



iea wind

Task 25 変動性電源  
大量導入時の  
エネルギーシステムの  
設計と運用

# 風力発電と電力貯蔵

風力発電によって、電力系統における需給調整の必要性が増加します。現在、系統運用者は、一部の発電所の出力レベルを調整することで需給調整を行っています。将来的には、電力貯蔵の選択肢も需給調整に役立つ可能性があります。その利用は、他の選択肢と比較して費用対効果が高いかどうかによります。

## 電力貯蔵はどのような便益がある？

電力貯蔵は、系統運用の需給調整に柔軟性を提供します。電力貯蔵は、発電または需要のいずれかとして機能し、さまざまな時間スケールで需要と発電のバランスの維持を支援します。電力貯蔵は、風のない系統でも価値があります。すでに世界中で約100 GWの揚水発電所が建設されています。風力・太陽光が既存の揚水発電所の利用に既にどう影響しているかの例を図1に示します。

## なぜ電力貯蔵は電力系統であまり利用されていないのか？

電力貯蔵の利点は、そのコストと比較しなければなりません。電力貯蔵を構築するということは、新たなエネルギーを生成しないものに投資することを意味しますが、実際には電力貯蔵をする際に電力量の一部を無駄にしてしまうこととなります。そのため、必要に応じて出力レベルを変更する発電機の方が、よりコスト効率の良い柔軟性を提供することができます。燃料や水を容器や貯水池に貯蔵することは、現在の貯蔵の中で最も費用対効果の高い形態です。熱貯蔵もまた、蓄電池よりも費用対効果が高い方法です。

電力貯蔵技術はまだ発展途上であり、そのコストは低下しつつあります。電力貯蔵には、電力市場(数時間または数日分の電力量を貯蔵)から系統支援のための市場(周波数を管理するための急峻な応答を提供)まで、収益を得る方法が複数あります。

## 風力・太陽光の導入率が高くなれば、電力貯蔵はより費用対効果の良いものになる？

「風は常に吹くわけではない」という事実は、風力発電の変動に対応する専用の電力貯蔵の必要性を示唆する際によく使われます。専用の電力貯蔵は、系統運用と大規模で空間的に多様な風力資源の性能の両方の現実を無視しています。電力系統は系統全体で需給調整が取れているため、単一の発電方式に対して電力貯蔵による専用

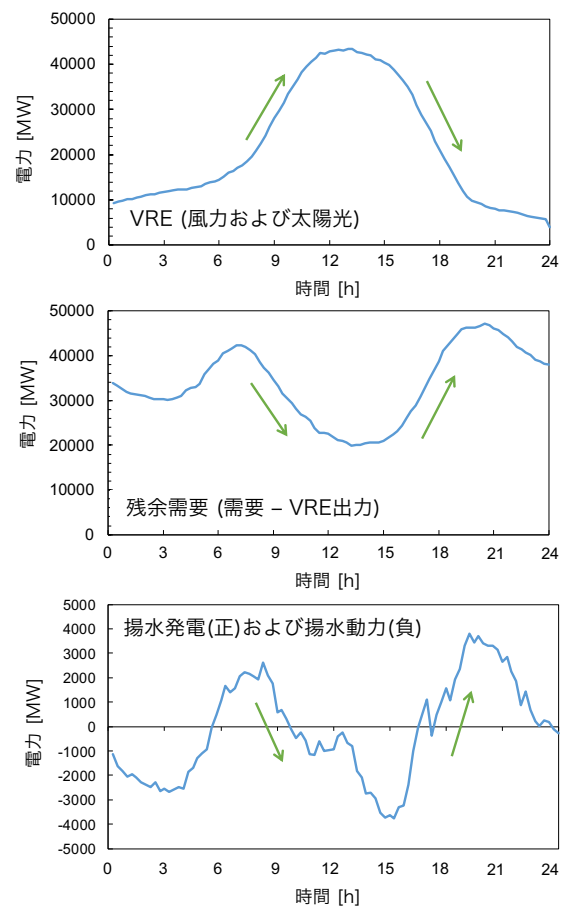


図 1. ドイツの揚水発電所の運用例(2019年8月8日)。既に揚水発電(正)と揚水動力(負)の日パターンに変化が見られる。(出典: FfE, from ENTSO-E data).

のバックアップは必要ありません。電力貯蔵は、系統全体の経済的便益を最大化するように運用されたときに、最も経済的になります。これまでの系統運用では、「需要が高い時に風が吹かない」よりも、「需要が低い時に風が吹きすぎる」時の方が大きな問題でした。

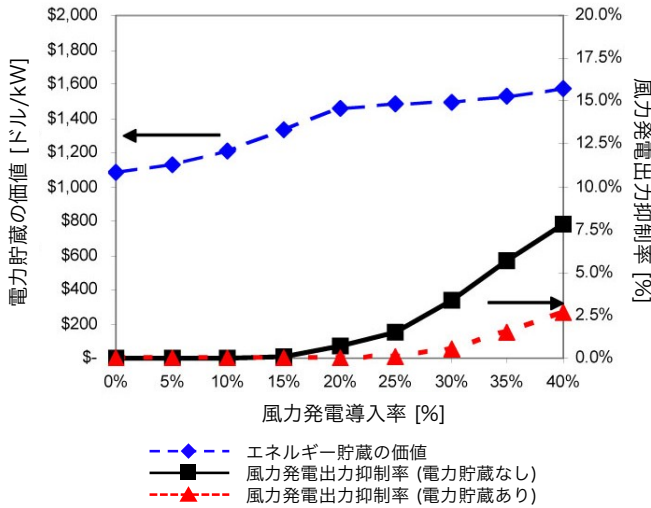


図2. 風力発電の導入率が高くなると電力貯蔵の価値が高まり、風が強くて需要が少ない場合に必要となる風力発電に抑制電力を減らすことができる。  
(出典: LBNL, US).

低需要時に余剰電力が抑制される(無駄になる)事例はすでに存在します。新しい電力貯蔵装置は、抑制される電力量を削減する可能性があり(図 2)、系統支援サービスの提供にも価値があります。電力系統の中に電力貯蔵装置を持つことで、風力・太陽光の導入の費用対効果を高めることが示されています(図 3)。

風力・太陽光の導入率が高ければ、電力貯蔵の価値も高まります。しかし、電力貯蔵には、より柔軟性の高い電源とデマンドサイドの選択肢との競争があります。デマンドサイドマネジメントによって、電力が余っているときにはより多くの電力を消費し、電力が不足しているときにはより少ない電力を消費することが可能です。

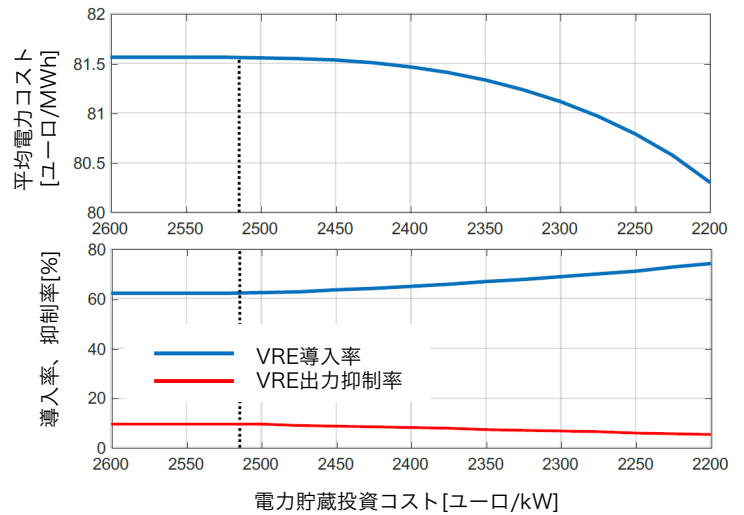


図3. 電力貯蔵コストが低下すると、風力や太陽光の抑制分を吸収するために設置する電力貯蔵設備の費用対効果が改善し、系統における風力・太陽光の導入の費用対効果を高めることができる。

VRE: Variable Renewable Energy = 変動性再生可能エネルギー  
(出典: Korpås & Botterud 2020).

また、余剰電力は隣接する地域と同時に発生するとは限らないため、送電線によって、より広いエリアで需給調整を行うことができます。諸研究によると、電力貯蔵の選択肢がコスト効率の良いものになるまでは、近隣地域との送電を利用する可能性がない限り、風力発電の導入率が年間消費電力量の50%以上になる必要があることが示唆されています。太陽光発電の場合、風力よりも低い導入率で電力貯蔵が有効となります。

## 参考文献

- Easac (2017). Valuing dedicated storage in electricity grids. [www.easac.eu](http://www.easac.eu)
- Milligan, M. et al. (2009). **Wind power myths debunked**. IEEE Power & Energy Magazine, 7(6), 89–99. <https://doi.org/10.1109/MPE.2009.934268>
- Korpås, M.; Botterud, A. (2020). **Optimality Conditions and Cost Recovery in Electricity Markets with Variable Renewable Energy and Energy Storage**. MIT CEEPR Working Paper 2020-05.
- Nyamdash, B.; Denny, E.; O'Malley, M.J. (2010). **The viability of balancing wind power with large scale energy storage**. Energy Policy, 38, 7200-7208. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.050>
- Holttinen, H. et al. (2019). **Design and operation of power systems with large amounts of wind power**. Final summary report, IEA WIND Task 25, Phase four 2015–2017. <https://community.ieawind.org/task25/ourlibrary>

- Greening the Grid (2015). **The role of Storage and Demand response**. Fact sheet available at <https://greeningthegrid.org/Grid-Integration-Toolkit>

## ファクトシートについて

このファクトシートは、18ヶ国間の共同研究であるIEA Wind Task 25 (国際エネルギー機関風力エネルギー技術協力プログラム第25部会)の取り組みを基に作成されています。この部会の発足時のビジョンは、世界中の電力系統の中で経済的に実現可能な形で風力発電のシェアを増加するための情報を提供することでした。IEA Wind Task 25はその後、風力発電や太陽光発電が電力系統・エネルギーシステムに与える影響を分析・評価するための方法論を更に進展させることに注力しています。

本翻訳書は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「風力発電等技術研究開発/風力発電高度実用化研究開発/風車運用高度化技術研究開発」事業の一環として、IEA Wind国内委員会の承認のもと作成されたものです。翻訳: 京都大学特任教授 安田 陽

以下のウェブサイト(英語)も参照下さい。  
<https://community.ieawind.org/task25>

- 下記のファクトシートもご覧下さい。
- No.1 「風力・太陽光発電の系統連系」
  - No.2 「風力・太陽光発電大量導入時の需給調整」
  - No.3 「風力・太陽光発電の容量価値」
  - No.8 「風力発電と系統増強」
  - No.9 「風力発電大量導入時の変動性と予測可能性」