

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19360240

研究課題名（和文）世界の経済活動及び国際貿易による物質流動メカニズムの同定とモデル化に関する研究

研究課題名（英文）Study of Modeling on the Global Material Flow by the Economic Activity and Trade

研究代表者

松岡 譲 (MATSUOKA YUZURU)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90109033

研究成果の概要（和文）：本研究では、信頼性の高い人間活動由来の物質フロー・エネルギーフローを推計する手法を開発し、その手法を全世界 1971 年～2001 年における炭素・窒素・リンフロー、鉄フロー、エネルギーフローに適用した。得られた物質フロー・エネルギーフロー勘定表は、物質収支条件などの自然科学的制約、発電効率などの工学的な制約条件、支出と収入の収支条件などの社会科学的制約を満たし、関連する統計報告値と整合性が取れたものとなった。

研究成果の概要（英文）：This research developed the high reliable calculation method of "mass balance adjustment" to estimate global material and energy flows induced by human activity from 1971 to 2000. The estimated account tables satisfy the following conditions; a scientific condition of mass balance, a technological condition of power generation efficiency, a social science condition of the income and expenditure, and so on. And they also have consistent values with related statistics.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2008年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2009年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：都市環境システム

キーワード：都市環境システム・物質収支アプローチ

## 1. 研究開始当初の背景

近年、社会経済システムの物質スループットを可能な限り小さく抑える「脱物質化社会」への動きが活発となってきたが、世界全域を対象とした人為的な物質フローと物質ストックに関する定量的な研究はほとんどない。ただし、物質フローの定量化自体の提案及びそれらの地域適用研究については盛んに行われてきた。例えば、国連が提案する SEEA、オランダの研究者らによる NAMEA、

日本他 4 カ国の共同研究による“The Weight of Nations”などの他、これらと呼応するわが国を対象としたいくつかの試みもあるが、いずれも物質フロー定量化に関する研究である。これらの研究の遂行には、多数年及び多地域にわたる貨幣単位の各種経済統計、物量単位の生産統計及び関連する調査研究などの報告値を基本とするが、これらの統計は、ある事象に対して複数の情報が存在し、情報間に不一致が存在すること、複数の異なる事

象間にある一定の関係性があると仮定でき、かつそれらの事象に対する情報が存在するが、その情報に仮定した一定の関係性との矛盾が存在すること、ある事象に対して情報が欠測していることなどの問題を有している。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、過去 30 年における世界全域の人間活動に伴う物質フローの解明することである。そのため、先に述べた既存の統計の問題を解決し、信頼性の高い人間活動由来の物質フロー・エネルギーフローを推計する手法を開発する。ここで、信頼性が高いとは、物質収支条件などの自然科学的制約、発電効率などの工学的な制約条件、支出と収入の収支条件などの社会科学的制約を満たし、かつ、著しく他の情報との整合性に欠ける統計報告値、もしくは前述の諸条件を満たさない統計報告値以外の統計報告値と整合性が取れていることを意味する。開発した手法を、物質、および、エネルギーに適用し、物質フロー・エネルギーフロー勘定表を整備する。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究の方法の概要

世界全域の社会・経済活動を支える基盤的物質のフロー量について、既往の経済統計と整合性の高い勘定表を作成する手法を開発する。ここで基礎とする情報は、多数年及び多地域にわたる貨幣単位の各種経済統計、物量単位の生産統計及び関連する調査研究により報告されている各種パラメーター値であり、これらについての情報をロバストかつシステムティックに補正・整合し、物質フロー勘定表として統合する数理手法を開発する。次に、その手法を過去 30 年にわたり世界全域に適用し、人間活動由来の物質フロー勘定表を推計する。本研究全体の推計の流れを図 1 に示す。

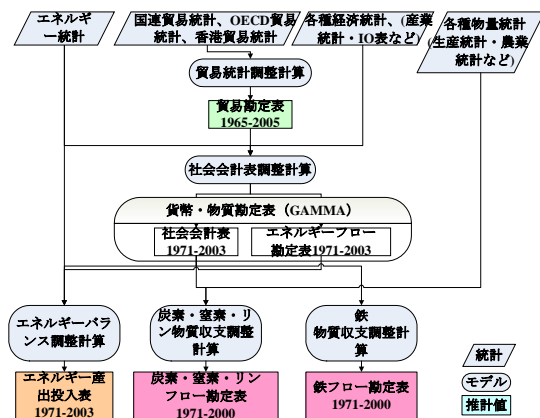


図 1. 推計の流れ

物質勘定表の推計には、貨幣単位で記述された財フローの勘定、情報が必要不可欠となる。そこでまず、各国・地域間の財の輸出入フローを貨幣単位で記述する貿易勘定表、各地域内の経済活動を貨幣単位で記述する社会会計表の推計を行い、次に物質・エネルギーフロー勘定表を推計する。なお、物質・エネルギー勘定表は、主体別物質投入表(以降 U 表と呼ぶ)、主体別物質産出表(以降 V 表と呼ぶ)、地域間物質移動表(以降 T 表と呼ぶ)の 3 種類の表で構成される。U 表、V 表は地域内の投入産出構造を記述する表であり、行が産物、列が部門で構成され、地域ごとに作成した。産物が部門へ投入されるフローを U 表に記述し、部門から産物が産出されるフローを V 表に記述する。

### (2) 物質勘定表

物質勘定表の推計では、物質のフローを考慮し金銭の収支と物量の収支を調整する物質収支調整を行う。この作業の中心となる概念は「物質密度」であり、1 単位額の財  $i$  に含まれる物質の重量と定義される。産物、部門の各項目で物質収支を考慮し各情報に最も整合的な物質密度を求解する。部門収支では財、廃棄物、環境投入物の投入と財、廃棄物、環境排出物、蓄積物の産出で収支をとり、産物の収支では生産活動、消費、国外からの産出と、生産活動、消費、国外への投入で収支をとる。これらの投入量、産出量の値については各種生産統計における報告値を、誤差を持つ観測値とみなし、この誤差の絶対値和を最小とする諸変数を求めた。

物質収支調整計算の主要な式を示す。式(1)は部門の収支式を表し、左辺は部門  $j$  への投入量、右辺は部門  $j$  からの産出量を表す。式(2)は財の収支を表し、左辺が財  $i$  の投入量、右辺が財  $i$  の産出量を表す。

$$\sum_i va_{i,j,r,t} + \sum_n ei_{n,j,r,t} + \sum_k wt_{k,j,r,t} = \sum_i v_{i,j,r,t} + \sum_k wg_{k,j,r,t} + \sum_l eo_{l,j,r,t} + \sum_p sf_{p,j,r,t} \quad (1)$$

$$= \sum_i v_{i,j,r,t} + \sum_k wg_{k,j,r,t} + \sum_l eo_{l,j,r,t} + \sum_p sf_{p,j,r,t}$$

$$\sum_j va_{i,j,r,t} + ex_{i,r,t} + st_{i,r,t} = \sum_j v_{i,j,r,t} + im_{i,r,t} \quad (2)$$

ここで、 $va_{i,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、財  $i$  の部門  $j$  への投入量、 $ei_{n,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、環境投入物  $n$  の部門  $j$  への投入量、 $wt_{k,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、廃棄物  $k$  の部門  $j$  への投入量、 $v_{i,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、部門  $j$  における財  $i$  の産出量、 $wg_{k,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、部門  $j$  における廃棄物  $k$  の産出量、 $eo_{l,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、部門  $j$  における環境排出物  $l$  の産出量、 $sf_{p,j,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、部門  $j$  における蓄積物  $p$  の蓄積量、 $ex_{i,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、財  $i$  の輸出力、 $im_{i,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、財  $i$  の輸入量、 $st_{i,r,t}$ :  $t$  年、地域  $r$ 、財  $i$  の在庫増減量である。

式(3)は部門*j*における財*i*の産出量を推計する式で、金額フロー $V_{i,j,r,t}$ に物質密度 $d_{i,r,t}^f$ を乗じる。輸出入量についても同様の定式化で表現している。

$$V_{i,j,r,t} = V_{i,j,r,t} \cdot d_{i,r,t}^{\text{vom}} \quad (3)$$

式(4)は財*i*の世界全体の貿易収支を表す式である。左辺は財*i*の世界全体の輸入合計量を表し、右辺は財*i*の世界全体の輸出合計量を表す。

$$\sum_r im_{i,r,t} = \sum_r ex_{i,r,t} \quad (4)$$

式(5)から式(8)はそれぞれ財*i*の産出量、輸入量、輸出量、在庫増減量の報告値を物量換算して得られる値 $VS_{i,j,r,t}$ 、 $IMS_{i,r,t}$ 、 $EXS_{i,r,t}$ 、 $STS_{i,r,t}$ と推計値との関係を*t*年、地域*r*、財*i*のフロー種*f*に関する誤差 $\varepsilon_{i,r,t}^f$ を用いて表す式である。

$$v_{i,j,r,t} = VS_{i,j,r,t} \cdot (1 + \varepsilon_{i,r,t}^{\text{vom}}) \quad (5)$$

$$im_{i,r,t} = IMS_{i,r,t} \cdot (1 + \varepsilon_{i,r,t}^{\text{vism}}) \quad (6)$$

$$ex_{i,r,t} = EXS_{i,r,t} \cdot (1 + \varepsilon_{i,r,t}^{\text{vom}}) \quad (7)$$

$$st_{i,r,t} = STS_{i,r,t} \cdot (1 + \varepsilon_{i,r,t}^{\text{stkc}}) \quad (8)$$

式(9)は誤差に関する制約式である。

$$1 + \varepsilon_{i,r,t}^f \leq C\alpha_{i,r,t}^f \quad (9)$$

ここで、 $C\alpha_{i,r,t}^f$ ：誤差 $\varepsilon_{i,r,t}^f$ に関する許容限界

式(10)は目的関数である。誤差量 $\varepsilon_{i,r,t}^f$ に重み $Cw\varepsilon_{i,r,t}$ を乗じたものと、物質密度の誤差量 $derr_{i,j,r,t}^f$ に重み $Cwd_{i,r,t}$ を乗じたものを足して目的関数とした。

$$\forall (t) \quad \sum_f \sum_i \sum_r \left( \left| \varepsilon_{i,r,t}^f \right| \cdot Cw\varepsilon_{i,r,t}^f \right) + \sum_i \sum_j \sum_r \left( \left| derr_{i,j,r,t}^f \right| \cdot Cwd_{i,r,t} \right) \rightarrow \min \quad (10)$$

ここで、 $Cw\varepsilon_{i,r,t}^f$ ：*t*年、地域*r*、財*i*のフロー種*f*の誤差の重み、 $Cwd_{i,r,t}$ ：*t*年、地域*r*、財*i*の物質密度の誤差の重み

### (3) エネルギーフロー勘定表

エネルギーフロー勘定は、貨幣勘定表と同じ構造であるが、税や生産要素投入などエネルギーフローを伴わないセルは本表から省かれている。また、財・サービスはエネルギー財(石炭、原油、天然ガス、石油精製品、発電(再生可能エネルギーを含む))の5種類のみを扱った。生産活動の区分は貨幣勘定と同一のものを用いる。貨幣フローとは逆で、行項目から列項目へエネルギーフローが存在したときに数値が記述される。

エネルギーフロー勘定表の推計では、まず各種統計情報を入力し、一回目の地域内調整計算を行う。地域内調整計算では、各国地域別に貨幣とエネルギー勘定表が計算される。ここで推計された値は、貿易収支を満たしていないので貿易収支計算で調整する。その結果を用いて、再び各国の地域内調整計算を行い、再度貿易収支計算を行う。この一連の調整作業は2000年をスタート年とし、1年ずつ遡って計算を行った。

地域内調整計算では、Cross-entropy法を用いる。まず、基準となる貨幣勘定表を設定し、そのマトリクスを用いて、貨幣とエネルギーのフローを同時に推計する。調整計算において最小化する目的関数は以下の3つの事項を含む。[1] 基準となる貨幣勘定表との乖離、[2] 貨幣、エネルギーフローに関する各種統計情報(例えば生産額、輸出入量など)からの乖離、[3] それぞれの国内におけるエネルギー財の消費価格、生産価格、輸出入価格の乖離、である。

目的関数は、式(11)を用いた。第一項は、基準マトリクスとの乖離、第二項は統計情報との乖離を表す。 $w_l^{(k)}$ は未知変数で、0から1までの値をとる。 $\gamma_l^{(k)}$ は重みを表す設定変数である。

$$\min \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{i,j} \ln \frac{p_{i,j}}{q_{i,j}} + \sum_{k \in K} \gamma_l^{(k)} \cdot [w_1^{(k)} \ln w_1^{(k)} + (1 - w_1^{(k)}) \ln (1 - w_1^{(k)})] \quad (11)$$

ここで、 $p_{i,j}$ 、 $q_{i,j}$ は、基準となる貨幣勘定表 $z_{i,j}$ 、推計される勘定表 $x_{i,j}$ を用いて、それぞれ、式(12)と式(13)で定義される。

$$q_{i,j} = z_{i,j} / \sum_{i \in I} z_{i,j}, \quad i \in I, j \in J \quad (12)$$

$$p_{i,j} = x_{i,j} / \sum_{i \in I} x_{i,j}, \quad i \in I, j \in J \quad (13)$$

## 4. 研究成果

### (1) 炭素・窒素・リン・鉄

#### ①U表、V表、T表

炭素の世界全体のフローを図2に示す。また、窒素のT表のまとめを表1に示す。

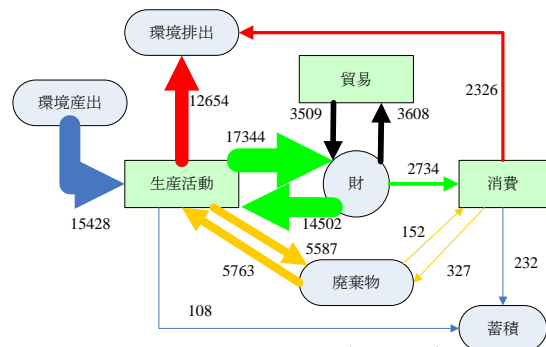


図2 世界全体の炭素フロー(TgC/年)

表 1 2002 年の全世界における T 表の全財の窒素合計量(TgN)

	オセアニア	東アジア	日本	東南アジア	南アジア	北米	中東
オセアニア	0.03	0.14	0.11	0.21	0.05	0.04	0.04
東アジア	0.00	0.20	0.37	0.23	0.26	0.17	0.01
日本	0.00	0.01	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
東南アジア	0.01	0.14	0.03	1.46	0.01	0.03	0.03
南アジア	0.18	0.06	0.01	0.14	0.11	0.01	0.04
北米	0.04	0.87	0.72	0.24	0.04	2.75	0.12
中東	0.71	0.01	0.00	0.65	0.56	0.15	0.19
中南米	0.00	0.37	0.08	0.27	0.01	0.61	0.13
西欧	0.00	0.04	0.03	0.02	0.04	1.12	0.10
東欧	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.03
旧ソ連	0.00	2.00	0.02	0.10	0.01	2.98	0.92
アフリカ	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.50	0.01
輸入量計	0.98	3.83	1.38	3.54	1.12	9.03	1.61

	中南米	西欧	東欧	旧ソ連	アフリカ	輸出量計
オセアニア	0.01	0.13	0.00	0.00	0.05	0.82
東アジア	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	1.33
日本	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
東南アジア	0.00	0.13	0.01	0.00	0.05	1.91
南アジア	0.00	0.07	0.00	0.00	0.03	0.65
北米	3.05	0.45	0.02	0.04	0.32	8.65
中東	0.00	0.10	0.01	0.00	0.78	3.18
中南米	1.05	1.61	0.08	0.05	0.30	4.56
西欧	0.07	0.00	0.16	0.09	0.39	2.04
東欧	0.00	0.59	0.27	0.01	0.02	1.60
旧ソ連	1.05	1.75	0.46	0.36	0.18	9.82
アフリカ	0.01	0.81	0.00	0.06	0.42	1.84
輸入量計	5.26	5.67	1.02	0.62	2.58	36.63

炭素については、図 2 からは生産活動の産出や投入の物量が多いことがわかる。環境産出物 15,428TgC ある。財の市場への投入と産出はそれぞれ合計で 17,344TgC、14,502TgC であった。そして最終消費の消費量は 2734TgC であった。生産活動、消費活動は 5,587TgC、327TgC の廃棄物を発生し、5,763TgC が生産活動へ戻り処理される。この処理のうち大部分は家畜の糞尿や農業廃棄物、木材残渣である。財の産出の内訳は、鉱業からの産出がもっとも大きく、6,664TgC であった。二番目に大きかったのは石油精製品で 3,480TgC であり、三番目は農産物の 1594TgC であった。

窒素の T 表についてみてみると、北米、西欧、旧ソ連などで貿易量が多いことが分かる。北米、西欧では輸入量、輸出量共に大きな値となっているが、旧ソ連は輸入量に対して輸出量が大きく上回っており窒素の輸出国となっている。取引の多かった貿易は西欧内、北米から中南米、旧ソ連から北米への貿易で、それぞれ 5.28TgN、3.05TgN、2.98TgN であった。これらの取引はそれぞれ世界貿易全体の 13%、7%、7%を占めていた。

#### □物質の直接物質投入量

直接物質投入量(以降 DMI と呼ぶ)の変遷について見てみる。図 2 は 1971 年を 1 としたときの全世界の炭素、窒素、リン、鉄の DMI の変遷を表したものである。また、人口と GDP の変遷もグラフに示した。1971 年から 2000 年の間でやや上下はするもののすべての物質の DMI が増加傾向にあり、炭素、窒素、リン、鉄それぞれ 1.6、2.0、1.7、1.5 倍となった。この間 GDP は 2.5 倍、人口は

1.5 倍の増加であった。GDP と比べるとすべての DMI の増加割合は小さかった。炭素は人口とほぼ比例するように増加してきた。一方、窒素は 1990 年頃まで GDP と同様の増加をしてきたが、1990 年以降やや GDP の伸びから乖離するようになった。リンは 1985 年頃まで GDP に近い増加割合を示してきたが、それ以降 GDP からは乖離するようになった。鉄は 1990 年付近まで人口と同程度の増加を示してきたが、それ以降やや減少し、再び増加してきている。

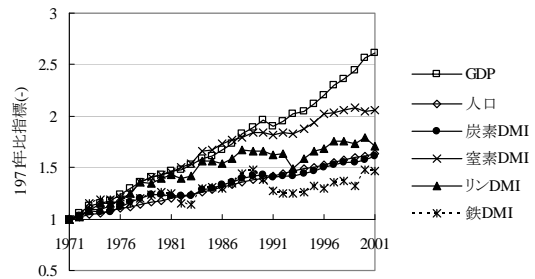


図 2 世界全体の変遷

これを先進国(OECD 諸国)、新興国(ブラジル、ロシア、インド、中国)、その他途上国に分けて見てみると、OECD はこの 30 年間で、GDP のみが大きく増加し、DMI は GDP とは大きく乖離している。一方、新興国、その他途上国について見ると、窒素、リンが GDP と同様の増加を示していることが分かった。すなわち、OECD 諸国の過去 30 年間の経済成長は物質投入量の大きな増加を伴うものではなかったが、新興国や途上国の経済成長は物質投入量の増加を伴うものであったことが分かった。

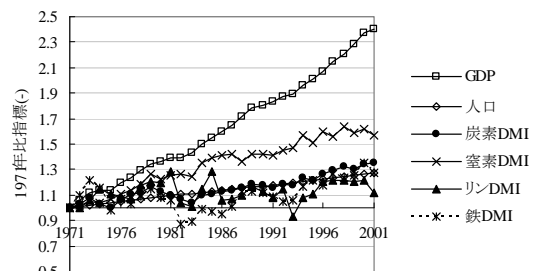


図 3 先進国の DMI の変遷

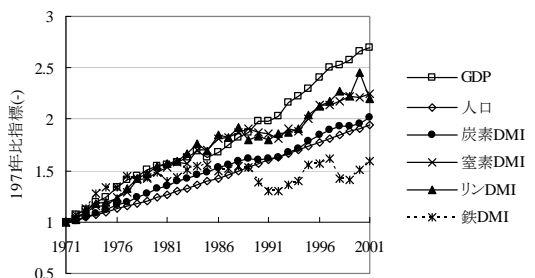


図 4 途上国の DMI の変遷

### ③経済水準と直接物質投入量

次に、経済水準と直接物質投入量の関係について、GDPあたりの直接物質投入量と一人当たりGDPの関係をプロットしたものについて、リンと鉄の結果を図5、図6に示す。炭素、窒素、リンは似たような傾向を示し、経済水準の向上とともにGDPあたりの直接物質投入量は減少していった。一方、鉄は他の元素とは異なる傾向を示し、GDPが10000\$付近で最大となる山を描くような図となった。これは、経済発展の初期の段階ではインフラ等の整備に伴い鉄需要が増加し、ある一定水準を越えると、鉄需要が小さくなっていくことを意味していると考えられる。

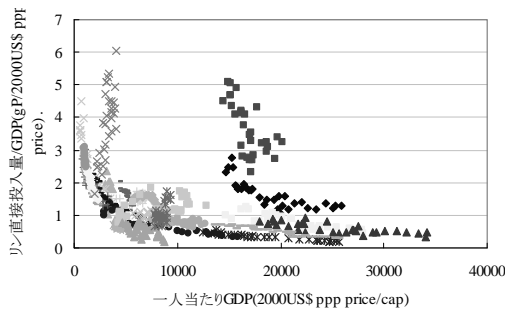


図5 リン窒素 DMI と経済水準の関係

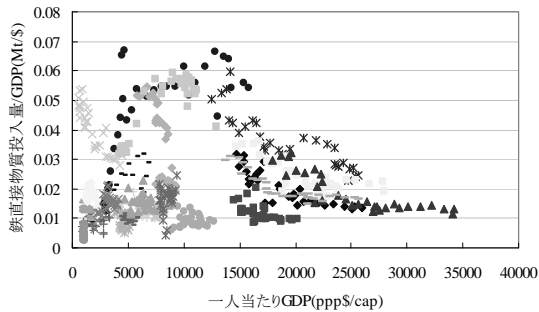


図6 鉄 DMI と経済水準の関係

## (2) エネルギー

### ①世界全体の化石燃料生産量推移

世界全体の化石燃料の生産量について、原油と天然ガスの結果を図7、図8に示す。原油はUNとEIAがやや大きめの値を示しているが、それ以外でははっきりとした差異は見られない。一方、天然ガスではUNが他統計と比べるとかなり大きな値を示しており、他の統計、本研究推計値とは明確に異なる。すべてのエネルギー財でUNは他の統計と比べて大きめの値を示していた。一概にUNの統計値が誤りであるとは言えないが、いくつかの統計と比較してみると、UNの天然ガスは過剰に報告している可能性があることがわかる。

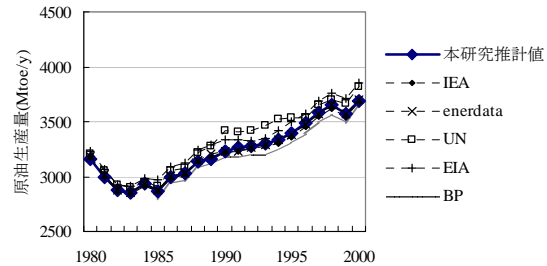


図7 原油の生産量推移

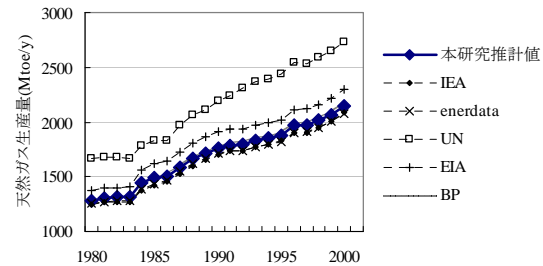


図8 天然ガスの生産量推移

### ②国内エネルギー消費量の比較

2000年において国内エネルギー消費量の最も大きかった10ヶ国について示す。対象期間におけるIEAの国内エネルギー消費量に対する本研究推計値の割合を計算し、その割合の国別の年平均値、年中央値、最大を示した年の値(最大値)、最小を示した年の値(最小値)を表3に示す。IEAとの比較の平均値を見ると、ロシアが最も大きく1.04であった。中央値で見てもロシアは最も大きい1.04であった。ロシアを除く国は平均値、中央値ともに1.02以内であった。また、最大値で見ると、最も大きかったのはロシアの1.07、最小値で見ると最も小さかったのは、イギリスの0.93であり、エネルギー消費量の多い国での修正量は小さい範囲内(±7%以内)であったことがわかる。

表3 内エネルギー消費量の大きかった国におけるIEAと本研究推計値の比較

	2000年の国内エネルギー消費量(Mtoe)	平均値	中央値	最大値	最小値
アメリカ	1,989	1.00	1.00	1.03	0.98
中国	873	0.99	1.00	1.02	0.97
ロシア	568	1.04	1.04	1.07	1.02
日本	424	1.00	1.00	1.02	0.96
インド	298	1.00	1.00	1.03	0.97
ドイツ	284	1.00	1.00	1.03	0.98
イギリス	207	1.00	1.01	1.05	0.93
カナダ	192	1.02	1.02	1.06	0.99
韓国	173	1.01	1.02	1.06	0.94
イタリア	159	1.00	1.00	1.03	0.97

### ③エネルギーフロー勘定表

生産、輸出、輸入別で見ると、生産の欠測率はいずれの財も30%以内で比較的小さい



が、輸出入はいずれの財でも 30%以上であり、財によっては 80%近くに達していた。本研究の手法を適用することにより、エネルギー価格その結果既存の統計と比べて、より尤もらしいデータが作成された。

### (3) まとめ

信頼性の高い人間活動由来の物質フロー・エネルギーフローを推計する手法を開発し、物質収支条件などの自然科学的制約、発電効率などの工学的な制約条件、支出と収入の収支条件などの社会科学的制約を満たし、関連する統計報告値と整合性が取れた全世界 1971 年～2001 年における炭素・窒素・リンフロー、鉄フロー、エネルギーフローを推計した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

- ① 藤森真一郎, 梶井洋志, 松岡 讓, 全世界における鉄フローの定量化に関する研究, 環境システム論文集, 査読有, 2007 年, Vol.35, 343-354
- ② Shinichiro FUJIMORI, Yuzuru MATSUOKA, Development of estimating method of global carbon, nitrogen, and phosphorus flows caused by human activity, Ecological Economics, 査読有, Vol.62(3-4), 2007 年, 399-418
- ③ 河瀬玲奈, 松岡 讓, 計量経済学的手法を用いたわが国の鉄のストック・フロー推計について, 第 15 回地球環境シンポジウム講演論文集, 査読無, 2007 年, 237-242
- ④ 河瀬玲奈, 松岡 讓, わが国の鉄のストック・フローに関する計量経済学モデルの構築, 環境経済・政策学会 2007 年大会報告要旨集, 査読無, 2007 年, 152-153
- ⑤ 藤森真一郎, 松岡 讓, エネルギー統計・経済統計の統合とそれを用いた世界全域における化石燃料起源のエネルギー消費量と二酸化炭素排出量の推計に関する研究, 環境システム研究論文集, 査読有, Vol.36, 2008 年, 37-48
- ⑥ 河瀬玲奈, 松岡 讓, 計量経済学手法を用いた中国の鉄のフロー・ストック推計, 第 36 回環境システム研究論文発表会講演集, 査読無, 2008 年, 161-166
- ⑦ 藤森真一郎, 松岡 讓, 全世界における物質フロー勘定表の構築, 環境衛生工学研究, 査読無, Vol.23, 2009 年, 77-80
- ⑧ 藤森真一郎, 松岡 讓, エネルギー転換効率を考慮したエネルギー産出投入表の推計手法の開発とその適用, 地球環境研究論文集, 査読有, Vol.17, 2009 年,

163-174

- ⑨ 藤森真一郎, 松岡 讓, 全世界の産業部門におけるエネルギー消費量の推計手法の開発と適用, 環境システム研究論文集, 査読有, Vol.37, 2009 年, 403-413
- ⑩ 井上浩隆, 河瀬玲奈, 松岡 讓, 世界のセメント需要とその生産に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の推計, 環境衛生工学研究, 査読無, Vol.24, 2010, 51-54
- ⑪ Shinichiro FUJIMORI, Yuzuru MATSUOKA, Development of method for estimation of world industrial energy consumption and its application, Energy Economics, 査読有, 33, 2011, 461-473

〔学会発表〕(計 5 件)

- ① Reina KAWASE, Yuzuru MATSUOKA, Estimation of steel Stock in China, The 8th International Conference on EcoBalance, 2008/12/11, Tokyo
- ② Shinichiro FUJIMORI, Yuzuru MATSUOKA, A Study on the Method to Estimate Energy Flow Accounts Considering Economic Information, The 8th International Conference on EcoBalance, 2008/12/11, Tokyo
- ③ 藤森真一郎, 松岡 讓, エネルギー転換効率を考慮したエネルギー産出投入表の推計手法の開発とその適用, 第 17 回地球環境シンポジウム, 2009/9/12, 沖縄
- ④ Reina KAWASE, Hirotaka INOUE, Yuzuru MATSUOKA, Estimation of Global Cement Demand towards 2030, International Society for Industrial Ecology 2010, 2010/11/8, 東京
- ⑤ Shinichiro FUJIMORI, Yuzuru MATSUOKA, Global and Asian material flow and economic growth, Ecobalance 2010, 2010/11/10, 東京

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松岡 讓 (MATSUOKA YUZURU)  
京都大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：90109033

### (2) 研究分担者

河瀬 玲奈 (KAWASE REINA)  
京都大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：90378852