

応用一般均衡モデルによる中国の環境政策の実証分析

1. はじめに

本研究の目的は、中国経済の動学的 CGE (Computable General Equilibrium) モデルを用いて、中国の環境政策の波及効果を時系列的に実証的に明らかにすることを課題としている。

昨年ポーランドで開催された第 19 回国連気候変動枠組み条約締約国会議に合わせ、地球温暖化に関する国際研究グループ「グローバル・カーボン・プロジェクト」の報告書によると、2012 年の中国の CO₂ 排出量は前年比 5.9% 増で、2012 年の世界全体における CO₂ 排出量増加分の 70% を占めたとされている¹。IEA のデータ²と合わせると 2012 年の排出量はおよそ 85 億トンで世界排出量の 3 割を占めている。地球温暖化の視点から中国の政府当局の危機感も相当強く省エネ産業の育成を国策として急ピッチで進めている。2009 年に中国当局は、2020 年までに国内総生産 (GDP) 当たりの CO₂ 排出量を 2005 年比で 40~45% 削減すると誓約している。そして昨年の 6 月には具体的な対策として初めて深セン市で CO₂ の排出量取引制度を導入し、2014 年までに深センを含む 7 都市・地域で CO₂ 排出量取引を試験的に実施する方針を発表した。

そこで、本稿では動学的応用一般均衡モデルを用いて炭素税及び排出権取引制度の導入の波及効果を数量的に明らかにしたい。

本稿の構成は以下の通りである。まず第 2 節において、モデルで使用されるデータとその特徴について述べる。第 3 節ではモデルの構造について説明する。そして第 4 節では上記で提示したデータとモデルを用いて中国の環境政策についてシミュレーション分析を行う。最後の第 5 節では本稿の結論をまとめる。

2. データについて

本稿では 2007 年の中国産業連関表を主なデータソースとしている。2007 年の中国経済を対象とした産業連関表として、中国国家统计局の全国産業連関表、地域間産業連関表、日中共同作業としての日中国際産業連関表がある。また、Liu and Li より GTAP 事務局に提供された GTAP8 のバージョンがある³。今回は貿易、環境政策の分析に適応した GTAP8 のデータを使用した。このデータは関税率⁴や CO₂ 排出量などのデータが充実しているし、誤差項が調整されているので使い勝手が良いためである。

3. モデルの構造

本モデルの特徴は表 1 にまとめられている。すなわち、完全競争モデルで収穫一定の生産技術と効用関数を仮定している。外国との貿易も取り扱う開放経済モデルではあるが、貿易収支を一定とする小国モデルであり、為替レートが内生化されている。モデルは 2007

¹ 2013 年 11 月 20 日の AFPBB ニュース <http://www.afpbb.com/articles/-/3003556> による。

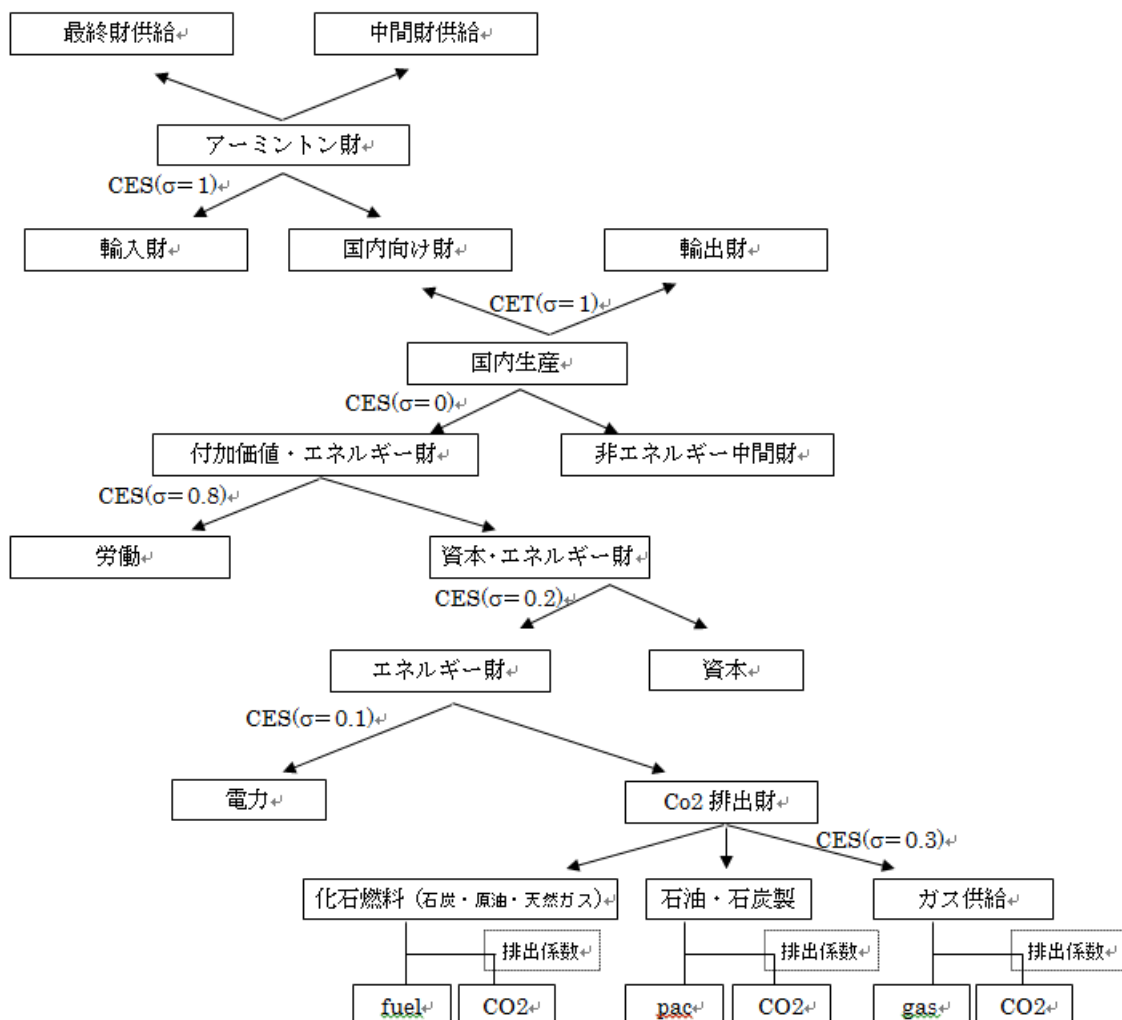
² 国際エネルギー機構の統計サイト <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf> による。

³ 詳細は以下の GTAP の HP を参照されたい。

⁴ GTAP における関税率は、正確にはいわゆる関税率ではなく、非関税障壁や数量制限を含めた貿易阻害要因による貿易保護率をあらわしており、「内外の価格差」を意味する。

3.1 企業の生産部門

図1 企業の生産構造



年を基準年として、2020年までに1期間を1年として解いていくリカーブモデルであり、外生的貯蓄率による投資と外生的な効率単位労働の伸び率により経済が成長することになる。

表1 本モデルの特徴

特徴	説明
完全競争モデル	全ての経済主体がプライステイカーとして行動する完全競争モデル。
収穫一定の技術	生産技術と効用関数は「規模に関して収穫一定」を仮定。
代表的家計	最終消費、投資はこの代表的家計の行動から導かれる。労働供給は内生化する。 排出権保有者でもある。

リカーシブ型動学モデル	2007年から2020年まで1期間ずつ繰り返し解くリカーシブモデル。
小国モデル	貿易収支を一定とする小国モデルであり、為替レートが内生化する。

企業の生産構造は図1に示されているが、すべての産業がCES(Constant Elasticity of Substitution)関数に従い、生産を行う。モデルで使用した代替弾力性は師ほか(2011)と日経センターのJCER-CGEモデル⁵を参考にしながら設定したが、詳細は表2に示されている。

表2 本モデルで使用した代替の弾力性の値

生産関数における代替の弾力性	
EVAとその他非エネルギー中間投入財の間	0
労働と資本・エネルギー財の間	0.8
資本と合成エネルギー財の間	0.3
電力とCO2排出のエネルギー財の間	0.1
CO2排出のエネルギー間	0.3
効用関数における代替の弾力性	
余暇と消費・貯蓄の間	1
消費と貯蓄の間	1
合成エネルギー財とその他非エネルギー中間投入財の間	0.3
電力とCO2排出のエネルギー財の間	0.1
CO2排出のエネルギー間	0.3

本モデルでは6種類のエネルギー財が存在する。まず、「石炭」、「原油」、「天然ガス」の化石燃料と「石油・石炭製品」、「都市ガス」がCO2排出財を形成し、「電力」と統合される。その混合エネルギー財は資本と統合された後、労働と結合し、合成エネルギー・本源的要素(EVA)となる。そしてその他の非エネルギー中間財とともにレオンチェフ型の生産技術で国内生産を行う。

このように生産された財は国内向け供給財とCET(Constant Elasticity of Transformation)関数によって外国への輸出財と国内向け財とが決定される。

輸出財は為替レートで調整された後、外国の需要として輸出される。

国内向け財は外国からの輸入材と結合し、アーミントン財を形成し、企業には中間財需要として、家計・政府・投資部門には最終需要として消費される。

3.2 家計部門

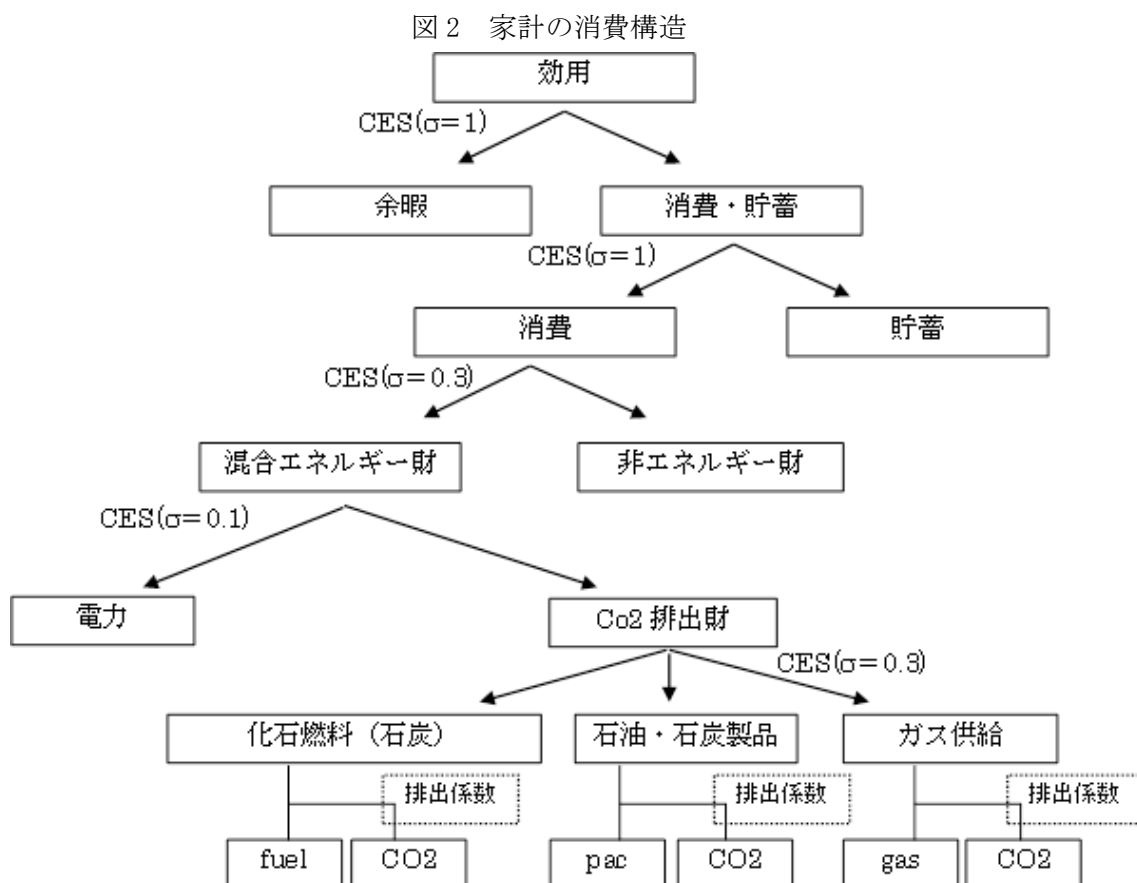
家計の消費構造は図2に示されているが、一般的なCGEモデルと同じく代表的エージェントの仮定が導入されており、家計の効用最大化行動を前提としている。その際にエネルギー財の消費によりCO2を排出する。家計は労働と資本を保有し、企業部門に労働と資

⁵ 日本経済研究センターの下記のHPなどを参照されたい。

本を提供し、賃金と資本収益を受け取る。また、外国との貿易から経常赤字も受け取る。その一方で政府に直接税を支払う。そして、貯蓄も行うが、それがリカーシブモデルにおいて次期の投資となる。すなわち、家計消費は以下のように定義される。

$$\text{家計消費} = \text{労働賃金} + \text{資本収入} + \text{経常赤字} - \text{直接税} - \text{民間貯蓄}$$

また、このモデルでは余暇という概念を効用関数に取り入れており、労働供給は内生的に決まる。すなわち、家計の効用は消費、貯蓄及び余暇の3つの要因に依存して決まるのである。



3.3 政府部門

政府は家計より直接税、企業から生産税、外国部門より関税を受け取り、これによって政府支出を行う。すなわち、政府は以下のように定義される。

$$\text{政府消費} = \text{直接税} + \text{間接税} + \text{関税} - \text{政府貯蓄} \quad (\text{政府投資})$$

政府の消費構造は基本的に家計構造とよく似ているが、基本的にサービス産業における消費を行っているので、CO₂の排出量はゼロである。

3.4 外国部門

企業の生産部門において、すでに輸出と輸入が登場したが、ここでは交易条件（輸出財と輸入財の交換比率）が外生的に一定であるというという小国のモデルを仮定している。すなわち、経済成長とともに各財の輸出入額はともに変化するが、貿易収支がベンチマークにおける水準に常に等しくなるように為替レートが内生化する。

3.5 投資部門

上記の家計部門、政府部門、外国部門における貯蓄にファイナンスされた各産業のアーミントン投資財がレオンチェフ生産関数で結合され、国全体の投資財を形成する。

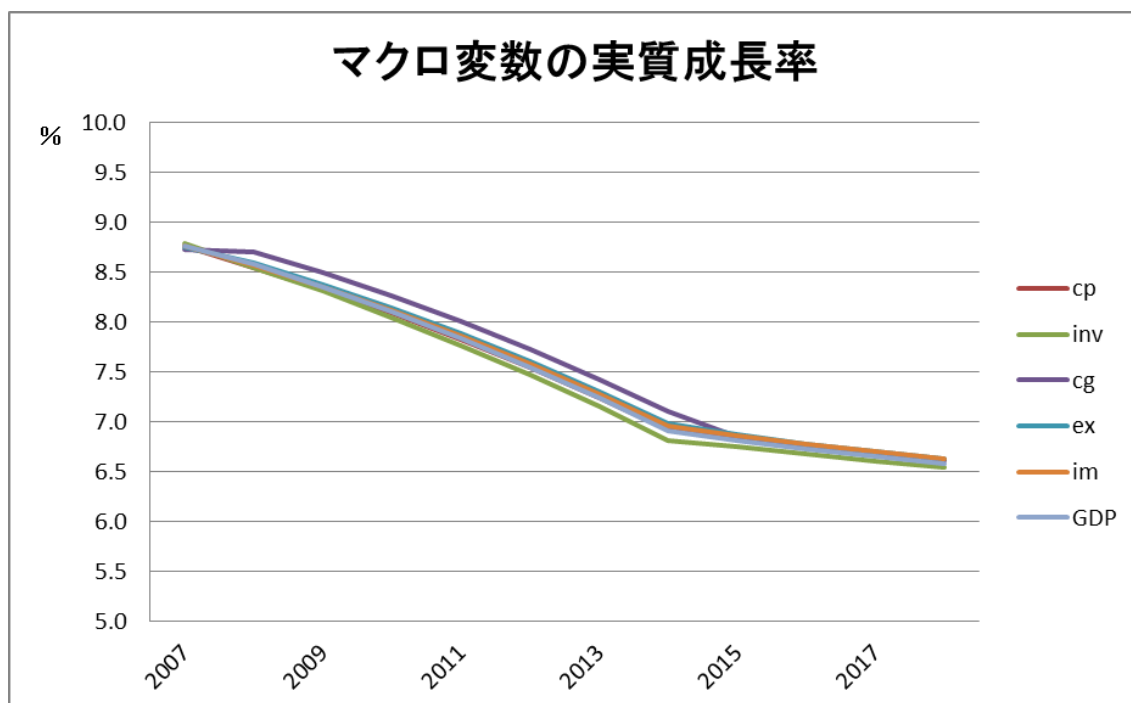
3.6 モデルの動学メカニズム

経済の持続的な動学を表現するに当たって、貯蓄率がどのように決まるか、すなわち、資本の最適経路をどのように決めるかが大事になる。その際に一般的に異時点間の資源配分の最適化問題と取り扱うが、「はじめに」も述べたように、中国は発展途上国としての性格が強く、現段階ではインフラストラクチャーの整備のために行う投資がほとんどであり、ここでは外生的に扱う。すなわち、投資部門において形成された国全体の投資が資本ストックに加わり、来期の生産に投入されるが、その際に、利潤率が均等になるように各産業に配分される。その他の外生変数の値は表3に示されている。

表3 動学的パラメータの値(%)

労働力人口の伸び率	0.3
効率単位労働増加率	
2007~2015年 10%から6%まで毎年0.5%ずつ鈍化	10~6
2016~2020年 6%を維持	6
減価償却率	0.1

図3 マクロ変数の移行経路(%)



労働投入量も上記の効率単位労働増加率によって国全体の労働力が決まり、次期の生産に投入されるが、賃金が均等になるように各産業に分配される。これにより経済の動学経

路が決定されるが、図 3 に実質価格⁶のマクロ変数の移行経路が示されている。

4. 政策シミュレーション分析

4.1 炭素税導入の波及効果

「国家能源網」の報道によれば、中国で導入が検討されている炭素税率は 10 元/co2 トンである⁷。そして師ほか(2011)年における炭素税のシナリオを踏襲して以下のような表 4 のシナリオでシミュレーション分析を行う。

表 4 炭素税のシナリオ

2012-2013	10 元/co2 トン
2014-2015	20 元/co2 トン
2016-2020	40 元/co2 トン

表 5 にマクロ経済変数への影響を示している。炭素税の導入により、生産コストが上昇し、マクロ経済指標は基本的にマイナスの影響を受ける。GDP への影響はマイナス 0.007~0.048%と僅かであるが、CO2 の削減効果は 1.955~7.014%となっており、このような政策効果は受容性が高いことが伺える。

表 5 マクロ変数への影響

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
cp	-0.011	-0.011	-0.026	-0.026	-0.066	-0.066	-0.067	-0.067	-0.067
inv	-0.002	-0.002	-0.009	-0.009	-0.034	-0.034	-0.035	-0.035	-0.035
G	-0.013	-0.013	-0.027	-0.027	-0.053	-0.054	-0.054	-0.055	-0.056
EX	-0.047	-0.048	-0.096	-0.097	-0.197	-0.199	-0.200	-0.202	-0.203
IM	-0.052	-0.053	-0.106	-0.107	-0.217	-0.219	-0.221	-0.222	-0.224
GDP	-0.007	-0.007	-0.017	-0.017	-0.047	-0.047	-0.047	-0.048	-0.048
CO2	-1.955	-1.960	-3.750	-3.760	-6.931	-6.954	-6.976	-6.996	-7.014

図 4、5 に 2020 年における産業別への影響が示されている。まず、図 4 を見ると、国内生産についてはやはりエネルギー産業がかなり大きな打撃を受ける。特に石炭産業への影響がもっとも著しい。しかし、石油・石炭製造業への影響は軽微であり、これは他のエネルギー財から石油・石炭製品に代替されることが原因であると考えられる。そして唯一電気・電子製造業の生産は 0.65%増えているが、これは生産要素が他の産業から移動したのが原因である。CO2 の排出量も国内生産とほぼ同じ傾向を示している。

次に、図 5 には国内価格と家計消費の変化率が描かれている。国内価格（アーミントン財価格）は炭素税の導入により基本的に上昇傾向を示しているが、特に電力価格と都市ガスの値段が急上昇していることが分かる。非エネルギー財の中では石炭使用シェアが高い非金属製品の上昇率が特徴的である。家計消費においては石炭と都市ガスの需要の減少が著しい。唯一石油・石炭製品についての消費が増えているが、これはやはり他のエネル

⁶ ここでは、2007 年における消費者デフレーターを基準に実質化を行っている。

⁷ 中国のエネルギー関連情報ネット <http://www.china5e.com/news/news-97433-1.html> による。

ギー財から石油・石炭製品に代替されることが原因であろう。このように炭素税の導入はマクロ経済レベルではわずかな影響に留まっているが、産業別や家計への影響はかなり深刻なものであることが伺える。

図4 産業への影響

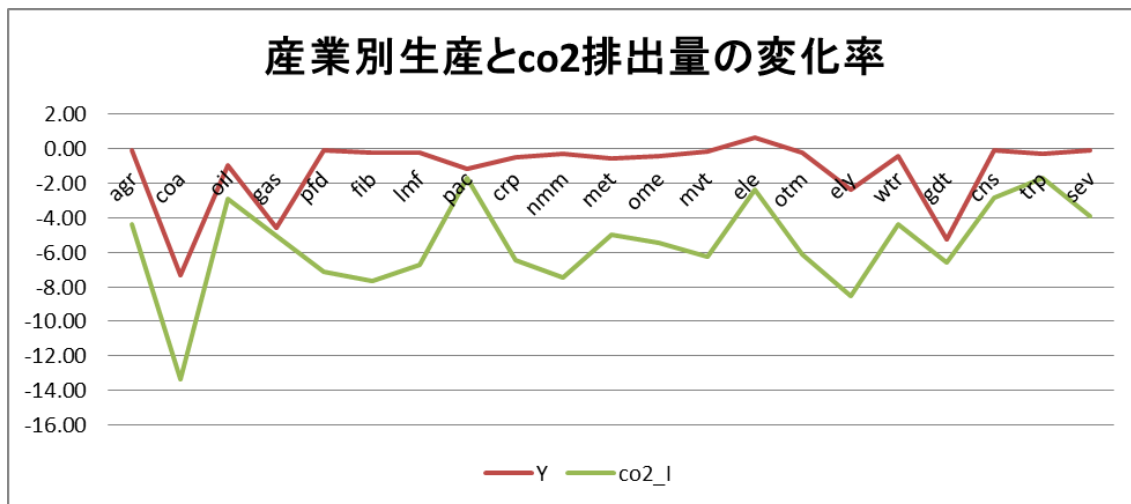
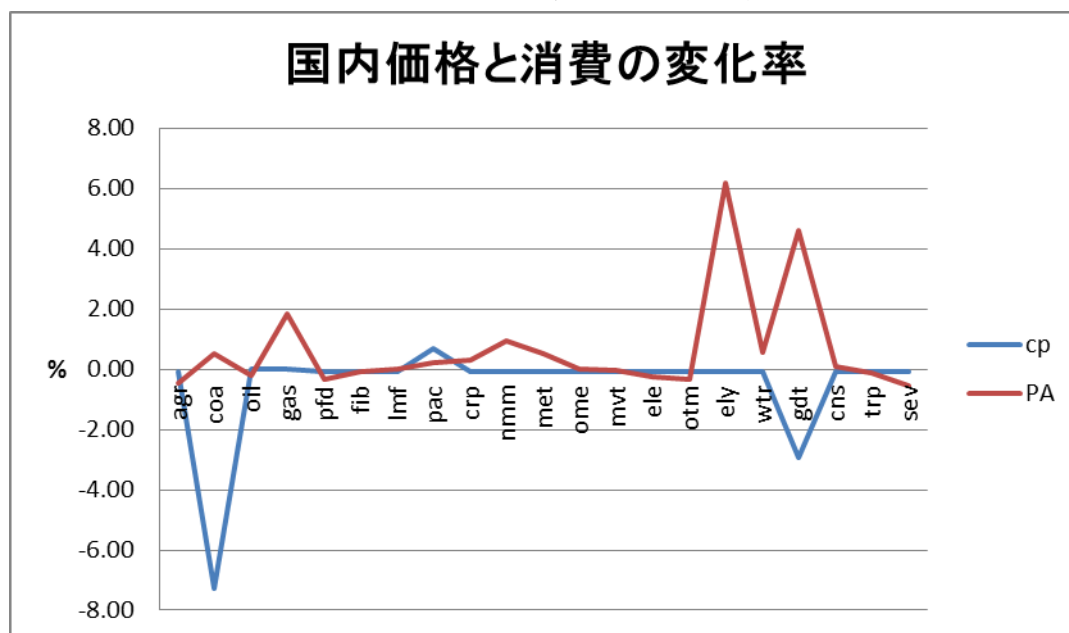


図5 国内価格と家計消費への影響

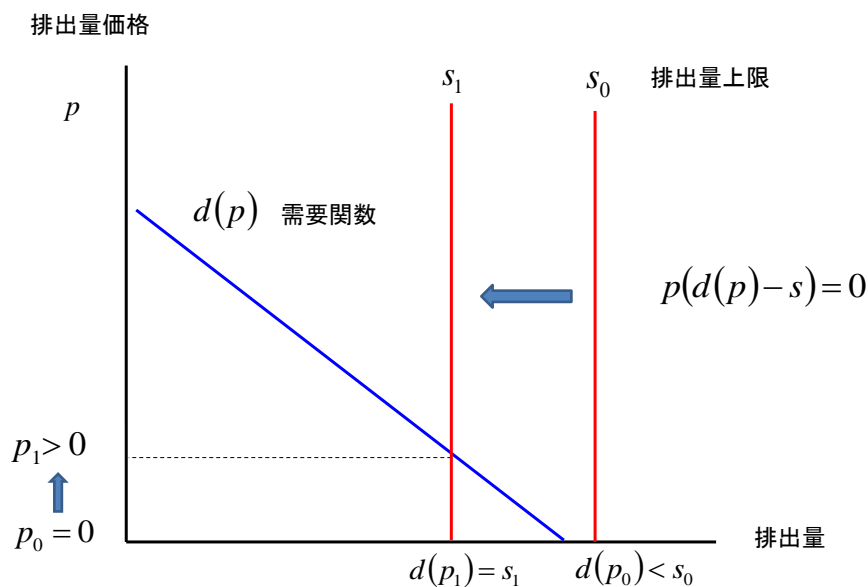


4.2 排出権取引制度の導入効果

ここでは、まず伴（2012）に従いながら、排出権取引市場のメカニズムを要約したい。図6に排出権取引市場における価格メカニズムが描かれているが、政府が排出量を販売し、企業と家計が排出権を需要すると仮定する。排出量の需要 $d(p)$ が制約 s を下回れば、二酸化

化炭素価格は 0 であるが、排出量制約が強くなれば、排出量の需要 $d(p)$ が制約 s に一致し、 $p > 0$ となる。排出権市場において企業と家計はプライステイカーであるので、自分のエネルギー財の消費量に応じて結局費用を負担し、政府は排出権を売却することで、収益を得る。但し、ここでは政府はその収入をそのまま家計に還元すると仮定する。

図 6 排出権取引市場における価格メカニズム



(出所：伴(2012)より引用。)

ここでは、このようなメカニズムを用いて、中国政府が 2011 年 3 月に発表した第 12 次 5 年計画 (2011~2015 年) において、「2015 年までに国内総生産 (GDP) 当たりの CO2 排出量を 2010 年比で 17%削減する」効果について試算する。

図 7 は、2015 年に 2010 年比 17%で削減する際の二酸化炭素の排出量について、2007 年から 2015 年までの推移を表している。CO2 の Base 排出量は 2007 年における生産技術と消費関数によって内生的に得られたものであり、排出量制約は 2010 年の排出量に基づいて外生的に与えている。

排出量制約の政策が 2013 年から実行されれば、二酸化炭素に価格が発生し、CO2 の排出に大きな制約がかかることになる。図 8 は、CO2 トン当たりの二酸化炭素価格および実際の削減率の推移を表している。それによれば、炭素制約が始まる 2013 年に二酸化炭素価格が 46 ドルとなり、排出量制約の強化と経済成長による排出量増大圧力から二酸化炭素価格はさらに上昇し、2015 年には 116 ドルとなる。

図 9 にマクロ変数への影響を示している。それによれば、2013 年の GDP はマイナス 1% の影響を受けるが、2015 年にはマイナス 3.3%とその影響が急速に拡大することが分かる。

ここから、中国当局の目標はかなり厳しいものであり、現実的に達成することは難しいと思われる。しかし、いくつかの都市で排出権取引制度が実際導入されたのは一つの前進であり、試行錯誤を重ねながら徐々に全国的に広がるとと思われる。すなわち、先により受容性が高い炭素税政策を進めながら、ゆっくり排出権取引制度を広げることが中国の実情に符合すると思われる。その際に、政府当局としてはより実現可能性が高い排出権制約を目標として設定することが求められると思われる。

図7 Base 排出量と政府の排出量目標

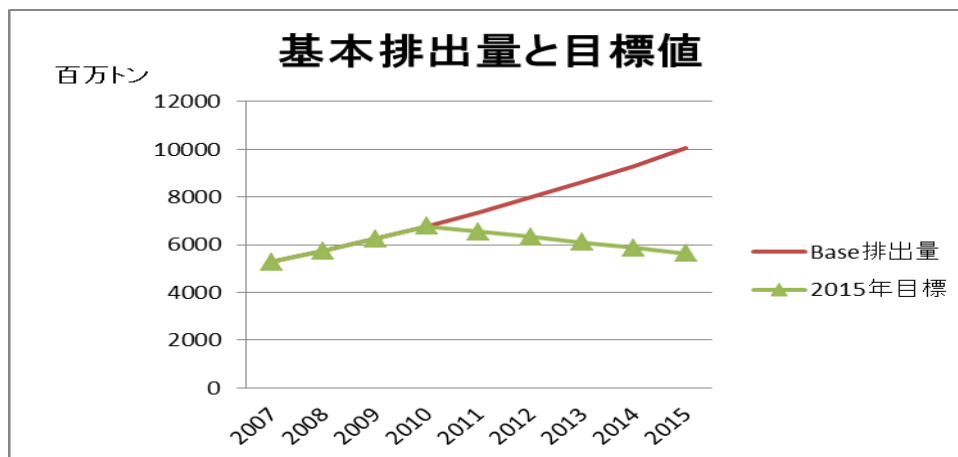


図8 CO2 の削減率と CO2 価格への影響

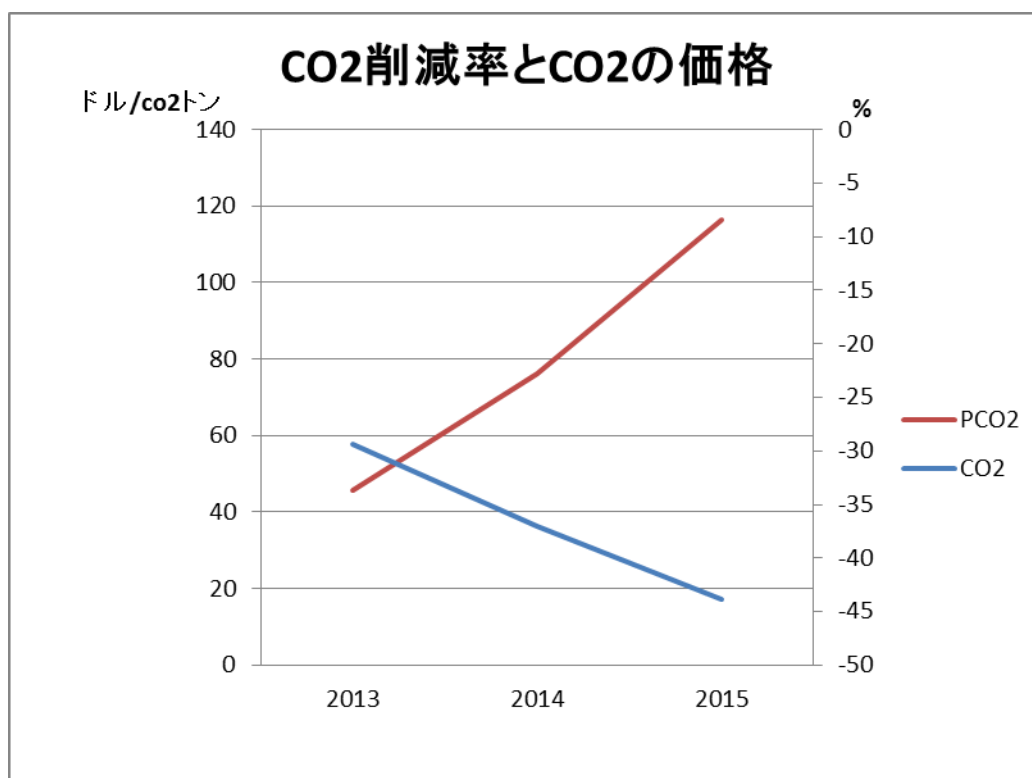
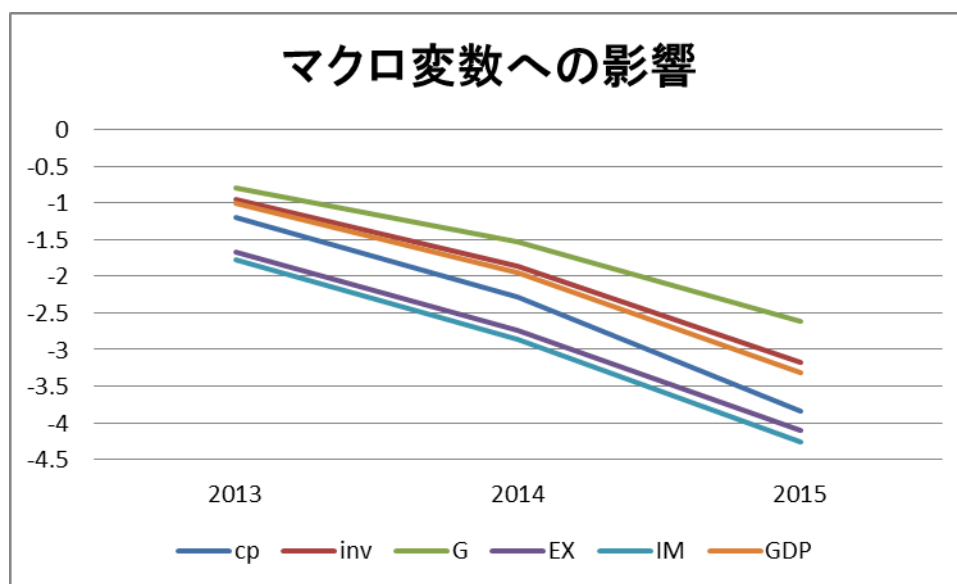


図9 マクロ変数への影響



5. おわりに

本稿では外生的貯蓄率を仮定する逐次型短期的動学モデルを用いて、自由貿易政策と環境政策について試算を行ったが、いくつかの興味深い情報を得ることができた。

まず、関税率がゼロになるという自由貿易政策を通じて、中国の比較優位産業である電気・電子製造業の輸出と国内生産が10%程度伸びるのが特徴的であった。純輸出の黒字において繊維業のシェアがいちばん高く比較優位産業であると思われがちであるが、実はそれは7%位の高い関税によって保護されているからである。最低賃金の急上昇などで労働集約産業の比較優位も段々薄れている中で、東南アジアに進出している中国企業の動きも出ている。他方、依然として2億5千万位の農民工を抱えている中国にとっては産業政策として労働集約型産業を維持することも大きな意義を持つだろう。

次に、炭素税導入のマクロ経済への波及効果はわずかであったが、産業別への影響をみると石炭および石油をたくさん使用している産業へのダメージはかなり大きい。産業別の国内価格については電力と都市ガスの価格がそれぞれ6.2%、4.6%上昇し家計の消費を直撃することがわかった。もっとも興味深かったのは炭素税の導入により、石炭消費から石油・石炭製品への代替効果が考察できたことである。国際エネルギー機構の「世界エネルギー展望 2013」によると中国は2030年頃にアメリカを超えて最大の石油消費国になる見込みであるとしている⁸。

最後に、排出権取引市場のメカニズムを用いて、今年より一部の都市で部分的に導入が始まった排出権取引の経済への波及効果を試算したが、第12次5カ年計画の中で中国政府が掲げた削減目標はかなり厳しいものであることが分かった。環境対策に対する政府の熱意は相当なものであるが、削減目標は様々な経済モデルの試算結果などを参考にしながら

⁸ 以下の国際エネルギー機構のサイトを参照されたい。

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013_Executive_Summary_English.pdf

らもっと現実的に設定する必要があるのではと思われる。

以上から分かるように、我々は中短期的なリカーブモデルを用いていくつかの具体的な政策提言を行うことができたが、しかし、このような数値結果を吟味するに当たっては、モデルの前提条件をよく確認する必要があるだろう。そもそもこの試算結果は 2007 年の産業構造に基づいたものであり、エネルギー効率の技術進歩などは考慮していない。また、最近急速に成長している再生可能エネルギー問題も内生化されていない。さらに、経済動学の移行経路はいくつかの外生的なパラメータに依存して決まっているが、そのようなパラメータが変わればシミュレーション結果も大きく変わる可能性がある。これらの諸問題は今後の研究の課題でもある。

参考文献

- 尹清洙・山下裕歩（2013）「中国経済の動学的応用一般均衡モデル分析～ソローモデルとラムゼイモデルの比較を中心として」『環太平洋産業連関分析学会第 24 回全国大会報告集』、125-129 頁。
- 江崎光男・伊藤正一・玉飛・斉舒暢（2002）「中国の地域開発と地域間労働移動－マクロ地域 CGE モデルによる計量分析－」『国際開発研究フォーラム』22 号、3-23 頁。
- 梶（2007）「我が国の家計貯蓄率の動向」『レファレンス』9 月号、175-193 頁。
- 師穎新・丁穎・邹洋・王宇（2011）「中国の環境 CGE モデルとそのシミュレート分析」『平成 22 年度国際共同研究プロジェクト：日中環境問題に関する研究』、内閣府経済社会総合研究所。
- 伴金美(2007)「日本経済の多地域動学的応用一般均衡モデルの開発－Forward Looking の視点に基づく地域経済分析－」RIETI Discussion Paper Series 07-J-043.
- 伴金美（2012）「環境政策を評価するための CGE モデル」『日本における環境政策と経済の関係を経済学的に分析・評価するための経済モデルの作成 最終研究報告書』、環境省。
- 藤川清史（1999）『グローバル経済の産業連関分析』創文社。
- 細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男（2004）『テキストブック応用一般均衡モデリング』、東京大学出版会。
- チャールズ・ユウジ・ホリオカ・井原一麿・越智田邦史（2004）「日本の貯蓄率の水準と決定要因について」『フィナンシャル・レビュー』12 月号、1-18 頁。
- 李善同・何建武（2011）「DRC-CGE モデルに基づく 2030 年までの中国経済成長の将来性展望」『平成 22 年度国際共同研究プロジェクト：中国の長期的経済発展に関する研究』、内閣府経済社会総合研究所。
- Lau, M.I., A. Pahlke and T.F. Rutherford, (2002), “Approximating Infinite-Horizon Models in a Complementarity Format: A Primer in Dynamic General Equilibrium Analysis,” *Journal of Economic Dynamics & Control* 26, pp.577-609.
- Lucas, R.E., (1976), *Econometric Policy Evaluation: A Critique*, in *The Phillips Curve and Labor markets*, edited K. Brunner and A.H. Meltzer, North-Holland.