



東北大学大学院環境科学研究科
高度環境政策・技術マネジメント人材養成ユニット

OJT Term Paper : #2007017

物質フローにおいての
輸入資源に隠れた環境負荷の算出に関する考察

田中 いずみ

平成 19 年 10 月

本 OJT Term Paper は、東北大学大学院環境科学研究科 高度環境政策・技術マネジメント人材養成ユニットの OJT (On the Job Training) における執筆者の研究成果をとりまとめたものである。

執筆者の連絡先 : i_tanaka@semsat.jp

物質フローにおいての
輸入資源に隠れた環境負荷の算出に関する考察

田中いずみ
平成18年7月7日

目次

1	はじめに	1
2	分析の枠組み	4
3	日本、諸外国においての物質フローに関する取り組み	5
3.1	欧州	5
3.1.1	ドイツ	5
3.1.2	英国	5
3.2	米国	6
3.3	日本	7
4	既存の環境影響評価手法の調査	8
4.1	Total Material Requirement- 関与物質総量	8
4.2	Embodied Environmental Load- 内包環境負荷	8
4.3	Virtual Water- 仮想水	9
4.4	Ecological Footprint- エコロジカルフットプリント	9
4.5	Ecological Rucksack- エコロジカル・リュックサック	9
4.6	Food Mileage- フード・マイレージ	10
5	輸入資源に関する環境負荷の把握にあたって必要とされるデータ	11
5.1	輸出国においての環境負荷	11
5.2	輸送段階においての環境負荷	12
6	統合した手法の考察	13
7	結論	15
8	引用文献	16

1 はじめに

日本では毎年約 20 億トンの資源が投入され、建物建設や社会インフラの構築、製品の製造などを行っている。そのうち、天然資源等の投入は、輸入資源 7 億トン／年、国内資源約 11 億トン／年となっている。そして現在、環境省を中心に、循環型社会の実現を目指した取り組みが推進されているものの、循環利用される物質は、約 2 億トンとわずか 1 割程度にすぎない。1)

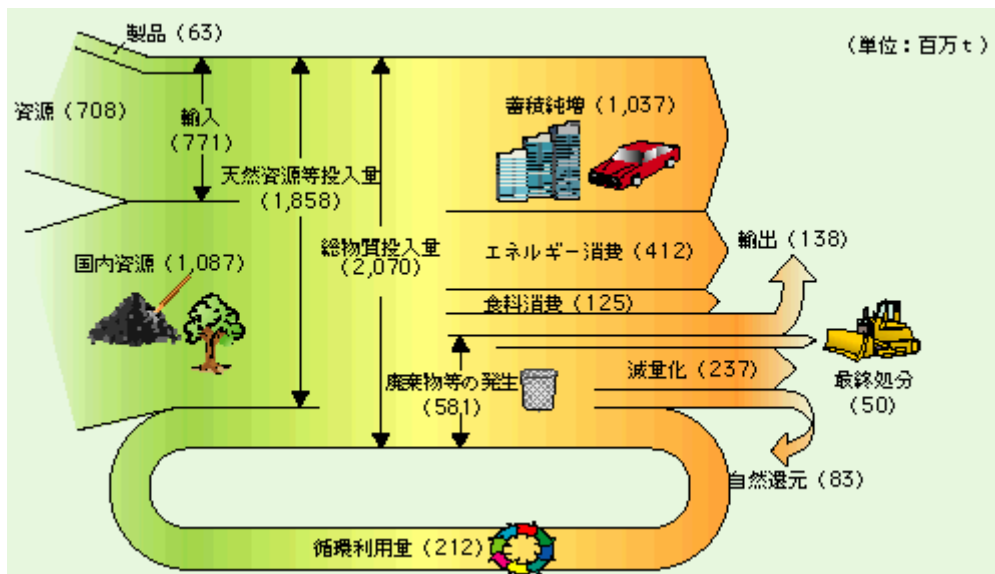


図1 我が国の物質フロー (平成14年度)

(出展: 「平成17年版循環型社会白書」環境省 www.env.go.jp/policy/hakusyo/junkan/h17/index.html)

物質フローは自然環境と経済社会の間を行き来するモノの量を明確にし、あるシステム(上記の場合は日本と言う国)においての物理的なメタボリズムの構成を把握することが可能である。我が国の物質フローを把握することは、物質の流れを明確にし、大量生産・大量消費・大量廃棄からのパラダイムシフトを実現させる廃棄物政策などにインプットとなる情報提供ツールとなり、重要なことである。

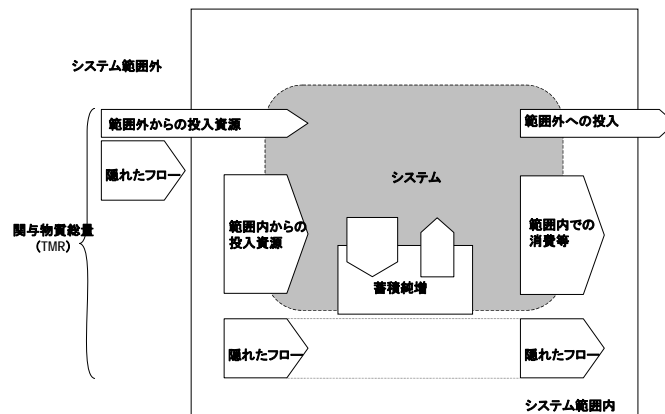


図2 物質フローの巨視的な枠組み 2)

また、環境省の平成17年度版循環白書で現状の物質フローの課題として以下の7点が掲げられている。1)

1. 「総物質投入量」が高水準
2. 「天然資源等投入量」が高水準
3. 資源、製品等の流入量と流出量がアンバランス
4. 「循環利用量」の水準が低い
5. 廃棄物等の発生量が高水準
6. エネルギー消費量が高水準
7. 「資源採取」に伴って生じる「隠れたフロー」が多い

どの点に関しても循環型社会の構築にあたって重要な課題ではある。しかし、日本国内においては、採取にあたっての隠れたフローは約 0.68 倍と言われているが、諸外国では約 4.1 倍の隠れたフローが存在するとされている。「資源採取」等の社会経済活動に伴って、使用しようとする資源以外の物質が採取・掘削され又は廃棄物等として排出されており、これらを「隠れたフロー」と呼ぶ。例えば金属資源を採掘しようとする、実際に使う資源そのものの量よりもはるかに多量の表土・岩石が掘削され、統計には現れず目に見えにくいことから、「隠れたフロー」と名付けられている。隠れたフローは、天然資源を消費することによって生じるマテリアルフローと言える。1) また、森口(2005)によると貿易(輸出・入)に伴う環境問題は以下のように定義されている。2)

1. 採鉱に関連する隠れたフロー
2. 技術効率の低い国におけるエネルギー利用、二酸化炭素・有害物質の排出
3. 過度な農業・林業・水産業による土地の利用、生態系の衰退（熱帯雨林、水産養殖など）
4. 製品に含まれている有害物質の移動（バーゼル条約）

現状の物資フローでは国内においての物質の流れ、又輸出国から我が国の物質フローの入り口までの実際の物質を把握できているものの、輸入資源に関しては輸出国においての隠れたフローなどの環境負荷に関しては考慮できていない。

日本が責任ある国際社会のメンバーである為に、我が国のみならず必ずしも環境効率が日本ほど高くない為環境負荷が高くなる輸入国の持続可能な発展を担い、輸入資源の原産国において発生する環境負荷を把握することは重要である。経済のグローバル化とともに、貿易と環境の関係が地球環境問題を論じるうえで重要課題となっている。資源を輸入・消費する国はその採取・生産を伴う環境負荷を生産国に依存することになっている。3)

	地域				
	日本	米国	中国	NIES	ASEAN
農林水産業	0.31	0.67	1.64	0.44	0.29
工業	0.24	0.39	4.38	0.36	0.35
食品	0.19	0.6	2.23	0.35	0.35

単位: kg CO2/US\$ 表1 産業部門別の CO2 排出原単位 3)より抜粋

輸入資源の環境負荷を理解するにあたって、現状の物質フローを参考に導くことができる廃棄物政策だけではなく、輸出国に対しての環境負荷を低減させるべく、資源生産性、環境効率の改善を狙った技術支援に関する政策の検討、購買者が活用できる環境情報の提供ともなるであろう。

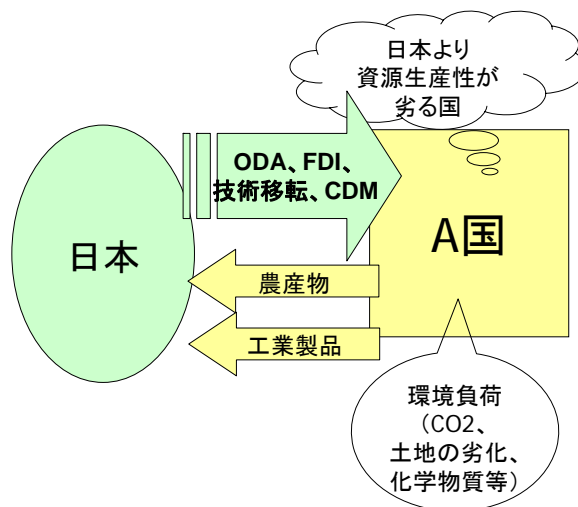


図3 貿易対象国 A との関係

3 日本、諸外国における物質フローに関する取り組み

3.1 欧州

欧州全体では、国レベルのマテリアルフロー分析に関するガイドブックを出版した欧州統計局(EUROSTAT)や、「廃棄物・マテリアルフローに関する欧州トピックセンター」を設けた欧州環境庁(EEA)などの EU の行政機関が、加盟国の活動を支援行っている。ドイツ、英国、オランダ、北欧諸国などでは、国の統計省も環境情報と経済統計を結びつける「環境勘定 (environmental accounting)」が盛んに取り組まれている。6)

3.1.1 ドイツ

ヴッパタール研究所

1990年代後半から世界中でこの分野の研究が盛んになったのは、ドイツのヴッパタール研究所のワイツゼッカー所長、シュミット・ブレイク副所長(いずれも当時)が、資源生産性を現在の4~10倍に高めようとする「ファクターX」の提案を行ったことと軌を一にしている。ヴッパタール研究所は欧州を中心とするマテリアルフロー分析の専門家のネットワーク(ConAccount)を構築している。6) また自国のみならず、日本を含めた他国の物質フローの算出に関する研究を多く手がけている。

隠れたフローの算出に関する研究動向としては、国内・外の資源投入量と隠れたフローを統合し、関与物質総量(Total Material Requirement TMR- 図2を参照)を用いて算出されている。TMRは輸入資源に関しては採取に伴う廃棄物などの隠れたフローが含まれているが、水や空気などの使用は考慮されていない。7)

3.1.2 英国

英国では統計局(Office of National Statistics)において、同国における物質フローの算出が行われている。こちらでもTMRの考え方が用いられている。8)

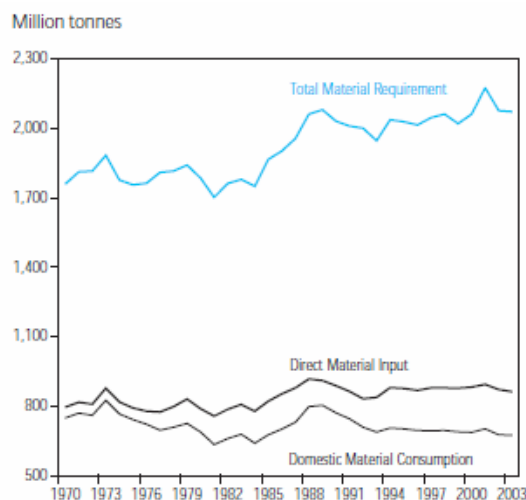


図5 英国におけるTMR (引用: "Trends in UK material flows between 1970 and 2003," Gazley, I. And Bhuvanendran D. www.statistics.gov.uk/articles/economic_trends/ET619_Gazley.pdf より)

TMRの算出は各資源の原単位を用いて計算されているとなっているが、Lawsonら(2003)によると原単位は資源又は資源の輸入先によっては明確になっていない場合が多く、特に農業に関してのデータには不備があると指摘されている。9)

Ecological Budget UK

ヨーク大学及び、ストックホルム環境研究所が英国の一地方における物質フローとエコロジカル・フットプリントの算出を試みている。システム外部(この場合英国国外)からの内包環境負荷も含まれており総合的な結果を導いている。英国の統計局、及び欧州統計局(EUROSTAT)のデータを用いると同時に、Ahmadら(2003)の貿易における内包二酸化炭素排出と産業連関表を基に英国に輸入している8つの地域からの内包二酸化炭素排出を産業別に示している。10)

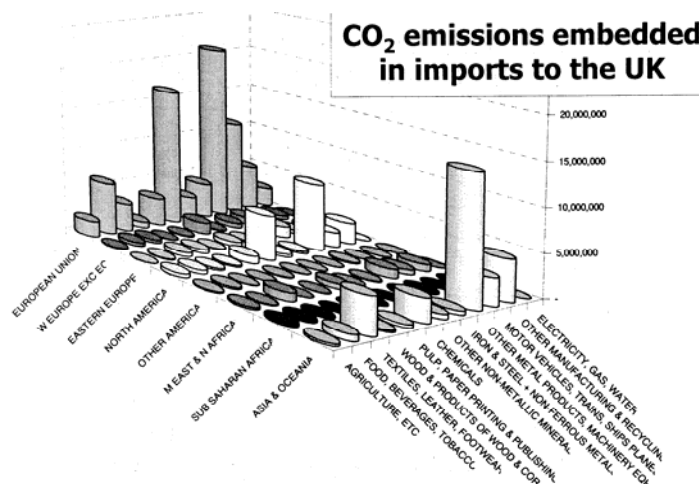


図6 英国における内包二酸化炭素(引用: Wiedmann, T, "Ecological budget UK: a comprehensive regional material flow and ecological footprint account, including embedded emissions," Proceedings of Workshop on Material Flows and Environmental Impacts behind International Trade of Japan, pp. 126-143 February 2006)

3.2 米国

米国では、産業エコロジー研究の中核となっているイェール大学や非政府研究機関の世界資源研究所(WRI)、政府機関では環境保護庁(USEPA)や資源統計に長い歴史を持つ地質調査所(USGS)などがこの分野に取り組んでいる。米国科学アカデミー研究審議会(National Research Council)が、物質フロー分析の手法や利用可能性をレビューし米国における今後の取組みに対する助言をまとめる活動を行い、その報告が2004年2月に出版された。6) この報告書の中で、ニュー・ジャージー州で化学物質の事業所内に入ってきてから、排出物、廃棄物、製品への含有分も含めて州への報告義務がある規制(1984 Worker and Community Right to Know Act)が紹介されている。11) これはこれまで紹介してきた物質フローの概念とは多少異なるが、環境負荷を換算するにあたって有効的である化学物質の流れを把握するツールとしては興味深い。

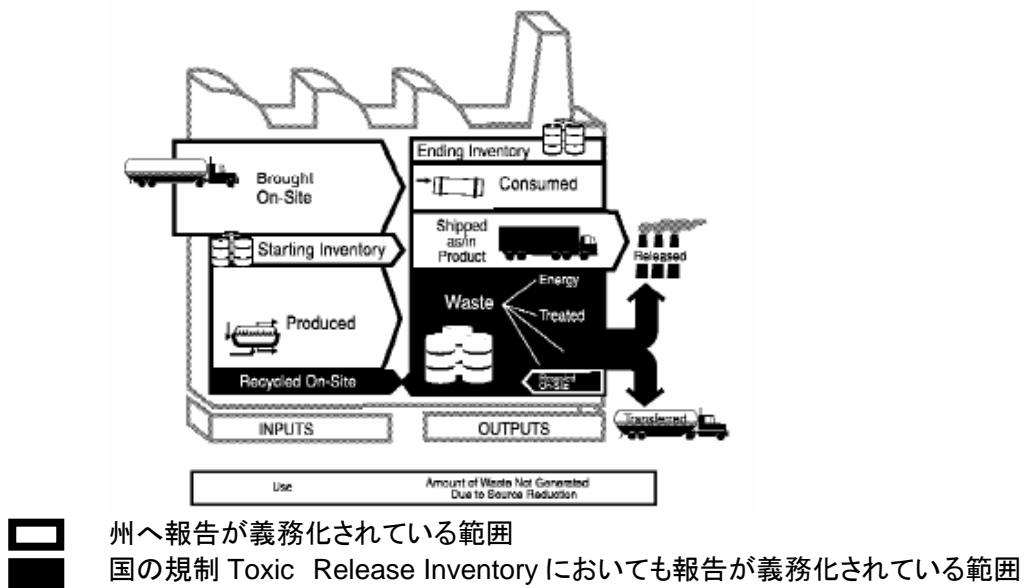


図7 ニュー・ジャージー州の化学物質規制 (引用: National Research Council, “Materials Count: The Case For Material Flows Analysis,” The National Academic Press, 2004 pp. 21)

3.3 日本

日本においては国立環境研究所の循環型社会形成推進・廃棄物研究センターを中心に、平成 16 年度地球環境研究総合推進費(経済・政策分野)新規提案課題として採択されており、以下のような研究が行われている。

- 1) 物質フローモデルの設計・構築
- 2) 地域、産業間物質フローによる環境影響の評価手法に関する研究
- 3) 物質フローの国際連関と国際比較分析に関する研究
- 4) 隠れた物質フローの算定に関する研究

この研究は物質フロー分析(MFA)手法に関する先行研究の蓄積を発展させて、こうした評価手法・指標を開発するとともに、主要産業への適用や国際比較によりその有効性を確認することを目的として、とくに、生産・消費活動が他国での生産を通じて引き起こす環境への負荷など、地域間での連関・波及を通じた間接的な問題を重視した持続可能な生産・消費の評価手法の開発を目指している。輸入資源の環境負荷に関連してはアジア太平洋地域の 10 カ国を対象とし、産業連関表を用いて、環境負荷の発生量(CO₂ 排出量、エネルギー消費量、土地資源使用量)及びその相互依存関係を明確にしている。隠れたフローに関連する評価手法として、TMR を中心に他の手法を総合的に用いていくべきことと中間報告を行っている。12)

上記の通り、輸入資源による環境負荷への考慮は各国の取組みの中で存在している。環境負荷の中でも、隠れたフローへの考慮は TMR を軸に他の手法を交えての総合的な評価の検討も進んでいる。いずれにしろ調査対象国の物量投入表や産業連関表のような詳細なデータが必要とされている。

4 既存の環境影響評価手法の調査

ここでは上記の物質フローの取り組み中で紹介されている環境影響評価手法を含めて、既存の手法に関して纏める。

4.1 Total Material Requirement- 関与物質総量

関与物質総量とはドイツのヴッパータール研究所でエコリユクサックとして提唱された数値であり、採掘における土石や脈石、農業における土壌損失など経済外の領域で人的な変更を加えられる土壌や水などの地球資源の量を含めた、投入資源の総量を示している。TMR には輸出資源に関しての隠れたフローも含まれており、通常では内包環境負荷と同様に物量投入表や産業連関表、又は両者を掛け合わせて算出されている。多くの場合は全対象国に関して係数が算出されていないことから、輸入国と同じ方法・技術・効率で生産されていると見なして算出されている。13)

4.2 Embodied Environmental Load- 内包環境負荷

代表的な環境負荷として Embodied CO₂- 内包 CO₂ と Embodied Energy- 内包エネルギーがある。国際貿易が国や地域の環境負荷に与える影響を算出する。TMR と同じく産業連関表を用いて算出されて、既往研究の多くは輸入在と国内在の区別をせいで算出されていることから国と国との依存関係を議論するに至っていない。井村ら(2005)の研究においては国際産業連関表が存在する日本、中国、米国、ASEAN、NIES 間の内包環境負荷を産業部門レベルでの分析を行っている。5)

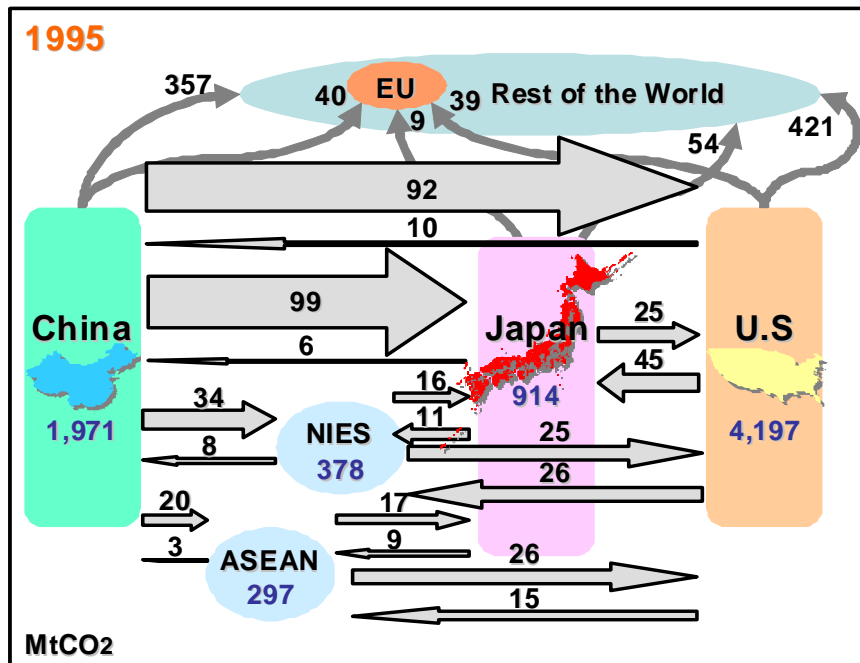


図8 内包環境負荷(二酸化炭素)の例 (引用: Imura H. and Kaneko S., Proceedings of Workshop on Material Flows and Environmental Impacts behind International Trade of Japan, pp. 126-143 February 2006)

4.3 Virtual Water- 仮想水

資源を含めて、物質のほとんどはその生産に水を必要としており、輸入品に関しても輸出国において大量の水が利用されている。輸出資源の生産においての水の使用量は現実投入水と仮想投入水の2つの方法で示すことが可能である。例えばオーストラリアからの野策没に関して仮想水を算出するとしたら、現実投入量はオーストラリアで農作物を作るために使った水(輸出国ベース)、仮想投入水は同じ農作物を日本で作っていたら必要であった水(輸入国ベース)となる。

沖ら(2003)は食糧品の生産に必要な水の量(原単位)を以下のように示している。

仮想投入水量(穀物の場合)=

$$\frac{1 \text{ 日の灌漑水量} \times \text{耕作面積} \times \text{栽培日数}}{\text{収量} \times \text{可食部}}$$

日本が年間に輸入している小麦やとうもろこし、大豆の量にこれらの水資源原単位をかけて推計すると、アメリカやカナダ、オーストラリアや南米から年間約 400 億トン m^3 程度の仮想水が輸入されている計算になる。14)

又、Chapagainらは輸入資源に関しての仮想水を算出するのに以下の数式を用いている。資源・製品 c に対して、

$$\text{Virtual Water Flow (c) (m}^3\text{/yr) = Product Trade (c)(ton/yr) \times \text{Virtual Water Content (c) (m}^3\text{/ton)}$$

と示している。15)

4.4 Ecological Footprint- エコロジカルフットプリント

「エコロジカル・フットプリント」は、世界最大の環境保護団体である WWF(世界自然保護基金)が積極的に活用している環境指標であり、1993 年に、マティス・ワッカナーゲル氏とウィリアム・リース氏の二人によって提唱された。リースの定義によれば、「ある特定の地域の経済活動、またはある特定の物質水準の生活を営む人々の消費活動を永続的に支えるために必要とされる生産可能な土地および水域面積の合計(ある地域で必要とされる資源を永続的に生み出し、且つそこで排出される廃棄物質を継続的に吸収処理するために必要となる生態系・水土の面積の合計 [それらが地域内に存在するか外に存在するかは無関係])」とされており、地球の環境収容力の測定を可能としている。16)あるシステム(国家など)が、その社会活動・生活を支えるために必要とする土地と水の面積を計測し、「ヘクタール」という単位で示すアプローチである。国家のみならず、対象は企業活動、製品単体まで適用例がある。

4.5 Ecological Rucksack- エコロジカル・リュックサック

エコロジカル・リュックサックはある資源・製品に関して、その生産のために移動された物質量を重さで表した指標である。資源・製品の全ライフサイクルにわたって集計される物質量(MIPS: material input per service)を論じるために導入された概念で、1994 年にヴッパタール研究所(当時)のシュミット＝ブレークが提唱した。概念的には隠れたフロ

一と同じ。例えば1トンの銅を得るためには鉱石、土砂などの自然資源500トンを移動する必要があり、この場合のエコリユクサック値は500と表される。同じ重量の商品でも、その材質(木製か銅製かなど)によって、物質の移動量にどの程度の差があるか比較可能とするための指標である。17)

4.6 Food Mileage- フード・マイレージ

英国の消費者運動家(ティム・ラング氏)が、食料の生産地から食卓までの距離に着目し、なるべく近くで取れた食料を食べた方が輸送に伴う環境汚染が少なくなるという考え方に立って、1994年に「フード・マイル」という概念を提唱した。輸入食料品について輸入相手国別の食料輸入量×輸出国から輸入国までの輸送距離(単位トン・キロメートル)という指標を用いて算出する。わが国のフード・マイレージは約5千億トン・キロメートル(平成12年)となっている。17)

5 輸入資源に関する環境負荷の把握にあたって必要とされるデータ

実際の輸入資源の輸出国においての環境負荷を明確するにあたって、どのようなデータが必要とされ、また現状で入手が可能で、算出が可能であるかを検証する。隠れたフローの定義をやや拡大することになる懸念を抱きながらも、輸出国から入ってくる物質に関しての統括的な環境負荷を把握するのを目的に以下を提案したい。

$$\text{輸入資源に関する環境負荷} = \text{輸出国においての環境負荷} + \text{輸送段階においての環境負荷}$$

現在、国際産業連関表が整備されていない国・地域にも適用可能なこと、既存のデータを応用できることを条件として検討を行う。

5.1 輸出国においての環境負荷

輸出国においての環境負荷に関しては、以下に第4章で照会した環境影響評価の活用を含めて提案する。

4章で挙げられた指標は環境負荷を様々な物差しで測っている。例えば、内包環境負荷である内包CO₂と内包エネルギーは、各二酸化炭素排出量、エネルギー消費量の単体で環境負荷を換算している。両者とも環境負荷の指標としては一般的であり重要な指標ではあるが、IEA等が提供しているCO₂排出量、エネルギー排出量とは他に、国際産業連関表などの各国の産業構造や製品ごとの貿易構造の違いを考慮した貿易マトリックスが必要で、それに基づき産業ごとの係数の算出が可能となる。井村ら(2005)の中で詳細に分析されているが、アジア諸国、米国、欧州など国際産業連関表が提供されている国・地域に関しては有効、且つ信頼性の高いデータが得ることができるが、国際産業連関表が提供されていない国・地域に関しては算出することができない。

TMRに関しては、輸入資源及び、国内資源に伴う隠れたフローを含めた値である。しかし、内包環境負荷同様、貿易相手国全てが産業連関表を整備している訳ではないので、現在用いられている方法は輸入国の係数をそのまま適応しており、異なる産業構造を持つ国の係数としては有効性に疑問が残ると指摘されている。18)国際産業表に関しては現在、日米国際産業連関表、日・米・EU・アジア多国間国際産業連関表、日欧(英、仏、独)二国間国際産業連関表が存在する。19)国際産業連関表は複数国の産業連関表を加工・連結して作成されており、産業間の相互依存関係を定量的に示している。必ずしも世界各国が精度の高い産業連関表を提供できていないのが現状である。

正確に、より全てのライフサイクルの段階を考慮した環境負荷を算出するに当たって、エコロジカル・リユックサックと言う概念は極めて重要である。ライフサイクルシンキング(LCT)を用いて該当する資源の環境負荷を算出することによって、より現実に近い隠れたフロー、又それらの隠れたフローによる環境負荷を算出することが可能である。しかしそれを可能にする為には輸出国に関しての膨大なデータが必要になる。例えば日本において整備されている、LCAデータベース20)のようなデータがあれば作業は容易、且つ信頼性を増すがそのようなデータが整備されている国は多くない。

エコロジカル・フットプリントに関しては、ある輸出資源が輸出国においてどれだけの土地利用が伴っているかを算出が可能で、輸出国においての環境負荷の検討においてはとても有効な情報である。しかし、製品への適用例21)22)においては、全事例ともにLCAの結果をベースにエコロジカル・フットプリントの算出を行っている。但し、各国のエコロジカル・フットプリントの算出方法23)を検証すると、各農作物・水産物の生産量に対してのエコロジカル・フットプリントが算出されている。日本に輸出された量のみ絞って算出することも可能

かと思われるが、数式が大変複雑であり数値を操作するには知識と時間の制約がある為、当ペーパーでは検討しないこととする。

仮想水に関しては現実投入水の考え方は輸出国の水利用の負担と言う環境負荷を算出するにあたって、大変有効な考え方である。AQUASTAT 24)で公開されている国ごとの農業水使用量を用いて、Chapagain et. al. の考えに類似し仮想水(輸出国ベース算出、現実投入水)の算出を食料に関して以下を提案する。輸出国 a、輸出国(a)輸入食料 b に関して

$$\text{仮想水量} = \text{農業水使用量 } a(\text{m}^3) \times \frac{\text{輸入総額 } b \text{ (USD)}}{\text{GDPa} \times \text{農業が GDP を占める率}(\%) \text{ (USD)}}$$

農業水使用量は AQUASTAT の国別データ、輸入総額は経済産業省の貿易動向データベース 25)、GDP 及び農業が GDP を占める率は FAOSAT 26) のデータを利用する。

但し、農業水使用量には林業も含まれていること、また農業に係わる GDP を食料が GDP 占める割合で案分することによって、食料生産に要した水量を正確に算出できるかが議論の余地があるが、公開されているデータを用いた算出方法として上記で検討する。

第3章で紹介したように沖らが算出している仮想投入水、すなわち輸入国ベースで同じ農作物を輸入国(例えば日本)で作っていたら必要であった水の算出は既に行われている。しかしこれはあくまでも「もし輸入品が日本で作られていたら」という想定をベースに考えており、日本国内に存在するデータのみで算出することが可能という利点はあるものも、当調査では輸出国においての環境負荷の算出方法として適用しないことにする。

上記の通り、仮想水以外の既存の手法ではデータ不足などの為に輸出国においての環境負荷の算出を試みることが困難である。従って、IEA、FAO、OECD などの国際機関、又は日本政府から既に統計データとして公開されている入手可能なデータを基に輸出国においての環境負荷算出方法の検討を新たに試みた。

まず環境負荷を提示するにあたって最も一般的なインベントリである二酸化炭素については IEA が国全体の二酸化炭素排出量を公開している。27) 上記の仮想水と同じ原理で考え以下を提案する。

$$\begin{aligned} \text{二酸化炭素排出量} = \\ \text{二酸化炭素総排出量 } a(\text{ton CO}_2) \times \frac{\text{輸入総額 } b \text{ (USD)}}{\text{GDPa} \times \text{農業が GDP を占める率}(\%) \text{ (USD)}} \end{aligned}$$

5.2 輸送段階における環境負荷

輸送段階における環境負荷に関しては、フードマイレージの考えをそのまま用いる。距離に関しては我が国の首都である東京と輸出国の首都の距離を活用する。輸出国 a、輸出国(a)からの輸入食料 b に関しては

$$\text{フードマイル } b = \text{総輸入量 } b \times \text{首都間の距離}$$

6 統合した手法の考察

統合した手法を用いて食料の隠れたフロー(水)、及び原産国においての環境負荷(二酸化炭素)の算出を試みた。ここでは、国際産業連関表が整備されていない国、エクアドルから輸入されるバナナに関して仮想水量、二酸化炭素排出量の算出結果は以下の通り。

$$\text{仮想水量} = \text{農業水使用量 } a(\text{m}^3) \times \frac{\text{輸入総額 } b \text{ (USD)}}{\text{GDP}a \times \text{農業が GDP を占める率}(\%) \text{ (USD)}}$$

$$\begin{aligned} \text{二酸化炭素排出量} = \\ \text{二酸化炭素総排出量 } a(\text{ton CO}_2) \times \frac{\text{輸入総額 } b \text{ (USD)}}{\text{GDP}a \times \text{農業が GDP を占める率}(\%) \text{ (USD)}} \end{aligned}$$

輸入量 ton	輸入額 10 ³ USD	水使用量 10 ⁹ m3	二酸化炭素排出量 10 ⁶ ton CO2	GDP 10 ⁶ USD	農業がGDPを占める率 %	仮想水 m3	二酸化炭素排出量
91099	49945	13.96	20.44	27201	7.7	33289084	48741.32301

表3 算出結果

フードマイルに関してはエクアドルの首都であるキトから東京の距離、11500kmを用いて算出した。

$$\text{フードマイル } b = \text{総輸入量 } b \times \text{首都間の距離} = 10.5 \times 10^8 \text{ ton} \cdot \text{km}$$

例えば同じ手法で最大の割合を占めるフィリピン産のバナナと比べてみると、輸入量がエクアドルの約10倍以上の944467 tonに対して、仮想水量が925046028 m3、二酸化炭素排出量は309035 tonになる。絶対量が多いものの、バナナ1ton辺りにすると、各国において仮想水と二酸化炭素排出量はエクアドルでは3654 m3 と 5.35 ton、フィリピンでは979 m3 と 3.27 tonとエクアドルの方が環境負荷が高いことになる。

今回提案した方法では反映できてはいないが、国境を越えての化学物質の移動も考慮すべきである。また、水、二酸化炭素排出量、フードマイルと別々な尺度を用いることになったが、統合的な単一評価がより望ましいと思われる。しかし、統合的な評価を用いるためには様々な詳細データが必要となる大きな研究課題である。例えば日本ではLIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) 被害算定型環境影響評価手法がある。LIMEは地球温暖化など11種の影響領域を通じて発生する被害量を人間健康などのエンドポイントごとに求め、これらを基礎として環境影響の統合化を行う²⁸⁾

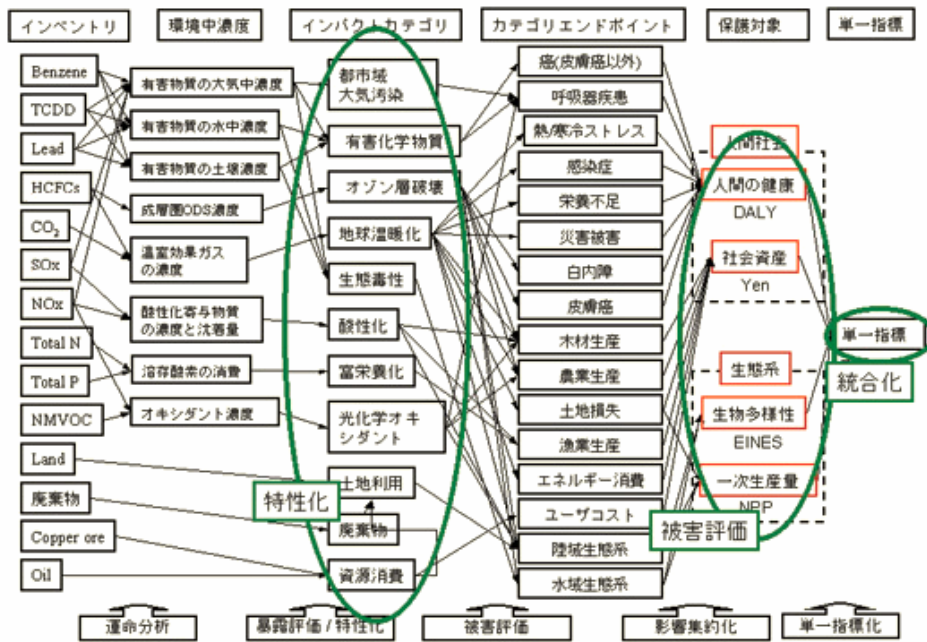


図9 LIME (引用:LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling)
被害算定型環境影響評価手, LCA センター
<http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/project/lime/index.html>)

ここで算出されたデータは、仮想水と二酸化炭素に関しては我が国への輸入資源の生産によって高い環境負荷が発生している国がどこであるかを把握できることになり、例えば ODA などの国際支援策を検討するにあたって、参考になるのではないであろうか。国際協力を戦略的に展開するにあたって、国を選択する際に日本への輸出が多い国、且つ多い(食品などを含める)製品の生産工程の環境負荷の低減に繋がるような技術支援を選択する判断材料の1つとしてなり得るのではないであろうか。フードマイルと合わせて数値を公表することによって、消費者に値段だけではなく、環境に関する指標を選択肢の一つとして用いてもらうことができる。

7 結論

現状の物質フローでは国内に投入されてからの物質の動き、又それに伴う環境負荷は明確になっている。しかし、輸入資源に関しては輸出国で発生する環境負荷を把握できておらず、日本が我が国のみならず必ずしも環境効率が我が国ほど高くない為環境負荷が高くなる輸入国の持続可能な発展を担い、輸入資源の原産国において発生する環境負荷を把握することは重要である。当ペーパーでは公開されており、入手可能なデータを活用して仮想水、二酸化炭素排出量、及びフードマイレージの算出を試みた。

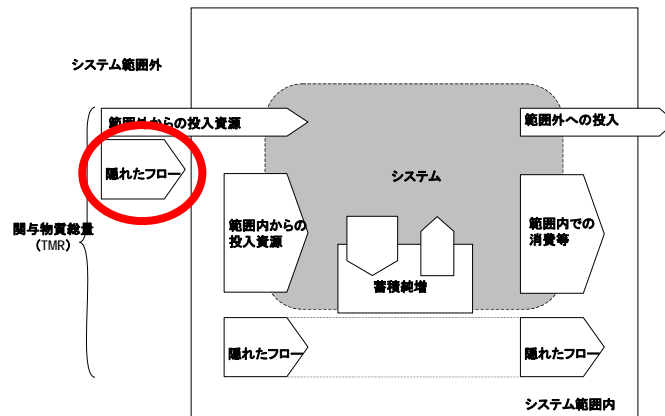


図9 物質フローの巨視的な枠組みにおける算出部分

しかし、ここでは隠れたフローと環境負荷の一部(水利用と二酸化炭素排出量)しか算出できておらず、今後更に既存の環境影響評価方法の活用、又は新たな評価方法で貿易において輸出資源が輸出国に及ぼす環境負荷の算出方法の検討が行われるとであろうが、既存のデータで算出した例として提案できれば幸いである。

8 引用文献

- 1) 「平成17年版循環型社会白書」環境省
www.env.go.jp/policy/hakusyo/junkan/h17/index.html
- 2) Moriguchi, Y., "Understanding Material Flows in a National, Regional and Inter-regional Context," presented at 24th Balaton Group Meeting, October 2005
- 3) 井村秀文、中村英祐、森形雅史 「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 No790/VII-35 pp 11-23(2005)
- 4) 「日本のマテリアルバランス2003」クリーン・ジャパン・センター
<http://www.cjc.or.jp/modules/incontent/matebala03.pdf>
- 5) Imura H. and Kaneko S., Proceedings of Workshop on Material Flows and Environmental Impacts behind International Trade of Japan, pp. 126-143 February 2006
- 6) 「環境儀 No.14」国立環境研究所
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/14/02-03.html>
- 7) Bringezu, S., Industrial ecology and material flow analysis : basis concepts, policy relevance and some case studies, Perspectives on industrial ecology. - Sheffield : Greenleaf, 2002, pp. 20-34
- 8) " Trends in UK materialflows between 1970and 2003," Gazley, I. And Bhuvanendran D.,
http://www.statistics.gov.uk/articles/economic_trends/ET619_Gazley.pdf
- 9) Lawson S., Waghorn, D., Ravetz, J. and Douglas I., " UK Material Flow Accounts: Review of indirect flow co-efficient. Office for National Statistics (2003)
- 10) Wiedmann, T, "Ecological budget UK: a comprehensive regional material flow and ecological footprint account, including embedded emissions," Proceedings of Workshop on Material Flows and Environmental Impacts behind International Trade of Japan, pp. 126-143 February 2006
- 11) National Research Council, "Materials Count: The Case For Material Flows Analysis," The National Academic Press, 2004
- 12) 「地球環境研究総合推進費」環境省 <http://www.env.go.jp/earth/suishinhi/index.htm>
- 13) Bringezu, S., "Towards Sustainable Resource Management in the European Union," Wuppertal Paper (2002)
- 14) 世界の水危機、日本の水問題「沖大幹」
<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Info/Press200207/>
- 15) Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., "Water footprints of nations Volume 1: Main Report," Value of Water Research Report Series No. 16(2004)
- 16) サステナビリティの科学的基礎に関する調査プロジェクト「サステナビリティの科学的基礎に関する調査」(2005)

17) 「平成 14 年版環境報告書」環境省

<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=215>

18) European Commission, "Economy-wide material flow accounts and derived indicators- A methodological guide (2002)

19) 「国産産業連関表」 経済産業省 <http://www.meti.go.jp/statistics/data/h2atop4j.html>

20) 「LCA データベース」LCA日本フォーラム
http://www.jemai.or.jp/lcaforum/db/01_06.cfm

21) "An Ecological Footprint Analysis of Different Packaging Systems," Lewis, K.,
Simmons, C. and Chambers, N.
<http://www.bestfootforward.com/downloads/Publications/bottles%20and%20cans.PDF>

22) ニッキー・チェンバース、クレイグ・シモンズ、マティース・ワケナゲル「エコロジカル・フット
プリントの活用 ——地球 1 コ分の暮らしへ」五頭美知[訳] 合同出版(2005)

23) "2005 National Footprint and Biocapacity Accounts- academic edition," Global
Footprint Network

http://www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=nrb

24) "AQUASTAT online database," Food and Agriculture Organization of the United
Nations

<http://www.fao.org/ag/aql/aqlw/aquastat/dbase/index.stm>

25) 「貿易動向データベース」経済産業省

http://www.meti.go.jp/policy/trade_policy/trade_db/html/01.html

26) "Agricultural Data," FAOSTAT

<http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>

27) "IEA Energy Statistics," IEA <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.aspIEA>

28) LIME (Life -cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) 被害
算定型環境影響評価手, LCA センター

<http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/project/lime/index.html>