産業連関表を用いたベトナムの汚染逃避地仮説に関する一考察

マイ ゴック グエン*

I はじめに

貿易自由化が環境に及ぼす影響には、様々な要因が関与している。なかでも、環境規制の違いと生産要素賦存量の違いという二つの要因に大きく依存する。それゆえ、国際貿易と環境汚染の関係を説明する仮説として、次の二つが提唱されている。

一つは、ヘクシャー＝オリーン・モデルに代表される要素賦存量仮説である。この仮説は、生産要素の相対的な賦存量が貿易構造を決定する仮説である。また、汚染集約的な財（汚染財）は、多くの場合資本集約的でもある（Copeland and Taylor [2003] p. 219）。従って、ヘクシャー＝オリーン定理により、要素賦存量仮説の下では資本が相対的に多く賦存する国は資本集約財（それは同時に汚染財でもある）の生産・輸出を行い、国内の汚染を深刻化させることになる。逆に、資本が相対的に少ない国は汚染財の生産に比較優位をもっていないため、その生産が貿易自由化により縮小し、汚染が抑制されるといえる。

もう一つが汚染逃避地仮説（pollution haven hypothesis）である。これによると環境規制の水準の差異が、汚染財と非汚染財に関する貿易構造を決める上で重要な要素になる。従って、貿易自由化は環境規制の緩い国を汚染財の生産に特化させ、環境被害を及ぼすことになると考えられる（Copeland and Taylor [2003]）。ここ

で、仮に先進国においては環境規制が厳しく、発展途上国においては緩いと考えよう。その場合、汚染逃避地仮説に基づくと貿易自由化によって環境規制の厳しい国（先進国）から環境規制の緩い国（発展途上国）へ汚染財の生産移転が起きると予測でき、貿易は発展途上国の環境を悪化させると考えられる。言い換えれば、先進国の環境規制の方が厳しいために、発展途上国が汚染財を輸出し、クリーンな財を輸入するようになると考えられるのである。

小国開放経済に汚染逃避地仮説を適用する場合には、貿易の自由化によって増大する輸出と輸入に伴う環境負荷の変化に着目すればよい。当該国が他国と比べて相対的に環境規制が厳しい場合、もし貿易の自由化によってクリーンな財に特化し、輸出の拡大による環境負荷の悪化よりも輸入の拡大による環境負荷の改善が上回るならば、汚染逃避地仮説が支持されることになる。もしそのような傾向が見られなければ、汚染逃避地仮説は支持されない。逆に、当該国が他国と比べて相対的に環境規制が緩い場合、貿易自由化に伴う輸出の拡大によって悪化する環境負荷の程度が輸入の拡大によって改善される環境負荷の程度を上回るならば、汚染逃避地仮説は支持される。一般に先進国では相対的に環境規制が厳しく、途上国では環境規制が緩い。従って、先進国は前者のケース、途上国は後者のケースになる。本稿では、途上国であるベトナムを対象に、汚染逃避地仮説の検証を行う。

汚染逃避地仮説を検証するための分析手法として、本稿では産業連関分析を用いる。具体的

* 京都大学経済学研究科博士後期課程

には、ベトナムにおける、1989年と、1996年、2000年、2005年の4ヶ年の産業連関表を用いて分析を行う。仮に輸出と輸入が同じ金額だけ増加したら、各年における汚染物質の排出量が増加するか否かを分析することで、対象年において汚染逃避地仮説がベトナムで成立していたかどうかを検証するとともに、その経年的変化を明らかにすることが本稿の主な目的である。

現在、ベトナム経済は、東アジアで中国に次ぐ高成長率を維持している。戦争終了から10年後の1986年に採択されたドイモイ政策¹⁾の下で、海外直接投資流入により輸出向け工業生産が拡大し、これが高成長の原動力となった。それ以降、輸出入活動が活発化し、国民生活の向上に多大な貢献を果たした。1986年～2005年の輸出の成長率は21.2%であり、GDP成長率の約2倍となったのである。

この歴史的な変化に貢献したのは貿易と海外直接投資であるので、その過程でベトナムが汚染逃避地であったかどうかを分析することには意義がある。本稿では、市場経済が本格化する前の1989年、一定の経済成果が挙げられた1996年、ドイモイをさらに促進させた2000年、そしてドイモイ政策実行開始から約20年経った2005年という4つの時点进行分析する。これによって、ベトナムの経済発展段階で重要なこの17年間における貿易・経済の成長が国内の大気汚染とどのような関係があるかを考察する。

ベトナムは、経済的に成功を遂げている一方で、同時に深刻な環境問題に直面している。たとえば、2000年以降に起きた社会的問題として、化学調味料生産を中心とした食品メーカーであるヴィダン社と金属メーカーであるトゥンクアン社が環境保護規定に違反し大きな環境汚染が生じた。ヴィダン社は、1994年から南部のある川に有害な工業排水を流し、生態系を破壊していたことが発覚した。また、トゥンクアン社が北部の地元の川に数年前から未処理の污水

を排出していたことも明らかになった。

さらに、大気汚染について見てみると、ベトナムの年間CO₂排出量は、2005年には8000万トン(炭素換算)になっており、これは1980年排出量(1400万トン)の571%、1989年排出量の383%であり、急増している。SO₂排出量についても、1995年には19.4万トンであるが、2005年にはその2倍以上の41.5万トンに増加した。また、ベトナムの温室効果ガスは2010年の1.38億トン(CO₂換算)から2030年の4.23億トンへと大幅に上昇すると予測されている。この20年間以上の経済成長速度、そして今後の各産業の発展計画から見れば、ベトナムにおける汚染排出量や温室効果ガスがますます増大するに違いない。

以上の例で分かるように、環境問題が深刻になりつつある。それにもかかわらず、ベトナムでは工業団地・加工団地の環境保護基準を下げるという議論が起こっている。そもそも、2006～2010年の社会経済開発計画の中では100%の工業団地と加工団地に汚染防止施設を整備することを目指していた。しかし、現時点では目標の45%にしか整備されていない。また、汚染防止施設の運転費用が高額で、稼働率が低くなり効率的に運営することができない工業団地・加工団地もある。このような状況の中で、今後5年間の計画では100%整備するという目標を70%に下げるといった意見がでている。なおかつ、立地条件が都会の工業団地ほど恵まれていない地方の工業団地にとっては、目標を70%に下げることによって海外直接投資の誘致の際に有利になるのではないかという目論見も隠れている。

ところで、発展途上国では、「発展」ということは農業から工業へとシフトすることを意味する(Temurshoev [2006])。多くの発展途上国は工業化を促進している段階であり、国民の所得水準が上昇している一方で、国内の環境基準が相対的に緩いために汚染逃避地になる可能性

が高くなると考えられる。従って、大量の直接投資で工業化の促進と貿易の拡大を進めているベトナムの経済・社会・環境の状況を考えると、ベトナムが汚染逃避地になっているのではないかという仮説を置くことができる。発展途上国の一例として、また東南アジア地域の今後の経済の展望や環境問題を考える題材として、ベトナムの重要性は高く、研究に値する。

以下、第Ⅱ節では先行研究を紹介し、第Ⅲ節では Dietzenbacher and Mukhopadhyay [2007] の産業連関分析方法を用いてベトナムにおける汚染逃避地仮説を考察する。ベトナムのエネルギー源の特徴として、原油を産出するが国内に製油所を持たなかった²⁾ ために、また、外貨を獲得するためにその全てを輸出している。従って、現在国内で流通・消費されている石油は輸入によるものである。また、石炭は国内で産出でき、余剰分を輸出しているため、輸入はほとんど行っていない。この特徴は、第3節で展開される方程式に直接的に関係する。

第Ⅳ節で分析結果を簡潔に述べ、改めて結果に基づいて議論する。第Ⅴ節では、ベトナムの実情に基づいて、なぜ現時点ではベトナムが汚染逃避地と見なされないのかについての解釈をまとめ、第Ⅵ節で結論を述べる。

Ⅱ 先行研究と本稿の課題

一般に、一国の環境規制はその国の産業競争力に影響を与える。しかしながら、汚染逃避地仮説についての先行研究が示した結果は様々である。たとえば、Machado et al. (2001) は、国際貿易がブラジル経済におけるエネルギー消費と CO₂ 排出量に与える影響を評価した。そして、1995 年の非エネルギー財輸出に使用したエネルギー総消費量と発生した CO₂ 総排出量が非エネルギー財輸入のそれらの量より大きい、つまり汚染逃避地仮説が妥当するという結論を導き出した。

また、Cave and Blomquist (2008) は、EU において環境規制が強化された時期 (1993-1999) に、汚染財が国民所得水準が低くそれほど民主的でない国から輸入されていたのかを検討し、全ての地域の貿易相手国を見ると、EU のエネルギー集約的貿易のデータは汚染逃避地仮説を支持するが、有毒物質集約的な貿易の場合は支持しないという結論を得ている。

これらの研究に対して、Temurshoev (2006) は、産業連関表を用いてアメリカ及び中国における汚染逃避地仮説と要素賦存量仮説の検証を行った。貿易増加に伴う CO₂、SO₂、NO_x 純排出量が、中国では減る一方でアメリカでは増えるという結果が得られている。そして、アメリカが資本集約財を輸出していないことを示した。従って、汚染逃避地仮説と要素賦存量仮説の双方が棄却され、汚染物質の貿易の問題は未解明のままであると主張した。

本稿に最も関連する研究である Dietzenbacher and Mukhopadhyay (2007) は、インドを事例として汚染逃避地仮説の実証分析を行っている。具体的には、産業連関分析を用いてインドが汚染逃避地と見なされるかどうかを検討した。10 億インドルピーの追加的輸出によって生じる CO₂、SO₂、NO_x の追加排出量を計算し、これを同量の追加的輸入に伴うインドにおける汚染度の低下と比較している。この研究によると、上述した発展途上国の場合の汚染逃避地仮説を支持する研究とは逆に、インドでは貿易増加に伴う CO₂、SO₂、NO_x の純排出量³⁾ が減少することが分かった。1996/1997 年と 1991/1992 年を比べると、時間とともにその純排出量の減少幅が拡大しており、インドは汚染逃避地仮説がますます当てはまらなくなっていくことを示唆している。

以上のように、ヨーロッパ、OECD 諸国、アメリカ等の先進国とブラジル、中国、インド等の発展途上国が先行研究では取り上げられていたが、汚染逃避地仮説に関しては依然としてま

とまった結果は得られていない。

Dietzenbacher and Mukhopadhyay (2007) は、インドの CO₂, SO₂, NO_x 排出量を推定しているが、そこで取り扱われたのは 1991/1992 年と 1996/1997 年の 2 ケ年のデータのみである。それに対して、本稿では、CO₂, SO₂ に対象を絞り⁴⁾、1989 年、1996 年、2000 年、2005 年という 4 ケ年のデータを用いることとする。

ベトナムの産業連関表は 1989 年が 54 部門、1996 年が 97 部門、2000 年と 2005 年が 112 部門で作成されている。この 4 ケ年の産業連関表の部門数を 52 に統合した(表 1)⁵⁾。次に、ベトナムにおいて輸出を十億ベトナムドン増やした場合の CO₂ 及び SO₂ の排出量の変化量を計算する。そしてこれを、同じ十億ベトナムドンの

輸入増加によって減少する CO₂ 及び SO₂ の排出量と比較する。これにより、貿易の増加によって発生した CO₂ 及び SO₂ の純排出量を求め、その結果から環境が悪化しているのか、改善しているのかが分かる。もし前者であれば、ベトナムは汚染逃避地となっていると考えられる。

Ⅲ IO モデルの展開

1 IO モデル

本稿では静学的産業連関モデルの開放経済、競争輸入型・輸入外生モデルを扱う。均衡生産モデルの基本方程式は、(1)のように表現される。

表 1 部門名

番号	部門名	番号	部門名
1	農業	27	プラスチック製品
2	畜産	28	その他の化学製品
3	林業	29	金属製品
4	水産業	30	設備・機械
5	石炭	31	電子製品
6	金属鉱業	32	鉄金属製品
7	その他の鉱業	33	非鉄金属製品(設備・機械を除く)
8	食料品(9~15以外の食料品)	34	繊維製品
9	野菜・果物加工品	35	カーペット・敷物
10	酒・ビール・ノンアルコール	36	皮製品
11	砂糖	37	その他の工業製品
12	お茶・コーヒー	38	出版社製品
13	タバコ	39	石油製品
14	加工水産物とその副産物	40	電力・ガス
15	その他の食料品	41	水道
16	セラミック、ガラス、磁器製品	42	建設
17	れんが、タイル	43	商業
18	セメント	44	修理業
19	その他の建設資材	45	ホテル・外食産業
20	パルプ・紙製品	46	輸送業
21	木製品	47	通信・放送
22	化学製品(23~28以外の製品)	48	金融・保険
23	肥料・殺虫剤・農薬	49	研究
24	薬品	50	行政・防衛
25	ゴム製品	51	教育・医療・文化・スポーツ
26	合成洗剤・石鹸	52	その他のサービス(不動産・旅行など)

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{x}$ は生産量ベクトル（100万ベトナムドン- mn ）であり、 $\mathbf{f}$ は最終需要ベクトルである。 $\mathbf{A}$ は投入係数行列であり、 a_{ij} はその i 行 j 列の要素である。投入係数 a_{ij} は $a_{ij} = d_{ij}/x_j$ より得られ、このとき d_{ij} が i 産業から j 産業に投入する量（ mn ）を表し、 x_j は j 産業の生産量を表す。これをもとに生産決定モデル (2) が得られる。

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} \quad (2)$$

ここでレオンチェフ逆行列 $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ を $\mathbf{L}$ と表記すれば、(2) は次のように書き換えられる。

$$\mathbf{x} = \mathbf{Lf} \quad (3)$$

次に、1単位の最終需要 $\mathbf{f}$ を満たすためにどれだけ追加的化石燃料が必要かを計算する。ここで対象となる化石燃料は二つであり、財1が石炭と褐炭で、財2が石油製品（燃料油、ガソリン等）である。ここでは簡単化のため、それぞれを石炭と石油と呼ぶ。重要なエネルギーとして天然ガスがあるがIEAの統計では、ベトナムのCO₂源のほとんどは石油と石炭である（90%以上を占める）から化石燃料を石油と石炭だけに絞ることにする。全ての石炭と石油が中間財として使用された場合、燃焼されてCO₂とSO₂を排出すると仮定する。一定の最終需要を得るために生産過程のどこかで石炭と石油が必要な量だけ燃焼されると考えられる。以下では、 $\mathbf{A}$ 行列の2行（石炭と石油）をそれぞれ $\mathbf{a}_1$ と $\mathbf{a}_2$ とする。

ここで、ベトナムの統計データが不足しているために、最終の産業連関表しか入手できないという問題が生じる。しかし、ベトナムのエネルギー源は前述したように、石炭は国内生産ができるために輸入していない一方で、石油は国内精製できずに100%輸入している。このようなエネルギー源の特徴より、最終の産業連関表を使うことができる。

$\mathbf{a}_1$ ベクトルの第 j 要素は、1単位の j 最終財

表2 エネルギー消費量及び百万ドン（金額）相当の石油・石炭の量

年度	エネルギー消費量 (thousand toe)		百万ドン（金額）相当の石油・石炭の量 (toe/百万ドン)	
	石炭	石油	石炭	石油
1989	3321	2522	13.2176	2.0108
1996	5598	6262	1.4802	0.4899
2000	5580	8437	1.4375	0.2634
2005	18142	11991	1.5290	0.1498

当たりに使われた石炭の量を表す。一方、 $\mathbf{a}_2$ ベクトルの第 j 要素は、1単位の j 最終財当たりに使われた石油の量を意味する。

最後に、(3) から、 $\mathbf{a}_1 \mathbf{x} = \mathbf{a}_1 \mathbf{L} \mathbf{f}$ と $\mathbf{a}_2 \mathbf{x} = \mathbf{a}_2 \mathbf{L} \mathbf{f}$ という関係が導かれる。

2 CO₂, SO₂ 換算率の推定

次に、石炭・石油の投入量からCO₂, SO₂排出量に換算する。まず、石炭・石油の金額ベースを石油換算トン (toe) に換算する。ここでは、千トンの石油換算トン (thousand toe) を用いる。その後、CO₂, SO₂ 排出量 (百万トン- mt) を推定する。

石炭・石油の消費量を得るために、エネルギーバランス表 (International Energy Agency, 1999, 2003, 2008) を使う。そのデータと産業連関表のデータが一致するように産業連関表とエネルギーバランス表の部門数を若干整理し、表2の結果が得られた (表2左側)。百万ドンの石炭・石油がどれくらいの量に換算できるかは、産業連関表の金額ベースとエネルギーバランス表に掲載されるエネルギー量から計算できる (表2右側)。

a CO₂ 換算率

まずCO₂排出量は次の4つの決定要因の積からなる。

$$G = \text{energy}(m\text{vn}) \times \frac{\text{CO}_2(t)}{\text{energy}(toe)} \times \frac{\text{energy}(toe)}{\text{energy}(m\text{vn})} \times 98\% \quad (4)$$

G: CO₂ 排出量 (t)

energy(mvn): エネルギー総消費量 (石炭または石油)

$\frac{\text{CO}_2(t)}{\text{energy}(toe)}$: CO₂ 排出係数 (tCO₂/toe 石炭 = 3.721, tCO₂/toe 石油 = 2.792)⁷⁾

$\frac{\text{energy}(toe)}{\text{energy}(m\text{vn})}$: toe/百万ドンの比率 (表2右側)

98%: 酸化される二酸化炭素の割合

c₁: 石炭の CO₂ 換算率

c₂: 石油の CO₂ 換算率

$$c_1 \text{ (または } c_2) = \frac{\text{CO}_2(t)}{\text{energy}(toe)} \times \frac{\text{energy}(toe)}{\text{energy}(m\text{vn})} \times 98\% \quad (5)$$

これより、石炭からの CO₂ (t) 排出量は G (石炭) = c₁ × 石炭消費量、石油からの CO₂ (t) 排出量は G (石油) = c₂ × 石油消費量で推定できる。

b SO₂ 換算率

本稿の推定では発生した SO₂ が全て排出される、すなわち脱硫率は 0% と仮定する。SO₂ 排出量削減のために有効な脱硫装置の設置資金が確保できれば、SO₂ 排出量を大幅に削減することができる。しかしながら、ベトナムでは脱硫装置はほとんど普及していない。また、仮に脱硫が行われるとしても確かな情報が入手できないためである。

SO₂ 排出量の算出式は、次のように書くことができる。

$$H = \text{energy}(m\text{vn}) \times \frac{\text{SO}_2(t)}{\text{energy}(toe)} \times \frac{\text{energy}(toe)}{\text{energy}(m\text{vn})} \times 98\% \quad (6)$$

ここで

$\frac{\text{SO}_2(t)}{\text{energy}(toe)}$: SO₂ 排出係数

98%: 酸化される二酸化炭素の割合

石炭と石油の SO₂ 換算率をそれぞれ s₁, s₂ で表す。ここでも CO₂ の場合と同様に、石炭 (石油) の SO₂ 換算率は次の数式から算出される。

$$s_1 \text{ (または } s_2) = \frac{\text{SO}_2(t)}{\text{energy}(toe)} \times \frac{\text{energy}(toe)}{\text{energy}(m\text{vn})} \times 98\% \quad (7)$$

そして、石炭 (石油) からの SO₂ (ton) 排出量は次の式で表される。

$$H = s_1(s_2) \times \text{石炭 (石油) 消費量} \quad (8)$$

SO₂ 排出係数についてであるが、まず石油の SO₂ 排出係数を推計する。重油の SO₂ 排出係数は、全ての産業部門において 20.0 * S (kg/ton) である⁹⁾。ここで排出係数の S は燃料含有硫黄分を表す%値である。

次に、石炭の SO₂ 排出係数を推計する。本来であれば産業別の詳しい燃料成分データが必要となるが、石炭の燃料種の情報も得られないため、ここでは石炭は一種類だけであると仮定する。工業部門と輸送部門は同じ数値で、15.5 * S であり、その他の住居、農業、商業等は 12.0 * S である¹⁰⁾。従って、52 部門を以下の三つに分ける。

工業部門: 部門 5~部門 42,

輸送部門: 部門 46,

その他部門: 部門 1~部門 4; 部門 43~部門 45; 部門 47~部門 52。

このうち前者二つの部門の排出係数を 15.5 * S (kg/t) として、その他部門の排出係数を 12.0 * S (kg/t) として推定する。

ベトナム自然環境省のデータベースにならない、以下のように、kg/ton から ton/toe に換算する。

石炭: 0.566toe/ton → SO₂kg/ton

石炭 = 0.001ton/0.566toe

= 0.00177tonSO₂/toe

石油: 1.030toe/ton → SO₂kg/ton

石油=0.001ton/1.030toe=0.00097tonSO₂/toe

石炭含有硫黄分に関しては、1987年のデータしか得られない。アジア各国の石炭含有硫黄分の調査（科学技術庁—科学技術政策研究所 [1992]）によると、ベトナムのこの数値は0.2%である。従って、研究対象期間を通じてはこれと同じ数値であると仮定する。

石油含有硫黄分についても最新情報を入手することは非常に困難である。上述したように、ベトナムは国内で石油生産ができないために硫黄分が高く品質の悪い原油を輸入している。また、石油は輸入している重油1種類のみが流通している。この重油は硫黄分を3%含有しており、燃焼すると必然的に二酸化硫黄が発生する（財団法人地球・人間環境フォーラム [2002]）。以上の議論より、4ヶ年の数値は同じと仮定し、石油は重油という一つの種類しか使われていないという仮定のもとで、ベトナムの石油含有硫黄分を3%とする。

以上述べたように石炭の排出係数が部門によって二つの種類がある（15.5*S(kg/t)と12.0*S(kg/t)）ので推計した石炭のSO₂換算率をそれぞれs_{1a}とs_{1b}で表す。なお、c₁、c₂、s_{1a}、s_{1b}、s₂の結果は第IV節でまとめて提示する。

3 追加輸出入に占める産業別の割合

本稿では、Dietzenbacher and Mukhopadhyay (2007)の手法を取り入れ、輸出と輸入を十億ベトナムドン増やしたときに、ベトナムのCO₂・SO₂の量が増えるか減るかを分析することにより、ベトナムにおける汚染逃避地仮説の考察を行う。そのためにまず、国の輸出入が十億ベトナムドン増加したとき、産業別にどれだけ追加的な金額の増減が生じるかを計算する。

輸出と輸入はこの4ヶ年とも同じ金額で増加するが、ここで2000年の価格を基準価格とする。時間の推移での比較を可能にするため、消

費者物価指数を用いる。各4ヶ年の指数はそれぞれ、1989年12月:100, 1996年12月:466.4, 2000年12月:524.3, 2005年12月:675¹¹⁾である。すなわち、2000年の十億ドンの価値は1989年には1億9073万498ドンであり、1996年には8億8956万7042ドン、2005年には12億8743万860ドンである。

追加輸出入に占める各産業の割合の計算は、たとえば、2000年の実際の輸出ベクトルが $\mathbf{e}$ であれば、追加輸出は $\Delta \mathbf{e}=(\mathbf{e}/241,894,792) \times 1000$ （百万ドン）である。（かっこ内の分母は2000年の輸出総額であり、かっこ外の1000は10億ベトナムドンの意味である）。 $\Delta \mathbf{e}_i$ は10億ベトナムドンに占める*i*産業の輸出額である。同様に、追加輸入は $\Delta \mathbf{m}=(\mathbf{m}/253,658,614) \times 1000$ （百万ドン）で計算できる。

1単位の*j*財の追加最終需要を生産するのに必要となる石炭と石油の燃焼によって発生するCO₂の追加排出量は(c₁a₁+c₂a₂)Lで表される。

ここでc₁a₁+c₂a₂=γ₁と書き換え、一定の最終需要に対するCO₂の総追加排出量は次の方程式で表される。

$$(c_1 \mathbf{a}_1 + c_2 \mathbf{a}_2) \mathbf{L} \mathbf{f} = \gamma_1 \mathbf{L} \mathbf{f} \quad (9)$$

ベトナムの追加輸出が生み出すCO₂の追加排出量は、γ₁L(Δe)と表現できる。輸入の場合は、増加した輸入と等しい量の国内生産が減少するので、それによって国内で排出されるCO₂が減少するということを前提にする。ベトナムの追加輸入によって減少するCO₂排出量が、γ₁L(Δm)で表現できる。

ベトナムにおける貿易の上昇によって追加的に発生する排出量をΔπとする。Δπは次の方程式で表すことができる。

$$\Delta \pi = \gamma_1 \mathbf{L} (\Delta \mathbf{e} - \Delta \mathbf{m}) \quad (10)$$

本稿の分析において汚染逃避地仮説が支持されるかどうかはΔπの符号によって判断することができる。もしΔπ>0であれば貿易拡大によって純排出量は増加するので、環境規制が相

対的に緩いベトナムに関して汚染逃避地仮説が成立することを意味する。逆に $\Delta\pi < 0$ であれば貿易拡大によって純排出量は減少することになるので、汚染逃避地仮説は支持されない。

同じように、 SO_2 の総追加排出量を次の方程式で表す。

$$(s_1\mathbf{a}_1 + s_2\mathbf{a}_2)\mathbf{L}\mathbf{f} = \gamma_2\mathbf{L}\mathbf{f} \quad (11)$$

ここで $s_1\mathbf{a}_1 + s_2\mathbf{a}_2 = \gamma_2$ と書き換えた。

同様に、 SO_2 に関しても、 $\Delta\pi$ の数値を見ることで汚染逃避地仮説が支持されるかどうかを判断することが可能である。

IV 分析結果

表2では、百万ドンの石炭と石油の量を年ごとに *toe* へ換算した。その結果に基づいて、百万トン分の石油・石炭を消費したときに排出される $\text{CO}_2 \cdot \text{SO}_2$ の量、いわゆる CO_2 換算率 $\cdot \text{SO}_2$ 換算率が推定できる（結果は表3を参照）。また、4ヶ年の追加輸出（輸入）が生み出す $\text{CO}_2 \cdot \text{SO}_2$ の追加的排出量（輸入の場合は減少量）の結果を表4に示す。

CO_2 排出量については、この4ヶ年とも輸出増加による排出増加量が、輸入増加による排出減少量より少ない（表4）。従って全体で見ると、貿易増加によって CO_2 排出量全体が下がる効果があるといえる（ $\Delta\pi$ がマイナス）。つまり、貿易増加によって CO_2 純排出量が減少する。

次に SO_2 排出量についても、 $\Delta\pi$ は4ヶ年全てでマイナスになっている（表4）。つまり4ヶ年とも貿易が増加することで SO_2 排出量は減少する。従って、 SO_2 排出量においても貿易自由化によって大気汚染は改善すると考えられる。

汚染逃避地仮説が支持される場合には、輸出増加による排出増加量が輸入増加による排出減少量より大きいいため、全体で純排出量が増加し、汚染がより深刻になるはずである。なぜならば、汚染逃避地仮説のもとでは、国が汚染財を輸出し、国内の産業の中で相対的にクリーンな財を輸入することになるはずだからである。しかし、以上のように、4ヶ年の貿易増加と CO_2 、 SO_2 排出量の関係を見ると、 $\Delta\pi$ がマイナスに

表3 石油・石炭の百万トン当たりの $\text{CO}_2 \cdot \text{SO}_2$ 排出量 (ton/mvn)

		CO_2	$\text{SO}_2 (\times 10^{-3})$
1989	石炭 $c_1 = 35.332$		$s_{1a} = 0.520$ $s_{1b} = 0.403$
	石油 $c_2 = 6.422$		$s_2 = 1.339$
1996	石炭 $c_1 = 10.776$		$s_{1a} = 0.159$ $s_{1b} = 0.123$
	石油 $c_2 = 1.406$		$s_2 = 0.293$
2000	石炭 $c_1 = 10.305$		$s_{1a} = 0.152$ $s_{1b} = 0.117$
	石油 $c_2 = 0.731$		$s_2 = 0.152$
2005	石炭 $c_1 = 9.532$		$s_{1a} = 0.141$ $s_{1b} = 0.109$
	石油 $c_2 = 0.394$		$s_2 = 0.082$

表4 貿易増加による排出量の変化 (ton)

		1989	1996	2000	2005
CO_2	$\gamma_1\mathbf{L}\Delta e$	107.067	66.491	50.503	110.603
	$\gamma_1\mathbf{L}\Delta m$	161.701	156.919	82.285	137.558
	$\Delta\pi$	-54.634	-90.428	-31.782	-26.955
	ratio	0.662	0.424	0.614	0.804
SO_2 ($\times 10^{-3}$)	$\gamma_2\mathbf{L}\Delta e$	1.561	1.135	0.737	1.698
	$\gamma_2\mathbf{L}\Delta m$	2.376	2.516	1.204	2.211
	$\Delta\pi$	-0.815	-1.381	-0.467	-0.513
	ratio	0.657	0.451	0.612	0.768

なっているという結果が得られたため、ベトナムは2005年までは汚染逃避地ではないといえる。

なお、表4のratio¹²⁾は、同じ貿易増加量（ここでは十億ベトナムドンの増加）に対するCO₂またはSO₂の排出量に関する増加量と減少量の比率を表すものである。これが小さければ小さいほど排出量の減少量が増加量よりも大きくなり、全体の排出量が少なくなる。ここでCO₂とSO₂のratioはそれぞれ逆の傾向に向かっていることが表4から読み取れる。CO₂の場合の比率は、1996年は1989年より下がっていたが、2000年と2005年は上昇する傾向にある。SO₂については、増加量と減少量の比率は1989年から1996年の間は微増していたが、1996年以降一貫して低下傾向にある。言い換えれば、輸出増加で発生したSO₂排出量は輸入増加で減少したSO₂排出量よりも小さく、しかもその比率は小さくなっている。従って、時間が経つにつれてCO₂は汚染逃避地仮説にますます当てはまるがSO₂は汚染逃避地仮説がますます当てはまらなくなるという傾向があると考えられる。

CO₂とSO₂について、輸出に伴う排出量と輸入に伴う排出量が、4ヶ年において主にどの産業によるものであったかを表5でまとめた。この表からも分かるように、輸出の場合は、CO₂とSO₂を多く排出したのが大体一次産業であり、輸入の場合は、CO₂とSO₂を多く排出した

のが主に二次産業である。

貿易の変化に伴う排出量の変化は、各財1単位の生産から排出される汚染物の排出量（汚染集約度）に、輸出または輸入が一定額変化するのに伴ってそれぞれの財の国内生産が変化する量を掛けた値で決まる。その二つの要素を輸出と輸入で比較することで、貿易拡大によって汚染の純排出量が減少するメカニズムを説明することができる。以下では、汚染集約度による効果は汚染度効果、輸出輸入の額の大きさによるものは規模効果とそれぞれ呼ぶ。既に述べたように、輸出増加が生み出す追加排出量は $\gamma_1L(\Delta e)$ と $\gamma_2L(\Delta e)$ で表され、輸入増加によって減少する排出量は $\gamma_1L(\Delta m)$ と $\gamma_2L(\Delta m)$ である。排出量の増加分を決める要因は少なくとも二つある。それは第一に、 γ_1L または γ_2L （汚染度効果を表す係数）であり、第二に、 Δe または Δm （規模効果を表す係数）である。 γ_1L または γ_2L は、簡単に言えば、1単位の財を生産するときに発生するCO₂またはSO₂排出量である。これが大きければ大きいほど追加排出量が多くなる。同様に、 Δe 、 Δm は追加輸出と追加輸入であるわけだが、これもまた大きければ大きいほど排出量増加分が大きくなる。逆に、 γ_1L 、 γ_2L 、 Δe 、 Δm が小さければ小さいほど排出量増加分が小さくなる。

全体を見てみると、輸出に関連する汚染と輸入に関連する汚染の上位5部門のほとんどは、輸出輸入の割合が上位5部門に入っているもの

表5 輸出・輸入に伴う排出量が多い産業

	輸出に伴う排出量	輸入に伴う排出量
CO ₂	その他の鉱業、皮製品、石炭、繊維製品、鉄金属製品、農業、加工水産物とその副産物、パルプ・紙製品	肥料・殺虫剤・農薬、金属製品、繊維製品、鉄金属製品、設備・機械、石油製品、パルプ・紙製品、電気製品
SO ₂	繊維製品、その他の鉱業、加工水産物とその副産物、皮製品、石炭、水産業、農業	設備・機械、肥料・殺虫剤・農薬、繊維製品、鉄金属製品、金属製品、石油製品、輸送業
CO ₂ とSO ₂	その他の鉱業、皮製品、繊維製品、石炭、農業	肥料・殺虫剤・農薬、金属製品、繊維製品、鉄金属製品、設備・機械

である。また、CO₂についてもSO₂についても輸出と輸入の双方において、汚染度効果よりも規模効果はるかに大きい。SO₂の場合は、汚染度効果と規模効果の両方において、輸入の方が輸出より大きいと、4ヶ年とも輸入に関連する汚染の方が輸出に関連する汚染よりも排出量が大きくなって、さらに1996年以降排出量の増加量と減少量の比率が小さくなっている。CO₂の場合、汚染度効果と規模効果は輸出と輸入において同じぐらい効いているので、1996年以降排出量の増加量と減少量の比率が大きくなっている。

V 考察

ベトナムの産業連関表を用いて汚染逃避地仮説の考察を行ったが、ベトナムで貿易増加によって大気汚染が改善されたという意外な結果が得られた。その理由は貿易の仕組み・構造とベトナムの経済の発展段階の特徴にあると考えられる。

まずは貿易の仕組み・構造についてである。ベトナムでは原材料などを輸入、加工し、それを再輸出するケースが多い。そして、機械や設備の部品を購入し、国内で組み立て輸出するパターンが多い。従って、国内の生産工程においてそれほど環境負荷になっていないのが現状である。つまり労働集約的産業にベトナムの比較優位がある。人的資本集約産業の輸出の割合は90年代中頃から上昇していたが、僅かな伸び率しかない。

たとえば、1997年のベトナムにおいて製造業は工業部門全体の80%も占めているため、この分野の発展が経済全体の成長を左右していたといえよう。製造業の中では、飲料・食品、繊維・衣服、皮革製品、木材・家具などが主要な産業である。これらの産業は、アジア太平洋諸国を中心とする成長地域との貿易が盛んになった過程で輸出が拡大した労働集約的産業である（ト

ラン・ヴァン・トゥ[2006]）。また2005年になっても、輸出額の約7割は原油、電気製品・部品、衣類、履き物、海産物加工品、米、木材といった産業である。つまり、2005年までは輸出と輸入を合わせてみると、工業の中でもまだ軽工業を中心とした労働集約的産業が主力である。ベトナムは高い経済成長を遂げているが、重化学工業等の資本集約的産業へ移行する産業構造の変化が本格的に始まっているとはいえないのである。

産業連関表から4ヶ年を通じて輸出の割合が最も高いのは商業、農業、その他の鉱業、皮製品、繊維製品、加工水産物とその副産物であった。これらの産業の1単位の財を生産するときに発生するCO₂とSO₂の排出量は他産業と比べてかなり小さい。これに対して、輸入の割合が高い産業は、設備・機械、石油製品、金属製品、繊維製品、電子製品である。52部門の中でこれらは、1単位の財を生産するときに発生する排出量が比較的多い産業である。つまり、ベトナムはクリーンな財を輸出し、汚染財を輸入しているといえる。

次に、ベトナム経済の発展段階についてである。ベトナムの工業化はまだ初期段階にあり、輸出の工業化率がようやく50%を超えるようになったところである。そしてベトナムでは、上記でも述べたが輸出はアパレル、履き物など労働集約的軽工業品が中心であり、機械のシェアは8%に過ぎない。

このようにベトナムでは輸出主導型工業化が進んでいるが、東アジア地域内の他国と比べるとまだ後発国のグループに入っている。従って、環境負荷の大きな工業製品を輸出して高度成長を達成する段階に到達していないために汚染逃避地仮説と逆の結果が推計されたと思われる。

VI 結論

本稿では、貿易自由化によってベトナムが汚染逃避地になるかどうかについて分析を行った。分析から得られた主要な結論は、現発展段階のベトナムでは大気汚染の面において汚染逃避地仮説は支持されないということである。この結論は、輸出増加は汚染を増加させるが、輸入増加が汚染を減少させ、さらに減少量が増加量より大きいということから得られる。

2005年まではベトナムは汚染逃避地ではないが、1996年以降、貿易が拡大するにつれ、CO₂については汚染逃避地仮説に徐々に当てはまる方向へ進むように見えるがSO₂については汚染逃避地仮説に当てはまらなくなっていくのである。

以上の結果は、輸出と輸入で同じ量を追加するという仮定で導き出されたものであったが、実際には、ベトナムは年々輸入超過で、実際の輸出と輸入の割合を使って推定した場合、結果はより明瞭になり、ベトナムは2005年までは大気汚染の面において汚染逃避地ではないと一層確実にいえる。

汚染逃避地仮説に対して、資本賦存量の多い国、すなわち相対的にエネルギー使用量の多い国における輸出増を通じて、環境負荷を強めるという要素賦存量仮説がある。また、前述したようにCopeland and Taylor (2003)によると、ほとんどの汚染集約産業が資本集約産業でもある。もしこれが正しければ、ベトナムでは資本集約産業ではなく、労働集約産業が発達しているので汚染財を生産・輸出していないと考えられよう。つまり、今回の分析結果からは、ベトナムの場合汚染逃避地仮説というよりも要素賦存量仮説の方が整合的であるということも考えられる。

先行研究においても同様の結果が得られている。たとえば、Dietzenbacher and Mukhopadhyay (2007)は1992年と1997年における

インドのデータを用いた分析を行い、インドは汚染逃避地ではないという結果を示した。

本研究で残された課題も少なくない。研究の範囲ではCO₂とSO₂しか研究しておらず、炭化水素や窒素酸化物など、他の大気汚染物質については分析できていない。そして、本稿では生産過程から排出される汚染物を対象としたが、実は家庭におけるエネルギー消費の割合が高いので、国内の汚染全体について見るためには、家庭からの排出にも目を向ける必要がある。また、大気汚染以外の污水や土壤汚染等についての研究も残されている。またベトナムは今後発展するにつれて産業構造が変化していくと予想される。工業化の促進と共に労働集約産業の代わりに重化学産業が発展していくと予測されるがそのとき汚染逃避地になるかどうか。そして汚染逃避地にならないように環境政策決定がどのように取り組むかということも今後の課題として残されている。

注釈

- 1) ドイモイ政策の主な内容：計画経済から市場経済へのシステム転換と対外開放である。システム転換は企業形態の多様化（民間企業、外資系企業の活動の促進）、競争原理の導入などによって労働・資本などの経済資源の効率的利用をもたらす。開放政策は、経済管理・運営に関する新しい知識、アイデアが導入され、マクロ経済政策の改善に役立ち、輸出が拡大し、国内資源を有効に活用できた。
- 2) その後ベトナムの中部で製油所の建設が完成し、2009年2月から活動を開始した。
- 3) CO₂, SO₂, NO_xの純排出量：輸出増加に伴うCO₂, SO₂, NO_xの排出量から輸入増加に伴うCO₂, SO₂, NO_xの排出量を差し引いた分 ($\Delta\pi$)。
- 4) NO_xに関しては適切なデータが入手できないため本論文では推定しないことにする。
- 5) 統計総局のスタッフへのヒアリング結果と資料参考の結果。
- 6) Dietzenbacher, E. and K. Mukhopadhyay [2007]と科学技術庁—科学技術政策研究所 [1992]に基づいて整理し書き直した。

- 7) Nguyen (2005) が南斎・森口 (2002) の施行令排出係数一覧から kg CO₂/kg 石炭, kg CO₂/1 石油のデータを取り出し, ベトナムの石油・石炭の石油換算トンのデータと合わせて計算した結果である。
- 8) 注6) に同じ。
- 9) 重油の SO₂ 排出係数の値は, 科学技術庁—科学技術政策研究所 (1992) に記載されている硫黄酸化物排出係数一覧を利用した。
- 10) 石炭の SO₂ 排出係数の値は, 科学技術庁—科学技術政策研究所 (1992) に記載されている硫黄酸化物排出係数一覧を利用した。
- 11) General Statistical Office (1996~2007) のデータを利用した。
- 12) $\text{ratio} = \gamma_{1(2)} \mathbf{L}(\Delta e) / \gamma_{1(2)} \mathbf{L}(\Delta \mathbf{m})$ 。
- 参考文献**
- Cave, A. L. and C. G. Blomquist [2008] “Environmental Policy in the European Union: Fostering the Development of Pollution Havens?”, *Ecological Economics*, 65, pp. 253–261.
- Cole, A. M. [2004], “Trade, the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages”, *Ecological Economics*, 48, pp. 71–81.
- Copeland, B. R. and M. S. Taylor [2003], *Trade and the Environment: Theory and Evidence*, Princeton, Princeton University Press.
- Dam, L. and B. Scholtens [2008], “Environmental Regulation and MNEs Location: Does CSR Matter”, *Ecological Economics*, 67, pp. 55–65.
- Dean, J. [1991], “Trade and the Environment: A Survey of the Literature” in *Background Paper Prepared for the 1992 World Development Report*, World Bank.
- Dietzenbacher, E. and K. Mukhopadhyay [2007], “An Empirical Examination of the Pollution Haven Hypothesis for India: Towards a Green Leontief Paradox?”, *Environmental and Resource Economics*, 36, pp. 427–449.
- 藤川清史 [2008] 『産業連関分析入門 Excel と VBA でらくらく IO 分析』日本評論社。
- General Statistical Office [1996–2007], *Vietnam statistical Yearbook*, Statistical Publishing House, Hanoi.
- General Statistical Office [1999] [2003], *Input-Output Table of Vietnam in 1996, 2000*, Statistical Publishing House, Hanoi.
- International Energy Agency [1992], *Energy Statistics and Balance of Non-OECD Countries 1989–1990*, IEA Statistic.
- International Energy Agency [1999] [2003] [2008], *Energy Balances of Non-OECD Countries 1996–1997, 2000–2001, 2005–2006*, IEA Statistic.
- 科学技術庁—科学技術政策研究所 [1992] 『アジアのエネルギー利用と地球環境, エネルギー消費構造と地球汚染物質の放出の動態』大蔵省印刷局。
- Machado, G., R. Schaeffer, and E. Worrell [2001], “Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: an Input-Output Approach”, *Ecological Economics*, 39, pp. 409–424.
- Markusen, J. R., E. R. Morey and N. D. Olewiler [1993], “Environment Policy When Market Structure and Plant Location are Endogenous”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 24, pp. 69–86.
- Ministry of Natural Resources and Environmental of Vietnam [2007], *Report on National Environment Condition 2007*, MoNRE, Hanoi.
- Ministry of Natural Resources and Environmental of Vietnam [2001], *Database of Vietnamese Energy 1985–1999*, MoNRE, Hanoi.
- 中上英俊 [2005] 『世界の暮らしとエネルギーに関する調査』報告会『フォーラム・エネルギーを考える』。
- 南斎規介・森口祐一 [2002] 『産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)』, 独立行政法人国立環境研究所, 地球環境研究センター。
- Nguyen, T. A. T. [2005], “Evaluation of Energy Productivity in Vietnam Using Input-Output table”, *Doctor Thesis*, Kyoto University.
- Rostow, W. W. [1960], *The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto*, Cambridge: Cambridge University Press, 1960, pp. 4–16. (木村健康ほか訳『経済成長の諸段階——一つの非共産主義宣言』ダイヤモンド社, 1961年)。
- Temurshoev U. [2006], “Pollution Haven Hypothesis or Factor Endowment Hypothesis: Theory and Empirical Examination for the US and China”,

- CERGE-EI Working Paper, Charles University, No. 292.
- Tobey, J. [1990] "The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: an Empirical Test", *Kyklos*, 43, Issue 2, pp. 191-209.
- トラン・ヴァン・トウ [2005] 「東アジアにおける分業と FTA の新展開」(馬田・浦田・木村編『日本の新通商戦略』文真堂)。
- トラン・ヴァン・トウ [2006] 「東アジアの工業化の波及とベトナム」(『ていくおふ特別寄稿』)。
- 財団法人地球・人間環境フォーラム [2002] 「日系企業の海外活動に当たっての環境対策 (ベトナム編)」(『平成 13 年度日系企業の海外活動に係る環境配慮動向調査報告書』), 31, 45 ページ。
- Walter, I. [1973], "The Pollution Content of American Trade", *Western Economic Journal*, 9, p. 1.
- Walter, I. [1982], "Environmentally Induced Industrial Relocation to Developing Countries" in *Environment and Trade: The Relation of International Trade and Environmental Policy*, ed. by Seymour J. Rubin and Thomas R. Graham, Allanheld, Osmun and Co., New Jersey.