

再生可能資源、環境汚染と特化の動学*

Ricardo モデルによる分析

Dynamics on Renewable Resources, Pollution and Specialization
: Ricardo Model Case

大阪市立大学大学院経済学研究科

小山直則

[キー・ワーズ]

再生可能資源、環境汚染、特化

*本稿作成にあたり、森誠教授、中嶋哲也助教授、服部容教教授から貴重な助言を受けた。
ここに記して感謝申し上げます。もちろん、ありうべき誤謬の一切は筆者のみに帰する。

要約

本稿は、Brander and Taylor(1997)の再生可能資源を保有する小国における Ricardo 型の資源財貿易モデルに環境汚染の蓄積効果を導入することによって拡張したものである。Brander and Taylor(1997)では、資源財に比較優位を持つ小国は資源財に特化することによって再生可能資源を長期的に減少させることが示された。本稿では、いくつかの仮定を追加して Brander and Taylor(1997)のモデルを拡張し、特化パターンが再生可能資源の動学に及ぼす影響を分析する。追加的な仮定としては、第 1 に、生産部門の一つが環境汚染の排出部門であると仮定し、それは生産量に依存して一定の排出率で排出されるものとする。第 2 に、環境汚染ストックの増加によって、小国に存在する再生可能資源の成長は減少するものと仮定する。本稿で得られる主要な結論は以下のとおりである。第 1 に、資源豊富国(資源稀少国)が長期的に資源財(工業品)に特化するとき、Brander and Taylor(1997)の命題とは異なり、再生可能資源が拡大(減少)する可能性があることが示される。第 2 に、資源豊富国における生産税などの政策は、再生可能資源の保全に対して必ずしも正の効果をもたないことが明らかにされる。

1. 序

再生可能資源とは、石油や石炭などの枯渇性のある天然資源とは異なり、漁業資源や森林資源などのそれ自身が再生能力を持つような資源である。競争的な収穫者による再生可能資源の開放的利用は、「過剰な」本源的生産要素の投入をもたらす、経済厚生に歪みをもたらすことはよく知られている(古典的な業績としては、Gordon(1954)、Schaefer(1957)などがある)。しかし、再生可能資源の減少をもたらす要因は他にもある。地域的な海洋汚染や酸性雨問題が再生可能資源に対してもたらす被害も重要な要因である。

再生可能資源の開放的利用問題に加えて、環境汚染の蓄積効果があるとき、長期的に実現される貿易パターンは再生可能資源に対していかなる効果をもたらすのであろうか。環境汚染の蓄積問題を扱った古典的な業績としては、Keeler, Spence and Zeckhauser(1971)、Plourde(1972)などがある。1 部門の閉鎖経済モデルによって、環境汚染物質の蓄積と再生可能資源の開放的利用問題という2つの外部性に加えて、環境汚染ストックが再生可能資源の成長、生産および効用にもたらす影響を考慮した最適成長政策について論じた文献としては、Tahvonen and Kuuluvainen(1991)がある。小国開放経済下における越境型環境汚染の最適蓄積問題を扱った論文としては、Asako(1979)などがある。交易条件が越境型環境汚染の水準に影響し、さらにそれからもたらされる国際外部性の下での最適課税政策の議論は、Markusen(1975a, 1975b)によって先駆的になされた。環境汚染と貿易の相互依存関係を論じた文献としては、Copeland and Taylor(1999)、Unteroberdoerster(2001)などがある。Copeland and Taylor(1999)は、汚染部門から生じる国内的環境汚染が被汚染部門の生産性に影響を及ぼす状況の下で、環境汚染の効果が汚染部門に比較優位をもつ国に偏ることを示した。Unteroberdoerster(2001)は、Copeland and Taylor(1999)のモデルを越境型環境汚染のケースに拡張し、両国の汚染部門から生じる汚染物質は、越境型環境汚染を通じて両国の被汚染部門の生産性に影響を及ぼすことから、Copeland and Taylor(1999)とは対照的な結論を提示した。再生可能資源と貿易について論じた文献としては、Chichilnisky(1994)、Brander and Taylor(1997、98)、小山(2003)などがある。Chichilnisky(1994)では、南北の制度的格差(再生可能資源に関する所有権)が資源財の比較優位性をいかにして決定されるのかを論じている。Brander and Taylor(1997)では、資源財に比較優位を持つ小国は貿易によって損失を被ることが示された。Brander and Taylor(1998)は、Ricardo 型の2国モデルを用いて、各国における競争的な収穫者による再生可能資源の開放的利用問題および交易条件を通じた「過剰な」収穫によって、自由貿易は資源財輸出国の再生可能資源の減少と長期的な厚生の損失をもたらすことを示した。さらに、漸進的な貿易政策によって、資源財輸出国の再生可能資源の保全と経済厚生の改善が実現されることを示した。小山(2003)では、工業品部門を越境型環境汚染の排出部門であると仮定することによって、Brander and Taylor(1998)のモデルを拡張し、Brander and Taylor(1998)の貿易政策に関する命題が弱められることが示された。環境汚染の存在の下で

も、Brander and Taylor(1997)の結論は成立するのであろうか？本稿の目的は、環境汚染の蓄積とそれが再生可能資源に及ぼす影響に焦点を当てながら、長期的な貿易パターンが再生可能資源にいかなる効果をもたらすのか、さらに、資源管理政策が有効性を持つのかどうか、ということ进行分析することにある。

本稿のモデルは、Brander and Taylor(1997)の再生可能資源を保有する小国におけるRicardo型の資源財貿易モデルに環境汚染ストックの効果を導入したものである。本稿では、いくつかの仮定を追加してBrander and Taylor(1997)のモデルを拡張する。第1に、生産部門の一つが環境汚染の排出部門であると仮定し、それは生産量に依存して一定の排出率で排出されるものとする。第2に、環境汚染ストックの増加によって、小国に存在する再生可能資源の成長は減少するものと仮定する。本稿では、環境汚染を導入することによって、Brander and Taylor(1997)の結論とは異なる以下の主張が明らかにされる。第1に、資源豊富国(資源稀少国)が長期的に資源財(工業品)に特化するとき、Brander and Taylor(1997)の命題とは異なり、再生可能資源が拡大(減少)する可能性があることが示される。第2に、資源豊富国における生産税などの政策は、再生可能資源の保全に対して必ずしも正の効果をもたらさないことが明らかにされる。

本稿の構成は、以下のとおりである。第2章では、モデルを提示する。第3章では、自由貿易下における長期的な生産パターンが再生可能資源に及ぼす影響について議論する。第4章では、資源豊富国における生産税の導入が再生可能資源にどのような効果をもたらすのかを分析する。第5章では、結論を述べる。

2. モデル

以下では、小国の閉鎖経済モデルを設定し、その均衡を導出する。生産部門は資源財部門と工業品部門(ニューメレール)からなる。資源財部門は多くの企業からなり、労働を用いて、再生可能資源を収穫する(以下では収穫した資源を資源財と呼ぶ)。資源財部門の労働生産性は資源ストックによって影響を受けるものと仮定されている。工業品部門は多くの企業からなり、労働を用いて工業品を生産する。工業品部門は、生産過程において生産量の一定割合の環境汚染を排出すると仮定する。家計部門は多くの主体からなり、労働を保有し、労働所得を最終財の消費に当てる。労働賦存量は一定であり、労働市場は完全競争的である。労働は完全に雇用される。再生可能資源は小国の住民のみによって自由に収穫できる。資源財と工業品は貿易財であり、労働は国際的に移動不可能であるものとする。

再生可能資源の基本成長構造について、Brander and Taylor(1997、1998)では、

$$\frac{dS}{dt} = g(S(t)) - H(t)$$

と仮定されている。ここで、 $S(t)$ 、 $H(t)$ はそれぞれ t 時点における再生可能資源のストック

ク、収穫量を表す。また、Brander and Taylor(1997、1998)では、再生可能資源の成長関数は、

$$g(S(t)) = rS(t) \left(1 - \frac{S(t)}{K}\right)$$

のように特定化されている。ここで、 r 、 K はそれぞれ、内的増殖率(intrinsic growth rate)、環境容量(carrying capacity)を表している。

仮定 1. (環境汚染と再生可能資源の成長関数)

環境汚染ストックが大きくなると、再生可能資源ストックの成長は小さくなる。具体的には、

$$(1) \quad g(S(t), P(t)) = rS(t) \left(1 - \frac{S(t)}{K - P(t)}\right)$$

と仮定する。ここで、 $P(t)$ は環境汚染ストックを表す¹。

したがって、再生可能資源の成長方程式は、

$$(2) \quad \frac{dS(t)}{dt} = rS(t) \left(1 - \frac{S(t)}{K - P(t)}\right) - H(t)$$

となる²。

仮定 2. 環境汚染の基本蓄積構造

環境汚染の基本蓄積構造については、Keeler, Spence and Zeckhauser(1971)やPlourde(1972)などに従い、蓄積された環境汚染ストックは一定の割合で浄化されていくものとし、次のように仮定する³。

$$(3-a) \quad \frac{dP(t)}{dt} = d - vP(t)$$

¹ 海洋汚染および酸性雨の原因物質とされる硫黄酸化物(SO_x)や窒素酸化物(NO_x)などを想定している。湾口や湖沼汚染など、水質汚染による魚類の減少の報告が多く存在している。酸性雨の森林資源の喪失経路は、酸性雨の直接的な作用および酸性化された土壌を通じた作用などが考えられる。

² この成長方程式は、Schaefer(1957)によって用いられたものである。

³ 以下では、フロー変数については環境汚染、ストック変数については環境汚染ストックと呼ぶことにする。

ここで、 d 、 $v(>0)$ はそれぞれ環境汚染の排出量および環境汚染ストックの浄化率を表す。

工業品の生産過程で工業品 M の生産 1 単位当たり定数 $\lambda(\geq 0)$ の割合で環境汚染が排出されるとし、

$$(3-b) \quad d = \lambda M$$

と仮定する(以下では、定数 λ を排出率と呼ぶ。 $\lambda = 0$ のときが、Brander and Taylor(1997、1998)のケースである)。

資源財部門は次の収穫関数

$$(4) \quad H = \alpha S L_H$$

の下で再生可能資源を収穫する⁴。ここで、 H 、 L_H 、 α はそれぞれ、資源財部門の収穫量、労働投入量、定数を表す。個別的企業は資源ストック S を所与として利潤を最大化すべく労働投入量を決定している。資源財部門の利潤最大化条件は、

$$(5) \quad p\alpha S - w \leq 0, \quad L_H \geq 0, \quad (p\alpha S - w)L_H = 0$$

となる。工業品部門は次の生産関数に直面している。

$$(6) \quad M = L_M$$

ここで、 M 、 L_M はそれぞれ、工業品の生産量、労働投入量を表す。工業品部門の利潤最大化条件は、

$$(7) \quad 1 - w \leq 0, \quad L_M \geq 0, \quad (1 - w)L_M = 0$$

となる。閉鎖経済の均衡相対価格は(5)式と(7)式より、

$$(8) \quad p_A = \frac{1}{\alpha S}$$

となる。

代表的家計の予算制約は、

$$(9) \quad ph + m = wL$$

となる。ここで、 h 、 m はそれぞれ、資源財、工業品の需要量を表す。代表的家計は予算制約の下で、効用関数 $u = h^\beta m^{1-\beta} - \phi(P)$ を最大化する。ここで、 $\beta(\in(0,1))$ は定数である。効用最大化条件と予算制約式より、資源財と工業品の需要関数は、それぞれ、

$$(10-a) \quad h = \frac{\beta I}{p}$$

⁴ 資源財部門の労働 1 単位当たりの収穫量は資源ストックの水準に依存するという仮定は、Schaefer(1957)によってなされた。

$$(10-b) \quad m = (1 - \beta)I$$

となる。ここで、 $I \equiv wL$ である。

自国の閉鎖経済下での最終財市場の均衡条件は、

$$(11-a) \quad h = H$$

$$(11-b) \quad m = M$$

となる。労働の完全雇用条件は、

$$(12) \quad L_H + L_M = L$$

となる。(4)式、(6-a)式および(12)式より、生産可能性フロンティアは、 $H = \alpha SL - \alpha SM$ となる(図2)。

(8)式、(10-a)式および(11-a)式より、一時的均衡における資源財の収穫量 H_p は、

$$(13) \quad H_p = \alpha \beta LS$$

となる。(6-b)式、(7)式、(10-b)式および(11-b)式より、閉鎖経済における環境汚染の排出量は

$$(14) \quad d = \lambda(1 - \beta)L$$

となる。

次に、定常均衡およびそこに到達するまでの動学について考察しよう。閉鎖経済において小国は工業品を生産しているから、(3)式に対して、(14)式を用いると、

$$(15) \quad \frac{dP}{dt} = \lambda(1 - \beta)L - \nu P$$

を得る。これより、 $\frac{dP}{dt} = 0$ としたときの実現される定常状態における財貿易開始前の環境汚染ストック P_A は、

$$(16) \quad P_A = \frac{\lambda(1 - \beta)L}{\nu}$$

となる。ここで、 $\frac{\lambda}{\nu}$ は環境汚染の排出率とその浄化率の比率であり、以下では、これを「排出・浄化比率」と呼ぶことにしよう。

(2)式に(13)式を代入すると、

$$(17) \quad \frac{dS}{dt} = rS \left(1 - \frac{S}{K - P} \right) - \alpha \beta LS$$

を得る。これより、 $\frac{dS}{dt} = 0$ としたときに実現される定常状態における閉鎖経済の再生可能資源ストック S_A は、

$$(18) \quad S_A = (K - P_A) \left(1 - \frac{\alpha \beta L}{r} \right)$$

となる⁵。

これらの微分方程式の解は、図 1 の位相図に表されている。stable node は定常点 S_A 、 P_A に漸近的に単調収束していく。

3. 自由貿易均衡

本章では、外国と財貿易を導入する。財貿易開始後の資源財部門への労働移動の変化が貿易後の再生可能資源および環境汚染ストックの動学を考察する上で決定的となる。Brander and Taylor(1997)の枠組みに環境汚染ストックの動学を考慮に入れると、これが財貿易開始後の生産パターンを通じて再生可能資源にどのように影響を及ぼすのであろうか？本章では、資源豊富国および資源稀少国において財貿易開始後の生産パターンが環境汚染ストックの動学を通じて再生可能資源にどのように影響を及ぼすのかを分析する。その前に、小国において一時的に実現される貿易パターンについて調べよう。小国は財貿易開始後、世界価格 p^* に直面するため、不完全特化を続ける必要はなくなる。(5)式と(7)式より、次の命題が成り立つ。

命題 1. (小国の一時的な貿易パターン)

再生可能資源ストックが閉鎖経済の水準で与えられたとき、自由貿易開始時点において、

- i) $p^* > p_A$ のとき、小国は一時的に資源財に特化し、これを輸出する。
- ii) $p^* < p_A$ のとき、小国は一時的に工業品に特化し、これを輸出する。
- iii) $p^* = p_A$ ならば、小国の生産及び貿易パターンは不決定である。

証明(Brander and Taylor(1997)参照のこと。)

Ricardo 経済では、閉鎖経済では $p \alpha S = 1$ が成立する。貿易開始時点において、再生可能資源ストックが閉鎖経済の水準で与えられる一時的均衡において、

$p^* \alpha S_A > 1 = p \alpha S_A$ ならば、小国は資源財に特化し、これを輸出する。

$p^* \alpha S_A < 1 = p \alpha S_A$ ならば、小国は工業品に特化し、これを輸出する。

$p^* \alpha S_A = 1 = p \alpha S_A$ ならば、生産パターン及び貿易パターンは不決定である。

⁵ ここで、正の定常解が存在するためには、正值条件 $r - \alpha \beta L > 0$ および $\frac{\lambda}{v} < \frac{K}{L(1-\beta)}$ が

成立していることが必要かつ十分である。

(おわり)

3.1. 資源豊富国のケース

本節では、 $p^* > p_A$ であり、小国が資源豊富国であるとき、自由貿易定常均衡における再生可能資源が環境汚染ストックの変化を通じて閉鎖経済に比べてどのように変化するかについて分析しよう。小国の閉鎖経済における価格が世界価格よりも低いとき、すなわち、 $p^* > p_A$ であるとき、小国は一時的に資源財に特化することが命題 1 によって明らかにされた。図 2 には、閉鎖経済下の予算制約および無差別曲線 u_A が描かれている。点 E_A は、閉鎖経済の消費点および生産点を表す。財貿易開始時点において、国内相対価格は p^* にジャンプし、予算制約は右にシフトし、生産点は点 E_A から点 E' にジャンプする。

一時的な資源財部門への特化は、再生可能資源および環境汚染ストックを新しい定常点に移行させる。定常点がどこに落ち着くかによって、長期的に実現される生産パターンについて表 1 のように 2 つのケースが考えられる。一つは、再生可能資源が定常点に到達した時点で $p^* \alpha S > 1$ となる場合である。このとき、資源豊富国のすべての労働力は資源財部門にあり、資源豊富国は資源財に完全特化している(ケース 1)。もう一つは、再生可能資源が定常点に到達した時点で $p^* \alpha S = 1$ となる場合である。このとき、資源豊富国の労働力は資源財部門と工業品部門にあり、生産パターンは不完全特化となる(ケース 2)。ケース 1 における再生可能資源および環境汚染ストックの動学は、(2)-(4)式より、それぞれ、

$$(19) \quad \frac{dS(t)}{dt} = rS(t) \left(1 - \frac{S(t)}{K - P(t)} \right) - \alpha LS(t)$$

$$(20) \quad \frac{dP(t)}{dt} = -vP(t)$$

によって与えられる。したがって、自由貿易定常均衡における再生可能資源および環境汚染ストックは、それぞれ、

$$(21) \quad S_H = K \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right)$$

$$(22) \quad P_H = 0$$

となる⁶。ここで、下付けの H は資源財への特化均衡であることを示す。

ケース 2 における再生可能資源の自由貿易定常均衡は、

⁶ ここで、正の定常解が存在するためには、正值条件 $r - \alpha L > 0$ が成立していることが必要かつ十分である。

$$(23) \quad S_D = \frac{1}{\alpha p^*}$$

によって与えられる。ここで、下付けの D は不完全特化均衡であることを示す。したがって、自由貿易定常均衡における再生可能資源および環境汚染ストックは、(2)-(4)式、(23)式より、それぞれ、

$$(24) \quad \frac{dS(t)}{dt} = rS(t) \left(1 - \frac{S(t)}{K-P(t)} \right) - \alpha L_H S(t) = 0$$

$$(25) \quad \frac{dP(t)}{dt} = \lambda(L - L_H) - vP(t)$$

によって与えられる。これらの式より、ケース 2 の動学は、環境汚染ストックのみ動学

$$(26) \quad \frac{dP(t)}{dt} = \lambda L - \frac{\lambda r}{\alpha} \left\{ 1 - \frac{1}{\alpha p^* (K-P)} \right\} - vP(t)$$

に集約される。

命題 2.

世界価格 p^* が十分に高く、すなわち、 $p^* > \frac{2}{\alpha K \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right)}$ ならば、ケース 2 の動学シ

テムは、安定的である。

証明(付録参照のこと。)

資源豊富国の貿易開始前後の再生可能資源の比較分析について以下の命題が得られる。

命題 3.

i) 資源豊富国が長期的に資源財に特化するとき、

ii-a) 浄化・排出比率が十分に小さく、 $\frac{\lambda}{v} < \frac{\alpha K}{r \left(1 - \frac{\alpha \beta L}{r} \right)}$ ならば、再生可能資源は閉鎖経済

のときよりも長期的に減少する。

ii-b) 浄化・排出比率が十分に大きく、 $\frac{\lambda}{v} > \frac{\alpha K}{r \left(1 - \frac{\alpha \beta L}{r} \right)}$ ならば、再生可能資源は閉鎖経済

のときよりも長期的に増加する。

ii-c) $\frac{\lambda}{v} = \frac{\alpha K}{r \left(1 - \frac{\alpha \beta L}{r}\right)}$ ならば、再生可能資源は、閉鎖経済のときと長期的に不変である。

ii) 資源豊富国が長期的に不完全特化するとき、再生可能資源は長期的に確実に減少し、経済厚生は長期的に確実に悪化する。

証明

i) (18)式および(21)式より、 $S_A - S_H = L(1 - \beta) \left\{ \frac{\alpha K}{r} - \frac{\lambda}{v} \left(1 - \frac{\alpha \beta L}{r}\right) \right\}$ となる。したがって、命題の結論を得る。

ii) $p^* \alpha S = 1$ のとき、小国は生産パターンは長期的に不完全特化となる。このときの自由貿易定常均衡は、 $S_D = \frac{1}{\alpha p^*}$ である。これと $p^* > p_A$ および(8)式より、 $S_A > S_D$ が得られる。

(おわり)

命題 3 の結論は、Brander and Taylor(1997)とは異なり、資源財への特化によって資源豊富国の再生可能資源は、長期的に必ずしも減少しないというものである。これは、再生可能資源の成長には、次の 2 つの経路が存在することと関係している。第 1 に、資源財の生産を通じた「収穫効果」である。第 2 に、工業品部門の生産にともなう「環境汚染効果」である。図 3-1 および図 3-2 には、ケース 1 において再生可能資源が拡大する場合の動学経路が描かれている。図 3-1 には、閉鎖経済の定常点 E_A を出発点とした資源財への特化均衡 E_H への動学が描かれている。この移行経路の経済学的解釈は、図 3-2 を用いて確認できる。図 3-2 に描かれているように、閉鎖経済における定常均衡 E_A を出発点として、資源豊富国が資源財部門に特化すると線形の収穫関数の傾きが急になり、経済は E_A 点から E' 点に移り、再生可能資源の収穫量は拡大する(収穫効果)。しかし、資源財部門への特化は、環境汚染ストックの長期的な消滅を通じて再生可能資源の成長関数を右上にシフトさせ、経済を E' 点から E_H 点に移動させる(環境汚染効果)。したがって、排出・浄化比率が十分に大きく、環境汚染効果が収穫効果よりも大きく作用するとき、再生可能資源が貿易開始以前よりも拡大されるのである。図 4 には、命題 2 が成立するときのケース 2 における環境汚染ストックの動学経路が描かれている。ケース 2 では、環境汚染ストックに依存せず再生可能資源は閉鎖経済に比べて長期的に確実に減少する。

3.2. 資源稀少国のケース

本節では、 $p^* < p_A$ であり、小国が資源稀少国であるとき、自由貿易定常均衡における再生可能資源が閉鎖経済に比べてどのように変化するのかについて分析しよう。小国の閉鎖経済における価格が世界価格よりも高いとき、すなわち、 $p^* < p_A$ であるとき、小国は一時的に工業品に特化することが命題 1 によって明らかにされた。一時的な工業品部門への特化は、再生可能資源および環境汚染ストックを新しい定常点に移行させる。定常点がどこに落ち着くかによって、長期的に実現される生産パターンについて表 1 のように 2 つのケースが考えられる。一つは、再生可能資源が定常点に到達した時点で $p^* \alpha S < 1$ となる場合である。このとき、資源稀少国のすべての労働力は工業品部門にあり、生産パターンは工業品に完全特化している(ケース 3)。もう一つは、再生可能資源が定常点に到達した時点で $p^* \alpha S = 1$ となる場合である。このとき、資源稀少国の労働力は資源財部門と工業品部門にあり、生産パターンは不完全特化となる(ケース 4)。ケース 3 における再生可能資源および環境汚染ストックの動学は、(2)-(4)式より、それぞれ、

$$(27) \quad \frac{dS(t)}{dt} = rS(t) \left(1 - \frac{S(t)}{K - P(t)} \right)$$

$$(28) \quad \frac{dP(t)}{dt} = \lambda L - \nu P(t)$$

となる。したがって、自由貿易定常均衡における再生可能資源および環境汚染ストックは、それぞれ、

$$(29) \quad S_M = K - P_M$$

$$(30) \quad P_M = \frac{\lambda}{\nu} L$$

となる⁷。ここで、下付けの M は工業品部門への特化均衡であることを示す。ケース 4 の動学は(26)式によって表される。資源稀少国の貿易前後の再生可能資源の比較分析について以下の命題が得られる。

命題 4.

i) 資源稀少国が長期的に工業品に特化するとき、

ii-a) 浄化・排出比率が十分に小さく、 $\frac{\lambda}{\nu} < \frac{\alpha L K}{r \left\{ 1 + \frac{\alpha L}{r} (1 - \beta) \right\}}$ ならば、再生可能資源は閉

鎖経済のときよりも増加する。

⁷ ここで、正の定常解が存在するためには、正值条件 $\frac{\lambda}{\nu} < \frac{K}{L}$ が成立していることが必要かつ十分である。

ii-b) 浄化・排出比率が十分に大きく、 $\frac{\lambda}{v} > \frac{\alpha LK}{r \left\{ 1 + \frac{\alpha L}{r} (1 - \beta) \right\}}$ ならば、再生可能資源は閉

鎖経済のときよりも減少する。

ii-c) $\frac{\lambda}{v} = \frac{\alpha LK}{r \left\{ 1 + \frac{\alpha L}{r} (1 - \beta) \right\}}$ ならば、再生可能資源は、閉鎖経済のときと不変である。

ii) 資源稀少国が長期的に不完全特化するとき、再生可能資源は長期的に確実に増加する。

証明

i) (18)式および(29)式より、 $S_A - S_M = -\frac{\alpha \beta LK}{r} + \frac{\lambda}{v} \beta L \left\{ 1 + \frac{\alpha L}{r} (1 - \beta) \right\}$ となる。したがって、命題の結論を得る。

ii) $p^* \alpha S = 1$ のとき、資源稀少国は生産パターンは長期的に不完全特化となる。このときの自由貿易定常均衡は、 $S_D = \frac{1}{\alpha p^*}$ である。これと $p^* < p_A$ および(8)式より、 $S_A < S_D$ が得られる。

(おわり)

命題 4 の結論は、資源稀少国が工業品に特化し資源財の生産がゼロとなるにもかかわらず、再生可能資源が閉鎖経済に比べて減少する可能性があるというものである。これは、Brander and Taylor(1997)の結論と異なるものである。図 5-1 および図 5-2 には、ケース 3 において再生可能資源が減少する場合の動学経路が描かれている。図 5-1 には、閉鎖経済の定常点 E_A を出発点とした工業品への特化均衡 E_M への動学が描かれている。この移行経路の経済学的解釈を図 5-2 を用いて確認しよう。図 5-2 に描かれているように、閉鎖経済における定常均衡 E_A を出発点として、資源稀少国が工業品部門に特化すると線形の収穫関数の傾きがゼロになり、経済は E_A 点から E' 点に移り、再生可能資源の収穫量はゼロとなる(収穫効果)。しかし、工業品部門への特化は、環境汚染ストックの長期的な拡大を通じて再生可能資源の成長関数を右下にシフトさせ、経済を E' 点から E_M 点に移動させる(環境汚染効果)。したがって、排出・浄化比率が十分に大きいとき、環境汚染効果が収穫効果よりも大きく作用し、再生可能資源が貿易開始以前よりも縮小されるのである。命題 2 が成立するときのケース 4 における環境汚染ストックの動学経路は図 4 に描かれている。ケース 4 では、環境汚染ストックに依存せず再生可能資源は閉鎖経済に比べて長期的に確実に増加する。

4. 政策的インプリケーション

本節では、資源豊富国において、資源財部門に対して従量生産税を導入し、税収を小国の家計に一括移転する場合、これが再生可能資源に及ぼす効果について分析しよう。資源豊富国が自由貿易定常均衡において資源財に特化しているとき、 $p^* \alpha S > 1$ となる。従量生産税が導入されると、資源財の国内相対価格は $p^* - \tau$ となる。ここで、 τ は従量生産税率を表す。このとき、課税後に実現される長期的な生産パターンについて、表 2 に示されているように 3 つのケースが考えられる。第 1 に、再生可能資源が定常点に到達した時点で $(p^* - \tau) \alpha S > 1$ となる場合である。このとき、資源豊富国のすべての労働力は資源財部門にあり、生産パターンは資源財に完全特化している(ケース(i))。第 2 に、再生可能資源が定常点に到達した時点で $(p^* - \tau) \alpha S = 1$ となる場合である。このとき、資源豊富国の労働力は資源財部門と工業品部門にあり、生産パターンは不完全特化となる(ケース(ii))。第 3 に、再生可能資源が定常点に到達した時点で $(p^* - \tau) \alpha S < 1$ となる場合である。このとき、資源豊富国の労働力は工業品部門にあり、生産パターンは工業品に完全特化している(ケース(iii))。このとき、以下の命題が得られる。

命題 5.

資源豊富国が自由貿易定常均衡において資源財に特化しているとき、従量生産税導入後、

i) 資源財に特化し続けるとき、再生可能資源に対する効果は長期的には無効である。

ii) 不完全特化するとき、再生可能資源は長期的に確実に増大する。

iii) 工業品に特化するとき、

iii-a) 排出・浄化比率が十分に小さく、 $\frac{\lambda}{v} < \frac{\alpha K}{r}$ ならば、再生可能資源は長期的に増大する。

iii-b) 排出・浄化比率が十分に大きく、 $\frac{\lambda}{v} > \frac{\alpha K}{r}$ ならば、再生可能資源は長期的に減少する。

iii-c) $\frac{\lambda}{v} = \frac{\alpha K}{r}$ ならば、再生可能資源に対する効果は長期的には無効である。

証明

i) 従量生産税導入後、長期において $(p^* - \tau)\alpha S > 1$ となる時、資源豊富国は長期的に資源財部門に特化する。このとき、資源財部門への労働配分は $L_H = L$ のままで変化しないから、再生可能資源は、(21)式のまま変化しない。

ii) 従量生産税導入後、長期において $(p^* - \tau)\alpha S = 1$ となる時、資源豊富国は長期的に不

完全特化する。このとき、定常状態の再生可能資源は、 $S_D^{tax} = \frac{1}{\alpha(p^* - \tau)}$ である。これを

自由貿易定常状態の水準と比べると、

$$S_H - S_D^{tax} = \frac{1}{\alpha p^*} - \frac{1}{\alpha(p^* - \tau)} = -\frac{\tau}{\alpha p^*(p^* - \tau)} < 0$$

となり、所望の結論を得る。

iii) 従量生産税導入後、長期において $(p^* - \tau)\alpha S < 1$ となる時、資源豊富国は長期的に

工業品部門に特化する。このとき、工業品部門への労働配分は $L_M = L$ である。したがって、長期的な再生可能資源の水準は、(25)式ようになる。これと(21)式より、

$$S_H - S_M = -\frac{\alpha L K}{r} + \frac{\lambda}{v} L$$

となる。したがって、所望の結論を得る。

(おわり)

命題 5 の結論は、Brander and Taylor(1997)とは異なり、資源財生産を規制する生産税が、かえって再生可能資源を長期的に減少させる場合があるということである⁸。図 6-1 および図 6-2 には、ケース(iii)において再生可能資源が減少する場合の動学経路が描かれている。図 6-1 には、自由貿易下の資源財への特化均衡 E_H を出発点とした工業品への特化均衡 E_M への動学が描かれている。この移行経路の経済学的解釈を図 6-2 を用いて確認しよう。図 6-2 に描かれているように、資源財への生産税導入後に工業品生産に特化すると収穫量はゼロとなり、経済は E_H 点から E' 点に移る(収穫効果)。しかし、排出・浄化比率が十分に大きいときには、環境汚染による再生可能資源の成長関数の右下へのシフトを通じた減少効果が大きく作用し、経済は E' 点から E_M に移動する(環境汚染効果)。したがって、排出・浄化比率が十分に大きいとき、環境汚染効果が収穫効果よりも大きく作用し、課税後の再生

⁸ Brander and Taylor(1997)においては、政策的分析については明示的には行われていないが、このモデルにおいて、資源豊富国が資源財部門に生産税を導入すると、ケース(iii)の下で再生可能資源が長期的に確実に拡大する。

可能資源が自由貿易定常均衡よりも縮小されるのである。

5. 結論

本稿では、資源豊富（稀少）国は、自由貿易の下で長期的に再生可能資源を減少(拡大)させるという Brander and Taylor(1997)の主張を、環境汚染をともなう枠組みを用いて検討してきた。この主張は、環境汚染の存在の下では、弱められることが明らかにされた。すなわち、小国が長期的に特化パターンをとる場合、環境汚染に関する浄化・排出比率が十分大きい状況の下では、この主張は成り立たないのである。さらに、資源豊富国において、生産税を導入しても再生可能資源の保全に必ずしも正の効果をもたらさないことも明らかにされた。浄化・排出比率が十分大きいときには、Brander and Taylor(1997)と全く逆の結論が得られるのである。本稿では、再生可能資源の動学に注目してきたので、経済厚生に関する効果については分析しなかった⁹。これについては、今後の課題としたい。

⁹ 貿易政策の厚生効果については、小山(2003)において、2国モデルの枠組みで分析されている。

付録

命題 2 の証明

(26)式において、 $\frac{dP}{dt}$ とおいて得られる定常均衡は、

(A-1)

$$P_D = \frac{\left\{ K - \frac{\lambda r}{\alpha v} \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right) \right\} \pm \sqrt{\left\{ K - \frac{\lambda r}{\alpha v} \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right) \right\}^2 + \frac{4\lambda r}{\alpha v} \left\{ K \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right) - \frac{1}{\alpha p^*} \right\}}}{2}$$

となる。 $\lambda = 0$ のとき、根号の前の符号が正ならば、 $P_D = K$ となり、これは実現不可能である。したがって、(26)式によって実現される環境汚染の不完全特化定常均衡 P_D は、

(A-2)

$$P_D = \frac{\left\{ K - \frac{\lambda r}{\alpha v} \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right) \right\} - \sqrt{\left\{ K - \frac{\lambda r}{\alpha v} \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right) \right\}^2 + \frac{4\lambda r}{\alpha v} \left\{ K \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right) - \frac{1}{\alpha p^*} \right\}}}{2}$$

である。世界価格 p^* が十分に高く、すなわち、 $p^* > \frac{2}{\alpha K \left(1 - \frac{\alpha L}{r} \right)}$ ならば、

$$(A-3) \quad \frac{d\left(\frac{dP}{dt}\right)}{dP} = \frac{\lambda r}{\alpha^2 p^* (K - P_D)^2} - v < 0$$

となり、実現される環境汚染の不完全特化定常均衡 P_D は、安定的となる。

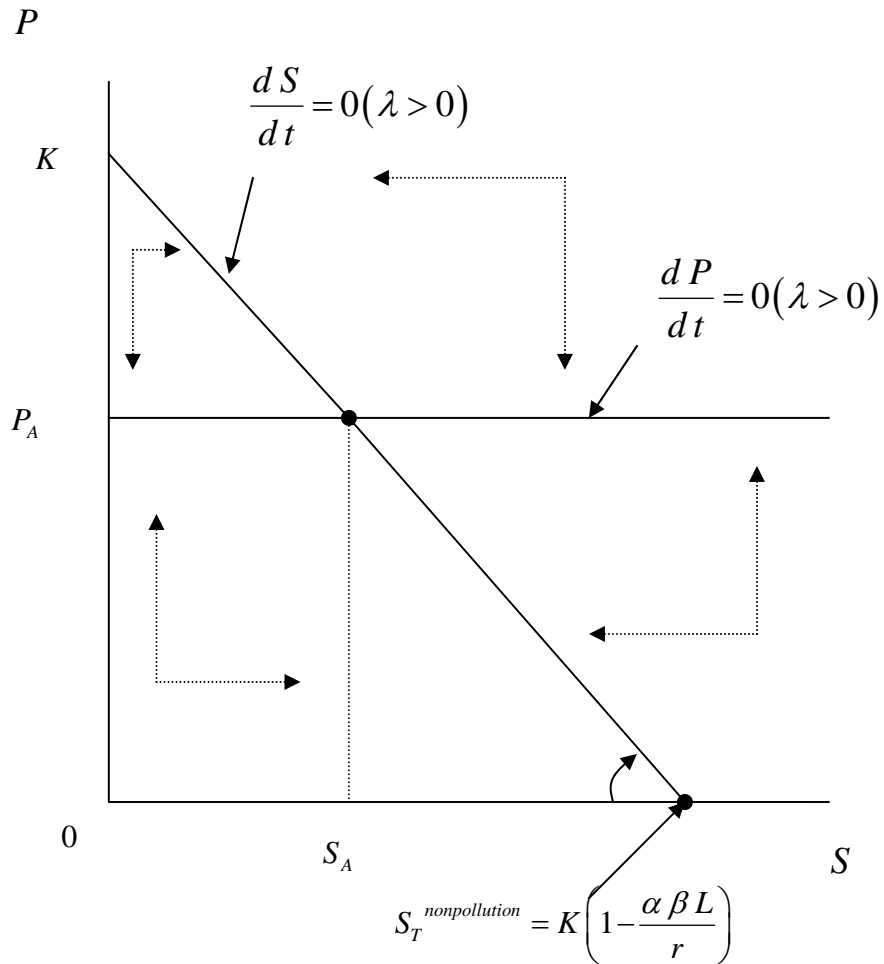
(おわり)

参考文献

- (1) Asako, K., "Environmental Pollution in an Open Economy," *The Economic Record*, December, 1979, pp.359-367.
- (2) Brander, J.M. and M.S. Taylor, "International trade and open access renewable resources: the small open economy case," *Canadian Journal of Economics*, 1997a, pp.526-552.
- (3) Brander, J.M. and M.S. Taylor, "Open Access Renewable Resources : Trade and Trade Policy in a Two- Country Model," *Journal of International Economics*, 1998.
- (4) Chichilnisky, G., "North-South trade and the global environment," *American Economic Review*, 84, 1994, pp.851-874.
- (5) Copeland, B.R. and M.S. Taylor, "Trade, Spatial Separation, and the Environment," *Journal of International Economics* 47, 1999, pp.137-168.
- (6) Dickson, R.R., K.R. Briffa and T.J. Osborn, "Cod and climate: the spatial and temporal context," ICES marine science symposium 198, 280-286.
- (7) Forster, B. A., "Optimal Consumption Planning in a Polluted Environment," *The Economic Record* 49, December, pp.534-545.
- (8) Gordon, H.S., "Economic theory of a common property resource: the fishery," *Journal of Political Economy* 62, 1954.
- (9) Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center, *The tropical forest damage caused by acid rain and air pollution : reports of the monitoring, 1992-1996 (China, Thailand, Malaysia, Indonesia, Japan and the Persian Gulf Region)*, 1997.
- (10) Keeler, E., Spence, M. and Zeckhauser, R., "The Optimal Control of Pollution," *Journal of Economic Theory* 4, 1971, pp.19-34.
- (11) Markusen, J.R., "International Externalities and Optimal Tax Structures," *Journal of International Economics* 5, 1975a, pp.15-29.
- (12) Markusen, J.R., "Cooperative Control of International Pollution and Common Property Resources," *Quarterly Journal of Economics* 89, 1975b, pp.618-632.
- (13) McRae, J.J. "Optimal and Competitive Use of Replenishable Natural Resources by Open Economics," *Journal of International Economics*, 8, 1978, pp.29-54.
- (14) Plourde, C. G., "A Model of Waste Accumulation and Disposal," *Canadian Journal of Economics*, February, 1972, pp.119-125.
- (15) OECD, *The State of the Environment*, 1991.
- (16) Schaefer, M.B., "Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of the Commercial Marine Fisheries," *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 14, 1957, pp.635-647.

- (17) Tahvonen, O. and Kuuluvainen, J. "Optimal growth with renewable resources and pollution," *European Economic Review* 35, 1991, pp.650-661.
- (18) Tawada, M., "International Trade with a replenishable resource: The Steady State Analysis," *Economic Studies Quarterly*, Vol.35, No.1, April 1984, pp.39-45.
- (19) Unterberdoerster, O., "Trade and Transboundary Pollution: Spatial Separation Reconsidered," *Journal of Environmental Economics and Management* 41, 2001, pp.269-285.
- (20) 小山直則「再生可能資源、越境型環境汚染と貿易パターンについて」『大阪市大論集』108号、2003年。
- (21) 小山直則「再生可能資源、越境型環境汚染と貿易政策について」『経済学雑誌』104巻第3号、2003年。

図 1. (閉鎖経済における位相図¹⁰)



¹⁰ $\frac{dS}{dt} = 0$ 線の傾きは、 $-\frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha \beta L}{r}\right)}$ である。したがって、他の条件を一定として、内の

増殖率 r が大きくなると、再生可能資源ストックの定常解は大きくなる。また、 α または β が大きくなると、再生可能資源ストックの定常解は小さくなる。

図 2. (資源豊富国の一時的均衡)

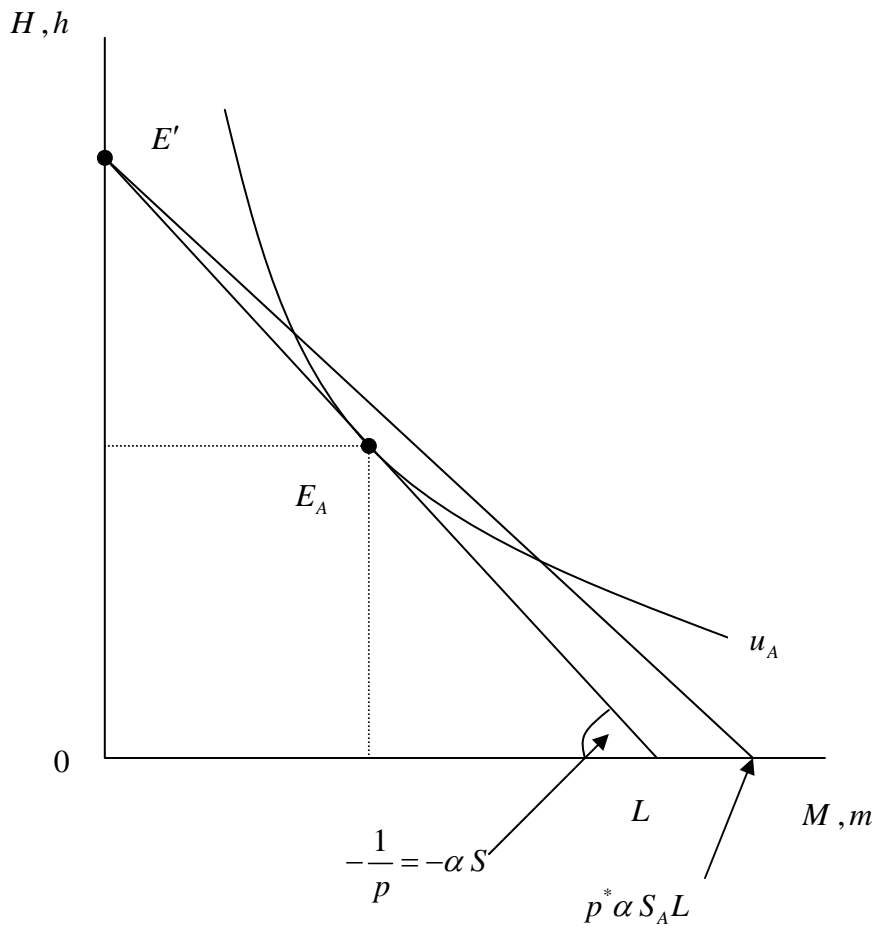


図 3-1. (ケース 1 の動学)

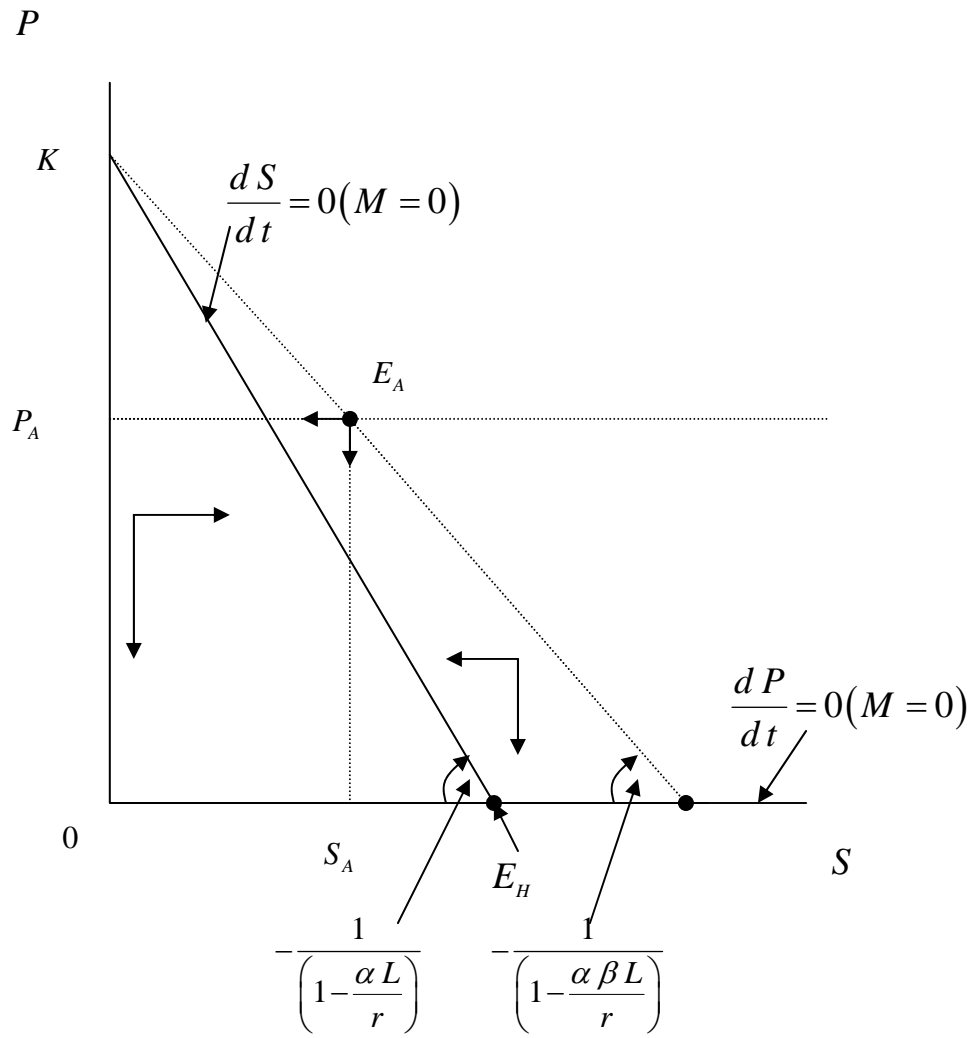


図 3-2. (ケース 1 の動学)

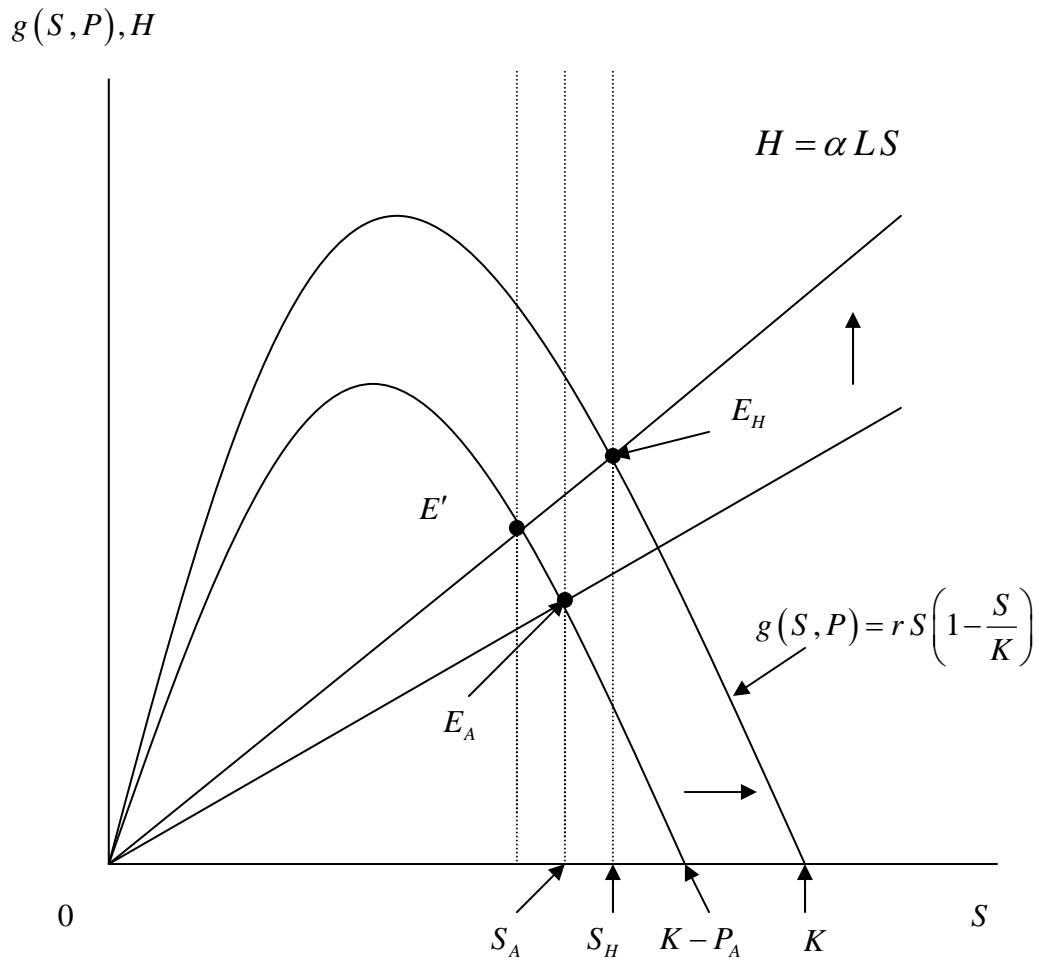
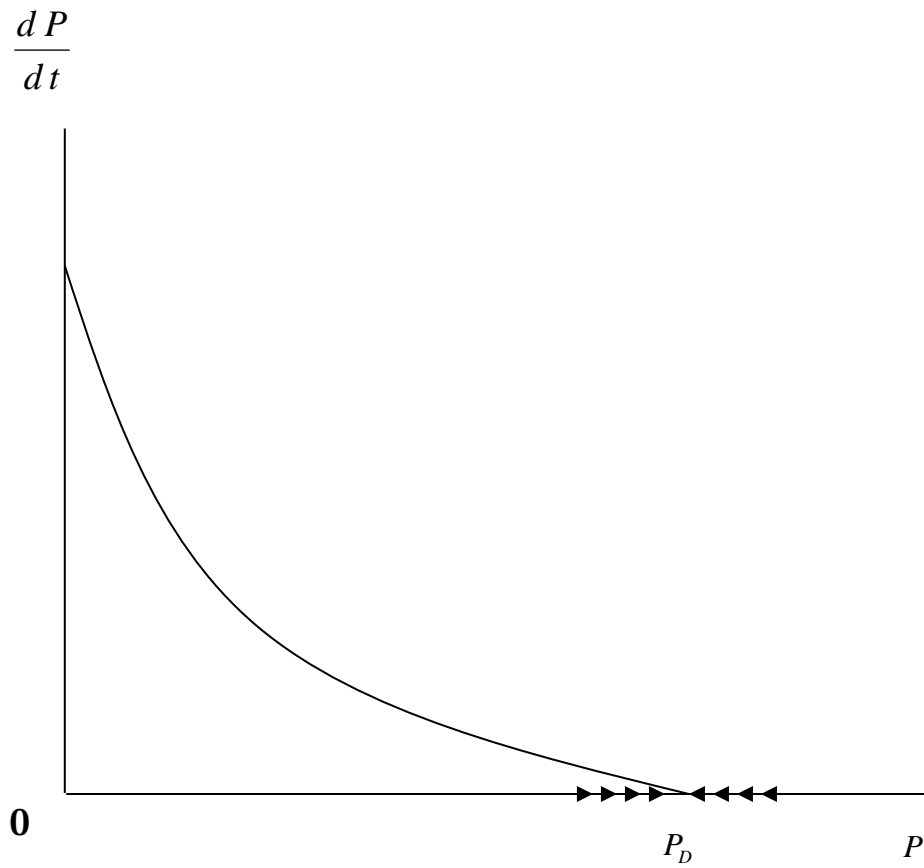


図 4. (ケース 2 の動学¹¹)



¹¹ この図は、命題 2 が成立している場合の動学を表す。

図 5-1. (ケース 3 の動学)

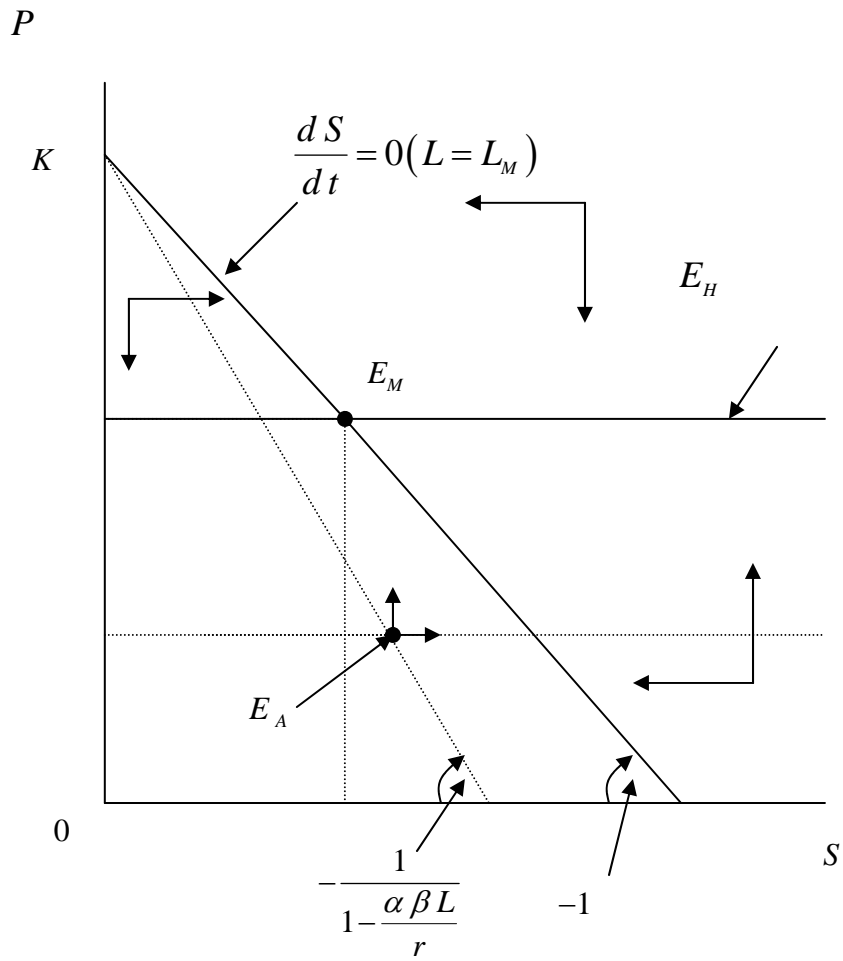


図 5-2. (ケース 3 の動学)

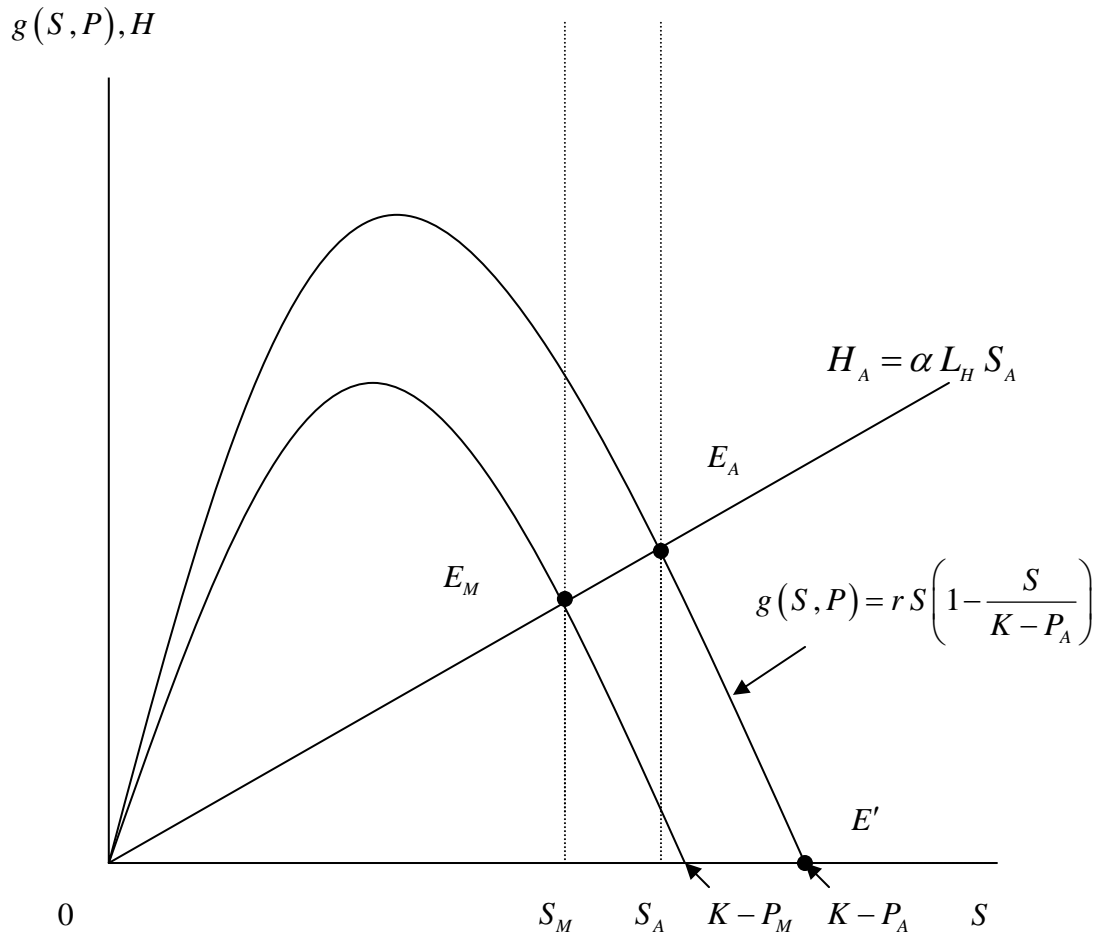


図 6-1. (ケース(iii)の動学)

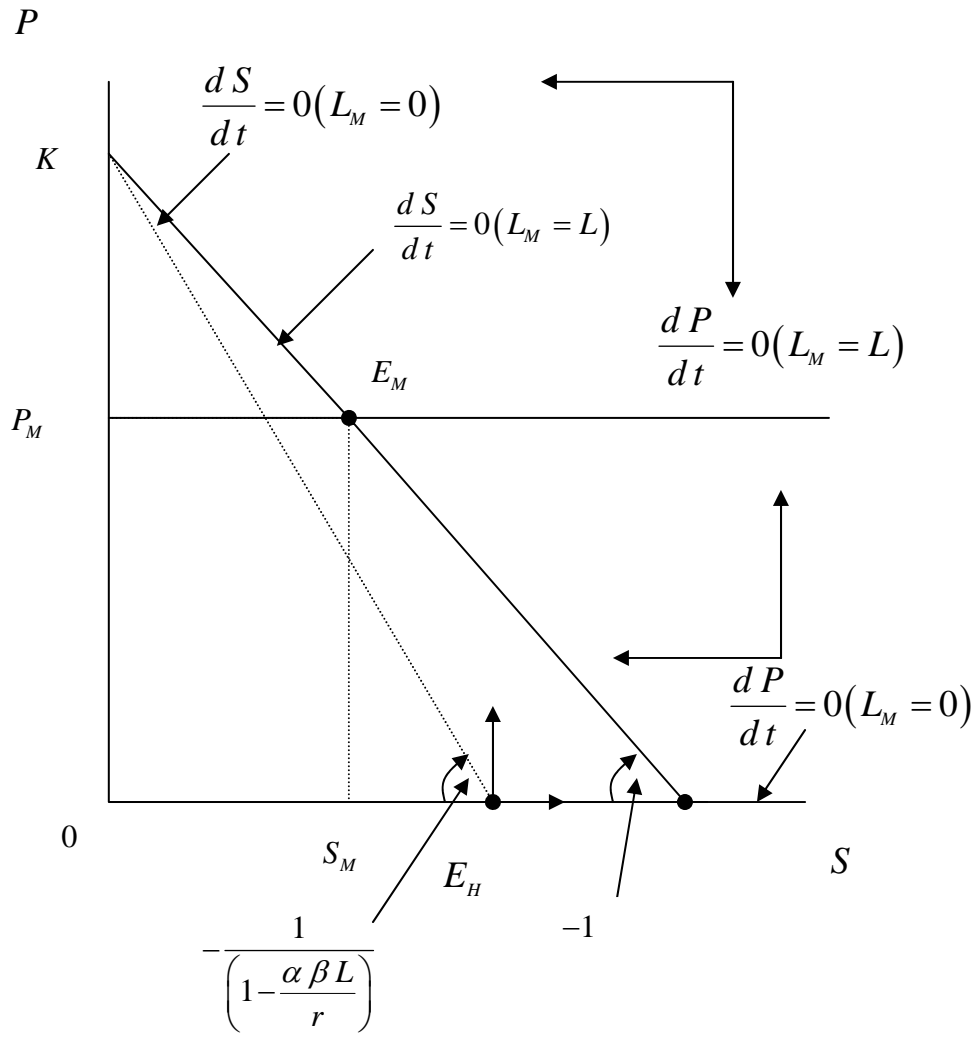


図 6-2. (ケース(iii)の動学)

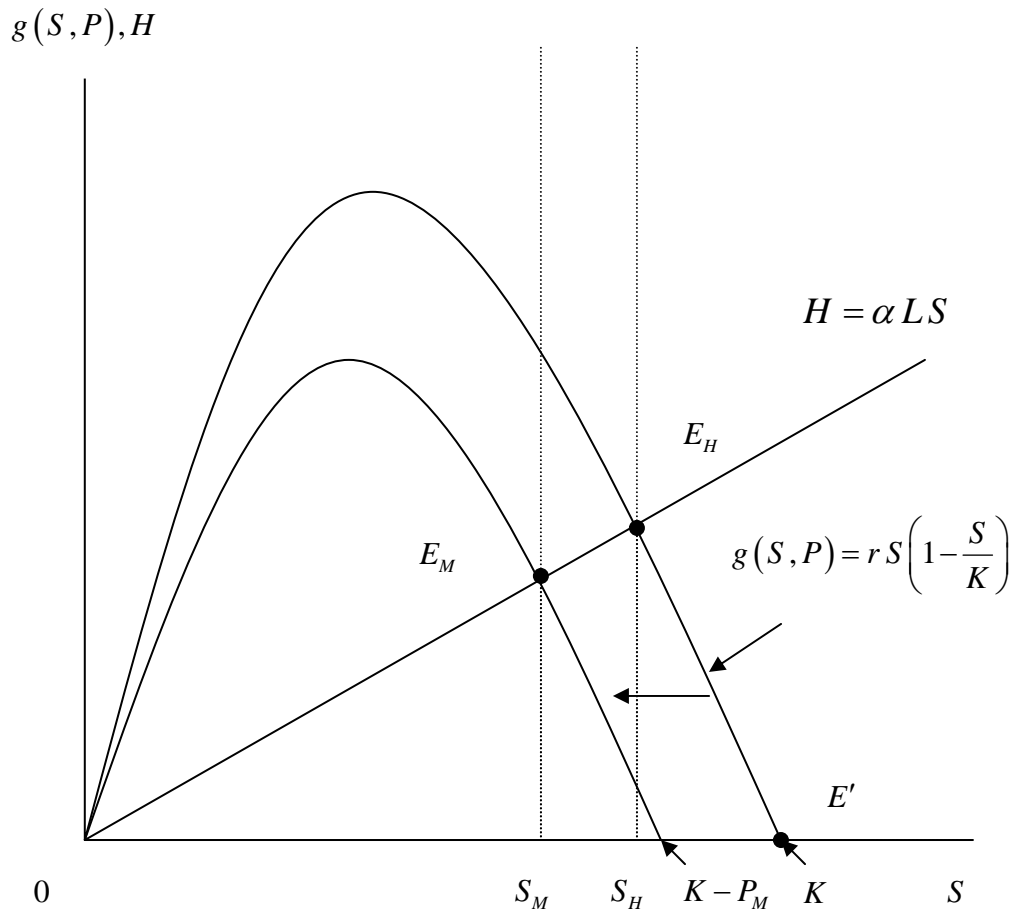


表 1. 長期的な生産パターン

資源豊富国	長期的に実現される 生産パターン
ケース 1 ($p^* \alpha S > 1$)	資源財
ケース 2 ($p^* \alpha S = 1$)	不完全特化

資源稀少国	長期的に実現される 生産パターン
ケース 3 ($p^* \alpha S < 1$)	工業品
ケース 4 ($p^* \alpha S = 1$)	不完全特化

表 2. 課税後の長期的な生産パターン

資源豊富国	長期的に実現される 生産パターン
ケース(i) $((p^* - \tau)\alpha S > 1)$	資源財
ケース(ii) $((p^* - \tau)\alpha S = 1)$	不完全特化
ケース(ii1) $((p^* - \tau)\alpha S < 1)$	工業品

表 3. 資源豊富国のケース

	環境汚染効果が十分に小	環境汚染効果が十分に大
ケース 1	S は減少	S は増大
ケース 2	S は確実に減少	

表 4. 資源稀少国のケース

	環境汚染効果 が十分に小	環境汚染効果が 十分に大
ケース 3	S は増大	S は減少
ケース 4	S は確実に増大	

表 5. 資源豊富国の政策効果

	環境汚染効果 が十分に小	環境汚染効果が 十分に大
ケース(i)	S に対する効果は無効	
ケース(ii)	S は確実に増大	
ケース(iii)	S は増大	S は減少