

汚染処理技術の長期的改善インセンティブの確立を目指した 環境規制システムに関する基礎的研究

鳥取大学大学院 学生員 ○吉村 晋

鳥取大学工学部 正会員 福山 敬
鳥取大学工学部 正会員 小林 潔司

1. はじめに

近年、被規制主体に自発的な処理努力を誘引するという短期的環境規制問題に関する多くの研究がなされている。一方、被規制主体により良い汚染処理技術の導入を動機づけるという長期的規制システムに関する研究はほとんどなされていない。本研究では、非協力ゲーム理論を用いて被規制主体の技術高度化を誘引するための規制基準値更新方策を分析し、有効な長期的環境規制システムの構築を試みる。

2. 長期的環境規制問題

環境規制における長期的規制問題とは、規制主体（政府）が被規制主体（企業）に将来環境排出物の縮小をもたらす技術の高度化を行う誘引を与えるという問題である。企業がある時点において要求された環境基準を満足している（短期的規制の遵守）としても、企業に技術の高度化に代表される長期的な汚染排出の縮小をもたらす努力のインセンティブがなければ、将来における持続可能な環境をめざした規制政策とはいえない。

本研究ではこのような企業の長期的インセンティブを与える規制政策として政府による環境基準値の上昇に焦点を当てる。政府が基準値を現行のまま維持するとき、企業は新たな技術を開発・導入することなく規制を遵守することができる。このとき、企業は積極的に新技術を導入する誘引を持たない。一方、政府により現行の環境基準値が上げられるならば、企業は現行の技術では規制遵守を行えなくなる。新たな技術の開発のインセンティブを持つことになる。しかしながら、過度の厳しい規制は企業の経営状態を悪化させる恐れがあり、最悪の場合、企業を経営不可能にしてしまう。政府の基準値操作による長期的規制は企業の操業が維持されてはじめてその長期的インセンティブをもたらすことになる。

3. 政府及び企業の行動

長期的環境規制問題のモデル化に際し、主体（政府・企業）の意思決定を定義する。政府の行動は規制の基準値を上げるか（ $y = 1$ ）、または現状を維持するか（ $y = 0$ ）を選ぶことであるとする。基準値を上げるとは、汚染物質の規制濃値の上限を下げたり、現在規制されていない物質

について新たに基準値を設定することを意味する。また、政府は企業に特定の技術を強制的に導入させることも可能であるとする。そのとき、さらに操業を維持していくことが可能である確率を p で表す。企業の操業が不可能となる場合は、その企業が倒産することを意味し、政府及び企業はそれぞれ $-b_A$ 及び $-b_F$ の負の利得を受け取り、ゲームは終了する。本研究では、自主的に技術を高度化するインセンティブを与えるため、企業が自主的に技術の高度化を図った場合、政府は続く n 期間は基準値更新を保留し、現状の規制水準を維持することとなる。

次に、企業について考える。長期的規制問題における企業の行動は自主的に汚染物質の処理技術を高度化するか（ $x = 1$ ）、否か（ $x = 0$ ）の選択によって表せられるとする。技術を高度化するとは、より低い費用で 1 単位当たりの汚染物質を処理することができる技術を新たに開発・導入することである。自主的に処理技術を高度化する企業はそれに関わる固定費用を被るが、次期から（ n 期間）基準値が保留されることにより処理費用を（ c_s だけ）低く押さえることができることになる。これに対して、自主的に処理技術を高度化しない場合、企業は現在使用している技術で汚染排出物の処理を行なうことになる。

企業が自主的に技術の高度化を行なう度に政府の得られる利得を e_v とし、強制的に導入させたときに政府の得られる利得を e_f とする。また、企業が自主的に技術を高度化するときの費用を c_v とし、強制的に新技術を導入させられたときの費用を c_f とする。以上の費用・便益パラメーターは NM 効用で評価されているものとする。

本研究では問題をマルコフ戦略ゲームに限定するため、基準値と技術水準の相互関係について以下の仮定を設ける。つまり、企業の持つ汚染処理技術の水準は政府の定める規制基準値の水準に対して相対的に表現でき、共に無限に改善可能であるとする。ゲームの開始時点においては、基準値及び技術水準は同水準であるとする。政府が基準値を上げた場合はそれが企業のもつ技術水準に対して 1 段階厳しくなり、一方、企業が処理技術の開発・導入を行うと基準値に対して技術水準が 1 段階だけ上昇する。したがって、基準値及び技術水準が共に 1 段階ずつ増

加すると再びゲームの初期状態と同一の水準となる。各主体は毎期ごとにこのような基準値及び技術水準の相対的な関係のみを考慮して行動し、このゲームは企業が操業不可能になってしまう場合を除いて永久に繰り返される。以上説明したゲームモデルの概念図を図1に示す。

いま、各主体の期待効用は各期の利得の現在価値の総和からなっているものとする。政府及び企業の割引因子を δ_A 及び δ_F で表したとき、各々の期待効用 $U_A(x, y)$ 及び $U_F(x, y)$ はそれぞれ以下の再帰等式で与えられる。

$$U_A(x, y) = y\delta_A\{e_f + pU_A(x, y) + (1-p)(-b_A)\} + (1-y)\delta_A\{x(c_v + \delta_A^{n+1}U_A(x, y)) + (1-x)U_A(x, y)\} \quad (1)$$

$$U_F(x, y) = x\left\{-c_v + \delta_F^t\left(\sum_{i=1}^n \delta_F^{i-1}c_s + \delta_F^n U_F(x, y)\right)\right\} + (1-x)\delta_F\{y\delta_F\{-c_f + pU_F(x, y) + (1-p)(-b_F)\} + (1-y)U_F(x, y)\} \quad (2)$$

ここで、 $(e_f - (1-p)b_A)/(1-\delta_A p) < c_v/(1-\delta_A^{n+2})$ を仮定する。これは、企業が技術を自主的に高度化するならば、政府は基準値を上げるのを控えることを選択することを意味する。政府及び企業はそれぞれ式(1)及び式(2)の期待効用を最大とする戦略を選ぶこととなる。

4. 均衡解分析と考察

本研究では、ナッシュ均衡概念を用いてゲームを分析する。ナッシュ均衡とは、他のプレイヤーが各々の戦略から逸脱しないことが所与とされるとき、いかなるプレイヤーも自分の戦略から逸脱するインセンティブを持たないという均衡概念である。

本研究における均衡解は利得パラメータの大小関係により9つのケースに分類される(図2)。ケースVは混合戦略を均衡解として持ち、残りのケースの均衡解は純粋戦略となっている。ここで、ケースVII、VIII、IXでは、企業の戦略に関らず政府は最初の手番において必ず基準値を上げることとなり、仮定に反するために以下での詳細な分析の対象としない。結果として、6つのケースを分析対象として、その考察を以下に示す。

ケースI、IVの場合は無条件に企業が技術の高度化を行うという結果となる。ケースII、III、VIにおいては企業による自発的な技術の高度化は全く行われず、本研究で提案された規制システムが有効ではなくなっていることが分かる。その要因としては、開発・導入の費用が高価な為に企業の自主的な技術高度化の誘因が喪失している場合(III, VI)、及び、企業が操業不可能となることを政府が恐れる為に強制的に技術を改善させるというイ

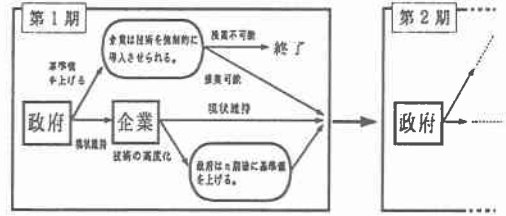


図1 ゲームモデルの概念図

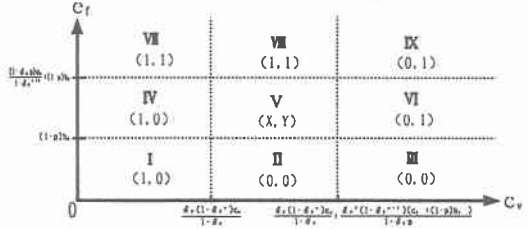


図2 均衡解 (x^*, y^*) の分類

ンセンティブが喪失している場合(II, III)の2つが考えられる。ケースVでは、企業が処理技術を開発・導入するために被る費用が、それによって得られる便益を上回っている為に、企業の自主的な技術高度化を動機づけるには政府による誘引が必要である。さらに、政府は企業の技術が高度化されたことにより得られる期待効用が、企業が操業不可能になってしまう場合に得られる期待効用を上回っており、政府は混合戦略を執ることとなる。このとき、均衡解は企業が技術を(確率的に)開発・導入することを導くのに十分な確率で政府が基準値を上げるといふ、混合戦略均衡解 $(x^*, y^*) = (X, Y)$ となる。ただし、 X 及び Y の値はそれぞれ下式に定義される定数となる。

$$X = \frac{(1-\delta_A)(e_f - (1-p)b_A)}{(1-\delta_A p)c_v - \delta_A(1-\delta_A^{n+1})(c_f - (1-p)b_A)} \quad (3)$$

$$Y = \frac{(1-\delta_F)(c_v - \sum_{i=1}^n \delta_F^{i-1}c_s)}{\delta_F^n(1-\delta_F^{n+1})(c_f + (1-p)b_F) - \delta_F(1-\delta_F p)(c_v - \sum_{i=1}^n \delta_F^{i-1}c_s)} \quad (4)$$

その確率はパラメータの大小によるが、さらに、この規制システムをより効果的なものとするためには、政府が変数 n について式(3)を最大化させる必要がある。

5. おわりに

本研究では、ゲームモデルを用いて規制主体と被規制主体が非協力的に行動するような場合において、被規制主体が自主的に汚染処理技術を高度化するという長期的改善インセンティブの確立を達成させる条件を明らかにした。ここで示された規制の諸特性は、本研究で構築された単純化したゲームにおいて成立するものではあるが、今後より効率的で社会的に望ましい規制システムを構築する為の研究の1つの方向を示し、長期的インセンティブを考慮した環境保護規制方策を検討していく上で基礎的な枠組みを提供しようとする。