

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、世界的な環境破壊に対する危機感の中で、我が国を始め、世界各国で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(規制主体)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、効果的か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。

従来より、このような環境規制の効果的な執行方法に関してミクロ経済学^{1)~5)}やゲーム論的立場から研究^{6)~8)}がなされてきている。これらの研究は環境規制の執行問題を環境被規制主体による規制遵守努力を規制公共主体によるモニタリング行動や罰に代表される規制執行により社会的に最適なレベルに設定する問題として分析している。また、近年、繰返しゲームモデルに立脚したアプローチにより環境規制主体と被規制主体の協力的な規制システムの構築が試みられている^{9)~11)}。

一方、近年、産業直接排出物規制における規制効率化の1つとして被規制主体による汚染排出レベルの自己モニタリング・自己申告制度が注目され、実際に実用化されつつある。このような被規制主体に

よる自己申告制度は、多大な規制執行費用に直面する規制公共主体にとってその効率性・有効性を高めるための有用なシステムとして期待される。しかしながら、筆者の知る限り、このような環境規制の自己申告制度の実効性・効率性に関しては非常に限られた研究しか行われていないのが現状である。

本研究は、このような環境規制に付随する法・規制の執行問題に着目し、自己モニタリング・自己申告制度の有効性を非協力ゲーム論の視点から分析するものである。以下、2. では環境規制における自己申告制度と環境責任制度について考察し、規制方策の有効性の分析方法として非協力ゲームモデルによるアプローチを提案する。3. では、規制違反者の抗弁を認める責任制度下の自己申告規制を規制主体と被規制主体間のゲームとしてモデル化し、ゲーム分析を行う。また、4. では、規制違反者の抗弁を認めない責任制度下の自己申告規制ゲームを分析する。5. では、以上で分析した2つの責任制度の下での環境規制の実効性を比較検討する。最後に、6. で、本研究をとりまとめ、今後の課題について言及する。

2. 分析の枠組み

(1) 環境規制における自己申告制度

一般に、規制主体は被規制主体の規制遵守行動を直接観測することが困難であり、被規制主体(事業主)の規制遵守を知るためには、多大な実行費用を伴うモニタリングや立入検査等を行う必要がある。この場合、規制主体は、事業主に自己の環境排出に関する測定記録義務を課すことにより、この規制執行に伴うコストの規制主体から被規制主体への転移・削減が期待できる。このような考え方から、近年、北米をはじめとし多くの環境規制の執行に関し、被規制主体による自己モニタリング・自己申告が義務づ

*キーワード：システム分析，計画手法論

**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)

けられ始めている。また、水質汚濁防止法や大気汚染防止法をはじめとするわが国の環境汚染規制の多くにおいても、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が課されている。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って申告しなければならない。

しかしながら、このような被規制主体による自己申告制度の下で、事業主が必ずしも常に適度な精度の測定努力やまた測定値の真の申告を行うとは限らないであろう。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必要があり、また違反の証拠を発見した場合、これにしたがって行政指導、行政命令、行政罰、刑罰等の対処をとる必要がある。

(2) 自己申告制度に関する既存の研究

環境規制における自己申告制度の実効性に関してミクロ経済学の立場からいくつかの研究が行われている。これらの研究では自己申告制度が規制の執行費用を軽減するためのペナルティーに関する条件を明らかにすることに主眼をおき分析が試みられている。たとえば、Kaplow and Shavell 及び Malik の先駆的研究は、虚偽の申告に対する懲罰を正直に自己申告された規制違反に対する懲罰より大きくすることにより、自己申告制度が規制主体の必要とするモニタリング回数を減少させ環境規制の実行費用を軽減することを示した¹²⁾¹³⁾。Harford は環境基準値を上回ることにに対する懲罰と虚偽申告による懲罰という2つの罰の下での被規制主体の行動に関して分析を行っている¹⁴⁾。そこでは、被規制主体が直面する真の申告を行うことと規制遵守努力を行うこととの間のトレードオフを指摘している。これらの研究においては、被規制主体の規制に関する行動は、外生的に与えられる規制主体の規制執行(モニタリング・ペナルティー)レベルに対する最適(利潤最大化)行動として規定されており、したがって規制主体の環境規制に関する行動とそれによる被規制主体の行動変化は考慮されていない。

しかしながら、一般的に環境規制とその遵守における規制主体と被規制主体の関係は、相互的に作用していると考えられる。たとえば、被規制主体が自

主的に規制遵守を行っているのであれば、規制主体はモニタリング等の規制執行レベルを低下させ、また逆に、被規制主体が規制をほとんど遵守しないときは、より厳しい規制執行を行うと考えられる。このような、規制主体、被規制主体の相互戦略的な行動を考慮した規制執行モデルの構築・分析が必要であると考ええる。意思決定者による相互的な戦略的行動を分析するとき、ゲーム論的アプローチが有効である。ゲーム理論は情報の非対称性に根ざした被規制主体の戦略的さぼり行動や、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のプレイヤー間の相互作用をモデル化し分析することができる。以上の問題意識の下に本研究では環境規制における自己申告制度の実効性をゲームモデルを用いて検証する。

(3) 本研究の立場

非協力ゲームモデルを用いた環境規制における自己申告制度の有効性に関する研究として Fukuyama *et al.* がある。そこでは、自己モニタリング・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をプレイヤーとする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ている¹⁵⁾。その結果、被規制主体は規制主体による真の自己申告を導出することができず、さらに、被規制主体による真の自己申告を求めれば被規制主体の規制遵守水準自体を下げる可能性が指摘された。つまり、自己申告制度の導入によって、政府による規制実行費用の削減は期待できない。過度に自己申告を求めれば被規制主体による規制遵守努力の減退を招くことが示された。

自己申告制度の導入が被規制主体の規制遵守レベルを低下させることなく、真の自己申告を誘導することは可能であろうか。本研究では、自己申告制度が規制の実効性・効率性を高める有効な手段となるための要因を、被規制主体の規制遵守努力に関する不確実性の存在に求める。Fukuyama *et al.* の用いた環境自己申告制度の基本モデルでは、被規制主体の規制遵守努力に関する不確実性が考慮されていない。このような確定的な規制モデルにおいては、違反の自己申告は規制遵守努力を怠った事業主からのみ行われることになる。したがって、自己申告を行

う事業主は必ず規制遵守のための努力を行わないことになる。しかしながら、環境規制において、被規制主体が規制遵守のための努力を行ったとしても、結果として必ずしも規制の遵守を達成するとは限らない。また逆に規制遵守努力を行わない場合に規制水準を達成することもあると考えられる。このような規制遵守努力に関する不確実性下においては、真の申告の誘導とは、遵守努力を怠ることにより規制違反となった被規制主体による違反の自己申告のみならず、遵守努力を行ったにも関わらず規制違反となった主体によるそれを含むこととなる。そう考えた場合、自己申告制度の導入は規制遵守努力を行ったにも関わらず不確実性により規制違反となる事業主に対して規制遵守努力維持のインセンティブを与える機能を果たすことが期待できる。

このような不確実性下の規制においては、自己申告制度の実効性は規制の責任制度や罰則の構造に大きく依存しているといえる。特に、虚偽の申告に対する責任罰則制度は規制遵守と真の自己申告の実効性の両方に影響を与える。虚偽の申告に対する過度の懲罰は、逆に規制遵守努力を行うインセンティブを失わせることになりかねない。したがって、以下3.において環境規制における責任制度について特に違反者の抗弁の有無に焦点を絞り規制の有効性に関する分析を行うこととする。

3. 違反者の抗弁を認めた厳格責任下の規制モデル

(1) 環境規制における責任制度

環境規制における責任制度として、人体に多大な影響を与える禁止的汚染物質の排出に関しては厳格責任制度が取られているケースが多い。そこでは、事業主が環境基準値遵守のために行った努力水準に関わらず、違反が発生したときその責任は全面的にその事業主が負うことになる。一方で、環境排出物がBODやCO等の基準物質と呼ばれるような排出レベルに関して規制があるようなものの場合、通常、違反が発生した場合においても、即時に罰が与えられるのではなく、行政による事業主との交渉、指導等のプロセスが取られる。したがってこの場合、違反を行った事業主は、違反によって生じた社会的損失に対し結果として必ずしも責任を取らされる訳では

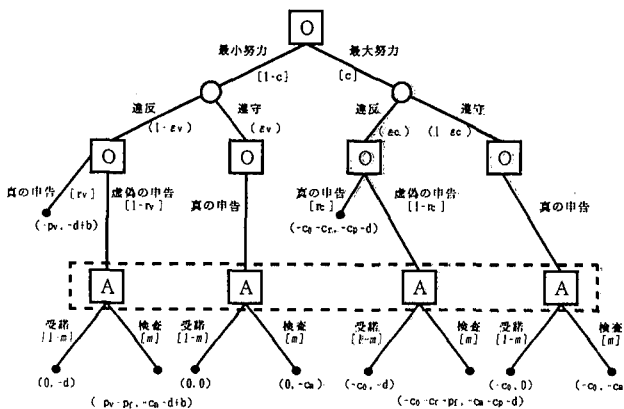
ない。言い換えれば、違反時に違反の理由に関する抗弁が認められている責任制度といえる。違反が繰り返され、事業主による違反が明らかに悪質であると判断されたときのみ、行政罰・刑事罰等の罰則が執行されることになる。近年、環境に対する認識の高まりにつれ、通常汚染物質に関しても、厳格責任制度に近い規制責任システム・懲罰制度が取られるようになってきている。しかしながら、このような責任制度が自己申告制度を含んだ環境規制の執行における効率性に関してにおいてどのような影響を及ぼすかは明らかではない。

本研究では、以上の認識から、環境責任制度の違いが自己申告制度の有効性に与える影響を分析するため、違反者の抗弁を認める場合と認めない場合という2つの異なる環境責任制度の下での規制システムを、規制主体(政府)と被規制主体(事業主)間の非協力ゲームモデルとして定式化し、均衡解分析を通じて環境規制政策の有効な実行方法に関して考察する。まず、本章で違反を行った事業主に違反に関する抗弁を認める責任制度の下での規制システムの実効性に関して分析する。そして、後に4.で違反者に抗弁を認めない厳格責任制度の下での規制システムに関して分析する。

(2) 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、違反となっ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、○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



図－1：自己申告を含んだ環境規制執行ゲーム

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水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、排水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_v (同様に、‘最小努力’の下で‘違反’となる確率を $(1-\varepsilon_v)$) 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

表－1：便益・費用パラメーター

事業主	
c_0	： 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

確率を r_v (よって‘虚偽の申告’の確率を $1-r_v$) 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、‘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告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以下の意味で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とする。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ると、事業主の期待利得 U_O 及び政府の期待利得 U_A は次式ようになる。

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

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

つまり、事業主の期待効用 (U_O) は最大努力に関する期待効用 (第1項) と最小努力時のそれ (第2項) の和となり、一方、政府のそれ (U_A) は事業主の努力水準に関わらず被る期待費用 (第1項)、最大努力時の期待効用 (第2項) 及び最小努力時のそれ (第3項) の和で表されることとなる。

(3) 均衡解析

本環境規制ゲームにおける各プレイヤーは期待効用を最大化する戦略を選択するとしよう。本節では、ゲームのナッシュ均衡を求め、その特性を分析する。ナッシュ均衡解とは、そこから一方的に離脱することにより、いかなるプレイヤーもその期待効用を増大することができないような戦略 (つまり、各々のプレイヤーの完全な意思決定のプラン) の組である。

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。したがって、たとえば政府の最適戦略 $m^{\text{best}}(c, r_c, r_v)$ は、 $m^{\text{best}}(c, r_c, r_v) = \arg \text{Max}_m U_O$ として求まる。このとき、ナッシュ均衡解は、各プレイヤーのこのような最適反応戦略の安定的な組み合わせとして求まることになる。

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。

$$c_a < (1 - \varepsilon_v)b \quad (2)$$

つまり、政府にとり、検査に要するコスト c_a は故意的な規制違反者を発見する期待便益 $(1 - \varepsilon_v)b$ 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 は常に唯一の均衡解を持つが、パラメー

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

ただし、‘—’ は $[0, 1]$ の任意の実数を表す。

タの値の組み合わせによって4つのケースが考えられる。ここで、表－2においてケース1) 2) とケース3) 4) を分ける条件式 $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v}{c_0+\varepsilon_c c_r} > (<) 1$ において、分母は真の申告を行う事業主が最大努力を行うときのコストであり、分子は最小努力を行うときのそれである。したがって、この条件式は事業主が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ことになる。よって、表－2のケース1) 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) 4) はこのインセンティブが小さい場合である。

また、ケース1) と2) を分ける条件式の左辺 $\frac{c_r}{c_r+p_f}$ における分母は、政府による検査を所与としたときの最大努力を行う事業主の虚偽申告時のコストであり、分子は同じ状況下で真の申告を行ったときのコストである。したがって本条件式左辺は、最大努力を行う事業主の虚偽の申告を行うインセンティブを表すことになる。一方、本条件式右辺 $\frac{c_0+\varepsilon_c c_r}{(1-\varepsilon_v)(p_v+p_f)}$ における分母は政府による検査を所与としたとき事業主体が最小努力・虚偽の申告を行うという非協力的な場合における事業主の被るコストであり、また分子は政府による承諾 (無検査) を所与としたとき事業主が最大努力・真の申告を行うという協力的状況下における事業主のコストである。よって本右辺は

全体として、非協力的状況に対する事業主のインセンティブを表している。

一方、ケース 3) および 4) を分ける条件式における左辺 $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v - c_0}{(c_r + p_f)\varepsilon_c}$ の分母は政府による検査を与件としたとき最大努力を行う企業が虚偽の申告を選ぶときのコストである。また分子は政府による受諾を与件としたとき事業主が最小努力・真の申告を選ぶときのコストと最大努力・虚偽の申告を選ぶときのコストの差であり、よって事業主にとっての(政府による受諾下の最小努力・真の申告に対する)検査下の最大努力・虚偽申告の選好度を示している。したがって本項は全体として事業主の最小努力を行い真の申告を行う場合に対する、最大努力を行いかつ虚偽の申告を行うことの相対的なインセンティブを表している。また、条件式における右辺 $\frac{p_v}{p_v + p_f}$ はペナルティー全体における違反に対する罰の占める割合を示している。したがってこれは、事業主の最小努力時の虚偽の申告を行うインセンティブを表す。

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。ケース 1) 2) 4) 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。言い換えれば、このとき事業主は時に遵守努力を行い、時に遵守努力を行わない。また、事業主が遵守努力を行わないときの申告は常に虚偽であることがわかる ($r_v^* = 0$)。事業主の確定的な真の申告は、ケース 1) の場合のみ実現する。ケース 1) は、汚濁処理努力にかかる費用 c_r で代表される現在企業によって使用可能な汚濁処理技術のもとで、式 $\frac{(1-\varepsilon_v)p_v}{c_0 + \varepsilon_c c_r} > 1$ を満たすように違反に対する罰 p_v を設定し、また、 $\frac{c_r}{c_r + p_f} < \frac{c_0 + \varepsilon_c c_r}{(1-\varepsilon_v)(p_v + p_f)}$ となるように虚偽の申告に対する罰 p_f を設定することにより実現できる。そこでは、遵守努力を行ったにも関わらず違反となってしまうとき、事業主は確定的に真の申告を行うことになる ($r_c^* = 1$)。しかしながら、ケース 1) においても遵守努力を行わず違反となった場合の申告は確定的に虚偽となる ($r_v^* = 0$)。

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、事業主の持つ汚濁処理技術に対応したペナルティーを適切に設定することにより、事業主による真の申告を導くことが可能であることが分かったが、一方で、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示された。

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: $c_r \implies p_v$

政府のパラメータ: $-c_p \implies b$

ここで、1つ目のパラメータの変換は、政府は規制遵守努力を行った事業主による違反と努力を行わない事業主による違反を区別しないことを意味する。言い換えれば、事業主は環境に顕在化する結果が違反であれば規制遵守努力に関わらず罰せられ、違反によって起こったダメージに関し責任を持つことになる。一方、2番目の政府のパラメータの交換もまた、遵守努力を欠く事業主による違反と努力を行った事業主によるそれは政府にとって無差別であることを意味し、ひとたび違反を起こせばそれによって生ずるダメージの責任・回復義務はすべてその事業主に帰することになる。

以上のパラメータの変更を図-1にて表された抗弁を認める規制ゲーム Γ_1 に行うことにより、(抗弁を認めない)厳格責任制度下の規制ゲーム Γ_2 を得ることができる。 Γ_2 においては $c = 1$ のサブゲーム

表－3：ゲーム Γ_2 におけるナッシュ均衡解
1) $c_a - (1 - \varepsilon_v)b > 0$ 及び $c_a - \varepsilon_c b > 0$ のとき

m^*	c^*	r_c^*	r_v^*
0	0	－	0

2) $c_a - (1 - \varepsilon_v)b < 0$ 及び $c_a - \varepsilon_c b > 0$ 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

3) $c_a - (1 - \varepsilon_v)b < 0$ 及び $c_a - \varepsilon_c b < 0$ のとき

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

(右半分のサブゲーム) と $c = 0$ のサブゲーム (左半分のサブゲーム) が完全に同一的となる。このとき、期待利得は以下のように求まる。

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

$$U_A = -m \cdot c_a + c \cdot \varepsilon_c \{ \{(c_a - b)r_c + b\}m + b \cdot r_c - d \} + (1 - c)(1 - \varepsilon_v) \{ \{(c_a - b)r_v + b\}m + b \cdot r_v - d \} \quad (3)$$

つまり、ゲーム Γ_2 における期待効用はゲーム Γ_1 と同様の構造 (異なるパラメータ) をもつ。

ゲーム Γ_1 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。

ケース 1) においては政府は規制を行わず、また事業主も遵守努力及び真の申告を行なわない。ケース 1) とケース 2) 3) は、条件 $c_a - (1 - \varepsilon_v)b > (<) 0$ にて規定される。本不等式は、事業主が最大努力を行った場合の違反を検知するための検査コストと故意の違反の発見による期待便益の大小関係を表し、前者が後者を上回っているとき政府は規制を行わないことになる。一方、ケース 2) と 3) は、条件 $c_a - (1 - \varepsilon_v)b > (<) 0$ にて区別される。本条件は、事業主が最大努力を行った場合の違反を検知するための検査コストが事業主の努力にも関わらず発生した違反を発見することによる期待便益を上回って (下回って) い

ることを示す。ケース 2) 3) では、政府は確率的に立証検査を実施する。特にケース 2) 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、ケース 3) 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。つまり、政府はケース 3) において事業主による最大遵守努力を常に誘導することができることになる。このとき、政府が整えるべき条件は、虚偽の申告に対する罰 p_f 及び違反に対する罰 p_v が、式 $c_0 + \varepsilon_c p_v < (1 - \varepsilon_v)(p_v + p_f)$ を満たすように設定することである。

5. 結果の考察

本研究では、環境規制における自己申告制度の実効性を分析するために簡単なゲームモデルを用いたが、環境規制問題の本質的構造を反映し得たと考ええる。本モデルの前提が成立するという条件の下であるが、本研究における分析によって以下の知見を得たと考える。

まず、規制遵守努力を行う事業主に対してより寛容な違反者の抗弁を認めた規制システムの下では、政府は工場による最大の規制遵守努力を誘導できないことが明らかになった。これは、抗弁を認めた規制システムは、勤勉な事業主を外生的な不確実性に起因する規制違反の責任から守る一方で、事業主に規制遵守努力を怠るというインセンティブを創造してしまうことに起因すると考えられる。

第2に、違反者の規制遵守努力に関する抗弁を認めない厳格責任規制システムにおいては、規制遵守努力を行っている事業主による真の申告インセンティブを挫くことになる。努力を行う行わないに無関係に結果の規制遵守・違反のみに罰則を準拠させるこの規制システムの下では [ケース 3) を達成する条件の下で]、政府は事業主の基準値遵守のための努力を常に導くことができることがわかった。しかしながら、自己申告の真偽に関わらず発生した違反が罰せられることから、規制遵守努力を行った事業主の真の自己申告を行う誘引を妨げることになる。

最後に、本研究で検討した2つの責任・懲罰制度のいずれの場合も規制遵守努力を行わない被規制主

体による真の申告を誘導できない。自己申告制度は(故意に)規制遵守努力を怠っている被規制主体からの真の自己申告ではなく、努力を行ったにも関わらず外生的要因により違反となった被規制主体による違反申告を対象としたシステムとして認識できる。

6. おわりに

本研究では、環境規制における自己申告制の有効性を、非協力ゲーム理論を用いて解析した。そのとき、環境規制の持つ不確実性と責任・懲罰構造に注目し、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。本研究により、環境規制システムの実効性を分析する1つの方法としてゲーム論的アプローチの有益性を示し得たと考える。

なお、本研究はその緒に着いたばかりであり、今後多くの残された課題がある。まず、本ゲームモデルにおいて各主体の環境規制に関する費用・便益パラメータは完全情報としてすべての主体にとり既知であると考えている。しかしながら、実際の環境規制を考えれば、違反により事業主の得る便益や違反によってもたらされる社会的被害等は、事業主、政府あるいはその両方にとって観測できないと考える方が妥当であろう。このような情報の非対称性を考慮した環境規制の分析のためには、たとえば不完備情報下のゲームモデルへの拡張が考えられる。また、本研究において各規制システムの有効性は、誘導された事業主の規制遵守努力レベルによって評価された。しかしながら、規制システムの効率性に関しては分析されていない。さらに、均衡解を決定する規制に関する費用便益パラメータがすべて独立かつ外生的に与えられているため、各パラメータの社会的相互関係を含めた厳格な定義が与えられていない。環境規制主体である政府及び被規制主体である事業主の利得を同時に評価し、規制システム全体の社会的効率性を評価する必要がある。本規制ゲームに関する社会的厚生関数を定義することにより、各主体の利得のより明確な定義や各規制システムの効率性に関する比較検討が可能となろう。

謝辞 本研究の遂行にあたって、京都大学大学院 小林潔司教授、東北大学大学院 文世一先生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) Downing, P. and Watson, W. D.: The Economics of Enforcing Air Pollution Controls, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 1, pp. 219-236, 1974.
- 2) Harford, J. D.: Firm Behavior under Imperfectly Enforceable Pollution Standards and Taxes, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 5, pp. 26-43, 1978.
- 3) Viscusi, W. K. and Zeckhauser, R. J.: Optimal Standards with Incomplete Enforcement, *Public Policy*, Vol. 27, No. 4, 1979.
- 4) Linder, S. H. and McBride, M. E.: Enforcement Costs and Regulatory Reform - The Agency and Firm Response -, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 11, No. 4, pp. 327-346, 1984.
- 5) Harrington, W.: Enforcement Leverage When Penalties are Restricted, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 37, pp. 29-53, 1988.
- 6) Avenhaus, R.: Monitoring the Emission of Pollutants by Means of the Inspector Leadership Method, *Information and Decision Technologies*, Vol. 16, pp. 229-247, 1990.
- 7) Russell, C. S.: Game Models for Structuring Monitoring and Enforcement Systems, *Natural Resources Modeling*, Vol. 4, No. 2, pp. 143-173, 1990.
- 8) Kilgour, D. M., Fang, L. and Hipel, K. W.: Game-Theoretic Analysis of Enforcement of Environmental Laws and Regulations, *Water Resources Bulletin*, Vol. 28, No. 1, pp. 141-153, 1992.
- 9) Scholz, J. T.: Cooperation, Deterrence, and the Ecology of Regulatory Enforcement, *Law and Society Review*, Vol. 18, No. 2, pp. 179-224, 1984a.
- 10) Scholz, J. T.: Voluntary Compliance and Regulatory Enforcement, *Law and Policy*, Vol. 6, pp. 385-404, 1984b.
- 11) 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.
- 12) Kaplow, L. and Shavell, S.: Optimal Law Enforcement with Self-Reporting of Behavior, *Journal of Political Economy*, Vol. 102, No. 3, pp. 583-606, 1994.
- 13) Malik, A. S.: Self-Reporting and the Design of Policies for Regulating Stochastic Pollution, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 24, No. 3, pp. 241-257, 1993.
- 14) Harford, J. D.: Self-Reporting of Pollution and the Firm's Behavior under Imperfectly Enforceable Regulations, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 14, No. 3, pp. 293-303, 1987.
- 15) 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.

福山 敬

本研究では、非協力ゲームモデルを用いて環境規制における自己申告制度の有効性を検討する。その際、違反者に抗弁を認める責任制度とこれを認めない厳格責任制度という環境規制における2つの代表的責任制度に着目し、環境規制システムを展開型ゲームによってモデル化する。それぞれのゲームのナッシュ均衡解を規定する費用便益パラメータを検討することにより、それぞれの責任制度下にある環境規制システムにおいて自己申告制度が真に有効となるために規制主体が整えるべき条件を明らかにする。さらに、2つのゲームにおける均衡解の比較検討により、望ましい環境責任制度のあり方について考察する。

GAME-THEORETIC ANALYSES OF ENFORCEMENT OF ENVIRONMENTAL REGULATIONS WITH SELF-REPORTING SYSTEMS

By Kei FUKUYAMA

Formal game-theoretic models are developed to study systematically the self-reporting systems that industrial and other enterprises are often required to implement to demonstrate their compliance to environmental regulations. Two specific systems are modeled and analyzed in detail using extensive form games. The first self-reporting system includes strict liability, whereby an operator is liable for injurious discharges, but can use defenses if it can demonstrate that reasonable care was taken to prevent discharges in violation of environmental standards. The second extensive game models of absolute liability system, in which the operator is solely responsible for violations, no matter how they were caused. Comparison of Nash equilibria for a range of values of model parameters indicates when self-reporting systems are truly effective, and suggests the circumstances under which a strict liability system, or an absolute liability system, is preferable.
