

### 第3章

## 国際的相互依存と環境資源勘定

森口祐一

### I 貿易と環境問題

今日の自由貿易体制下において、国際的分業が進み、多くの国々はその経済活動に必要な財のかなりの割合を輸入に依存し、逆に国内で生産された財のかなりの部分を輸出している。日本はその典型であり、輸入、輸出額はGNPの10%前後にあたる。金額で見れば輸出過剰で、このことが国際的批判を浴びているが、物量的にみると様相は異なり、大幅な輸入超過である。すなわち、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料を約3億トン、鉄鉱石を約1億トン、穀物を約3000万トン、木材、木材チップを約3000万トンなど、輸入量は5億トンを軽く超えるであろう。鉄鉱石は、鉄鋼製品に姿を変え、あるいは自動車や機械などの製品に取り込まれて、その約半分が輸出されるが、その他の多くのものは、排ガスとなって大気中に出たり、国内で固体廃棄物となって蓄積され、輸出される物の総量は1億トンに満たないと推定される。

この物量的にみた輸出入のマテリアルバランス自身も、環境資源勘定によってより正確な全体像を把握すべき課題の一つであるが、このことのもつ意味を、環境問題との関わりからもう少し考えてみたい。繰り返しになるが、輸入と輸出の物量の差は、国内に蓄積しているか、環境中に放出されたかのいずれかである。国内に蓄積しているものには、固定資本として長期間にわたり国内の経済の基盤をなすものもあるが、それ以外のものは一過性の

使用の後、廃棄物処分場を埋めていく。環境中に放出されるものの多くは、化石燃料の燃焼による二酸化炭素である。わが国の人為的二酸化炭素排出量は炭素換算約3億トンであり、その9割がこの輸入された化石燃料起源である。

廃棄物の国内への蓄積は、処分場不足という地域的な環境問題を生み、また、二酸化炭素の排出は、地球温暖化という地球環境問題の原因となる。こうした問題は、廃物の蓄積や排出が国内で生じるため、輸出入の問題を持ち出すまでもなく、日頃から認識されている問題である。また、希少性の動植物の取引の問題は、ワシントン条約の名とともに今では一般によく知られるようになったが、これも取引される物自身にまつわる問題であり、認知しやすい問題である。

しかし、輸出入に関連する問題は、これにとどまらない。以下で論じようとするのは、輸出入に関連して、貿易相手国で生じる問題である。熱帯産の木材の輸入による相手国での熱帯林の消失、希金属の輸入による相手国の精錬工場からの排水による水質汚染などがその典型例である。

こうした問題の責任を、輸出側と輸入側のいずれに帰すべきかについて、十分な議論が行なわれてきたとはいえない。各国で生じる問題に対し、各々の責任において対処すべきことが原則であろうが、地球規模の環境問題への認識が深まるにつれ、より広い見地からの考慮が必要となってきた。とりわけ、地球温暖化のような全球規模の問題の顕在化により、自国内での環境負荷のみを低減しても、世界全体での負荷削減が達成されなければ、自国にもその影響が及ぶことが明らかになってきた。規制の厳しい国から、規制の緩い国へと、公害を発生しやすい産業が流出することにより、規制基準の達成率は上昇するが、環境負荷の絶対量は増加していると見られる。同様のことが、全球規模の問題に対して生じれば、このような産業の移転は全世界での負荷合計を増大させ、いかなる国にも利益をもたらさないことになる。

このような問題を扱う手法を環境資源勘定の枠組みの中に包含し、可能な限り定量的な評価尺度を提供しようというのが、筆者らの進めている研究の

主眼である。以下、いくつかの例を引用しながら、この問題をより具体的に扱ってみたい。

## II 内包環境負荷概念の提案

内包環境負荷 (Embodied Environmental Load : EEL) とは、内包エネルギー (Embodied Energy) とのアナロジーとして考案した概念である。さまざまな財やサービスが生産されるまでに、原料の採取、材料の生産、製品への加工などを通して消費されるエネルギーが、その財やサービスの中に蓄積されていくとするのが内包エネルギーの考え方である。内包環境負荷とはこれを拡張し、あらゆる財やサービスが生産されるまでに、さらには、使用されたあと廃棄されるまでに生ずる汚染の排出 (CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, BOD, 有害化学物質など) および不可逆的な環境の改変 (熱帯林、化石燃料など枯渇性自然資源の消費や土地の改変) をとらえようとするものである。

この概念は、製品について、その原料採取から生産、流通、使用、維持管理、廃棄に至る一連の過程の中での環境への影響を評価する LCA (Life Cycle Assessment or Analysis : ライフサイクルアセスメントまたはライフサイクルアナリシス) の手法とも共通するところが多い。ただし、内包環境負荷に使用中、あるいは使用後の負荷を含めるべきかどうかは検討の余地がある。廃棄物リサイクルの扱いは内包エネルギーの概念でも必ずしも明確になっていない。

この内包環境負荷という概念を用いれば、生産国で生じた環境負荷が財に内包されて輸入国へと移動することになり、ある地域の経済活動が環境に与える影響を、他地域との物の流入・流出も含めてとらえることができるようになる。

### Ⅲ 内包環境負荷の計算法と具体例

筆者らはこれまで、地球温暖化対策研究の一環として、内包環境負荷の一例である内包CO<sub>2</sub>排出量の計算を行なってきた。日本での生産についてみた場合、内包CO<sub>2</sub>排出量(炭素換算)は、鉄1トンに対し約0.5トン、自動車1台の生産には約0.7トン、米100万円分の生産には約0.3トン、道路関係公共事業100万円当たり約1.1トンのように、財やサービスの物量単位または金額単位の値として表示される。これに地域での財やサービスの総需要量(物量または金額)を乗じることによって、環境負荷の総量が求められる。内包環境負荷量を具体的に計算する方法は積み上げ法と産業連関分析法の二つに大別される。いずれの方法でも製品やサービスの種類ごとに計算を行なう。

積み上げ法は、製品やサービスについて、それを生産するのに必要な原材料、加工工程などを個々に調査し、そこで消費される資源や排出される汚染負荷を求めて足しあわせる方法である。ガラスびんとアルミ缶の比較、といったケースには適用しやすいが、家電製品のように膨大な種類の部品から構成されている場合には、データ収集に多大な労力を要する。鉄、アルミ、ガラス、プラスチック、セメントなどの主要材料について、あらかじめ単位重量あたりどれだけの環境負荷を生じるかを計算しておけば便利であるが、網羅的なデータを整備することは困難であろう。

産業連関分析法は、産業連関表に記述された産業間の金額ベースの取引を物やサービスに付随する内包環境負荷の流れと読み替えることにより、物やサービスに内包される環境負荷をそれを生産した業種ごとに、金額当りの値として求める方法である。最初に業種ごとの直接の資源消費量や汚染排出量を与えれば、すべての業種の内包環境負荷量が同時に計算されるので、積み上げ法に比べて労力が少ない。その反面、計算される値は各業種についての平均的な値であり、個々の製品の性質を十分に反映しない場合がある。すなわち、最も細かな分類でも業種の数が400程度にすぎず、乗用車のように生

産高の多いものは単独の業種であるが、たとえば洗濯機も掃除機もエアコンもすべて「その他の民生用電気機械」という業種に属するので、これらの生産のための金額当りの環境負荷は一定であるという結果になってしまう。

したがって、これら二つの方法の使い分け、組み合わせが必要である。特定の製品やシステムに着目した詳細な分析には積み上げ法を、全体構造の把握には産業連関分析法を用いるのが妥当であろう。

いずれの方法を用いる場合でも、何を生産する時にどれだけの直接の環境負荷を生じるか、というデータが不可欠である。汚染物質について言えばいわゆるエミッションインベントリがこれにあたる。積み上げ法も産業連関分析法も、こうした直接の負荷がどのような最終需要と結びついているかを分析する手段であって、環境負荷自身は別途計量しておかなければならない。CO<sub>2</sub>の場合には、化石燃料の取引が産業連関表自身に記述されており、燃料消費量に原単位をかければすぐに排出量が求められるが、これは特殊なケースであって、一般には直接の環境負荷量データは十分に整備されていない。とりわけ、日本以外の国について、環境負荷の実態に関するデータを整備することが、次に述べる国際環境負荷収支の分析には不可欠である。

#### IV 国際環境負荷収支勘定の試み

いままでに述べた内包環境負荷の考え方を用いて、実際に国際間の環境負荷収支を計算した例が、井村ら、森口らにより報告されている。以下、計算法および結果の概要を示す。

ある地域  $i$  において、生産物  $k$  を 1 単位生産するまでに直接・間接に発生する環境負荷を  $\varepsilon_{ik}$  とすると、地域  $j$  が生産物  $k$  を  $x_{ijk}$  単位輸入したとき、地域  $i$  から地域  $j$  に移動する環境負荷は、

$$E_{ijk} = \varepsilon_{ik} \cdot x_{ijk}$$

で表わされる。

井村らは、世界を12地域に区分し、環境負荷としてCO<sub>2</sub>排出量を取りあげ、環境負荷原単位 $\varepsilon_{ik}$ として、地域*i*のGDP当りCO<sub>2</sub>排出量を全部門 $k=1\sim n_k$ に一律に適用することにより、貿易による内包CO<sub>2</sub>排出量の国際収支を計算した。この計算によれば、日本の国内排出量3.05億トン(炭素換算、以下同じ)に対し、輸入が0.595億トン、輸出が0.318億トンで、輸入超過であった。日本への流入は、発展途上アジア地域からが最も多い。この方法は、品目によるCO<sub>2</sub>排出量の差異を考慮していないため、環境負荷のフローの大局的關係は把握できるが、品目の偏りによる誤差をかなり含んでいる可能性がある。

森口らは、貿易品目による排出量の差異を考慮するため、品目別貿易統計データベースを用いた分析を行なった。使用した原データは、国連が作成した1988年の国際貿易統計品目分類(SITC) Rev. 2の磁気テープで、85カ国から報告された延べ約548万件の貿易ODペアから成る。これをもとに、抜粋したいSITCコードおよび国・地域コードを指定することにより、品目別・多国(地域)間貿易OD表を編集し、スプレッドシート形式に出力するプログラムを整備した。

負荷原単位 $\varepsilon$ は二ことりの考え方によって求めた。まず、日本の産業連関表から、部門*k'*ごとのCO<sub>2</sub>直接排出量と $(I-A)^{-1}$ 型の逆行列を用いて、単位金額当りの内包CO<sub>2</sub>原単位 $\varepsilon_{ok}$ (以下、添字<sub>o</sub>は日本)を求め、産業連関表の分類*k'*(84部門表)とSITCの分類*k*(117分類を抽出)を対照して、 $\varepsilon_{ok}$ を求める。ここでは全ての地域について $\varepsilon_{ik}=\varepsilon_{ok}$ とする方法(ケースA)、各地域*i*のGNP当りCO<sub>2</sub>排出量 $\alpha_i$ によって $\varepsilon_{ik}=(\alpha_i/\alpha_o)\varepsilon_{ok}$ のように全部門一律に補正する方法(ケースB)、の2種類を用いた。

これら2ケースの結果を表3-1に示す。日本について、ケースAでは、輸入( $\sum E_{iok}$ )<輸出( $\sum E_{ojk}$ )であるが、ケースBでは大幅に輸入>輸出となっている。これは、輸入相手国の $\varepsilon_{ik}$ が日本の値 $\varepsilon_{ok}$ より全般に大きいためで、とくに輸入額の約30%を占める東南アジアからの寄与が大きい。

日本のエネルギー効率は世界最高水準にあるため、ケースAでは、日本以外の国の内包環境負荷を明らかに過小評価している。一方、ケースBでは、

表3-1 貿易を介した内包CO<sub>2</sub>排出量の国際収支

(a) 日本と同じ排出原単位を全地域に適用した場合

着国	日本	アフリカ	北米	中南米	西アジア	東南アジア	西欧	東欧	旧ソ連	オセアニア	輸出計	輸入計	収支
発国													
日本	0.0	0.2	12.7	0.8	0.8	12.3	6.9	0.1	1.0	1.2	36.0	27.3	-8.7
アフリカ	1.0	0.1	2.1	0.3	0.3	0.7	6.5	0.1	0.1	0.0	11.2	4.8	-6.4
北米	6.6	0.4	21.8	5.1	1.1	7.2	13.0	0.1	0.4	1.3	57.1	79.6	22.6
中南米	1.7	0.2	8.4	2.4	0.2	1.7	4.5	0.1	0.2	0.1	19.4	13.5	-5.9
西アジア	2.2	0.3	1.9	0.5	0.8	2.4	3.8	0.2	0.1	0.2	12.1	8.9	-3.2
東南アジア	8.7	0.2	12.2	0.3	0.7	13.2	7.3	0.1	0.4	1.0	44.2	50.0	5.8
西欧	4.5	3.0	18.9	3.7	4.3	8.9	139.4	2.3	3.6	1.8	190.3	192.0	1.7
東欧	0.3	0.4	0.6	0.2	0.3	1.0	4.7	1.0	1.0	0.0	9.4	5.1	-4.2
旧ソ連	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.7	3.1	1.1	0.0	0.0	5.9	6.8	1.0
オセアニア	1.8	0.0	0.9	0.1	0.1	1.3	1.3	0.0	0.1	0.6	6.2	6.2	0.0
不明	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.7	1.6	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	-2.6
輸入計	27.3	4.8	79.6	13.5	8.9	50.0	192.0	5.1	6.8	6.2	394.3	394.3	0.0

(b) 各地域のGNP当りのCO<sub>2</sub>排出量によって補正した場合

着国	日本	アフリカ	北米	中南米	西アジア	東南アジア	西欧	東欧	旧ソ連	オセアニア	輸出計	輸入計	収支
発国													
日本	0.0	0.2	12.7	0.8	0.8	12.3	6.9	0.1	1.0	1.2	36.0	105.6	69.6
アフリカ	4.6	0.6	9.9	1.2	1.5	3.4	30.1	0.5	0.3	0.2	52.3	11.1	-41.2
北米	18.0	1.0	59.3	13.9	2.9	19.5	35.4	0.4	1.0	3.7	155.1	214.9	59.7
中南米	5.7	0.5	27.8	7.9	0.7	5.5	14.8	0.3	0.6	0.4	64.4	34.7	-29.7
西アジア	7.7	0.9	6.6	1.6	2.8	8.3	13.4	0.6	0.2	0.6	42.6	21.5	-21.1
東南アジア	53.7	1.2	62.4	1.7	3.6	90.5	41.6	1.4	3.4	5.0	284.5	166.0	-98.5
西欧	7.4	4.8	30.6	6.0	7.0	14.4	226.3	3.7	5.9	2.9	309.0	404.3	95.3
東欧	1.0	1.3	1.9	0.6	1.1	3.4	16.0	3.4	3.4	0.1	32.3	14.4	-17.9
旧ソ連	1.8	0.3	2.7	0.3	0.5	2.7	11.2	3.8	0.0	0.0	21.3	16.2	-5.1
オセアニア	5.8	0.1	2.8	0.2	0.3	4.2	4.3	0.1	0.3	1.9	20.0	15.9	-4.1
不明	0.0	0.1	0.1	0.4	0.3	1.8	4.3	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	-7.0
全世界	105.6	11.1	214.9	34.7	21.5	166.0	404.3	14.4	16.2	15.9	1,004.5	1,004.5	0.0

他国の負荷原単位の推定に、GNP当りCO<sub>2</sub>排出量を用いたが、排出量に家計での最終消費による排出量を含めているため、この結果はやや過大な値を与えていると思われる。より正確な分析には、各国・地域ごと、品目ごとの原単位をエネルギー効率や生産工程の実状をもとに設定する必要がある。

こうした分析をより包括的に行なうもう一つの方法として、国際産業連関表の利用がある。産業連関表自身の中に、環境負荷のいくつかの項目、すなわちエネルギー消費や森林資源の消費、土地の使用などを直接あるいは間接的に計算できる情報を含んでいるためである。また、貿易マトリクスによる分析では、取引されるものが中間需要なのか最終需要なのか区別できないため、再輸出分を含んだグロス値しかとらえられないが、多国間産業連関表では、ある国の最終需要のためのネット値での把握が可能となる利点がある。

現在までに作成されている国際産業連関表は、ごく一部の国しかカバーしていないこと、部門分類数が不十分なことなどの問題があるが、方法の有効性を試すことには利用可能である。井村らは、アジア経済研究所による環太平洋地域の多国間産業連関表から、日本、アメリカ、韓国、中国、インドネシア、タイ、マレーシアの7カ国を抜粋し、日本の最終需要のために耕地、牧地、森林資源が各国にどれだけ依存しているかの分析を行なっている。その結果、日本国内への依存は、耕地、牧地、森林資源について各々34%、14%、44%と報告されている。対外依存度では、耕地の48%をアメリカに、牧地の50%を中国に依存しているという結果になっている。これらの数値はあくまで対象7カ国間での値であり、全世界と日本との関係を示したものではないことに注意が必要である。

## V 今後の展望

最近、国連統計局から環境経済統合サテライト勘定 (SEEA: Satellite System for Environmental and Economic Accounting) が示され、SEEAは当面の環境資



源勘定開発の中心となると考えられる。貿易に伴う問題については、SEEAの枠組みの中でも、帰属環境費用の議論や、投入産出分析との関係で論じられている。なお、国連SEEAハンドブックの1992年5月暫定版では、こうした問題を第6章の付録A「環境に関連した投入—産出分析の数学的吟味」において詳しく論じていたが、その後配布された93年2月版では、全体として簡略化されたことに伴い、記述が割愛されている。

本稿で述べた国際的な環境負荷収支勘定については、当面は物量的な分析を主体に考えているが、将来は、貨幣価値による評価を含めた環境資源勘定体系全体との整合を考慮する必要がある。また、日本の経済活動に伴う環境負荷発生の実態をみれば、貿易を通じた国外での環境負荷による費用は、国内でのそれと同等かそれ以上にのぼるものと推察され、いわゆるグリーンGNPのような修正経済指標に日本にとっての政策的意味をもたせるには、こうした国際的側面を反映させることが不可欠と考えられる。

国外での環境負荷発生の実態把握と同様に、あるいはそれ以上に、国外での環境変化を経済的価値で評価することには多くの問題が残されている。物量的な勘定手法と並行して、経済的価値評価手法の開発が大きな課題である。

#### 〔参考文献〕

- 井村秀文・森口祐一『国際的相互依存と環境資源勘定：地域・国・地球のエコバランス』土木学会第1回地球環境シンポジウム講演集 105-111 1993年。
- 森口祐一・近藤美則・井村秀文『品目別貿易OD表を用いた国際環境負荷収支勘定——CO<sub>2</sub>排出を例として——』環境科学会1993年会講演要旨集 15 1993年。
- UNSTAT, *Handbook of National Accounting, Integrated Environmental and Economic Accounting*, Interim version, ST/ESA/STAT/SER.F/61, 1993.