

自己申告制度を考慮した環境規制の効果的執行に関するゲーム論的研究*

Game-Theoretic Analyses of Enforcement of Environmental Regulations with Self-Reporting Systems*

福山 敬**

By Kei FUKUYAMA**

1. はじめに

今日、我が国を始め、世界各国では様々な厳しい環境規制や環境関連法の施行・補強がなされ始めている。一方、このような厳しい環境規制の施行が効果的な環境汚染の改善をもたらしているとは必ずしもいえないのが現状である。いかに厳しい環境規制や規制基準であろうと、モニタリング、監査、規制遵守の査定等、効果的な執行手段を伴わない限り、潜在的環境汚染者の違反行動を抑止することはできない。

環境汚染抑止のための執行手段は、多くの場合、多大な実行費用を伴う。また、(公共)主体は、しばしば非常に限られた資源のもとで、数多くの潜在的環境汚染主体を規制しなければならない。規制や法は、効果的であつ効率的に執行されて初めてその本来の目的を果たすことができるといえよう。本研究は、このような環境規制に附随する法・規制の執行問題に着目する。その中でも、自己申告をともなった規制制度の効率的執行問題に対して非協力ゲーム論の視点からアプローチを試みることにする。

非協力ゲーム理論は、意思決定者による戦略的行動を明示的にモデル化できるという利点がある。従つて、情報の非対称性に根ざした被規制主体のさぼり行動や、被規制主体による虚偽の自己申告のインセンティブなど、規制執行に関する重要な要因をモデル化し分析することができる。このような観点から、Fukuyama *et al.* は、繰り返し非協力ゲームの枠組みを用いることにより、規制主体が長期的に被規制主体の環境規制遵守努力を誘引する規制執行制度の提案を行っている¹⁾。本研究は、環境規制の実効性を高めるための手段として自己申告制度に着目し、そ

の有効性を展開型ゲームを用いて分析する。

2. 分析の枠組み

現存する環境汚染規制の多くは、被規制主体である事業主に、自己の排出する環境汚染物に関する測定記録義務を課している。そこでは、事業主は自己の排出する環境汚染物の量(あるいは濃度)を測定・記録し、また、規制主体の要請に従つて申告しなければならない。事業主によって提出された規制遵守に関するデータを検証するため、政府はサンプリング、立入検査等、データの立証監査を行う。違反の証拠を発見した場合、これにしたがつて行政指導、行政命令、行政罰、刑罰等の対処をとる。Fukuyama *et al.* は、自己測定・自己申告制度を含んだ環境規制問題を、規制主体と被規制主体間のゲームとしてモデル化し、被規制主体による規制遵守・違反と真の申告・虚偽の申告の2つの戦略的意思決定の基本的な構造を明らかにした²⁾。本研究では、規制遵守・自己測定における不確実性を含んだ環境規制の執行問題を考察する。具体的には、自己申告制を含んだ環境規制の執行問題を、規制主体である政府と被規制主体である事業主間の非協力ゲームとしてとらえる。そのとき、環境法上の2つの代替的責任制度下での均衡解の比較分析を試み、規制遵守のためのより実効的な環境規制制度について明らかにする。

3. 違反者の抗弁を認めた厳格責任下の規制モデル

(1) モデルの定式化

まず、事業主に規制違反時の抗弁を認めた厳格責任の下での規制執行ゲーム Γ_1 を構築する。つまり、違反となつた事業主が無過失であり、また、規制遵守のための正当な配慮と努力を行ったことを証明する限

*キーワード: システム分析

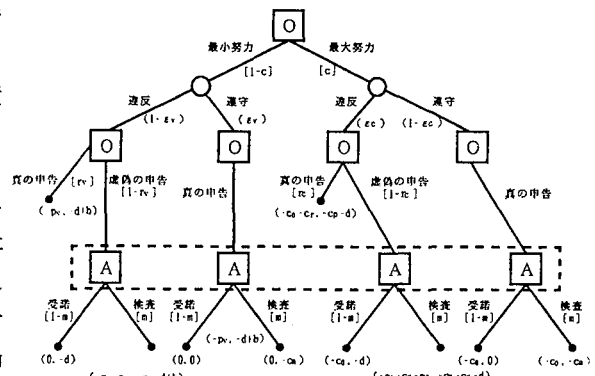
** 正員、Ph.D.、鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(鳥取市湖山町南4丁目-101、TEL 0857-31-5311、
FAX 0857-31-0882)

りにおいて、行政命令や罰則を回避できるような責任制度を考える。

図－1はこのような違反者の抗弁を認めた厳格責任下の自己申告ゲームの樹形図を表している。ここで、環境規制に関する意思決定のプロセスが上から下方に表されている。大文字を内包する四角のノードは各プレイヤーの意思決定を示しており、Oは事業主(Operator)を表し、Aは政府(Agency)を表している。本ゲームのスタートである図の最上ノードにおける意思決定者は、事業主であり、環境汚染物排出に関わる(基準値遵守のための)努力に関する決定を行う。ここで、事業主の環境汚染物排出に関する努力とは、事業主による汚染物処理装置の維持・管理、社員教育等、義務づけられた環境基準値を遵守のために行うすべての努力行為を意味する。本ゲームにおいて、この事業主の規制遵守努力に関する意思決定は、‘最大努力’の選択確率 c として表現する。従って、‘最小努力’(努力しない)確率は $1-c$ となる。

事業主はこの規制遵守努力水準に関する意思決定の後、その結果として現れる排出水準の自己モニタリングを行う。モニタリングの結果は、義務づけられた基準値との比較によって‘違反’あるいは‘遵守’のいずれかとなる。ここで、排出水準の計測値は多くの場合、事業主の遵守努力のみならず、処理装置の誤差や故障等の外生的要因による影響を受ける。よって、事業主は環境基準値遵守のための最大努力を行ったとしても、必ずしもモニタリングの結果が‘遵守’となるとは限らない。また、逆に最小限の努力水準下で‘遵守’というモニタリング結果を得ることもある。図－1において、この規制遵守努力水準と自己モニタリング結果の関係を決定するノードは2つの空円で示されている。本モデルでは自己モニタリングに関わるリスクを条件付き確率として表し、事業主の‘最大努力’に関わらず自己モニタリング結果が‘違反’となる確率を ε_c (よって、‘最大努力’の下で‘遵守’となる確率を $(1-\varepsilon_c)$)、最小努力にも関わらず‘遵守’となる確率を ε_o (同様に、‘最小努力’の下で‘違反’となる確率を $(1-\varepsilon_o)$) とする。

自己モニタリングを終えた事業主の第2の意思決定問題は、政府に対しモニタリング結果に関して真の申告を行うかどうかである。ここで、‘最大努力’を選んだ事業主が‘真の申告’を選ぶ意思決定の確率変



図－1：自己申告を含んだ環境規制執行ゲーム

表－1：便益・費用パラメーター

事業主	
c_o	: 規制遵守努力の費用
c_r	: 抗弁に要する費用
p_v	: 違反に対する罰
p_f	: 虚偽の申告に対する罰
政府	
c_a	: 立証検査の費用
c_p	: 事業主が抗弁を行ったときの追加費用
d	: 違反によって生じた被害
b	: 違反の発見による便益

数を r_c (よって‘虚偽の申告’を選ぶ確率を $1-r_c$)、また、‘最小努力’を選択した事業主が‘真の申告’を行う確率を r_o (よって‘虚偽の申告’の確率を $1-r_o$) とする。ここで、‘虚偽の申告’とは、自己モニタリングの結果が‘違反’であるにもかかわらず、‘遵守’を示すデータを政府に申告することを意味している。よって、明らかに、自己モニタリングの結果が‘遵守’である場合には、事業主は‘虚偽の申告’を選択する誘因をもたず、よって‘虚偽の申告’という戦略は存在しない。事業主の戦略‘虚偽の申告’は、事業主による故意の偽造工作を意味しているが、また、不注意な自己モニタリングの実施に起因する粗悪なデータの申告も含んでいる。

一方、政府は、図－1のゲームにおいて自己申請されたデータの立証のための検査を行うか行わないかの選択という意思決定を行う。この意思決定は、‘検査’を選ぶ選択確率 m (したがって、検査せずに申告データを‘受諾’する確率は $1-m$) にて表される。図－1において政府によるこの意思決定点4つを包む点線はそれらの意思決定点が同一の情報集合に属することを表す。言い換えれば、政府は事業主

の意思決定及び自己モニタリングの結果を知ることなく(つまり、ゲームが4つのノードの内どこにあるのかを知ることなく)立証検査を行うか否かの意思決定を行うことになる。ここで、政府の行う立証検査活動は完全であると仮定する。つまり、政府は立証検査を実施することにより当該の事業主が‘遵守’の状態にあるのか‘違反’の状態にあるのかを確実に知ることができる。しかしながら、政府は立証活動によって工場の遵守努力レベル(‘最大努力’か‘最小努力’か)までは知ることはいできない。

本ゲームは10通りの結果を持ち、図-1中に黒丸で示されている。それぞれの結果の下に事業主及び政府それぞれの期待利得を与えてある。これらの期待利得は von Neumann-Morgenstern 効用水準で測られているとし、表-1に与えられている費用・便益を表すパラメータで構成されている。これらの費用・便益のパラメータを用いて、事業主の期待利得 U_O 及び政府の期待利得 U_A を次式のように得る。

$$U_O = c \cdot [-c_0 + \varepsilon_c \{r_c \{ (c_r + p_f)m - c_r \} - m(c_r + p_f)\}] \\ + (1-c)(1-\varepsilon_v) \{ (p_v + p_f)m - p_v \} r_v - m(p_v + p_f) \\ U_A = -m \cdot c_a + c \cdot \varepsilon_c \{ (c_a + c_p)r_c - c_p \} m - c_p r_c - d \\ + (1-c)(1-\varepsilon_v) \{ (c_a - b)r_v + b \} m + b \cdot r_v - d$$

(2) 均衡解分析

本節では、ゲームのサブゲーム完全ナッシュ均衡を求め、その特性を分析する。均衡解を求める1つの方法は、各プレイヤーの最適反応戦略を求めることである。プレイヤーの最適反応戦略とは、他のプレイヤーの戦略を所与とした場合の当該プレイヤーが期待効用を最大にするような戦略への写像である。このとき、ナッシュ均衡解は、これら各プレイヤーの最適反応戦略の組みあわせとして求まる。

環境規制ゲーム Γ_1 のナッシュ均衡解 (m^*, c^*, r_c^*, r_v^*) を求めると表-2 のようになる。ただし、当該の規制執行ゲームが意味を持つために、以下を仮定した。

$$c_a < (1 - \varepsilon_v)b \quad (1)$$

つまり、政府にとり、検査に要するコストは故意的な規制違反者を発見する期待便益を下回るとする。この仮定が成り立たないとき、政府はいかなるときも(事業主が規制を全く遵守しないときも)検査を実施する誘因を持たないことになる。ゲーム Γ_1 は唯一の均衡解を持ち、4つのケースが考えられる。ここ

表-2: ゲーム Γ_1 におけるナッシュ均衡解
 $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v}{c_0+\varepsilon_c c_r} > 1$ のとき

1) $\frac{c_r}{c_r+p_f} < \frac{c_0+\varepsilon_c c_r}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)}$				
m^*	c^*	r_c^*	r_v^*	
$\frac{c_0+\varepsilon_c c_r}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)}$	$\frac{c_a-(1-\varepsilon_v)b}{\varepsilon_c c_a-(1-\varepsilon_v)b}$	1	0	
2) $\frac{c_r}{c_r+p_f} > \frac{c_0+\varepsilon_c c_r}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)}$				
m^*	c^*	r_c^*	r_v^*	
$\frac{c_0}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)-\varepsilon_c(c_r+p_f)}$	$\frac{c_a-(1-\varepsilon_v)b}{-\varepsilon_c c_p-(1-\varepsilon_v)b}$	0	0	
$\frac{(1-\varepsilon_v)p_v}{c_0+\varepsilon_c c_r} < 1$ のとき				
3) $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v-c_0}{(c_r+p_f)\varepsilon_c} < \frac{p_v}{p_v+p_f}$				
m^*	c^*	r_c^*	r_v^*	
$\frac{p_v}{p_v+p_f}$	0	-	$\frac{c_a-(1-\varepsilon_v)b}{(1-\varepsilon_v)(c_a-b)}$	
4) $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v-c_0}{(c_r+p_f)\varepsilon_c} > \frac{p_v}{p_v+p_f}$				
m^*	c^*	r_c^*	r_v^*	
$\frac{c_0}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)-\varepsilon_c(c_r+p_f)}$	$\frac{c_a-(1-\varepsilon_v)b}{-\varepsilon_c c_p-(1-\varepsilon_v)b}$	0	0	

で、表-2における $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v}{c_0+\varepsilon_c c_r}$ は、真の申告を行う場合の規制遵守のインセンティブを表す項である。よって、表-2のケース1)および2)は、このインセンティブが大きい場合を示し、一方、ケース3)および4)は、このインセンティブが小さい場合である。また、 $\frac{c_r}{c_r+p_f}$ は、最大努力を行ったときの虚偽の申告を行うインセンティブを表し、 $\frac{c_0+\varepsilon_c c_r}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)}$ は、最小努力を行いつつ虚偽の申告を行うインセンティブを表している。前者のインセンティブが後者のインセンティブを下回ったときがケース1)である。そのとき、最大努力時の真の申告 $c^* = 1$ が実現している。一方、ケース3)およびケース4)において、 $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v-c_0}{(c_r+p_f)\varepsilon_c}$ は、最小努力を行いつつ真の申告を行う場合に対する、最大努力を行いつつ虚偽の申告を行うときの相対的なインセンティブを表している。また、 $\frac{p_v}{p_v+p_f}$ は、最小努力時の、虚偽の申告を行うインセンティブである。ケース3)において、事業主は、最小の努力しか行わず、混合戦略として、確率的に真の申告を行う。

ここで、規制ゲーム Γ_1 においては、いかなる均衡解も、事業主が確定的に‘最大努力’を選ぶ(つまり $c^* = 1$)という結果をもたらさないことがわかる。均衡解1)、2)、3)において、事業主は規制遵守努力に関して混合戦略 ($0 < c^* < 1$)をとる。また、このとき、事業主は、確定的に‘虚偽の申告’を行う。唯一、

均衡解 1) において、事業主は最大努力を行ったときのみ必ず真の申告を行うことがわかる。

4. 違反者の抗弁を認めない厳格責任下のゲーム

前節では、規制基準違反を犯した事業主に抗弁を許した規制ルールの下でのゲーム Γ_1 を考えた。そこでは、いかなる均衡解も事業主による‘最大努力’をもたらさないことがわかった。本節では、違反発見時の事業主の抗弁を認めない厳格責任制の下でのゲーム Γ_2 を考える。この責任制度の下では、ひとたび違反が発見されれば、政府はその発生原因のいかんに関わらず直ちに行政命令や罰則を実施する。このような、規制方法は、主に環境規制違反によって生じる環境及び健康への被害が甚大である有害物質の規制違反に対して用いられている。しかし、判例法を用いるアメリカにおいては近年通常物質の規制違反に対しても抗弁を認めないケースが増えてきている。また、日本においても、水質汚濁防止法や大気汚染防止法などで、直罰制度の導入により、違反者の抗弁を許さない環境規制方法が用いられ始めている。抗弁を認めない厳格責任ゲームは、図-1で与えられた抗弁を認めたゲームと同じゲームの構造を持つ（つまり、樹形図は同じである）。ただし、政府は事業主の規制遵守・違反を遵守努力にかかわらずモニタリングの結果のみで判断するので、以下に示す費用・便益パラメータの変更を要する。

工場のパラメータ： $c_r \Rightarrow p_f$

政府のパラメータ： $-c_p \Rightarrow b$

このとき、期待利得は以下のように求まる。

$$U_O = c \cdot [-c_0 + \varepsilon_c \{[(p_v + p_f)m - p_v]r_c - m(p_v + p_f)\}] \\ + (1 - c)(1 - \varepsilon_v) \{[(p_v + p_f)m - p_v]r_v - m(p_v + p_f)\}$$

$$U_A = -m \cdot c_a + c \cdot \varepsilon_c \{[(c_a - b)r_c + b]m + b \cdot r_c - d\} \\ + (1 - c)(1 - \varepsilon_v) \{[(c_a - b)r_v + b]m + b \cdot r_v - d\}$$

前出の抗弁を認めたゲーム Γ_1 のときと同様にして、抗弁を認めない厳格責任ゲーム Γ_2 におけるナッシュ均衡解を求めると、表-3 のようになる。ただし、抗弁を認めた規制ゲーム Γ_1 のときと同様の理由で、 $c_a - b < 0$ を仮定している。また、 $c_0 + \varepsilon_c p_v < (1 - \varepsilon_v)(p_v + p_f)$ を仮定する。この不等式が成立しない場合、政府のいかなる戦略の下でも、事業主の最適反応戦略は常に最小努力となる。

均衡解 1) および 2) は、条件 $c_a - \varepsilon_c b > 0$ にて規定される。本不等式は、事業主が最大努力を行った

表-3: ゲーム Γ_2 における政府の最適反応戦略
1) $c_a - \varepsilon_c b > 0$ のとき

m^*	c^*	r_c^*	r_v^*
$\frac{c_0}{(1 - \varepsilon_c - \varepsilon_v)(p_f + p_v)}$	$\frac{\varepsilon_c b - (1 - \varepsilon_v)b}{\varepsilon_c}$	0	0

2) $c_a - \varepsilon_c b < 0$ のとき

m^*	c^*	r_c^*	r_v^*
$\frac{p_v}{p_v + p_f}$	1	$\frac{c_a - \varepsilon_c b}{\varepsilon_c(c_a - b)}$	—

場合の違反を検知するための検査コストが違反の発見による期待便益を上回っていることを示していおり、これが満たされるとき、ゲーム Γ_2 の均衡解はケース 1) となる。1) では、事業主は基準値遵守努力を混合戦略として確率的に選択し、また、常に虚偽の申告を行う。一方、均衡解 2) では、事業主は最大の基準値遵守努力を確定的に選択する ($c^* = 1$)。そのとき、事業主は申告の真偽を混合戦略として確率的に選択することになる。

5. おわりに

本研究では、自己申告制を含んだ環境規制の有効性をゲーム論的に解析し、事業主による規制遵守を誘導するために規制主体の整えるべき条件を明らかにした。抗弁を認めたシステムの下では、政府は工場による最大の規制遵守努力 $c^* = 1$ を誘導できない。一方、抗弁を認めない厳格責任システムの下、均衡解 2) を達成する条件 $c_a - \varepsilon_c b < 0$ を満たすことにより、政府は被規制主体の基準値遵守のための最大の努力を導くことができる。そのとき、被規制主体の自己申告の真偽は確率的である。

謝辞 なお、本研究の遂行にあたって、鳥取大学工学部 小林潔司教授から貴重なコメントをいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Fukuyama, K., Kilgour, D. M., and Hipel, K. W.: Systematic Policy Development to Ensure Compliance to Environmental Regulations, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 24, No. 9, pp. 1289-1305, 1994.
- 2) Fukuyama, K., Hipel, K. W., and Kilgour, D. M.: A Game-Theoretic Analysis of the Effectiveness of Self-Reporting Systems for the Enforcement of Environmental Regulations, in Proceedings of Fourth Stockholm Water Symposium, held in Stockholm, Sweden, August 9-13, 1994, pp. 203-217, 1994.