

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 13 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710046

研究課題名(和文) エージェントベースモデルによる統合的なエネルギー需給・資源の将来シミュレーション

研究課題名(英文) Simulation analysis of future energy supply and demand using an agent-based model

研究代表者

松本 健一 (Matsumoto, Ken'ichi)

滋賀県立大学・環境科学部・助教

研究者番号：00534570

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、エージェントベースモデル(ABM)であるACEGES(Agent-based Computational Economics of the Global Energy System)を用いて、将来にわたっての地球規模のエネルギー需給・資源量のシミュレーション分析を行った。ACEGESを用いることで、エージェント(=国)の異質性や相互作用、また不確実性を考慮した分析が可能となった。本研究により、天然ガス等のエネルギー資源のモデル化、需給における各国の意思決定の精緻化、およびエネルギー資源の統合的分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, simulation analysis for energy supply and demand, and the amount of energy resources was implemented on a global basis, using an agent-based model named ACEGES (Agent-based Computational Economics of the Global Energy System). Specifically, (1) modeling of energy resources such as natural gas, (2) elaboration of decision-making of countries on energy supply and demand, and (3) integrated assessment of energy resources were implemented.

研究分野：環境経済学

キーワード：エージェントベースモデル エネルギー資源 エネルギー需給 シナリオ分析

1. 研究開始当初の背景

中国・インドをはじめとする新興国の急速な経済発展にともない、世界のエネルギー消費量が急増している。さらに、大規模油田・ガス田が発見されていない近年の状況も踏まえると、今後、化石燃料の枯渇問題が避けられない。また、2008年に史上最高値を更新した原油価格は、現在も高値水準にとどまっている。加えて、原油や天然ガスは中東をはじめとして政情が不安定な地域に偏在しているため、地政学的リスクも存在する。このような問題は、日本など化石燃料輸入国にとって重大である。

一方、気候変動も早急な解決が迫られている問題であり、気候変動緩和の1つの方策としてエネルギーの低炭素化が必須である。そのためには、再生可能エネルギーを主としたエネルギー構成が理想的である。しかし、再生可能エネルギーには、出力の不安定性やコストなどの短所もあり、現時点ではその割合を急拡大させるのは困難である。また、東日本大震災による福島第一原発の事故により、原子力発電の利用を縮小させる国も出ている。それゆえ、化石燃料の果たす役割は引き続き重要であると予想される。

2. 研究の目的

上述した化石燃料の重要性と課題を踏まえ、本研究課題の目的は、エージェントベースモデルである ACEGES (Agent-based Computational Economics of the Global Energy System) を用いて、将来 (2100 年まで) の地球規模でのエネルギー需給・資源量のシミュレーション分析を行うことである。

ACEGES は経済と資源の側面を考慮したエージェントベースモデルであり、本モデルを用いることにより、将来の状況に応じた多様なシナリオ分析、エージェント (=国) の異質性と相互作用を考慮した分析が可能となる。また、将来の不確実性 (エネルギー資源量や需給量など) を考慮した確率的な枠組みを容易に組み込むことが可能である。

3. 研究の方法

本研究課題では、エージェントベースモデルである ACEGES を用いて将来の地球規模の化石燃料の需給・資源量のシミュレーション分析 (シナリオ分析) を実施する。さらに、シミュレーション結果を、GAMLSS (Rigby and Stasinopoulos, 2005) などを用いて統計的に解析する。ACEGES は Voudouris et al. (2011) で開発されたモデルであり、本研究では同モデルに新たなモジュールを追加して分析を進める (モデルの詳細については、Voudouris et al. (2011) や Matsumoto et al. (2012) などに詳細が記述されている)。

研究課題を実施するにあたって、Vlasios Voudouris (当時 London Metropolitan University、現在 ESCP Europe) をはじめ、London Metropolitan University および ESCP

Europe (ともにイギリス) の研究者と適宜協力する。

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。

(1) 石油の分析

本研究では、世界の石油市場における主要プレイヤーである石油輸出国機構 (OPEC) のうち中東 6 ヶ国 (サウジアラビア・イラン・イラク・クウェート・UAE・カタール) を対象として、各国の将来の石油生産量と輸出量を分析した。

分析の結果、各国の石油生産・輸出のピークは今世紀前半に訪れることが明らかとなった (図 1)。その一方で、これらの国が世界の石油生産・輸出に占める割合は引き続き高く、今後も世界の石油市場において重要な役割を果たすことも示された。また、世界の需要 (ポテンシャル) と生産のギャップは年々大きくなっていく。これは、(エネルギー代替を考えない場合) 非在来型エネルギー資源の開発を加速する必要があることを意味する。

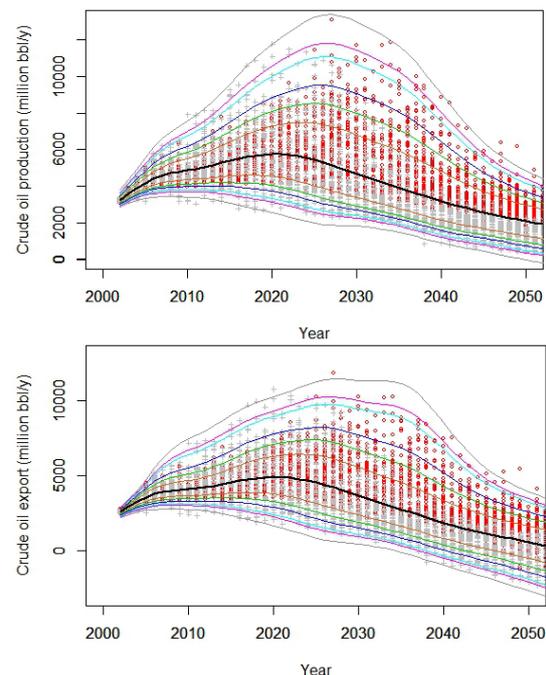


図 1: 分析結果の一例 (上図: サウジアラビアの生産量、下図: サウジアラビアの輸出量) 出典: Matsumoto et al. (2012)

(2) 天然ガスの分析

本研究では、世界全体での天然ガスの生産量について 2 つのシナリオに関して分析した。

分析の結果、両シナリオにおいて、天然ガスの供給は、少なくとも 2035 年までは需要を満たすことができることが明らかとなった。

(3) 非在来型エネルギー資源の分析

近年シェールガスをはじめとする非在来型エネルギー資源が世界のエネルギー市場において重要な地位を占めるようになってきていることを踏まえて、本研究では、非在来型資源が世界のエネルギー市場の発展に及ぼす影響を、石油市場を対象に分析した。分析では、在来型石油資源の主要産出国であるサウジアラビアとイラン、非在来型石油資源の主要産出国であるカナダとベネズエラを対象とした。

分析の結果、今世紀前半は、サウジアラビアやイランの生産が市場で占める割合が引き続き高いことが示された(図2)。一方で、今世紀後半からはカナダやベネズエラが生産量がサウジアラビアやイランを上回る(図2)。つまり、石油市場におけるマーケットパワーが中東からカナダやベネズエラに移行することが示唆された。

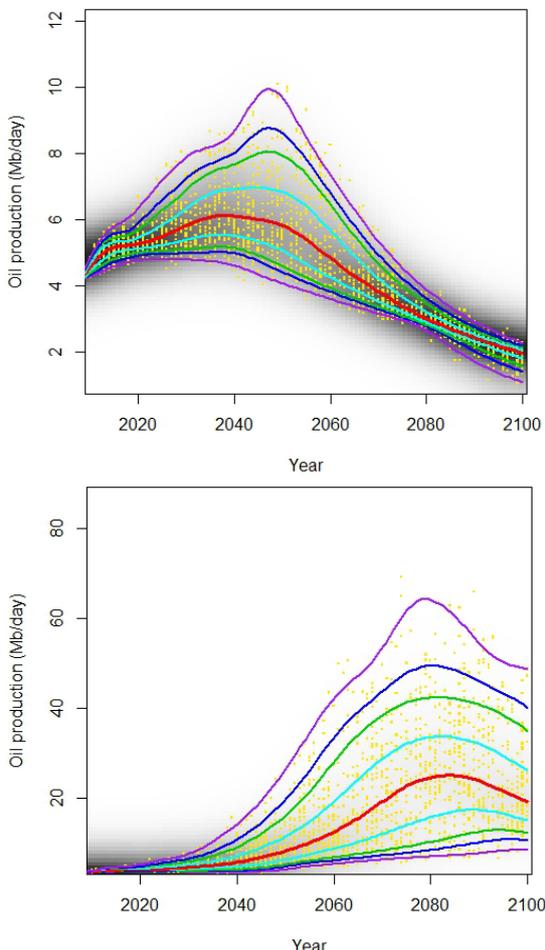


図2：非在来型資源を考慮した場合の石油生産量(上図：イラン、下図：カナダ)

出典：Matsumoto and Voudouris (2015)

参考文献(本研究課題の成果を除く)

Rigby, R. A. and Stasinopoulos, D. M. (2005) Generalized additive models for location, scale and shape (with discussion). *Applied Statistics* 54, 507-554.

Voudouris, V., et al. (2011) The ACEGES

Laboratory for Energy Policy: Exploring the Production of Crude Oil. *Energy Policy* 39(9), 5480-5489.

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5件)

Matsumoto, K. and Andriosopoulos, K. (2014) Energy Security in East Asia under Climate Mitigation Scenarios in the 21st Century. *Omega*. doi: 10.1016/j.omega.2014.11.010

Matsumoto, K. and Voudouris, V. (2015) Potential Impact of Unconventional Oil Resources on Major Oil-producing Countries: Scenario Analysis with the ACEGES Model. *Natural Resources Research* 24(1), 107-119.

Voudouris, V., Matsumoto, K., Sedgwick, J., Rigby, R., Stasinopoulos, D., and Jefferson, M. (2014) Exploring the Production of Natural Gas through the Lenses of the ACEGES Model. *Energy Policy* 64, 124-133.

Matsumoto, K., Voudouris, V., and Andriosopoulos, K. (2014) Unconventional Oil: Will it Satisfy Future Global Oil Demand? USAEE/IAEE Working Paper Series 14-156.

Matsumoto, K., Voudouris, V., Stasinopoulos, D., Rigby, R., and Di Maio, C. (2012) Exploring Crude Oil Production and Export Capacity of the OPEC Middle East Countries. *Energy Policy* 48, 820-828.

[学会発表](計9件)

Matsumoto, K. (2014) Energy Structure and Energy Security under Climate Mitigation Scenarios in China. 4th IAEE Asian Conference: Beijing, China.

Matsumoto, K., Voudouris, V., and Andriosopoulos, K. (2014) Unconventional Oil: Will it Satisfy Future Global Oil Demand? ICCM 2014-International Conference on Commodity Markets: Paris, France.

Morita, K. and Matsumoto, K. (2013) Japan's Feed in Tariff Effective in 2012, and its Implementation in the post-Fukushima Era. International Joint Conference on Changing Energy Law and Policy in Asia Region: Hsinchu, Taiwan, *Invited*.

Matsumoto, K. and Voudouris, V. (2013) Potential Impacts of Unconventional Oil Resources on Major Oil Producing Countries -Scenario Analysis by the

ACEGES Model-. 第 32 回エネルギー・資源学会研究発表会, 東京.

Matsumoto, K., Voudouris, V., and Andriosopoulos, K. (2013) Potential Impacts of Unconventional Resources on Energy Markets. 51st Meeting of the Euro Working Group on Financial Modelling/1st Conference of the Research Centre for Energy Management: London, UK.

Voudouris, V. and Matsumoto, K. (2012) The ACEGES Laboratory for Energy Policy. IIASA 40th Anniversary Conference: Laxenburg, Austria.

Matsumoto, K. and Voudouris, V. (2012) Scenario Analysis of Future Natural Gas Production Using an Agent-based Model 'ACEGES'. IAEE International Conference 2012: Perth, Australia.

Matsumoto, K. (2012) Understanding Markets via an Agent-based Modelling Approach. Workshop on Modelling Carbon Prices - Interacting agent networks & Strategies under Risk: Potsdam, Germany (Panel Discussion), *Invited*.

Matsumoto, K. (2012) Application of an Artificial Market Approach to Carbon Market Analysis. Workshop on Modelling Carbon Prices - Interacting agent networks & Strategies under Risk: Potsdam, Germany, *Invited*.

[図書] (計 2 件)

Morita, K. and Matsumoto, K. (2015) Tax for Climate Change Mitigation in Japan. In: Matsumoto, K. and Anton, A. M. Z. (eds.) (2015) Economic Instruments to Combat Climate Change in Asian Countries. 7-24, Kluwer Law International, Alphen aan den Rijn.

Morita, K. and Matsumoto, K. (2014) Renewable Energy-Related Policies and Institutions in Japan: Before and after the Fukushima Nuclear Accident and the Feed-In Tariff Introduction. In: Gao, A. M. Z. and Fan, C. T. (eds.) Legal Issues of Renewable Electricity in Asia Region: Recent Development at a Post-Fukushima and Post-Kyoto Protocol Era. 3-28, Kluwer Law International, Alphen aan den Rijn.

[その他]

ホームページ等

<http://www.matsumoto-lab.net/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 健一 (Matsumoto, Ken' ichi)

滋賀県立大学・環境科学部

研究者番号: 00534570

(2) 研究協力者

Voudouris, Vlasios (London Metropolitan University・ESCP Europe)

Stainopoulos, Dimitrios (London Metropolitan University)