

環境産業連関表の試作と分析 — 中国遼寧省の CO₂ 排出量推計と排出構造 — *

松岡 博幸^{*1}, 柳 懿秦^{*2}

Trial Creating of the Environmental Input-Output Table and the Analysis — Estimation of CO₂ Emissions and Emission Structures in the Liaoning Province, China —

Hiroyuki MATSUOKA^{*1} and Yiqin LIU^{*2}

^{*1} Department of Management and Information Sciences ^{*2} Graduate Student of Social System Engineering

This article aims to estimate environmental load in the Liaoning Province, China using Input-Output analysis. Now it is required to measure CO₂ emissions in China, and it is also necessary to measure CO₂ emissions at the provinces stage. Specifically, we estimate Liaoning's CO₂ emissions as a traditional heavy industry base. Results are as follows: In the Liaoning Province, the total CO₂ emissions are 813.8 million tons. And the industries with many CO₂ emissions are electric power industry and supplying heat industry. Heavy Industry such as iron, coal, metal products accounts for more than 80% of the province total emissions. From the viewpoint of sustainable environmental policy, it is important to change the energy input structure and improve efficiency of the input energy for coal industry and so on. About electrical products and construction, we think that importing of the materials should be increased.

Key Words: 産業連関分析, 中国の産業連関表, 中国遼寧省, 環境経済学, 二酸化炭素排出量

1. 研究の目的

貿易金額が巨大であり, 世界の製造工場といわれている中国では, CO₂ 排出量が増大し続けている. 中でも, 伝統的重工業基地と言われている遼寧省の CO₂ の排出量はかなり多く, 今後も経済成長に伴って, CO₂ の排出量は増大し続けていくと思われる. 本研究では, 産業連関分析の枠組みの中で, 省レベルの経済活動における CO₂ の排出について明らかにする. その際, 特に地域ごとの特徴は知るため, 遼寧省について分析を行いたい.

本研究での関心事は, 中国遼寧省の経済の現状と環境負荷の間に, いかなる数量的な関係があるのかを産業連関分析手法を用いて明らかにすることである. まず, 中国政府機構が公表した『2007 年中国産業連関表』, 『中国統計年鑑』と『中国能源統計年鑑』などのデータを使用して, 独自に「2007 年遼寧省環境産業連関表」を試作する. 次に, 試作した「2007 年遼寧省環境産業連関表」に基づき, 地域内需要と輸出需要による各需要部門の CO₂ 排出量を明らかにする. これらの考察に基づき, 遼寧省の地域内の持続可能な環境政策を提案したい.

2. 研究の方法

伝統的な重工業基地である遼寧省の CO₂ 排出量の特徴を知るため, 本研究では, 現時点で中国の研究者が発表している先行研究の成果を踏まえて, 中国における最新の『2007 年中国遼寧省産業連関表』, 『中国能源統計年鑑』, 『2007 年遼寧省統計年鑑』などのデータを用いて, 「2007 年遼寧省環境産業連関表」を試作した.

* 原稿受付 2015 年 2 月 27 日

^{*1} 経営情報学科

^{*2} 社会システム学専攻大学院生

E-mail: matsuh@fukui-ut.ac.jp, njutryuushinn@yahoo.co.jp

3. 研究の特徴

中国の研究者が公表している研究成果を踏まえ、以下4点に取り組んだのが本研究の特徴である。

まず、中国における省レベルの環境産業連関表を試作したことである。これまでの研究としては、中国全体の環境産業連関表の作成例として、1995年に日本の通商産業所と中国国家统计局とが共同で中国の『環境分析用産業連関表』を作成している。また、一部地域の研究としては、2012年公表された『中国省区間投入産出模型与区際経済联系』の最後の章で触れられている。しかしながら、中国の一省一市の研究については、大幅に遅れている。経済が急速に発展されている中国では、一省の経済規模も大きく、省レベルの研究も積極的な意味がある。

次に、環境産業連関表の中に控除量表というものを入れたことである。中国の環境産業連関表のモデル自体では、CO₂控除量については明らかではなく、本研究は実験的に明示した。実際の生産過程において投入したエネルギー品目の中には、原材料や十分に燃やせない部分が存在するわけであるから、すべて燃焼と考える場合は、正確な結論が出せないことになるからである。

また、エネルギー品目の種類を増やしたことである。従来中国の研究者は、ほとんど石炭、石油と天然ガスについて研究しているが、本研究では、無視できない運送業のガソリンや軽油なども含めて研究を行っている。実際、試作した「2007年遼寧省環境産業連関表」をみると、ガソリンや軽油などのCO₂排出量は、石炭の約4分の1の量があることが明らかになり、環境政策を考えると、この部分の影響も考えなければならない。

最後に、中国では、エネルギー分析用産業連関表と呼ばれるものが2種類存在しており、2種類とも、エネルギー部門と一般産業部門に分けている。したがって、中国の環境産業連関表による環境分析では、各産業のCO₂排出量を正確に明らかにすることは、困難である。本論文では、中国で従来用いられてきた環境産業連関表を使わず、日本の進んだEDEN (Economic Development and Environment Navigator) を中国へ適用している。

4. 環境産業連関分析

4.1 環境産業連関分析とは

既に触れたように、様々な財・サービスの生産過程において、ある財を生産するために別の財を投入するなど、原材料の生産を通じて、相互に多くの産業が密接な関連を持っている。例えば、ある産業Aにおいて財・サービスを生産する場合、その原材料となる財・サービスBに需要が生じ、また、これらの需要を満たすために他の産業Cに生産が波及する。産業連関分析 (input-output analysis) では、そのような経済波及効果を産業連関表と呼ばれる統計表によって分析することができる。また、産業連関表を用い、生産額の増加の他、各産業の価格への影響、環境負荷への影響の分析も行うことができる⁽¹⁾。

1970年、東京で行われた国際公害シンポジウムにおけるレオンチェフの講演『環境波及と産業構造』をきっかけとして、産業連関表を環境分析に適用する研究が始まった。近年、地球温暖化など環境問題が注目されることによって、経済活動と環境負荷はどのような関係を持つのかを詳細に分析することが必要になった。そして、環境産業連関表を作成することによって、産業連関分析技術を用いて、経済活動と環境負荷量の関係を明らかにすることができる。環境産業連関分析は、ある部門の1単位の最終需要が直接、間接に誘発する環境負荷量 (CO₂排出誘発量, SO_x排出誘発量, NO_x排出誘発量など) を求める⁽²⁾。

4.2 産業連関表の仕組み

既に触れたように、産業連関表とは、一定期間 (普通1年間) における一国の産業間、地域間、国際間の産業活動の相互依存関係を、一覧表の形で表したものである。特に、国民所得統計では取り扱われない産業間のやりとり、中間投入 (原材料や燃料) の取引を明確に記録する点に特徴がある。

産業連関表は、それぞれ「内生部門」、「外生部門」と名付けられた部分の2つの部門に分けられる。

内生部門とは、農林水産業や鉱工業、建築・サービス業といった部門A、部門B、部門Cにあたるものが、中間投入合計及び中間需要合計に囲まれた部門のことである (Table 1 網掛の部分)。産業相互の関係を記録したものであるといえる。これに対し、外生部門とは、横の行方向でいえば、消費、投資、輸出といった最終需要や輸入、あるいは縦の列方向でいえば雇用者所得や営業余剰などの付加価値部分のことである。産業相互での処理を超えた部分と捉えることができる⁽³⁾。

Table 1 産業連関表の基本的仕組み

	部門 A	部門 B	部門 C	中間需要合計	消費	投資	輸出	最終需要合計	輸入	国内生産額
部門 A										
部門 B										
部門 C										
中間投入合計										
付加価値 A										
付加価値 B										
付加価値合計										
国内生産額										

産業連関表の見方については、縦（列）方向と横（行）方向でそれぞれ異なっている。

産業連関表を縦方向に見ると、部門 A、部門 B、部門 C といった縦の列部門それぞれが、その生産のために、財やサービスをどの横の行部門（部門 A、部門 B、部門 C）から購入（input）しているかという、縦の列部門それぞれの費用構成を知ることができる。Table 1 のように、この縦方向に関して、次の式が成り立つ。

$$\text{中間投入合計} + \text{付加価値合計} = \text{国内生産額} \dots\dots\dots(1)$$

一方、産業連関表を横方向に見ると、部門 A、部門 B、部門 C といった横の各行部門で生産された生産物が、どの縦の列部門（部門 A、部門 B、部門 C）に需要（output）されているのか、販売の流れを見ることができる。この横方向に関しては、次の式が成り立つ（Table 1）。

$$\text{中間需要合計} + \text{最終需要合計} - \text{輸入} = \text{国内生産額} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、左辺で輸入を引くのは、国内で生産されたもの（国内生産額）と輸入したもの（輸入）の合計が、国内で中間需要と最終需要として需要されることになるので、右辺の輸入を左辺に移項する形をとっているに過ぎない。

4.3 投入係数

ここで、この後の分析を行う上で重要な概念である「投入係数」（input coefficient）について触れることにする。

投入係数とは、Table 1 の生部門の各部門において、1 単位当たりの生産を行うために、必要な原材料や燃料等の大きさを示したものである。具体的には、縦の列ごとの各部門の中間投入額をその列の国内生産額で除すことによって求める。

$$\text{各部門（列）の中間投入額} / \text{国内生産額（列）} = \text{投入係数} \dots\dots\dots(3)$$

ある産業部門が必要な全種類の商品のすべてについて投入係数を並べているものをその産業の投入係数ベクトルという。そして、すべての産業について集めて行列で表したものを投入係数行列（input coefficient matrix）と呼ぶ。

この式で導き出された投入係数行列に国内生産額を乗じると「中間需要合計」が出てくる。

$$\text{投入係数行列} \times \text{国内生産額} = \text{中間需要合計} \dots\dots\dots(4)$$

式(4)を式(2)に代入し、式(5)を得る。

$$\text{投入係数行列} \times \text{国内生産額} + \text{最終需要合計} - \text{輸入} = \text{国内生産額} \dots\dots\dots(5)$$

ここで、投入係数行列を A 、国内生産額列ベクトルを X 、最終需要列ベクトルを F 、輸入列ベクトルを IM とし、以下のように書く（均衡生産量モデルの基本方程式）。

$$A \cdot X + F - IM = X \dots\dots\dots(6)$$

4.4 輸入外生モデル、輸入内生モデル

産業連関表は、輸入の取り扱い方によっては、「輸入外生モデル」と「輸入内生モデル」に分けることができる。

輸入外生モデルとは、輸入を外生変数として扱うことにより、結局、既述の均衡生産量モデルの基本方程式と同じものとなる（式(6)）。

一方、輸入内生モデルでは、輸入を内生変数として扱う。輸入係数対角行列 M (輸入係数 m を主対角要素にとった対角行列) を用い、これを均衡生産量モデルに代入することにより求めることができる。

輸入係数 m = 輸入 / (中間需要合計 + 消費 + 投資)

$$IM = M \times A \times X + M \times (\text{消費} \cdot \text{投資列ベクトル}) \cdots \cdots (7)$$

ここで、投入係数行列を A 、国内生産額列ベクトルを X 、消費・投資列ベクトルを FD 、輸出列ベクトルを E とし、式(7)を式(6)に代入する。

$$A \cdot X + FD + E - (M \cdot A \cdot X + M \cdot FD) = X$$

$$X - A \cdot X + MA \cdot X = FD - M \cdot FD + E$$

$$\{I - (I - M) \cdot A\} \cdot X = (I - M) \cdot FD + E \cdots \cdots (8)$$

式(9)が輸入内生モデルの基本方程式である。

この場合のレオンチェフ行列 $(I - (I - M) \cdot A)^{-1}$ を左から乗じ、式(10)を得る。

$$X = (I - (I - M) \cdot A)^{-1} \cdot \{(I - M) \cdot FD + E\} \cdots \cdots (9)$$

式(9)にある $(I - (I - M) \cdot A)^{-1}$ は、輸入内生均衡生産量モデルにおけるレオンチェフ逆行列である。

レオンチェフ逆行列 (Leontief inverse matrix) は、ある産業に 1 単位の最終需要があった場合、各産業に対してどれだけの生産波及効果があるかを示すマトリックスであり、産業連関分析において中心的な役割を果たしている。それに、環境産業連関表におけるある地域内 CO₂ 排出量を計測する際にも、レオンチェフ逆行列係数を使用されている⁽⁴⁾。

4.5 環境産業連関表の作成

環境産業連関表の作成について、まず、産業ごとのエネルギー投入量を表す「物量表」を作成する。次に、作成した「物量表」を用いて、各産業部門の各種類のエネルギー使用量に、各エネルギーの単位当たり発熱量を乗じることによって、産業ごとの熱量投入量を算出する(「熱量表」)。次に、投入した熱量すべてが燃焼や化学反応過程で CO₂ を排出すると考え、熱量単位当たり CO₂ 排出量を乗ずることによって、「CO₂ 換算表」を作成する。実際には、投入したエネルギー品目は、すべて燃やされるわけではなく、また、原材料の消費部分も存在するので、燃焼比率方式や『炭素収支表』を用いて、CO₂ 控除量を計算し、「CO₂ 控除量表」を作成する。最後に、試算した「CO₂ 換算表」の値から「CO₂ 控除量表」の値を減ずることにより、最終的な CO₂ 排出量を計算する(「CO₂ 排出量表」)。以上の手順で、「2007 年遼寧省環境産業連関表」を試作した。

5. 遼寧省環境産業連関表の試作

産業連関表の部門分類と国民経済の部門分類は一致しないため、環境産業連関表を試作する際は、まず、産業連関表とエネルギー統計資料の部門分類を一致させなければならない。本研究では、2007 年のデータに基づき、従来の研究に比べて、産業部門をより細かく分類し、最終の産業部門数を 30 部門にした。エネルギー品目分類には、自然エネルギーや電力など全部で 36 種類あるが、データの収集が非常に困難であるため、今回の研究では、石炭、コークス、原油、ガソリン、灯油、軽油、ジェット燃料油、天然ガスの 8 品目にした。Table 2 にある「30」と「8」は、上記の産業部門分類とエネルギー品目分類の数である。「13」は、外生部門である消費、投資、政府支出など最終需要の内訳を示し、「4」は、外生部門である付加価値の内訳数である。

「金額表」では、『2007 年中国遼寧省産業連関表』の「取引基本表」⁽⁵⁾を修正し、「2007 年遼寧省環境産業連関表」の「金額表」として使用した。

「物量表」は、エネルギー品目が各アクティビティにどれだけ投入されているかを物量単位で示したものである。今回の研究では、『中国能源統計年鑑』の『遼寧省分産業エネルギー消費総量表』と『遼寧省エネルギー平衡表』のデータを用いて、「2007 年遼寧省環境産業連関表」の「物量表」を試作した。

試作した「物量表」と『各エネルギーの標準石炭への交換係数表』を用いて、各品目エネルギーにそれぞれの交換係数を乗ずることにより、「2007 年遼寧省環境産業連関表」の「標準石炭交換表」を作成した。

「熱量換算表」については、「物量表」に、エネルギー品目別物量単位あたりの発熱量を乗ずることにより熱量換算する。本研究では、「標準石炭交換表」に標準石炭の発熱量を乗じた。

次に、「CO₂ 換算表」については、「物量表」で掲げたエネルギー品目のアクティビティに対する投入量がすべて燃焼、あるいは化学反応プロセスによって、CO₂ へ変化したものとして計算されている。本研究では、「標準石炭交換表」に標準石炭熱量単位当たりの CO₂ 排出量を乗じることにより算出した。

また、「CO₂ 控除量表」については、日本の場合、推計方法として、燃焼比率方式と『炭素収支表』（中野[5], 23 頁）を用いる方法がある。30 の産業部門すべてについて、燃焼比率方式を用いて、CO₂ 控除量表を作成した。最後に、「CO₂ 換算表」から「CO₂ 控除量表」を減ずることにより、「CO₂ 排出量表」が出てくる。これは、各産業が最終的に排出した CO₂ 推定量を示している。

Table 2 2007 年遼寧省環境産業連関表

金額表 (30×30)	最終需要 (30×13)	生産額
付加価値 (4×30)		
生産額		
物量表 (8×30)	(8×13)	
標準石炭交換表(8×30)	(8×13)	
熱量換算表 (8×30)	(8×13)	
CO ₂ 換算表 (8×30)	(8×13)	
CO ₂ 控除量表 (8×30)	(8×13)	
CO ₂ 排出量表 (8×30)	(8×13)	

6. 環境産業連関表による考察

6.1 エネルギー使用量の考察

推計した「2007 年遼寧省環境産業連関表」の「物量表」と「標準石炭交換表」から考察した結果は、次の Table 3, Table4 に示される通りである。

Table 3 と Table 4 をみると、各エネルギー品目原単位の消費量を説明する。2007 年中国遼寧省における使用したエネルギー品目一番多いのは、石炭であり、22,661 万トン（16,186 万トン標準石炭に相当）を使用した。その内、中間需要が 14,718 万トンであり、最終需要が 507 万トンであり、省内供給を不足した部分が輸入から 7,436 万トンを調達させる。石炭使用量一番多い産業は発電・熱供給であり、6,501 万トンを使用した。遼寧省の冬が長く、寒さが厳しいため、住民生活における熱供給が非常に多く、かつ、遼寧省の熱供給の主な燃料が石炭であるためである。石炭使用量の 2 位から 5 位までは、鉄鋼、石炭、非金属製品、化学製品であり、使用量合計は、12,862 万トンで、産業部門の総使用量の 87.4% を占めている。したがって、遼寧省における石炭使用量が多い産業は、重工業であることが解明した。

それに続いて、原油であり、10,630 万トン（15,186 万トン標準石炭に相当）を使った。その内、中間需要量が 5,893 万トンであり、不足分が外国から購入した。2007 年には、4,709 万トン原油を輸入された。

ガソリン、軽油、ジェット燃料油は、運送業に関わる燃料としても大量消費されている。ガソリンの総使用量が 455 万トン（669 万トン標準石炭に相当）であり、運送業は、その 67%（305 万トン）を使用した。軽油については、総使用量が 754 万トン（1,099 万トン標準石炭に相当）であり、運送業では、その中の 66%（495 万トン）を使用した。ジェット燃料用の総使用量は、309 万トン（441 万トン標準石炭に相当）である。

最後に、天然ガスは、他のエネルギー品目と比較して、使用量が少ない。しかし、天然ガスの単位発熱量が高いため、これから石炭のような単位発熱量が低いエネルギー品目は、天然ガスへの転換することが考えるべきである。

ガソリン、灯油、軽油、燃料油の合計は、5,505 万トンであり、石炭の使用量の約半分、天然ガスの 31.8 倍である。この 4 種類のエネルギー品目が、遼寧省のエネルギー品目使用量の約 4 分の 1 を占め、これらの品目も CO₂

の排出量が多いことが分かった。

Table 3 遼寧省エネルギー品目別消耗量 (2007 年)

	中間需要量		最終需要量		輸入		省内総使用量	
	原単位	S	原単位	S	原単位	S	原単位	S
石炭	14,717.81	10,512.93	506.51	361.80	7,436.20	5,311.68	22,660.52	16,186.41
コークス	2,298.83	2,233.08	0.00	0.00	661.65	642.73	2,960.48	2,875.81
原油	5,893.46	8,419.40	0.00	0.00	4,708.90	6,727.13	10,630.29	15,146.53
ガソリン	442.12	650.54	0.00	0.00	11.50	16.92	454.59	667.46
灯油	38.15	56.13	0.00	0.00	5.41	7.96	43.56	64.09
軽油	693.71	1,010.80	0.00	0.00	60.50	88.15	754.21	1,098.96
ジェット燃料油	224.22	320.32	0.00	0.00	84.33	120.47	308.55	440.79
天然ガス	14.24	189.39	0.00	0.00	5.52	73.42	19.76	262.81
合計		23,392.60		361.80		12,988.46		36,742.86

注 1 : S は、標準石炭換算値である。

注 2 : 天然ガス(億 m³)を除き、単位万トン。

Table 4 遼寧省エネルギー品目別消耗量上位 5 産業 (2007 年)

	石炭	石油	ガソリン	軽油	ジェット燃料油
1 位	発電・熱供給(6501)	石油加工等(5154)	運送(305)	運送(495)	石油加工等(56)
2 位	鉄鋼(3220)	化学製品(608)	農業(40)	農業(55)	原油・天然ガス(46)
3 位	石炭(1312)	原油・天然ガス(92)	分類不明(39)	鉄鋼(22)	運送(42)
4 位	非金属製品(982)	運送(28)	非鉄金属製品(9)	原油・天然ガス(18)	化学製品(28)
5 位	化学製品(847)	分類不明(11)	建設(9)	非金属製品(14)	非金属製品(28)

(単位 : 万トン)

6.2 CO₂ 排出量の考察

推計した「2007 年遼寧省環境産業連関表」の「CO₂ 換算表」, 「CO₂ 控除量表」, 「CO₂ 排出量表」から考察した結果は、次の Table 5~Table 6 と Fig.1 に示される通りである。

Table 5 をみると、2007 年、遼寧省の CO₂ 総排出量は、81,380 万トンである。その内、石炭における CO₂ 排出量が 37,460 万トンであり、石油における CO₂ 排出量が 30,485 万トンであり、この 2 種類エネルギーの CO₂ 排出量は、総排出量の 83% を占めている。これ以外、ガソリンにおける CO₂ 排出量は 1,851 万トンであり、軽油における CO₂ 排出量は 3,042 万トンであり、ジェット燃料油における CO₂ 排出量は 1,220 万トンであり、合計が 6,113 万トンであり、総排出量の約 8% を占めている。ガソリン、軽油、ジェット燃料油は、ほとんど車や飛行機の燃料として使用されているため、ここから、運送業の CO₂ 排出量が高いと推測できる。

エネルギー需要を満たすために排出された CO₂ 量は、92,062 万トンである。その内、輸入したエネルギー品目による排出量が 35,934 万トンであり、生産過程(中間需要)により 44,330 万トン排出している。また、最終需要については、住民生活により、1,001 万トン排出し、輸出したエネルギー品目により、輸出先で 10,797 万トン CO₂ を排出している。実際、エネルギー品目については、在庫投資として計上するとき、ただ倉庫や工場においており、燃やさなかったため、CO₂ の排出を発生していない。政府支出として計上するとき、エネルギー品目は主に燃料として使用するので、CO₂ を排出するはずであるが、この部分の統計資料がないため、排出量が存在しないと仮定する。

Table 5 遼寧省エネルギー品目別 CO₂ 排出量 (2007 年)

	中間需要	最終需要		輸入	需要による総 排出量	省内総 排出量
		消費	輸出			
石炭	21,756	1,001	1,019	14,703	38,479	37,460
コークス	4,892	0	117	1,779	6,788	6,671
原油	11,754	0	64	18,621	30,439	30,485
ガソリン	1,801	0	2,156	47	4,003	1,851
灯油	153	0	700	22	875	175
軽油	2,798	0	5,664	244	8,706	3,042
ジェット燃料油	887	0	1,077	333	2,297	1,220
天然ガス	290	0	0	186	476	476
合 計	44,330	1,001	10,797	35,934	92,062	81,380

(単位：万トン)

エネルギー需要を満たすために排出された CO₂ 量は、92,062 万トンである。その内、輸入したエネルギー品目による排出量が 35,934 万トンであり、生産過程(中間需要)により 44,330 万トン排出している。また、最終需要については、住民生活により、1,001 万トン排出し、輸出したエネルギー品目により、輸出先で 10,797 万トン CO₂ を排出している。実際、エネルギー品目については、在庫投資として計上するとき、ただ倉庫や工場においており、燃やさなかったため、CO₂ の排出を発生していない。政府支出として計上するとき、エネルギー品目は主に燃料として使用するので、CO₂ を排出するはずであるが、この部分の統計資料がないため、排出量が存在しないと仮定する。

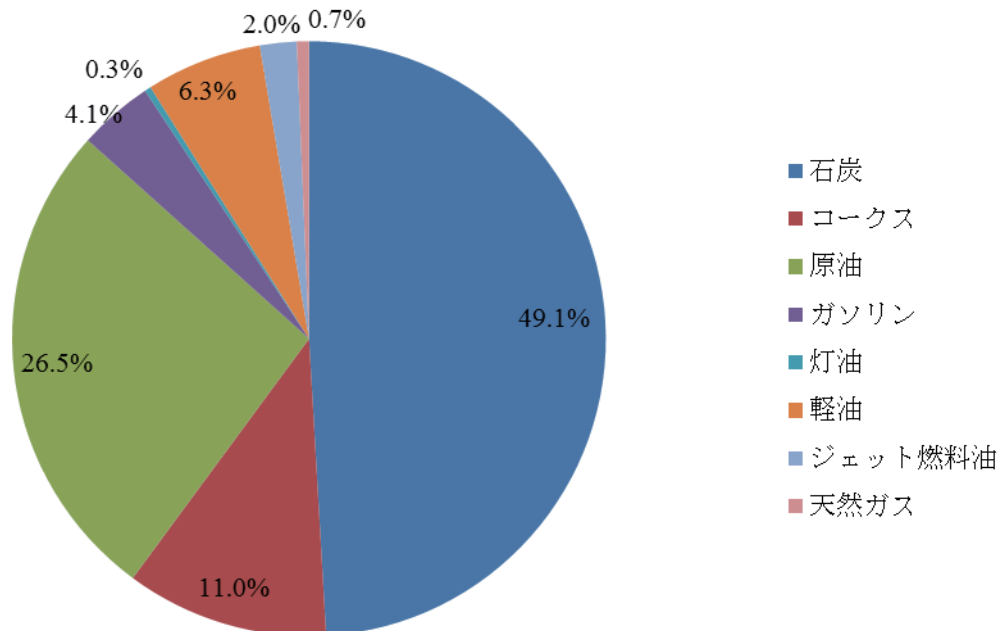


Fig.1 遼寧省中間需要におけるエネルギー品目別 CO₂ 排出量比率 (2007 年)

中間生産過程の CO₂ 排出量は、44,330 万トンである。この中、石炭における CO₂ 排出量 21,756 万トンであり、中間生産過程の排出量の約半分を占めており、言い換えると、中間生産過程の CO₂ 排出については、石炭がその

半分を排出している。また、原油における CO₂ 排出量 11,754 万トンであり、中間生産過程の排出量の 27%を占めており、石炭以外の排出量の半分は、原油を占めている。そして、ガソリン、軽油、ジェット燃料油の CO₂ 排出量の合計は、5,486 万トンであり、既に述べたように、この 3 種類エネルギー品目は、ほとんど車や飛行機の燃料として使用され、運送業の排出量が予想より高いと思われる。

中間需要におけるエネルギー品目別 CO₂ 排出量の比率は、Fig.1 である。

Table 6 をみると、2007 年の遼寧省の各産業における、CO₂ 排出量の具体的な数値が分かる。一番多い産業は、発電・熱供給産業であり、12,876 万トンを排出し、それに続いて、石油加工・コークス及び核燃料産業であり、11,529 万トンを出した。この 2 つ産業は、排出量が 1 億トン以上であり、環境への影響が高いといえる。最も少ない産業は、廃品料産業であり 12,900 トン CO₂ を排出している。ここで 13 位に占めている分類不明産業について、含む産業が多いため、排出量が 328 万トン CO₂ を排出している。

Table 6 遼寧省産業全体 CO₂ 排出量 (2007 年)

産 業 部 門	排出量	順位	産 業 部 門	排出量	順位
農業	625.70	8	設備製造	574.45	10
石炭	2,618.30	5	交通運送設備	220.83	17
原油・天然ガス	1,056.30	7	電気製品	100.34	19
金属鉱物	264.94	14	通信製品	17.54	26
非金属鉱物	89.71	22	精密機械	9.58	29
食料品・煙草	415.12	12	その他の機械機器	72.72	25
紡績・織物	94.43	21	廃品料	1.29	30
衣服・皮革	83.57	23	発電・熱供給	12,875.55	1
木製品・家具	75.51	24	ガス	107.43	18
紙・印刷及び製版	237.23	15	水道	11.68	27
石油加工・コークス及び核燃料	11,529.43	2	建設	232.81	16
化学製品	494.58	11	運送	3,808.59	4
非金属製品	2,328.10	6	郵便	10.37	28
鉄鋼	5,357.55	3	商業・飲食業・ホテル	94.65	20
非鉄金属製品	593.27	9	分類不明	327.97	13

(単位：万トン)

ここで、CO₂ 排出量上位 10 産業について、説明する。

1 位の発電・熱供給産業については、遼寧省の場合、5 が月ぐらいの冬の寒さが厳しく、エネルギー使用量が多いためである。

2 位の石油加工・コークス及び核燃料産業、5 位の石炭産業、7 位の原油・天然ガス産業については、石炭と石油の採掘加工産業は、遼寧省内の伝統的な主要産業のためである。特に、2 位の石油加工等産業の生産金額は、省内総生産の 7.5%を占めており、エネルギー使用量が非常に多い。

3 位の鉄鋼業については、規模が極めて大きい国有鋼鉄企業『鞍鋼集団』が鞍山市にあるため、CO₂ の排出量が多い。これは、遼寧省の特徴の 1 つである。

産業が 4 位の運送業については、公路運送と鉄道運送の以外、東部沿海地区における遼寧省の観光業と国際貿易の金額も大きく、それに関わる航空運送、海上運送のエネルギー需要も多い。また、比較的な経済発達の地区なので、自家用車の数量も大きいため、自家運送などを含むため、ガソリン、軽油とジェット燃料用の使用量が多く、エネルギー使用量も多くなっている。

6 位の非金属製品産業と 9 位の非鉄金属製品産業については、日本の場合は、ガラス製品、銅、電線、ケーブルや陶磁器などに当てはまり、これらの産業における、製品を生産する際に、熱量需要が多く、投入したエネルギー品目は原材料の部分もないため、CO₂ 排出量が高いである。

8位の農業の場合、遼寧省の場合は、農業設備や農耕機械の利用率が高く、冬季に温室を利用して農業生産も続けているため、エネルギーの需要が多い。

上位10産業の中に運送業と農業以外は、すべて重工業であり、遼寧省のCO₂排出量については、重工業が83.3%を占めていることを示している。

7. CO₂排出構造分析

7.1 環境産業連関表によるCO₂排出係数分析

実際には、CO₂排出量は、その地域の経済規模や産業規模とのつながりが非常に緊密である。各産業のCO₂排出量に関しては、その排出量だけの問題ではない。CO₂排出効率も検討する必要がある。CO₂排出効率とは、単位金額当たりCO₂排出量—排出係数—である。

既に述べたことであるが、ある産業が生産1単位あたり必要とする製品の投入単位を示す投入係数は、中国では、「直接消耗係数」と呼んでおり、レオンチェフ逆行列は、「完全消耗係数」と呼んでいる。この「完全消耗係数」と「直接消耗係数」の差が、「間接消耗係数」である。

一方、CO₂の排出係数という面で見ると、「直接排出係数」、「間接排出係数」と「完全排出係数」が定義できる。「直接排出係数」とは、ある産業1単位の財の生産におけるCO₂の「直接」排出量のことをいい、「完全排出係数」とは、ある産業1単位の財生産がもたらす最終生産にかかわるCO₂の「究極的」排出量を意味している。「完全排出係数」と「直接排出係数」の差が「間接排出係数」である。Table 7は、各産業の排出係数を示している。

Table 7 から、以下の結論が出せる。

まず、中国遼寧省の産業におけるCO₂直接排出係数については、石炭(13.13)、発電・熱供給(10.41)、ガス(5.54)が上位にあり、廃品料(0.01)がCO₂排出面で一番低いことが明確になった。直接排出係数が高い産業では、単位製品を生産する際、その産業のCO₂の排出量が多いという意味である。

次に、CO₂間接排出係数については、発電・熱供給(8.11)、水道(3.89)、非金属製品(2.85)の順であり、廃品料(0.20)が一番低いことが分かった。間接投入係数が高い産業は、単位製品を生産する際に、生産に欠かせない原材料の生産過程におけるCO₂排出量が多いということである。

また、直接排出係数と比べて、石炭、原油・天然ガス、石油加工・コークス・核燃料、発電・熱供給、ガス、運送産業以外の産業は、間接排出係数が高いことが明らかになった。特に、電気製品、通信製品、廃品料、精密機械、水道、建設と商業・飲食業・ホテル産業の場合、間接排出係数は、直接排出係数の10倍以上の値であり、とりわけ、通信製品産業の場合が35倍となっている。

最後に、完全排出係数については、発電・熱供給(18.52)が一番高く、それに続いて、石炭(15.10)、ガス(8.16)の順になっている。特に、発電・熱供給産業では、1万元の産出を生産する際には、約6.68トンの標準石炭相当量を使用して、熱量利用の効率が非常に低いと考えられる。

CO₂排出係数を用いて、同期間内、各産業でエネルギーを効率的に使用、単位生産のCO₂排出量等、CO₂排出に関わる産業間を比較することが可能になり、また、同一産業における異時点のCO₂排出量の変化や変動率等の時系列の比較もできる。

7.2 CO₂排出係数による産業分類

直接排出係数と間接排出係数との関係により、各産業について、次のように分類することができる。

直接排出係数と間接排出係数とも、1以下の場合には、CO₂排出が低い産業として『低排出産業』と定義する。この分類の中に、農業、食料品・煙草、衣服・皮革、紙・印刷及び製版、交通運送設備、その他の機械機器、商業・飲食業・ホテル、廃品料、分類不明の9産業である。

直接排出係数と間接排出係数とも1.5以上であり、かつ、両方の比(直接排出係数/間接排出係数)が0.75~1.25以内の産業は、CO₂排出が高い産業として『高排出産業』と定義する。この分類の中には、発電・熱供給、原油・天然ガス、非金属製品、鉄鋼業の4産業がある。

石炭、ガス、運送、石油加工・コークス及び核燃料の4産業では、直接排出係数が2.77以上であり、かつ、間接排出係数との差が1以上の産業は、生産段階でCO₂排出量が高い産業として『生産型排出産業』と定義する。

水道、郵便、建設、金属鉱物、非金属鉱物、非鉄金属鉱物、化学製品、設備製造、電気製品、通信製品、精密

機械、紡績・織物、木製品・家具の 13 産業は、間接排出係数が直接排出係数の 2 倍以上の産業であり、原料段階 CO₂ 排出量が高い産業として『原料型排出産業』と定義する。この分類を示したものが、Fig.2 である。

Table 7 遼寧省産業別 CO₂ 排出係数総表

産 業	排出係数		
	直接	間接	完全
農業	0.2940	0.6947	0.9887
石炭	13.1330	1.9644	15.0974
原油・天然ガス	2.5881	1.9328	4.5210
金属鉱物	0.6359	2.2392	2.8751
非金属鉱物	1.2005	2.3788	3.5793
食料品・煙草	0.2683	0.9841	1.2524
紡績・織物	0.3929	1.0361	1.4290
衣服・皮革	0.1831	0.7932	0.9763
木製品・家具	0.2000	1.4329	1.6329
紙・印刷及び製版	1.0788	1.2488	2.3276
石油加工・コークス及び核燃料	4.9705	2.0424	7.0129
化学製品	0.2561	1.6706	1.9267
非金属製品	2.5075	2.8470	5.3546
鉄鋼	1.7444	2.3161	4.0605
非鉄金属製品	1.0389	2.1678	3.2067
設備製造	0.2709	1.4941	1.7650
交通運送設備	0.1361	0.9576	1.0938
電気製品	0.1234	1.5192	1.6426
通信製品	0.0300	1.0401	1.0701
精密機械	0.0824	1.1897	1.2721
その他の機械機器	1.0559	1.2798	2.3357
廃品料	0.0095	0.1922	0.2017
発電・熱供給	10.4053	8.1147	18.5200
ガス	5.5428	2.6140	8.1567
水道	0.3396	3.8875	4.2271
建設	0.1050	2.2228	2.3278
運送	3.0582	1.7384	4.7966
郵便	0.3420	1.3318	1.6739
商業・飲食業・ホテル	0.0430	0.8670	0.9100
分類不明	0.0876	0.7819	0.8695

(単位：トン/万元)

高排出産業で、まず考えるべきことは、直接投入するエネルギーを効率的に使用することである。生産型排出産業は、ほぼ重工業なので、エネルギー品目投入構造を変更することより、単位 CO₂ 排出量を削減できる。原料型排出産業については、原材料の投入構造面で改善策(たとえば、建設産業では、原材料を省内で生産せず、他の地域から移入する)を推進することが考えられる。低排出産業では、現時点では、単位生産の CO₂ 排出量は少ない。しかし、設備と生産技術を進歩させなければ、今後、単位生産に応じる CO₂ 排出量が高くなりかねない。

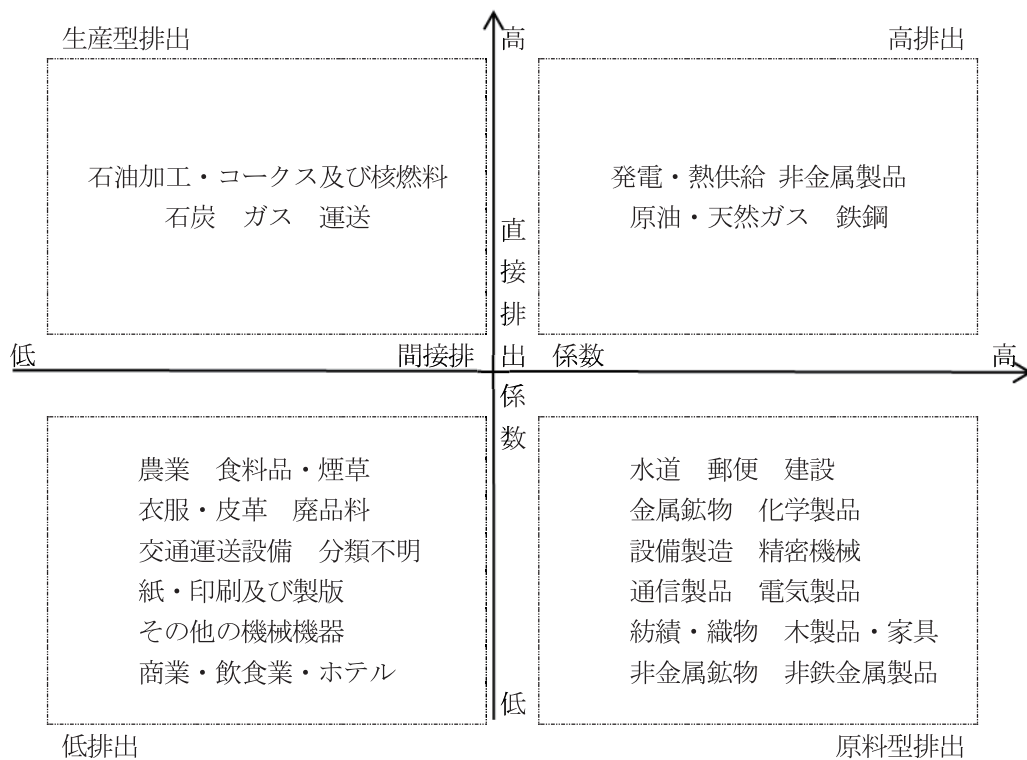


Fig.2 遼寧省 CO₂ 排出係数による産業分類 (2007 年)

8. 結 言

今回の研究により、中国遼寧省における CO₂ 排出量が一番多い産業は、電力・熱供給産業であり、鉄鋼、石炭、金属製品などの重工業の排出も多く、省内総排出の 8 割以上を占めていることが明らかになった。また、遼寧省の CO₂ 総排出量は、81,380 万トンであり、生産過程により 44,330 万トンが排出され、住民生活により 1,001 万トンが排出されている。

地域内の持続可能な環境政策については、単位 CO₂ 排出量を削減するため、石炭、原油・天然ガスなどの直接排出係数が高い産業では、エネルギー投入構造を変更することと、直接投入したエネルギーを効率的に使用することが重要である。電気製品、建設、鉄鋼や水道などの産業については、原材料の移輸入を増やすことも考える必要がある。

今回の研究において、残された課題には、いろいろあるが、ここでは、重要な課題を 2 つ挙げる。第 1 に、使用した産業連関表の部門分類が細かいくないため、検討に限界があることである。すなわち、実際、遼寧省の 135 部門の産業連関表が入手できないので、今回の環境産業連関表の試作には、不十分な点がある。第 2 に、今回は、地域間産業連関表を使っていないので、CO₂ の地域間の排出を明確にすることはできなかったことである。2012 年に『2007 年中国省区間産業連関表』が公表されているが、産業部門が 6 つしかないため、利用価値が低い。

文 献

- (1) 環太平洋産業連関分析学会編、産業連関分析ハンドブック、2010 年、東洋経済新報社。
- (2) 中野 諭他、環境分析用産業連関表とその応用、2008 年 6 月、慶應義塾大学出版会。
- (3) 宮沢 健一、産業連関分析入門、1975 年 4 月、日本経済新聞出版社。
- (4) 新飯田 宏、産業連関分析入門、1978 年 12 月、東洋経済新報社。

- (5) 中国国家統計局国民経済核算司, 2007 年中国地区投入産出表, 2011 年, 中国国家統計局, 72~83 頁.
- (6) 氏川 恵次, “要素生産性と環境負荷—中国産業連関表による要因分析—”, 中国経済月刊 63 (9), 2009, 1~12 頁.
- (7) 金 継紅・長谷部 勇一, “中国産業別成長要因とエネルギー消費要因分析”, エコノミア (第 63 巻第 2 号), 2012 年 11 月, 17~27 頁.
- (8) 藤川清史, 産業連関分析入門, 2011 年, 日本評論社.
- (9) 松岡 博幸, 柳 懿秦, 産業連関分析を用いた経済波及効果シミュレーション: 中国遼寧省のケース, 福井工業大学研究紀要(第 44 号), 2014 年, 福井工業大学, 329~336 頁.
- (10) Ronald E. Miller Peter D. Blair, Input-output Analysis: Foundations and Extensions, Cambridge University Press, 2009/7/30.
- (11) 曹 俊文, 中国能源消費及环境影响投入产出分析, 2011 年 12 月, 江西人民出版社.
- (12) 刘 起运 陈 璋 苏 汝劼, 投入产出分析(第二版), 2001 年 3 月, 中国人民大学出版者.
- (13) 石 敏俊 张 卓颖 等[編], 中国省区間投入产出模型与区际经济联系, 2012 年 4 月, 科学出版社.

(平成 27 年 3 月 31 日受理)