

# バンキング可能な排出権取引市場と 先渡市場の役割

倉澤資成  
田代一聡

## 要 旨

この論文は、不確実性下におけるバンキング可能な排出権取引市場において、先渡市場の創設が市場均衡に及ぼす影響を理論的に検討する。同様の問題を取り扱っている先行研究において、排出量の正規分布仮定やバンキング量の決定が明示的に取り扱われていないといった理論的課題が存在しており、この論文では排出量の非負制約とバンキング行動を企業の意思決定対象として組み込んだ2期間モデルを構築する。

分析の結果、先渡市場創設の効果は、市場参加者が直面する制約の状況に大きく依存することが明らかとなった。第一に、全企業のバンキング量の制約が有効でない場合、先渡市場はスポット価格やバンキング総量に影響を与えないこと。第二に、制約が有効に働く企業が存在する場合、先渡市場はその制約を実質的に緩和する迂回路として機能し、全体のバンキング量とスポット価格を変動させるが、その影響の方向は直面する制約に依存すること。第三に、投機家のような排出規制対象外の主体が先渡市場に参加した場合、彼らのポジションを打ち消すような規制対象企業のバンキング行動が誘発されるため、外部主体の動向がスポット価格を攪乱し得ることが示された。

これらの結果は、先渡市場の創設のスポット価格への影響が制約に依存して予測しにくいこと、自由な先渡市場への参加が市場の効率化を阻害する可能性が存在することを提示しており、外部主体の参加については慎重な議論が求められる。

キーワード：排出権取引、先渡市場、バンキング、ボローイング

## 目 次

- |           |                   |
|-----------|-------------------|
| 1. はじめに   | 2.1 仮定と記号の定義      |
| 2. モデルと仮定 | 2.2 排出規制対象企業の目的関数 |

### 3. 分析

#### 3.1 時点1, 状態 $z$ における均衡

#### 3.2 時点0と時点1の同時均衡 —先渡市場が

存在しないケース。

#### 3.3 先渡市場の役割

### 4. 結語

## 1. はじめに

この論文では、バンキングが可能な排出権取引市場の均衡と先渡市場の創設の役割を理論的に検討する。

排出量取引制度 (ETS: Emissions Trading System) は、温室効果ガス削減のための主要な政策手段として広く定着している。ETSにおいて、排出削減費用の異時点間における平準化を可能にするバンキング (排出枠の将来への繰り越し) やボローイング (前借り) といった措置は、企業の選択肢を増やし将来の不確実性の低下等のメリットをもたらす一方で、運営のコスト等が必要となる。

バンキング機能を有する排出枠市場の理論的分析は、Rubin (1996), Cronshaw and Kruse (1996), Kling and Rubin (1997) などから始まった。彼らの研究は、企業が排出削減の限界費用を利子率と一致させるように異時点間で排出枠を配分し、全体の削減費用を最小化する動的最適化のメカニズムを明らかにした。さらに、Schennach (2000) はこれを「将来の排出量に関する不確実性」が存在する条件下へ拡張し、バンキングが排出権価格のボラティリティを抑制する機能を持つことを示した。これらの先行研究により、不確実性下におけるバンキング行動のモデル化が、排出枠市場の価格形成を分析する上での前提となっている。

一方、将来の排出枠価格の変動リスクを直接

的にヘッジする手段として、排出枠取引に対する先渡市場の役割が議論されている。排出規制の対象企業は、先渡市場を通じて価格変動リスクを移転することで、より合理的な排出削減計画の策定が可能になるかもしれない。しかし、バンキングと先渡契約は、いずれも「将来の不確実性への対処」と「異時点間の価値の移転」という代替的な機能を有している。そのため、企業が直面する不確実性下において、バンキング量の決定と先渡市場のポジションが各主体の効用最大化問題においていかにして同時に決定され、それが各市場の同時均衡にどのような影響を及ぼすかを整合的に説明する理論モデルの構築が必要不可欠となる。

このような理論的要請を背景に、バンキング機能と先渡市場の双方を同一モデルに組み込んだ代表的な先行研究として前田 (2005) が挙げられる。前田 (2005) は、バンキング可能な排出権取引市場の価格形成と先渡市場の効果を分析した。しかし、前田 (2005) の分析には少なくとも次の二つの欠点がある。

第一に、不確実な各企業の将来の排出量を正規分布と仮定しているため、排出量が負になる可能性があり (負になる確率が強く正の値をとる)、負の排出量の解釈が困難である。さらに、負の排出量を前提とすると、均衡における排出権の市場価格が負になる可能性があり、負の価格での排出権の取引を (暗に) 許容している。排出権の放棄を考慮すれば、負の価格での排出権の売却は合理的な行動に反する。

第二に、バンキング可能な排出権取引市場の分析において、各企業のバンキング量の決定はもっとも重要な要素である。それにもかかわらず、各企業のバンキング量の決定が明示的に扱われていない。このため、各市場の同時均衡が考慮されていない。

この論文では、非負の排出量を仮定し、各企業のバンキング量の決定を明示的に取り扱う。

先行研究におけるこれらの欠点を改善した均衡を定式化し、そのうえで、先渡市場の創設が排出権のスポット価格等の均衡の変化を分析することがこの論文の目的である。

以下の構成は2節でモデルを設定し、3節でモデルの分析を行い、先渡市場の創設の均衡への影響を分析している。4節は結語である。

## 2. モデルと仮定

### 2.1 仮定と記号の定義

時点0（現在）と時点1（将来）からなる簡単な2時点モデルを考える。時点1では、 $z=1, \dots, Z (Z \geq 2)$  のいずれかの状態が確率  $\pi_z > 0 (z=1, \dots, Z)$  で起こるが、時点0ではどの状態が起こるかはわからない。これによって、時点1での不確実性をモデル化する。記号はできる限り前田 (2005) に従い、次のように定義する（ここで、定義されていない変数については、初出の際に定義を与える）:

- $i=1, \dots, N$ : 時点0と時点1の排出権市場と先渡市場に参加する排出規制対象企業を表す。 $N$ は十分に大きいと仮定する。
- $T_i(0) > 0, T_i(1) > 0$ : 排出規制対象企業  $i$  の時点0と時点1における排出規制枠の初期割当量であり、外生的に与えられる。 $T_i(1)$ は

状態  $z$  には依存しない。

- $-T_i(1) \leq B_i(0) \leq T_i(0)$ : 排出規制対象企業  $i$  のバンキング量  $B_i(0)$  とそれに対する制約。ボローイングは負のバンキングとして取り扱う。
- $G_i(0) \geq 0, G_i(z) \geq 0$ : 排出規制対象企業  $i$  の時点0, あるいは時点1, 状態  $z$  における排出削減努力をしなかったときの排出量。これを単に“排出量”と呼ぶ。
- $X_i(0) \geq 0, X_i(z) \geq 0$ : 排出規制対象企業  $i$  の時点0あるいは時点1, 状態  $z$  における排出削減量。
- $C_{i0}(X_i(0)), C_{iz}(X_i(z))$ : 排出規制対象企業  $i$  の時点0あるいは時点1, 状態  $z$  における排出削減の総費用であり、次を満たす必要なだけの連続微分可能な関数と仮定する。

$$C'_{i0} > 0, C''_{i0} > 0, \lim_{X_i(0) \rightarrow 0} C'_{i0}(X_i(0)) = 0,$$

$$\lim_{X_i(0) \rightarrow G_i(0)} C'_{i0}(X_i(0)) = \infty$$

時点1, 状態  $z$  における排出削減の費用関数についても同様の仮定をおく。最初の二つの仮定は、限界費用が正で逓増的である、を意味する。第3と第4の仮定は、排出量に対して少なくともその一部は排出枠によって対応しなければならない、を意味し、端点解に伴う議論の複雑化を避けるための単純化の仮定である。

- $S(0), S(z)$ : 時点0および時点1, 状態  $z$  における排出枠のスポット価格。排出枠のスポット市場の取引主体である排出規制対象企業は、価格受容者 (price taker) として行動すると仮定する。
- $F$ : 時点1の排出枠のスポット価格に対する先渡取引の時点0で決定される先渡価格を表す。先渡取引は時点1において差金決済される、と仮定する。すなわち、先渡取引に対す

バンキング可能な排出権取引市場と先渡市場の役割を 1 単位のロング・ポジションの時点 1, 状態  $z$  におけるペイオフは  $S(z) - F$  となる。先渡市場の取引主体は価格受容者として行動すると仮定する。

簡単化のため, 排出規制対象企業の時点 0 および時点 1, 状態  $z$  における生産量は一定に決められている。生産量を内生的に取り扱う場合には, 一般に排出努力をしなかったときの排出量は生産量に依存する, と考えられる。しかし, この論文の目的にとっては, 生産量の内生化はさほど重要ではない上に, モデルを複雑にするため, 外生的に決定されると仮定する。

モデルのタイムラインは次の通りである。

時点 0 において排出規制対象企業  $i$  は, 排出規制枠  $T_i(0)$  と排出枠のスポット価格  $S(0)$  を所与として, バンキング量  $B_i(0)$  と排出削減量  $X_i(0)$  を決める。先渡市場が存在するときには,  $Y_i$  で表す先渡に対する需給量も決定する。排出枠市場では排出枠の需給が均衡するように排出枠のスポット価格  $S(0)$  が決まる。

時点 1, 各状態  $z$  において, 排出規制対象企業  $i$  は, バンキング量  $B_i(0)$ , 排出規制枠  $T_i(1)$ , 排出枠のスポット価格  $S(z)$  を所与として, 排出削減量  $X_i(z)$  を決める。排出量の決定と同時に排出枠に対する需給も決まる。言い換えると, 排出量から排出削減量を引いた値が排出枠の保有量になる。排出枠のスポット価格は, 排出枠市場での需給が均衡するように決まる。先渡市場が存在するときには, 先渡のパフォーマンスが差金決済される。

## 2.2 排出規制対象企業の目的関数

排出規制対象企業  $i$  は危険回避的と仮定し, 時点 0 における期待効用を次で表す。

$$U_i(0) = u_i(W_i(0)) + \frac{1}{1+\rho} \sum_{z=1}^Z \pi_z u_i(W_i(z))$$

ただし,

$$W_i(0) = R_i(0) + S(0) (T_i(0) - B_i(0)) - C_{i0}(X_i(0)) - S(0) (G_i(0) - X_i(0))$$

$$W_i(z) = R_i(z) + S(z) (T_i(1) + B_i(0)) - C_{iz}(X_i(z)) - S(z) (G_i(z) - X_i(z))$$

である。 $u(\cdot)$  は次を満たす必要だけの連続微分可能な効用関数である:

$$u'(\cdot) > 0, u''(\cdot) < 0$$

この仮定は, 排出規制対象企業がリスク回避的に行動する, を意味する。 $\rho$  は効用の割引率を表す正の定数である。時点 0 における他の変数の定義は次の通り:

- $R_i(0)$ : 純収入を表すが, 生産量を一定と仮定しているため定数であり, 以降は明示しない。
- $S(0) (T_i(0) - B_i(0))$ : 利用できる排出権枠を, 一旦すべて市場で売却したと考えたときの収入に該当する。
- $C_{i0}(X_i(0))$ : 排出削減量  $X_i(0)$  の総費用。
- $S(0) (G_i(0) - X_i(0))$ : 排出削減量を上回る排出量に必要な排出権枠のコスト。

時点 1, 状態  $z$  における対応する変数も同様に定義される。

## 3. 分析

### 3.1 時点 1, 状態 $z$ における均衡

最初に, 時点 1, 状態  $z$  における排出規制対象企業  $i$  の排出削減量の決定と排出枠のスポッ

ト価格の決定を議論する。次に、時点0における排出規制対象企業の排出削減量およびバンキング量の決定と排出枠のスポット価格の決定を議論する。すでに述べたように、排出規制対象企業は各市場において価格受容者として行動する。この仮定によって、各市場では均衡価格が競争的に決まる。

排出規制対象企業  $i$  は、排出権のスポット価格  $S(z)$  とバンキング量  $-T_i(1) \leq B_i(0) \leq T_i(0)$  を所与として、 $u_i(W_i(z))$  を最大にする排出削減量を決める ( $B_i(0)$  の決定については、後に説明する)。そのための1階の条件は次で表される:

$$u'_i(W_i(z))(-C'_{iz}(X_i(z)) + S(z)) = 0$$

仮定によって  $u'_i(W_i(z)) > 0$  であり、これは

$$C'_{iz}(X_i(z)) = S(z) \quad (1)$$

に等しい。左辺は排出量削減の限界費用であり、この条件はそれが排出枠のスポット価格に一致するように排出削減量が決まる、を意味している。総費用関数の仮定によって、排出削減量は  $0 < X_i(z) < G_i(z)$  の水準に決まる。このため、 $G_i(z) - X_i(z) > 0$  の排出枠が必ず必要になる。

排出枠の需給均等は次で表される。

$$\sum_{i=1}^N (G_i(z) - X_i(z)) = \sum_{i=1}^N (T_i(1) - B_i(0)) \quad (2)$$

左辺は、排出規制対象企業の排出量の総和であり、右辺は排出規制対象企業が保有する排出枠の総量である。均衡ではすべての  $i$  についての(1)と(2)が満たされるように排出枠のスポット価格  $S(z)$  が決まる。

### 3.2 時点0と時点1の同時均衡 — 先渡市場が存在しないケース。

まず時点0での規制対象企業の排出削減量とバンキング量の決定について考えよう。時点0では、規制対象企業は排出枠のスポット価格  $S(0)$ 、 $S(z)$  (の分布) を所与として  $U_i(0)$  を最大とする、時点0での排出削減量とバンキング量を決定する。排出削減量  $X_i(0)$  は、 $u_i(W_i(0))$  の中にだけ現れるため、 $U_i(0)$  を最大にする排出削減量は  $u_i(W_i(0))$  を最大にする排出削減量に等しい。

$u_i(W_i(0))$  を最大にする排出削減量のための1階の条件は、時点1、状態  $z$  での分析と同様に次で表される:

$$u'_i(W_i(0))(-C'_{i0}(X_i(0)) + S(0)) = 0$$

$u'_i(W_i(0)) > 0$  を考慮すると、これは

$$C'_{i0}(X_i(0)) = S(0) \quad (3)$$

を意味する。左辺は排出量削減の限界費用であり、この条件は限界費用と排出枠のスポット価格が一致するように排出削減量が決まる、を意味している。総費用関数の仮定から排出削減量は  $0 < X_i(0) < G_i(0)$  を満たす。このため、規制対象企業は  $G_i(0) - X_i(0) > 0$  の排出枠（それがごく僅かだとしても）が必ず必要になる。

時点0における排出枠の需給均等は次で表される。

$$\sum_{i=1}^N (G_i(0) - X_i(0)) = \sum_{i=1}^N (T_i(0) - B_i(0)) \quad (4)$$

左辺は、排出規制対象企業の排出量の総和であり、右辺は排出規制対象企業によって供給される排出枠の総量である ( $B_i(0)$  の決定について

バンキング可能な排出権取引市場と先渡市場の役割は、次に議論する)。均衡ではすべての  $i$  についての(3)および(4)が満たされるように排出枠のスポット価格  $S(0)$  が決まる。

次に、バンキング量  $B_i(0)$  について考えよう。排出規制対象企業  $i$  のバンキング量  $B_i(0)$  は、時点 1、状態  $z$  での排出権のスポット価格  $S(z)$  には影響を与えない、と仮定する。ここでは、先渡市場は存在しないケースを考える。排出規制対象企業  $i$  は、 $U_i(0)$  を最大にするようにバンキング量を決める。バンキング量が内点解であれば（バンキング量に対する制約が有効でなければ）、1 階の条件は次で表される：

$$-u'_i(W_i(0))S(0) + \frac{1}{1+\rho} \sum_z \pi_z u'_i(W_i(z))S(z) = 0 \quad (5)$$

制約が有効であり、 $B_i(0) = T_i(0)$  であれば、

$$-u'_i(W_i(0))S(0) + \frac{1}{1+\rho} \sum_z \pi_z u'_i(W_i(z))S(z) \geq 0 \quad (6)$$

が、 $B_i(0) = -T_i(1)$  であれば

$$-u'_i(W_i(0))S(0) + \frac{1}{1+\rho} \sum_z \pi_z u'_i(W_i(z))S(z) \leq 0 \quad (7)$$

が成り立つ。

時点 0 と時点 1 の同時均衡における排出枠のスポット価格  $S(0)$ 、 $S(z)$  とバンキング量  $\sum_{i=1}^N B_i(0)$  は、排出枠の需給均衡条件(2)と(4)およびすべての排出規制対象企業の主体的均衡条件が同時に満たされるように決まる。同時均衡の存在と一意性を仮定する。

命題 1: 同時均衡において、すべての排出規制対象企業がバンキング量を可能な限度まで増やす(すなわち、すべての  $i$  に対して  $B_i(0) = T_i(0)$  となる)、あるいはボロイング量を可能な限度まで増やす(すなわち、すべての  $i$  に対して  $B_i(0) = -T_i(1)$  となる) ことはない。

(証明) すべての  $i$  が  $B_i(0) = T_i(0)$  を選択すると、時点 0 で排出枠がまったく供給されない。時点 0 ですべての排出規制対象企業は正の排出枠を需要するため、市場均衡の条件に反する。すべての  $i$  が  $B_i(0) = -T_i(1)$  を選択するときも同様である。

### 3.3 先渡市場の役割

排出枠に対する先渡市場の存在を仮定する。先渡市場は差金で決済される。さらに、一定の利子率  $r > 0$  で自由に貸借できる市場を仮定する。これらの仮定のもとでは、均衡において次の関係が成立する：

$$\frac{F}{1+r} = S(0) \quad (8)$$

通常、この関係は無裁定の議論から導かれる。しかし、この論文ではバンキング量に制約があるため、無裁定の条件だけではこの関係は保証されないが、市場均衡の条件からこの関係が得られる。これを確認しておこう。

時点 1 において、 $S(z)$  (時点 0 では不確実な値) を得るためには二つの方法がある。ポジション (SL) は、時点 0 で排出枠を 1 単位のロング、ポジション (FL) は、時点 0 での先渡 の 1 単位ロングと安全資産の  $F/(1+r)$  単位のロングの組み合わせ、である。このいずれのポジションも、時点 1 のペイオフは  $S(z)$  になる。

ポジション (SL) と (FL) のショート・ポジションの時点1でのペイオフは  $-S(z)$  である。

次の関係が成り立っていたとしよう。

$$\frac{F}{1+r} > S(0) \quad (9)$$

この関係は、同じ  $S(z)$  を得るためには (SL) のほうが (FL) よりも割安、を意味する。この状況では、すべての排出規制対象企業は、ポジション (SL) のロングとポジション (FL) のショートによって、確実な (リスクのない) 強く正の利益が得られる。このため、すべての排出規制対象企業は、排出規制枠  $T_i(0)$  のすべてをバンキングし ( $B_i(0) = T_i(0)$ )、同時にポジション (FL) を同じ量だけショートする。この結果、時点0では規制枠の供給がゼロになる。しかし、どの排出規制対象企業も時点0において一定の規制枠を需要するため、この状況は市場均衡と両立しない。市場均衡は各市場の需給均等だけでなく、主体均衡の条件も同時に満たさなければならないからである。

次の関係、

$$\frac{F}{1+r} < S(0) \quad (10)$$

が成り立っているときにも同様の議論ができる。この状況では、すべての排出規制対象企業は、排出規制枠  $T_i(1)$  のすべてをボローイングし ( $B_i(0) = -T_i(1)$ )、同時にポジション (FL) を同じ量だけロングする。この結果、時点1では規制枠の供給がゼロとなり、市場均衡と矛盾する。

次の 3.3.1 節では、先渡市場に排出規制対象企業だけが参加できる状況を、3.3.2 では先渡市場に排出規制対象外の経済主体も参加できる

状況を考察する。

### 3.3.1 排出規制対象企業だけが参加できる先渡市場

先渡市場には、排出規制対象企業だけが参加できる、と仮定する。規制対象外の経済主体の先物市場への参加の効果は次で議論する。

先渡市場が存在する場合、排出規制対象企業  $i$  は  $G_i(0)$ ,  $G_i(z)$ ,  $T_i(0)$ ,  $T_i(1)$ ,  $S(0)$ ,  $S(z)$ ,  $F$  を所与として、 $U_i(0)$  を最大化する  $B_i(0)$  と先渡取引のポジション  $Y_i$  を決める。ただし、 $U_i(0)$  における  $W_i(z)$  は次のように変更される。

$$W_i(z) = S(z) (T_i(1) + B_i(0) + Y_i) - C_{iz}(X_i(z)) - S(z) (G_i(z) - X_i(z) - FY_i)$$

ここで、 $Y_i$  は先渡のポジションである。先渡ポジションに関する1階の条件は次で表される:

$$\frac{1}{1+\rho} \sum_{z=1}^Z \pi_z u'_i(W_i(z)) (S(z) - F) = 0 \quad (11)$$

この条件は(5)に一致する。これを確認しよう。利子率  $r$  で自由に貸借ができる、言い換えると時点0での1円と時点1での  $1+r$  円が交換できるため、次が成り立たなければならない。

$$u'_i(W_i(0)) \times 1 = \frac{1}{1+\rho} \sum_{z=1}^Z \pi_z u'_i(W_i(z)) \times (1+r)$$

この関係と(8)の関係から、(11)は(5)に一致することがわかる。先に議論したように、ポジション (SL) とポジション (FL) は、時点1のすべての状態  $z$  において同じ  $S(z)$  の価値をも

バンキング可能な排出権取引市場と先渡市場の役割

つ。(11)と(5)の一致は、この事実からもたらされる直接の結果にすぎない。

以下では、先渡市場の創設の影響について考えよう。まず、先渡市場が存在しないときには、すべての排出規制対象企業のバンキング量の制約が有効でない状況を想定する。次の命題が示すように、この状況のもとでは先渡市場の創設は実質的な効果をもたない。

命題2: すべての排出規制対象企業のバンキング量に対する制約が有効でない状況を考えよう。先渡市場の需給はユニークには決まらないが、各排出規制対象企業のバンキング量の和は変わらず、排出枠のスポット価格も変わらない。

説明: 企業 A が1単位の先渡をロングし、企業 B が1単位の先渡をショートしている状況を考えよう。先渡市場がないときのスポット価格  $S(0)$  と  $S(z)$  を所与とすると、企業 A は1単位の先渡のロングを相殺するために、バンキング量を1単位分減らす。同様に、企業 B は先渡のショートを相殺するために、バンキング量を1単位増やす。この結果、時点0での排出枠市場の需給とバンキングの総量は変わらず、時点1、状態  $z$  での価格も変化しない。より複雑な先渡市場の需給状況を考えても議論の本質は同じである。

次に、先渡市場が存在しないときには、一部の排出規制対象企業のバンキング量が、(i)強い不等号で(6)を満たしている（したがって、 $B_i(0) = T_i(0)$ ）、あるいは(ii)強い不等号で(7)を満たしている（したがって、 $B_i(0) = -T_i(1)$ ）のどちらかの状況を考えよう。一部の企業が(i)を、他の一部の企業が(ii)を満たす状況はさし

あたり考えない。ここで、“一部の”排出規制対象企業とは、排出規制対象企業全体に比べて(i)あるいは(ii)を満たしている企業が十分に少ない、を意味する。

時点1における規制枠のスポット価格の分布  $S(z)$  は所与と仮定して、時点0での均衡だけを考える。したがって、ここでは時点0と時点1、状態  $z$  における同時均衡を取り扱っておらず、その意味で不十分な議論である。しかし、この仮定のもとでの議論は、先渡市場の役割を理解する上で、さらには同時均衡の状態を推論する上で有益な情報を提供する。

こうした状況において、先渡市場の創設は次のような影響を及ぼす。

命題3: 時点1、状態  $z$  における規制枠のスポット価格  $S(z)$  を所与とする。このとき、先渡市場の創設は次の効果をもつ。

(a) 先渡市場が存在しないとき、一部の排出規制対象企業のバンキング量が強い不等号で(6)を満たしているならば、先渡市場が創設されると、これらの企業は、条件(11)が満たされるように先渡取引に対して正のポジションをとる。これに対して、先渡取引で負のポジションをとるのは、先渡市場が存在しないとき(5)の条件を満たしている排出規制対象企業であり、彼らは先渡市場で負のポジションをとると同時に、それと同等のバンキング量を増やす。この結果、排出規制対象企業全体のバンキング量は強く増加し、時点0での排出枠のスポット価格は上昇する。

(b) 先渡市場が存在しないとき、一部の排出規制対象企業のバンキング量が強い不等号で(7)を満たしているならば、先渡市場が創設されると、これらの企業は、条件(11)が満たされるよ

うに先渡取引に対して負のポジションをとる。先渡取引で正のポジションをとるのは、先渡市場が存在しないとき(5)の条件を満たしている排出規制対象企業であり、彼らは先渡市場で正のポジションをとると同時に、それと同等のバンキング量を減らす。この結果、排出規制対象企業全体のバンキング量は強く減少し、時点0での排出枠のスポット価格は下落する。

証明: (a) 強い不等号で(6)が満たされている排出規制対象企業にとって、可能であれば  $S(0)$  を犠牲にして  $S(z)$  を受けとれば、期待効用が増加する。しかし、バンキング量の制約のため、それを実行できない。先渡市場は  $S(0)$  と  $S(z)$  を自由に交換できる機会を提供するため、先渡に対して正のポジションをとり、実質的に(5)を満たすことができる。

一方、(5)の条件を満たしている排出規制対象企業にとっては、1単位のバンキング量の増加と対応する1単位の先渡取引のロング・ポジションは、時点1で同じ  $S(z)$  をもたらす。このため、先渡取引に対する負のポジションと、同等の量のバンキング量の増加は互いに相殺し、期待効用の水準は変わらず、この状況も主体的均衡を満たすため、これらの行動によって時点0での排出枠市場と先渡市場での均衡が成り立つ。

先渡市場でロング・ポジションをとる排出規制対象企業のバンキング量は変わらず、ショート・ポジションをとる排出規制対象企業はバンキング量を増やすため、全体としてみるとバンキング量は増加する。この結果、時点0において排出枠市場で供給される排出枠は減少し、スポット価格  $S(0)$  は上昇する。

(b)についても同様の議論が成り立つ。

命題3から示唆されるように、先渡市場の創設はバンキング量に対する制約が有効な排出規制対象企業が存在するとき、その制約を緩和させる機能をもつ。その結果、バンキング量の上限の制約が有効な排出規制対象企業が存在すれば、先渡市場の創設は、排出規制対象企業全体のバンキング量を増加させ、時点0での規制枠の供給を減らすため、スポット価格を上昇させるように働く。

逆にボローイング量の制約が有効な排出規制対象企業が存在するときには、先渡市場の創設によって排出規制対象企業全体のボローイング量（負のバンキング量）が増加し、時点0での排出枠の供給が増え、スポット価格を低下させる。バンキング量に対する制約が有効な排出規制対象企業と、ボローイング量に対する制約が有効な排出規制対象企業の両方が存在すれば、(a)と(b)の両方を合わせた効果が生まれる。

命題3は、状況  $z$  における排出枠のスポット価格  $S(z)$  を所与としている点には十分に注意しよう。先渡市場の創設の同時均衡への効果を議論しているわけではないが、同時均衡への示唆は得られる。(a)のケースを考えてみよう。先渡市場の創設は排出規制対象企業全体のバンキング量を増加させる。バンキング量の増加は時点1での排出枠の供給増加を意味するため、時点1でのスポット価格  $S(z)$  を引き下げる効果をもつ。スポット価格  $S(z)$  の低下は、バンキングからの利益を引き下げるため、バンキング量に対して負の効果をもつ。これによって、先渡市場の創設が全体のバンキング量の増加を緩和させるように働くことが予想される。同様に(b)のケースでは、先渡市場の創設が全体のボローイング量の増加の効果を緩和させるだろう。しかし、こうした推論はあくまでも直感的

バンキング可能な排出権取引市場と先渡市場の役割  
な議論であって、厳密に導かれた結果ではない。  
これには十分に注意する必要がある。

### 3.3.2 排出規制対象外の経済主体も参加できる先渡市場

規制対象外の主体 ( $j=1, \dots, J$ ) が存在し、先渡市場で取引できるとしよう。彼らの時点1でのペイオフを  $W_j(z)$  で表すと、彼らは先渡市場を利用して  $W_j(z)$  をヘッジできるため、先渡市場に参加するインセンティブが存在する。先渡取引に対してロング・ポジションをとるかショート・ポジションをとるかは、 $W_j(z)$  と  $S(z)$  との関係（たとえば、両者の相関）に依存する。彼らの先渡取引に対するポジションは、排出規制対象企業先渡取引のポジション、ひいてはバンキング量に影響し、時点1での排出枠のスポット価格  $S(z)$  に影響する。このため、時点0と時点1、状態  $z$  でのスポット市場および先渡市場の同時均衡を考えるには、規制対象外の主体の行動も考慮しなくてはならない。しかし、ここでは  $S(z)$  を所与として、時点0での排出枠市場と先渡市場を考察するため、個々の規制対象外の主体の行動については議論せずに、全体としてロング・ポジションをとるのかショート・ポジションをとるのか、に注目する。

ここでは、すべての排出規制対象企業のバンキング量に対する制約が有効でない状況を考える。一部の排出規制対象企業のバンキング量に対する制約が有効であるケースについては命題3で議論しており、ここでは規制対象外の主体の存在の効果だけを見るためである。このとき次が成り立つ。

命題4: 時点1、状態  $z$  における規制枠のス

ポット価格  $S(z)$  を所与とする。このとき、先渡市場の創設は次の効果をもつ。

(a) 先渡市場が創設されたとき、規制対象外の参加主体全体でみると、先渡取引に対してのポジションが正（ロング・ポジション）であった。このとき、先渡市場の創設は、排出規制対象企業全体のバンキング量を増やし、時点0での排出枠のスポット価格を上昇させる。

(b) 先渡市場が創設されたとき、規制対象外の参加主体全体でみると、先渡取引に対するポジションが負（ショート・ポジション）であった。このとき、先渡市場の創設は、排出規制対象企業全体のバンキング量は減少し、時点0での排出枠のスポット価格を下落させる。

証明: (a) 先渡取引に対する規制対象外の参加主体のロング・ポジションは、同額の排出規制対象企業のショート・ポジションによって相殺されなければ、先渡市場は均衡しない。関係(11)が成り立っていれば、排出規制対象企業にとって先渡取引のポジションと排出枠のスポット取引とは完全に無差別であり、先渡をショートし同額のバンキング量を増やしても、期待効用に変化はなく、最適な選択の一つとなる。このため、先渡取引に対する規制対象外の参加主体のロング・ポジション、それに対する同額の排出規制対象企業のショート・ポジションと同額のバンキング量の増加は、新たな均衡となる。バンキング量の増加は、時点0での排出枠の供給を減少させ、スポット価格  $S(0)$  は上昇する。

(b) についても同様の議論ができる。

先渡市場の創設は、排出規制対象企業のバンキング行動に影響を与え、排出枠のスポット価格に影響を与える可能性がある。命題3は規制

対象外の参加主体を考慮しないときの先渡市場創設の効果を、命題4は規制対象外の参加主体を考慮したときの先渡市場創設の効果を論じている。命題3は、先渡市場の創設が、排出規制対象企業のバンキング制約を緩和する可能性を主張する。そのため、先渡市場の創設の是非は、バンキングの機能をどのように考えるかにかかっており、比較的評価しやすい論点のように思われる。

それに対して、命題4は、排出規制対象企業とは直接関係がない（可能性がある）規制対象外の参加主体が、バンキング行動に与える影響を議論しており、先渡市場がもつこの効果の是非には複雑な要素が絡むため、評価の難しさが予想される。

#### 4. 結 語

本論文は、不確実性下における排出権取引市場において排出量の非負制約を前提とし、排出規制対象企業の明示的なバンキング行動と先渡市場の創設が市場均衡に及ぼす影響を理論的に検討した。前田（2005）における排出量の正規分布の仮定やバンキング量の明示的決定の欠如という理論的な不備に対して、主体均衡の条件から先渡市場とスポット市場の価格関係を導出し、先渡市場創設の機能について明らかにした点が本研究の主たる貢献である。

分析の結果、先渡市場の創設がもたらす効果は、市場参加者が直面する制約の状況が鍵となることが明らかとなった。第一に、すべての排出規制対象企業にとってバンキング量の制約が有効でない場合には、先渡市場の創設は排出枠のスポット価格や企業のバンキング総量に影響を及ぼさない（命題2）。第二に、バンキング

量の上限（またはボローイング量の下限）制約が有効に働く企業が存在する場合、先渡市場はその制約を実質的に緩和する迂回路として機能し、結果として全体のバンキング量と時点0のスポット価格を変動させる（命題3）。すなわち、市場参加者にバンキング（ボローイング）の制約があるとき、先渡市場の創設には意義を見出すことができる。しかし、その時の排出権のスポット価格がどのように動くのかはどのような制約に直面しているかで変化する。そのため、先渡市場の創設によって、排出権のスポット価格が上がるのか下がるのかまたは影響しないのかは、一概に言い難い。

いま一つの知見は、先渡市場に排出規制対象外の主体（投機家等の外部主体）が参加する場合の影響である（命題4）。先渡市場における外部主体のポジションは、規制対象企業のバンキング行動ひいてはスポット価格に影響を与える。その影響が排出権取引制度の本来の目的に照らして望ましいのか、の判断は難しく、先渡市場への外部主体の参加の是非はこの論文の射程を超える。

本稿では、排出権先渡市場の創設の効果について議論しているが、捨象されている要素も存在する。例えば、企業の排出量（生産量）の決定の内生化である。排出権取引の経済全体への影響を考慮する際には、このような要素は欠かせない。しかし、経済全体への影響や、より現実的な環境規制の経済分析にはこの点の考慮が必要となる。

#### 引 用 文 献

前田章（2005）、バンキング可能な排出権取引制度の市場価格形成、環境科学会誌、18(3)、207-216。

- Cronshaw, Mark B., and Jamie Brown Kruse (1996) "Regulated Firms in Pollution Permit Markets With Banking", *Journal of Regulatory Economics*, 9(4), pp.179-189.
- Kling, Catherine, and Jonathan Rubin (1997) "Bankable permits for the control of environmental pollution", *Journal of Public Economics*, 64(1), pp.101-115.
- Rubin, Jonathan, (1996) "A Model of Intertemporal Emission Trading, Banking, and Borrowing",

*Journal of Environmental Economics and Management*, 31(3), pp.269-286.

- Schennach, Susanne M., (2000) "The Economics of Pollution Permit Banking in the Context of Title IV of the 1990 Clean Air Act Amendments", *Journal of Environmental Economics and Management*, 40(3), pp.189-210.

(横浜国立大学名誉教授 倉澤 資成)  
(当研究所主任研究員 田代 一聡)