

第2章

東アジアの環境負荷の相互依存

— CO₂の帰属排出量・水と土地の間接使用量—

下田 充・渡邊隆俊・叶 作義・藤川清史

1 本章の問題意識と先行研究

地球温暖化防止に関する「京都議定書」の第1約束期間が2008年に始まり、地球温暖化防止への日本国民の関心も高まってきている。しかしながら、京都議定書での日本の削減義務を、国内対策だけでは実現できないことはすでに明白であり、柔軟措置の利用（例えば、CDMなどの日本と途上国との環境協力）が喫緊の重要課題になってきている。また、地球温暖化はまさに全地球的に解決すべき問題であり、先進工業国のみならず発展途上国での温室効果ガス（GHG）の排出抑制も、同時に重要な課題である。

先進国と途上国が環境協力するにも、途上国がGHGの排出抑制をするにも、各国国内の産業構造に加えて、各国同士の産業連関構造（I-O structure）を理解しておくのは極めて重要である。あらゆる財の生産には、エネルギーを含む天然資源や原材料（中間財）の投入が必要であり、それらの中間財の大部分が国産品であれば、その生産にかかわる環境負荷の発生も国内で完結する。しかし経済がグローバル化した今日では、輸入品を中間財として投入する動きが活発になり、財の生産過程が複数国にまたがるのが普通になってきた。このことは、ある国で生産された財には、複数国で発生した環境負荷が内包されていることを意味する。これが内包環境負荷（Embodied Environmental Load）の概念であり、経済のグローバル化の進展とともに、貿易と環境の関係が地球環境問題の重要論点となったのである。

エネルギー消費・GHG排出に関していえば、環境負荷の大きな（エネルギー集約的な）工業製品を輸出して高度成長を達成する国もある一方で、環境負荷

の大きな生産活動は国外移転して自国内での環境負荷を小さく見せかける国（言い換えれば、自国でのGHG排出を少なく見せかける国）もある。一般的にいえば、財の輸入国（消費国）はその生産過程の環境負荷を生産国に移転させているので、輸入国の環境負荷は過小評価され、輸出国（生産国）の環境負荷は過大評価されている。地球温暖化対策をめぐっては、先進国と発展途上国の間で厳しい対立があるが、貿易から生じる環境負荷の相互依存関係を考慮することは、環境負荷を生産国と消費国のいずれに帰属させるかという問題を考える際の重要なポイントである。

以上は、エネルギー消費・GHG排出を念頭に置いたものであるが、土地資源や水資源についても、類似の問題設定を行うことができる。例えば、日本の食料自給率は低いが、農作物を海外から輸入することは、日本国民が間接的に海外の土地を利用し、海外の水資源を消費していることになり、それだけ海外へ環境負荷を移転しているとも見ることができる。

環太平洋地域を対象にして、本研究と同じ問題意識をもった研究に、藤川・居城（2002）、井村・中村・森杉（2005）、羅（2006）がある。井村他（2005）では、1985年から1995年までのアジア国際産業連関表を用いて、エネルギー、CO₂および土地について貿易を通じた環境負荷の相互依存関係を定量化し、その時間的変化の要因分析を行っている。そこでは、財・サービスの輸出入に伴う環境フローの大きな部分は、米国と中国を中心に形成されていたこと、とりわけ、高い経済成長とともに中国から日本、米国等に向けたCO₂フローの増大が顕著であったことなどが明らかにされた。また、羅（2006）では、1995年のアジア国際産業連関表により、CO₂の「帰属排出量⁽¹⁾」を算出し、経済構造がより先進的である国において、帰属排出量が国内排出量よりも多くなることを示した。本研究は、これらの研究の延長線上にあるが、分析期間を2000年まで広げると同時に、分析対象を土地利用や水資源消費にも拡張したものである。

土地利用と環境負荷の関係を示す指標として知られているものに、エコロジカル・フットプリント（Ecological Footprint, 以下、EFと記す）がある。EFとは、人間1人が持続可能な生活を送るのに必要な自然界の生産力、廃棄物処理に必要な処理吸収能力を算定し、これらを土地（水域）面積に置き換えて表現

する手法である。⁽²⁾ 具体的には、①食料の生産に必要な（農地）面積、②紙や木材等の生産に必要な（森林）面積、③CO₂を吸収するのに必要な（森林）面積、等々がEFの計算対象となる。余川・加賀屋・萩原・内田（2007）によれば、EFの算出方法は、大きくコンパウンド法とコンポーネント法の二つに分けられる。コンパウンド法とは、国（または地域）全体の統計データを用いてEFを計算する手法であり、データの入手が容易であるという利点をもつ。一方、コンポーネント法とは、EFの構成要素を足し上げてゆく手法である。コンパウンド法が、ある産業の活動が直接的に関わる面積のみを考慮の対象とするのに対して、コンポーネント法では、生産から消費までの過程で間接的に関わる他産業のEFも考慮することが可能である。ただし、間接的な工程に関わる個別のデータを入手することは困難である場合が多く、すべての商品・産業に適用できないという難点をもつ。すべての産業における直接・間接の相互依存を考慮しつつ、データの入手可能性を解決する方策として、産業連関表を用いたEFの計測も行われている。例えば、福田・森杉・井村（2001）では、産業連関表により、日本の輸入による海外農地への負荷を求めている。そこでは、米国からは農産物、EUからは食料品、アジアからは農産物、食料品のほか、繊維製品などの輸入によって発生する負荷が大きいこと、3地域からの輸入品に内包される総農地面積は約3400万haとなり、日本の国土面積（3800万ha）の約90%（農地面積の約7倍）に相当することなどが示されている。また、地域間産業連関表を用いたEFの計測には、井村他（2005）や余川他（2007）などがある。地域間表を用いることには、産業間の相互依存のみならず、地域間の相互依存も明示的に捉えることができるというメリットがある。余川他では日本国内の9地域⁽³⁾、井村他（2005）は米国を含むアジア10地域を分析の対象としている。本章における土地利用に関する分析手法は、これらのEFに関する計測と同一線上にあるものである。

水資源と国際的な環境負荷の関連では、いわゆるバーチャルウォーター（Virtual Water, 以下、VWと記す）をめぐる議論が盛んである。VWは、一般向けには、「牛丼1杯に2m³の水が使われている」、「小麦1kgの生産に1000ℓの水が必要」というように、ある食料の生産に使われた水の量、として説明され

ることが多いが、本来は、ある食料を輸入国・消費国で生産するとした場合に必要となる水の量を指している⁽⁴⁾。沖（2003）では、平均的な栽培期間とその間の平均的な蒸発散量を仮定した上で、面積当たりの収量を算定し、農産物ごとに日本における水消費原単位を算出した⁽⁵⁾。その結果によれば、精製後の重量比で、例えばコメの場合には約3600倍、コムギでは約2000倍、鶏肉では約4500倍、牛肉では約2万倍の水資源が必要となることが明らかにされた。また、これらの原単位をもとに計算した日本における2000年度のVWの輸入総量は、約640億 m^3 （全体使用量の約42%）と推計された。

ところで、仮に、輸入国・消費国と輸出国・生産国で水消費原単位が同じであれば「食料の生産に使われた水の量」と「輸入国・消費国で生産するとしたら必要な水の量」すなわちVWは等しくなる。しかし実際には生産効率が異なることから、両者は異なる値をとる。近年では、前者の「食料の生産に使われた水の量」（これは食料を輸入している場合には、輸出国・生産国で使われた水の量に等しい）をウォーター・フットプリントと呼ぶことで両者を区別している。沖（2008b）の計測では、日本のウォーター・フットプリントは年間約427億 m^3 であり、VWの約7割程度の値となっている。この理由として沖（2008b）は、自給しているコメ以外の穀物に関しては単位面積当たり収穫量が日本は高くなく、結果として同じ穀物を作るにしても海外の方が水消費は少なくて済むことを挙げている。本章での水に関する分析は、各国が他国の水をどれだけ間接的に消費しているかを明らかにしようとするものであり、分析の対象とする概念は、VWよりもウォーター・フットプリントに近いものである。

本章における分析手法は、標準的な産業連関分析モデルである。産業連関分析とは、ある産業への最終需要を満たすために、究極的に必要となる財の生産量を求める手法である。最終需要が与えられれば、その生産の各工程で直接・間接に投入されるエネルギー消費や資源使用量を積算することができる。

我々の計測からは、次のことがわかった。エネルギー消費とCO₂排出の総量で見ると、米国、中国、日本が上位の3国であるが、15年間の伸びは中国が圧倒的に大きい。日本と米国を見ると、1980年代は財の生産地（輸出国）であり同時に消費地（輸入国）であった。言い換えれば、日米両国は他国に代わっ

てCO₂排出負荷を担っているのと同時に、日米両国が他国にCO₂排出負荷を負わせている状況であった。だが2000年では、日米は財の消費地（他国の資源使用国）としての性格が顕著になっていることがわかった。他方、中国は、財の輸入国から財の輸出国へと転じ、他国に代わってCO₂排出負荷を担うという性格が強くなっている。

また、農業用に限り、土地と水の直接・間接使用量を試算してみた。興味深いことに日本は、すでに1985年の時点で、自国で使用する土地面積以上の土地を他国で間接的に使用していた。その後、日本の中国での土地使用が増加し、2000年では、日本による中国での間接土地使用量は、米国での間接土地使用量とほぼ匹敵する大きさまで拡大した。一方、水については、2000年時点で日本による中国での間接水消費量が際立つ結果となった。

2 データとモデル

(1) データ

①国際産業連関表

アジア国際産業連関表は第1章で用いたものと同じである。ただし、アジア国際産業連関表の24部分表は、本章で用いたエネルギー統計での産業分類と一致していない。産業分類の整合性を図るために、井村他（2005）の分類にならって、表2-1の13部門に統合した。

②環境負荷要素

本章では、環境負荷要素として、次の3種類を考える。(1)エネルギー消費およびCO₂排出量、(2)農業用の土地利用、(3)農業用の水資源消費。

まず、エネルギー消費量については、IEA（世界エネルギー機関）が公表するエネルギーバランス表（World Energy Statistics and Balances）での統計を用いた。この統計では、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、米国の10カ国／地域のエネルギーバランスデータが熱量（TOE）ベースで得られる。

対象としたエネルギーは、石炭、石油、天然ガスであるが、簡単化のために、

表2-1 本章の産業分類

アジア国際産業連関表産業分類		本章の産業分類	
001	米	01	農林水産業
002	その他の農産物		
003	畜産		
004	林業		
005	漁業		
006	原油・天然ガス	02	鉱業
007	その他の鉱業		
008	食料品	03	食料品
009	繊維・皮革製品	04	繊維・皮革製品
010	材木・木製品	05	材木・木製品
011	パルプ・紙製品	06	パルプ・紙製品
012	化学製品	07	化学・石油製品
013	石油製品		
014	ゴム製品		
015	非鉄金属製品		
016	金属製品	08	金属製品
017	機械	09	機械・輸送機械
018	輸送機械		
019	その他の製造業		
020	電力・ガス・水道	10	電力・ガス・水道
021	建設	11	建設
022	商業・運輸	12	運輸
023	サービス	13	その他のサービス
024	公務		

(出所) 「アジア国際産業連関表」より作成。

原油と石油製品は統合して「石油」として扱った。エネルギーバランス表での産業との割り振りは表2-2に示すよう対応させた。

CO₂の排出については、化石燃料の消費熱量に排出係数を乗じることで計算した。表2-3はその係数である。化石燃料のうち、消費熱量当たりのCO₂発生量が最も多いのは石炭であり、反対にCO₂発生量が最も少ないのは天然ガスである。

土地利用と水資源利用については、国際連合食糧農業機構（FAO）のデータ

第 I 部 東アジアの経済発展と相互依存関係の変化

表 2-2 IEA エネルギーバランス表の部門分類と本章の分類対応

IEA の分類	本章の分類
Energy Transfer Sector	エネルギー転換部門
Transfer	不使用
Statistical Discrepancy	不使用
Electricity Plants HCP Plants Heat Plants Gas Works	10 電力・ガス・水道
Petroleum Refineries Coal Transformation Liquefaction Plants Other Transformation Own Use Distribution Losses	07 化学・石油製品
Energy Consumption Sector	エネルギー消費部門
Iron and Steel Non-Ferrous Metal	08 鉄鋼
Chemical and Petrochemical Non-Metallic Minerals	07 化学・石油製品
Transport Equipment Machinery	09 機械
Mining and Quarrying	02 鉱業
Food and Tobacco	03 食料品
Paper Pulp and Printing	06 パルプ・紙製品
Wood and Wood Products	05 材木・木製品
Non-Specified	09 機械
Construction	11 建設
Textile and leather	04 繊維・皮革製品
Transport Sector	12 運輸
Agriculture	01 農業
Comm. and Publ. Services	13 その他のサービス
Residential	不使用

(出所) IEA エネルギーバランス表より作成。

表 2-3 CO₂ 排出係数 (単位: トン/Toe)

	CO ₂ 換算	炭素換算
石炭	4.018	1.096
石油	3.313	0.903
天然ガス	2.317	0.632

(出所) 日本エネルギー経済研究所編『エネルギー・経済統計要覧』1995年。

ベース FAOSTAT を利用した。ただ、FAOSTAT のデータベースは、その性質上、農業・畜産業の土地利用と水資源利用のデータに限られている。したがって、本章は農業・畜産業の土地利用と水資源利用のみを扱っており、得られた結果も農業・畜産業にかかわる土地資源と水資源の輸出入であることに注意されたい。

(2) モデル

地球温暖化の主要要因は、化石エネルギーという資源の消費に伴う CO₂ 排出である。ただし、CO₂ 排出など環境負荷発生 の責任をどこに求めるかという問題は必ずしも自明ではなく、理論的には大きく分けて、(0)資源生産基準、(1)資源消費基準、(2)最終財の消費基準、以上の3種類の基準が考えられる。(0)資源生産基準は、産油国など資源の生産国に地球温暖化の責任を負わせるものであり、現実的な基準ではない。「京都議定書」が採用しているのは、(1)資源消費基準である。しかし、本章の第1節でも述べたように、資源が財の生産のために使われる場合には、その資源消費の究極の責任は、最終財の消費者にあるともいえる。これが、(2)最終財消費基準であり、本章ではこの基準に基づいた環境負荷の相互依存を計測する。以下では、はじめに一国を対象にした環境負荷の計測モデルを説明し、次に複数国に拡張したケースのモデルを示すこととする。

一国表を対象にした n 個の産業部門からなる産業連関モデルでは、国内財向け最終需要 (f^d) と国内生産量 (x) には次の関係がある。

$$x = A^d x + f^d \quad (2-1)$$

ここで、 x と f^d は、それぞれ $(n \times 1)$ の列ベクトルである。行列 A^d は $(n \times n)$ の国内財投入係数行列であり、生産物1単位の生産に必要な国内財中間投入の量をあらわす。また、国内財向け最終需要とは、国内の生産のうち最終財(消費、投資、輸出)として需要された量(言い換えれば中間需要された以外の国内生産財)をあらわし、いわゆる「内需」というタームとは意味が異なるので注意されたい。

(2-1) 式の国内財の需給一致式を国内生産量 x について解けば、次の均衡生

産量決定式が得られる。

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

ただし B は $(n \times n)$ のレオンチェフ逆行列である。ここで、環境負荷（エネルギー消費、土地利用、水資源消費）の産業別原単位⁽⁶⁾を行ベクトル a で表記すると、(2-3) 式により、国内財向け最終財需要が発生させる環境負荷 l が計算される⁽⁷⁾。

$$l = a B f^d \quad (2-3)$$

これまでのモデルは、一国を対象にしたものであるが、国際地域間産業連関表を用いると、複数の地域間における「内包環境負荷」の収支を計測することができる。簡単化のために、2地域から構成される国際産業連関表を例として用いると、両地域の需給一致式は次のようにあらわされる。

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_{11} + f_{12} + f_{13} \\ f_{21} + f_{22} + f_{23} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

(2-1) 式において、添え字 1 は第 1 地域、添え字 2 は第 2 地域、添え字 3 はその他の地域 (ROW) をあらわす。 x_i は i 地域に関する生産量ベクトル、 f_{ij} は i 地域産の財に対する j 地域の最終需要ベクトルである。また、 A_{ij} は $(n \times n)$ の投入係数行列であり、 $i=j$ のときは同一地域内の中間財、 $i \neq j$ ならば i 地域から j 地域への輸入中間財の投入係数行列である。この式を生産量について解けば次の式が得られる。

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \left[I - \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \right]^{-1} \begin{bmatrix} f_{11} + f_{12} + f_{13} \\ f_{21} + f_{22} + f_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{11} + f_{12} + f_{13} \\ f_{21} + f_{22} + f_{23} \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

(2-2) 式からわかるように、左辺の生産量は、第 1 地域から第 3 地域までの最終需要 (f_{1j} , f_{2j} , f_{3j}) による生産誘発に分解することができる。そこで各地域の最終需要により誘発された生産量を独立に計算し、それぞれの生産で発生する環境負荷を計測すると、(2-3) 式のようにあらわすことができる。

$$l = \begin{bmatrix} a_1 & \vdots & 0 \\ 0 & \vdots & a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

ただし、 a_i は第 i 地域における環境負荷の原単位ベクトルである。(2-3) 式は (2×3) の行列であり、列が最終需要の発生地、行は環境負荷が誘発さ

れる地域となる。実際には、(2-3)は(10×11)の行列として計算され、これが第3節で示す「内包環境負荷貿易」となる。

3 推計結果

本節では、日米アジア諸国間の貿易関係の結果として生じた内包環境負荷がどのように取引されているかを1985年と2000年時点の結果に基づき報告する。

(1) 内包エネルギー貿易

表2-4は、1985年のエネルギー消費の収支バランスを示したものである。表頭は最終需要の発生地域、表側は、表頭地域の最終需要によりエネルギー消費を誘発された地域をあらわす。例えば、マレーシアの列とインドネシアの行の交点である0.1は、マレーシアの最終需要によりインドネシアで10万 Toe のエネルギーが消費されたことを示している。これは言い換えれば、マレーシアはインドネシアから10万 Toe のエネルギーを間接的に輸入し、インドネシアはマレーシアに10万 Toe のエネルギーを間接的に輸出したととらえることができる。また、表の最右列は、表側の地域が消費したエネルギーの総消費量をあらわしている。対角成分、及び対角成分を除く流出入の値について上位10番目までに網をかけている。また、エネルギー総消費については上位3番目までに網をかけている。表2-5は、同じものを2000年について示したものである。

まず、1985年(表2-4)の各地域のエネルギー消費の合計量を見ると、米国(14億6610万 Toe)、中国(4億1120万 Toe)、日本(2億9120万 Toe)がエネルギー消費のトップ3を占めており、4位の韓国(3460万 Toe)以下を大きく引き離している。2000年(表2-5)についても、この順位に変化はないが、上位3カ国の中で中国の伸びが著しい(15年間で米国は約1.3倍、日本は約1.1倍であるのに対して中国のそれは約2.1倍である)。

日本と米国の動向に注目すると、両国は共通した特性をもつことが見て取れる。すなわち、両国は、1985年時点では、他国のエネルギー消費を大きく誘発する地域である一方、他国によりエネルギーの消費を大きく誘発された地域で

第I部 東アジアの経済発展と相互依存関係の変化

表2-4 1985年の内包エネルギー貿易

(単位：百万 Toe)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	21.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	1.2	0.8	1.3	25.0
マレーシア	0.0	6.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	1.3	2.7	11.5
フィリピン	0.0	0.1	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	1.0	8.9
シンガポール	0.2	0.3	0.0	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	3.8	7.6
タイ	0.0	0.1	0.0	0.0	11.2	0.1	0.0	0.0	0.3	0.4	2.6	14.7
中国	0.4	0.5	0.4	1.1	0.5	367.6	0.1	0.1	7.1	6.2	27.3	411.2
台湾	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	12.1	0.1	0.9	4.9	4.0	22.8
韓国	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	22.3	1.3	3.6	7.0	34.6
日本	0.8	0.5	0.1	0.5	0.6	4.0	0.8	1.4	241.4	16.1	25.0	291.2
米国	0.8	0.7	0.3	0.7	0.4	2.3	1.3	2.1	9.4	1,343.9	104.1	1,466.1
総計	23.4	8.7	7.7	5.3	13.0	374.6	14.4	26.2	262.7	1,378.5	178.9	2,293.5

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

表2-5 2000年の内包エネルギー貿易

(単位：百万 Toe)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	61.5	0.8	0.4	0.7	0.7	1.7	0.9	1.4	5.3	6.5	17.8	97.7
マレーシア	0.4	17.4	0.4	1.6	0.6	1.6	0.8	0.7	3.9	7.7	16.7	51.8
フィリピン	0.0	0.1	14.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	1.0	2.3	3.7	21.9
シンガポール	0.2	0.5	0.3	6.1	0.3	0.8	0.4	0.3	0.7	1.6	10.7	21.8
タイ	0.2	0.4	0.2	0.4	33.5	0.8	0.4	0.3	2.5	4.0	13.5	56.1
中国	1.2	1.3	0.5	1.4	1.6	650.9	2.6	5.2	27.6	52.4	105.1	849.7
台湾	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	4.0	40.5	0.4	2.3	5.7	16.0	70.3
韓国	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4	5.6	1.1	103.0	5.3	8.3	30.0	155.3
日本	0.4	0.6	0.2	0.6	0.7	2.4	1.5	1.4	274.7	10.0	20.6	313.1
米国	0.6	0.9	0.5	0.9	0.9	4.1	3.2	3.8	13.4	1,658.6	161.7	1,848.6
総計	65.3	22.6	17.1	12.2	39.2	672.2	51.6	116.6	336.8	1,757.0	395.8	3,486.4

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

もあった（網かけのセルが日米の列および行に集中していることがこれを物語っている）。一方、2000年になると、日米両国は、他国のエネルギー消費を誘発する側にまわるようになる。

中国については、2000年時点で、他国により誘発されるエネルギー消費が非常に大きくなっている点が特徴的である。1985年と2000年における中国のエネルギー消費は、それぞれ約4億1120万 Toe と 8億4970万 Toe であった。このうち、海外からの需要により誘発された消費の割合は、1985年では約10.6%であったのに対して、2000年では23.4%に達している。2000年の米国と日本の海

表2-6 1985年の内包CO₂貿易

(単位:百万トン)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	64.9	0.2	0.2	0.6	0.1	0.4	0.1	0.2	3.5	2.4	3.9	76.4
マレーシア	0.1	20.0	0.3	1.0	0.2	0.2	0.1	0.3	1.4	4.1	8.2	35.9
フィリピン	0.0	0.3	22.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	2.4	3.5	30.6
シンガポール	0.6	1.0	0.0	7.3	0.5	0.1	0.1	0.1	1.3	1.8	12.5	25.3
タイ	0.0	0.2	0.0	0.1	35.7	0.2	0.1	0.1	0.8	1.3	8.6	47.2
中国	1.7	2.0	1.5	4.1	1.8	1,403.0	0.2	0.3	27.0	23.6	104.0	1,569.2
台湾	0.4	0.3	0.1	0.4	0.3	1.2	42.3	0.4	3.1	17.2	14.0	79.6
韓国	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	78.2	4.5	13.0	24.8	122.1
日本	2.7	1.6	0.3	1.7	2.0	14.1	2.7	4.9	810.9	55.6	85.9	982.5
米国	2.5	2.2	0.9	2.3	1.2	7.5	4.2	6.7	30.6	4,427.6	332.3	4,818.0
総計	73.3	28.2	26.4	17.9	42.1	1,426.9	50.0	91.3	884.0	4,548.9	597.7	7,786.8

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

表2-7 2000年の内包CO₂貿易

(単位:百万トン)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	184.1	2.3	1.2	2.1	2.0	5.0	2.8	3.9	15.9	19.4	52.9	291.6
マレーシア	1.1	46.8	1.1	4.6	1.8	4.5	2.3	2.1	11.4	22.5	48.0	146.2
フィリピン	0.1	0.3	49.1	0.2	0.3	0.8	0.5	0.5	3.4	8.0	12.9	76.0
シンガポール	0.5	1.8	1.1	19.7	1.0	2.5	1.2	0.9	2.4	5.1	35.0	71.2
タイ	0.7	1.2	0.5	1.2	103.7	2.5	1.2	0.9	7.8	12.6	42.0	174.3
中国	4.6	4.8	1.9	5.3	6.2	2,466.4	9.9	19.5	104.3	198.5	399.4	3,220.8
台湾	0.8	1.1	0.6	0.6	1.3	14.2	143.0	1.5	8.3	20.1	56.2	247.7
韓国	1.9	1.2	1.3	1.0	1.3	19.5	4.0	356.2	18.3	28.7	103.3	536.8
日本	1.3	2.1	0.8	1.9	2.4	8.4	5.1	4.9	919.1	34.1	70.4	1,050.6
米国	1.9	2.8	1.6	2.9	3.0	13.1	10.4	12.0	43.0	5,448.3	518.5	6,057.5
総計	197.1	64.5	59.2	39.5	122.9	2,537.0	180.3	402.6	1,133.8	5,797.2	1,338.7	11,872.8

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

外からの需要によるエネルギー消費(約10.3%と約12.2%)と比べても、中国の大きさは際立っている。

(2) 内包CO₂貿易

表2-6と表2-7は、1985年と2000年に関するCO₂の収支バランスを示したものである。CO₂排出量は、エネルギー消費(石油、石炭、天然ガスの消費)に排出係数を乗じて算出したものであるから、ここでの結果は、エネルギー収支バランスの結果に近いものとなっている。すなわち、CO₂排出量の合計は、

米国、中国、日本の順に大きいですが、1985年から2000年にかけて、中国の伸びが特に著しい。また、1985年時点では、日米両国は他国にCO₂の排出負荷を負わせると同時に、他国に替わってCO₂の排出負荷を担っていたが、2000年時点では、他国にCO₂排出負荷を負わせる財の輸入国としての性格が顕著となっている。中国については、2000年時点のCO₂排出量の約23.4%が海外からの需要によるものであり、日本の12.5%、米国の10.1%と比べると、他国に肩代わりするCO₂排出負荷が著しく大きくなっている。

(3) 内包土地貿易

表2-8と表2-9は、1985年と2000年における土地の収支バランスを示したものである。第2節(1)で述べたように、データの制約により、ここで扱う土地は、農業・畜産業の土地に限定されている。

まず土地の利用面積の合計(最右列)を見ると、中国(1985年で約4億9589万ha)、米国(約4億3139万ha)が圧倒的に大きい。両国の土地を間接的に使用している地域を挙げると、米国の土地は主として日本、韓国、タイ、中国により使用され、中国の土地は主として日本、米国、(2000年に限れば)韓国により使用されている。日本については、直接・間接に使用した土地は1985年時点で約3269万haであり、そのうち自国内の使用面積は約569万haである。このことから、1985年において日本は土地利用の約82.6%を海外に依存していたことがわかる。この傾向は、2000年においてもほぼ同様である。ただし、日本による土地利用面積の内訳を見ると、中国での間接利用が2000年時点では大きく拡大し、米国に並ぶまでに至っている。

(4) 内包水貿易

表2-10は、水の収支バランスである。データの制約により、2000年の農業、畜産業の水資源利用のみを扱っている。

水の総使用量に注目すると、中国(4268億トン)、米国(1977億トン)、タイ(827億トン)がトップ3であるが、中国の利用が圧倒的に大きい。地域間の移動に注目すると、中国から日本への移動(105億トン)が最大となっている。日

第2章 東アジアの環境負荷の相互依存

表2-8 1985年の内包土地貿易

(単位：千ha)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	35,876	44	20	43	15	134	35	71	631	995	1,814	39,679
マレーシア	24	3,758	18	112	23	75	46	209	859	322	518	5,963
フィリピン	2	7	9,610	9	4	24	13	22	440	415	363	10,910
シンガポール	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	5
タイ	36	558	11	133	14,675	221	98	213	856	937	2,840	20,577
中国	765	487	165	484	238	456,375	22	36	9,077	3,522	24,726	495,897
台湾	8	33	9	36	5	7	7,127	41	900	368	343	8,877
韓国	0	1	2	1	0	0	1	2,030	76	34	73	2,220
日本	2	2	3	2	2	9	5	6	5,694	78	76	5,879
米国	434	182	134	152	191	1,815	1,929	2,270	14,154	365,846	44,289	431,399
総計	37,147	5,072	9,973	974	15,154	458,661	9,277	4,899	32,687	372,519	75,042	1,021,405

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

表2-9 2000年の内包土地貿易

(単位：千ha)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	37,209	198	55	107	105	389	167	212	1,348	1,684	3,302	44,777
マレーシア	62	3,426	48	342	66	285	132	124	756	571	2,078	7,890
フィリピン	10	11	10,695	7	8	58	15	71	510	335	431	12,150
シンガポール	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
タイ	160	215	51	89	12,390	202	197	137	1,312	1,345	3,947	20,045
中国	692	643	245	369	459	495,997	437	2,900	13,525	9,054	24,337	548,658
台湾	5	12	5	9	14	49	7,712	20	291	127	272	8,515
韓国	1	1	1	1	1	9	3	1,812	64	17	63	1,973
日本	1	2	1	2	2	7	6	8	5,137	29	64	5,258
米国	621	236	397	170	532	2,278	2,964	2,243	15,811	345,063	44,084	414,398
総計	38,761	4,743	11,498	1,095	13,576	499,275	11,632	7,527	38,753	358,226	78,578	1,063,665

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

表2-10 2000年の内包水貿易

(単位：億トン)

	In	Ma	Ph	Si	Th	Ch	Ta	Ko	JPN	USA	ROW	Total
インドネシア	628	3	1	2	2	7	3	4	23	28	56	756
マレーシア	0	24	0	2	0	2	1	1	5	4	15	56
フィリピン	0	0	186	0	0	1	0	1	9	6	7	211
シンガポール	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
タイ	7	9	2	4	511	8	8	6	54	56	163	827
中国	5	5	2	3	4	3,859	3	23	105	70	189	4,268
台湾	0	0	0	0	0	1	118	0	4	2	4	130
韓国	0	0	0	0	0	0	0	82	3	1	3	89
日本	0	0	0	0	0	1	1	1	540	3	7	552
米国	3	1	2	1	3	11	14	11	75	1,647	210	1,977
総計	644	43	193	12	520	3,890	148	128	819	1,817	654	8,868

(出所) 「アジア国際産業連関表」等より筆者計算。

本については、直接・間接に消費する水（819億トン）のうち、自国で賄うのは66%にすぎず、これはシンガポール（約0%）、マレーシア（約56%）に次ぐ低さである。日本による主たる水の輸入元は中国、米国、タイ、インドネシアであるが、先述したように中国からの輸入が最も大きい。

4 東アジアの環境負荷の相互依存

以上のように、本章では、アジア国際産業連関表を用いて、アジア太平洋地域における「内包環境負荷」について推計を行った。本章で明らかにされた点は、以下のようにまとめることができる。

まず、1985年と2000年の両時点において、アジア太平洋地域でのエネルギー消費の合計量およびCO₂排出量の合計を見ると、そのトップ3は、米国、中国および日本であった。特に、この15年間で、これらの環境負荷の上昇が最も著しいのは、中国であった。また、1985年において、日米両国は、財の生産国（輸出国）であると同時に消費国（輸入国）でもあった。言い換えれば、日米両国は、他のアジア太平洋地域の国々にCO₂排出負荷を負わせていたと同時に、他国に替ってCO₂排出負荷を担っていた。ところが、2000年になると、日米両国は、財の輸入国としての性格が強くなり、他国にエネルギーを消費させるようになってきた。一方、中国は、日米両国とは対照的に異なり、この15年間で財の輸入国から輸出国へと変容したことで、他国のCO₂排出負荷を肩代わりする性格が強くなってきたのである。

さらに、本章では、農業用に限定し、土地と水資源の直接・間接使用量を推計した。日本について見ていくと、日本は土地利用面積のうち、海外の土地を利用する比率が著しく高く、特に直近では、中国内土地利用比率が高まってきていることが明らかとなった。日本の水資源の利用についても、土地についての傾向とほぼ同様であった。日本は、他国から多くの水資源を輸入しているが、特に中国からの輸入が最も多い結果となった。

以上が、本章で主に明らかとなった点であるが、これらの結果を一言であらわせば、「アジア太平洋地域においては、1985年から2000年の15年間で、日米

先進国が他の発展途上国に CO₂ 排出負担（エネルギー消費）を肩代わりさせる傾向が一層明確になった」と表現できる。井村他（2005）においてもすでに同様の結果が計測されていたが、2000年時点ではさらにその傾向が顕著になったといえる。2008年7月に日本（北海道洞爺湖）で開催されたサミットの主要テーマでもある「環境・気候変動」は、まさに国境を越えて喫緊に解決すべき重要課題である。とりわけ、先進国と発展途上国の地球温暖化防止策に対する摩擦をどのように解消するのかという点において、先進国の対応に関心が高まっている。

これまで、CO₂ をはじめとする温室効果ガスの削減をめぐるのは、「過去において、先進国が多く排出したから先進国の責任」という、いわば後ろ向きの「差異のある責任」分担の議論が展開されてきた。しかし今後は、本章で明らかになったように、「先進国の排出の一部分を発展途上国が支えている」という観点から「差異のある責任」をとらえた上で、先進国と発展途上国との摩擦が軽減される建設的な議論が展開されるべきであろう。羅（2006）でも述べているように、内包環境負荷を削減の目標とすることは、先進国に対して、排出原単位が低い国・地域からの輸入を促す効果をもつ。これは結果として、排出削減義務を負わない途上国に対しても、排出量を削減するインセンティブを与えるであろう。

注

- (1) 帰属排出量とは、「輸入内需を満たすための国内における CO₂ 排出量と国外の需要を満たすために国内で排出された CO₂ 量を受益者と汚染者の双方が負担するという考え方」とされている。
- (2) Wackernagel and Rees (1995) 参照。
- (3) そこで用いられているのは、平成12年試算地域間産業連関表である。これは経済産業省の職員が個人として作成したものであり、経済産業省が公式に作成したものではない。
- (4) 以上は、沖（2008a, b）の説明に基づく。また沖（2008a）によれば、バーチャルウォーターの概念を最初に考えついたのはロンドン大学の J. アンソニー（トニー）アラン教授である。アラン教授は1990年代にヨルダン川流域の食糧生産と水資源需給の分析を行った。この地域で利用可能な水資源量は極めて限られているにもかかわらず、水をめぐる軋轢が深刻化していないのは、食糧生産を外部に頼ることにより、自給するのであれば必要

第I部 東アジアの経済発展と相互依存関係の変化

な水需要の大半を使わずに済むからであると指摘し、実際の水資源に対して食料を Virtual な水、Virtual Water と呼んだとのことである。

(5) 算出手順の詳細は、Oki et al. (2003) に示されている。

(6) 原単位ベクトルは、国別産業別に資源投入量を生産額で除することにより計算している。

(7) 化石燃料は3種類あるので、エネルギーの場合は3通りのエネルギー消費が計算される。

本章で示すエネルギー消費に関する結果は、これら3通りのエネルギー消費を集計したものである。

参考文献

・日本語文献

井村秀文・中村英佑・森杉雅史「日・米・アジアの産業・貿易構造変化と環境負荷の相互依存に関する研究」『土木学会論文集』No. 790, 2005年, 11-23頁。(http://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/2005/790/790_11/_pdf/-char/ja/ 2008年10月5日アクセス)

沖大幹「地球をめぐる水と水をめぐる人々」嘉田由紀子編著『水をめぐる人と自然——日本と世界の現場から』第6章所収, 有斐閣選書, 2003年, 199-230頁。

——「バーチャルウォーター貿易と水や食の安全保障」『週刊農林』第2025号, 2008年 a, 14-15頁。

——「バーチャルウォーター貿易と水や食の安全保障」『週刊農林』第2026号, 2008年 b, 10-11頁。

蔡明華・長堀金蔵・天谷孝夫(農地整備学研究室)「台湾における農業用水利用の実態分析と今後の展開」『岡山大農学報』73号, 1989年, 45-57頁。(http://rmsl.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/JASI/pdf/academy/42-0014.pdf 2008年10月5日アクセス)

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」『環境システム研究論文集』(土木学会), 第29回, 2001年, 197-206頁。(http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00013/2001/29-0197.pdf 2008年10月5日アクセス)

藤川学・居城琢「日本とアジア諸国間における二酸化炭素の国際収支——1990年および1995年アジア国際産業連関表による分析」『産業連関』第10巻第3号, 2002年, 26-36頁。

余川雅彦・加賀屋誠一・萩原亨・内田賢悦「地域間産業連表を用いたエコロジカルフットプリント算出に関する研究」日本地域学会第44回(2007年)年次大会報告論文, 2007年。(http://jsrsai.envr.tsukuba.ac.jp/Annual_Meeting/M44/SessionC/aC01-5_yokawa.pdf 2008年10月5日アクセス)

羅星仁「東アジア地域の経済成長と二酸化炭素の帰属排出量」羅星仁『地球温暖化防止と国際協調——効率性・衡平性・持続可能性』第6章, 有斐閣, 2006年, 163-185頁。

・英語文献

Oki, T., M. Sato, A. Kawamura, M. Miyake, S. Kanae and K. Musiake, "Virtual water trade to Japan and in the world," Hoekstra, A. Y. ed., *Virtual Water Trade*, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series, No. 12, 2003, pp. 221-235. (http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Info/Press200207/Doc/VW2003-03_report12-Oki.pdf 2008年10月5日アクセス)

Wackernagel, M. and W. E. Rees, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society, 1995. (和田喜彦監訳・池田真理訳『エコロジカル・フットプリント——地球環境持続のための実践プランニング・ツール』合同出版, 2004年)

統計資料

・国際産業連関表

アジア経済研究所編『アジア国際産業連関表1985年』統計資料シリーズ, No. 65, 1993年。
——『アジア国際産業連関表2000年』統計資料シリーズ, No. 90, 2006年。

・エネルギー消費量

1985年: IEA, World energy statistics and Balances, 1985-1988.

2000年: IEA, Energy balances of OECD countries, 1999-2000.

: IEA, Energy balances of Non-OECD countries, 1999-2000.

・CO₂ 排出係数

日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター編『1995年版 エネルギー・経済統計要覧』省エネルギーセンター, 1995年。

・土地と水資源の消費量

国際連合食糧農業機構 (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO)

FAOSTAT: <http://faostat.fao.org/>.

土地面積: (<http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx> "Agricultural Area" 2008年10月5日アクセス)

土地利用: 台湾については, 台湾行政院主計処 (<http://www.dgbas.gov.tw/mp.asp?mp=1> 2008年10月5日アクセス)

水消費: 台湾については, 蔡明華・長堀金蔵・天谷孝夫 (農地整備学研究室), 1989年。