

Title	中国経済モデルによる環境シミュレーション
Sub Title	
Author	朝倉, 啓一郎(Asakura, Keiichiro) 中野, 諭(Nakano, Satoshi) 鷺津, 明由(Washizu, Ayu) 中島, 隆信(Nakajima, Takanobu)
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-117
JaLC DOI	
Abstract	概要我々は、中国において、経済成長と環境保全が両立する経済社会構造を模索するために、中国の地域別の経済・環境データベースと環境シミュレーションが可能な経済モデルを構築してきた。本稿は、前論文「中国地域モデルによる環境シミュレーション」において、外生変数として取り扱われていた金利を内生化し、技術情報の挿入方法を修正した環境シミュレーションを行う。環境シミュレーションのメニューは、石炭火力発電を加圧流動床燃焼と石炭ガス化複合発電に代替するケースと石炭をバイオブリケットに代替するケースである。シミュレーション計算の結果、新技術の導入によって、CO ₂ とSO _x の排出量は大きく低下するが、経済変数に与える影響は相対的に軽微であることが明らかになった。
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=AA12113622-00000117-0001

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.

中国経済モデルによる環境シミュレーション

朝 倉 啓一郎
中 野 諭
鷺 津 明 由
中 島 隆 信

No.G-117

学振未来 WG4-24

中国経済モデルによる環境シミュレーション

朝倉啓一郎* 中野諭† 鷲津明由‡ 中島隆信§

平成 12 年 9 月

キーワード

中国、環境・経済モデル、CO₂・SO_x 排出量、環境シミュレーション、バイオブリケット

概要

我々は、中国において、経済成長と環境保全が両立する経済社会構造を模索するために、中国の地域別の経済・環境データベースと環境シミュレーションが可能な経済モデルを構築してきた。本稿は、前論文「中国地域モデルによる環境シミュレーション」において、外生変数として取り扱われていた金利を内生化し、技術情報の挿入方法を修正した環境シミュレーションを行う。環境シミュレーションのメニューは、石炭火力発電を加圧流動床燃焼と石炭ガス化複合発電に代替するケースと石炭をバイオブリケットに代替するケースである。シミュレーション計算の結果、新技術の導入によって、CO₂ と SO_x の排出量は大きく低下するが、経済変数に与える影響は相対的に軽微であることが明らかになった。

* 慶應義塾大学産業研究所 (未来開拓プロジェクト)

† 慶應義塾大学大学院商学研究科

‡ 早稲田大学社会科学部

§ 慶應義塾大学商学部

中国経済モデルによる環境シミュレーション

朝倉啓一郎* 中野諭† 鷺津明由‡ 中島隆信§

平成 12 年 9 月

1 はじめに

我々は、中国において、経済成長と環境保全が両立する経済社会構造を模索するために、中国の地域別の経済・環境データベースと環境シミュレーションが可能な経済モデルを構築してきた。本稿は、中島・朝倉・鷺津・中野・鬼頭・大平 [29] において、外生変数として取り扱われていた金利を内生化し、技術情報の挿入方法を修正した環境シミュレーションを行う。環境シミュレーションのメニューは、石炭火力発電を加圧流動床燃焼と石炭ガス化複合発電に代替するケースと石炭をバイオブリケットに代替するケースである。環境対策のための工学的な技術情報は、完全な形ではモデルに導入されていないが、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の変動と CO_2 ・ SO_x の削減効果について、シミュレーション計算の結果を提示する。

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 [31] に示されているとおりである。詳細なモデルの構成は、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。なお、巻末に付表 1～3 として、方程式体系と経済・環境変数を掲載している)

我々の作成した中国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に作動す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モデルである。ただし、財の需要の増加に対して供給が無制限に行われるのではなく、短期限界費用と一致する供給関数を想定している。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、農業部門の賃金は、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

* 慶應義塾大学産業研究所 (未来開拓プロジェクト)

† 慶應義塾大学大学院商学研究科

‡ 早稲田大学社会科学部

§ 慶應義塾大学商学部

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、非農部門に追加的な労働需要があった場合は、常に農業部門から吸収できると想定している。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と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。その情報を利用することによって、各産業の技術構造はすべての省で共通という仮定をおいた上で、産業構造の異なる各省から排出されるCO₂とSO_x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CO₂とSO_xの量も省別に計測可能となっている。朝倉・中島・鷺津[4]で示されるように、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、環境保全型の新技術の導入は、新たな投資を必要とし、それは、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は、エネルギー財の投入原単位が低下し、短期限界費用を押し下げ、生産物価格の下落をもたらすかもしれない。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、クラウドディングアウトをもたらすであろう。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が示すように我々のモデルの基本形は至ってシンプルである。それだけに、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といえよう。

3 経済・環境統計とモデルの留保条件

中国モデルの構築のために、1992年産業連関表を中心とした中国の統計報告書([13]～[24])を利用している。産業連関表にかんしては、1997年表が公表されているが、中国の統計報告書がMPS体系からSNA体系へと移行することによって、各省の産業構造とCO₂・SO_x排出量の関連性を把握するために必要な社会総産値の入手が困難になったために、本モデルでは、1992年表を利用している。また、詳細な時系列情報の入手が困難であったために、クロスセクションデータにもとづくモデルであることに留意されたい。そして、各種パラメータは、消費関数、投資関数および貨幣の需給関数は推定による値であるが、消費需要関数のパラメータは、黒田[9]を利用し、他のパラメータは、産業連関表と中国統計年鑑によって計算している。

4 環境シミュレーションの概要

我々は、前章で概説した経済モデルにもとづいて、つぎの経済・環境シミュレーションをおこなう。その際、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、環境保全技術の詳細なコストや技術情報を確定できなかった。したがって、今回は、環境保全技術が産業部門の投入原単位（投入係数）を変化させ、短期限界費用が変動することのみを考慮しており、技術移転のケースを想定していることに留意されたい。

4.1 シミュレーション1

シミュレーション1では、モデルの外生変数である政府消費と輸出について、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%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.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。

4.2 シミュレーション2 -CO₂削減-

中国のCO₂排出量は、約8割が石炭起源であり、産業部門別では、電力が全体の約3割を占める。したがって、シミュレーション2では、電力部門に着目し、新しい電力生成技術が導入された時の経済変数の動きとCO₂削減効果を吟味する。

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[2]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、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-0.1305kg、石炭ガス化複合発電のケースで-0.1044kgとなる。ところで、1992年の中国の発電総量は7539億kwhであり、そのうち石炭火力発電が6215億kwhを占める。したがって、石炭火力の10%が加圧流動床設備に置き換えられたならば、単純計算すると0.1305(kg/kwh)×621.5億(kwh)=811万トンのCO₂が削減される。一方、石炭火力発電量の10%を石炭ガス化複合発電に代替する場合には、649万トンが削減できる。我々の環境データベースによれば、電力部門の石炭起源のCO₂負荷は、8.3億トンで

あることから、加圧流動床燃焼のケースでは約 1 %、石炭ガス化複合発電のケースでは約 0.8 %の CO₂ 負荷が削減される。

同様の試算を石炭火力発電量の 30 %更新と 50 %更新のケースについても行っており、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。

シミュレーションにおいては、図 6 で示すように、発電効率の上昇と CO₂ 負荷の低下率を対応させる。そして、電力部門の石炭投入原単位（石炭投入係数）と石炭起源の CO₂ 排出原単位を、加圧流動床燃焼のケースでは 4.9 %、石炭ガス化複合発電のケースでは 3.9 %、それぞれ低下させることによって、経済変数と環境変数の変動を吟味する。

シミュレーション 2 を整理すると、

- 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

となる。

4.3 シミュレーション 3 -CO₂・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の製造装置を導入している。バイオブリケットとは、豆炭の一種であり、石炭の代替財に相当する。成都市バイオブリケット研究グループ [12] は、バイオブリケットが 3 ~ 5t/cm² の高圧力の下で、石炭、バイオマス、および脱硫剤を混合することによって作成・製造されることを示し、バイオブリケットの製造実験によって得られる原材料構成を計測している。したがって、シミュレーション 3 では、そういった技術情報を利用して、石炭がバイオブリケットに代替したときの CO₂ 負荷と SO_x 負荷の削減効果を計算する。

シミュレーション計算では、図 6 の下に示すように、バイオブリケットの素材構成に対応して、石炭の投入原単位を低下させ、農業、石炭、電力および窯業・土石の投入原単位を上昇させる。また、バイオブリケットは、発熱量等の技術的な制約から、利用可能な産業に限られることから、今回は、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と想定する。そして、CO₂ 排出原単位は、石炭投入量の減少に対応して低下させ、SO_x 削減率は、前掲論文 [12] より 67 %とする。なお、シミュレーション計算では、図中に示すように、「実験型」と「普及型」の 2 つのバイオブリケットを取り上げ、CO₂・SO_x 削減の削減シミュレーションをそれぞれ行う¹。

したがって、シミュレーション 3 は、

¹ 「実験型」と「普及型」の大きな相違点は、電力使用量に起因する。詳細は、成都市バイオブリケット研究グループ [12] を参照。

- simu3.1 ; 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「実験型」バイオブリケットを購入するケース
- simu3.2 ; 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「普及型」バイオブリケットを購入するケース

である。

5 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 (表 1)、冒頭に参照した世界銀行 ([3]) の値をわずかに上回る。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ことがわかる。

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 [8])。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、各シミュレーション計算の結果を図 7、図 8、図 9 と表 2 によって見ていこう。

シミュレーション 1 は、政府消費と輸出がそれぞれ 1 % 増加した時の経済変数と環境変数の動きを計測しており、政府消費と輸出の実質 GDP の弾力性は、それぞれ 0.06 と 0.09 である。つぎに、輸出の CO₂ と SO_x 弾力性は、正の値を示すが、政府消費の CO₂ と SO_x 弾力性は、最終需要の増加にもかかわらず、負の値を示している。それは、外生的な追加需要により、実質 GDP が上昇するが、金利の上昇によって投資が減少したことに起因しており、クラウドディングアウトによっ

て、CO₂ と SO_x の誘発排出量が低下したといえる。なお、建設部門の最終需要は、固定資本形成(投資)のみによって構成されていることから、政府消費および輸出の上昇によって生じるクラウディングアウトの影響により、マイナスの伸び率を示すことになる。

シミュレーション2では(表2と図8)、電力部門の発電効率の上昇に対応して石炭投入原単位を低下させたことから、CO₂ 負荷の低下は、石炭鉱業部門と電力部門が大きく、simu2.1では-1.1%と-4.8%、simu2.2では、-0.9%と-3.8%変化する。また、CO₂ 負荷全体では、simu2.1が-1.31%、simu2.2が-1.05%であり、simu2.1の加圧流動床燃焼を導入する方が、CO₂ 削減効果がやや高い結果を示している。一方、経済変数に与える影響は軽微であり、実質GDPは、ほぼ一定のままである。しかし、石炭投入原単位を低下させたために、図8で示すように、生産物価格は低下し、結果的にわずかなデフレ効果が生じている。

そして、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(simu3.1とsimu3.2)を見ると(表2と図9)、CO₂ と SO_x の変化率については、simu3.1では、それぞれ-16%と-29%と大きな値を示し、simu3.2のケースでは、simu3.1よりさらに削減効果は大きく、-17%と-30%を示す。simu3.2(普及型)の方が削減効果が高い理由は、図6で示したように、普及型バイオブリケットの方が実験型バイオブリケットより電力投入量が相対的に小さいことが原因であるといえよう。また、バイオブリケットを導入すると仮定した各産業部門が高い削減効果を示す一方、バイオブリケットを導入しない産業部門が低い値を示すことが確認できる。そして、産業部門の投入原単位を変更し、限界費用を変化させたことにより、図9に示すように、生産物価格は上昇し、経済全体にインフレ効果を引き起こす。結果として、実質GDPは、わずかではあるが、simu3.1では0.02%、simu3.2では0.09%上昇する。

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量を省別に見てみると(図10)、第1位は山東省の804千トン、第2位は江蘇省の765千トンであって、以下、四川省;701千トン、貴州省;530千トン、雲南省;432千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。

6 小括

本報告では、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²、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。

²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。

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排出量が変動す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負荷が異なることが確認できる。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の排出量の削減効果とは対照的に、経済全体に与える影響は相対的に軽微であることが特徴である。そして、図10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。

本報告論文のシミュレーションは、非常にシンプルかつ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シミュレーションのための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。また、今回のシミュレーションは、環境対策技術の完全な外部導入のケースの評価であって、環境対策技術が中国国内で製造され、投資財として経済・環境に与える効果を計測していない。したがって、そういった総合的な環境影響をより精密に評価するためには、個別の地域・産業ごとのミクロ的な環境・経済モデルの開発や環境技術とそのコスト関連の精確な情報を入手することが必要であり、それについては今後の課題としたい。

参考文献

- [1] Ezaki,Mitsuo and Lin,Sun(2000)"Trade Liberalization and the Economy of China:A Dynamic CGE Analysis(1997-2010)" *APEC Discussion Paper Series*, No.29, APEC STUDY CENTER, GRADUATE SCHOOL OF INTERNATIONAL DEVELOPMENT, NAGOYA UNIVERSITY & IDE-JETRO
- [2] Sweet,William and Hood,Marlowe (1999) "Can China consume less coal ?", *IEEE Spectrum November*
- [3] The World Bank(各年) 'World Development Indicators'
- [4] 朝倉啓一郎・中島隆信・鷺津明由 (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*、No.27、学振未来開拓-慶大産研
- [5] 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
- [6] 江崎光男 (1977)『日本経済のモデル分析』創文社
- [7] 江崎光男・孫林 (1998)「中国経済の成長会計分析 (1981-95 年)」『名古屋大学国際開発研究科紀要』No.10
- [8] 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
- [9] 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
- [10] 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。
- [11] 小島麗逸編 (1989)『中国経済統計・経済法解説』,アジア経済研究研究所
- [12] 成都市バイオブリケット研究グループ (2000)「1999 年度成都市バイオブリケット追跡調査報告書」*KEO Discussion Paper*、No.68、学振未来開拓-慶大産研、
- [13] 綜研(株)/中国国家統計局 (1997)『中国富力』,NEC クリエイティブ
- [14] 中国国務院発展研究中心・中国経済年鑑編集委員会 (1992-1997),『中国経済年鑑 (1992-1997 年版)』, 経済管理出版社 (1994 年以降は、中国経済年鑑出版社)
- [15] 中国国家統計局 (1995),『中国投入産出表 (1992 年)』,中国統計出版社
- [16] 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
- [17] 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
- [18] 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
- [19] 中国国家統計局 (1993),『中国労働統計年鑑 (1993 年版)』,中国統計出版社
- [20] 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
- [21] 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
- [22] 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
- [23] 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
- [24] 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
- [25] 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
- [26] 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)
- [27] 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
- [28] 辻村江太郎 (1981)『計量経済学』岩波書店
- [29] 中島隆信・朝倉啓一郎・鷺津明由・中野諭・鬼頭浩文・大平純彦 (2000)「中国地域モデルによる環境シミュレーション」、*KEO Discussion Paper*、No.71、学振未来開拓-慶大産研
- [30] (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
- [31] 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、学振未来開拓-慶大産研

表 1: 環境・経済モデルの主要理論値

主要経済変数	理論値	単位	主要環境変数	理論値	単位
一人当たり賃金 (農業)	1909	元	CO ₂ 排出量 (CO ₂ 換算)		
労働供給	5.2	億人	産業	27.6	億トン
労働供給 (農業)	2.6	億人	家計	4.1	億トン
労働供給 (非農業)	2.6	億人	計	31.7	億トン
実質・名目生産額	68.5	千億元	SO _x 排出量 (Sox 換算)		
名目・実質輸入額	5.2	千億元	産業	24.2	百万トン
名目・実質消費	12.5	千億元	家計	3.5	百万トン
名目・実質投資	8.3	千億元	計	27.7	百万トン
名目・実質 GDP	26.6	千億元			
金利	8.64	%			
GDP デフレーター	100				
コンボジット財・国内財価格	1.00				

表 2: シミュレーションによる産業部門別の CO₂・SO_x 変化率

単位: %

産業部門	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			
	CO ₂ と SO _x		CO ₂		simu3.1		simu3.2	
	Simu1.G	Simu1.E	Simu2.1	Simu2.2	CO ₂	SO _x	CO ₂	SO _x
農業	0.09	0.27	-0.06	-0.05	-21.73	-79.71	-21.54	-79.52
石炭鉱業・洗炭	-0.01	0.09	-1.14	-0.91	-23.86	-23.86	-15.87	-15.87
石油と天然ガス採掘	0.00	-0.01	-0.06	-0.06	-4.26	-22.34	-4.34	-22.43
その他鉱業	-0.08	0.02	-0.02	-0.01	-50.85	-98.66	-50.47	-98.27
食品・飲料たばこ	0.06	0.15	-0.02	-0.01	-65.67	-109.12	-65.64	-109.09
繊維	0.00	0.41	0.00	0.00	-65.22	-108.64	-65.16	-108.57
紙・紙製品	0.05	0.03	0.00	0.00	-67.83	-109.48	-67.54	-109.19
電力・蒸気・熱水生産供給	0.00	0.02	-4.80	-3.83	5.78	5.78	2.18	2.18
石油精製	0.05	0.03	-0.02	-0.02	-17.85	-23.63	-18.06	-23.85
コークス、ガス、石炭関連製品	-0.04	0.04	0.02	0.01	0.30	0.30	0.39	0.39
化学工業	-0.03	0.12	-0.01	-0.01	-42.13	-84.67	-41.76	-84.30
医薬品	0.11	0.11	0.01	0.01	-65.35	-106.57	-65.27	-106.49
化学繊維	-0.03	0.20	0.00	0.00	-22.34	-71.00	-22.17	-70.83
窯業・土石	-0.11	-0.06	-0.02	-0.02	-62.29	-103.20	-61.30	-102.21
鉄鋼業	-0.13	-0.06	-0.02	-0.02	-0.44	-0.44	-0.18	-0.18
非鉄金属	-0.07	0.06	0.01	0.00	-50.23	-89.91	-49.88	-89.56
機械・電気電子機械	-0.09	0.00	-0.02	-0.01	-48.49	-94.29	-48.41	-94.21
その他製造業	0.00	0.18	-0.01	-0.01	-57.14	-102.71	-57.02	-102.59
建設	-0.31	-0.31	-0.03	-0.02	-26.02	-70.88	-26.08	-70.94
交通郵便通信業	0.02	0.07	-0.02	-0.01	-22.23	-65.98	-23.40	-67.15
商業	0.05	0.03	0.00	0.00	-55.79	-105.25	-55.73	-105.20
サービス	0.38	0.06	0.00	0.00	-35.37	-97.54	-35.30	-97.48
産業計 (CO ₂)	-0.02	0.04	-1.50	-1.20	-18.53		-19.78	
家計 (CO ₂)	0.03	0.09	-0.015	-0.011	0.26	-	0.29	-
全体 (CO ₂)	-0.01	0.04	-1.31	-1.05	-15.91		-16.96	
産業計 (SO _x)	-0.02	0.04				-33.72		-35.43
家計 (SO _x)	0.02	0.07	-	-	-	0.18	-	0.25
全体 (SO _x)	-0.02	0.04				-28.77		-30.19
賃金	0.18	0.29	-0.11	-0.09	0.44		0.96	
労働供給 (農業部門)	-0.14	-0.11	0.08	0.07	-0.08		-0.12	
労働供給 (非農業部門)	0.14	0.11	-0.08	-0.07	0.07		0.12	
実質生産額	0.03	0.08	-0.03	-0.02	0.09		0.19	
実質輸入額	0.06	0.33	-0.11	-0.09	1.67		1.40	
名目消費	0.17	0.31	-0.10	-0.08	1.33		1.18	
実質消費	0.05	0.11	-0.02	-0.02	0.26		0.35	
実質投資	-0.34	-0.32	-0.05	-0.04	0.70	同左	0.63	同左
実質金利 (差)	0.12	0.12	0.02	0.01	-0.25		-0.23	
名目金利 (差)	0.16	0.30	-0.09	-0.08	1.27		1.13	
名目 GDP	0.22	0.39	-0.12	-0.10	1.69		1.51	
実質 GDP	0.06	0.09	0.00	0.00	0.02		0.09	
GDP デフレーター	100.16	100.31	99.88	99.90	101.69		101.43	
コンボジット財価格	0.13	0.27	-0.11	-0.09	1.93		1.39	
国内財価格	0.14	0.29	-0.12	-0.10	2.09		1.50	

*金利のみ理論値と計算値の差

ただし

Simu1.G; 政府消費 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

Simu3.1(実験機); 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『実験型』バイオブリケットを導入するケース

Simu3.2(普及機); 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『普及型』バイオブリケットを導入するケース

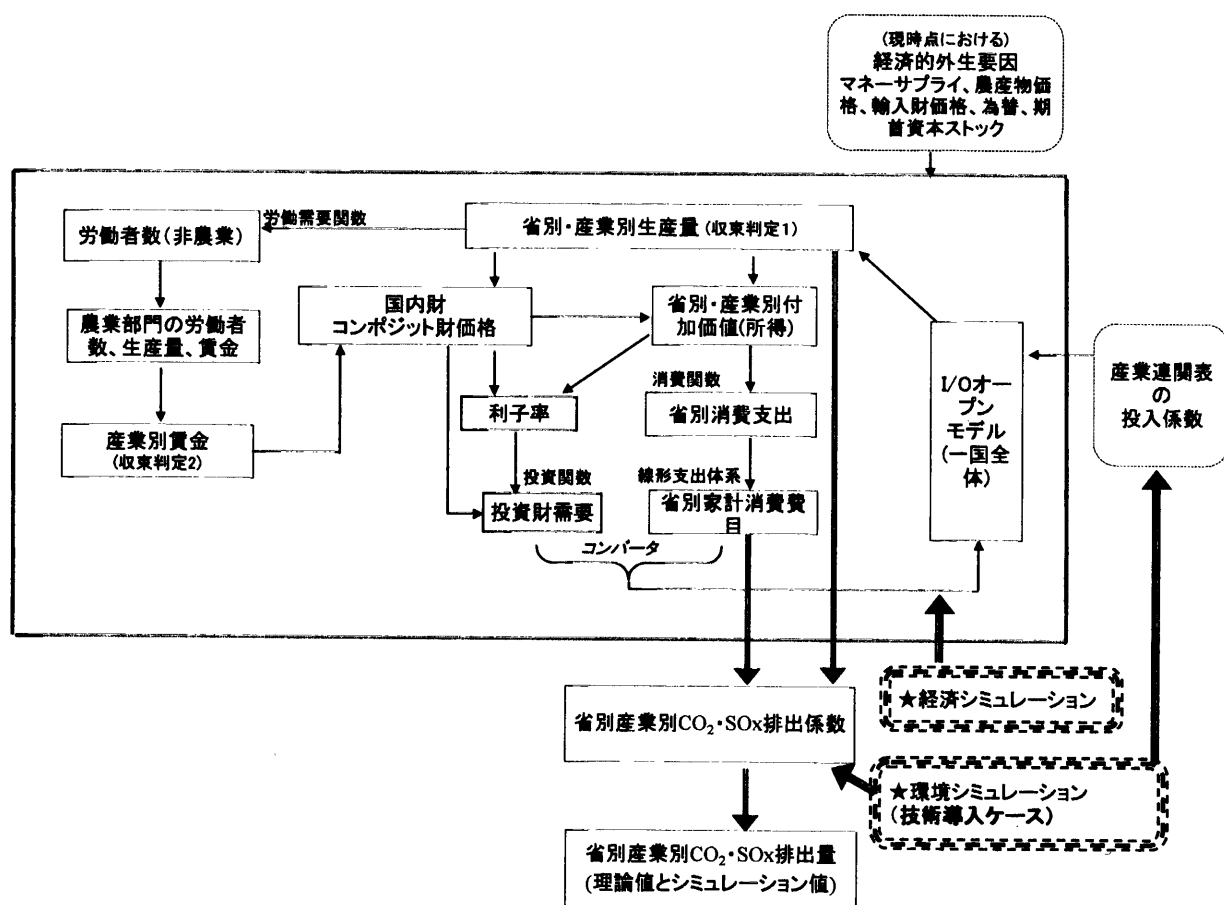


図 1: 中国モデルの概要

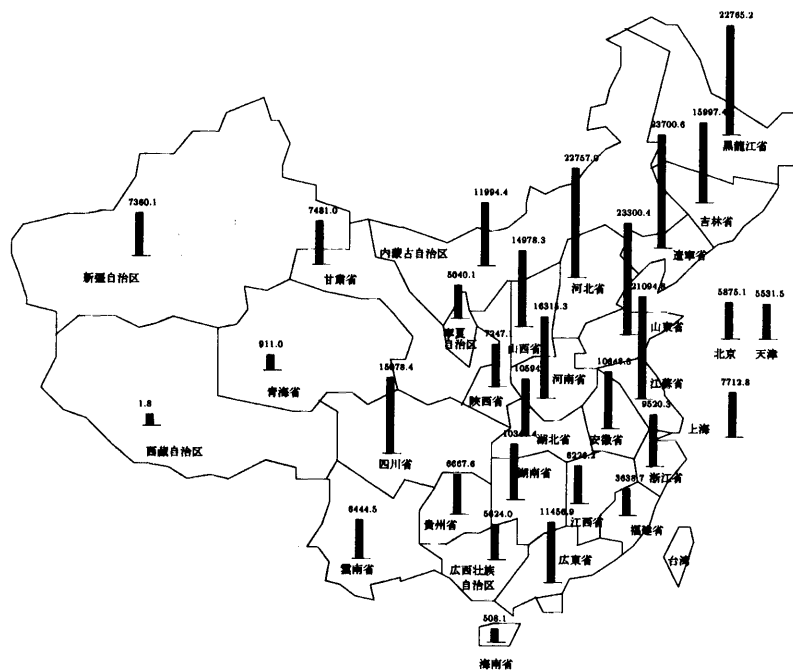


図 2: 1992 年 CO₂ 排出量 (万トン)

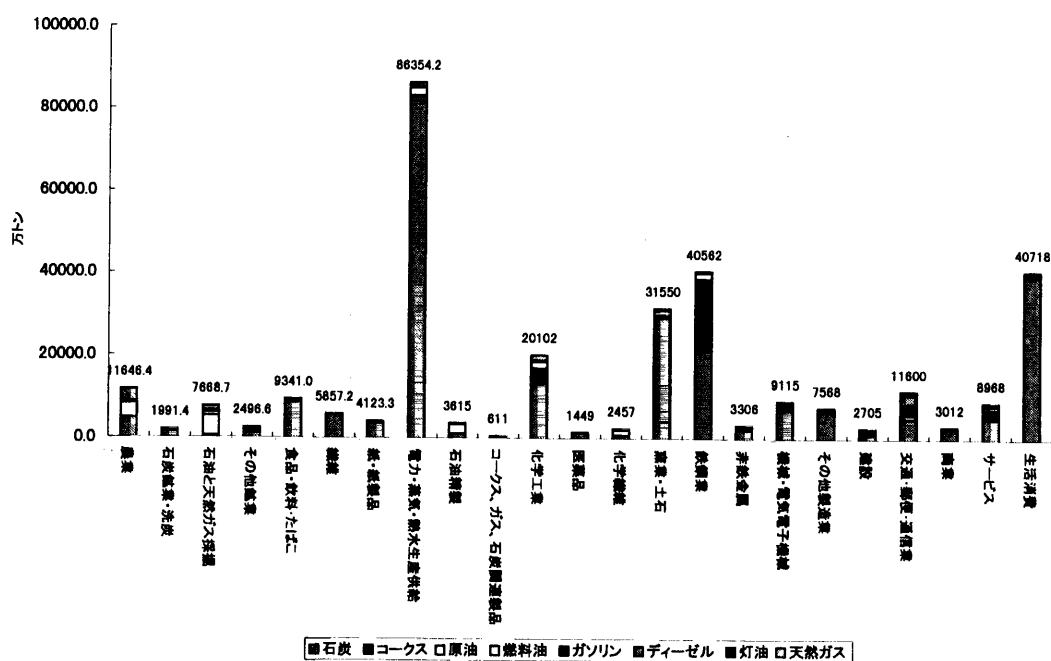


図 3: 1992 年 部門別 CO₂ 排出量

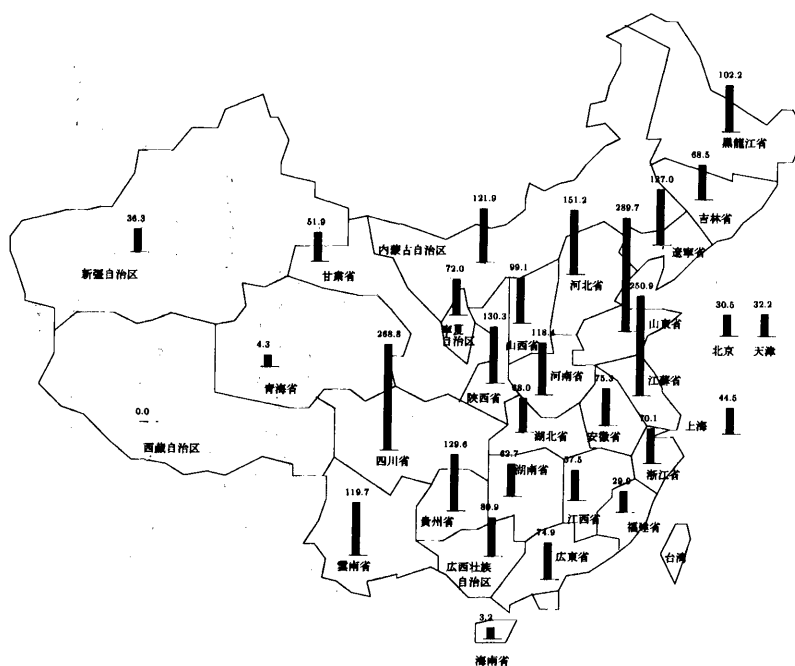


図 4: 1992 年 SO_x 排出量 (万トン)

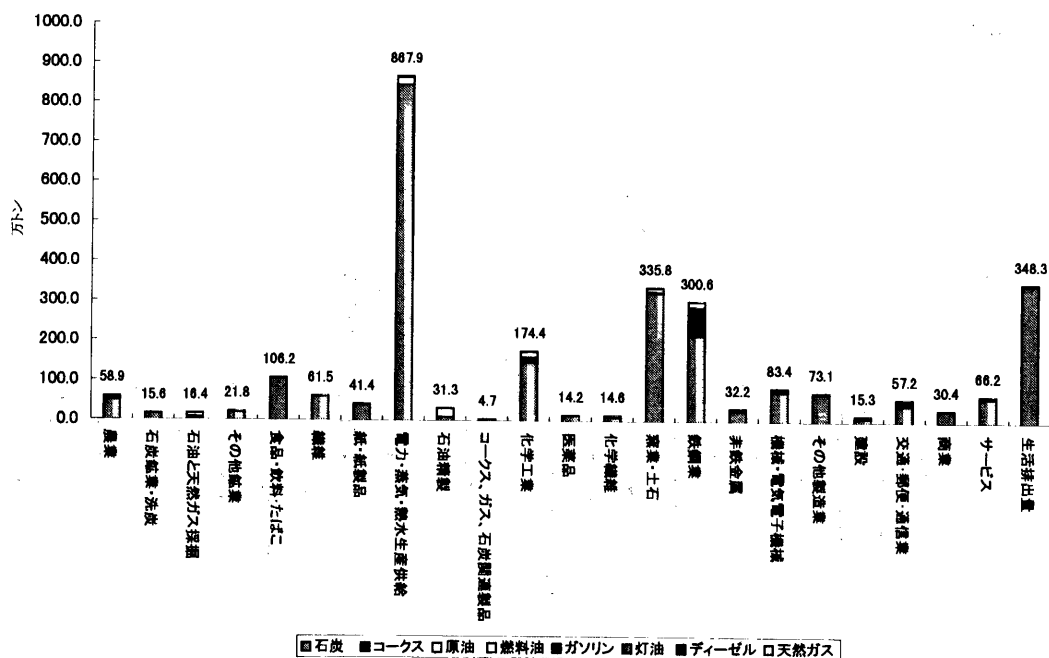


図 5: 1992 年 部門別 SO_x 排出量

●シミュレーション2 (火力発電の5割に加圧流動床ボイラー or 石炭ガス化複合発電を導入)

投入原単位表 (投入係数表)

購入部門	電力
石炭	
排出原単位 (石炭起源)	

基本想定

	火力発電との代替	稼働率	石炭起源CO2削減率(電力・蒸気熱水生産部門)
加圧流動床燃焼	50%	70%	4.89%
石炭ガス化複合発電	50%	70%	3.91%

Sweet, William and Hood, Marlowe (1999) 'Can China consume less coal?'
IBRB Spectrum Novemberより作成

●シミュレーション3 (バイオブリケットの導入)

投入原単位表 (投入係数表)

購入部門	石炭・ 石炭製 品・電力・鉄 鋼
農業	
石炭	
電力	
窯業・土石	
輸送	
排出原単位 (石炭起源)	

バイオブリケットの構成	実験型	普及型
原粉炭	0.29	0.46 石炭投入係数(投入原単位)に掛ける
石灰粉	0.12	0.19 石炭投入原単位に掛け、窯業・土石投入係数に足す
木屑	0.09	0.14 石炭投入原単位に掛け、農業投入係数に足す
稲わら	0.01	0.02 同上
電力	0.34	0.13 石炭投入係数(投入原単位)に掛け、電力投入係数に足す
運送料	0.16	0.07 石炭投入係数(投入原単位)に掛け、輸送投入係数に足す
計	1.00	1.00

成都市バイオブリケット研究グループ(2000)「1999年度成都市バイオブリケット追跡調査報告」
『KBO Discussion Paper』No68より作成

図 6: 環境シミュレーションの概要

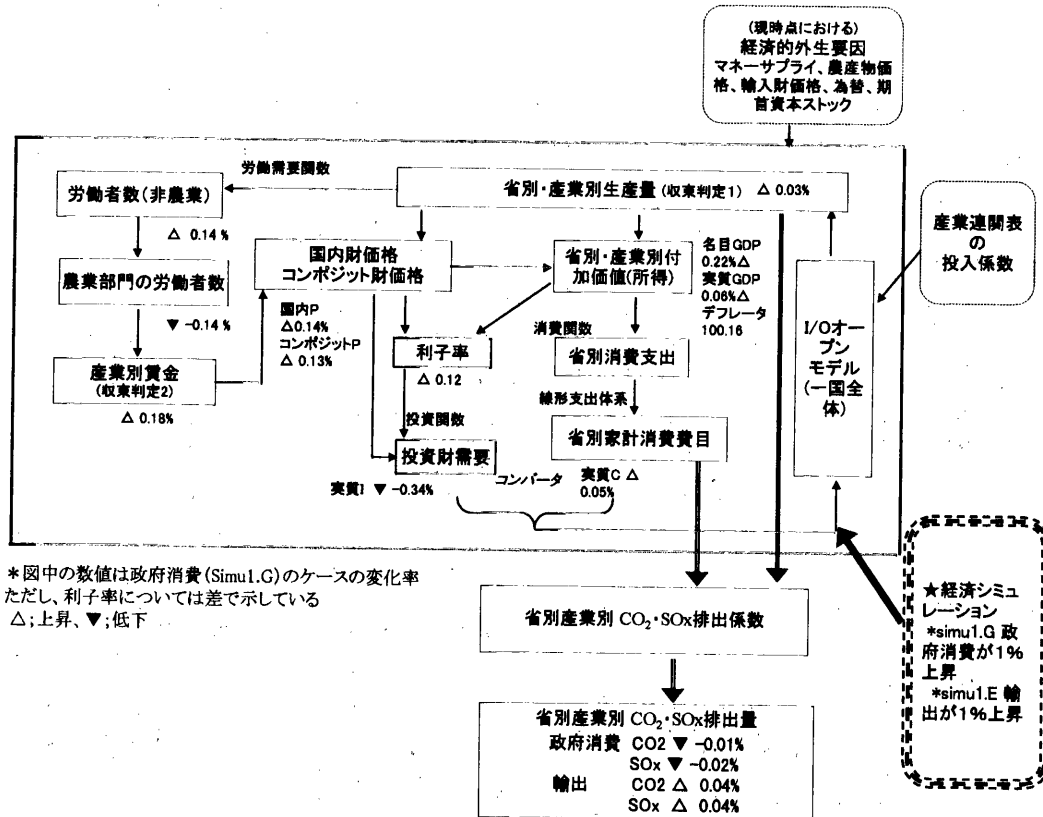


図 7: シミュレーション1

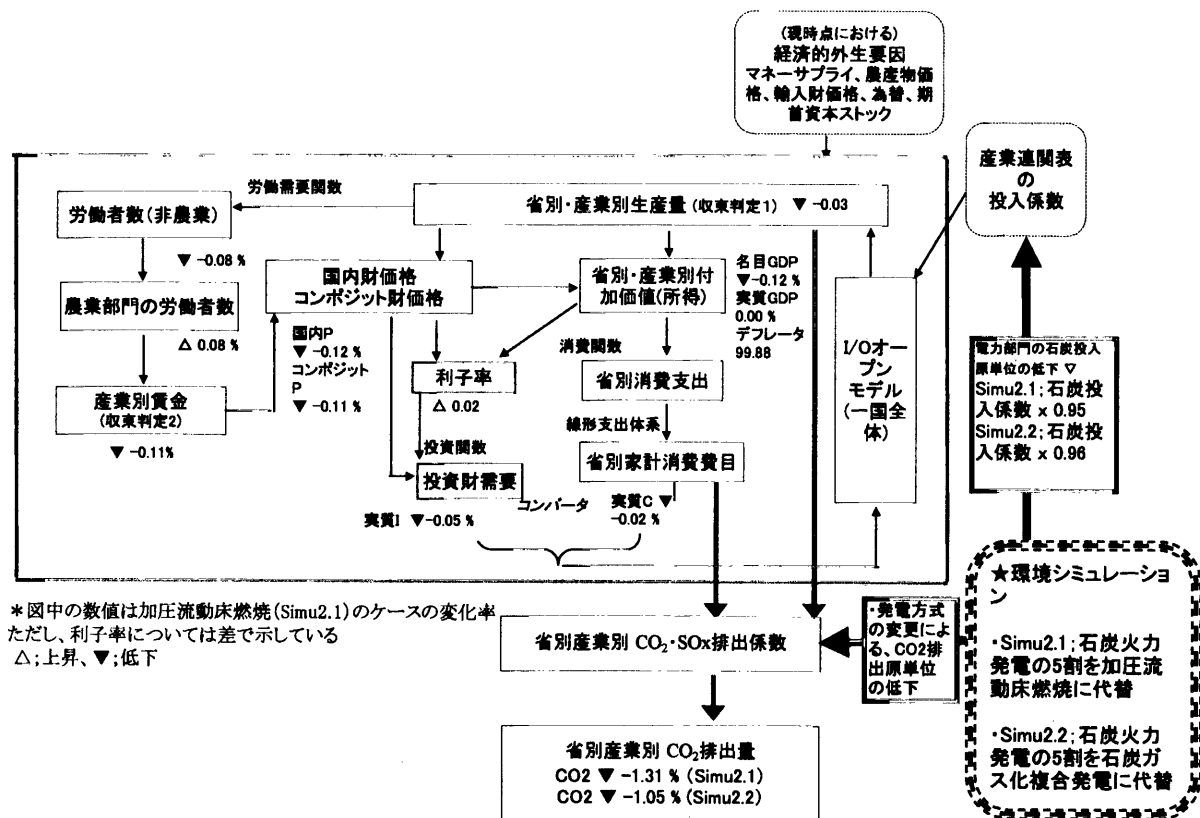


図 8: シミュレーション 2 - 電力生産部門の変更

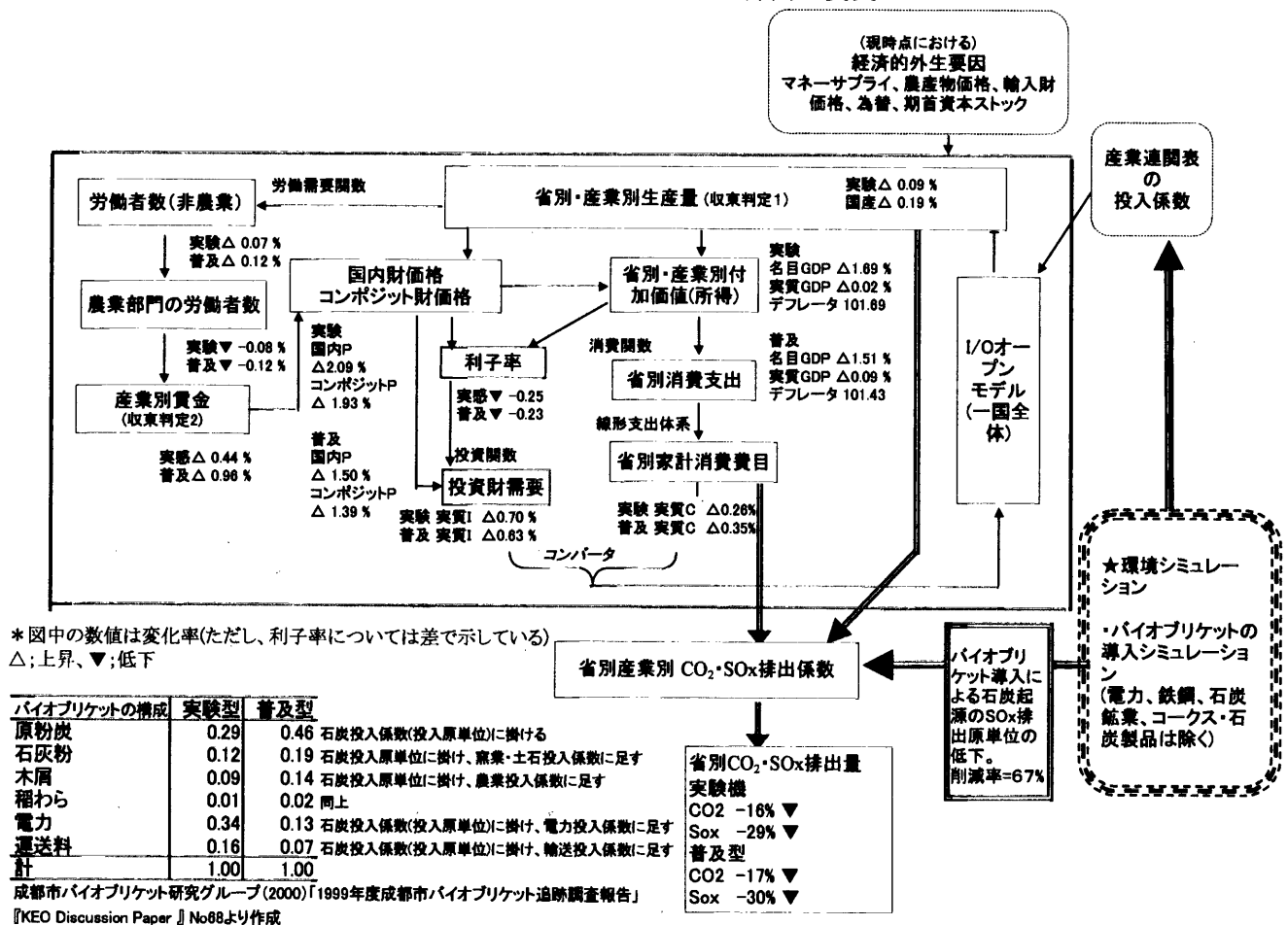


図 9: シミュレーション 3 - バイオブリケットの導入

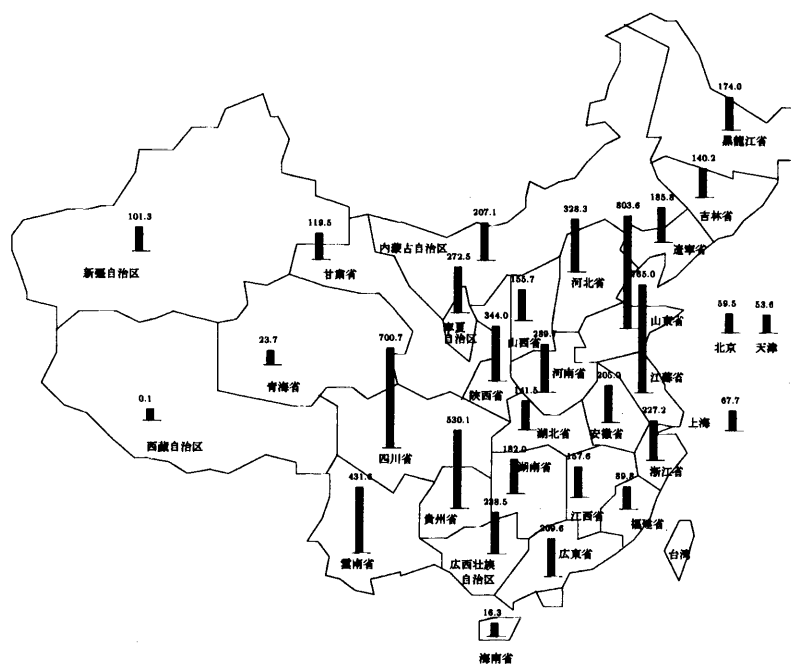


図 10: バイオブリケットの導入による SOx 削減効果 (千トン)

付表 1: 中国環境経済モデル方程式一覧表

< ● 経済変数 >

コンポジット財価格	$\ln p_{oi} = [s_i, (1 - s_i)] \begin{bmatrix} \ln p_i \\ \ln p_{\bar{M}i} \end{bmatrix}$	$i = 1, \dots, 43$
短期供給関数	$p_j = \sum_i p_{oi} a_{ij} + \frac{\partial L_j}{\partial x_j} w_j$	$j = 2, \dots, 43$
国内供給量	$\mathbf{x} = [\mathbf{P} - \mathbf{P}_o(\mathbf{I} - \Delta)\mathbf{A}]^{-1}[(\mathbf{I} - \Delta)\mathbf{P}_o(\mathbf{C} + \mathbf{I} + \bar{\mathbf{G}}) + \mathbf{P} \cdot \mathbf{E}\bar{\mathbf{X}}]$	43×1 のベクトル
輸入誘発	$\mathbf{IM} = \mathbf{P}_{\bar{\mathbf{M}}}^{-1} \Delta \mathbf{P}_o[\mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{C} + \mathbf{I} + \bar{\mathbf{G}}]$	43×1 のベクトル
マクロ部門別生産額の省別配分	$x_j^k = o_j^k \cdot x_j$	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 43$
省別部門別付加価値額	$v_j^k = p_j x_j^k - \sum_i p_{oi} a_{ij} x_j^k$	$j = 1, \dots, 43$
省別付加価値	$v^k = \sum_j v_j^k$	$k = 1, \dots, 30$
マクロ消費関数	$C_e^k = \alpha^c + \beta^c v^k$	$k = 1, \dots, 30$
コンポジット財価格の費目集計	$p_{ohl} = \Pi_i \text{Conv}_{il}^h \cdot p_{oi}$	$l = 1, \dots, 5$
5 費目別消費需要関数	$p_{ohl} \cdot c_l^k = \alpha_l^h \cdot p_{ohl} + \beta_l^h (C_e^k - \sum_m p_{ohm} \cdot \alpha_m^h)$	$k = 1, \dots, 30 \quad l, m = 1, \dots, 5$
費目の品目変換	$c_{jl}^k = \text{Conv}_{jl}^c \cdot p_{ohl} \cdot c_l^k$	$l = 1, \dots, 5 \quad k = 1, \dots, 30$
省別費目別消費需要 (環境分析用)	$c_l^k = \sum_j c_{jl}^k / p_j$	$j = 1, \dots, 43$
消費需要の集計	$C_j = \sum_k \sum_l c_{jl}^k / p_{oj}$	$k = 1, \dots, 30 \quad l = 1, \dots, 5$
コンポジット財価格集計 (投資用)	$p_{oI} = \Pi_i \text{Conv}_i^I \cdot p_{oi}$	$j = 1, \dots, 43$
投資関数	$\ln I = \alpha^I + \beta^I \ln \bar{Y}_{real-1} + \gamma^I (r - \frac{\Delta p_{oI}}{p_{oI}})$	$i = 1, \dots, 43$
品目別投資需要	$I_{nom,j} = \text{Conv}_j^I \cdot I \cdot p_{oI}$	$j = 1, \dots, 43$
貨幣の需給方程式	$\ln(\bar{M}/Y) = \alpha^{LM} + \beta^{LM} r$	
労働需要関数	$L_j = \delta_j^{-\frac{1}{\beta_j^L}} x_j^{\frac{1}{\beta_j^L}} \bar{K}_{j,-1}^{1-\frac{1}{\beta_j^L}}$	$j = 2, \dots, 43$
農業部門労働供給量数	$L_1 = \bar{L} - \sum_{j=2} L_j$	
農業部門賃金	$w_1 = \frac{x_1 - \sum_i p_{oi} a_{i1} x_1 - p_{k1} \bar{K}_{1,-1}}{L_1}$	
賃金格差式	$w_j = \alpha_j^w w_1$	$j = 2, \dots, 43$
名目 GDP	$Y = \sum_j \sum_k v_j^k$	
実質 GDP	$Y_{real} = \sum_j (p_j x_j / p_j - \sum_i p_{oi} a_{ij} x_j / p_{oi})$	
GDP デフレーター	$GDPdef = Y / Y_{real}$	
ただし	i, j は、産業部門 ($i, j = 1, \dots, 43$) k は、中国地域 (省) ($k = 1, \dots, 30$) l は、消費費目 ($l = 1, \dots, 5$)	

$$\Delta = \begin{bmatrix} (1 - s_1) & & \\ & \ddots & \\ & & (1 - s_n) \end{bmatrix}$$

付表 1:中国環境経済モデル方程式一覧表 (続)

<●環境変数>

省別部門別の燃料投入量	$E_{ju}^k = coe_{ju}^k \cdot x_j^k$	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$
省別家計消費の燃料投入量	$EC_u^k = \sum_l c_l^k \cdot coec_u^k$	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$
省別部門別燃料別の SO_x 排出量	$SO_{ju}^k = ((1 - d_{ju}^k) \cdot soc_{ju}^k \cdot E_{ju}^k) \cdot (64/32)$	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$
省別燃料別家計 SO_x 排出量 (直接燃焼)	$SOC_u^k = ((1 - dc_u^k) \cdot soc_u^k \cdot EC_u^k) \cdot (64/32)$	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$
部門別 SO_x 排出量	$SO_j = \sum_k \sum_u SO_{ju}^k$	$j = 1, \dots, 22$
家計消費の SO_x 排出量 (直接燃焼)	$SOC = \sum_k \sum_u SOC_u^k$	
省別 SO_x 排出量	$SO^k = \sum_u \sum_j SO_{ju}^k + \sum_u SOC_u^k$	$k = 1, \dots, 30$
マクロ SO_x 排出量	$SO = \sum_k SO^k$	
省別部門別燃料別 CO_2 排出量	$CO_{ju}^k = (ci_{ju}^k \cdot E_{ju}^k) \cdot (44/12)$	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$
省別燃料別家計 CO_2 排出量 (直接燃焼)	$COC_u^k = (cc_u^k \cdot EC_u^k) \cdot (44/12)$	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$
部門別 CO_2 排出量	$CO_j = \sum_k \sum_u CO_{ju}^k$	$j = 1, \dots, 22$
家計消費の CO_2 排出量 (直接燃焼)	$COC = \sum_k \sum_u COC_u^k$	
省別 CO_2 排出量	$CO^k = \sum_u \sum_j CO_{ju}^k + \sum_u COC_u^k$	$k = 1, \dots, 30$
マクロ CO_2 排出量	$CO = \sum_k CO^k$	
ただし	j は、産業部門 ($j = 1, \dots, 22$) k は、中国地域 (省) ($k = 1, \dots, 30$) u は、エネルギー種目 ($u = 1, \dots, 8$)	

付表 2 中国経済モデル内生変数一覧表

<●経済変数>		
C_e^k	$k = 1, \dots, 30$	省別名目消費支出額
C_j	$j = 1, \dots, 43$	実質消費支出
c_l^k	$k = 1, \dots, 30 \quad l = 1, \dots, 5$	省別費目別実質消費需要
c_{jl}^k	$j = 1, \dots, 43 \quad k = 1, \dots, 30 \quad l = 1, \dots, 5$	省別費目別品目別名目消費需要
p_{oi}	$i = 1, \dots, 43$	コンポジット財価格
p_{ohl}	$l = 1, \dots, 5$	費目別コンポジット財価格
p_{oI}		コンポジット財価格 (投資関数用に集計)
p_j	$j = 2, \dots, 43$	国内財価格
IM	43×1 のベクトル	輸入誘発
x_j	$j = 1, \dots, 43$	部門別実質生産額
x_j^k	$j = 1, \dots, 43 \quad k = 1, \dots, 30$	省別部門別実質生産額
v_j^k	$j = 1, \dots, 43 \quad k = 1, \dots, 30$	省別部門別付加価値
v^k	$k = 1, \dots, 30$	省別付加価値
v_j	$j = 1, \dots, 43$	部門別付加価値
I	43×1 のベクトル	実質固定資本形成
r		名目利子率
Y		名目 GDP
Y_{real}		実質 GDP
L_j	$j = 2, \dots, 43$	非農労働需要量
L_1		労働供給 (農業部門)
w_1		農業部門 1 人当たり平均賃金
w_j	$j = 2, \dots, 43$	非農部門賃金率
<●環境変数>		
E_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$	省別部門別の燃料投入量
EC_u^k	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	省別家計消費の燃料投入量
SO_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, q$	省別部門別燃料別の SO_x 排出量
SOC_u^k	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	省別燃料別家計 SO_x 排出量 (直接燃焼)
SO_j	$j = 1, \dots, 22$	部門別 SO_x 排出量
SOC		家計消費の SO_x 排出量 (直接燃焼)
SO^k	$k = 1, \dots, 30$	省別 SO_x 排出量
SO		マクロ SO_x 排出量
CO_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$	省別部門別燃料別 CO_x 排出量
COC_u^k	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	省別燃料別家計 CO_x 排出量 (直接燃焼)
CO_j	$j = 1, \dots, 22$	部門別 CO_x 排出量
COC		家計消費の CO_x 排出量 (直接燃焼)
CO^k	$k = 1, \dots, 30$	省別 CO_x 排出量
CO		マクロ CO_2 排出量

付表 3:中国環境経済モデル外生変数及びパラメーター一覧表

$\bar{G}$	43 × 1 のベクトル	実質政府支出
$\bar{EX}$	43 × 1 のベクトル	実質輸出額
a_{ij}	$i, j = 1, \dots, 43$	投入係数 (A はベクトル表示)
$p\bar{M}_i$	$i = 1, \dots, 43$	輸入財価格
p_{ol}		農産物価格 (コンポジット財)
$\bar{p}_1$		農産物価格 (国内財)
$\bar{p}_{k1}$		農業部門の資本のレンタル価格
$\bar{Y}_{real-1}$		前期実質 GDP (先決内生変数)
$\bar{L}$		総労働供給量
$\bar{K}_{j,-1}$	$j = 1, \dots, 43$	期首設備 (先決内生変数)
$\bar{M}$		マネーサプライ
s_i	$i = 1, \dots, 43$	国内財・輸入財シェア
o_j^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 43$	生産額の省別分配係数
$Conv_{il}^h$	$i = 1, \dots, 43 \quad l = 1, \dots, 5$	コンポジット財価格の費目 - 品目コンバータ
$Conv_{jl}^c$	$j = 1, \dots, 43 \quad l = 1, \dots, 5$	消費需要額の費目 - 品目コンバータ
$Conv_i^I$	$i = 1, \dots, 43$	コンポジット財価格の品目集計コンバータ (投資用)
α^c, β^c		マクロ消費関数のパラメータ
α^h, β^h		5 費目別消費需要関数のパラメータ
$\alpha^I, \beta^I, \gamma^I$		投資関数のパラメータ
α^{LM}, β^{LM}		貨幣の需給方程式のパラメータ
δ_j	$j = 1, \dots, 43$	労働需要関数のパラメータ
β_j^L	$j = 1, \dots, 43$	労働分配率
α_j^w	$j = 1, \dots, 43$	賃金格差係数
coe_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$	産業の燃料投入原単位 (省別部門別)
$coec_u^k$	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	家計の燃料投入原単位 (省別)
d_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$	脱硫率 (省別部門別)
dC_u^k	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	脱硫率 (省別 : 家計消費)
so_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 22$ $u = 1, \dots, 8$	硫黄含有率 (省別部門別燃料別)
soc_u^k	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	硫黄含有率 (省別燃料別; 家計消費)
ci_{ju}^k	$k = 1, \dots, 30 \quad j = 1, \dots, 30$ $u = 1, \dots, 8$	炭素含有率 (省別部門別燃料別)
cc_u^k	$k = 1, \dots, 30 \quad u = 1, \dots, 8$	炭素含有率 (省別燃料別; 家計消費)