

国際寡占競争下の環境 R&D、スピルオーバーと 環境政策について*

前 鶴 政 和

1. はじめに

本稿は、2国の企業が第3国市場に財を輸出しており、各国の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(環境 R&D と呼ぶ)投資を行うような状況を想定する。その際、政府が企業の環境 R&D 投資の決定の後に環境政策を決定する場合に、各国政府が環境政策に関して非協動的である場合と協動的である場合とで排出削減水準を比較する。

本稿では、2国(自国と外国)に汚染物質を排出するような財を生産する企業が1つずつ存在し(企業1、2と呼ぶ)、第3国市場においてクールノー競争を行うモデルを考える。その際、各国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、各国企業は環境 R&D に投資するものとする。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。

本稿のモデルは、3段階のゲームから構成されるものとする。ここで、通常の政策のタイミングとは異なり、各国企業が環境 R&D 投資の水準を決定し

*) 本稿は、大阪経済法科大学研究補助金の成果の一部です。ここに記して感謝の意を表します。

た後で、各国政府が環境政策（排出税率）を決定するものとする¹⁾。すなわち、まず第1段階において、各国企業が環境 R&D 投資の結果として生じる排出削減水準を決定する。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、各国政府が排出税率を決定するものとする。その際、各国政府が排出税率を非協調的に決定する場合（非協調税と呼ぶ）と排出税率に関して協調する場合（協調税と呼ぶ）とを考える。最後に、第3段階で、第1段階で決定された排出削減水準及び第2段階で決定された排出税率を所与として、各国企業が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)、Conrad (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。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。さらに、Conrad (2001) は Voluntary Agreement の下で通常とは政策のタイミングが異なる際の排出税について分析している。ただし、Conrad (2001) は汚染物質を排出する中間投入財の存在が仮定されているが、本稿では環境 R&D を考慮しているという点が異なる。

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、排出税率及び生産量を求める。第3節で、非協調税の場合と協調税の場合とで排出削減水準を比較する。第4節で、結論と今後の課題を述べる。

1) この点については、Conrad (2001) を参照。

2. モデル

本節は、Chiou & Hu (2001)、Conrad (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国の企業(企業1、2)を考える。2国企業は第3国市場でクールノー競争を行う。なお、2国企業は自国、外国には財は供給しないものとする²⁾。また、2国企業の生産にともなって、生産量と同じ量の汚染物質が排出されるものとする。

このモデルは3段階ゲームの構造をもつ。第1段階において、2国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。

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

ただし、 $\gamma > 0$ である。

また、この排出削減のための環境 R&D 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 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 ($i=1,2$) 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、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 x_j の β 倍だけ削減される。

第2段階において、各国政府は、第1段階で決定された排出削減水準を所与として、排出税率を決定する。

各国政府の社会厚生関数は次のように与えられる。

$$W_i = \Pi_i + t_i(q_i - x_i - \beta x_j) - d(e_i)^2 / 2, \quad i, j=1,2; i \neq j \quad (3)$$

ただし、 Π_i は企業 i の利潤関数、 t_i は各国政府が企業 i の排出する汚染物質1単位あたりに課す排出税率、 $d(e_i)^2 / 2$ は汚染物質による第 i 国の環境損失を表す。ここで、越境汚染は考えないものとする。

2) この点については、Conrad (1993)、Barrett (1994)などを参照。

第3段階において、第2国企業は、第1段階で決定された排出削減水準及び第2段階で決定された排出税率を所与として、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。

第3国市場の逆需要関数は、次式によって与えられる。

$$p = a - Q \quad (4)$$

ただし、 p は価格、 $Q = q_1 + q_2$ を表す。

企業 i の利潤関数は、次式で与えられる。

$$\Pi_i = pq_i - t_i(q_i - x_i - \beta x_j) - \gamma x_i^2 / 2, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (5)$$

分析の便宜上、生産費用はゼロと仮定する。

(5) 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。

$$a - 2q_i - q_j - t_i = 0, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (6)$$

(6) 式は、産出量に関する反応関数を表す。(6) 式の反応関数を解くと、次のような産出量のサブゲーム・ナッシュ均衡値が得られる。

$$q_i(t_i, t_j) = (a - 2t_i + t_j) / 3, \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (7)$$

2.1 非協調的な排出税のケース

本節では、非協調的な排出税のケース、すなわち、各国政府が第2段階において個別の社会厚生を最大化するように排出税率を決定するケースを扱う。

(2)、(3)、(5)、(7) 式より、第2段階における政府 i の社会厚生関数は、次式のように表される。

$$W_i = \{a - q_i(t_i, t_j) - q_j(t_i, t_j)\} q_i(t_i, t_j) - \gamma x_i^2 / 2 - d \{q_i(t_i, t_j) - x_i - \beta x_j\}^2 / 2 \quad (8)$$

社会厚生関数 (8) 式の最大化の1階の条件から、次のような排出税率に関する反応関数が得られる。

$$t_i = \frac{1}{4(1+d)} \{2d-1\}(a+t_j) - 2d(x_i + \beta x_j), \quad i, j = 1, 2; i \neq j \quad (9)$$

(9) 式を解くと、サブゲーム・ナッシュ均衡における排出税率は次のように与えられる。

$$t_i^N(x_i, x_j) = (Aa - Bx_i - Cx_j) / D \quad (10)$$

ただし、 $A = 3(2d + 1)(2d - 1)$ 、 $B = 2d(4 - \beta) + 4d^2(2 + \beta)$ 、 $C = 2d(4\beta - 1) + 4d^2(2\beta + 1)$ 、 $D = 16(1 + d)^2 - (2d - 1)^2$ を表す。また、上付きの N は非協調税 (non-cooperative tax) を表す。

ここで、(10) 式を (7) 式に代入すると、次のようなサブゲーム・ナッシュ均衡における産出量の式が得られる。

$$q_i^N(x_i, x_j) = \frac{1}{3D} \{ (D - A)a + (2B - C)x_i + (2C - B)x_j \}, i, j = 1, 2; i \neq j \quad (11)$$

(10)、(11) 式を用いて、(5) 式の企業 i の利潤関数を次のように表すことができる。

$$\Pi_i^N(x_i, x_j) = q_i^N(x_i, x_j)^2 + t_i^N(x_i, x_j)(x_i + \beta x_j) - \gamma x_i^2 / 2, i, j = 1, 2; i \neq j \quad (12)$$

(12) 式の利潤最大化の 1 階の条件から、企業 i の排出削減水準に関する反応関数が得られる。そのようにして得られた反応関数を解くことによって、サブゲーム完全均衡における排出削減水準が次のように求められる。

$$x^{N*} = \frac{F}{E - G} a \quad (13)$$

ただし、 $E = 9D^2\gamma - 2(2B - C)^2 - 18BD$ 、 $F = 2(2B - C)(D - A) + 9DA$ 、 $G = 2(2B - C)(2C - B) - 9D(C + B\beta)$ を表す。また、* はサブゲーム完全均衡を表す。ここで、 $x^{N*} = x_1^{N*} = x_2^{N*}$ が成立する。

このとき、サブゲーム完全均衡における各国企業の生産量は次のように表される。

$$q^{N*} = \frac{1}{3D} \{ (D - A)a + (B + C)x^{N*} \} \quad (14)$$

また、サブゲーム完全均衡における各国政府の排出税率は、次のように表される。

$$t^{N*} = \frac{1}{D} \{ Aa - (B + C)x^{N*} \} \quad (15)$$

2.2 協調的な排出税のケース

本節では、協調的な排出税のケース、すなわち、両国政府が第2段階において両国の社会厚生を和を最大化するように排出税率を決定するケースを扱う。

第2段階において、両国政府の共同厚生関数は、次式のように表される。

$$W = \sum_{i=1}^2 W_i \quad (16)$$

$t = t_1 = t_2$ とおくと、(8)、(16) 式より、共同厚生関数の最大化の1階の条件から、次のような排出税率の式が得られる。

$$t^C(x_1, x_2) = \frac{1}{2(4+d)} \{2(1+d)a - d(1+\beta)(x_1 + x_2)\} \quad (17)$$

ただし、上付きの C は協調税 (cooperative tax) を表す。

ここで、(17) 式を (7) 式に代入すると、次のようなサブゲーム・ナッシュ均衡における産出量の式が得られる。

$$q_i^C(x_i, x_j) = \frac{1}{6(4+d)} \{6a + d(1+\beta)(x_i + x_j)\}, i, j = 1, 2; i \neq j \quad (18)$$

(17)、(18) 式を用いて、(5) 式の企業 i の利潤関数を次のように表すことができる。

$$\Pi_i^C(x_i, x_j) = q_i^C(x_i, x_j)^2 + t^C(x_1, x_2)(x_i + \beta x_j) - \gamma x_i^2 / 2, i, j = 1, 2; i \neq j \quad (19)$$

(19) 式の利潤最大化の1階の条件から、企業 i の排出削減水準に関する反応関数が得られる。そのようにして得られた反応関数を解くことによって、サブゲーム完全均衡における排出削減水準が次のように求められる。

$$x^{C*} = \frac{12 \{d(1+\beta) + 3(4+d)(1+d)\}a}{36(4+d)^2\gamma - 4d^2(1+\beta)^2 - 18(4+d)(1+\beta)} \quad (20)$$

ここで、 $x^{C*} = x_1^{C*} = x_2^{C*}$ が成立する。このとき、サブゲーム完全均衡における各国企業の生産量は次のように表される。

$$q^{C*} = \frac{1}{6(4+d)} \{6a + 2d(1+\beta)x^{C*}\} \quad (21)$$

また、サブゲーム完全均衡における各国政府の排出税率は、次のように表される。

$$t^{C*} = \frac{1}{2(4+d)} \{2(1+d)a - 2d(1+\beta)x^C*\} \quad (22)$$

3. 排出削減水準の比較

本節では、前節で得られたサブゲーム完全均衡における排出削減水準に関して、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。

パラメータに関して、 $a=100, \gamma=50, d=5$ を仮定すると、協調税の場合と非協調税の場合の排出削減水準が、図1のように表される。

図1より、次のような命題が得られる。

命題1

非協調税と協調税の下でのサブゲーム完全均衡における排出削減水準を比較すると、次のような式が成り立つ。

- (i) $x^{C*} > x^{N*}$
- (ii) $\partial x^{N*} / \partial \beta < 0, \partial x^{C*} / \partial \beta > 0$

命題1より、次のようなことが分かった。まず、スピルオーバーの程度に関わらず、協調税の場合の方が非協調税の場合よりも排出削減水準が高いということが明らかになった。また、スピルオーバーの程度が大きくなるにつれて、非協調税の下での排出削減水準は次第に減少するが、協調税の下では次第に増加する。すなわち、両者の格差は増大するということが分かった。

これは、次のように考えることができる。本稿のように各国企業が排出削減水準を決定した後で各国政府が排出税率を決定するモデルでは、各国企業は排出削減水準を増加させて各国政府の課す排出税率を低下させようとする。ここで、非協調税と協調税を比較した場合、非協調税の下では、「環境ダンピング」

と呼ばれる現象が生じる。これは、環境規制の厳しい国の企業は、環境規制の緩やかな国の企業との競争に不利になるので、各国政府は環境規制を緩やかに設定し、企業間競争に有利なようにするというものである。したがって、非協調税の下では排出税率は低くなる。ところが、協調税の下では、環境ダンピングは生じることなく、2国の社会厚生のを最大化するように、高い排出税率が課されることになる。すると、各国企業はそのことを考慮に入れて、各国政府が協調的に排出税率を決定するときには、非協調税の場合よりも排出削減水準を増加させて、各国政府の課す排出税率を低下させようとするのである。

次に、スピルオーバーの程度が大きくなると、環境 R&D の成果（排出削減水準）の排出税率への影響を捨象して考えれば、各国企業は相手国企業の環境 R&D の成果にただ乗りしようとするため、環境 R&D へのインセンティブが低下する。ここで、環境 R&D の成果が排出税率に与える影響に目を向ける。すると、非協調税の下では、(9) 式に表されているように、スピルオーバーの程度が大きくなれば、相手国企業の環境 R&D の成果によって各国の環境損失が大きく改善されるようになるため、排出税率は低下する。したがって、このような意味でも各国企業はただ乗りしようとするため、排出削減水準は減少することになる。しかし、協調税の下では、(17) 式に表されているように、各国企業の環境 R&D の成果が各国政府の排出税率の決定に同じように影響を与える。そのため、排出税率を通じてスピルオーバーの内部化が実現され、環境 R&D へのインセンティブが高まり、その結果、排出削減水準は増加すると考えられる。

4. 結論と今後の課題

本稿では、第3国市場に2国の企業が汚染物質を排出するような財を輸出しているが、同時に環境 R&D 投資を行うような状況を想定した。各国政府が環境政策として排出税を課し、また排出税率を決定するタイミングが企業による環境 R&D 投資の決定の後である場合に、各国政府が排出税に関して非協調的

国際寡占競争下の環境 R&D、スピルオーバーと環境政策について

に決定する場合と協調的に決定する場合の排出削減水準を比較した。

分析の結果として、以下のようなことが明らかになった。

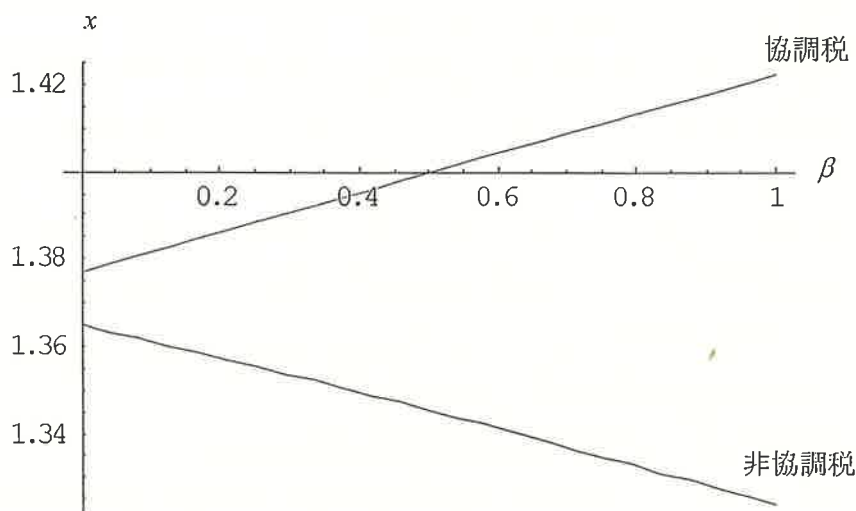
①スピルオーバーの程度に関わらず、協調税の方が非協調税の場合よりも排出削減水準が高い。

②スピルオーバーの程度が大きくなるにつれて、非協調税の下での排出削減水準は次第に減少するが、協調税の下では次第に増加する。すなわち、両者の格差は増大する。

本稿ではスピルオーバーの程度が対称的な状況を扱っているが、スピルオーバーの程度が非対称な状況も考えられる。また、2国の企業が汚染物質を排出する場合に、越境汚染の問題を考察する必要がある。

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。

図1 排出削減水準の比較



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.
- Conrad, K. (2001) , 'Voluntary Environmental Agreements vs. Emission Taxes in Strategic Trade Models,' *Environmental and Resource Economics*, vol. 19, pp.361-381.
- Egteren, H.V. and M. Weber (1996) , 'Market Permits, Market Power, and Cheating,' *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 30, pp.161-173.
- 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.
- Hinloopen, J. (1997) , 'Subsidizing Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers,' *Journal of Economics*, vol.66, No.2, pp.151-175.
- 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.