



RIETI Discussion Paper Series 09-J-029

**環境と貿易の経済分析 (2)**  
**—越境的あるいはグローバルな環境問題と貿易—**

山下 一仁  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 環境と貿易の経済分析(2) \*

—越境的あるいはグローバルな環境問題と貿易—

独立行政法人 経済産業研究所

山下一仁

### 要旨

本DPにおいては、環境と貿易を巡る以下のイシューについて経済的な分析を行う。

- ① 汚染等の外部不経済がローカルな場合に比べて越境的あるいはグローバルな場合にはどのような配慮が必要となるのか。
- ② 一般に排出税と排出権取引は同じ効果を持つとされ、また、税の二重配当を考慮すれば排出税のほうが望ましいとされているが、貿易が行われる開放経済下でも排出税と排出権取引の同値性や排出税の優位性は妥当するのか、開放経済下でもっとも望ましい環境政策は何か。
- ③ 常識的には汚染財の汚染集約性を減少させるような技術進歩は望ましいと考えられるが、汚染財における汚染非集約的な技術進歩は果たしてその国の経済厚生水準を高めるのか。開放経済下での望ましい技術進歩はどのようなタイプなのか。

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独)経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

---

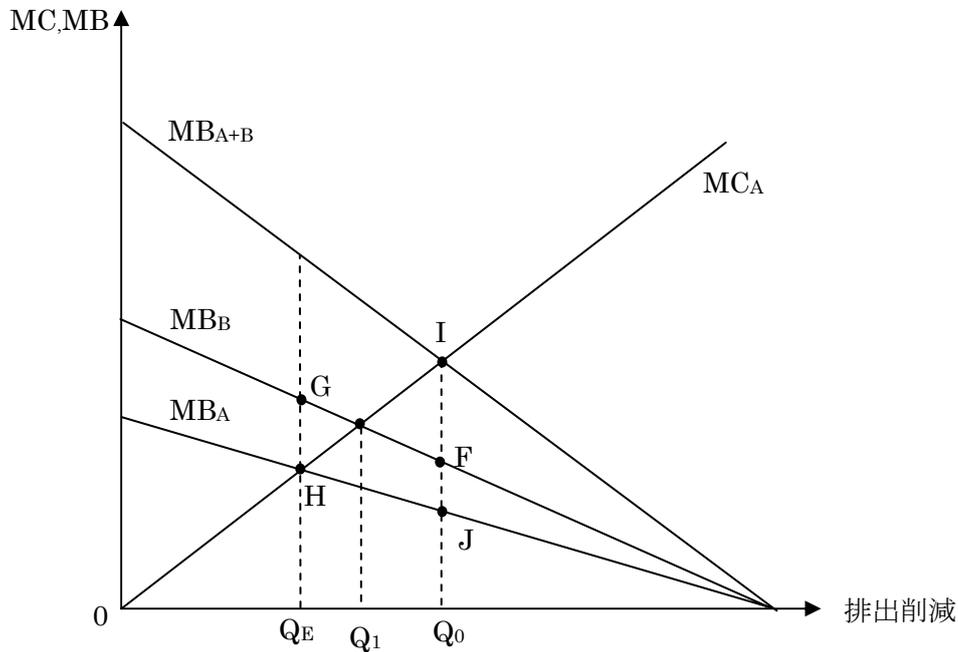
\*本稿は、(独)経済産業研究所におけるプロジェクト「環境と貿易」の一環として執筆されたものである。

## 1 国境を超える環境問題

環境汚染がローカルな場合、汚染財を輸出する国の環境利益は低下し、これが貿易の利益を上回る場合には、その国の厚生水準は低下する可能性があった。これに対して、越境のおよびグローバルな負の外部性が発生する場合、国家における限界便益・費用は、リージョナルまたはグローバルな限界便益・費用とは一致しない。例えば、酸性雨の被害が国境を超える場合では、汚染財を生産・輸出する国自身の環境利益はこれによって全く影響されない。また、酸性雨は降った後、酸性度の低い土壌よりも高い土壌により大きな被害を生じさせる。酸性雨が他の国のみならず汚染財生産国自身にも降り注ぐときでも、この国の土壌の酸性度が低い時には、この国に被害は生じない。このため、非汚染財を輸出する国についての環境利益も汚染の越境によって低下し、これが貿易の利益を上回る場合には、貿易によって非汚染財の輸出国についても厚生水準は低下する可能性がある。もちろん、被害を受ける国が被害を与える国の企業を法的に訴えることができれば外部性は内部化されるので問題は生じない。ドイツ企業が生産した車が日本で問題を起こせば、その企業は特定できるので、リコールによって当該ドイツ自動車メーカーは社会的費用を内部化する。しかし、アメリカ産の木材の輸入によってその中に忍び込んだ松食い虫が日本で大量に発生し、松枯れの被害を起こしたとしても、日本の林業家はどの木材から松食い虫が侵入したかを特定できないので、アメリカの林業者を訴える事は不可能である。このように環境問題においては多くの場合加害企業を特定できないので、車のリコールのような解決は困難である。

越境環境汚染の例として、A国が起こす環境汚染が、そのA国と他国であるB国の2国に被害を与える場合を考える。A国の汚染財の増加はB国にも汚染被害を与え、B国の生産にも影響を与える。この場合にはA国による排出削減はA国だけではなくB国にも利益を与える。これを示したものが図一1である。A国の排出削減の限界費用は $MC_A$ であり、2国の限界便益としてそれぞれ $MB_A$ と $MB_B$ が描かれている。

図一 1 越境汚染(1国のみ排出しているケース) (出所)Pearson[2 4 00]346 頁



汚染排出国は、自国の限界削減費用と自国の限界削減便益が等しくなる水準に排出削減水準( $Q_E$ )を設定しようとする。しかし、これは世界全体で見ると効率的ではなく過小な削減水準である。なぜならば B の国における限界削減便益を考慮していないからである。世界全体での効率的な汚染削減水準は、自国の汚染が他国に与える限界費用すなわち汚染削減が他国に与える限界便益も考慮し、A 国の限界削減費用と世界全体の限界削減便益( $MB_A$  と  $MB_B$  の合計)が等しくなる水準である(図一 1 の  $Q_0$ )。

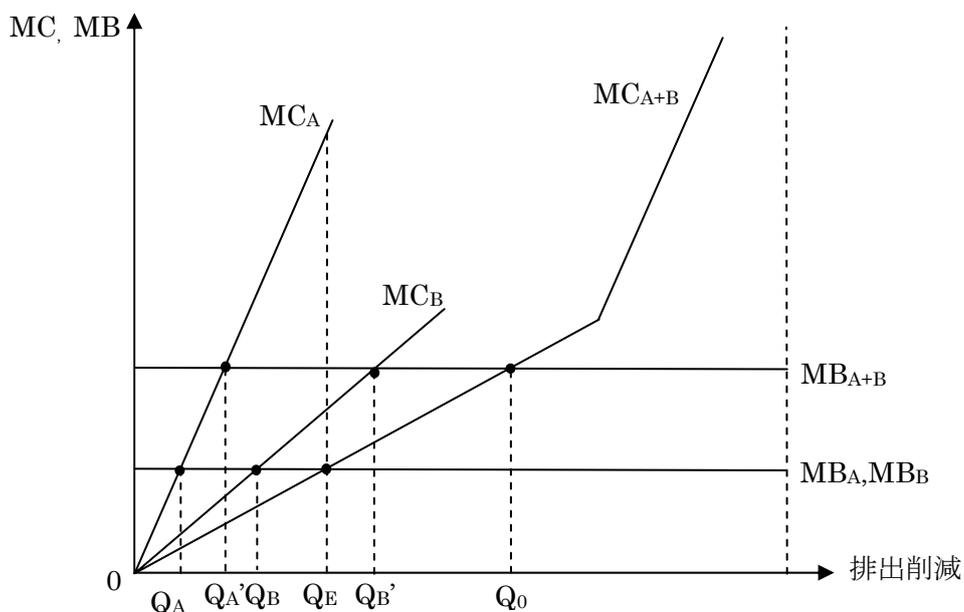
この場合、汚染の越境の度合いが少なく  $MB_B$  が水平軸に近いものであれば、A 国が実現する  $Q_E$  の水準は世界全体の便益を反映した  $Q_0$  にほぼ等しくなり、問題は少なくなる。つまり、汚染の越境の度合いが少なく被害がローカルなものであれば、汚染排出国が行う対策は世界的に最適な対策とほぼ等しくなる。しかし、汚染の越境の度合いが大きくと、 $MB_B$  が水平軸から乖離する程度が高ければ高いほど、 $MB_A$  が水平軸に近ければ近いほど、A 国が実現する  $Q_E$  の水準は世界全体の便益を反映した  $Q_0$  から大きく乖離することになる。

しかし、 $Q_E$  を前提として、A 国の追加的な便益を考慮することなく B 国が自国の便益と A 国の限界削減費用だけを考慮して支払い“side payments”を行うという協力均衡ではこのパレート最適な状況は達成できない。なぜなら、非協力均衡(図一 1 の  $Q_E$ )からの追加的な汚染削減による限界的な費用(図一 1 の  $MC_A$ )が汚染財の削減によって受け取る他国からの限界的な便益(図一 1 の  $MB_B$ )に等しい水準に留まるからである(図一 1 の  $Q_1$ )。

世界全体での最適な水準は、 $Q_E$  から出発して、B 国は  $Q_E$   $GFQ_0$  までの額を支払う用意があり、A 国は追加的な費用の  $Q_E$   $HIQ_0$  と追加的な便益である  $Q_E$   $HJQ_0$  との差  $HIJ$  を補償しても

らえばよいので、交渉によって  $Q_0$  を実現することは可能である(コースの定理)。このように最適な水準は、汚染を出す方と被害を受ける方のどちらかが費用を負担することによって達成される。ただし、どちらかが負担することによる公平性の問題が生じる。特に、汚染発生国である A 国が、風向き等によって交渉上優位な立場に立っているときには、B 国がその利益である  $Q_E$   $GFQ_0$  のすべてを提供しない限り追加的な汚染削減には応じないという対応をとる可能性がある。この場合、B 国の負担が極めて大きなものとなる。逆に、B 国が大国で A 国産の輸出財に対して貿易制限という制裁措置を課すことによって A 国に追加的な削減を行わせようとするケースでは、B 国はその優越的な地位を利用して  $Q_0$  を超えて 100%の汚染削減を B 国に要求する可能性がある。このように、制裁措置が発動されるような場合には、経済的に非効率な結果を招いてしまうおそれがある。

図一 2 越境汚染(相互に排出しているケース) (出所)Pearson[2 4 00]348 頁

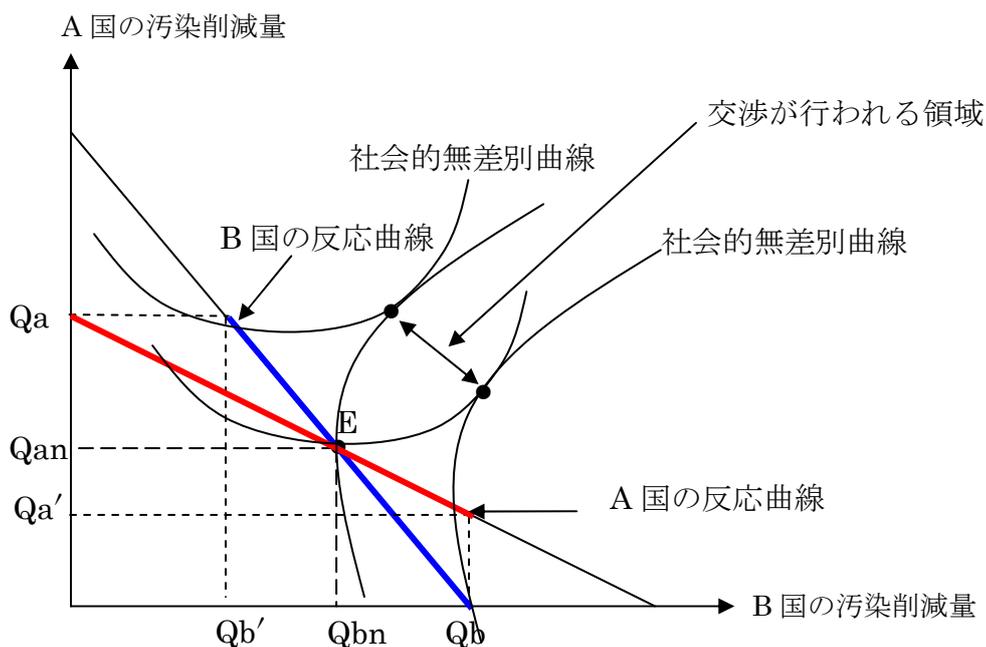


次に 2 国がお互いに汚染を行いあうという環境の外部性を持っている場合を図一 2 で考える。図一 2 では、各国の限界削減費用は  $MC_A$ 、 $MC_B$  で示されるように異なると仮定する。他方、両国の限界削減便益は  $MB_A$ 、 $MB_B$  で等しいものと仮定する。この場合も 2 国が自国の限界削減費用と自国の限界削減便益が一致する水準でそれぞれ排出削減を行ったとすると、総削減量は  $Q_E(=Q_A+Q_B)$  となり、それは世界全体で見て効率的とは言えない。世界全体の限界削減便益は  $MB_A$  と  $MB_B$  を垂直に足し上げた  $MB_{A+B}$  である。効率的な排出削減を達成するためには、世界全体の限界削減費用と限界削減便益が一致する水準  $Q_0(=Q_A'+Q_B')$  で削減が行われるべきである。しかし、この水準を効率的に達成するには、2 国で均等な削減を行えばよいというものではない。仮に限界削減便益が同じであるとすれば、削減能力の

高い国、つまり限界削減費用が低い(図ではMCが下方に位置する)国がより多くの削減をすることが効率性の観点から求められることとなる。しかし、効率性と公平性との間に議論の余地がある。総費用を示す限界削減費用曲線より下の領域は $MC_A$ よりも $MC_B$ のほうが大きい。つまりB国の負担が大きい。また、A国は $Q_A$ から $Q_A'$ へわずかに削減を増加すればよいのに対し、B国は $Q_B$ から $Q_B'$ へ大幅に削減を増加しなければならない。経済的な効率性からは限界費用と限界便益が一致せず、かつ限界費用も世界的には均一化しないため劣った政策であるが、平等な努力を求める国際協定の方が、政治的には実現性が高い。

なお、総削減量が $Q_E$ である非協力状態から、交渉によってよりよい状態に移行することができることは、次の図-3によって示すことができる。図-3で相手国の汚染削減量を前提として自国の効率的な汚染削減量をトレースしたものが反応曲線である。両国の反応曲線の交点Eはナッシュ均衡である。この点Eを通る両国の社会的無差別曲線がEで接しないのであれば、レンズ型の部分で交渉が行われることによって、非協力状態から事態を改善することが可能である(竹内[1996]125頁参照)。

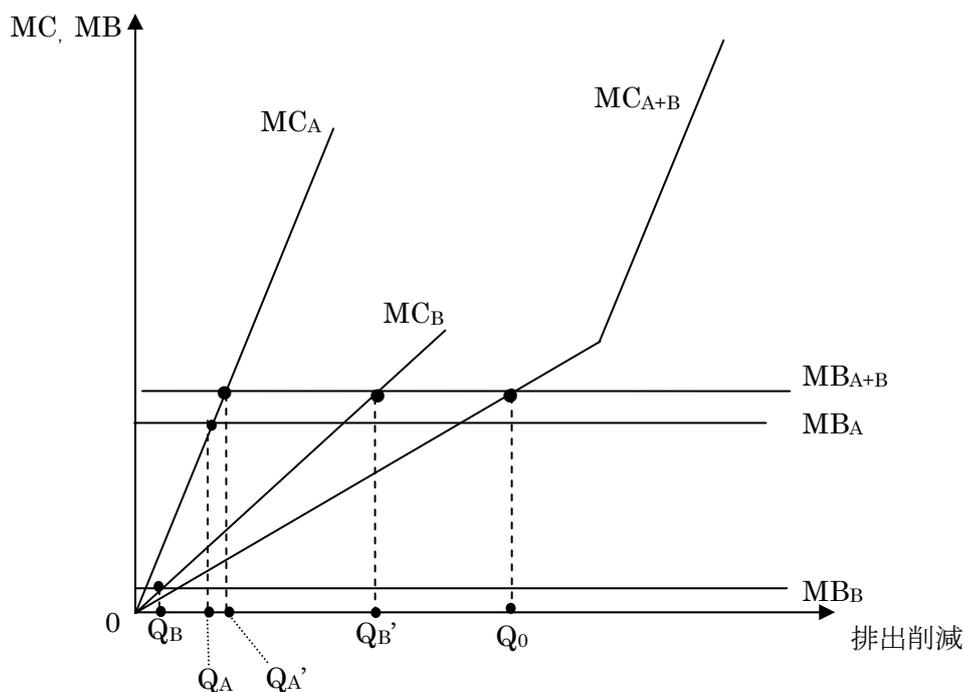
図-3 ナッシュ均衡と交渉による協力



地球温暖化のようなケースでは、温室効果ガスを発生させているのは世界各国であるが、被害を受ける程度は同じではない。ツバルなど南太平洋の島国では海面の上昇によって国家の存亡の危機に直面することになる。農業生産についても、気温の上昇によって途上国の多い低緯度の国は被害を受けるが、高緯度の国は逆に利益を受ける。オゾン層の減少についても、南極や北極に近い国では紫外線の被害をより多く受けることになる。次の図は、

限界削減便益が二国で異なるという条件を追加したものである。

図一四 越境汚染(相互に排出、限界便益が異なるケース)



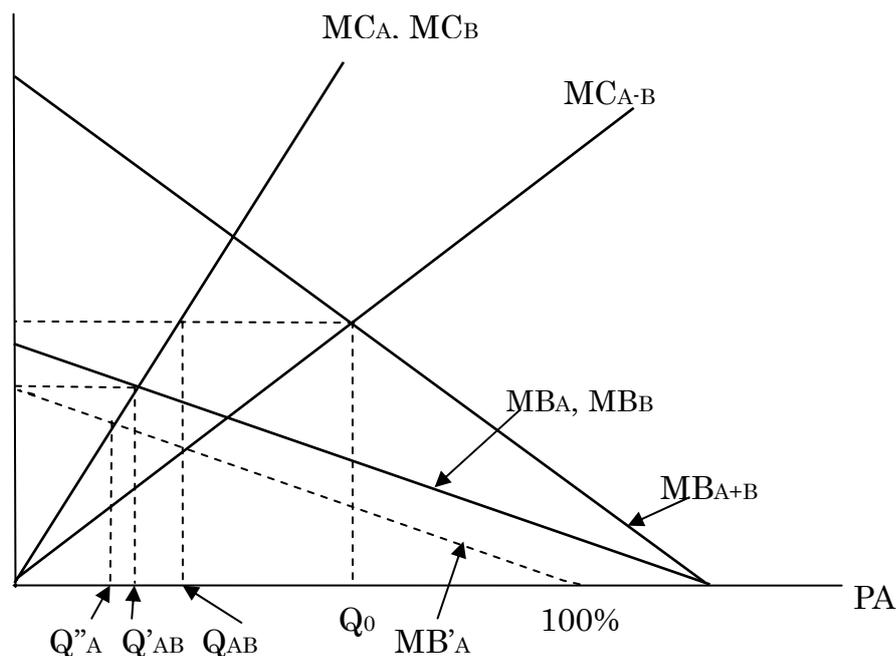
限界削減便益は、B国で低くA国で高いと仮定する。限界削減便益の違いを反映して、ここではA国の方がより多い排出削減( $Q_A$ )を行っているし、完全に協力的な均衡では、削減量を $Q_A'$ へわずかに増加すればよい。限界削減便益の低いB国ではわずかの排出削減( $Q_B$ )しか行っていない。しかし、完全に協力的な均衡では、限界削減便益が低いにもかかわらず削減量を $Q_B'$ まで大幅に増加しなければならない。このような場合には国際的な協調を達成することは容易ではない。地球温暖化問題で、南太平洋の島嶼国が温暖化防止を真剣に訴えたにもかかわらず、同じ途上国であるにもかかわらず、中国等は温室効果ガス削減にコミットしようとならないのはこのような状況が背景にあるものと考えられる。

双方の国が世界的に効率的な共通の公共財の量(ある汚染の水準)を選択し、かつ汚染削減に対する両国の支払い(コスト負担)によって全ての汚染削減費用を賄えるようにするために、各国がどのような割合でコスト負担を行うかを決定するものとして、公共財1単位当たりの費用負担額を最適供給水準における各国の限界便益の大きさに等しく設定するものとしてリンダール・メカニズムがある。図一四でA国は $MB_A$ 、B国は $MB_B$ のコスト負担を

行うことになる。しかし、限界削減費用の違いによりより多く削減する B 国に対し A 国が支払いをしなければならないこととなり、A 国で政治的に受け入れられるかという問題が生じる。

図一 5 相互汚染、戦略的行動 (出所)Pearson [2000]352 頁

MC, MBs



さらに、ある国が他国の削減努力を考慮して戦略的に行動する場合は、汚染削減努力はさらに弱まる。もし図一 5 で、B 国が汚染削減を  $Q^*_B$  の水準で行うと考える場合、A 国の限界削減便益は下方にシフトし  $MB'_A$  となるため、A 国の汚染削減水準は  $Q''_A$  の水準まで低下してしまう。A 国はフリー・ライダーになってしまうのである(以上 Pearson [2000]345 ~353 頁参照)。

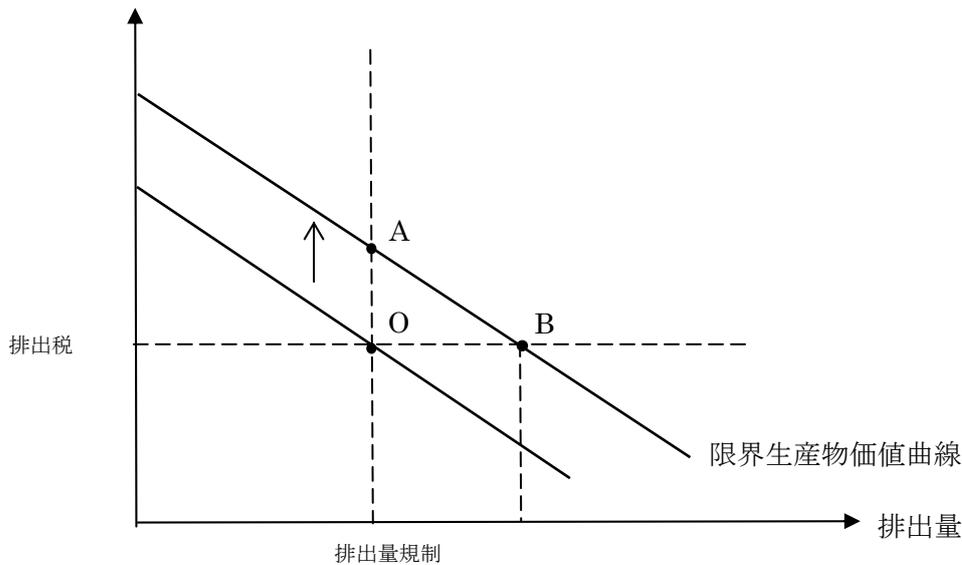
また、所得が低く環境の質への選好が低い途上国は、高い汚染排出水準にコミットすることにより戦略的に有利な立場に立つことができる。この結果、越境汚染によって損害を受ける先進国は、非協力均衡では高い水準の環境規制を受け入れざるをえない。

このようなケースでは、国際協力・協調によって、各国の汚染税がその汚染の世界的な限界損失に等しい水準に設定できれば最も望ましい。しかし、それができない場合には、次善の策として、非協力均衡で実現される各国の排出量を所与とし、両国が自由に排出量を取引する国際市場を創設すれば両国で環境の代価である排出権価格は均等化し、汚染逃避地効果はなくなり、非協力均衡の場合よりもより効率的な手法で同一の環境水準を達成できる。

## 2 汚染リーケージ

国内の環境汚染の場合、各国が環境規制を行う際の便益は各国に帰属する。しかし、温室効果ガスによる地球温暖化問題やフロンガスによるオゾン層の破壊のようなグローバルな環境汚染の場合には、特定国の環境規制がむしろ世界全体の環境を悪化させてしまう可能性がある。

図一六 排出量規制と排出税



第一に、汚染財を輸出している大国が、輸出財の生産を制限してその価格を上昇させ交易条件を改善することを目的として、環境規制をより強化して汚染量を削減する場合があります。汚染財の世界価格が上昇するので、汚染という生産要素の限界価値生産物も上昇する。他の国が国内排出権取引により汚染排出量を固定している場合においては、汚染という生産要素の価格が上昇する(図一六の O から A へ)だけで、他の国の汚染は増加しない。しかし、他国が一定の排出税を採用している場合においては、汚染という生産要素の限界生産物価値が当該排出税に等しくなるまで、汚染の使用量は増大する(図の O から B へ)。ここでは排出税と排出量規制の同値性は崩れている。汚染が越境的な場合、自国の汚染量を削減したにもかかわらず、他国が排出税を採用している場合にはその汚染排出量の増大によって、当該大国の環境水準は低下してしまう可能性がある。このため、汚染がローカルな場合に比べて、この場合には、環境規制を強化しようとするインセンティブは失われてしまう。

第二に、汚染が越境的であれば、ある国が汚染を削減すると、他の国では汚染の社会的費用は減少するので、汚染を増加させるインセンティブが発生する。

第三に、間接的にも汚染は増加する。汚染削減国では汚染財の生産コストが上昇するた

め、比較優位が非汚染削減国にシフトし、これらの国での生産が拡大してしまう。石油等の汚染源となる生産要素が国際市場で取引されていれば、環境規制導入国の排出税率等の引上げは汚染源となる生産要素の価格低下を引き起こす。他国は価格の低下した生産要素をより多く購入することになる。このため、汚染物質の排出係数(例えば、単位エネルギー消費量あたりのCO<sub>2</sub>発生量)が他の国に対して環境規制導入国の方が低い場合、排出係数の高い他国の汚染物質は増加し、世界全体の環境汚染が悪化する。つまり、非汚染削減国が意図しない場合でも汚染が増加してしまうのである。「汚染リーケージ(pollution leakage)」といわれる問題である。グローバルな外部性に関しては、汚染リーケージ問題が存在するため、各国が独自に行った汚染対策が世界全体でみると必ずしも効果的なものとはならない<sup>1</sup>。

汚染リーケージがある場合には、各国は環境規制を緩和する方向に動きやすい。一種の環境ダンピングである。

また、各国は戦略的行動を採りやすく、排出税と排出量規制の同値性は崩れる。A国が排出税率を引き上げて排出量を削減すると、B国は排出量を増加するインセンティブを持つ。これを抑えるためには、B国にも排出税率を引き上げさせる必要がある。この場合、B国が排出量を一定に抑える排出量規制を導入していれば、それは排出税率を引き上げて排出量を抑えることと同様の効果を持つ。すなわち両国が排出税を採用し、B国がA国の排出税率引き上げに同調するかわからない状況よりも、B国が排出量規制を持っていれば汚染リーケージは防止されるので、A国が排出税率を引き上げるインセンティブが高まる。つまり、排出量規制を選ぶことにより、他国の排出税率引上げを戦略的に促し自国の経済厚生水準を向上することができる<sup>2</sup>(石川等[2007]176～177頁参照)。

さらに、汚染リーケージがなければ国際排出権取引は排出権取引自体の貿易の利益を取引参加国全てにもたらす。排出係数が低い排出権の輸出国は、既に石油や石炭等から他の燃料に転換していたとする。排出係数が高く排出税率も高い国が排出権を購入する結果、石油や石炭等に対する世界全体の需要が高まり、その国際価格が上昇すると、これらを輸入する国の交易条件は悪化し、経済厚生水準は低下する。取引参加国全てが国際排出権取引によって利益を上げるためには、各国の排出係数が大きく異なっていけないという条件が必要である(石川等[2007]180頁参照)。

また、フリー・ライダーの問題があるため、各国が自力で十分な汚染対策をするとは必ずしも期待できない。それゆえグローバルな外部性に対処するには、国際的に各国共通の単一汚染税を導入するような、「強い」ハーモナイゼーションを実行する政策枠組みが必要

---

<sup>1</sup>汚染リーケージは、一方的削減を行う国とそうでない国の貿易を通じる関連の度合いが強いほど、また化石燃料の供給の価格弾力性が小さいほど、高まることが指摘されている(天野[1997]144頁参照)。

<sup>2</sup>しかし、同時手番の環境政策決定ゲームを考えると、両国にとって排出量規制が支配戦略であるときには、囚人のディレンマのケースのように両国ともに排出量水準を低レベルに固定してしまい、両国の経済厚生水準が低下する場合も想定される

となる。また、汚染リーケージに伴う種々の問題は各国の技術水準が異なるため排出係数も異なることから生じるのであり、技術移転のための国際協力が行なわれることが望ましい。

### 3 開放経済下での環境政策の効果

貿易が開始されたとき、環境も含めた経済厚生水準がどのように変化するのは、環境政策の種類と強度に依存する。ここでは、汚染財の輸出国において、異なる環境政策の下で、貿易の利益、環境の利益の水準が具体的にどうなるかについて分析する。2財、2生産要素、1つは伝統的な生産要素(労働)、他の1つは汚染という生産要素、一次同次の生産関数(規模に関して収穫一定)、完全競争、限界生産力逓減などヘクシャー＝オリーン・モデルと同じ前提条件を置く。汚染財の輸出国はまず貿易以前の閉鎖経済の下で自らが最適と考える環境政策を決定し、その後貿易を開始する、貿易開始により、汚染財の相対価格は上昇するが、環境政策自体は変更されないものと仮定する。この過程は、京都議定書のスキームと同じである。各国は自由に国内対策をとった後に、排出権取引等の京都メカニズムを採用することとされている。その際、国内対策として、どのような政策を採用するか、どのセクターにどれだけの削減義務を課すか、については各国の裁量に任されている。

以下では、各国が異なる国内対策を講じた後、各国は国際排出権取引を採用する可能性があるとこの前提で議論する。国際排出税の創設という議論もあるが、EUですら共通炭素税から欧州排出権取引制度の転換したように、税制は国家主権の中核的要素をなしており、主権の侵食や譲渡につながるような国際合意の形成はきわめて困難である<sup>3</sup>。

#### (1) 排出権取引<sup>4</sup>

国ごとの環境(汚染)という資源の総量は国民の嗜好によって民主的に決定されるか、京都議定書のように国際交渉の結果決定される。いずれにしても環境(汚染)資源の総量は、政策的に決定され、資本や労働という生産要素と同じくその賦存量は固定されていると仮定する。その上で、経済全体で一定の環境(汚染)を取引する国内排出権取引が実施され、財や生産要素の価格変化に対して汚染の排出を含め生産要素集約度の変化が各財の生産において生じるような場合を考える。

---

<sup>3</sup> 諸富等[2008]138頁参照。

<sup>4</sup> 部分均衡分析によって、複数の態様の国内排出権取引制度(排出税とのポリシー・ミックスを含む)を国家全体の費用負担が最小、民間の費用負担が最小、制度の執行費用が最小、制度の遵守能力が最高という観点から評価したものとして、赤井等[2004]参照。

図-7a エッジワース・ボックス

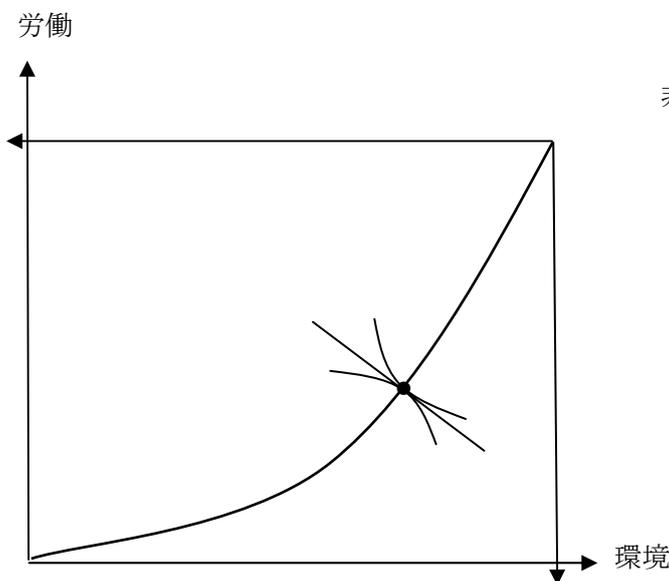
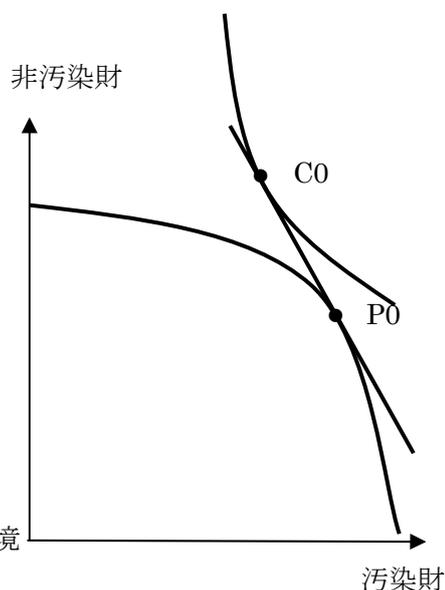


図-7b 生産可能性曲線



この場合の一つの生産要素が環境生産要素であるというだけで通常の2財、2生産要素の標準的なヘクシャー・オーリン・モデルと同じく分析できる。汚染という生産要素は2財に共通であるので、2財の等産出量曲線は契約曲線上で接することとなる。通常の生産要素と同じく財価格が変化すれば、生産要素価格も変化する。汚染財の価格が相対的に上昇すれば、それに集約的に使われる生産要素である汚染の価格も上昇する(ストルパー・サムエルソンの定理)。環境規制が最も柔軟性を有する場合である。政策的には環境(汚染)資源の総量を当初定めるだけで、貿易を開始後もなんらの政策変更を行う必要はない。

また、この場合、国際的な排出権取引を行わなくても、一定の場合には要素価格均等化定理によって汚染という生産要素の価格も国際的に均等化する(少なくとも、貿易が行われることによって、要素価格は国際的に均等化する方向に作用する)。つまり、国内で排出権取引を行うだけで、貿易を行うことにより、国際的に排出権取引を行ったと同じ効果を得ることができる。国内で排出権取引を行うと、要素価格均等化定理が成立する場合には、国際的な排出権取引は必要なくなる。

興味深いことは、各国が独自に総排出量を定めた場合においても、要素価格均等化定理が成立する場合には、貿易が行なわれることによって、汚染の価格は世界的に同一になることである。これは世界共通の排出税(炭素税)を定めたのと同じ効果を有することになる。つまり、貿易の自由化は世界的に望ましい環境政策をもたらすことになる。これに対して、各国が独自に排出税(炭素税)を定める場合には、税の水準が各国でまちまちとなるので、このような事態は実現できない。

さらに、国際的な排出権取引を導入すると、これは排出権とともに汚染という生産要素

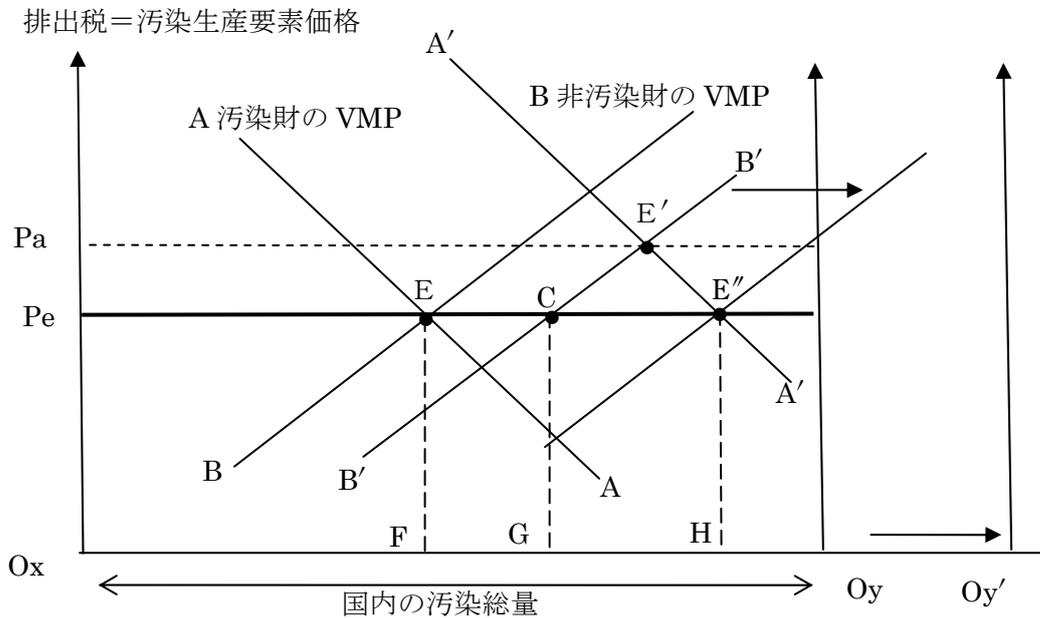
が国際的に移動することを意味する。資本が国際的に移動する場合と同様である。排出権取引によって、要素価格均等化定理が成立しない場合にあっても、汚染という生産要素の価格は国際的に均等化する。同時に、ある国が排出権を購入する場合には、汚染という生産要素の賦存量が増加することになる。リプチンスキーの定理により、排出権を購入した国は、汚染生産要素集約的な財の生産を拡大することになる。逆に、排出権を売却した国は、労働集約的な財の生産を拡大する。もし全世界の国が京都議定書の国際的な排出権取引のメカニズムに参加すると考えると、日本のような汚染削減費用の高い先進国は、汚染削減費用の低い途上国から排出権を購入することになる。これは先進国で汚染財の生産が拡大し、途上国で縮小することを意味する。汚染避難地仮説とは逆の結果をもたらすことになる。

## (2) 排出税

税については租税法主義の原則により議会で決定されるので固定的とならざるをえない。これが市場・需給によって価格が変動する排出権取引と異なる点である。

まず、国内排出税と国際的な排出権取引の関係について、他の生産要素（労働）が各産業に固定され汚染生産要素のみ各産業間を移動するという特殊要素モデルを使った分析を行う。この国は閉鎖経済において排出税を汚染財と非汚染財の限界生産物価値が均衡する E 点の水準の  $P_e$  に設定したとする。汚染財産業は  $O_xF$  に相当する汚染量を使用し、非汚染財産業は  $F O_y$  に相当する汚染量を使用する。汚染財の輸出国であるという仮定から、閉鎖経済から開放経済への移行により汚染財価格が上昇するため、汚染財の限界生産物価値は AA から  $A'A'$  へ上方にシフトする。逆に、非汚染財の限界生産物価値は非汚染財価格が低下するため BB から  $B'B'$  へ下方にシフトする。新しい汚染生産要素の価格は交点  $E'$  に対応する  $P_a$  になるはずであるが、排出税を  $P_e$  に固定しているため、汚染財は  $O_xH$  に相当する汚染量を需要し、非汚染財は  $G O_y$  に相当する汚染量を需要する。この結果、GH に相当する過剰需要が発生するので、国内で排出権の割当て制度を導入しない限り、国際市場で排出権取引により汚染量を調達しなければならなくなる。（排出権の国際価格は国内排出税よりも高いことが想定されるので、その調達のためには財政負担が必要となる。逆にこの国が安い排出権を国際市場で売却すると労働の不完全雇用が生じる） $O_yO_y'$ （=GH）に相当する追加排出量が取得されれば、 $B' B'$  は右方にシフトし、新しい均衡点は  $E''$  となる。排出権取引のところで述べたように、国内で排出権取引が行われれば、国際的な排出権取引を行う必要は必ずしもない。しかし、国内で排出税が採られれば、閉鎖経済から開放経済への移行、あるいは開放経済のもとでの価格変動によって両財の限界生産物価値が  $P_e$  の水準で一致しない限り、必ず国際的な排出権取引を行わなければならなくなる。国内での排出税は国際的な排出権取引を必要とするということである。

図-8 国内排出税と国際的な排出権取引



次に、労働も国内の各産業間を移動するとして、労働の価格をニューメールとして一定の水準に固定された排出税を課す場合について一般均衡分析により検討する。汚染の生産要素価格( $r$ )と労働の生産要素価格( $w$ )の比率は一定であるということである。

本来、一定の排出税を課すと、企業はそれを前提にして汚染排出量を決定するので、経済全体の汚染排出総量は内生的に決まる。しかし、ここでは、これに加えて、政府が排出税とともに汚染排出総量も決定している京都議定書の場合を検討する。京都議定書では、各国毎に許容される汚染排出総量が国際的に合意されるが、各国がそれをどのような手段で達成するかは自由である。国際的には排出権取引が京都メカニズムとして認められているが、それは国内で所要の対策を講じた後に補完的に認められるものという位置付けとなっている。つまり、国内で排出税等排出権取引以外の制度を採用し、その後国際間で排出権取引のメカニズムが活用される場合が考えられる。労働という生産要素は国際的には移動しないが、京都メカニズムの排出権取引により、汚染という生産要素が各国間を移動できるモデルとなる。

ここでは、まず、貿易開始前に一定の排出税（閉鎖経済での排出権取引価格と等しい）と汚染排出総量のもとで一定の国内の生産財の価格比で生産要素が完全に雇用されている状態から、貿易開始により異なる生産財の価格比に経済が直面する事態を想定する。生産要素の移動や価格に制約がなければ、輸出財の価格が上昇すれば、その財に相対的に多く使用される生産要素の価格が上昇する。ここで輸出財が汚染財だという仮定から、汚染という生産要素の価格が上昇するはずである。しかし、貿易開始前の生産財の国内価格比と国際価格比に違いがあるにもかかわらず、生産要素価格比が貿易開始前から固定され変更されないとすれば、汚染財に超過利潤が発生することになる。これを求めて、企業は非汚

染財から汚染財産業に参入し、この国は汚染財に完全に特化する<sup>5</sup>。(逆に、労働生産要素を集約的に使用する財(非汚染財)に比較優位を持つ場合には、貿易開始による非汚染財価格の上昇により汚染生産要素の収益性は低下する。しかし、生産要素価格比が固定されているので、非汚染財に超過利潤が発生し、この国は非汚染財に完全に特化する。)

これは排出税が固定されているために起こっている。閉鎖経済から開放経済という場合でなくても、貿易自由化の下で当初排出権取引の場合と同様の税水準を決定した後、何らかの事情で財の相対価格が変化した場合も同様の事態が生じる。排出税は、財価格の変化等の状況の変化に応じて税の水準を変更できないという柔軟性がないという問題がある。なお、この分析には、生産要素価格比が固定される結果、生産要素の使用比率も固定されるという前提が重要な役割を果たしている。

より詳しく説明しよう。

生産関数が一次同次なので、ある一定の生産要素価格比の直線 $(-r/w)0$ に汚染財と非汚染財の等産出量曲線が接する点は図-9-aのエッジワース・ボックスにおいてP1のみである。これは図-9-bのP1に相当する。

当初、政府が貿易以前の国内市場価格比を考慮して $(-r/w)0$ の生産要素価格比になる排出税を決定したと仮定する。両財の生産点はP1で示される。貿易の開始により汚染財の相対価格が上昇する。しかし、生産要素価格比が $(-r/w)0$ に固定されているため、汚染財に超過利潤、非汚染財に損失が発生する。この結果、非汚染財産業から汚染財産業へ企業は移動する。しかし、生産要素価格比が固定されているので、両財の生産要素の投入比率も固定される結果、労働の不完全雇用が発生する。汚染財の生産はP3まで拡大し、完全特化する。

(図-9bのPP3の直線は、図-9aにおいて労働の賦存量が $OxOy'$ でエッジワース・ボックスが $OxOy'$  P3 $Ox'$ のときの生産可能性曲線である。)図では貿易の開始により、経済の厚生水準は排出権取引よりも低い水準となる。

---

<sup>5</sup> しかし、完全特化の状況でも汚染財には依然超過利潤が存在していることから、この国は、この超過利潤を活用して国際排出権市場で排出権を購入することにより、汚染財の生産を拡大することは可能である。これは、生産要素が拡大した分生産可能性曲線の外側に位置するが、排出権購入に支出しているため、消費可能性曲線の水準は排出権取引に比べて低くなり、経済全体の厚生水準は低下する可能性がある。

図-9a エッジワース・ボックス

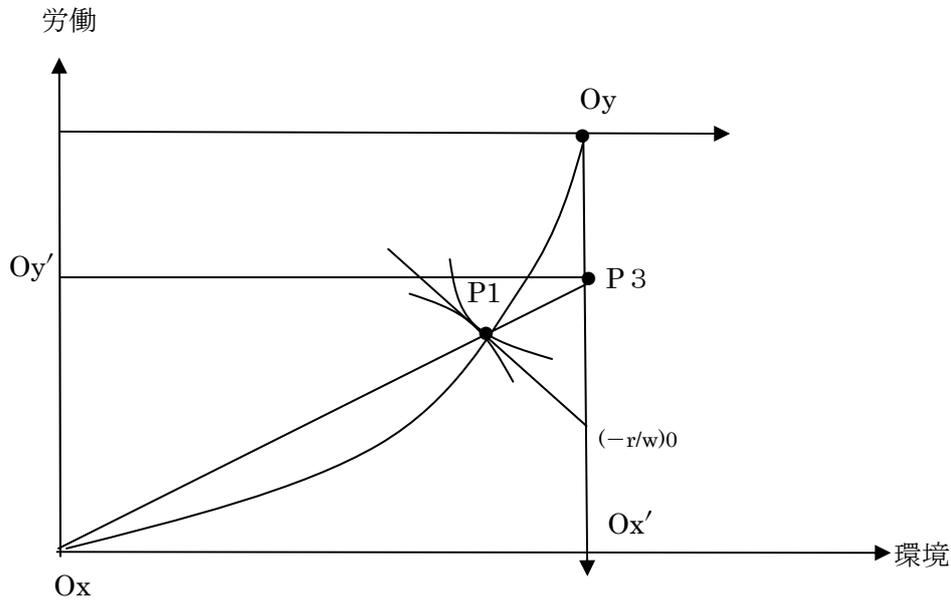
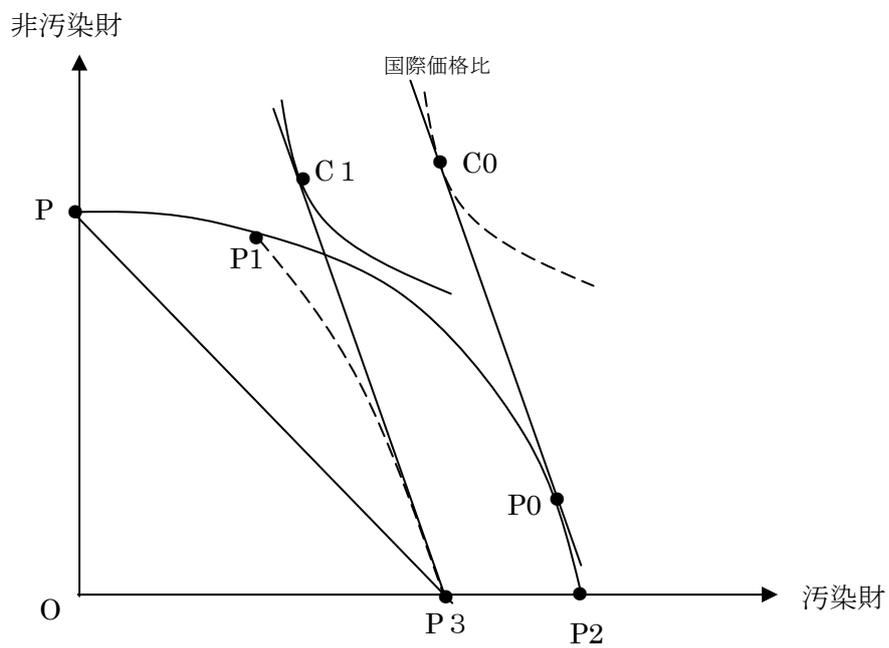


図-9b 生産可能性曲線



### (3) 直接規制

汚染財産業について生産量一単位あたりの汚染排出量、すなわち排出集約度(emission intensity)を固定する政策や各産業の汚染量を一定とする政策については、契約曲線において汚染財の等産出量曲線と非汚染財の等産出量曲線は一点を除き接しなくなるので、こ

れに対応する点で排出権取引の場合の生産可能性曲線の内側に接することとなる。このため、排出権取引の場合に比べて経済全体の厚生水準は劣ったものとなる。

なお、排出集約度を固定する政策については排出税と似たような分析結果となる。

### a. 排出集約度を一定以下とする政策

図-10-a のエッジワース・ボックスにおいて、原点から出る直線  $Ox P1$  上では、生産関数が一次同次であるため、生産量と生産要素からなる三角形(例えば  $Ox P0A$  と  $Ox P1B$ )は相似形であるので、汚染財の生産量とそれに対応する汚染排出量(汚染という生産要素使用量)の比率、つまり排出集約度(emission intensity)は常に一定となる。

図-10-a において、この国は X 産業にとっては  $Ox P1$ 、Y 産業にとっては  $OyP1$  で表される排出集約度より高い排出集約度は認めないという直接規制を導入したと仮定する。この国の契約曲線は  $Ox P1Oy$  となる。直線  $Ox P1$  上では、汚染財は一定の生産要素価格比に対応した生産を行なっている。これは排出税の場合と同様である。ただし、残余の汚染と労働を非汚染財産業がすべて雇用すれば、非汚染財産業にとっての生産要素価格比は汚染財産業とは異なるものとなる。つまり直線  $Ox P1$  上では  $P1$  を除き両財の等生産量曲線は接しない。 $P1Oy$  上では排出権取引の場合と同様である。

貿易前の閉鎖経済において、この国は図-10-a の  $P0$  において生産消費していたと仮定する。貿易によって汚染財の価格が上昇して  $P1Oy$  上で生産されるようになると、排出権取引の場合と同様効率的な生産が行われるようになる。

図-10-a エッジワース・ボックス

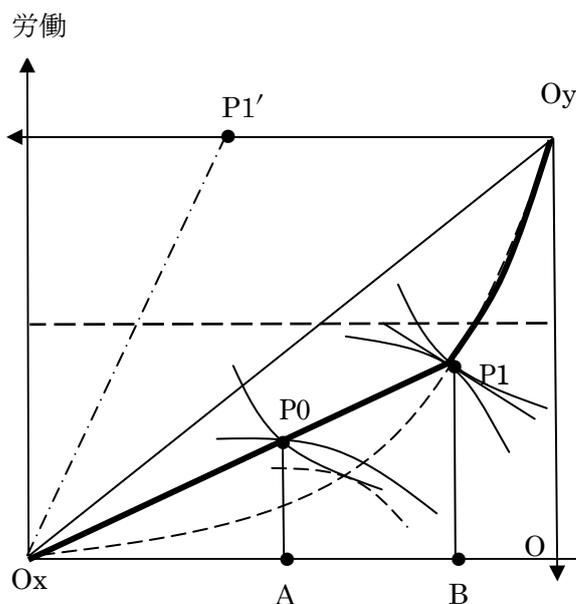
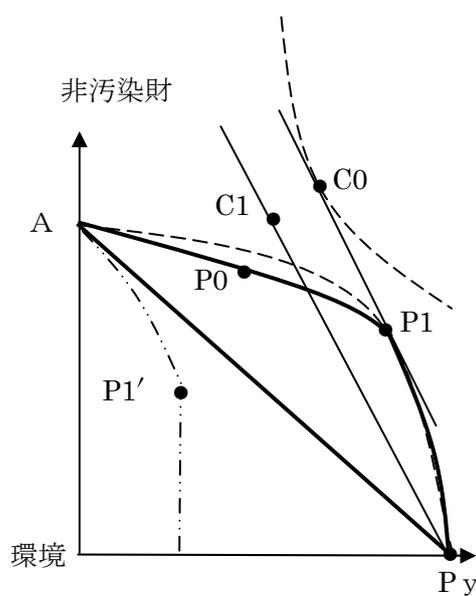


図-10-b 生産可能性曲線



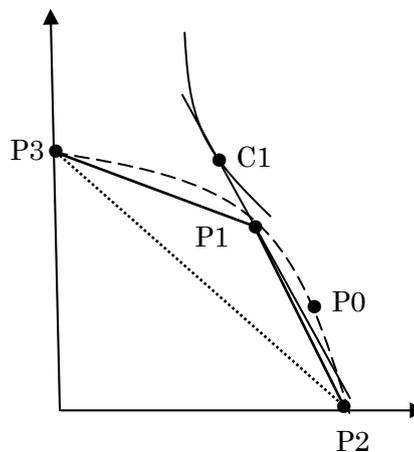
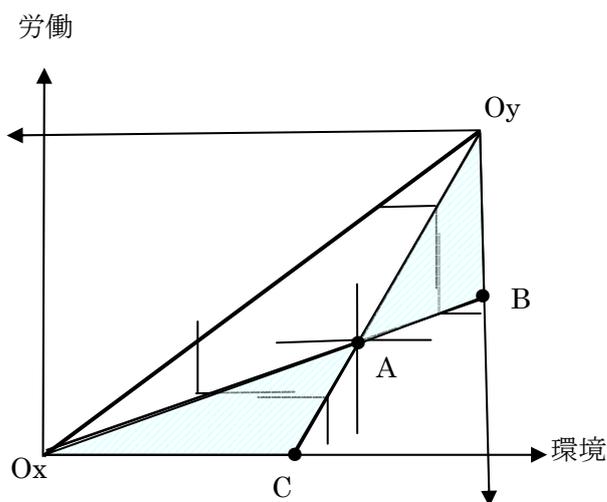
なお、図-10-a において排出集約度についての規制を強化していく(より低い排出集約度し

か認めない)と、契約曲線は対角線  $OxOy$  に一致し、さらに  $OxP1'$  となる (この場合の  $P1'Oy$  の部分については、 $OxP1'$  より高い排出集約度となるので認められない)。契約曲線が  $OxOy$  のとき図-10-b において生産可能性曲線は直線となる。この財の国際価格比では、経済は  $Py$  で完全に特化する。生産可能性曲線が  $AP1Py$  の場合と比べて消費可能性曲線はその内側に位置し、消費の利益は低い水準となる。契約曲線が  $OxP1'$  のとき生産可能性曲線はそれよりさらに内側に位置する。このとき  $P1'$  が汚染財生産の最大となる点となり、図-10-b の  $P1'$  において下方にキックする。このとき汚染生産要素についての不完全雇用が発生する。貿易の利益はさらに少なくなる。もし、汚染財の相対価格が低下すると、この国は非汚染財を輸出するようになる。

特殊なケースとして、投入生産要素が固定された比率であるレオンチェフ型の生産関数を想定すると、契約曲線は図-11-a の網掛けをしたものとなり、これから生産可能性曲線を導出すると図-11-b の  $P3P1P2$  で表される直線となる。財の国際価格比が  $P1P2$  よりも汚染財に有利になると、この経済は汚染財に完全に特化し、生産は  $P2$  で行なわれる。また、財の国際価格比が  $P3P1$  よりも非汚染財に有利になると、この経済は非汚染財に完全に特化し、生産は  $P3$  で行なわれる。それ以外の財の価格比では、この経済は不完全特化し、生産は  $P1$  で行なわれる。 $P1$  が排出権取引の場合の契約曲線上の点であると仮定すると、この生産可能性曲線は  $P1$  で図-7-a の生産可能性曲線に接する (そうでなければ、図-7-a の生産可能性曲線の内側に位置する)。貿易の開始により汚染財の相対価格が高まると図-7-b のケースでは  $P0$  で生産するにもかかわらず、このケースでは依然として  $P1$  で生産するために、消費可能性曲線は図-7-b のケースを下回るの、貿易の利益(C1)も少ないものとなる。

図-11-a エッジワース・ボックス

図-11-b 生産可能性曲線



これに対し、両産業とも排出集約度を同じとする政策を導入した場合、契約曲線は図-12-a において  $OxOy$  に一致し、生産可能性曲線は図-12-b の  $P3P2$  で表される直線となる。財の

国際価格比が P3P2 よりも汚染財に有利になると、この経済は汚染財に完全に特化し、生産は P2 で行なわれる。このケースでは、各産業に異なる排出集約度を要求した場合に C1 の消費が実現できることに比べると、消費可能性曲線がこの場合を下回ることから貿易の利益は少なくなる。汚染総量、環境水準は同じであることを考慮すると、各産業に異なる排出集約度を要求する政策の方が望ましい。

#### **b.汚染量についての直接規制**

最後に、経済全体の汚染(環境)の総量は排出権取引の場合と同様に固定されているとして、さらに汚染産業に対して一定の汚染量を超えないという直接規制が行なわれている場合を検討する。(2 財であるので、非汚染産業に対しても直接規制が行なわれる、つまり各産業に汚染の割り当てが行なわれていることと同様である。)

図-13 も同じくエッジワース・ボックスと生産可能性曲線を作図したものである。汚染財について汚染(環境)の量的水準が固定されている。すなわち、汚染財の生産水準のいかんにかかわらず汚染産業に固定された汚染が割り当てられることとなるので、契約曲線は図-13-a のような垂直の直線となる。この場合、まず環境の総量の水準を図一 7 の排出権取引の場合と同じ  $OxO$  とする。生産可能性曲線はエッジワース・ボックスの P1 に相当する図-12-b 上の点 P1 で汚染(環境)の量的水準についての制約のない生産可能性曲線と接し、その内側に位置する。貿易によって汚染財の相対価格が上昇する場合、その国際価格比の下では、生産は P で、消費は C で行なわれる。環境の水準は図一 7 の排出権取引の場合と同じであるが、排出権取引の場合の C0 に比べて貿易の利益は低くなる。つまり排出権取引の場合に比べて経済全体の厚生水準は低い。

図-12-a には、経済全体の汚染(環境)の総量は変えずに汚染産業に対して汚染の量的規制を強化した場合の契約曲線を書き入れている。規制を強化した場合の生産可能性曲線は、P' で図一 9 の排出権取引のケースの生産可能性曲線に接する曲線となる。汚染産業に対して規制を強化した場合には、汚染財の生産量は減少し非汚染財の生産は増加するので、汚染財価格が高い場合では、貿易の利益は減少する。

図-12-a エッジワース・ボックス

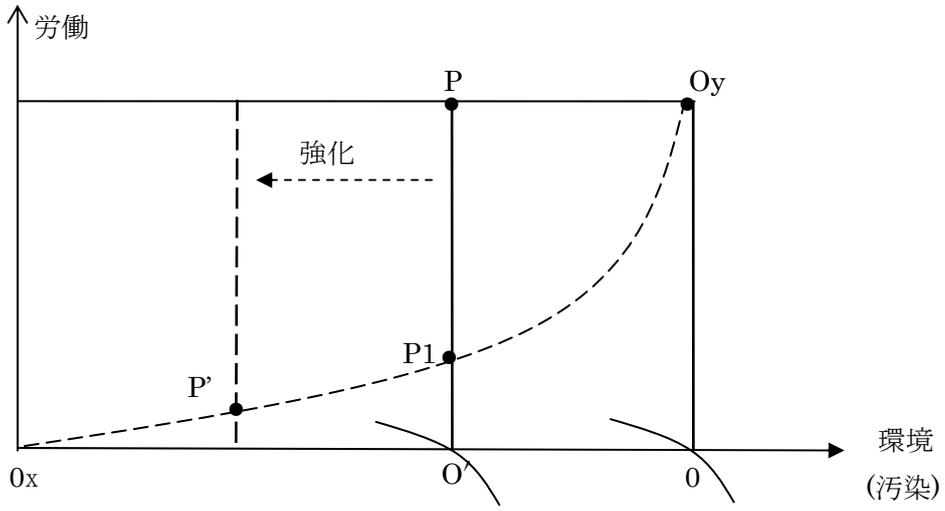
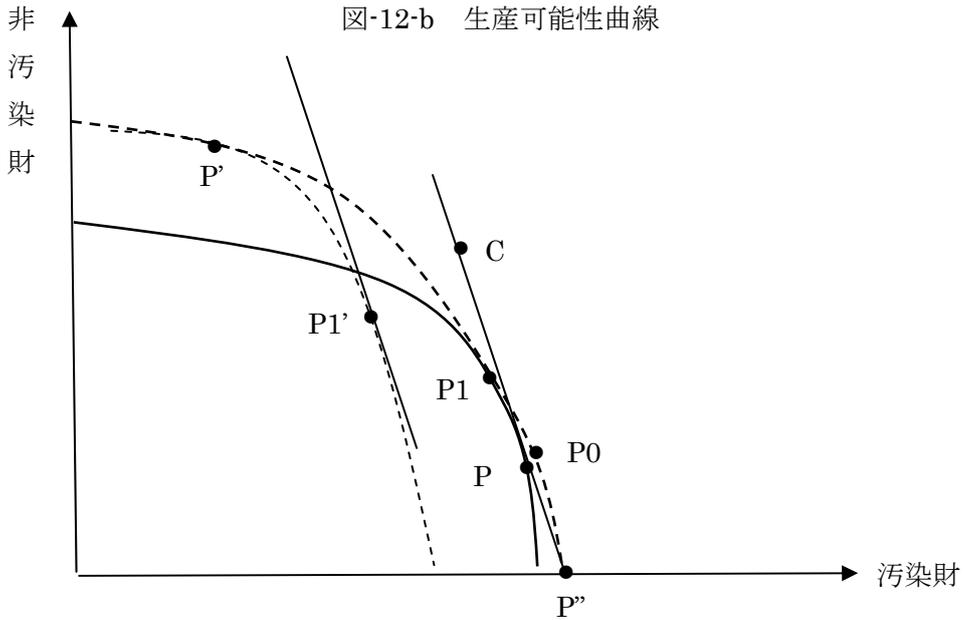


図-12-b 生産可能性曲線



以上を総合すると、開放経済下の最も望ましい環境政策は、排出権取引となる。ただし、これには現実面での留保が必要である。排出枠の割り当てについては、企業が遵守しているかどうかの検査や制裁のための費用が必要となるので、一定規模以下の企業、運輸業、家計等を対象とすることは不可能である。これらについては炭素税などの間接的な手段で対応することが必要となる<sup>6</sup>。

<sup>6</sup> 松本・横山[2008]226頁参照。

#### 4. 排出権取引および開放経済下での望ましい技術進歩

環境問題を解決するために技術進歩の重要性が指摘される。第3章で経済成長が環境に与える効果として、規模効果、構成比効果とならんで技術効果の重要性を指摘した。ここでは、自由貿易下で、汚染財、非汚染財ごとに、汚染集約的、汚染節約的なタイプの技術進歩が生じたときに、経済厚生水準にどのような影響が生じるかを分析する。

##### (1)汚染生産要素量一定の場合

最初に汚染と労働の二つの生産要素がある場合を検討する。汚染生産要素量が固定されているので、環境には効果を与えない。

##### a.汚染財において汚染要素集約的な技術進歩が起こる場合

新しい契約曲線は、汚染財において汚染集約的な技術進歩が起こったために、以前と同じ生産要素価格比では両財の等産出量曲線が B 点で接するため、外側に膨らんだ形のものとなる。この新しい契約曲線上で以前と同じ財の価格比で両財の等産出量曲線が接する点は、B 点よりも両財とも汚染要素節約的となっているため、C 点となる。

図-13 で汚染財の技術進歩が大きい場合には、汚染財、非汚染財とも汚染要素集約度は低下するので、図-14 において技術進歩前の A 点よりも技術進歩後の C 点における汚染財の等産出量曲線が上方に位置する(同じことだが非汚染財の等産出量曲線が下方に位置する)。このときは、汚染財の生産は技術進歩の効果も加わり増加する一方、非汚染財の生産は縮小する。

技術進歩の程度が少ない場合で、汚染財の汚染要素集約度が技術進歩前にくらべ上昇するようなときには、A 点よりも C' 点における汚染財の等産出量曲線が下方に位置することになる。この場合でも、汚染財の技術進歩があるので、以前より生産量が低くなっているかどうかは明らかではない。他方、非汚染財の生産は増加する。輸出財である汚染財において汚染集約的な技術進歩が生じたにもかかわらず、貿易拡大的ではない。大国の場合には非汚染財の生産増加によって輸入を抑制できるので、交易条件が改善する可能性がある。

図-13 汚染財において汚染集約的な技術進歩が起こる場合(等産出量曲線)

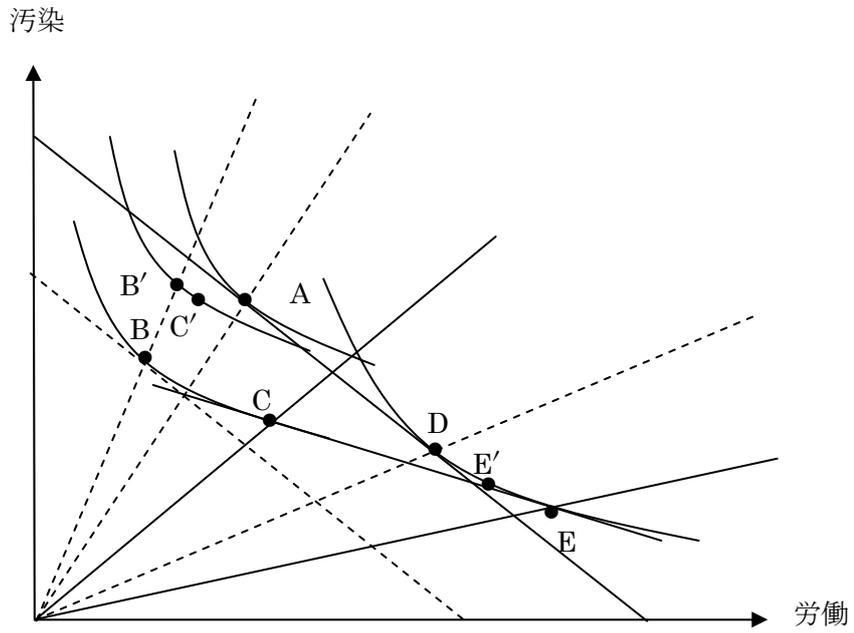


図-14 汚染財において汚染集約的な技術進歩が起こる場合(エッジワース・ボックス)

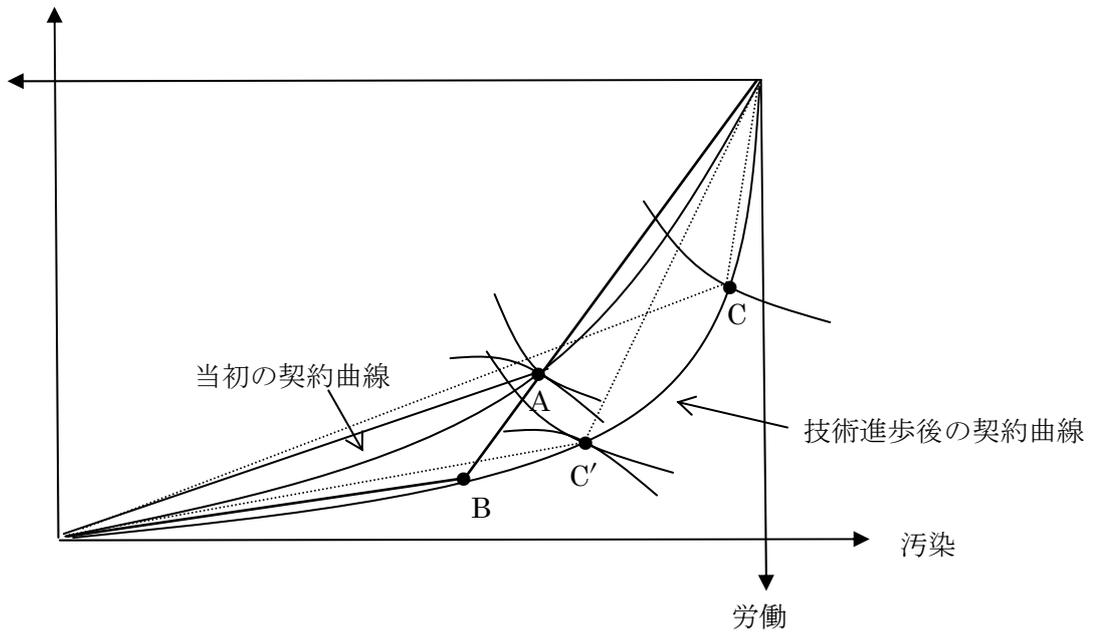
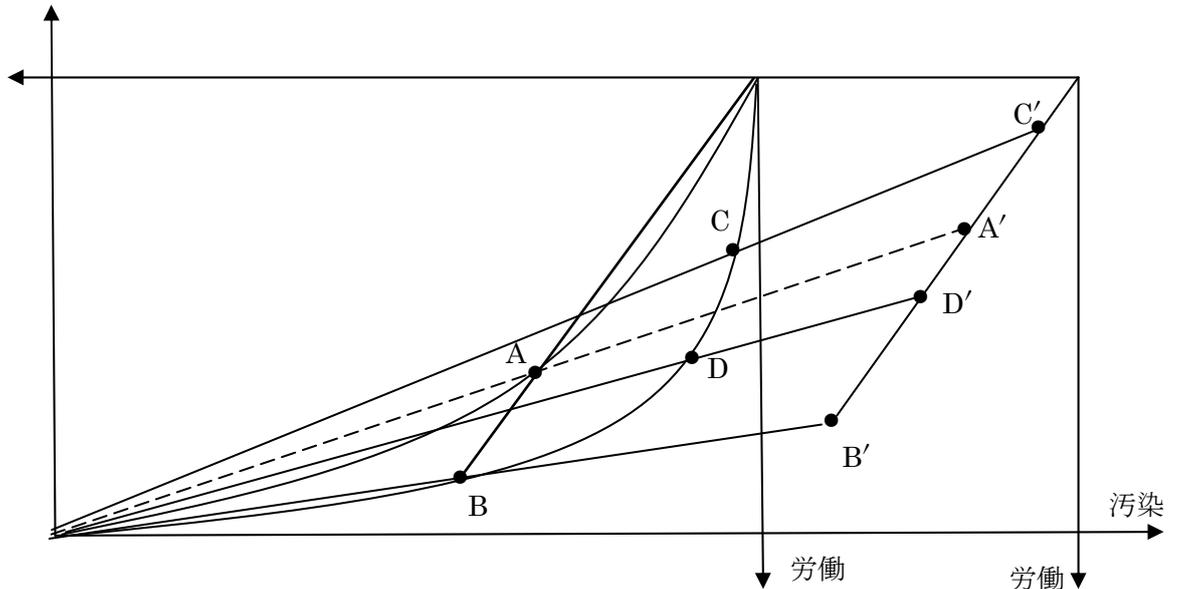


図-15 排出権取引が導入される場合



この国が技術進歩以前から国内で排出権取引を採用しており、要素価格均等化定理が妥当するため国際的な排出権取引を行っていないものと仮定する。汚染生産要素価格は技術進歩の結果上昇する。技術が他の国に伝播しないと仮定すると、この国は国際排出権市場で排出権を購入することが有利となる。汚染の要素賦存量は拡大するので、リプチンスキーの定理によって汚染財の生産は拡大し、非汚染財の生産は縮小する。

この国が小国で財価格だけでなく汚染生産要素価格についても国際価格への影響力を持たないと仮定した場合、汚染生産要素価格が排出権取引によって国際価格である元の国内価格に戻ったとすれば、汚染財に超過利潤が発生するので、この国は汚染財に完全に特化する。

大国の場合には、財の価格の変化の効果をとりあえず無視すると、排出権の国際価格は B 点よりは上昇、C 点よりは低下するので、両財は C 点よりも汚染集約的となり、その等産出量曲線の接点は B 点と C 点の中間に位置する。図-15 では、新しい生産点は D' 点で示されており、この図では非汚染財の生産は C 点よりむしろ拡大している。この結果、財価格についての交易条件の悪化は限定的である。しかし、排出権の国際価格の上昇が大きく D' が C' の近くに位置するような場合には非汚染財の生産は縮小し、財価格についての交易条件の悪化の程度は大きくなる。この交易条件の悪化の程度が著しければ、成長の結果、この国は窮乏化してしまう。ただし、汚染財価格の低下によって、汚染生産要素価格は低下し、汚染財の生産は減少し、交易条件が改善するという次のプロセスが生じる。

まとめると、汚染財において汚染要素集約的な技術進歩が起こり、かつ排出権の国際価格の上昇程度が大きい場合は、交易条件が悪化し、経済厚生水準は成長の結果かえって低下する可能性がある。

## b. 汚染財において汚染節約的な技術進歩が起こる場合

新しい契約曲線は、汚染財において汚染節約的な技術進歩が起こったために、以前と同じ生産要素価格比では両財の等産出量曲線が B 点で接するため、以前の契約曲線に比べると内側に縮小した形のものとなる。この新しい契約曲線上で以前と同じ財の価格比で両財の等産出量曲線が接する点は、B 点よりも両財とも汚染節約的となっているため、C 点となる。

A 点と比べ C 点では、非汚染財の生産量は大幅に減少する一方、汚染財の生産量は等産出量曲線の上昇に技術進歩の効果が加わるので大幅に拡大する。このため貿易拡大的な結果となり、大国の場合交易条件は悪化する。環境面では両財ともより汚染生産要素節約的となる。

汚染生産要素価格は技術進歩の結果上昇する（ただし、大国の場合、財価格の変化が汚染生産要素価格の低下をもたらすので、この効果の程度は限定される）。この国が国際排出権市場で排出権を購入する場合は、小国であれば汚染財に完全特化する。大国の場合、図-18の B、C 点の位置からすれば、汚染財の生産量は技術進歩の効果に汚染生産要素の増加も加わりさらに大幅に拡大し、非汚染財の生産量はさらに大幅に減少する。これは大国にとって交易条件のさらなる悪化を意味する。

図-16 汚染財において汚染生産要素節約的な技術進歩が起こる場合(等産出量曲線)

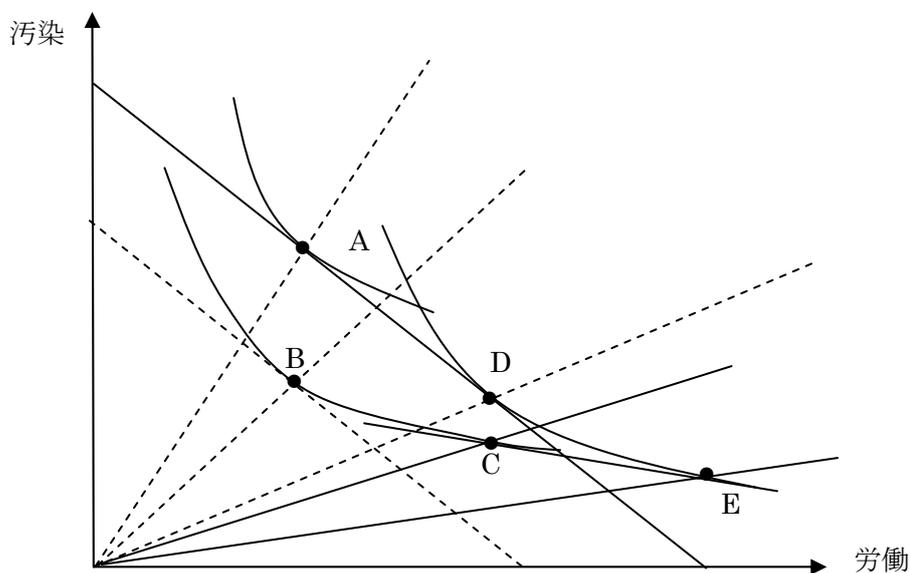


図-17 汚染財において汚染生産要素節約的な技術進歩が起こる場合(エッジワース・ボックス)

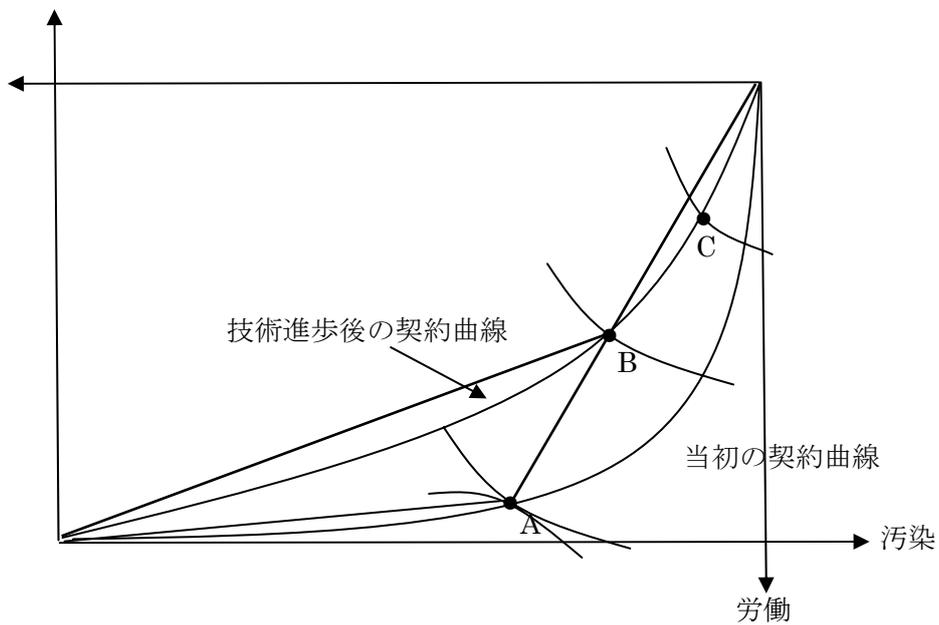
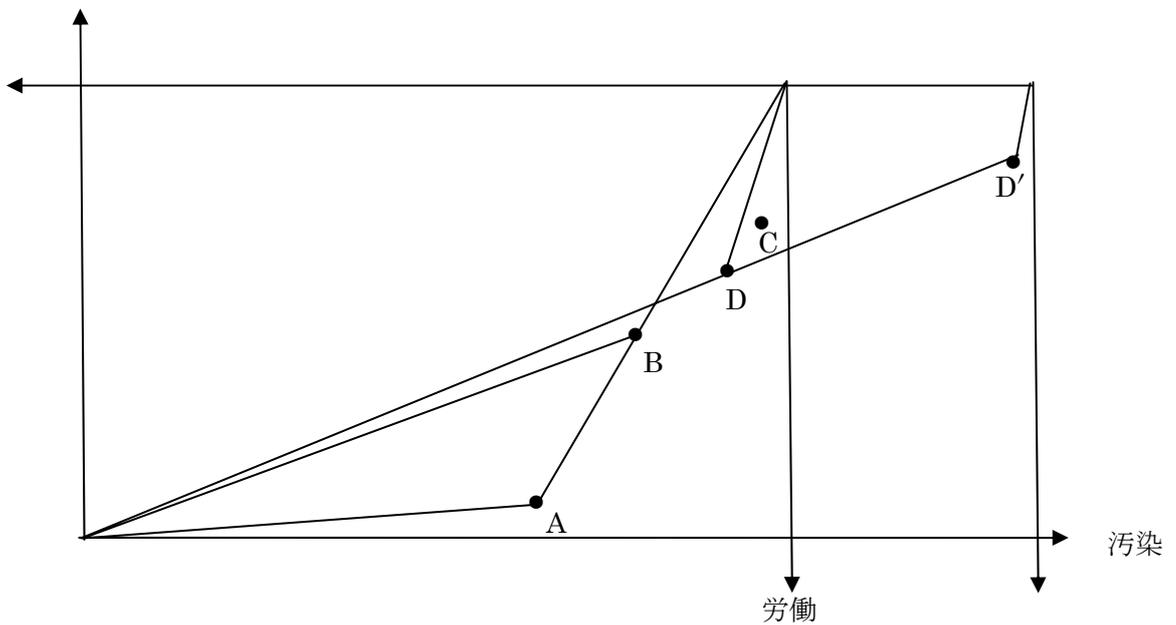


図-18 排出権取引を導入する場合(エッジワース・ボックス)



**c.非汚染財において汚染集約的な技術進歩が起こる場合**

新しい契約曲線は、非汚染財において汚染集約的な技術進歩が起こったために、以前の契約曲線に比べると内側に縮小した形のものとなる。この新しい契約曲線上で以前と同じ財の価格比で両財の等産出量曲線が接する点は、B点よりも両財とも汚染集約的となっているため、C点となる。

A 点と比べ C 点では、汚染財の生産量は大幅に減少する一方、非汚染財の生産量は等産出量曲線の上昇に技術進歩の効果が加わるので大幅に拡大する。このため貿易縮小的な結果が得られる。大国の場合には交易条件は改善する。環境面では両財ともより汚染集約的、汚染生産要素集約的となる。

汚染生産要素価格は技術進歩の結果低下する（ただし、大国の場合、財価格の変化によって汚染生産要素価格は上昇するので、この効果は限定されたものとなる）。この国が国際排出権市場で排出権を販売する場合は、汚染生産要素の賦存量は減少する。汚染生産要素価格は国際排出権取引価格に向かって上昇するため、両財は国際排出権取引開始前の C 点よりも汚染生産要素節約的となり、図-21 の B、C 点の位置からすれば、新たな生産点は D' となる。小国の場合、汚染生産要素価格は国際排出権取引価格まで上昇するため、汚染財の生産は縮小し、非汚染財に特化する。大国の場合も、国際排出権取引開始により非汚染財の生産は拡大し、汚染財の生産は減少し、交易条件はさらに改善されることとなる。

図-19 非汚染財において汚染生産要素集約的な技術進歩が起こる場合(等産出量曲線)

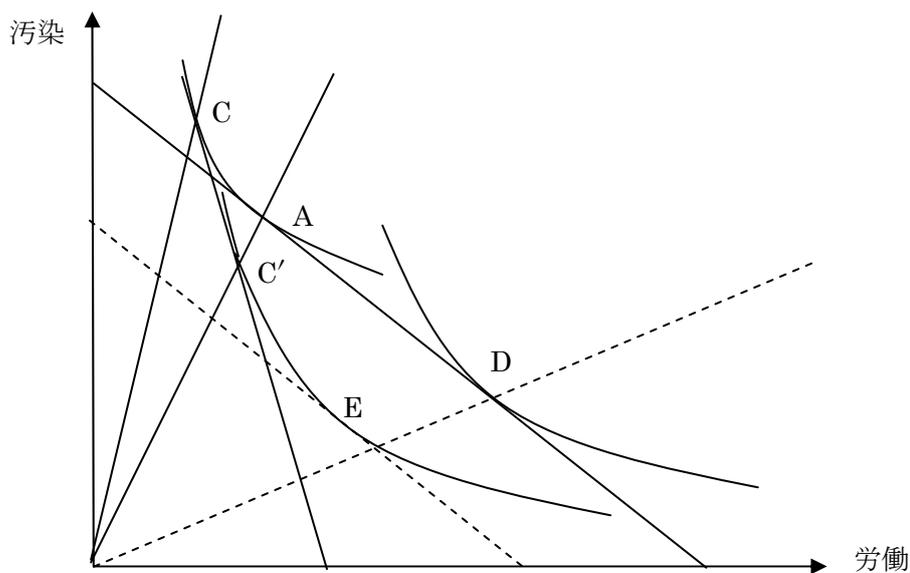


図-20 非汚染財において汚染生産要素集約的な技術進歩が起こる場合  
(エッジワース・ボックス)

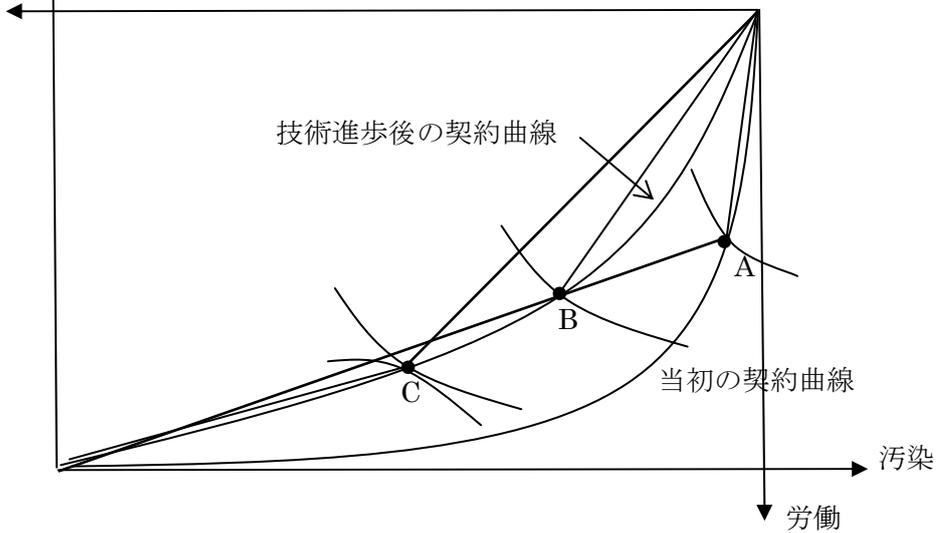
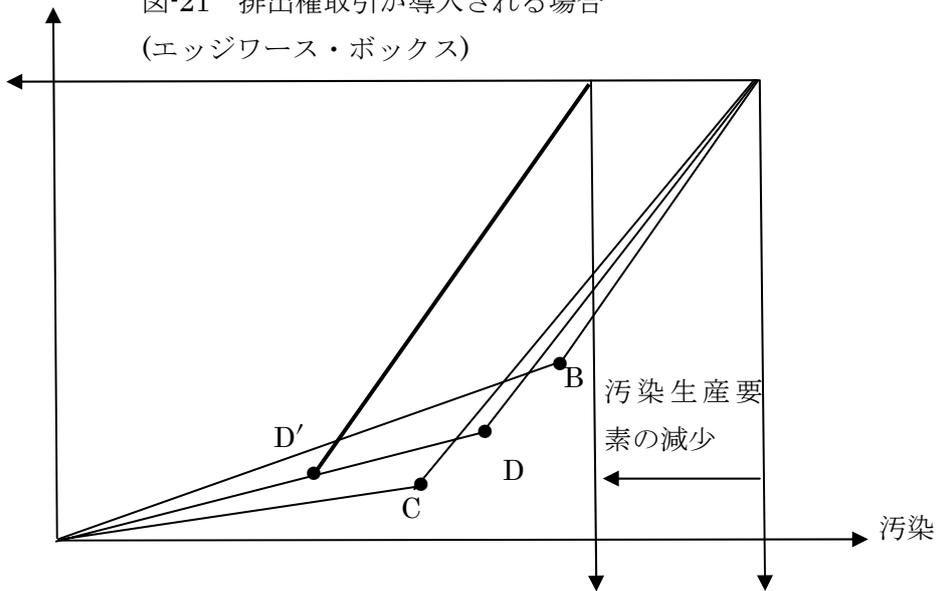


図-21 排出権取引が導入される場合  
(エッジワース・ボックス)



**d. 非汚染財において汚染生産要素節約的な技術進歩が起こる場合**

新しい契約曲線は、非汚染財において汚染生産要素節約的な技術進歩が起こったために、以前の契約曲線に比べると外側に膨らんだ形のものとなる。この新しい契約曲線上で以前と同じ財の価格比で両財の等産出量曲線が接する点は、B点よりも両財とも汚染集約的となっているため、C点となる。

図-22 非汚染財において汚染生産要素節約的な技術進歩が起こる場合(等産出量曲線)

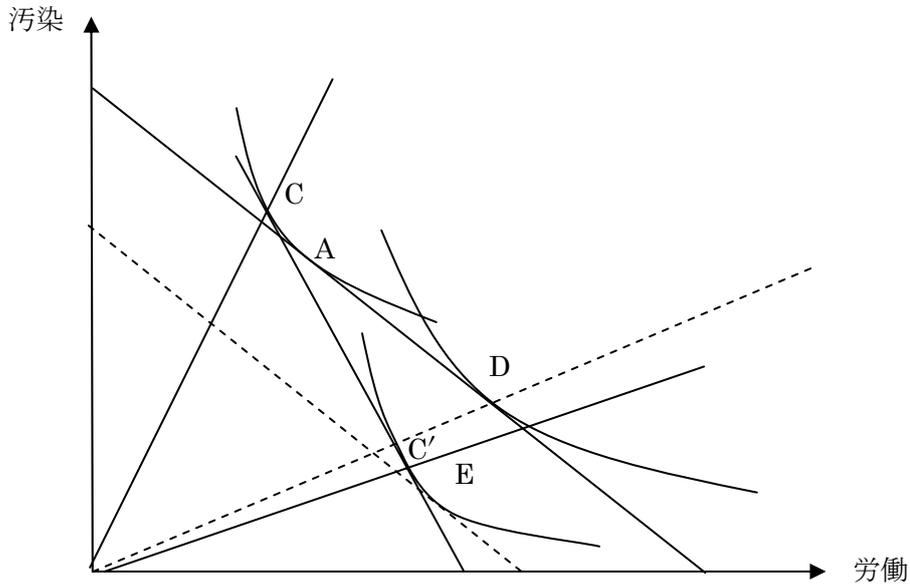
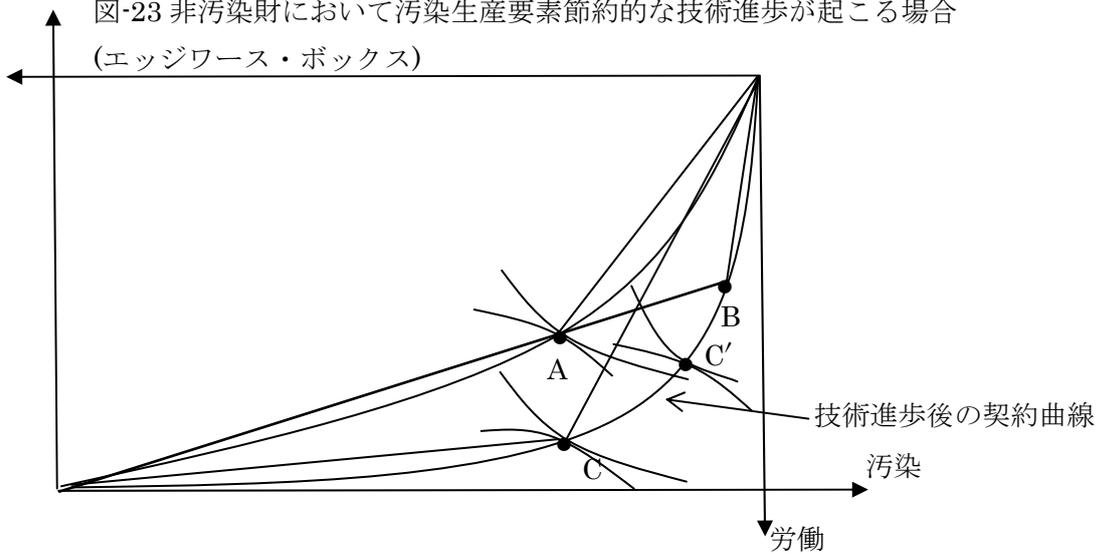


図-23 非汚染財において汚染生産要素節約的な技術進歩が起こる場合  
(エッジワース・ボックス)

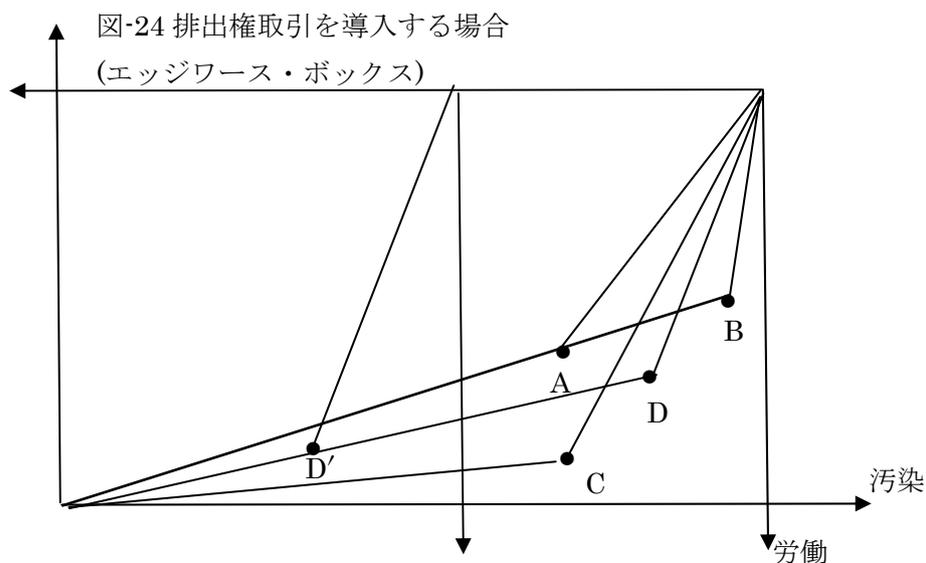


技術進歩の程度が小さく  $C'$  点のように  $A$  点よりも非汚染財の等産出量曲線が下方に位置する(同じことだが汚染財の等産出量曲線が上方に位置する)場合には、非汚染財の技術進歩があるので、図では以前の等産出量曲線より下方に位置していても、生産量が低くなっているかどうかは明らかではない。他方、汚染財の生産は増加する。輸入財である非汚染財において技術進歩が生じたにもかかわらず、貿易縮小的ではない。環境面では  $A$  点よりも汚染財の汚染集約度は高まっているが、非汚染財の汚染集約度は低下している。

技術進歩の程度が大きく  $C$  点のように非汚染財の等産出量曲線が  $A$  点よりも上方に位置するときは、非汚染財の生産は技術進歩の効果も加わり増加する一方、汚染財の生産は縮

小する。

汚染生産要素価格は技術進歩の結果低下する。この国が国際排出権市場で排出権を販売する場合は、汚染生産要素の価格は上昇するとともに、その賦存量は減少する。大国の場合、図-24のB、C点の位置からすれば、汚染財の生産量の減少や非汚染財の生産拡大の度合いは限定的である。このため交易条件の改善は限定的である。



## (2) 汚染が汚染財の生産と比例する場合

以上の汚染という生産要素を資本と置き換え、汚染総量が固定されているのではなく、汚染が汚染財の生産に比例して増加、縮小する場合を検討する。

まず、要素集約性の異なる技術を採用する場合を検討する。これは同一の等費用直線に接する異なる技術を採用する場合である。次の図では、資本集約度がOAからOA'に低下する技術を採用するということである。

図-25 汚染財で資本節約的な技術を採用する場合

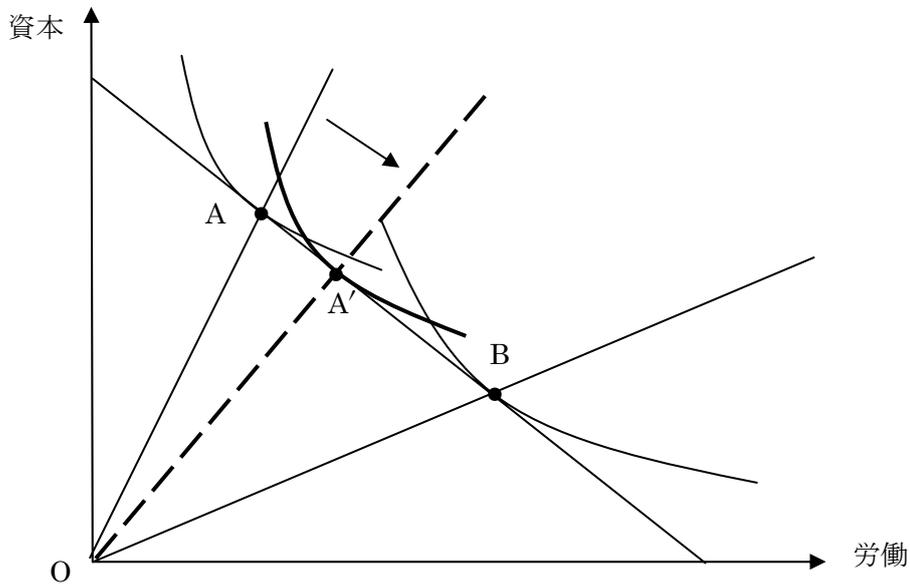


図 26 では、要素賦存量(E)が一定のもとで、汚染財で資本節約的な技術を採用すれば、汚染財の生産は A から A'に拡大し、非汚染財の生産は B から B'に減少していることを示している。図 27 は、非汚染財で資本集約的な技術を採用すれば、非汚染財の生産は B から B'に拡大し、汚染財の生産は A から A'に減少していることを示している。つまり、非汚染財で資本集約的な技術を採用すれば、汚染財の生産を縮小することができる。逆に汚染財で資本節約的な技術を採用することは、汚染財の生産を拡大することになってしまうのである。これは一般の認識と異なる結論であるが、非汚染財で資本集約的な技術を採用すると非汚染財の生産要素集約度が汚染財に近づくため汚染財の資本生産要素の使用を減少させることになり、汚染財で資本節約的な技術を採用すると汚染財が資本生産要素をより多く吸収するようになるためであると考えられる。

図-26 汚染財で資本節約的な技術を採用する場合 (1)

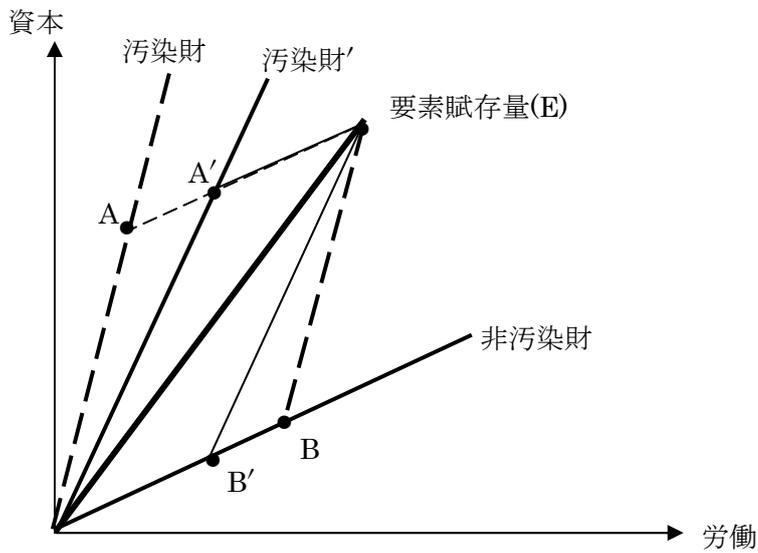
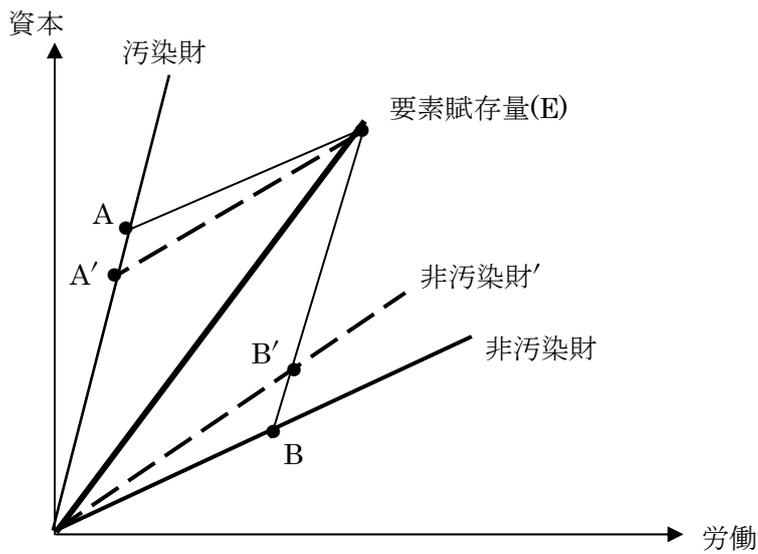
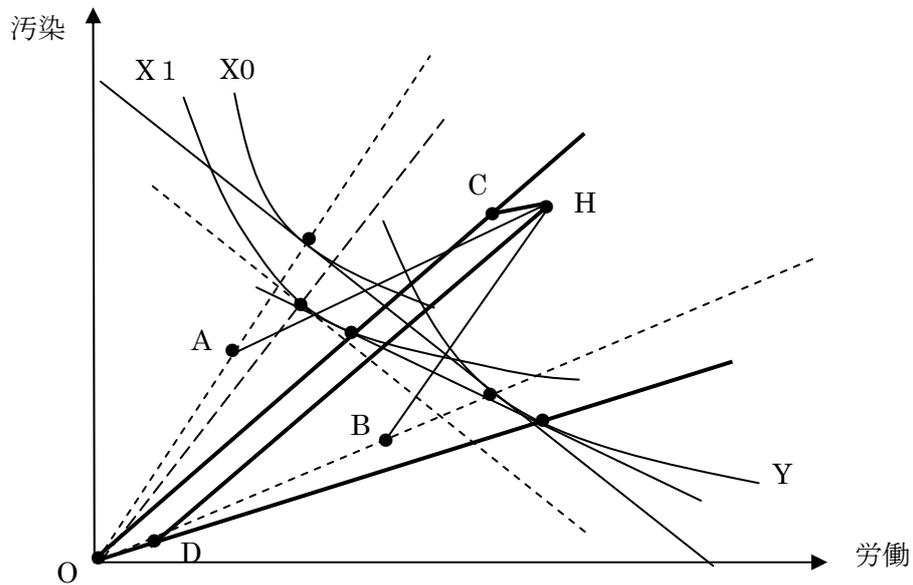


図-27 非汚染財で資本集約的な技術を採用する場合 (2)



さらに、技術進歩が起これば、どうだろうか。汚染財において資本節約的な技術進歩が起こる場合を分析する。図で、当初の  $X_0$  の等生産量曲線が資本節約的な技術進歩によって  $X_1$  に移行する。この結果、 $X$  財の  $OA$ 、 $Y$  財の  $OB$  という生産要素比率が  $OC$ 、 $OD$  に変化する。 $H$  はこの国の生産要素賦存在量である。 $X$  財の生産量は  $OA$  から  $OC$  へ拡大し、 $Y$  財は  $OB$  から  $OD$  へ縮小している。

図-28 汚染財において資本節約的な技術進歩が起こる場合



【参考文献：和文 50 音順、英文アルファベット順】

1. 天野明弘[1997]『地球温暖化の経済学』日本経済新聞社。
2. 石川城太・奥野正寛・清野一治[2005]『国際相互依存下の環境政策』「地球環境保護への制度設計」東京大学出版会。
3. 竹内憲司[1996]「国際環境問題における協力と非協力」慶応義塾大学経済学部環境プロジェクト編『持続可能性の経済学』慶応義塾大学出版会。
4. Pearson, C [2000] *Economics and the Global Environment*, Cambridge University Press.