小国開放経済における工業化は環境を悪化させるのか？ *

小　山　直　則

Summary

Copeland and Taylor (1999) consider the effects of free trade on environmental quality by allowing environmental pollution in industrial sector. I assume that agricultural production also harms to the environmental quality through habitat carrying capacity destruction. The model offer's two arguments. First, if a small open economy specializes in agricultural sector in steady state, then the country's steady-state environmental quality and economic welfare may lower under free trade than in autarky. Second, if a small open economy specialized in industrial sector in steady state, then the country's steady-state environmental quality may be higher under free trade than in autarky.

1. 序

1992年6月にリオ・デジャネイロで国連環境開発会議（地球サミット）が開催され，自由貿易と環境保全の調和が議論された。OECD（1994）では，農業生産にともなう市場の失敗と農業貿易が自然資源に与える影響について展望されている。農業生産に関する市場の失敗の例として，侵食に伴う土壌汚染，地下水汚染，自然の生態系への影響などが挙げられている。自然資源には量的な悪化問題と質的な悪化問題がある。漁業資源，森林資源やエネルギー資源などの自然資源を考察する場合は，ストックの変化という量的な問題が考察される。一方，土壌汚染，地下水汚染，自然の生態系などの自然資源への影響は環境の質（Environmental Quality）の問題である。本稿で考察される自然資源の問題は環境の質の問題である。環境の質の悪化問題については，工業品部門による環境汚染問題だけではなく，農業部門の環境汚染問題についても考慮する必要がある。途上国に見られる農業部門による森林破壊などの不適切な土地利用

〔キー・ワード〕
環境の質，環境容量の制約，環境汚染，特化
* 本稿作成にあたり，本誌レフリーから懇切丁寧なコメントをいただいた。ここに記して感謝申し上げる。もちろん，ありうべき誤謬の一切は筆者のみに帰する。

を通じた環境破壊は農業部門が用いる環境の質を悪化させるという負の外部効果をもたらしている。UNEP（1997）では，土壌劣化の原因として不適切な農法や灌漑にともなう塩害などを挙げている。OECD（1994）は，貿易それ自体は環境問題の原因ではないとしているが，自由貿易がこの外部効果を加速させ，環境と経済厚生を悪化させるのかどうかということについて考察する必要がある。

本稿では，土地という環境の質を導入し，農業部門による土地の開放的利用（Open Access Resource Use）と工業品部門による環境の質の汚染問題を考察する。前者については，農業部門による土地利用は環境の質の環境容量（Carrying Capacity）が変動するという環境容量の制約（Habitat Carrying Capacity Constraint）を考察する。後者については，工業品部門の生産過程から生じる環境汚染が環境の質を直接的に悪化させると考える（環境汚染効果）。環境容量の制約の変動を通じた環境の質の低下問題を考察した先行研究としては，Smulders, Soest and Withagen（2004）がある。ここでは，農業部門の土地利用が自然資本の環境容量（carrying capacity）を減少させるメカニズムを提示している。類似したモデルとして Jinji（2003）がある。Jinji（2003）では，Brander and Taylor（1997）のリカードモデルを基礎にして，農業部門の土地利用が林業部門の用いる森林資源の環境容量を減少させるメカニズムを提示している。

Matsuyama（1992）は，農業部門の生産性と経済成長の関係について議論している。閉鎖経済においては，農業部門の生産性向上は経済成長と正の相関関係を持つ。しかし，小国経済が農業部門に比較優位を持つ場合，農業部門の生産性が向上すると工業品部門の労働力が吸収されることになる。工業品部門に学習効果による成長のエンジンが存在するため，経済成長率が低下することになる。本稿では，環境の質が農業部門の生産性を向上させるストック外部性を仮定しており，農業部門の生産性向上が経済厚生に与える影響に関心がある。Galor and Mountford（2006，08）では，貿易後，先進国と途上国とに二極化するメカニズムについて論じている。先進国における熟練労働集約的な財に特化はより教育投資へのインセンティブを高め，技術進歩と人口転換を促進させ，より熟練労働集約的な財への比較優位性を高めると論じている。途上国は逆に未熟練労働集約的な財に特化はより教育投資へのインセンティブを低め，技術進歩を停滞させ，子供の質よりも量への嗜好を高める。これにより，さらに未熟練労働集約的な財への比較優位性を高める。人口成長が貿易後未熟練労働集約財への特化をもたらし，熟練労働力が相対的に割高となり，教育投資が阻害される。このように貿易パターンによって成長パターンが異なるようなメカニズムは，貿易が環境に与える影響を考察する上でも重要であると考えられる。

本稿と最も関連のある論文は，Copeland and Taylor（1999）である。Matsuyama（1992）と Galor and Mountford（2006，08）では，貿易後の経済成長のパターンに着目しているのに対し，Copeland and Taylor（1999）は，環境の質が農業部門の生産性に与えるストック外部性に着目し，自由貿易が環境と経済厚生に与える影響について分析している。Copeland and Taylor（1999）は，

農業部門と工業品部門からなるリカード型の貿易モデルに環境の質が導入され，環境の質は環境汚染効果によって劣化するものと仮定されている。Copeland and Taylor（1999）の重要な結論は小国経済においては，特化パターンによらず小国の経済厚生は閉鎖経済に比べて長期的に改善されるということである。これは，環境問題が自由貿易や特化パターンにあるのではなく，市場の失敗に起因することを示したところに重要な貢献がある。小国が農業部門に特化すると，環境の質に外部性をもたらしている工業品部門がなくなるので環境は改善され，経済厚生も改善される。一方，工業品部門に特化すると，環境は悪化するが負の外部性を受ける農業部門がなくなるので，経済厚生も改善されるのである。

本稿のモデルは，Ricardo 型の2財貿易モデルに環境の質を導入した Copeland and Taylor（1999）モデルにいくつかの仮定を追加する。Copeland and Taylor（1999）モデルでは，農業部門が用いる環境の質の劣化要因を工業品部門の環境汚染効果のみであるとしているが，本稿のモデルでは，農業部門の土地利用が自然資本の環境容量（Carrying Capacity）を変動させる環境容量の制約を導入している。本稿の主要な結論は，Copeland and Taylor（1999）と以下の点で異なる。第一に，農産物特化定常均衡に移行すると，環境の質が悪化する場合があり，このとき，経済厚生は閉鎖経済に比べて長期的に改善されない。第二に，工業品特化定常均衡に移行しても環境の質が閉鎖経済に比べて長期的に改善される場合がある。

本稿の構成は，以下のとおりである。第2節では，モデルを提示する。第3節では，自由貿易均衡の性質について論じる。第4節では，経済厚生について論じる。第5節では，結論を述べる。

2. モデル

本節では，小国の閉鎖経済モデルを設定し，その均衡を導出する。生産部門は農業部門と工業品部門（ニューメレール）からなる。農業部門は多くの企業からなり，労働と土地を用いて，農産物を生産する。土地は，open access であり，開発した農業者が土地を所有し，利用できるものと仮定する。農業部門の土地利用が環境の質の環境容量を減少させることを通じて環境の質を低下させると仮定する。農業部門の労働生産性は環境の質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。工業品部門の生産過程において生産量の一定割合の環境汚染が排出されると仮定する。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充当する。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。農産物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。

2.1. 環境

環境の質の基本成長構造について，

$$\frac{dN(t)}{dt} = g(N(t), K(t)) - d(t) \tag{1}$$

と仮定する[1)]。ここで，$N(t)$, $K(t)$, $d(t)$ はそれぞれ t 時点における環境の質，環境容量および環境汚染を表す。本稿では，Jinji（2003）や Smulders, Soest and Withagen（2004）などのように農業部門の土地利用を通じた環境容量の変動，すなわち，環境容量の制約条件（habitat carrying capacity constraint）を導入する。途上国などでは，焼畑農業や土壌浸食をもたらすような不適切な農法による土壌の劣化が報告されている（UNEP（1997））。したがって，人為的な働きがないとき，環境の質は自然の土地 $\bar{K}$ に保たれるが，農業部門によって土地が利用され，土壌浸食や塩害などによって環境容量が低下するようなメカニズムが想定できる。そこで，本稿では，土地は農業用地 $K_X(t)$ と自然の土地 $K(t)$ からなるとし，環境の質の環境容量は，自然の土地の大きさに依存して変化し，

$$K(t) = \bar{K} - \eta K_X(t) \tag{2}$$

によって決定されると仮定する。ここで，$\bar{K}$ は農業用地がないときの自然の土地の大きさであり，η は正の定数である。η は焼畑農法など農地の利用が不適切な場合に環境容量を悪化させる影響度を表す。$\eta = 0$ のときが Copeland and Taylor（1999）のケースである。

環境汚染は，工業品の生産量 $Y(t)$ に依存して発生し，

$$d(t) = \lambda Y(t) \tag{3}$$

と仮定する。ここで，λ は排出率である[2)]。環境の質の基本成長構造について，

$$\frac{dN(t)}{dt} = r(K(t) - N(t)) - \lambda Y(t) \tag{4}$$

のように特定化する。ここで，r は環境の質の回復率（recovery rate）を表す。

---

1) 本稿で想定している環境の質は，農業部門が農産物生産に用いる「自然資本（Natural Capital）」のうち土地を想定している。具体的には，農業用地の質である。Copeland and Taylor（1999）は，環境の質は，工業品部門などのフローの環境汚染のみに依存して変化するものと仮定している。本稿では，環境の質を変動させる要因として環境汚染以外に農地の利用による環境容量の低下を想定している。

2) 農業部門がもたらす非点汚染（Nonpoint Pollution）の問題に関する報告は，OECD（1991，94）をはじめ多数存在する。にもかかわらず，Copeland and Taylor（1999）などほとんどの理論研究では，農業部門は非汚染部門と仮定されている。非点汚染とは，ある点で発生した環境汚染物質が大気や水の流れを通じて広域に広がるような環境汚染問題である。現実には，農業部門が汚染部門となることがあるのである。本稿では，農業部門と工業品部門の異なる環境汚染物質に定数 λ を掛けることによって共通の汚染水準を表す尺度に変換している。

2.2. 生産部門

農業部門は次の生産関数

$$X(t)=N(t)L_X(t)^{\alpha}K_X(t)^{1-\alpha} \tag{5}$$

の下で農産物を生産する[3]。ここで，X, L_X, K_X, $\alpha(\in(0,1))$ はそれぞれ，農産物の生産量，労働投入量，土地投入量，定数を表す。土地は，open access であり，開発者が土地を所有し，利用できるものと仮定する。自然の土地を農業用の土地にするためには労働力が必要であると仮定する。$K_X(t)$ だけの農業用地を確保するためには，

$$L_X(t)=\frac{K_X(t)}{\theta} \tag{6}$$

の労働が必要とされると仮定する[4]。個別的企業は環境の質 N 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。農業部門の一階の条件は，

$$p(t)\alpha\theta^{1-\alpha}N(t)\left(\frac{L_X}{L_K}\right)^{\alpha-1}-w(t)=0 \tag{7.1}$$

$$p(t)(1-\alpha)\theta^{1-\alpha}N(t)\left(\frac{L_X}{L_K}\right)^{\alpha}-w(t)=0 \tag{7.2}$$

となる。ここで，w は賃金率を表す。

$$\frac{L_X(t)}{L_K(t)}=\frac{\alpha}{1-\alpha} \tag{7.3}$$

である。

工業品部門は次の生産関数に直面している。

$$Y(t)=L_Y(t) \tag{8}$$

ここで，Y, L_Y はそれぞれ，工業品の生産量，労働投入量を表す。工業品部門においては，

$$1=w(t) \tag{9}$$

が成立する。閉鎖経済の一時的均衡相対価格は（5）式と（7）式より，

3） 農業部門は，農業用地などの環境の質を自然資本として利用しているので，農産物の生産性は，環境の質に大きく作用されると考えられる。そこで，農業部門の生産関数に環境の質によるストック外部性を仮定している。農業部門の労働1単位当たりの生産量は環境の質の水準に依存するという仮定は，Copeland and Taylor（1999）でもなされている。なお，Copeland and Taylor（1999）では，農産物生産の環境の質に対する弾力性を $\varepsilon(\in(0,1))$ とし，生産関数を $X(t)=\{N(t)\}^{\varepsilon}L_X(t)$ $(\varepsilon\in(0,1))$ と仮定している。

4） これらの仮定は，Jinji（2003）で用いられたものと同様である。

$$p(t)=\frac{1}{\phi N(t)} \tag{10}$$

となる。ここで，$\phi \equiv \alpha^{\alpha}(1-\alpha)^{1-\alpha}\theta^{1-\alpha}$ である。

2.3. 家計部門

代表的家計の予算制約は，

$$p(t)x(t)+y(t)=w(t) \tag{11}$$

となる。ここで，$x(t)$，$y(t)$ はそれぞれ，農産物，工業品の個別的需要量を表す。代表的家計は予算制約の下で，効用関数 $u(t)=\beta \log x(t)+(1-\beta)\log y(t)$ 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，資源財と工業品の集計的需要関数は，それぞれ，

$$x(t)=\frac{\beta I(t)}{p(t)} \tag{12}$$

$$y(t)=(1-\beta)I(t) \tag{13}$$

となる。ここで，労働供給量を L とすると，$I(t)\equiv w(t)L$ である。

2.4. 一時的均衡

自国の閉鎖経済下での最終財市場の均衡条件は，

$$x(t)=X(t) \tag{14.1}$$

$$y(t)=Y(t) \tag{14.2}$$

となる。労働の完全雇用条件は，

$$L_X(t)+L_K(t)+L_Y(t)=L \tag{15}$$

となる。

(8) 式，(10-a) 式および (11-a) 式より，一時的均衡における農産物の生産量 X は，

$$X(t)=\beta\phi N(t)L \tag{16.1}$$

$$Y(t)=(1-\beta)L \tag{16.2}$$

$$L_K(t)=(1-\alpha)\beta L \tag{16.3}$$

$$L_X(t)=\alpha\beta L \tag{16.4}$$

となる。(6-b) 式，(7) 式，(10-b) 式，(11-b) 式および (13) 式より，一時的均衡における環境汚染の排出量は

$$d(t)=\lambda(1-\beta)L \tag{16.5}$$

となる。

2.5. 閉鎖経済の定常均衡

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両財を生産している。(6) 式と (16.3) 式を (2) 式に代入すると，

$$K(t)=\bar{K}-\eta(1-\alpha)\theta\beta L$$

を得る。さらに，(3) 式，(8) 式，および (16.2) 式より，

$$d(t)=\lambda Y(t)=\lambda(1-\beta)L$$

を得る。これらを (4) 式に代入すると，

$$\frac{dN(t)}{dt}=r\left\{\bar{K}-\eta(1-\alpha)\beta\theta L-N(t)\right\}-\lambda(1-\beta)L \tag{17}$$

を得る。したがって，$\frac{dN(t)}{dt}=0$ となるような環境の質の閉鎖経済における定常均衡は，

$$N_A=\bar{K}-\eta(1-\alpha)\beta\theta L-\frac{\lambda(1-\beta)L}{r} \tag{18}$$

となる[5)]。

3. 自由貿易と環境

本節では，外国との財貿易を導入する。本稿のモデルでは，環境の質への影響について二つの効果がある。一つは，環境汚染効果である。これは，Copeland and Taylor (1999) と同様に，工業品部門が環境汚染の排出を通じて環境の質を劣化させる効果である。もう一つは，環境容量の制約条件 (habitat carrying capacity constraint) である。これは，(2) 式において農業部門の土地利用を通じた環境容量の変化が環境の質に与える効果である。これらの効果を考慮に入れると，財貿易開始後の長期的な貿易パターンは環境の質にどのように影響を及ぼすのであろうか？

---

5) (17) 式の微分方程式を解くと，$N(T)=\left\{N(0)-\left(A-\frac{B}{r}\right)\right\}e^{-rT}+\left(A-\frac{B}{r}\right)$ となる。ここで，$A\equiv\bar{K}-\eta(1-\alpha)\beta\theta L$，$B\equiv\lambda(1-\beta)L$ である。環境の質 $N(t)$ は $T\to\infty$ において，(18) 式の値に収束する。

本節では，小国の長期的な貿易パターンが環境汚染効果と環境容量の制約条件を通じて環境の質および経済厚生に及ぼす効果について分析する。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。小国は財貿易開始時点において，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。閉鎖経済の定常点 N_A および定常点以外の任意の点 $N(t)$ でも一時的に（10）式が成立するが，農産物の世界相対価格が p^* にジャンプすると，$p^*\phi N(t)>1$ となる小国は，農業部門の価値限界生産性が工業品部門のそれを上回り，小国は一時的に農産物に特化し，これを輸出する。$p^*\phi N(t)<1$ となる小国は，農業部門の価値限界生産性が工業品部門のそれを下回り，小国は一時的に工業品に特化し，これを輸出する。$p^*\phi N(t)=1$ となる小国の生産及び貿易パターンは不決定である。

一時的な生産パターンの特化は，環境の質を自由貿易定常均衡に向かって移行させる。環境の質の動学には，次の３つのレジームが存在する。第１に，環境の質が $N(t)>\dfrac{1}{\phi p^*}$ となるような領域にあるときの動学である（これを以下ではレジーム１と呼ぶ）。第２に，環境の質が $N(t)=\dfrac{1}{\phi p^*}$ となるような領域にあるときの動学である（これを以下ではレジーム２と呼ぶ）。第３に，環境の質が $N(t)<\dfrac{1}{\phi p^*}$ となるような領域にあるときの動学である（これを以下ではレジーム３と呼ぶ）。したがって，自由貿易経済の３つのレジームは，次の動学システム

$$\frac{dN(t)}{dt}=r\left[\bar{K}-\eta\theta(1-\alpha)\{L-L_Y(t)\}-N(t)\right]-\lambda L_Y(t) \tag{19}$$

$$L_Y\begin{cases}=0 \quad if \quad N(t)\in\left(\dfrac{1}{\phi p^*},\bar{K}\right)\\ \in(0,L) \quad if \quad N(t)=\dfrac{1}{\phi p^*}\\ =L \quad if \quad N(t)\in\left(0,\dfrac{1}{\phi p^*}\right)\end{cases} \tag{20}$$

に集約され，N と L_Y の２つを変数とする体系として記述される。(20) 式は，農産物の世界相対価格の大きさによって，小国における動学には３つのレジームが存在することを意味している。

まず，小国が農産物特化定常均衡に移行する可能性について考察しよう。閉鎖経済の定常均衡を初期値 N_A として，相対価格が $p^*(>p_A)$ にジャンプすると，$p^*\phi N_A>1$ となる。このとき，小国は一時的に農産物生産に特化する。小国の環境の質が $p^*\phi N_X>1$ を満たすような水準 N_X にとどまるとき，小国は農産物特化定常均衡に移行する[6)]。

小国が長期的に農産物に特化する場合の均衡を求めよう。このとき，小国の労働は，農産物の生産労働と農業用地の開発労働に向かうことになる。したがって，

6) 小国の環境の質が閉鎖経済の初期値よりも悪化し，$p^*\phi N_D=1$ を満たすような水準 N_D に移行する場合，小国は不完全特化定常均衡に移行するがこのようなケースは不安定となることは後で証明される。

$$L_X(t)+L_K(t)=L \tag{21}$$

が成立する。(7.3) 式より,

$$L_K(t)=(1-\alpha)L \tag{22}$$

を得る。これと (2) 式と (6) 式を用いると,

$$K_X(t)=\eta\theta(1-\alpha)L \tag{23}$$

を得る。ここで, K_X は小国が農産物に特化しているときの農業用地である。(23) 式を (4) 式に代入すると,

$$\frac{dN(t)}{dt}=r(\bar{K}-\eta(1-\alpha)\theta L-N(t)) \tag{24}$$

を得る。これより, 農産物特化定常均衡における環境の質は,

$$N_X=\bar{K}-\eta(1-\alpha)\theta L \tag{25}$$

となる。これと (18) 式を比較すると,

$$N_X-N_A=L(1-\beta)\left\{\frac{\lambda}{r}-\eta\theta(1-\alpha)\right\}$$

となる。Copeland and Taylor (1999) の場合は, $\eta=0$ であるので長期的に確実に $N_X>N_A$ となる。一方, $\eta>0$ の場合について, 以下の命題を得る。

命題 1.

小国経済が, 長期的に農産物に特化する場合, 以下が成立する。

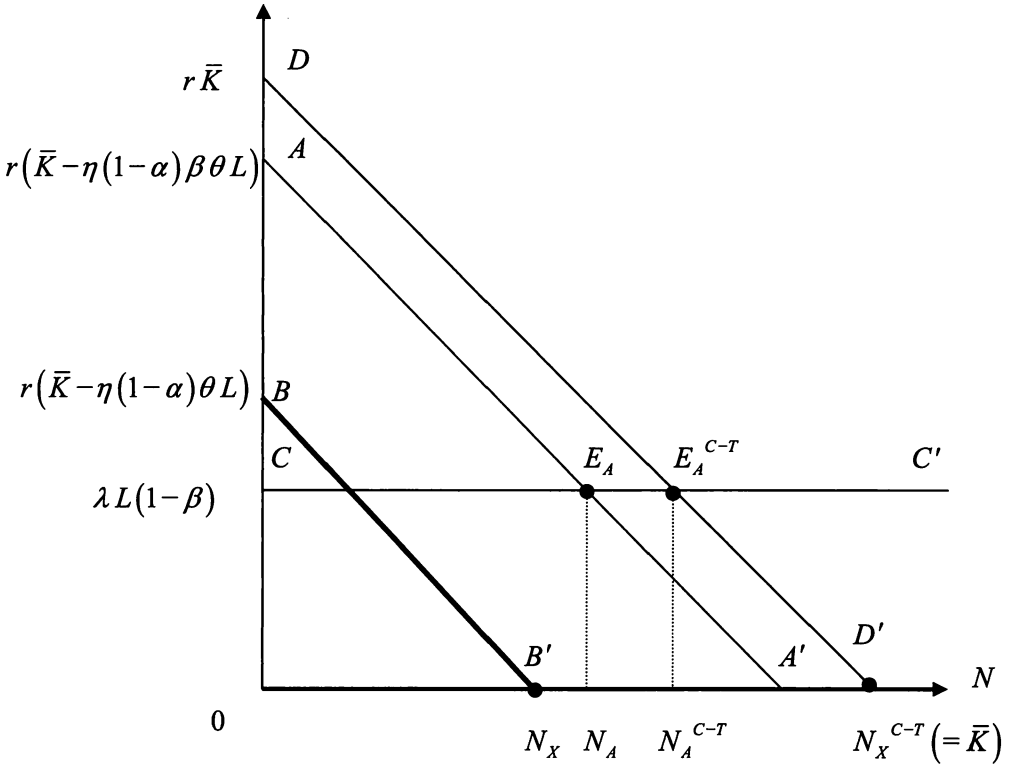
(i) 農地利用の環境の質への影響度が十分に低い場合, すなわち, $\eta<\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき, 小国の環境は閉鎖経済よりも改善する。

(ii) 農地利用の環境の質への影響度が十分に高い場合, すなわち, $\eta>\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき, 小国の環境は閉鎖経済よりも悪化する。

(iii) $\eta=\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき, 小国の環境は閉鎖経済と不変である。

命題 1 の結論は, Copeland and Taylor (1999) とは異なり, 農産物への特化によって小国の環境の質が悪化する場合があるということである。この場合の動学的性質について図 1 を用いて考察しよう。図 1 には, 閉鎖経済の定常均衡 N_A と農産物特化定常均衡 N_X が描かれている。図 1 は, 小国が農業部門に特化した場合に環境の質が悪化する場合が描かれている。(17) 式の右辺の第 1 項目の環境容量の制約条件と第 2 項目の環境汚染効果によって閉鎖経済の定常均

図1　農産物特化定常均衡



衡が決定される。前者の効果は図1のAA'線，後者の効果は図1のCC'線によって表され，それらの交点E_Aで閉鎖経済の定常均衡が決定される。E_A点よりも左側に初期値があるときは，環境容量の制約条件の変動の方が環境汚染効果よりも大きいので，(17) 式より$\frac{dN(t)}{dt}>0$となり，環境の質は改善される。E_A点よりも右側に初期値があるときは，環境容量の制約条件の変動の方が環境汚染効果よりも小さいので，(17) 式より$\frac{dN(t)}{dt}<0$となり，環境の質は悪化する。したがって，任意の初期値からE_Aに安定的収束することがわかる。閉鎖経済の定常均衡E_Aを初期値として，貿易が開始されると農産物の相対価格が$p^*>p_A$にジャンプする。すると，小国は農業部門に一時的に特化するので，工業品部門の環境汚染効果はゼロとなる。同時に環境容量の制約条件がBB'線にジャンプし，環境容量が縮小する。以下で明らかにされるように，不完全特化定常均衡に安定的に移行する経路が存在しないので，環境の質はN_AからN_Xに徐々に縮小し，小国は長期的に農産物に特化し続けることになる。$\eta=0$のCopeland and Taylor (1999)

7)　小国の環境の質が閉鎖経済の初期値よりも改善し，$p^*\phi N_D=1$を満たすような水準N_Dに移行する場合，小国は不完全特化定常均衡に移行するがこのようなケースは不安定となることは後で証明される。

の場合は，環境容量の制約条件はDD'線となる。環境汚染効果はCC'線となる。これらの交点である$E_A^{C\text{-}T}$点がCopeland and Taylor（1999）の場合の閉鎖経済の定常均衡となる。貿易が始まり，農産物の相対価格が$p^*>p_A$にジャンプすると，環境汚染効果がゼロとなるので，Copeland and Taylor（1999）の場合の農産物特化定常均衡は$N_X^{C\text{-}T}$となる。

次に，図1を用いて農産物への特化によって小国の環境の質が悪化する要因について検討しよう。図1より，工業品の排出率λが十分に低く，環境の回復率rが十分に高い場合は，閉鎖経済の定常均衡N_Aが大きくなることがわかる。工業品の排出率λが十分に低く，環境の回復率rが十分に高い場合は，命題1の（ii）の条件が成立しやすくなる。(25）式より，農産物特化定常均衡は，排出率や回復率に依存しないので，農産物への特化は環境の質を荒廃させるのである。排出率の低い国，すなわち，環境技術の高い小国は，閉鎖経済の環境水準は高く，農業に特化するとかえって環境が悪化することを意味する。このような結論が得られるのは，環境の質を劣化させるメカニズムが環境汚染効果だけではなく，環境容量の制約条件の変動があるからである。$\eta=0$のCopeland and Taylor（1999）の場合は，(2）式の$K_X(t)$がゼロとなるから，貿易後の小国の環境の質は貿易後$\bar{K}$に向かうはずである。したがって，環境汚染効果のみが変動するCopeland and Taylor（1999）の場合は，小国が農産物に特化する場合は小国の環境の質は閉鎖経済に比べて確実に改善されることになるのである。

以下では，小国が工業品特化定常均衡に移行する可能性について考察しよう。閉鎖経済の定常均衡を初期値N_Aとして，世界相対価格が$p^*(<p_A)$にジャンプすると，$p^*\phi N_A<1$となる。このとき，小国は一時的に工業品生産に特化する。小国の環境の質が$p^*\phi N_Y<1$を満たすような水準N_Yにとどまるとき，小国は工業品特化定常均衡に移行する[7)]。

小国が長期的に農産物に特化する場合の均衡を求めよう。このとき，すべての労働は，工業品に向けられるから，

$$Y(t)=L \tag{26}$$

となる。このとき，環境汚染効果のみが発生する。(3）式と（4）式を用いると，

$$\frac{dN(t)}{dt}=r(\bar{K}-N(t))-\lambda L \tag{27}$$

を得る。これより，工業品特化定常均衡は，

$$N_Y=\bar{K}-\frac{\lambda L}{r} \tag{28}$$

となる。これと（18）式を比較すると，

$$N_Y-N_A=\bar{K}-\frac{\lambda L}{r}-\bar{K}+\eta(1-\alpha)\beta\theta L+\frac{\lambda(1-\beta)L}{r}$$

$$N_Y-N_A=\beta L\left\{\eta(1-\alpha)\theta-\frac{\lambda}{r}\right\}$$

となる。Copeland and Taylor（1999）の場合は，$\eta=0$ であるので長期的に確実に $N_Y<N_A$ となる。一方，$\eta>0$ の場合について，以下の命題を得る。

命題 2.

小国経済が，長期的に工業品に特化する場合，以下が成立する。

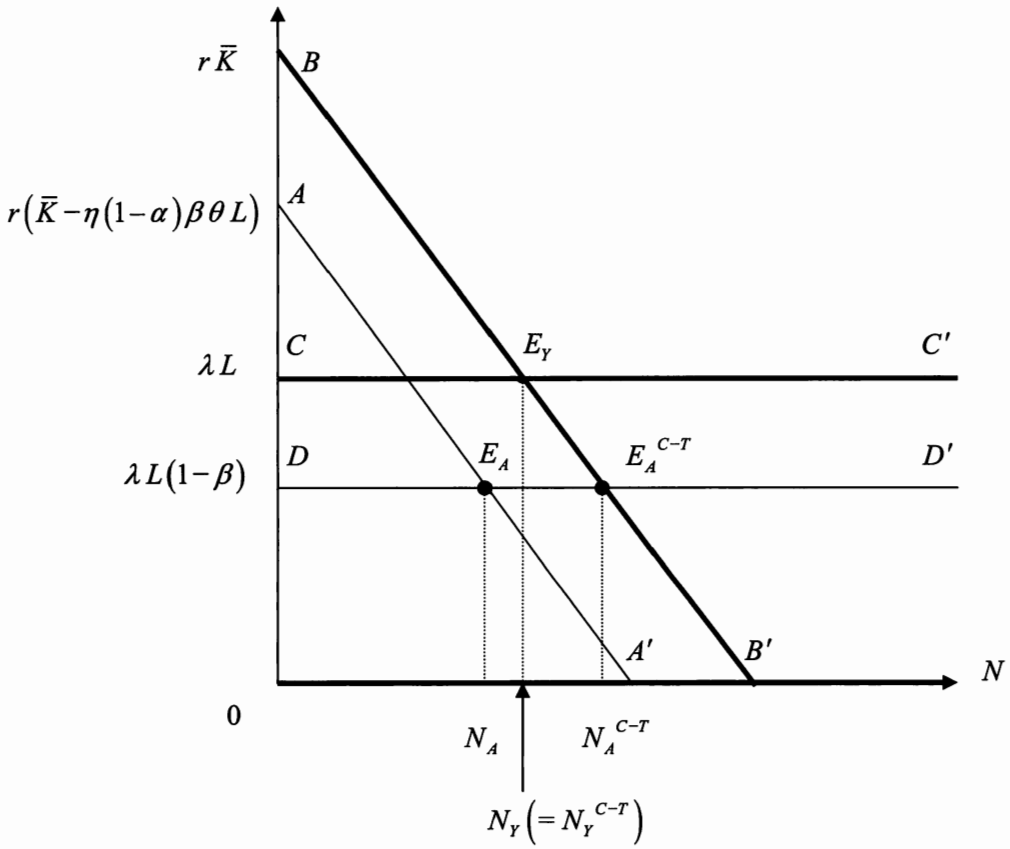
(i) 農地利用の環境の質への影響度が十分低い場合，すなわち，$\eta<\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき，小国の環境は閉鎖経済よりも悪化する。

(ii) 農地利用の環境の質への影響度が十分高い場合，すなわち，$\eta>\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき，小国の環境は閉鎖経済よりも改善する。

(iii) $\eta=\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき，小国の環境は閉鎖経済と不変である。

命題 2 の結論は，Copeland and Taylor（1999）とは異なり，農業生産をしていた小国の工業品への特化は，小国の環境の質を改善する場合がある。この場合の動学的性質について図 2 を

図 2　工業品特化定常均衡



用いて考察しよう。図2には，閉鎖経済の定常均衡N_Aと工業品特化定常均衡N_Yが描かれている。図2は，小国が工業品部門に特化した場合に環境の質が改善する場合が描かれている。閉鎖経済の定常均衡E_Aを初期値として，貿易が開始されると農産物の世界相対価格が$p^*<p_A$にジャンプする。すると，小国は工業品部門に一時的に特化するので，工業品部門の環境汚染効果はCC'線にジャンプする。同時に環境容量の制約条件がBB'線にジャンプし，環境容量が拡大する。命題3で明らかにされるように，不完全特化定常均衡に安定的に移行する経路が存在しないので，環境の質はN_AからN_Yに徐々に拡大し，小国は長期的に工業品に特化し続けることになる。工業品に特化する場合の定常均衡は，Copeland and Taylor (1999) と同じである。

次に，図2を用いて工業品への特化によって小国の環境の質が改善する要因について検討しよう。図2より，工業品の排出率λが十分に低く，環境の回復率rが十分に高い場合は，AA'線とBB'線が時計回りに回転し，CC'線とDD'線が下に移動する。工業品の排出率λが十分に低く，環境の回復率rが十分に高い場合は，命題2の（ii）の条件が成立しやすくなる。このとき，N_AとN_Yがともに大きくなるがN_Xの方が速く大きくなるので，自由貿易による工業品への特化は農業資源を荒廃させるのである。このような結論が得られるのは，小国の環境技術が高くても閉鎖経済のときには環境汚染効果のみならず環境容量の制約条件も変動するため環境の質に負の働きをするからである。したがって，工業品に特化すると環境の質が改善する場合があることを意味する。Copeland and Taylor（1999）の場合の閉鎖経済の定常均衡は図2の$E_A^{C\text{-}T}$点となる。貿易が始まり，工業品に特化すると定常均衡はE_Yに移行する。このときの均衡は（26）式と（28）式と同じである。したがって，Copeland and Taylor（1999）の場合は，小国の環境の質は閉鎖経済に比べて確実に悪化する。

以下では，不完全特化定常均衡の可能性について考察する。自由貿易下の世界相対価格が閉鎖経済の相対価格よりも高い場合，すなわち，$p^*>p_A$の場合から考察する。このとき，貿易が始まると$p^*>\dfrac{1}{\phi N_A}$となり，小国は一時的に農産物に特化する。長期的に小国が不完全特化定常均衡N_Dに移行すると，均衡では$p^*=\dfrac{1}{\phi N_D}$が満たされているはずである。ここで，$N_A>N_D$である。(19) 式と (25) 式を用いて$p^*=\dfrac{1}{\phi N_D}$を満たす工業品部門の労働投入量L_Y^Dを求めると，

$$L_Y^D=\frac{\bar{K}-\eta\theta(1-\alpha)L-N_D}{\dfrac{\lambda}{r}-\eta\theta(1-\alpha)}=\frac{N_X-N_D}{\dfrac{\lambda}{r}-\eta\theta(1-\alpha)} \tag{29}$$

を得る。$N_X>\dfrac{1}{p^f\phi}=N_D$であるから，$\eta<\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$でなければ，非負の不完全特化定常均衡は存在しない。$p^*>\dfrac{1}{\phi N_A}$である小国が農業部門に一時的に特化すると，命題1より，$\eta<\dfrac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$のとき，環境の質は閉鎖経済のときよりも改善される（$N_X>N_A$）。以上の考察から，農産物特化定常均衡，閉鎖経済定常均衡および不完全特化定常均衡の大小関係は，$N_X>N_A>N_D$となっ

ている。したがって，$p^* > \frac{1}{\phi N_A}$ かつ $\frac{\lambda}{r} > \eta\theta(1-\alpha)$ である小国は，貿易開始後農業部門に一時的に特化する。そして，命題1より環境の質が改善されながら農業部門の価値限界生産性は貿易開始時点よりも高まるため，長期的にも農産物に特化し続ける。不完全特化定常均衡は，環境の質が N_A よりも悪化しなければ到達することはできない。したがって，$p^* > \frac{1}{\phi N_A}$ かつ $\eta < \frac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ である小国経済において，不完全特化定常均衡に安定的に移行する経路は存在しない。

次に，$p^* < \frac{1}{\phi N_A}$ かつ $\eta < \frac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ である小国経済の不完全特化定常均衡への移行経路の可能性について分析しよう。不完全特化定常均衡における工業品部門の労働投入量は（29）式と同様である。$p^* < \frac{1}{\phi N_A}$ $(N_D > N_A)$ である小国が工業品部門に一時的に特化すると，命題2より，$\eta < \frac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ のとき，環境の質は閉鎖経済のときよりも悪化する（$N_A > N_Y$）。以上のことから，農産物特化定常均衡，閉鎖経済定常均衡および不完全特化定常均衡の大小関係は，$N_D > N_A > N_Y$ となっている。したがって，$p^* < \frac{1}{\phi N_A}$ かつ $\eta < \frac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ である小国は，貿易開始後工業品部門に一時的に特化する。そして，命題2より環境の質が悪化しながら工業品部門の価値限界生産性は貿易開始時点よりも悪化するため，長期的にも工業品に特化し続ける。不完全特化定常均衡は，環境の質が N_A よりも改善しなければ到達することはできない。したがって，$p^* < \frac{1}{\phi N_A}$ かつ $\eta < \frac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ である小国経済において，不完全特化定常均衡に安定的に移行する経路は存在しない。

したがって，$\eta < \frac{\lambda}{r\theta(1-\alpha)}$ を満たすとき，非負の不完全特化定常均衡は存在しない。以上の考察から，本稿のモデルでも Copeland and Taylor（1999）のように二つの特化定常均衡のみが安定均衡である。

4. 自由貿易と経済厚生

本節では，安定均衡である農産物特化定常均衡と工業品特化定常均衡のそれぞれの場合の実質所得の変化による購買力の変化を通じて小国の経済厚生について論じる。

まず，世界価格が閉鎖経済における相対価格よりも高い場合を考察しよう。閉鎖経済の定常均衡において，相対価格が p^* にジャンプすると，$p^*\phi N_A > 1$ となる。このとき，小国は一時的に農産物に特化する。長期的に $p^* > p_A$ かつ $p^*\phi N > 1$ が成立するとき，経済は長期的に農産物特化定常均衡に移行する。命題1より，農産物特化定常均衡は，$N_X \geq N_A$ の場合と $N_X < N_A$ の場合とがある。農産物特化定常均衡では，$p^*\phi N_X = w(>1 = p_A\theta N_A)$ が満たされている。閉鎖経済と自由貿易経済の実質賃金はそれぞれ，$\frac{1}{p_A} = \phi N_A$，$\frac{w^*}{p^*} = \phi N_X$ となる。$N_X > N_A$ の場合，自由貿易下の方が閉鎖経済よりも実質賃金率が高くなり，小国の経済厚生は閉鎖経済に比べて長期的に改善される。$N_X < N_A$ の場合，自由貿易下の方が閉鎖経済よりも実質賃金率が低くなり，小国の経済厚生は閉鎖経済に比べて長期的に悪化する。$N_A = N_X$ のとき，小国の経済厚生は閉鎖

経済と不変である。

次に，世界価格が閉鎖経済の相対価格よりも低い場合を考察しよう。閉鎖経済の定常均衡において，相対価格がp^*にジャンプすると，$p^*\phi N_A<1$となる。したがって，小国は一時的に工業品に特化する。長期的に$p^*<p_A$かつ$p^*\phi N_Y<1$が成立するとき，経済は長期的に工業品特化定常均衡に移行する。命題2より，農産物特化定常均衡は，$N_Y \leq N_A$の場合と$N_Y>N_A$の場合とがある。工業品特化定常均衡では，$p^*\theta N_Y<1(=p_A\theta N_A)$が満たされている。閉鎖経済と自由貿易経済の実質賃金はそれぞれ，$\frac{1}{p_A}=\phi N_A$，$\frac{1}{p^*}(>\phi N_Y)$となる。$p^*<p_A$なので，小国が工業品特化定常均衡に移行すると経済厚生は閉鎖経済に比べて長期的に確実に改善される。以上の考察から，以下の命題を得る。

命題3.

(i) 小国が農産物特化定常均衡に移行する場合，環境の質が閉鎖経済に比べて改善（悪化）する場合は，経済厚生が改善（悪化）する。

(ii) 小国が工業品特化定常均衡に移行する場合，経済厚生は確実に改善する。

Copeland and Taylor（1999）の場合，農産物特化定常均衡に移行する場合，農業部門に外部効果を与える工業品部門がなくなるので，経済厚生は確実に改善する。工業品特化定常均衡に移行する場合，外部効果を受ける農業部門がなくなるので，経済厚生は確実に改善する。本稿の場合は，Copeland and Taylor（1999）とは異なり，農産物特化定常均衡に移行すると，小国の経済厚生は，確実には改善されない。このような結論が得られるのは，環境容量の制約条件が変動するからである。

5. 結論

本稿では，農業部門が環境汚染部門であるという想定のもとで，Copeland and Taylor（1999）モデルを拡張した。環境の質に与える影響が環境汚染効果だけである場合，小国の環境技術に関わらず自由貿易下では閉鎖経済に比べて長期的に環境の質が改善される。しかし，本稿のように環境容量の制約条件の変動が導入される場合はどうなるであろうか。この場合，環境技術の高さ（λ）よりも環境容量の制約（η）が強い小国は農産物特化定常均衡に移行すると環境の質は悪化し，経済厚生は閉鎖経済に比べて長期的に悪化する。これは，Copeland and Taylor（1999）とは異なる結論である。一方，工業品特化定常均衡に移行する場合は，Copeland and Taylor（1999）とは異なり，環境技術の高い小国の環境の質は改善する。このとき，小国の経済厚生はCopeland and Taylor（1999）と同様に，閉鎖経済に比べて長期的に改善される。

このように，貿易パターンだけではなく，初期における環境技術の水準と環境容量の制約の

相対的な大小関係が貿易後の環境の質に影響を与えるのである。環境技術が環境容量の制約よりも相対的に高い国の工業化は自由貿易においては環境の質を改善させ，経済厚生も改善する。逆に，環境技術が環境容量の制約よりも相対的に低い国の工業化は環境の質を悪化させることになる。環境技術の高い先進的な農業国は，自由貿易においては環境の質を悪化させ，経済厚生も悪化する。環境技術の乏しい後進的な農業国は，自由貿易においては環境の質を改善させ，経済厚生も改善する。環境技術が環境容量の制約よりも相対的に高いことが環境に長期的に確実にプラスに働くのは，工業化するときのみである。貿易パターンおよび初期における環境技術が貿易後の環境の質と経済厚生が決定されるというメカニズムは，Matsuyama（1992）やGalor and Mountford（2006，08）の貿易パターンによる経済の成長経路の二極化の議論のメカニズムと関連させると興味深いものである。本稿では，環境汚染効果と環境容量の制約の変動の下での自由貿易が環境の質と経済厚生に与える影響について考察してきた。2国モデルへの拡張や貿易規制の考察については今後の課題としたい。

参 考 文 献

Brander, J. M. and M. S. Taylor (1997), "International trade and open access renewable resources: the small open economy case," *Canadian Journal of Economics*.

Copeland, B. R. and M. S. Taylor (1999), "Trade, Spatial Separation, and the Environment," *Journal of International Economics* , Vol. 47.

Galor, O. and A. Mountford (2006), "Trade and the Great Divergence: The Family Connection," *CEPR Discussion Papers* 5490.

Galor, O. and A. Mountford (2008), "Trading Population for Productivity: Theory and Evidence," *Review of Economic Studies*, Vol. 75, Issue 4.

Jinji, N. (2006) "International Trade and Terrestrial Open-access Renewable Resources in a Small Open Economy." *Canadian Journal of Economics*, Vol. 39 No. 3, pp. 790–808.

Matsuyama (1992), "Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth," *Journal of Economic Theory*, Vol. 58, Issue 2.

OECD, *The environmental effects of trade*, (1994).

OECD, *The State of the Environment*, (1991).

Smulders, S. ,Daan Van Soest and Cees Withagen (2004), "International trade, species diversity, and habitat conservation," *Journal of Environmental Economics and Management* , Vol. 48, Issue 2, pp. 891–910.

UNEP (1997), *World Atlas of Desertitication*, 2nd. ed. Arnold.