

〈論 文〉

寡占競争下における環境 R&D と環境政策について*

前 鶴 政 和

1. はじめに

本稿は、ある財市場において寡占企業が汚染物質を排出するような財の生産を行っているが、同時に排出量を削減するような技術に研究開発投資を行うような状況において、政府による最適な環境政策がどのようなものであるかを分析する。

本稿では、汚染物質を排出するような財を生産し、財市場においてクールノー競争を行う2企業（企業1、2と呼ぶ）のモデルを考える。まず、政府は環境政策として、汚染物質の排出量に排出税を課すものとする。そのような状況において、企業は、汚染物質の排出量を削減するような技術の研究開発（環境 R&D と呼ぶ）に投資するものとする。

本稿のモデルは、2段階のゲームから構成されるものとする。第1段階において、各企業は環境 R&D の結果として生じる排出削減水準を設定する。また、環境 R&D に伴ってスピルオーバーが生じるものとする。その際、環境 R&D の形態として、非協力的な研究開発のケースと共同研究開発のケースを考える。

* 本稿は2003年度日本経済学会春季大会において報告した論文を加筆・修正したものです。報告の際、座長ならびに討論者の細江守紀教授（九州大学）、大内田康徳講師（北九州工業高等専門学校）より貴重なコメントを賜りました。ここに記して感謝の意を表します。ただし、本稿における誤謬のすべては、筆者の責任に帰するものです。

なお、本稿は2003年度大阪経済法科大学研究補助金の成果の一部です。

非協力的な研究開発のケースにおいては、各企業は個別の利潤関数を最大化するように排出削減水準を設定するものとする。一方、共同研究開発のケースにおいては、各企業は共同利潤関数を最大化するように排出削減水準を設定するものとする。第 2 段階においては、第 1 段階で決定された排出削減水準に基づき、各企業は生産量に関するクールノー競争を行うものとする。

本稿の分析は、Chiou & Hu (2001)、Katsoulacos & Xepapadeas (1996) などに依存する。

Chiou & Hu (2001) は、排出税が課されている状況でクールノー競争を行う 2 企業が環境 R&D に投資する際に、様々な形態の RJV (Research Joint Venture) を形成するものと考え、各形態における均衡排出削減水準及び均衡産出量を比較しているが、排出税については考慮していない。また、Katsoulacos & Xepapadeas (1996) は、排出税及び環境 R&D 補助金が課されている状況で、クールノー競争を行う 2 企業が環境 R&D に投資する際の、最適な排出税率及び環境 R&D 補助金率を導出しているが、共同研究開発については扱っていない。

本稿の構成は次の通りである。第 2 節で、基本モデルを示し、均衡における排出削減水準及び生産量を求める。第 3 節で、非協力的な研究開発と共同研究開発のケースにおける最適な排出税率を導出し、その性質を明らかにする。第 4 節で、両ケースの最適な排出税率を比較する。第 5 節で、結論と今後の課題を述べる。

2. モデル

本節は、Chiou & Hu (2001)、Katsoulacos & Xepapadeas (1996) に基づいて、基本モデルを提示する。同質財を生産する 2 企業 (企業 1、2) を考える。2 企業は財市場でクールノー競争を行う。また、2 企業の生産にともなって、汚染物質が排出されるものとする。

このモデルは 2 段階ゲームの構造をもつ。第 1 段階において、2 企業は汚

染物質の排出量を減らすために、排出削減水準 x_i を選択する。 x_i だけ排出量を削減するための環境 R&D 費用関数を次のように定義する。

$$\Gamma_i(x_i) = \gamma x_i^2 / 2, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

ただし、 $\gamma > 0$ である。

また、この排出削減技術への研究開発投資に伴って、スピルオーバーが生じるものとする。したがって、企業 i ($i = 1, 2$) の排出量を e_i とすると、 e_i は次式で表される。

$$e_i = q_i - x_i - \beta x_j \geq 0, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (2)$$

ただし、 q_i は企業 i の産出量、 β はスピルオーバーの程度を表し、 $0 \leq \beta \leq 1$ を仮定する。すなわち、企業 i の排出量は、自己の環境 R&D 投資の成果である x_i に加えて、スピルオーバーによって、他企業の環境 R&D 投資の成果である x_j の β 倍だけ削減される。

第 2 段階において、2 企業は、第 1 段階で決定された排出削減水準を所与として、彼らの産出量を同時に選択する。このゲームの解はサブゲーム完全均衡解として与えられる。すなわち、後ろ向き帰納法によってこのゲームの解が求められる。

財市場の逆需要関数は、次式によって与えられる。

$$p = a - Q \quad (3)$$

ただし、 p は市場価格、 $Q = q_1 + q_2$ は 2 企業の総生産量を表す。分析の便宜上、生産費用はゼロと仮定する。

したがって、企業 i の利潤関数は次式で与えられる。

$$\Pi_i = pq_i - t(q_i - x_i - \beta x_j) - \gamma x_i^2 / 2, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (4)$$

ただし、 t は政府が排出物 1 単位あたりに課す排出税率を表す。

(4) 式で与えられる利潤関数の最大化の 1 階の条件は、次式で与えられる。

$$a - 2q_i - q_j - t = 0, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (5)$$

(5) 式は、産出量に関する反応関数を表す。(5) 式の反応関数を解くと、次のような均衡における産出量が得られる。

$$q_1 = q_2 = q = (a - t) / 3 \quad (6)$$

2.1 非協力的な研究開発のケース

本節では、非協力的な研究開発のケース、すなわち、2企業が第1段階において個別の利潤を最大化するように排出削減水準を決定するケースを扱う。

第1段階における企業の利潤関数は、次式のように表される。

$$\Pi_i = q^2 + t(x_i + \beta x_j) - \gamma x_i^2 / 2, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (7)$$

利潤関数(7)式の最大化の1階の条件は、次のように表される。

$$t - \gamma x_i = 0 \quad (8)$$

したがって、均衡における排出削減水準は次のようになる。

$$x_1 = x_2 = x = t / \gamma \quad (9)$$

このとき、(6)式と(9)式を(2)式に代入すると、均衡における排出量は次のようになる。

$$\begin{aligned} e &= q - (1 + \beta)x \\ &= \frac{1}{3}(a - t) - \frac{1 + \beta}{\gamma}t \end{aligned} \quad (10)$$

2.2 共同研究開発のケース

本節では、共同研究開発のケース、すなわち、2企業が第1段階において共同利潤を最大化するように排出削減水準を決定するケースを扱う。

第1段階において、両企業の共同利潤関数は、次式のように表される。

$$V = \sum_{i=1}^2 \Pi_i \quad (11)$$

均衡における排出削減水準を $x_1 = x_2 = x$ とおくと、共同利潤関数の最大化

の 1 階の条件は、次のように表される。

$$2(1+\beta)t - 2\gamma x = 0 \quad (12)$$

したがって、均衡における排出削減水準は次のようになる。

$$x = \frac{1+\beta}{\gamma} t \quad (13)$$

このとき、(6) 式と (13) 式を (2) 式に代入すると、均衡における排出量は次のようになる。

$$\begin{aligned} e &= q - (1+\beta)x \\ &= \frac{1}{3}(a-t) - \frac{(1+\beta)^2}{\gamma} t \end{aligned} \quad (14)$$

3. 最適な排出税率

3.1 非協力的な研究開発のケース

本節では、2.1 節の分析に基づき、非協力的な研究開発のケースにおける最適な排出税率を導出する。

ここで、各企業の排出する汚染物質が環境に損失をもたらしているという点を考慮する。すると、政府の目的関数は、2 企業の利潤、消費者余剰及び排出税収の和から環境損失を差し引いたものとして、次式のように与えられる。

$$W = aQ - Q^2/2 - \gamma x^2 - D(2e) \quad (15)$$

ただし、 $D(2e) = \frac{d}{2}(2e)^2 = 2de^2$ は、2 企業によって排出された汚染物質による環境損失を表す。また、 $Q = 2q$ である。

(15) 式で、排出税率に関する最大化の 1 階の条件から、最適な排出税率は次のように求められる。

$$t^N = \frac{d \{4\gamma^2 + 12(1+\beta)\gamma\} - 8\gamma^2}{4d \{\gamma + 3(1+\beta)\}^2 - 8\gamma^2 - 18(1+2\beta)\gamma} a \quad (16)$$

ただし、N は非協力的な研究開発 (non-cooperative R&D) を表す。

(16) 式を (9) 式に代入すると、排出削減水準は次のようになる。

$$x^N = \frac{d \{4\gamma + 12(1+\beta)\} - 8\gamma}{4d \{\gamma + 3(1+\beta)\}^2 - 8\gamma^2 - 18(1+2\beta)\gamma} a \quad (17)$$

また、(16) 式を (6) 式に代入すると、産出量は次のようになる。

$$q^N = \frac{4d \{(1+\beta)\gamma + 3(1+\beta)^2\} - 6(1+2\beta)\gamma}{4d \{\gamma + 3(1+\beta)\}^2 - 8\gamma^2 - 18(1+2\beta)\gamma} a \quad (18)$$

3.2 共同研究開発のケース

本節では、2.2 節の分析に基づき、共同研究開発のケースにおける最適な排出税率を導出する。

(15) 式で、排出税率に関する最大化の 1 階の条件から、最適な排出税率は次のように求められる。

$$t^C = \frac{4d\gamma \{\gamma + 3(1+\beta)^2\} - 8\gamma^2}{4d \{\gamma + 3(1+\beta)^2\}^2 - 8\gamma^2 - 18(1+\beta)^2\gamma} a \quad (19)$$

ただし、C は共同研究開発 (cooperative R&D) を表す。

(19) 式を (9) 式に代入すると、排出削減水準は次のようになる。

$$x^C = \frac{4d(1+\beta) \{\gamma + 3(1+\beta)^2\} - 8(1+\beta)\gamma}{4d \{\gamma + 3(1+\beta)^2\}^2 - 8\gamma^2 - 18(1+\beta)^2\gamma} a \quad (20)$$

また、(19) 式を (6) 式に代入すると、産出量は次のようになる。

$$q^C = \frac{4d \{(1+\beta)^2\gamma + 3(1+\beta)^4\} - 6(1+\beta)^2\gamma}{4d \{\gamma + 3(1+\beta)^2\}^2 - 8\gamma^2 - 18(1+\beta)^2\gamma} a \quad (21)$$

4. 排出税率の比較

本節では、前節で導出された均衡における排出税率を、非協力的な研究開発のケースと共同研究開発のケースとで比較する。

ここで、前節で得られた均衡排出税率に関して、パラメータに具体的な数値を与えて、シミュレーション分析を行う。

排出税率について、 $a=10, d=3, \gamma=5$ を仮定すると、(16) 式と (19) 式から、図1が得られる。

図1より、次のような命題が得られる。

命題1

非協力的な研究開発のケースと共同研究開発のケースとで均衡排出税率を比較すると、次のような式が得られる。

$$(i) \quad t^N \geq t^C$$

ただし、等号が成立するのは、 $\beta=0$ のときのみである。

$$(ii) \quad \frac{d(t^N - t^C)}{d\beta} > 0$$

すなわち、スピルオーバーの程度がゼロの場合には、両ケースの均衡排出税率は等しくなるが、スピルオーバーの程度が正の場合には、非協力的な研究開発のケースの方が、共同研究開発のケースよりも排出税率が高くなること、また、スピルオーバーの程度が大きくなるにつれて、両ケースにおける均衡排出税率の格差が拡大するということが分かった。

5. 結論と今後の課題

本稿では、ある財市場において寡占企業が汚染物質を排出するような財の生

産を行っているが、同時に環境 R&D 投資を行うような状況を想定した。

また、環境 R&D に伴ってスピルオーバーが生じるものとし、環境 R&D の形態として非協力的な研究開発のケースと共同研究開発のケースを考えた。その上で、政府による最適な環境政策がどのようなものであるかを分析した。

分析の結果として、スピルオーバーの程度がゼロの場合には、両ケースの均衡排出税率は等しくなるが、スピルオーバーの程度が正の場合には、非協力的な研究開発のケースの方が、共同研究開発のケースよりも排出税率が高くなること、また、スピルオーバーの程度が大きくなるにつれて、両ケースにおける均衡排出税率の格差が拡大するということが分かった。

このことは、直観的には次のように理解できる。

まず、スピルオーバーの程度がゼロの場合には、非協力的な研究開発のケースでも共同研究開発のケースでも企業の環境 R&D インセンティブに差は生じない。したがって、企業の環境 R&D インセンティブを促進させるための最適な排出税率も等しくなる。

しかし、スピルオーバーが生じる場合には、非協力的な研究開発のケースよりも共同研究開発のケースの方が、スピルオーバーを内部化するために、企業の環境 R&D インセンティブは高くなる。したがって、企業の環境 R&D インセンティブを促進させるための最適な排出税率は、環境 R&D インセンティブの低い非協力的な研究開発のケースの方が、より高くなるのである。

本稿には次のような問題点がある。まず、2企業の環境 R&D 費用が異なるケースを分析する必要がある。また、環境 R&D の成果に不確実性が生じるかもしれない。

以上のようなことを考慮に入れて本稿の分析を拡張することが、今後の課題である。

参考文献

- Barrett, S. (1994), 'Strategic Environmental Policy and International Trade,' *Journal of Public Economics*, vol.54, pp.325-338.
- Chiou, J.R. and J.L. Hu (2001), 'Environmental Research Joint Ventures under Emission Taxes,' *Environmental and Resource Economics*, vol. 20, pp. 129-146.
- Conrad, K. (1993), 'Taxes and Subsidies for Pollution-Intensive Industries as Trade Policy,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 25, pp.121-135.
- Egteren, H.V. and M. Weber (1996), 'Market Permits, Market Power, and Cheating,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 30, pp.161-173.
- Hinlopen, J. (1997), 'Subsidizing Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers,' *Journal of Economics*, vol.66, No.2, pp.151-175.
- 細江守紀・藤田敏之編 (2002), 『環境経済学のフロンティア』, 勁草書房.
- Jung, C., Krutilla, K. and R. Boyd (1996), 'Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: An Evaluation of Policy Alternatives,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 30, pp.95-111.
- Katsoulacos, Y. and A. Xepapadeas (1996), 'Environmental Innovation, Spillovers and Optimal Policy Rules,' in C. Carraro, Y. Katsoulacos and A. Xepapadeas (ed.), *Environmental Policy and Market Structure*, pp.143-150, Kluwer Academic Publishers.
- Kolstad, C.D. (1999), *Environmental Economics*, Oxford University Press. (細江守紀・藤田敏之の監訳 (2002), 『環境経済学入門』, 有斐閣.)
- Malik, A. (1990), 'Markets for Pollution Control When Firms are Noncompliant,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 18, pp.97-106.
- Milliman, S.R. and R. Prince (1989), 'Firms Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 17, pp.247-265.
- Montero, J.P. (2002), 'Permits, Standards, and Technology Innovation,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 44, pp.23-44.
- Nannerup, N. (2001), 'Equilibrium Pollution Taxes in a Two Industry Open Economy,' *European Economic Review*, vol. 45, pp.519-532.
- Parry, J. (1998), 'Pollution Regulation and the Efficiency Gains from Technology Innovation,' *Journal of Regulatory Economics*, vol. 14, pp. 229-254.
- Spulber, D. (1989), *Regulation and Markets*, The MIT Press.
- Tirole, J. (1988), *The Theory of Industrial Organization*, The MIT Press.
- Ulph, A. (1996), 'Environmental Policy and International Trade When Government and Producers Act Strategically,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 30, pp.265-281.

図1 均衡排出税率の比較

