 s およびリスク ε ($E[\varepsilon] = 0$)により以下のように表わせる。

$$r(s, \varepsilon) = s + \varepsilon = \{gx - q\} + \varepsilon \quad (2)$$

企業の利潤 π に対する期待効用を金銭評価された確効効用水準 U により評価しよう。

$$U(x, q, \theta; \Phi) = u^{-1}\{E[\pi(x, q, \theta; \varepsilon, \Phi)]\} \quad (3)$$

E : ε に対する期待値、 u :フォンノイマン=モルゲンシュテルン型効用関数である。企業は危険回避的である。企業は効用水準(3)を最大にするように行動する。

1階の最適条件は、式(1),(2)を用いることより次式のようになる。

$$p(x) \cdot (1 - \frac{1}{\eta(x)}) = C + \frac{\partial G}{\partial x} + g \cdot m \quad (4)$$

$$G' = m \quad (5)$$

式(4),(5)より、最適生産量 x^* と最適汚濁処理量 q^* はそれぞれ $x^* = x^*(m, \theta)$ 、 $q^* = q^*(m, \theta)$ と表せる。固定補助金 M は短期的には企業行動に変化をもたらさず、直接的な役割は規制実施後の企業の持続的操業(保留効用水準)を保証することにある。

4. 長期インセンティブ規制問題

企業は長期的に汚濁処理施設を更新する。インセンティブ規制は企業が施設更新期に、より高度な汚濁処理技術を導入するような誘引を与えなければならない。

一般的に汚濁処理技術の高度化は、企業の固定費用の増加を招く。技術水準の低い汚濁処理施設の下で汚濁負荷の削減量を増加すれば、処理費用の著しい増大を招く。この場合、企業に補助金を給付することにより、企業がより高度な汚濁処理技術を導入するインセンティブを持つとともに、企業が汚濁物質の処理努力を怠らないことを保証しなければならない。このような問題意識の下で、以下では、企業が汚濁処理技術の高度化を図るインセンティブ（技術高度化条件と呼ぶ）を満足するようなインセンティブ規制の設計方法について考察する。インセンティブ規制 $\Psi = \{m, M\}$ が企業に長期インセンティブを付与するためには、規制 Ψ が技術高度化条件を満足しなければならない。技術高度化条件を導出する。技術水準 θ を有する企業が有する間接効用を次式で表現する。

$$U(\pi(x^*(m, \theta), q^*(m, \theta), M, \theta)) = V(m, M, \theta) \quad (6)$$

この時、技術水準 θ_0 を持つ企業が技術水準を向上させるインセンティブを持つためには、少なくとも技術水準 θ_0 の近傍で技術水準を向上させれば企業の効用水準が増加するような m と M の組み合わせが存在しなければならない。すなわち、少なくとも1つの m, M に対して、次式が成立することが必要である。

$$\partial V(m, M, \theta) / \partial \theta|_{\theta=\theta_0} = \dot{V}(m, M, \theta)|_{\theta=\theta_0} < 0 \quad (7)$$

以下、式(7)を長期インセンティブ規制適用条件と呼ぶ。規制対象となる企業は次のように長期のインセンティブ規制適用条件を満足していることが必要となる。

$$\Phi^* = \{(m, M) \geq 0 | \dot{V}(m, M, \theta)|_{\theta=\theta_0} < 0\} \neq \emptyset \quad (8)$$

すなわち $\dot{V}(\theta)|_{\theta=\theta_0} < 0$ が成立するような $(m \geq 0, M \geq 0)$ の組が少なくとも1つ存在することが必要となる。

行政主体は企業が現在保有している汚濁処理技術 θ_0 を知っており、またその時の保留効用水準 U_0 を知っていると考える。行政主体の目的が「社会的厚生最大化」にあるとする。このとき、長期インセンティブ規制問題は、以下のような計画問題として定式化できる。

$$\max_{m, M, \theta} \{V(m, M, \theta) - (1 + \lambda) \cdot E[M - mr] + E[W(r)]\} \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \quad \dot{V}(\theta) = v^{-1} \cdot E \left[v' \cdot \frac{\partial \pi(m, M, \theta)}{\partial \theta} \right] \quad (10)$$

$$(\theta - \underline{\theta}) \cdot \dot{V}(\theta) = 0 \quad (11)$$

$$V(m, M, \theta) \geq U_0 \quad (12)$$

$$(m, M) \in \Phi^* \quad (13)$$

となる。 $(1 + \lambda) \cdot E[M - mr]$ は規制の社会的費用、 $W(r)$ は水質 r に対する社会の支払意欲額である。ただし、 $V(m, M, \theta) = v^{-1} \{E[v(m, M, \varepsilon, \theta)]\}$ ：間接効用関数

$$v(m, M, \varepsilon, \theta) = u(\pi(x^*(m, \theta), q^*(m, \theta); \varepsilon, M, \theta))$$

である。 $\underline{\theta}$ は処理技術の上限を表す。式(11)は企業の長期インセンティブ制約であり、インセンティブ規制の下における汚濁処理技術 θ の選択問題の最適条件として

表される。また、期待水準 θ^* が技術水準の上限値であり、端点解となっている場合も考慮している。問題が内点解を持てば企業は $\dot{V}(\theta) = 0$ となる処理技術を導入する。一方、 $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ において常に $\dot{V}(\theta) \leq 0$ が成立すれば企業は最高水準 $\bar{\theta}$ の技術を導入する。式(12)は保留効用条件であり、技術水準 θ を有する企業の持続的操業を保証している。式(13)は問題が長期インセンティブ適用条件を満足していることを示す。

5. 数値計算事例

一般的な条件のもとでこの最適問題の解析的な解を求めることは不可能である。そこで、効用関数の絶対危険回避度を一定と仮定し、表1のように具体的に各関数を特定化した上で各種数値計算を行った。ここで、任意の $\theta \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ に対して、次の問題を考えよう。

$$\begin{aligned} \max_m \{ & V(m, M, \theta) - (1 + \lambda) \cdot E[M - mr] + E[W(r)] \} \\ \text{s.t.} \quad & \dot{V}(\theta) = 0 \quad V(m, M, \theta) = U_0 \end{aligned} \quad (14)$$

この問題の最適解を $m^{**}(\theta)$ と表現する。行政主体が課徴金率 $m^{**}(\theta)$ を適用した場合、企業は汚染処理技術 θ を自発的に選択することが保証される。数値計算結果の一例を図1に示す。図1は民間主体が導入する最適汚濁処理技術水準のパラメータ θ^* を変化した場合の行政主体の目的関数の変化を表す。行政主体は目的関数を最大にする最適技術水準 θ^{**} を最終的に決定する。

表1 特定化した関数形

$$\begin{aligned} u(\pi) &= -\exp(-\pi) & p(x) &= 1000 \cdot x^{-0.5} \\ C(x) &= 10 \cdot x \\ G(q, s; \theta) &= 1.2 \cdot \theta^{1.5} \cdot \{gx - q\}^{-0.7} \\ R(\theta) &= (10 - \theta)^{1.95} & g(x) &= 5 \cdot x \\ W(r) &= -\exp(r) \end{aligned}$$

行政主体の目的関数 $W(\theta^*)$

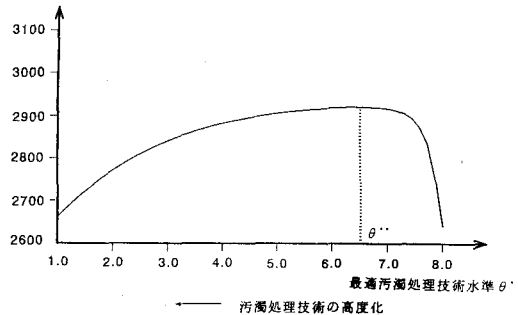


図1 最適汚濁処理水準 θ^* と行政主体の目的関数との関係

6. おわりに

本研究は、インセンティブ規制の設計可能性に関する理論的な考察を試みたものである。インセンティブ規制の実用化にあたっては今後多くの研究課題を解決していかなければならない。