

排出権取引に関する一考察¹ (1)

豊田 尚吾

要約

- ・ C O Pにおける気候変動枠組条約の柔軟性措置の一つである、排出権取引を取り上げ考察する。排出権取引には、議論すべき課題が多く残されている。理論的には、時間をまたいだ取引、不完全競争下での排出権取引制度の有効性、他の政策との整合性、権利割当の問題などがあり、制度面では、排出権そのものの具体的内容、市場整備、管理方法などについての国際ルール、初期割当に関する国内ルール、政治的問題などがある。
- ・ 本稿では、その中でも排出権の、時間をまたいだ取引の問題について取り上げる。具体的には、バンキング（当期、排出権を使わず、時期以降に使用を繰り越す）、ポローイング（次期以降の排出権を前借りして使用し、後で節約する）などの制度が取り入れられた場合の、企業が直面する制約条件の変化を考察する。
- ・ 結論は以下の通り。企業の直面するリスクは、どのような先物取引が実現するかに依存する。フォワードなどの取引が円滑に行えれば、ヘッジのコストは抑えられるものの、ロール・オーバーなどの手法によって、価格を固定化し、リスク回避を行おうとすれば排出権取引市場のあり方によって、そのコストは変化することになる。場合によっては、市場参入や取引の規制、時間をまたいだ取引自体の限定的導入などが考慮の対象になる。

* 特記事項

- ・ このレポートは、本テーマに関心を持つ社内外の専門家を対象に、彼らとの意見交換の材料とすることを主たる目的として作成いたしました。従って、数式や解説のない専門用語などが用いられ、わかりやすいとは言えない部分があります。特に仔細な議論に興味のない方は「ゴシック文字」の部分のみをお読みいただければ幸いです。逆に、ゴシック文字の部分のみで、ある程度筋が通るように配慮したため、全文を読んでいただける方には全体の整合性に違和感を待たれる場合があるかもしれませんが、ご了承ください。
- ・ また、もう一つの目的は、経営情報としての排出権取引に関する情報を、広く社内に提供することです。本文で取り上げられている書籍、論文などは基本的にC E L内で保管しておりますので、ご興味のある方はお気軽にお問い合わせください。
- ・ このレポートは、全4章からなり、やや長文に属するため、今回と次回の2回に分割して掲載します。以下に目次を示し、全体像を明らかにします。

<目次>

はじめに

(1) 地球環境問題の概要

(2) C O Pの概要

排出権取引の概要

1 . 論点整理

¹ 本レポート作成にあたっては、新澤秀則・神戸商科大学教授、興銀第一フィナンシャルテクノロジー（株）の浜岡泰介・シニアフィナンシャルエンジニア、同・山本毅・シニアフィナンシャルエンジニアに貴重なご意見をいただいた。また排出権取引に関する社内の動向に関しては、企画部の速水氏、環境部の藤野氏、繰繰氏、経理部の津村氏にヒアリングを行った。記して感謝を表したい。尚、いうまでもなく、本レポートに含まれる誤り、及び欠点は全て筆者に帰せられるべきものである。

- (1) 理論的問題点
 - (2) 制度的問題点
 - (3) 本レポートで取り上げる事項
 - 時間をまたいだ排出権取引
 - 不完全競争下での排出権取引
 - 2 . 時間をまたいだ排出権取引
 - (1) 意義と展望
 - (2) 基本モデル
 - フォワード、フューチャー、ロール・オーバーによるスワップ
 - (3) 理解とインプリケーション

(以上が今回のレポートの対象、以降は次回のレポートの内容)
 - 3 . 不完全競争下での排出権取引
 - (1) 意義と展望
 - (2) 基本モデル
 - 排出権取引市場で、一般的な企業と総括原価を基本とする企業が併存していた場合
 - 排出権取引において、市場に影響力を与える企業が存在する場合
 - (3) 理解とインプリケーション
 - 4 . 大阪ガスに関連する事項
 - (1) 排出権取引に関連する、大阪ガスの産業としての特徴
 - (2) 排出権取引に関する不確実性リスクの認識と管理
 - (3) 排出権取引と公益事業規制・不完全競争
 - (4) インプリケーション
- 結論

はじめに

本稿は、気候変動枠組条約 (UNFCCC) において採択された京都議定書 (1997 年 12 月) の目標達成手段の一つである「排出権取引」に焦点をあて、その理論上、および実際の制度策定上の問題、さらに当社に対する影響について考察するものである。

(1) 地球環境問題の概要

最近の身近な話題であるダイオキシンや環境ホルモン、さらに我々日本人にはやや切迫感に欠けるものの、重要な問題としてのオゾン層破壊や森林破壊など、地球環境問題に対する関心は年々高まりつつある。電中研では「地球環境問題」に加え、「経済の発展」、「資源・エネルギーの確保」を、克服すべき問題群として「トリレンマ」という言葉で表現している。そこでは従来型の大量生産・大量消費型の経済発展が、資源・エネルギーの枯渇を招き、長期的に持続可能でないこと、さらに地球環境の変化によって、様々な悪影響が顕在化する危険性を指摘し、何らかの対応が必要だとの問題意識を提示している (電中研 (1998a))。また、メディアにおいても環境問題に対する関心は高く、企業の環境への取り組みを採点し、それをランキングした

日経の「環境経営度調査」は多くの議論をよんだ（1998年12月16日）。

ガスというエネルギーの供給事業に携わる当社においては、当然のことながら、資源・環境問題に対する意識は高い。「大阪ガス環境基本理念」（1992年制定）に則り、温暖化ガスやNO_xの排出抑制、資源の再利用促進、地域並びに国内外での環境貢献など、積極的な環境問題への取り組みが行われていることは、社内外で認知されている（大阪ガス環境行動レポート1998）。

このような状況の中、地球環境問題の主要なテーマの一つとして、地球温暖化問題をあげることができる。これは周知の通り、人間の生産及び消費活動において排出されるCO₂などの温室効果ガスが、時系列的な気温の上昇を招き、それが海拔の上昇、劇的な気候変動などを通じ、農業への打撃、疫病の蔓延など、望ましくない事態を引き起こすと懸念される問題である（詳しくは電中研(1998b)などを参照のこと）。地球温暖化問題はかなり不確実性が高く、人間活動に伴う温室効果ガスが本当に気温の上昇を招いているのか、また気温の上昇が招くデメリットがメリットを大きく上まわるかについては諸説ある。しかし、現状では、その懸念がある以上、現時点で取り組むことのできる問題については、積極的に対処していこうという方向性が、総論としては合意されている。その一つの現れが「気候変動枠組条約」締結の動きであり、その中に示されている対策の一つに「排出権取引」がある。

（2）COPの概要

COPとはConference of Parties（締約国会議）の略であり、京都会議で有名になったCOP3とは、その第3回（The Third Session ちなみに第1回はベルリン、第2回はジュネーブ、第4回はブエノスアイレス）という意味である。では何に関する締約国かということ、前述の「気候変動枠組条約（UNFCCC:UN Framework Convention on Climate Change）」であり、京都会議がなぜ大きな話題になったかといえば、「京都議定書」という形で温室効果ガスの排出削減について「数値目標」が設定されたからである。ここでは、以下の議論に必要な、最小限の事項を除き、COPの解説には深入りしない。これに関して興味のある向きは、COP3のホームページ（http://www.lab7.kuis.kyoto-u.ac.jp/cop3/directory/conf_info.html）の他、持続可能な開発のための日本評議会ホームページ（<http://www.geic.or.jp/jcsd/>）（財）地球環境戦略研究機関・松尾直樹氏の（財）エネルギー経済研究所での報告資料（第338回 定例研究報告会資料「COP3以降の気候変動問題に関する国際的枠組み - 京都議定書のポイントと排出権取引の展望 - 1998）、日本興業銀行の「IBJ経済・産業の動き98年10月号」所収の興銀フィナンシャルテクノロジー（株）他論文（「地球温暖化への対応と柔軟性措置導入がわが国に与える影響」）などが参考になる。

松尾氏によれば、「国際的な環境問題に関する国家間協定は、【現象の科学的認識 国際問題化 枠組条約 議定書】という形で発展していく傾向にある」とのことで、実際に気候変動枠組条約は170カ国超の批准を得ている。その流れからいえば、京都議定書は「制定」された段階であり、今後発効、改正というプロセスを経ていくことが期待されている。京都議定書は「排出削減コミットメント」「遵守促進規定」「手続規定」からなり、排出削減コミットメントに、数値目標と各国のコミットメント（例：日本は2008-2012年平均で温室効果ガスを1990年比-6%に抑える）対象、政策手段などが規定されている。政策手段には、共同達成、共同実施、クリーン開発メカニズム（CDM）、排出権取引などが含まれている。

排出権取引の概要

このように、京都議定書においては排出権取引に限らず、共同実施などの諸施策が併記されている。まずCOPにおいて、地球温暖化防止という、ある意味で漠とした課題に対して、曲がりなりにも国際合意が得られたことを高く評価するという前提にたち、その上でなぜ本稿が排出権取引に焦点を当てたのかを明確にする必要がある。それは、排出権取引が他の諸施策と異なり、排出権の売買を通じて明示的に市場メカニズムを利用し、理論的には費用最小化という効率性を実現する経済政策である。そのため適切な制度設計が可能であれば、非常に汎用性に富み、全ての国に利益をもたらすことができる。一方で、現実問題としての排出権取引には様々な課題があり、それらのハードルをクリアしていかなければ、望ましい排出権取引制度の策定はできない。それどころか安易な制度の導入は、経済システムに歪みをもたらしかねない。したがって、排出権取引に関する、理論的、あるいは現実的な制度設計は、慎重に行われるべきである。にもかかわらず、まだ不十分な点がある。このような理由からである。

それでは以下の議論の前提として、排出権取引がいかなるものかをここで簡単に確認しておこう。まずは一般論としての排出権取引について述べ、その後、京都議定書に規定されている排出権取引の特徴について解説する。一般論としての排出権取引の詳細は、新澤(1997)を参照のこと。

一般論としての排出権取引は、ある物質(たとえばCO₂とする)の排出量の総量を、何らかの方法によって決定し、CO₂を排出することに対する許可証を政府などが発行する。たとえば

トン/年」といったものである。それを何らかのルールに基づいて配分する。配分ルールには全量をオークションする方法や、既存の排出実績に応じて排出源(企業など)に初期割り当てを行う、あるいは国民に均等に配分する、それらの折衷など、多種多様に考えられる。当然そこでは公平性の確保が問題となる。それをクリアできれば、後はその権利を自由に取引するというのが基本的考え方である。取引も多数が参加する市場での取引、1対1で行う相対取引など、いくつか方法がある。ただ、排出権を「均質な商品」と仮定すれば、市場で取り引きされることが効率上望ましい(デフォルト・リスクなど、制度の如何によっては排出権が均質でなくなる可能性はある)。排出権が足らなければ、他者や市場から排出権を購入すればよいし、余剰の排出権があればそれを売って他の費用に充てることができる。

このような排出権取引の便益は何かといえ、理論的には排出削減費用の最小化が達成されるということである。これは、個々の事情を考慮しない直接的な排出規制と比較すればわかりやすい。例えばA企業がX(トン/年)の排出上限規制をかけられ、同様にB企業がY(トン/年)の排出上限規制をかけられているとする。A企業にとって、最後の1トン分のCO₂を削減するために1万円かかり、同様にB企業が2万円かかる場合、直接規制がかけられていれば、有無をいわずA、B企業とも削減を強いられるが、排出権取引が認められれば、例えば1(トン/年)に排出権をBが1.5万円で購入すれば、B企業は排出を削減する場合に比べて(2 - 1.5 = 0.5)万円得をすることになり、A企業にとっても排出削減を肩代わりすることで(1.5 - 1 = 0.5)万円得をすることになる。同様に排出権取引が広く普及すれば、各取引者の最後の1トン/年削減に必要な費用は均等になり、結果として全取引者トータルの費用は最小化される。

このような費用の最小化は、規制当局が各企業の生産関数や製造品に対する需要などの情報を十分に認識することができれば、同じように達成可能であるが、通常はそのようなことは困難であるので、市場原理を用いることのできる排出権取引のメリットが強調されることとなる。特に初期配分が非常に歪められている場合には、各排出者間のCO₂削減費用は大きく異なると考えられるので、市場メカニズムの効果により、その非効率性は大きく改善される。従って、政治的理由や弱者保護などの観点から、初期配分が効率性から大きく離れている場合には、排出権取引のメリットが大きく生かされることになる。また地球環境問題のように、一国の政府が管理するには大きすぎる問題（日本政府は在中国企業のCO₂排出には直接規制をかけられない）には、排出権取引のような市場に任せる方法が効果的であることも指摘されている。

一方、前に述べた初期配分の問題は大きな足かせである。例えば企業にとって、今までの実績に応じて排出権を配分してもらえれば、企業にかかる費用は前年からの変化分だけ（例えば総量の5%）で良くなるが、全量をオークションで調達しなければならないとすると、実績配分と比較して数十倍もの費用負担となってしまう。逆に実績配分であると、既得権を認めることとなり、新規参入企業や伸び盛りの若い企業にとって、不公平な負担となってしまう。理解を促すために、論理が荒くなることをいとわず言えば、企業にとっての負担感という観点のみから見て、全量オークションは環境税をかけることに近くなり、実績配分は直接規制を行うことに近くなる。排出権取引に関するその他の問題については、次章でより詳しく論じられる。

次に、京都議定書における排出権取引の特徴を明らかにする。基本的には京都議定書の数値目標にコミットしている先進国（ロシアを含む。議定書でいうところのANNEX B国）がその対象となり、各国の目標に応じた排出権が付与される。その付与の権限や、それを監視する機関などについては、現時点では決定されておらず、今後開催されるCOP（特にCOP6）で議論されることとなっている。取引市場の創設については、シカゴなどが前向きと伝えられているが、具体化はまだ先の話である。取引の参加者について、政府はもちろん、企業にも参加が認められることが有望視されている。実際、京都議定書では取引に関する「国内制度」については、各国独自の制度設計が認められており、何らかの形で企業など、個々の経済主体に排出権を配分する場合には、企業も取引に参加することを強く希望するであろう。

上で述べたように、排出権取引の最も困難な問題の一つが初期配分のルール化であるが、京都議定書において、各国間の配分についてはほぼ解決しているといっても良い。京都議定書では各国のコミットメントを含めて制定されたと述べたが、この値が大まかに言って初期配分に相当すると考えて良い。すなわち、日本は2008年から2012年の平均で1990年比-6%温室効果ガスを削減するわけであるから、自ずとその排出総量は算出されることになる。ただ国内的な配分についての問題は依然として残る。実際には米国のSO_xにおける排出権取引の例などを見ても、ある程度の既得権は認め（grandfathering：過去実績に基づく配分）、それにインセンティブなどのバリエーションを加えていくことが現実的と考えられている（松尾(1999)）また京都議定書のコミットに発展途上国は含まれていないが、排出権取引市場への参加が自国に有利になると解釈できれば、コミットメントに対する、発展途上国の積極的な評価につながるのではないかという期待もある。

日本にとって、京都議定書上での排出権取引の取り扱いはどうなっているか。基本的には省エネルギー施策や原子力発電の推進によって目標のクリアを目指し、その他の施策、排出権取

引やCDMはそれを「補完」する役割と位置づけられている。しかし、努力しろが多く残されていない日本においては、省エネ対策もそれほど期待できず、限界的な温室効果ガス排出削減費用の大きい日本において、排出権取引などの手段をもっと活用すべきだとの意見もある。

1. 論点整理

本章では、排出権取引に関する論点を整理し、次章以降の分析で焦点を当てるべき項目を絞り込む。まず排出権取引に関する理論的な展望を行った後、どのような課題が考えられるのかを述べ、次に実際の制度設計や、運用にあたって問題となる点を明らかにした後、両者の関連についても付言する。そして、本稿で具体的に取り上げるべき項目を絞り込み、その重要性について確認する。

(1) 理論的問題点

まず、基本的な問題意識として即座に挙げられるのは、排出権取引が持つ理論的な特徴は何か、それがどういう前提から導き出されているのか、あるいは直接規制や課税など、代替政策との違いは何かといったことである。例えば、前節で、最後の排出1トンにかけられる費用が均等化されるということ述べたが、その厳密な定式化などが行われていなければならない。理論的に見ると、排出権取引の基本的考え方は Dales(1968)によって発案され、Montgomery(1972)により理論的に定式化され、費用最小化などの基本的性質が明らかにされた。比較的最近の環境政策全般にわたる展望としては、Cropper and Oates(1992)がある。邦語文献では前に挙げた新澤(1997)が理論と実例をまじえて包括的な理解を助けてくれる。他には谷口(1996)などが参考になる。そこでは完全情報など、ある前提が満たされれば、直接規制や環境税と排出権取引は、ほぼ同様の機能を満たすこと、一方では満たすべき前提が現実的ではないので、政策間の差異が現れてくることなどが明らかにされている。その意味では、今挙げたような基本的な疑問は、少なくとも理論的な面では解決済みであり、我々に必要なのはそれを確認することに他ならない。

では排出権取引に関して、論点が残されていないのかと言えばそうではない。様々なものがあるが、ここでは4つの論点を挙げることにする。まず第一は、不確実な状況下における、排出権取引の機能・働きである。具体的に言うと、排出権取引には「バンキング」および「ボロージング」というオプションがある。前者は今期の排出を少なくすることにより、排出権に余剰ができた場合（排出する権利のある排出量 > 実際の排出量）、その余剰分を来期以降の排出に回しても良いというルールである。逆に後者は今期の排出が保持する排出権よりも多くなってしまった場合でも（排出する権利のある排出量 < 実際の排出量）、将来その分を取り戻すことで正当化されるというものである。一見簡単なようだが、そのようなルールが取り入れられると、市場参加者は動学的な最適化作業を通じて意志決定を行うこととなり、様々な不確実性が影響をしてくることになる。このような問題については Kling and Rubin(1993,1997)、Rubin(1996)、Mestelman and Muller(1998)などで言及され、資源配分に関するある種のバイアスがかかるとの主張がなされている。これらについての詳細は、後で取り上げることにする。

論点の第二は、競争条件に関するものである。多くの経済理論と同様に、排出権取引におい

ても、その理論上の特徴の多くは、完全競争市場を仮定して導き出されている。しかしながら、排出権取引の対象となるような外部不経済性を持つ財を生産・供給している企業や産業に、完全競争の前提が近似的にも成り立つかと考えると疑問である。特に当社のような公益事業が市場に参入してくる場合、経済理論上は価格設定の方法に違いが出てくるので、場合によっては企業間の競争力に影響をあたえることも考えられる。不完全競争市場における排出権取引の問題については、Hahn(1984)、Fershtman and Zeeuw(1995)などがあり、公益事業と排出権取引の問題については、岩橋(1998)などがある。この論点についても後で詳述する。

論点の第三は他の政策との混合の問題である。これは理論的には Stavins(1999)が Robert Hahn とともに問題提起したもので、排出権取引、炭素税、直接規制などが各国の政策の選択肢としてある場合、他国の政策を考えながら、自国が最小費用で効率的な国内措置を執るためには、どのような政策の組み合わせが望ましいのかという問題である。具体的には取引費用や不確実性などを取り除いた上で、単純最適化モデルで解を求めるという方法で分析を行っている。例えば、2つの国があって、柔軟性メカニズムから利益を得るために必要な措置は、両国が国内的な排出権取引を行っている場合には、それを国際間取引に広げることが望ましい、また両国ともに環境税をかけ、A国の税率がB国よりも高ければ、共同実施プログラムをA国で行うことが望ましい。というような戦略の組み合わせをつくることである。それは各種条件によって異なり、Stavins 自ら言うように研究は緒についたばかりである。COPにおいて国際的な目標の遂行は非常に重要なテーマであり、今後このような研究が深められることが期待される。

最後に第四の論点は、権利の割当の問題である。これは前にも述べたように、権利を割り当てられたものは、全てオークションで調達することと比較すれば、ある種の補助金を受け取ることに等しいので、企業や社会に資源配分上大きな影響を与える。さらにオークションなどで得られたお金を、政府がどのように振り向けるかで、マクロ経済や産業構造にどのような影響が現れるかをシミュレートしたのが Jorgenson, Goettle, Stlennick and Wilcoxon(1999)である。これは生産や商品供給を産業連関表などからモデリングし、さらに消費者需要を貯蓄や余暇の選択も加味して複数の財需要まで落とし込みむ作業を行っている。その上で、炭素排出量が制限されること、それに伴い排出権取引が導入されることを前提に、排出権取引による収入がどこに投じられるかによって、マクロ的な影響と産業への影響をシミュレートしている。結論を簡単に言えば、マクロ的な厚生は、排出権取引による収入の利用方法に依存し、最も望ましいのは全量オークションにして、個人所得税を減税することであり、それを法人所得税減税にまわすと厚生を低めることになる。これは主に所得税減税の動向が余暇選択に大きく影響するところから導かれている。この分析自体は非常に興味深い、モデリングや仮定の吟味など、より深い研究と評価が必要である。これも第三の論点と同様、今後ますます多くの研究者によって取り上げられ、発展することで、排出権取引の全体像がよりよく理解でき、政策のバランスを考える際にも参考になるであろう。

(2) 制度的問題点

つぎにCOPという場における具体的な制度作りに関する問題点を考察する。この点に関しては、排出権取引の概要で言及した松尾(1999)に要領よくまとめられているので、基本的にはそれを参照することが望ましい。ここではそれを基本としながら、やや簡略した形でまとめ、論点整理にかえることとする。その他、制度・運営上の問題を考える際に有効だと思われる文

献を挙げると、基本的な知識を得るには、前に挙げた松尾氏の諸レポートの他に、三菱総研(1998)などがある。現実的な運用上の問題として重要な割当方法と規制位置(監視方法)との問題については、岩橋(1998)が論じている。実際にアメリカで行われてきた排出権取引の事例として興銀 FT(1998)、大石(1998)、小林(1998)、藤田(1996)が参考になる。

本節では、排出権取引に関する制度・運用などの実際面に関する問題点を、国際取引上の制度・運用、国内取引における制度・運用、その他政治面の3つに分けて概説する。第一に、国際的な排出権取引における制度・運用面での問題であるが、これはC O Pで決定すべき事項そのものである。従って、今後のC O Pで議論して詰めていくべき排出権そのものの、具体的内容、取引市場の設置、管理および管理機構のあり方、他手段(C D Mなど)とのベスト・ミックス、フィージビリティを判断するための効果と費用の検討などがある。排出権そのものに関して決めなければならない事項は様々だが、ここでは重要な問題として、ライアビリティと時間をまたいだ取引に関して述べる。前者は排出権の属性といった意味であり、例を言えば、取引市場に出てきたロシアの排出権と、日本の排出権を同じものと考えるかということである。より具体的には、ロシアが京都議定書の取り決めを厳密に守らず、排出権を過剰に売りさばいた場合、ロシアの売却した1単位の排出権が、実際には0.5単位の権利しかないということもあり得る。このようなリスクを取引の中に織り込めば、それぞれの排出権には信用という属性が含まれることになる。これは実態を反映している一方、取引内容が複雑になるというデメリットもある。後者の時間をまたいだ取引は前節でも述べた、バンキングやボローイングに関するルールづくりであり、慎重に検討すべき問題だと考える。

次に取引市場のあり方についても詰めるべき事項がある。基本的に上場市場をどこに(当然複数でも可)設立するのか。現時点では国際的な商品取引所のあるシカゴなどが前向きに検討しているようである。その参加者などに関して言えば、実需のみに限るのか、ブローカーなどの存在を認めるかなどの点は未だ明確ではない。さらに管理のあり方も重要である。ルールを厳格に守らせる権威ある管理機構がなければ、せっかくの取り決めも尻抜けになってしまう。具体的にはモニタリング・検証・報告などのプロセスについて、詳細に規定を行っていかねなければならない。またこれと表裏一体の関係にあるのが非遵守規定である。これは、国際政府が存在しない以上、国際的なルールの遵守には自ずと限界があり、完全遂行は望めない。その場合、あまりに厳しい規定を嫌って、そのルールから多くの国が脱落していったら元も子もない。従って、それを遵守しない場合の罰則の規定は慎重に行う必要がある。具体的には罰金などの非常に厳しい措置は事実上ルール化が不可能であると認識されており、例外的ボローイングの適用や、排出権購入の義務化などが検討されている。

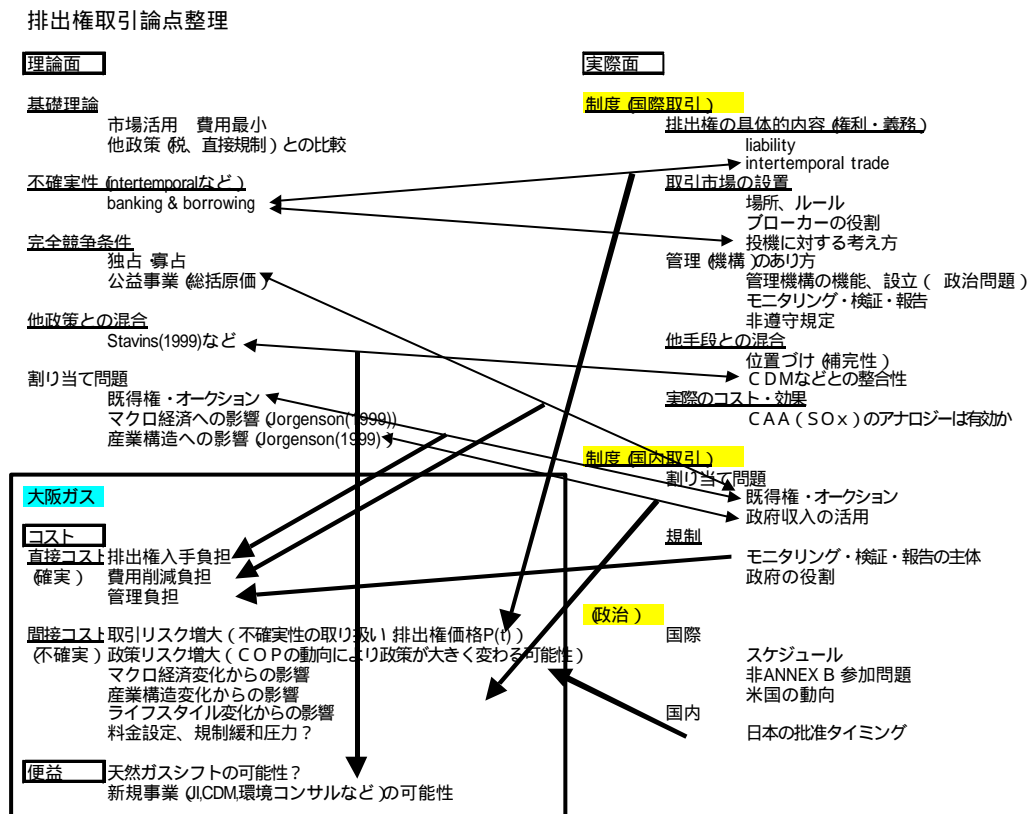
他手段とのベストミックスに関しては、まず、政策手段としての排出権取引の位置づけが基本となる。現在は排出権取引を温室効果ガス削減のための、補完的な役割を果たすものとして位置づけられているが、その将来性如何によっては、もっと重要視していくことが望ましいとの意見もある(松尾(1999)など)。またC D Mは2000年から利用することができ、早急にシステムの創設が求められている。このような他の政策手段との組み合わせ、整合性を限られた時間内にとらなければならない。相乗的な効果が期待できる可能性もあるので、その国際取引におけるベスト・ミックスを検討していくことも必要である。これと関連して、排出権取引における費用対効果の分析も急務である。排出権取引制度は、今まで国際的な前例がないということから、主に理論的な議論が先行しており、比較検討するケーススタディとしては、米国

のSO_x削減を目的に、排出権取引が導入されたC A A Aの例などが引用されることが多い。しかしSO_xに関しては、ある程度の費用負担で削減することが容易であったなど、C O Pで取り上げる問題とは異なる点も多い。従って、限界はあるとはいえシミュレーションなどで可能な範囲の予測を行うとともに、不確実性の大きさを認識して、過度に楽観的な制度設計を行わないよう、慎重に対処することが望まれる。

第二に、国際的な取引ルールが決まれば、次に自国内でのルールづくりを行わなければならない。前述したように、京都議定書において、国内取引のあり方は、基本的に自国の判断に任せるという方針が打ち出されている。特に問題となるのが、割当の問題と、政府の介入のあり方であろう。割当に関しては、前述のように、国際ルールではほぼ合意ができて一方、国内取引に関しては全く何も決まっていない。ある程度の既得権を認めながら、インセンティブを与えるようなオプションを加えるという方法が、一応現実的な方向性で見られているようだが、極端な場合には全量オークションという方法も、収入の用途次第では考えられないわけではない。逆に政府の得た収入を、排出産業に補助するなど、その用途によっては資源配分に対してかなりのバイアスをかけることとなる。また国内制度はその国の政府に一任されているため、排出権取引は政府のみが行い、民間は直接規制を受けるのみという場合もあり得る。また、ある程度民間でも排出権の取引が行われるようになった場合、そのモニタリング・検証・報告の主体は誰になるのかも問題である。排出権の付与とモニタリングの対象は、必ずしも同一でなくても良いという主張もあり(岩橋(1998)) 様々なバリエーションが考えられる。最終的な管理責任は、何らかの公的な機関が担わざるを得ないが、直接政府が行うのか、ある程度政府とは距離を置いた組織を基本にするのかといったようなことも決定していかなければならない。

第三に、特に政治的事情に大きく影響を受ける問題がある。国際的には、京都議定書の内容に関するスケジュール管理、非A N N E X B国の参加問題、米国のコミットメントの問題などがある。日本に限って言えば、批准のタイミングの問題がある。国際的なスケジュールについては、C O P 6を一つの山として、多くの問題を解決していかなければならないが、2008年から対象期間にはいることや、課題の大きさを鑑みると、決して余裕のあるスケジュールではない。また現在はコミットメントがA N N E X B国のみ限定されており、今後経済発展が予想される非A N N E X B国をいかに参加の方向に動機づけていくかといったことは、温室効果ガス削減の実質的な機能を求める上では非常に重要な問題である。また全く逆に、エネルギー消費大国である米国が前向きな姿勢をとらなければ、運用上も、実質的な効果の観点からも今回の合意が水泡に帰してしまう。その意味でいかに米国のコミットメントを引き出ししていくか、具体的には米国は排出権取引の制度化には非常に前向きなので、そこを切り口に、積極的な姿勢を誘導していくことが必要かと思われる。最後に日本の問題を言えば、日本は基本的に省エネ、原発推進を機軸に、京都議定書のコミットメントを達成しようとしているが、果たして現実的かと言えば疑問である。日本が具体的な国内措置を決定するのは長期需給エネルギー見通しを改定する2000~2001年頃が山場(松尾(1999))との見方もあり、今後の動向を注視していく必要がある。

以上、制度上の問題点を挙げてきたが、理論と実際の制度・運営は様々な形で問題点を共有している。各論点は複雑に関連しあっており、その関係を完全な形で明らかにする事は困難だが、今まで述べた範囲で整理すると、例えば下図のようになる。大阪ガスとの関係については第4章で議論する。



(3) 本レポートで取り上げる事項

以上のように、排出権取引をめぐる論点は数多い。そのような中、本稿では2点に焦点を当てて、検討を行う。第一は時間をまたいだ排出権取引である。これはバンキングやボロイーグをはじめとして、複数年にわたる排出権を取引の対象にしようというもので、排出権をコモディティとして取り扱うことに対する可能性と、その問題に関する論点である。第二は不完全競争下での排出権取引である。これは 排出権取引市場において、排出権価格に影響を与えるような力を持った市場参加者が存在した場合の問題点、 公益事業のような、完全競争では前提としていないような形態の企業が参入した場合の、排出権取引の効率性、公正性を検討することに分けられる。

時間をまたいだ排出権取引

前節でも述べたように、時間をまたいだ排出権取引に関する問題は段階的に考えることができる。まずはバンキングのみが認められている場合であり、これは政府や企業などの活動主体に初期配分が割り当てられているとき、ある年度の排出権上限を下回った量しか排出しなかつ

た場合、その差分を翌年度以降の排出量に上乘せすることができるというものである。バンキングが認められていない場合には、余剰の排出権を市場で売却することによって、当該活動主体は追加的な利益を得ることができる。従って、バンキングが認められ、実際に貯権（バンキング）を行うということは、将来、追加的に必要な排出権のコストが現在市場で成立している排出権の価格よりも、現在価値ベースで大きいと予想することを意味する。

次の段階はボローイングが認められる場合であり、これはバンキングと正反対に、将来の排出割当を自ら削減して、現在の排出量を増やすというものである。理論的にはバンキングとボローイングに質的な差はないのであるが、現実問題としてはボローイングは節度のない排出行動を招きかねない仕組みとして、警戒されている。実際、京都議定書でもバンキングは認められているが、ボローイングに関してはその採用を留保する形となっている（厳格に禁止はしておらず、今後の議論によっては変化の可能性がある）。

さらに市場が整備されてくると、一般のコモディティと同様に、先物取引が行われるようになる。全体の市場規模が大きくなるとも、各企業で排出権の売買ニーズがあり、ブローカーが健全に仲介をできるような環境が整えば、フォワードと呼ばれる相対取引が成立することが期待できる。一方、かなり市場規模が大きく、期間が短くとも、流動性が大きいことが評価されるような環境があれば、フューチャーと呼ばれる取引が、市場に上場されることも十分にあり得る。それがもっと発展すれば、細かなニーズに応えることのできるようなスワップ、オプションなどの手法を駆使して、各種リスクをヘッジしたり、投機的手段とする可能性が出てくる。実際、排出権のデリバティブ取引に関する構想はすでに出ている。

ここで注意点をいくつか挙げておきたい。まず、一般にボローイングは他者から前借りするのではなく、自分の排出権の前借りであるから、節操のない投機にまわることはないとの見方もあるが、一方でボローイングしながら、他方で排出権を売れば他者との貸し借りと同様の効果がある。ボローイングと市場取引の両建てを禁止するなどのルールづけを加えれば、弊害を防ぐことはできるかもしれないが、制度が複雑になる上に、企業活動の現場では、今日不足して、明日急に余剰が生じるといったことも十分に考えられ、規制強化をする場合には非常に慎重に行うことが望まれる。次に、バンキング ボローイング 先物取引 デリバティブと話を進めたが、理論的にはバンキングが認められなくても先物取引は可能である。しかしその場合、今期の排出権は来期に持ち越せなくなるので、今期と来期の裁定が働かず、排出権価格は乱高下しかねない。

このような特徴を持つ「時間をまたいだ排出権取引」は、今述べたことだけでも考察の対象になるが、さらに言えば、非常に大きな不確実性を取引に取り込むことになりかねないのである。時間をまたいだ取引には、各種先物市場と同様に、事前に把握できる制度的な変化を平準化し、効率性を高めたり、リスクを回避したい主体にとってヘッジの手段を提供するなど、有用な機能があることが知られている。また実際に、排出権取引におけるバンキングがうまく機能したケースも発表されている。しかし一方で投機者の参入は、将来に対するリスクの増幅をもたらす可能性もあり、それが場合によってはボラティリティの拡大からプレミアムの拡大につながり、結局実需の取引主体から投機者への所得移転という形で、取引市場が機能してしまう可能性もある。従って、理論面では軽視されがちな不確実性を、現実の排出権取引に取り込んだ場合のパフォーマンスを、事前に十分に吟味し、より納得性のある制度構築を目指すことが重要である。

さらに言えば、企業としての大阪ガスが排出権取引にコミットせざるを得なくなった場合、このような時間をまたいだ排出権のストリームについて、経営上の意志決定を下さねばならなくなる。コモディティ・デリバティブになじみのない当社としては、一つのリスク要因として排出権取引を注視しておく必要も出てくるように思われる。逆に石油関連企業などはコモディティの複雑な取引に関して一日の長があり、競合相手と考えての対処は必要である。また仮に当社がリスクを嫌い、完全にヘッジをするという場合にも、排出権取引の制度設計によっては市場のボラティリティが高まり、ヘッジするためのプレミアムが無視できないほど高くなるといった点も視野に入れる必要が出てこよう。

以上のような理由から、本稿では排出権取引における、「時間をまたいだ取引」について考察を行うものである。

不完全競争下での排出権取引

排出権取引が注目される理由の一つとして、他の政策手段と比較した場合の効率の良さがある。直接規制にしても炭素税にしても、目的に応じた適切な規制数値や税率を求めることは非常に困難であるし、運用面でも規制値の管理・監視にかかるコスト、徴税コストなどは無視できない。それに対して排出権取引は、排出量という目標さえ明確であれば、後は「市場原理」に任せておけば、自動的に費用最小化という効率的な性質を持つ目標値が達成できることが理論的には結論づけられている。

しかし、他の経済学的知見と同様に、その理論的帰結が成り立つのは、あくまで市場が完全競争状態にあるとの前提のもとであり、独占、寡占などの弊害がある場合には効率的な均衡点からずれてしまうことは言うまでもない。一方で現実を見ると、排出権取引において、完全競争が行われるという前提が成り立つのは絶望的とも言える。例えば、国際的な排出権取引が政府間のみで行われた場合、ANNEX B国は先進国であり、排出権の削減に苦労している国がほとんどである。実質的に排出権を供給できるのはロシアを中心とするごく一部ではないかと懸念されている。そうなれば、完全競争市場の前提は大きく揺らがざるを得ない。もちろん市場原理に従えば、供給が少なければ、自動的に排出権価格が上昇し、国内での排出削減費用より高まった段階で、排出権が供給されることが期待されている。しかし実際には、生産計画変更のコストや設備の機会費用などを考えると、価格の変動に柔軟に対応して排出権が市場に供給されるかどうかは非常に不透明である。たとえ企業が取引市場に参入することで取引主体が増えたとしても、特別に供給、需要量の大きい取引主体が存在すれば同様の懸念が払拭できない。国内でも、どの経済主体に排出規制がかけられるかは不透明であるものの、温室効果ガスを取り扱う企業の多くが資源エネルギー産業や素材産業のような装置産業、インフラ関連産業である。これらは比較的経営規模が大きく、国内取引と国際取引市場が分断されるようなことになれば、国内市場における競争状態の確保が難しくなる。また国際市場でも大手メジャーが何らかの影響力を行使する可能性もあろう。

いわゆる独占・寡占といった、古典的な不完全競争の他に、純粋な営利企業ではない主体の参入問題もある。具体的には当社のような公益事業やより公的色彩の強い公社などの参入である。特に価格設定において、一般的な「価格＝限界費用」とする企業と、総括原価を料金算定の基本原理とする公益事業、それよりももっと政策的に柔軟な公社との間で、様々な齟齬が発

生する可能性がある。総括原価は大まかに言って平均費用原理であるから、排出権の初期配分に従って、価格の中に排出権調達コストが平均的に参入される。これはもちろん排出権コストを消費者に転嫁することが認められた場合である。そうすると理論的には公益事業の料金が相対的に一般企業よりも安価になり、競争上バイアスをもたらすことになる。しかし一方で、かなりの排出権を初期配分として与えられた企業は、補助金をもらっているのと同様な効果を認識しているはずであるから、戦略的に考えて、「限界費用＝価格」という価格づけを行わないかもしれない。いずれにせよ、何らかの問題が発生しかねないテーマである。当然この問題は、当社にとって関心を持たざるを得ない重要な論点であり、その制度設計によってはエネルギー間競争に少なからぬ影響を与えるものである。

このような理由から、本稿での第二のテーマは、広い意味での不完全競争下における排出権取引のあり方に取り組むこととする。

2．時間をまたいだ排出権取引

本章では、数学モデルを用いて、時間をまたいだ排出権取引に関する理論的理解と分析を行う。特に従来の議論では見逃されがちな、排出権の将来価格の不確実性を考慮し、それによるボラティリティの拡大が先物市場の価格設定に影響を与えることによって、企業活動に影響をおよぼすことを示す。またそれを普遍化して、コモディティとしての排出権が抱える一般的なリスクを考慮、第4章の大阪ガスとの関連との橋渡しを行う。

(1) 意義と展望

前章で、概論としての排出権取引に関して見てきた。本節ではやや理論的な側面に焦点を当て、より詳細にその理解を深める。排出権取引のアイデアは前に述べた Dales(1968), Montgomery(1972)からと、その歴史は古い。これらと、その後続く研究によって得られた成果は、取引を行うことによって、経済的な効率性を高めることができるということであった。Rubin(1996)が指摘するように、その効率性は3つの側面から得ることができる。第一は政府間・企業間の排出権取引によって、第二は企業内での生産要素の代替によって、第三は時間をまたいだ排出権の融通によって。これらの活動を通じて、「排出1単位あたりの費用」(厳密には限界費用)が時空を通じて標準化され、最小費用による排出量抑制を達成することができる。

しかしながら第一、第二の論点については多くの研究実績が積み重ねられている一方で、第三の論点に関しては十分に焦点が当てられてこなかったのが事実である。これには様々な理由があると考えられる。一つは、あえて行う必要性が感じられなかったのではないか。すなわち、排出権取引の考え方は、基本的にオーソドックスな価格理論の域を大きく出ずに理解することができるため、静学的な理解から時間をまたいだ動学的な理解に至る場合にも、従来の他の分野における、動学的最適化のアナロジーが適用可能であると判断され、あえて取り上げられなかったということが考えられる。それよりは実際の排出権取引を対象とする実証分析や、市場支配力や規制の問題に焦点を当てるのが優先されたとしても不思議ではない。もう一つの理由としては、従来、排出権取引がローカルなものにとどまり、時間をまたいで取り引きするこ

とに対する重要性が認識されなかったことが考えられる。米国などで州レベルでの排出権取引の実例があるが、せいぜい一国内での政策にとどまっている。時間をまたいだ取引も、せいぜいバンキング、たまにポローイングを行う例もあるという段階であり、本格的な運用がなされたとは言い難い。その意味で、今回の京都議定書で言及されているような、世界市場を視野に入れた、大規模な排出権取引制度の構築は前代未聞である。

逆に言えば、COPにおける、排出権取引市場創設の動きは、時間をまたいだ取引に関する関心呼び起こす可能性がある。世界規模の排出権取引は、いずれ「コモディティとしての排出権」という認識をもたらし、その取引規模が非常に大きく、経済活動において非常に重要なものと判断されれば、自然の流れとしてそれに興味や関心を持つ者が多くなる。そうすれば、時間をまたいだ取引を高度化して、各種リスクヘッジや投機の対象として、これを応用していこうという動きが出て不思議ではない。そうすると、排出権取引における時間をまたいだ取引は、従来ローカルに行われてきた排出権取引におけるそれとは意味が異なってくる可能性が十分にある。では時間をまたいだ排出権取引に関する研究が全くないかということのようなことはない。例えば排出権取引の権威である Tietenberg 教授のホームページ (<http://www.colby.edu/personal/thtieten/>) には、「TEMPORAL ISSUES」として、時間をまたいだ排出権に関する文献がリストアップされている。本節では、数ある文献の中から、Rubin and Kling(1993), Kling and Rubin(1997), Rubin(1996), Mestelman and Muller(1998)を概観し、何が議論されて、何が不十分なのかを確認することとする。

Rubin and Kling(1993)は実証分析を行った論文であり、light-duty vehicle 生産におけるコスト関数を推計することによって、生産要素の排出削減コスト平準化、排出権取引、さらにバンキングが行われたことによって、費用削減がどれくらい達成されたかを求めている。ここでは費用関数を

$$\ln C = a + b \ln HC + gMPG + d_1MED + d_2LARGE + e$$

としている。ここでCは生産のための総費用、HCは炭化水素の排出量、MPGはガロンあたりの走行量(マイル表示)、MEDとLARGEはそれぞれ中型車、大型車を表すダミー変数である。ギリシャ文字はパラメーター、 e は攪乱項である。この実証分析により、生産要素の排出削減コスト平準化、排出権取引、バンキング総合で約12%の費用削減(ただし、割引率が0の場合)が達成され、バンキングだけでは約4%であった。バンキングは割引率の動向に大きく影響を受け(これについては後述)、割引率が15%になると、費用削減効果は0.24%にまで下落する。バンキングは、炭化水素の排出量を時系列的に平準化する働きをし、割引率が0という極端なケースでは、排出量は全年度で同一になる。これはコスト関数が時系列で見て変化しないとの仮定を置いているためである。割引率が上昇するに従って、使わずにバンクする量が減っていき、逆に排出量は初年度が多く、年々減っていくというストリームが現れてくる。またポローイングを認めた場合には、規制が順次厳しくなり、しかも割引率が正であるならば、ポローイングをしても前倒して生産をする誘因が発生し、ポローイングを行うインセンティブが出てくる。ポローイングが認められれば、時間をまたいだ取引における、割引率の影響はほとんどなくな

る。

Rubin(1996)は時間をまたいだ排出権取引に関する基本的な理論分析モデルを提示している。これを発展させたものが Kling and Rubin(1997)であり、本稿での分析はこれに提示されたモデルを基本とするので、Kling and Rubin(1997)についてはやや詳しく紹介する。従って Rubin(1996)については、基本的な考えと結論を紹介するに止める。企業がバンキング(あるいはポローイング)を認められた場合に、動学的なコスト最小化を各企業が行うとして、全企業のコストの総和を目的関数として、制約付きの動学的最小化について検討するというのが基本的な内容である。その際、生産量は外生的に与えられ、企業は規制者から定められた排出量を制約条件として与えられる。その結果、市場で自由に取引引きされた結果得られた均衡は、最小費用を実現する解になるとの結論を得ている。しかしバンキング(ポローイング)を認めるということは、規制者が設定した排出量を、企業が費用の最小化をはかるために変化させることを認めるという意味もある。したがって、企業にとっての費用最小化が、社会的なダメージの最小化と整合的である保証はない。

Mestelman and Muller(1998)は仮想的な市場における実験的な取引によって、バンキングとシェア・トレーディング(一種のポローイングと取引の組み合わせと考えると良い)の効果を算出している。これらなしでは、企業にとって、どれだけ排出権を必要とするかが期の事前にわからないという不確実性が存在する。これが原因となって排出権価格は不安定になる。しかし、バンキングによって、価格の安定と、異時点間の資源の再配分による便益を企業にもたらす。ただし、バンキングだけでは市場の出すシグナルを重んじなかったり、効率性を損なうというコストを払うことにもなりかねないので注意を必要とする。一方でシェア・トレーディングは市場のシグナルの正確さを高め、バンキングによる市場の効率性のロスを大きく補ってくれりと結論づけている。

Kling and Rubin(1997)は以後の分析の基本となるモデルを提示しているため、ここでやや詳しく論じることとする。この論文は大きく3つのパートで構成されており、第一に企業の利潤を目的関数とする動学的最適化による結果の吟味、第二に社会的な便益(消費者余剰+生産者余剰)を目的関数として、最大化によって得られた結果を、第一の分析と比較検討して、問題点を抽出している。第三にその問題点を解消するような、新しい排出権取引のルールを提案し、その効果と限界を明らかにしている。特に第一の分析を、本稿は参考にする。

まずは各キャラクター(文字)を次のように定義する。 $y_i(t)$: 企業*i*の*t*期における製品生産量、 $e_i(t)$: 企業*i*の*t*期における(温室効果ガス)排出量、ただし企業*i*は1~*N*まであり、期間は0~*T*期までであるとする。 $C_i(y_i(t), e_i(t), t)$: 企業*i*の総費用関数。ただしこれは y_i 、 e_i 、 t の関数である。また α : 割引率。ここでは一定と考えられている。 $P(t)$: *t*期における製品価格、 $r(t)$: *t*期の排出権価格、 $x_i(t)$: 企業*i*が*t*期に購入(または販売)する排出権(>0 ならば購入、 <0 ならば販売)このとき、企業*i*のときの利潤を表す目的関数は、

$$J_i^* \equiv \max_{y_i, e_i, x_i} \int_0^T e^{-\alpha t} [P(t)y_i(t) - C_i(y_i(t), e_i(t), t) - r(t)x_i(t)] dt \quad \dots(2-1)$$

とされる。ここで $B_i(t)$: 企業*i*の*t*期における排出権の貯蓄(いわゆるバンキング)、 \dot{e}_i

(t):企業 i の t 期における初期保有、あるいは配分された排出権総量とすると、制約条件は、

$$\dot{B}_i(t) = \bar{e}_i(t) - e_i(t) + x_i(t) \quad \dots(2-2)$$

$$e_i(t) \geq 0 \quad \dots(2-3)$$

$$B_i(0) = 0, B_i(T) \geq 0 \quad \dots(2-4)$$

また、 $x_i(t)$ のとりうる範囲もある程度決まっているとする。このときハミルトニアンは、

$$H_i = e^{-gt} [P(t)y_i(t) - C_i(y_i(t), e_i(t), t) - r(t)x_i(t)] + \mathbf{I}_i [\bar{e}_i(t) - e_i(t) + x_i(t)] \quad \dots(2-5)$$

となり、以下のような各式を導くことができる。

$$\dot{B}_i(t) = \frac{\partial H_i}{\partial \mathbf{I}_i} = \bar{e}_i(t) - e_i(t) + x_i(t) \quad \dots(2-6)$$

$$\dot{\mathbf{I}}_i(t) = \frac{\partial H_i}{\partial B_i} \quad \dots(2-7)$$

$$\frac{\partial H_i}{\partial e_i} = -e^{-gt} C_{e_i}(y_i(t), e_i(t), t) - \mathbf{I}_i(t) \leq 0, e_i(t) \geq 0, e_i(t) \frac{\partial H_i}{\partial e_i} = 0 \quad \dots(2-8)$$

$$\frac{\partial H_i}{\partial y_i} = P(t) - C_{y_i}(y_i(t), e_i(t), t) - \mathbf{I}_i(t) = 0 \quad \dots(2-9)$$

$$\frac{\partial H_i}{\partial x_i} = -e^{-gt} r(t) + \mathbf{I}_i(t) = 0 \quad \dots(2-10)$$

$$B_i(T) \geq 0, \mathbf{I}_i(T) \geq 0, B_i(T) \mathbf{I}_i(T) = 0 \quad \dots(2-11)$$

さらにそこから、

$$\frac{\dot{r}}{r} = \mathbf{g} \quad \dots(2-12)$$

$$\dot{e}_i = \frac{\mathbf{g} C_e C_{yy} + C_{yt} C_{ey} - C_{et} C_{yy} - \dot{P} C_{ey}}{C_{yy} C_{ee} - C_{ye}^2} \quad \dots(2-13)$$

$$\dot{y}_i = \frac{-\mathbf{g} C_e C_{ey} - C_{yt} C_{ee} + C_{et} C_{ey} + \dot{P} C_{ee}}{C_{yy} C_{ee} - C_{ye}^2} \quad \dots(2-14)$$

が導かれる。このように展開して、他の条件一定の場合には、排出権価格が割引率と同じペースで上昇していくこと、排出量、総生産量はコスト関数が時間的に変化しないとの前提を置けば（つまり $C_t = 0$ ）、両者とも時系列的に減少していくことが導き出されている。

これ以降の論点については簡単に結論だけを述べる。排出量一定のもとでの社会的余剰（消

費者余剰 + 生産者余剰) を動学的に最大化するという目的関数のもとで導かれた、社会的に望ましい排出と生産のパス(経路)は、企業の利潤極大化のもとでの均衡解とは異なる。これは排出権のバンキングに利子が付かないことから、企業は社会的に望ましい値よりも早く排出権を利用しようというバイアスがかかることに起因する。つまり将来の排出権は現在価値に直すと当期の排出権よりも価値が下がってしまうのである。(これは金利のつかない預金は魅力がないのと同じことである)。したがって、Kling and Rubinはここでそのバイアスを是正する方法として、

$$\dot{B}_i(t) = (\bar{e}_i(t) - e_i(t) + x_i(t))e^{-\delta t} \quad \dots(2-15)$$

という政策を提言している。これはバンキングに対しての利子(受け取り)を付け、インセンティブを与え、ボローイングに対しての利子(支払い)を付けディスインセンティブを与えることを意味する。社会的なダメージが時系列的に線形でなかったりすると、バイアスは残らざるを得ないが、ある程度の是正は可能であるとKling and Rubinは主張する。

以上、時間をまたいだ排出権取引に関する先行研究を概観してきたが、ここで問題を指摘しておく。理論的な分析においては、将来の需要、コスト関数、排出権価格、などが全て所与のもとで、企業や社会が合理的な判断を下すと仮定されてきた。しかし実際は全てが不確実であり、それだからこそ、他の市場では、リスクのヘッジや投機が成立してきた。現実のCOPにおける排出権取引においても、価格の安定性や、将来の費用関数(技術動向も含む)の不確実性といった要素は、制度の正否に関わる大きな問題である。

そこで次節では、今までの研究の成果を継承しながら、排出権価格の不確実性が、実際の取引制度の参加者にどのような影響を与えるかについて考察していくこととする。

(2) 基本モデル

前節でも明らかにしたように、先行研究において、不確実性の問題はおおかた捨象されており、そこで得られたインプリケーションは現実的とは言い難い。例えば、他の条件一定のもとで、企業はより多くボローイングを行って、初期に生産を行うインセンティブを持つという結論は、排出権価格の動向、生産能力の問題、製品需要の如何によって、大きく影響を受ける企業にとって、あまり意味をなさない。従って、より現実的な制度設計に資する分析を行うためには、今まで所与と仮定されてきた要素を一つ一つ緩和させていくことが必要である。そこで本節では期毎に外生的に与えられた排出権価格に不確実性を導入することによって、具体的にどのような問題が発生するのかを検討する。

ここで特に排出権価格の不確実性を取り上げる理由は、生産能力や製品需要など、他の不確実な要素に関しては、その動向予測に、ある程度のノウハウが企業に蓄積されていると考えられる一方、排出権価格については、それが世界的規模で採用されることに関して前例がなく、価格動向の予測が非常に困難であるという認識による。

従来、排出権価格は $r(t)$ で与えられてきた。この意味は、意志決定をする段階で、時系列的な排出権価格の動向が完全に予見されていること、あるいは少なくとも外生変数として処

理されていることを表す。しかしながら、前にも述べたように、排出権価格はかなり不確実性の大きい変数としてとらえ、例えば、 $r_i^e(t)$ を、 t 期における i 企業の予想排出権価格とし、それを

$$\begin{aligned} r_i^e(t) &= e^{\beta t} r(t-dt) + \alpha(e^{\beta t} r(0) - e^{\beta t} r(t-dt)) \\ &= (1-\alpha)e^{\beta t} r(t-dt) + \alpha e^{\beta t} r(0) \end{aligned} \quad \dots(2-16)$$

と企業が定義するとする。ここで α は割引率（ただし、排出権をコモディティととらえるため、一般の割引率からコンビニエンスバリューを減じたものとして定義される。またこれは期を通じて一定と考える）、 $r_i(t-1)$ は 1 期前に実現した排出権価格とする。下付の添え字のない e は自然対数の底を表す。 β は理論値からの乖離に対する修正力の強さを表し、 $0 < \beta < 1$ とする（ β は期を通じて一定と仮定する）。また理論値を $e^{-\beta t} r(0)$ としているが、これは Kling and Rubin(1997) から得られる、他の条件が変わらないときの合理的な排出権価格の推移をもとにしている。このようなエラー・コレクションモデルを採用するのは、後に述べるコモディティ・デリバティブのスワップの価格決定に整合的であるという理由による。一方、実際の排出権価格は、

$$r(t) = r_i^e(t) + \mathbf{e}_i(t) \quad \dots(2-17)$$

となり、企業 i が合理的な予測を行っているとは仮定する。ここで、 $\mathbf{e}_i(t)$ は攪乱項であり、正規分布に従うものとする。すなわち、

$$E(\mathbf{e}_i(t)) = 0 \quad \dots(2-18)$$

$$\text{var}(\mathbf{e}_i(t)) = \mathbf{S}^2 \quad \dots(2-19)$$

である。

ここで極端な例を 2 つ挙げ、理解を深めたい。第一は β が 1 の場合であり、企業の排出権価格に関する予想が、常に理論値に回帰するとの前提で経営戦略を構築することを意味している。すると、実際の排出権価格の期待値は、

$$\begin{aligned} E(r(t)) &= E(e^{\beta t} r(0) + \mathbf{e}_i(t)) \\ &= E(e^{\beta t} r(0)) + E(\mathbf{e}_i(t)) \\ &= e^{\beta t} r(0) + E(\mathbf{e}_i(t)) \\ &= e^{\beta t} r(0) \end{aligned} \quad \dots(2-20)$$

そして分散値は、

$$\begin{aligned} \text{var}(r(t)) &= \text{var}(e^{\beta t} r(0) + \mathbf{e}_i(t)) \\ &= \text{var}(\mathbf{e}_i(t)) \\ &= \mathbf{S}^2 \end{aligned} \quad \dots(2-21)$$

すなわち、どの期においても、排出権価格の不確実性は変わらないと考えることを意味する。

次に、もう一方の極端な例として β が 0 の場合を考えてみる。

$$r_i^e(t) = e^g r(t-dt) \quad \dots(2-22)$$

$$\begin{aligned} \therefore r(t) &= e^g r(t-dt) + \mathbf{e}_i(t) \\ &= e^g (e^g r(t-2dt) + \mathbf{e}_i(t-dt)) + \mathbf{e}_i(t) \\ &= e^{2g} r(t-2dt) + e^g \mathbf{e}_i(t-dt) + \mathbf{e}_i(t) \\ &= \dots \\ &= e^{rt} r(0) + \int_0^t e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx \quad \dots(2-23) \end{aligned}$$

であり、これは式から明らかなように、 $r(t)$ はランダム・ウォークと仮定することを意味する。ここから、 $r(t)$ の期待値、分散値を求めると、

$$\begin{aligned} E(r(t)) &= e^{rt} r(0) + E\left(\int_0^t e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx\right) \\ &= e^{rt} r(0) + 0 \cdot E\left(\int_0^t e^{g x} dx\right) \\ &= e^{gt} r(0) \quad \dots(2-24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{var}(r(t)) &= \text{var}\left(\int_0^t e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx\right) \\ &= \mathbf{s}^2 \cdot \int_0^t e^{2g x} dx \\ &= \frac{\mathbf{s}^2}{g} (e^{2gt} - 1) \quad \dots(2-25) \end{aligned}$$

となる。

明らかに t が大きくなるほど、分散値は増大していくことになる。

実際には $0 < a < 1$ の値をとるのであるが、それは直感的に分かるように、上で見た両者の中間的なものとして理解できる。すなわち、

$$\begin{aligned} r_i^e(t) &= (1-a)e^g r(t-dt) + a e^{gt} r(0) \quad \dots(2-26) \\ r(t) &= (1-a)e^g r(t-dt) + a e^{gt} r(0) + \mathbf{e}_i(t) \\ &= (1-a)e^g ((1-a)e^g r(t-2dt) + a e^{g(t-dt)} r(0) + \mathbf{e}_i(t-1)) + a e^{gt} r(0) + \mathbf{e}_i(t) \\ &= (1-a)^2 e^{2g} r(t-2dt) + a e^{gt} r(0) + (1-a)a e^{g(t-dt)} r(0) + \mathbf{e}_i(t) + (1-a)e^g \mathbf{e}_i(t-dt) \\ &= \dots \\ &= (1-a)^t e^{gt} r(0) + a e^{gt} r(0) (1 + (1-a) + (1-a)^2 + \dots + (1-a)^{t-dt}) \\ &\quad + \mathbf{e}_i(t) + (1-a)e^g \mathbf{e}_i(t-dt) + \dots + (1-a)^{t-dt} e^{g(t-dt)} \mathbf{e}_i(1) \\ &= (1-a)^t e^{gt} r(0) + a e^{gt} r(0) \int_0^t (1-a)^x dx + \int_0^t (1-a)^x e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (1-\mathbf{a})^t e^{g t} r(0) + \mathbf{a} e^{g t} r(0) \frac{1-(1-\mathbf{a})^t}{\mathbf{a}} + \int_0^t (1-\mathbf{a})^x e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx \\
&= e^{g t} r(0) + \int_0^t (1-\mathbf{a})^x e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx \quad \dots(2-27)
\end{aligned}$$

従って、期待値と分散値は、

$$\begin{aligned}
E(r(t)) &= e^{g t} r(0) + E\left(\int_0^t (1-\mathbf{a})^x e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx\right) \\
&= e^{g t} r(0) + E\left(0 \cdot \int_0^t (1-\mathbf{a})^x e^{g x} dx\right) \\
&= e^{g t} r(0) \quad \dots(2-28)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{var}(r(t)) &= \text{var}\left(\int_0^t (1-\mathbf{a})^x e^{g x} \mathbf{e}_i(x) dx\right) \\
&= \mathbf{s}^2 \text{var}\left(\int_0^t (1-\mathbf{a})^x e^{g x} dx\right) \\
&= \frac{\mathbf{s}^2}{\ln(1-\mathbf{a})+g} ((1-\mathbf{a})^t e^{g t} - 1) \quad \dots(2-29)
\end{aligned}$$

となる。

明らかに、 t が大きくなるほど $r(t)$ の分散値は大きくなる。また式の展開からもわかるように、 \mathbf{a} が小さくなるほど $r(t)$ の分散値は大きくなる。よって、このモデルにおける $r(t)$ の分散値は、 \mathbf{a} が 1 の時に最小値 (\mathbf{s}^2) をとり、0 の時に最大値をとることがわかる。

以上のことから明らかなように、エラー・コレクション・モデルを採用すると、回帰速度としての \mathbf{a} の値により、分散値は異なり、 \mathbf{a} が 1 以外の数値をとれば、期 (t) が先に進むに従って、排出権価 ($r(t)$) の分散は増大していく。一方で、その期待値は \mathbf{a} の値に影響を受けず、Kling and Rubin のモデルに従って、その時系列的な上昇速度は割引率と一致する。

さて、ここで、Kling and Rubin のモデルに戻ると、排出権価格にある種の不確実性を導入しても、その期待値に変化はない。これは常識的に理解できるが、それをモデルに組み込むかぎりは $r(t)$ という表現が $E(r(t))$ に変わるだけで、実質的な変化はない。しかし、もし i 企業がリスクに対して中立的ではなく、回避的な行動をとると考えればどうなるか。具体的には、排出権の将来価格が持つ不確実性に対して、企業がヘッジするインセンティブを持っていた場合、モデルには若干の修正が必要になってくる。つまり、原モデルが仮定していたように、排出権価格を外生値として取り扱うためには、ヘッジする、つまり先物市場で価格を固定化してしまう必要がある。当然それにはコストがかかるため、その費用はモデルに組み込んでやらなければならない。

フォワード、フューチャー、ロールオーバーによるスワップ

では具体的な費用はどのように想定すればよいのであろうか、例えば、排出権を一つのコモディティと考え、その将来時点の価格変動を変動価格から固定価格に変換するヘッジを考える。その場合、企業の直面するヘッジのコストは、排出権というコモディティの先物取引にどのよ

うなオプションがあるかに依存する。これをフォワード、フューチャー、ロールオーバーによるスワップに分けて考察する。²

第一に、排出権に関してフォワード取引が可能な場合である。フォワードとは簡単にいえば、排出権の先物に関する相対取引であり、当社が特定のA社と契約を結ぶものである。多くはブローカーを通すことが予想される。その場合には任意の内容（期間、量、価格）について、契約が可能であるため、ヘッジを完全に行うことが可能である。他にもフォワードが多く取り引きされている場合には、十分裁定が働くことが予想されるため、価格についても合理的な設定がなされていることが期待される。従って、基本モデルでいうところの $\beta = 1$ の場合に似たケースになる。ただし、相対取引であるため、状況変化に応じた柔軟な対応が困難で、基本的には契約の破棄はできないというリスクを負っていると考えることができる。議論が過度に複雑になることを避けるため、ここではそのリスクに対する考察は行わない。

第二に、排出権に関してフューチャー取引が可能な場合である。フューチャーはフォワードと異なり、ある特定の条件で上場された排出権の、先物市場での取引をいう。市場取引であるから流動性が高く、転売などの柔軟な取引が可能である一方で、いわゆる既製品であり、商品に関する融通は利かない。例えば排出権の売買単位も最低限が決められていたり、先物の期間も1ヶ月の次は2ヶ月しかなく、40日後などという中途半端な取引には応じられない、といったことが起こりかねない。また、フューチャーで取引できる先物の期限はフォワードに比較して短いことが多く、排出権取引において、2年、3年前の先物取引が上場される可能性は低い。フューチャーによるヘッジも、もし上場されている先物商品と、自社が希望する取引が一致すれば、フォワードと同様の意味合いを持つことになり、基本モデルでいえば、 $\beta = 1$ の場合に相当する。しかし、取引期間が短いことから、排出権取引モデルが想定するような何年も先の取引価格を確定することは困難であろう。その場合にはフューチャーを利用し、ロール・オーバー（先物を取り替えていく取引）によるヘッジを行わなければならない。

第三が、そのロール・オーバーによるスワップ取引である。一般にコモディティでは長期の先物取引市場は少なく、排出権取引において、Kling and Rubin のように全期間について動的な最適化を行うために必要な排出権価格のヘッジ（固定化）は困難である。したがって、ここではデイヴィット・アプセル、ジャック・コーゲン、マイケル・レイビンの原油価格のロール・オーバーの考え方を援用する（詳しくは山口・藤井(1998)を参照のこと）。

ロール・オーバーの考え方を簡単に言えば、例えば1ヶ月ものの先物市場しかないにも関わらず、相対取引で3ヶ月先のコモディティ価格を固定化したい場合、1ヶ月毎に先物を買換えることでヘッジを行うことを言う。その際スワップの価格は、一連の取引における現在価値の最適化を行った上で、それが0となる時の価格を理論価格（ブレイク・イーブン価格）とする。（以下、モデルは参考図書に準じて、離散時間をもとに説明するが、基本的な考え方は連続時間と本質的な違いはない）スワップ価格を求めるプロセスの要点のみを述べると、

ステップ1：取引は、希望の将来時点まで先物市場でのヘッジを繰り返すことにより計算され

² 制度的側面に関しての多くの知識は、興銀第一フィナンシャルテクノロジーの浜岡氏、山本氏の助言に依存している。あらためて謝意を示したい。また本節の内容に関しても、有益なコメント（稿末）をいただいた。

る各期のキャッシュ・フローを、現在価値に直すことから始まる（ t 期先まで価格を固定化するためのキャッシュ・フロー現在価値を $V(t)$ とする）。それは割引率、 m 期におけるスポット価格と先物価格、先物の購入量の関数となる。ただし m は 0 から t まで。これらはこの時点で全て未知数である。

ステップ 2：スポット価格と先物価格の関係を仮定する。すなわち m 期の先物価格を m 期のスポット価格、システムティックな変動、攪乱項の関数と定義する（これは後ほどより複雑なものとして定義し直されるが、ここでは簡略化と、上で議論してきたエラー・コレクションモデルによる排出権価格との整合性を保つためにこのように定義されている）。具体的には、

$$r(t) = ar(t-dt) + d(t) + e(t) \quad \dots(2-30)$$

である。ここで $r(t)$ は t 期の排出権価格、 a はパラメータ（実際にはスポット価格と先物価格の共分散をスポット価格で除して求める）、 $d(t)$ は t 期のシステムティックな理論価格、 $e(t)$ は t 期における攪乱項である。

ステップ 3：現在価値をデルタ・ニュートラルにする。すなわち各期のスポット価格のもとで、現在価値 $V(t)$ が極限值をとるように、各期の購入量を決定する。これは現在価値を各期のスポット価格で微分し、それが 0 になるように購入量を調整することを意味する。結果として、購入量は割引率、ヘッジする期間、パラメータ a の関数となる。そして、それを現在価値の関数に組み込み、その際の現在価値 $V(t)$ が 0（ブレイク・イーブン）になるようにして、スワップ価格を求め、さらにその期待値を求めると、

$$P(t) = a^t \left[r(0) + \sum_{m=1}^t a^{-m} d(m-1) \right] \quad \dots(2-31)$$

となる。ここで $P(t)$ は t 期のコモディティ・スワップ価格である。

ここで、先のモデルで提示したエラー・コレクションモデルによる先物価格の定義(2-27 ただし 1 行目)式とステップ 2 での先物価格の定義(2-30)式を比較すると、

$$a = (1-a)e^g \quad \text{離散時間ならば} \quad (1-a)(1+g) \quad \dots(2-32)$$

$$d(t) = a e^{gt} r(0) \quad \text{離散時間ならば} \quad a(1+g)^t r(0) \quad \dots(2-33)$$

と定義すれば、同じモデルとして取り扱うことができる。

ここから明らかなように、 $P(t)$ は a が 1 の時最小値(0)をとり、 a が 0 のとき最大値をとる。このように、排出権価格に不確実性の要素を導入することによって、排出権価格のヘッジに要するコストが場合によって異なることを明らかにした。よって(2-5)式における排出権価格は今や修正されなければならないすなわち、

$$r(t) = r(a, g, r(0), t) \quad \dots(2-34)$$

となるのである。

このスワップを行うことにより、企業は、割引率、攪乱項の変動リスクをヘッジする事ができる。しかし当然、相応の費用を払うことを要求されることになる。それは期が先になるに従って上昇し、その度合いはエラー・コレクションの程度に左右されるのである。当然、Kling and Rubin でも結論から均衡点はずれ、先に行くほど排出量を増やす、すなわち排出権をより

多く購入する（バンキング）インセンティブが働くことになる。これは Kling and Rubin の結論による非効率なバイアスを緩和する方向に働く。

さて、ここで今まで簡略化していたが、本来のロール・オーバー・ヘッジにおいては、先物価格はより複雑に定式化されている。すなわち、

$$d(t) = d(t-1) + k(u - d(t-1)) + \mathbf{e}_d(t) \quad \dots(2-35)$$

としている。ここで、k は回帰速度、u は中心回帰係数であり、いわばシステムティックな d(t) にも、エラー・コレクションを用いており、二重のエラー・コレクション・モデルを想定していると言える。（ただし、厳密には a はあくまでスポット価格と先物価格の共分散の加工物であり、二重のエラー・コレクション・モデルを想定しているとは言えない。しかし、実際のパラメータ a を求める際には、時系列的なデータをもとに回帰して求めるとしており、実質的にエラー・コレクション・モデルと理解する事もできる。（2-16）（2-17）で定義したエラー・コレクションモデルは u=0 という前提をおいていることに近い。）このようなモデルでは、

$$r(t) = ar(t-1) + d(t-1) + k(u - d(t-1)) + \mathbf{e}(t) \quad \dots(2-36)$$

となり、スワップ価格の期待値は、

$$P(t) = a^t \left[r(0) + \sum_{m=1}^t a^{-m} \left\{ ku \sum_{j=1}^{m-1} (1-k)^{j-1} + (1-k)^{m-1} D(0) \right\} \right] \quad \dots(2-37)$$

となる。P(t) の分散値も、

$$\text{var}(P(t)) = \mathbf{s}^2 a^{2t} \sum_{m=1}^{t-1} \left[\sum_{j=m+1}^t a^{-j} (1-k)^{j-(m+1)} \right]^2 \quad \dots(2-38)$$

で求められる。つまり a, k などが安定している限り、この分散に伴うリスクはスワップを引き受けたスワップ・ハウスなどが担うことになる。

（3）理解とインプリケーション

前節では Kling and Rubin のモデルをもとに、排出権取引に不確実性がある場合、どのような性質が新たに加わるのかということ、スワップというコモディティ・デリバティブ取引と関係づけて論じた。ここでは話を抽象論から現実引き戻し、得られた結果をどのように理解したらよいのかということ、またこの問題に対して、そのように対処すべきかというインプリケーションについて取り上げる。

解釈

重要なことは、まず排出権取引を、時間をまたいで行う場合には、意志決定の段階において不確実性の持つ意味が非常に大きくなることである。もちろん、静学的な、時間をまたいだ取引を考えない場合でも、将来のことを全く考えないということは現実にはあり得ない。理論だけで言えば、バンキングやボローイングを含まない排出権取引制度では、今期の排出権取引価

格や費用関数、今期の製品価格などを外生的に与えてやれば、利潤極大化を実現する生産量、排出量、排出権購入量が算出される。しかし現実には、各企業の経営者は需要動向（価格動向）費用関数、排出権価格動向を長期的に予測して、特に設備投資などの生産計画を立てることが自然である。その意味ではバンキング、ボローイングを取り入れなくても設備投資をモデルに組み込めば、自然に動学的な最適化を行わざるを得なくなる。

しかしやはり、バンキング、ボローイングなど、排出権取引自体に、時間をまたいだ取引を明示的に取り込んだ方が、その影響や、意味することはより直接的に理解できるようになる。上で見たように、（排出権価格がエラー・コレクション・モデルに従っているとして）理論値と次期の排出権価格がシステムティックな部分で每期完全に一致し、不確実な要素は攪乱項のみである場合には、スワップの価格は0となる（いわゆる $\beta = 1$ の場合）。このとき、Kling and Rubin のモデルにおいて、排出権価格は費用なしで完全にヘッジ可能であり、その結果、Kling and Rubin (1997)での議論は、排出権価格の不確実性という面からも支持されることになる。しかし $\beta < 1$ 未満の正の値をとる場合には、排出権価格の変動リスクをヘッジするためのスワップ価格は正の値を取り、企業にながしかの費用として計上されることとなる。

一方、先行研究で見たとおり、事前に明らかとなっている時系列変動は、バンキング、ボローイングによる費用平準化機能で、排出権価格の変動を縮小することができる。例えば、期間前半より、期間後半の方が排出権総量が減らされる（規制が厳しくなる）場合、時間をまたいだ取引が不可能な場合には、規制が厳しくなった瞬間に排出権価格が跳ね上がるといった現象が見られるが、バンキング、ボローイングが機能していれば、期間前半にボローイングして、後半に使用するというインセンティブが働き、前半の排出権の需要が増大、そして価格上昇という、いわゆる裁定が働いて、前半、後半両者の排出権価格の格差は縮小することとなる。このようにシステムティックな変化に対しては、時間をまたいだ取引は望ましい機能を発揮する。

ここで問題になるのは、予測不可能な混乱に対して、バンキング、ボローイングはどのように対処できるのかという点である。それには混乱を2つに分けて考える必要がある。第一は純粹に予測不可能な事象である。モデル上では σ^2 の増大という形で現れる。この場合、影響を受けるのは(2-37)式、(2-38)式からも明らかなようにスワップ価格の期待値ではなく、分散値である。これは、スワップ取引というリスク・ヘッジをしている限り、企業にとってはそのようなリスクの増大は切り離すことができることを意味している。変動のリスク増大を担うのはスワップ・ハウスなどである。ただ、そのリスクがあまりにも大きくなりすぎると、スワップ・ハウスもそのリスクを解消できなくなり、取引自体が成り立たなくなるという危険性はある。

混乱の第二は、大量の投機家の参入などにより、思惑や噂などの情報で市場が大きく動くようになり、誤差修正の速度が落ちてしまう場合である。すなわちコモディティとしての排出権が非常に不安定になり（ボラティリティが高まり）理論値になかなか収束しないと、モデル上では σ の縮小という形で現れるものである。このようなボラティリティの増大に対して、市場はスワップ価格の上昇という形で対応する（(2-37)式参照）。コモディティも場合によっては株価のようにランダム・ウォークに近い動きをすることがあるかもしれない。これは $\beta < 1$ になってしまう極端な例である。そしてKling and Rubin のモデルにおいても、排出権価格の期末にかけての上昇という形で変化を与え、企業の意志決定に影響を与えることになる。

このように見てきたとき、排出権取引における制度設計の難しさが理解できるのではないか。

排出権取引に関して、コモディティとしての将来性を見通し、まずはバンキング、次にボローイング、そして本格的なデリバティブ取引へと発展すべきとのビジョンを表明している者もいる。確かに世界初のグローバルな排出権取引市場の創設は、コモディティとしての資格を十分に持っているのかもしれない。しかし、その前に検討すべきことは非常に多い。確かに、システムティックな環境変化に対して、企業の立場でより効率的な資源配分を行うことができる。具体的には規制の強化に対して、バンキングで対抗するなどである。しかしこれが社会的に望ましいかどうかは一概に言えない。規制当局が、時系列的に規制を変化させるには、当然理由があるはずであり、バンキングやボローイングはそれを無効にする働きを持っているのである。したがって、排出量の管理を厳密に行うことが非常に重要な政策にはバンキングやボローイングを採用することは望ましくない。これが検討すべきことの第一である。

第二に、予測不可能なリスクの増大に対して、リスクヘッジは効果がある。少なくともリスクの取り手が、それら取引を数多く保持することでリスクを相殺できる限りにおいては、これらの行為は歓迎されるであろう。第三に、投機など人為的なリスクの増大に関しては、十分な検討が必要である。先程述べたような、投機的行為によって、ボラティリティが増大したとき、企業はスワップ価格の上昇という費用の増大を甘受しなければならない。しかしこのリスクは人為的であるが故にゼロ・サムであるはずである。ではいったいこのコストはどこに行ってしまうのであろうか。明らかにこのコストは（成功した）投機家など、リスクの引受主体に分配される。実需のない投機的な参入者によってリスクが増大し、それがリスク回避者（多くの企業）からリスクの引受手（投機家など）に所得が移転することをどう評価すべきなのか。特に排出権取引市場は、公共性の高い温室効果ガスの排出抑制のために創設するものである。そのような市場における参入者の規制に関しては、十分な議論が必要であろう。³

インプリケーション

それでは今までの議論から、京都議定書で規定化された排出権取引を具体化するにあたり、どのようなインプリケーションが得られるのであろうか。

第一は、時間をまたいだ排出権取引に関する検討を一層推進することである。上に挙げたのはほんの一例にすぎない。排出権価格を(2-16)式のような形で定義したが、排出権の定式化はこれにとどまらず、様々なものが考えられる。また排出権価格だけでなく、割引率、製品価格、費用関数など、不確実な要素はいくらでもあり、それらをモデルに組み込んだ場合のパフォーマンスに関して分析することも必要であろう。また実証分析やシミュレーションも必要である。ここでは抽象的なレベルでスワップ価格が上昇することなどを明らかにしたが、いったいそれがどの程度で、影響が大きいのか小さいのか、同じような前例がないだけに、困難ではあるものの、ある程度のメルクマールを策定することは意味がある。

第二は、現実の制度設計にあたり、バンキングの持つ意味を今よりも慎重な態度で行うことである。現在、バンキングに関しては、ローカルな排出権取引で採用され、大きな問題がなく、むしろ価格平準化に資したことから、C O Pにおける排出権取引の制度設計にあたって、あまり多くの関心が払われていないように感じる。より関心をバンキングなどの制度設計に向け、

³ この点については、興銀第一フィナンシャルテクノロジー浜岡氏・山本氏のコメントをいただいた。（稿末）

その結果、ある程度の不安定性に合意が得られたならば、バンキングは将来の課題とする、あるいはかなりの制限を加えるなどの措置が必要と認識されるかもしれない。特にC O Pにおける温室効果ガス抑制の第1期が2008年からと決まっており、何らかの事前テストをすることなどを想定すると、多くの時間は残されていない。十分な検討ができないのであれば、拙速よりも巧遅を選択することも一つの見識である。⁴

第三は様々な不確実性を整理して考えることの重要性である。上でも述べたように、不確実性の影響の仕方も様々であり、その意味合いも異なる。リスクがなくなればよいという安易な考えではなく、このリスクがどのような意味があり、どう管理していくことができるのか、あるいは望ましいかを一つ一つ丹念に吟味していくことが、我々に課せられた義務ではないだろうか。

現実のC O Pにおける排出権取引を想定した場合、2008年から2012年の5年間に決められた総量を毎年厳密に守っていくということにあまり意味はない。すなわち5年間の平均で目標を達成すればよいのであって、人体に有毒なガスのように閾値が存在しているわけではない。その意味では、バンキングなどによる総排出量の時間的増減は大きな問題ではなく、むしろ価格平準化による経済安定化機能を期待することができる。排出権の意味合いを考えた場合、二酸化硫黄のように、浄化装置をつけねばすむという問題ではなく、企業内における削減コストの低減かはかなり困難との見方がある。そして例えば1年単位でモニタリングを行うとすれば、コモディティとしての、いわゆるコンビニエンス・バリューはかなり大きいと考えることができる。その場合、先ほどの k, u のようなパラメータが不安定となり、排出権取引の先物価格曲線の形状がかなり激しく変化する可能性も否定できない。一方でバンキングを認めなければ、企業は大きな価格変動リスクに直面する可能性があるし、安易に先物市場を創設した場合、先物変動価格の激変でバックワーデーション（期近価格 > 期先価格）とコンタンゴ（期近価格 < 期先価格）が激しく入れ替わり、トレーダーが混乱に陥るといった懸念もある。また、原油などのように非常にコンビニエンス・バリューが大きく、手元に持つことが金利や保管費用のコストを上まわる場合には、先物曲線はバックワーデーションになることが常態となる。それでは排出権取引はどのようになるか。原油とは異質のように思うが、非常に強いバックワーデーションの市場となるのであれば、また別の観点からの考察が必要になるであろう。

これらの点からは、時間をまたいだ排出権取引が何らかの形で制度化されることを支持するものと言えるが、一方で、需要の多さに見合う供給者が本当にいるのか、ごくわずかな供給で価格が超高額になるなどという事態は起こらないか、取引参加主体が価格に応じて機動的に排出計画を変更できるのかなどといった不安定要因もあり、経験もないところにやたらと複雑な制度を導入しても混乱するばかりだと考えることもできる。まず最初は非常にシンプルな形でノウハウを蓄積するのが長期的に見て望ましいのではないか。その意味では最初は限られた規模で現物の排出権取引を実需のみについて行い、徐々に量を増やしたり、範囲を広げたり、オプションを取り入れるなどという形が望ましいのではないか。しかしいずれにせよ分析の蓄積がない段階で安易に結論を求めるべきではないだろう。今後さらなる知の蓄積がなされること
以上（次号に続く）

⁴ この点については新澤教授からコメントをいただいた。（稿末）

識者のコメント（談話をもとにしたもので、文責は豊田にある）

新澤秀則・神戸商科大学教授

- ・排出権の投機的取引について、議論はあるが、日本で取り上げている人はいないのではないかと。国際的には、そもそも排出権取引そのものが良くないとか、価格を固定化するべきである（これはほぼ環境税と似たようなものになる）などの議論がある。大きな流れとしては、バンキングについては大きな問題もなく認められる方向にあり、ポローイングについてはモラルの問題（借りっぱなしで踏み倒す）もあり、慎重に対応していこうというものであろう。
- ・Tietenbergなどは、排出量抑制という目標を達成することが最重要なのであり、複雑な取引はなるべく制限していこうという態度のようだが、他方、全くルールは設けるべきではないとの意見もあり、必ずしも議論が収束しているとはいえない。
- ・私見では、2008-2012年という期間は短すぎ、実際にバンキングは機能しないのではないかと考えている。2012年以降の合意が実現し、バンキングの制度も整い、といった段階を経てから重要になるテーマであり、基本的には将来的な課題であろう。ちなみに米国の酸性雨問題では、企業は2017年までそれに関する投資計画が立てられるようになっており、このような状況にならなければ、企業としても対応しようがないであろう。特に日本では、CO₂に関する国内政策がまだ不透明であり、将来的な見通しが立たない状況にある。個人的にはもっと排出権取引制度に依存しても良いのではないかと考えているが、当面は2000年実施分から有効になるCDMの議論の方が期日も迫っており、優先されるべきであろう。（談）

浜岡泰介・興銀第一フィナンシャルテクノロジー（株）シニアフィナンシャルエンジニア

山本毅・興銀第一フィナンシャルテクノロジー（株）シニアフィナンシャルエンジニア

- ・米国のSO₂取引の例から考えて、温室効果ガスの排出権は、単なる法的な権利のみならず、財として（すなわち貨幣価値のあるコモディティ）定義されるのではないかと考えている。その場合、SO₂と同様、排出権取引についてもフォワード取引が活発になるのではないかと考える。SO₂取引においても、主要な需用者、供給者は電力会社であり、ブローカーを仲介するフォワード取引が活発に行われた。逆にフューチャー市場は市場規模が大きいということで成立しなかった。CO₂の排出権取引は世界規模で行われることが期待されるので、シカゴをはじめとする取引所取引が行われる可能性は高いのではないかと。
- ・ロール・オーバーによるスワップは、先物市場が整備されてからの話になるので、現在課題となっている基本的な議論とはかなりギャップがある（先の話である）。現時点ではそれほど複雑でないヘッジが可能であるというのが我々の見解であり、もっと基本的な制度面に重点をおいて、排出権取引市場を研究した方がよいのではないかと。
- ・投機家の参入による、排出権価格のボラティリティ拡大については、確かにその面はあるように思う。当然投機家はリスクテイクとして不可欠な機能を担っているので、無闇に排除するということは避けなければならない。市場規模、例えば平均的売買量に対して、その何倍もの投機的取引が行われれば、当然市場は不安定化する。要はそのバランスをいかに保つかであり、基本的な政策としては、まずディスクローズを明確に求めていくことになるであろう。（談）

参考文献（次号分も含む）

邦語文献（50音順）

- 岩橋健定(1998)『地球温暖化ガス排出権取引に関する国内制度の基本構造設計』阪大法学48巻3号ドラフト(<http://www.law.osaka-u.ac.jp/~iwahashi/48-3.html>)
- 大石和弘(1998)「アメリカ環境政策の源流 - - 排出取引プログラムの導入過程に関する一考察」, 大学院研究年報 [経済学研究科篇] (27), 中央大学大学院研究年報編集委員会, pp.131-142.
- 大阪ガス株式会社「エネルギーと地球環境」委員会(1998)『大阪ガス環境行動レポート』(<http://www.osakagas.co.jp/kankyoy/index.htm>)
- 興銀フィナンシャルテクノロジー株式会社・日本興業銀行産業調査部(1998)「地球温暖化問題への対応と柔軟性措置導入がわが国に与える影響」, I B J 経済・産業の動き 98年10月号, pp.21-69
- 小林健一(1998)「酸性雨対策におけるSO₂ 排出制限と排出許可証取引 - - アメリカ電力産業の環境規制改革」, 東京経大会誌 [経済学] (209), 東京経済大学経済学会, pp.25-42.
- 谷口洋志(1996)「直接規制, 課税, 排出権取引」, 経済学論纂 36(5/6), 中央大学経済学研究会, pp.313-335.
- 電力中央研究所(1998a)『人類の危機トリレンマ - エネルギー濫費時代を超えて - 』依田直監修, 電力新報社
- 電力中央研究所(1998b)『どうなる地球環境 - 温暖化問題の未来 - 』依田直監修, 電力新報社
- 新澤秀則(1997)「第8章 排出許可証取引」, 植田和弘・岡敏弘・新澤秀則編著『環境政策の経済学』, 日本評論社 147-190 ページ
- 藤田陽子(1996)「排出権取引制度の理論と実際 - - アメリカの酸性雨プログラムにみる政策効果と問題点」, 経済学論究(16), 筑波大学大学院経済学会, pp.47-66.
- 松尾直樹(1998a)『COP3以降の気候変動問題に関する国際的枠組み - 京都議定書のポイントと排出権取引の展望 - 』, 第338回定例研究報告会資料, 財団法人日本エネルギー経済研究所
- 松尾直樹(1998b)「気候変動問題における排出権取引等の制度に関する論点と提案 - 新たなシステムデザインに向けて - 」, 大阪ガス株式会社企画部資料『温室効果ガス排出削減諸制度に関する動向調査』, K R I
- 松尾直樹(1999)『京都議定書に基づく排出権取引制度について - COP4の概要と将来の課題 - 』講演会議事録, K R I
- 三菱総合研究所(1998)『排出権取引の論点』, (<http://www.mri.co.jp/news/mrnews/cdm/haisyutu.html>)
- 山口健一郎・藤井浩嗣(1998)『コモディティデリバティブ入門』, シグマベイスキャピタル株式会社

海外文献（アルファベット順）

Atkinson, S. and T. Tietenberg(1991), Market Failure in Incentive-Based Regulation: The

- Case of Emissions Trading, *Journal of Environmental Economics and Management*, 21, pp.17-31.
- Cropper, M. and W.O. Oates (1992), *Environmental economics: a survey*, *Journal of Economic Literature*, pp.675-740.
- Coggins, J.S. and V.H. Smith (1993), *Some Welfare Effects of Emission Allowance Trading in a Twice-Regulated Industry*, *Journal of Environmental Economics and Management*, 25, pp.275-297.
- Dales, J.H. (1968), *Land, Water, and Ownership*, *Canadian Journal of Economics*, Vol.1, No.4, pp.791-804.
- Fershtman, C. and A. Zeeuw (1995), *Tradeable Emission Permits in Oligopoly*, internet WoPEc
- Hahn, R. (1984), *Market Power and Transferable Property Rights*, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.99, No.4, pp.753-765.
- Jorgenson, D.W., R.J. Goettle, D.T. Slesnick and P.J. Wilcoxon (1999), *Carbon Mitigation, Permit Trading, and Revenue Recycling*, Harverd-Japan Projekt on Energy and The Environment, (Tokyo Seminar)
- Kling, C. and J. Rubin (1997), *Bankable permits for the model of environmental pollution*, *Journal of Public Economics*, 64, pp.101-115.
- Mestelman, S. and R.A. Muller (1998), *Share Trading and Coupon Banking Interact to Improve Performance in Emission Trading Markets*, internet WoPEc (<http://netec.mcc.ac.uk/WoPEc/data/Papers/mcmnceelp21.html>)
- Montgomery, W.D. (1972), *Markets in licenses and efficient pollution control programs*, *Journal of Economic Theory* 5, pp.395-418.
- Rubin, J.D. (1996), *A Model of Intertemporal Emission Trading, Banking, and Borrowing*, *Journal of Environmental Economics and Management*, 31, pp.269-286.
- Rubin, J.D. and C. Kling (1993), *An Emission Saved Is an Emission Earned: An Empirical Study of Emission Banking for Light-Duty Vehicle Manufacturers*, *Journal of Environmental Economics and Management*, 25, pp.257-274.
- Stavins, R. (1999), *Implementation of International Emissions Trading: From Kyoto to Buenos Aires and Beyond*, Harverd-Japan Projekt on Energy and The Environment, (Tokyo Seminar)