



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

風力発電がCO₂排出量に与える影響

風力発電によって従来型電源で消費される燃料を削減することができ、その結果、CO₂排出量の削減につながります。風力発電が需給調整を必要とするのは事実であり、電力系統の需給調整のために従来型電源の出力を増減することで効率が低下するのではないかと懸念もあります。しかしこれまでの研究によると、従来型電源の出力制御の増加による排出量は、発電電力量の総量や燃料使用量を削減することによる便益に比べ、小さいことが明らかになっています。

風力発電はどのようにしてCO₂排出量を減らすのか？

風力発電は、運転中にCO₂を排出しない再生可能エネルギーです。火力発電と比較して、ライフサイクルにおけるCO₂排出量は非常に少なく済みます。風力発電が発電することによって従来型電源による電力量を削減することができ、燃料使用量やCO₂、NO_x、SO_x、微粒子の排出量を削減することができます。

どのような電源の発電電力量や燃料を削減できるかは、時間帯だけでなくその電源の運用コストに依存します。各時間帯では、最も運用コストの高い電源(通常、火力発電)が削減されます。削減される燃料が石炭である場合、天然ガスを削減する場合よりも排出量削減の便益が大きくなります。風力発電のCO₂排出量削減効果を表す研究事例を図1に示します。

風力発電の変動はCO₂排出量を増やすか？

風力発電のシェアが高くなると需給調整のために火力発電の出力変化が急峻になり、起動と停止の頻度が高くなります。これは、電力系統全体の変動、すなわち風力発電と需要との変動を補完するために、時々刻々と変化する給電指令に回答することを意味します。

火力発電が起動したり出力を増減したり部分負荷運転したりすると、連続定格運転した場合に比べて効率

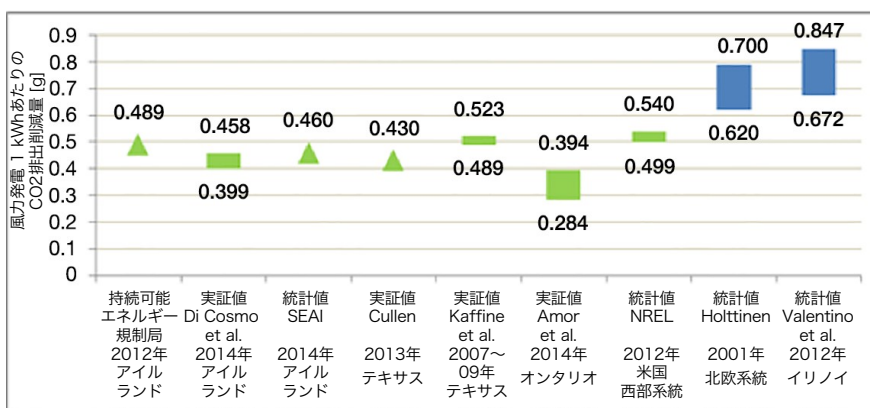


図1. 風力発電による排出削減効果の例。風力発電の発電電力量 1 kWh あたりのCO₂排出削減量。緑色のグラフは風力発電により主にガス火力を削減した事例、青色は主に石炭火力を削減した事例。

(出典: Holttinen et al., 2014)

が低下し、その結果、CO₂などの排出量が多くなります。

詳しい研究によると、風力発電が大量に導入された電力系統でも、需給調整が増えることによる追加的な排出量はさほど多くないことがわかっています。石炭やガスで発電された電力量を削減し、燃料の使用量や排出量を減らす効果は、従来型電源の変動によって生じる排出量増加よりも格段に大きいものとなります。

例えば、年間消費電力量の33%を風力と太陽光エネルギーで賄う場合、需給調整のために増加する排出量は、燃料使用量が減少したことによる排出量削減の2%未満です。(出典: Lew et al., 2013) (図2, 3)。

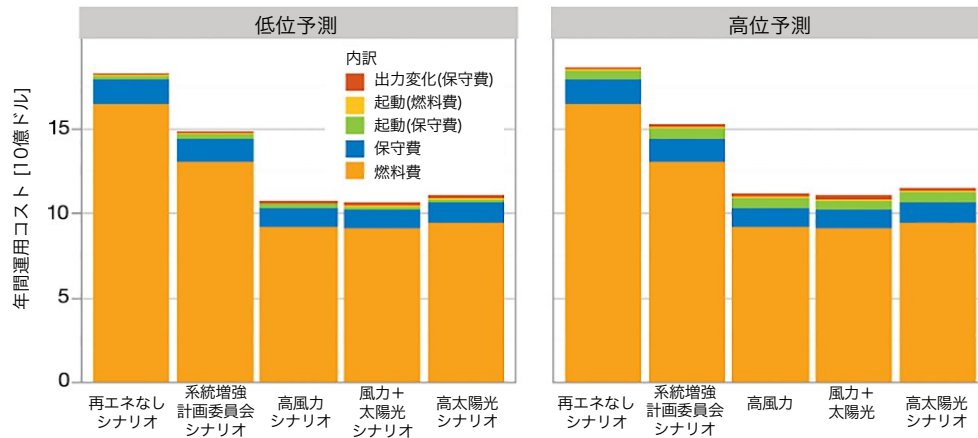


図2. 運用コストと排出量の大部分は化石燃料の使用に起因する。変動性再生可能エネルギー（VRE）の導入率が高い場合でも、出力変化や起動停止のコストは年間コストの1%未満となる。米国西部系統の運用コストを1年間分シミュレーションした例で、風力と太陽光の導入率は最大33%。(出典: Lew, et al., 2013)

どのようにして需給調整による排出量の増加分を減らせるか？

電力系統に占める風力・太陽光発電のシェアが増えると予想される場合、新規の火力発電の「柔軟性」を向上することが重要になります。柔軟性を向上させることで、需給調整のための選択肢が増えるため、電力系統全体の運用コストや排出量を減らすことができます。連系線による電力取引を利用することで、近接エリアと柔軟性を共有することが可能です。風力発電所や太陽光発電所は高速応答できる柔軟性を提供することが可能です。もう一つの新しい柔軟性は需要側から提供されるものであり、これはデマンドレスポンスと呼ばれます。

	再生可能エネルギーの増加による削減効果	需給調整の増加による増減
CO ₂	1.17～1.35億t 29% - 34%	無視できる ↓
NO _x	0.675～1.035億t 16% - 22%	135～180万t ↓
SO ₂	0.36～0.63億t 14% - 24%	135～180万t ↑

図3. 変動性再生可能エネルギーに対応するために従来型電源の出力を増減することによるCO₂排出量の増加は、再生可能エネルギーの増加によるCO₂、NO_x、SO₂の全体的な削減量と比較して非常に小さい。(出典: WWSIS2, 2013)

将来の低炭素エネルギーシステムの排出削減

CO₂排出量の8割以上の削減を達成するためには、第1段階として発電部門において化石燃料を削減することよりも、更にコストがかかる可能性があります。脱炭素化をより進めるためには、運輸や熱供給などの他のエネルギー部門の電化(エレクトリフィケーション)が必要なることを意味します。これによって、新しい電力消費の形態が生まれるでしょう。

参考文献

- Holtinen, 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>
- Holtinen, H, Kiviluoma, J, Pineda, I, McCann, J, et al. (2015) **Reduction of CO₂ emissions due to wind energy - methods and issues in estimating operational emission reductions**. IEEE Power & Energy Society General Meeting, 26 - 30 July 2015, Denver, USA: IEEE. Proceedings. doi:10.1109/PESGM.2015.7286288
- Lew, D. et al. (2013). **The Western Wind and Solar Integration Study Phase 2**. NREL/TP-5500-55588. National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/55588.pdf>
- SEAI (2014). **Quantifying Ireland's Fuel and CO₂ Emissions Savings from Renewable Electricity in 2012**. www.seai.ie/News_Events/Press_Releases/2014/245m-of-fossil-fuel-savings-from-use-of-renewable-electricity-in-2012.html

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.4 「電化(エレクトリフィケーション)」
 - No.7 「風力発電と電力貯蔵」