

# 貿易の利益と環境汚染

－小国の場合－

寶多 康弘

International Trade and the Environment in a Small Open Economy

TAKARADA Yasuhiro

## Abstract

In this paper, we develop a simple two-sector small country model to show gains from trade under environmental pollution. Production in one industry generates pollution, which lowers the productivity of an environmentally sensitive sector. Trade can lead to the spatial separation of production and generate productivity gains. However, the small country may lose from trade, which depends on its production pattern.

**Keywords:** Pollution; Production externality; Trade pattern

## [要約]

本稿の目的は、国内に環境汚染物質を排出する産業（工業部門）と、その汚染によって生産活動が影響を受ける環境依存型産業（農業部門）が存在するとき、国際貿易はいかなる効果をもつかを理論モデルで考察することである。主な結論として、第一に、貿易開始後に工業品を輸入するとき、この国の厚生はその貿易によって必ず改善する。工業品を輸入することによって、環境汚染型産業の生産を縮小することができ、農業部門の生産性が高まるからである。第二に、貿易開始後に工業品を輸出するとき、貿易により損失が発生する場合がある。不完全特化している下での工業部門の生産の拡大は、農業部門の生産性を下げる効果をもつためである。環境汚染が生産活動に影響を与える場合、小国は貿易により必ずしも利益を得るわけではない。

## 1. はじめに

近年の貿易規模の拡大と地球環境問題の深刻化に伴って、貿易が地球環境問題にたいしてどのような影響を与えるかについての関心が高まっている。海外との貿易がない自給自足のときは、必要とされるすべての財を自国で生産する。越境汚染が深刻でないならば、国内消費のための生産による汚染の影響を受けるだけである。しかし、貿易が行われるとき、ある財は自国で消費する以上の量を生産することになり、消費地と生産地は異なってくる。このとき、環境汚染型産業に比較優位を持つ国は、貿易後その財の生産を拡大することになり、自給自足のときよりも汚染を拡大することになる。このように、貿易は各国

の生産パターンを変化させることによって、環境に影響を与える。

本稿の目的は、国内に環境汚染物質を排出する産業（工業部門）と、その汚染により生産活動が影響を受ける環境依存型産業（農業部門）の相反する産業が存在するとき、国際貿易はいかなる効果をもつかを分析することである。本稿では、環境汚染が生産活動に影響を与える場合を純粹に分析するために、環境汚染が消費者の効用に直接影響を与える場合は考察しない。議論を明確にするために、単純な小国モデルを用いる。基本的なモデルの構造は、Copeland and Taylor (1999)と同様である。

主な結論として、第一に、貿易後に工業品を輸入するとき、自国の厚生はその貿易によって必ず改善する。工業品の輸入によって、環境汚染産業の生産を縮小することができ、環境依存型産業である農業部門の生産性は上がる。これにより、国民所得が増加して貿易の利益が発生する。第二に、貿易開始後に工業品を輸出するとき、貿易の利益は必ずしも発生しない。工業品の生産の拡大は、農産物の生産性を低下させる効果をもつためである。このように、環境汚染が生産活動に影響を与える場合、小国は貿易により必ずしも利益を得るわけではない。同様の環境汚染をリカード・モデルで分析したCopeland and Taylor (1999)とは、異なる結論である。

論文の構成は次のとおりである。第2節では、環境汚染が生産活動に影響を与える場合の小国モデルが記述される。第3節では、貿易の利益についての分析を行う。最後に、本稿で得られた結論をまとめる。

## 2. モデル

国内に環境汚染物質を排出する産業が存在するとき、貿易は生産・消費パターンの変化を通じて、いかなる効果をもつのだろうか。本稿では、環境を汚染する工業部門と、その汚染により生産性が低下する農業部門が存在する小国モデルで、貿易の厚生に対する効果を考察する。議論を明確にするために、単純なモデルを用いる。

工業部門で生産される工業品を第1財とし、農業部門で生産される農産物を第2財とする。第1財と第2財の生産関数は、それぞれ、 $Q_1 = F^1(v^1)$ と $Q_2 = m(D)F^2(v^2)$ である。 $v^i$ は第*i*財の生産のために用いられる生産要素の投入量ベクトルである。 $D$ は第1財の生産に伴って発生する汚染の量である。 $m(D)$ は環境汚染によって、農産物の生産性がどの程度低下するかを表し、 $0 < m(D) \leq 1$ とする。各企業は、 $m(D)$ を所与として行動すると仮定する。汚染量が増加すると、農業部門の生産性は低下するものとする ( $m'(D) < 0$ )。環境汚染がないときは、 $m(D) = 1$ である。汚染量は工業品の生産量に依存し、工業品1単位当り $\lambda$ の汚染を排出するものとする (汚染発生率  $\lambda \geq 0$ )。つまり、汚染量は  $D = \lambda Q_1$  と表すことができる。本稿では、環境汚染が生産活動のみに影響を与える場合を扱う。

自国のGDP (Gross Domestic Product) 関数は、次のように定義することができる。

$$G(p, v) = \max_v \left\{ pF^1(v^1) + m(D)F^2(v^2) \mid v^1 + v^2 = v \right\} \quad (1)$$

ただし、 $P$  は工業品の相対価格（自由貿易なので世界価格と同一）、 $v$  は自国の要素賦存ベクトルである。(1)式は次のように書き換えることができる。

$$G(p, v) = \max_v m(D) \left\{ qF^1(v^1) + F^2(v^2) \mid v^1 + v^2 = v \right\} \quad (2)$$

ただし、 $q = p/m(D)$  である。ここで、次のような関数を定義する。

$$\tilde{R}(q, v) = \max_v \left\{ qF^1(v^1) + F^2(v^2) \mid v^1 + v^2 = v \right\} \quad (3)$$

これは仮に汚染による負の外部性がなく、工業品の価格が  $q$  のときの国民所得である。 $v$  は一定とするので、省略して  $R(q) \equiv \tilde{R}(q, v)$  とする。したがって、(2)式と(3)式を用いることで、自国のGDPは、 $m(D)R(q)$  と表すことができる。実際の国民所得は、負の外部性があるため  $m(D)$  に依存して小さくなる。

GDP関数の性質より、第1財（工業品）の生産量は、 $Q_1 = R_q \equiv \partial R(q)/\partial q$  である。したがって、汚染排出量は  $D = \lambda R_q$  と表すことができる。また、家計は同質的とし、効用水準を  $u$  と表す。支出関数は、 $E(p, u)$  である。以上より、モデルは次の2式で表すことができる。

$$E(p, u) = m(D)R(q) \quad (4)$$

$$D = \lambda R_q(q) \quad (5)$$

(4)式は予算制約式であり、環境汚染を含んでいる。(5)式は自国の汚染が、工業品の生産量に依存して発生することを表している。

環境汚染が存在するとき、自国の厚生はどのような要因によって変化するであろうか。(4)式と(5)式を全微分すると、以下のとおりである。

$$(E_p - R_q)dp + E_u du + (m'/m)(pR_q - mR)dD = 0 \quad (6)$$

$$(\lambda R_{qq}/m)dp - (1 + \lambda R_{qq} pm'/m^2)dD + R_q d\lambda = 0 \quad (7)$$

(6)式より、自国の厚生は、交易条件と環境汚染の水準に依存することが分かる。ここで、 $pR_q - mR = -mF^2 = -Q_2$  が成立する。したがって、(6)式より、第2財の生産量がプラスである限り、汚染量の増加は必ず厚生を下げる。また、交易条件の改善の効果は、通常と同じであることは明らかである。

ここで第3節の分析のために、汚染発生率と汚染量の関係について、次の仮定をする。

A-1 価格が一定の下で、汚染発生率が上昇すると汚染量は増加する。つまり、不等式  $1 + \lambda R_{qq} pm'/m^2 > 0$  が成立する。

(7)式より上記の不等号が成立することは明らかである。この仮定A-1は、汚染発生率と汚

染量は正の相関関係をもつことを意味している。

### 3. 貿易の利益

この節では、環境汚染産業が存在するときの貿易の利益について考察する。本稿はGDP関数と支出関数を用いた分析のため、一般的な形で環境汚染の影響を明確に示すことができる。(6)式と(7)式より、交易条件と汚染発生率の変化が自国の厚生に及ぼす効果を求めると、以下のとおりである。

$$\Delta(du/dp) = (E_p - R_q)(1 + \lambda R_{qq} pm' / m^2) - \lambda R_{qq} m' Q_2 / m^2 \quad (8)$$

$$\Delta(du/d\lambda) = (m'R_q / m)(pR_q - mR) \quad (9)$$

ただし、 $\Delta \equiv -E_u(1 + \lambda R_{qq} pm' / m^2)$ であり、仮定A-1より負である。(8)式を求める際に、 $R = (pR_q + Q_2) / m$ を用いている。

(8)式から、工業品の価格の変化によって、自国の厚生がどのように変化するかが分かる。厚生の変化は、貿易パターンによって大きく異なる。第一に、自国が工業品を輸入している場合を考察する。工業品を輸入 ( $E_p - R_q > 0$ ) しているならば、工業品の価格の上昇(下落)は、厚生を必ず低下(増大)させる。また、当初、貿易を行っていないとき ( $E_p - R_q = 0$ ) も同様の結論である。この結果は、次のように解釈できる。環境汚染があるなしにかかわらず、輸入品の価格上昇は交易条件の悪化であり、厚生を低下させる効果をもつ。さらに、工業品の価格上昇は国内の工業品生産を拡大させ、環境汚染が工業品の生産に伴って発生するので、汚染は増大する。このことは、(6)式と(7)式より、 $\Delta(dD/dp) = -E_u \lambda R_{qq} / m < 0$ であるので明らかである。すなわち、工業品の価格上昇は、交易条件を悪化させ、かつ汚染量を増加させて農業部門の生産性を低下させるので、厚生は必ず低下するのである。当初、貿易を行っていない場合は交易条件の効果はないが、工業品の価格上昇によって汚染は拡大するので、自国の厚生は下がる。

第二に、自国が工業品を輸出 ( $E_p - R_q < 0$ ) している場合を考察する。このとき、一般的な厚生に対する工業品の価格上昇の効果は不明確である。明確なことは、農産物の生産量がゼロ ( $Q_2 = 0$ ) のときの厚生効果で、工業品の価格上昇は必ず厚生を改善する。この結果は明らかで、次の理由による。農産物の生産が行われていないとき、工業品をどれだけ生産しようとも、負の外部性の影響はない。また、工業品が輸出品なので、その価格の上昇は交易条件の改善である。したがって、厚生は必ず改善する。

農産物の生産量がプラスのときの自国の厚生に対する価格の効果も、以下で詳しく分析する。厚生効果が不明確だった要因は、一方で交易条件の改善によるプラスの効果があるが、他方で工業品の生産量の増加によって汚染量が増大し、農業部門の生産性が低下するマイナスの効果があるからである。どちらの効果が大きいかにによって、厚生に対する価格の変化の効果が決まる。(8)式より、工業品の価格の上昇によって厚生が改善するための必要十分条件は、

$$(E_p - R_q)(1 + \lambda R_{qq} pm' / m^2) - \lambda R_{qq} m' Q_2 / m^2 < 0 \quad (10)$$

である。(10)式を書き換えると、

$$(E_p - R_q) + (\lambda R_{qq} pm' / m^2)(E_p - R_q - Q_2 / p) < 0 \quad (11)$$

ここで、経常収支の均衡条件より、 $p(E_p - R_q - Q_2 / p) = -E_{p_2} < 0$  が成立する。ただし  $E_{p_2}$  は自国における消費者の農産物の消費量を表している。(11)式より  $\lambda < -(E_p - R_q)[(R_{qq} pm' / m^2)(E_p - R_q - Q_2 / p)]^{-1} > 0$  である。つまり、(10)式を満たすような汚染発生率  $\lambda (> 0)$  は存在する。

次のようなときに、(10)式の必要十分条件は成立する可能性が高い。(i) 汚染による悪影響を農業部門はあまり受けていない ( $m$  が大きい) 場合、(ii) 汚染の増加によって農業生産性はあまり低下しない ( $m'$  がゼロに近い) 場合、(iii) 汚染発生率が小さい ( $\lambda$  が小さい) 場合である。汚染発生率が低いときは、必ず汚染量も小さい。このことは、工業部門の汚染発生率の低下は、必ず汚染排出量を減少させる事実から理解することができる。(6)式と(7)式より、 $\Delta(dD/d\lambda) = -E_u R_q \leq 0$  が成立するからである。

汚染発生率と厚生の関係は、(9)式で表されている。農業生産が行われている限り、汚染発生率の上昇(低下)は、自国の厚生を下げる(上げる)。もちろん、農産物の生産量がゼロのときは、汚染発生率の変化は厚生水準に何ら影響を与えない。

以上の分析結果をまとめて、工業品の世界価格と厚生水準の関係について図示すると、次の図-1のようになる。自給自足での均衡価格を  $P_A$  とする。第一に、貿易後に工業品の世界価格が自給自足のときのそれよりも低いとき、自国は工業品の輸入国になる。そのとき、上述したように工業品の価格の上昇(低下)は、厚生を下げる(上げる)。図-1の  $P < P_A$  の領域における右下がりの曲線部分である。第二に、貿易後の世界価格が自給自足の均衡価格と同一のとき、同様の結果であり、 $P = P_A$  でも右下がりである。このとき交易条件効果はないが、少しでも国際価格が上がると工業品の輸出国になり、国内汚染量が増加するマイナスの効果があるからである。第三に、貿易後の工業品の国際価格が自給自足のそれよりも高いとき、自国は工業品の輸出国になる。このときは、やや複雑である。工業品の世界価格が、自給自足の均衡価格と比べてあまり高くないとき、輸出量は小さい。したがって、工業品の輸出による利益は小さい。また、汚染発生率が高く、汚染による農業部門の生産性の低下が大きいとき、環境汚染のマイナスの効果大きい。そのようなときは、 $P > P_A$  の領域における右下がりの曲線部分に対応している。しかし、工業品の国際価格が非常に高く、農産物の生産がゼロになるような状況(工業品の生産に完全特化)では、工業品の価格の上昇は必ず厚生水準を高める。工業品の価格上昇は、農業生産がない状況では交易条件の改善効果しかないからである。したがって、かなり大きい  $P (> P_A)$  では、右上がりの曲線になる。

図-1 貿易の利益

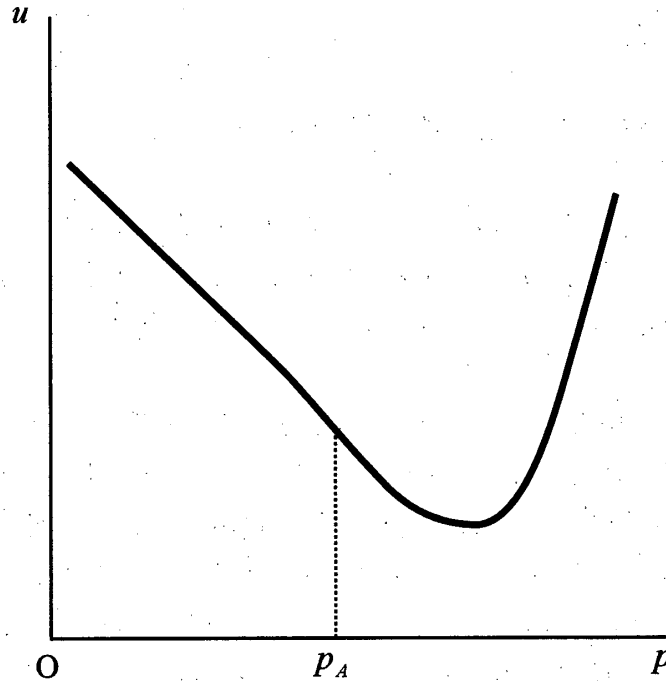


図-1から環境汚染が存在する下で、貿易によって自国の厚生がどのように変化するかを理解することができ、まとめると次のとおりである。(i) 貿易後に自給自足時の工業品の価格よりも低い工業品の国際価格に直面して、工業品を輸入する場合、自国の厚生水準は自給自足のときよりも必ず高くなる。つまり、貿易の利益が発生する。(ii) 自給自足の工業品の価格より貿易後のその方が高く、自国が工業品を輸出する場合、輸出規模が小さかったり、汚染発生率が高く、農業生産性の低下が大きかったりしたときは、自国の厚生は貿易によって低下してしまうことがある。しかし、工業品の国際価格が非常に高く、農業生産量がゼロになったりすると、自国の厚生は自由貿易によって改善する。ただし、自給自足時の厚生水準と比べて貿易後のその方が高いかどうかは、工業品の価格上昇の程度に依存する。汚染抑制の技術が劣っているときに、農産物を生産しつつ工業品を輸出するとき、貿易は国内汚染量を増加させてしまい農業生産性を低めるため、自国は貿易によって不利益を被る可能性が高い。したがって、貿易後に農業生産を継続しつつ工業品を輸出する場合は、環境技術開発を行って、低い汚染発生率で工業品を生産することが望まれる。

環境汚染産業（工業部門）が存在して、その汚染が他の環境依存型の産業（農業部門）の生産性に悪影響を与える場合の貿易の利益は、Copeland and Taylor (1999)によって動学のリカード・モデルで分析されている。そして、小国は自由貿易によって必ず利益を得る、という結論を得ている。それに対して本稿の結論では、小国は自由貿易で必ずしも利益を得るとは限らない。

Copeland and Taylor (1999)では、環境水準（彼らのモデルでは環境資本ストック）は、現在の環境水準と汚染がまったくない自然状態における環境水準の格差、それと自然の自浄作用に依存して、改善したり、悪化したりする。また、長期的な貿易と環境の関係に焦点

を当てた分析であり、貿易開始前後の定常状態の比較を行っている。貿易後に工業品の国際価格が高いとき、工業品の生産に完全特化する。工業品の生産に完全特化するので環境は悪化し続けるが、農業の生産性の低下はない（農産物に完全特化する場合も同様の議論である）。この完全特化した状態と貿易前の不完全特化の状態における厚生水準を比較して、Copeland and Taylor (1999)では、小国は自由貿易によって必ず利益を得ると結論付けたのである。不完全特化から完全特化にいたる過程において、どのような厚生水準であるかは分析していない。

本稿では、ヘクシャー・オリーン・モデルを用いることで、不完全特化の状態における貿易の利益を分析することができ、小国にとって自由貿易は必ず利益をもたらすものではないという結論を得たのである。本稿の結論が示すように、環境汚染が生産活動に影響を与えるとき貿易の利益は、どの財を輸出・輸入するか（生産パターン）によって、大きく異なる場合がある点に留意する必要がある。

#### 4. おわりに

本稿の目的は、国内に環境汚染物質を排出する産業（工業部門）と環境依存型産業（農業部門）の相反する産業が存在するとき、国際貿易はいかなる効果をもつかを考察することである。議論を明確にするために、単純な小国モデルを用いている。

主な結論は、以下のとおりである。第一に、貿易開始後に工業品を輸入するとき、その国の厚生はその貿易によって必ず改善する。工業品を輸入することによって、環境汚染産業の生産を縮小することができ、環境依存型産業である農業部門の生産性を高めることができる。これにより、国民所得が高まるため、貿易の利益が発生する。第二に、貿易開始後に工業品を輸出するとき、貿易の利益は必ずしも生じない。その理由は、環境汚染型産業の生産の拡大は、環境依存型産業の生産性を低める効果をもつためである。このように、環境汚染の存在する下で、小国は貿易により必ずしも利益を得るわけではない。

貿易後に農業生産を継続しつつ工業品を輸出する場合は、貿易は必ず利益をもたらすわけではない点に留意する必要がある。貿易により利益を得るためには、環境技術開発を行って、低い汚染発生率で工業品を生産できるようになることが望まれる。

#### [参考文献]

- Antweiler, Werner, Brian R. Copeland, and M. Scott Taylor (2001), "Is free trade good for environment?", *American Economic Review*, Vol.91, pp.877-908.
- Benarroch, Michael and Henry Thille (2001), "Transboundary pollution and the gains from trade", *Journal of International Economics*, Vol.55, pp.139-159.
- Copeland, Brian R. and M. Scott Taylor (1999), "Trade, spatial separation, and the environment", *Journal of International Economics*, Vol.47, pp.137-168.

Copeland, Brian R. and M. Scott Taylor (1995), "Trade and transboundary pollution",  
*American Economic Review*, Vol.85, pp.716-737.

奥野正寛・小西秀樹（1993）、「温暖化対策の理論的分析」、宇沢弘文・國則守生編著『地球温暖化の経済分析』東京大学出版会。

---

1. 消費者の効用に直接悪影響を与える環境汚染についての理論的分析は、例えば奥野・小西（1993）を参照。