

18

日本における温室効果ガス削減対策の評価: 応用一般均衡モデルを用いた分析

Counter Measures Aimed at Emissions Reduction Targets in Japan

: An Analysis Using a Computable General Equilibrium Model

京都大学 生津路子 松岡譲

国立環境研究所 藤森真一郎

Kyoto Univ. Michiko NAMAZU, Yuzuru MATSUOKA

National Institute for Environmental Studies Shinichiro FUJIMORI

1. はじめに

近年気候変動問題に対して世界中で温室効果ガス(GHG)排出量削減の重要性が叫ばれている。我が国においては、鳩山首相が2020年における日本のGHG排出量削減目標を1990年比25%減と明言し、長期目標についても、日本の2050年におけるGHG排出量削減目標が2005年比80%削減と明記された¹⁾。GHG排出量の大幅削減に向けた動きが加速する現在、その削減の実現可能性、それにかかる費用、また各種施策に伴うマクロ経済への影響を予測・分析し、定量的情報を示すことは極めて有用である。しかしながら、日本において2050年といった長期目標に対する研究は数少なく、また、GHGとして化石燃料起源のもののみを扱うものや、エネルギー消費量を物量単位でなく金額単位から計算するモデルを用いたものが多い。さらに、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震に代表される、日本の現在の状況が反映されていない。

そこで本研究では、エネルギーを物量単位で扱い、かつGHG排出量制約に対応した逐次動学型応用一般均衡(CGE)モデルを日本に適用した。GHGとしてCO₂、CH₄、N₂Oを対象ガスとし、2005年を基準年とし2050年までを対象期間とした。また、GHG排出量削減対策として重要と考えられている原子力発電、排出許可証取引、CCS技術についてそれぞれ2つのシナリオを用意し、シナリオを組み合わせる様々なケースを想定した。それぞれのケースについてCGEモデルを用いてシミュレーションを行い、想定した施策の影響、特に経済的な影響の定量的な評価・分析を行った。

2. モデル

2.1 CGE モデル

本研究では経済モデルである CGE モデルを用いてシミュレーションを行った。CGE モデルとは、経済の一般均衡構造を前提とし、社会会計表を用いて数値シミュレーションを行うモデルである。モデル中では経済主体の行動が価格を所与とした関数として記述されており、例えば家計の場合効用最大化問題、企業の場合は利潤最大化問題として定式化されている。財・サービス・生産要素等の価格は市場均衡を通じて求められる。そのため、CGE モデルは社会構造自体の変化を整合的にとらえることができるという特徴をもつ。

2.2 本研究で用いた CGE モデル

本研究で用いた CGE モデルは、藤森ら^{2,3)}によって開発された逐次均衡型の一か国モデルである。このモデルは36の産業部門分類と23の財を持ち、非エネルギー転換部門とエネルギー転換部門それぞれに異なった生産構造を持つ。このモデルの特徴の一つとして、エネルギーを物量単位で扱うことが挙げられる。モデルの入力データとして、社会会計表だけでなくエネルギーバランス表を用いることで、GHG 排出量推計において重要であるエネルギーを物量単位で扱うことが可能である。さらに、モデル中では、時間が経つにつれてエネルギーや物質投入の効率が自動的に改善されることや、化石燃料の枯渇から化石燃料の価格が上がることで、さらに電源別発電コストが改善されることも考慮されている。

2.3 GHG 削減策

本研究で用いた CGE モデルは GHG 削減策として、二酸化炭素地中貯留技術(CCS 技術)、追加的な技術進

歩によるエネルギー効率改善、非エネルギー源 GHG の削減、排出許可証取引を考慮するモデルである。ここで、追加的な技術進歩によるエネルギー効率改善とは、GHG 排出価格が発生するとエネルギー効率を改善するように技術進歩がより進むという考え方にに基づき、排出価格に応じて進むエネルギー効率の追加的な改善である。このエネルギー効率改善の割合は技術積み上げモデルの結果⁹⁾から決定したものである。非エネルギー源 GHG もこの改善と同様に排出価格に応じてより多く削減される。また、排出許可証取引における取引価格は藤森ら³⁴⁾の世界モデルの結果を用いた。その結果は二酸化炭素換算 GHG 排出量 1 トンあたり 2030 年に\$58、2040 年に\$330、2050 年に\$839 である。

2.4 モデルの前提条件

本研究では時間が経つにつれて発生する自動的なエネルギー効率改善の改善率を表 1、物質投入の効率改善率を表 2 のように設定した。さらに 2050 年の化石燃料の価格を表、電源別発電コストの変化を表 4 のように設定した。人口は国立社会保障・人口問題研究所の死亡中位出生中位シナリオ⁵⁾を使用し、ターゲット GDP は環境省超長期ビジョン検討会のグローバル化傾向先鋭シナリオ⁶⁾を用いた。水力発電のシナリオには長期エネルギー需給見通しの BaU シナリオ⁷⁾を用いた。CGE モデルではこのエネルギー供給量を生産割当量とみなし、その割当量と相補関係にある生産税率を未知変数として求解した。なお、このシナリオは 2030 年までのシナリオであるため、2030 年以降は 2030 年における生産税率がそれ以降も継続するとした。

表 1 自動的なエネルギー効率改善

	石炭	石油	ガス	電気
エネルギー効率の自動的な改善(%/year)	0.5	0.5	0.8	-1

表 2 物質投入の改善

発電部門	石炭	石油	ガス	バイオマス	太陽光	風力	地熱
コスト減少率(%/year)	0.6	0.6	0.6	0.6	3.2	0.8	1

表 3 化石燃料価格

	石炭	石油	天然ガス
2005年比2050年の価格(倍)	1.3	3.2	3.9

表 4 電源別発電コスト

財	鉄鋼			非鉄金属		
産業部門	機械	輸送機器	建設	機械	輸送機器	建設
物質投入の改善率(%/year)	5.9	3.5	2.1	2.0	2.0	2.0

表 5 目標 GDP 成長率

期間	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
GDP成長率(%/year)	1.8	1.1	0.9	0.8

3. ケース設定

本研究では GHG 排出量制約、原子力発電、CCS 技術、排出許可証取引に対してそれぞれ 2 つのシナリオを用意し、全 10 ケースを設定してシミュレーションを行った。

3.1 GHG 排出量制約

- GHG 排出量制約無シナリオ:排出量制約無
- GHG 排出量制約有シナリオ: 2012 年に京都議定書に定められた 1990 年比 6%減、2020 年に 1990 年比 25%減、2050 年に 2005 年比 80%減

3.2 原子力発電

- 2011 年 5 月 15 日現在、東北地方太平洋沖地震前と比較して 48%の原子力発電所が運転を停止している⁸⁾ことから、両シナリオとも 2011 年に 2010 年比で原子力発電量が 40%減少する。
- 原子力継続シナリオ: 2012 年以降、長期エネルギー需給見通し⁷⁾に従って原子力発電の使用を継続
 - 原子力撤廃シナリオ: 2050 年に原子力発電撤廃

3.3 CCS 技術

- 両シナリオについて CCS 技術は 2020 年に導入が開始される。
- CCS 高シナリオ: 導入スピードは毎年 2%
 - CCS 低シナリオ: 導入スピードは毎年 1%

3.4 排出許可証取引

- 排出許可証取引無シナリオ: 排出許可証取引無
- 排出許可証取引有シナリオ: 排出許可証取引有、取引の上限量は 2005 年の排出量と排出制約の差の半分

4. 結果と考察

4.1 ケース

第3章に述べたシナリオを組み合わせ、全10ケースを設定した。

表1 ケース一覧

ケース名	BaU_撤廃	BaU_継続	CM_撤廃_高有	CM_撤廃_高無	CM_撤廃_低有	CM_撤廃_低無	CM_継続_高有	CM_継続_高無	CM_継続_低有	CM_継続_低無
排出量制約	無	無	有	有	有	有	有	有	有	有
原子力発電	撤廃	継続	撤廃	撤廃	撤廃	撤廃	継続	継続	継続	継続
CCS技術	N/A	N/A	高	高	低	低	高	高	低	低
排出許可証取引	N/A	N/A	有	無	有	無	有	無	有	無

4.2 GDPの結果

2つのBaUケースのGDP差は全対象期間にわたって0.3%以下であり、ほぼ等しかった。そこで全10ケースを、原子力撤廃シナリオを用いたケースと原子力継続シナリオを用いたケースに分け、BaUケースに対するGDPの変化(GDPロス)を図1と図2にそれぞれ示す。原子力撤廃シナリオを用いたケースの方がGDPロスは大きく、その中でもCM_撤廃_低_無ケースにおいてGDPロスは最も大きくなる。次にロスが大きいのはCM_撤廃_高_無ケース、続いてCM_撤廃_低_有ケースであり、この順序は原子力継続シナリオを用いたケースでも同じである。

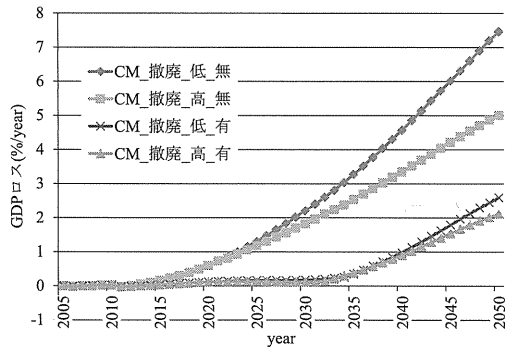


図1 GDPロス(原子力撤廃シナリオ)

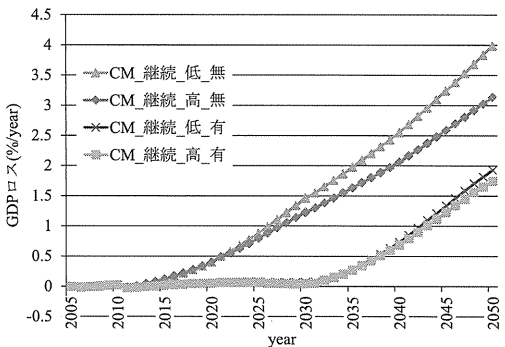


図2 GDPロス(原子力継続シナリオ)

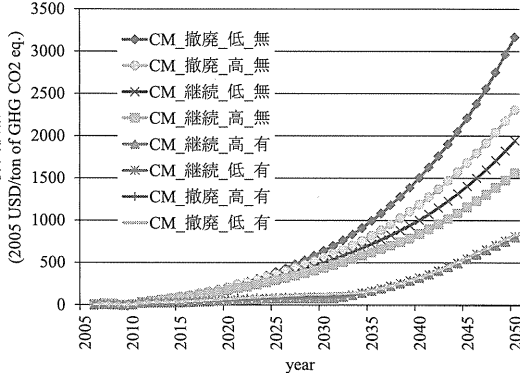


図3 排出価格

4.3 排出価格の結果

GHG 排出価格の結果は図3のようになった。最も価格が高価となるのはCM_撤廃_低_無ケースであり、排出価格は2030年に\$640、2040年に\$1500、2050年にGHG1トン当たり\$3170となった。次に価格が高いのはCM_撤廃_高_無ケースであり、2050年に\$2300であった。排出価格を持つ全8ケースのうち、排出許可証取引無のシナリオを用いたケース4ケースが全体の上位4ケースとなった。取引有のシナリオを用いたケース間の差は小さく、最大で\$33であった。

4.4 電源構成の結果

2050年における電源構成の結果を以下に示す。最も発電量が大きいのはBaU_継続ケースであり、2005年の総発電量の1.2倍であった。原子力継続シナリオを用いたケースと原子力撤廃シナリオを用いたケースを比較すると、原子力を撤廃することで総発電量が減少すること、またCCS技術を伴った化石燃料発電の導入が進むことがわかる。さらに、地熱、風力、太陽光発電からの発電量も平均で1.5倍に増加する。

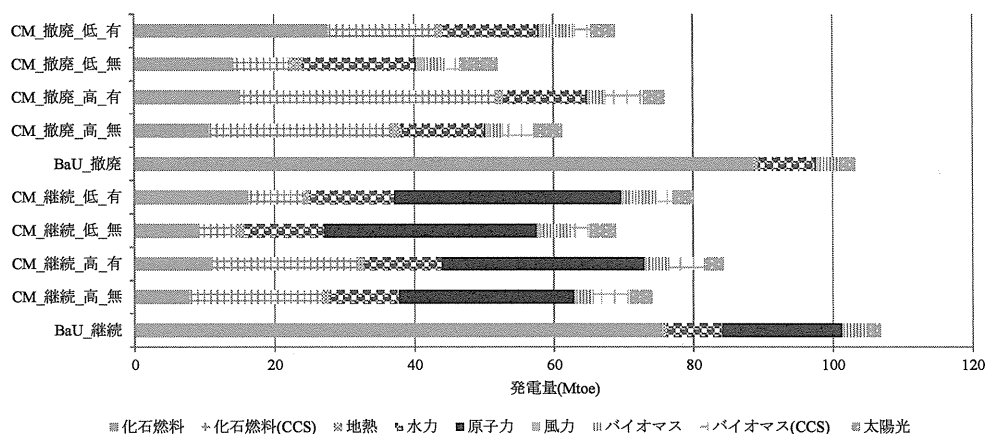


図 4 2050 年における電源構成

5. まとめ

本研究では逐次均衡型 CGE モデルを用いて、GHG 排出量制約、原子力発電、CCS 技術、排出許可能証取引についてそれぞれシナリオを用い、10 ケースについてシミュレーションを行った。結果の比較から、以下のことが明らかとなった。

- 1) 日本の削減目標達成に伴う経済影響は、その対策の組み合わせにより、大きく変化する。
- 2) 日本においては、排出許可能証取引の有無は大きな経済的影響を持ち、許可能証取引をせず自国のみで削減を行おうとすると、最大で GDP ロスは 7.5% となり、排出価格は \$3170 となる。
- 3) 原子力発電の撤廃を目指す場合には経済的な影響が予想されるが、CCS 技術や排出許可能証取引を導入することでその影響を小さくすることが可能である。

謝辞

本研究は、環境省地球環境総合研究推進費 A-0808 「統合評価モデルを用いた気候変動統合シナリオの作成及び気候変動政策分析」による研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 環境大臣 斎藤鉄夫 (2009): 温室効果ガス2050年80%削減のためのビジョン
- 2) 藤森真一郎, 増井利彦, 松岡譲 (2011): 世界の温室効果ガス排出量の半減シナリオ及びその含意, 環境システム研究論文発表会, 投稿中
- 3) Fujimori, S., Y. Matsuoka (2011): Development of method for estimation of world industrial energy consumption and its application, Energy Economics, article in press
- 4) Akashi O., T. Hanaoka., Y. Matsuoka., and M. Kainuma (2011): A Projection for Global CO2 Emissions from the Industrial Sector Through 2030 Based on Activity Level and Technology Changes, Energy, 36, 1855-1867
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所 (2006): 日本の将来推計人口(平成18年12月推計)
- 6) 環境省超長期ビジョン検討会 (2007): 超長期ビジョンの検討について(報告)
- 7) 資源エネルギー庁 (2009): 長期エネルギー需給見通し(再計算)
- 8) 日本原子力産業協会 (2011): 日本の原子力発電所(福島事故前後の運転状況), <http://www.jaif.or.jp/>

キーワード: 温室効果ガス、排出量削減目標、応用一般均衡モデル、経済影響、原子力発電

Key Words : Greenhouse Gas, Emissions Reduction Targets, Computable General Equilibrium Model, Economic Impact, Nuclear Power Plant