



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

# 電化 (エレクトリフィケーション)

気候変動緩和の目標を達成することは、すべてのエネルギー部門からの温室効果ガスの排出量を削減することを意味します。化石燃料から排出ガスのない代替燃料に置き換えることで、熱利用、運輸、産業部門の高度な脱炭素化を達成することができます。発電技術は主要なゼロエミッション・エネルギー技術であるため、他のエネルギー部門の電化(エレクトリフィケーション)が進むのは必然と言えるでしょう。同時に、エネルギーの電化によって、風力発電や太陽光発電の変動を費用対効果の高い方法で管理するための選択肢が増えることにもなります。

## すべてのエネルギー需要を脱炭素化するには？

他のエネルギー部門で利用されている化石燃料は、直接電気で代替するか、電気で作った合成燃料で間接的に代替することができます(図1)。他にも、原子炉や地熱、太陽熱から直接熱を取り出す方法や、熱利用や運輸にバイオエネルギーを直接利用する方法もあります。ただしこれらは、資源や、利用可能性、地理的制約によって制限がある場合があります。

**直接的な電化技術**には、電熱器、ヒートポンプ、電気自動車などがあります。また、電気アーク炉など、主に産業用途向けのソリューションもあります。

**間接的な電化**としては、電気を使って水素を生成する電気分解装置がまず挙げられます。水素は、燃料電池でエネルギーを電気に変換したり、燃焼させて熱を発生させたりすることができます。また水素は、より複雑な合成燃料や合成物質の生成にも利用できます。

間接的な電化は、エネルギー変換時に損失があるため、高コストな手段であり、通常、他の選択肢を使い切った場合にのみ必要とされます。既存のインフラで利用されている既存の燃料(天然ガスやガソリンなど)を置き換えることは、重要な選択肢の一つです。

空調や家庭用温水は、直接的な電化と間接的な電化の両者を利用することができます。ヒートポンプは最も効率が良く、主要な電化の手段になり得ますが、電熱器や蓄熱装置、合成燃料で補うことで**柔軟性**を高めることができます。

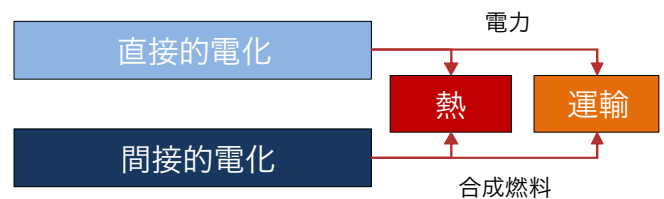


図1. 直接的な電化は、化石燃料ベースの最終利用技術を電気による最終利用技術に置き換えることと定義される。間接的な電化は、電気によって合成された燃料の化石燃料の代替として定義される。

運輸部門の電化に関しては、その大部分が電気自動車によって行われるでしょう。しかし、すべての場合(例えば航空部門)でそれが選択肢になるわけではなく、燃料電池自動車や合成燃料によって補完される可能性もあります。

産業部門からの排出量は、エネルギー関連とプロセス関連に分けられます。エネルギー関連の排出の多くは、さまざまな温度レベルでの熱の利用に起因しています。

ヒートポンプは通常、低温利用の場合には最も安価な選択肢となりますが、電熱器や蓄熱装置でそれを補うこともできます。また高温利用の場合、電熱器、電気アーク炉、誘導炉などを利用して、電気から直接変換することもできます。燃料の燃焼が必要な場合、間接的な電化に優位性があります。

最後に、製造プロセスに関連した排出量の削減には、特定の解決策(例えば、セメント製造や金属の還元など)が必要です。

## 風力・太陽光は増加する電力需要をカバーできるのか？

電化による脱炭素化は、二酸化炭素排出のない電気が十分に利用できて、初めて機能します。このことは、電化による消費電力量の増加をカバーするだけのポテンシャルが風力・太陽光にあるのか、という疑問を投げかけます。

欧州のすべての国では、風力・太陽光発電のポテンシャルは、電化に必要な消費電力量を大幅に上回っています。しかし、風力・太陽光発電のポテンシャルのうち実現可能性のあるものは非常に限られており、電力の輸入が必要となる地域もあります。

## 電化の拡大が電力システムの柔軟性に与える短期的・長期的影響は？

短期的には、柔軟性のない電気負荷を追加すると、システムコストが上昇し、(将来の)風力・太陽光の系統連系の拡大を阻害する可能性があります。一方で、新たな負荷に柔軟性があれば、より費用対効果の高い形で風力・太陽光発電のシェアを拡大することが可能になります。間接的な電化も、多くは柔軟性を持ちます。例えば、水素の電気分解装置は、電気料金が安い時は停止することも可能です。更に、間接的な電化は、季節をまたぐエネルギー貯蔵の選択肢の一つにもなります。

長期的には、エネルギーシステムは、出力の変動性の増大に適応していくでしょう。電化は柔軟性の重要な供給源になり得ます。しかし、一般的にエネルギー機器の寿命は15～60年と長いため、柔軟性の乏しい電気機器の方が安価に購入でき柔軟性が現時点で採算に合わない場合、柔軟性の乏しい電化が普及することで後々に問題となる可能性があります。更に、柔軟性のある電化でも柔軟性のない電化でも、系統増強が必要になる場合があります。

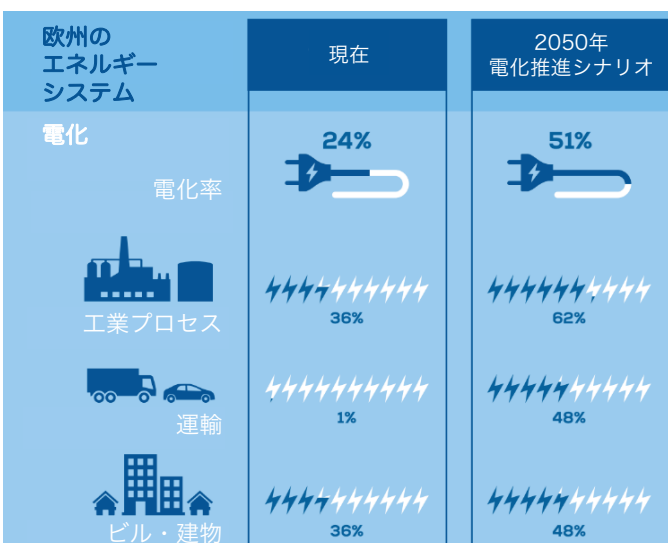


図2. 現在および将来シナリオにおける電化の割合。(出典: WindEurope)

## 電化はどのように進んでいるのか？

電化は既に行われており、気候変動緩和目標により更に電化が進むことが予想されています(図2)。

これまで、フランス、ノルウェー、スウェーデンなどの国では、ドイツやイタリアなどの従来の化石燃料が支配的な電力システムに比べて電力料金が安いこと、暖房や輸送に占める電化製品の割合が高くなっていました。これらの例は、電化に対する意欲が、とりわけ電化のコストに依存していることを示しています。

電気がより安価になり、化石燃料がより高価になれば、電化を加速させることができます。CO<sub>2</sub>排出コストが上がれば化石燃料は高価になります。暖房のように設置コストが低い場合でも電化を加速させることができます。一方、電気自動車の場合は、燃料費よりもバッテリーのコストの方が決め手になります。

## 参考文献

- WindEurope. **Breaking new ground.** <https://windeurope.org/about-wind/reports/breaking-new-ground/>
- ESIG (2019). **Toward 100% Renewable Energy Pathways: Key Research Needs.** <https://www.esig.energy/esig-101/>
- Guminski, A.; Böing F.; Murmann, A.; von Roon, S. (2019). **System effects on high demand-side electrification rates: A scenario analysis for Germany in 2030.** WIREs Energy and Environment, 8, e327. <https://doi.org/10.1002/wene.327>
- Ruhnau, O.; Bannik, S.; Otten, S.; Praktijnjo, A.; Robinius, M. (2019). **Direct or indirect electrification? A review of heat generation and road transport decarbonisation scenarios for Germany 2050.** Energy, 166, 989–999. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.114>

## 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、世界中の電力システム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システム・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ください。
- 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.7 「風力発電と電力貯蔵」