

Title	中国環境経済モデルの構想
Sub Title	
Author	吉岡, 完治(Yoshioka, Kanji) 溝下, 雅子(Mizoshita, Masako)
Publisher	慶應義塾大学産業研究所
Publication year	1998
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-10
JaLC DOI	
Abstract	概要この研究は中国環境経済モデルの作成に当たってモデルの大枠を示すことにある。中国の経済発展と環境保全の両立を議論できるモデルを考えるためにそれなりに前準備が必要である。どのようなモデルにするかに関連して我々は次のようなことを考えた。現在中国では沿海州の経済発展と裏腹に内陸部では相当の遊休労働が存在している。つまりケインズ的世界があると考えられる。そのような人々に職を与える環境保全、育林、水利を進めれば経済発展と環境保全の両立の余地はある。したがってこのモデルのケインジアン的裡野、つまり有効需要命題が作動することが望まれる。第二に中国の経済発展は産業構造を抜きにしては語れないということから産業連関モデルがそこにビルトインされることが望まれる。第三に環境改善のための先進国技術導入のあり方を考えるためにどの地域にどの技術が導入されねばならないかという情報が必要であり、地域の特徴を表現できることが望ましい。地域別に石炭の硫黄含有量も違うし、水の状況、土壤の分布も異なっているからである。このような3つの観点に心がけてこの論文ではモデルの骨組みが示される。
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=AA12113622-00000010-0001

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.

中国環境経済モデルの構想

吉岡 完治
溝下 雅子

No.G-10

学振未来 WG 4 - 3

経済学そのものの危機意識についてもまた同様である。環境の破壊や、資源の有限性や、その意識の底には確かにケインズ経済学の視野の中になかった問題を含んでいる。しかし、こうした問題を、特に現代の問題として登場させた原因が、外ならぬ経済成長にあったとすれば、それは決してケインズと無縁ではない。ハロッドを起点として展開された成長論は、もちろんケインズにつながるものであった。その上に、ここに指摘されている公害やコストの新しい問題に接近する方法は、ケインズから新古典派総合にいたるマクロ分析の発展に負うものである。この方法に依存することなしに、経済学の新しい分野への拡充は期待することができないであろう。

中山 伊知郎 「ケインズ全集」序文より

中国環境経済モデルの構想

吉岡完治、溝下雅子

1998年3月

キーワード

中国環境経済モデル ケインジアン・モデル 中国環境産業連関表 中国SO_x排出量

中国CO₂排出量

概要

この研究は中国環境経済モデルの作成に当たってモデルの大枠を示すことにある。中国の経済発展と環境保全の両立を議論できるモデルを考えるためにそれなりに前準備が必要である。どのようなモデルにするかに関連して我々は次のようなことを考えた。現在中国では沿海州の経済発展と裏腹に内陸部では相当の遊休労働が存在している。つまりケインズ的世界があると考えられる。そのような人々に職を与え環境保全、育林、水利を進めれば経済発展と環境保全の両立の余地はある。したがってこのモデルのケインジアン的視野、つまり有効需要命題が作動することが望まれる。第二に中国の経済発展は産業構造を抜きにしては語れないということから産業連関モデルがそこにビルトインされることが望まれる。第三に環境改善のための先進国技術導入のあり方を考えるためにどの地域にどの技術が導入されねばならないかという情報が必要であり、地域の特徴を表現できることが望ましい。地域別に石炭の硫黄含有量も違うし、水の状況、土壤の分布も異なっているからである。このような3つの観点に心がけてこの論文ではモデルの骨組みが示される。

中国環境経済モデルの構想

吉岡完治、溝下雅子

平成10年3月

1 はじめに

もし経済成長がさらなるエネルギー消費と環境汚染を増やすことが確実ならば、世界が一致して地球環境問題に対処することは極めて難しい。「皆さんは環境保全をして下さい、我が国は経済成長に特化します」というのがすべての國の方針となるからです。事実、発展途上国の立場からすれば、先進国の今までの経済成長は大量のエネルギーが収奪され環境汚染因子を吐き出してきたわけだから、「まず先進国が賠償という形で環境を元に戻して下さい。我々途上国は経済成長に特化します」ということになる。このように経済成長と環境保全が同時に進行するというビジョンが無いと地球環境問題は掛け声倒れになってしまう。

確かに過去の経験からすると経済成長とエネルギー消費は正の相関を持ってきた。また暮らし向きがよくなるとエネルギー消費が増えるわけだが、それだけだろうか。経済成長の指標であるGDPは本来は仕事量を市場価格で評価したものであるから、もし労働が有り余っているなら環境保全活動という仕事によつてもGDPを拡大するはずである。またGDPと等価のGDEは最終生産物を市場で評価合計したものだが、GDEの中身で、買う財によつては100倍以上のエネルギー波及の違いがある（参考文献[4]）ことを忘れるべきではない。

この様な考え方を念頭において中国の環境経済モデルをどのように作るかを考えてみよう。まず基本フレームワークをどうするかについてであるが、現在中国は改革開放路線の下で市場経済体制が浸透していると言われるが、やはり社会主义国であることは間違いない。その点われわれが学んできた市場経済下の経済モデルとは著しく異なるかもしれない。取り引きされる物、サービスの価格が政府の公定価格で売買されることも多いわけだし、インフラなどの建設投資や企業設備投資についても多くの場合、政府が決定することが多い。また、社会主义経済ではいわゆる非自発的失業は存在せず、怠業と称していわば自発的失業のみが存在しているとされているが、過剰労働供給を抱えていないといえるかどうか、われわれには計り知れないところがある。このように考えてくると、物価や設備投資を全て政策変数として外生変数化してモデル化したくなる。しかし外生変数の山ではモデルの体をなさない。

ただ、マクロ経済統計が示すところによると、日本やアメリカなどの市場経済のそれと極端には変わらない側面があるようにも見える。すなわち中国は86年から93年にかけて年率9.1%の高度経済成長を達成してきたわけであるが、その間に生産物価格指数は8.3%の上昇を伴っていた。また、賃金上昇率は年率17.2%上昇に及んでいた。さらに、全社会固定資本形成は年率17.8%の増加をみてきた。つまりこの中国の高度経済成長は物価賃金上昇を伴っていること、さらに経済成長率より高い資本形成によって支えられてきたことを示している。確かに社会主义諸国では、物価水準や資本形成は政府の決定事項であるが、経済全体と無関係で決定されているわけではないし、どちらかというとこのような数字は日本の高度経済成長時代の数字と似てるような気もするのである。もう少し統計をミクロ的に見ても、所得が高い階層や地方では消費は高いし、経済成長のさなか電力不足を埋めるかたちで石炭火力発電所が建設されたり、鉄道や道路輸送のボトルネックを埋めるかたちでインフラ投資が大幅に拡大してきたことをなどを考えると、確かに政府の決定事項であるが、実際は政府は受け身な形で一種のストック調整原理が働いているように

も思えるのである。このように考えてくると、社会主义国経済は異質というやり方をとるのでなく、その間のマクロ法則はやはり市場経済下で生み出された経済モデルでとらえても良いのではないかと思うのである。したがってわれわれは経済モデルの基本フレームワークを極めて教科書的な伝統的な立場で作り上げることにした。その上で次の3点に心がけた。

1. 現在中国では、沿海州都市部から内陸部の農村地まで技術、所得水準等において相当の違いをもつて分布している。近年の沿海州を中心とする経済成長の過程で、建設部門やその他の近代部門の労働供給の担い手として、1人当たりGDP200ドル程度の農村の若年労働者が大きな役割を果たしている。このことはモデルを作るにあたって、完全競争均衡というよりも、遊休労働力を抱えている経済で、総需要が拡大するとそれに供給が追従するというような、ケインジアン的視野のモデルが好ましいとおもわれる。また、沿海州を中心とする経済発展の過程で公共投資や諸外国からの直接投資が大きな役割を果たしたが、それに伴い急激な賃金上昇、物価上昇をもたらしてきたことも事実である。したがって、ケインジアンモデルといえどもI-S曲線のみに主眼を置くものではなくて、マネーサプライ、一般物価の動きを描写できるフルケインジアン・モデルが好ましいとおもえる。
2. 中国の環境問題を描写し、例えば先進国の技術導入が環境改善にどの程度役立つかを分析するには、技術系資料とのインターフェイスが必要である。そのために経済モデルは産業構造を描写できるよう、多部門化すること、技術導入のあり方を考えるには極めて具体的かつ特定的なるが故に地域の特徴を表現できることが望ましい。例えば、どの種の脱硫装置をどこに導入したらよいかを考える場合、地域ごとに使用されている石炭の種類、硫黄含有量の情報が必要である。また、脱硫時の副産物を効率よく利用する際、どの地域にどの種の土壤が分布しているかなどは重要な情報となる。
3. 限られた中国の基礎データに基づいてこのような要望に答えるためには、逆にモデル作成にドライティックな省略を加えなければならない。われわれは、単年度の環境産業連関表を作り、それと地域データをリンクさせるオープン産業連関分析に少し追加的に消費や投資、つまり最終需要の決定をケインジアン的視野でクローズド化する。

このような考え方は辻村・黒田（参考文献[1]）、小尾他（参考文献[2]）以来KEOモデルとして我が国に適用されてきた多部門一般均衡型モデルの考え方を踏襲している。このKEOモデルの考え方をデータベースは限られている中で、あえて中国環境経済モデルに使ってみようというのが我々の目指すところであり、本論文ではその大枠を紹介することに費やされる。

2 マクロ・リレーション

吉川氏（1984）（参考文献[5]）は、モジリアニのケインジアン・モデル（1944）をもじいて、近年のマクロ理論の論争点をきわめてうまく整理している。この多部門パイロット・モデルを作るにあたって、我々もモジリアニのケインジアン・モデルを参考にした。次にあげる4つの方程式体系は、我々が暗黙に描いていた多部門化の背後にあるマクロ経済のリレーションであると理解されたい。

＜このパイロット多部門モデルの背後にあるマクロ関係＞

（1）I-S関係（総需要決定式）

$$Y = C(P, Y) + I(\Delta C, r - \frac{\Delta P}{P}) + G$$

-+ +-

Y	実質国民所得
r	名目利子率
P	一般物価
C	実質消費
I	民間総資本形成
G	政府支出
-	変数の上の-印は外生変数を示す
+-	変数の下の+,-は、該当の偏微係数の符号を示す。 たとえば $C(P, Y)$ は消費が一般物価 P と、所得 Y によって決定されることを示し、前者が上昇すると消費が下落すること、後者が上昇すると消費が上昇することを示している。

(2) L-M 曲線

$$\frac{\bar{M}}{P} = L(r, Y)$$

\bar{M} : 貨幣供給量
 r : 名目金利

(3) 労働需要関数(財の供給関数)

$$\begin{aligned} Y' & (L; K_{-1}) = \frac{\bar{W}}{P} \\ & - + \\ \leftrightarrow P & = P (Y, \bar{W}; K_{-1}) \\ & + + - \end{aligned}$$

Y' : マクロ生産関数における労働の限界生産力
 \bar{W} : 賃金率
 K_{-1} : 期首生産設備(先決内生)

(4) 資本ストックの形成関係

$$K = (1 - \bar{\delta})K_{-1} + I$$

$\bar{\delta}$: 資本減耗率

K : 期末生産設備

この4つのマクロ方程式の大きな特徴の1つは、労働供給関係が明記されない点にある。そして、それと表裏をなして賃金を外生変数として扱っている。この点がいわゆるモジリアニ解釈によるケインジアンマクロリレーションの特徴であるが、ここでそれを用いたのは方程式数が少なく単純だからである。吉川やモジリアニが示したようにこの関係によって、ケインズの有効需要命題が記述できる必要条件を兼ね備えている。ただ、中国のモデルを考える場合、農村部からの労働供給排出機構を考慮したモデルを考えることもオールタナティブに考えられうる。

この4つの方程式を若干解説しておくと次のようになる。まず、第1のI-S関係式であるが、消費関数・投資関数をモジリアニより若干、直接的に表現している。今一般物価 P を与件としておけば、所得水準に依存して消費が決まり、消費の増分つまり需要の拡大要因によって投資が決まる。そして消費と投資と政府支出 G の合計として総需要である所得が決まるという、いわゆるハンセン・サミュエルソン・モデルの視野を表現している。(2)のL-M関係式は貨幣の需給バランスを示す式で、まったくヒックス以来の伝統的な関係式を示している。(3)の労働需要関係は、ケインズが示した古典派の第一命題、つまり労働の限界

生産力が実質賃金に一致するところまで労働が需要されるということを示している。これはまた、生産者の短期利潤極大から導かれるものであり、それを書きかえれば財の供給量と一般物価水準を示すマクロ供給曲線になる。(4)の資本ストックの形成式は(1)~(3)で決まった民間資本形成が設備化し、次期の資本ストックをなすという関係を示しており、次期の短期均衡を動かしていくかなめとなっている。

以下、節をわけてこの4つの関係がどのように多部門化されるかを示そう。

3 総需要決定の多部門化

(1)の総需要決定式を再度確認していただきたい。仮に物価水準 P 、名目金利水準 r を与件として、その条件下で政府支出 G を拡大すれば、その分だけ総需要（生産所得） Y が拡大する。それに対応してさらに消費が拡大する。その累積効果は乗数の理論として知られている。さらに消費の拡大は投資関数を通じて投資の拡大を誘発し、さらに加速度的に総需要を拡大させるという関係を示している。

いわゆるハンセン・サミュエルソン・モデルのエッセンスをこの一本の式は示している（図1）。これを多部門化するにあたって、次の点を心掛けた。

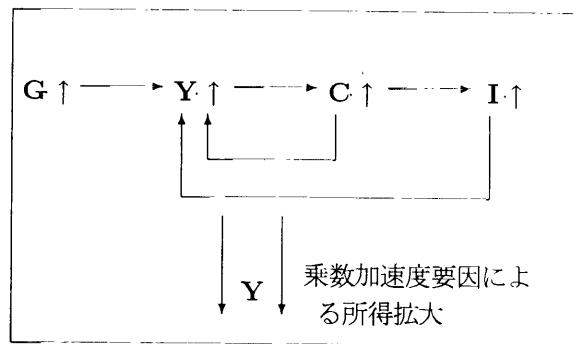


図 1: I-S 関係のみによる政府支出拡大の効果

- このような関係は、あくまで財が1種類だけであるという近似想定のもとでなされるがゆえに、総需要、生産と分配が三面等価になることを用いてきわめて単純化される。多部門化ではそうはいかない。
- 多部門化のためには、各産業別の生産はグロスの概念で表現することが好ましいと思われるが、そのために産業連関分析的な関係をそこに同時に組み込まなければならない。消費や投資の費目別需要が財別最終需要を形成し、それが産業連関波及によってどれだけ財の生産誘発を生み出すかを表現する必要がある。
- そのように誘発された各財の生産額は、その生産にたずさわる各部門の付加価値を誘発する。それが部門別の生産所得であり、分配所得となる。マクロの1変数で Y と記述したものは、このように若干複雑な形態をとる必要がある。
- さらに、マクロの関係式では輸出入のとり扱いはさほど難しくなく、国内財の総需要と総供給を若干調整するだけですんだが（したがって(1)式では無視されていたが）、多部門化にあたっては特に輸入に関してはそうはいかない。そのため、国産品と輸入品に関する各財別のシェア・ファンクションを用いることによって、その点を処理しておこう。

このような観点にそって、総需要決定の多部門化を次のように行う。

＜マクロ消費関数と貯蓄の決定＞

$$E = E(Y) \quad (1)$$

$$S = Y - E \quad (2)$$

E : マクロ名目消費支出額

S : マクロの貯蓄額

Y : 国内総生産(GDP)

〈財別消費関数〉

$$C_i = C_i(P_{01}, \dots, P_{0n}, E) \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

C_i : i 財實質消費支出

P_{0i} : i 財価格 (i 輸入国産コンポジット財価格)

＜投資関数＞

$$I_i = I_i(\Delta Y, r - \frac{\Delta P_{0i}}{P_{0i}}) \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

I_i : i 投資財購入量(実質民間固定資本形成)

(1)式はマクロの消費関数であり、それによって(2)式でマクロの貯蓄が決まる関係を示している。また(3)式は各財の相対価格が与えられたときに各財の実質消費支出額が与えられることを示している。この消費関数についてであるが、各財別の消費関数が分配所得と各財価格水準によって決まる事を示している。実際の推定ではもう少し単純化してもよい。例えば、消費関数はエンゲル法則などを考慮して費目別消費関数を推定し、産業連関表に基づいて各費目の財構成を与件として、消費財の数量コンバーターによって財別に振り分けてもよい。それに対応して財別の価格をそれと双対の価格コンバーターによって導けばよい。とりあえずわれわれが作ろうとするモデルはマクロのGDPと財別の消費関係が必要ということから(1)(2)(3)式で表している。本来中国の所得上昇に伴う消費活動と環境負荷の関係を明らかにするには地域という軸を無視するわけにはいかないかもしれない。つまり寒冷地から亜熱帯地、砂漠から湿潤地と中国領土は分布しているが、マクロ消費関数を用いては、地域間所得分布が著しく変わるようなシミュレーションの妥当性には問題がある。そのことに留意しつつも、それは今後の課題としてとりあえずマクロ、ないし一国多部門消費関数でこのモデルは進める。

また、(4)式の財別投資関数についてもモデルの推定に当たっていろいろなバージョンが考えられるであろう。とりあえずここでは極めて単純な例えれば財費目の集計関数をコブ・ダグラス型にすれば、セルフデュアルで便利であろう。また投資関数は財別になっているが、これらは単純なストック調整原理とか利子率が投資の説明に関わると考えておこう。むしろ投資関数で重要なことは、中国経済を考えた場合、政府にその決定を委ねられるというところである。また改革開放下、諸外国の直接投資が資本形成を高めてきたことであろう。投資関数を外生にするかこののような内生変数にするかは、モデルを動かすうえで検討しよう。

次に、モデルの大枠を理解してもらうため、最終需要を消費支出 C_i 、民間資本形成 I_i 、政府支出 G_i 、輸出 EX_i とし、それらが決定された際に各国産財の生産量 x_i と、輸入品 IM_i がどのように誘発されるかを示そう。そのためまず、産業連関表の販路構成式を次のように示そう。ただし、単純化のために今回は在庫増は資本形成に含まれるとしておこう。

$$P_{0i} \quad [\sum a_{ij}x_j + C_i + I_i + \bar{G}_i] \quad = \quad P_i(x_i - \bar{E}X_i) \quad + \quad P_{Mi}IMi \\ (j\text{財国内総需要量}(\Psi_i)) \quad \quad \quad (i\text{国産財の国内向供給量}) \quad \quad \quad (i\text{輸入財供給量})$$

ただし、

- x_i : i 財の実質生産額
 a_{ij} : j 国産財生産 1 単位生産のために用いる i コンポジット財投入量
 で固定投入係数を仮定しておく
 \bar{EX}_i : 実質輸出額 (外生変数)
 IM_i : 実質輸入額
 P_{0i} : i コンポジット財価格指数
 P_i : 国内税、補助金込の価格指数
 P_{Mi} : 関税込の輸入価格指数

この式は i 財の販路構成が、国産品によって供給され、名目でバランスをとっていることを示している。現在中国といえども国際化が相当進行しており、開放下のケインジアン・モデルでは、輸入関数の扱い方いかんによっては大きくモデルの性質を左右してしまう。ケインズ自身も「外国貿易を含む開放体系においては、増加した投資の乗数の一部が外国における雇用の利益に帰することがある。…国内の雇用に対する効果のみを考察する場合には、乗数全体の値を減らさなければならない。」(参考文献 [3]) と述べるよう、乗数自体を左右してしまうからである。そのため比較的単純だが国産品と輸入品の代替の程度をフレキシブルに扱えることが好ましい。そのため、任意の財内で、国産品と輸入品が、完全競合でも完全補完でもない状態を表現するため、次のような数量に関する集計関数ないし、それと双対の価格関数を想定しよう。

< 集計関数 >

$$\Psi_i = \Psi_i(x_i - \bar{EX}_i, IM_i)$$

< 双対の価格関数 >

$$P_{0i} = P_{0i}(P_i, P_{Mi})$$

これは、ペトリ (1980)(1984) やアーミントン (1969) らの研究以来、国際貿易の決定モデルに有用性が主張されてきている、いわゆるシェア・ファンクション的接近の背後の関係を示している。関数のフレキシビリティーと推定の単純性を考え、次のような価格関数に Trans-log 型を前提とする。

$$\ln P_{0i} = [\alpha_i, (1 - \alpha_i)] \begin{bmatrix} \ln P_i \\ \ln P_{Mi} \end{bmatrix} + \frac{1}{2} [\ln P_i, \ln P_{Mi}] \begin{bmatrix} -\beta_i & \beta_i \\ \beta_i & -\beta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln P_i \\ \ln P_{Mi} \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここでシェパード・レンマを用いて次のような国産、輸入に関するシェア・ファンクションを誘導できる。

$$\begin{bmatrix} \frac{P_i(x_i - \bar{EX}_i)}{P_{0i}\Psi_i} \\ \frac{P_{Mi}IM_i}{P_{0i}\Psi_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_i \\ 1 - \alpha_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\beta_i & \beta_i \\ \beta_i & -\beta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln P_i \\ \ln P_{Mi} \end{bmatrix}$$

ただし、 α, β は $0 < \alpha_i < 1, \beta_i > 0$ を示すパラメター

もし、国産、輸入のシェアについて、この α, β が推定されれば、それを用いて販路構成は、次のように変形できる。

$$x = [P - P_0(I - \Delta)A]^{-1}[(I - \Delta)P_0(C + I + \bar{G}) + P \cdot \bar{EX}] \quad (6)$$

$$IM = P_M^{-1}\Delta P_0[Ax + C + I + \bar{G}] \quad (7)$$

ただし、

$$\Delta = \begin{bmatrix} (1 - \alpha_1) + \beta_1 \ln \frac{P_1}{P_{M1}} & & \\ & \ddots & \\ & & (1 - \alpha_n) + \beta_n \ln \frac{P_n}{P_{Mn}} \end{bmatrix}$$

P, P_m, P_0 はそれぞれ、国産輸入コンポジット財価格を対角要素とする対角行列で、その他の変数はベクトル化してある。この(6),(7)式は、価格、金利を与件として、(1)～(4)式によって最終需要が決定されれば、それに応じて、財別の生産誘発、輸入誘発がどの程度になるかを示す式となる。

他方国内総生産 Y は、産業連関表の費用構成から、価格を与件として、次のように決まる。

$$V_j = P_j x_j - \sum_{i=1}^n P_{0i} a_{ij} x_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (8)$$

$$Y = \sum_{j=1}^n V_j \quad (9)$$

V_j : 第 j 産業の付加価値額

Y : GDP

この一連の(1)～(8)式が総需要決定の多部門化への方法である。その結果、先の図1で示した政府支出の乗数、加速要因による総需要増加効果は、次のように書き換えられる。

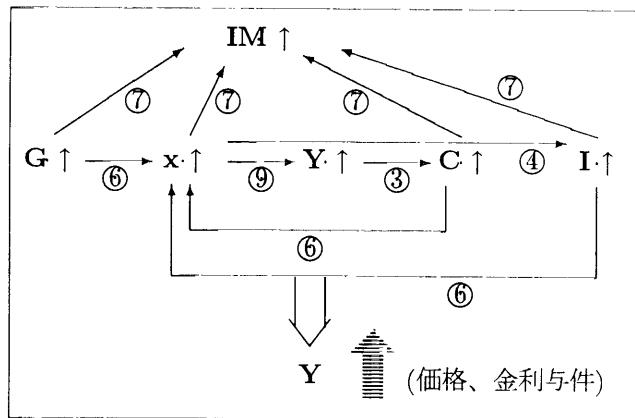


図 2: 金利、価格を与件とした政府支出拡大の総需要拡大効果

4 L-M 関係

(2)L-M 関係については、単純に

$$\bar{M} = K(r) \cdot Y \quad (10)$$

\bar{M} : マネーサプライ

$K(r)$: マーシャルの K で利子率に関する減少関数とする

としておこう。ただしここで Y は名目分配所得である。開放経済社会主義の中国で、LM 関係と外国為替レートの決定を扱うことは限りなく難しい。社会主義下為替レートはドルとの対比でコントロールされ、金利も統制下にあるようだが、本土市中でも物品の売買に香港ドル、台湾ドル、シンガポールドル、円、米ドルが公然と使われている。したがって、我々は実物経済を支えるマネーサプライをどの変数でとるのかの定義すら分からぬ。そこでモデルの使い方に注意しながら、単純に上の(10)式を入れておく。

5 供給関数の多部門化

前節で示された労働需要関数ないし財の供給関数は、生産量拡大に伴って物価水準がどの程度上昇するかを示している。したがって、短期需要拡大が物価上昇効果によってどの程度減殺するかを示すかの要となっている。多部門化にあたって、我々は、各非農業セクターに次のような短期生産関数を前提とした。

$$x_j = \min \left\{ f_j(L_j; K_{j,-1}), \frac{O_{1j}}{a_{1j}}, \frac{O_{2j}}{a_{2j}}, \dots, \frac{O_{nj}}{a_{nj}} \right\} \quad (j = 2, \dots, n)$$

x_j : 産業別生産量
 L_j : 労働投入量
 $K_{j,-1}$: 期首設備
 O_{ij} : 中間財

これは、産業別の生産量(グロス概念) x_j が、中間財 O_{1j}, \dots, O_{nj} と、期首設備 $K_{j,-1}$ 、労働インプット L_j によって達成されること、そして、中間財とそれ以外は、ファクター・リミテーションナルな関係となっていることを想定している。これに生産者の合理性を前提とすれば、上式は次のように書き換えられる。

$$O_{ij} = a_{ij} x_j$$

$$L_j = L_j(x_j; K_{j,-1}) \quad (11)$$

上の式は、固定投入係数 a_{ij} と、生産量 x_j により j 部門の i 中間投入が決定されることを示し、先の販路構成で説明を留保していたところである。(つまりこのような生産関数を前提で(5)式はかかれていた。) また、下の式は、期首設備 $K_{j,-1}$ を与件として、生産の拡大に伴いどの程度労働インプットが必要かを示している。ここで通常の短期生産関数における労働の限界生産力遞減から

$$\frac{\partial L_j}{\partial x_j} > 0 \quad \frac{\partial^2 L_j}{\partial x_j^2} > 0$$

を仮定しておこう。この生産関数にもとづいて、各セクターの短期限界費用は次のようになる。

$$\frac{\partial C_j}{\partial x_j} = \sum_i P_{0i} a_{ij} + \frac{\partial L_j}{\partial x_j} (x_j; K_{j,-1}) \cdot w_j$$

この限界費用は、上の労働の限界生産力遞減から、生産拡大に伴い遞増することが示される。

$$\frac{\partial^2 C_j}{\partial x_j^2} = \frac{\partial^2 L_j}{\partial x_j^2} w_j > 0$$

もし、 j 部門が純粋競争の状況にあるなら、 j 部門の財価格 P_j はこの限界費用に一致する。この限界費用の生産物価格に一致するというのが、いわゆるケインジアンの古典派の第1命題を多部門で示したものである。

中国モデルを考えた場合、限界生産力命題が妥当しうるかということが疑問であるし、また基礎資料として資本設備等の生産関数に必要なデータが入手し難いであろう。しかし、需要が拡大しそれに生産が追従するかたちで中国にも経験的に物価上昇を招いてきたわけであるから、一種の労働関数を経験式であらわし、次の(12)のような非農部門に関する財の供給関数を考えてみよう。

<非農部門>

$$P_j = \frac{1}{1 - \eta_j} \left\{ \sum_i P_{0i} a_{ij} + \frac{\partial L_j}{\partial x_j} w_j \right\} \quad (j = 2, \dots, n) \quad (12)$$

ただし、 η_j は限界費用と生産物価格の乖離分を示す。これは辻村、黒田(参考文献[1])の短期想定需要関数の価格弾力性である。また、先に述べたように賃金決定については、農業部門からの労働供給排出機

構を考慮し導かれる農業部門 1 人当たり平均所得と、非農部門との賃金格差式を次の(13)から(16)の式であらわそう。

〈農業部門労働供給〉

$$L_1 = \bar{L} - \sum_{j=2}^n L_j \quad (13)$$

L_1 : 農業部門労働供給量
 \bar{L} : 総労働供給量

〈農業部門生産関数〉

$$Z = f_1(L_1, K_{1,-1}, A_c) \quad (14)$$

K_{-1} : 期首設備
 A_c : 耕地面積
 Z : 農産物供給量(自家消費を含む)

〈農業部門 1 人当たり所得〉

$$w_1 = \frac{Z - \sum_{i=1}^n P_{0i} a_{i1} x_1}{L_1} \quad (15)$$

w_1 : 農業部門 1 人当たり平均所得

〈農業、非農の所得格差式〉

$$w_j = w_j(w_1) \quad (j = 2, \dots, n) \quad (16)$$

w_j : 非農部門賃金

この財の供給関数、賃金格差式と、先の(5)で示した輸入関数によって、物価と賃金が総需要与件のもとで決定される。

6 環境ブロック

今までに中国の経済の描写をどのようなモデルで行うかについて示してきたが、次に経済活動と環境負荷、(このモデルでは特に大気汚染因子SOx、CO2 及びエネルギー消費量を扱うが)についてどのような関係をモデルで組み込むかについて示そう。

図3はこの中国環境経済モデルの枠組みを示したものである。このモデルでは中国一国全体を産業別にした中国一国多部門ブロックと地域ブロックから成り立つ。それぞれには経済変数と環境変数が入るが、経済のメカニズムを示す部分は、一国全体で取り扱うのがほとんどである。もちろん各地域の投資や消費産業活動を合成して一国が成り立つが、あまりにも複雑多岐なので経済モデルは一国多部門ブロックで説明してある。前節までに説明してきた方程式体系 ((1)~(16)) はこの多部門ブロックの一部を形成する。それらの変数が決定されると SOx 排出量、CO2 排出量が決定されるわけだが、以下そのようなメカニズムを解説していこう。なおここで重要な環境関連の政策変数については、例えば次のように取り扱う。すなわち、特定地域に脱硫装置を設置したとしよう。それをふまえて地域別に脱硫率等のパラメーターに影響を与える。その際、もしトータルの投資の大きさが大きく、マクロ的にも重要になるならそれは、一国全体のモデルに影響を与える、というような形で表現しようとしているのである。

SOx、CO2 排出量ともに産業の生産による排出量と家計の消費による排出量に分けて考える。と同時に中国のエネルギー特性を考え石炭からの排出量と石炭以外のその他のエネルギーからの排出量に分けて考

え、石炭からの排出量は地域ブロックによりてその合計を一国多部門ブロックで用いる。その他のエネルギーはデータの制約上集計した段階で一国多部門ブロックで考える。これを式に表すと以下の通りである。

$$SO = \sum_{j=1}^k SOC_j^p + SOC_j^f + \sum_{j=1}^k SOE_j^p + SOE_j^f \quad (17)$$

- SO : 一国全体の SOx 排出量
 SOC_j^p : 石炭の産業部門の生産からの SOx 排出量
 SOC_j^f : 石炭の家計消費からの SOx 排出量
 SOE_j^p : その他のエネルギーの産業部門の生産からの SOx 排出量
 SOE_j^f : その他のエネルギーの家計消費からの SOx 排出量

$$CO = \sum_{j=1}^k COC_j^p + COC_j^f + \sum_{j=1}^k COE_j^p + COE_j^f \quad (18)$$

- CO : 一国全体の $CO2$ 排出量
 COC_j^p : 石炭の産業部門の生産からの $CO2$ 排出量
 COC_j^f : 石炭の家計消費からの $CO2$ 排出量
 COE_j^p : その他のエネルギーの産業部門の生産からの $CO2$ 排出量
 COE_j^f : その他のエネルギーの家計消費からの $CO2$ 排出量

では、各項が決定される仕組みを順に説明していこう。まず、石炭の生産からの SOx 排出量であるが、産業別地域別の生産量、石炭消費量、 SOx 排出量の順に求める。960 万平方キロメートルと日本の約 25 倍の広大な国土を持ち、その中に多種多様な気候帯、地形、文化が存在していることを考えると、これらの地域格差を具体的な数量で把握しておくことは、環境改善のプランを組み立てる上で大変意味があると思われる。そこで地域別の生産の特徴の指標となる産業別地域生産量は IS-LM サブブロックで決定された産業別生産誘発 x_j を現存の生産地域配分率に基づいて配分する。

< 産業別地域別生産量 >

$$X_{kj}^L = o_{kj}^L \cdot x_j \quad (19)$$

- X_{kj}^L : 産業別地域別生産量
 o_{kj}^L : 生産地域配分率
 L : 上付きの L は地域の変数であることを示す
 j : 下付きの j は 1 から n までの産業を示す
 k : 下付きの k は 1 から m までの地域を示す

上式で各地域各産業の実質生産額が決まると、その生産に必要なエネルギー原単位を与件として与え、産業別地域別の石炭消費量が求まる。

< 産業別地域別石炭消費量 >

$$CC_{kj}^L = u_{kj}^L \cdot X_{kj}^L \quad (20)$$

- CC_{kj}^L : 産業別地域別石炭消費量
 u_{kj}^L : 地域別産業別石炭消費係数

さらに、中国の炭田の分布を考えると一概に石炭といつても地域ごとに利用する石炭の質はかなり異なると考えられるので、硫黄含有率も地域別に与える。また、排出された SOx の脱硫率も地域別に与えるが、これは今後の技術的な環境改善を取り組むうえでのよい資料となろう。上式の石炭消費量にこれら硫黄含有率と脱硫率を与えて石炭からの SOx 排出量が決定される。

＜産業別地域別SOx排出量＞

$$SOC_{kj}^P = (1 - d_{kj}) \cdot s_{kj}^L \cdot CC_{kj}^L \quad (21)$$

SOC_{kj}^P : 産業別地域別SOx排出量

s_{kj}^L : 地域別硫黄含有率

d_{kj}^L : 地域別脱硫率

地域別に計算された排出量は産業ごとに合計されて一国多部門ブロックの産業別排出量となる。どの産業がエネルギーを大量に使っているのか、また海外と比較して極端にエネルギーを非効率に利用していないかなどを検討するならば、生産単位当たりの排出量のデータが有用であろう。

＜一国の石炭からのSOx排出量＞

$$SOC_j^p = \sum_{k=1}^m SOC_{kj}^P \quad (22)$$

SOC_j^p : 一国全体の産業別石炭消費からのSOx排出量

また、石炭の利用が多いならば当然それに付随して石炭を輸送する時にも大量のSOxが排出されるであろう。特に中国では石炭依存度が高い。それを考慮して、石炭輸送にかかるエネルギーもモデルに組み込むが、その方法については後の方でモデルで用いる変数やデータについて説明しているところで示している。とりあえずここでは大まかなモデルだけを解説する。

中国では現在でも調理用、暖房用と石炭の利用が生活に根付いているが、その石炭の生焚きによる大気汚染、健康被害が問題となっている。その状況を地域別にとらえるSOx排出量を求めるには、まずIS-LMブロックで決まった石炭への実質消費支出に石炭消費地域配分率をかけて地域別の石炭への実質消費支出を出した後、地域別家計の石炭消費量をもとめる。

＜地域別家計の石炭消費量＞

$$CC_{kh} = oc_{kh} \cdot C_c \quad (23)$$

C_c : C は実質消費支出ベクトルで下付きの c はその中の石炭を示す。

oc_{kh} : 石炭消費地域配分率

CC_{kh} : 地域別家計の石炭消費量

上式で求められた地域別家計の石炭消費量に地域ごとに消費する石炭の硫黄含有率と地域別の脱硫率をかけるとSOx排出量は以下のようになる。

＜地域別家計の石炭消費によるSOx排出量＞

$$SOC_k^f = (1 - d_{kh}) \cdot s_{kh} \cdot CC_{kh} \quad (24)$$

SOC_k^f : 地域別家計の石炭消費によるSOx排出量

d_{kh} : 地域別家計の脱硫率

s_{kh} : 地域別家計で使用する石炭の硫黄含有率

CC_{kh} : 地域別家計の石炭消費量

これを全ての地域をたしあわせて、一国多部門ブロックで用いる。

＜一国全体の家計の石炭消費によるSOx排出量＞

$$SOC^f = \sum_{k=1}^m SOC_k^f \quad (25)$$

SOC^f : 一国全体の家計の石炭消費によるSOx排出量

中国では石炭の利用が特に多いことから、石炭に特に注目して地域ごとに細かく求めた。本来、石炭以外の原油、電力といったエネルギーもそうしたいところだが、地域ごとの詳細なデータを得られないで、石炭以外のエネルギーからの排出量は一国多部門ブロックで簡単に求める。IS-LMサブブロックから決定される産業別誘発生産量に、産業別に1単位当たりの生産に必要なエネルギー量である生産原単位をかけて、産業別の各エネルギー消費量がわかる。

<産業別第lエネルギー消費量>

$$CE_{lj} = u_{lj} \cdot x_j \quad (26)$$

- u_{lj} : 産業別生産原単位
- CE_{lj} : 産業別第lエネルギー消費量
- j : 下付きのjは1からnまでの産業を示す
- l : 下付きのlは1からqまでのエネルギーを示す

上の式で求められた産業別の各種エネルギー消費量におけるエネルギーの硫黄含有率をかけて、産業ごとに1からkまでの全てのエネルギーの硫黄含有率を合計し、産業ごとの脱硫率をかけてSOx排出量を求める。

<産業別石炭以外のエネルギーの消費からのSOx排出量>

$$SOE_j^p = (1 - d_j) \cdot \sum_{l=1}^q s_{lj} \cdot CE_{lj} \quad (27)$$

- SOE_j^p : 産業別石炭以外のエネルギーの消費からのSOx排出量
- s_{lj} : 産業別第lエネルギー硫黄含有率
- d_j : 産業別脱硫率

日本では家計の使用するエネルギーといえば、電力、灯油、ガスなどが一般的にあげられるが、中国の家計では石炭が主に利用されている。その事実は中国の環境を考えるうえで重要な点なのだが、では石炭以外のエネルギー消費はどのようにになっているのであろうか。その詳細なデータが得られればよいのだが、単純化したこのモデルでは各種エネルギーの実質消費支出を家計のエネルギー消費量とする。

$$CE_{lh} = C_l \quad (28)$$

- C_l : C は実質消費支出ベクトルで下付きのlは第lエネルギーを示す
- CE_{lh} : 家計の第lエネルギー消費量

上式のエネルギー消費量にエネルギーごとの硫黄含有率をかけて、全てのエネルギーを統合したあと地域別の脱硫率をかけてSOx排出量が求められる。

<石炭以外のエネルギーの家計の消費からのSOx排出量>

$$SOE^f = (1 - d_h) \cdot \sum_{l=1}^q s_{lh} \cdot CE_{lh} \quad (29)$$

- CE_{lh} : 家計第lエネルギー消費量
- SOE^f : 石炭以外のエネルギーの家計の消費からのSOx排出量
- s_{lh} : 家計が消費する第lエネルギー硫黄含有率
- d_h : 家計脱硫率

以上(22),(25),(27),(29)の合計が一国全体のSOx排出量となる。それを示した方程式がが前の(17)式である。

今度はCO2排出量が決定されるメカニズムについて簡単に解説する。CO2排出量を求めるときも、SOx排出量と同様に産業の生産からの排出、家計の消費による排出、石炭からの排出、石炭以外からの排出の4つに分けて考える。その際CO2排出ベクトルをもちいるのだが、それはエネルギー中の石炭含有率で物量ごとに化学式から求められる。その排出ベクトルは特に石炭に関しては、地域ごとに利用する石炭の質の差も考慮して、地域ごとの排出ベクトルがわかれればよいのだが、その様なデータを得ることは非常に困難である。よって、Cの含有率は質に関わらずエネルギーごとに一定であるとする。

石炭の地域別産業別生産によるCO2排出量は、SOx排出量を求めた時と同様に地域別産業別の石炭消費量を求め、それに石炭の排出ベクトルをかけて地域別産業別のCO2排出量を求める。さらにそれを地域ごとに合計すると一国全体の排出量となる。

<産業別石炭消費によるCO2排出量>

$$COC_{kj}^p = coc^p \cdot CC_{kj} \quad (30)$$

$$COC_j^p = \sum_{k=1}^m COC_{kj}^p \quad (31)$$

COC_{kj}^p : 地域別産業別石炭消費によるCO2排出量

COC_j^p : 一国全体の産業別石炭消費によるCO2排出量

coc^p : 石炭消費単位当たりの石炭のCO2排出ベクトル

石炭以外のエネルギーに関しては、一国多部門ブロックでもとめるので、産業別の各種エネルギー消費量にそれぞれのエネルギーの排出ベクトルをかけ、産業ごとに合計する。

<産業別石炭以外のエネルギー消費によるCO2排出量>

$$COE_j^p = \sum_{l=1}^q coe_l^p \cdot CE_{lj} \quad (32)$$

COE_j^p : 産業別石炭以外のエネルギー消費によるCO2排出量

coe_l^p : 第lエネルギー消費単位当たりのCO2排出ベクトル

CE_{lj} : 産業別第lエネルギー消費量

一方、家計の消費によるCO2排出量は家計のエネルギー消費量にエネルギーを1単位燃焼させた時に排出されるCO2排出ベクトルをかけて求められる。地域ごとに使用する石炭の質の違いによって、燃焼させた時の排出ベクトルも異なることを考慮して石炭は地域別に求め、それを合計して一国全体とする。

<家計の石炭消費によるCO2排出量>

$$COC_k^f = coc_k^f \cdot CC_k \quad (33)$$

$$COC^f = \sum_{k=1}^m COC_k^f \quad (34)$$

coc_k^f : 石炭を1単位燃焼させた時に排出されるCO2排出ベクトル

CC_k : 地域別石炭消費量

COC_k^f : 地域別家計の石炭消費によるCO2排出量

COC^f : 一国全体の家計の石炭消費によるCO2排出量

石炭以外のエネルギーは一国多部門ブロックのエネルギー消費量に排出ベクトルをかける。

<家計の石炭以外のエネルギー消費によるCO2排出量>

$$COE^f = \sum_{l=1}^q coe_l^f \cdot CE_{lh} \quad (35)$$

coe_l^f : l エネルギーを1単位燃焼させた時に排出されるCO2排出ベクトル

CE_{lh} : 家計の l エネルギーの消費量

COE^f : 一国全体の家計の石炭以外のエネルギー消費によるCO2排出量

以上の(31),(32),(34),(35)を合計して前の式(18)で示したように一国全体のCO2排出量が求められる。

以上が環境に関する、特にSOx、CO2排出量を決定する大まかなモデルであるが、さらにモデルを動かす際に必要となるデータや外生扱いとする変数の求め方など細かい部分について解説していこう。まず、生産額表、石炭消費量表、硫黄含有率表、脱硫率表という4つのデータベース表を作成する。表の形式は図3に示されているように行に1からmまでの地域、列に1からnまでの産業の項目を設け、地域別産業別のデータをマトリクス上に配したものである。なお観測値そのものは、モデルで使用する変数と区別して上付きの o を用いて示す。

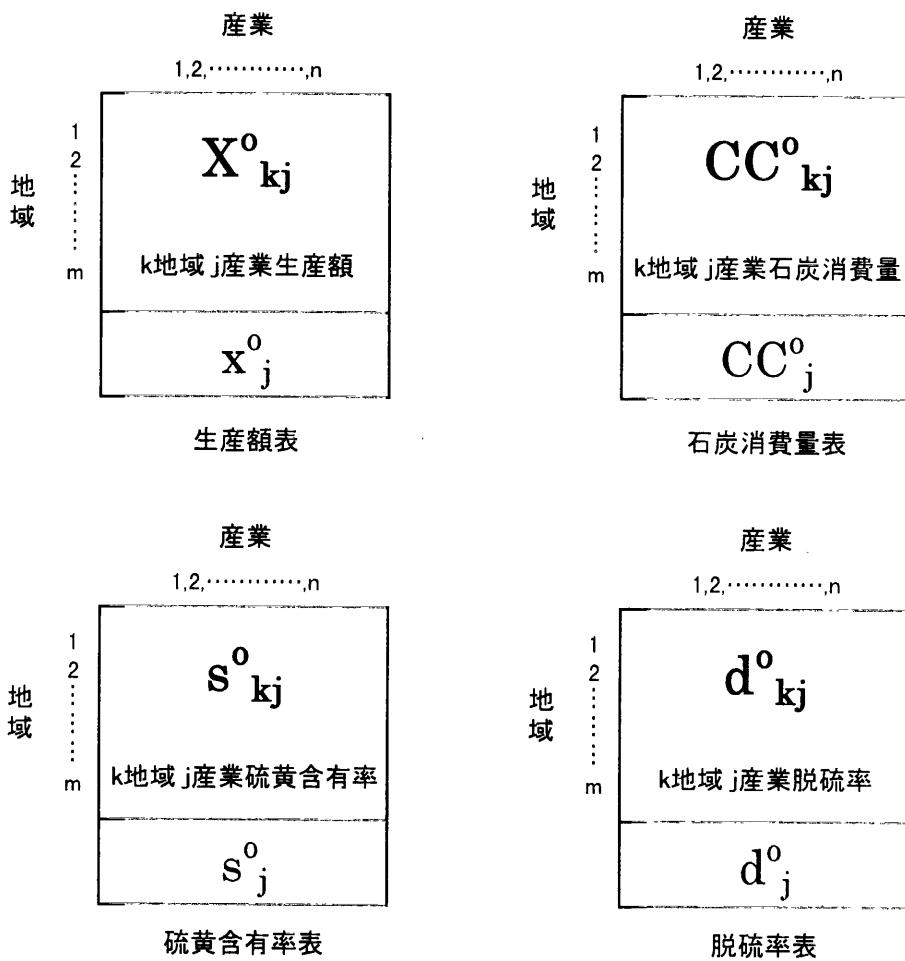


図3:データベース1

生産額表には、地域別産業別の生産額のデータが入り、生産地域配分率を求める際に必要なデータとなる。第k地域第j産業の生産額は X_{kj}^o と表され、産業ごとに生産額を集計したj産業の総生産額は x_j^o と表される。

石炭消費量表は、地域別産業別の石炭消費量のデータから成り、生産額表と合わせて用いて、地域別産業別生産原単位を求めるのに必要なデータとなる。第k地域第j産業の石炭消費量は CC_{kj}^o と表され、産業ごとに石炭消費量を集計した第j産業の総石炭消費量は cc_j と表される。

中国には炭田が各地に分布しており、地域によって利用する石炭の種類が異なる。また石炭の種類によって硫黄含有率も異なる。そのため地域別産業別のSOx排出量をより正確に推定するためには、各地域、各産業で利用する石炭の硫黄含有率の情報が必要である。そのためのデータは硫黄含有率表で与えられ、第k地域第j産業で使用する硫黄含有率は s_{kj}^o と表される。硫黄含有率表と同様に、脱硫率も地域別産業別に必要である。このデータは脱硫率表で与えられ、第k地域第j産業の脱硫率は d_{kj}^o と表される。

以上のデータベースから生産地域配分率と地域別産業別石炭消費係数が求められる。これらは、モデルを動かすうえでパラメータとして与えられる。生産地域配分率とは、ある産業の地域ごとの生産割合を示す値で地域別産業別の生産額を各産業の総生産額で割った値である。

$$o_{kj}^L = \frac{X_{kj}^o}{x_j^o}$$

地域別産業別石炭消費係数は第k地域第j産業では生産額1単位当たりの生産するのにどのくらいの石炭を消費するのかを表す値で、地域別産業別の石炭消費量を地域別産業別の生産額で割って求める。

$$u_{kj}^L = \frac{CC_{kj}^o}{X_{kj}^o}$$

この2つの変数と硫黄含有率、脱硫率を一定と仮定しパラメータ扱いすることで、産業別の誘発生産額がIS-LMサブブロックで決まったときに地域別産業別のSOx, CO2の排出量が求められる。

次に、石炭消費に伴う輸送による排出量を考える。輸送による排出量は、産業別の誘発生産量と石炭消費量を与件として、投入される石炭の量に石炭の輸送距離をかけて石炭輸送キロトンを求める。それをすべての地域について足しあわせた石炭輸送キロトン合計を一国多部門ブロックのエネルギー消費量に追加して利用する。その際に利用するデータベースとして、生産地消費地別石炭表と生産地消費量別輸送距離表がある。

消費地 1,2,.....,m		不 突 合		消費地 1,2,.....,m	
生 産 地	T _{il}	ϵ_i	T _i	生 産 地	KM _{il}
	i生産地 l消費地石炭表				KM _i
	T _l				KM _l

生産地消費地別石炭表

生産地消費地別輸送表

図4:データベース2

生産地消費地別石炭表とは図に示すように、行に石炭の生産地、列に石炭の消費地の項目を設けたマトリクス形式で、各セルに入るデータ T_{il}^o を行ごとにみると、第 i 生産地域の石炭はどの地域でどのくらい消費されるかという投入を表し、各行の合計と不突合 ε_i の和は生産地域別の石炭生産量の合計となる。列ごとにみると、第 l 消費地域が消費する石炭はどの地域で生産された石炭でまかっているのかを表している。各列の合計 $T_{.l}$ は消費地域別石炭消費量の合計となる。第 l 地域石炭消費量は地域別産業別の石炭消費による SO_x 排出量を求める段階で用いた地域別産業別石炭消費量から以下のようにも表せる。

$$\begin{aligned}
 CC_k^o &= \sum_{j=1}^n CC_{kj}^o \\
 &= \sum_{j=1}^n u_{kj}^L \cdot o_{kj}^L \cdot x_j \\
 CC_k^L &: \text{地域別石炭消費量} \\
 CC_{kj}^L &: \text{地域別産業別石炭消費量} \\
 u_{kj}^L &: \text{地域別産業別石炭消費原単位} \\
 o_{kj}^L &: \text{生産地域配分率} \\
 x_j &: \text{産業別実質生産額}
 \end{aligned}$$

生産地消費地別石炭消費量表から求められる地域別の石炭消費量は前式の石炭消費量と不突合の和で表せ、

$$\begin{aligned}
 T_{.l} &= CC_k^L + \vartheta_l \\
 T_{.l} &: l \text{ 消費地の石炭消費量} \\
 \vartheta_l &: \text{不突合}
 \end{aligned}$$

となる。

ここで、第 l 消費地ではどの生産地の石炭をどのくらいの割合で利用しているのかという情報を石炭発注配分率として求める。

$$\begin{aligned}
 t_{il} &= \frac{T_{il}}{T_{.l}} \\
 t_{il} &: \text{石炭発注配分率} \\
 i &: \text{下付きの } i \text{ は } 1 \text{ から } m \text{ までの生産地域を示す} \\
 l &: \text{下付きの } l \text{ は } 1 \text{ から } m \text{ までの消費地域を示す}
 \end{aligned}$$

これを用いて第 i 生産地域の石炭生産量は以下の式で求められる。

$$\begin{aligned}
 T_i &= \sum_{l=1}^m t_{il} \cdot T_{.l} + \varepsilon_i \\
 t_{il} &: \text{石炭発注配分率} \\
 T_{.l} &: \text{第 } l \text{ 消費地石炭消費量} \\
 \varepsilon_i &: \text{不突合}
 \end{aligned}$$

生産地消費地別輸送距離表は生産地消費地別石炭表と対応するように同様の形式で行に石炭の生産地、列に石炭の消費地を設け、 KM_{il} には第 i 生産地域から第 l 消費地域への石炭の輸送距離のデータが入る。

以上のデータを用いて、第 i 地域から第 l 地域に投入される石炭の量に第 i 地域から第 l 地域への輸送距離をかけて、地域別石炭輸送キロトンが求まる。それをすべての地域について合計すると石炭輸送キロトン合計となる。

$$\begin{aligned}
 KT_{il} &= T_{il} \cdot KM_{il} \\
 &= t_{il} \cdot T_{.l} \cdot KM_{il} \\
 KT &= \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m KT_{il}
 \end{aligned} \tag{36}$$

- KT_{il} : 生産地消費地別輸送キロトン
 KT : 石炭輸送キロトン合計
 t_{il} : 石炭発注配分率
 T_{il} : 第*l*消費地の石炭消費量
 KM_{il} : 第*i*地域から第*l*地域への輸送距離

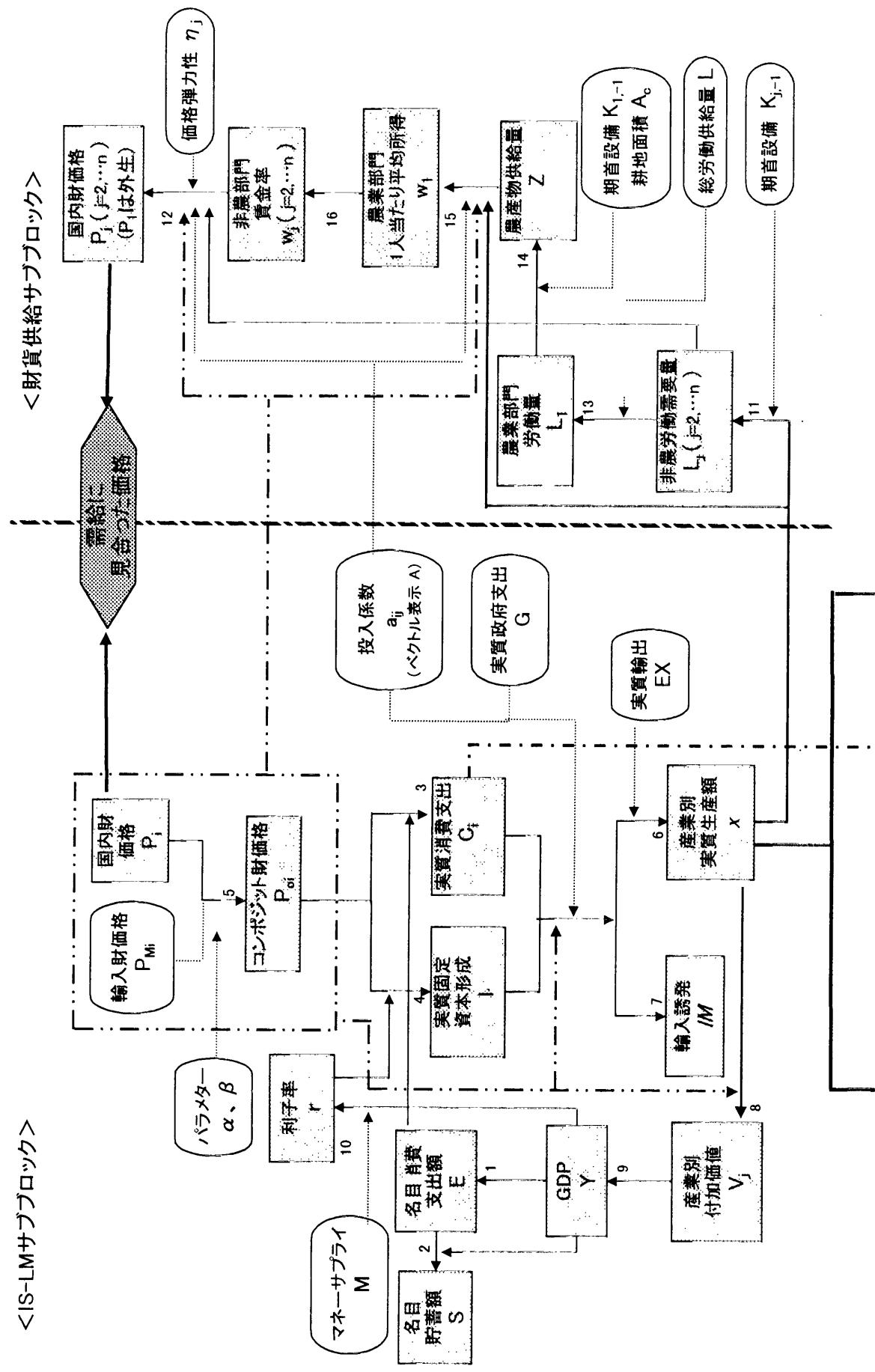
ここで石炭を輸送する際に使用されるエネルギー量が求められる。この地域ブロックの石炭輸送キロトン合計は一国多部門ブロックのエネルギー消費量に追加されることになる。

参考文献

- [1] 辻村江太郎・黒田昌裕『日本経済の一般均衡分析』筑摩書房 (1974)
- [2] 小尾恵一郎他『労働時間短縮の経済効果』日本労働研究機構 (1992)
- [3] J.M.Keynes 塩野谷祐一訳『雇用・利子および貨幣の一般理論』東洋経済新報社 (1983)
- [4] 吉岡完治他『環境分析用産業連関表』(1996)
- [5] 吉川洋『マクロ経済学研究』東洋経済新報社 (1984)

一国多部門ブロック

<財貨供給サブロック>



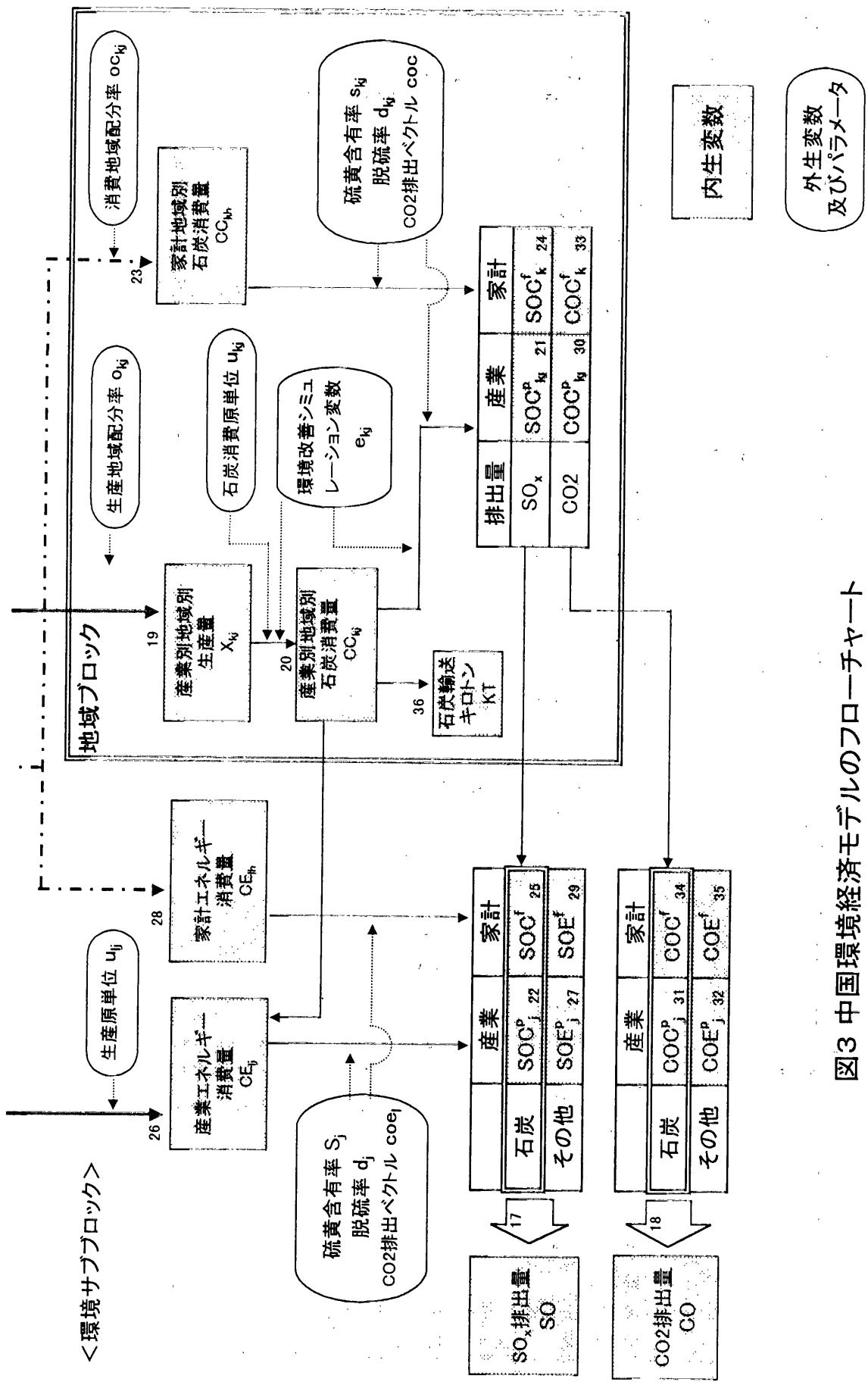


図3 中国環境経済モデルのフローチャート

表1: モデルの構成と各ブロックで決定される内生変数

一国多部門ブロック	
<IS-LMサブブロック>	
E	名目消費支出
S	名目貯蓄額
C _i	実質消費支出
I _i	実質固定資本形成
P _{0i}	コンポジット財価格
x	産業別実質生産額
/M	輸入誘発
V _j	産業別付加価値
Y	GDP
r	利子率
<財貨供給サブブロック>	
L _j	非農労働需要量
P _j	国内財価格
L ₁	農業部門労働量
Z	農産物供給量
w ₁	農業部門1人当たり平均所得
w _j	非農部門賃金率
<環境サブブロック>	
Ce _{lj}	産業別エネルギー消費量
Ce _{lh}	家計エネルギー消費量
SO	So _x 排出量
SOC ^p _j	産業別石炭からのSo _x 排出量
SOC ^f	家計石炭からのSo _x 排出量
SOE ^p _j	産業別他のエネルギーからのSo _x 排出量
SOE ^f	家計他のエネルギーからのSo _x 排出量
CO	CO ₂ 排出量
COC ^p _j	産業別石炭からのCO ₂ 排出量
COC ^f	家計石炭からのCO ₂ 排出量
COE ^p _j	産業別他のエネルギーからのCO ₂ 排出量
COE ^f	家計他のエネルギーからのCO ₂ 排出量

地域ブロック	
X _{ki}	産業別地域別生産量
CC _{ki}	産業別地域別石炭消費量
KT	石炭輸送キロトン
CC _{kh}	地域別家計石炭消費量
SOC ^p _{kj}	地域別産業別石炭からのSo _x 排出量
SOC ^f _k	地域別家計からのSo _x 排出量
COC ^p _{kj}	地域別産業別石炭からのCO ₂ 排出量
COC ^f _k	地域別家計からのCO ₂ 排出量

表2:中国環境経済モデル方程式一覧表

1	$E = E(Y)$	
2	$S = Y - E$	
3	$C_i = C_i(P_{01}, \dots, P_{0n}, E)$	$i = 1, \dots, n$
4	$I_i = I_i(\Delta Y, r - \frac{\Delta P_{0i}}{P_{0i}})$	$i = 1, \dots, n$
5	$\ln P_{0i} = [\alpha_i, (1 - \alpha_i)] \begin{bmatrix} \ln P_i \\ \ln P_{M_i} \end{bmatrix} + \frac{1}{2} [\ln P_i, \ln P_{M_i}] \begin{bmatrix} -\beta_i & \beta_i \\ \beta_i & -\beta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln P_i \\ \ln P_{M_i} \end{bmatrix}$	$i = 1, \dots, n$
6	$x = [P - P_0(I - \Delta)A]^{-1}[(I - \Delta)P_0(C + I + \bar{G}) + P \cdot \bar{E}X]$	$1, \dots, n$ のベクトル
7	$IM = P_M^{-1} \Delta P_0 [Ax + C + I + \bar{G}]$	$1, \dots, n$ のベクトル
8	$V_j = P_j x_j - \sum_{i=1}^n P_{0i} a_{ij} x_j$	$j = 1, \dots, n$
9	$Y = \sum_{j=1}^n V_j$	
10	$\bar{M} = K(r) \cdot Y$	
11	$L_j = L_j(x_j; K_{j,-1})$	$j = 2, \dots, n$
12	$P_j = \frac{1}{1-\eta_j} \left\{ \sum_i P_{0i} a_{ij} + \frac{\partial L_j}{\partial X_j} w_j \right\}$	$j = 2, \dots, n$
13	$L_1 = \bar{L} - \sum_{j=2}^n L_j$	
14	$Z = f_1(L_1, K_{1,-1}, A_c)$	
15	$w_1 = \frac{Z - \sum_{i=1}^n P_{0i} a_{i1} x_1}{L_1}$	
16	$w_j = w_j(w_1)$	$j = 2, \dots, n$
17	$SO = \sum_{j=1}^n SOC_j^p + SOC^f + \sum_{j=1}^n SOE_j^p + SOE^f$	
18	$CO = \sum_{j=1}^n COC_j^p + COC^f + \sum_{j=1}^n COE_j^p + COE^f$	
19	$X_{kj}^L = o_{kj}^L \cdot x_j$	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$
20	$CC_{kj}^L = u_{kj}^L \cdot X_{kj}^L$	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$
21	$SOC_{kj}^p = (1 - d_{kj}) \cdot s_{kj}^L \cdot CC_{kj}^L$	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$
22	$SOC_j^p = \sum_{k=1}^m SOC_{kj}^p$	$j = 1, \dots, n$
23	$CC_{kh} = oc_{kh} \cdot C_c$	$k = 1, \dots, m$
24	$SOC_k^f = (1 - d_{kh}) \cdot s_{kh} \cdot CC_{kh}$	$k = 1, \dots, m$
25	$SOC^f = \sum_{k=1}^m SOC_k^f$	
26	$CE_{lj} = u_{lj} \cdot x_j$	$l = 1, \dots, q \quad j = 1, \dots, n$
27	$SOE_j^p = (1 - d_j) \cdot \sum_{i=1}^k s_{lj} \cdot CE_{lj}$	$j = 1, \dots, n$
28	$CE_{lh} = C_l$	$l = 1, \dots, q$
29	$SOE^f = (1 - d_h) \cdot \sum_{i=1}^k s_{lh} \cdot CE_{lh}$	
30	$COC_{kj}^p = coc^p \cdot CC_{kj}$	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$
31	$COC_j^p = \sum_{k=1}^m COC_{kj}^p$	$j = 1, \dots, n$
32	$COE_j^p = \sum_{l=1}^q coe_l^p \cdot CE_{lj}$	$j = 1, \dots, n$
33	$COC_k^f = coc_k^f \cdot CC_k$	$k = 1, \dots, m$
34	$COC^f = \sum_{k=1}^m COC_k^f$	
35	$COE^f = \sum_{l=1}^q coe_l^f \cdot CE_{lh}$	
36	$KT = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot T_{.j} \cdot KM_{ij}$	

注) 式の番号は論文中の式番号と対応している

表3：中国環境経済モデル内生変数一覧表

1	E	名目消費支出額
2	S	名目貯蓄額
3	$C_i \quad i = 1, \dots, n$	実質消費支出
4	$I_i \quad i = 1, \dots, n$	実質固定資本形成
5	$P_{0i} \quad i = 1, \dots, n$	コンポジット財価格
6	$x \quad 1, \dots, n$ のベクトル	産業別実質生産額
7	$IM \quad 1, \dots, n$ のベクトル	輸入誘発
8	$V_j \quad j = 1, \dots, n$	産業別付加価値
9	Y	GDP
10	r	利子率
11	$L_j \quad j = 2, \dots, n$	非農労働需要量
12	$P_j \quad j = 2, \dots, n$	国内財価格
13	L_1	農業部門労働量
14	Z	農産物供給量
15	w_1	農業部門1人当たり平均所得
16	$w_j \quad j = 2, \dots, n$	非農部門賃金率
17	SO	SOx 排出量
18	CO	$CO2$ 排出量
19	$X_{kj}^L \quad k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	産業別地域別生産量
20	$CC_{kj}^L \quad k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	産業別地域別石炭消費量
21	$SOC_{kj}^p \quad k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	産業別地域別石炭からの SOx 排出量
22	$SOC_j^p \quad j = 1, \dots, n$	産業別石炭からの SOx 排出量
23	CC_{kh}	地域別家計石炭消費量
24	$SOC_k^f \quad k = 1, \dots, m$	地域別家計石炭からの SOx 排出量
25	$SOC_k^f \quad k = 1, \dots, m$	家計石炭からの SOx 排出量
26	$CE_{lj} \quad l = 1, \dots, q \quad j = 1, \dots, n$	産業別エネルギー消費量
27	$SOE_j^p \quad j = 1, \dots, n$	産業別他のエネルギーからの SOx 排出量
28	$CE_{lh} \quad l = 1, \dots, q$	家計エネルギー消費量
29	SOE^f	家計他のエネルギーからの SOx 排出量
30	$COC_{kj}^p \quad k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	産業別地域別石炭からの $CO2$ 排出量
31	$COC_j^p \quad j = 1, \dots, n$	産業別石炭からの $CO2$ 排出量
32	$COE_j^p \quad j = 1, \dots, n$	産業別他のエネルギーからの $CO2$ 排出量
33	$COC_k^f \quad k = 1, \dots, m$	地域別家計石炭からの $CO2$ 排出量
34	COC^f	家計石炭からの $CO2$ 排出量
35	COE^f	家計他のエネルギーからの $CO2$ 排出量
36	KT	石炭輸送キロトン

注) 変数の番号は方程式の番号に対応している

表4:中国環境経済モデル外生変数及びパラメータ一覧表

\bar{G}	$1, \dots, n$ のベクトル	実質政府支出
\bar{EX}	$1, \dots, n$ のベクトル	実質輸出額
a_{ij}	$i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n$	投入係数 (A はベクトル表示)
\bar{M}		マネーサプライ
\bar{P}_{Mi}	$i = 1, \dots, n$	輸入財価格
\bar{P}_1		農産物価格
\bar{L}		総労働供給量
K_{-1}		期首設備 (先決内生変数)
η_j	$j = 2, \dots, n$	短期想定需要関数の価格弾力性
\bar{A}_c		耕地面積
d_j	$j = 1, \dots, n$	産業別脱硫率
s_l	$l = 1, \dots, q$	エネルギー別硫黄含有率
u_{lj}	$l = 1, \dots, q \quad j = 1, \dots, n$	生産原単位
coe_l	$l = 1, \dots, q$	エネルギー別 CO_2 排出ベクトル
o_{kj}	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	生産地域配分率
u_{kj}	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	石炭消費係数
s_{kj}	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	硫黄含有率
d_{kj}	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	脱硫率
oc_{kj}	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	石炭消費地域配分率
coc		石炭 CO_2 排出ベクトル
e_{kj}	$k = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$	環境改善シミュレーション変数

注) 外生変数は上に-を印す