わが国の二酸化炭素排出量の削減に向けた発電設備導入に関する分析

A Model Analysis on Portfolio of Power Plants toward CO2 Emission Reduction in Japan

制度設計理論（経済学）プログラム
06_04577 大塚翔太　Shota Ohtsuka
指導教員 増井利彦　Adviser　Toshihiko Masui

1. 研究の背景と目的

1.1. 研究の背景

昨年の9月に誕生した民主党政権によって「2020年までに温室効果ガス排出量を1990年比25%削減」という中期目標が掲げられたことは記憶に新しい。しかし、自民党政権時代から続く中期目標検討における中心的な議題は、現在の技術を積み上げていったときのCO2排出削減可能量と、それにかかるコストであり、温暖化を食い止めるという本質的な目的が抜け落ちてしまっていた。今日の温室効果ガスの排出が2050年、2100年といった超長期に影響を及ぼすため、2020年といった中期の損得だけに終始せず、長期を見据えて温暖化を食い止めるために各時点でどのような対策を講じる必要があるかを考えることが大切である。

温室効果ガス削減には現在最大のCO2排出源である発電部門における対策が必須である。このため、現在様々な促進策が施行されはじめたが、発電設備は長期間利用されるので、将来導入される技術も加味して、長期を見通して設備導入を行う必要がある。

発電部門を詳細に扱った研究に山地・藤井(1995)がある。その中では逐次均衡で解を求めているため、耐用年数が長い発電設備は十分に評価できないと考えられる。また、システムコストを最小化しているため効用の観点からは最適でない可能性がある。

1.2. 研究の目的

以上の背景を踏まえて本研究の目的を次のように設定する。

・化石燃料価格の変動等の不確実性を考慮した、効用を最大化する発電設備導入経路の検討

・排出制約を課さない時のCO2排出量の削減可能性の検討

2. モデルの構造

2.1 概要

今回使用するモデルは期間全体を通した技術の最適な導入経路を求めるために、動学的最適化モデルを用いている。本モデルでは2000年を基準に2070年まで5年ごとの効用の割引現在価値の総和を最大化する経済活動を記述している。局所解を避けるためにモデルは線形で書かれている。本モデルは増井ら(2007)で使用されている動学的最適化モデルを元に、需要側の対策中心の分析を供給側の対策を加えることで拡大している。

2.2. モデルの構造

各年の効用Wは、非エネルギー非耐久消費財フローC、耐久消費財CS、社会資本ストックSTで定義される。目的関数として総効用TWを効用Wの割引現在価値の和と定義する。割引率udfは3%とする。

$$W_t = \min\left[f1\left(C_{t,nef}\right), f2\left(CS_{t,nes}\right), f3\left(ST_{t,nes}\right)\right]$$

$$TW = \sum_t udf_t \cdot W_t$$

電力を除く各部門からの生産量Qは活動量A_Sと産出係数vの積で与える。電力財生産量Qは既存部門からの生産量A_S・vと新しい発電部門からの生産量 ENEWの線形和で与える。A_SとENEWはコホートごとに設定している。

$$Q_{t,i_ne} = \sum_j \sum_h A_S_{t,j,h} \cdot v_{i_ne,j,h}$$

$$Q_{t,"A18"} = \sum_j \sum_h A_S_{t,j,h} \cdot v_{"A18",j,h} + \sum_{jnew} \sum_h ENEW_{t,jnew,h}$$

各部門では、レオンチェフ型の生産関数によって中間財及び生産要素の投入量が計算され、上記の生産と中間需要、最終需要が市場において均衡する。また、各部門の燃料投入量A_S・u に燃焼率 cmr を掛けたものから燃焼量を計算する。これに最終需要量 C と新発電部門の燃焼量 ENEW・unew を加えたものが全燃焼量となり、さらに CO2 排出係数 cef を掛けることで、CO2 排出量 N が計算される。図 1 にモデルの概要、表 1 に想定した発電部門の新規技術の分類、表 2 に新規技術の費用等を示す。

$$N_t = \sum_t cef_{ff} \left[\sum_j \sum_h A_S_{t,j,h} \cdot u_{ff,j,h} \cdot cmr_{ff,j,h} + C_{t,ff} + \sum_{jnew} \sum_h ENEW_{t,jnew} \cdot unew_{ff,jnew} \right]$$

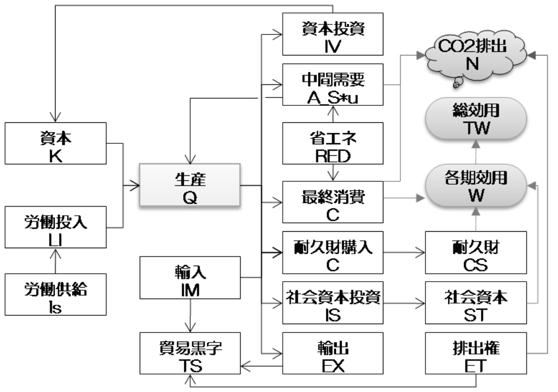

図1. 本モデルの簡易フロー図

表 1. 発電部門の分類

既存設備		新エネルギー	
A18a	原子力発電	A18IG	IGCC＋CCS
A18b1	石炭火力発電	A18WF	陸上風力発電
A18b2	石油火力発電	A18GC	LNG＋CCS
A18b3	LNG 火力発電	A18BO	廃棄物発電
A18c	水力発電	A18GT	地熱発電
		A18WO	洋上風力発電
		A18PV	太陽光発電

表2. 新エネルギー発電部門と前提条件

	設備費用（現状）	設備費用（将来）	物理的上限	経済的上限	稼働率	耐用年数
（単位）	万円/kW	万円/kW	万 kW	万 kW	%	年
IGCC+CCS		44.1			70	40
LNG+CCS		34.5			70	40
太陽光	69	47.5	17300	8600	12	20～30
廃棄物	25		1464	732	65	20
風力発電	19	10	3500	720	20	17
洋上風力	22.2	14.2	7500	1542	35.5	17
地熱発電	50		2347	434.7	84.2	50

3. シナリオとケース設定

以下二つのシナリオについて検討する。シナリオAでは経済活動が活発な社会、シナリオBではシナリオAよりは経済成長率が低いが、経済活動として表れない活動により重きを置いた社会を記述している。詳しくは藤野ら(2007)を参照のこと。各

シナリオについて以下のようなケースを設定する。

	化石燃料価格	新エネ導入量上限	需要側の対策
ケース0	高い	現状どおり	なし
ケース①	中程度	経済的潜在量	なし
ケース②	高い	経済的潜在量	なし
ケース③	高い	物理的潜在量	なし
ケース④	中程度	経済的潜在量	あり
ケース⑤	高い	経済的潜在量	あり
ケース⑥	高い	物理的潜在量	あり

化石燃料価格が高価格で推移した場合を分析することでエネルギー安全保障上どれだけのエネルギーを国内でまかなうべきかを推測することができる。また、ここで定義する物理的潜在量は経済的潜在量に、法律で禁止されている国立公園における地熱エネルギーの活用による発電容量を加えたものとする。需要側の対策は増井ら(2007)で想定されている各部門における経済合理的な省エネ対策を指す。

4. シミュレーション分析

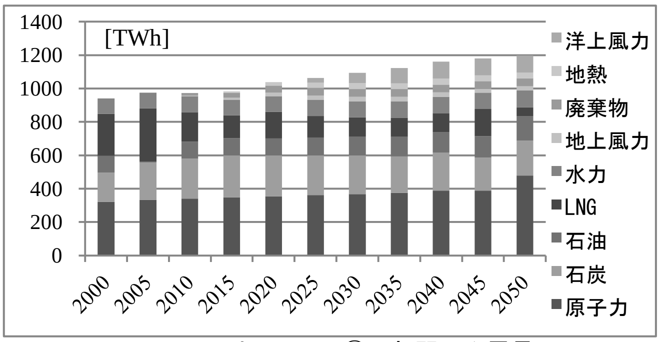

図2. シナリオAケース②の部門別発電量

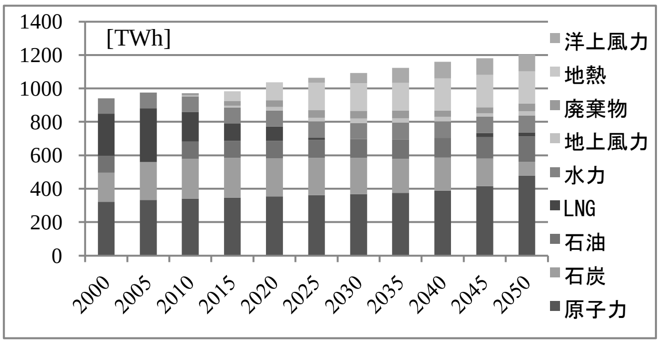

図3. シナリオAケース③の部門別発電量

シナリオAケース②、③における部門別発電量の推移は図2,3のようになる。各シナリオ各ケースにおける1990年を100%とした時のCO2排出量の推移は図4,5のようになる。

ケース0とケース②を比較することで、新エネルギーの、現状以上経済的潜在量以下の導入による効果を観察できる。CO2排出量は2050年にシナリオAで18%、シナリオBで7%減少している。これは新エネルギーの導入によって火力発電から新しい発電部門へ一部代替が起こったことを反映している。

ケース①とケース②、あるいはケース④とケース⑤を比較することで化石燃料価格高騰の影響を観察することができる。その結果、それぞれの比較ケースがほぼ同じCO2排出経路を辿った。これは風力発電や廃棄物発電、地熱発電が既に経済的潜在量の上限まで導入されており、化石燃料価格の高騰によるCO2排出の少ない新しい発電への代替が起こらなかったためである。

ケース②とケース③の比較により、地熱開発を国立公園内など禁止されていた地域まで拡大した時の効果を観測できる。図2,3から、石炭火力発電やLNG火力発電から地熱発電への代替が起こり、化石燃料への依存を減少させることができる。それによりCO2排出量を削減する効果が観測できる。

ケース0とケース⑤を比較することで新エネルギーと需要側の対策の導入をあわせた効果を観測できる。90年比最大27~39%のCO2排出削減が達成できることがわかる。

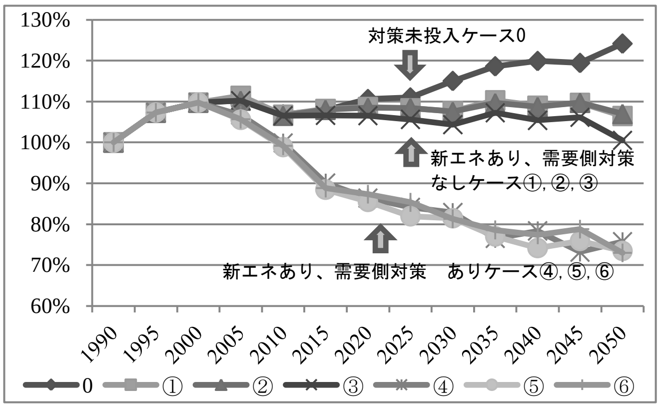

図4. AシナリオCO2排出量の推移

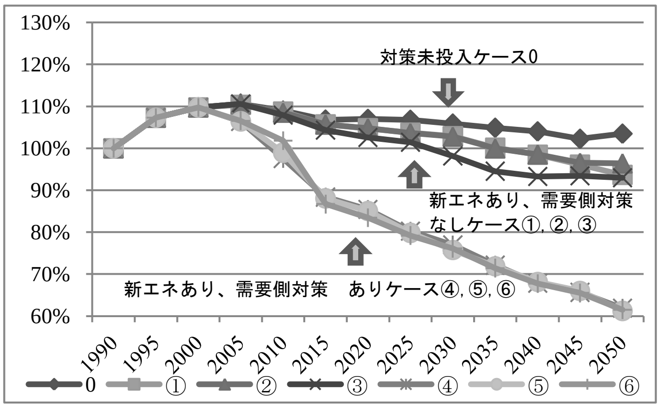

図5. BシナリオCO2排出量の推移

5. 結論と今後の課題

以上から本モデルでは以下のことが言える。

・風力発電、廃棄物発電、地熱発電は、既存の発電設備より経済的に優位であり積極的な普及が望ましい。また、地熱発電に関してはさらに地熱資源潜在量を活用することが望ましい。結果としてこれらが環境負荷の低減やエネルギー安全保障につながる。

・太陽光発電やCCS(炭素回収貯留)は、将来の価格低減を加味しても高価であるため自然には導入されない。

・各ケースにおける削減量は以下のようになった。

新エネルギー	需要側の対策	CO2削減量(90年比)
現状維持	なし	+3% ~ +25%
経済的潜在量	なし	－4% ~ +7%
経済的潜在量	あり	－39% ~ －27%

・分析の結果、経済的に優位な対策だけでは2050年に1990年比CO2排出量を80%削減するという日本の長期目標を達成できなかった。長期目標達成の経路を分析するためには、中期目標検討会で検討された経済合理的な省エネ対策以外についてもモデルに組み込み、エネルギーの需要と供給の両面から分析する必要がある。

＜主な参考文献＞

増井利彦・松岡譲・日比野剛(2007) バックキャスティングによる脱温暖化社会実現の対策経路, 地球環境12(2), 161-169

藤野純一・日比野剛・榎原友樹・松岡譲・増井利彦・甲斐沼美紀子(2007) 低炭素社会のシナリオとその実現の可能性, 地球環境12(2), 153-160