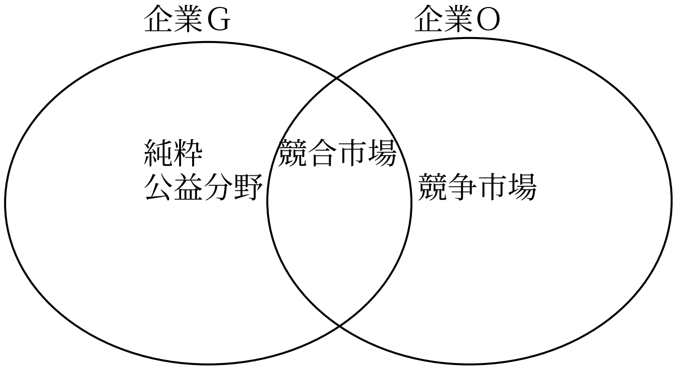
４．不完全競争下での排出権取引　（２）　（ゲーム論的考察－試論）

第３章では、不完全競争下での排出権取引として、完全競争にさらされている企業と、総括原価法式に基づいた経営を行っている企業とが、排出権取引の制度如何によって、どのような影響を受けるのかをナイーブな理論を用いて考察した。しかし、実務に取り組む者であるならばなおさら、その前提の非現実性を痛感しないわけにはいかない。そこで、本節では、議論を少しでも現実に近づけるために、ゲーム論を用いた考察を行う。具体的には製品の差別化と価格競争に直面する２企業の行動戦略のあり方を考えるものである。

（１）　前提

今、総括原価方式に基づいた価格決定を基本とする企業Ｇと、価格に関しては特に厳しい規制を受けない企業Ｏが、ある特定の市場で競合することを想定する。当然前者はガス会社を、後者は石油企業を代表するものとする。（右図参照）

図表１



まず、「企業Ｇが直面する経営環境」は以下の通りである。まず企業Ｇはガス販売を生業とし、純粋な公益分野に関しては、総括原価法式による価格規制が課される。実際の総括原価の決定方法は複雑であるが、ここでは簡略化して考える。具体的には一般に、

価格＝総括原価／想定需要量
総括原価＝営業費＋減価償却費＋税金＋事業報酬
事業報酬（　企業利潤）＝公正報酬率×現有資産価格　　とする。

ここで公正報酬率や現有資産の額は既知のものとして一定と考える。またその他の費用も固定費と販売量に比例する費用で表されるとする。事業報酬をαとすると、公益事業としてのガス料金は、

$$P_g = \frac{C_g(\bar{q}_g) + \alpha}{\bar{q}_g}$$

で表すことができる。ここで Pg=ガス料金、Cg=ガス販売に伴う費用（比例費・変動費＋固

定費）、$\bar{q}$g=想定需要量、α=事業報酬、である。

　一方、企業Oとの競合市場においては、一般の企業と競合するということであるから、文字通り代替財があり、公益財に特有の必需性は存在しない。従って、競合市場におけるガスの販売価格は、規制に縛られることなく自由に設定できると仮定する。すると、企業Gの利潤は、

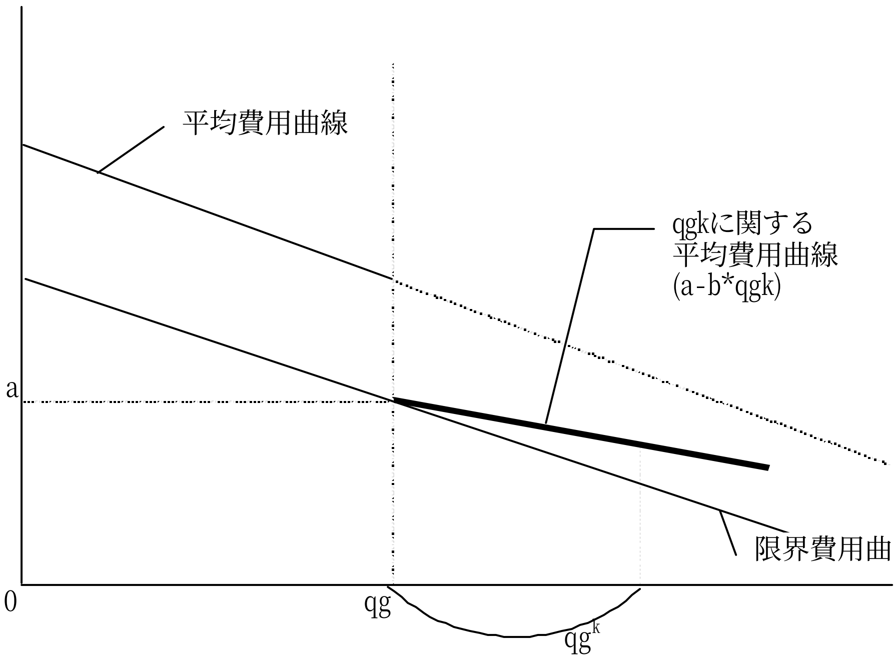
$$\pi_g = P_g \cdot q_g + P_g^k \cdot q_g^k - C_g(q_g) - C_g^k(q_g^k)$$

　ここで、πg=企業Gの利潤、Pg=総括原価法式の下で決定されたガス料金、qg=公益分野での実際のガス販売量、Pg^k=競合市場でのガス料金、qg^k=競合市場でのガス販売量、Cg=公益分野におけるガス販売に伴う総費用、Cg^k=競合市場におけるガス販売に伴う総費用である。ここで簡略化のために、想定需要量と公益分野でのガス販売量が一致しているとする（$\bar{q}$g=qg）。そのとき、ガス販売に伴う費用構造は、規模の経済性があると考えられているため、下図のようになる。ここで想定需要量 qg を越える需要量（ここでは qg^k）のみに関して（つまり初期の固定費は想定需要のみでまかなう）、その平均費用を、

$$AC_g^k(q_g^k) = a - b \cdot q_g^k$$

とする。ここで ACg^k= qg^{k}のみの平均費用、a,b:パラメーター（>0）である。すると利潤は、

図表2



$$\pi_g = (\bar{P}_g \cdot \bar{q}_g + P_g^k \cdot q_g^k) - (C_g(\bar{q}_g) + (a - b \cdot q_g^k) q_g^k)$$

$$\therefore \pi_g = \alpha + P_g^k \cdot q_g^k - (a - b \cdot q_g^k) q_g^k \qquad ・・・・・・・・・ \qquad (4-1)$$

となる。

次に、「企業Oが直面する経営環境」は以下の通りである。競争市場における経営環境は、完全競争市場に近いと仮定する（例えばガソリンにおける過当競争状態）。一方、競合市場においては、競争相手が企業Gのみであり、その価格戦略に応じて石油製品（例えば灯油・重油）価格を決定する。ただし、競合市場においては、後述するように企業Gと企業Oの供給する財は全く同じものではなく、そのため両企業は製品の差別化を図ることにより、価格以外でも競争を行うものとする。このとき、企業Oの利潤は、

$$\pi_o = (P_o \cdot q_o + P_o^k \cdot q_o^k) - C_o(q_o) - C_o^k(q_o^k)$$

とする。ここで、πo=企業Oの利潤、Po=完全競争市場における製品価格（所与）、qo=完全競争市場での石油製品販売量、Po^k=競合市場における製品価格、qo^k=競合市場における販売量、Co=競争市場における製品生産に伴う費用、Cok=競合市場における製品生産に伴う費用である。簡単化のために、競争市場と競合市場においての費用関数は分離できると仮定している。ここで費用関数は企業Gとは異なり逓増段階にあるとして、

$$C_o^k(q_o^k) = j(q_o^k)^2 + i(q_o^k)$$

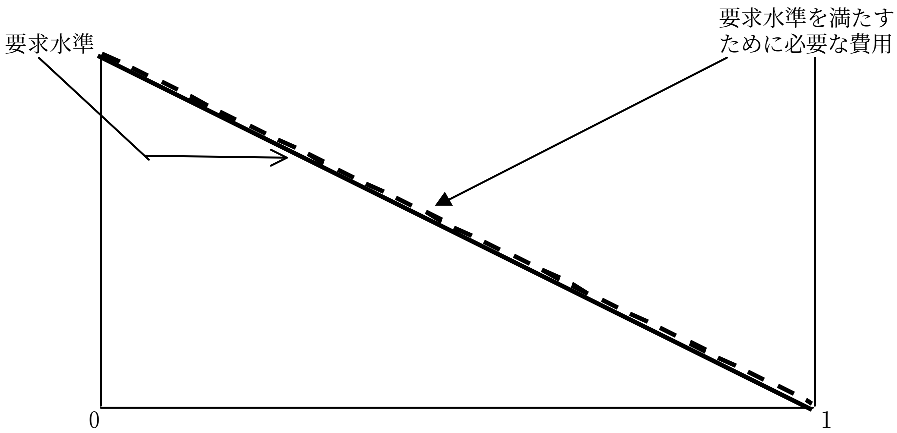
と定式化する。i, j はパラメータである。(i, j＞0)企業Gでは公益分野においてガスの供給責任があるが、企業Oにおいてはない。仮定により、企業Oの競争市場と競合市場の裁定は働かないとしたので、当面競争市場の動向については競合市場を考える際に切り離し、企業Oの利潤を以下のように定式化し直す。すなわち、

$$\pi_o = P_o^k \cdot q_o^k - (j \cdot (q_o^k)^2 + i \cdot q_o^k) \qquad \cdots\cdots \quad (4-2)$$

とする。

（2）　競合市場におけるゲーム

図表３

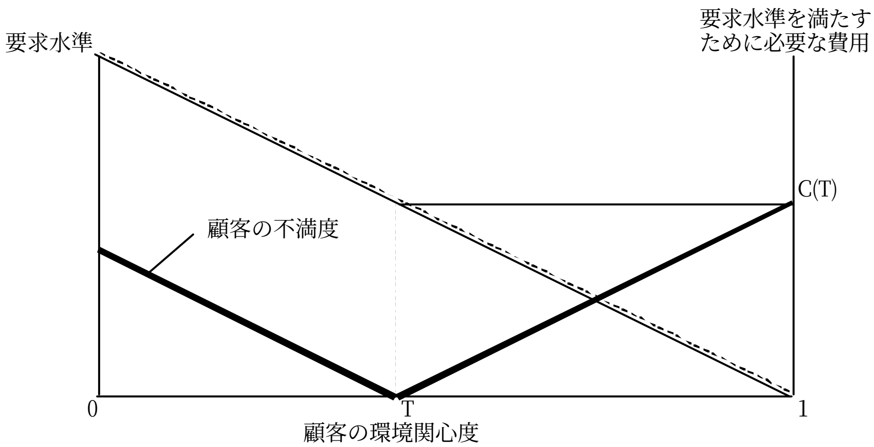


次に、競合市場において、企業G、企業Oがどのような戦略を採用するのかをモデル化する。その前に競合市場の特性として、単に財の価格のみによって需要を決定するのではなく、それ以外の要因も需要量に影響するものとする。企業Gの提供する都市ガスという製品と、企業Oの提供する石油製品（仮定では灯油、

業務用では重油など）とは、同様のサービス（大阪ガスでいうところの「効用」）を提供する一方で、全く同一のものと顧客は認識していない。ここでは企業Ｇ，Ｏも製品の差別化を行い、競争を価格以外でも行うとする。例えば環境というキャラクターが差別化の要素だとしよう。顧客は環境に対して非常に関心を持っている人から全く無頓着な人まで様々である。今、その顧客を環境問題に関心の高い人から順番に０から１の直線上に並べることとする。

そして、彼らが必要と考えている環境水準を縦軸の数値として表す（左目守）とすると、図表３の様になるとしよう（簡単化のために直線で表している）。さらに企業が各顧客の必要としている環境水準を達成するためには、右目守で表されるような何らかの費用が必要であり、簡単化のためにそれが顧客の関心線と重なっていると仮定する。当然企業Ｇと企業Ｏでは同一の環境水準達成のためには異なる費用がかかるのであるが、そのような制約を課しても以下の議論には本質的な変化を生じさせないため、ここでは無視をする。

図表４

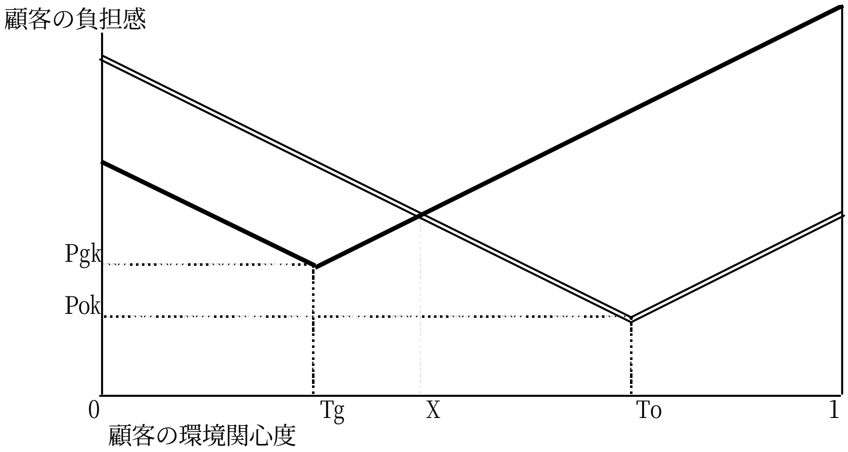


企業は製品の環境水準をどこかに決定する。それをＴ点とすると、企業には製品一単位あたり C(T)のコストが必要となって、それは何らかの形で顧客に負担してもらわざるを得ないこととする。それに対して顧客の満足度（不満度）は図表４の太線のようになる。すなわち、Ｔ点においては顧客の要求水準とそれに必要な費用が一致しているので満足度は中立である。Ｔ点より右側、すなわち１に近い立場にある顧客にとっては、企業の設定する環境水準は自分の関心を超えているため、それに対しては不満はないが、逆に C(T)というコストは高すぎるということで費用面での不満が高まる。当然１に近くなるほど顧客の不満度は高まる。逆にＴ点よりも左側、すなわち０に近い立場にある顧客にとっては、企業の設定する環境水準は自分の関心を満たさないことから不満を感じることとなる。すなわちＴ点という環境水準に対して、より高くなければならないと考える分だけ不満が募ることとなる。従って、０に近くなるほど顧客の不満足は高まることになる。

　ここで、実際の顧客の支払うコストを考えてみる。ここで顧客の負担する実質的な費用

は、製品価格に環境水準やその費用に対する不満感を加えたものである。すなわち、

図表５



顧客の負担感＝製品価格＋企業の環境対応に対する不満

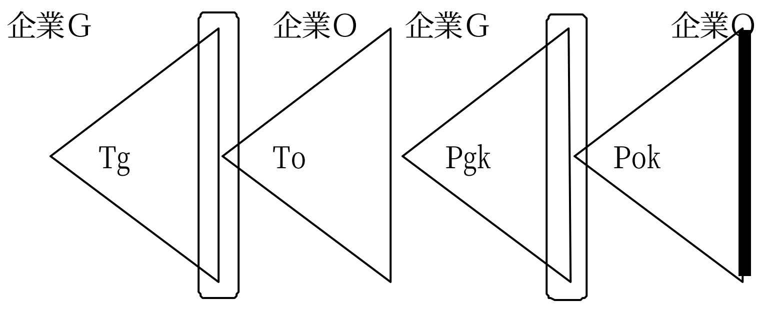
となる。

それを例示したものが図表５である。ここでTg=企業Ｇの選択する環境水準､To=企業Ｏが選択する環境水準、X=顧客の選択肢転換点（X より左に位置する顧客は都市ガスを選び、右に位置する顧客は石油製品を選択する）、Pg^k=ガスの価格、Po^k=石油製品の価格である。ガス、石油製品の実質的な価格をを数式で表せば、それぞれ、

$$
\begin{array}{lll}
P_g^k + (X - T_g^*) & if & T_g^* \geq T_g \\
P_g^k + (T_g - T_g^*) & if & T_g^* \leq T_g \\
P_o^k + (T_0^* - X) & if & T_0^* \leq T_0 \qquad \cdots\cdots \qquad (4-8) \\
P_o^k + (T_o^* - T_o) & if & T_o^* \geq T_o
\end{array}
$$

である。ここで Tg*,To*はそれぞれガス、石油の顧客の環境関心度線上の位置である。顧客は横軸上に均等に（等密度で）並んでおり、競合する財のうちどちらかを選択して需要するとすれば､0～X までの顧客はガスを選択し､X～1 までの顧客は石油を選択することとなる。必然的にガスの販売量 qg^k=X であり、石油製品の販売量は qo^k=1-X である。一方でどのような環境水準であろうとも、またどのような価格水準であろうとも「需要量が一定」であるという前提は、かなり強い仮定であることに注意しなければならない。

図表６



以上のような経営環境の下、両企業は財の環境水準を決めると共に、その価格も決定しなければならない。ここではまず環境水準を両企業独自に決定し、その結果を見た上で（相手の財の環境水準を確認した上で）、次に財の価格を決定することとする。企業Ｇは

公益企業であり、基本的には公正報酬率を得ることが企業活動の目的として料金規制が課されているものの、認可料金が決定した後には自社の利潤を最大にするような企業行動をとるものと仮定する。ただし、公益事業の責務たる公益分野での供給責任は十分に遂行することは言うまでもない。これを「２段階ゲームの展開形」として表すと、図表６のようになる。左の三角形 Tg は、企業Ｇが独自に都市ガスの環境水準を決定することを意味する。次の三角形 To は、企業Ｏが独自に石油製品の環境水準を決定することを意味する。ただし三角形 Tg の底辺が楕円で被われていることは、企業Ｏが To の水準を決定する際、企業Ｇの決定する環境水準 Tg の値がわからないままに意志決定を行うことを表している。次の三角形 Pgk は、企業Ｇが都市ガスの価格を決定することを意味している。今度は三角形 To の底辺が楕円で被われていないので、企業Ｏがどのような環境水準に決定したかという情報は知った上で（そしてもちろんガスの環境水準も知った上で）、価格を決定することができる。最後の三角形 Pok は企業Ｏが石油製品の価格を決定することを意味している。ここで三角形 Pgk の底辺が楕円で被われているので、両企業の決定した環境水準は知りながらも、企業Ｇの製品価格は知らないまま石油製品の価格を決定しなければならない。

以上で基本的なゲームのルールはほぼ明らかになった。従って、このゲームの解を求めるのであるが、これは２段階ゲームの展開形として表されているので、以下では subgame perfect 均衡点を求めることとする。

（３）　解の導出－第一段階－subgame の解

前に定式化したゲームには、環境水準という製品の差別化戦略の結果を前提として、製品価格を決定するというサブゲームが存在する。従って、解を求めるにあたっての第一段階として、まずサブゲームのナッシュ均衡解を求めることが必要である。そのために所与の差別化戦略の下での価格戦略を、利潤最大化という観点から求める。

競合市場における両製品の需要量は、両者の実質的な負担感が均衡する X 点で求められることがわかっている。従って均衡点においては以下の式が成り立つ。

$$P_g^k + (X - T_g) = P_o^k + (T_o - X)$$
$$\therefore X = (P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)\big/2$$
$$= q_g^k \qquad \cdots\cdots \qquad (4-3)$$

ここで Pg^k:競合市場における都市ガスの価格、Po^k=競合市場における石油製品の価格、Tg=

競合市場における企業Gの差別化戦略、To=競合市場における企業Oの差別化戦略、X=２製品の需要均衡点、q_g^k=都市ガスの販売量（＝需要量）である。ここでは都市ガスの方が石油製品よりも環境水準で高い戦略を選ぶことを前提としている。同様に、企業Oの供給する石油製品の販売量（＝需要量）は、

$$q_o^k = 1 - X$$
$$= (P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2 \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-4)$$

ここで q_o^k:石油製品の販売量（需要量）である。ゲームの設定から得られる条件として、

$$0 \le T_g \le X \le T_o \le 1 \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-3)'$$

(4-3),(4-3)′から、

$$0 \le T_g \le (P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)/2$$
$$0 \le 2T_g \le P_o^k - P_g^k + T_o + T_g$$
$$\therefore 0 \le T_g \le P_o^k - P_g^k + T_o \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-5)$$

また、

$$(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)/2 \le T_o$$
$$P_o^k - P_g^k + T_o + T_g \le 2T_o$$
$$\therefore P_o^k - P_g^k + T_g \le T_o \le 1 \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-6)$$

である。また、

$$0 \le q_g^k \le 1, 0 \le q_o^k \le 1 \quad \text{より} \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-3)''$$
$$P_o^k + T_o + T_g - 2 \le P_g^k \le P_o^k + T_o + T_g \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-7)$$
$$P_g^k - T_o - T_g \le P_o^k \le P_g^k + 2 - T_o - T_g \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-8)$$

である。

　パラメーターb は正値と定義づけたが、モデル化の過程でもう一つ条件が加えられている。それは競合市場における最大供給量が１であることから、総費用[$(a-bq_g^k)q_g^k$]は、供給の範囲内でマイナスになってはならないということである。従って供給量($0 \leqq q_g^k \leqq 1$)の範囲で式($a-bq_g^k$)が正値を維持するためには、

$$\frac{a}{2} > b \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-9)$$

という条件を満たすことが必要である。

以下、製品差別化戦略 To,Tg が所与のもとで、各企業が利潤最大化のためにどのような行

動戦略をとるのかを検討する。まず、企業Gについて考察する。式(4-3)を式(4-1)に代入し、整理すると、

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{p}_g &= \boldsymbol{a} + P_g^k(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)\big/2 - (a - b(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)\big/2)\cdot(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)\big/2 \\
&= \boldsymbol{a} + \frac{1}{4}\left\{2P_g^k(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g) - (2a - b(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g))(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)\right\} \\
&= \boldsymbol{a} + \frac{1}{4}\left\{(b-2)(P_g^k)^2 + (2(P_o^k + T_o + T_g) - 2b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a(P_o^k + T_o + T_g))P_g^k \right. \\
&\qquad \left. + (b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a)(P_o^k + T_o + T_g)\right\} \\
&= \boldsymbol{a} + \frac{1}{4}(P_g^k - (P_o^k + T_o + T_g))((b-2)P_g^k - (b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a) \qquad \cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-10)
\end{aligned}$$

○b=2 のとき、

$$\boldsymbol{p}_g = \boldsymbol{a} + \frac{1}{2}(P_g^k - (P_o^k + T_o + T_g))(-(P_o^k + T_o + T_g) + a)$$

・$P_o^k + T_o + T_g > a$ の場合、$P_o^k + T_o + T_g \geq 0$であることから、P_g^kが小さいほど$\boldsymbol{p}_g$は大きくなる。
ただし、$(4-3)''$より、

$P_o^k + T_o + T_g - 2 \leq P_g^k$

$\therefore P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$ のとき、利潤は最大値 $\boldsymbol{p}_g = \boldsymbol{a} + (P_o^k + T_o + T_g - a)$をとる。

・$P_o^k + T_o + T_g = a$ の場合、 つねに $\boldsymbol{p}_g = \boldsymbol{a} + 0$

・$P_o^k + T_o + T_g < a$ の場合、利潤式$\boldsymbol{p}_g$の第二項は常に0以下。最大値は、

$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$ のとき、 $\boldsymbol{p}_g = \boldsymbol{a} + 0$

となる。

○b>2 のとき

$p_g = a + \frac{1}{4}(P_g^k - (P_o^k + T_o + T_g))((b-2)P_g^k - (b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a)$は、$P_g^k$に関して、下に凸の２次関数

$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$、および $\dfrac{b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a}{b-2}$ のとき、p_g式の第二項は0。

$(4-7)''$より、

$P_o^k + T_o + T_g - 2 \leq P_g^k \leq P_o^k + T_o + T_g$

$P_o^k + T_o + T_g < \dfrac{b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a}{b-2}$が成り立つとき、すなわち

$(b-2)(P_o^k + T_o + T_g) < b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a$

$\therefore a < P_o^k + T_o + T_g$のとき、

$P_o^k + T_o + T_g - 2 \le P_o^k + T_o + T_g$から、明らかに$\pi_g$の最大値は$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$のとき

$\pi_g = \alpha + (P_o^k + T_o + T_g - a + b - 2)$　である。

逆に$P_o^k + T_o + T_g \ge \dfrac{b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a}{b-2}$が成り立つとき、すなわち

$a \ge P_o^k + T_o + T_g$のとき、$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$が$\dfrac{b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a}{b-2}$よりも小さければ、

π_gの第二項は0以上になりうる。そのためには

$P_o^k + T_o + T_g - 2 < \dfrac{b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a}{b-2}$

$\therefore a - b + 2 < P_o^k + T_o + T_g$

このとき利潤の最大値は$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$のとき、

$\pi_g = \alpha + (P_o^k + T_o + T_g - a + b - 2)$

　最後に$a - b + 2 > P_o^k + T_o + T_g$　のとき

　このとき利潤の最大値は$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$のとき、

　$\pi_g = \alpha + 0$

である。

○0<b<2 のとき、

$\pi_g = \alpha + \frac{1}{4}(P_g^k - (P_o^k + T_o + T_g))((b-2)P_g^k - (b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a)$は、$P_g^k$に関して、

上に凸の２次関数

極大値を求めるために、企業Gの利潤を価格 Pg^k で微分すると、

$$\frac{\partial \pi_g}{\partial P_g^k} = (P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)/2 + (-1/2)(P_g^k - a + 2b(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)/2)$$

$$= \frac{1}{2}\left\{(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g) - (P_g^k - a + b(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g))\right\}$$

$$= \frac{1}{2}\left\{(b-2)P_g^k - (b-1)(P_o^k + T_o + T_g) + a\right\}$$

である。利潤極大点では微分値は 0 となるため、Pg^k は以下のように求められる。

$$\frac{\partial p_g}{\partial P_g^k}=0$$

$$\therefore (b-2)P_g^k-(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)+a=0$$

$$P_g^k=\frac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2} \qquad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-10)$$

一方、b>2 のときと同様に、場合分けして考えると、

・$P_g^k=P_o^k+T_o+T_g$、および$\dfrac{b(P_o^k+T_o+T_g)-2a}{b-2}$　のとき、p_g式の第二項は0。

$(4-7)$より、

$$P_o^k+T_o+T_g-2\le P_g^k\le P_o^k+T_o+T_g$$

このとき$P_o^k+T_o+T_g\ge\dfrac{b(P_o^k+T_o+T_g)-2a}{b-2}$が成り立つとき、すなわち

$a\le P_o^k+T_o+T_g$　のとき、

ここで$P_g^k=P_o^k+T_o+T_g-2$が$\dfrac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2}$よりも小さければ、

極大値が最大値。そのためには

$$P_o^k+T_o+T_g-2\le\frac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2}$$

$$\therefore a-2b+4\ge P_o^k+T_o+T_g$$

このとき利潤の最大値は$P_g^k=\dfrac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2}$のとき、

$p_g=a+\dfrac{a^2-(P_o^k+T_o+T_g)^2}{4(b-2)}$である。

次に　$a-b+4<P_o^k+T_o+T_g$　のとき

このとき$P_g^k=P_o^k+T_o+T_g-2$は$\dfrac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2}$よりも大きく、

極大値はとりうる範囲内にない。従って利潤の最大値は

$P_g^k=P_o^k+T_o+T_g-2$のとき、

$p_g=a+P_o^k+T_o+T_g-a+b-2$である。

・つぎに$P_o^k + T_o + T_g < \dfrac{b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a}{b-2}$が成り立つとき、すなわち

$(b-2)(P_o^k + T_o + T_g) > b(P_o^k + T_o + T_g) - 2a$

$\therefore a > P_o^k + T_o + T_g$のとき、

$P_o^k + T_o + T_g - 2 \leq P_o^k + T_o + T_g$から、明らかに$p_g$の最大値は$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$のとき

$p_g = a + 0$

以上が企業Gの基本的な戦略である。次に企業Oの戦略を検討する。企業Gで行ったのと同様に、(4-4)を(4-2)に代入し、製品差別化戦略が所与のもとで企業Oの利潤を明らかにすると、

$$p_o = P_o^k(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2 - j((P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2)^2 - i(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2$$
$$= \frac{1}{4}(P_o^k - (P_g^k + 2 - T_o - T_g))\{(-j-2)P_o^k + (j(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + 2i)\}$$

これは Pok に関して、上に凸の二次関数である。従って価格 Po^k で微分することで極大値を求め、Po^k の満たすべき条件を明らかにすると、

$$p_o = P_o^k(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2 - j((P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2)^2 - i(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2$$
$$\frac{\partial p_o}{\partial P_o^k} = (P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2 + (-1/2)(P_o^k - i - 2j(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g)/2)$$
$$= \frac{1}{2}\{(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g) - (P_o^k - i - j(P_g^k - P_o^k + 2 - T_o - T_g))\}$$
$$= \frac{1}{2}\{(-j-2)P_o^k + (j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i\}$$

極値を 0 とおけば、

$$\frac{\partial p_o}{\partial P_o^k} = 0$$
$$\therefore (-j-2)P_o^k + (j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i = 0$$
$$P_o^k = \frac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2} \qquad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (4-11)$$

• $P_o^k = P_g^k + 2 - T_o - T_g$、および$P_o^k = \dfrac{j(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + 2i}{j+2} \quad (>0)$ のとき、

p_o式の第一項は0。(4−8)より、

$P_g^k - T_o - T_g \le P_o^k \le P_g^k + 2 - T_o - T_g$

$P_g^k + 2 - T_o - T_g < \dfrac{j(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + 2i}{j+2}$が成り立つとき、すな わち

$i > P_g^k + 2 - T_o - T_g$のとき、

$P_g^k - T_o - T_g \le P_g^k + 2 - T_o - T_g$から、明らかに$p_o$の最大値は$P_o^k = P_g^k + 2 - T_o - T_g$のとき

$p_o = 0$

• $P_g^k + 2 - T_o - T_g \ge \dfrac{j(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + 2i}{j+2}$が成り立つとき、すなわち

$i \le P_g^k + 2 - T_o - T_g$のとき、

$P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$が$\dfrac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$よりも小さければ、

極大値が最大値、そのためには

$$P_g^k - T_o - T_g < \frac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$$

$\therefore 2j + i + 2 \ge P_g^k - T_o - T_g$のとき、利潤の最大値は、

$P_o^k = \dfrac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$のとき、

$p_o = \dfrac{(P_g^k + 2 - T_o - T_g - i)^2}{4(j+2)}$である。

逆に$2j + i + 2 < P_g^k - T_o - T_g$のとき、利潤の最大値は、

$P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$のとき、

$p_o = P_g^k - T_o - T_g - i - j$である。

以上が企業Oの基本的な戦略である。これで両企業の基本的な戦略が明らかになった。今までの検討をまとめると、次の表のようになる。

まず、企業Gの戦略は、

図表７

条件１	**条件２**	Pgk	qgk	πg（αを除く）
b=2	$P_o^k+T_o+T_g>a$	$P_o^k+T_o+T_g-2$	1	$P_o^k+T_o+T_g-a+b-2$
	$P_o^k+T_o+T_g=a$	任意	$\frac{(P_o^k-P_g^k+T_o+T_g)}{2}$	0
	$P_o^k+T_o+T_g<a$	$P_o^k+T_o+T_g$	0	0
b>2	$P_o^k+T_o+T_g\geq a-b+2$	$P_o^k+T_o+T_g-2$	1	$P_o^k+T_o+T_g-a+b-2$
	$P_o^k+T_o+T_g<a-b+2$	$P_o^k+T_o+T_g$	0	0
0<b<2	$P_o^k+T_o+T_g>a-2b+4$	$P_o^k+T_o+T_g-2$	1	$P_o^k+T_o+T_g-a+b-2$
	$a-2b+4\geq P_o^k+T_o+T_g\geq a$	$\frac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2}$	$\frac{a-(P_o^k+T_o+T_g)}{2(b-2)}$	$\frac{a^2-(P_o^k+T_o+T_g)^2}{4(b-2)}$
	$P_o^k+T_o+T_g<a$	$P_o^k+T_o+T_g$	0	0

であり、企業Oの戦略は、

条件	Pok	qok	πg
$P_g^k-T_o-T_g<i-2$	$P_g^k+2-T_o-T_g$	0	0
$2j+i+2\geq P_g^k-T_o-T_g\geq i-2$	$\frac{(j+1)(P_g^k+2-T_o-T_g)+i}{j+2}$	$\frac{P_g^k+2-T_o-T_g+i}{j+2}$	$\frac{(P_g^k+2-T_o-T_g-i)^2}{4(b-2)}$
$P_g^k-T_o-T_g>2j+i+2$	$P_g^k-T_o-T_g$	1	$P_g^k-T_o-T_g-i-j$

である。

これをもとにして、subgame のナッシュ均衡を求める。例えば、企業Gの戦略が(4-10)式で表され、企業Oの戦略が(4-11)式で表されているとき、(4-11)を(4-10)に代入して、

$$P_g^k=\frac{b-1}{b-2}\left\{\frac{(j+1)(P_g^k+2-T_o-T_g)+i}{j+2}+T_o+T_g\right\}-\frac{1}{b-2}a$$

$$((b-2)(j+2)-(b-1)(j+1))P_g^k=(b-1)(j+1)(-T_o-T_g)+(b-1)(j+2)(T_o+T_g)$$
$$+(b-1)(i+2j+2)-(2+j)a$$

$$(3+j-b)P_g^k=(1-b)(T_o+T_g+i+2j+2)+(2+j)a \quad \cdots\cdots \quad (4-12)$$

同様に(4-10)を(4-11)に代入して、

$$(3+j-b)P_o^k=(1+j)(a-T_o-T_g)+(2-b)(i+2j+2) \quad \cdots\cdots \quad (4-13)$$

ここで 3+j-b≠0 であるため、（∵3+j＞3＞b）当然、

$$P_g^k = \frac{(1-b)(T_o + T_g + i + 2j + 2) + (2+j)a}{3+j-b} \quad \cdots\cdots \quad (4-12)'$$

$$P_o^k = \frac{(1+j)(a - T_o - T_g) + (2-b)(i+2j+2)}{3+j-b} \quad \cdots\cdots \quad (4-13)'$$

以上、(4-12)′,(4-13)′が、Tg,To を所与としたときの製品価格戦略決定という subgame におけるナッシュ均衡解の一つである。同様な方法で、均衡点を導き、それらをまとめると図表８のようになる。

図表８

Pgk	Pok	Nash 均衡	
$P_o^k + T_o + T_g - 2$	$P_g^k + 2 - T_o - T_g$	$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$	①
	$\frac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$	$P_g^k = T_o + T_g - 2 + i$ $P_o^k = i$	②
	$P_g^k - T_o - T_g$	$P_g^k = P_o^k = 0$	③
$P_o^k + T_o + T_g$	$P_g^k + 2 - T_o - T_g$	$P_g^k = P_o^k = \infty$	④
	$\frac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$	$P_g^k = T_o + T_g + 2j + i + 2$ $P_o^k = 2j + i + 2$	⑤
	$P_g^k - T_o - T_g$	$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$	⑥
$\frac{(b-1)(P_o^k + T_o + T_g) - a}{b-2}$	$P_g^k + 2 - T_o - T_g$	$P_g^k = a - 2b + 2$ $P_o^k = a - 2b + 4 - T_o - T_g$	⑦
	$\frac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$	$P_g^k = \frac{(1-b)(T_o + T_g + i + 2j + 2) + (2+j)a}{3+j-b}$ $P_o^k = \frac{(1+j)(a - T_o - T_g) + (2-b)(i+2j+2)}{3+j-b}$	⑧
	$P_g^k - T_o - T_g$	$P_g^k = a$ $P_o^k = a - T_o - T_g$	⑨
任意	$P_g^k + 2 - T_o - T_g$	$P_g^k = a - 2$ $P_o^k = a - T_o - T_g$	⑩
	$\frac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$	$P_g^k = \frac{(j+2)a - i - T_o - T_g}{j+1}$ $P_o^k = a - T_o - T_g$	⑪
	$P_g^k - T_o - T_g$	$P_g^k = a$ $P_o^k = a - T_o - T_g$	⑫

（４）　解の導出－第二段階－subgame perfect 均衡解

Tg,To 所与の下での Pg^k,Po^k の決定を論じた。次にこれをもとに２段階ゲームの展開形における、第１段階のゲームの均衡点を求める。まず、最も一般的な解を与える(4-10),(4-11)式のケースを考えよう。そのためには(4-12)′,(4-13)′を両企業の利潤関数に代入し、その下でどのような環境水準戦略（Tg,To）が望ましいのかを明らかにしなければならない。(4-3),(4-4),(4-12)′,(4-13)′を代入することによって、両企業の利潤関数を求めなければならないが、その前に q_g^k,q_o^k を整理すると、

$$q_g^k = \frac{P_o^k - P_g^k + T_o + T_g}{2}$$

$$= \frac{1}{2}\left\{\frac{(1+j)(a-T_o-T_g)+(2-b)(i+2j+2)-(1-b)(T_o+T_g+i+2j+2)-(2+j)a}{3+j-b}+T_o+T_g\right\}$$

$$= \frac{1}{2(3+j-b)}\left\{(-2-j+b+3+j-b)(T_o+T_g)+(2-b-1+b)(i+2j+2)+(1+j-2-j)a\right\}$$

$$= \frac{T_o+T_g-a+i+2j+2}{2(3+j-b)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4-14)$$

$$q_o^k = 1 - q_g^k$$

$$= \frac{-T_o-T_g+a-i-2b+4}{2(3+j-b)} \qquad \cdots\cdots\cdots \quad (4-15)$$

ここで(4-3)′より、

$$T_g \le \frac{T_o+T_g-a+i+2j+2}{2(3+j-b)}$$

$$(5+2j-2b)T_g \le T_o - a + i + 2j + 2$$

$$\therefore 0 \le T_g \le \frac{T_o-a+i+2j+2}{5+2j-2b} \quad (\because 5+2j-2b > 1+2j > 0) \qquad \cdots\cdots \quad (4-16)$$

同様に、

$$\frac{T_o+T_g-a+i+2j+2}{2(3+j-b)} \le T_0$$

$$T_g - a + i + 2j + 2 \le (5+2j-2b)T_o$$

$$\frac{T_g-a+i+2j+2}{5+2j-2b} \le T_o \le 1 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4-17)$$

このとき各企業の利潤関数は以下の様になる。

$$
\boldsymbol{p}_g = \boldsymbol{a} + \left\{ \frac{(1-b)(T_o + T_g + i + 2j + 2) + (2+j)a}{3+j-b} - a + b\frac{T_o + T_g - a + i + 2j + 2}{2(3+j-b)} \right\} \frac{T_o + T_g - a + i + 2j + 2}{2(3+j-b)}
$$

$$
= \boldsymbol{a} + \frac{T_o + T_g - a + i + 2j + 2}{(2(3+j-b))^2} \left\{ (2 - 2b + b)(T_o + T_g + i + 2j + 2) + (4 + 2j - 6 - 2j + 2b - b)a \right\}
$$

$$
= \boldsymbol{a} + \frac{T_o + T_g - a + i + 2j + 2}{(2(3+j-b))^2} \left\{ (2-b)(T_o + T_g - a + i + 2j + 2) \right\}
$$

$$
= \boldsymbol{a} + (2-b)\left(\frac{T_o + T_g - a + i + 2j + 2}{2(3+j-b)} \right)^2 \qquad \cdots\cdots\cdot \quad (4-18)
$$

また、

$$
\boldsymbol{p}_o = \frac{(1+j)(a - T_o - T_g) + (2-b)(i + 2j + 2)}{3+j-b} \cdot \frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{2(3+j-b)}
$$

$$
- j\left(\frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{2(3+j-b)} \right)^2 - i\frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{2(3+j-b)}
$$

$$
= \frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{(2(3+j-b))^2} \left\{ (2 + 2j - j)(-T_o - T_g + a) + 2(2-b)(i + 2j + 2 - j) + i(j - 6 - 2j + 2b) \right\}
$$

$$
= \frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{(2(3+j-b))^2} \left\{ (2+j)(-T_o - T_g + a) + 2(2-b)(2+j) + i(-2-j) \right\}
$$

$$
= \frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{(2(3+j-b))^2} (2+j)(-T_o - T_g + a - i - 2b + 4)
$$

$$
= (2+j)\left(\frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{2(3+j-b)} \right)^2 \qquad \cdots\cdots\cdot \quad (4-19)
$$

となる。

明らかに両関数とも下方に凸な２次関数であり、Tg,To で微分した場合の極値は最小値を表す。さらに各関数の２乗項の中身は(4-14),(4-15)で求めた q_g^k, q_o^k に他ならない。確認のため、両関数の極限値を以下に算出する。

$$
\frac{\partial \boldsymbol{p}_g}{\partial T_g} = \frac{1}{2}\left\{ \frac{1-b}{3+j-b}(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g) + P_g^k \frac{1}{3+j-b} \right\} - \frac{a}{2} \cdot \frac{1}{3+j-b} + \frac{b}{2} \cdot \frac{1}{3+j-b}(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g)
$$

$$
= \frac{1}{2(3+j-b)} \left\{ (1-b)(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g) + P_g^k - a + b(P_o^k - P_g^k + T_o + T_g) \right\}
$$

$$
= \frac{1}{2(3+j-b)} (P_o^k + T_o + T_g - a) \qquad \cdots\cdots\cdot \quad (4-20)
$$

同様に、

$$\frac{\partial \boldsymbol{p}_o}{\partial T_o}=\frac{1}{2}\left\{\frac{-1-j}{3+j-b}(P_g^k-P_o^k+2-T_o-T_g)+P_o^k\frac{-1}{3+j-b}\right\}-\frac{i}{2}\cdot\frac{-1}{3+j-b}-\frac{j}{2}\cdot\frac{-1}{3+j-b}(P_g^k-P_o^k+2-T_o-T_g)$$

$$=\frac{1}{2(3+j-b)}\left\{(-1-j)(P_g^k-P_o^k+2-T_o-T_g)-P_o^k+i+j(P_g^k-P_o^k+2-T_o-T_g)\right\}$$

$$=\frac{1}{2(3+j-b)}(-P_g^k-2+T_o+T_g+i) \qquad \cdots\cdots\cdots \quad (4-21)$$

ただし、ここで(4-12)′, (4-13)′より、

$$\frac{\partial P_g^k}{\partial T_g}=\frac{1-b}{3+j-b}\quad,\quad\frac{\partial P_o^k}{\partial T_g}=\frac{-1-j}{3+j-b}\quad,\quad\frac{\partial P_g^k}{\partial T_o}=\frac{1-b}{3+j-b}\quad,\quad\frac{\partial P_g^k}{\partial T_o}=\frac{-1-j}{3+j-b}$$

であることはいうまでもない。

極値は 0 であるため、

$$P_o^k+T_o+T_g-a=0 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4-22)$$

$$P_g^k+2-T_o-T_g-i=0 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4-23)$$

(4-22), (4-23)に(4-12)′, (4-13)′を代入して、

$$\frac{(1+j)(a-T_o-T_g)+(2-b)(i+2j+2)}{3+j-b}+T_o+T_g-a=0$$

$$(1+j)(a-T_o-T_g)+(2-b)(i+2j+2)+(3+j-b)(T_o+T_g-a)=0$$

$$(2-b)(T_o+T_g-a+i+2j+2)=0$$

$$T_o+T_g-a+i+2j+2=0 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4-24)$$

これが、企業Gの利潤最小化の条件である。同様に

$$\frac{(1-b)(T_o+T_g+i+2j+2)+(2+j)a}{3+j-b}+2-T_o-T_g-i=0$$

$$(1-b)(T_o+T_g+i+2j+2)+(2+j)a+(3+j-b)(2-T_o-T_g-i)=0$$

$$(-2-j)(T_o+T_g+i)+(2+j)(2-2b)+(2+j)(2+a)=0$$

$$T_o+T_g-a+i+2b-4=0 \qquad (\because j>0 \text{より} \quad 2+j\neq 0) \qquad \cdots\cdots \quad (4-25)$$

これが企業Oの利潤最小化の条件である。

さて、ここまでで、大方の条件が明らかになったのが、もう一つ有用な条件を加える。それはπo 式であり、企業Gの販売量と企業Oの販売量の和は常に１になることから、以

下のように書き換えることができる。

$$p_o = (2+j)\left(\frac{-T_o - T_g + a - i - 2b + 4}{2(3+j-b)}\right)^2$$

$$= (2+j)\left(1 - \frac{T_o + T_g - a + i + 2j + 2}{2(3+j-b)}\right)^2 \quad ・・・・・・ \quad (4-26)$$

すなわち、企業Oの「利潤」を最大化することと、企業Gの「販売量」を最小化することとは同値である。以上のような前提をもとに、実際に第一ゲームの subgame perfect 均衡を具体的に求めていく。

○$a - i - 2j - 2 < 0$のとき、

$T_o - a + i + 2j + 2 > 0$　である。

(4−18)より、企業Gにとって、T_gが大きくなるほどp_gは増大する。T_gのとりうる範囲は(4−16)より

$$0 \le T_g \le \frac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$$

$\therefore T_g = \dfrac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$が企業Gの反応関数。ただし定義により、

$T_g \ge T_o$の範囲では、反応関数は　$T_g = T_o$　である。

一方、企業Oにとっては逆に To が小さくなるほど、πo は増大する。

T_oのとりうる範囲は(4−17)より、

$$\frac{T_g - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b} \le T_o \le 1$$

$\therefore T_o = \dfrac{T_g - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$が企業Oの反応関数。ただし上と同様に、

$T_g \ge T_o$の範囲では、反応関数は　$T_g = T_o$　である。

また、(4−7) より、

$$P_o^k + T_o + T_g - 2 \le P_g^k \le P_o^k + T_o + T_g$$

$$\therefore P_g^k - P_o^k \le T_o + T_g \le P_g^k - P_o^k + 2$$

(4−12)',(4−13)'を代入して整理すると、

$$a - i - 2j - 2 \le T_o + T_g \le a - i - 2b + 4 \quad ・・・・・・ \quad (4-27)$$

である。

この場合均衡点は２つに分けて考える必要がある。両者の反応関数の交点は、図表９

$$T_g = \frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}$$

$$T_o = \frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}$$

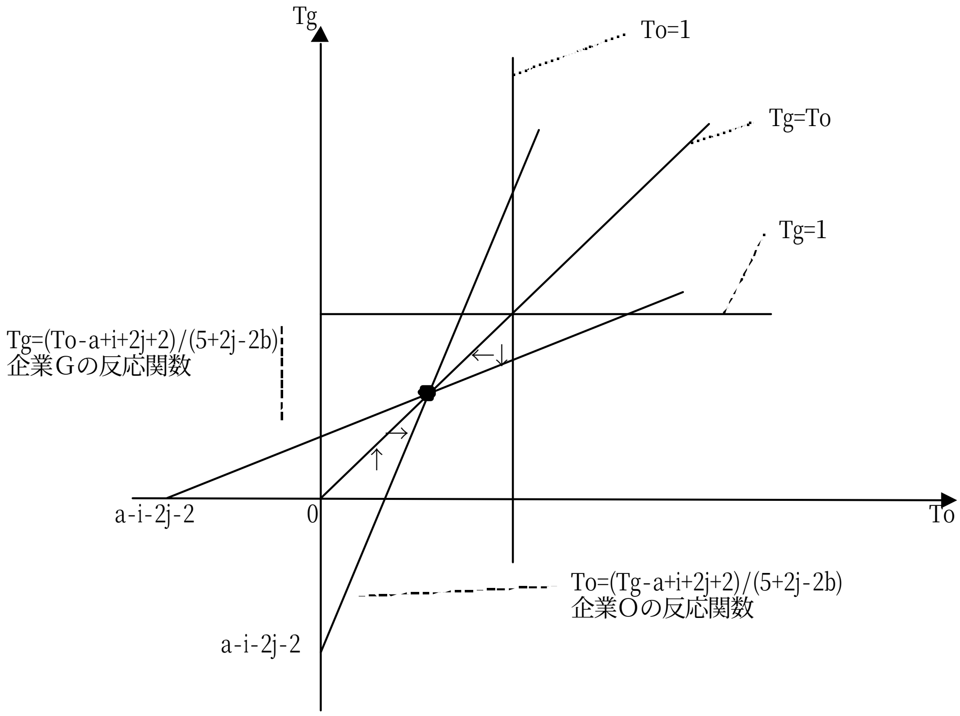
である。

・この交点が Tg,To のとりうる範囲にある場合、具　体　的　に　は　、

$$\frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)} \leq 1$$

$$\therefore -a+2b+i \leq 2$$

のとき、均衡点は右図のような点になる。



このときの各変数の値は、

$$T_g = \frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}$$

$$T_o = \frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}$$

$$P_g^k = \frac{(1+j)a+(1-b)(i+2j+2)}{2+j-b}$$

$$P_o^k = \frac{(1+j)a+(1-b)(i+2j+2)}{2+j-b}$$

$$q_g^k = \frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)} \quad , \qquad q_o^k = \frac{a-i-2b+2}{2(2+j-b)}$$

$$p_g = a+(2-b)\left(\frac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}\right)^2 \quad , \qquad p_o = (2+j)\left(\frac{a-i-2b+2}{2(2+j-b)}\right)^2$$

これは$T_o + T_g \leq 2 \leq a-i-2b+4$で、（４－２７）の制約を満たす。$(\because -a+2b+i \leq 2)$

・次に$-a+2b+i > 2$のときには、均衡点は右図の黒点に収斂する。

このとき

$T_g = a - i - 2b + 3$

$T_o = 1$

$P_g^k = a - 2b + 2$

$P_o^k = i$

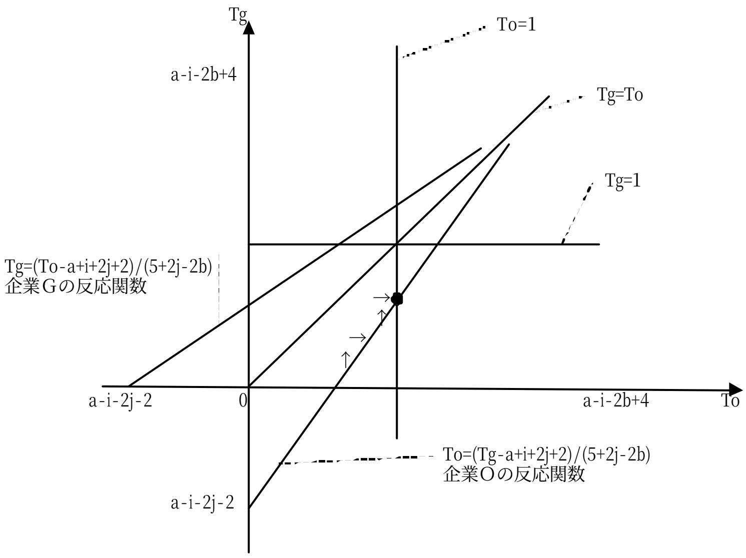
$q_g^k = 1 \quad , q_o^k = 0$

$p_g = a + (2 - b)$

$p_o^k = 0$

である。競合の結果、企業Gが全ての財を供給することとなる。

図表１０



（ここで企業GがTgを１に変更しないのは、（４－２７）の制約から、$a - i - 2j - 2 \le T_o + T_g \le a - i - 2b + 4$

よって、$T_o = 1$**のとき、**$T_g \le a - i - 2b + 3$**であることによる）。**

○$a - i - 2j - 2 = 0$**のとき、**

企業Gの利潤は、$-T_o \le 0$**であることと、**$(4-18)$**から、**T_g**が大きくなるほど**p_g**は増大する。**

T_g**のとりうる範囲は**$(4-16)$**より**

$$0 \le T_g \le \frac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$$

$$\therefore T_g = \frac{T_o}{5 + 2j - 2b}$$

が企業Gの反応関数。 分母は１より大きいため、反応関数は原点を通る、傾きが１ より小さい直線となる 。

同様に、企業Oにおいても、より小さい To がより利潤を高める。（４－２６）より、

$-T_g \le 0$

$$\frac{T_g - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b} \le T_o \le 1$$

$$\therefore T_o = \frac{T_g}{5 + 2j - 2b}$$

が企業Oの反応関数。T_o**にかかる係数は１より大きいため、反応関数は、原点を通る、傾きが１より大きい直線となる。ただし定義から、常に**$T_g > T_o$**となるため、実際の反応関数は**　　$T_g = T_o$　　**である。**

このとき、均衡点は原点に収束する。さらに

$T_g = 0$

$T_o = 0$

$P_g^k = a$

$P_o^k = i + 2j + 2 = a$

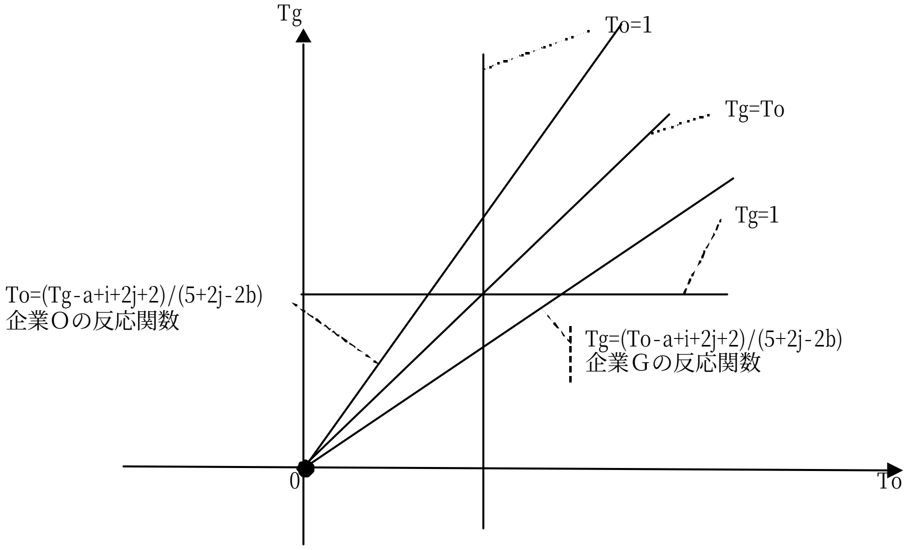
$q_g^k = 0 \quad , q_o^k = 1$

$p_g = a + 0$

$p_o^k = j + 2$

である。競合の結果、企業Ｏが全ての財を供給することとなる。これは（４－２７）の制約も満たしている。

図表１１



○$a - i - 2j - 2 > 0$のとき、

・$T_o > a - i - 2j - 2$のとき、$(4-18)$より、企業Ｇにとって、T_gが大きくなるほどp_gは増大する。T_gのとりうる範囲は$(4-16)$より

$$0 \le T_g \le \frac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$$

$\therefore T_g = \dfrac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$が企業Ｇの反応関数。分母は１より大きいため、反応関数の傾きは１より小さい。

$T_o = a - i - 2j - 2$のとき、上と同様にT_gの増大は、p_gの上昇につながるが仮定より、

$T_g = \dfrac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b} = 0$であり、$p_g$は0となる。

$T_o < a - i - 2j - 2$のとき、$0 \le T_g \le \dfrac{T_o - a + i + 2j + 2}{5 + 2j - 2b}$であるから、$T_g = 0$で$p_g$は最大値0をとる。

企業Ｏにとっての戦略は以下のようになる。

$T_g \geq a-i-2j-2$のとき、T_oが小さいほど、利潤は大きくなる。
T_oのとりうる範囲は$(4-17)$より、

$$\frac{T_g-a+i+2j+2}{5+2j-2b} \leq T_o \leq 1$$

$\therefore T_o = \dfrac{T_g-a+i+2j+2}{5+2j-2b}$が企業Oの反応関数。ただし$(4-17)$の範囲では常に$T_g > T_o$となるため、反応関数は　　$T_g = T_o$　　である。

$T_g < a-i-2j-2$のとき、

$\dfrac{T_g-a+i+2j+2}{5+2j-2b} \leq -T_g+a-i-2j-2 \leq 1$であれば、

$T_o = -T_g+a-i-2j-2$で利潤は最大値をとる。

$\dfrac{T_g-a+i+2j+2}{5+2j-2b} \leq -T_g+a-i-2j-2$は常に成り立ち、$-T_g+a-i-2j-2 \leq 1$は

$T_g \geq a-i-2j-3$でなりたつ。

逆に$T_g < a-i-2j-3$のときはT_oはより大きい方が望ましくなるので反応関数は

$T_o = 1$　　である。

以上をまとめると、一般的な解は図表１２のような点で与えられる。

・$a-i-2j-2 \leq 1$のとき

(To,Tg)=(a-i-2j-2,0)が解であり、各変数は以下のようになる。

$$\begin{aligned}P_g^k &= \frac{(1-b)(a-i-2j-2+i+2j+2)+(2+j)a}{3+j-b} \\ &= a\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_o^k &= \frac{(1+j)(a-a+i+2j+2)+(2-b)(i+2j+2)}{3+j-b} \\ &= i+2j+2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_g^k &= (i+2j+2-a+a-i-2j-2)/2 \\ &= 0\end{aligned}$$

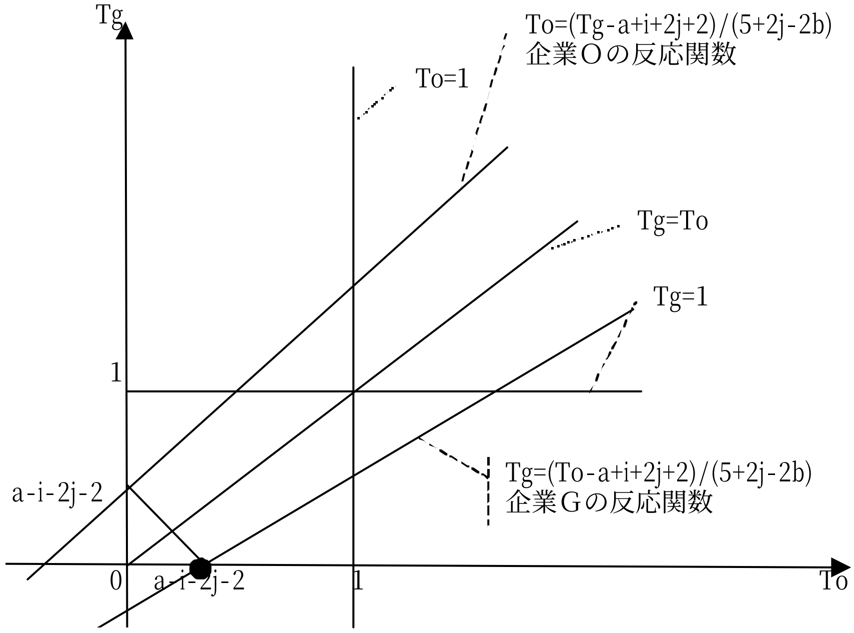
$$q_o^k = 1-q_g^k = 1$$

$$p_g = 0$$

$$p_o = 2+j$$

これは（４－２７）の制約を満たす。

図表１２

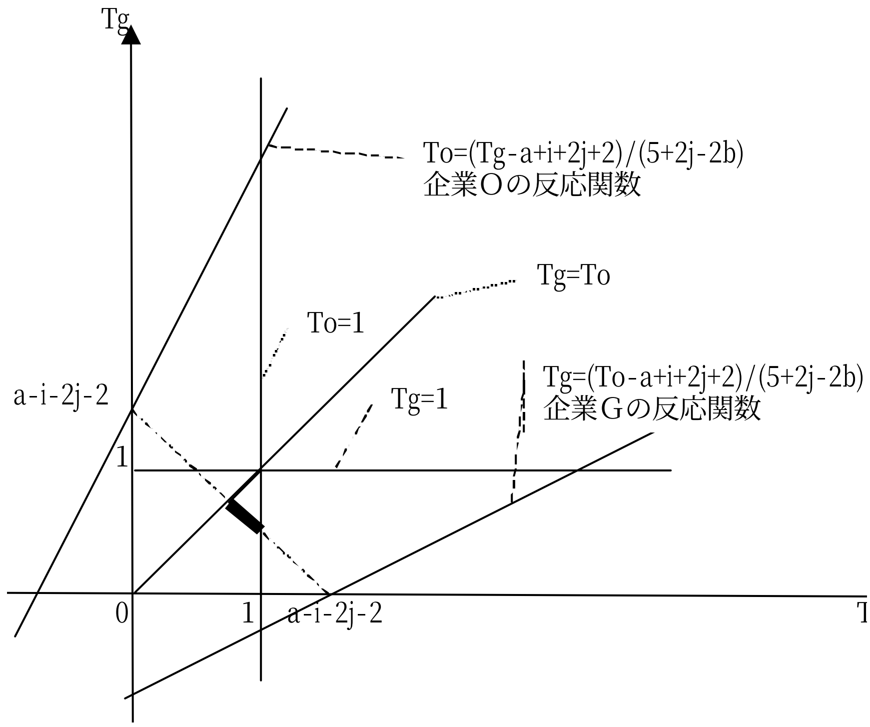


・$2 \ge a-i-2j-2>1$のとき
このとき、均衡点は図表１３の太線のようになる。太線と重なる点線は、（４－２７）の制約を満たしている。

・$a-i-2j-2>2$のとき
条件を満足するような To,Tg は存在しない。

以上が(4-10)(4-11)式があてはまるケースを場合分けしたときの均衡解である。

図表１４



しかしながら、ここで注意しなければならないのは、(4-10)(4-11)式があてはまるためには、一定の条件を満たしていることが必要だということである。具体的には図表７のような条件を満たしていなければならず、これは図表８の subgame の均衡解を求めた結果によって改訂されなければならない。以下、その作業を具体的に行い、上で導出したような結果が本当に実現できるかどうかを確認する。

(4-10),(4-11)式を実現するための企業Ｇの条件、$a-2b+4 \ge P_o^k + T_o + T_g \ge a$、及び企業Ｏの条件、$2j+i+2 \ge P_g^k - T_o - T_g \ge i-2$は、図表８の結果によって、以下のように書き換えることができる。まず、

$$a-2b+4 \geq P_o^k + T_o + T_g$$

$$a-2b+4 \geq \frac{(1+j)(a-T_o-T_g)+(2-b)(i+2j+2)}{3+j-b} + T_o + T_g$$

$$(3+j-b)(a-2b+4) \geq (2-b)(T_o+T_g+i+2j+2)+(1+j)a$$

$$0 \geq (2-b)(T_o+T_g-a+i+2b-4)$$

$b<2$より、条件を満たすに は

$T_o+T_g \leq a-i-2b+4$ ・・・・・・・・ **条件**1

つぎに、

$$P_o^k + T_o + T_g \geq a$$

$$\frac{(1+j)(a-T_o-T_g)+(2-b)(i+2j+2)}{3+j-b} + T_o + T_g \geq a$$

$$(2-b)(T_o+T_g+i+2j+2)+(-2+b)a \geq 0$$

$$(2-b)(T_o+T_g-a+i+2j+2) \geq 0$$

$b<2$より、条件を満たすに は

$T_o+T_g \geq a-i-2j-2$ ・・・・・・・・ **条件**2

企業Oの条件

$$P_g^k - T_o - T_g \geq i-2$$

$$\frac{(1-b)(T_o+T_g+i+2j+2)+(2+j)a}{3+j-b} - T_o - T - i + 2 \geq 0$$

$$(-2-j)(T_o+T_g-a+i+2b-4) \geq 0$$

$(-2-j)<0$より、条件を満たすには、

$T_o+T_g \leq a-i-2b+4$ ・・・・**条件1と同じ**

$$2j+i+2 \geq P_g^k - T_o - T_g$$

$$0 \geq (-2-j)(T_o+T_g-a+i+2j+2)$$

$(-2-j)<0$より、条件を満たすには、

$T_o+T_g \geq a-i-2j-2$ ・・・・・・・・・・**条件2と同じ**

明らかにこれらの条件は（４－２７）の制約条件と同値である。従って、今まで考察してきた均衡解に関して、これらを満たしていることが確認された。

以上、企業G、及び企業Oが(4-10)(4-11)式を用いて行動戦略を決定する場合、実際の均衡解を明らかにした。しかし企業の行動戦略は条件によって様々に異なることを図表７で、

さらに両企業の行動戦略の組み合わせによって様々な均衡解が求められることを図表８で確認した。今まで行ってきたのと同様の方法で、①～⑫の場合別に、均衡解の存在条件を求め、解の存在条件とその際得られる均衡解を一覧にしたものが下図である。（その他の解を求めることについての詳細は補論[1]を参照のこと）

まず、b=2 の場合

図表１４

	解存在の条件	Tg	To	Pgk	Pok	qgk	qok	πg	πo
①	$a-i-2<0$	-	**1**	i (　)	$i+1-T_g$ (　)	**1**	0	$-a+i+b-2$ (　)	0
②	$a-i-2<0$	**1**	**1**	i	i	**1**	0	$-a+i+b-2$	0
③	×								
④	×								
⑤	$a-i-2j-2>0$	0	0	$2j+i+2$	$2j+i+2$	0	**1**	0	$j+2$
⑥	$a-i-2j-2>0$	0	-	$2j+i+2$ (　)	$2j+i+2$ (　)	0	**1**	0	$j+2$ (　)
⑩	$2\leq a<i+2$	-	**1**	$a-2$	$a-1-T_g$	**1**	0	0	0
⑪	$0\leq a-i\leq 2j+4$	-	-	$P_g^k=\frac{a(j+2)-i-T_o-T_g}{j+1}-2$	$a-T_o-T_g$	-	-	0	-
⑫	$a-i-2j-2>0$	0	-	a	$a-T_o$	0	**1**	0	$a-T_o$ $-i-j$

ただし、×はその欄には均衡解が存在しないことをあらわす。①は②に如かず、⑥は⑤に如かない。したがって、①、⑥の均衡解は存在せず、それぞれ②、⑤に収斂する。また、⑩と②、⑪と②、⑤、⑫は⑤と条件が重なり合う部分がある。この場合、明らかに一方がパレートの基準で優位にあるにもかかわらず、複数均衡の可能性がある。

次に b>2 のとき

図表１５

	解存在の条件	Tg	To	Pgk	Pok	qgk	Qok	Πg	πo
①	$a-b-i<0$	-	**1**	i (　)	$i+1-T_g$ (　)	**1**	0	$-a+i+b-2$ (　)	0
②	$a-b-i\leq 0$	**1**	**1**	i	i	**1**	0	$-a+i+b-2$	0
③	×								
④	×								

[1] 補論に関してご興味のある方は、直接豊田までお問い合わせください。紙幅に余裕があれば次号に掲載します。

⑤	$a-b-i-2j>0$	0	-	$2j+i+2+T_o$	$2j+i+2$	0	**1**	0	$j+2$
⑥	$a-b-i-2j>0$	0	-	$2j+i+2+T_g$ ( )	$2j+i+2$ ( )	0	**1**	0	$j+2$ ( )

ただし①は②に如かず、⑥は⑤に如かない。よって、①と⑥の均衡解は存在せず、それぞれ②、⑤に収斂する。

最後に 0<b<2 のとき

<u>図表１６</u>

	解存在の条件	Tg	To	Pgk	Pok	Qgk	qok	πg	πo
①	$a-2b-i+2<0$	-	**1**	i ( )	$i-1+T_g$ ( )	**1**	0	$-a+i+b-2$ ( )	0
②	$a-2b-i+2<0$	-	**1**	i	$i-1+T_g$	**1**	0	$-a+i+b-2$	0
③	×								
④	×								
⑤	$a-i-2j-2>0$	0	-	$i+2j+2+T_o$	$i+2j+2$	0	**1**	0	$j+2$
⑥	$a-i-2j-2>0$	0	-	$i+2j+2+T_o$ ( )	$i+2j+2$ ( )	0	**1**	0	$j+2$ ( )
⑦	$a-i-2<0$	-	**1**	$a-2b+2$	$a-2b+3-T_g$	**1**	0	$2-b$	0
⑧	$2b+i-2\leq a<i+2j+2$	$\dfrac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}$		$\dfrac{(1+j)a+(1-b)(i+2j+2)}{2+j-b}$		$\dfrac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}$ $\dfrac{a-i-2b+2}{2(2+j-b)}$		$(2-b)\left(\dfrac{-a+i+2j+2}{2(2+j-b)}\right)^2$ $(2+j)\left(\dfrac{a-i-2b+2}{2(2+j-b)}\right)^2$	
	$a-2b-i-2<0$	$a-i-$ $2b+3$	**1**	$a-2b+2$	i	0	**1**	0	$j+2$
	$0\leq a-2j-i-2\leq 1$	$a-i$ $-2j-2$	0	a	$i+2j+2$	0	**1**	0	$j+2$
	$1<a-2j-i-2\leq 2$	$-T_0+a-i$ $-2j-2$	$T_g\leq T_0\leq 1$	a	$i+2j+2$	0	**1**	0	$j+2$
⑨	$a-i-2j-2\geq 0$	0	-	a	$a-T_o$	0	**1**	0	$j+2$

ただし⑧における $2b+i-2\leq a<i+2j+2$ という条件の下での均衡解は、環境水準、価格T,P が企業G、企業Oで同一であり、販売量 q、利潤π欄においては上段が企業Gの、下段が企業Oのものである。さて、ここで注目すべきはこの均衡解である。それ以外は全て一企業の独占的な供給に落ち着くのに対して、この均衡解のみが、両企業の並立を可能にする解である。その均衡解では、両企業が同一の環境水準を選択した上で、価格も同一にす

るという、非常にわかりやすい競争状態が実現する。解の存在条件を吟味すると、まず 0<b<2 という条件がある。これは公益事業における規模の経済性の程度を表し、それが大きいと、環境水準という差別化の要因が意味を持たなくなってしまうことを表している。次に$a-2j-i-2<0$という条件は、企業Gの独占時の限界費用が、企業Oの新規参入時（生産量0）での限界費用を大きく下回らないことを求めるものとして理解できる。$-a+2b+i\leq 2$は逆に、企業Oの独占時の限界費用が、企業Oの新規参入時（生産量0）での限界費用を大きく下回らないことを求めるものとして理解できる。このように見てくると、各条件はそれほど突飛なものではなく、むしろ競合市場が成立するための制約としてはもっともなものであると考えることができる。

以上のことから、各場合分けを考慮した結果は、ほとんどが一企業の一人勝ちになるというものであったが、唯一競合状態を維持できる均衡解（⑧の第一番目）は、条件も厳しくなく、何より問題設定時の現実に合致するものである。従って、排出権取引費用の発生に伴う競合市場への影響を考慮する際にも、この共存解をもとに検討を行うものとする。

（５）　排出権取引費用の影響

このようなモデル上で、今まで論じてきた排出権の取引費用は、両企業にどのような影響を与えるのであろうか。以下、場合分けして考察をおこなう。

①　排出権コストが比例費として付加され、それらを全量オークションで調達する場合

排出権は基本的に温室効果ガスの排出量に比例しており、それが単位あたり Pe とするならば、企業G、企業Oの費用関数は、次のように変化する。

企業Gの費用関数　：　$(a-b\cdot q_g^k)q_g^k \quad \rightarrow \quad (a+Pe-b\cdot q_g^k)q_g^k$

企業Oの費用関数　：　$j(q_o^k)^2+i\cdot q_o^k \rightarrow \quad j(q_o^k)^2+(i+Pe)q_o^k$

上の表から明らかなように、この場合の両企業の価格は Pe がそのまま上乗せされ、販売量、利益には全く変化がない。従って排出権取引に伴う費用は、両企業にとって中立的に作用することが分かる。

①′単位あたりの費用が異なる場合

基本的な考え方は①と同じであるが、企業Gと企業Oでは「販売単位」あたりの温室効果ガス発生量が異なることはよく知られている。排出権の費用は温室効果ガス単位あたり

で負荷されるので、販売単位あたりのコストは、両企業で異なる。今、企業Gにとっての排出権取引制度導入にあたっての比例費が①と変わらず、企業Oにとっての費用が、

企業Oの費用関数　：　$j(q_o^k)^2+(i+Pe)q_o^k \quad \rightarrow \quad j(q_o^k)^2+(i+h\cdot Pe)q_o^k$
ただし　$h>1$
であったとすると、価格、販売量、利潤は次のように変化する。

$$\Delta P_g^k=\frac{(1+j)+(1-b)h}{2+j-b}Pe \quad , \quad \Delta P_o^k=\frac{(1+j)+(1-b)h}{2+j-b}Pe$$

$$\Delta q_g^k=\frac{h-1}{2(2+j-b)}Pe \quad , \quad \Delta q_o^k=\frac{1-h}{2(2+j-b)}Pe$$

$$\Delta \boldsymbol{p}_g=(2-b)\left(\frac{h-1}{2(2+j-b)}Pe\right)\left(\frac{2(-a+i+2j+2)+(h-1)Pe}{2(2+j-b)}\right)$$

$$\Delta \boldsymbol{p}_o=(2+j)\left(\frac{1-h}{2(2+j-b)}Pe\right)\left(\frac{-2(a-i-2b+4)+(1-h)Pe}{2(2+j-b)}\right)$$

h>1である限り、排出権取引制度の導入に伴う費用の増加は、企業Gの利潤を増加させ、企業Oの利潤を減少させる。しかし、これは環境負荷の高い財に対して抑制的に働く規制政策の効果そのものであり、競合の性質に何ら依存するものではない。従って、環境負荷の差異による企業間競争力と結果の変化は全く問題ではない。

② 初期割当が存在する場合

次に全量オークションではなく、一定の初期割当が認められる場合にはどうなるか。これは一種の補助金が与えられると考えれば簡単に理解できる。今、q_g^e, q_o^e の水準までは初期割当がなされ、企業は費用負担の必要性がなくなると仮定する。このとき、費用関数は次のように変化する。

企業Gの費用関数　：　$(a+Pe-b\cdot q_g^k)q_g^k \quad \rightarrow \quad (a+Pe-b\cdot q_g^k)q_g^k-Pe\cdot q_g^o$
企業Oの費用関数　：　$j(q_o^k)^2+(i+Pe)q_o^k \rightarrow \quad j(q_o^k)^2+(i+Pe)q_o^k-Pe\cdot q_o^e$　Pe

も q_g^e, q_o^e も定数であるため、今まで述べてきた式の展開などには何の影響も与えない。つまり企業Gにとってのα、企業Oにとってのkに他ならない。従って、このような初期割当が行われても、価格、販売量に関して①、あるいは①′の結果と違うことなく、利潤に関してだけ、企業Gは Pe・q_g^e 、企業Oは Pe・q_o^e だけ、増益要因となる。

③ 排出権取引のかわりに直接規制が課された場合

今までは排出権取引制度が導入された場合を考察してきたが、ここではそのかわりに直接規制が課された場合を考えてみる。このとき、温室効果ガスの排出そのものが制限されるわけであるから、企業にとっては一定の排出権を出すという制約条件の下での生産活動を行うことを意味する。当然、この場合、財の生産に伴って生産費用は逓増していくことになろう。従って、両企業の費用関数を次のように変化させることとしよう。

企業Gの費用関数　：　$(a - b \cdot q_g^k)q_g^k \quad \rightarrow \quad (a - (b - Pe)q_g^k)q_g^k$

企業Oの費用関数　：　$j(q_o^k)^2 + i \cdot q_o^k \rightarrow \quad (j + Pe)(q_o^k)^2 + i \cdot q_o^k$

この場合、当然比例費部分 a,i にも増加要因となることは十分考えられるが、ここでは簡単化のため、比例費には影響を与えないものとする。このとき、価格、販売量、利潤は次のように変化することとなる。

$$P_g^k = \frac{(1 + j + Pe)a + (1 - b)(i + 2j + 2 + 2Pe)}{2 + j - b + 2Pe}$$

$$P_o^k = \frac{(1 + j + Pe)a + (1 - b)(i + 2j + 2 + 2Pe)}{2 + j - b + 2Pe}$$

$$q_g^k = \frac{-a + i + 2j + 2 + 2Pe}{2(2 + j - b + 2Pe)} \qquad , \qquad q_o^k = \frac{a - i - 2b + 2 + 2Pe}{2(2 + j - b + 2Pe)}$$

$$\boldsymbol{p}_g = \boldsymbol{a} + (2 - b + Pe)\left(\frac{-a + i + 2j + 2 + 2Pe}{2(3 + j - b + 2Pe)}\right)^2$$

$$\boldsymbol{p}_o = (2 + j + Pe)\left(\frac{a - i - 2b + 2 + 2Pe}{2(3 + j - b + 2Pe)}\right)^2$$

となる。価格の変化はかなり複雑で一般的なことはいいにくいが、販売量は企業G、企業Oとも分母が 4Pe 増加、分子が 2Pe 増加している。販売量は合計が常に１になることを考えると、２分の１以上のシェアをとっている企業にとっては販売数量は減少し、２分の１以下のシェアしかなかった企業にとっては販売量の増加に繋がる。それではその影響が利潤に対してどのような影響を与えるかというと、まずシェアが２分の１以下であった企業にとっては利潤式から増益になることは自明である。シェアが２分の１以上あった企業にとっては、規制が課される前の販売数量を(A/B)で表すことができるとするならば、

$$\sqrt{2 - b + Pe} \cdot B \quad > \quad \sqrt{2 - b} \cdot 2A \qquad then \quad \Delta \boldsymbol{p}_g > 0$$

$$\sqrt{2 - b + Pe} \cdot B \quad = \quad \sqrt{2 - b} \cdot 2A \qquad then \quad \Delta \boldsymbol{p}_g = 0$$

$$\sqrt{2 - b + Pe} \cdot B \quad < \quad \sqrt{2 - b} \cdot 2A \qquad then \quad \Delta \boldsymbol{p}_g < 0$$

である。ただしこれはシェアの大きな企業が「企業G」であるときのことであり、これが企業Oであるならば上式の 2-b が 2+j になることはいうまでもない。これの意味するところを簡単にいえば、シェアが非常に大きく、費用逓増度合いが小さい場合には減益になる可能性が高く、シェアが過半数をとるものの、費用逓増度が非常に大きい場合には、むしろ増益になる可能性もある、ということになる。基本的には直接規制は、排出権取引に照らしていえば、100%オークションの対局にある 100%初期割当、すなわち実質的な補助金が大きいことに他ならないため、このような結果が現れたとしても不思議ではなく。経済界が排出権取引制度の導入にかなり強い反対姿勢を示し、自主行動基準の策定に力を入れているのも、企業の自主性を重視するという大儀の一方で、このような実質的な利益動機が働いていることはほぼ間違いのないところであろう。

（6）　理解とインプリケーション

以上、まとめると次のようになる。すなわち、排出権取引制度の導入にあたり、完全競争市場という理論的前提が成り立たない場合、特に総括原価制度を旨とする公益事業が市場参加者として含まれている場合、定義上の平均費用原理は一般企業の限界費用原理と比べ、排出権取引コストを転嫁後の価格は、一般企業よりも相対的に低いと考えられてきた。しかし、実際に「競合状態」にあるのであれば、競合市場における公益事業の戦略は必ずしも平均費用原理に基づいているとは言えない。上であつかったモデルに関してのみいうならば、必ずしも排出権取引費用の発生は、「競合する」２財の競争力に歪みを与えるものではなく、見かけ上、そのような現象が見られるとするならば、それはむしろ政策目的に則った成果と考えられるかもしれない（上の例でいう①′の場合）。

従って、排出権取引制度の導入にあたり、公益事業の提供する財が、純粋な公益分野と競合市場に分けられるのであれば、特別扱いする必然性はない。しかし一方で公益分野と競合分野の仕訳という考え方自体、ナンセンスだとの意見もあろう。実際、大口需要の市場では都市ガスの価格は比較的柔軟であるけれども、家庭用における競合（灯油とガス暖房）などでいえば、ガスの価格は公益分野と変わらず硬直的だということも事実である。しかし、もしそうであるならば、それは公益事業は果たして公益事業であり得るかという存在意義の問題にまで踏み込まなければならない。それはそれで重要であるが、排出権取引制度と関係づける問題ではない。従って、排出権取引制度導入という切り口で見る限り、公益事業の存在が初期割当など排出権取引制度の構築にあたり大きな問題にはならないというのが、この簡単なモデルを通して得られるインプリケーションである。

以上