

## 28. 多地域間産業連関表(MRIO)を用いた中国省市区レベルの環境負荷推定

Estimation of environmental loads in regional levels using  
China multi-regional input-output tables

幡野 貴之\* ・ 奥田 隆明\*

Takayuki HATANO, Takaaki OKUDA

**ABSTRACT:** China has been processing a tremendous economic growth in these two decades. Simultaneously, the extent of the environmental damage caused by industrial activities has also been expanding and it has become one of the matters of world concern. We constructed China multi-regional input-output tables for the environmental analysis in 1997 and employed them for inquiring the environmental load like SO<sub>2</sub> emission in a view of the regional relationships. The results of the study provided that the SO<sub>2</sub> emission in the eastern coastal region, which occupies the most of the emission in China, depended on their own final demands as well as the emission in the inner region did. We found important investigating the matters on China on a regional level.

**KEYWORDS:** environmental load, China, multi-regional input-output table, SO<sub>2</sub> emission

### 1. はじめに

1970年代末以来の「改革開放」政策が功を奏し、年平均10%前後の経済発展を遂げている中国は、2000年には名目GDPで世界6位、輸出額では世界7位にランクされる経済大国となった。そして2001年にはWTO加盟と北京五輪開催決定(2008年)を実現し、13億の人口を要する巨大市場としてますます世界経済における中国の存在感は拡大している。しかし、高度成長の陰で持続可能な発展を阻害する諸問題、特に環境問題が深刻化している事実を見逃してはならない。そして中でもエネルギー大量消費に伴い生じる大気汚染問題は喫緊の対策課題となっている。

このような状況に対し、中国政府は1989年制定の環境保護法を基本法規として大気を含めた環境汚染監視体制を敷いており、また技術面でも汚染物質の低減・除去装置等の更新・新設を鋭意進めている。しかし、近年の中国環境状況公報による政府見解を見ると「都市部での環境汚染は依然として進行し、同時に農村部にも蔓延している」(1996年)から「全国における環境汚染の悪化趨勢が総体的に基本制御されはじめている」(1999年)と改善の兆しは伺えるものの、依然として厳しい状況にあることに変わりない(EDMC(2001))。また、環境設備投資も大都市や経済発展著しい東部沿海部地域など一部地域で見られるが、内陸部はじめ多くの地域では十分な対応はできていない現状にある(国家環境保護総局(2002))。これら状況から、中国における環境政策を効果的なものにするには空間や経済といった地域単位の格差を考慮すべきといえる。

中国の環境汚染に関する調査研究は、国内外の研究機関問わずこれまで多く実施されている。特に産業および経済活動の視点から産業連関表を用いた環境分析は日本でも多くなされている(黒田ら(1996)、吉岡ら(2003))。しかしこれら研究の多くは中国全土を1地域と捉えて解析しており、省市区レベル等の地域単位に分割して行なわれていない。したがって地域間の産業連関が誘発する環境負荷については情報が得られていないのが実情である。

そこで本研究では、これまで筆者らが開発してきた1997年中国省市区レベルの地域間産業連関表をベースにし、

---

\*名古屋大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

名古屋市千種区不老町 〒464-8601 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Japan 464-8601

省市区単位での硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)の動向を解析することを目的としている。なお地球規模では二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)による影響が甚大ではあるが、CO<sub>2</sub>はSO<sub>x</sub>に比べ移動発生源(車両など)の寄与が高いため地域固有の問題と捉えにくいことが本研究で環境負荷物質としてSO<sub>x</sub>を選んだ理由である。以降の論文構成は、2. で中国の大気環境を、3. では環境に係る産業連関分析を概観する。4. では本研究の解析で用いる中国の地域間環境産業連関表推計方法を解説する。そして5. では、推計表を用いてSO<sub>2</sub>発生を誘発する地域特性を解析する。

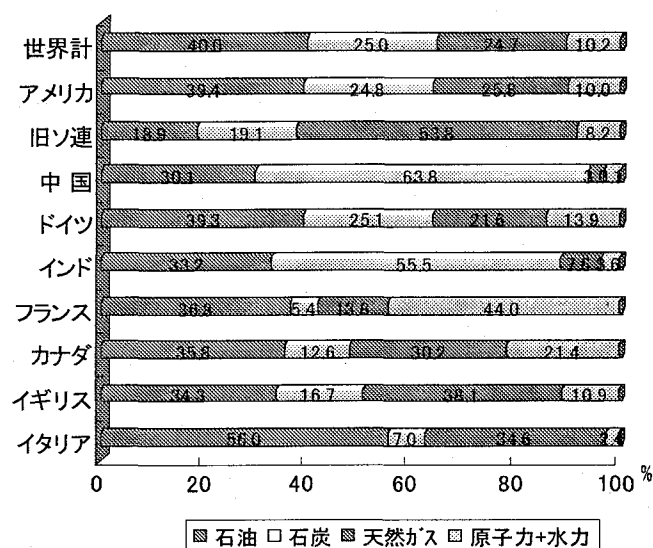
## 2. 中国の大気環境状況

SO<sub>x</sub>発生は石炭や石油などの化石燃料の燃焼によるものである。図-1では中国および世界主要国の一次エネルギー利用状況を示している。2000年における一次エネルギー消費量で中国はアメリカ、旧ソ連に次いで世界3位(石油換算で7.5億トン)である。先進国では石油が最も使用比率が高いエネルギー源であるが、中国とインドに限っては石炭利用率が他のエネルギー源に比べ高い。とりわけ中国で採掘・使用される石炭は硫黄含有量が高いため、硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)が原因の大気汚染とこれより派生する酸性雨被害は甚大である。2次エネルギーである電力消費で概観すれば、中国はアメリカに次ぐ世界第2位の消費量(1.2兆kWh)であり、また最近10年間(1989-1999年)の消費量成長率ではOECD加盟国が1.2-1.4倍であるのに対し中国は2.1倍と驚異的な伸びを示している。このように使用エネルギー源組成の特異性と経済成長に後押しされる高エネルギー需要が、中国における大気汚染をますます悪化させる要因となっている。

図-2には省市区別のSO<sub>2</sub>排出量(1997年)を示しているが、排出量が多いのは経済活動が盛んな東部沿海地域と石炭産生地である南部内陸地域(重慶市、四川省)である。東部沿海部では活発な生産活動を支える一次、二次エネルギー需要が多いこと、四川省等の南部内陸地域は安価でアクセス容易な石炭原料を多く利用できることがSO<sub>2</sub>排出量の大きさに反映されていると考えられる。

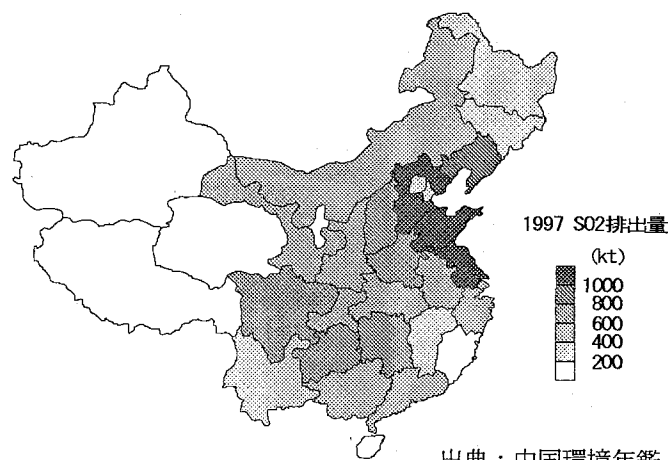
## 3. 環境の産業連関分析に関する既往研究

環境分析用産業連関表(環境IO表)は、1970年にW. Leontiefにより考案された公害分析用産業連関表に端を発する。Leontiefは汚染因子を経済活動に伴う副産物として捉え、かつ汚染因子除去活動を通常の経済活動とは分離してIO表に記述する手法を採用し、このようなタイプの環境IO表は拡張Leontiefモデルと呼ばれている。これに対し、CO<sub>2</sub>などの地球温暖化ガスを対象としたIO分析には汚染物質除去産業が計上されていない簡略型(一般化IO表)が利用されることが多い。吉岡ら(2003)によれば、環境IO表を用いた分析事例は欧米を対象にしたものが大半を占め、対象物質も大気に限ればCO<sub>2</sub>が最も多いがその他に粒子状物質、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、HFと多岐に渡ってい



出典：電気事業連合会

図-1 世界の一次エネルギー消費比率



出典：中国環境年鑑

図-2 省市区別のSO<sub>2</sub>排出量(1997年)

る。中国を対象にしたものでは CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、煤塵についての分析(早見・木地(1994)、黒田ら(1996)、Hayami and Kiji (1997))を挙げることができるが、前述したようにこれら分析は中国全土を1単位と扱ったものである。

#### 4. 地域間環境産業連関表の推計

##### 4. 1 中国省市区レベルの地域間産業連関表の推計

中国国家統計局は1997年に省市区レベルの地域産業連関表(29省市区、38産業)を推計している(表-1)。この地域産業連関表を奥田・橋本(2003)および奥田ら(2003)の方法にしたがい競争移入型の地域間産業連関表として推計した。なお、今回は解析を簡略化するために産業分類を11産業として行なっている。表-2に産業分類を、表-3には地域分類を示す。

表-1 中国の地域産業連関表

| 地域 $r$ | 産業 $j$                 | 最終需要    | 輸出      | 移出       | 輸入       | 移入        | 生産額     |
|--------|------------------------|---------|---------|----------|----------|-----------|---------|
| 産業 $i$ | $\dots x_{ij}^r \dots$ | $F_i^r$ | $E_i^r$ | $DE_i^r$ | $-M_i^r$ | $-DM_i^r$ | $X_i^r$ |
| 付加価値   | $\dots V_j^r \dots$    |         |         |          |          |           |         |
| 生産額    | $\dots X_j^r \dots$    |         |         |          |          |           |         |

表-2 産業区分

| No | 産業名    | 対象となる産業                             |
|----|--------|-------------------------------------|
| 1  | 農林水産業  | 農業・畜産業・林業・水産業                       |
| 2  | 鉱業     | 金属鉱業・非金属鉱業・石油・天然ガス・石炭               |
| 3  | 食料品    | 食料品                                 |
| 4  | 化学     | 化学・石油石炭製品                           |
| 5  | 金属     | 鉄鋼・非鉄金属・金属・                         |
| 6  | 機械     | 一般機械・輸送機械・電気機械・電子機械・事務機械・機械修理       |
| 7  | その他製造業 | 繊維・衣服・木材・木製品・パルプ・紙・加工品・窯業・土石・その他手工業 |
| 8  | 建設業    | 建築                                  |
| 9  | 公益事業   | 電力・熱供給・ガス・水道                        |
| 10 | 商業・運輸  | 商業・運輸                               |
| 11 | サービス   | 飲食業・金融保険・教育文化・その他サービス               |

表-3 地域区分

| No | 省市区名        | No | 省市区名            | No | 省市区名                                 |
|----|-------------|----|-----------------|----|--------------------------------------|
| 1  | 北京市         | 11 | 浙江省             | 21 | 重慶市                                  |
| 2  | 天津市         | 12 | 安徽省             | 22 | 四川省                                  |
| 3  | 河北省         | 13 | 福建省             | 23 | 貴州省                                  |
| 4  | 山西省         | 14 | 江西省             | 24 | 雲南省                                  |
| 5  | 内モンゴ<br>自治区 | 15 | 山東省             | 25 | 陝西省                                  |
| 6  | 遼寧省         | 16 | 河南省             | 26 | 甘肅省                                  |
| 7  | 吉林省         | 17 | 湖北省             | 27 | 青海省                                  |
| 8  | 黒龍江省        | 18 | 湖南省             | 28 | 寧夏回<br>族自治<br>区                      |
| 9  | 上海市         | 19 | 広東省             | 29 | 新<br>疆<br>維<br>吾<br>爾<br>自<br>治<br>区 |
| 10 | 江蘇省         | 20 | 広西壮<br>族自治<br>区 | 30 | その他<br>地域                            |

##### 4. 2 SO<sub>2</sub>排出原単位の推計

SO<sub>2</sub>の原単位推計では既に黒田ら(1996)が44産業分類について行なっているが、1987年時点の推計値であるため10年後である1997年当時とは特に工業部門での排出状況が更新されていると考えられる。よって本研究では前述既存値を利用しつつSO<sub>2</sub>の排出原単位(kg/万元)を以下の手法で再推計した。

$$\hat{E}_{r,i} = \frac{X_{r,i}}{\sum_r X_{r,i}} \times E_i \quad \text{式 (1)}$$

$\hat{E}_{r,i}$  : 地域  $r$ 、産業  $i$  における  $\text{SO}_2$  排出量一次推計値 (万トン)

$X_{r,i}$  : 地域  $r$  における産業  $i$  生産額 (万元)

$\sum_r X_{r,i}$  : 産業  $i$  の全国生産額 (万元)

$E_i$  : 産業  $i$  からの  $\text{SO}_2$  全国排出量 (万トン)

すなわち、式(1)では各産業の全国排出量を生産額で地区別に按分していることを示す。しかしこの一次推計値の産業合計および地域合計はそれぞれの統計値とは乖離しているため、その差が最少となるようにバランスを取ることで二次推計値とする。この作業により得られた二次推計値を各地域の産業別生産額で除することで排出原単位が推計される。

$$\hat{\varepsilon}_{r,i} = \frac{\tilde{E}_{r,i}}{X_{r,i}} \quad \text{式 (2)}$$

$\hat{\varepsilon}_{r,i}$  : 地域  $r$ 、産業  $i$  における  $\text{SO}_2$  排出原単位推計値 (kg/万元)

$\tilde{E}_{r,i}$  : 地域  $r$ 、産業  $i$  における  $\text{SO}_2$  排出量二次推計値 (万トン)

なお、1997 年統計に産業別排出量が掲載されていない産業(第 1 次、第 3 次)については、排出処理技術が 10 年間で大きく変化していないと仮定し黒田ら(1996)の推計値を用いた。本推計で使用したデータソースは以下のとおりである。

使用データ : 1997 年の省市区分および産業別  $\text{SO}_2$  排出量 (China Energy Data book (2001))  
産業別の全国および地区生産額 (地域産業連関表より)

## 5. 分析結果

### 5. 1 $\text{SO}_2$ 排出を誘発する最終需要地域分布

図-3 には、各地域で排出された  $\text{SO}_2$  がどの地域の最終需要により誘発されているかを示している。なおここでいう排出量は、先に挙げた 11 産業による  $\text{SO}_2$  排出量の合算値である。東部沿海地の生産拠点とされている江蘇省をみれば、河北、山東、安徽省をはじめとした周辺地域の最終需要が江蘇省の  $\text{SO}_2$  発生を引き起こしているこ

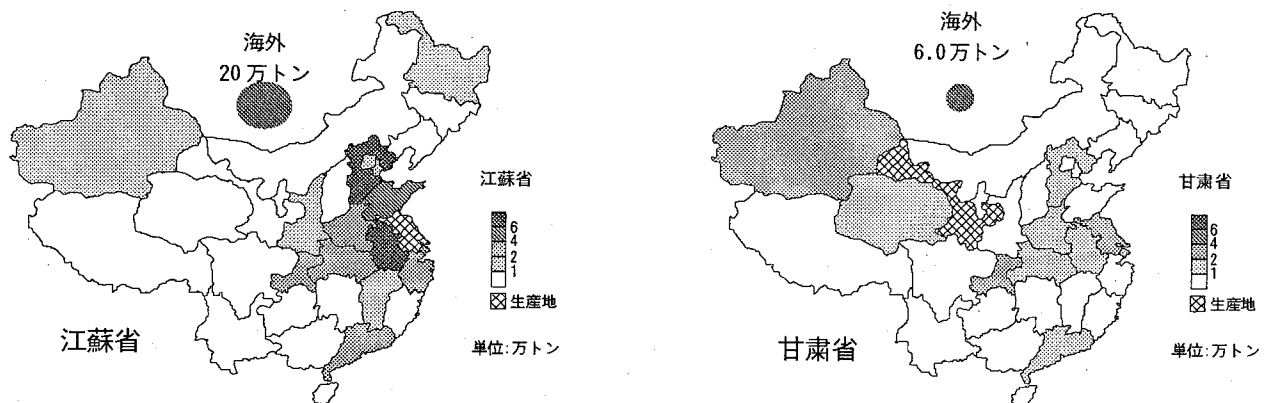
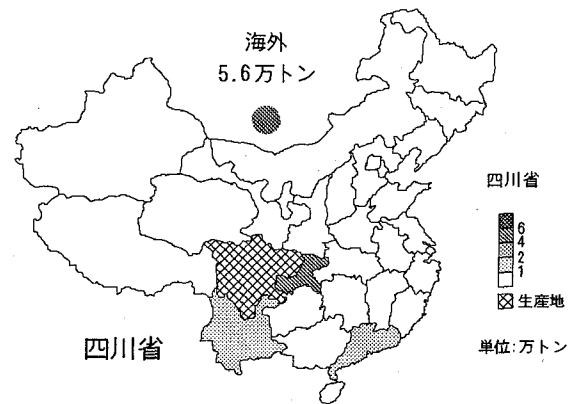


図-3  $\text{SO}_2$  排出誘発地域分布

とがわかる。これら他地域の最終需要による SO<sub>2</sub> 発生量は江蘇省での全発生量 117 万トンのうち 59%(69 万トン)を占めるが、そのうち海外需要によるものは 17%(20 万トン)に及ぶ。すなわち、輸出品生産のための SO<sub>2</sub> 排出量が全体の約 6 分の 1 を占めていることがわかる。

内陸部地域での SO<sub>2</sub> 排出状況を見ても、経済的に優位な東部沿海地域における最終需要が排出を誘発していることがわかる。ここでは一例として甘肅省を取り上げる。甘肅省における SO<sub>2</sub> 排出量 63 万トンのうち、東部沿海地域の最終需要による誘発排出量は約 6 分の 1 の 11 万トンである(他地域の最終需要による排出量は全体の 52%である 33 万トン)。すなわち、他地域からの誘発排出量のうちの 3 分の 1 が東部沿海地域によるものであることがわかり、東部沿海地域の内陸部への経済的影響力の大きさが伺える。

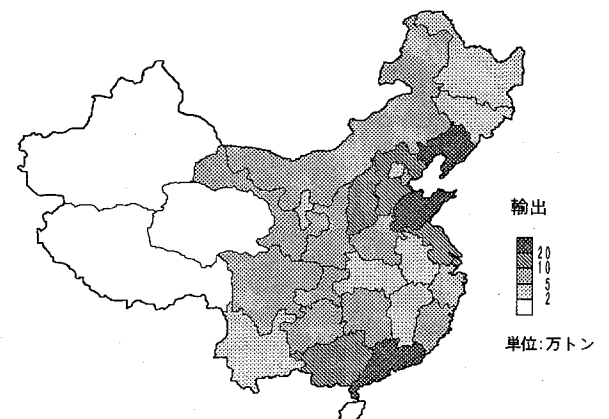
西部大開発の拠点地域である四川省においては、内陸部の他地域とは SO<sub>2</sub> 排出を促す最終需要地分布が異なる。四川省の SO<sub>2</sub> 排出量 84 万トンのうち、自地域(四川省)の最終需要が誘発する割合は 75%(63 万トン)であり SO<sub>2</sub> 排出に係る他地域依存度は低い。もっとも最終需要の影響を受けているのは隣接する重慶市だが、それでも全排出量の 6%程度(4.1 万トン)である。輸出の影響は内陸部であるため概して低い(5.6 万トンで、全体の 6.7%)ことから、四川省の SO<sub>2</sub> による汚染の大部分は自地域の最終需要が引き起こしていると言える。



図－3 SO<sub>2</sub> 排出誘発地域分布(つづき)

## 5. 2 輸出による SO<sub>2</sub> 排出地域の分布

図－4 では、中国からの輸出品生産がどの地域の SO<sub>2</sub> 排出を誘発しているかを示したものである。輸出品生産による SO<sub>2</sub> 排出量は全土で 263 万トンの及ぶ。1997 年に排出された SO<sub>2</sub> の約 15%に相当する。地域別に見れば生産活動が活発な東部沿海地区の省市に集中しており、順に山東省、広東省(共に 26 万トン)、遼寧省(22 万トン)となっている。しかしながら、輸出品生産の影響を受けていない地区は西部内陸部わずかな地域であり、ほとんどの地区ではその影響を大きく受けていることがわかる。改革開放政策の進展と WTO 加盟による市場開放が進めば、この割合はますます高くなると考えられる。



図－4 輸出による SO<sub>2</sub> 排出地域の分布

## 6. おわりに

本研究では、これまで多く実施されてきた中国の大気汚染に関する環境産業連関分析を、国レベルではなく筆者らが作成した省市レベルの地域間産業連関表を基礎に実施した。1997 年における地域別 SO<sub>2</sub> 排出量は、経済発展著しい東部沿海地区に集中し、分析の結果、産業連関的には周辺地域の最終需要が誘発していることが判明した。そして後進地域である西部内陸部地域での排出もこれら東部沿海地域の最終需要が引き起こしていることがわかった。すなわち、内陸部における SO<sub>2</sub> 汚染の原因は自地域のみならず、東部沿海地域の経済活動が大きく作用していることが考えられ、環境側面において内陸部は東部沿海地域の環境負荷を代替していることが言える。また、国際間の比較でみれば、輸出製品生産のためには SO<sub>2</sub> 全排出量の約 15%が相当しており、地域的に見れば東部沿海部が大半を負っていることも判明した。今後の中国の環境対策を考える上で、海外含め地域レベルでの経済的リネージを考慮していくことは、上位政策決定のために不可欠要因である。本研究のフレームを活用し、さらに詳細な地域、産業分類で解析すれば更なる有用な知見が得られることが期待され、いずれは中国における環境政策決

定に役に立てれば幸いである。

#### 参考文献

- ・EDMC：アジア各国における経済とエネルギー需給の状況－中国(2001), (財)日本エネルギー経済研究所計量分析部, <http://www.iecej.or.jp/edmc/public/01China.pdf>
- ・Hayami, H. and Kiji, T.: An input-output analysis on Japan-China environmental problem: Compilation of the input-output table for the analysis of energy and air pollutants, J. Applied Input -Output Analysis, vol. 4, 23-47, 1997
- ・奥田隆明, 種蔵史典, 幡野貴之, 斉舒暢：中国省市区レベルの地域間産業連関表の推計とその分析, 第28回土木計画学研究発表会・講演集, 2003
- ・奥田隆明, 橋本浩良：地方生活圏レベルの地域間産業連関表の推計, 第28回土木計画学研究発表会・講演集, 2003
- ・黒田昌裕, 木地孝之, 吉岡完治, 早見均, 和田義和：中国のエネルギー消費と環境問題, 通商産業研究所, 1996
- ・国家環境保護総局：中国環境統計年報 2001, 2002
- ・早見均, 木地孝之：「日中環境問題の産業連関分析(1)－日中共通分類によるエネルギー・大気汚染物質の I-O 表の作成－」, イノベーション&I-O テクニク (現「産業連関」), No.5 (2), 13-27, 1994
- ・吉岡完治, 大平純彦, 早見均, 鷺津明由, 松橋隆治：環境の産業連関分析, 日本評論社, 2003