

平成22年6月15日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19710048
 研究課題名（和文） 国際貿易戦略と調和した「持続可能な消費」に向けた消費と技術の
 転換ビジョンの構築
 研究課題名（英文） Vision on Japanese transition of consumption and technology to
 a sustainable consumption considering its trade strategy
 研究代表者
 南齋 規介 (NANSAI KEISUKE)
 独立行政法人国立環境研究所・循環型社会・廃棄物研究センター・主任研究員
 研究者番号：80391134

研究成果の概要（和文）：本研究では、わが国が形成する全球的な世界各国とのネットワークを環境負荷や資源消費の観点から同定することを目的とした、Global Link Input-Output (GLIO) Modelを開発した。2000年を対象としたパイロットデータを整備し、わが国の最終需要に伴う国外CO₂誘発量の同定とその構造を解析した。また、家計消費からの需要が大きい商品に関して、そのサプライチェーンにおけるCO₂排出量の国外依存度を定量化した。

研究成果の概要（英文）：This study developed a global link input-output model (GLIO) model that aims to analyze an environmental burden-based network and a resources consumption-based network which globally and implicitly connect Japan with foreign countries. Using pilot data for 2000 originally compiled for the model, the model quantitatively and structurally analyzed CO₂ emissions in and outside Japan induced by the 2000 Japan's domestic final demand. Focusing on a commodity associated with foods and consumables, the model also calculated the share of CO₂ emission outside Japan in the total CO₂ emission in and outside Japan generated through global supply chains of the commodity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	720,000	3,920,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：産業連関分析, カーボンフットプリント, 国際貿易, 家計消費

1. 研究開始当初の背景

家計の日々の消費活動は地球温暖化や廃棄物発生、天然資源の枯渇といった種々の問題と密接に関係している。拡大する消費がもたらす資源や環境問題に関する先行きの懸

念は、20世紀半ばには Osborn, F. の *The limits of the earth* に代表されるように既に幾つかの著書の中でも指摘されている。その後、1970年代に入り、オイルショックを契機として Herendeen らのエネルギー分析が行われ、

1990年代からは地球温暖化への関心と呼応し、ライフサイクル分析の手法開発と実用研究が進展する中で、消費と資源・環境との直接的間接的な関係が数量的に示され、消費が誘発する環境問題の大きさが確認された。

今日では、リオ・サミットのアジェンダ21やヨハネスブルグ・サミットで提唱された「持続可能な消費」という概念の下、改めて現在の消費形態から脱却する重要性が国際政治の場でも議論されるようになった。また、学術面でも新たな展開を見せている。とりわけ、エネルギー分析に端を発するライフサイクル思考を基調とする研究分野では、消費の及ぼす影響を資源と環境の側面だけでなく、経済および社会的側面をも捉えようとする試みや、消費のリバウンド効果に着目した分析、消費に関する環境指標の開発などが実施されている。分析手法の発展と実証分析の増加を通じて、当該研究分野の「持続可能な消費」に対する更なる貢献が期待されている。

わが国の現状を見ても、国内のCO₂排出量の約5割が家計消費に起因するように、生産技術に関する環境効率性の向上は元より、消費形態の転換も資源消費の抑制や環境負荷の低減において不可避な課題と言える。

将来的な消費の転換ビジョンを描くには、少子高齢化や人口減少などのわが国の実状を考慮して、予想される消費の規模や形態の変化をシナリオとして複数立て、今後、如何なる環境負荷が、どのような消費に伴い、どの程度増減するかを、それぞれのシナリオに応じて定量的に理解することが有効である。そして、シナリオ毎に、早急に転換すべき消費形態や優先的に開発に取り組むべく生産技術を同定することは、より具体的な消費の転換ビジョンを示すことに繋がり、「持続可能な消費」の実現に向けたわが国の政策や制度の設計に資するものとなる。

2. 研究の目的

本研究では、“わが国の国際貿易パターンの違いと消費の転換ビジョンとの関係”に問題意識を持ち、ライフサイクル思考による研究手法を援用して、上述のような消費の転換ビジョンの構築に資するモデル開発と実証分析を行う。

わが国は天然資源、食料の多くを輸入しており、近年ではアジア諸国からの最終製品の輸入も増えている。輸入割合の高まりは、環境面では負荷を国外へ転嫁し、経済面では内需を減少させ、社会面では資源や製品の物質供給の安定性は海外依存となる。逆に、輸入割合の低下は、国内での環境負荷を増やすものの、経済的には成長に繋がり、安定した物質供給を担保する。今後、わが国の消費が、現在輸入依存の高い製品やサービスを多く需要する形態へと変化する場合、そうした製

品やサービスを生産する国内産業の国際競争力を高めると共に、国内における環境負荷の増加を最小限にとどめる技術開発の促進が政策的に考えられる。また、国内品への代替が不可能な資源需要が高まる場合は、そうした消費形態へ向うことを回避するための施策を検討する必要がある。

一方、人口減少で消費の規模自体が縮小する場合、輸出は国内経済を支える一つの手段であり、付加価値が高く環境負荷の少ない製品の輸出が政策的に望ましい。その意味で、将来的にどの程度の輸出が必要で、どういった製品の環境効率性を優先的に改善すべきであるかを、今後の消費形態の変化と関連付けて考察することの意義は深いと考える。そこで本研究は、こうした輸出入の戦略的パターンと消費の転換ビジョンとの関係に着目し、以下の三つの目的を持って実施する。

第一に、消費形態、貿易パターン、生産技術、環境負荷、経済(GDP)および物質供給から見た社会の安定性との相互関係を整合的に定量解析するためのモデル設計と分析手法の開発を行うことを目的とする。なお、ライフサイクル思考による研究手法とネットワーク理論を融合し、結果の構造解析力に優れたモデルの設計と分析手法の開発に努める。

第二に、モデルの運用に必要な数値データを整備し、モデルの実効性を確認すると共に、わが国における近年の消費形態と貿易パターンの変化が及ぼした環境、経済および社会の安定性への影響について実証分析を行い、消費の有する社会、経済、環境とのネットワーク構造の理解と考察を行うことを目的とする。

第三に、将来の予想される消費構造の変化に伴う国内外における環境負荷の増減を予測するための数値情報を整備する。具体的には、家計消費における需要が大きい商品に対して、グローバル内包型環境負荷原単位を推計し、その構造的な特性を明らかにする。さらに、これらの結果に基づき、今後優先すべき技術開発や転換すべき消費形態の方向性について政策的含意に導くことを目的とする。

3. 研究の方法

(1)わが国の生産消費を中心とする国際貿易の記述

本研究では、わが国が形成する全球的な世界各国とのネットワークを環境負荷や資源消費の観点から同定することを目的とするGlobal Link Input-Output Model(以下、GLIOモデル)を用いた。GLIOモデルでは、わが国の生産消費システムと諸外国との国際貿易を通じた関係性を表1に示す勘定体系に基づき表現し、国内外における財やサービスのフ

ローを記述する。日本の国内最終需要には国産品に対する需要と輸入品に対する直接的な需要がある。それらを区分するため、この勘定体系では行側に国産品($i_1=1, \dots, n^{JP}$)の商品部門と最終需要輸入品($i_2=1, \dots, n^{JP}$)を示す商品部門を定義する。列側には国産品($j_1=1, \dots, n^{JP}$)の生産部門と最終需要輸入品($j_2=1, \dots, n^{JP}$)の仮想的な生産部門を設ける。また、日本以外の国や地域を国外部門($p, q=1, \dots, n^{GL}$)として行側と列側に定義し、日本の商品部門との取引量を計上する。

行列 \mathbf{X}^I は日本の国産品 j_1 の生産活動における国産品 i_1 の投入量を示す中間投入行列である。行列 \mathbf{X}^{III} は国産品 i_1 の国外地域 q への産出量(輸出)を示す。一方、行列 $\mathbf{Y}^{I(k)}$ は国産品 j_1 の生産における国外地域 p からの投入量(輸入)を示し、行列 $\mathbf{Y}^{II(k)}$ は最終需要輸入品 j_2 の仮想的な生産活動における国外地域 p からの投入量(輸入)を表す。添え字の $k=(1, \dots, l)$ は国外商品の分類を示す。行列 $\mathbf{Y}^{III(k)}$ は国外地域 p と国外地域 q の国外商品 k に関する取引量であり、 $\mathbf{Y}^{III(k)}$ の対角成分は国外地域内の国産品に関する中間投入量の合計を示す。また、列ベクトル \mathbf{f}^{ID} と \mathbf{f}^{II} とはそれぞれ国産品 i_1 と最終需要輸入品 i_2 に対する日本の国内最終需要量を、 \mathbf{f}^G は国外地域 p の国内最終需要の合計である。列ベクトル \mathbf{x}^{ID} と \mathbf{x}^{II} はそれぞれ日本の国産品 i_1 の総国内生産量、最終需要輸入品 i_2 の総供給量を示す。列ベクトル \mathbf{x}^G は国外地域 p の総国内生産量を指す。なお、 n^{JP} と n^{GL} はそれぞれ日本の商品部門の数、対象とする国外部門(国や地域)の数である。

表 1: Global Link Input-Output モデルにおけるわが国の生産消費と国際貿易の勘定体系

表頭表側の記号は以下の通り。sc1, 部門分類(第一階層); sc2, 部門分類(第二階層); sn, 部門番号; JP, 国内部門; OS, 国外部門; FD, 最終需要部門; TO, 総生産量部門; DC, 国産品部門; IC, 最終需要部門が直接需要する輸入品部門; FC, 国外地域部門。添え字の k は国外商品の種類を示す。

		sc1	JP		OS	FD	TO
		sc2	DC	IC	FC		
sc1	sc2	sn	n^{JP}	n^{JP}	n^{GL}	[1]	[1]
JP	DC	n^{JP}	\mathbf{X}^I	$\mathbf{0}$	\mathbf{X}^{III}	\mathbf{f}^{ID}	\mathbf{x}^{ID}
	IC	n^{JP}	$\mathbf{0}$	$\mathbf{0}$	$\mathbf{0}$	\mathbf{f}^{II}	\mathbf{x}^{II}
OS	FC	n^{GL}	$\sum_{k=1}^l \mathbf{Y}^{I(k)}$	$\sum_{k=1}^l \mathbf{Y}^{II(k)}$	$\sum_{k=1}^l \mathbf{Y}^{III(k)}$	\mathbf{f}^G	\mathbf{x}^G

(2)環境負荷への展開

GLIO モデルでは、商品の需給均衡と環境

負荷や資源消費のマスマランスに着目することで、わが国の国内最終需要に伴う国内外の環境負荷量や資源消費量を推算する。国外地域からわが国へ輸出品、国外間の取引を分析対象とする環境負荷や資源消費の内包量に変換して投入産出体系を構築することが特徴である。あたかも奥行き側に国外商品の種類別($k=1, \dots, l$)に内包量のフローを勘定する。この構造により、国外部門における輸出品の種類と輸出国の環境負荷や資源消費の構造の違いを反映した投入産出表の作成を可能にする。

具体的にはまず、国外地域の輸出品 $\mathbf{Y}^{I(k)}$ 、 $\mathbf{Y}^{II(k)}$ 、 $\mathbf{Y}^{III(k)}$ を式(1)-(3)のように生産時(process)と輸送時(transport)の環境負荷を含む国外商品 k に内包する環境負荷量で表現した行列 $\mathbf{\Psi}^{I(k)}$ 、 $\mathbf{\Psi}^{II(k)}$ 、 $\mathbf{\Psi}^{III(k)}$ に変換する。同様に、国外地域の最終需要 \mathbf{f}^G を式(4)により自国の国産品への需要に関して内包する環境負荷量 $\mathbf{\hat{f}}^G$ で表現する。

$$\mathbf{\Psi}^{I(k)} = \sum_{k=1}^l (\hat{\omega}^{(k)} \mathbf{Y}^{I(k)} + \hat{\sigma}^{(k)} \mathbf{Y}^{I(k)}) \quad (1)$$

$$\mathbf{\Psi}^{II(k)} = \sum_{k=1}^l (\hat{\omega}^{(k)} \mathbf{Y}^{II(k)} + \hat{\sigma}^{(k)} \mathbf{Y}^{II(k)}) \quad (2)$$

$$\mathbf{\Psi}^{III(k)} = \sum_{k=1}^l (\hat{\omega}^{(k)} (\mathbf{U}-\mathbf{I}) \otimes \mathbf{Y}^{III(k)}) \quad (3)$$

$$\mathbf{\hat{f}}^G = \hat{\lambda}^G (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{m}}^{Gf}) \mathbf{f}^G \quad (4)$$

$\omega^{(k)}$ は国外地域 p の輸出品 k の単位生産あたりに発生する自国内での直接間接の環境負荷量(または資源消費)を示す、いわゆる内包型環境負荷原単位である。 $\sigma^{(k)}$ は国外地域 p から日本へ輸出する商品 k の1単位分を輸送するときに発生する環境負荷量を指す。

$\theta^{(k)}$ は国外地域 p から国外地域 q へ輸出品 k の1単位分の輸送時に発生する環境負荷量を意味する。ここで、 \mathbf{U} は全ての要素を1とする行列であり、 \mathbf{I} は n^{GL} 次元の単位行列を示す。

また、 λ^G は国外地域 p の国産品への1単位の国内最終需要あたりに発生する直接間接の環境負荷量である。 \mathbf{m}^{Gf} は国外地域 p の最終需要に占める輸入率を表す。演算子 \otimes は行列の成分ごとの積を表すアダマール積である。式(3)は、 $(\mathbf{U}-\mathbf{I})$ を $\mathbf{Y}^{III(k)}$ に乗じることで、国外地域内の国産品の中間投入量を示す $\mathbf{Y}^{III(k)}$ の対角成分の環境負荷の内包量を0としている。すなわち、国外地域内で発生する環境負荷量を当該地域の輸出と国産品に対する国内最終需要に全て帰属させる勘定方法を採用している。

さらに、中間投入量と総生産量は、両者またはどちらかを環境負荷の内包量に換算しても比例関係にあると仮定し、次のように投入係数行列を作成する。

$$\mathbf{A}_{11} = \mathbf{X}^I (\hat{\mathbf{x}}^{JD})^{-1} \quad (5)$$

$$\mathbf{A}_{13} = \mathbf{X}^{III} (\hat{\mathbf{x}}^G)^{-1} \quad (6)$$

$$\mathbf{A}_{31}^{(k)} = \mathbf{Y}^{II(k)} (\hat{\mathbf{x}}^{JD})^{-1} \quad (7)$$

$$\mathbf{A}_{32}^{(k)} = \mathbf{Y}^{III(k)} (\hat{\mathbf{x}}^{II})^{-1} \quad (8)$$

$$\mathbf{A}_{33}^{(k)} = \mathbf{Y}^{III(k)} (\hat{\mathbf{x}}^G)^{-1} \quad (9)$$

ただし、 $\hat{\mathbf{x}}^G$ は各国の総環境負荷量を要素とするベクトルである。また、わが国の単位あたりの直接環境負荷量を示すベクトルを \mathbf{d}^{JD} とすると、式(10)よりわが国の国内最終需要に伴う国内および国外での環境負荷量を推定することができる。

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \mathbf{d}^{JD} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{i}^G \end{pmatrix}^{\text{trans}} \left\{ \mathbf{I} - \begin{pmatrix} \mathbf{A}_{11} & 0 & \mathbf{A}_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ \sum_{k=1}^I \mathbf{A}_{31}^{(k)} & \sum_{k=1}^I \mathbf{A}_{32}^{(k)} & \sum_{k=1}^I \mathbf{A}_{33}^{(k)} \end{pmatrix} \right\}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{f}^{JD} \\ \mathbf{f}^{II} \\ 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

また、式(11)のように、国産品 $i_1=l$ を1とし、他の要素を全て0とするベクトル $\mathbf{i}^{JD}(l)$ を与えることで、 l に関する内包型環境負荷原単位の内訳を示すベクトル $\boldsymbol{\varepsilon}^{JD}$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon}^G$ を導くことができる。 $\boldsymbol{\varepsilon}^{JD}$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon}^G$ の各要素の総和が l のグローバル内包型環境負荷原単位となる。

$$\begin{pmatrix} \boldsymbol{\varepsilon}^{JD} \\ \boldsymbol{\varepsilon}^G \end{pmatrix} = \text{diag} \begin{pmatrix} \mathbf{d}^{JD} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{i}^G \end{pmatrix} \left\{ \mathbf{I} - \begin{pmatrix} \mathbf{A}_{11} & 0 & \mathbf{A}_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ \sum_{k=1}^I \mathbf{A}_{31}^{(k)} & \sum_{k=1}^I \mathbf{A}_{32}^{(k)} & \sum_{k=1}^I \mathbf{A}_{33}^{(k)} \end{pmatrix} \right\}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{i}^{JD}(l) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

4. 研究成果

(1)わが国の最終需要に伴うグローバルなCO₂排出分布

GLIOモデルへ2000年を対象にしたパイロットデータを入力し、CO₂排出量を対象にした事例分析を行った。図1は、わが国の国内最終需要に伴い国外へ誘発されるCO₂排出量の世界分布を示す。欧米、アジアだけでなく、中東諸国や南アフリカへの誘発排出量が確認できる。中でも排出量の大きい国として、中国、アメリカ、インドネシア、ロシア、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、イラン、韓国、タイ、マレーシアがあげられる。アジアへの誘発は、主に最終需要において直接輸入品を消費することが起因している。一方、中東諸国やマレーシアへの誘発は、国産品のサプライチェーンに投入される輸入品が要因であり、主に化石資源の消費に伴うものである。

図2は図1の誘発排出量が主にどの国や地域との国際貿易によるものかを①わが国との貿易(赤のライン)、②わが国以外の貿易(青のライン)に区分して示している。①には、中国→日本、アメリカ→日本、インドネ

シア→日本が主要な誘発排出経路として同定される。一方、②においては、中国→米国、中国→香港、ロシア→中国が排出量の大きい経路である。

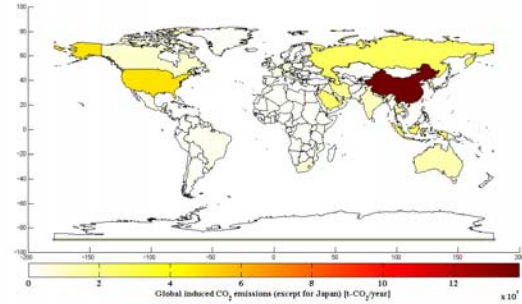


図1: わが国の国内最終需要に伴う国外への誘発CO₂排出量の世界分布(2000年を対象)

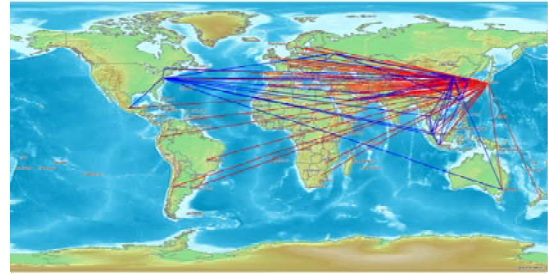


図2: わが国の国内最終需要が国外へCO₂排出を誘発する主要な国際貿易ネットワーク(2000年を対象)

(2)家計消費需要の高い商品に関するグローバルな誘発CO₂排出依存

わが国の2000年の産業連関表の家計消費支出部門において支出額が大きい食料品や日用品に該当する国産品に焦点を当て、その国外へのCO₂排出依存度を検証した。ただし、CO₂排依国外依存度は式(11)により推計されるグローバル内包型環境負荷原単位に占める国外排出の割合として定義する。

表2に該当する国産品の家計消費における支出額とそのCO₂排出の国外依存度(%)を示す。依存度は低い商品では16%に留まるものもあるが、65%と商品のサプライチェーンにおいて半分以上のCO₂排出量を国外に誘発する商品も確認される。

国外依存の低い商品について将来の需要増加が見込まれる場合には、国内サプライチェーンにおいて排出寄与の大きい技術の改善を優先すべきと考えられる。逆に、国外依存の高い商品については、その排出責任の分担論について議論を進める必要性を認識し、同等の機能を有する排出量のより低い国産品への転換を促進することが求められる。

表 2 わが国の家計消費支出額の大きい食品および日用品関連部門のCO₂に関する国外排出依存度

Comm. No.	Sector name (Japanese domestic commodity)	Household Expenditures in 2000	Overseas share of the global embodied intensity
		MY/y	%
68	Soft drinks	2,849,843	28%
59	Dishes, sushi and lunch boxes	2,323,095	45%
48	Confectionery	2,252,604	37%
44	Grain milling	1,928,344	24%
5	Vegetables	1,723,989	16%
64	Beer	1,436,747	25%
131	Cosmetics, toilet preparations and dentifrices	1,370,783	22%
83	Woven fabric apparel	1,273,793	43%
38	Everyday farm produce	1,198,766	32%
47	Bread	1,193,907	35%
39	Frozen fish and shellfish	1,168,554	25%
56	Condiments and seasonings	865,549	31%
35	Slaughtering and meat processing	822,322	46%
43	Other processed seafood	775,935	44%
46	Noodles	774,588	30%
36	Processed meat products	646,571	65%
6	Fruits	602,460	24%
66	Other liquors	579,494	21%
84	Knitted apparel	557,007	33%
67	Tea and roasted coffee	533,440	46%

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Keisuke Nansai, Shigemi Kagawa, Yasushi Kondo, Sangwon Suh, Rokuta Inaba and Kenichi Nakajima (2009), Improving the completeness of product carbon footprints using a global link input-output model: the case of Japan, *Economic Systems Research*, 21(3), 267-290 [査読有].

〔学会発表〕(計6件)

- ① 南齋規介, 加河茂美, 近藤康之, 稲葉陸太, 中島謙一, 世界連結産業連関モデルの開発, 第4回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp130-131, 2009年3月6日, 北九州.
- ② Keisuke Nansai, Shigemi Kagawa, Yasushi Kondo and Sangwon Suh (2008), Global Link Input-Output Model: Its Accounting Framework and Applications, Proceedings of The 8th International Conference on EcoBalance, CD-ROM(G-06), Dec. 11th, Tokyo, Japan.
- ③ Keisuke Nansai, Shigemi Kagawa, Sangwon Suh, Susumu Tohno and Yuichi Moriguchi (2008), Commodity's embodied CO₂ emission intensity including CO₂ generated indirectly overseas: Global link input-output model, Congress abstract of 5th SETAC World Congress, CD-COM, Aug. 6th, Sydney, Australia.
- ④ Nansai, K. and Kagawa, S. (2007), Environmental and economic implications of the Japanese trading behind household consumption, Program & Abstract Book, LCM2007, pp.92, Aug. 28th Zurich, Switzerland.
- ⑤ Nansai, K., Kagawa, S. and Moriguchi, Y.

(2007), Implications of the Japanese trading behind household consumption considering its environmental impacts and stability in material flows, Abstract book of 16th International Input-Output Conference, pp.87-88, July 6th, Istanbul, Turkey.

- ⑥ Suh, S., Nansai, K. and Kagawa, S. (2007), A Structural Comparison of Greenhouse Gas Emissions by the US and Japan, Abstract book of 16th International Input-Output Conference, pp.111-112, July 6th, Istanbul, Turkey.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南齋 規介 (NANSAI KEISUKE)

独立行政法人国立環境研究所・循環型社会・廃棄物研究センター・主任研究員

研究者番号：80391134

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし