排出権取引に関する一考察（３）

豊田 尚吾

要約

・　今まで行ってきた検討をもとに、当社が持つべき問題意識を整理した。エネルギー事業者として、排出権の確保や監視・モニタリングのノウハウ、取引のリスクやコストの管理などが必要になる可能性がある。

・　時間をまたぐ不確実性問題に関しては、コモディティのリスク管理、排出権取引制度導入のインパクト把握、それをふまえた企業戦略の策定と、可能であるならばそれに資するような政策提言が望まれる。

・　公益事業の立場からは、排出権取引市場における不完全競争の影響というような、問題意識の絞り込み、具体的調査と戦略策定が必要であろう。

・　理解を深めるための一層の分析・検討が今後の課題である。

＊特記事項

・　本文に引き続き、補論１，補論２を掲載しております。補論１は前号での「４．不完全競争下での排出権取引（２）（ゲーム論的考察－試論）」に関して省略した場合分けごとの解の存在証明であります。補論２はそれをさらに発展させ、生産者の製品差別化費用、需用者の満足度を１次関数から２次関数に仮定を変更した場合のゲーム論的アプローチを検討しています。

・　「排出権取引に関する一考察」は今回で完結いたします。

５．大阪ガスに関連する事項

本章では、今までの考察をもとに、得られたインプリケーションを当社と関連づけ、具体的な問題としてとらえることを目的とする。

（１）　排出権取引に関連する、大阪ガスの産業としての特徴

実際に排出権取引制度が導入された場合、大阪ガスがどのような影響を受けるかということに関しては必ずしも自明ではない。しかし前章までで見てきたように、排出権は規制政策の一種であり、取り扱いには費用が伴うという意味で、少なくとも経営戦略上の制約条件になることは間違いない。ガスの燃焼に伴って発生する温室効果ガスが、排出権と対

応することになれば、排出権の確保、排出権の監視やモニタリングへの対応、排出権取引コストの管理、排出権取引に伴う各種リスクの管理、他の施策（ＣＤＭ）などとのバランス維持などが、当面考えられることであろう。以下、それらを具体的に考えてみよう。

排出権の確保

大阪ガスが販売するガスの総量は平成 10 年度で約 66 億立方メートルであり、燃焼により 420 万トンの二酸化炭素が発生することになる。二酸化炭素１トンあたりの排出権価格がいくらになるのかは様々な見解があり、数千円程度から２，３万円というものまでまちまちである。ここでは仮に１トンあたり３千円[1]であったとする。そのとき総排出量に対応する排出権価格は 120 億円になる。もし、排出権価格制度が採用され、温室効果ガスを発生する財を生産する主体（企業）に、直接その費用が全額付加されるとするならば、大阪ガスには一義的には 100 億円超の費用が新たに加わることになる。これは言い換えれば、全排出権をオークションで調達することを強いているのであり、今までの議論からするとやや現実味に乏しい。そこでいわゆるグランド・ファーザー型（実績を考慮した）の初期配分が行われ、90%は既得権として当局より配分されたとするならば、当社の負担は 10%、すなわち 10 億円程度に縮小する。これでも決して少ない額とは言えないのではないか。もちろん現実の排出権価格が千円にとどまるならば、その費用は一気に 4 億円となり、さらに既得権としての排出権が 95%の水準に引き上げられるならば、費用負担は 2 億円となる。2 億円でも少ない額ではないが、その意味合いは 10 億円とはかなり変わってくるであろう。逆に、先ほどの仮定が望ましくない方向に変化すれば、費用は 100 億円の単位に跳ね上がることもあり得る。問題は、Nox や Sox と違って、当社のプラントに浄化装置をつければ排出量が減るといったたぐいのガスではないことである。従って、その排出に対応する権利なり、それを補償する植林なりを何らかの形で確保せざるを得ないのである。

監視・モニタリング

排出権という規制政策を導入する以上、何らかの監視やモニタリングがなければ、その政策は機能しない。それを担う組織としては、締約国会合の下に排出枠管理機構などが考

---

[1] 興銀ではＣＤＭとの裁定が働く結果、排出権取引価格もＣＤＭの取引価格と等しくなると予想し、３千円程度としている。

えられているが、民間はその組織に報告する義務を課せられることになる。排出権の割当と規制位置(報告義務などを担当する民間組織のあり方)については岩橋(1998)が詳しい。大阪ガスは、割当を受けるか受けないか、報告義務も課せられるか課せられないかという、４通りの可能性が考えられることになる。割当を受け、報告義務も課せられるというのは、初期配分を得、ガス販売量に対応する排出権を確保して、管理機構に報告も行うといったものである。つまり当社が排出量と排出権を対応させる義務を負うことになる。逆に割当もなく、報告義務もないということは、初期配分は個人（消費者）に平等に配分されて、個人が二酸化炭素の排出を計算して、確定申告を行うことが義務づけられるといったような例がある。非現実的ではあるが、様々なバリエーションが考えられることは事実である。その中のいくつかの場合には、先程述べたように、当社が監視・モニタリングの対象になる可能性がある。その場合にはそれに見合った体制を整えることが必要になる。

排出権取引に伴うコストの管理

　排出権取引という新たな活動に伴って、いくつかのコストが発生する。上で見たように、排出権そのものを規則に則って管理・保管し、遅滞なく報告するのにもコストが必要である。さらに取引そのものにも費用が必要である。排出権を一種のコモディティと考えれば、売買に対してノウ・ハウを持つ人材の確保、あるいは組織（たとえ新設しなくても新たなミッションを課せられる組織）が必要になってくる。また特に重要なのが初期配分の確保である。これは一種の補助金と考えられ、収益に直接反映してくる問題である。その際、前章までで述べた公平性確保の中に、公益事業としてのあるべき初期配分のあり方などが議論される可能性もあるため、当社としてどのように考えるのかを明確にしておく必要があろう。

排出権取引に伴う各種リスクの管理

　さらに取引には各種のリスクが伴うことになる。排出権価格には変動リスクがある。排出権の監視やモニタリングが１年ごとに行われることになると、その期限までに必要とされる排出権を手元に確保しておかなければならなくなる。絶対的な排出量は一定とされているので、排出権にはいわゆるコンビニエンス・バリューが存在することになる。その年が好況であったりすると、経済活動の活発化に伴い、当然排出量には増加の圧力がかかる。その場合には、モニタリング期限近くに排出権の思わぬ高騰に見舞われる危険性がある。

では期初にできるだけの排出権を確保することが望ましいかというと、流動性や金利、さらに逆の意味での排出権価格の下落リスクがあり、一概に言えない。ただバンキングなどの制度がない場合には、平均すると期初に比較的排出権価格が高く、期末に近づくに従って価格が下落していくといった例が報告されている。それを見れば、排出権のコンビニエンス・バリューはかなり大きいものであると予想することができるかもしれない。ただ一般に生産によって、期中に増加させることのできる財とは異なり、排出権は期を通じて一定量しか存在しない財である。したがって、期初に自らの排出権を売りに出すことはあまり積極的なメリットがないので、供給制約から価格が高めに推移するということかもしれない。

さらにバンキング、ボローイングなどが導入され、排出権に時間をまたいだ取引が導入、拡大されると、動学的な経営意志決定の中に、排出権の売買が要素として入ってくる。その価格動向によっては生産量、設備投資計画などにも影響を与えることが予想され、価格変動リスク負担は大きくなる可能性がある。（一方で、システマティックな変動に対して、バンキングなどは価格平準化機能があることはすでに述べた）適切なヘッジが行えれば良いが、それに伴うリスク回避コストは市場動向によってはかなり大きくなる可能性もある。

他の施策（ＣＤＭ）などとのバランス維持

排出権規制を一種のコスト増大要因と考えれば、コスト管理という切り口で経営判断を行う際の考慮事項となりうる。単に排出権取引の中だけで損得を考えるのではなく、どの施策が最も容易に費用削減可能かという観点で考える必要があろう。排出権における 100 万円は削減が困難でも、ＣＤＭなら比較的容易ということなら、もちろんそちらを優先すべきであり、それは温室効果ガスだけでなく一般的なコスト管理政策の中で総合的に判断すべき事項である。当たり前のことではあるが、本論では排出権取引という閉じた世界で議論しているので、このことについて、あらためて確認をしておくこととする[2]。

（２）　各論１　排出権取引に関する不確実性リスクの認識と管理

本節では前の問題意識をより詳細に検討することを目的としている。特に第２章で議論した時間をまたいだ排出権取引の問題を軸に、より具体的な当社の課題を洗い出すことに重点を置いている。ここでは３点に絞って論ずる。

[2] 但し、各施策間に完全な裁定が働いていれば、どの費用も等しくなる。

コモディティに関するリスク管理意識の徹底

排出権がコモディティとして扱われ､企業活動に対する制約条件として課されるならば、その管理戦略を構築する必要がある。前節で見たように、排出権が当社の企業活動にとって、不可欠の財（ある種の原材料もしくは資金と同等に理解しても良い）であるならば、その確実な調達と管理、場合によっては運用を実施しなければならない。我々はＬＮＧ、石炭などコモディティの扱いを本務とし、その扱いには慣れていると思われるかもしれないが、必ずしも楽観できない面があることを意識する必要がある。つまり、排出権というコモディティは、今まで我々が取り扱ってきた原材料とは異なる特徴を備えているということである。

一つは排出権総量が一定であり、生産によって増やすことのできない財であるということである。つまりは供給側の生産調整がきかないのであって、それだけ価格の変動が大きくなる可能性を持っている。さらに制度面でどのような需給構造になるか不透明であることなどを考えれば、排出権の供給面、さらにそれに連動する価格の変動に大きな不確実性が存在するのである。もちろん、1500 億円に上る原材料費に比べれば、当社にとって実際の排出権取引額は誤差に近いものかもしれない。先ほどの簡単な計算を援用すると、年間の需要の伸びを全て排出権取引でまかなったとしても数億円のオーダーがせいぜいであり、ＣDMなどを組み合わせれば、さらに少ない取引額にとどまることも十分考えられる。しかしながら、現状では原油価格の変動にリンクしているＬＮＧ価格は、原料費スライド制度により、価格変動リスクを実質的にヘッジしている。これは見方を変えればリスクを顧客に転嫁しているとも理解できる。この料金制度の是非は、いずれ本格的に議論の遡上に上ることが予想される。いずれにせよ、価格の変動リスクのマネージに関しては、経験としてのノウ・ハウを蓄積しにくい状況にあるということはできるであろう。たとえ、全体として見てわずかな額であっても、それが今後厳しくなることはあっても、緩和されることはないという展望にたち、今まで述べてきた排出権取引の質的な側面に注目すれば、決して無視すべきことではない。

排出権の持つ特徴の第二は、動学的な取引に発展する可能性があるという点である。第２章で見たように、現物取引から、バンキング、ボローイングが認められ、制度化された後には、本格的なデリバティブ取引が行われる可能性は大いにある。その際には先物取引市場をにらみながら、排出権の取引を行わなければならなくなる。現状、当社の取り扱っているＬＮＧを指標としたコモディティ・スワップは取り引きされていない。原油先物取

引などに精通している競合企業（石油会社）と比較すると、当社はコモディティの柔軟な売買という点で、疎い面がある。現在はクルーダー原油などとの連動を利用した、原油価格スワップによるマクロ・ヘッジが実用段階にきているが、「当社はまだ検討の段階にあり、東京電力などの一部電力会社が部分的に試行しているにすぎない」（経理部財務室）とのことである。たとえ、リスクを完全に拒否し、全てヘッジで対応するにしても、前に議論したように制度の如何によってはその費用が非常に大きくなってしまう危険性もある。ヘッジなどコモディティ・デリバティブに関するノウ・ハウの蓄積とともに、健全な排出権取引市場の創設に向けて、当社としての明確な理論構築が必要なのではないだろうか。

実際の排出権取引が経営に及ぼす影響の程度を把握することの必要性

排出権取引制度が少なからず、当社の経営に影響を与えるというコンセンサスが得られたとすると、その影響の程度を事前に想定することが経営戦略の策定上必要になる。すなわち、どのような取引制度が構築されるかということを想定し、その際の価格水準、変動の予測を行い、初期配分量を仮定としておけば、総額としての排出権取引額は計算できる。先ほどの簡単な数値例は非常におおざっぱではあるものの、第２，第３章での抽象的な議論に比べれば、具体的イメージもしやすいし関心も引くことができる。取引制度の詳細については、当然ＣＯＰ５，ＣＯＰ６でかなりの詳細が詰められるはずであるから、それを十分フォローしておくことが必要である。実際、当社では企画部がＫＲＩに委託して、排出権取引を始め、温暖化防止施策に関する各種情報把握につとめている。理論的な側面ではインターネットや学会などで議論がなされており、もう一歩踏み込むのであれば、そのような学術的な潮流も抑えておくことが有用になるかもしれない。排出権価格の水準については、どのような制度になるかによって、大きく異なることが予想されるが、学者やシンクタンクなどがシミュレーションを行っている。どこまで信頼できるかは心許ない面もある。しかし、一つの参考として用いる価値はあるであろう。価格変動についても、ある程度のシミュレーション例はあるが、様々な仮定の上での結論であるので、今後、様々な方面で多様な試算が行われ、排出権取引価格に関する知の蓄積が十分に行われることを期待したい。場合によっては、当社が自主的に試算をしてみるといったことも考えられよう。

さらに他者の戦略的行動に対する配慮も必要である。具体的には競合する企業として、石油会社や電力会社が、排出権取引に対してどのような戦略を採ってくるのかということは非常に重要であろう。初期配分に関しては、どのような考え方があり、（例：オークション、グランドファーザーリング、インセンティブなど）それらによってどのような違いが

出てくるのかを十分に整理しておかなければならない。加えて、当社なりの初期配分に関する考え方を確立しておく必要がある。

制度構築への提言と、制度に対する戦略的対応

排出権取引はあくまで、温室効果ガス抑制の一手段にすぎない。ＣDMなど、他の手段との整合性を加味しながら、総合的に抑制政策を構築していく必要があることはすでに述べた。排出権取引に関するルールづくり（特に国内制度）の議論の中で、当社として持つ問題意識が十分認識されていない場合、積極的に発言していくことも検討に値する。またそれらの活動を通じて現実化されそうな制度をいち早く把握し、それらに対する戦略を構築していくことが必要である。逆に当社の利害に関わるルール、例えば初期配分の問題や、時間をまたいだ取引のあり方などについては、エゴという意味ではなく、当社なりの考え方を明確に打ち出していくことも必要であろう。

（３）　各論２　排出権取引と公益事業規制・不完全競争

前節は、排出権取引に関して、時間をまたいだ取引という、どの企業にも当てはまる問題について、当社にブレークダウンして考察してきた。本節では排出権取引における、公益事業特有の問題について検討を行う。問題意識の醸成、調査の必要性、制度設計のあり方検討という前節と同様の切り口で述べるなかで、より積極的な意味でのビジネス展開についても言及する。

問題意識の醸成

完全競争の前提が必ずしも成立しない中での、排出権取引の有効性と問題の把握が必要である。現実の産業組織（市場構造）を無視した中での制度構築は、思わぬ問題を引き起こす可能性がある。先行研究や本文でも述べたように、排出権価格に影響を与えることのできる企業が存在する場合、一般的に資源の効率性は阻害される。一般的には排出権価格が高止まりし、レントが影響力を持つ企業に移転される。また効率性劣化の程度は、初期配分量の設定に依存する可能性が指摘されていた。このように理論的に導出されている論点について、現実との乖離がどの程度であるのか、それは排出権取引の持つメリットをどの程度阻害するものなのか、あるいは業界にどのような影響を与えるのかという点に関する認識を社内で共有化することが、円滑な制度運営に不可欠である。

また、総括原価方式で価格設定を行っている公益事業者として、排出権規制が当社に及ぼす影響を認識することが必要である。それが当社の価格戦略にどのように関わってくるのか、競合する電力、石油産業などとの相対的な競争力はどのように変化するのか。本稿では、抽象的なモデルで異なる２つの考察を行った。第一に、純粋な総括原価的価格設定と、完全競争的価格設定とが、お互いに独立であるとの仮定の下での比較であり、両者に対する排出権取引の影響は異なりうることが指摘された。これは何らかの初期配分が見込まれるときに問題になるもので、総括原価的な考え方ならば、実質的には政府からの補助金と考えることのできる初期割当を価格引き下げで還元することになる。一方、利潤極大化的な価格設定においては、補助金としての初期割当は企業利潤に加算することが合理的である。モデルでは生産財価格が所与という無理な仮定が、この結論をより強調する形で出たと考えることができる。第二は、現実問題として、公益事業にも産業用ＬＮＧなど比較的価格設定が柔軟な財もあり、石油会社なども完全競争的な企業行動を行っているとは思えないことから、両者の競合を前面に出したモデル分析である。ゲーム論を用いて資産を行った結果、競合が明確に行われている場合、ガス、石油の相対的な価格競争力は、排出権取引によって資源配分上の歪みを受けない。しかしこれらは試論の域を出ず、今後一層の分析が行われなければ、政策提言などに発展させることは難しい。

従って、不完全競争と、公益事業の問題を排出権と関係づけて論じるために、理論の段階でもっと業界事情に応じた問題設定を工夫しなければならない。これらは一般論から導くことは困難であるため、関係業界が自主的に問題を検討しようという能動的な姿勢が必要になる。

具体的調査の必要性

排出権取引は制度が未知という非常に不確実な中にあるため、具体的な試算という形を取らざるを得ない。マクロ的なシミュレーション、それに産業連関モデルを組み合わせたものなどが研究者から提示されていることは、先行研究の紹介の中で述べた。しかしもし当社が経営判断に資するような試算を行うのであれば、それだけでは不十分である。マクロ、あるいは産業ベースのモデルを発展させ、企業ベースにまで落とし込んだシミュレーションを行うことにより、当社への影響を大まかにではあっても算出することができ、独自の戦略策定に資するものと考える。

さらに実用可能なものにするためには、排出権取引のみをモデルの対象にするのではなく、共同実施など、他の手段も内包したものにすることが望まれる。排出権取引制度の導

入を規制の強化ととらえ、それには費用負担が不可避であると考えれば、温室効果ガス抑制諸策にとどまらず、企業活動に伴うコストと同列に扱い、最適な選択をすべきであることはすでに述べた。現実問題として考えるならば、排出権に限らず、温室効果抑制に関わる費用は総括原価に組み入れることが認められる可能性は高いと考える。その場合、価格弾力性の小さい需要構造に直面していると仮定するならば、当社における費用負担は、設備その他総括原価設定の面で、よりセンシティブな問題に経営資源を投入した方が得策である可能性もある。一方で、競合他社が戦略的な価格設定を行ってきた場合には、世間の注目度が高いであろうということを前提にすれば、軽視できなくなることも考えられる。いずれにせよ排出権を切り口にした試算から、徐々に範囲を広げていくことは当社にとっても無駄にはならないであろう。

また、排出権の供給者が戦略的供給姿勢をとり、価格操作を行おうとする場合に、どの程度料金が高騰する可能性があるのかなどということも例として取り上げられれば望ましい。

当社としての考え方明確化

当社の立場から見た、制度設計のあり方を明確にし、場合によっては積極的に提言すべきであるというのは、前節でも述べた。不完全競争に関わる問題でも、公益事業と一般企業の公平性確保や、公益事業における料金設定のあり方などが、議論の対象となる可能性がある。初期配分も含め、場合によっては企業間競争力に大きな影響があるかもしれない。また場合によっては業界内の対立を引き起こし、公平性に対する議論が論点として浮上してくるかもしれない。その際、当社としての主張を説得力ある形で提示するためにも、社会的な厚生分析はふまえた上で、考え方を明確化しておく必要がある。

一方で、排出権取引に関わるエコビジネスへの参入に関するニュースが出始めている。東京電力は、商社などと共同で世銀の「炭素基金」に出資することを決定した。これは純粋な排出権取引というよりはＣＤＭに近いようだが、まだまだ未知数のプロジェクトに対する、競合業界のこのような動きは注目に値すると言えるだろう。また金融サービス業者が、そのノウ・ハウを生かして、排出権取引のブローカー業務に進出するとの情報もある（日本経済新聞 99/3/4）。このような様々な潮流に対して、当社が積極的に踏み出すのか、あくまで静観するべきかと言ったことを判断していかねばならない。その判断材料をより的確に提供するためにも、基礎的な調査や分析、見通しづくりを怠ってはならないであろう。

（４）　インプリケーション（当社が排出権取引制度に対して取り組むべき姿勢）

以上、まだ論点の整理にすぎないものの、排出権取引に関する調査・分析の必要性を強調した。ここでは、排出権取引に関して、当社が現時点でもっておくべき問題意識の中で、重要だと思われる点をもう一度確認する。

第一は不確実性リスクの認識と管理における重要事項である。排出権取引制度をはじめとする温室効果ガス抑制策の動向フォローを基本として、それに伴う不確実性の量的把握、コモディティ・ディリバティブに対するノウハウの蓄積、基本的戦略の策定が必要となる。第二は排出権取引と公益事業規制・不完全競争に関連する事項である。産業組織論も含めた排出権取引制度の理解、シミュレーションなどによる影響の量的把握、法的問題も含めた公平性などに関する当社の立場の明確化を行うことが必要である。

これらは、どの程度性急にという点では不透明な部分が多い。確かに肝心のＣＯＰ自体がどのように進展するのかが明確でない。しかし一応第一期のコミットメントは 2008 年からと決められているのであるから、それに従って議論が進むという可能性は十分認識しておく必要がある。

結論

５章にわたり、排出権取引を当社にとっての重要性というものを基本に考察してきた。最後に、得られた結論と、今後の課題を簡潔にまとめる。

今回の考察で得られた結果

排出権取引で議論が不十分な点は数多くある。特にここでは時間をまたいだ取引と不完全競争下での取引に絞って考察した結果、前者からは不確実性の管理に関するより厳密な検討、先物取引の持つ功罪について慎重に取り組まなければ、制度の円滑な運用が望めないこと、後者からは現実の産業組織から見て、原理的な取引制度の導入はミクロの問題を引き起こしかねないこと、あるいは価格支配力を持った参加者がいればマクロ、ミクロ双方に影響を与えることがわかった。また当社にとって主にリスク管理の視点、あるいは競争戦略の視点からの排出権取引制度の重要性が確認された。

インプリケーション

以上のことから、一般的な排出権取引の制度設計にあたっては、不確実性の存在、不完

全市場の問題に対して慎重に検討を行い、その量的把握努力を積み重ねた上で望ましいものを構築する必要がある。実際、国際合意の必要性、時間的余裕のなさなどを考えれば、無理に効率的な（経済学的に美しい）制度設計を行うよりは、かなり限られた範囲で、非常にシンプルな形での取引から試行するという態度も一つの選択肢である。つまり時間的な取引を排除し、投機家にとってあまり参入意欲のわかない、あるいは実需のみを取引対象にし、価格に対する変動を小さくする仕組みを導入するなども考えられて良いのではないか。その場合、当然の懸念として、均衡が達成されないというデメリットがあるかもしれないが、ある程度制度の運営に関して見通しがつくまではやむを得ないと覚悟すべきである。何らかの代替的配分方法を工夫することで、市場の安定を目指すことも必要であろう。

当社にとってのインプリケーションは､排出権取引の経営に対するインパクトを予測し、それが大きいと判断された場合にはリスクを低減するなどの目標を設定し、制度設計に対して積極的に提言を行うことであろう。またある制度が決定され、運用されると判断された場合には、それに基づいた最適の戦略を策定する努力が必要であろう。それは場合によっては大きなビジネスチャンスになるかもしれない。

今後の課題

今後は、理論的な議論の把握と、現実の制度設計の流れの確実なフォロー。重要項目に関する独自調査（理論分析、試算、実証など)、当社における意志決定に資する戦略的情報の提供が必要である。

以上

補論１　解存在の条件

① $P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$、$P_o^k = P_g^k + 2 - T_o - T_g$、$\therefore P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$ のとき

まず、$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$ より、$P_g^k \geq 0$ という解があれば、P_o^k も必ず 0 以上で解を持つ。また qok=0 より、To=1($\therefore 1 \leq T_o + T_g \leq 2$)

○b=2 の場合

・　条件 $P_o^k + T_o + T_g > a$ より、

$P_g^k > a - 2$　　・・・・・条件１

・　条件 $i - 2 > P_g^k - T_o - T_g$ より、

$i - 2 + T_o + T_g > P_g^k$　　・・・・・条件２

・　条件１，２より　$i - 2 + T_o + T_g > P_g^k > a - 2$　Pgk が解を持つためには、

$i - 2 + T_o + T_g > a - 2$　　かつ　　$i - 2 + T_o + T_g > 0$

$\therefore T_o + T_g > a - i$　　かつ　　$T_o + T_g > 2 - i$

$1 \leq T_o + T_g \leq 2$ であるから、少なくとも一つの解を持つためには、

$2 > a - i$　　かつ　$0 > -i$

後者は自明。したがって、条件１，２を満たす場合解が存在するための条件をまとめると以下のようになる。

$a - i - 2 < 0$

○　b>2 の場合

・　条件 $a - b + 2 \leq P_o^k + T_o + T_g$ より、

$P_g^k \geq a - b$　　・・・・・条件1

・条件 $i - 2 > P_g^k - T_o - T_g$ より、

$i + T_o + T_g - 2 > P_g^k$　　・・・・・・条件2

条件１，２より、$i + T_o + T_g - 2 > P_g^k \geq a - b$

このもとで Pgk が少なくとも一つの解を持つためには、$1 \leq T_o + T_g \leq 2$ であるから、

$i > P_g^k \geq a - b$ であればよい。従って解が存在するための条件は、

$a - b - i < 0$

○0<b<2 の場合

・ **条件**$a-2b+4<P_o^k+T_o+T_g$**より、**

$P_g^k<a-2b+2$ ・・・・・**条件**1

・ **条件**$i-2>P_g^k-T_o-T_g$**より、**

$i+T_o+T_g-2>P_g^k$ ・・・・・**条件**2

ここで

$i+T_o+T_g-2>P_g^k>a-2b+2$

このもとで Pgk **が少なくとも一つの解を持つためには、**$1\le T_o+T_g\le 2$ **であるから、**

$i>P_g^k>a-2b+2$

$\therefore a-2b-i+2<0$

② $P_g^k=P_o^k+T_o+T_g-2$、$P_o^k=\dfrac{(j+1)(P_g^k+2-T_o-T_g)+i}{j+2}$、$\therefore P_g^k=T_o+T_g-2+i$ $P_o^k=i$ **の場合**

このときも qgk=1,qok=0 **より、**To=1($\therefore 1\le T_o+T_g\le 2$)

〇b=2 **のとき**

・ **条件**$P_o^k+T_o+T_g>a$**より、**

$i+T_o+T_g>a$ ・・・・・**条件 1**

・ **条件**$2j+i+2\ge P_g^k-T_o-T_g$ **より、**

$2j+i+2\ge -2+i$

$\therefore j>-2$

これも常に成り立つ。

・ **条件**$i-2\le P_g^k-T_o-T_g$**より、**

$i\le i$ **これは常に成り立つ。**

従って、条件は 1 のみ。しかし、$1\le T_o+T_g\le 2$ **であるから、以下の条件を満たせば、解は存在する。**

$a-i-2>0$

〇b>2 **のとき**

・ **条件**$a-b+2\le P_o^k+T_o+T_g$ **より、**

$a-b-i+2\le T_o+T_g$ ・・・・・**条件** 1

・　条件$i-2\leq P_g^k - T_o - T_g$より、

$i\leq i$　　　　　　これは常に成り立つ。

・　条件$2j+i+2\geq P_g^k - T_o - T_g$より、

$2j+i+2\geq -2+i$
$\therefore j>-2$　　　これも常に成り立つ。

従って条件は１のみ。しかし、$1\leq T_o + T_g \leq 2$であるから、以下の条件を満たせば、解は存在する。

$a-b-i\leq 0$

○　0<b<2 のとき

・　条件$a-2b+4<P_o^k + T_o + T_g$より、

$a-2b-i+4<+T_o+T_g$　　　・・・・・条件1

・　条件$i-2\leq P_g^k - T_o - T_g$より、

$i\leq i$　　　　　　これは常に成り立つ。

・　条件$2j+i+2\geq P_g^k - T_o - T_g$より、

$2j+i+2\geq -2+i$
$\therefore j>-2$　　　これも常に成り立つ。

従って条件は１のみ。しかし、$1\leq T_o + T_g \leq 2$であるから、以下の条件を満たせば、解は存在する。

$a-2b-i+2<0$

③$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g - 2$、$P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$、$\therefore P_g^k = P_o^k = 0$の場合

○b=2 の場合

・　条件$P_o^k + T_o + T_g > a$より、

$T_o + T_g > a$　　　・・・・・条件１

・　条件$2j+i+2<P_g^k - T_o - T_g$より、

$2j+i+2<-T_o-T_g$　　これは常に成り立たない。

従ってこの場合の均衡解は存在しない。

○　b>2 のとき、

○　0<b2 のときも同様に均衡解は存在しない。

④ $P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$、$P_o^k = P_g^k + 2 - T_o - T_g$、$\therefore P_g^k = P_o^k = \infty$ の場合

○b=0 のとき

・　条件 $P_o^k + T_o + T_g < a$ より、

　　$\infty + T_o + T_g < a$　　これは常に成り立たない。

従ってこの場合の均衡解は存在しない。

○b>2 のとき

・　条件 $P_o^k + T_o + T_g \le a - b + 2$ も成り立たないのは明らか。

○　0<b<2 のとき

・　条件 $P_o^k + T_o + T_g < a$ が成り立たないのは明らか。

従って同様に均衡解は存在しない。

⑤　$P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$　、　$P_o^k = \dfrac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$　、　$\therefore P_g^k = T_o + T_g + 2j + i + 2$　、

$P_o^k = 2j + i + 2$ の場合

このとき qgk=0,qok=1 より、Tg=0($\therefore 0 \le T_o + T_g \le 1$)

○b=2 のとき

・　条件 $P_o^k + T_o + T_g < a$ より、

　　$2j + i + 2 + T_o + T_g < a$

　　$a - i - 2j - 2 > T_o + T_g$　　　・・・・・条件１

・　条件 $i - 2 \le P_g^k - T_o - T_g$ より、

　　$2j \ge 0$　　これは常に成り立つ。

・　条件 $2j + i + 2 \ge P_g^k - T_o - T_g$ より、

　　$2j + i \ge 2j + i$　　これも常に成り立つ。

従って、満足すべきなのは条件１のみ。しかし、$0 \le T_o + T_g \le 1$ であるから、以下の条件を満たせば、解は存在する。

$a - i - 2j - 2 > 0$

○b>2 のとき

・ 条件 $P_o^k + T_o + T_g < a - b + 2$ より、

$a - b - i - 2j > T_o + T_g$ ・・・・・条件1

・ 条件 $i - 2 \le P_g^k - T_o - T_g$ より、

$2j \ge 0$ これは常に成り立つ。

・ 条件 $2j + i + 2 \ge P_g^k - T_o - T_g$ より、

$2j + i \ge 2j + i$ これも常に成り立つ。

従って、満足すべきなのは条件１のみ。
このとき条件は、$a - b - i - 2j > 0$ となる。

○0<b<2 のとき

・ 条件 $P_o^k + T_o + T_g < a$ より、

$a - i - 2j - 2 > T_o + T_g$ ・・・・・条件１

・ 条件 $i - 2 \le P_g^k - T_o - T_g$ より、

$2j \ge 0$ これは常に成り立つ。

・ 条件 $2j + i + 2 \ge P_g^k - T_o - T_g$ より、

$2j + i \ge 2j + i$ これも常に成り立つ。

従って、満足すべきなのは条件１のみ。しかし、$0 \le T_o + T_g \le 1$ であるから、以下の条件を満たせば、解は存在する。

$a - i - 2j - 2 > 0$

⑥ $P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$、$P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$、$\therefore P_g^k = P_o^k + T_o + T_g$ の場合

このとき、$P_o^k > 0$ であれば、P_g^k も解を持つ。また、qgk=0,qok=1 より、Tg=0($\therefore 0 \le T_o + T_g \le 1$)。

○ b=2 のとき

・ 条件 $P_o^k + T_o + T_g < a$ ・・・・・条件1

・ 条件 $2j + i + 2 < P_g^k - T_o - T_g$ より、

$2j + i + 2 < P_o^k$ ・・・・・条件 2

従って、満足すべきなのは条件１、２である。条件は$2j+i+2<P_o^k<a-T_o-T_g$とまとめることができる。Pok が解を持つためには、$2j+i+2<a-T_o-T_g$。しかし、$0\le T_o+T_g\le 1$であり、以下の条件を満たせば、解は存在する。

$a-i-2j-2>0$

〇 b>2 のとき

・ 条件$P_o^k+T_o+T_g<a-b+2$・・・・・条件１

・ 条件$2j+i+2<P_g^k-T_o-T_g$より、

$2j+i+2<P_o^k$ ・・・・・条件2

従って、満足すべきなのは条件１、２である。これは以下のようにまとめることができる。

$2j+i+2<P_o^k<a-b+2-T_o-T_g$

$0\le T_o+T_g\le 1$であることから、解存在の条件は以下のようになる。

$a-b-2j-i>0$

〇0<b<2 のとき

・条件$P_o^k+T_o+T_g<a$・・・・・条件１

・ 条件$2j+i+2<P_g^k-T_o-T_g$より、

$2j+i+2<P_o^k$ ・・・・・条件2

従って、満足すべきなのは条件１、２である。よって、$2j+i+2<P_o^k<a-T_o-T_g$という条件を満たさなければならない。$2j+i+2>0$であるから、解が存在するためには、$2j+i+2<a-T_o-T_g$であればよい。一方、$0\le T_o+T_g\le 1$であることから、条件は以下のようになる。

$a-i-2j-2>0$

⑦ $P_g^k=\dfrac{(b-1)(P_o^k+T_o+T_g)-a}{b-2}$ 、 $P_o^k=P_g^k+2-T_o-T_g$ 、 $\therefore P_g^k=a-2b+2$ 、 $P_o^k=a-2b+4-T_o-T_g$の場合

このとき、$P_g^k>0$であれば、P_o^kも解を持つ。また、qgk=1,qok=0 より、

To=1($\therefore 1 \le T_o + T_g \le 2$)。

◯ 0<b<2 **のとき**

・ **条件** $P_o^k + T_o + T_g \ge a$ **より**

$a - 2 \le P_g^k$ 　　　**・・・・・条件**

・ **条件** $a - 2b + 4 \ge P_o^k + T_o + T_g$ **より、**

$a - 2b + 4 \ge a - 2b + 4$ 　　**常に成り立つ。**

・ **条件** $i - 2 > P_g^k - T_o - T_g$ **より、**

$P_g^k < i - 2 + T_o + T_g$ 　　　**・・・・・条件２**

従って、満足すべきなのは条件１、２である。まとめると $a - 2 \le P_g^k < i - 2 + T_o + T_g$ **。ここで、** $1 \le T_o + T_g \le 2$ **であることから、以下の条件を満たせば、解は存在する。**

$a - i - 2 < 0$

⑧は本文を参照。

⑨ $P_g^k = \dfrac{(b-1)(P_o^k + T_o + T_g) - a}{b-2}$ **、** $P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$ **、** $\therefore P_g^k = a$ **、** $\therefore P_o^k = a - T_o - T_g$ **の場合、**

◯0<b<2 **のとき**

まず、qok=1 **より、**Tg=0($\therefore 0 \le T_o + T_g \le 1$)

・ **条件** $P_o^k + T_o + T_g \ge a$ **より、**

$a \ge a$ 　**これは常に成り立つ。**

・ **条件** $P_o^k + T_o + T_g \le a - 2b + 4$ **より、**

$2b - 4 \le 0$ 　**これは常に成り立つ。**

・ **条件** $P_o^k - T_o - T_g \ge i + 2j + 2a$ **より、**

$a - i - 2j - 2 \ge T_o^k + T_g^k$ 　　　**・・・・・条件**

ここで、 $0 \le T_o + T_g \le 1$ **であることから、以下の条件を満たせば、解は存在する。**

$a - i - 2j - 2 \ge 0$

⑩ $P_o^k = P_g^k + 2 - T_o - T_g$ **のとき**

〇b=2 の場合

$q_o^k = 0$より、$T_o = 1$

・ $P_o^k + T_o + T_g = a$、$P_o^k = P_g^k + 2 - T_o - T_g$ より

$P_o^k = a - 1 - T_g$

$P_o^k = P_g^k + 1 - T_g$

$\therefore P_g^k = a - 2$

これより、P_g^k が 0 以上であれば、P_o^k も 0 以上である。

$0 \le P_g^k$から

$a \ge 2$ ・・・・・条件１

・ 条件$i - 2 > P_g^k - T_o - T_g$ より、

$i > a - 1 - T_g$

$\therefore a - i - 1 < T_g \le 1$

$a < i + 2$ ・・・・・条件２

上の２つの条件を満たすための条件は、

$2 \le a < i + 2$である。

⑪ $P_o^k = \dfrac{(j+1)(P_g^k + 2 - T_o - T_g) + i}{j+2}$ の場合

〇b=2 の場合

まず、上の条件から、P_g^k が 0 以上であれば、P_o^k も 0 以上である。

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

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

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

・ 条件$i - 2 \le P_g^k - T_o - T_g$、条件$2j + i + 2 \ge P_g^k - T_o - T_g$ より、

$i - 2 + T_o + T_g \le P_g^k \le 2j + i + 2 + T_o + T_g$ ・・・・・条件２

・ 条件１，２より

$$i-2+T_o+T_g \le \frac{a(j+2)-i-T_o-T_g}{j+1}-2$$
$$\therefore T_o+T_g \le a-i$$

$$\frac{a(j+2)-i-T_o-T_g}{j+1}-2 \le 2j+i+2+T_o+T_g$$
$$\therefore T_o+T_g \ge a-i-2(j+1)$$
従って$a-i-2(j+1) \le T_o+T_g \le a-i$

$0 \le T_o+T_g \le 2$ であることから、T_o, T_g の解が存在するための条件は、
$0 \le a-i \le 2j+4$ である。

⑫ $P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$ の場合

◯b=2 の場合
$q_o^k = 1$より、$T_g = 0$
・ $P_o^k + T_o + T_g = a$、$P_o^k = P_g^k - T_o - T_g$ より
$P_o^k = a - T_o$
$P_o^k = P_g^k - T_o$
$\therefore P_g^k = a$
これより、P_g^k は 0 以上である。
$0 \le P_o^k$から
$a \ge T_o$ ・・・・・条件１
・ 条件$2j+i+2 < P_g^k - T_o - T_g$ より、
$2j+i+2 < a - T_o$
$\therefore 0 \le T_o < a-2j-i-2$ ・・・・・条件2

明らかに条件２を満たせば条件１を満たす。条件２を満たす To が存在するための条件は、
$0 < a-2j-i-2$ である。

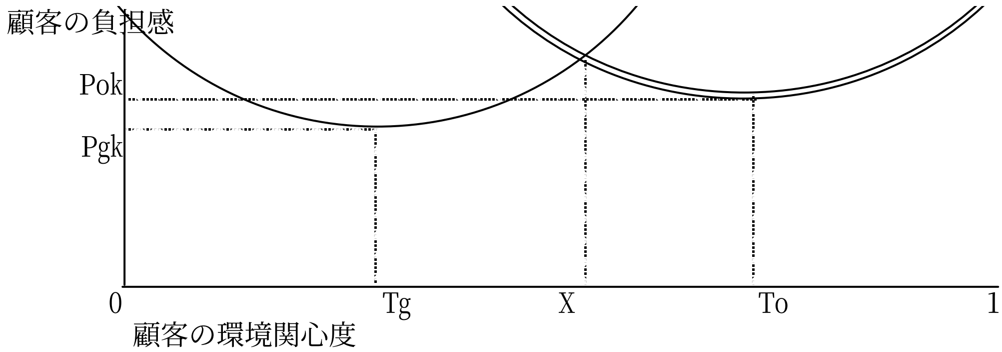
以上で全ての場合における解の存在条件が明らかになった。

補論２　ゲーム論的考察－試論の頑健性

（１）モデルの定式化

第４章のモデルにおいては、顧客の不満度や環境対策費用は環境関心度に比例しているとの仮定をおいていたが、これは緩和の余地がある。実際、多くの場合、関心度と実際の商品の持つ特性との差を二乗したものが顧客の負担感とするモデルも多い。本節では前のモデルの頑健性を確認するため、仮定を変更し、顧客の不満度や環境対策の費用が直線ではなく、２次関数として定式化される場合のモデルを用いて分析をおこなう。具体的にはある顧客の環境関心度を t とすると、その顧客が企業G、企業Oの製品に対して抱く不満度はそれぞれ、$P_g^k+(T_g-t)^2$、$P_o^k+(T_o-t)^2$ となる。これを表したのが図－補－１である。

図表－補－１



このようなモデルはどの様にすれば得られるのであろうか。第４章でのモデルの定式時には顧客の製品差別化に対する要求水準（環境関心度）と要求水準を満たすために必要な費用がともに１次関数、すなわち比例的に変化するとの仮定をおいていた。（図表３参照、ＣＥＬレポート第２号　PP79.）しかし環境対策費用が逓増する可能性も十分あり、顧客の要求水準も指数関数的に増大する場合もあり得よう。このモデルの基本的発想は言うまでもなく「ホテリングのモデル」に依っているが、そこでは顧客の負担感は要求水準との乖離の二乗に比例すると仮定されている[3]。従って、第４章でのモデルの頑健性を確認するためには、このような仮定を変化させることによる変化を見ることが必要である。

今述べた理論モデルは、顧客の環境関心度と、その要求水準を満たすために必要な費用関数の形状が１次関数から２次関数に変化したこと以外はほとんど第４章で想定したモデルと変わりがない[4]。

この場合も前節と同様に２段階ゲームの展開形として表すことができる。念のためもう一

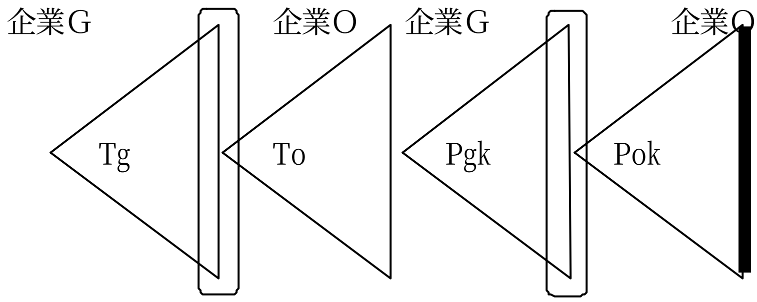
---

[3] もともとは出店地の意志決定と、それを前提とした上での価格決定という２段階ゲームであった。そこでは顧客の負担感は店に到達するまでの距離の二乗と仮定されていた。

[4] 必要条件を満たすための制約式を展開することで、製品差別化を表す変数である Tg,To が一致することを特殊なケースとして分けて考えなければならなくなる。これがもう一点、第４章のモデルと異なるところである。

度図表６を再録する。第４章の場合と同様に、以下では subgame perfect 均衡点を求めることとする。

図表　6



（2）　解の導出－第一段階－subgame の解

第４章で行った解法と同様にして、このモデルの subgame perfect 解を求めていくことにする。まず、競合市場における両企業に対する需要量は、図－補－１の X 点を分水嶺に、0～X までが企業Gの製品を需要し、X～1 が企業Oの製品を需要する。従って均衡点 X を含む次のような制約式を考えることができる。

$$P_g^k + (T_g - X)^2 = P_o^k + (T_o - X)^2$$

$$\therefore X = \frac{(P_g^k - P_o^k + T_g^2 - T_o^2)}{2(T_g - T_o)}$$

$$= q_g^k \qquad \cdots\cdots \qquad (\text{補}2-1)$$

ここで Pgk:競合市場における都市ガスの価格、Pok=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、qgk=都市ガスの販売量（＝需要量）である。同様に、企業Oの供給する石油製品の販売量（＝需要量）は、

$$q_o^k = 1 - X$$

$$= 1 - \frac{(P_g^k - P_o^k + T_g^2 - T_o^k)}{2(T_g - T_o)} \qquad \cdots\cdots \qquad (\text{補}2-2)$$

ここで qok: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、

$$0 \le X \le 1$$

○ $$0 \le \frac{(P_g^k - P_o^k + T_g^2 - T_o^k)}{2(T_g - T_o)} \le 1 \qquad \cdots\cdots \qquad (\text{補}2-3)$$

よって、

$$P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2) \le P_g^k \le P_o^k - T_g^2 + T_o^2 \qquad \cdots\cdots \qquad (\text{補}2-4)$$

$$P_g^k + T_g^2 - T_o^2 \le P_o^k \le P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2) \qquad \cdots\cdots \qquad (\text{補}2-5)$$

また式（補２－１）の分母と、企業Gがより環境重視の製品を供給するという仮定から、

$T_g^k < T_o^k$ ・・・・・・ (補$2-6$)（Tg=To の場合は特別に考慮が必要、後述）

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、

$\frac{a}{2} > b$ ・・・・・ (補$2-7$)

を満たさなければならないことは、第４章の式（４－９）と同様である。

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。まず企業Gの利潤を求めると、

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

$$= \boldsymbol{a} + \frac{1}{4}\{(b + 2T_g - 2T_o)P_g^k - bP_o^k + bT_g^2 - 2aT_g - T_o^2 + 2aT_o)\frac{(P_g^k - P_o^k + T_g^2 - T_o^2)}{(T_g - T_o)^2} \quad \cdot\cdot \quad (補2-8)$$

よって、$\boldsymbol{p}_g$ は、

$b = 2T_o - 2T_g$ のとき、P_g^k に関して１次式

$b > 2T_o - 2T_g$ のとき、P_g^k に関して極小値を持つ２次関数

$b < 2T_o - 2T_g$ のとき、P_g^k に関して極大値を持つ２次関数　　となる。

以下、場合分けして検討を行う。

○$b = 2T_o - 2T_g$ のとき

$$\boldsymbol{p}_g = \frac{-(T_g^2 - T_o^2 + a - P_o^k)(P_g^k - P_o^k + T_g^2 - T_o^2)}{2(T_g - T_o)} \quad ・・・・・(補2-9)$$

$P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2) \leq P_g^k \leq P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ より、$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ のとき、

$\boldsymbol{p}_g = 0$

$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$ のとき、

$\boldsymbol{p}_g = T_o^2 - T_g^2 - a - P_o^k$

よって、

・$P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$ であれば、$\boldsymbol{p}_g$ は常に 0 となる。

・$P_o^k > a + T_g^2 - T_o^2$ であれば、$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$ のとき $\boldsymbol{p}_g$ は最大値 $T_o^2 - T_g^2 - a - P_o^k$ をとる。

・$P_o^k < a + T_g^2 - T_o^2$ であれば、$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ のとき $\boldsymbol{p}_g$ は最大値 0 をとる。

○　　$b > 2T_o - 2T_g$ のとき

$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ のとき、

$\pi_g = 0$

$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ のとき、

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

よって、

・ $P_o^k > (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$ であれば、$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ のとき π_g は最大値 $-(T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) - a + b - P_o^k$ をとる。

・ $P_o^k = (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$ であれば、 $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ もしくは $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ で π_g は最大値 0 をとる。

・ $P_o^k < (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$ であれば、 $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ のとき π_g は最大値 0 をとる。

○　　　$b < 2T_o - 2T_g$ のとき

$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ のとき、

$\pi_g = 0$

$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$ のとき、

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

次に極大値を求める。π_g を P_g^k で微分すると、

$$\frac{\partial \pi_g}{\partial P_g^k} = \frac{(2T_g - 2T_o + b)P_g^k + T_g^3 + (b - T_o)T_g^2 - (P_o^k + a + T_o^2)T_g + T_o^3 - bT_o^2 + (a + P_o^k)T_o - bP_o^k}{2(T_g - T_o)^2}$$

$\cdots$・(補$2-10$)

よって(補$2-10$) =0 のとき、つまり

$$P_g^k = \frac{(T_g - T_o + b)P_o^k - T_g^3 + (T_o - b)T_g^2 + (a + T_o^2)T_g - T_o^3 + bT_o^2 - aT_o}{2T_g - 2T_o + b}$$ ・・(補$2-11$) のとき、

$q_g = \dfrac{T_g^2 - T_o^2 + a - P_o^k}{2(2T_g - 2T_o + b)}$ であり、

πg は極大値、$\pi_g = \dfrac{-(T_g^2 - T_o^2 - P_o^k + a)^2}{4(2T_g - 2T_o + b)}$ ・・・・・(補$2-12$) となる。

$$\frac{(T_g - T_o + b)P_o^k - T_g^3 + (T_o - b)T_g^2 + (a + T_o^2)T_g - T_o^3 + bT_o^2 - aT_o}{2T_g - 2T_o + b}$$

$$-(P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2))$$

$$=\frac{(T_g-T_o)(T_g^2-4T_g+4T_o-T_o^2+a-2b-P_o^k)}{2T_g-2T_o+b}$$

$$P_g^k=P_o^k-T_g^2+T_o^2-\frac{(T_g-T_o+b)P_o^k-T_g^3+(T_o-b)T_g^2+(a+T_o^2)T_g-T_o^3+bT_o^2-aT_o}{2T_g-2T_o+b}$$

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

- よって $T_g^2-T_o^2+a<P_o^k<T_g^2-4T_g+4T_o-T_o^2+a-2b$ のとき、p_g は極値で最大値、$\frac{-(T_g^2-T_o^2-P_o+a)^2}{4(2T_g-2T_o+b)}$ をとる。
- $P_o^k \geq T_g^2-4T_g+4T_o-T_o^2+a-2b$ のとき、 $P_g^k=P_o^k-(T_g-T_o)(T_g^2+T_o^2-2)$ で最大値、$-(T_g+T_o-2)(T_g-T_o)-a+b-P_o^k$ をとる。
- $P_o^k \leq T_g^2-T_o^2+a$ のとき、 $P_g^k=P_o^k-T_g^2+T_o^2$ で最大値、0 をとる。

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Oの利潤を求めると、

$$p_o=\left[P_o^k-i+j\left(1-\frac{(P_g^k-P_o^k+T_g^2-T_o^2)}{2(T_g-T_o)}\right)\right]\cdot\left[\frac{(P_g^k-P_o^k+T_g^2-T_o^2)}{2(T_g-T_o)}\right]$$

$$=\frac{1}{4}\left\{(j-2T_g+2T_o)P_o^k-jP_g^k-jT_g^2+2(i+j)T_g+jT_o^2-2(i+j)T_o\right)\frac{(P_g^k-P_o^k+T_g^2-2T_g+2T_o-T_o^2)}{(T_g-T_o)^2} \quad \cdot \quad (補2-13)$$

P_o^k の係数から、明らかに P_o^k に関して上に凸の最大値を持つ二次関数であることが分かる。

よって、p_o を P_o^k で微分すると、

$$\frac{\partial p_o}{\partial P_o^k}=\frac{(2T_g-2T_o-j)P_o^k-T_o^3+(T_g-j+2)T_o^2+(P_g^k+T_g^2-4T_g+i+2j)T_o-T_g^3+jT_g^2-(i+P_g^k)T_g+jP_g^k}{2(T_g-T_o)^2}$$

$$\ldots\ldots \quad (補2-14)$$

よって $(補2-14)=0$ のとき、つまり

$$P_o^k=\frac{(T_g-T_o-j)P_g^k+T_g^3-(T_g+2-j)T_o^2-(T_g^2-4T_g+i+2j)T_o+T_g^3-(2+j)T_g^2-(i+2j)T_g}{2T_g-2T_o-j}$$

$(補2-15)$ のとき、$qo=\frac{-i+P_o^k}{2(j-2T_g+2T_o)}$ となり、

πo は極大値、 $p_o=\frac{(T_g^2-2T_g+2T_o-T_o^2-i+P_g^k)^2}{4(j-2T_g+2T_o)}$ ・・・$(補2-16)$ をとる。

$P_g^k + T_g^2 - T_o^2 \le P_o^k \le P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$であるため、

$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$のとき$p_o$は0。

$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$のとき、$p_o$は$(T_g + T_o + 2)(T_g - T_o) + a - i - j$となる。これをもとに最大値を求めていく。

要は極値が$P_g^k + T_g^2 - T_o^2 \le P_o^k \le P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$の中に入っているかどうかが問題である。

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

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

これらのことから、

・$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$のとき、$p_o$は極値で最大値、$\dfrac{(T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 - i + P_g^k)^2}{4(j - 2T_g + 2T_o)}$をとる。

・$P_g^k \ge -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ のとき、$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$ で最大値、$(T_g + T_o + 2)(T_g - T_o) + a - i - j$をとる。

・$P_g^k \le -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$のとき、$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$で最大値、0をとる。

以上、企業G、企業Oの基本的な戦略が明らかとなった。今までの検討をまとめると、次の表のようになる。

企業Gの戦略　　　　　　　　　　**図表－補－２**

条件１	条件２	Pgk	qgk	πg (αを除く)
b= 2To-2Tg	$P_o^k > a + T_g^2 - T_o^2$	$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	1	$T_o^2 - T_g^2 - a - P_o^k$
	$P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$	任意	$\frac{(P_g^k - P_o^k + T_g^2 - T_o^2)}{2(T_g - T_o)}$	0
	$P_o^k < a + T_g^2 - T_o^2$	$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$	0	0
b> 2To-2Tg	$P_o^k > (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$	$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$	1	$-(T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) - a + b - P_o^k$
	$P_o^k = (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$	$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ or $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$	1 or 0	0
	$P_o^k < (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$	$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$	0	0
0<b< 2To-2Tg	$P_o^k \geq T_g^2 - 4T_g + 4T_o - T_o^2 + a - 2b$	$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	1	$-(T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) - a + b - P_o^k$
	$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k$ $< -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$	$\cancel{(T_g - T_o + b)P_o^k - T_g^3 + (T_o - b)T_g^2 + (a + T_o^2)T_g - T_o^3 + bT_o^2 - aT_o}$ [illegible] 補 2-11	$\frac{T_g^2 - T_o^2 + a - P_o^k}{2(2T_g - 2T_o + b)}$	$\frac{(T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 - i + P_g^k)^2}{4(j - 2T_g + 2T_o)}$
	$P_o^k \leq T_g^2 - T_o^2 + a$	$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$	0	0

企業Oの戦略

条件	Pok	qok	πg
$P_g^k \geq -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	1	$(T_g + T_o + 2)(T_g - T_o) + a - i - j$
$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k$ $< -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$	[illegible] 補 2-15	$\frac{-i + P_o^k}{2(j - 2T_g + 2T_o)}$	$\frac{(T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 - i + P_g^k)^2}{4(j - 2T_g + 2T_o)}$
$P_g^k \leq -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$	$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	0	0

これをもとにして、subgame のナッシュ均衡解を求める。

図表－補－３

Pgk	Pok	Nash 均衡	
$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	$P_g^k = P_o^k = 0$	①
	$\frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$ **補** 2-15	$P_g^k = -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$ $P_o^k = i$	②
	$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	$P_g^k = -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + P_o^k$	③
$P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	④
	$\frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$ **補** 2-15	$P_g^k = -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ $P_o^k = -2T_g + 2T_o + i + 2j$	⑤
	$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	$P_g^k = P_o^k = \infty$	⑥
$\frac{(T_g - T_o + b)P_o^k - T_g^3 + (T_o - b)T_g^2 + (a + T_o^2)T_g - T_o^3 + bT_o^2 - aT_o}{2T_g - 2T_o + b}$ **補** 2-11	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	$P_g^k = a$ $P_o^k = -T_o^2 + T_g^2 + a$	⑦
	$\frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$ **補** 2-15	$P_g^k =$ **＊１** $P_o^k =$ **＊２**	⑧
	$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	$P_g^k = -2T_g + 2T_o + a - 2b$ $P_o^k = T_g^2 - 4T_g + 4T_o - T_o^2 + a - 2b$	⑨
任意 **但し** $b = -2T_g + 2T_o$ $P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	$P_g^k = a$ $P_o^k = T_g^2 - T_o^2 + a$	⑩
	$\frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$ **補** 2-15	$P_g^k =$ **＊３** $P_o^k = T_g^2 - T_o^2 + a$	⑪
	$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	$P_g^k = 2T_g - 2T_o + a$ $P_o^k = T_g^2 - T_o^2 + a$	⑫
$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ or $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ **但し** $P_o^k = (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$	$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$	$P_g^k = -2T_g + 2T_o + a - b$ $P_o^k = T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 + a - b$ **但し** $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ **の場合のみ**	⑬
	$\frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$ **補** 2-15	**解なし（不能）**	⑭
	$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$	$P_g^k = a - b$ $P_o^k = T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 + a - b$ **但し** $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ **の場合のみ**	⑮

＊1

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

＊2

$$\frac{-T_o^3+(T_g-j+4)T_o^2+(T_g^2-8T_g+a-2b+2i+4j)T_o-T_g^3+(4+j)T_g^2+(-a+2b-2i-4j)T_o+aj-bi-2bj}{3T_g-3T_o+b-j}$$

＊3

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

（3）解の導出－第二段階－subgame perfect 均衡解

Tg,To 所与の下での Pgᵏ,Poᵏ 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、第４章と同様に、最も一般的な解を与える前ページ図表⑧のケースを考える。得られた Pgᵏ,Poᵏ を代入すると、

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

$$P_o^k=\frac{-T_o^3+(T_g-j+4)T_o^2+(T_g^2-8T_g+a-2b+2i+4j)T_o-T_g^3+(4+j)T_o^2+(-a+2b-2i-4j)T_o+aj-bi-2bj}{3T_g-3T_o+b-j}$$

よって、

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

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

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

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

である。両企業とも利潤関数は、それぞれ Tg,To に関して直角双曲線と一次式の和になるため、最大値は端点解に絞られる。

まず企業Gであるが、仮定より、$0\le T_g<T_o$

・$T_g=0$ のとき

$$p_g=\left(\frac{-b}{4}+\frac{T_o}{2}\right)\frac{(-T_o^2-2T_o+a-i-2j)^2}{(-3T_o+b-j)^2}\quad \cdot\cdot\cdot\cdot(\text{補}2-17)$$

・$T_g=T_o$のとき、

$$p_g=\frac{-b(a-i-2j)^2}{4(b-j)^2}\quad \cdot\cdot\cdot\cdot(\text{補}2-18)$$

補 2-18 は明らかに非正であるから、企業Gの戦略は常に（補 2-17）すなわち$T_g=0$である。

一方、企業Oも同様に$T_g<T_o\leq 1$であるから、

・$T_o=1$のとき、

$$p_o=\left(\frac{1}{2}+\frac{j}{4}-\frac{T_g}{2}\right)\frac{(3+T_g^2-4T_g+a-i-2b)^2}{(-3+3T_g+b-j)^2}\quad \cdot\cdot\cdot\cdot(\text{補}2-19)$$

・$T_o=T_g$のとき、

$$p_o=\frac{j(a-i-2b)^2}{4(b-j)^2}\quad \cdot\cdot\cdot\cdot(\text{補}2-20)$$

上より常に$T_g=0$であるため、（補 2-19）－（補 2-20）は

$$\frac{1}{4}\left(\frac{(j+2)(3+a-2b-i)^2}{(-3+b-j)^2}-\frac{j(a-2b-i)^2}{(b-j)^2}\right)\geq 0\quad \cdot\cdot\cdot\cdot(\text{補}2-21)$$ のとき、

$T_o=1$で最大値をとる。逆に上式が 0 より小さい場合には、$T_o=T_g$にならなければならないため、解がなくなる。

以上をまとめると、（補 2-21）という条件の下で、均衡解$T_g=0$、$T_o=1$を得る。その際、

$$P_g^k=\frac{(3+2a+a\ j-3b-bi-2bj+i+2j)}{(3-b+j)}、\ P_o^k=\frac{(3+a+a\ j-2b-bi-2bj+2i+3j)}{(3-b+j)}$$

$$q_g^k=\frac{(3-a+i+2j)}{2(3-b+j)}、\quad q_o^k=\frac{(3+a-i-2b)}{2(3-b+j)}、$$

$$p_g=\frac{1}{2}\left(\frac{-j}{2}+1\right)\left(\frac{3-a+i+2j}{3-b+j}\right)^2、\ p_o=\frac{1}{2}\left(\frac{j}{2}+1\right)\left(\frac{3+a-i-2b}{3-b+j}\right)^2$$ である。

同様にして順次、均衡解を求めることとする。以下の番号は、図表－補－３に対応している。

① $P_g^k=P_o^k-(T_g-T_o)(T_g^2+T_o^2-2)$、$P_o^k=P_g^k+T_g^2-T_o^2$のとき、図表－補－２より、

○$b=2T_o-2T_g$、$P_o^k>a+T_g^2-T_o^2$

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

このとき、Tg,To は反応関数に従って、両者とも 0 に収束していく。しかし仮定より、

$$
\begin{aligned}
P_o^k &> a + T_g^2 - T_o^2 \\
&> a + (T_g + T_o)(T_g - T_o) \\
&> a - b(T_g + T_o)/2 > a - b > 0
\end{aligned}
$$

したがって、 P_o^k **のとりうる範囲に解はない。**

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

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

これも同様に、 $P_o^k > (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b > 0$ **で解なし。**

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

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

これも同様に $P_o^k \geq T_g^2 - 4T_g + 4T_o - T_o^2 + a - 2b > 0$ **で解なし。**

② $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$、$\dfrac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$

$P_g^k = -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

$P_o^k = i$

○ $b = 2T_o - 2T_g$、$P_o^k > a + T_g^2 - T_o^2$、

$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$

上の仮定より、

$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k$

$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$ **これは成り立たない。**

○ $b > 2T_o - 2T_g$、$b < 2T_o - 2T_g$ **も同様に解なし。**

③ $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$、$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$

○ $b = 2T_o - 2T_g$、$P_o^k > a + T_g^2 - T_o^2$、$P_g^k \leq -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

・ $i > a + T_g^2 - T_o^2$ **の場合、**

$a + (T_g - T_o)(T_g + T_o) - (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2) < P_g^k \leq -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

$a+2(T_g-T_o)<P_g^k \le -T_g^2+2T_g-2T_o+T_o^2+i$

$a+T_g^2-T_o^2<P_o^k \le a+i$

$\therefore P_g^k=-(T_g+T_o-2)(T_g-T_o)+i$

$P_o^k=i$

よって、$q_g=1$、$q_o=0$、$p_g=T_o^2-T_g^2-a+i$、$p_o=0$**となる。**

○$b>2T_o-2T_g$、$P_o^k>(T_g+T_o-2)(T_g-T_o)+a-b$、$P_g^k \le -T_g^2+2T_g-2T_o+T_o^2+i$

・$i>(T_g+T_o-2)(T_g-T_o)+a-b$**の場合、**

$a-b<P_g^k \le -T_g^2+2T_g-2T_o+T_o^2+i$

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

$\therefore P_g^k=-(T_g+T_o-2)(T_g-T_o)+i$

$P_o^k=i$

よって、$q_g=1$、$q_o=0$、$p_g=T_o^2-T_g^2-a+i$、$p_o=0$**となる。**

○$b<2T_o-2T_g$、$P_o^k \ge T_g^2-4T_g+4T_o-T_o^2+a-2b$、$P_g^k \le -T_g^2+2T_g-2T_o+T_o^2+i$

・$a-2b-i<-T_g^2+4T_g-4T_o+T_o^2$**の場合、**

$a-2b-2(T_g-T_o)<P_g^k \le -T_g^2+2T_g-2T_o+T_o^2+i$

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

$\therefore P_g^k=-(T_g+T_o-2)(T_g-T_o)+i$

$P_o^k=i$

よって、$q_g=1$、$q_o=0$、$p_g=T_o^2-T_g^2-a+i$、$p_o=0$**となる。**

④$P_g^k=P_o^k-T_g^2+T_o^2$、$P_o^k=P_g^k+T_g^2-T_o^2$

○$b=2T_o-2T_g$、$P_o^k<a+T_g^2-T_o^2$、$P_g^k \ge -T_g^2-2T_g+2T_o+T_o^2+i+2j$

・$a+T_g^2-T_o^2>0$、$a>T_g^2+2T_g-2T_o-T_o^2$**の場合、**

$2(T_g^2+2T_g-2T_o-T_o^2)+i+2j \le P_o^k<a+T_g^2-T_o^2$

$T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2 + i + 2j \le P_g^k < a$

$\therefore P_o^k = 2(T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2) + i + 2j$

$P_g^k = T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2 + i + 2j$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = 2(T_g^2 + T_g - T_o - T_o^2) + j$

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

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

・ $a - b - 2j > T_g^2 + 4T_g - 4T_o + T_o^2$**の場合、**

$2T_g^2 + 2T_g - 2T_o + 2T_o^2 + i + 2j \le P_o^k < T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 + a - b$

$T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i + 2j \le P_g^k < -2T_g + 2T_o + a - b$

$\therefore P_o^k = 2(T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2) + i + 2j$

$P_g^k = T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2 + i + 2j$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = 2(T_g^2 + T_g - T_o - T_o^2) + j$

○$b < 2T_o - 2T_g$、$P_o^k \le T_g^2 - T_o^2 + a$、$P_g^k \ge -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$

・ $a \ge -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$、$T_g^2 - T_o^2 + a \ge 0$**の場合、**

$2T_g^2 + 2T_g - 2T_o + 2T_o^2 + i + 2j \le P_o^k < T_g^2 - T_o^2 + a$

$T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i + 2j \le P_g^k < a$

$\therefore P_o^k = 2(T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2) + i + 2j$

$P_g^k = T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2 + i + 2j$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = 2(T_g^2 + T_g - T_o - T_o^2) + j$

⑤ $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$、 $P_o^k = \frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$

$P_g^k = -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$、 $P_o^k = -2T_g + 2T_o + i + 2j$

○ $b = 2T_o - 2T_g$、 $P_o^k < a + T_g^2 - T_o^2$、

$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$

上式より、 $P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ は、

$-T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2 < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ これは成り立たない。

よって解なし。

○ $b > 2T_o - 2T_g$、 $b < 2T_o - 2T_g$ も同様に解なし。

⑥ $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$、 $P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$

○ $b = 2T_o - 2T_g$、 $P_o^k < a + T_g^2 - T_o^2$、 $P_g^k \le -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

・ $i < a + T_g^2 - T_o^2$ の場合、

$P_o^k = i$

$P_g^k = -T_g^2 + T_o^2 + i$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = -j$ よって、解なし。

○ $b > 2T_o - 2T_g$、 $P_o^k < (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$、 $P_g^k \le -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

・ $i < (T_g + T_o - 2)(T_g - T_o) + a - b$ の場合、

$P_o^k = i$

$P_g^k = -T_g^2 + T_o^2 + i$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = -j$ よって、解なし。

○ $b < 2T_o - 2T_g$、 $P_o^k \le T_g^2 - T_o^2 + a$、 $P_g^k \le -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

・ $i \le T_g^2 - T_o^2 + a$ の場合、

$P_o^k = i$

$P_g^k = -T_g^2 + T_o^2 + i$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = -j$ **よって、解なし。**

・$i > T_g^2 - T_o^2 + a$ **の場合、**

$P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$、$P_g^k = a$

このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = a + T_g^2 - T_o^2 - i - j$

⑦ $P_g^k = \frac{(T_g - T_o + b)P_o^k - T_g^3 + (T_o - b)T_g^2 + (a + T_o^2)T_g - T_o^3 + bT_o^2 - aT_o}{2T_g - 2T_o + b}$、$P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$

このとき $P_g^k = a$

$P_o^k = -T_o^2 + T_g^2 + a$

○$b < 2T_o - 2T_g$、$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$

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

よって、

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

これは成り立たないので解なし。

⑧上述

⑨ $P_g^k = \frac{(T_g - T_o + b)P_o^k - T_g^3 + (T_o - b)T_g^2 + (a + T_o^2)T_g - T_o^3 + bT_o^2 - aT_o}{2T_g - 2T_o + b}$、$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$

このとき $P_g^k = -2T_g + 2T_o + a - 2b$

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

○$b < 2T_o - 2T_g$、$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$

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

よって、

$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k \leq -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

これは成り立たないので解なし。

⑩ P_g^k ：任意、 $P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$

このとき、 $P_g^k = a$
$P_o^k = T_g^2 - T_o^2 + a$

○ $b = 2T_o - 2T_g$ 、 $P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$

よって、 $P_g^k \geq -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ これが成り立っていれば、上の解は意味をなす。このとき、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$\boldsymbol{p}_g = 0$、$\boldsymbol{p}_o = a + T_g^2 - T_o^2 - i - j$

⑪ P_g^k ：任意、 $P_o^k = \dfrac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2 + j)T_g^2 - (i + 2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$

このとき、

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

$P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$

○ $b = 2T_o - 2T_g$ 、 $P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$

$-T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i < P_g^k < -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ が成り立てば、解が成立する。

その場合、 $q_g = \dfrac{T_g^2 + 2T_g - 2T_o - T_o^2 + a - i - 2j}{2(T_g - T_o - j)}$、$q_o = \dfrac{-T_g^2 + T_o^2 - a + i}{2(T_g - T_o - j)}$、

$\boldsymbol{p}_g = 0$、$\boldsymbol{p}_o = \dfrac{-(2T_g - 2T_o - j)(T_g^2 - T_o^2 + a - i)^2}{4(T_g - T_o - j)^2}$

⑫ P_g^k ：任意、 $P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$

このとき、$P_g^k = 2T_g - 2T_o + a$、$P_o^k = T_g^2 - T_o^2 + a$

○ $b = 2T_o - 2T_g$ 、 $P_o^k = a + T_g^2 - T_o^2$、 $P_g^k \leq -T_g^2 + 2T_g - 2T_o + T_o^2 + i$

これが成り立っていれば解が成立する。
その場合、$q_g = 1$、$q_o = 0$、$\boldsymbol{p}_g = 0$、$\boldsymbol{p}_o = 0$

⑬ $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ or $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ 、 $P_o^k = P_g^k + T_g^2 - T_o^2$

$P_g^k = -2T_g + 2T_o + a - b$
$P_o^k = T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 + a - b$ 但し $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$ の場合のみ

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

$P_g^k \geq -T_g^2 - 2T_g + 2T_o + T_o^2 + i + 2j$ これが成り立っていれば、解は成立する。

その場合、$q_g = 0$、$q_o = 1$、$p_g = 0$、$p_o = a - i - j + T_g^2 - T_o^2$

⑭ $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ or $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$、

$$P_o^k = \frac{(T_g - T_o - j)P_g^k + T_g^3 - (T_g + 2 - j)T_o^2 - (T_g^2 - 4T_g + i + 2j)T_o + T_g^3 - (2+j)T_g^2 - (i+2j)T_g}{2T_g - 2T_o - j}$$

これらの条件は両立しないため、解はない。

⑮ $P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$ or $P_g^k = P_o^k - T_g^2 + T_o^2$、

$$P_o^k = P_g^k + (T_g - T_o)(T_g^2 + T_o^2 - 2)$$

$$P_g^k = a - b$$
$$P_o^k = T_g^2 - 2T_g + 2T_o - T_o^2 + a - b$$

但し$P_g^k = P_o^k - (T_g - T_o)(T_g + T_o - 2)$**の場合のみ**

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

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

これが成り立っていれば解は存在する。

その場合、$q_g = 1$、$q_o = 0$、$p_g = 0$、$p_o = 0$

以上ですべての解の検討が終わった。

このとき、両企業が併存可能な解は、$T_g = 0$、$T_o = 1$、

$P_g^k = \dfrac{(3 + 2a + a\,j - 3b - bi - 2bj + i + 2j)}{(3 - b + j)}$、$P_o^k = \dfrac{(3 + a + a\,j - 2b - bi - 2bj + 2i + 3j)}{(3 - b + j)}$

$q_g^k = \dfrac{(3 - a + i + 2j)}{2(3 - b + j)}$、$q_o^k = \dfrac{(3 + a - i - 2b)}{2(3 - b + j)}$

、$p_g = \dfrac{1}{2}(\dfrac{-j}{2} + 1)\left(\dfrac{3 - a + i + 2j}{3 - b + j}\right)^2$、$p_o = \dfrac{1}{2}(\dfrac{j}{2} + 1)\left(\dfrac{3 + a - i - 2b}{3 - b + j}\right)^2$ **である。その他の均衡解は、すべて一方の一人勝ち、すなわち需要の独占（**q_g^k=0 **または** q_o^k=0**）もしくは、利潤の独占(**π g=0 **または**π o=0)**である。ここから明らかなように、均衡点は前節とは異なり、企業Gが左端**(0)**に、企業Oが右端**(1)**に分かれるという結果を得となった。しかしながら、排出権取引によって新たに生じる費用の影響という点で見ると、前節のモデルと異なることはない。**

以上