

IV-327

インセンティブシステムを用いた汚濁負荷量規制に関する理論的考察

ウィーン大学Ph.D.コース 学生員 福山 敬
鳥取大学工学部 正会員 ○多々納 裕一

鳥取大学工学部 正会員 小林 潔司
京都大学防災研究所 正会員 岡田 憲夫

1. はじめに

一般に、汚濁物質の排出は不確実な環境に対して行われるため、行政主体が民間主体の汚濁物質の排出量を常に正確に監視することは不可能である。また、規制主体が民間主体の汚濁処理行動に関するすべての情報を獲得することは困難である。本研究では、閉鎖性水域に汚濁物質を排出する民間主体の汚濁規制問題に焦点をあて、民間主体が規制基準値を遵守するように動気づけるようなインセンティブ規制について検討する。

2. 本研究の基本的考え方

先述したように、汚濁規制政策の難しさは1)環境の不確実性が民間主体のモラルハート¹⁾を誘発する可能性があること、2)行政主体が民間主体の汚濁処理技術に関する内部情報を完全に把握することが難しいという点にある。このため、行政主体は目標とする最善の状態を効率的に達成できず、次善の方策を模索する必要がある。このような次善策は、1)に関しては、行政主体が民間主体の直面するリスクを適度に分担するインセンティブシステムの開発により、2)に関しては、企業が自己の持つ内部情報を正直に顯示するような自己選抜メカニズムを開発することによって達成できる。

本研究では、閉鎖性水域における汚濁負荷量のインセンティブ規制の設計を試みる。その際、企業に長期的にもより良い汚濁処理技術の導入を動機づけるとともに、将来の汚濁負荷量削減の可能性を増大させるような1つの有効な規制制度の設計をめざす。

3. インセンティブ規制

(1)民間主体の行動モデル 民間主体として、1つの財のみを生産する独占企業(もしくは独占競争企業)1社を考える。この民間主体のあるインセンティブ規制 Φ (補助金・罰金)の下での利潤は以下ようになる。

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

なお、 x :生産量、 q :排水処理量、 θ :汚濁処理技術、 π :利潤、 ε :水質の不確実性(リスク)を表す確率変数、 $p(x)$:逆需要関数、 $C(x)$:費用関数、 $G(q; \theta)$:汚濁処理費用関数である。インセンティブ規制 $\Phi(r)$ は観測地点の水質(の悪さ) r の

関数であり、水質 r は生産に伴う汚濁負荷量生産量 $g(x)$ と汚濁処理量 q の差として定義される汚濁排出量 s およびリスク ε により決定される。以下、次式を仮定する。

$$r(s, \varepsilon) = s + \varepsilon = [g(x) - q] + \varepsilon \quad (2)$$

危険回避的な民間主体は期待効用の金銭換算値を最大化すると考える。

$$\max_{x, q} U(x, q, \theta; \Phi) \quad (3)$$

$$U(x, q, \theta; \Phi) = u^{-1}\{E[u(\pi(x, q, \theta; \varepsilon, \Phi))]\} \quad (4)$$

E : ε に対する期待値、 u : $N-M$ 効用関数である。ここで、線形インセンティブ規制 $\Phi = M - mr$ (m :罰金率、 M :固定補助金)を用いれば、1階の最適条件は以下ようになる。

$$p(x) \cdot (1 - 1/\eta(x)) = dC/dx + m \cdot dg/dx, \quad \partial G/\partial q = m \quad (5)$$

$\eta(x) = -(dx/dp)/(x/p)$ は、需要の価格弾力値である。

(2)行政主体の行動モデル

行政主体は、社会の集会的厚生²⁾の極大を目的とする功利主義的政府であると考える。このとき、最適インセンティブ規制問題は次のように定式化できる。

$$\max_{\Phi} U(x, q, \theta; \Phi) - (1 + \lambda) \cdot E[\Phi(r)] + E[W(r)] \quad (6)$$

subject to

$$p(x) \cdot (1 - 1/\eta(x)) = dC/dx + m \cdot dg/dx, \quad \partial G/\partial q = m \quad (5)'$$

$$U(x, q, \theta; \Phi) \geq U_0 \quad (7)$$

ここで、 $r = g(x) - q + \varepsilon$ である。 $W(r)$ は水質 r の達成により社会の得る金銭 λ で評価された効用であり、環境の価値関数と呼ぶ。また、 $(1 + \lambda) \cdot E[\Phi(r)]$ は、規制のための補助金が税により徴収されることの社会的費用である。 $\lambda (> 0)$ は課税によるデッドウェイト³⁾を示すパラメータである。生産量 x 及び汚濁処理量 q の決定は民間主体に委ねらる。よって、企業の最適化条件式(5)は民間主体が汚濁処理を行なうインセンティブをもつための制約条件となる。また、式(7)を保留効用制約と呼び、いかなる技術を持つ企業に対しても効用水準 U_0 を保証する。

4. 誘引両立的顯示メカニズム

(1)誘引両立性 行政主体は民間主体の持つ内部情報を完全には知り得ず、問題(6)、(5)'、(7)を正確に定式化することができない。このような情報の非対称性が存在するとき、行政主体は民間主体の真の意志を制度内容に反映できるようなメカニズムの設計が重要とな

る。民間主体が自己の内部情報を正直に表明することを前提としなくても、結果的に真の内部情報を正直に表明する誘因をもつような顯示メカニズム（誘引両立的顯示メカニズム）の設計が必要となる。いま、民間主体の汚濁処理技術 θ は集合 $\Theta=[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ の要素であり、集合 Θ は全ての主体に知られているとする。当該企業 θ が申告する値 $\hat{\theta}$ が真値 θ である時に最大の効用を得れば、インセンティブ規制 $\Phi(\hat{\theta})=(m(\hat{\theta}), M(\hat{\theta}))$ は誘引両立的となる。図-1において、技術 $\hat{\theta}$ を持つ民間主体が θ と異なる技術水準 $\hat{\theta} \in \Theta$ を申告するとき（点B）に得られる最大の効用 $U(\hat{\theta}; \theta)$ よりも、真の技術 θ を申告したとき（点A）得られる効用 $U(\theta; \theta)$ の方が大きければ、企業 θ は真の技術水準 θ を申告する誘引を持つ。この誘引両立性の1階条件は次の恒等式で表される。

$$\left. \frac{\partial U(x(\hat{\theta}), q(\hat{\theta}), \theta; \Phi(\hat{\theta}))}{\partial \hat{\theta}} \right|_{\hat{\theta}=\theta} = 0 \quad (8)$$

また、2階の条件は次の恒等式となる。

$$\left. \frac{\partial^2 U(x(\hat{\theta}), q(\hat{\theta}), \theta; \Phi(\hat{\theta}))}{\partial \hat{\theta}^2} \right|_{\hat{\theta}=\theta} \leq 0 \quad (9)$$

ここで、 $x(\hat{\theta})$, $q(\hat{\theta})$ は民間主体が $\hat{\theta}$ を申告したときの最適行動を表す。危険回避度一定の効用関数を仮定すれば、線形インセンティブ規制における誘引両立性条件式(8)、(9)は、次式で表される。

$$\dot{U}(\theta) = - \frac{\partial G(q, \theta)}{\partial \theta} \leq 0 \quad (10)$$

$$\ddot{m}(\theta) \leq 0 \quad (11)$$

ただし、 $\dot{U} = dU(x(\theta), q(\theta), \theta; \Phi(\theta))/d\theta$ である。また、式(11)は式(5)が θ に関して恒等式となることより次のように書き換えられる。

$$\dot{q}(\theta) \leq 0 \quad (12)$$

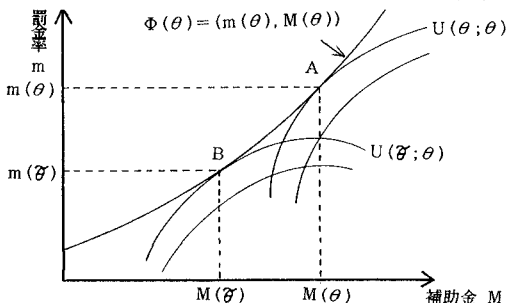


図-1 誘引両立的顯示メカニズム

(2) 誘引両立的インセンティブ規制の設計 行政主体が技術水準 θ に関する主観的分布 $F(\theta)$ の下で社会的期待厚生を最大化を図ると考えれば、式(6), (5)', (7), (10), (12)より、情報の非対称性の下での誘引両立

的インセンティブ規制は以下のように定式化できる。

$$\text{Max}_{\Phi} \int U(x, q, \theta; \Phi) - (1+\lambda) E[-\Phi(r)] + E[W(r)] dF(\theta) \quad (13)$$

subject to

$$p(x) \cdot (1-1/\eta(x)) = C' + g' \cdot m, \quad G' = m \quad (5)'$$

$$U(x, q, \theta; \Phi) \geq U_0 \quad (7)'$$

$$\dot{U}(\theta) = - \frac{\partial G(q, \theta)}{\partial \theta} \quad (10)'$$

$$\dot{q}(\theta) \leq 0 \quad (12)'$$

よって、誘引両立的インセンティブ規制 $m(\theta)$, $M(\theta)$ は最適制御問題を解くことにより求めることができる。

式(11), (12)より、本インセンティブ規制制度の下では、民間主体の保持する汚濁処理技術 θ が良い（ θ の値が小）ほど、より高い罰金率が課せられることとなり、より多くの汚濁処理を行うこととなる。また、式(10)より、民間主体は保持する汚濁処理技術水準が良いほどより高い効用水準を獲得できることがわかる。このことは、本インセンティブ規制の下では民間主体は長期的により良い汚濁処理技術導入へと誘引づけられることを意味する。

(3) 数値計算例 行政主体が θ の分布に関してnull情報しか持ち得ないとし、 $F(\theta) = \theta / (\bar{\theta} - \underline{\theta})$

（一様分布）を仮定する。数値計算にあたり、次の様に特定化を行った。

関数型: $u = -\exp(-c\pi)$, $p(x) = a \cdot x^{-1/\eta}$, $C(x) = b \cdot x^{\alpha}$ $G(q, \theta) = d \cdot q^{\beta} \theta^{\gamma}$, $g(x) = f \cdot x^{\nu}$, $W(r) = -h \cdot r^{\iota} + k$
パラメータ: $\sigma^2 = 0.2$, $\Theta = (\underline{\theta}, \bar{\theta}) = (0.1, 0.8)$, $c = 1$ $k = 100$, $U_0 = 3000$, $a = 1000$, $b = 2$, $d = 2$, $f = 12$ $\alpha = 2$, $\beta = 2$, $\gamma = 2$, $\iota = 3$, $\nu = 0.1$, $\eta = 2$, $\lambda = 0.1$

以上の特定化より得られた結果の一部を図-2に示す。

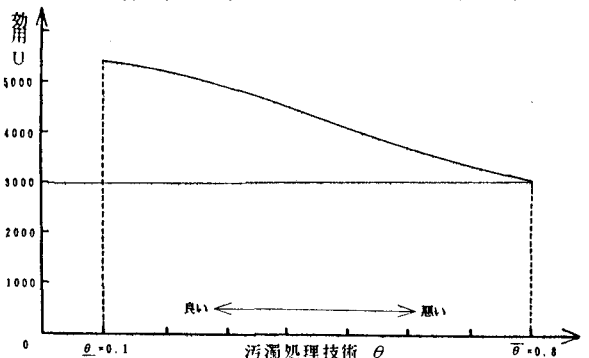


図-2 <汚濁処理技術と企業の効用の関係>

5. おわりに

以上、1つの有効な環境規制制度としてのインセンティブ規制の設計問題について理論的な考察を行った。今後、環境価値関数の決定方法、複数企業への拡張等の基礎的研究が必要であると考えられる。