

国際的相互依存と環境公平性に関する研究

中村英佑¹・森杉雅史²・井村秀文³

¹学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

²正会員 工博 名古屋大学助手 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

³正会員 工博 名古屋大学教授 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

環境公平性を議論する上での1つの規範は、「人間は全て平等であり、人間1人当たりに許容される資源消費量と環境負荷発生量は等しくなければならない」というものである。しかし現実には、1人当たりの資源消費量や環境負荷発生量は国によって大きく異なる。さらに、経済のグローバル化によって、世界各国は資源消費と環境負荷の相互依存性を強めており、自国の環境負荷を他国に転嫁する動きもみられる。本研究では、アジア太平洋地域を対象として、産業連関分析により貿易を通じた資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態を定量化し、それが環境問題をめぐる国同士の公平性にとって如何なる意味を持つかを検証した。その結果、この地域での資源消費と環境負荷の中心は米国と中国であり、1人当たりの資源消費と環境負荷には米国と他国との間に格差が存在することが明らかとなった。

Key Words: International Interdependency, Environmental Equity, Trade and Environment, I-O Analysis, CO₂ Emission, Ecological Footprint, Eco-Efficiency

1. はじめに

人類のあらゆる経済活動は、資源の消費とその結果発生する環境負荷の上に成立している。持続可能な発展のためには、再生不可能な資源の利用を減少させると同時に、地球環境に不可逆な変化をもたらす恐れのある汚染物質の排出を抑制しなければならない。人類の未来は、「環境効率性」の向上、すなわち、可能な限り少ない資源消費と環境負荷で多くの富を得るという課題と、その結果生み出された富の分配をいかに公平に行うか、また環境負荷の削減に必要な責務をいかに平等に負担するかという「環境公平性」の問題をどう解決するかにかかっている。ところが、環境公平性の議論において難しいのは公平性をどのように定義するかである。その1つの強い規範は、「地球上において人間は全て平等であり、人間1人が消費できる資源の量や許容される環境負荷の発生量は平等であるべき」という考え方である。しかしながら、天然資源の賦存や生産技術の保有状況は国や地域によって大きく異なるのが現実である。

1950年代には約25億人であった世界の人口は、2000年に60億人に達した。また、世界のGDPの総計は同じ期間で約5.5倍に拡大した¹⁾。しかし、地球上に存在する

資源は有限であり、我々ひとりひとりが消費することのできる資源は減少傾向にある。その一方で、CO₂排出量のように、1人当たりに許容される排出量を超えてさらに増大している環境負荷の例もある。こうした中、1980年代後半以降の海外直接投資の拡大と通信・運輸・情報分野での技術革新を背景として、世界各国の産業は貿易取引を急激に増加させ互いの依存関係を深化させた。すなわち、各国産業は貿易を通じて国際的な「相互依存状態」にあり、互いに密接に関連しあっている。このため、国による環境規制レベルの違いや環境問題に対する人々の関心の低さなどを利用し、資源消費・環境負荷の大きな財・サービスは自国で生産せず他国からの輸入に依存するという事態も起こり得る。例えばアジア太平洋地域に着目すると、中国やASEAN諸国は工業生産の拡大により飛躍的な経済発展を実現した。しかしその反面、資源を多く消費し環境負荷を多く発生させる産業が後発国(中進国及び発展途上国)に移転する動きもみられた。この結果として生じた後発国から先進国への財・サービスの輸出増加は、本来先進国が負うべき環境負荷が後発国に転嫁されたことを意味しており、1人当たりの実質的な資源消費と環境負荷の量的な格差が生じたことが懸念される。

こうした問題意識から、貿易を通じて地球規模で波及

する資源消費と環境負荷について、国同士の格差や偏りを議論するために幾つかの指標が提案されている。その最も単純な例が各国の1人当たりの直接的な資源消費量であるが、経済のグローバル化が進展する現在、この指標のみを用いて十分な議論を行うことはできない。各国の産業は国際的相互依存状態にあり、その生産活動を行うためには他国からの財・サービスの輸入が必要不可欠なためである。従って、国内で直接生じる資源消費や環境負荷のみを比較して国同士の格差を論じることは適切ではなく、貿易を通じて他国で間接的に誘発される資源消費と環境負荷にも目を向けることが必要となる。

そこで本研究では、日本、米国、アジア8国(インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾、韓国)を対象とし、貿易を通じた資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態を定量化した上で、国同士の環境公平性を検証することを目的とする。

このため、まず産業連関分析の手法を用いて、各国の産業が貿易を通じてアジア太平洋地域で直接・間接的に誘発する資源消費と環境負荷を算出し、内包環境負荷と定義する。次いで、その内包環境負荷を誘発相手国別に分解し、この地域における資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態として定量化する。環境公平性の議論においては、環境公平性評価指標を各国国民1人当たりの内包環境負荷で定義し、その量的な平等性を1つの規範的価値として評価する。また、貿易に付随して移動する各国のCO₂の流出入に着目し、その時系列変化の特徴について考察を行う。以上の分析においては、資源消費の指標として農産物の生産に投入されるエネルギー量、農地面積、林地面積を、環境負荷の指標としてCO₂排出量を採用する。

2. 国際的相互依存と環境公平性の評価方法

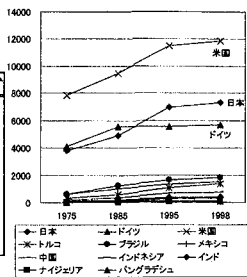
(1) 国際的相互依存

各国1人当たりの鉄、紙・板材、アルミニウムの消費量を表-1に示す。これからわかるように、先進国の資源消費量は途上国の数十倍を超えている。また、図-1に各国1人当たりのエネルギー消費量を時系列で示す。これらは、各国の経済レベルや生活スタイルの違いによる資源消費量の格差を如実に示すものである。しかし、各国産業間の国際的相互依存性が強まる中、上記のような直接的な資源消費量の比較だけで国同士の格差を議論することができないことは既に述べた。例えば、韓国の鉄鋼消費量の多くは船や自動車などの輸出のためと考えられ、他国の消費分までをカウントしている恐れがある。こうした視点から、筆者らの研究グループでは、資源消費と環境負荷の国際的相互依存に着目した研究を行ってきた。

表-1 各国人口1人当たり
資源消費量²⁾

国名	鉄 1988年	紙・板材 1988年	アルミニウム 2000年
日本	557	237	17.5
米国	458	337	22.3
ドイツ	468	205	18.2
オーストラリア	341	177	18.2
韓国	757	114	17.6
アルゼンチン	91	52	2.2
メキシコ	123	47	0.9
マレーシア	238	85	4.8
ブラジル	99	38	3.1
タイ	128	28	3.2
ロシア	133	13	5.1
中国	108	26	2.9
インドネシア	14	14	0.7
インド	30	4	0.6

単位: Kg/year



単位: kWh/capita

図-1 各国1人当たり

エネルギー消費量の推移³⁾

エネルギー消費とCO₂排出について、TIWAREEら⁴⁾は、アジア国際産業連関表を用いて1985年のアジア太平洋地域におけるエネルギー及びCO₂収支を算出した。また、中村ら⁵⁾は1985年から1995年にかけてこの地域におけるCO₂排出量の変化の要因分析を行った。他方、井村ら⁶⁾は、貿易統計年鑑を用いて世界全体のエネルギーとCO₂の収支バランスを時系列で算出し、各国・地域の1人当たりエネルギー消費量とCO₂排出量の比較分析を行い、その格差を指摘している。

土地資源についても、井村ら⁷⁾によるアジア太平洋地域の国際的相互依存状態の定量化や、芥川ら⁸⁾による農産物貿易を通じた日本の間接的な国外農地の使用面積の算出などがある。また、Wackernagelら⁹⁾の提唱したエコロジカルフットプリント(Ecological Footprint:ある地域における現状の生活を維持するために、地域内外で必要となる土地資源面積)の産業連関分析を用いた推計としてBicknellら¹⁰⁾のニュージーランドへの適用例があるが、福田ら¹¹⁾は同様の手法を日本に適用し、エネルギー消費とエコロジカルフットプリントを統合した新たな環境負荷指標を提案している。

しかし、これらの既往研究では資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態を定量化しているものの、CO₂排出やエネルギー消費、土地資源消費などを同じ手法を用いて定量化したものではないため、用いたデータや年次に違いがあり、国際貿易に付随する資源消費と環境負荷の移動を同時に考察することができなかった。そこで本研究では、1985、1990、1995年のアジア国際産業連関表^{12), 13), 14)}に、各国産業のCO₂排出量¹⁵⁾、農産物生産に投入されるエネルギー量^{16), 17)}、農地面積¹⁸⁾、林地面積¹⁸⁾を計上し、産業連関分析の手法を応用して分析を行う。これにより、本研究では各国産業が貿易を通じて誘発するCO₂排出量、農産物エネルギー消費量、農地使用面積、林地使用面積の国際的相互依存状態を同時に定量化することが可能となる。その概念図を図-2に示す。

なお、本研究で用いたアジア国際産業連関表^{12), 13), 14)}(以下、アジア表と略す)とCO₂ Emissions from Fuel

Combustion¹⁹⁾ (以下、CO₂ データと略す)のデータの産業部門区分は互いに異なるため、それぞれ支障のないように統合して分析を行う。基本的に、アジア表の産業部門区分に CO₂ データを対応させる。具体的には、アジア表の 1 つの産業部門に CO₂ データの複数の産業部門が対応している場合には、CO₂ データの各産業部門の CO₂ 排出量を加えて 1 つの産業部門とし、逆に、アジア表の複数の産業部門に CO₂ データの 1 つの産業部門が対応している場合には、アジア表の各産業部門の生産額比で CO₂ データの CO₂ 排出量を配分する。

さらに、アジア表は各国 24 産業部門を対象として集計されたデータであるため、本研究の CO₂ 排出に関する分析は、各国 24 産業部門が化石燃料の燃焼に伴い排出する CO₂ 量を対象としたものであることに注意が必要である。また、農産物エネルギーと農地に関しては農業部門、林地面積に関しては林業部門で使用されるエネルギー量と土地面積を各部門に投入して分析を行う。

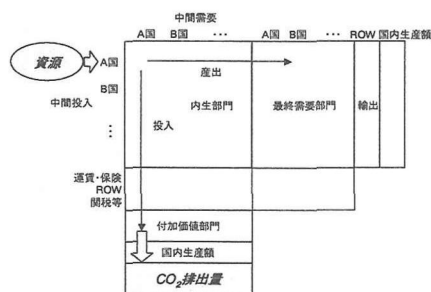


図-2 産業連関分析の概念図

(2) 環境公平性

厚生経済学の分野では、古くから所得分配の公平性に関する議論が行われてきた。その主眼は所得の分配を如何に行えば社会的公正が実現されるかという問題を解決することに置かれ、その分配原理には大別して 2 つの型があるとされている。均等分配を主張する平等原理と不均等分配を主張する格差原理である。しかし、両者にはそれぞれ欠点があるため、どちらが公正かという問いには意味がなく、原理そのものの公正さよりも原理を採用する時の手続きの公正さを議論すべきとの認識が強い。

こうした議論をもとに、地球環境問題において資源消費とその結果生じた環境負荷がどのように分配されるべきか、という命題が環境倫理学の分野で論じられるようになった。例えば、戸田¹⁹⁾や加藤²⁰⁾は公害輸出や環境人種差別の事例に着目し、国や地域レベルでの環境負荷の偏りを指摘している。ここでの主張は、石油などの枯渇資源は全世界の公共財であるが、その利用から得られる利益や生じる被害の分配は必ずしも公正ではないという、平等原理に近いものである。他方、Wackernagel²¹⁾は、各国国民 1 人当たりのエコロジカルフットプリントを比較することにより国同士の格差の存在を指摘している。

本研究では、「地球上において人間は全て平等であり、人間 1 人当たり許容される天然資源の消費量及び環境負荷の発生量は等しくなければならない」という、平等原理に比較的近い視点に立ち、アジア太平洋地域の資源消費と環境負荷をめぐる国同士の環境公平性の検証を試みる。具体的には、環境公平性評価指標を各国国民 1 人当たりが直接・間接的に誘発する資源消費量と環境負荷発生量(1 人当たりの内包環境負荷)で定義し、その量的な平等性から国同士を比較する方法を用いる。

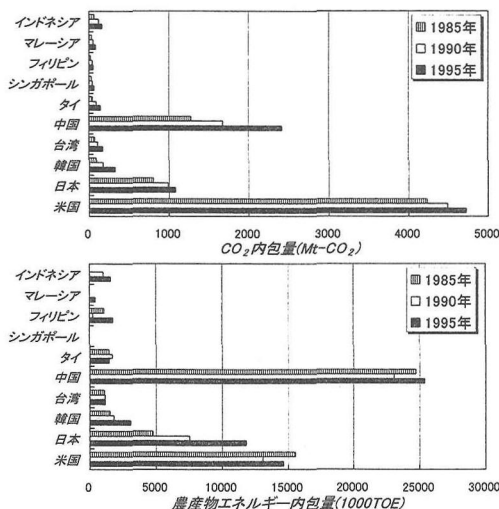
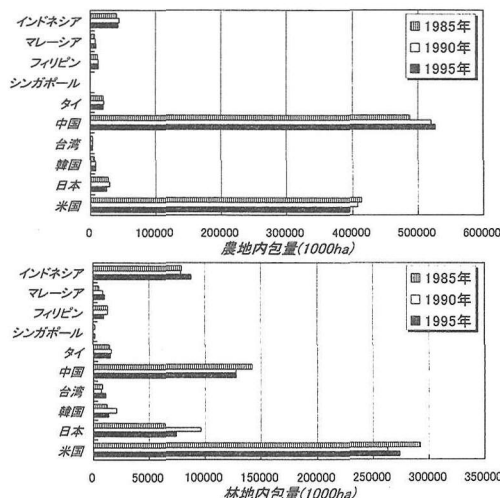


図-3 3 時点における各国の内包環境負荷



3. 資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態

(1) 内包環境負荷 (Embodied Environmental Load)

一般的な産業連関分析の概念では、各国の産業の財・サービスに対する最終需要が生じた場合、それを満たすために自産業の生産が誘発され、同時に自産業の生産の為に必要となる中間投入財を生産する他産業に化石燃料の燃焼需要が生じCO₂が誘発排出されるとともに、農地や林地などの資源消費が生じると考えられる。従って、産業連関分析の手法を用いると、各国の産業が生産段階各ステージにおいて直接・間接的に誘発する資源消費量と環境負荷発生量を積算することが可能となる。本研究では、これを内包環境負荷(Embodied Environmental Load : EEL)と定義する。また、算出結果は、用いた評価指標によりそれぞれCO₂内包量、農産物エネルギー内包量、農地内包量、林地内包量と呼ぶこととする。これを定式化すると式(1)のようになる。ただし、このようにして算出された内包環境負荷は、本研究の対象地域である日本、米国、アジア 8 国のみで直接・間接的に誘発される資源消費と環境負荷であり、その他の国々のものは含まれていない。

$$EEL_k = \sum_i M_i^k \quad (1)$$

$$= \sum_j \varepsilon_j (I - A)^{-1} F_j$$

EEL_k : k 国の内包環境負荷

M_i^k : k 国の産業部門 i の内包環境負荷

ε_j : 産業部門 j の単位生産額当たりCO₂排出量、

資源消費量の行ベクトル

I: 単位行列, A: 投入係数行列

F_j : i 列目を産業部門 i の最終需要額、他を 0 とした列ベクトル

図-3に、式(1)より求めたCO₂内包量、農産物エネルギー内包量、農地内包量、林地内包量を各国それぞれ1985、1990、1995年の3時点について示す。

まずCO₂内包量は、米国と中国が高い値を示している。これは、世界の主要なCO₂排出国がこの2国であり、それがアジア太平洋地域においても同様であることを意味している。

農産物エネルギー内包量は、中国が最も高い値を示し、これに米国が続いている。日本は増加傾向にあり、米国並みの値になりつつある。また、農地内包量でも土地資源の豊富な米国と中国が高い値を示しているが、他の国の農地内包量はそれほど高くない。これは、農業が国内の土地資源に強く依存するという性格を持ち、この2国が豊富な国内土地資源を背景に農業生産国としての地位を確立しているためとみられる。その一方で、国内の土地資源の少ない日本は、農地内包量は小さいが、農産物

エネルギー内包量が高い値を示しているといえる。

林地内包量では、米国が高い値を示し、中国、インドネシア、日本がそれに続いている。国内林地面積の少ない日本が高い林地内包量を示した点に、貿易を通じた日本の木材消費の膨大さが窺える。

(2) 内包環境負荷の収支バランス

次に、貿易を通じた資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態を定量化する。そのため、ここでは内包環境負荷を誘発相手国別に算出し、これを国家間の内包環境負荷の収支バランス(国際貿易に付随するCO₂と資源の流出入)として評価する。簡単化のため国の数を2国に限定した場合を考えると、式(1)を式(2)のように式変形することによってそれは表現可能となる。

$$EEL_k = \sum_i \varepsilon_j \begin{bmatrix} B_{kk} & B_{kl} \\ B_{lk} & B_{ll} \end{bmatrix} F_i$$

$$= \sum_i M_i^{kk} + \sum_i M_i^{kl} \quad (2)$$

$$= EEL_k^k + EEL_k^l$$

B_{kl} : レオンチェフ逆行列の部分行列

添え字は、k 国の l 国に対するレオンチェフ逆行列の部分行列を示す。

M_i^{kk} : k 国の産業部門 i が l 国に誘発した内包環境負荷

EEL_k^l : k 国が l 国に誘発した内包環境負荷

式(2)により求めた1995年における各国の内包環境負荷の収支バランスを表-2、3、4、5に示す。各表とも、列方向の国の産業に生じた最終需要を満たすために、貿易を通じて行方向の国で間接的に誘発されるCO₂排出量と資源消費量の値を示している。また同様に、表-6に各国の中間投入財の取引合計額マトリックスを示す。表記上、比較的高い値を示した箇所を網掛けで示し、対角項は記入していない。

まずCO₂収支バランスでは、米国のCO₂の流出入が大きいことがわかる。これは各国とも米国との貿易取引額が大きいためであり、ここから国際貿易を通じたCO₂排出負荷における米国の影響力の大きさが窺える。また、中国から流出するCO₂も大きく、特にそれは日本と米国に対して顕著であり、日米間のCO₂の流出入よりも大きい。しかし表-6から、日本と米国に投入される中国産業の中間投入財の取引額は、日米間で取引される金額よりも小さいことが読みとれる。すなわち、日本と米国は、貿易取引金額が小さくとも生産効率の低い中国の財・サービスを中間投入財として輸入しているために、中国からのCO₂の流入が大きくなっていると考えられる。また流出合計値で見ると、中国からのCO₂の流出が最大であり、中国が他国のCO₂排出の肩代わりを担っていることが懸念される。

農産物エネルギーと農地の収支バランスでは、日本への流入が大きいことがわかる。これは、日本の食糧自給率が約 40%と低いことからわかるように、国土の狭小な日本が間接的に国外での農産物エネルギーと農地を大量に消費していることを如実に示している。特に米国と中国からの流入が大きく、日本が農業生産に伴うエネルギー消費と農地の使用を、この 2 国に強く依存していることが窺える。また流出合計値でみると米国と中国の値が大きく、アジア太平洋地域における 2 国の農業国としての地位がここにも現れている。

林地収支バランスでは、インドネシアとマレーシアからの流出の大きさが目立つ。また日本へは米国や中国からの流入が大きく、流入合計値からも日本は林地資源を国外に強く依存しているといえる。前述したように、日本の林地内包量は高い値を示したが、これは国外林地、特に米国とインドネシアへの依存度が大きいためである。

なお、図-3 の算出結果と表-2、3、4、5 の値は互いにオーダーが異なるが、これは表-2、3、4、5 には示されていない国内で誘発する内包環境負荷(対角項)の値が大きいためである。

4. 環境公平性の評価

本章では、アジア太平洋地域における環境公平性の検証を行う。そのため、ここでは環境公平性評価指標を各国国民の 1 人当たり内包環境負荷で定義し、その量的な平等性を基準として国同士の環境公平性を考察する。また、環境公平性の議論には、環境効率性との関係が 1 つの論点となる。そこで、環境効率性評価指標を生産額当たりの内包環境負荷(内包環境負荷の原単位)で定義し、これと環境公平性の関係も明らかにする。なお、ここで用いた各国の 1 人当たり GDP は、デフレーターにより 1995 年の金額に実質化されたものを用いる。

表-2 CO₂ 収支バランス (単位: Mt-CO₂, 1995 年)

TO	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	米国	合計
FROM	インドネシア	0.5	0.4	1.4	0.5	1.3	1.0	1.9	6.9	5.7	19.6
マレーシア	0.3	0.2	2.5	0.9	1.0	0.9	1.2	3.0	5.0	15.0	
フィリピン	0.0	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	1.2	2.6	5.1	
シンガポール	0.7	1.1	0.3	1.3	1.3	0.7	0.4	1.4	1.4	8.6	
タイ	0.2	0.5	0.1	1.2	0.7	0.4	0.4	2.8	2.7	9.0	
中国	4.4	4.5	2.7	6.4	7.6	12.1	22.0	54.2	47.6	161.6	
台湾	0.8	1.2	0.9	1.2	1.4	2.8	1.2	4.1	6.7	20.3	
韓国	1.0	1.0	0.6	1.4	1.1	5.0	1.7	6.2	6.7	24.7	
日本	1.2	2.3	0.6	2.8	3.0	4.8	4.4	4.7	13.1	38.9	
米国	2.2	3.2	1.7	5.1	3.9	8.7	12.5	31.6	78.5		
合計	10.9	14.4	7.4	22.4	19.8	25.8	31.0	44.7	111.5	91.5	

マトリックス内は 5.0 以上、合計値は 70 以上を網掛けで示す。

表-3 農産物エネルギー収支バランス (単位: 1000TOE, 1995 年)

TO	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	米国	合計
FROM	インドネシア	2.8	1.1	3.9	0.9	2.7	1.0	3.0	17.1	6.2	38.7
マレーシア	0.9	3.8	10.3	1.1	8.3	1.0	2.8	7.4	4.2	40.0	
フィリピン	0.3	1.4	0.5	0.5	1.2	0.5	2.7	12.2	35.7	55.0	
シンガポール	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	
タイ	2.6	5.9	0.8	6.4	20.1	4.3	10.1	71.1	45.5	166.8	
中国	9.5	17.5	6.2	21.5	17.7	17.7	91.9	264.8	108.8	555.8	
台湾	0.7	0.9	1.5	1.2	2.7	2.6	1.7	4.7	5.9	64.6	
韓国	1.5	1.0	0.8	1.9	2.5	9.0	2.1	26.0	10.9	55.7	
日本	1.7	2.9	1.2	4.4	4.5	8.8	6.3	7.3	20.1	57.1	
米国	37.3	12.6	23.9	6.7	23.1	138.9	97.9	109.8	451.8	899.9	
合計	54.5	45.1	39.3	56.8	53.0	189.6	130.8	229.4	897.9	237.3	

マトリックス内は 70 以上、合計値は 100 以上を網掛けで示す。

表-4 林地収支バランス (単位: 1000ha, 1995 年)

TO	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	米国	合計
FROM	インドネシア	76.2	29.2	106.5	23.6	74.5	27.2	82.2	485.5	168.2	1053.3
マレーシア	16.4	66.5	182.1	20.1	148.9	18.3	50.3	131.5	74.7	706.8	
フィリピン	2.2	8.8	3.2	3.2	7.2	2.8	16.7	75.7	222.2	342.0	
シンガポール	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
タイ	34.3	77.3	10.7	84.5	285.3	57.3	133.9	939.4	600.6	2203.4	
中国	197.2	363.5	129.1	445.4	387.9	368.3	1905.8	5491.2	2258.9	11523.0	
台湾	0.6	0.7	1.3	1.0	2.2	2.1	1.4	39.1	4.8	53.2	
韓国	1.0	0.7	0.5	1.4	1.7	6.3	1.5	18.1	7.6	38.8	
日本	0.8	1.4	0.6	2.1	2.2	4.3	3.1	3.8	9.8	27.8	
米国	1013.6	343.6	649.6	181.0	626.5	3720.6	2859.6	2984.0	12277.9	24456.5	
合計	1266.1	872.4	687.6	1007.1	1047.4	4227.2	3136.1	5177.8	19438.5	3344.8	

マトリックス内は 100 以上、合計値は 10000 以上を網掛けで示す。

表-5 林地収支バランス (単位: 1000ha, 1995 年)

TO	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	米国	合計
FROM	インドネシア	415.2	38.7	338.0	104.6	3028.9	3819.4	3122.9	12271.5	3174.6	26413.8
マレーシア	19.8	172.9	374.8	1813.0	1279.3	2201.2	1407.6	6966.5	1106.8	15141.8	
フィリピン	3.4	28.3	13.7	90.2	75.0	255.4	103.9	486.5	2993.4	3592.7	
シンガポール	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
タイ	14.2	57.1	7.8	40.6	267.8	936.6	77.8	640.6	336.0	2378.4	
中国	63.6	119.3	37.0	101.3	128.5	492.4	549.3	4355.8	1320.5	7168.2	
台湾	0.6	2.0	0.8	1.2	6.2	29.2	3.5	83.7	27.6	154.9	
韓国	4.4	9.7	7.7	5.8	8.0	23.4	9.7	534.6	36.7	640.0	
日本	4.9	11.9	6.5	12.2	14.0	23.0	28.6	29.6	69.2	199.8	
米国	101.0	206.4	164.1	208.3	253.5	1048.4	2686.2	24842.6	24842.6	29943.8	
合計	212.0	850.9	435.4	1095.8	2217.9	5362.0	8889.6	7981.2	49983.8	9004.9	

マトリックス内は 1000 以上、合計値は 10000 以上を網掛けで示す。

表-6 中間投入財の取引合計額マトリックス (単位: million US\$, 1995 年)

TO	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	米国	合計
FROM	インドネシア	751	494	1837	513	1786	1814	2892	11686	3044	24817
マレーシア	515	520	6319	2463	1821	2269	2373	7107	10146	33532	
フィリピン	36	219	644	467	222	445	451	2013	3833	8429	
シンガポール	1223	4381	663	2853	2024	2427	1294	3235	9180	26881	
タイ	261	994	175	3512	1109	811	669	530	5181	19016	
中国	807	1057	508	1602	1461	2067	5598	14272	10430	38221	
台湾	922	2026	1226	2216	2152	3757	1937	7373	13340	34948	
韓国	1333	1744	915	3567	1722	7552	3054	11113	13481	44482	
日本	4438	11490	2705	14785	12068	17861	19334	20794	55177	158653	
米国	2479	5373	2423	8168	5306	9412	12720	17874	42926	109786	
合計	12013	28035	9627	42651	23024	45339	44947	53992	109034	123812	

マトリックス内は 15000 以上、合計値は 100000 以上を網掛けで示す。

(1) CO₂

図-4 に、各国の 1 人当たり GDP と 1 人当たり CO₂ 内包量を示す。CO₂ 排出について各国は、米国、日本、シンガポール、その他の国々の 4 グループに分別され、アジア太平洋地域の CO₂ 排出には国同士で格差が生じていることが読みとれる。1 人当たり CO₂ 内包量は、換言すると、経済レベルや生活スタイルの異なる各国で暮らす人々がアジア太平洋地域において生み出す CO₂ 排出負荷と考えることができる。すると、経済成長に伴いシンガポールの人々の CO₂ 排出負荷は米国並みに増大していることが指摘できる。また、日本の 1 人当たり CO₂ 内包量は 3 時点においてほぼ横ばいであり、これに米国とシンガポール

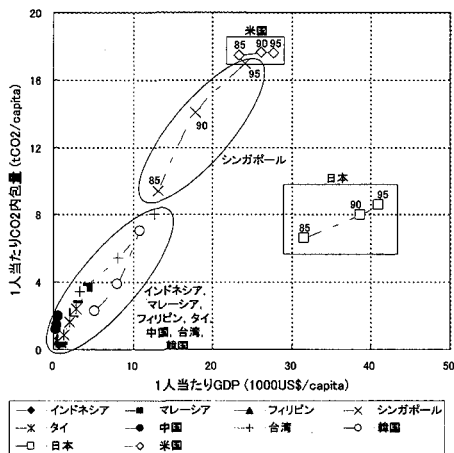


図-4 1人当たりGDPと1人当たりCO₂内包量

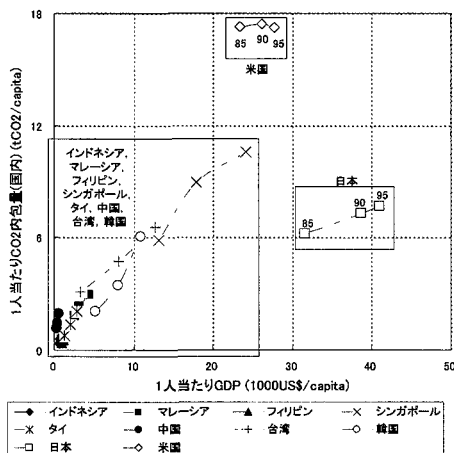


図-5 1人当たりGDPと1人当たりCO₂内包量(国内分)

を除く他の国々が迫りつつある。日本の1人当たりGDPはこの地域で最も高いにも関わらず、1人当たりCO₂内包量は米国とシンガポールの約半分である。そこで、日本の1人当たりCO₂内包量を環境公平性の相対的な評価基準に設定すると、今後の東アジア諸国の著しい経済成長に伴うCO₂排出量の増大が懸念される中、これらの国々の1人当たりCO₂内包量を日本レベルで落ち着かせることが環境公平性の実現のためには重要といえる。

次に、縦軸に各国の1人当たりCO₂内包量の国内分のみをプロットしたものを図-5に示す。ここでは、図-4で米国並みのCO₂内包量に達しつつあったシンガポールが、米国よりも小さい値を示している。これは、シンガポールのCO₂内包量の多くが国外に起因するものであることを示しており、国際貿易に強く依存して外貨を稼ぐこの国の特性を如実に示している。また、米国と日本を除く8国のデータサンプルはグラフ上にほぼ線形にプロットされており、各国の1人当たりGDPの増加と国内でのCO₂排出

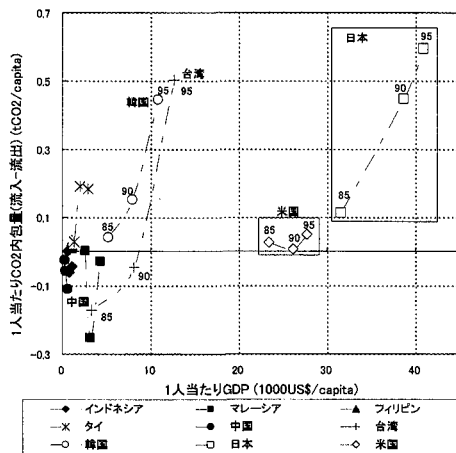


図-6 1人当たりGDPと1人当たりCO₂内包量(流入-流出)

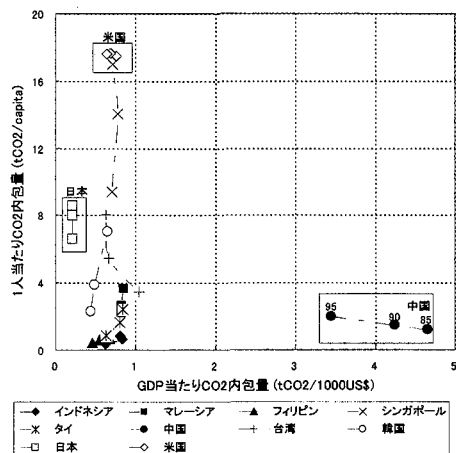


図-7 GDP 当たりCO₂内包量と1人当たりCO₂内包量

負荷には相関関係があることが読みとれる。

さらに、縦軸に各国1人当たりCO₂内包量の流入と流出の差をプロットしたものを図-6に示す。ここで、縦軸でみて正の領域に位置する国は流入超過国、負の領域に位置する国は流出超過国であることを意味する。なお、シンガポールは圧倒的な流入超過国でありグラフ上にプロットできないため除く。特徴的なのは、これまで常に米国の下に位置していた日本が最も上に位置しており、国民1人当たりの流入と出でみると日本が最大のCO₂流入国に転じたことである。また、これに韓国と台湾が続いているが、この要因は、表-2で示したように、これら3国に対して中国から多くのCO₂が流入しているためと考えられる。そのため、中国は一貫して流出超過状態にある。

最後に図-7に、各国のGDP当たりCO₂内包量と1人当たりCO₂内包量を示す。GDP当たりCO₂内包量は各国産業の環境効率性を示す指標といえるため、ここから中国の環境効率性の低さが読みとれる。これは、中国の産

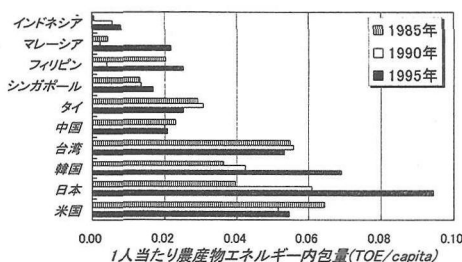


図-8 各国の1人当たり農産物エネルギー内包量

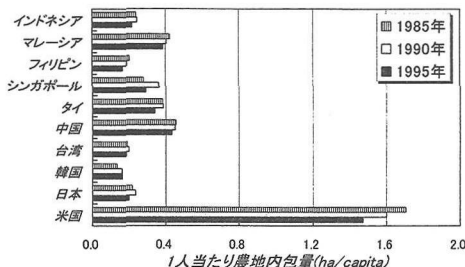


図-9 各国の1人当たり農地内包量

業が化石燃料として主に石炭に強く依存して生産活動を行っているためと考えられる。逆に、環境効率性が最も高いのは日本であることもわかる。

これらのことを踏まえ、アジア太平洋地域における CO₂ 排出からみた国同士の環境公平性の検証を行う。まず図-4より、アジア太平洋地域で発生している環境負荷には人々の生活する国によって格差が存在しており、環境公平性が欠如していることは明らかといえる。この要因は、図-5、6に示されているように、米国は国内での CO₂ 内包量が大きく、逆にシンガポールは国外から流入する CO₂ が大きいとみられる。また、日本は国内で米国の約半分の CO₂ 排出負荷しか発生していないが、流入出でみると、それは逆転する。これは、日本国内での環境効率性がこの地域での最高水準に達しており、他国の財・サービスを輸入することが必然的に国外でより多くの環境負荷を発生させることに繋がるためと考えられる。同様に、台湾と韓国も流入超過であるが、これは環境効率性の低い中国との貿易取引が大きいとみられる。

前述したように、持続可能な発展のためには、環境効率性の向上と環境公平性の実現の双方が必要不可欠である。すると、例えば日本のように国内で環境効率性の高い技術を保持する国が、より低い技術で生産活動を行っている中国に対して技術移転や海外直接投資を実施することは、より高度な技術が他国に伝播することを意味しており地球規模での環境効率性の向上にとって有効といえよう。同時に、日本は CO₂ 排出において流入超過国であり主な流入元が中国であることを踏まえると、結果として中国から日本に流出する CO₂ の削減も期待できる。ま

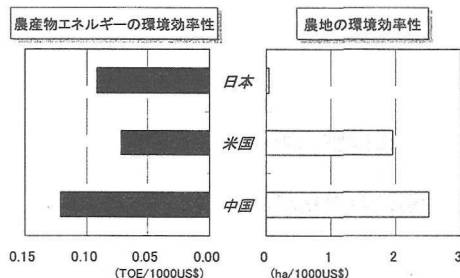


図-10 日・米・中の農業の環境効率性

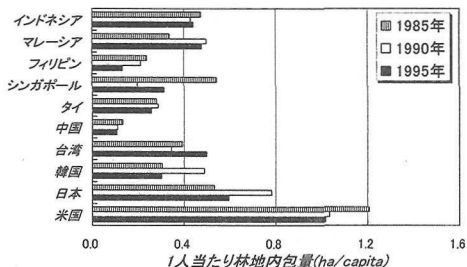


図-11 各国の1人当たり林地内包量

た、表-2においてアジア太平洋地域の最大の CO₂ 流出元が中国であったことを考慮すると、技術移転や海外直接投資の拡大は、貿易に付随する CO₂ の流入の縮小に寄与するといえる。さらに、これは各国1人当たり CO₂ 内包量の格差の是正を促し、環境公平性の実現にとっても有効に機能すると考えられる。従って、先進国の環境効率性の高い技術を、より低い技術で生産活動を行う貿易相手国へ何らかの手段を講じることによって移転することは、環境効率性の向上と環境公平性の実現の両立を促す1つの有効な手法であるといえよう。

(2) 農産物エネルギーと農地

図-8に各国の1人当たり農産物エネルギー内包量、図-9に各国の1人当たり農地内包量を示す。これから、農産物エネルギー内包量では日本、米国、韓国、台湾が比較的高い値を示し、農地内包量では米国が高い値を示していることが読みとれる。すなわち、農産物エネルギーと農地の消費においても国によって格差が生じているといえる。特筆すべきは、米国が両者において高い値を示したことである。ここに、広大な土地資源と膨大なエネルギー消費に依存する米国のライフスタイルの一面が現れている。また、日本、韓国、台湾が1人当たり農地内包量では低い値を示し1人当たり農産物エネルギー内包量で高い値を示したことは、国土の狭小なこの3国が不足する農地をエネルギー投入で代替していることが要因と推察される。

さらにここで、特に日本、米国、中国の農業生産の環境効率性に着目し、これと環境公平性、国際的相互依存状

態との関係についての考察を試みる。前述したように、本研究では環境効率性評価指標を生産額当たりの内包環境負荷(内包環境負荷の原単位)で評価する。図-10 に各国の農産物エネルギー、農地の環境効率性を示す。

既に表-3 で示したように、日本への農産物エネルギーの流入は大きく、流入超過状態にあった。逆に米国、中国で投入された農産物エネルギーは、日本と比して多くが国外へ流出しており、流出超過となっていた。このことから、アジア太平洋地域の中心的な農業国である米国と中国が、間接的に他国の農業生産におけるエネルギー消費の肩代わりをしていることが読みとれた。しかし、図-10の農産物エネルギーの環境効率性でみると米国の環境効率性は高く、逆に中国の環境効率性は低い。ここに米国内における資本集約型大規模農業の効率の良さが現れている。すなわち、米国と中国は両国とも国外へ流出する農産物エネルギーが大きい、その環境効率性に着目すると、米国型農業に投入されたエネルギーの流出の方が望ましいといえる。従って、農業生産に投入されるエネルギーの効率的な利用のためには、中国農業の機械化など生産体制の見直しが重要であるといえる。

他方、農地でみると、表-4 で示したように、日本は農地の流入でも圧倒的に流入超過状態にあった。しかし、表-6 によると日本の農地の環境効率性は群を抜いて高い値を示している。すなわち、日本は国内農地の環境効率性を可能な限り高め、それでも不足する農地を国外に依存しているという状況が読みとれる。一方で、米国と中国の農地の環境効率性は低く、農地の効率的な利用が行われているとはいえない。従って、農地の効率的な利用と食糧増産には、土地資源の豊富なこれらの国々における農地の環境効率性を高めることが重要といえよう。

(3) 林地

図-11 に、各国の1人当たり林地内包量を示す。これから、林地の消費についてもアジア太平洋地域では国同士で格差が生じていることが読みとれる。また、ここでも米国の値は最大である。

5. 結論

本研究では、アジア太平洋地域を対象として、まず産業連関分析により貿易を通じた資源消費と環境負荷の国際的相互依存状態を定量化した。次いで、環境公平性評価指標を各国国民の1人当たり内包環境負荷で定義し、その量的な平等性を1つの規範的価値としてこの地域の環境公平性に関する考察を行った。これにより得られた知見を以下に示す。

1) 資源消費と環境負荷の双方において、米国と中国が

高い内包環境負荷を示し、その収支バランスでみても米国と中国からの流出は高い値を示した。これは、アジア太平洋地域において、この2国が資源消費と環境負荷の中枢であり、この地域の資源環境問題に強い影響力を保持していることを如実に示している。特に、近年、「世界の工場」としての地位を確立しつつある中国の動向が、この地域の環境問題と食糧問題に与える影響は大きいといえる。

- 2) 内包環境負荷の収支バランスの不均衡は、比較優位に基づく国際貿易の結果であり、これ自体の善悪を即座に判断することはできない。しかしながら、貿易の自由化は、各国の産業の環境効率性や資源消費の国際的相互依存状態を考慮せずに、同じ土俵の上での評価を迫るものである。資源環境問題とその公平性という視点を考慮すると、その是非には疑問が残される。
- 3) 各国国民1人当たりの内包環境負荷では、資源消費と環境負荷の双方において米国が高い値を示し、米国とその他の国々との間には格差があることが明らかとなった。すなわち、アジア太平洋地域において、環境公平性が欠如していることは明らかといえる。特にCO₂排出に着目すると、東アジア諸国は経済成長に伴い1人当たりCO₂内包量を急増させていた。環境公平性の実現のためには、これらの国々で適切な環境政策や技術移転を実施することにより、CO₂排出負荷の増大を抑制することが重要といえる。
- 4) 1人当たりCO₂内包量の国内分のみでみると、日本の値は米国の約半分だが、流入出でみると、それは逆転し、日本は最大のCO₂流入国に転じた。これは、日本の産業の環境効率性がアジア太平洋地域の最高水準に達しており、相対的に環境技術レベルの低い他の国から財・サービスを輸入していることが要因である。そのため、日本よりも環境技術レベルが明らかに低く、主な貿易相手国である中国への技術移転や海外直接投資は、この地域における環境公平性の実現と環境効率性の向上の双方に寄与すると考えられる。

本研究では資源消費の指標として農産物エネルギーと農地、林地に着目したが、水資源など人類の生存基盤となる重要な資源は他にも数多くあり、今後はそれらも分析に組み込むことが求められる。また、環境効率性の議論においては、農産物の栽培品目や工業製品ごとの詳細な分析が必要であることは論を待たない。こうした詳細な品目単位の分析では資源消費と環境負荷の国際的な収支バランスも異なることが当然予測される。しかしながら、この分析を可能とする詳細なデータの整備は十分ではなく、現段階では分析不可能なため今後の課題としたい。また、環境公平性の実現と環境効率性の向上の双方に

寄与する方法として、本研究では技術移転と海外直接投資の可能性を示唆した。しかし、本研究の分析手法ではこれらの効果を定量的に把握することは不可能なため、その可能性を示すに留まった。この具体的な効果分析については、今後詳しく検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 環境省:環境白書平成 13 年版, ぎょうせい, 2001
- 2) 矢野恒太記念会編:世界国勢図会 CD-ROM 版, 2002
- 3) The World Bank: World Development Indicators 2001 CD-ROM, The World Bank, 2001
- 4) Ram Sharma TIWAREE and Hidefumi IMURA : Input-Output Assessment of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission in Asia, 環境システム研究 Vol.22, pp376-382, 1994
- 5) 中村英佑, 森杉雅史, 井村秀文: 日・米・アジアの産業・貿易構造変化が CO₂ 排出に及ぼした効果に関する研究, 環境システム研究 Vol.30, pp37-pp43, 2002
- 6) 井村秀文, 森口祐一, 白土廣信, 坂井徹: 国際貿易に付随する環境負荷移動に関する考察: エネルギーと CO₂, 環境科学会誌 Vol.7(3), pp.225-236, 1994
- 7) 井村秀文, 森口祐一, 白土廣信, 坂井徹: 環境資源の国際的相互依存に関する研究, 環境システム研究 Vol.21, pp58-pp65, 1993
- 8) 芥川崇, 水野隆司, 松本亨, 藤倉良, 井村秀文: 輸入農産物の国外環境負荷に関する研究, 第 4 回地球環境シンポジウム講演集, pp217-pp222, 1996
- 9) M. Wackernagel, W. E. Rees: *Our Ecological Footprint*, New Society Publishers, Gabriola Island, British Columbia, 1996
- 10) K. B. Bicknell, R. J. Ball, R. Cullen, H. R. Bigsby,: *New Methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy*, *Ecological Economics* 27 1998, pp149-pp160, 1998
- 11) 福田篤史, 森杉雅史, 井村秀文: 日本のエコロジカルフットプリント-土地資源に着目した環境指標に関する研究-, 環境システム研究 Vol.29, pp197-pp206, 2001
- 12) Institute of Developing Economies , JETRO : *ASIAN INTERNATIONAL INPUT - OUTPUT TABLE 1985*, 1992
- 13) Institute of Developing Economies , JETRO : *ASIAN INTERNATIONAL INPUT - OUTPUT TABLE 1990*, 1998
- 14) Institute of Developing Economies , JETRO : *ASIAN INTERNATIONAL INPUT - OUTPUT TABLE 1995*, 2001
- 15) IEA/OECD : *CO₂ Emissions From Fuel Combustion 1971-2000*, 2002
- 16) IEA/OECD: *Energy Balances of OECD countries*
- 17) IEA/OECD: *Energy Balances of non OECD countries*
- 18) FAOSTAT: <http://apps.fao.org/default.html>
- 19) 戸田清: 環境の公正を求めて, 新曜社, pp322, 1994
- 20) 加藤尚武: 環境と倫理, 有斐閣, pp105-pp125, 1998
- 21) M. Wackernagel, L. Onisto, P. Bello, A. C. Linares, I. S. L. Falfan, J. M. Garcia, A. I. S. Guerrero, M. G. S. Guerrero: National natural capital accounting with the ecological footprint concept , *Ecological Economics* 29 1999 , pp375-pp390, 1999

A Study on International Interdependency and Environmental Equity

Eisuke NAKAMURA, Masafumi MORISUGI and Hidefumi IMURA

One norm in discussions of environmental equity is that all humans are equal, and the allowable amounts of resources consumption and environmental load per person must be equal. In reality, however, the per capita amounts of resources consumption and environmental load vary significantly. Furthermore, with economic globalization, every country in the world is strengthening the interdependency of resources consumption and environmental load and developed countries are transferring their environmental load to developing countries. In this study, international interdependency of resources consumption and environmental load arising through trade for Asia-Pacific region was quantified from I-O table and also the degree of equity was evaluated. The result indicated that resources consumption and environmental load of the region concentrated in the U.S. and China. A big discrepancy between the U.S. and other countries in terms of resources consumption and environmental load per capita was also revealed.