

排出権取引市場におけるマーケットパワー・モデルと その日中韓排出権取引への応用

時 政 勗

(受付 2008 年 10 月 31 日)

第1節 はじめに

汚染抑制のための経済的手法として、排出権取引の比重が近年高まっている。先行して実施している欧米だけでなく、わが国においても、京都議定書の削減約束達成や、世界的経済状況の悪化、社会保障費ための財源確保のための消費税引き上げ議論のなかで環境税の導入が難しくなり、CO₂ 汚染対策として排出権取引が改めて脚光を浴びてきた。

しかし排出権取引には他の汚染コントロール手段である直接規制やピグー税と比べてある弱点があると言われている。それは、マーケットパワー（市場支配力）を持つ主体により市場が操作される危険性があるというものである。

マーケットパワーには、2種類ある。1つは、マーケットパワーを持つ主体が、排出権取引市場自体において、排出権価格に影響を与えようとする場合である。もう1つのマーケットパワーは、直接排出権市場の利益だけでなく、排出権を必要とする産業、たとえば製鉄業や化学産業などのエネルギー集約産業などにおいて、排出権市場で持つマーケットパワーを利用して排出権価格を動かし、汚染削減費用を操作して他の産出市場などで利益追求を図ろうとする場合である。この場合は、排出権市場において、必ずしも利益最大化行動を取らずとも、産出市場など他の市場でそれを埋め合わせるに十分な利益を上げる事が可能となる。本稿では、前者のマーケットパワー問題を主に扱うが、後者のマーケットパワーについても、付随的に論及する。

また、マーケットパワーには2つの型を考え得る。第1の型は、排出権の販売者が、売り手独占者として、マーケットパワーを働かせる場合であり、第2の型は、排出権の購入者が、買い手独占としてマーケットパワーを働かせる場合である。この2つのケースは議論をほぼ並行的に展開し得るが、若干微妙に異なる点があるためここでは、両方の型とも述べる。

マーケットパワーは、1人の主体や、幾人かの主体のグループがカルテルを形成して、市場に影響を与えようとする事で起こるが、ここでは簡単のため、1人の主体が、売り手独占、または買い手独占として行動する場合をモデル化した説明を行う。

以下第2節において、1期限りの排出権取引が行われる静学的市場におけるマーケットパワーをモデル化する説明を行い、第3節において、この静学的マーケットパワーモデルの前提や帰結、政策論的意味を述べる。第4節において、バンキングやボロイングを含む、動学的マーケットパワーモデルの議論を展開する。第5節において、筆者がこれまで他の研究 (Tokimasa and Luo [5] 羅・時政 [6]) において取り上げてきた中国・韓国・日本における排出権取引市場において、マーケットパワーの成立条件を検討する。第6節では、まとめと今後の課題を述べる。

第2節 静学的マーケットパワー・モデル

排出権市場の静学的マーケットパワー・モデルを最初に定式化したのは、Hahn [2] である。ここでは、Hahn の定理をやや違った観点から整理して示す。

企業1をマーケットパワーを持つ企業、つまり価格設定企業とする。企業2～ m を価格受容企業とする。第1企業は売り手独占者、または買い手独占者なので M 、他の2～ m 企業は縁辺企業として F で表す。各主体の汚染削減量を a_i とする ($i = F, M$)。各主体は完全情報を持ち、自己の削減費用関数のみならず、他者の削減費用についても知っていると仮定する。

第 i 企業の削減費用関数を $C_i = C(a_i)$ とし、

$$C'_i > 0$$

$$C''_i > 0$$

つまり限界削減費用は逓増すると仮定する。さて各主体の削減量は BAU 排出量 Z_i から各主体の実際の排出量 u_i を差し引いた値である。すなわち

$$a_i = Z_i - u_i$$

$$u_i = Z_i - a_i$$

と表せる。企業は実際の排出量 u_i が排出権の初期配分 q_i^0 より多ければ排出権の購入をして、その不足額を埋め合わせねばならない。逆に排出量が排出権の初期配分より少なければ、余った排出枠を排出権として他企業に販売することが出来る。排出権購入企業の純購入量を q_i とすると

$$q_i = u_i - q_i^0 = Z_i - q_i^0 - a_i$$

において $q_i > 0$ の時が購入を表し $q_i < 0$ の時が販売を表す。 q_i は企業 i の排出権純需要である。

ここで価格受容企業の行動を考える。これらの企業は排出権価格 p を所与として、自己の削減コストに排出権購入費を加えた削減対策の総費用が、最小になるように削減量と購入量を定める。総費用が

$$C_i(a_i) + p \cdot q_i = C_i(a_i) + p \cdot (Z_i - q_i^o - a_i)$$

とあらわされるので、1次の費用最小化条件は、 a_i で微分して0とおき

$$C_i'(a_i) = p$$

$$\therefore a_i = C_i'^{-1}(p)$$

となる。この削減量を排出権需要を定義する式に代入して、価格受容企業の排出権需要量は、

$$q_i = Z_i - q_i^o - C_i'^{-1}(p) = \text{定数} - C_i'^{-1}(p)$$

となる。つまり

$$q_i = q_i(p)$$

と書ける。

ところでマーケットパワーを持つ独占企業は、上の価格受容企業の総需要行動を知った上で、自己の削減コストが最小になるように排出権の価格をコントロールしようとする。ここで L を政府による排出権の総供給(所与の値)とすると、排出権の価格は、独占企業の排出権純需要量 q_M 次第で変化する。 $q_M > 0$ なら需要、 $q_M < 0$ なら供給として

$$L = q_M + \sum q_i(p)$$

に従って動かされる。この事を知って独占体は行動する。つまり $p = p(q_M)$ と表されることを知って行動する。そこで独占の費用最小化行動は

$$\text{Min} \rightarrow C_M(a_M) + p(q_M) \cdot q_M$$

$$\text{但し } C_M'(a_M) = p(q_M) + p'(q_M)q_M$$

と表せる。

目的関数に表れた q_M のところに、制約条件式を代入し、費用関数を a_M で表される形に書き換えた後、 a_M に関し微分して、内点最適条件

$$C_M'(a_M) = p(q_M) + p'(q_M)q_M$$

を得る。つまり限界削減費用が⁸、右辺の表示する限界収入(価格マイナス価格下落率×需要量)に等しいという条件が得られる。これは、価格受容企業の限界削減費用=価格と言う条件と組み合わせると、マーケットパワー企業が売り手独占の場合 $p'(q_M) < 0$ だから

$$C_M'(a_M) = p(q_M) + p'(q_M)q_M < C_i'(a_M)$$

となる。このことはすべての企業の限界削減費用の均等という社会的総削減費用の最小化条件が成立しない事を表す。

売り手独占の場合はマーケットパワー企業が独占価格を引き上げるために、自己の排出権供給量を抑えようとするため自己の汚染削減量を抑える事から、費用効率性が成立しなくなるのである。

また、マーケットパワーを持つ企業が買い手独占の場合は、他企業の排出権純需要関数は供給関数となるので $p'(q_M) > 0$ が成立するから

$$C_M'(a_M) > C_i'(a_i)$$

となる。やはり、すべての企業の限界削減費用の均等は成り立たないこと、すなわち費用効率性が成立しない事が示される。

次に Kerr [3] の議論を整理しマーケットパワーの図示をして、効率性などマーケットパワーの影響について見ていこう。

下図は買い手独占の場合の、影響を図示している。横軸に、買い手独占企業の排出権購入量 = その他の企業の排出権売却量が取られる。一方、縦軸に、買い手独占企業の排出権需要価格の動き、つまり排出権の購入をしなくて自己削減した場合にかかる限界削減費用を右下がりの需要曲線 D 線として、また、排出権供給企業が排出権に対し持つ供給価格の状況が右上がりの供給曲線 S 線として示される。

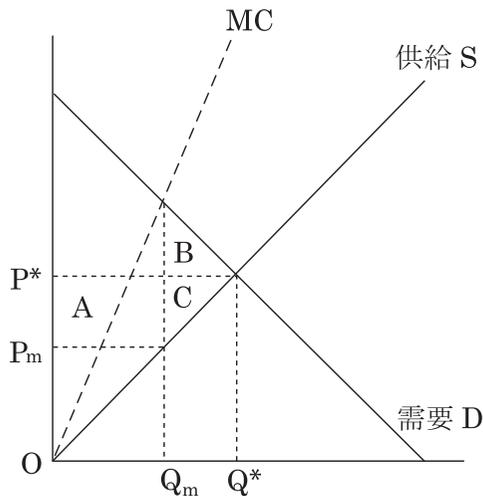


図-1 買い手独占のマーケットパワーモデル

買い手独占者にとって、自らが排出権の購入を追加した結果上昇する価格のことを考慮すれば、排出権の追加購入に必要となる限界購入費用は、競争的供給曲線よりも急勾配となる。これは MC 線で示される。買い手独占企業はこの MC 線と自己の需要曲線 D 線との交点の数量を、排出権の購入数量 Q_m として選択する。このとき排出権価格は、競争的供給関数上の P_m で与えられる。これは完全競争均衡の数量—価格の組 (Q^*, P^*) より、低い価格と少ない数量をもたらす。このときマーケットパワーは、効率性を $[B + C]$ の面積だけ減少させていることがわかる。

他方、売り手独占となる場合の影響もほぼ同様の議論が出来る。但しこんどは、マーケットパワー保有者は排出権価格を P^* 以上の P_m に引き上げる事である。この場合の図は次の図

のように、横軸に q_1 のマイナス値が排出権の供給量としてとられ、縦軸に供給独占企業の限界削減費用曲線 S 線、独占に対峙する他の競争的企業の排出権需要曲線 D 線の値が取られる。この場合、売り手独占企業にとって、限界収入線は、競争的需要曲線の下に位置し、それより急勾配となる。なぜなら、売り手独占企業は、排出権を販売するたびに、他の排出権についても価格の引き下げが必要である事を認識しているからである。こうして彼の受取る限界収入は価格より低くなり、限界収入 = 限界削減費用のときの排出権供給量は、完全競争の時のそれ以下となり、そのことによる社会的余剰の減少は、 $[B + C]$ の面積となる。

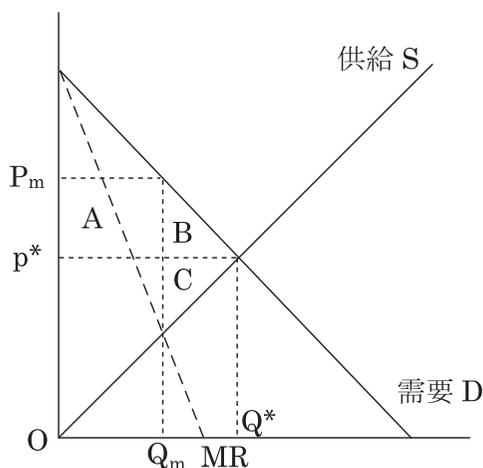


図-2 売り手独占のマーケットパワーモデル

第3節 静学的マーケットパワーの成立条件とマーケットパワーを動かす要因

3.1 マーケットパワーの影響力を規定する条件

さて、上に見たように、売り手独占者のマーケットパワーの分配上の影響は、買い手が高い価格を支払わねばならなくなり、売り手がこの高い価格を利益として受取る (A 部分) ということである。買い手独占の場合の分配上の影響は、対照的に買い手が低い価格を支払い、売り手がこの低い価格を受け取らねばならなくなり、価格が低くなった部分だけ買い手に利益が生まれる (A 部分) という事になる。

この分配効果は、売り手独占の場合は、需要者側の需要曲線の勾配が水平に近い (価格弾力性が高い) なら A の部分が少なくなり、小さい。また買い手独占の場合は、供給曲線の勾配が緩やかになるなら、A 部分が小さくなるため小さい。これは、独占者が、排出権の販売量や、購入量を大きく変化させても、相手側の需要や供給関数の勾配がゆるやかであれば価格変が少ないので獲得する利益は少ないからである。

この利益部分の大きさが、買い手独占者や売り手独占者にマーケットパワーを行使しようという動機を与える。逆にいえば、この利益部分が少ないときには、マーケットパワーを行使する状況になく、またはマーケットパワーを持つ企業に対峙する企業の側に、大きい損失が起こる心配も無い。

以下でマーケットパワー条件を述べる。最初に買い手独占の成立条件から述べよう。

第1に、買い手独占企業の需要曲線が弾力的であることが必要である。(図-3)

買い手独占者は需要を過小に述べることで自らの購入する排出権価格を低くする。したがって、買い手独占者が価格を引き下げると、自己の購入量を減らす部分が多いほど、相手側の供給曲線に沿って価格は大きく下がる。しかし、自らが購入しない排出権分に関しては、買い手は汚染の自己削減をしなければならない。 $Q^* - Q_m$ 分は、買い手は自己の需要曲線の示す限界削減費用に従って、汚染を自ら削減しなければならないので、この分追加コストがかかる。すると買い手独占者の需要が非弾力的であればあるほど、(相手側の供給曲線に沿って)価格を引き下げると減少させた排出権購入分を、自己削減するためのコストが(自らの需要曲線に沿って)増える。このことから、買い手は、弾力的(水平に近い)需要曲線を持たねばならない。

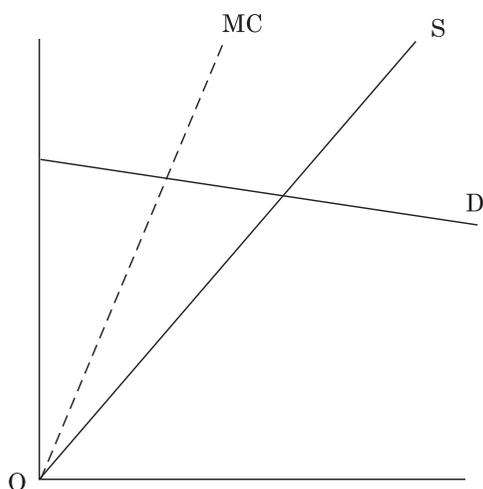


図-3 弾力的な需要曲線

第2に、買い手は排出権の総需要の大きな部分を占め(支配して)いなければならない。買い手独占者は、自分以外の買い手が、自分の低下させた価格に反応して、購入量を増大させて行き、買い手独占者の購入抑制行動を台無しにしてしまうという可能性を考慮しなければならない。もし他の買い手が、買い手独占者の価格低下に強く反応すれば、買い手独占者

は損害を被る。グラフでは、買い手独占者以外の買い手が、価格低下に応じて、購入量を増やすと、買い手独占者に向っていた供給曲線が縮小するので、供給曲線が左方シフトする。そのため、MC線も左方シフトし、買い手独占価格の低下は、大きくはならない。

買い手独占者の行動が効果を持つためには、買い手独占者が需要の大きな部分を支配し、他の買い手は、相対的に非弾力的で、独占者の行動に非反応的な需要曲線を持たねばならない。

第3に、供給側は相対的に非弾力的供給曲線を持たねばならない。買い手独占者に対峙する供給側が、弾力的な供給関数を持つなら、買い手独占者は、供給曲線に沿って価格をある程度引き下げるために、大幅に排出権の購入を抑える行動に出なければならない。このぶんだけ自己削減しなければならない排出量が増大して、自己削減のコスト負担が増加する。

これに対し、売り手独占が有効になる条件も同じように導出される。

第1に、売り手独占者は、排出権の追加的販売を抑制した場合の利潤の損失が大きくなるように、弾力的供給曲線を持たねばならない。

第2に売り手は、排出権供給全体の大きい部分を支配しなければならない。

第3に、売り手独占者以外の他の供給者は、非弾力的供給曲線を持たねばならない。

第4に、供給独占者と対峙する買い手が相対的に非弾力的な需要曲線を持たねばならない。つまり供給独占者の相手は垂直に近い需要曲線を持ち、売り手独占者が排出権の供給を抑えたとき、価格が大幅上昇する事が可能でなければならない。

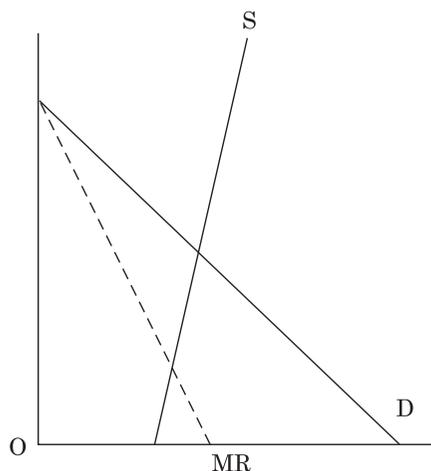


図-4 非弾力的な供給曲線

3.2 マーケットパワーが排出権価格以外に与える影響

以上のマーケットパワーの排出権価格への影響は、CO₂ や SO₂ の排出権などエネルギー

消費に伴い発生する汚染物質の場合は、これらの汚染を排出する製鉄、セメント、化学などエネルギー集約的産業の生産コストにも影響を与える。

ある国の政府やエネルギー集約産業が売り手独占として、排出権の供給を抑えて排出権の価格を吊り上げると、このため排出権を購入しなければならない（売り手国の競争相手）国のエネルギー集約産業は、独占価格 P_m という完全競争価格 p^* より高い削減費用の支払いを余儀なくされる（図-2）。供給独占企業にとって、排出権の創出の抑制分 $Q^* - Q_m$ については自己削減する事になるが、その部分において限界削減費用 S 曲線は、 p^* の高さ以下であり、排出権購入国より有利な削減費用を持つことになる。なぜなら、排出権購入国は D 曲線という p^* よりも高い削減費用を負担しなければならないからである。こうして、これらのエネルギー多消費産業を支援したい政府にとって、供給独占のマーケットパワーは好都合になる。

これに対して、買い手独占の場合は、逆になり、買い手独占国の政府や企業のマーケットパワーは、その国に属するエネルギー多消費産業を不利に陥れる。なぜなら、買い手独占を持つ政府や企業が排出権の購入を抑制して自己の購入する排出権価格を低く維持すると、その企業や他の産業は必要な削減量に不足する部分 $Q^* - Q_m$ については自己削減する必要に迫られる（図-1）。すなわち需要曲線 D 線の示す汚染削減費用にそって、 P^* という完全競争価格よりも高い価格を支払って汚染削減を遂行しなければならない。このためその産業の製品の生産費が上昇し、国際競争上不利な立場に追い込まれるからである。

ここで注意すべきは、マーケットパワーの存在は、排出削減のコストを高めると言うことであって、環境水準そのものを悪化させるものではないということだ。汚染の削減すべき水準は、政策的に、または京都議定書のように国際交渉においてその大きさが確定している。その決められた削減水準を達成するのに、必要な排出量だけの政府による排出権発行がなされ、排出権発行量にあわせた排出量、削減量の実現がなされる。買い手独占のマーケットパワーは、必要な排出量を実現させる排出権市場の完全競争均衡よりも、マーケットパワーがある部分だけ、削減コストを高くするという点で非効率性を導く。しかし、マーケットパワーを持つ買い手独占企業が自らの排出権需要を減少させれば、その企業が需要を止めた排出権の分だけ、買い手側の誰かが追加的汚染削減を行う必要がある。削減を実行するのが、削減費用の低い排出権供給企業よりも、（需要曲線の示すような）高い削減費用を持つ需要企業に、その追加削減の役割が変る。その事が高い削減費用の負担となって非効率を生み出すものの、全体としての削減量に変化はない。

また、供給独占企業が、マーケットパワーを発揮して排出権の販売を抑えて、排出権の価格を高く維持すれば、排出権を購入できなかった需要者は、 D 曲線の示すように p^* よりも高い削減費用を支払って自己削減しなければならない。この事がコスト上昇をもたらすが、削減量は変わらず環境への影響は無い。削減の分担が、供給独占企業から、需要企業に移つ

ただけである。

3.3 マーケットパワーを制限する条件

本項では、上に述べた排出権市場におけるマーケットパワーを制約する条件を述べる。

(1) 排出権の初期配分の状態

マーケットパワーの強さは、排出権の初期配分に大きく依存する。ベースライン・アンド・クレジット方式によれば、アロウアンス（排出権）が、ベースライン排出水準と、実際の排出量の差だけ生み出されると考えられているが、キャップ・アンド・トレード方式の場合、マーケットパワーは、供給独占や買い手独占企業に課せられるキャップと、これら企業の実際の排出量の差である排出権の供給量や需要量の大きさに依存する。このとき排出権需要量は実際の排出量マイナス初期配分、排出権供給量は初期配分マイナス実際の排出量だけあり、そのときの需要価格は、初期配分の量から希望排出量まで汚染を増加するときに節約できるコストによって動き、また供給価格は、初期配分から希望排出量まで汚染を減少するときに課されるコストによって動く。従って、排出権の需要関数や供給関数を決める基準になるものは、（BAU 排出水準から排出水準を引き下げていく際の削減コストを示す汚染削減費用のどの部分を基準にするかを決めるのが、排出権の初期配分の大きさとなるので）初期配分の大きさである。極端な場合、排出権の初期配分が、各企業の希望する排出権の数量に等しく与えられている場合、排出権の市場での需要や供給が発生しないので、マーケットパワーの、発生チャンスはそもそも無くなるのである。

(2) 温暖化ガス削減の排出権取引における CDM の影響

温暖化ガス排出削減の場合、ヨーロッパ各国につけられたキャップを達成するための排出権取引から生み出された排出権 AAU の取引市場では、京都メカニズムの1つである CDM によって新たに創出された排出権 CER が、（それが AAU の代替物になるという保証のもとで）AAU 市場への新たな排出権の供給になる。これは AAU 市場における潜在的供給独占者（旧ソ連、東欧諸国）の力を弱める働きをする。なぜなら、CDM に由来する排出権が加わる事により、AAU 市場での排出権供給関数が右方シフトし、最初に自己の排出権供給量を抑制して、排出権の価格引き上げを目論んでいた供給独占国のパワーを弱めるとともに、独占価格はかなり低くさせられるからである。

もちろん、このマーケットパワーを弱める CDM の強さは、AAU と CER との互換性の保証や、CER を生み出す手続き費用の大きさに依存する。現在のような CDM 事業の国連による認定作業が難航する場合は、AAU 市場への CDM の供給の影響は少ない。しかし、京都議定書の枠組みから外れていて、それ自体として排出権取引の資格が無い中国やインド、ブラジルなどの途上国で、現在行われている CDM 事業が大幅に拡大するなら、それから生

み出される CER が排出権供給関数を大幅右方シフトさせて、特定国にマーケットパワーをもたらす可能性も生じる。

第4節 動学的マーケットパワー・モデル

4.1 バンキングとボローイングのマーケットパワーへの影響

前節までの議論は静学的である。排出権市場は1期だけしか続かず、得られた排出権は、1期経過後には破棄されて無価値になることが仮定されていた。

しかし、排出量の大幅削減に成功した企業や国が生み出した排出権が、バンキングできて、排出権が、将来のある期にも利用可能となると仮定する場合、また今期に排出権の不足に直面した企業が、排出権を将来のある期の利用可能量からボローイングできて、利用可能になると仮定される場合、マーケットパワーはどのように変わるだろうか。基本的な見方として、売り手独占や買い手独占が、自己の供給量や購入量を抑制しつつ価格のコントロールをし、マーケットパワーを行使するという事は、その抑制が1期間だけでなく、排出権の有効性が続く限りの長期間にわたらなくてはならないという点から、その行使は難しくなるという事がある。

たとえば、ボローイングが可能なら売り手独占者が価格に影響を与えようとして、排出権不足のため需要を望む国に対する供給を制限しようとするなら、1年間だけでなく、京都議定書の場合議定書の第I拘束期間の間ずっとその供給制限をつづけるという事、更にその他の供給可能国がバンキングをしているなら、それが将来引き出されるであろう期間を超えて供給制限を続ける事を、信じさせることが可能でなければならない。なぜなら、さもないと需要国は、安い排出権が市場に現れるのを待とうとするからである。

またバンキングが可能なら、買い手独占者がマーケットパワーを行使しようとする場合にも、買い手独占者に対峙する排出権の売り手の方で、自らの排出削減で生み出した排出権を急いで安い価格で買い手に売るよりも、第2拘束期間までバンキングしておくことを選ぶかもしれない。このとき買い手独占力は弱められる。

もちろんこれは第2拘束期間の確実性に依存するし、この不確実性がバンキング国、ボローイング国の色々の戦略的行動、更にマーケットパワー国の戦略的行動を生み出す。しかし、いずれにしても、排出権のバンキング・ボローイングによりマーケットパワーは減少させられる。

以下次項でバンキング・ボローイングを含む排出権取引におけるマーケットパワー・モデルの定式化を示す。

4.2 動学的マーケットパワーモデル

C. Hagem = H. Westskog [1] は、排出権のバンキングとボローイングを含む2期間モデルにおいてマーケットパワー行使の影響を明らかにした。そこでの結論としては、マーケットパワーは、汚染削減の配分について主体（独占者と縁辺企業）間の費用非効率をもたらすが、異時点間の費用非効率性は招かないというものである。以下彼らのモデルの中心部分を述べる。

最初に注意すべきことは、バンキングとボローイングを認める排出権取引システムでは、いつ汚染物が排出されるべきかのコントロールを考える必要はなく、累積排出水準についてのコントロールだけが問題となるということである。

汚染物質によっては、毎期の汚染排出水準の抑制が必要な場合がある。（たとえば SO_2 や汚染排水や煤煙の場合、毎期の汚染フローが人々の健康などに与える被害が問題である。）この場合は計画期間中の毎期のバンキングやボローイングの大きさに制約が課される必要がある。しかし、 CO_2 のような場合、（温暖化ガスの濃度がある閾値以上になると環境被害の危険が一気に高まるので）累積汚染水準の方が問題になる。その場合は每期毎期のバンキング、ボローイングの制約を考える必要は無く、計画期末のそれについて制約を考えるだけで良い。ここでは、環境負荷額に関連するのは累積排出水準であるとして分析を進める。

汚染物質の計画期間終了時の総排出量がある所与の値としたときの、動学的排出権システムを考える。排出権の取引主体は2種類に分けられる。1つはマーケットパワーを行使する主体であり、記号で M と表す。以下、議論の簡単化のため、この主体は供給独占者とする。他の主体は排出権の小さな購入者や販売者であり、純需要者とする。彼らは価格受容者と仮定する。これらの主体は縁辺企業と呼ばれるので F という記号で示される。

さらに各主体は他の主体の削減費用や、将来の排出権価格について完全情報を持つとする。2期間モデルを用いる。期間を 1, 2 とする。 $j = 1, 2$ 。

$$C_{ij} = C_{ij}(a_{ij})$$

を第 i 主体の第 j 期の削減費用関数。 $i = M, F$ 。ここで a_{ij} は第 i 主体、第 j 期の削減量。削減費用関数は逓増する限界削減費用を持つと仮定する。

$$C'_{ij} > 0, C''_{ij} > 0$$

主体 i の期間 j における削減量 a_{ij} は、BAU 排出水準 Z_{ij} とその期のその主体の排出量 u_{ij} の差である。

$$a_{ij} = Z_{ij} - u_{ij}$$

各主体は、計画期間内に、排出権を売り買いしたり、バンキングしたり、ボローイングしたりして、特定の累積排出水準に達するコストを最小化することを目指す。このとき、各主体 i は、期間 j に q_{ij}^0 というプラスの排出権の初期配分を政府から受けている。

期間 1 に主体に付与された排出権のうちその主体によって使用されない排出権は、他の主体に販売されるか、自らが期間 2 で使用するためバンキングされる。また期間 1 に与えられた排出権が主体の排出する汚染量に足りない場合は、他の主体から排出権を購入するか、自らが期間 2 に政府から与えられる排出権（初期配分）からボローイングする。

排出権は毎期売り買いされるが、2 期間を通じて所有される排出権の和を超えない限り（計画期末バンキング／ボローイング残高が 0 より大なる限り）、自由に排出権の売り買い、バンキング／ボローイングを行ってよい。 q_{Fj} を縁辺企業全体が第 j 期に購入する排出権の量とする。

B_{ij} を主体 i が期間 j において持つバンキング／ボローイングの残高としよう。

期間 1 のバンキング／ボローイング残高は次のように示される

$$B_{F1} = q_{F1}^0 + q_1 - (Z_{F1} - a_{F1})$$

$$B_{M1} = q_{M1}^0 - q_1 - (Z_{M1} - a_{M1})$$

期間 2 のバンキング／ボローイング残高は

$$B_{F2} = B_{F1} + q_{F2}^0 + q_2 - (Z_{F2} - a_{F2})$$

$$B_{M2} = B_{M1} + q_{M2}^0 - q_2 - (Z_{M2} - a_{M2})$$

で表示される。ただし q_1, q_2 は各期の排出権購入量。

		初期配分	排 出 量	売買量	バンキング／ボローイング残高
M	1 期	q_{M1}^0	$u_{M1} = Z_{M1} - a_{M1}$	$-q_1$	B_{M1}
	2 期	q_{M2}^0	$u_{M2} = Z_{M2} - a_{M2}$	$-q_2$	B_{M2}
F	1 期	q_{F1}^0	$u_{F1} = Z_{F1} - a_{F1}$	q_1	B_{F1}
	2 期	q_{F2}^0	$u_{F2} = Z_{F2} - a_{F2}$	q_2	B_{F2}

また計画期末の排出量が各主体へ付与される排出権の和を超えてはならないということから、計画期末の残高は 0 以上で無ければならない。

$$B_{F2} \geq 0$$

$$B_{M2} \geq 0$$

さらに、各主体の限界削減費用がゼロより大とすると、各主体は計画期末に残高を残すのは最適ではないので次の条件が成立する。

$$B_{F2} = 0$$

$$B_{M2} = 0$$

こうして制約条件を整理すれば、

$$a_{F1} + a_{F2} + q_1 + q_2 = Z_{F1} + Z_{F2} - q_{F1}^0 - q_{F2}^0 = k_1 = \text{定数}$$

$$a_{M1} + a_{M2} - q_1 - q_2 = Z_{M1} + Z_{M2} - q_{M1}^0 - q_{M2}^0 = k_2 = \text{定数}$$

となる。つまり各主体は、2 期間にわたる、BAU 排出量と初期配分された排出権の差を、自

己削減か、排出権の購入（売却）によって満たさねばならないというものである。

つぎに、2種類の企業が存在するが、マーケットパワーが存在しない時の効率的削減量の条件を求める。これはマーケットパワーが無い時の、効率的な削減条件を求めてベンチマークとするためである。

社会全体での総削減費用は

$$C_{M1}(a_{M1}) + C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{M2}) + \delta C(a_{F2})$$

と表せる。なお δ は割引因子 $= 1 / (1 + \text{利率})$ である。

つぎに、制約条件は、計画期末において、全企業の削減量が、現在の BAU 排出量から（計画期末の目標値である）排出権初期配分の水準まで下落するに十分でなくてはならないというものである。

$$a_{F1} + a_{F2} + a_{M1} + a_{M2} \geq Z_{F1} + Z_{F2} + Z_{M1} + Z_{M2} - q_{F1}^0 - q_{F2}^0 - q_{M1}^0 - q_{M2}^0$$

この制約条件付きの最適化問題を解くために、ラグランジュ関数を書くと、

$$L = C_{M1}(a_{M1}) + C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{M2}) + \delta C(a_{F2}) - \lambda \{ a_{F1} + a_{F2} + a_{M1} + a_{M2} - Z_{F1} - Z_{F2} - Z_{M1} - Z_{M2} + q_{F1}^0 + q_{F2}^0 + q_{M1}^0 + q_{M2}^0 \}$$

となる。内点最適解が存在するとして、 a_{ij} で微分してゼロと置くと、

$$C_{M1}' = C_{F1}'$$

$$C_{M2}' = C_{F2}'$$

$$C_{M1}' = \delta C_{M2}'$$

$$C_{F1}' = \delta C_{F2}'$$

という効率性条件が導かれる。これは各期の割引限界削減費用が、主体に関しても、期間に関しても等しくならねばならないというものである。これが最適条件であり、このとき総削減費用が最小化される。

次に、排出権取引が導入されるとき各企業の費用を考える。2企業ともに、毎期の削減費用は自己削減費用と排出権購入費の和であり、それら（割引現在価値で表した）毎期の費用を加え合わせて計画期間にわたる企業の総削減費用が出る。これらを全企業について加えたものが社会的総費用となり、この社会的総費用を最小化することで、排出権取引が導入されている（がマーケットパワーの行使がない）時の費用効率性条件が求められる。

δ を割引因子 $= 1 / (1 + \text{利率})$ とする。また各期の排出権の価格は、（再生不可能資源の価格上昇原理を示すホテリング法則と同じく）利率の比率で上昇しなければならないということから、毎期の排出権価格の現在価値は同一の p となる。すると

M, F 企業の2期間の削減コストは

$$C_{M1}(a_{M1}) + \delta C(a_{M2}) - p(q_1 + q_2)$$

$$C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{F2}) + p(q_1 + q_2)$$

と表される。

社会全体の総費用は上式を加えあわせれば良い。しかし排出権の購入と売却分が相殺されるため、社会全体の総費用は排出権取引が行われないうちと同一である。但しここでは排出権取引が行われて、企業 M も企業 F も 2 期末のバンキング／ボローイングの残高が 0 でなくてはならないという条件のもとでの費用最小化を考えなくてはならない。

したがって次の計画問題を解く事になる。

$$\text{Min} \rightarrow C_{M1}(a_{M1}) + C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{M2}) + \delta C(a_{F2})$$

Subject to

$$a_{F1} + a_{F2} + a_{M1} + a_{M2} \geq Z_{F1} + Z_{F2} + Z_{M1} + Z_{M2} - q_{F1}^0$$

$$-q_{F2}^0 - q_{M1}^0 - q_{M2}^0 = k_1 + k_2$$

$$a_{F1} + a_{F2} + q_1 + q_2 = Z_{F1} + Z_{F2} - q_{F1}^0 - q_{F2}^0 = k_1 \quad (\text{定数})$$

$$a_{M1} + a_{M2} - q_1 - q_2 = Z_{M1} + Z_{M2} - q_{M1}^0 - q_{M2}^0 = k_2 \quad (\text{定数})$$

ここで $q_1 + q_2 = q$ と置くと、上の問題は a_{ij}, q の 5 つの変数を持つ。

ラグランジュ関数を書くと、

$$L = C_{M1}(a_{M1}) + C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{M2}) + \delta C(a_{F2}) - \lambda \{a_{F1} + a_{F2} + a_{M1} + a_{M2} - k_1 - k_2\} \\ - \mu \{a_{F1} + a_{F2} + q - k_1\} - \nu \{a_{M1} + a_{M2} - q - k_2\}$$

となる。これを a_{ij}, q の 5 つの変数で微分して 0 と置き、

$$C_{M1}' = \lambda + \nu$$

$$C_{F1}' = \lambda + \mu$$

$$\delta C_{M2}' = \lambda + \nu$$

$$\delta C_{F2}' = \lambda + \mu$$

$$\nu = \mu$$

したがって、排出権取引のもとでも排出権取引のない場合の異時点間効率性、異企業間効率性の 4 つの条件がすべて成立する。

つぎに、もし企業 M がマーケットパワーを行使するなら、独占企業 M は、縁辺企業 F の行動パターンを知った上で、排出権価格の動きをコントロールする。つまり、縁辺企業が排出権の純購入をして 2 期間の合計費用最小化行動を取るときの排出権純購入行動を、マーケットパワーを持つ企業は完全予測した上で、自己の 2 期間の総削減費用を最小化すると仮定しよう。まず縁辺企業の行動を見ていく。

$$\text{Min} \rightarrow C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{F2}) + p \cdot q$$

$$\text{Subject to} \quad a_{F1} + a_{F2} + q - k_1 = 0$$

この問題のラグランジュ関数は、次のように書ける。

$$L = C_{F1}(a_{F1}) + \delta C(a_{F2}) + p \cdot q - \lambda \{a_{F1} + a_{F2} + q - k_1\}$$

L を a_{F1} , a_{F2} , q , λ で微分して 0 と置き,

$$C_{F1}' = \lambda$$

$$\delta C_{F2}' = \lambda$$

$$p = \lambda$$

$$a_{F1} + a_{F2} + q - k_1 = 0$$

こうして

$$C_{F1}'(a_{F1}) = \delta C_{F2}'(a_{F2}) = p$$

を得る。この式を p について解いて

$$a_{F1} = C_{F1}'^{-1}(p)$$

$$a_{F2} = C_{F1}'^{-1}(p / \delta)$$

これを制約条件に代入して

$$C_{F1}'^{-1}(p) + C_{F1}'^{-1}(p / \delta) + q - k_1 = 0$$

これから p を q に関し解いて、縁辺企業の総逆需要関数

$$p = p(q)$$

を導出できる。

独占企業はこの縁辺企業の総逆需要関数 $p(q)$ の動きを知っているので、次の問題を解く。

$$\text{Min} \rightarrow C_{M1}(a_{M1}) + \delta C(a_{M2}) - p(q)q$$

$$\text{Subject to } a_{M1} + a_{M2} - q - k_2 = 0$$

この問題のラグランジュ関数は

$$L = C_{M1}(a_{M1}) + \delta C(a_{M2}) - p(q)q - \lambda \{a_{M1} + a_{M2} - q - k_2\}$$

と表せるから、 a_{M1} , a_{M2} , q , λ で微分して 0 と置き,

$$C_{M1}' = \lambda$$

$$\delta C_{M2}' = \lambda$$

$$\lambda = p(q) + p(q)'q$$

$$a_{M1} + a_{M2} - q - k_2 = 0$$

$$\therefore C_{M1}'(a_{M1}) = \delta C_{M2}'(a_{M2}) = p(q) + p(q)'q$$

よって a_{M1} , a_{M2} について解いて,

$$a_{M1} = C_{M1}'^{-1}(p(q) + p(q)'q)$$

$$a_{M2} = C_{M2}'^{-1}((p(q) + p(q)'q) / \delta)$$

となるので、制約条件に代入して q を求め、その後これをもう一度すぐ上の条件に入れば a_{M1} , a_{M2} が求められる。

なお、マーケットパワーを持つ企業では、

$$\therefore C_{M1}'(a_{M1}) = \delta C_{M2}'(a_{M2})$$

が成立するので、異時的効率性条件は成立するが

$$C_{M1}'(a_{M1}) = p(q) + p(q)'q < p(q) = C_{F1}'(a_{F1})$$

となるので企業間効率性は成り立たない。

第5節 日中韓3カ国のSO₂排出権取引の場合のカルテルの可能性について

著者は他の論文 [5] [6] で、日本、韓国、中国の各省（直轄市を別掲する）という多地域間でSO₂の排出権取引を行い、SO₂の削減を行った場合の便益（節約費用）推定を試みた。その際、巨大な排出量を持つ中国がカルテルを形成して、排出権価格を支配する可能性があるか否かが問題となる。ここでは政治的な結託の可能性ではなく、中国各地域が、独立して利益最大化行動を目指し行動した場合供給独占、買い手独占が成立するか否かを検討してみよう。つまり、中国各地域と、日本、韓国の33地域が排出権の市場均衡において排出権取引をするとき、需要曲線と、供給曲線を構成して、買い手独占、あるいは、売り手独占の成立する条件が整っているかを、検討してみたい。

排出権の需要は、排出量をBAU排出水準と、排出権の初期配分の間にするを旨とする地域が行い、その需要量は、排出量 u_i と初期配分 q_i^0 の差である。一方排出権の供給地域は、排出量を、初期配分以下に抑えて、初期配分と実際の排出量の差を排出権として供給しようとする地域である。

各地域のSO₂の限界削減費用は不変と仮定する。つまり、各地域固有の平均削減費用があり、その値は、削減量いかに関わらず一定であるとしよう。すると各地域の排出権の需要価格や供給価格は限界削減費用に等しく、その値が地域の最大可能需要量、最大可能供給量まで一定で、変わらないとする。各地域が固定的な限界削減費用を持つので、地域が需要地

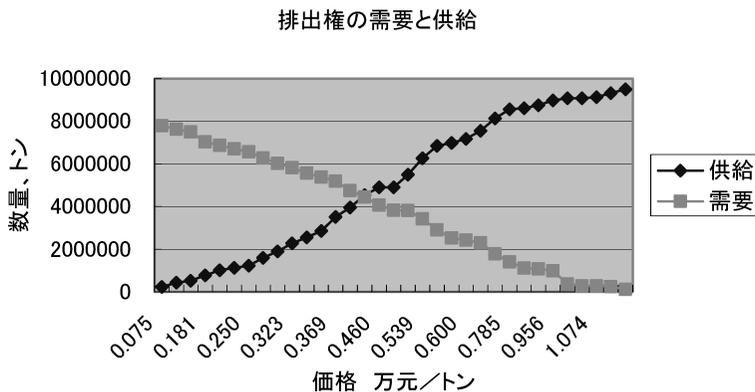


図-5 日・中・韓排出権取引市場の均衡価格

表1 中国・韓国・日本の限界削減費用と、排出権需要・供給

	限界削減費用 MAC_i	売却地域の 排出量下限 $0.25q$	初期配分 q_i^*	BAU 排出量	購入可能量	売却可能量
	万元/トン	トン/年	トン/年	トン/年	トン/年	トン/年
09. 上 海	1.976	93808	262662	375231	112569	168854
13. 福 建	1.421	109787	307404	439148	131744	197617
29. 青 海	1.074	28632	80170	114528	34358	51538
26. チベット	1.007	186	520	743	223	334
02. 天 津	0.987	60294	151215	241174	89959	90922
23. 四 川	0.956	285205	523307	1140820	617513	238102
30. 寧 夏	0.826	75618	211731	302473	90742	136113
01. 北 京	0.798	26368	73831	105473	31642	47463
06. 遼 寧	0.785	240367	673028	961469	288441	432661
19. 広 東	0.707	318459	891685	1273835	382151	573226
04. 山 西	0.705	300076	679928	1200305	520377	379852
08. 黒 龍 江	0.600	107944	302244	431777	129533	194300
07. 吉 林	0.592	76953	215468	307812	92344	138515
03. 河 北	0.570	320356	896998	1281425	384428	576641
15. 山 東	0.539	428841	1200753	1715362	514609	771913
10. 江 蘇	0.524	328092	918656	1312366	393710	590565
21. 海 南	0.462	5456	15278	21825	6548	9821
27. 陝 西	0.460	199971	559919	799884	239965	359948
05. 内 蒙 古	0.423	323915	906961	1295658	388697	583046
20. 広 西	0.379	243663	682256	974651	292395	438593
16. 河 南	0.369	367788	1029806	1471151	441345	662018
24. 貴 州	0.355	164845	461565	659379	197814	296721
17. 湖 北	0.339	156450	438059	625798	187739	281609
11. 浙 江	0.323	207769	581753	831076	249323	373984
22. 重 慶	0.318	170791	474418	683162	208744	303627
33 (日 本)	0.268	205000	574000	820000	246000	369000
28. 甘 肅	0.250	129207	229418	516827	287409	100212
31. 新 疆	0.208	87076	202234	348302	146068	115158
32 (韓 国)	0.200	132765	371741	531059	159318	238977
14. 江 西	0.181	138648	388213	554590	166377	249566
18. 湖 南	0.146	188743	285394	754973	469579	96651
25. 雲 南	0.133	107221	300219	428884	128665	192998
12. 安 徽	0.075	128686	360321	514744	154423	231635

域になるか、供給地域になるかは、排出権価格がその地域の持つ固定的限界費用より、低いか、高いかによる。

そうすると、排出権の総需要曲線は、各地域について、限界費用の高い地域から、その地域の可能需要量の大きさずつ下降順に並べた階段関数を描いていけばえられる。

一方、総供給関数は、限界削減費用の低い地域から順番に、可能供給量ずつ、上昇順に並べていく階段関数を描けばえられる。こうして構成した、排出権需要曲線、供給曲線が図-5に示される。

なお、各地域の最大需要量は、BAU 排出量－初期配分量である。最大供給可能量は、初期配分－技術的に可能最低排出量である。但しここで可能最低排出量を BAU 排出量の0.25倍とした。それは削減装置はどこまでの汚染削減を可能にするか考えた際、通常汚染の85%を除去可能とされていることから、15%を最小排出量とおくことが考えられるが、地域にいろいろの経営規模の企業が存在するとして、削減措置設置の不可能な場合を勘案して、BAU 排出水準の25%と置いた。こうして排出権供給可能地域の排出量は $[0.25Z_i, q_i^0]$ 、排出権需要可能地域排出量は $[q_i^0, Z_i]$ とする。ここで q_i^0 は初期配分、 Z_i は BAU 排出水準。

こうして、中国・韓国・日本の各地域排出権の潜在的需要量、潜在的供給量は表-1（羅・時政 [7]）に示すようになる。各地域が需要者になるか、供給者になるかは、排出権価格が、その地域の固定された限界費用より、低いか高いかによる。こうして中国の排出権需要曲線、供給曲線を描くと図-5のようになる。各地域の限界削減費用に、あまり差がないので、もし、各地域の排出権取引可能量を上述のようにかなりの中をもって与えるなら、右下がりの需要曲線も右上がりの供給曲線も相当に価格弾力的である。したがって本稿 3.1 の議論の示すように、マーケットパワーの発揮できない状況にあるといえる。もちろん、地域に許される排出権での削減目標達成量が制限されると、限界削減費用のわずかな違いが、かなり価格費弾力的な排出権の需要関数や、供給関数をもたらし、いくつかの地域が結託し、独占的パワーを発揮して、価格をコントロールする可能性が現れる。

第6節 終わりに

本稿では、排出権取引市場における、マーケットパワーの影響について、その費用効率性に与える影響の面を中心に、議論を整理した。マーケットパワーには2つの型がある。第1の型は、排出権の販売者が、売り手独占として、マーケットパワーを働かせる場合であり、第2の型は、排出権の購入者が、買い手独占としてマーケットパワーを働かせる場合である。この2つのケースで議論は完全に対照的になり、費用効率性に与える影響を経済的厚生喪失面で見ると完全に同値になることを示した。つぎに、排出権市場の価格の競争均衡からの

乖離が、他の市場に与える影響の面では、売り手独占の場合と買い手独占で、違いが発生する。それは、マーケットパワーの行使者がいる国内市場での汚染削減費用への影響が、エネルギー多消費財を生産する他市場の企業の生産費に関し、異なったものにならからである。

供給独占のマーケットパワーは、供給独占者のいる国のエネルギー多消費産業を国際競争上有利にさせる。これに対して、買い手独占の場合は、逆になり、買い手独占国の政府や企業のマーケットパワーは、その国に属するエネルギー多消費産業を不利に陥れる。

つぎにマーケットパワーの影響が、排出権のバンキング、ボローイングによりどのような影響を受けるかについてみていった。基本的にバンキングやボローイングは、排出権市場においてマーケットパワーと対峙する主体に、マーケットパワーの力から逃れられ手段を与え、マーケットパワーの弱体化を可能にさせる。ただ、その影響を精確に見て行くと、バンキングやボローイングにより、異時的効率性損なわれないが、企業間の効率性条件は損なわれるということが示された。

最後に、筆者が取り組んできた中国・韓国・日本間における地域間排出権取引の可能性の研究において、マーケットパワー発生の可能性について、その成立条件の面から検討した。その結果排出権市場の需要、供給関数の形から、各地域の取引可能量がある程度以上大きく設定される場合には、マーケットパワーは存在しないという結論を得た。これは、中国各地域の限界削減費用の違いが、それほどないことによる。

本稿の分析で残された問題点として、バンキング、ボローイングの理論モデルの議論では、CO₂のような、累積汚染量制約の場合だけでなく、SO₂のように毎期における汚染制約が考える場合に拡張する必要がある。また、計画時間も2期だけでなく、数十年のタイムスパンで考えるモデルでのバンキング、ボローイングの議論の検討が必要となる。

さらに中国・韓国・日本における地域間排出権取引の実証分析も、バンキングおよびボローイングを入れた場合の分析に拡充する必要がある。なぜなら、現在中国に存在する大きな地域間経済格差の問題の下で、排出権取引という柔軟措置とはいえ、一律の汚染削減目標達成には、地域間で負担の軽重の議論が発生しうるから、バンキングおよびボローイングというさらなる柔軟措置の効果についてのあらかじめの検討が要求されるからである。

付記) 本稿の研究遂行に当たり、広島修道大学学術研究所(2005, 2006年調査研究費)、および学術振興会科学研究費(課題番号17530199)より援助を受けた。また第5節のデータは羅朝暉氏との共同研究の結果である。

参 考 文 献

- [1] Hagem, C. and H. Westskog (1998), “The Design of a Dynamic Tradeable Quota System under Market Imperfections,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 36
- [2] Hahn, R. W. (1984), “Market Power and Transferable Property Rights”, *the Quarterly Journal of Economics*,
- [3] Kerr, S. (2000), *Global Emission Trading, Key Issues for Industrialized Countries*, Edward Elgar
- [4] Tietenberg, T. H. (2006), *Emissions Trading, Principles and Practice, 2nd edission*, Resoruces For The Future
- [5] Tokimasa, T and Z. Luo (2008), “Benefits Estimation of the SO₂ Emissions Trading in Japan, SouthKorea and each Region of China”, in *Quantitative Analysis on Contemporary Economic Issues*, T. Toyoda and T. Inoue ed., Kyushu University Press
- [6] 羅 朝暉, 時政 昺 (2007) 「中国における SO₂ 排出権取引の便益推定」『経済科学研究』11卷1号
- [7] 羅 朝暉, 時政 昺 (2008) 「中国における SO₂ 限界削減費用の推定」『経済科学研究』12卷2号
- [8] 時政 昺 (2008) 「韓国・日本の SO₂ 限界削減費用の推定について」『経済情報とその環境分析・システム科学への応用』(時政 昺, 廣光清次郎, 平木秀作, 坂口通則, 児玉正憲著), 広島修道大学学術交流センター