

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16161

研究課題名(和文) 応用一般均衡モデルを基礎とした気候変動・エネルギー問題の安全保障の観点からの評価

研究課題名(英文) Evaluating climate and energy security issues using the computable general equilibrium model

研究代表者

松本 健一 (MATSUMOTO, Ken'ichi)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・准教授

研究者番号：00534570

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、気候変動・エネルギー問題を安全保障の枠組みで捉え直し、気候変動緩和策と気候・エネルギー安全保障の関係をグローバルな動学的応用一般均衡(CGЕ)モデルと安全保障の評価指標等により定量評価した。本研究で構築したCGЕモデルを用いることにより、経済・エネルギー・気候変動・気候影響の関係の整合性を確保し、安全保障の分析が可能となった。本研究より、気候・エネルギー安全保障の概念を整理し、将来の気候変動シナリオ下のエネルギー安全保障と気候変動の社会経済的影響分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, future climate and energy security under climate change (particularly, mitigation) scenarios was evaluated using a computable general equilibrium (CGE) model and security indicators. With this CGE model, integrated assessment of economy, energy, climate change, and impact of climate change for energy and climate security was possible. This research project implemented (1) the concept arrangement of climate and energy security and (2) energy security and climate security (socioeconomic impact of climate change) analyses under future climate change scenarios.

研究分野：環境経済学、経済学、エネルギー政策

キーワード：応用一般均衡モデル エネルギー安全保障 気候安全保障 気候変動緩和策 シナリオ分析 指標

### 1. 研究開始当初の背景

発展途上国の急成長に伴い、今後も世界的なエネルギー消費の増加とそれに伴う温暖化が予測されている。温暖化による気候変動は、農業・水資源等に悪影響を及ぼす。これら気候変動影響は、社会経済活動に影響し、国家レベルで危機をもたらす得る。そのため、気候変動を「安全保障」の枠組みで捉える動きが近年見られる。エネルギーに関して、化石燃料の枯渇や偏在性、価格高騰などの問題が顕著に現れている。現在の社会経済活動が多分にエネルギーに依存していることから、エネルギー問題も同様に安全保障問題として捉えられるようになってきた。気候変動とエネルギーは不可分の関係にあることから、両者を安全保障問題として統一した枠組みで分析することが社会的に要請されている。気候変動の緩和は喫緊の課題であるが、緩和策が経済成長の阻害要因であることから、世界的な対策目標の設定には困難が伴う。しかし、これを安全保障として捉えることで、単なる経済の枠を越えた「国家の安全」として国際的な気候・エネルギー政策の進展の一助となる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、経済的手法である応用一般均衡 (CGE) モデルを核とした手法を用い、安全保障の観点から気候変動・エネルギー問題を分析することである。具体的には、気候変動緩和策の効果・影響を GDP 等の経済指標にとどまらず、気候影響の回避やエネルギーの逼迫度・多様性等、国家の安全に関わる指標も含めて評価し、安全保障の観点から議論する。構築する CGE モデルは、エネルギーおよび、気候変動とその影響を組み込んだモデルである (統合評価モデルとも呼ばれる)。本手法を用いることで、経済・エネルギー・気候変動・気候影響の関係について整合性を確保し、多用な気候変動シナリオにおける安全保障を定量的に評価できる。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、CGE モデルを基本として用い、将来の気候変動シナリオ下でのエネルギー安全保障や気候安全保障などを分析した。主な手順は、まず多様な気候変動シナリオ (主には、気候緩和シナリオ) における将来の経済指標 (GDP、消費、貿易等) やエネルギー需給などを CGE モデルにより分析し、その結果に基づき指標を用いてエネルギー安全保障などを分析した。加えて、将来の異なる社会像がエネルギー安全保障に及ぼす影響を分析するために、CGE モデル以外の手法を用いた研究も実施した。

本研究で用いた CGE モデルは、経済モジュールを基本としているが、エネルギーや温室効果ガス排出量などのモジュールを含んでいるものである。これにより、将来の気候変動シナリオを分析できる。

指標については、分析の目的により異なるが、例えば、エネルギー安全保障については Shannon-Wiener の多様性指標に基づく式(1)により計算される指標を用いた。式(1)は最も単純な形式であるが、これにエネルギーの貿易量やエネルギー輸出国のリスクを考慮したより複雑な指標も同時に用いた。

$$S1 = - \sum_{i=1}^N p_i \ln(p_i) \quad (1)$$

なお、 $i$  は一次エネルギーの種類を、 $p_i$  は一次エネルギー  $i$  のシェア、 $N$  は一次エネルギーの種類数を表す。

本研究課題を実施するにあたって、ESCP Europe Business School の Kostas Andriosopoulos、Technical University of Crete の Michalis Doumpos、および National and Kapodistrian University of Athens の Popi Konidari にデータ・情報提供や一部の解析で研究協力を得た。

### 4. 研究成果

本研究課題では、上記の目的を達成するために研究を実施した。以下では、既発表論文に基づき主要な結果についてまとめる。

Matsumoto and Andriosopoulos (2016) では、CGE モデルを用い、将来 (2100 年まで) の気候変動シナリオ下におけるエネルギー安全保障の変化を分析した。本研究では、気候変動シナリオとして RCP (Representative Concentration Pathways) 4.5・2.6 の 2 つのシナリオを用いた。また、本研究では、エネルギーの輸入依存度が高い東アジア 3 ヶ国 (日本・中国・韓国) を分析対象とした。

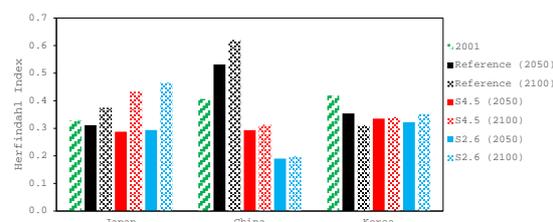


図1：分析結果の一例 (3 ヶ国における現在および将来のエネルギー安全保障指標を Herfindahl 指数により表したもの)

出典：Matsumoto and Andriosopoulos (2016) の Figure 5

図1に分析結果の一例を示す。分析の結果、すべてのケースではないが、気候変動緩和策を実施することにより将来のエネルギー安全保障が改善し、また緩和の程度が強いほど改善度が高まる傾向にあることが示された。これは、気候変動対策を実施することにより、多様な再生可能エネルギーおよび原子力発電の比率が高まり、反対に現在はエネルギー供給の大半を占める化石燃料の比率が大幅に減少することで、一次エネルギー供給のバランスが高まったことが要因と考えられる。

次は、Matsumoto and Shiraki (2018) の分

析について記す。本研究では、2050 低炭素ナビ (<http://www.2050-low-carbon-navi.jp/>) と評価指標 (式 (1) など) を用いて、将来の社会経済像や低炭素社会 (気候変動緩和) への努力レベルの差異によるエネルギー安全保障への影響を分析した。

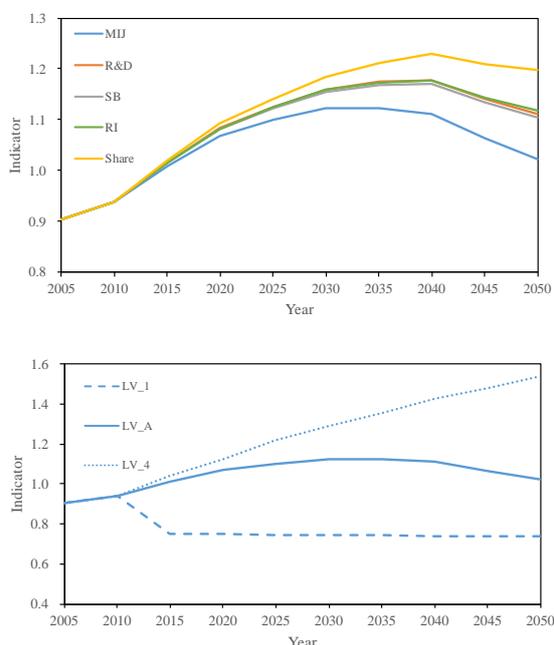


図 2 : 将来のエネルギー安全保障レベル (上:異なる社会経済像、下:1つの社会経済像における異なる低炭素社会への努力レベル)

出典: Matsumoto and Shiraki (2018) の Fig. 2 と Fig. 4 より抜粋

図 2 は分析結果の一例である。本研究より、エネルギー安全保障指標は、概ね経済レベルとの関連が強いことが示された (GDP が大きいほど安全保障指標が悪くなる)。また、低炭素社会への努力レベルが高くなるほど指標が改善するが (Matsumoto and Andriosopoulos (2016) の結果と同様)、社会経済像の影響の方が強いことが明らかとなった。

最後に、気候安全保障については、CGE モデルによる気候変動影響の社会経済的な影響の分析を含めて研究課題の最終年度に分析を実施し、現在成果をまとめている段階である。一部の成果については、平成 30 年度の国際会議 (3rd HAEE International Conference) などで報告する。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① Matsumoto, K. and Shiraki, H. (2018) Energy Security Performance in Japan under Different Socioeconomic and

Energy Conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 90, 391-401, doi: 10.1016/j.rser.2018.03.070 (査読有) .

- ② Keeley, A. and Matsumoto, K. (2018) Investors' Perspective on Determinants of Foreign Direct Investment in Wind and Solar Energy in Developing Economies: Review and Expert Opinions. *Journal of Cleaner Production* 179, 132-142, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.154 (査読有) .
- ③ Matsumoto, K., Doumpos, M., and Andriosopoulos, K. (2018) Historical Energy Security Performance in EU Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, 1737-1748, doi: 10.1016/j.rser.2017.06.05 (査読有) .
- ④ Matsumoto, K., Tachiiri, K., and Kawamiya, M. (2018) Evaluating Multiple Emission Pathways for Fixed Cumulative Carbon Dioxide Emissions from Global-scale Socioeconomic Perspectives. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 23, 1-26, doi: dx.doi.org/10.1007/s11027-016-9726-8 (査読有) .
- ⑤ Matsumoto, K., Morita, K., Mavrakakis, D. and Konidari, P. (2017) Evaluating Japanese Policy Instruments for the Promotion of Renewable Energy Sources. *International Journal of Green Energy* 14(8), 724-736, doi: 10.1080/15435075.2017.1326050 (査読有) .
- ⑥ Matsumoto, K. (2016) Transition of Energy Security Performances in Japan: Historical and Scenario Analysis. *Euro-Asian Journal of Sustainable Energy Development Policy* 5(2), 1-12 <<http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/index.php/euro-asian-journal/published-issues/57-volume-5-2-july-december-2016>> (査読有) .
- ⑦ Matsumoto, K. and Andriosopoulos, K. (2016) Energy Security in East Asia under Climate Mitigation Scenarios in the 21st Century. *Omega* 59, 60-71, doi: 10.1016/j.omega.2014.11.010 (査読有) .

[学会発表] (計 14 件)

- ① Tachiiri, K., Matsumoto, K., and Silva, D.H. (2017) ESM-IAM Linkage in the Program for Risk Information on Climate Change and a Following Project. 10th International Carbon Dioxide

- Conference: Bern, Switzerland.
- ② Matsumoto, K., Ikuta, H., and Shiraki, H. (2017) Energy Security Performance in Japan under Different Socioeconomic and Energy Conditions. 2nd HAAE International Conference: Athens, Greece.
  - ③ Matsumoto, K. (2016) Energy security performance in Japan: past and future. 9th International Scientific Conference on Energy and Climate Change: Athens, Greece.
  - ④ Matsumoto, K., Tachiiri, K., and Kawamiya, M. (2016) Socioeconomic implications of cumulative CO<sub>2</sub> emissions in the 21st century under climate mitigation scenarios. 11th Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems: Lisbon, Portugal
  - ⑤ Matsumoto, K., Doupos, M., and Andriosopoulos, K. (2016) Historical energy security analysis for EU countries. 11th Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems: Lisbon, Portugal.
  - ⑥ 松本健一 (2016) 日本におけるエネルギー安全保障パフォーマンスの変化. 第32回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス: 砂防会館 (東京都千代田区).

[図書] (計6件)

- ① Matsumoto, K. (2015) Energy Structure and Energy Security under Climate Mitigation Scenarios in East Asia. In: Lee, S., Pollitt, H., and Park, S. (eds.) Low-carbon, Sustainable Future in East Asia. 106-117, Routledge, London.
- ② Matsumoto, K. and Gao, A. M. Z. (eds.) (2015) Economic Instruments to Combat Climate Change in Asian Countries. Kluwer Law International, Alphen aan den Rijn, 212p.

[その他]

ホームページ等

- ① 松本健一研究室ウェブサイト: <https://www.matsumoto-lab.net/>
- ② 長崎大学研究者情報: <http://research.jimu.nagasaki-u.ac.jp/IST?ISTActId=FINDDetail&ISTKidoKbn=&ISTErrorChkKbn=&ISTFormSetKbn=&ISTTokenChkKbn=&userId=100001216>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 健一 (MATSUMOTO, Ken' ichi)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科 (環境)・准教授

研究者番号: 00534470

(2) 研究協力者

- ① Andriosopoulos, Kostas (ESCP Europe Business School)
- ② Doumos, Michalis (Technical University of Crete)
- ③ Konidari, Popi (National and Kapodistrian University of Athens)