

〈論文〉

環境問題がある場合の「privatization neutrality theorem」 についての研究

加藤 一彦*

Privatization Neutrality Theorem with Applications to Environmental Problems

Kazuhiko Kato

Abstract

With regard to a series of studies on the effect of the subsidization in a mixed duopoly, called *irrelevance result* or *privatization neutrality theorem*, this paper reexamines them based on the environmental problems. In addition, this paper shows that the first best outcome can be obtained with the budget balanced under some objectives of a public firm.

1. はじめに

混合寡占の研究において「irrelevance result」もしくは「privatization neutrality theorem」と呼ばれている一連の研究がある。生産補助金を適切に課せば、以下の3つの場合で最適な生産補助金の額は変わらず、かつ、社会厚生最大化が実現するというものである。

1. 公企業と私企業が同時に生産量を決定する場合。
2. はじめに公企業が生産量を決定し、次に私企業が生産量を決定する場合。
3. 公企業が民営化された後、同時に生産量を決定する場合。

この研究は、White (1998) や Poyago-Theotoky (2001)、Myles (2002)、Kato and Tomaru (2007) 等で行われてきている¹⁾。上記の研究で共通している設定では、公企業の目的は社会厚生最大化であり、公企業は完全に公的部門により保有されているか、民営化後、完全に民間部門に保有されているかのいずれかの状況が考えられている。一方、Tomaru (2006) では、公企業の部分民営化を

* 亜細亜大学経済学部准教授 kato@asia-u.ac.jp

¹⁾ Fjell and Heywood (2004) や Matsumura and Tomaru (2010) は従来の研究結果とは異なり、「irrelevance result」もしくは「privatization neutrality theorem」が成立しない状況を示している。

考えており、公企業の目的を社会厚生と自己利潤の加重平均和最大化としている²⁾。得られた結果は今までと同様、社会厚生最大化が実現できるというものの、最適生産補助金の額は部分民営化の程度によらない、というものであった³⁾。

本論文では、「irrelevance result」もしくは「privatization neutrality theorem」について以下の2つの点を分析する。まず、Tomaru (2006)のように公企業の部分民営化を認めたモデル上で、環境問題が存在する場合に「irrelevance result」が成立するか否かについて検証する。用いる設定は Barcena-Ruiz and Garzon (2006)、Kato (2006, 2010, 2011)、Naito and Ogawa (2009)に従う。つまり、生産時に環境に害をもたらす汚染物が排出されるものの、企業は汚染物の排出削減に関する投資を行うことでその量を減らすことができるという設定である。本研究が従来の「irrelevance result」もしくは「privatization neutrality theorem」の研究と大きく異なる点は、企業は生産量だけを選択するだけではなく、排出削減に関する投資量も選択するという点にある。そのため、従来の研究では政府の政策は生産補助金だけを課すものであったが、今回は2つの政策の組み合わせ、特に本論文では排出税と削減投資補助金を考えている。次に、Roy Chowdhury (2009)と同様、税や補助金の収支を均衡させつつ、「irrelevance result」もしくは「privatization neutrality theorem」は成立するのか？もし、成立するのであれば、公企業はいかなる目的関数を持つべきであるか、について考察する。

本論文で得られた結果は以下の通りである。まず、Tomaru (2006)で得られた結果と同様、最適排出税額と最適削減投資補助金額は部分民営化の程度にかかわらず、どちらも一定となり、かつ、それらの水準の下で社会厚生は最大化される。つまり、最善の配分が実現する。次に、税や補助金の収支を均衡させながら、「irrelevance result」もしくは「privatization neutrality theorem」が成立するような公企業の目的関数について例を挙げた。

次節以降、本論文は以下のように構成されている。第2節ではモデルを提示する。第3節では社会厚生を最大化するような最善の配分について導出する。第4節では企業行動を所与の下、最適排出税額と最適削減投資補助金を求め、その下で社会厚生が最大になることを示す。第5節では税や補助金の収支を均衡させつつ、社会厚生を最大化するためには、公企業がいかなる目的関数を持つべきかについて探る。第6節ではこの論文の帰結を述べる。

2. モデル

公企業（以下、企業0と呼ぶ）と自国私企業（以下、企業1と呼ぶ）がそれぞれ1社ずつ存在する状況を考える。各社それぞれ同質財を生産し、同時手番の数量競争をするものとする。逆需要関数は所与

2) 部分民営化のモデルの解説については Bös (1991) と Matsumura (1998) を参照のこと。

3) Tomaru (2006) では、公企業と私企業が同時に意思決定をする場合を考察しており、逐次に意思決定する場合は考えていない。逐次に意思決定する場合には、Fjell and Heywood (2004) から明らかなように「irrelevance result」は成立しない。

とし、 $p(Q) = \alpha - Q$ で表されるものとする。ここで Q は総生産量を表し、 $Q = q_0 + q_1$ が成立する。なお、 q_0 は企業 0 の生産量、 q_1 は企業 1 の生産量を表す。また、 a は正の値であると仮定する。各企業の生産に関わる費用は $c_i^p(q_i) = cq_i^2/2$, ($i = 0, 1$) と表され、 c は正の値である。

また、各企業は生産時に生産物 1 単位あたり 1 単位の汚染物を排出すると仮定する。各企業は汚染物を削減するにあたって、生産量を減らすだけではなく、汚染物を削減する投資を行うことでも削減できるとする。その削減投資量を a_i 、その費用を $c_i^a(a_i) = ka_i^2/2$ とし、 k は正の値であると仮定する。なお、企業 i の排出する汚染物は $e_i(q_i, a_i) = q_i - a_i$ で表されるものとする。汚染物は環境に損害をもたらす。その環境損害額は総汚染物 $E = e_0 + e_1$ の関数になっており、 $D(E) = d(e_0 + e_1)^2/2$ とする。

政府は汚染物 1 単位あたり t の従量税を課すとともに、削減投資量 1 単位あたり s の補助金を全ての企業に課すものとする。なお、これらの政策に関わる支出入については消費者に対して一括所得移転の形で行われるものとする。

これらの設定の下、各企業の利潤関数は以下のように示される。

$$\pi_i(q_0, q_1, a_i) = (\alpha - Q)q_i - \frac{cq_i^2}{2} - \frac{ka_i^2}{2} - t(q_i - a_i) + sa_i. \quad (1)$$

社会厚生は以下のように示される。

$$W(q_0, q_1, a_0, a_1) = \int_0^Q p(s)ds - \sum_{i=0}^1 \frac{cq_i^2}{2} - \sum_{i=0}^1 \frac{ka_i^2}{2} - \frac{d(q_0 - a_0 + q_1 - a_1)^2}{2}. \quad (2)$$

企業 1 の目的は自己利潤最大化 $\pi_1(q_0, q_1, a_1)$ である。企業 0 の目的 $U_0(q_0, q_1, a_0, a_1)$ は以下の式で表される。

$$U_0(q_0, q_1, a_0, a_1) = \theta W(q_0, q_1, a_0, a_1) + (1 - \theta)\pi_0(q_0, q_1, a_0), \quad \theta \in [0, 1]. \quad (3)$$

上記の公企業の目的については、Bös (1991) や Matsumura (1998) で用いられたものと同様であり、公的部門と民間部門による公企業の共同所有、つまり、公企業の部分民営化を認めている。 θ は部分民営化の程度を表しており、 $\theta = 0$ の場合には、公企業は完全に民営化され、自己利潤最大化を目的として行動する。また、 $\theta = 1$ の場合には、公企業は完全に公的部門のみに保有され、社会厚生最大化を目的として行動する。

ゲームのタイミングは以下の通りである。はじめに政府が排出税の額 t と削減投資補助金の額 s を同時に決める。その後、企業はそれらの額を所与とした下で、生産量 q_i と排出削減投資量 a_i を同時に選択する。

次節以降では、部分民営化の程度 θ にかかわらず、最適排出税額と削減投資補助金額が一意に求まり、かつ、社会厚生が最大になることを示す。なお、計算簡単化のために $c = k = d = 1$ の場合についてのみ示す。得られた結果はこれらの変数の特定化によらない。なお、変数の値の関係によっては、税が補助金になるケースもありうる。

3. モデル分析—最善のケース—

政府が全ての企業の生産量および削減投資量を選択できる場合を考える。
つまり、政府は以下の最大化問題を解く。

$$\max_{q_0, q_1, a_0, a_1} W(q_0, q_1, a_0, a_1). \quad (4)$$

最大化の 1 階条件は以下の通り。

$$\frac{\partial W}{\partial q_0} = 0 : \alpha - 3q_0 - 2q_1 + a_0 + a_1 = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial W}{\partial a_0} = 0 : q_0 + q_1 - 2a_0 - a_1 = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial W}{\partial q_1} = 0 : \alpha - 2q_0 - 3q_1 + a_0 + a_1 = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial W}{\partial a_1} = 0 : q_0 + q_1 - a_0 - 2a_1 = 0. \quad (8)$$

これら 4 本の式を解くことで、最善の場合の各企業の生産量および削減投資量、社会厚生を求めることができる。結果は以下の通り。

$$q_0^{FB} = \frac{3\alpha}{11}, \quad q_1^{FB} = \frac{3\alpha}{11}, \quad (9)$$

$$a_0^{FB} = \frac{2\alpha}{11}, \quad a_1^{FB} = \frac{2\alpha}{11}, \quad (10)$$

$$W^{FB} = \frac{3\alpha^2}{11}. \quad (11)$$

4. モデル分析—2 段階ゲーム—

2 段階ゲームなので、バックワードインダクションを用いて解いていく。まず、セカンドステージの部分ゲームの均衡を求める。

各企業はそれぞれ以下の最大化問題を解く。

$$\max_{q_0, a_0} U_0(q_0, q_1, a_0, a_1), \quad (12)$$

$$\max_{q_1, a_1} \pi_1(q_0, q_1, a_1). \quad (13)$$

企業 0 と企業 1 の目的関数最大化の 1 階条件はそれぞれ以下の通り。

$$\frac{\partial U_0}{\partial q_0} = 0 : \alpha - 3q_0 - (1 + \theta)q_1 + \theta(a_0 + a_1) - (1 - \theta)t = 0, \quad (14)$$

$$\frac{\partial U_0}{\partial a_0} = 0 : \theta(q_0 + q_1) - (1 + \theta)a_0 - \theta a_1 + (1 - \theta)(s + t) = 0, \quad (15)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = 0 : \alpha - q_0 - 3q_1 - t = 0, \quad (16)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} = 0 : -a_1 + s + t = 0. \quad (17)$$

セカンドステージにおける均衡結果は以下の通りである。

$$q_0^{sb} = \frac{(2 + \theta)\alpha + 3s\theta(2 - \theta) - 2t(1 - 4\theta)}{\Delta}, \quad (18)$$

$$q_1^{sb} = \frac{(2 + 2\theta - \theta^2)\alpha - s\theta(2 - \theta) - t(2 + 5\theta - \theta^2)}{\Delta}, \quad (19)$$

$$a_0^{sb} = \frac{(4 - \theta)\theta\alpha + (8 - 17\theta + 4\theta^2)s + (8 - 21\theta + 7\theta^2)t}{k\Delta}, \quad (20)$$

$$a_1^{sb} = s + t. \quad (21)$$

なお、 $\Delta = 8 + 7\theta - 3\theta^2 > 0$ である。

ファーストステージのゲームを考える。政府はセカンドステージの企業の選択行動を読み込んだ上で、排出税と削減投資補助金額を決定する。なお、 $\tilde{W}(s, t) = W(q_0^{sb}, q_1^{sb}, a_0^{sb}, a_1^{sb})$ と新しく定義し直すことにする。政府は以下の最大化問題を解く。

$$\max_{t, s} \tilde{W}(s, t). \quad (22)$$

上記の最大化問題の1階条件は以下の通り。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{W}}{\partial t} = 0 : & (72 - 124\theta + 143\theta^2 - 61\theta^3 + 6\theta^4)\alpha - (448 - 768\theta + 874\theta^2 - 371\theta^3 + 45\theta^4)s \\ & - (552 - 940\theta + 1049\theta^2 - 442\theta^3 + 69\theta^4)t = 0, \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{W}}{\partial s} = 0 : & (64 - 96\theta + 112\theta^2 - 53\theta^3 + 9\theta^4)\alpha - (384 - 608\theta + 702\theta^2 - 318\theta^3 + 48\theta^4)s \\ & - (448 - 768\theta + 874\theta^2 - 371\theta^3 + 45\theta^4)t = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

上記の2式より、 t と s について求めると

$$t^* = -\frac{\alpha}{11}, \quad (25)$$

$$s^* = \frac{3\alpha}{11}, \quad (26)$$

という結果が得られる。これらを用いて、部分ゲーム完全均衡における各企業の生産量および削減投資量、社会厚生を計算すると以下ようになる。

$$q_0^* = \frac{3\alpha}{11}, \quad q_1^* = \frac{3\alpha}{11}, \quad (27)$$

$$a_0^* = \frac{2\alpha}{11}, \quad a_1^* = \frac{2\alpha}{11}, \quad (28)$$

$$W^* = \frac{3\alpha^2}{11}. \quad (29)$$

前節と本節の結果より、以下の命題1が得られる。

命題1 最適排出税額（補助金額）と最適削減投資補助金額は部分民営化の程度に依存せず、一意に求まる。また、それらにより、社会厚生最大化が実現する。

この結果は、環境問題がない状況の Tomaru（2006）の結果と同様である。この結果の直観は以下の通りである。まず、各企業の操作変数が2つであり、利潤関数や排出物の関数が対称的であるため、2つの規制手段があれば、それらをうまく組み合わせることにより、最適な配分が実現できることになる。次に、最適な排出税や削減投資補助金額が部分民営化の程度から独立である理由は、公企業の目的関数にある。ここで各企業の目的関数の1階条件を列挙すると以下のようになる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial q_0} &= \theta \frac{\partial W}{\partial q_0} + (1 - \theta) \frac{\partial \pi_0}{\partial q_0} = 0, \\ \frac{\partial U}{\partial a_0} &= \theta \frac{\partial W}{\partial a_0} + (1 - \theta) \frac{\partial \pi_0}{\partial a_0} = 0, \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} &= 0, \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} &= 0. \end{aligned}$$

上記の項について、以下の関係が均衡上で成立するように適切に排出税額ならびに削減投資補助金額を設定することを考える。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} &= \frac{\partial W}{\partial q_i}, \\ \frac{\partial \pi_i}{\partial a_i} &= \frac{\partial W}{\partial a_i}, \end{aligned}$$

上記のような設定の下では、明らかに各企業の目的関数最大化の1階条件は社会厚生最大化の1階条件そのものになる。特に従来の研究結果からもわかるように、上記のような調整は適切な政策変数の設定により可能である。そのため、最適排出税額や最適削減投資補助金額は部分民営化の程度に依存しない。

5. 税や補助金の収支均衡を伴う最善の配分の実現法について

本節では、今までの想定状況に少し変更を加え、Roy Chowdhury（2009）の議論を本論文の状況に当てはめ、考察する。Roy Chowdhury（2009）では、対称的な費用関数を持つ企業による同時手番の数量競争を考えている。もちろん、環境問題は考慮しておらず、企業の操作変数も生産量だけである。また、前節までの本論文のように部分民営化を考えているものの、公企業の目的は社会厚生と利潤の加重平均和にさらに消費者余剰をあるウェイト付けし、加えたものになっている。示された結果は、

消費者余剰に対するウェイトを適切に設定すれば、税や補助金の収支を均衡させながら最善の配分が実現できる、というものであった。本論文では、まず、前節までとは異なり、部分民営化を考えずに、以下のような目的関数を持つ公企業と利潤最大化を目的に持つ私企業との同時手番のみを考える。

$$\bar{U}_0(q_0, q_1, a_0, a_1) = W(q_0, q_1, a_0, a_1) + \phi F(q_0, q_1, a_0, a_1). \quad (30)$$

ここで $\phi > 0$ であると仮定する。なお、 $F(q_0, q_1, a_0, a_1)$ は以下の特徴を持つ関数であると仮定する。

$$\frac{\partial^2 F}{\partial q_0^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial a_0^2} < 0, \quad \left| \frac{\partial^2 F}{\partial q_0^2} \right| \geq \left| \frac{\partial^2 F}{\partial q_0 \partial a_0} \right|, \quad \text{and} \quad \left| \frac{\partial^2 F}{\partial a_0^2} \right| \geq \left| \frac{\partial^2 F}{\partial q_0 \partial a_0} \right|. \quad (31)$$

Roy Chowdhury (2009) と同様、企業ごとに排出税額と削減投資補助金額を個別に設定できるものとする⁴⁾。つまり、公企業に対しては排出税 t_0 と削減投資補助金 s_0 を課し、私企業に対しては排出税 t_1 と削減投資補助金 s_1 を課す。以下では一般的な関数形で書かれているものの、前節までと同様の特定化された関数であるとする。

さて、各企業は以下の最大化問題を解く。

$$\max_{q_0, a_0} \bar{U}_0(q_0, q_1, a_0, a_1), \quad (32)$$

$$\max_{q_1, a_1} \pi_1(q_0, q_1, a_1). \quad (33)$$

上記の最大化問題の 1 階条件は以下ようになる。

$$\frac{\partial \bar{U}_0}{\partial q_0} = \frac{\partial W}{\partial q_0} + \phi \frac{\partial F}{\partial q_0} = 0, \quad (34)$$

$$\frac{\partial \bar{U}_0}{\partial a_0} = \frac{\partial W}{\partial a_0} + \phi \frac{\partial F}{\partial a_0} = 0, \quad (35)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = 0, \quad (36)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} = 0. \quad (37)$$

ここで $\pi_1 = p(Q)q_1 - c_1^p(q_1) - c_1^a(a_1) - t_1 e_1(q_1, a_1) + s_1 a_1$ である。

さて、本節では最善の配分が収支均衡の下、実現可能であるか否かについて探る。そのため、最善の配分が満たすべき条件について、確認する必要がある。

社会厚生最大化の条件は以下の通り。

$$\frac{\partial W}{\partial q_i} = p - c_i^{p'} - D' \frac{\partial e_i}{\partial q_i} = 0, \quad (38)$$

$$\frac{\partial W}{\partial a_i} = -c_i^{a'} - D' \frac{\partial e_i}{\partial a_i} = 0. \quad (39)$$

4) Roy Chowdhury (2009) では私企業は n 社存在し、私企業間では同一の生産補助金が課せられる、という設定である。

以下では、まず、最善の配分を実現するような私企業の排出税額と削減投資補助金額が満たすべき条件を探る。次に、それらの収支を均衡するために公企業が持つべき F の条件を探ることにする。まず、私企業の最大化条件を導出する。

私企業の最大化条件は以下の通り。

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = p - c_1^{p'} + p'q_1 - t_1 \frac{\partial e_1}{\partial q_1} = 0, \quad (40)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} = -c_1^{a'} - t_1 \frac{\partial e_1}{\partial a_1} + s_1 = 0. \quad (41)$$

上記の2つの条件式が均衡において最善の配分を実現する条件式と一致するよう、私企業についての排出税額と削減投資補助金額を定めることを考える。具体的には均衡上で(38)と(40)の条件、(39)と(41)の条件がそれぞれ一致すれば良いので、その条件は以下のようなになる。

$$-D' \frac{\partial e_1}{\partial q_1} = p'q^{FB} - t_1 \frac{\partial e_1}{\partial q_1}, \quad (42)$$

$$-D' \frac{\partial e_1}{\partial a_1} = -t_1 \frac{\partial e_1}{\partial a_1} + s_1. \quad (43)$$

上記の2式を用いて、 t_1 と s_1 について解くと次のような結果が得られる。

$$t_1 = D' + p'q^{FB} \left(\frac{\partial e_1}{\partial q_1} \right)^{-1}, \quad (44)$$

$$s_1 = p'q^{FB} \frac{\partial e_1}{\partial a_1} \left(\frac{\partial e_1}{\partial q_1} \right)^{-1} \quad (45)$$

社会厚生が最大化されている場合、各企業の生産量や削減投資量は等しくなる。そのため、収支が均衡するためには、 $t_0 = -t_1$ 、 $s_0 = -s_1$ が成立しなくてはならない。つまり、(34)式と(35)式のそれぞれ第2項目の一部が均衡上で以下のような関係を満たせばよいことになる。

$$\frac{\partial F}{\partial q_0} = \frac{\partial F}{\partial a_0} = 0 \quad \text{when } t_0 = -D' - p'q^{FB} \left(\frac{\partial e_1}{\partial q_1} \right)^{-1} \quad \text{and } s_0 = -p'q^{FB} \frac{\partial e_1}{\partial a_1} \left(\frac{\partial e_1}{\partial q_1} \right)^{-1} \quad (46)$$

上記の条件を満たすよう F を積分等で探す。例えば、次のような目的関数が考えられる⁵⁾。

$$F(q_0, q_1, a_0, a_1) = -\pi_1 - D - t_0 e_0 + s_0 a_0 \quad (47)$$

さて、今、導出した(47)を(30)に代入し、具体的に均衡を解いて確認してみよう。

各企業の最大化問題の1階条件は以下の通り。

$$\frac{\partial \bar{U}_0}{\partial q_0} = \alpha - (3 + \phi)q_0 - 2q_1 + (1 + \phi)(a_0 + a_1) - \phi t_0 = 0, \quad (48)$$

5) 本論文では、 π_1 というように私企業の利潤を F の項の一部として考えた。この中には、私企業の税や補助金の支出入を含めても含めなくても結果は変わらない。また、利潤の代わりに私企業の収入としてもかまわない。

$$\frac{\partial \bar{U}_0}{\partial a_0} = (1 + \phi)(q_0 + q_1) - (2 + \phi)a_0 - (1 + \phi)a_1 + \phi(s_0 + t_0) = 0, \quad (49)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = \alpha - q_0 - 3q_1 - t_1 = 0, \quad (50)$$

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} = -a_1 + t_1 + s_1 = 0. \quad (51)$$

上記の4本の式を用いてセカンドステージにおける均衡結果を求めると以下ようになる。

$$\begin{aligned} q_0^{BB} &= \frac{(3 + 3\phi + \phi^2)\alpha + 3\phi(1 + \phi)s_0 + 3(1 + \phi)s_1 - 3\phi t_0 + (6 + 3\phi - \phi^2)t_1}{\Delta^{BB}}, \\ q_1^{BB} &= \frac{(3 + 2\phi)\alpha - \phi(1 + \phi)s_0 - (1 + \phi)s_1 + \phi t_0 - 2(3 + 2\phi)t_1}{\Delta^{BB}}, \\ a_0^{BB} &= \frac{(3 + 4\phi + \phi^2)\alpha + (7 + 3\phi)\phi s_0 - (5 + 6\phi + \phi^2)s_1 + (5 + \phi)\phi t_0 - 2(3 + 4\phi + \phi^2)t_1}{\Delta^{BB}}, \\ a_1^{BB} &= s_1 + t_1. \end{aligned}$$

なお、 $\Delta^{BB} = 12 + 9\phi + \phi^2 > 0$ である。これらのセカンドステージの均衡結果を所与とした下で、以下の最大化問題を解く。

$$\max_{t_0, t_1, s_0, s_1} W(q_0^{BB}, q_1^{BB}, a_0^{BB}, a_1^{BB})$$

上記の最大化問題の1階条件を導出し、それらから t_0, t_1, s_0, s_1 について解くと以下が得られる⁶⁾。

$$t_0^{BB} = \frac{\alpha}{11}, \quad t_1^{BB} = -\frac{\alpha}{11}, \quad s_0^{BB} = -\frac{3\alpha}{11}, \quad s_1^{BB} = \frac{3\alpha}{11}.$$

計算結果からもわかる通り、公企業については排出税と削減投資税、私企業については排出補助金と削減投資補助金が課せられていることになる。また、これらを $q_0^{BB}, q_1^{BB}, a_0^{BB}, a_1^{BB}$ に代入すると、最善の配分と一致することがわかる。故に以下の命題2が得られる。

命題2 公企業の目的関数を次のように設定する。「社会厚生」+「正の定数」×「-(私企業の利潤) - (環境損害額) - (公企業の排出税の支払額) + (公企業の削減投資補助金額)」。このとき、排出税および削減投資補助金の収支が均衡し、かつ、最善の配分が実現する。

次に Roy Chowdhury (2009) と同様、公企業の部分民営化を考える。部分民営化された公企業が以下のような目的関数を持つと考える。

$$\hat{U}_0 = \theta W(q_0, q_1, a_0, a_1) + (1 - \theta)\pi_0(q_0, q_1, a_0) + \rho(\theta)G(q_0, q_1, a_0, a_1). \quad (52)$$

命題2を参考にして(30)を(52)のような形に変形すると以下ようになる。

6) ファーストステージにおける社会厚生最大化の1階条件については紙面の都合上、省略する。

$$\hat{U}_0 = \theta W + (1 - \theta)\pi_0 + (1 - \theta) \left(\int_0^Q p(s)ds - pQ - 2D \right).$$

つまり、以下が成立すれば両式は一致する。

$$\begin{aligned} \rho(\theta) &= 1 - \theta, \\ G(q_0, q_1, a_0, a_1) &= \int_0^Q p(s)ds - pQ - 2D. \end{aligned}$$

$\int_0^Q p(s)ds - pQ$ は消費者余剰を表している。これらにより、以下の命題3が得られる。

命題3 公企業の部分民営化を考える。公企業の目的が $\theta W + (1 - \theta)\pi_0$ である場合、さらに $(1 - \theta)$ (消費者余剰-環境損害額の2倍)を公企業の目的に加えると、部分民営化の程度にかかわらず、税や補助金の収支を均衡させつつ、社会厚生最大化が実現できる。

6. おわりに

本論文では環境問題のある場合における「irrelevance result」、もしくは「privatization neutrality theorem」について分析した。また、税や補助金等の収支を均衡させつつ、かつ、社会厚生を最大にするような公企業の持つべき目的関数にはどういったものがあるのかについて例を挙げた。

今回の研究について、最後に2点だけコメントしたい。まず、本論文では、政府の規制手段として、排出税と削減投資補助金を挙げた。もちろん、2つの操作変数に対して2つの政策変数を割当て、かつ、直接、操作変数に影響を与えるようなものであればどのような組み合わせでもかまわない。したがって、排出税の代わりに生産補助金を用いても同様の結果が得られる。次に、本論文では関数の特定化を行い、分析をしているものの、ある程度、一般化した条件でも同じような結果が得られると思われる。最後の点については今後の研究課題としたい。

参考文献

- [1] Bárcena-Ruiz, J. C. and Garzón, M. B. (2006). "Mixed oligopoly and environmental policy," *Spanish Economic Review*, **8**, 139-160.
- [2] Bös, D. (1991). *Privatization: a theoretical treatment*. Clarendon Press, Oxford.
- [3] Roy Chowdhury, P. (2009). "Mixed oligopoly with distortions: first best with budget-balance and the irrelevance principle," *Economics Bulletin*, **29**, 1873-1888.
- [4] Fjell, K. and Heywood, S. (2004). "Mixed oligopoly, subsidization and the order of firm's moves: the relevance of privatization," *Economics Letters*, **83**, 411-416.
- [5] Kato, K. (2006). "Can allowing to trade permits enhance welfare in mixed oligopoly?," *Journal of Eco-*

- nomics*, **88**, 263–283.
- [6] Kato, K. (2010). “Partial privatization and environmental policies,” MPRA Paper 27630, University Library of Munich, Germany.
 - [7] Kato, K. (2011). “Emission quota versus emission tax in a mixed duopoly,” *Environmental Economics and Policy Studies*, **13**, 43–63.
 - [8] Kato, K. and Tomaru, Y. (2007). “Mixed oligopoly, privatization, subsidization, and the order of firms’ moves: Several types of objectives,” *Economics Letters*, **96**, 287–292.
 - [9] Matsumura, T. (1998). “Partial privatization in mixed duopoly,” *Journal of Public Economics*, **70**, 473–483.
 - [10] Matsumura, T. and Tomaru, Y. (2010). “Market structure and privatization policy under international competition,” Mimeo.
 - [11] Myles, G. (2002). “Mixed oligopoly, subsidization and the order of firm’s moves: an irrelevance result for the general case,” *Economics Bulletin*, **12**, 1–6.
 - [12] Naito, T. and Ogawa, H. (2009). “Direct versus indirect environmental regulation in a partially privatized mixed duopoly,” *Environmental Economics and Policy Studies*, **10**, 87–100.
 - [13] Poyago-Theotoky, J. (2001). “Mixed oligopoly, subsidization and the order of firm’s moves: an irrelevance result,” *Economics Bulletin*, **12**, 1–5.
 - [14] Tomaru, Y. (2006). “Mixed oligopoly, partial privatization and subsidization,” *Economics Bulletin*, **12**, 1–6.
 - [15] White, M. D. (1996). “Mixed oligopoly, privatization and subsidization,” *Economics Letters*, **53**, 189–195.