



欧州エネルギーシステムの危機

アレクサンダー・シュタヘル

監訳 杉山大志 訳 木村史子

THE CRISIS OF THE
EUROPEAN
ENERGY SYSTEM

Alexander Stahel

The Global Warming Policy Foundation
Note 35

欧州エネルギーシステムの危機

アレクサンダー・シュタヘル

監訳 キヤノングローバル戦略研究所研究主幹 杉山大志 訳 木村史子

本稿は、Alexander Stahel, The Crisis of the European Energy System, The Global Warming Policy Foundation Note 35

[The Crisis of the European Energy System \(thegwpf.org\)](https://www.thegwpf.org/) を、The Global Warming Policy Foundation の許可を得て翻訳したものである。

目次

著者について	2
欧州エネルギーシステムの危機	2
「フィット・フォー・55」と電力網の脱炭素化	6

著者について

アレクサンダー・シュタヘルはスイスを拠点とする投資家。コモディティに強みを持つ Burggraben Holding AG の創設者、会長、CIO を務める。ツイッター：@BurggrabenH

欧州エネルギーシステムの危機

欧州の電力網は、現代の奇跡といえる。それは世界最大の同期電力網（接続電力による）である。モロッコやトルコなど欧州連合に加盟していない国も含め、32カ国の5億2千万人のエンドユーザーと相互接続しているのだ。2019年、大陸の電力網全体の純電力消費量は2兆6350億キロワット時(kWh)だった。同期はしていないがつながっている国であるイギリス、アイルランド、北欧諸国、バルト諸国を加えると、3兆3000億kWh以上にもなる。これは大変な電力量である。

電力網はイデオロギーではなく、あくまでも物理学に基づいて作られている。例えば、ある物理法則によれば、電力網を流れる交流電流の発電量は、常に消費量と一致しなければ

ならない。つまり、1年=525,960分の間、常に消費量（専門用語では「負荷」）と一致しなければならないのである。この単純な事実が、我々が直面している問題を理解する上で重要なことである。

欧州全域の需要を満たすために、15分単位の短いブロックで常に電力負荷が予測され、何千もの発電機がその需要を満たすために競り合いを行っている。また、ネットワークの周波数は、電力網の健全性を測る重要な指標である。局所的に測定されるが、超地域的な重要性を持ち、需要と供給の間の不均衡を示す最初の指標となる。この周波数は、非常に狭い範囲内に収めなければならない。それができなければ、インフラへのダメージやシステムの完全な停止につながる恐れがあるためだ。

周波数がズレる事象（インシデント）はさまざまな理由で発生するが、風力や太陽光発電の比率が高まるにつれて、より一般的な事象になってきた。再生可能エネルギーは需要に合わせた出力の調整できないため、供給不足に対応する目的で分単位で出力を上げることができない。そのため、電力網の観点からは信頼性に欠ける。その普及の影響は、周波数事故が2020年の33時間から2021年には52時間以上と、わずか1年で50%以上増加していることから明らかである。2021年だけでも、欧州電力網では2件の重大（「スケール2」）インシデントが発生し、電力網運営会社 Entso-e（欧州送電事業者ネットワーク）の専門委員会が最終説明報告書を作成しなければならなかった。

欧州の電力網は、需要に見合うだけの電力を供給することが難しくなっている。Figure 1はその問題を示している。ほとんどの国が電力の純輸入国であり、フランスとドイツ、そしてわずかにチェコに依存しているのが実態である。言い換えれば、ほとんどのヨーロッパ諸国は、自国のエネルギー安全保障に責任を負っていないのである。

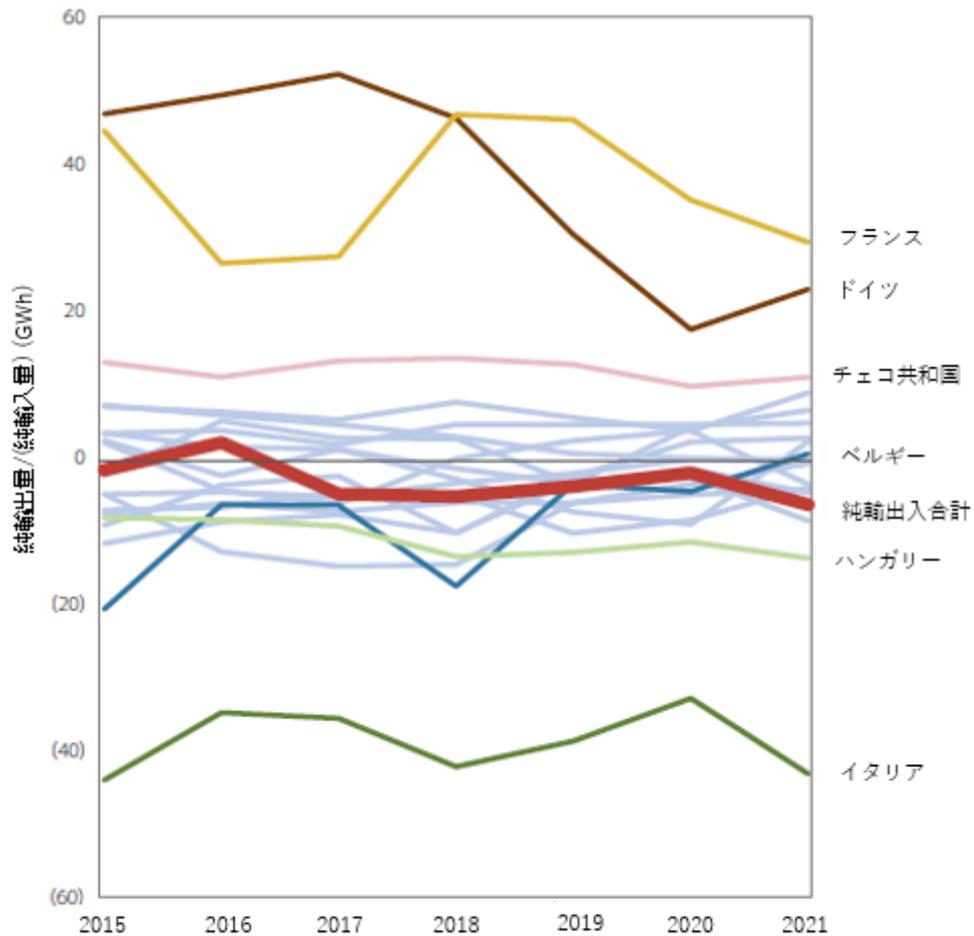


Figure 1: 欧州諸国の電力純輸入量と純輸出量

分析の対象は18ヵ国。特に主要な国はカラーの線とし、国名を表示した。

特に問題があるのは次の数カ国である。

- イタリアは、1990年代に原子力発電所を閉鎖し、陸上風力発電所を数カ所建設しただけで、洋上風力発電所はまったく建設していない。現在ではほぼ完全に天然ガスに発電を依存しており(訳注; イタリアの天然ガス火力の発電シェアは約 50%)、しかも信頼できる供給を確保することができないでいる。
- オーストリアは水力発電と天然ガスを併用しているが、電力需給のバランスをとるためにドイツに依存している。ドイツが過去 20 年間、原子力や化石燃料から再生可能エネルギーへの転換を図る「エネルギー革命 (Energiewende)」に取り組んでいることは、オーストリアの指導者の目には留まらなかったようである。
- ハンガリーは電力網の燃料をロシアからの天然ガスに頼っている。
- スロバキアとフィンランドは、少なくともいくつかの新しい原子力を稼働させることができたが、それは困難を極めており、費用もかかり、まだそのプロセスは完了していない。

- オランダは天然ガスに依存しており、巨大なフローニンゲン・ガス田を保有しているが、そこでの生産を段階的に停止することを決定し、国際液化天然ガス(LNG) 市場の言いなりになっている。

全体として、かつて電力の主要輸出者であった欧州大陸の電力網は、現在、ノルウェー、スウェーデン、イギリスからの輸入に頼っている。しかし、短期的には4つの大きな問題があり、長期的には1つの巨大な構造的問題があるため、欧州大陸の政策立案者たちには警鐘を鳴らす必要がある。短期的な問題点は次の通りである。

フランスの原子力

フランスは欧州の原子力発電のリーダーとして、年間4500億kWhを供給できるはずである。しかし、設備の腐食の問題により、その出力は著しく低下しており、運営を担当する国営電力会社EDFが発表した指針によると、2022年には3150億kWh、つまり生産能力のわずか59%にまで低下する可能性がある。EDFは過去に過大な期待を持たせておいて、実現しなかった経緯があるため、この数字を実現することさえ難しいかもしれない。

その結果、フランスは最近、数十年ぶりに電力の純輸入国になり、電力価格が高騰している。イギリスとベルギーにあるEDFの原子炉の出力も大幅に低下している。

ドイツの原子力

EDFの原子力発電所はメンテナンスが悪い。しかし、ドイツはそのようなことはなく、長い間90%をはるかに超える稼働率で運転している。また、理論的にはウラン燃料の安定供給が確保されている（実際には確保されていないが）。原子力発電はもちろんゼロ・カーボンであり、極めて安全である。しかし、2011年、メルケル首相の率いるドイツキリスト教民主同盟(CDU)は、連立政権への圧力を受けてドイツの全原発を廃止し、発電量のシェアを25%からゼロにすることを決断した。そして2022年12月には最後の3基の原子力発電所（出力合計400万kWh）が閉鎖され（訳注：現在の予定では2基は閉鎖されず来年4月まで稼働可能な状態で維持される）、これまで欧州第2位の電力輸出国であったドイツが再び電力の純輸入国になる可能性がある。このことは、現在電力需要のかなりの部分を輸入に頼っているすべての国、特にイタリア、オーストリア、ルクセンブルクに深刻な影響を与えるだろう。

ドイツでは、原発の代わりに休止中の石炭火力発電所を稼働させることが期待されているが、ロイターの報道によると、ほとんどの発電所が老朽化しており、再稼働させることができないとのことで、どれだけの発電所が稼働できるかは不明である（訳注：既に石炭火力

と褐炭火力の稼働が決まったとの報道がある)。ロシアから供給されるはずの石炭の入手が困難な発電所や（訳注：8月からロシア炭は輸入禁止となった）、現在の石炭価格の高騰が経営を圧迫している発電所もある。そのため、ドイツ、ひいては欧州の多くの国々がガスに依存しており、ガスは現在非常に不足している。

ノルウェーの水力発電

欧州は、ほぼすべての国が輸入国であり、残りのほとんどの国も間もなく輸入国になるため、供給不足を補うためにノルウェーとスウェーデンの水力発電に期待している。しかし、昨冬の降雪不足で貯水池の水位が低く、ノルウェー政府は輸出の制限を検討している。もしそうなれば、欧州の電力網は需要を満たせなくなる。

ウクライナ

3月、ロシアの侵攻を受け、欧州とウクライナの電力網が接続された。この措置は、ウクライナの電力網に重要な支援を提供したが、欧州のエネルギー安全保障にとってはさらなるリスクをもたらした。

「フィット・フォー・55」と電力網の脱炭素化

電力網を脅かす大きな戦略的問題点は、一握りの権力者が二酸化炭素（CO₂）の排出量を劇的に削減することを約束したことである。欧州委員会は、この公約を、2030年までに1990年比で55%削減するという法律、いわゆる「Fit for 55」法に転換した。この法律が意味する社会の変化の規模は、想像を絶するものである。

このような法律で地球を温暖化から「救える」のだろうか？私は疑問に思っている。世界のCO₂排出量は、特にアジア諸国の経済成長、およびアフリカにおける人口増加によって決定される。例えば、ナイジェリアの人口は2050年までに2億1900万人から6億人になると予測されている。したがって、ドイツや欧州全土が一夜にして工業化から脱却したとしても、つまり100%脱工業化したとしても、世界のCO₂排出量は微動だにしないのである。中国だけでも、2023年までに3,300万kWの石炭火力発電所を新設する予定である。中国では、緊急に、もっと多くの電力が必要とされているのだ。

実際のところ、欧州の排出量は減るどころか、むしろ増加する可能性が十分にある。欧州大陸では原子力発電所の老朽化が進んでおり、このままでは2030年までにさらに2000万

kW の供給力が失われることになる。しかも、老朽化した原子力発電所のリプレースに 15 年もかかるとしたら、すでに手遅れである。さらに悪いことに、2040 年までにさらに 7,000 万 kW が廃止される。この発電容量をすべて風力発電で置き換えることは不可能である。1800 万 kW の原子力発電の出力は、15MW の洋上タービンの平均出力に換算すると 3,146 基に相当する。太陽光発電はもっと悪い。欧州北部では、貴重な鉱物資源の浪費に過ぎない。必要な規模の建設計画を、期限までの残り 7 年間で実現することは、工学的にも財政的にも不可能だ。

電気は、単にエネルギーの量だけではなく、常にタイミングと場所が重要になる。再生可能エネルギーの抱える問題は根源的なものだ。仮に上記のような短期的な問題がすべて魔法のように解決したとしても、再生可能エネルギーへのシフトには、更に以下のような困難がつきまとう。

-電力網のインフラを 2 倍にする必要があるが、これは数十年かかるだろう。(高圧送電線の近くには誰も住みたがらないので)。

-風が吹いていないときのための電力網用の蓄電池。

周波数の安定性を確保するためには、再生可能エネルギーに加え蓄電池が必要であり、電力事業者がピーク負荷に合わせて必要な時に電力を供給できるようにする必要がある。これがうまくいかないと、インフラにダメージを与え、場合によっては停電につながる。ドイツは、かつては自前でピーク負荷に対応できたが、現在はフランスの原子力発電からの輸入に頼っている(それも急速に減りつつある)。今後の行き先は全く不透明である。すでに電力が不足している他の欧州諸国は、ドイツを助けるために能力を増強するであろうか。その可能性は低いと思われる。

現在の電力需要レベルでは、ドイツが法律で義務付けられた石炭発電所を放棄した後、Dunkelflauten (暗い停滞) と呼ばれる、通常冬場に発生する風力や太陽光がほとんどない長期間をしのぐために、少なくとも 150 億 kWh の蓄電池が必要になる。電化が進めば進むほど、蓄電池の必要量は比例して増えていくのだ。

しかし、本稿執筆時点では、蓄電池容量はわずか数 MW である。電力網の蓄電池容量はこれよりもさらに 2 桁多いことが必要となる。欧州委員会によると、EU の電力網を脱炭素化するには 5 億 5000 万 kW の蓄電池が必要だが、その設備利用率はかなり大きく想定されているため、実際にはさらに高い数字が必要になると考えられる。これらの数字は非常に大きく、提案された目標期限は完全に非現実的である。

可能性のある蓄電技術の候補は多いが、現実には厳しい。欧州には 5300 万 kW の電力貯蔵があり、その 95% は揚水発電で、そのほとんどがアルプス地方にある。揚水発電は確立された技術だが、適切な場所が少なく、また山の谷間を水浸しにすることに反対する人々がいるため、拡大するのは難しいだろう。スイスのナント・ドランス揚水発電所は 20 億スイスフラン（18 億ポンド）かけた結果として、年間 10 億 kWh の電力を供給している。欧州では、再生可能エネルギーの電力網を実現するために、このような設備が 1,200 基分必要なので、総費用は数兆ポンドにもなる。さらに、揚水発電はいわゆる機械式貯蔵であり、周波数安定化に必要な非常に短い時間でのエネルギー放出は不可能である。そのため、化学反応を利用した蓄電池が必要となる。

いまのところ、世界全体でも、僅かに 400 万 kW 強しか電力網用の蓄電池はない。テスラのギガファクトリー（完成後）は、毎年、3000 万 kWh の電気を蓄えるのに十分な量の電池を生産することになる。これは大変な量だ。しかし、欧州全体では毎年 3 兆 3000 億 kWh の電力を消費しているため、1 つのギガファクトリーでは数分相当の蓄電池しか供給できないという計算になる。

再生可能エネルギーの組み合わせでどうにもならない場合、他の技術で救済することは可能なのか？可能性はある。ビル・ゲイツは「エネルギーの奇跡」について語り、蓄電、核分裂、核融合、水素、熱などの分野で画期的な技術を実現するかもしれない無数の「狂ったアイデア」に資金を投じている。それにしても彼は何にでも関わっているようだ。実際のところ我々はそのすべてを必要としている。だがそのどれもが、この 10 年、いや、次の 10 年でさえも間に合わない可能性がある。これでは、我々に迫っている危機を解決することはできない。

言い換えれば、政策立案者が緊急に対処しなければならないジレンマがあるのだ。彼らは経済の脱炭素化を謳っているが、実際には世界中で炭化水素の消費量は増えており、欧州では炭化水素の廃止には至っていない。一方、炭化水素産業は、現在の生産レベルを維持するためだけに、毎年 3,000 億米ドルの再投資を必要としている。しかし、生産への投資は「座礁」すると政策立案者に信じ込まされ、この半分も投資していない。エネルギー価格への影響は、これまで以上に深刻になるだろう。欧州の政治家たちは、エネルギー価格の高騰をブーチン氏のせいにしたがるが、それは部分的に過ぎない。化石燃料の生産を制限し、信頼できる電力源を間欠的なものに置き換えたことも原因であり、ロシアの侵攻がなかったとしても、最終的には大陸を災害の瀬戸際に追いやったことであろう。

要約すると、欧州は気候変動目標を達成することはできないだろう。エネルギー転換は、実現可能なものとは桁違いの複雑さである。このことは、単純に受け入れなければならない。

風力や太陽光で何ができるか、いつまでに達成できるかという誤った主張に基づいて、脱炭素化の突貫計画を法律に盛り込んだ人たちが、我々を危険な岐路に立たせたのだ。彼らは悪い人たちなのか？もちろん、そんなことはない。しかし、地獄への道は善意で舗装されているものだ。