

Title	中国地域による環境シミュレーション
Sub Title	
Author	中島, 隆信(Nakajima, Takanobu) 朝倉, 啓一郎(Asakura, Keiichiro) 鷺津, 明由(Washizu, Ayu) 中野, 諭(Nakano, Satoshi) 鬼頭, 浩文(Kito, Hirofumi) 大平, 純彦(Ohira, Sumihiko)
Publisher	慶應義塾大学産業研究所
Publication year	2000
Jtitle	KEO discussion paper. G : 『アジア地域における経済および環境の相互依存と環境保全に関する学際的研究』(KEO discussion paper. G : "Inter-disciplinary studies for sustainable development in Asian countries"). No.G-71
JaLC DOI	
Abstract	概要世界銀行 ; World Development Indicatorsによれば、1992年における中国の産業からのCO2排出量は26億4420万トンである。この数値は世界全体の産業からのCO2排出量の12%、日本の2.4倍に相当する。同年における中国の一人あたりGDP (1987年PPP換算) が日本の約1割であることを考えれば、経済成長に伴って将来国民所得が向上した後は、中国から現状を遙かに上回る量のCO2排出が予想される。しかし、環境保全のために、発展途上国の経済成長を阻止することはできない。かといって地球環境問題を放置するわけにはいかない。地球環境を巡っての南北問題は気候変動枠組み条約締約国会議でもすでに表面化している。こうした問題を解決するため先進国として為すべき仕事のひとつは、今後さらなる成長を目指す発展途上国に環境と成長を両立させ得る政策提言を行うことである。本論文は、そういった問題意識のもとで中国環境・経済モデルを構築し、発電方式の変更やボイラーの改善、あるいはバイオブリケットの導入といった環境シミュレーションを行った。環境対策技術情報のモデルへの導入はまだ完全な形ではなされていないが、シミュレーションのメニューと想定に対応して、モデルで扱われる経済変数の変動とCO2やSOxの削減効果にかんする暫定的な計算結果が示され、中国の地域性と、シミュレーションにおける経済情報と環境情報の接合の重要性が再確認された。
Notes	表紙上部に"日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業複合領域「アジア地域の環境保全」"の表示あり
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12113622-00000071-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

中国地域モデルによる環境シミュレーション

中 島	隆 信
朝 倉	啓一郎
鷺 津	明 由
中 野	諭
鬼 頭	浩 文
大 平	純 彦

No.G-71

学振未来 WG4-16

中国地域モデルによる環境シミュレーション

中島隆信* 朝倉啓一郎† 鷺津明由‡ 中野諭§ 鬼頭浩文¶ 大平純彦||

平成 12 年 1 月

キーワード

中国、環境・経済モデル、CO₂ 排出量、SO_x 排出量、環境シミュレーション

概要

世界銀行; *World Development Indicators* によれば、1992 年における中国の産業からの CO₂ 排出量は 26 億 4420 万トンである。この数値は世界全体の産業からの CO₂ 排出量の 12%、日本の 2.4 倍に相当する。同年における中国の一人あたり GDP(1987 年 PPP 換算) が日本の約 1 割であることを考えれば、経済成長に伴って将来国民所得が向上した後には、中国から現状を遙かに上回る量の CO₂ 排出が予想される。しかし、環境保全のために、発展途上国の経済成長を阻止することはできない。かといって地球環境問題を放置するわけにはいかない。地球環境を巡っての南北問題は気候変動枠組み条約締約国会議でもすでに表面化している。こうした問題を解決するため先進国として為すべき仕事のひとつは、今後さらなる成長を目指す発展途上国に環境と成長を両立させ得る政策提言を行うことである。本論文は、そういった問題意識のもとで中国環境・経済モデルを構築し、発電方式の変更やボイラーの改善、あるいはバイオブリケットの導入といった環境シミュレーションを行った。環境対策技術情報のモデルへの導入はまだ完全な形ではなされていないが、シミュレーションのメニューと想定に対応して、モデルで扱われる経済変数の変動と CO₂ や SO_x の削減効果にかんする暫定的な計算結果が示され、中国の地域性と、シミュレーションにおける経済情報と環境情報の接合の重要性が再確認された。

* 慶應義塾大学商学部

† 慶應義塾大学産業研究所

‡ 早稲田大学社会学部

§ 慶應義塾大学大学院商学研究科

¶ 四日市大学経済学部

|| 静岡県立大学経営情報学部

1 はじめに

世界銀行、*World Development Indicators*([2]) によれば、1992 年における中国の産業からの CO₂ 排出量は 26 億 4420 万トンである。この数値は世界全体の産業からの CO₂ 排出量の 12%、日本の 2.4 倍に相当する。同年における中国の一人あたり GDP(1987 年 PPP 換算) が日本の約 1 割であることを考えれば、経済成長に伴って将来国民所得が向上した後には、中国から現状を遙かに上回る量の CO₂ 排出が予想される。

発展途上国の経済発展を阻止することはできない。かといって地球環境問題を放置するわけにはいかない。地球環境を巡っての南北問題は気候変動枠組み条約締約国会議でもすでに表面化している。こうした問題を解決するため先進国として為すべき仕事のひとつは、今後さらなる成長を目指す発展途上国に環境と成長を両立させ得る政策提言を行うことである。未来開拓推進プロジェクトの目的はまさにそこにある。そして、われわれ経済モデル部門の目的は、経済モデルがはじき出す環境問題解決のためのコストを新技術の導入によってどの程度抑えることができるか具体的な数値によって示すことである。

この報告論文はこうした問題意識のもとで中国経済モデルを構築し、環境シミュレーションを行うことを目的とする。環境対策技術情報のモデルへの導入はまだ完全な形ではなされていないが、環境シミュレーションによってモデルで扱われる経済変数がどのように動き、併せて CO₂ や SO_x の排出量がどれだけ削減されるか暫定的な計算結果を提示する。

2 モデルの概要

基本的なモデルのフレームワークは吉岡-溝下 [25] に示されているとおりである。方程式群についての詳細は同論文を参照願うとして、ここではモデルの特徴について簡単に説明する。(図 1 をあわせて参照のこと)

ここで用いるモデルの基本図式は財の需要サイドにおける管理政策が有効となる短期ケインジアンモデルである。すなわち、要素賦存量によって決まる生産量の配分を問題とする新古典派モデルとは異なるものである。ただし、需要の増加に対して無限に供給がなされるのではなく、短期限界費用と一致する供給関数を想定している。短期限界費用は期首資本ストックが与えられたもとで生産量を限界的に増加させる際に必要となる資源インプットに関する追加的なコストを意味し、ここでは、労働と(エネルギー投入も含む)原材料への追加需要を考慮している。原材料に関しては需要が増加すれば需給バランスを満たすように物価が上昇する仕組みになっているが、労働については中国が依然として無制限労働供給の状況にある点を鑑みて原材料とは異なる扱いをする。まず、農業部門の労働力は労働力人口から非農業部門へ吸収される労働力を差し引いた残余と定義する。そして農業部門賃金は農業所得のうち労働への分配量を農業部門労働者数で除した値とする。さらに非農業部門では農業部門より一定倍率の高い賃金が労働者に支払われると仮

定し、非農部門に追加労働需要があった場合はいつでも農業部門から吸収できるものと想定している。こうした設定は労働市場が無制限労働供給の状態にあり、非農業部門に対して最低賃金でも就労する潜在的労働供給者が多数存在する国の場合には妥当なものと考えられる。この労働市場の扱いが本モデルの第1の特徴である。

本モデルの2つめの特徴は中国の省別にCO₂やSO_xの排出量を計算できる点である。モデルの核となる1992年中国産業連関表は全国レベルである。しかし、省別の『中国統計年鑑』を利用することによって各省の産業構造を部分的に把握できる。その情報を用い、産業の投入ベクトルはすべての省で共通という仮定をおいた上で各省から排出されるガスの量が推計される。また、最終需要の消費ベクトルについても省別に分割し、家計の消費から直接排出されるガスの量も省別に計測可能となっている。朝倉・中島・鷺津[3]で示されているように中国の省間での経済力格差、地理的環境の違いは各省の環境負荷変数に大きな影響をもたらす。こうした地域性を取り入れることが中国モデルの場合はとりわけ重要である。

3番目の特徴は環境シミュレーションを可能にする経済モデルという点である。たとえば脱硫に関する新しい技術が導入された場合を考えてみよう。新技術の導入は新たな投資を必要とする。投資の増加は最終需要の投資項目を増やすことになる。一方、技術を導入したセクターでは設備の運転費用が付加されるため短期限界費用を押し上げる。これは生産物価格の上昇をもたらす社会全体に対するコストとなる。さらに投資がすべて国内資金によってまかなわれるとすれば金利を上昇させ、クラウドイングアウトをもたらすであろう¹。このような波及経路はすべてモデル内で処理されるので、新技術導入による費用-便益分析が可能となるのである。

図1が示すようにモデルの基本形は至ってシンプルである。しかし、その分さまざまな技術情報を取り込むことが可能であり、多彩なシミュレーションを行うことによって多くの情報を引き出すことができるモデルなのである。

3 環境シミュレーションの概要

我々は、前章で説明した環境・経済モデルにもとづいて、つぎの環境シミュレーションをおこなう。ただしCO₂削減シミュレーションとSO_x削減シミュレーションにおいて、環境保全投資による生産額や価格の上昇については、詳細な投資額にかんする情報が確定できなかった。したがって、今回は、環境保全技術を導入する産業部門の限界費用の上昇分のみ考慮している。

3.1 シミュレーション1

シミュレーション1では、現段階において、モデルの外生変数として取り扱われる政府消費、固定資本形成および輸出について、その各最終需要ベクトルの品目構成比を固定して、それぞれ

¹ 今回のモデルでは金利はまだ内生化されていない。現在モデルの拡張中である。

1%増加する場合の CO₂ 排出量と SO_x 排出量を計測する。したがって、シミュレーションのメニューは、

- simul.G ; 政府消費を 1%上げるケース
- simul.I ; 固定資本形成を 1%上げるケース
- simul.E ; 輸出を 1%上げるケース

とする。ただし、シミュレーション 1 は、外生変数を 1%増加させた場合の経済変量・環境変量の反応を吟味することから、その変化率は弾力性を示すことに注意されたい。

3.2 シミュレーション 2 –CO₂ 削減–

中国の CO₂ 排出量は、その約 8 割が石炭起源であり、現在、石炭の燃焼方法を改善し、エネルギー効率を高めることによって、CO₂ 排出量を抑制する方法が考案されつつある。ただし、CO₂ 排出量を抑制するための既存設備の更新や新しい産業設備の導入を行う産業は、追加的な費用負担を必要とし、限界費用曲線はその分だけ上方にシフトする。

したがって、シミュレーション 2 では、CO₂ 削減のための追加的な費用負担が経済全体にどのような効果を与え、最終的に CO₂ 負荷として、どのように評価されるかについて、大量の CO₂ を排出する電力産業と、その他の産業に区分して吟味してみる。

はじめに、電力産業の CO₂ 削減方法について説明する。

現在、CO₂ 負荷を削減する様々な技術メニューのなかで、中期的に導入可能と考えられる代表的な方策として、発電ボイラを加圧流動床燃焼にすることと、石炭ガス化複合発電システムを採用することが提案されている。文献 [1] によると出力 150 万 kw の加圧流動床ボイラの発電所と出力 100 万 kw の石炭ガス化複合発電所は 1 年あたりそれぞれ 120 万トンと 64 万トンの CO₂ を削減することができる。

いま、これらの発電所の稼働率を 70% (6132 時間) と仮定して、それぞれの発電量単位あたりの CO₂ 削減量を試算すると、加圧流動床のケースで発電量 1kwh あたりマイナス 0.1305kg、石炭ガス化複合発電のケースでマイナス 0.1044kg となる。ところで、中国の 1992 年の実績では発電総量 7539 億 kwh のうち 6215 億 kwh が石炭火力発電であり、仮に石炭火力の 10% が加圧流動床設備に置き換えられたと仮定し、単純計算すると $0.1305(\text{kg/kwh}) \times 621.5 \text{ 億 (kwh)} = 811 \text{ 万トン}$ の CO₂ が削減される。同様に、石炭火力発電量の 10% を石炭ガス化複合発電に置き換える場合には、649 万トンが削減できる。前述の文献によれば、加圧流動床と石炭ガス化複合発電のそれぞれのケースで CO₂ を削減した場合、削減量 1 トンあたりにかかる費用は 3.27US ドル (18.8 元²) と 8.13US ドル (46.76 元) と試算されているので、現状の石炭火力発電設備の 10% 置き換えにか

²IFS によれば 1992 年末の為替レートは 5.7518 元/US ドルである。

かる費用はそれぞれ、加圧流動床の場合が 1.52 億元、石炭ガス化複合発電の場合が 3.03 億元と推計できる。従って、1992 年産業連関表における電力・蒸気・熱水生産供給産業の総生産額 1178 億元に対する更新費用の割合は、それぞれ 0.001295 と 0.002575 であって、その値を現存の発電設備を新規技術に更新したことによる単位費用の増加分と解釈する。同様の試算を現状の石炭火力発電設備の 30 %、50 %を更新したケースについても試算しており、今回のシミュレーションでは、50 %更新ケースを取り上げる。

つぎに、電力部門以外の産業の石炭起源の CO₂ が削減されるケースを想定する。そこでは、1992 年の石炭起源の CO₂ 排出量を 10 %、30 %、50 %削減する場合について、単位費用の増分を計算する。前掲の文献によれば、産業用ボイラーの新規更新による CO₂ 削減コストは削減量 1 トンあたり 1.36US(7.82 元)、また産業用キルンの更新によってはトンあたり 5.21US(29.97 元)となっている。鉄鋼や化学など大型窯炉を必要とする産業には後者の値を、それ以外の産業については前者の値を利用して、それぞれ CO₂ 削減を行うための費用を試算した。なお、シミュレーションでは、50 %削減ケースを取り上げる。

シミュレーション 2 の内容を整理すると、次のようになる。

- simu2.1 ; 石炭火力発電量の 5 割を加圧流動床燃焼に代替するケース
- simu2.2 ; 石炭火力発電量の 5 割を石炭ガス化複合発電に代替するケース
- simu2.3 ; 電力部門と農業部門以外の産業部門が石炭起源の CO₂ 負荷を 5 割削減するために産業用ボイラーと産業用キルンを更新するケース
- simu2.4 ; simu2.1 と simu2.3 の総合ケース
- simu2.5 ; simu2.2 と simu2.3 の総合ケース

3.3 シミュレーション 3 -SO_x 削減-

我々の未来開拓プロジェクトでは、中国遼寧省瀋陽市と四川省成都市に簡易脱硫装置であるバイオブリケットマシンの実験機を導入しており、すでに、脱硫効果や価格情報に関する基本データを整備しつつある。したがって、シミュレーション 3 (simu3.bio) として、

- simu3.bio ; 電力、鉄鋼、石炭鉱業、コークス・石炭製品部門を除く各産業がバイオブリケットを購入するケース

を想定する。その際、バイオブリケットの購入価格は石炭価格の 2 倍とし、脱硫効果は、石炭起源の SO_x 排出係数を 1/2 にすることによって与える。

4 計測結果－オーバービュー

はじめに、我々のモデルから理論値として計測される省別の CO₂ 排出量 (図 2) を見てみると、最も CO₂ 負荷が高い省は、遼寧省であり、2.4 億トンの CO₂ を排出している。そして、山東省 (2.3 億トン)、黒龍江省 (2.3 億トン)、河北省 (2.3 億トン)、江蘇省 (2.1 億トン) の順に高い値を示しており、経済活動の活発な沿岸部や寒冷地帯である北東部地域が大きな値を示している。部門別に排出構成を見ると (図 3)、第 1 位は電力部門；8.6 億トン、第 2 位は生活消費；4.1 億トン、第 3 位は鉄鋼業；4.1 億トン、第 4 位は窯業・土石；3.2 億トンであり、特に電力産業からの CO₂ 排出は全体の約 3 割を占める。また、産業部門の CO₂ 負荷は、27.6 億トンであり、冒頭に参照した世界銀行 ([2]) の値をわずかに上回っている。そして、燃料種類別に見ると、石炭起源の CO₂ は、全体の 8 割程度を占め、他の燃料種からの CO₂ 排出量を大きく上回っている。

つぎに、SO_x について吟味してみよう。図 4 は省別の SO_x 排出量を示しており、山東省 (290 万トン)、四川省 (269 万トン)、江蘇省 (251 万トン)、河北省 (151 万トン) および陝西省 (130 万トン) が上位 5 省である。図 2 で示した CO₂ 排出量と比較すると、CO₂ 負荷と SO_x 負荷の地域分布には大きな差異が存在している。それは、消費される石炭に含まれる炭素含有量は、データの制約から、各省で同一の値を用いざるを得ないが、硫黄含有量は、省別に異なる値を利用しているからである (科技庁 [5])。特に、四川省や陝西省の高い SO_x 負荷は、同省で消費される石炭の硫黄含有量が高いことが主要な要因である。

また、部門別の SO_x 排出量を見ると (図 5)、CO₂ 排出量と同様に、電力部門がもっとも高く (868 万トン)、第 2 位は生活消費、第 3 位は窯業・土石、第 4 位は鉄鋼業となっている。さらに排出起源を確認しておくと、やはり石炭起源の SO_x 排出量がもっとも高く、全体の 9 割を超えるシェアを占めている。

つぎに、環境シミュレーションの結果の概要を見てみよう。

はじめに、注意点を述べておく。表 2 において、シミュレーション 2 とシミュレーション 3 は、名目 GDP と実質 GDP が符号の異なる伸び率を示している。それは、今回のシミュレーション計算では、環境保全型の産業技術の導入を限界費用の上昇として反映させており、結果として、名目 GDP が上昇している。ただし、名目 GDP は、国内生産額だけでなく、コンポジット財価格と国内価格の相対的な変動関係によって決定されることから、ダブルデフレーションした後の実質 GDP は低下することを示している。また、表 3 において、農業部門の CO₂ 負荷と SO_x 負荷の伸び率が他の産業部門と異なる動きをしている。それは、最終需要の上昇によって非農業部門の生産量が上昇する場合 (シミュレーション 1) は、非農業部門の労働需要が増大し、農業部門への労働供給量が低下することから、結果的に農業生産量が減少することに起因する。また限界費用が上昇する場合 (シミュレーション 2) は、非農業部門の生産量の減少→非農業部門の労働需要の低下→農業労働供給の上昇→農業生産量の上昇によって、CO₂ 負荷と SO_x 負荷が上昇することが言える。

つぎに、各シミュレーション計算の結果を表2と表3によって見ていこう。

シミュレーション1は、表2で示すように、政府消費、固定資本形成および輸出がそれぞれ1%増加した時の経済変数と環境変数の動きを示しており、各外生変数のなかでは、固定資本形成による実質GDPの弾力性が0.14と最も高く、政府消費と輸出はそれぞれ0.07と0.08である。また、固定資本形成のGDP弾力性の高い値と対応して、CO₂弾力性は0.38、SO_x弾力性は0.40であって、外生変数の中では、やはり高い値を示す。表3によって、部門別のCO₂とSO_x弾力性を見ると、政府消費では、サービス業、医薬品、固定資本形成では建設業、窯業・土石および鉄鋼業、そして、輸出では繊維、化学繊維部門の伸び率（弾力性）が高く、各最終需要ベクトルの品目構成によって、各部門の弾性値に大きな相違が見られる。

つぎに、CO₂排出量の削減をターゲットとするシミュレーション2を表2で見てみよう。

石炭火力発電部門に加圧流動床燃焼や石炭ガス複合発電を導入するsimu2.1とsimu2.2では、実質GDPは、それぞれ0.003%と0.01%減少し、CO₂排出量は、1.31%と1.08%減少すると評価されており、加圧流動床燃焼を導入する方が、実質GDPの引き下げ効果が小さく、CO₂削減効果が高い結果を示している。simu2.3は、電力と農業以外の産業部門がボイラーを更新するか、あるいは産業用キルンを導入したケースであり、実質GDPは0.02%減少するが、CO₂の削減効果は21.1%と大きな値を示す。そして、simu2.1とsimu2.3を組み合わせたsimu2.4と、simu2.2とsimu2.3を組み合わせたsimu2.5を見ると、それらのCO₂削減効果は、22.7%と22.4%と大きな値を示し、基本的には農業部門と電力部門以外の産業部門のCO₂負荷を50%にするという強い想定を置いているsimu2.3の想定が、CO₂削減効果として大きく寄与していることが分かる。

また、表3によって、産業部門別に削減効果を見ると、simu2.1とsimu2.2では、電力以外の産業部門に大きな削減効果は現れていないが、simu2.3、simu2.4およびsimu2.5では、simu2.3の影響によって、紙・紙製品、食品・飲料部門、医薬品、繊維部門の削減効果が高く、それは、CO₂排出量に占める石炭起源のCO₂の比率が高い部門であることが分かる³。

さらに、バイオブリケットを導入したSO_x削減シミュレーション3(simu3.bio)をみると(表2)、シミュレーション2と同様に、バイオブリケットの導入によって実質GDPは低下するが、SO_x削減効果は、22.3%と大きな値を示している。また、SO_x削減効果を部門別(表3)を見ると、バイオブリケットを購入すると仮定した各産業部門が高い値を示す一方、バイオブリケットを購入しないと仮定した産業部門や石炭を燃料としてほとんど使用しない部門が低い値を示している。

最後に、SO_xは、直接的に地域住民の健康に影響することから、バイオブリケット導入による削減効果を省別に見てみると(図6)、第1位は山東省の616千トン、第2位は江蘇省の583千トンであって、以下、四川省；536千トン、貴州省；401千トン、そして雲南省；329千トンの順に高い値を示し、それは、図4に見られるSO_x排出量の高い地域に大きな削減効果をもたらすことが伺える。

³各産業のCO₂排出量に占める石炭起源のCO₂の比率が高い部門は、第1位；紙・紙製品、第2位；電力、第3位；食品・飲料、第4位；医薬品、第5位；繊維である。

5 まとめ

本論文では、我々の環境・経済モデルの基本構造を概観し、いくつかの環境シミュレーションの計測結果を示した。モデル計算から得られる中国の環境情報をまとめてみよう。

CO₂ と SO_x 排出量は、各省ごとに大きな相違があり、CO₂ については、遼寧省は海南省の約 50 倍、そして、SO_x については、山東省は海南省の約 90 倍もの開きがあり⁴、それは、環境保全対策を行う際には、地域によって、環境状況が大きく異なることを考慮に入れる必要性を示唆している。

また、シミュレーション 1 については、各外生変数の品目構成の相違によって、CO₂ と SO_x 排出量が誘発される産業部門は大きく異なり、有効需要を刺激する様々な経済政策ごとに、CO₂ 負荷と SO_x 負荷が大きく異なることが分かる。シミュレーション 2 とシミュレーション 3 では、それぞれの想定に対応して産業部門の CO₂ と SO_x の削減量は異なるが、CO₂ と SO_x の排出量の著しい削減効果と対照的に、実質 GDP の低減効果が小さいことが特徴的である。また、図 6 が示すように、SO_x 削減量の地域分布は大きく異なり、それは、バイオブリケットを導入する地域を吟味する際の一つの指針といえよう。

しかし、今後、解決していかなければならない問題点も明らかである。それは、現在の環境・経済モデルは、フルモデルとして完成しているわけではなく、内生変数として組み込むべき金利等の内生化が完了していない。環境投資が巨額になるという想定のもとでシミュレーションを行う場合、クラウドイングアウト (他の投資の締め出し効果) の問題が生じてくることも考えられよう。また、環境シミュレーションにおいては、環境保全型技術を導入する産業部門の限界費用のみを考慮しており、そういった技術が投資財として経済・環境に与える波及効果が計測できていない。そして、シミュレーションに用いた限界費用の情報も粗い推計値にとどまっている。

本稿で示したシミュレーションは、非常にドラスティックなケースを想定している。その理由の 1 つは、我々の構築した環境・経済モデルがうまく作動しているかどうかを確認するためでもある。現実的に選択可能な政策メニューを提示するためにも、環境・経済モデルをフルモデルとして完成させること、CO₂ や SO_x を削減するための環境技術情報とそのコスト関連の情報を入手すること、そして、省別に消費ベースの石炭の炭素含有量と硫黄含有量の情報をアップ・デートしていくことが不可欠であって、それについては、今後の課題としたい。

⁴我々のモデルでは、CO₂ 負荷と SO_x 負荷が最小の省は、西藏自治区であるが、データの欠損値があることから、29 番目の省で比較している。

参考文献

- [1] Sweet, William and Hood, Marlowe (1999) "Can China consume less coal?", *IEEE Spectrum November*
- [2] The World Bank(各年) 'World Development Indicators'
- [3] 朝倉啓一郎・中島隆信・鷲津明由 (1998)「中国地域データベースの作成と CO₂ 排出量の概算」KEO DISCUSSION PAPER、学振未来開拓-慶大産研、No.27
- [4] 稲田義久・藤川清史・室田弘尋・足立直己 (1997)「中国の経済成長とエネルギー・環境問題の分析」『経済分析』No.154
- [5] 科学技術庁科学技術政策研究所 (1992)『アジアのエネルギー利用と地球環境』大蔵省印刷局
- [6] 黒田昌裕 (1989)『一般均衡の数量分析』モダンエコノミックス 19 岩波書店
- [7] 黒田昌裕、木地孝之、吉岡完治、早見均、和田義和 (1996)『中国のエネルギー消費と環境問題』通商産業研究所 研究シリーズ 27。
- [8] 小島麗逸編 (1989)『中国経済統計・経済法解説』, アジア経済研究所
- [9] 綜研 (株)/中国国家統計局 (1997)『中国富力』, NEC クリエイティブ
- [10] 中国国家統計局 (1995),『中国投入産出表 (1992 年)』, 中国統計出版社
- [11] 中国国家統計局 (1992-1997),『中国統計年鑑 (1992-1997 年版)』, 中国統計出版社
- [12] (中国) 各省統計局 (1993),『各省別統計年鑑 (1993 年版), 全 30 冊』, 中国統計出版社
- [13] 國務院発展研究中心・中国経済年鑑編集委員会 (1992-1997),『中国経済年鑑 (1992-1997 年版)』, 经济管理出版社 (1994 年以降は、中国経済年鑑出版社)
- [14] 中国国家統計局 (1993),『中国農村統計年鑑 (1993 年版)』, 中国統計出版社
- [15] 中国国家統計局 (1993),『中国工業経済統計年鑑 (1993 年版)』, 中国統計出版社
- [16] 全国第三産業普查公室,『中国首次第三業普查資料 (1991-1992 年版)(第三次産業センサス)』, 中国統計出版社
- [17] 中国国家統計局 (1996),『中国人口統計年鑑 (1996 年版)』, 中国統計出版社
- [18] 中国国家統計局 (1994),『中国城鎮居民家庭収支調査資料 (1994 年版)』, 中国統計出版社
- [19] 中国国家統計局 (1997),『中国物価及中国城鎮居民家庭収支調査資料 (1997 年版)』, 中国統計出版社
- [20] 通産省通産研究所 (1994)『エネルギー消費大気汚染分析用産業連関表』、通商産業調査会出版部
- [21] 通産省・慶應義塾大学・中国環境問題産業連関分析研究会 (1995)『日中共通分類：エネルギー消費・大気汚染分析用産業連関表』(改訂版)
- [22] 辻村江太郎・黒田昌裕 (1973)『日本経済の一般均衡分析』筑摩書房
- [23] 辻村江太郎 (1981)『計量経済学』岩波書店
- [24] (日本) 総務庁統計局 (1998),『家計調査年報 (平成 9 年版)』, 日本統計協会
- [25] 吉岡完治・溝下雅子 (1998)「中国環境経済モデルの構想」、KEO Discussion Paper No.10、慶應義塾大学産業研究所。

表 1: 環境・経済モデルの理論値

項目	理論値	単位
名目 GDP	26.6	千億元
GDP デフレーター	100.00	
実質 GDP	26.6	千億元
CO ₂ 排出量	31.7	億トン
SO _x 排出量	27.7	百万トン

表 2: 環境シミュレーションの計測結果

項目	シミュレーション 1			シミュレーション 2					シミュレーション 3
	Simu1.G	Simu1.I	Simu1.E	Simu2.1	Simu2.2	Simu2.3	Simu2.4	Simu2.5	Simu3.bio
名目 GDP	0.09	0.29	0.13	0.01	0.02	0.23	0.24	0.25	0.50
GDP デフレーター	100.02	100.15	100.05	100.01	100.03	100.25	100.26	100.28	100.51
実質 GDP	0.07	0.14	0.08	-0.003	-0.01	-0.02	-0.025	-0.028	-0.02
CO ₂ 排出量	0.12	0.38	0.19	-1.31	-1.08	-21.10	-22.72	-22.43	-
SO _x 排出量	0.13	0.40	0.20	-	-	-	-	-	-22.26

ただし

Simu1.G ; 政府消費 1 % 上昇ケース

Simu1.I ; 固定資本形成 1 % 上昇ケース

Simu1.E ; 輸出 1 % 上昇ケース

Simu2.1 ; 石炭火力発電量の 5 割を加圧流動床燃焼に代替するケース

Simu2.2 ; 石炭火力発電量の 5 割を石炭ガス化複合発電に代替するケース

Simu2.3 ; 電力部門と農業部門以外の産業部門が石炭起源の CO₂ 負荷を 5 割削減するために産業用ボイラーと産業用キルンを更新するケース

Simu2.4 ; simu2.1 と simu2.3 の総合ケース

Simu2.5 ; simu2.2 と simu2.3 の総合ケース

Simu3-bio ; 電力、鉄鋼、石炭鉱業およびコークス・石炭製品部門を除く各産業がバイオブリケットを購入するケース

表 3: 環境シミュレーションによる産業部門別の CO₂・SO_x 変化率

産業部門	シミュレーション 1 (CO ₂ ・SO _x)			シミュレーション 2 (CO ₂)					シミュレーション 3
	Simu1.G	Simu1.I	Simu1.E	Simu2.1	Simu2.2	Simu2.3	Simu2.4	Simu2.5	Simu3.bio(SO _x)
農業	-0.42	-0.78	-0.37	0.01	0.03	0.13	0.14	0.15	-52.72
石炭鉱業・洗炭	0.14	0.37	0.26	-0.02	-0.04	-50.19	-50.21	-50.23	-0.07
石油と天然ガス採掘	0.17	0.34	0.35	-0.02	-0.03	-4.35	-4.37	-4.39	-16.23
その他鉱業	0.11	0.47	0.24	-0.01	-0.03	-49.40	-49.41	-49.43	-62.51
食品・飲料たばこ	0.15	0.29	0.22	0.00	0.00	-64.42	-64.42	-64.42	-68.03
繊維	0.07	0.16	0.43	0.00	-0.01	-63.72	-63.73	-63.73	-67.69
紙・紙製品	0.19	0.30	0.18	-0.01	-0.02	-66.39	-66.40	-66.41	-68.17
電力・蒸気・熱水生産供給	0.17	0.41	0.23	-4.88	-3.97	-0.11	-4.99	-4.08	-0.11
石油精製	0.21	0.40	0.21	-0.01	-0.02	-18.12	-18.13	-18.14	-17.42
コークス・ガス・石炭関連製品	0.11	0.36	0.21	-0.01	-0.01	-24.32	-24.33	-24.34	-0.02
化学工業	0.11	0.27	0.30	-0.02	-0.03	-41.10	-41.11	-41.13	-55.26
医薬品	0.22	0.27	0.23	0.00	-0.01	-63.86	-63.87	-63.87	-66.71
化学繊維	0.09	0.23	0.36	-0.01	-0.02	-21.71	-21.71	-21.72	-47.34
窯業・土石	0.10	0.61	0.16	-0.01	-0.01	-62.34	-62.34	-62.35	-65.74
鉄鋼業	0.09	0.59	0.21	-0.01	-0.02	-30.52	-30.53	-30.55	-0.08
非鉄金属	0.08	0.29	0.26	-0.02	-0.03	-48.75	-48.77	-48.78	-57.80
機械・電気電子機械	0.09	0.43	0.20	-0.01	-0.01	-47.56	-47.56	-47.57	-60.35
その他製造業	0.12	0.33	0.31	-0.01	-0.01	-55.88	-55.89	-55.89	-64.70
建設	0.01	0.97	0.01	0.00	0.00	-25.89	-25.89	-25.89	-47.47
交通郵便通信業	0.18	0.41	0.24	-0.01	-0.01	-24.11	-24.12	-24.12	-45.80
商業	0.21	0.40	0.19	0.00	-0.01	-54.65	-54.65	-54.65	-66.01
サービス	0.48	0.26	0.16	0.00	-0.01	-34.64	-34.65	-34.65	-62.03
産業全体 (CO ₂)	0.12	0.38	0.20	-1.51	-1.24	-24.64	-26.57	-26.22	
産業全体 (SO _x)	0.13	0.40	0.21						-25.91

図 1: 中国地域モデルのフローチャート

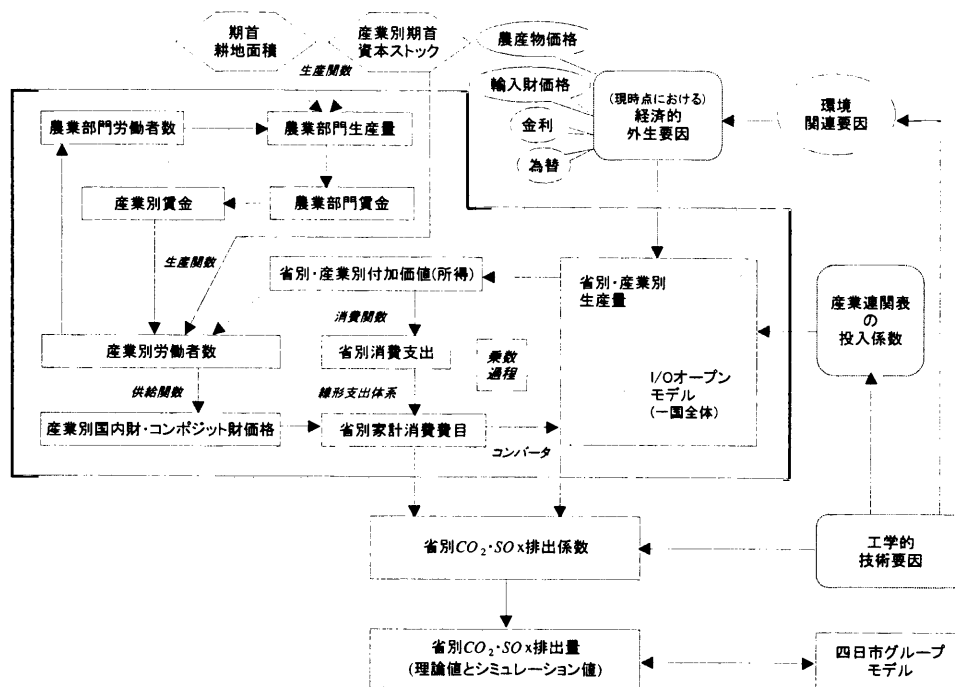


図 2: 1992 年 CO₂ 排出量 (万トン)

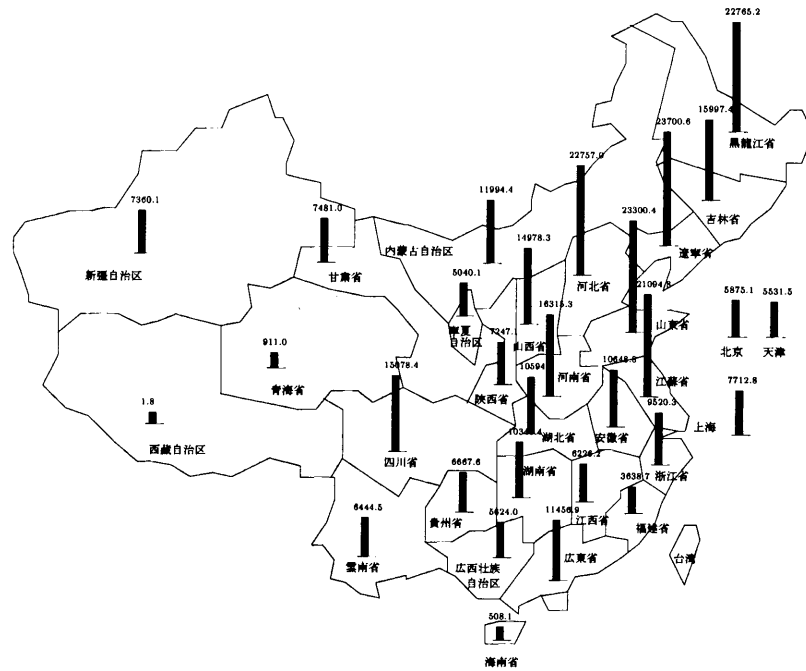


図 3・ 1992 年 部門別 CO₂ 排出量

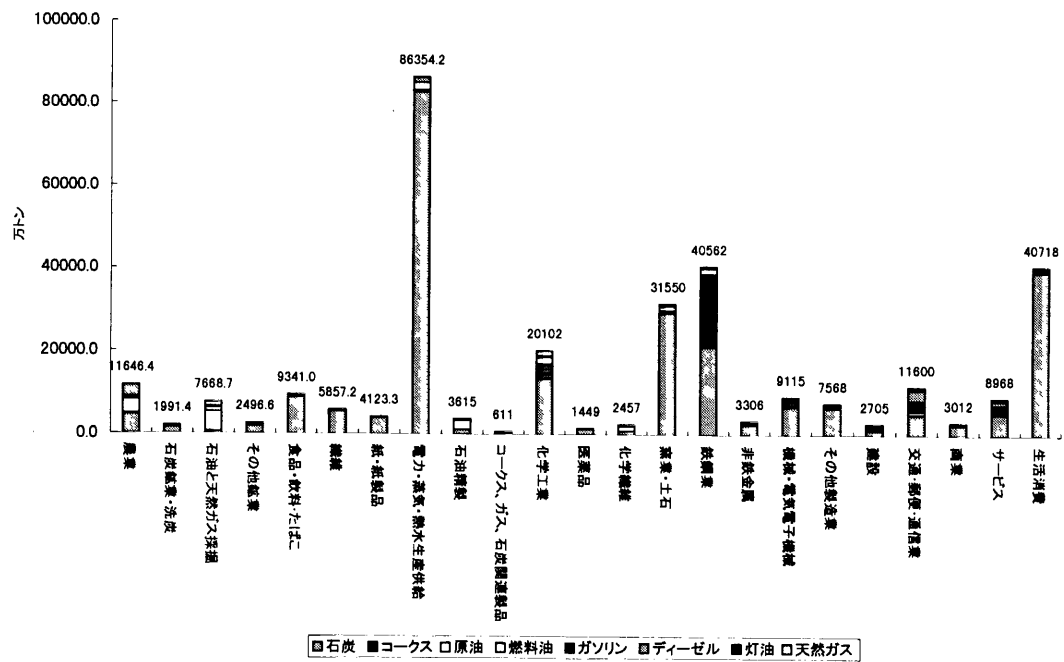


図 4: 1992 年 SO_x 排出量 (万トン)

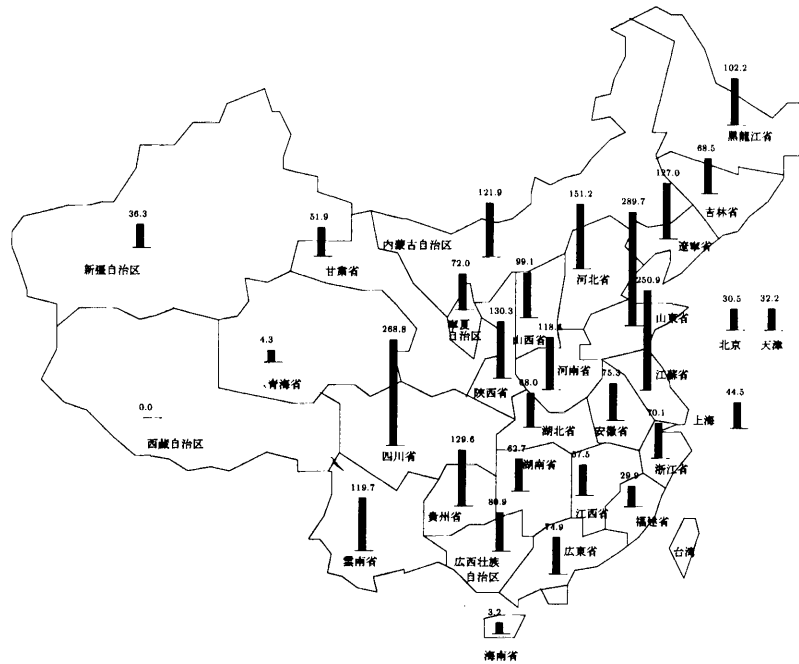


図 5: 1992 年 部門別 SO_x 排出量

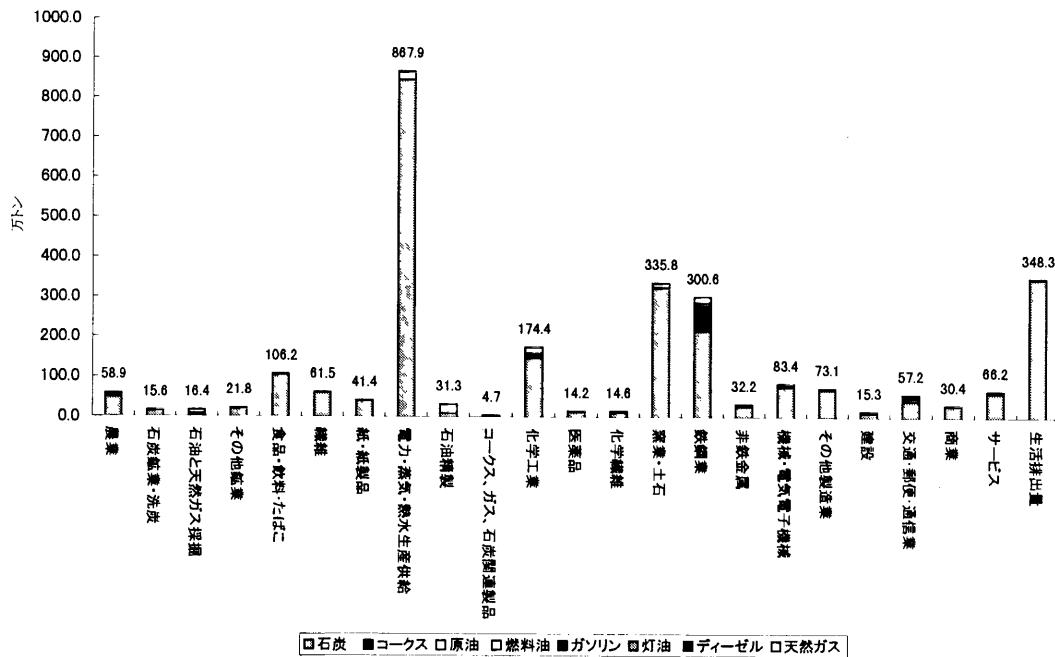


図 6: バイオブリケットの導入による SO_x 削減効果 (千トン)

