

## 非対称情報下における環境規制

有馬, 弥重  
九州大学大学院経済学府

<https://doi.org/10.15017/3052488>

---

出版情報：経済論究. 102, pp.17-31, 1998-11-30. 九州大学大学院経済学会  
バージョン：  
権利関係：

# 非対称情報下における環境規制

有 馬 弥 重

## 目 次

- 1 はじめに
- 2 モデル
- 3 モニタリングによる規制
- 4 報告調査による規制
  - 4.1 加害者と被害者の行動について
  - 4.2 規制当局による政策基準の決定
- 5 おわりに

## 1 はじめに

本稿は政府が環境規制のために実施する遂行体系について検討し、特に環境破壊を起こす加害者の行動が規制当局に把握できない非対称情報の場合を取り上げたものである。加害者の行動が把握できる場合は、規制当局はその行動を直接的に規制することができるが、しかし非対称情報の場合は規制遂行のために何らかの措置が必要となる。規制のための遂行体系はエンフォースメント・メカニズムと呼ばれ、これは政府がパニッシュメント・メニューを含む規制遵守のインセンティブシステムをどのように構築すべきかと言う問題に帰着する。Mookherjee and Png (1992) が指摘しているように、規制の遂行措置としては、まずモニタリングと調査が挙げられる。ここでは規制当局ないしその代理機関が、違反に関する情報を受け取る前に加害者の規制遵守の状況をあらかじめ観察することをモニタリングと呼び、それに対し規制違反による被害に関する情報をもとにその実情を調べることを調査と呼ぶ。従ってモニタリングは被害発生の前、調査は事後に行う規制手段であるというのが大きな違いである。

ここでは特に政府が設定した環境保護規制の枠組内で、被害を被る主体が自ら規制手段の遂行を決定し、事前的規制手段であるモニタリングを行う場合と、事後的規制手段である報告調査を行う場合について議論する。加害者及び被害者は自己の便益の最大化を、政府は被害者が実施すると予想される規制手段と、加害者によって引き起こされる環境破壊のダメージによる社会的損失の最小化を目的とするものと考える。

Mookherjee and Pngでは、調査を行う場合ではどのような違反レベルに対しても最大ペナルティーが最適となるが、モニタリングが実施される場合は累進的ペナルティーを導入し、最大レベルの違反に対して最大ペナルティーを用いるべきであると論じられている<sup>1)</sup>。これは、規制実施には費用を要するがペナルティーは推移的費用であるので、社会的には全てのペナルティーを可能な限り引き

上げるべきであるというBacker (1968) の古典的な最大ペナルティーの概念とは反するものである。

このようにペナルティーについては違反や被害レベルに応じた段階的ペナルティーを適応し、本稿では規制水準の適性について焦点を当てる。政府が高い規制水準を設定すると被害発生率は押さえられるだろうが、多くの費用を必要とするため加害者は大きな負担を背負わなければならないと遵守率は低くなるだろう。逆に、低い水準が設定されれば遵守率は上がるだろうが、被害発生危険性も高まるだろう。このため当局は、潜在的加害者の違反をできるだけ減らし、かつ規制遵守のための費用や発生する被害などを考慮した上で社会的費用損失の最小化を図らなければならない。

調査に関してJost (1995) は調査を行う被害者の負担を軽減するものとして、加害者に情報を要求できる被害者の可能性を主張している。被害者は調査費用と調査から得られる便益を比較して、調査を実施するかどうかを決定する。もし加害者が法的規制に従っているならば、加害者の自己報告調査によって被害者には調査費用という損益のみが残り、加害者は環境破壊の責任から逃れられることになる。しかし加害者が違反しているならば、被害者は調査費用と予想される被害の補償額とを比べる。もし調査費用のほうが多ければ調査は行われず、逆に調査費用のほうが少なければ、被害者は調査を行うだろう。しかし、それは確実なものとは言えない。もし常に調査が実施されるのであれば、加害者は正しい情報を提示し虚偽報告の罪から逃れようとし、そのような正しい報告が行われるのであれば被害者は調査費用から逃れるために調査は行わない。つまり、被害者は必ずしも調査を行う必要性を持たず、企業も常に正しい報告を提示するとは限らないからである。

本稿は、Jostのモデルで事前的手段であるモニタリングを採用する場合と、事後的手段である報告調査を採用する場合を考え、加害者の保護基準の遂行や自己報告がどのようになされるか、それに対する規制手段を被害者がどのように実施するのかを議論する。またモニタリングと報告調査との比較分析を行い、それぞれの規制体系における最適規制水準設定の可能性について検討を行う。

## 2 モデル

ここでは環境破壊の危険性を伴う事業計画を実施する企業と、その事業実施により環境的ダメージを受ける被害者、そして環境保護規制の遂行体系を設定する政府の3主体によるモデルを考える。

政府は環境保護のためにある保護基準を決定し、その基準が高いほど費用を要するものとする。保護基準を実施するための費用を $k$ 、設定可能な保護基準の費用集合を $K$ とおく。企業は設定された保護水準を遵守するタイプ $t_1$ と、遵守せずに事業を実施するタイプ $t_2$ の2タイプが潜在するものとし、タイプ $t_1$ である確率を $\delta$ とする。事業実施の際に被害者は、企業の保護レベルについて事前に行うモニタリングか、またはダメージが発生した後に行う事後的な調査のどちらかを選択して実施するものとする。

環境破壊による被害の大きさは $s$ で表され、

---

1) Mookherjee and Png (1992) では、政府自身が事前にモニタリングを実施するか、または被害者からの被害報告を受けてからその実情を調査するというモデルで議論されている。

$$s \in \{s_0, s_1, \dots, s_n\}, s_0 = 0 < s_1 < \dots < s_n < \infty, \quad (1)$$

とする。ダメージ  $s_i$  の生じる確率は保護費用の水準に依存すると考えられるので、

$$\pi_i(k) = \text{Prob}(s_i | k \in K) > 0 \quad (i=0, 1, \dots, n),$$

で表される。単純化のためタイプ  $t_2$  の企業は環境保護を全く行わない、つまり保護対策のために費用を全くかけないものとする、ダメージの発生する確率は企業のタイプによって次のように表せる。

$$\pi_i(k) = \text{Prob}(s_i | t_1, k), \quad \pi_i(0) = \text{Prob}(s_i | t_2, k=0).$$

ここで保護費用の水準とダメージの発生する確率について次の仮定を設ける。

**仮定 1** (単調尤度比条件) 任意の保護費用  $k, k' \in K$  に対して、 $k < k'$  ならば  $\pi_i(k)/\pi_i(k')$  は  $i=0, 1, \dots, n$  に関する単調増加関数である。

これは保護レベル水準が高ければ高いほど、より大きな被害は発生しにくいということを意味する。さらに尤度関数  $\pi_i(k)$  は 2 回連続微分可能であるとし、分布関数について次の仮定をおく。

**仮定 2** (分布関数の凹性) 任意の  $k \in K$  について  $\sum_{i=0}^j \pi_i''(k) \leq 0$  ( $j=0, 1, \dots, n$ ) が成り立つ。

これらの仮定より、 $S_j(k) = \sum_{i=0}^j s_i \pi_i(k)$  ( $j=0, 1, \dots, n$ ) とおくと細江 (1991) に示されているように次の 3 つの補題が得られる。

**補題 1** 単調尤度比条件が成立するとき、任意の  $k \in K, j=0, 1, \dots, n$  に対して  $\sum_{i=0}^j \pi_i'(k) \geq 0$  が成り立つ。

**補題 2** 単調尤度比条件の下では期待被害値  $S_n(k)$  は保護費用  $k \in K$  に関して単調減少関数である。

**補題 3** 仮定 2 の下では限界期待被害値  $S'_n(k)$  は保護費用  $k \in K$  に関して非減少関数である。

また設定可能なある規制水準が存在し、完全情報下ではその規制基準が遵守された方が社会的損失が少ないということを保証するために次の仮定を設ける<sup>2)</sup>。

**仮定 3** 政府の定めた保護基準を遵守するための費用  $k$  に関して次式が成立する。

$$\lim_{k \rightarrow 0} S'_n(k) = -\infty, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} S'_n(k) = 0, \quad S_n(k) + k \leq S_n(0) \quad \text{for all } k \in K.$$

この仮定と補題 2, 3 から得られる  $S_n(k)$  の性質により保護対策基準に関して実施可能な費用範囲  $K$  は次のように定まる。

$$K = [0, \bar{k}] \quad \text{ただし, } S_n(\bar{k}) + \bar{k} = S_n(0). \quad (2)$$

以下ではこのようなフレームワーク内で事前的規制と事後的規制についてそれぞれ分析し、環境保護基準がどのように遵守され得るのか、またそれに対する規制遂行処置はどのように実施されるべきかについて考察する。企業と被害者はそれぞれの合理性に従って自己の費用最小化を図り、規制当局は企業と被害者がその合理性に従って行動した結果均衡で生じる社会的損失の最小化を考えるものとする。

2) 完全情報の場合、モニタリングや調査を行う必要はなく、ペナルティーは推移的費用として考えられるので、社会的損失としては実際に発生する被害と環境保護のための費用のみを考えればよい。

### 3 モニタリングによる規制

この節では環境的なダメージを受ける被害者がモニタリングを行う事前的規制体系の場合について考える。被害者が企業の事業実施に際してモニタリングを行う確率を  $p$ 、その時のモニタリングの実施費用を  $c_M$  とし、モニタリングによって違反が発覚すると企業には生じたダメージ  $s_i$  に依存して  $M_i$  のペナルティーが課せられるものとする。モニタリングについては企業が保護基準を遵守しているタイプ  $t_1$  であるときはエラーが生じないが、企業が保護基準を遵守していないタイプ  $t_2$  のときは  $\epsilon \in (0,1)$  の確率でエラーが生じるものとする。つまり企業のタイプが  $t_1$  であるときは正確に企業のタイプが分かるが、タイプ  $t_2$  であるときは、 $\epsilon$  の確率で企業のタイプは  $t_1$  であると誤って判断してしまう。エラーする確率はモニタリング費用に依存するものとし、 $\epsilon'(c_M) < 0$ 、 $\epsilon''(c_M) > 0$  と仮定する。

以上より、モニタリングを採用した場合の企業と被害者の負担するそれぞれの費用は表 1 のようにまとめられる。

特に企業の保護基準違反によって環境的ダメージが発生したことが明らかになった場合、その被害に対して企業が完全補償を行うものとして  $M_i = s_i$  として考えると、企業の期待費用  $EC_{FM}$ 、被害者の期待費用  $EC_{VM}$  は次のように得られる<sup>3)</sup>。

$$EC_{FM} = \delta[k - p(1 - \epsilon)S_n(0)] + p(1 - \epsilon)S_n(0), \tag{3}$$

$$EC_{VM} = p[\delta(1 - \epsilon)S_n(0) + c_M - (1 - \epsilon)S_n(0)] + \delta S_n(k) + (1 - \delta)S_n(0). \tag{4}$$

従って、企業と被害者の最適反応は

$$\delta^* = \begin{cases} 0 \\ \text{不定} & \text{if } p \cong \frac{k}{(1 - \epsilon)S_n(0)}, \\ 1 \end{cases} \tag{5}$$

$$p^* = \begin{cases} 0 \\ \text{不定} & \text{if } \delta \cong \frac{(1 - \epsilon)S_n(0) - c_M}{(1 - \epsilon)S_n(0)}, \\ 1 \end{cases} \tag{6}$$

となる。ここでモニタリングの費用が  $c_M > (1 - \epsilon)S_n(0)$  であると  $p^* = 0$  となり、常にモニタリングは行われず、これはモニタリングによる規制体系として意味を成さないの で特に  $c_M \leq (1 - \epsilon)S_n(0)$  とす

	モニタリングなし	モニタリング	モニタリングミス
$t_1$	$k, s_i$	$k, s_i + c_M$	/
$t_2$	$0, s_i$	$M_i, s_i + c_M - M_i$	

表 1 :

3) ここでの  $M_i$  に対応する規則違反に対するペナルティーについては Mookherjee (1992)、Jost (1995)、Bose (1995) などで議論がなされている。

ると(5), (6)より企業と被害者の均衡戦略は以下ようになる。

(i)  $k > (1-\epsilon)S_n(0)$  の場合：

$$(\delta^*, p^*) = (0, 1).$$

(ii)  $k = (1-\epsilon)S_n(0)$  の場合：

$p < 1$  ならば,  $\delta = 0$ . しかし  $\delta = 0$  に対する被害者の最適反応は  $p = 1$  であるので矛盾する.  $p = 1$  ならば  $\delta$  は  $[0, 1]$  で無差別であるので, 特に  $\delta = \frac{(1-\epsilon)S_n(0) - c_M}{(1-\epsilon)S_n(0)}$  とすると, これに対しては企業の最適反応も  $[0, 1]$  で無差別であるので  $p = 1 = \frac{k}{(1-\epsilon)S_n(0)}$  が選べる. よって均衡戦略は次式のように表せる.

$$(\delta^*, p^*) = \left( \frac{(1-\epsilon)S_n(0) - c_M}{(1-\epsilon)S_n(0)}, \frac{k}{(1-\epsilon)S_n(0)} \right).$$

(iii)  $k < (1-\epsilon)S_n(0)$  の場合：

$$(\delta^*, p^*) = \left( \frac{(1-\epsilon)S_n(0) - c_M}{(1-\epsilon)S_n(0)}, \frac{k}{(1-\epsilon)S_n(0)} \right).$$

以上のことをまとめて次の命題が得られる。

**命題 1** モニタリングによる事前的規制体系での企業と被害者の均衡戦略は次のように得られる。

$$(\delta^*, p^*) = \begin{cases} (0, 1) & \text{if } k > (1-\epsilon)S_n(0) \\ \left( \frac{(1-\epsilon)S_n(0) - c_M}{(1-\epsilon)S_n(0)}, \frac{k}{(1-\epsilon)S_n(0)} \right) & \text{if } k \leq (1-\epsilon)S_n(0). \end{cases} \quad (7)$$

これより均衡での企業と被害者の期待費用, その時の社会的費用はそれぞれ次のようになる。

$$EC_{FM} = \begin{cases} (1-\epsilon)S_n(0) & \text{if } k > (1-\epsilon)S_n(0) \\ k & \text{if } k \leq (1-\epsilon)S_n(0), \end{cases} \quad (8)$$

$$EC_{VM} = \begin{cases} c_M + \epsilon S_n(0) & \text{if } k > (1-\epsilon)S_n(0) \\ S_n(k) + \frac{S_n(0) - S_n(k)}{(1-\epsilon)S_n(0)} c_M & \text{if } k \leq (1-\epsilon)S_n(0), \end{cases} \quad (9)$$

$$SC_M = EC_{FM} + EC_{VM}$$

$$= \begin{cases} c_M + S_n(0) & \text{if } k > (1-\epsilon)S_n(0) \\ S_n(k) + k + \frac{S_n(0) - S_n(k)}{(1-\epsilon)S_n(0)} c_M & \text{if } k \leq (1-\epsilon)S_n(0). \end{cases} \quad (10)$$

以上のように事前的規制体系の場合, 環境規制のための社会的費用は  $k$  と  $(1-\epsilon)S_n(0)$  との大きさによって異なってくる<sup>4)</sup>. 政府はこの社会的費用をできるだけ抑えるように考えなければならないが, 最小化するための最適規制水準について次のことが言える。

4) 特に  $\epsilon \rightarrow 0$  とすると, これは  $k$  と  $S_n(0)$  との大きさを比較することで, つまり事前的規制では環境保護を行なわなかった場合の期待被害値と環境保護を実施するための費用の大小関係に依存して結果が決まるということである。

命題 2 モニタリングによる事前的環境規制における最適規制水準  $k^*$  は次のように定まる。

$$k^* = \begin{cases} (1-\epsilon)S_n(0) & \text{if } k_0 > (1-\epsilon)S_n(0) \\ k_0 & \text{if } k_0 \leq (1-\epsilon)S_n(0) \end{cases} \quad (11)$$

$$\text{ただし, } f'(k_0)=0, f(k)=S_n(k)+k+\frac{S_n(0)-S_n(k)}{(1-\epsilon)S_n(0)}c_M.$$

証明：尤度関数  $\pi_i(k)$  の 2 回連続微分可能性より  $f'(k)$  は連続で、モニタリング費用に関する  $(1-\epsilon)S_n(0) \geq c_M$  の仮定より、

$$\lim_{k \rightarrow 0} f_n'(k) = -\infty < 0, \quad f'(\bar{k}) > 0,$$

$$f''(k) = \left(1 - \frac{c_M}{(1-\epsilon)S_n(0)}\right) S_n''(k) + 1 > 0,$$

が得られる。よって  $f'(k)=0$  をみたすある  $k_0 \in (0, \bar{k})$  があってこれは  $f(k)$  を最小にしている。ここで

(i)  $(1-\epsilon)S_n(0) \geq \bar{k}$  の場合、任意の  $k$  に対して  $SC_M = f(k)$  となるから  $f(k)$  の最小化を考えればよい。よって  $k=k_0$  とすることによって  $SC_M$  を最小にすることができる。

(ii)  $(1-\epsilon)S_n(0) < \bar{k}$  の場合、任意の  $k = (1-\epsilon)S_n(0) < \bar{k}$  に対して  $c_M \leq k$  が成立しているので

$$\begin{aligned} S_n(0) + c_M - f(k) &= S_n(0) + c_M - \left( S_n(k) + k + \frac{S_n(0) - S_n(k)}{k} c_M \right) \\ &= \left(1 - \frac{k}{c_M}\right) (S_n(0) - S_n(k) - k) \geq 0, \end{aligned}$$

が得られる。よって  $k = (1-\epsilon)S_n(0)$  においては  $S_n(0) + c_M \geq f(k)$  であるから  $0 \leq k \leq (1-\epsilon)S_n(0)$  の範囲での  $f(k)$  の最小化を考えればよい。従って

$$k = \begin{cases} (1-\epsilon)S_n(0) & \text{if } k_0 > (1-\epsilon)S_n(0) \\ k_0 & \text{if } k_0 \leq (1-\epsilon)S_n(0), \end{cases}$$

とすることによって社会的費用を最小にすることができる。 Q.E.D.

これより社会的費用を最小化する規制水準が  $k \leq (1-\epsilon)S_n(0)$  のとき、つまり企業の遵守確率がゼロとならないような範囲内でとれることが示され、有効な規制体系が設定できることが明らかにされた。

## 4 報告調査による規制

### 4.1 加害者と被害者の行動について

調査を行う事後的な規制政策ではダメージ  $s_i$  が実際に生じた後に、定められた保護基準を遵守したかどうかの自己報告を企業に求めることができ、被害者はその報告を受けてから調査を行うかどうかを決定するものとする。ダメージ  $s_i$  が生じた時、調査を行う確率を  $q_i$ 、調査費用を  $c_I$  としモニタリングのときと同様に調査によるエラーの確率を  $\epsilon = \epsilon(c_I)$  で表す。

企業が自己報告を行う場合、タイプ  $t_i (i=1,2)$  であるときに  $t_i$  である、と真の報告をする戦略  $x_1$  と、実際のタイプは  $t_i$  であるが  $t_j (i \neq j, i, j=1,2)$  である、と虚偽報告を行う戦略  $x_2$  の 2 つの戦略が考えられる。ダメージ  $s_i$  が生じたときにタイプ  $t_j$  の企業が虚偽報告を行う (戦略  $x_2$  を選ぶ) 確率を  $\alpha_i(t_j)$

とし、調査によって虚偽報告が発覚したとき企業に課せられるペナルティーとして規制水準の違反に対するものをモニタリングのときと同様に  $M_i = s_i$ 、虚偽報告に対するものを  $F$  とおく。このときの企業と被害者の負担する費用は表 2 のようになる。

これよりタイプ  $t_i$  の企業が要する費用は、

$$k + \alpha_i(t_i)[q_i(1-\epsilon)F + (1-q_i)s_i], \quad (12)$$

であるがこのとき企業は費用最小化のため  $\alpha_i(t_i) = 0$  とする。タイプ  $t_i$  のときは必ず  $x_1$  の戦略をとるので  $x_2$  の戦略をとる可能性があるのはタイプ  $t_2$  のときのみである。つまり企業はタイプ  $t_1$  のときは常に真の報告をし、タイプ  $t_2$  のときのみ虚偽報告を行う場合が考えられる。よって以下  $\alpha_i(t_2) = \alpha_i$  とすると、タイプ  $t_2$  のときの自己報告による企業の期待費用は次式のように表せる。

$$\alpha_i[q_i(1-\epsilon)(s_i + F) - s_i] + s_i. \quad (13)$$

企業が自らの規則違反を認めた報告を行うのはタイプ  $t_2$  で戦略  $x_1$  を選んだときであるが、このときの被害者の期待費用は  $q_i c_I$  であるので、被害者は調査を行わない。したがって被害者が調査を行う可能性があるのは保護規制を遵守していると報告を受けたときで、つまり企業のタイプが  $t_1$  の場合と、タイプ  $t_2$  で戦略  $x_1$  を選択した場合である。企業の戦略に対する被害者の信念として、企業のタイプと報告についての主観的確率分布をそれぞれ

$$\mu_i = \text{Prob}(t_1 | s_i), \quad \beta_i = \text{Prob}(x_2 | s_i),$$

とおくとこれらの確率はBays'ruleより、

$$\mu_i = \frac{\delta \pi_i(k)}{\delta \pi_i(k) + (1-\delta) \pi_i(0)}, \quad (14)$$

$$\beta_i = \frac{(1-\mu_i) \alpha_i}{\mu_i + (1-\mu_i) \alpha_i}, \quad (15)$$

と表せ、被害者の期待費用は次式のように得られる。

$$[\mu_i + (1-\mu_i) \alpha_i] s_i + q_i \{ \mu_i c_I - \alpha_i (1-\mu_i) [(1-\epsilon)(s_i + F) - c_I] \}. \quad (16)$$

これより企業と被害者の最適戦略は次のようになる。

タイプ  $t_1$  の場合

	調査	調査ミス	調査なし
$x_1$	$k, s_i + c_I$		$k, s_i$
$x_2$	$k + F, s_i + c_I - F$	$k, s_i + c_I$	$k + s_i, 0$

タイプ  $t_2$  の場合

	調査	調査ミス	調査なし
$x_1$	$s_i, c_I$		$s_i, 0$
$x_2$	$s_i + F, c_I - F$	$0, s_i + c_I$	$0, s_i$

表 2 :



$$\alpha_i^* = \begin{cases} 0 \\ \text{不定} \\ 1 \end{cases} \quad \text{if } q_i(1-\epsilon)(s_i+F) \cong s_i, \tag{17}$$

$$q_i^* = \begin{cases} 0 \\ \text{不定} \\ 1 \end{cases} \quad \text{if } \mu_i c_I \cong \alpha_i(1-\mu_i)[(1-\epsilon)(s_i+F)-c_I]. \tag{18}$$

ここで調査費用  $c_I$  に関して

$$g_1(c_I) = \frac{s_i \epsilon(c_I)}{1-\epsilon(c_I)}, \quad g_2(c_I) = \frac{c_I}{1-\epsilon(c_I)} - s_i, \quad (i=0,1,\dots,n), \tag{19}$$

とおくと、

$$(1-\epsilon)(s_i+F) \cong s_i \leftrightarrow F \cong g_1(c_I), \tag{20}$$

$$(1-\epsilon)(s_i+F) \cong c_I \leftrightarrow F \cong g_2(c_I). \tag{21}$$

の関係が得られ、図 1 より次のようにまとめられる。

領域 I ...  $(1-\epsilon)(s_i+F) > s_i, (1-\epsilon)(s_i+F) > c_I$

領域 II ...  $(1-\epsilon)(s_i+F) > s_i, (1-\epsilon)(s_i+F) < c_I$

領域 III ...  $(1-\epsilon)(s_i+F) < s_i, (1-\epsilon)(s_i+F) > c_I$

領域 IV ...  $(1-\epsilon)(s_i+F) < s_i, (1-\epsilon)(s_i+F) < c_I$

$(1-\epsilon)(s_i+F) < s_i$  ならば、任意の  $q_i$  について  $q_i(1-\epsilon)(s_i+F) - s_i < 0$  であるので(17)より  $\alpha_i^* = 1$ 、つまり企業は必ず虚偽報告を行うので  $F$  は虚偽報告に対するペナルティーとして有効でない。また  $(1-\epsilon)(s_i-F) < c_I$  ならば任意の  $\alpha_i$  に対して  $\mu_i c_I - \alpha_i(1-\mu_i)[(1-\epsilon)(s_i-F) - c_I] > 0$  となるので(18)より  $q_i^* = 0$ 、つまり被害者は調査を行わないので、企業は必ず虚偽報告を行う。これは、同様にペナルティー

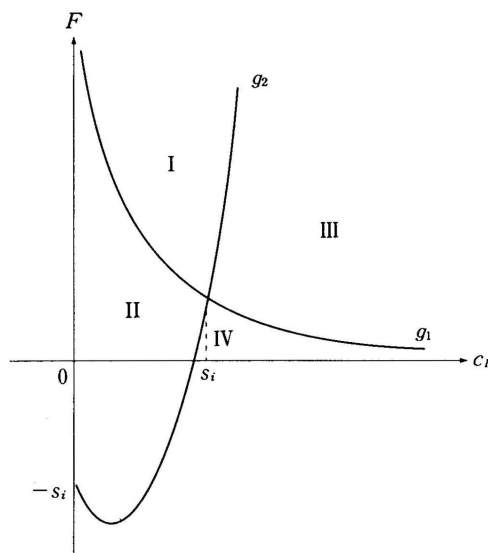


図 1 :

として有効でない。ペナルティ  $F$  や被害者の行う調査は加害者側の虚偽報告防止を目的とする規制手段であるのでその規制手段に意味を持たせるために、つまり少なくとも任意の  $(c_I, F)$  に対して企業の行動が常に  $\alpha_i^* = 1$  となることがないように以下  $(c_I, F)$  は領域  $I$  内で定められるものとし  $(1-\epsilon)(s_i + F) > s_i$ ,  $(1-\epsilon)(s_i + F) > c_I$  と仮定する。これより

$$\gamma_i = \frac{\mu_i}{(1-\mu_i)} \cdot \frac{c_I}{(1-\epsilon)(s_i + F) - c_I}, \quad (22)$$

とおき、企業と被害者の反応曲線を考えると均衡戦略は次のようになる。

(i)  $\gamma_i < 1$  の場合：

$$(\alpha_i^*, q_i^*) = \left( \gamma_i, \frac{s_i}{(1-\epsilon)(s_i + F)} \right).$$

(ii)  $\gamma_i = 1$  の場合：

$\alpha_i < 1$  ならば、 $q_i = 0$  であるがこれに対する被害者の最適反応は  $\alpha_i = 1$  であるので矛盾する。  
 $\alpha_i = 1$  ならば  $q_i$  は  $[0, 1]$  で無差別であるので、特に  $q_i = 0$  とするとこれに対する企業の最適反応は  $\alpha_i = 1$  である。よって均衡戦略は次式のように得られる。

$$(\alpha_i^*, q_i^*) = (1, 0).$$

(iii)  $\gamma_i > 1$  の場合：

任意の  $\alpha_i$  に対して  $\mu_i c_I - \alpha_i (1 - \mu_i) [(1 - \epsilon)(s_i + F) - c_I] > 0$  となり、それに対する被害者の最適戦略は  $q_i = 0$  であるので均衡戦略は次式のように得られる。

$$(\alpha_i^*, q_i^*) = (1, 0).$$

ここで被害者の評価  $\mu_i$  が  $\gamma_i = 1$  を満たすときの  $\delta$  の値を  $\delta_i$  とすると(14), (22)より

$$\delta_i = \frac{[(1-\epsilon)(s_i + F) - c_I] \pi_i(0)}{[(1-\epsilon)(s_i + F) - c_I] \pi_i(0) + c_I \pi_i(k)}, \quad (23)$$

と表せ、また仮定1より  $\delta_i$  は  $i$  に関する単調増加関数で

$$0 < \delta_0 < \delta_1 < \dots < \delta_n < 1,$$

となる。以下、特に  $\delta_{n+1} = 1$  と考えると企業が選択した  $\delta$  と実際に生じたダメージ  $s_i$  に関して次の補題が得られる。

**補題4** 企業が  $t_i$  を選択する確率  $\delta$  と、生じるダメージの規模  $i$  に関して

$$i^* \equiv \min\{i = 0, 1, \dots, n+1; \delta < \delta_i\} \quad (24)$$

とおくと次の(1)(2)(3)は同値である。

- (1)  $\gamma_i \geq 1$  ( $\gamma_i < 1$ )
- (2)  $\delta \geq \delta_i$  ( $\delta < \delta_i$ )
- (3)  $i < i^*$  ( $i \geq i^*$ ).

証明：

(1)→(2)：仮定より

$$\begin{aligned} \gamma_i &= \frac{\delta \pi_i(k)}{(1-\delta)\pi_i(0)} \cdot \frac{c_I}{(1-\epsilon)(s_i+F)-c_I} \\ &\geq 1 = \frac{\delta_i \pi_i(k)}{(1-\delta_i)\pi_i(0)} \cdot \frac{c_I}{(1-\epsilon)(s_i+F)-c_I} \end{aligned}$$

である。従って  $\delta \geq \delta_i$  が得られる。

(2)→(3)：仮定よりある  $j \geq i$  があって

$$\delta_i \leq \delta_j \leq \delta < \delta_{j+1}$$

の関係が成り立つ。このとき  $i^* = j+1$  であるので  $i \leq j < j+1 = i^*$  となる。

(3)→(1)：仮定より

$$\delta_i \leq \delta_{i^*-1} \leq \delta < \delta_{i^*}$$

が成り立つので  $\delta_i \leq \delta$  となる。よって

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{\delta_i \pi_i(k)}{(1-\delta_i)\pi_i(0)} \cdot \frac{c_I}{(1-\epsilon)(s_i+F)-c_I} \\ &\leq \frac{\delta \pi_i(k)}{(1-\delta)\pi_i(0)} \cdot \frac{c_I}{(1-\epsilon)(s_i+F)-c_I} = \gamma_i \end{aligned}$$

となり  $1 \leq \gamma_i$  が得られる。

Q.E.D.

以上のことをまとめて、次の命題が得られる。

**命題 3** 調査による事後的規制では、企業の報告と被害者の調査についての均衡戦略は次のように得られる。

$$(a_i^*, q_i^*) = \begin{cases} (1, 0) & \text{if } i < i^* \\ \left( \gamma_i, \frac{s_i}{(1+\epsilon)(s_i+F)} \right) & \text{if } i \geq i^* \end{cases}$$

この命題 3 で得られた結果について、虚偽報告に対するペナルティ  $F$  のみが十分大きい  $(c_I, F)$  の組について考える。これは領域  $I$  内で設定可能であるので  $i > i^*$  のときについて  $F \rightarrow \infty$  とすると、

$$\begin{aligned} \gamma_i &= \frac{\mu_i}{(1-\mu_i)} \cdot \frac{c_I}{(1-\epsilon)(s_i+F)-c_I} \rightarrow 0, \\ \frac{s_i}{(1-\epsilon)(s_i+F)} &\rightarrow 0, \end{aligned}$$

より均衡戦略は次のように近似できる。

$$(a_i^*, q_i^*) = \begin{cases} (1, 0) & \text{if } i < i^* \\ (0, 0) & \text{if } i \geq i^* \end{cases}$$

このときは企業が全く反対の行動をとるにも関わらず被害者は同じ対応をすることが均衡戦略となっている。 $i < i^*$  のとき  $q_i^* = 0$  となるのは発生したダメージが大きくないので、企業が保護基準を遵守したかどうか調査するまでもない、調査することによる費用損失の方が大きいということである。また  $i \geq i^*$  の場合は、 $a_i^* \rightarrow 0$ 、つまり企業がほとんどの場合において真の報告を行うので、それを受けて被害者の調査確率は  $q_i^* = 0$  となると考えられる。命題 3 と (12), (13), (16) よりダメージ  $s_i$  が生じたとき

の期待費用はそれぞれ次式のようになる。

$$\begin{aligned} \text{企業タイプ } t_1: & \quad k \\ \text{企業タイプ } t_2: & \quad \begin{cases} 0 & \text{if } i < i^* \\ s_i & \text{if } i \geq i^* \end{cases} \\ \text{被害者:} & \quad \begin{cases} s_i & \text{if } i < i^* \\ \{\mu_i + (1 - \mu_i)\gamma_i\}s_i & \text{if } i \geq i^* \end{cases} \end{aligned}$$

これより、事後的保護規制を行った場合の企業と被害者の期待費用は次のように得られる。

$$\begin{aligned} EC_F(\delta) &= \delta k + (1 - \delta) \sum_{i=i^*}^n s_i \pi_i(0) \\ &= \delta k + (1 - \delta) [S_n(0) - S_{i^*-1}(0)], \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} EC_V(\delta) &= \sum_{i=0}^{i^*-1} [\delta \pi_i(k) + (1 - \delta) \pi_i(0)] s_i + \sum_{i=i^*}^n [\delta \pi_i(k) + (1 - \delta) \pi_i(0)] [\mu_i + (1 - \mu_i) \gamma_i] s_i \\ &= (1 - \delta) \left[ S_n(0) - \sum_{i=i^*}^n \pi_i(0) (1 - \gamma_i) s_i \right] + \delta S_n(k). \end{aligned} \quad (26)$$

このように期待費用は命題3で得られる企業の報告行動と被害者の調査の均衡によって定まるが、調査による事後的規制ではさらに企業の規制水準に対する遵守確率が問題となる。この企業の遵守確率は(25)、(26)から分かるように被害者の調査行動とは関係なく企業が自己の負担費用を最小化するように独自に決定されるが、では企業はどのような遵守レベルを選択するだろうか。これについてつぎの命題が得られる。

**命題4** 企業の均衡戦略は、 $\delta^* \in \Delta = \{\delta; EC_F(\delta) < k\}$  となり、特に  $\delta^* \neq 0, 1$  である。

**証明** :  $0 \leq \delta < \delta_0$  のときは、 $i^* = 0$  であるので企業の期待費用は

$$EC_F(0) = S_n(0), \quad EC_F(\delta) = S_n(0) - \delta(S_n(0) - k) \quad \text{for } \delta \in (0, \delta_0),$$

となり、仮定3より  $0 < S_n(k) \leq S_n(0) - k$  であるので  $EC_F(0) > EC_F(\delta)$  が得られる。

$\delta_n \leq \delta < 1$  のときは  $i^* = n+1$  より企業の期待費用は

$$EC_F(1) = k, \quad EC_F(\delta) = \delta k \quad \text{for } \delta \in [\delta_n, 1],$$

となり  $EC_F(1) > EC_F(\delta)$  が得られる。従って  $\delta = 1, 0$  は企業の最適戦略とならない。

次に  $\Delta$  の存在性と、最適性について示す。 $\delta_n \leq \delta < 1$  の場合は先に考えたように  $EC_F(\delta) = \delta k < k$  であるので  $\delta \in \Delta$  となる。よって  $\Delta \neq \emptyset$  である。また  $\delta^* \notin \Delta$ , つまり  $\delta^* \in \Delta^c = \{\delta; EC_F(\delta) \geq k\}$  と仮定すると、

$$EC_F(\delta) < k \leq EC_F(\delta^*) \quad \text{for } \delta \in [\delta_n, 1],$$

となる。これは  $\delta^*$  の最適性に反するので  $\delta^* \in \Delta$  である。

Q.E.D.

これより、仮定3のもとで設定されているペナルティー体系内では、環境保護のための基準を企業が常に違反するということはないが、しかし適正基準を違反するインセンティブを必ず持つということがといえる。

### 4.2 規制当局による政策基準の決定

環境保護規制下におけるこれまでの企業と被害者の合理的行動についての検討より、加害者の遵守行動や、また規制体系が被害者自らによってどのように遂行されるかが明らかにされた。ここではこれまでの結果をふまえ、加害者の規則遵守レベルと保護費用水準の関係、及び効率的な環境保護設定について考察を行う。(25), (26)より環境保護政策を実施するための社会的費用  $SC_i$  は

$$SC_i(\delta) = EC_F(\delta) + EC_V(\delta) \\ = (1 - \delta) \left[ S_n(0) - S_n(k) - k + \sum_{i=i^*}^n \pi_i(0) \gamma_i s_i \right] + S_n(k) + k, \quad (27)$$

となる。これより社会的費用は  $\delta$  に関して減少関数となるので、社会的には企業が基準レベルをできるだけ遵守するような保護政策が設定されるのが望ましい。政府は企業の遵守確率をできるだけ引き上げるためにどのような保護水準を設定すればよいただろうか。そのための条件として次の補題が得られる。

**補題 5** 環境保護水準を遵守するための費用  $k$  が

$$k \leq \bar{k} \equiv \min_j \frac{1 - \delta_j}{\delta_n - \delta_j} \sum_{i=j+1}^n \pi_i(0) s_i \quad (j=0, 1, \dots, n-1), \quad (28)$$

であれば、企業の均衡戦略を  $\delta^* = \delta_n$  とすることができる。

**補題 5** まず  $\delta_n \leq \delta \leq 1$  の場合、 $\delta = 1$  のときは  $EC_F(1) = k$ 、 $\delta_n \leq \delta < 1$  のときは  $EC_F(\delta) = \delta k$  となる。よって  $\min_{\delta} EC_F(\delta) = EC_F(\delta_n)$  であるから  $\delta^* = \delta_n$  である。次に  $0 \leq \delta < \delta_n$  の場合、 $k \leq \bar{k}$  ならば、任意の  $\delta_j \neq \delta_n$  に対して

$$EC_F(\delta_n) - EC_F(\delta_j) \\ = (\delta_n - \delta_j)k - (1 - \delta_j) \sum_{i=j+1}^n \pi_i(0) s_i \\ \leq (\delta_n - \delta_j) \frac{1 - \delta_j}{\delta_n - \delta_j} \sum_{i=j+1}^n \pi_i(0) s_i - (1 - \delta_j) \sum_{i=j+1}^n \pi_i(0) s_i = 0,$$

より、 $EC_F(\delta_n) \leq EC_F(\delta_j)$  が得られる。よって  $\delta_n$  は企業の費用を最小化しており、かつ  $\delta_n \in \mathcal{A}$  であるので  $\delta^* = \delta_n$  である。 Q.E.D.

この補題の証明で、任意の  $k$  に対して  $\delta^* \notin (\delta_n, 1]$  となることが示されているが、これはどのような保護基準を設定しても企業の遵守レベルを  $\delta_n$  以上には引き上げられない、 $\delta_n$  が政府の保護基準操作によって引き上げ可能な最大遵守レベルであると言い換えられる。保護費用  $k$  が条件(28)を満たしていれば企業は  $\delta^* = \delta_n$  を選択するが、保護費用が  $\bar{k}$  より少しでも大きくなると、企業の最適戦略は  $\delta^* \neq \delta_n$  となる。つまり  $\bar{k}$  は、政府が企業の遵守レベルを実現可能な範囲で最も高く引き上げようとするとき設定できる最大の保護基準レベルと言えるだろう。

環境保護対策のための費用をある一定の値以下にすることによって政府は企業の遵守レベルを引き上げられることが示されたが、保護水準を低く設定すると被害発生危険性が増大する。規制当局は企業の遵守レベルをできるだけ高くしつつ、かつ被害発生による社会的損失を押さえるように考えなければいけない。次に企業が最高遵守レベル  $\delta_n$  を選択するための条件を考慮しそのときの社会的費用を  $SC(\delta_n(k)) = SC(k)$  として社会的費用を最小に押さえることのできる保護基準について検討する。

まず企業に選択させ得る最大遵守率  $\delta_n$  について考えると(23)より

$$\delta_n = \frac{[(1-\epsilon)(s_n + F) - c_I] \pi_n(0)}{[(1-\epsilon)(s_n + F) - c_I] \pi_n(0) + c_I \pi_n(k)},$$

と表せるのでこれは保護費用  $k$  に依存しており,  $\pi_n(k) = 1 - \sum_{i=0}^{n-1} \pi_i(k)$  については仮定 2, 補題 1 より  $\pi_n'(k) \leq 0$ ,  $\pi_n''(k) \geq 0$  となる。これより  $\delta_n$  については

$$\delta_n'(k) = -h_n c_I \cdot \frac{\pi_n'(k)}{(h_n + c_I \pi_n(k))^2} \geq 0, \quad (29)$$

$$\delta_n''(k) = -h_n c_I \cdot \frac{(h_n + c_I \pi_n(k)) \pi_n''(k) + 2c_I \pi_n'(k)^2}{(h_n + c_I \pi_n(k))^3} \leq 0, \quad (30)$$

$$\text{ただし, } h_n = [(1-\epsilon)(s_n + F) - c_I] \pi_n(0) > 0, \quad (31)$$

が得られる。また分布関数  $\pi_n(k)$  の 2 回連続微分可能性より

$$SC_I'(k) = -\delta_n'(k)(S_n(0) - S_n(k) - k) + \delta_n(k)(S_n'(k) + 1), \quad (32)$$

は連続で,  $S_n(k)$  に関する仮定より  $SC_I'(0) < 0$ ,  $SC_I'(\bar{k}) > 0$  であるので  $SC_I'(k) = 0$  を満たすある  $k_1 \in (0, \bar{k})$  がとれこれは次式を満たす。

$$\delta_n'(k_1)(S_n(0) - S_n(k_1) - k_1) = \delta_n(k_1)(S_n'(k_1) + 1). \quad (33)$$

これより

$$\begin{aligned} SC_I''(k_1) &= -\delta_n''(k_1)(S_n(0) - S_n(k_1) - k_1) + 2\delta_n'(k_1)(S_n'(k_1) + 1) + \delta_n(k_1)S_n''(k_1) \\ &= \left( \frac{2\delta_n'(k_1)^2}{\delta_n(k_1)} - \delta_n''(k_1) \right) (S_n(0) - S_n(k_1) - k_1) + \delta_n(k_1)S_n''(k_1) \geq 0, \end{aligned}$$

となるので  $k_1$  は社会的費用  $SC$  を最小化している。

よって条件(28)が成立している, つまり企業が  $\delta_n$  を選択するようにした方が社会的損失をより押さえることのできる保護基準を設定できるとき, 社会的損失を最小にするための最適費用基準は  $k^* = k_1$  であることが示された。しかし逆に  $k_1 > \bar{k}$  のときに費用基準を  $k_1$  と設定すると企業は  $\delta_j \neq \delta_n$  を選択するので社会的損失を最小にすることはできない。この場合, 最適費用水準は  $SC(k)$  の性質より  $k^* = \bar{k}$  となる。以上のことから事後的規制における最適保護水準について次のようにまとめられる。

**命題 5** 調査による事後的規制では社会的損失を最小にする最適保護水準  $k^*$  は次のように定まる。

$$k^* = \begin{cases} \bar{k} & \text{if } \bar{k} < k_1 \\ k_1 & \text{if } \bar{k} \geq k_1 \end{cases}$$

以上よりモニタリングによる事前的規制政策と報告調査による事後的規制政策についての最適水準がそれぞれ得られたが、どちらの政策がより効率的に実現できるだろうか。モニタリングと報告調査を同じレベルで行う場合について考えてみると社会的最小費用はモニタリングでは  $SC_M = f(k)$  の場合に、事後調査では企業が  $\delta = \delta_n$  を選択した  $SC_I = SC_I(\delta_n(k))$  の場合に得られたので,  $c_M = c_I = c$  の場合

$$\begin{aligned}
 & SC_M - SC_I \\
 &= \frac{S_n(0) - S_n(k)}{(1-\epsilon)S_n(0)} c - \frac{c\pi_i(k)}{[(1-\epsilon)(s_n + F) - c]\pi_n(0) + c\pi_n(k)} (S_n(0) - S_n(k) - k) \\
 &\geq \{[(1-\epsilon)(s_n - S_n(0) + F)][S_n(0) - S_n(k)] + (1-\epsilon)S_n(0)k\} \cdot H,
 \end{aligned}$$

$$\text{ただし, } H = \frac{1}{(1-\epsilon)S_n(0)} \cdot \frac{c\pi_i(k)}{[(1-\epsilon)(s_n + F) - c]\pi_n(0) + c\pi_n(k)} \geq 0,$$

が得られる。ここで  $S_n(0)$  は企業が保護水準を守らなかったときに生じるダメージ  $s_i$  の期待値であるから  $s_n > S_n(0)$  である。よって  $SC_M \geq SC_I$  が得られ、モニタリングと報告調査を行うための費用が等しい場合は報告調査による事後的規制のほうがより効率的であると言える。

しかし Mookherjee and Png (1992) では、政府がモニタリングか調査かを選択して実施する場合のモニタリングの有効性について次のように説明されている。被害規模がある一定レベルより小さいとその被害発生は報告されないので、この場合事後的遂行手段（調査）は実施されないことになる。もちろんモニタリングを実施するか調査を実施するかはそれぞれにかかる費用にもよるが、モニタリング費用が調査費用に比べて十分に少ない場合、ある一定レベル以上の被害に対してしか行われぬという調査の特徴を考慮すると、全ての被害規模に対して実施されるモニタリングの方が社会的には望ましいと言えるのである。このように規制体系としてモニタリングと報告調査のどちらが望ましいかは状況によって異なった結果が得られるので、その比較についてはさらに様々な角度からの分析が求められるであろう。

## 5 おわりに

本稿では環境規制に直面した政府による規制遂行体系をモデル化し、そのフレームワーク内で規制政策がどのように遂行されるか、またそのような場合における政府の設定すべき社会的に望ましい規制体系について分析した。被害者が事前的手段であるモニタリングを行うとき、その実施確率は規制水準が高く環境保護が全く行われぬときの期待被害値が小さくなると高くなった。これは Mookherjee and Png が指摘したある一定レベル以下の被害に対して特に有効となるモニタリングの性質を表している。また、被害者が事後的手段である調査を行うとき、発生したダメージの規模が大きくなるにつれて実施可能性は高くなることが言えたが、これは本稿とほぼ同様の Jost のモデルでも明らかにされている。さらにこのことは、事後的規制遂行手段として被害者の訴えをもとに規制当局自らが調査を行う場合においても一致する事実である。

規制当局は、加害者の遵守率を高くするために基準レベルを低く設定するべきか、それとも安全対策の有効性を考慮し高い基準レベルを設定するべきかの問題を考慮して環境保護のための安全基準を設定しなければいけない。しかしここでは遵守確率を加害者の均衡戦略の中で可能な限り引き上げ、社会的費用を押さえることのできる基準レベルが設定できることが明らかにされた。違反に対しては一律最大ペナルティーや段階的ペナルティーについてそれぞれの問題点や適性等がこれまでも数多く議論されてきているが、同時にそのペナルティー賦課の境目となる規制の基準レベルに注目すること

も必要であろう。

本稿では被害や違反規模に応じた段階的ペナルティーが提唱されているのを受けて、あらかじめ違反に対しては発生したダメージを完全補償する最も単純なものを想定し、社会的損失を最小とするための規制の基準レベルについて分析を行った。しかしペナルティー体系についての再検討や、モニタリングや調査など規制遂行のための手段についてもそれらの比較分析がこれからの課題として残されている。

### 参 考 文 献

- (1) A. Mitchell Polinsky, "Strict Liability vs. Negligence in a Market Setting," *American Economic Review*, vol. 70(2) (1980), pp.363-367.
- (2) A. Mitchell Polinsky and Steven Shavell, "The Optimal Tradeoff between the Probability and magnitude of Fines," *American Economic Review*, vol.69(1979), pp.880-891.
- (3) A. Mitchell Polinsky and Steven Shavell, "The Optimal Use of Fines and Imprisonment," *Journal of Public Economics* vol.24 (1984), pp.89-99.
- (4) A. Mitchell Polinsky and Steven Shavell, "Enforcement Cost and the Optimal Magnitude and Probability of Fines," *Journal of Law and Economics*, vol.35 (1992), pp.133-148.
- (5) A. P. Xepapadeas, "Observability and Choice of Instrument Mix in the Control of Externalities," *Journal of Public Economics*, vol.56 (1995), pp.485-498.
- (6) Becker G. S., "Crime and Punishment : An Economic Approach," *Journal of Political Economy*, vol.76 (1968), pp.169-217.
- (7) Dilip Mookherjee and I. P. L. Png, "Monitoring vis-a-vis Investigation in Enforcement of Law," *American Economic Review*, vol.82 (3) (1992), pp.538-556.
- (8) 細江守紀, 『不確実性と情報の経済分析』1991, 九州大学出版会.
- (9) 細江守紀, 『非協力ゲームの経済分析』1990, 勁草書房.
- (10) J. Anderoni, "Rasonable Doubt and the Optimal Magnitude of Fines : Should the Penalty Fit the Crime?," *Rand Journal of Economics*, vol.22 (3) (1991), pp.385-395.
- (11) Peter-J. Jost, "Economic Analysis of Procedural Aspects in the German Environment Liability Law," *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 149/4 (1993), pp.606-633.
- (12) Pinaki Bose, "Regulatory Errors, Optimal Fines and the Level of Compliance," *Journal of Public Economics*, vol.56 (1995), pp.475-484.
- (13) Spulber, D., "Optimal Environmental Regulation under Asymmetric Information," *Journal of Public Economics*, vol.35, (1988), pp.163-181.
- (14) Stigler George J., "The Optimal Enforcement of Laws," *Journal of Political Economy*, vol.78 (1970), pp. 526-536.