

論文

付加価値貿易とCO₂貿易の構造変化

—国際産業連関分析の応用—

Structural Changes in Value-added Trade and CO₂ Trade:
An Application of International Input-Output Analysis

藤川清史*

FUJIKAWA Kiyoshi*

要旨

北米、欧州、日本の先進地域のCO₂収支は赤字であり、2020年から2022年にかけてその赤字幅は拡大した。その一方で中国やインドのCO₂収支は黒字であり、その黒字幅は同時期に拡大した。つまり先進各国はモノを海外から輸入することでCO₂排出を途上国に肩代わりさせている。欧州連合は環境規制の緩い国からの輸入品に関税を課す「炭素国境調整措置」の導入を決めたが、税収は輸入国である欧州連合の収入になることが問題である。炭素税の賦課方式については、国際管理された国際基金に集められ、途上国の温暖化防止対策や適応対策のために使われるべきとの意見もある。炭素課税には、温暖化防止に貢献するだけでなく先進国と途上国との格差の是正に貢献できる税制度が求められる。

Abstract

The CO₂ balances of the developed regions of North America, Europe, and Japan are in deficit, and the deficit widened from 2020 to 2022. On the other hand, China and India's CO₂ balances are in surplus, and the surplus expanded over the same period. In other words, developed countries are offloading CO₂ emissions to developing countries by importing goods from overseas. The European Union has decided to introduce a “carbon border adjustment mechanism” that imposes tariffs on imports from countries with lax environmental regulations, but the problem is that the tax revenue goes to the European Union, the importer. Regarding the method of imposing the carbon tax, some believe that the carbon tax should be collected in an internationally managed international fund and used for global warming prevention and adaptation measures in developing countries. Ideally, a carbon tax system that not only contributes to preventing global warming but also helps narrow the gap between developed and developing countries is required.

* 愛知学院大学経済学部教授、Email: fujikawa@dpc.agu.ac.jp

キーワード

付加価値貿易、CO₂ 貿易、国際産業連関表、炭素国境調整措置、炭素税

Keywords

carbon border adjustment mechanism, carbon tax, CO₂ trade, international input-output table, value-added trade

1. はじめに：グローバル化と付加価値・CO₂ 排出

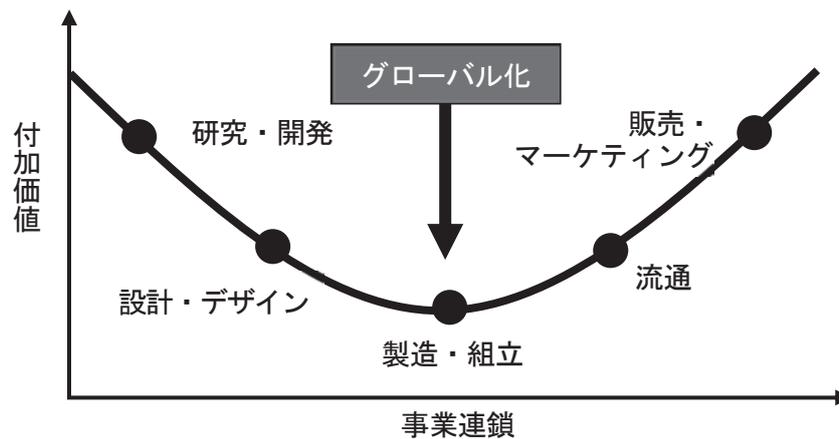
本稿は王・渡邊（2024）と一連の研究であり、本稿はその前半部分に相当する。われわれの研究目的は、世界最大のエネルギー消費国でありCO₂ 排出国である中国で、再生可能エネルギーの利用拡大およびモビリティの電気自動車化が進展すると、それらは国際的な付加価値移動とCO₂ 貿易にどのような影響を与えるかを推計することである。本稿はその前段階として、近年の経済のグローバル化に伴って付加価値投入や化石燃料投入（CO₂ 排出）などの生産要素需要がどのように構造変化したのかを概観する。

経済がグローバル化した現在、国際価値連鎖（グローバル・バリューチェーン、GVC）の構造は大きく変化している¹。従来の経済の国際化とは、国境が開放され価格競争力のある製品が国境を越えて世界に出ていくというイメージであったろう。ここで財の生産地は先進国であり、研究者の視点は国ごとの比較優位であった。しかしその認識は現在では必ずしも正しくはない。現在の貿易は財の貿易であっても事実上は財に体化された技術やノウハウの貿易であるといってもよい。技術やノウハウとは国に固有なものというよりは企業グループに固有のものであり、それが国境を越えて移動しうることになったことが大きな変化である。その結果、財の生産地は必ずしも先進国ではなく、製造費用の安い途上国に移ることになった。

理論的な概念ではないが、財のバリューチェーンに関して「スマイルカーブ」という考えがある（第1図）。バリューチェーンの中心に位置する製造・組立の付加価値が最小であり、川上にあたる設計・デザインや研究・開発、あるいは、川下である流通や販売・マーケティングで、付加価値が放物線状に大きくなることを表している。この図は口角が上がり微笑む人のように見えることから「スマイルカーブ」の名前がある。もともと、先進国にとっては「スマイル」なのかもしれないが、途上国にとっては微笑む状況ではない。

上で述べたように、製造・組立は技術進歩に伴いその場所をあまり選ばなくなっている。ICT（Information and Communication Technology：情報通信技術）の発達により、生産工程間のコーディネーションの障壁が低下し、生産工程の技術的分離が低コストで可能になった。つまり、部品がモジュール化・標準化されていくなかで、組立には相対的には高度な技術が必要なくなっている。そのため

¹ グローバル・バリューチェーンについては、エスカット・猪俣（2011）、猪俣（2019）、Jones et al.（2019）を参照されたい。



第1図 スマイルカーブ

出所：著者作成

に製造・組立は大きな付加価値は生まれにくくなっている。一方で、製造・組立の川上である、研究・開発や設計・デザインという独創性が必要な部分では付加価値率が高くなる。また川下の流通、販売・マーケティングの部分は一定程度のカスタマイズが必要となり、高度な技術が必要であり、大きな付加価値が入るという構造になる。

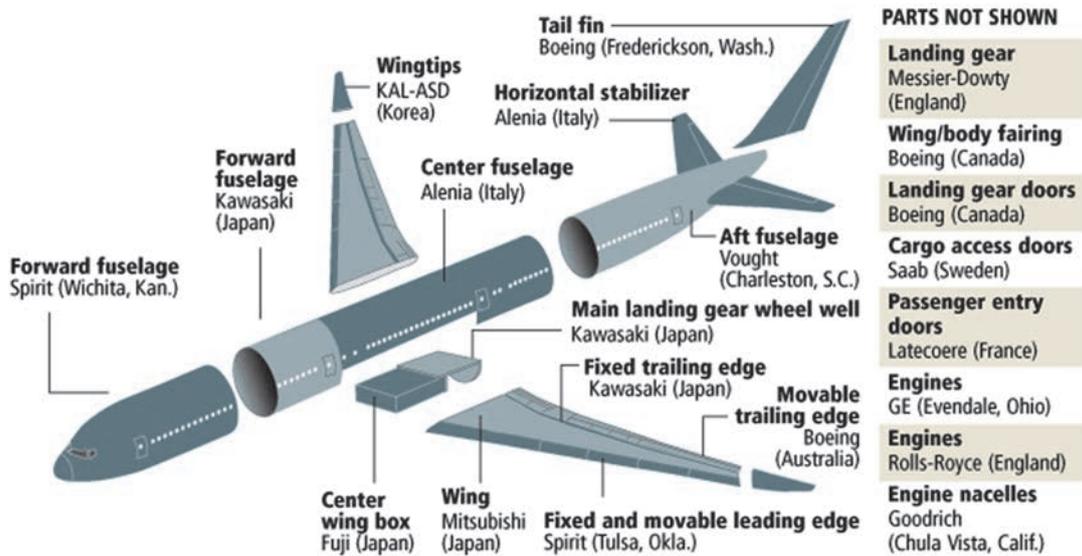
また巷間で言われているのは経済のグローバル化が進行するとスマイルカーブの中央の谷の部分が高くなる傾向があるということである。2000年以前の貿易構造では、製造の前段階での付加価値額、製造工程での付加価値額、製造の後段階での付加価値率の差は現在ほど大きくなかった。だが近年は付加価値の多くは製造段階の前後に位置するサービス産業に集中しつつあるのである。

第2図に Boeing 787 Dreamliner の部品のサプライヤーを示した。ボーイング社はかつては、翼をはじめ、その多くの部品をアメリカ国内で生産してきたが、現在ではアメリカ国内で生産される部品は少ない。アメリカから見れば、東アジアや欧州は途上国なのかもしれないが、現状では主翼は日本の三菱重工業と韓国企業によって製造され、水平尾翼はイタリア企業によって製造されている。胴体部分も日本の川崎重工業やイタリア企業によって製造されている。この他にもエンジンと着陸装置は英国企業によってつくられ、荷物用ドアはスウェーデン企業、乗客用ドアはフランス企業が生産している。航空機の部品なのでモノの部分も高付加価値ではあるのだが、ボーイング社自体は研究・開発の部分と販売の部分を担当することで高い付加価値を得ているといえる。

ここで注目すべきことが2点ある。1点目は、以前から筆者は述べていることであるが、経済のグローバル化によって、モノがどこで作られたかわかりにくくなっているということである。上の例でいうと、ボーイング 787 は米国製とはいえないであろうということである。言い換えると国産・輸入品という2分法は単純に過ぎており、何%米国製、何%日本製、何%イタリア製というように、当該国の製品率で表すのが適当であろう。えでは何の比率を基準として用いるかについては、われわれは付加価値の帰着の比率を用いるのが適当であると考えている(松村・藤川(1998))。

もう1点は、スマイルカーブの縦軸を付加価値率からエネルギー消費率や二酸化炭素退出係数に変えると、その形が逆U字型になると想像されることである(第3図)。20世紀終盤での世界の生産

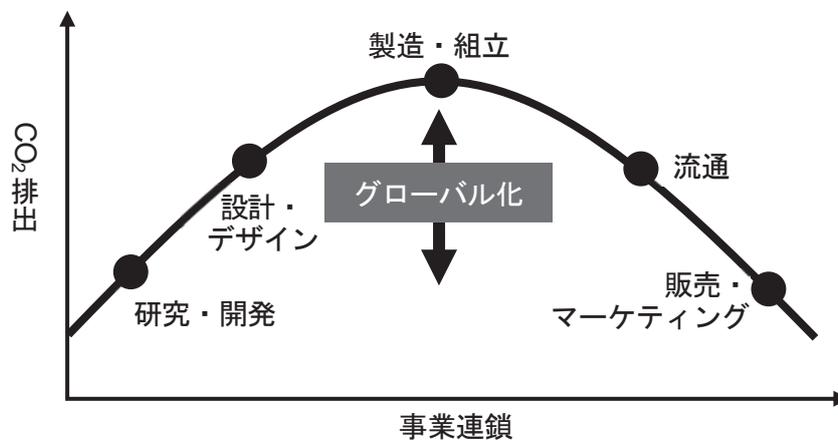
構造は、先進国が事業連鎖の両端を担い開発途上国がモノの生産を担っているという状況だったと考えられる。したがって、先進国の CO₂ 排出が減少し開発途上国の CO₂ 排出が増加した。見た目は「環境クズネツ曲線」に似た形になるが、スマイル化カーブをもじって「不機嫌カーブ」と呼ぶことにしたい。つまり CO₂ の排出が途上国に集中する（言い換えれば先進国が途上国に CO₂ 排出を肩代わりさせている）ことは、途上国にとっては歓迎すべきではないことだというイメージである。こうした傾向はグローバル化によってどのように変化するのであろうか。ますます生産とその前後のサービスの分業が進み CO₂ 排出の偏在化進むと予想される一方で、生産技術や流通の効率化によって CO₂ 排出が削減されることで山が低くなることも予想される。



第2図 ボーイング 787 ドリームライナーの部品サプライヤー

出所：Modern airliners の Web

<https://modernairliners.com/wp-content/uploads/2015/07/Boeing-787-part-suppliers.gif>



第3図 不機嫌 (Bad mood) カーブ

出所：著者作成

技術やノウハウとは国固有ではなく企業グループ固有なものと述べたが、国によって新技術やノウハウに対応するスピードには差があるし需要の拡大にも差がある。そこで、新しい生産技術や生産物が生まれた場合、そうした変化が各国の付加価値構造およびCO₂排出構造にどのような影響を与えるのかは極めて興味深い。再生可能エネルギーなどの新しいエネルギー生産技術が生まれ、電気自動車をはじめとする新しいモビリティのスタイルが生まれている。そうした変化がどのように国際価値連や世界のCO₂排出に影響を与えるかがわれわれの本来の研究目的であるが、本稿では、こうした各国の脱炭素化の動きに関連して、近年国際貿易の構造がどのように変化してきたのか、それによって、付加価値の帰着やCO₂の排出構造はどのように変化してきたのかについて述べたい。

2. 国際産業連関表

2.1. 一国の産業連関表

産業連関表とは米国の経済学者レオンチェフが開発した統計表である。その表を行方向に読むと、生産された製品がどの産業で中間消費され、あるいはどのように最終需要として使用されているがわかり、列方向に読むとある産業がどの産業からどれくらいの財やサービスを買って製品を生産し、どの程度の付加価値を生産したかがわかる。このように産業間の財・サービスの流れが具体的な金額とともに記録されている。

一国の産業連関表にもいくつかの種類があるが、第4図に示したのは「競争輸入型表」である。競争輸入型表では国内財と輸入財を区別せずに、各セルに記録される。つまり中間投入 x_{ij} および最終需要 f_i は国内財と輸入財の合計で表される。そのため国内生産額 x_i を得るためには、輸入財 m_i を控除する必要がある。

一国の産業連関表では、輸入品は国内財と一括して計上されており、国内生産物の付加価値のうち、どれだけが国内に残りそれだけが海外に漏出するのかを厳密に計算することはできない²。そうしたことから、近年になって、各国の産業連関表を連結した国際産業連関表が様々な機関から発行されるようになった。

2.2. 国際産業連関表

第5図に2財2国の国際産業間表を示した。国際産業連関表では当該国の国内財のみを各セルに記録する。横に読んだ場合、自国が r 国なら、自国 r 国への中間投入と外国 s 国への中間投入が分割して記録され、自国 r 国への最終需要と外国 s 国への最終需要も分割して記録されて。そしてそれらの合計が国内生産となる。縦に読んだ場合は、自国 r 国からの中間投入と外国 s 国からの中間投入を分割して記録される³。

² 「非競争輸入型」産業連関表を用いれば、付加価値の国内残留率（総合付加価値係数）と付加価値の国外漏出率（総合輸入係数）を厳密に計算することができるが、総合輸入係数のうちの国への付加価値の流出なのかは厳密には計算できない。詳しくは藤川（1999）、宍戸（2010）などを参照されたい。

³ 国際産業連関表については、玉村・桑森編（2014）、桑森編（2022）などを参照されたい。

	財 1	財 2	最終需要	輸入	国内生産
財 1	x_{11}	x_{12}	f_1	$-m_1$	x_1
財 2	x_{21}	x_{22}	f_2	$-m_2$	x_2
付加価値	v_1	v_2			
国内生産	x_1	x_2			

第4図 一国の産業連関表の表彰形式

出所：筆者作成

		国 r		国 s		最終需要		国内生産
		財 1	財 2	財 1	財 2	国 r	国 s	
国 r	財 1	x_{11}^{rr}	x_{12}^{rr}	x_{11}^{rs}	x_{12}^{rs}	f_1^{rr}	f_1^{rs}	x_1^r
	財 2	x_{21}^{rr}	x_{22}^{rr}	x_{21}^{rs}	x_{22}^{rs}	f_2^{rr}	f_2^{rs}	x_2^r
国 s	財 1	x_{11}^{sr}	x_{12}^{sr}	x_{11}^{ss}	x_{12}^{ss}	f_1^{sr}	f_1^{ss}	x_1^s
	財 2	x_{21}^{sr}	x_{22}^{sr}	x_{21}^{ss}	x_{22}^{ss}	f_2^{sr}	f_2^{ss}	x_2^s
付加価値		v_1^r	v_2^r	v_1^s	v_2^s			
国内生産		x_1^r	x_2^r	x_1^s	x_2^s			

第5図 2財2国の国際産業間表の表彰形式

出所：筆者作成

国際産業連関表の開発主体は、かつては日本のアジア経済研究所⁴および経済産業省⁵であった。ところが現在では日本の国力を反映してか国際産業連関表の拠点は海外に移ってしまった。現在、グローニンゲン大学・欧州統計局の WIOD⁶、OECD の ICIO⁷、シドニー大学の Eora データベース⁸ が良く知られている。データの信頼性についてはさまざまな意見があるが、われわれの研究ではデータの速報性と環境関連データの豊富さを考慮して、Eora データベースを用いることにした⁹。

⁴ アジア経済研究所の国際産業連関表はアジア諸国とアメリカを含む国際産業連関表である。背系に先駆けて1985年に開始されたプロジェクトであるが2005年に中止された。

⁵ 経済産業省は日本と先進国を連結した国際産業連関表を公表してきた。その中で日米国際産業連関表は1985年に開始され2005年に中止された。

⁶ WIOD はグローニンゲン大学と EU 統計局の共同作業。28 の EU 参加国と 15 か国の それ以外の国を対象としており、1995 ～ 2016 年の産業連関表および環境負荷データが得られる。

⁷ OECD の国際産業連関表は 76 国を対象としており 1995 ～ 2020 年の産業連関表データが利用可能である。

⁸ Eora は 190 か国を対象とし 1990 ～ 2022 年の産業連関表データが利用可能である。温室効果ガスについての詳細な情報がある。

⁹ 王・渡邊 (2024) も同じデータベースを基礎にして議論を進めている。

2.3. Eora データベース

Eora データベースの特徴はそのカバレッジの広さ、年次時系列データの提供、およびデータの速報性であろう。通常カバレッジを広げると速報性が落ちるものであるが、EORA データベースでは、そのトレードオフを克服している。2023年6月現在でEora データベースは1990～2022年の190か国の産業連関表と環境・社会データを公表している。産業連関表については2つのバージョンがあり、国によってセクターの粗さが異なるのであるが190か国の合計15,909セクターから構成されるフルバージョンと各国の産業分類を共通の26セクターに統合したEora26がある。環境・社会データでは、各種GHG排出量、大気汚染、エネルギー使用、水需要、土地占有、窒素およびリン排出量を含む2720項目が提供されている¹⁰。

われわれの研究では、26セクター表を、1農林水産業、2鉱業、3軽工業、4化学工業、5金属工業、6電機機械、7輸送機械、8リサイクル、9電力・ガス・水道、10建設、11保守整備・修理、12商業・ホテル・飲食、13輸送・通信、14金融、15公務・教育、16その他に統合して用いた。産業分類統合表を本稿末の付表1に示した。また、190か国/地域を、1日本、2中国、3インド、4その他東アジア、5東南アジア、6南アジア、7北米、8オセアニア、9欧州、10中東、11中南米、12旧ソ連、13アフリカの13国/地域に統合して用いた。国/地域分類統合表を本稿末の付表2に示した。本稿の結果を紹介する表では、紙面の関係もあり計算結果をさらに1日本、2中国、3インド、4北米、5欧州、6その他の国/地域に統合して掲げた。

3. 国際産業連関表を用いた計算モデル

3.1. 付加価値貿易およびCO₂貿易の計算モデル

本節では本稿で用いた計算モデルを説明する。計算モデルは基本的には産業連関分析の生産量決定モデルの応用である。産業連関分析の生産量決定モデルは、最終需要が与えられたときに、それを供給するために直接・間接に必要な生産量を求めるモデルである。産業連関表が一国のものである場合は最終需要 \mathbf{y} および生産量 \mathbf{x} は (1) 式のようにベクトルで表される。

$$\mathbf{x} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1} \mathbf{y} \quad (1)$$

ただし本研究では国際産業連関表を用いるので、(2) 式のように最終需要は輸出先の国ごとに記録されるため、ベクトルではなくマトリクス \mathbf{Y} になる。したがって、それを供給するために直接・間接に必要な生産量もマトリクス \mathbf{X} になる。

$$\mathbf{X} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1} \mathbf{Y} \quad (2)$$

¹⁰ 詳しくはモラン他 (2013)、Lenzen et al. (2012)、Lenzen et al. (2013) を参照されたい。Eora のデータはテキストデータで提供されており、Excel 等で扱いやすい形式に変換するためには何らかのプログラムの知識が必要となる。またわれわれの研究グループでの経験では産業連関表の行合計と列合計が必ずしも一致せず、何らかの調整項が必要である。

次に、付加価値の貿易あるいはCO₂の貿易を計算するためのモデルを説明する。国 (r) ごとの産業 (i) ごとの付加価値額あるいはCO₂排出量を e_i^r とする。国ごと産業ごとのCO₂排出量も Eora データベースから得られる。国ごと産業ごとの付加価値係数あるいはCO₂排出係数を c_i^r とすると、国ごとの産業ごとの付加価値係数あるいはCO₂排出係数は次のように定義される。

$$c_i^r = e_i^r / x_i^r \quad (3)$$

この係数を用いると、付加価値額あるいはCO₂排出量のベクトル \mathbf{e} は次のように表される。ただし、ベクトル \mathbf{c} は (3) 式で示された係数を要素として国×産業の次元で一行に並べたベクトルであり、 $\hat{\mathbf{c}}$ はそのベクトルを対角要素に配置した対角行列である。

$$\mathbf{e} = \hat{\mathbf{c}}\mathbf{x} \quad (4)$$

この関係を国ごとの最終需要にまでもどって計算すると、言い換えれば (2) 式の関係を用いれば、付加価値の貿易マトリクスおよびCO₂の貿易マトリクスが得られる。

$$\mathbf{E} = \hat{\mathbf{c}} [\mathbf{I} - \mathbf{A}]^{-1} \mathbf{Y} \quad (5)$$

3.2. シフトシェアモデル

そもそもこのモデルは地域経済の産業ごとの生産額や雇用者数の変化をいくつかの要因に分解するために考えられたモデルであり、(6) 式がそのモデル式である¹¹。 x_{ri} は r 地域の i 産業の生産額や雇用者数を著し、右肩の数字は時間 (0 期と1期) を著している。下付きの添え字がないものは国全体の生産額や雇用者数を表している。左辺は、0 期から1期への r 地域の i 産業の生産額や雇用者数の変化である、シフトシェアモデルとは、これを、全国成長効果 (国全体の成長の効果、右辺第1項)、地域成長効果 (r 地域全体の成長と国全体の成長の差の効果、右辺第2項)、そして、地域産業構成効果 (r 地域の i 産業の成長と r 地域全体の成長の差の効果、右辺第3項) に分解するモデルである、

$$x_{ri}^1 - x_{ri}^0 = x_{ri}^0 \left[\frac{x^1}{x^0} - 1 \right] + x_{ri}^0 \left[\frac{x_r^1}{x_r^0} - \frac{x^1}{x^0} \right] + x_{ri}^0 \left[\frac{x_{ri}^1}{x_{ri}^0} - \frac{x_r^1}{x_r^0} \right] \quad (6)$$

全国成長効果とは、ある国全体が成長することでそれぞれの地域も成長するであろうという効果である。地域の均整成長を想定した場合の効果といえる、全国成長効果の数字は対象国が例外的なショックに見舞われた場合を除いて一般的にはプラスになる。次に地域成長効果とは、それぞれの地域の成長率と全国の平均成長率とに差があることによる効果である。ある地域の成長率が全国の成長率よりも大きければ地域成長効果の行の数字はプラスになり、反対にある地域の成長率が全国の成長率よりも小さければ地域成長効果の行の数字マイナスになる、最後に、地域産業構成効果とは、ある地域中で産業構造が変化したことによる効果である。当該地域の中である産業が拡大した場合は

¹¹ 詳しくは岡村 (2019)、河上他 (2011) などを参照されたい。

地域産業構成効果の数字がプラスになり、反対に縮小した場合は地域産業構成効果の数字がマイナスになる。それぞれの地域で産業構造の変化が類似したものであるとすれば、成長産業の列はプラスの数字になり、反対に衰退産業の列はマイナスの数字になる。

さて、地域経済の産業構造の変化の分析に用いられてきたシフトシェアモデルであるが、同じモデルが国際貿易の構造変化の要因分析にも応用可能である。地域経済の産業構造の変化の分析の場合は、行が地域で列が産業の矩形のマトリクスであったが、国際貿易の場合は、行が輸出国 r で列が輸入国 s の正方形のマトリクスとなる。形式は同じであるが、(6) 式の添え字を次のように書き直しておこう。

$$x_{rs}^1 - x_{rs}^0 = x_{rs}^0 \left[\frac{x^1}{x^0} - 1 \right] + x_{rs}^0 \left[\frac{x_r^1}{x_r^0} - \frac{x^1}{x^0} \right] + x_{rs}^0 \left[\frac{x_{rs}^1}{x_{rs}^0} - \frac{x_r^1}{x_r^0} \right] \quad (7)$$

モデルの意味合いが少々変わったので、効果の名前も変えておくとわかりやすい。左辺は、0 期から 1 期への r 国から s 国への貿易量の変化である、そして、右辺第 1 項は、「グローバル貿易拡大効果」、右辺第 2 項は、 r 地域からの輸出成長とグローバル貿易の拡大の差の効果なので「輸出国成長効果」、そして右辺第 3 項は、 r 国の輸出中での s 国のシェアの変化であり、 s 国への輸出が平均以上に拡大すればプラスになる。したがって「輸入国アブソープション効果」と呼ぶの適当であろう。

4. 付加価値貿易と CO₂ 貿易の変化

4.1. 付加価値貿易の変化

計算は上記の 13 개국 / 地域で行われたが、本節では計算結果を統合して 6 개국 / 地域で紹介する。第 1 表は 2020 年と 2022 年の付加価値貿易を示したものである。左表測は輸出国 / 地域であり、表頭は輸入国 / 地域である。第 1 表を行方向に読むと表測国 / 地域から海外への付加価値輸出額がわかり、列方向に読むと表頭国 / 地域の海外からの付加価値の輸入額がわかる。対角要素は自国への付加価値残留である。行合計から列合計を差し引くと各国の付加価値貿易の収支が得られる。付加価値貿易の収支を右端の列に示した。

第 1 表には 2 つの注目点がある。1 点目は付加価値貿易収支の構造変化である。2000 年時点では付加価値貿易の赤字は北米に集中していた。しかし、2022 年には日本が赤字に転じ欧州の黒字幅も縮小する一方で、インドは例外であるが、途上国地域の黒字幅は拡大した。2 点目は国 / 地域ごとに付加価値供給額の拡大に大きな格差があることである。2000 年から 2022 年にかけて世界の付加価値供給は約 2.3 倍に拡大し、それに伴い多くの国 / 地域の付加価値供給も拡大した（残念ながら日本は例外であるが）。ただし、拡大倍率は中国で約 10 倍、インドで約 5.5 倍と極めて大きな数字であることに対して、北米で 1.7 倍、欧州で 1.9 倍と平均倍率には達していない。国際貿易とはモノの交易なので、モノの生産の重心が先進国から途上国へ移っているということは、国 / 地域が生産する付加価値の率は、先進国の方が高くなっているであろうことが想像される。先進地域の代表である北米の付加価値率は 2000 年に 0.551、2022 年に 0.566 であり 50% を超えているのに対して、

第1表 2020年と2022年の付加価値貿易

単位：10億米ドル

2000年	日本	中国	インド	北米	欧州	その他	合計	収支
日本	4,143	54	4	175	105	136	4,617	91
中国	44	1,041	3	101	77	65	1,329	36
インド	3	2	398	15	18	16	452	10
北米	106	42	6	11,134	248	234	11,770	-365
欧州	87	67	18	405	7,857	359	8,794	192
その他	142	88	15	305	297	4,433	5,279	36
合計	4,526	1,294	443	12,134	8,602	5,243	32,241	0
2022年	日本	中国	インド	北米	欧州	その他	合計	収支
日本	3,521	176	14	136	109	199	4,156	-43
中国	156	11,643	87	647	584	698	13,815	513
インド	11	39	1,941	79	88	171	2,329	-92
北米	100	259	53	19,025	495	576	20,508	-720
欧州	103	477	138	634	13,831	1,059	16,241	112
その他	308	708	188	707	1,023	13,646	16,580	231
合計	4,199	13,302	2,421	21,228	16,130	16,350	73,630	0

出所：Eora データベースを基礎に著者作成

途上国代表である中国の付加価値率は2000年に0.379、2022年に0.457であり、増加しているものの50%には達していない。

次に、この間の変化にシフトシェア分析を適用して、グローバル成長要因、輸出国成長要因、輸入国アブソープション要因の3要因に分解する。

第2表の第1ブロックは2000～2022年の付加価値貿易の変化である。対角線を見ても、日本だけが減少しており、日本の「一人負け」状態であることが良く分かる。一方で中国、北米の変化幅が大きい。第2ブロックのグローバル成長要因は、全地域が比例的に拡大した場合の数字であるので、すべての数字がプラスになる。この数字を基準として、輸出国の付加価値生産と輸入国のアブソープションがどのように変化したかを見ることになる。

第3ブロックの輸出国成長要因では、日本、北米、欧州の先進地域の行を見えと全てマイナスである。つまり、これらの国/地域の付加価値供給はどの地域に対しても世界平均の変化に達していない、反対に中国やインドの途上国の付加価値供給はどの地域に対しても世界平均の変化を超えている。特に中国については、どの国に対しても極めて大きな数字であることがわかる。

最後に第4ブロックの輸入国アブソープション要因であるが、この数字が輸出国と輸入国の相対的關係を示しており、プラスであることは輸出国の平均的成長率よりも輸入国への輸出の成長率が大きいことを示す。日本の列を見ると全てマイナスであるが、これは表側国・地域からの日本への付加価値の輸出が当該国の付加価値供給よりも小さいことを表しており、日本のアブソープションの低下を示している。日本の他にも、北米と欧州の列もマイナスが多い。

第 2 表 2000 ～ 2022 年の付加価値貿易の変化とその要因

単位：10 億米ドル

付加価値貿易の変化	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	-622	122	11	-38	4	64
中国	112	10,602	84	546	507	634
インド	8	37	1,543	64	70	155
北米	-6	217	47	7,891	248	342
欧州	16	410	120	229	5,973	700
その他	166	621	173	402	726	9,213
グローバル成長要因	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	5,319	69	5	224	135	174
中国	56	1,336	3	130	99	83
インド	4	3	511	19	23	21
北米	136	54	7	14,293	318	301
欧州	112	86	23	520	10,087	461
その他	182	112	19	391	381	5,691
輸出国成長要因	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	-5,733	-74	-5	-242	-146	-188
中国	354	8,439	22	818	622	524
インド	10	7	1,140	42	51	47
北米	-57	-23	-3	-6,027	-134	-127
欧州	-38	-29	-8	-177	-3,432	-157
その他	122	75	13	261	254	3,799
輸入国 アブソープション要因	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	-209	127	11	-21	14	77
中国	-298	828	59	-402	-213	27
インド	-6	27	-108	3	-3	87
北米	-85	186	43	-376	64	168
欧州	-58	353	105	-114	-681	396
その他	-138	433	142	-250	91	-278

出所：Eora データベースを基礎に著者作成

4.2. CO₂ 貿易の変化

第 3 表は 2020 年と 2022 年の CO₂ 貿易を示したものである。付加価値貿易の表と同様に、表測は輸出国 / 地域であり、表頭は輸入国 / 地域である。第 3 表を行方向に読むと表測国 / 地域から海外への CO₂ の輸出額がわかり、列方向に読むと表頭国 / 地域の海外からの CO₂ の輸入額がわかる。対角要素は自国消費のための CO₂ 排出である。行合計から列合計を差し引くと各国の CO₂ 貿易の収支が得られる。CO₂ 貿易の収支を右端の列に示した。

第3表 2020年と2022年のCO₂貿易

単位：1000 t-CO₂

	日本	中国	インド	北米	欧州	その他	合計	収支
日本	1,124	15	1	47	29	37	1,252	-327
中国	118	2,823	7	274	208	175	3,606	582
インド	7	5	888	33	40	36	1,010	74
北米	63	25	3	6,587	147	139	6,963	-622
欧州	46	36	9	215	4,175	191	4,672	-627
その他	220	121	27	429	701	7,547	9,045	920
合計	1,579	3,025	936	7,586	5,299	8,125	26,549	0
	日本	中国	インド	北米	欧州	その他	合計	収支
日本	843	42	3	33	26	48	995	-268
中国	130	9,669	72	537	485	580	11,472	1,040
インド	16	57	2,831	115	128	249	3,397	299
北米	19	51	10	3,711	97	112	4,000	-1,055
欧州	23	105	30	140	3,044	233	3,575	-1,081
その他	232	509	150	520	875	10,327	12,615	1,065
合計	1,264	10,433	3,097	5,055	4,656	11,550	36,054	0

出所：Eora データベースを基礎に著者作成

第3表には2つの注目点がある。1点目は先進国と途上国での対称的なCO₂貿易収支構造である。日本、北米、欧州の先進地域ではCO₂収支は赤字であり、2020年から2022年にかけて北米、欧州ではその赤字幅が拡大した。反対に中国やインドのCO₂収支は黒字であり、2020年から2022年にかけてその黒字幅は拡大した。つまり先進各国はエネルギー多消費財を自国では生産せず海外から輸入することでCO₂排出を途上国に肩代わりさせていることになる。そしてその程度は経年的に拡大しているのである。2点目は、CO₂排出の変化の方向も対照的なことである。第3表の右から2列目がCO₂の排出量であるが、2020年から2022年にかけて日本、北米、欧州の先進地域ではCO₂の排出量が減少しているが、反対に中国やインドのCO₂排出は拡大している。これには、途上国の経済の規模が大きく拡大したことや途上国ではエネルギーが劣ることなどいくつかの要因があるが、途上国が先進国のモノの生産を肩代わりしている構造が関係しているのであろう。

次に、この間の変化にシフトシェア分析を適用して、グローバル成長要因、輸出国成長要因、輸入国アブソープション要因の3要因に分解する。

第4表の第1ブロックは2000～2022年のCO₂貿易の変化である。先進地域内および先進地域間のCO₂貿易のみがマイナスである（減少している）。付加価値貿易の変化では必ずしも減少していないことを考慮すると、少なくとも先進国間の取引では付加価値貿易とそこに体化されたCO₂の貿易はデカップリングしていたことがわかる。反対に途上国地域でのCO₂排出量は概して増加しており、ある程度「不機嫌曲線」が成立しているようである。

第4表の第2ブロックのグローバル成長要因は、全地域が比例的に拡大した場合の数字であるので、すべての数字がプラスになる。この数字を基準として、輸出国の付加価値生産と輸入国のアブソー

第 4 表 2000 ~ 2022 年の CO₂ 貿易の変化単位 : 1000 t-CO₂

付加価値貿易の変化	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	-281	28	2	-15	-2	11
中国	11	6,845	65	263	277	405
インド	9	52	1,943	82	88	213
北米	-43	26	7	-2,876	-50	-26
欧州	-24	69	21	-76	-1,130	42
その他	13	388	124	91	174	2,780
グローバル成長要因	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	402	5	0	17	10	13
中国	42	1,011	3	98	75	63
インド	3	2	318	12	14	13
北米	22	9	1	2,358	52	50
欧州	17	13	3	77	1,495	68
その他	79	43	10	154	251	2,702
輸出国成長要因	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	-633	-8	-1	-27	-16	-21
中国	216	5,147	13	499	380	320
インド	15	11	1,781	66	79	73
北米	-49	-20	-3	-5,161	-115	-109
欧州	-28	-21	-6	-128	-2,475	-113
その他	8	4	1	16	26	276
輸入国 アブソープション要因	日本	中国	インド	北米	欧州	その他
日本	-50	30	3	-5	3	19
中国	-247	687	49	-334	-177	22
インド	-9	39	-157	4	-5	127
北米	-17	36	8	-73	12	33
欧州	-13	78	23	-25	-150	87
その他	-74	341	113	-78	-103	-198

出所 : Eora データベースを基礎に著者作成

プシオンがどのように変化したかを見ることになる。第 3 ブロックの輸出国成長要因では、日本、北米、欧州の先進地域の行は全てマイナスである。つまり、これらの国 / 地域の CO₂ 排出はどの地域に対しても世界平均の変化以下である。反対に中国やインドの途上国の CO₂ 排出はどの地域に対しても世界平均の変化を超えている。特に中国については、どの国に対しても極めて大きな数字である。

最後に第 4 ブロックの輸入国アブソープション要因であるが、この数字が輸出国と輸入国の相対的關係を示しており、プラスであることは輸出国の平均的成長率よりも輸入相手国への輸出の成長率が大きいことを示す。日本の列を見ると全てマイナスであるが、これは表側国・地域からの日本への

CO₂の輸出が当該国の付加価値供給よりも小さいことを表わし、日本のアブソープションの低下を示している。日本の他にも、北米と欧州の列もマイナスが多い。

5. 結論

本稿は王・渡邊（2024）と一連の研究であり、その前半部分に相当する。われわれの研究目的は、世界最大のエネルギー消費国でありCO₂排出国である中国で、再生可能エネルギーの利用拡大およびモビリティの電気自動車化が進展すると、それらは国際的な付加価値移動とCO₂貿易にどのような影響を与えるかを推計することである。本稿はその前段階として、近年の経済のグローバル化に伴って、生産要素需要がどのように構造変化したかを概観した。本稿が対象としたのは2000～2022年である。

付加価値貿易に関しては、2000年には北米地域が唯一の赤字地域であり世界の付加価値の黒字を引き受けていたが、2020年には欧州・日本も赤字化し、先進国に赤字が集中することになった。また、国/地域ごとに付加価値供給額の拡大には大きな格差があり、期間中の世界の付加価値供給の拡大は約2.3倍であったが、中国で約10倍、インドで約5.5倍と極めて大きな数字であることに對して、北米で1.7倍、欧州で1.9倍、日本は0.9倍と平均倍率には達していない。国際貿易とはモノの交易なので、モノの生産の重心が先進国から途上国へ移っていることが確認された。CO₂貿易に関しても、北米、欧州、日本の先進地域ではCO₂収支は赤字であり、2020年から2022年にかけてその赤字幅が拡大する一方で、中国やインドのCO₂収支は黒字であり、その黒字幅は拡大した。つまり先進各国はモノを海外から輸入することでCO₂排出を途上国に肩代わりさせていることになる。そしてその程度は拡大しているのである。実際、CO₂排出総量を見ると、先進地域では減少しているが、中国やインドのCO₂排出は拡大している。

さて、外部不経済とは生産者や消費者の経済活動が、市場取引を介さずに直接第三者の生活や経済活動に影響を与えることがある。公害問題は外部不経済の典型例である。工場からの排ガスによる大気汚染のために近隣環境に被害が出るという外部不経済がある場合、この被害を緩和するためには工場での生産量を削減せねばならない。工場に対して大気汚染に係る何らかのペナルティー（課徴金）を課すことで、生産量を削減させることができる。これを外部費用の内部化という。徴収した課徴金を被害防止対策のために使うということも考えられる。

CO₂排出も地球環境にとっては外部不経済である。CO₂排出は無料と考えられてきたが、実は地球温暖化という被害を引き起こしている。すぐできる対策として、CO₂排出に何らかのペナルティー課してエネルギー消費を抑えるという発想は自然であろう。しかしながら、上で見たようにモノの生産を担っている途上国にすれば、自国製品のCO₂排出に課税するいわば輸出税の導入には慎重である。欧州連合は2023年4月に、環境規制の緩い国からの輸入品に関税を課す「炭素国境調整措置」（国境炭素税）の導入を最終決定した¹²。10月からEUへ輸出する企業は製品のCO₂排出量の報告が

¹² 炭素国境調整措置については、日本貿易振興機構（2023）に詳しい。

義務づけられ、2026年以降の本格導入後は実際に課金される。この制度はEU域外への炭素漏出を防止するためという大義名分があるのだが、この収入は輸入国である欧州連合の収入となる。

しかし、この欧州連合の課税方式は、先進国は途上国にCO₂排出を肩代わりしてもらっていることを忘れた方法といえないだろうか。宇沢（1995）は「比例的炭素税」と呼ばれる国際炭素税を提案した。炭素税の税率は当該国の経済力に比例して決められるべきであることからその名前がある。「比例的炭素税」の税収は、国際管理された「大気安定化国際基金」に集められ、途上国の温暖化防止対策や適応対策のために使われる。この点が「炭素国境調整措置」と大きく異なる点である。先進国（モノの輸入国）がCO₂排出を途上国（モノの輸出国）に肩代わりさせている以上、途上国側にのみ負担を強いる制度は問題であろう。仮に「比例的炭素税」を導入するにしても、財の移動が確実に把握される国際貿易のみを対象とするなど改良の余地があるが、温暖化防止に貢献するだけでなく先進国と途上国との格差の是正に貢献できる税制度の導入が求められる。

謝辞

本稿は愛知学院大学経済研究所（2022年度研究プロジェクト）およびJSPS科学研究費補助金（20K12291、21H04941）の支援を受けた研究成果の一部である。

参考文献

- 宇沢弘文（1995）『地球温暖化の経済学』、岩波書店。
- 猪俣哲史（2019）『グローバル・バリューチェーン—新・南北問題へのまなざし—』日本経済新聞出版社。
- エスカット＝ユベール・猪俣哲史編（2011）『東アジアの貿易構造と国際価値連鎖—モノの貿易から「価値」の貿易へ—』アジア経済研究所。
- 王嘉陽・渡邊隆俊（2024）「中国の脱炭素化が付加価値とCO₂排出に与える影響—国際産業連関分析の応用—」『経済研究所所報』（愛知学院大学）4、68-79。
- 岡村與子（2019）「シフトシェア分析によるリーマンショック前後の産業特化—製造業トップ7都府県を対象として—」『地域学研究』30、47-60。
- 河上哲・山田恵里・鹿嶋洋（2011）「三重県における地域成長構造の計量分析：シフトシェア回帰アプローチ」『経済地理 学年報』57、126-149。
- 桑森啓編（2022）『アジア国際産業連関表—延長推計と国際生産ネットワーク分析への応用—』アジア経済研究所。
- 宍戸駿太郎編（2010）『産業連関分析ハンドブック』東洋経済新報社。
- 玉村千治・桑森啓編（2014）『国際産業連関分析論：理論と応用』アジア経済研究所。
- 日本貿易振興機構（2023）「EUの炭素国境調整メカニズム（CBAM）に備える」。
<<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2023/0801/a48cfe7206a68970.html>>
- 藤川清史（1999）『グローバル経済の産業連関分析』創文社。
- 松村文武・藤川清史（1998）『国産化の経済分析—多国籍企業の国際産業連関—』岩波書店。
- モラン＝ダニエル・金本圭一朗・ゲシュク＝アメ・レンツェン＝マンフレッド（2013）「Eora 多地域間産業連関表」、『日本LCA学会誌』9（2）、97-100。
- Jones L, Demirkaya M, and Bethmann E (2019), "Global Value Chain Analysis: Concepts and Approaches," *Journal of International Commerce and Economics*, April, 1-29.

<https://www.usitc.gov/publications/332/journals/concepts_approaches_in_gvc_research_final_april_18.pdf>
 Lenzen M, Kanemoto K, Moran D, and Geschke A (2012), “Mapping the structure of the world economy,”
Environmental Science & Technology, 46 (15), 8374-8381.
 <<http://doi.org/10.1021/es300171x>>
 Lenzen M, Moran D, Kanemoto K, Geschke A, (2013), “Building Eora: A Global Multi-regional Input-Output
 Database at High Country and Sector Resolution,” *Economic Systems Research*. 25 (1), 20-49. <<http://doi.org/10.1080/09535314.2013.769938>>

Web サイト

アジア経済研究所 産業連関表ダウンロードサイト
 < <https://www.ide.go.jp/Japanese/Data/Io.html> > (2023年9月30日閲覧)
 経済産業省国際産業連関表ダウンロードサイト
 <<https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kokusio/result-2.html>> (2023年9月30日閲覧)
 Eora Database <<https://worldmrio.com/>> (2023年9月30日閲覧)
 Groningen Growth and Development Centre, World Input-Output Database (WIOD)
 <<https://www.rug.nl/ggdc/valuechain/wiod/wiod-2016-release>> (2023年9月30日閲覧)
 Modern Airlines <<https://www.modernairliners.com/>> (2023年9月30日閲覧)
 OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables
 <<https://www.oecd.org/sti/ind/inter-country-input-output-tables.htm>> (2023年9月30日閲覧)

付表1 産業分類統合表

番号	総合後産業	統合前産業
1	農林水産業	Agriculture, Fishing
2	鉱業	Mining and Quarrying
3	軽工業	Food & Beverages, Textiles and Wearing Apparel, Wood and Paper, Other Manufacturing
4	化学工業	Petroleum, Chemical and Non-Metallic Mineral Products
5	金属工業	Metal Products
6	電機機械	Electrical and Machinery
7	輸送機械	Transport Equipment
8	リサイクル	Recycling
9	電力・ガス・水道	Electricity, Gas and Water
10	建設	Construction
11	保守整備・修理	Maintenance and Repair
12	商業・ホテル・飲食	Wholesale Trade, Retail Trade, Hotels and Restaurants
13	輸送・通信	Transport, Post and Telecommunications
14	金融	Financial Intermediation and Business Activities
15	公務・教育	Public Administration, Education, Health and Other Services
16	その他	Others

出所：Eora データベースをもとに著者作成

付表 2 国 / 地域分類統合表

番号	総合後の国 / 地域	統合前の国 / 地域
1	日本	Japan
2	中国	China, Hong Kong, Macao SAR
3	インド	India
4	その他東アジア	North Korea, Mongolia, South Korea, Taiwan
5	東南アジア	Brunei, Cambodia, Indonesia, Laos, Malaysia, Myanmar, Papua New Guinea, Philippines, Singapore, Thailand, Viet Nam
6	南アジア	Afghanistan, Bangladesh, Bhutan, Fiji, Maldives, Nepal, Pakistan, Sri Lanka
7	北米	Canada, Mexico, USA
8	オセアニア	Australia, French Polynesia, New Caledonia, New Zealand, Samoa, Seychelles, Vanuatu
9	欧州	Albania, Andorra, Austria, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Greenland, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Malta, Monaco, Montenegro, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, San Marino, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, TFYR Macedonia, UK
10	中東	Bahrain, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Gaza Strip, Oman, Qatar, Saudi Arabia, Syria, Turkey, UAE, Yemen
11	中南米	Antigua, Argentina, Aruba, Bahamas, Barbados, Belize, Bermuda, Bolivia, Brazil, British Virgin Islands, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haiti, Honduras, Jamaica, Netherlands Antilles, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Suriname, Trinidad and Tobago, Uruguay, Venezuela
12	旧ソ連	Armenia, Azerbaijan, Belarus, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Russia, Tajikistan, Turkmenistan, Former USSR, Ukraine, Uzbekistan
13	アフリカ	Algeria, Angola, Benin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Cameroon, Cape Verde, Cayman Islands, Central African Republic, Chad, Congo, Cote d'Ivoire, DR Congo, Djibouti, Egypt, Eritrea, Ethiopia, Gabon, Gambia, Ghana, Guinea, Kenya, Lesotho, Liberia, Libya, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mauritius, Morocco, Mozambique, Namibia, Niger, Nigeria, Rwanda, Sao Tome and Principe, Senegal, Sierra Leone, Somalia, South Africa, South Sudan, Sudan, Swaziland, Togo, Tunisia, Uganda, Tanzania, Zambia, Zimbabwe, ROW

出所：Eora データベースをもとに著者作成