

変動性再生可能エネルギー大量導入時の市場価値に関する計量的数理モデル分析

5000985 政策研究大学院大学
1002750 政策研究大学院大学*松尾 雄司 MATSUO Yuji
大山 達雄 OYAMA Tatsuo

1. はじめに

気候変動問題に関する意識の高まりと急速なコストの低下を背景に、再生可能エネルギーへの期待が日本のみならず世界で高まっている。2018年に日本政府が公表した「エネルギー基本計画」では再生可能エネルギーを将来の「主力電源」とする方針が明記された。一方で、自然変動性の再生可能エネルギー (Variable Renewable Energy: VRE)、即ち風力発電や太陽光発電については、その発電出力が空間的・時間的に偏在しており、人為的に操作できないことが、大量導入の際の大きな課題となる。特に、VREの出力自体が多く発電機間で強い相関をもつために、大量に導入された場合にはその価値が急速に低下し、追加的に導入を進めることが難しくなるということが指摘されており [1]、VREの「共食い効果」(Cannibalization effect) と呼ばれている。

本研究では日本の電力部門を対象とした数理解析モデルによってこの効果を分析するとともに、それを緩和し得る複数の技術的な方策について検討し、その有効性を評価する。

2. 評価方法

2.1 モデルの概要

ここでは既往研究で構築した多地域電源構成モデルを用いて評価を行った。これは沖縄を除く日本の9地域を対象とし、年間 8,760 時間の電力需要と太陽光・風力発電の出力プロファイルを実績値等に基づいてモデル化し、線形計画法 (Linear Programming: LP) によって最適化 (総システムコスト最小化) 計算を行うものである (文献 [2] [3] を参照)。

2.2 評価方法

線形計画モデルの解から得られる需給均衡式のシャドウプライス P_t ($t \in [1, 8760]$) を卸売電力市場価格と見做し、市場価値を評価する。即ち、ある VRE 発電システムの年間発電量を e_t とするとき、その市場価値 V は以下の加重平均値で与えられる。

$$V = \frac{\sum_t P_t e_t}{\sum_t e_t} \quad (1)$$

試算に際しては 2030 年を想定し、地域間連系線等

について現状計画ベースでの増強を考慮するとともに、今後の普及に伴い VRE の発電単価が政府目標相当の水準まで低下すると想定した。導入ポテンシャルとしては環境省による値を用いている。他の電源としては火力 (石炭火力及び LNG 火力)、原子力、水力、地熱を考慮し、30 ドル/tCO₂ の炭素価格相当を想定した。原子力については政府見通しをもとに、32GW 程度の設備容量を想定している。

2.3 ケース設定

この「対策なしケース」に対して市場価値及びその低下を評価した上で、以下に示す対策によって、どの程度市場価値低下が抑制され得るかについて評価を行った。更に、これら全ての対策を同時に講じた場合の評価も実施した。

- ① VRE の出力抑制：制約なく抑制できると想定。
- ② 地域間連系線の増強：2030 年計画の 3 倍に想定。
- ③ デマンド・レスポンス (DR) の導入：電力需要の 20% を柔軟に制御できると想定。
- ④ 蓄電システムの導入：全ての地域で 3 日分の電力需要に相当する蓄電池の導入を想定。
- ⑤ 原子力発電の柔軟な運用：最低出力 30% で柔軟に運用できると想定。

3. 評価結果

3.1 VRE 大量導入による市場価値の低減

図 1 に「対策なし」ケースについて、太陽光及び陸上風力発電の価値 V の低下を示す。ここに見られるように、VRE 導入比率 (VRE による電力供給量を総供給量で除した値) が高まるにつれて、VRE の市場価値が顕著に低下する。

VRE 比率が高まるにつれて太陽光の価値がより急速に低下することも大きな特徴である。これは、太陽光発電の方が風力に比べ、出力の相関が強いことに起因している。但し VRE 比率が低い領域では、太陽光の発電プロファイルは需要の変動と正の相関を持っているため、風力よりも太陽光の方が価値が高い。

図 1 に示した結果は、仮に太陽光発電のコストが政府目標 (太陽光：7 円/kWh、風力 8.5 円/kWh) まで下がったとしても、VRE 比率 20% で既に太陽光・風力

ともに価値がコストを下回り、それ以上の導入が難しいことを示唆している。

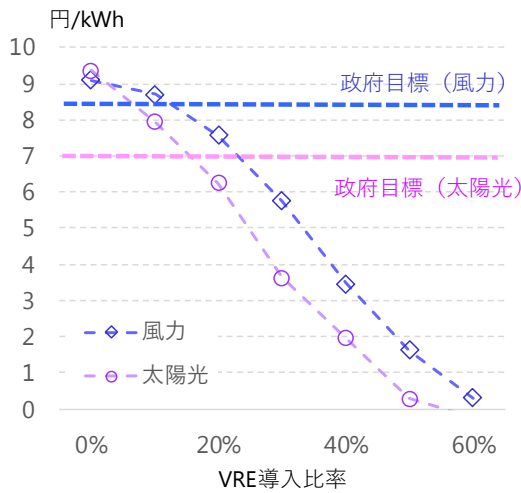


図1 VRE比率上昇に伴う市場価値の低下

3.2 各対策による市場価値低下の抑制

図2には太陽光・風力それぞれについて、①～⑤の対策を導入した場合の価値低下を示す。この結果からわかるように、太陽光では特に蓄電池による効果が大きく、次いで出力抑制による効果が大きい。これは、晴れた日の昼間に全ての発電機が一斉に発電するという太陽光発電の特性を反映しているものと考えられる。風力についても蓄電池の導入が最も大きな価値低下の抑制効果を示すが、次に大きな効果を示す対策は連系線の強化である。これは、本分析で用いているモデルが全国を9地域に分割しており、特に風力発電の導入ポテンシャルの大半が北海道や東北に位置していることによるものと考えられる。

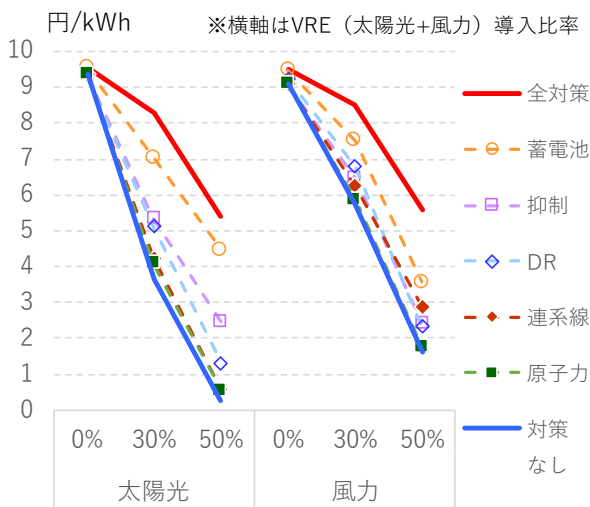


図2 対策後の市場価値

連系線の強化は太陽光に対しては価値低下を抑制する効果が比較的少ないとともに、原子力の柔軟性やDRの効果も限定的であることが図2から読み取れる。また仮に全ての対策を行ったとしても依然として価値の低下は完全に抑えられず、VRE比率50%では太陽光・風力ともに価値が7円/kWhを下回る。

4. おわりに

本研究では多地域電源構成モデルを使用し、VRE大量導入時の市場価値低下を抑制するための方策について検討した。この結果として、蓄電池や出力抑制といった対策が市場価値低下に貢献し得る一方で、原子力やDRなどによる効果は限定的であることが示唆された。但しこれらの対策を講じることには相応のコストが必要になることに留意する必要がある。特に3日の電力需要量に相当する蓄電池の導入にかかるコストは、将来のコスト低減を見込んだとしても非常に大きい。一方で出力抑制は制度上の課題はあるものの、対策に係る費用はさほど大きくないと考えられるため、VREの普及拡大のために有用である。

これらの対策を全て導入したとしても依然として高いVRE比率では価値がコストを下回る。このため、更にVRE導入を進めるためには何らかの形でVREの普及を促進するような政策、もしくは市場設計を行うことが不可欠であると考えられる。

謝辞

本研究の一部は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2-1704)により実施された。関係各位に謝意を表したい。

参考文献

- [1] Green R. J. and Léautier T-O., 2015. Do costs fall faster than revenues? Dynamics of renewables entry into electricity markets. TSE Working Papers 2015, 15-591.
- [2] Matsuo Y., Endo S., Nagatomi Y., Shibata Y., Komiyama R., and Fujii Y., 2018. A quantitative analysis of Japan's optimal power generation mix in 2050 and the role of CO₂-free hydrogen. *Energy*, 165, B, pp. 1200-1219.
- [3] Matsuo Y. and Oyama T., 2018. Mathematical Modeling Analyses of the Electricity Demand in the Metropolitan Area in Japan, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 960-965.