

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24860074

研究課題名(和文) 電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルの開発

研究課題名(英文) Development of a new energy system model considering characteristics of power systems in detail

研究代表者

益田 泰輔 (Masuta, Taisuke)

独立行政法人産業技術総合研究所・エネルギー技術研究部門・協力研究員

研究者番号：40635794

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー電源が大量に導入され、それに伴う新しい電力系統技術が利用される、将来の電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルを開発した。モデルは利用実績の高いエネルギーシステム分析モデルMARKAL (Market Allocation) の機能を拡張することで設計し、新しいモデルを用いてシナリオ分析を行った。

研究成果の概要(英文)：A new energy system model considering technical characteristics of future power systems, where a large amount of generation from renewable energy sources is installed, was developed in this study. The model was designed by improving MARKAL (market allocation), which is the existing energy system model. A number of scenarios are analyzed by employing the new model.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：電力工学 再生可能エネルギー 地球温暖化ガス排出削減 蓄電デバイス エネルギー全般

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した未曾有の大災害である東日本大震災とそれに伴う原子力事故は、我が国の将来のエネルギー政策に大きな影響を与えている。電力需給逼迫による節電の事例もあり、原子力発電の見直し、連系線を利用した地域間での電力のやり取り、発電電分離の可能性、再生可能エネルギー電源（風力発電・太陽光発電など）の導入促進など、電力エネルギーを取り巻く問題に社会の注目が集まっており、将来の電源計画の策定が課題となっている。電源計画は、一般に、資本費と運用費の最小化を目的関数とする最適化問題を解くことによって求められる。電源計画に関する従来の研究は、主として電力エネルギーのみに注目してきたが、電力エネルギーは最終エネルギー消費量で我が国全体のエネルギー消費の4分の1程度であり、電力エネルギーとその他のエネルギーのバランスをどうするのが最適かを踏まえた上で、電力だけでなくエネルギー全体の観点から電源計画を策定していかなければならない。

過去の電源計画では原子力、火力、水力といった出力が可制御な安定電源のみを対象としていたのに対し、近年は出力が不安定な再生可能エネルギー電源も含めた電源計画についても多くの研究がなされている。これらの研究は、再生可能エネルギー電源の導入可能量を明らかにすることを目的としているものが中心であるが、再生可能エネルギー電源の大量導入には、その出力予測技術や蓄電池などの系統安定化技術の導入が不可欠であり、これらの技術評価も含めた検討は十分ではない。また、再生可能エネルギー電源の不確実性への対策として、スマートグリッド構想の代表的な技術である需要側制御技術にも大きな関心が集まっており、可制御負荷を用いた需給制御や需給運用も検討されているが、このような制御・運用が電源計画に与える影響を評価することも重要な検討課題である。

2. 研究の目的

本研究では、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー電源が大量に導入され、それに伴う新しい電力系統技術である、再生可能エネルギー電源の出力予測技術、蓄電池などの系統安定化技術、スマートメーターを用いた需要側制御技術などが利用される将来の電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルを開発することを目的とする。本研究で開発するモデルは、電力エネルギーだけではなく運輸や熱需要などの全てのエネルギーを考慮したエネルギーシステム全体としての観点から将来の電力系統のあり方について検討するのには有

用である。また、本モデルを用いて分析することでエネルギーシステム全体から見た新しい電力系統技術の価値を定量的に評価することが可能となり、エネルギーシステム全体としてどうあるべきかという技術発展の方向性を明らかにすることにもつながる。

3. 研究の方法

本研究では、世界中で広く利用されているエネルギーシステムモデル MARKAL (Market Allocation) を基にして、電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルを開発する。まず、MARKALにおける電力系統モデルを多地域し、さらに考慮する時間断面も細かく考慮（多時間帯化）して、風力発電・太陽光発電などの再生可能エネルギー電源の変動を考慮したモデルに詳細化する。その後、詳細化した電力系統モデルを組み込んだ新しいエネルギーシステムモデルを設計し、複数のシナリオのエネルギーシステム分析を行う。

4. 研究成果

(1) エネルギーシステムモデルの開発

モデルは利用実績の高いエネルギーシステム分析モデル MARKAL の機能を拡張することで設計した。平成 24 年度は、MARKAL の多時間帯化に取り組み、発電機の変化率および調整力を考慮することで電力系統の需給制御を模擬し、平日・休日・特異日（低負荷日または高負荷日）を考慮して 1 日 24 時間断面（1 断面 = 1 時間）での分析が可能なモデルを作成した。また、電気式給湯機器による電力需要制御を考慮できるようモデルを拡張した。平成 25 年度は、さらにモデルを改良し、電気自動車による電力需要制御も考慮できるようモデルを拡張した。また、モデルの多地域化にも取り組み、複数地域の電力系統を模擬できるようなモデルを作成した。

以下に、本モデルを用いて行うことができる分析の例を示す。

エネルギーシステム全体の評価

本モデルは MARKAL をベースとしており、エネルギーシステム全体での解析を行うことができる。よって、図 1 に示すように、ある特定の部門（運輸部門、発電部門など）だけでなくエネルギーシステム全体での CO2 排出量の将来推移を評価することが可能である。図中の は炭素ペナルティ（単位は JPY/t-CO2）を示す。

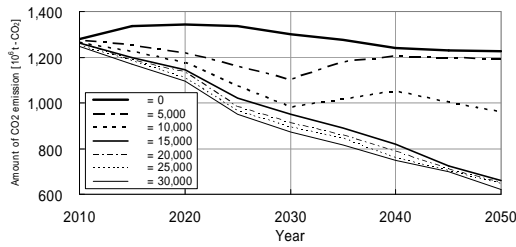


図1 CO2 排出量推移 (紙上発表 より)

特定のエネルギー部門の評価

本モデルでは、特定のエネルギー部門に注目した解析を行うこともできる。例えば、図2に示すように、電力部門における発電設備構成の将来推移を評価することが可能である。

なお、およびについては、同様の結果を通常の MARKAL モデルでも評価できるが、本モデルは時間分解能および空間分解能を高めた上で同様の評価を行うことができる点に新規性を有する。

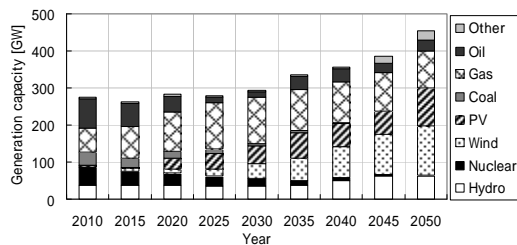


図2 発電構成推移 (紙上発表 より)

解析の高空間分解能化・高時間分解能化
本モデルでは、図3に示すように、1時間単位で発電電力量の変化を評価することが可能である。また、地域ごとのデータを用意すれば、複数の電力システムを考慮することも可能である。このように、本モデルは従来 MARKAL と比べて、高い空間分解能・時間分解能を持った解析を行うことができる。

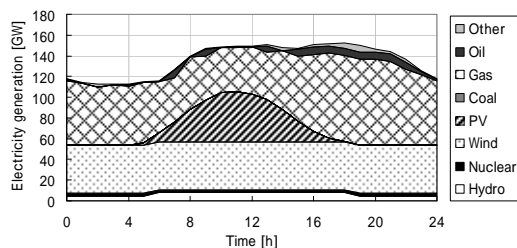


図3 発電電力量変化 (紙上発表 より)

(2) モデルを用いたシナリオ分析

電気式給湯機器を用いた電力需要制御

電気式給湯機器を夜間に運転する場合 (電

力需要制御に利用できない場合・ケース 1) と、システムコスト最小化を目的として自由に運転できる場合 (電力需要制御に利用できる場合・ケース 2) についてエネルギーシステム分析を行った。図4に示すように、太陽光発電の導入量に差異が現れ、ケース1よりもケース2のほうが太陽光発電の設備容量が大きくなった。これは、電気式給湯機器を日中にも運転するため、日中の電力需要を創出することが、太陽光発電の導入増加につながることを定量的に示している。なお、2045年以降はどちらのケースも太陽光発電の設置容量が上限に達している。

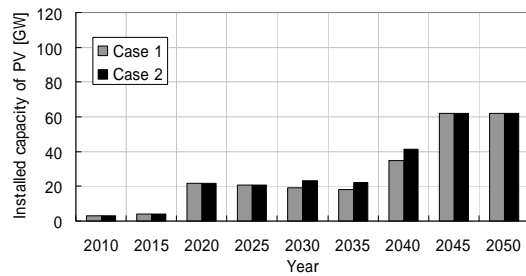
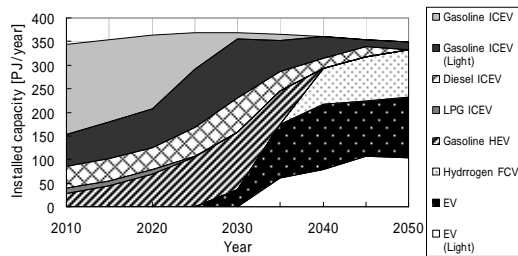


図4 太陽光発電導入量推移 (紙上発表 より)

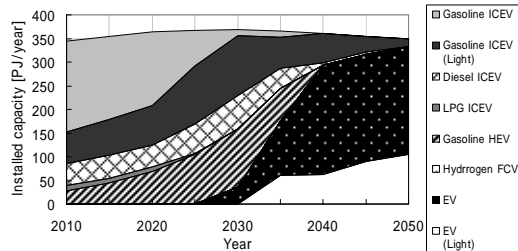
このように、本研究で開発した新しいエネルギーシステムモデルを用いることで、新しい技術の有効性と、技術がエネルギーシステム全体に与える長期的な影響を同時に分析することが可能となる。今後、新しいエネルギー技術を電力・エネルギーシステムに導入していく上では長期的評価が重要であり、本モデルは有用性が高いと言える。

電気自動車を用いた電力需要制御

電気自動車を夜間に充電する場合 (電力需要制御に利用できない場合・ケース 1) と、システムコスト最小化を目的として自由な時間帯に充電できる場合 (電力需要制御に利用できる場合・ケース 2) についてエネルギーシステム分析を行った。図5に示すように、自動車普及推移に差異が現れ、水素燃料電池車 (図中の Hydrogen FCV) はケース1では2040年以降に普及が進むが、ケース2では普及せず、電気自動車のみが普及していくことが確認された。これは、ケース1では夜間の電力需要が増大して発電単価の高い発電設備を運用しなければならないためであり、電気自動車の充電時間帯を電力需要の小さい時間帯へシフトすることで、そのような発電設備の運転を回避し、電気自動車自身の普及も進むことを定量的に示している。



(a) ケース 1



(b) ケース 2

図 5 自動車普及推移 (紙上発表 より)

このように、ある技術を用いて電力需要制御を行った場合にその技術自体の普及にどのように影響するかの評価は、本研究で開発した新しいエネルギーモデルを用いて初めて可能となった評価である。電気自動車を電力システムの制御・運用に利用する V2G (Vehicle-to-Grid) については近年さまざまな研究がなされているが、電気自動車自体がまだ普及の進んでいない技術であり、本モデルで技術の将来普及も含めた評価を行うことができる点は画期的であると言える。

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 2 件)

- T. Masuta, A. Murata, and E. Endo, Electric vehicle charge patterns and the electricity generation mix and competitiveness of next generation vehicles, Energy Conversion and Management, 83C, pp. 337-346 (査読あり)
DOI: 10.1016/j.enconman.2014.04.001
- T. Masuta, A. Murata, and E. Endo, Evaluation of Relationship between Demand Side Management and Future Generation Mix by Energy System Analysis, Journal of International Council on Electrical Engineering, vol. 4, no. 1, pp. 42-48 (査読あり)
DOI: 10.5370/JICEE.2014.4.1.042

〔学会発表〕(計 3 件)

- 益田泰輔、村田晃伸、遠藤栄一、系統制御を考慮した新しいエネルギーシステム

モデルによる電力需要制御と将来の電源構成の関係の評価、電気学会 B 部門大会、新潟、2013 年 8 月

T. Masuta, A. Murata, and E. Endo, Evaluation of Relationship between Demand Side Management and Future Generation Mix by Energy System Analysis, 17th International Conference on Electrical Engineering, Xiamen, China, Jul. 2013

益田泰輔、村田晃伸、遠藤栄一、系統制御を考慮した新しいエネルギーシステムモデルによる電力需要制御と将来の電源構成の関係の評価、電気学会全国大会、名古屋、2013 年 3 月

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

益田泰輔、電気学会優秀論文発表賞、2013 年電気学会 B 部門大会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

益田 泰輔 (MASUTA, Taisuke)

独立行政法人・産業技術総合研究所・研究員

研究者番号: 40635794