

いとう・こういちろう 82年生まれ。カリフォルニア大バークレー校博士。専門はエネルギー経済学



著者はこれまで、日本の発送電分離の手法では電力ネットワークの系統運用における独立性・公平性が保てないと指摘してきた。市場競争の根幹である送配電線の系統運用が大手電力会社の子会社に託されたことが問題だと考えるためだ。経済理論と各国のデータ分析結果からは、自由化前まで地域独占企業だった大手電力の子会社に送配電線の系統運用を任せれば、自由化後に新規参入企業に対し公平な競争環境がつかれないことは明白だった。残念ながら昨今この問題が顕在化し、大手電力が子会社である送配電会社の顧客情報不正閲覧するといった不祥事が相次いでいる。

この問題を避けるため、欧米諸国では独立系統運用機関などの公的機関が電力ネットワークの系統運用を担っている。そうした市場設計を整えたうえで、各国は将来を見据えた次の課題に取り組み始めている。最重要課題としてとらえられているのは、再生可能エネ

電力システム改革、残された課題 ④

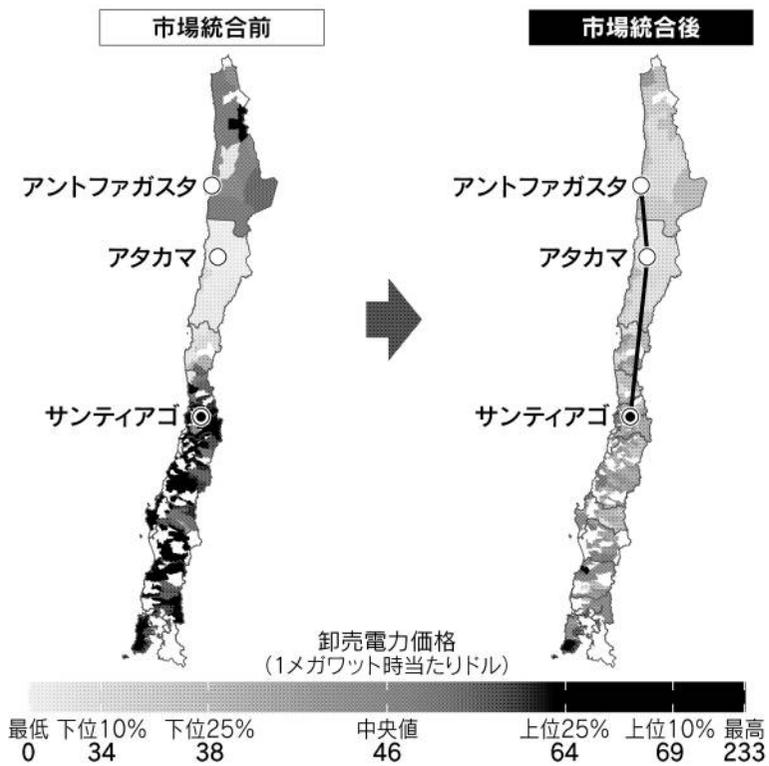
伊藤公一朗 シカゴ大学准教授

送電網増強、再エネ普及左右

ポイント

- 他地域に送電できないと再エネ価格暴落
- チリは需要と供給の各中心地の市場統合
- 日本は地域間連系線の容量の拡大を急げ

チリにおける市場統合が各地域の電力価格に与えた影響



ルギーをいかにして電力網に取り込むかという点だ。太陽光や風力などの再生エネルギーは二酸化炭素(CO₂)を排出しないうえ、限界費用(追加的にもう1単位電力をつくるための費用)がゼロという魅力的なエネルギーだ。一方で、再生エネルギーの供給に適した地域は電力需要の中心地から離れた土地に集中しやすいという問題を抱える。そのため火力を代表とする従来型の電源を想定した送電網インフラでは再生エネルギーの供給と需要をうまく結ばず、空間的に市場の分断が生じる現象が世界中に起きている。

2つ目の問題は出力抑制に至らない場合でも、地域の再生エネルギーの供給が増えるほど、地域内の卸売電力価格がゼロに近づくことだ。自由化された電力市場では卸売電力価格は限界電源の限界費用に依存する。前述したように、再生エネルギーの限界費用はゼロであるため、限界電源が再生エネルギーになった場合、その電力を他地域に送らなければ、再生エネルギーが集中する地域の卸売電力価格はゼロに近づいていく。

こうした問題は、世界中の電力市場で起きている。米国では風力発電が豊富なテキサス州や太陽光発電が急増したカリフォルニア州で出力抑制が頻発し、一部の電力卸売価格がゼロもしくはマイナスになることが頻発している。日本や後述

各地で起き始めている。空間的な市場分断がもたらす1つ目の問題は「出力抑制」だ。ある地域内の需要を上回る再生エネルギーが生産され、他地域に送電できない場合、系統運用者は強制的に再生エネルギーの発電を抑制する必要がある。CO₂を排出せず限界費用もゼロの再生エネルギーを捨てるを得ない状況が起きている。

売電力価格は限界電源の限界費用に依存する。前述したように、再生エネルギーの限界費用はゼロであるため、限界電源が再生エネルギーになった場合、その電力を他地域に送らなければ、再生エネルギーが集中する地域の卸売電力価格はゼロに近づいていく。

する南米チリでも同様の問題が発生している。出力抑制や卸売価格の極端な低水準が継続すると、再生エネルギーの長期的な投資利益が出ないため、新規発電所への投資が抑制されてしまふ。どうすればよいのか。

解決策は、再生エネルギーが潤沢な地域と需要の中心地との間の送電網を増強し「市場統合」を進めることだ。地域間の送電容量に限りがあると各地域が分断され、出力抑制などの問題が生じる。逆に地域間の送電容量が増えれば、低コストで発電された再生エネルギーは必要の中心地に届けられ、クリーンで限界費用の低い再生エネルギーの便益を国家全体で広域的に享受できるようになる。

各国はこの点をエネルギー政策の最重要課題の一つにとらえている。例えば米バイデン政権は2021年に総額1・2兆ドル規模の予算を計上したインフラ投資法の一環として、再生エネルギーの送電網増強への多額の投資を決定した。

またチリは米国に先駆けて送電網増強を進めた。アタカマ砂漠を中心として、チリには太陽光に適した広大な土地がある。だが15年ごろからアタカマ砂漠周辺での太陽光発電が需要の中心地に行き届かない問題が発生した。問題解決のため、チリ政府は17年と19年に太陽光発電の中心地と需要の中心地を結ぶ大規模な送電網の増強を実施した。

著者はチリ・カトリック大学のルイス・ゴンザレスと共同で、チリの送電網増強が再生エネルギーへの投資や国内全体での発電費用に及ぼした影響について研究している。図は分析結果の一例として、送電網増強前後(左)と増強後(右)の卸売電力価格の変化を示したものだ。都市を結ぶ実線は、増強された送電線を示す。送電網増強以前は、太陽光発電が増えたアタカマ砂漠周辺で卸売電力価格がほぼゼロまで下落した。一方、需要の中心地である首都サンティアゴや、アントファガスタなど北部の鉱業地帯では価格は高止まりしたままだった。一方、送電網増強後は全国的な市場統合が実現し、アタカマ砂漠周辺での安価な太陽光発電を国家全体で広域的に享受できるようになった。

また著者のデータ分析では、送電網増強は単に既存の発電所の有効利用により全国の電力生産費用を下げる(広域的メリットオーダー)だけでなく、新規の再生エネルギーへの投資を促したことも示した。前述したように、送電網増強がない状況ではたとえ再生エネルギーに適した土地でも、長期的な投資利益が出ないため新規の電源建設が抑制される。しかし送電網増強が進めば投資利益が大きくなり、新規の再生エネルギー電源建設が促進される。チリのデータではこうした投資家の行動が実際に観察された。

通常、送電網増強の費用対効果分析では、新規電源への投資促進効果は見逃ごされることが多い。つまり従来の費用対効果分析は、送電網増強の便益を過小評価していた可能性が高い。新規電源への投資促進効果も加味すると、チリでの約19億ドルの送電網増強は、発電費用と電力価格を約8%下げ、この便益を基に計算するとインフラ投資に要した費用は約10年以内に回収できたことが示された。

チリは世界に先駆けて再生エネルギーのための送電網増強を成功させたといえる。また電力市場の詳細なデータを完全公開している点も先進的だ。日本の電力市場でも世界各国と同様に卸売市場の入札データを含めた情報公開が進めば、公平な市場競争につながるだけでなく、より良い市場設計の検討や投資家への透明性の高い情報提供につながる。

日本でも送電網の増強はエネルギー政策の最重要課題の一つだ。再生エネルギーの出力抑制問題は多発しており、日本政府が今後さらなる再生エネルギーの増強を目指していることを踏まえるとチリの経験を参考に、日本特有の問題として、地域独占の歴史が長かったことで各地域をつなぐ連系線の容量が小さく、全国的な電力ネットワークの系統運用をうまく行うことが難しくなっている点も挙げられる。

またチリは米国に先駆けて送電網増強を進めた。アタカマ砂漠を中心として、チリには太陽光に適した広大な土地がある。だが15年ごろからアタカマ砂漠周辺での太陽光発電が需要の中心地に行き届かない問題が発生した。問題解決のため、チリ政府は17年と19年に太陽光発電の中心地と需要の中心地を結ぶ大規模な送電網の増強を実施した。

著者はチリ・カトリック大学のルイス・ゴンザレスと共同で、チリの送電網増強が再生エネルギーへの投資や国内全体での発電費用に及ぼした影響について研究している。図は分析結果の一例として、送電網増強前後(左)と増強後(右)の卸売電力価格の変化を示したものだ。都市を結ぶ実線は、増強された送電線を示す。送電網増強以前は、太陽光発電が増えたアタカマ砂漠周辺で卸売電力価格がほぼゼロまで下落した。一方、需要の中心地である首都サンティアゴや、アントファガスタなど北部の鉱業地帯では価格は高止まりしたままだった。一方、送電網増強後は全国的な市場統合が実現し、アタカマ砂漠周辺での安価な太陽光発電を国家全体で広域的に享受できるようになった。

また著者のデータ分析では、送電網増強は単に既存の発電所の有効利用により全国の電力生産費用を下げる(広域的メリットオーダー)だけでなく、新規の再生エネルギーへの投資を促したことも示した。前述したように、送電網増強がない状況ではたとえ再生エネルギーに適した土地でも、長期的な投資利益が出ないため新規の電源建設が抑制される。しかし送電網増強が進めば投資利益が大きくなり、新規の再生エネルギー電源建設が促進される。チリのデータではこうした投資家の行動が実際に観察された。

通常、送電網増強の費用対効果分析では、新規電源への投資促進効果は見逃ごされることが多い。つまり従来の費用対効果分析は、送電網増強の便益を過小評価していた可能性が高い。新規電源への投資促進効果も加味すると、チリでの約19億ドルの送電網増強は、発電費用と電力価格を約8%下げ、この便益を基に計算するとインフラ投資に要した費用は約10年以内に回収できたことが示された。

チリは世界に先駆けて再生エネルギーのための送電網増強を成功させたといえる。また電力市場の詳細なデータを完全公開している点も先進的だ。日本の電力市場でも世界各国と同様に卸売市場の入札データを含めた情報公開が進めば、公平な市場競争につながるだけでなく、より良い市場設計の検討や投資家への透明性の高い情報提供につながる。

日本でも送電網の増強はエネルギー政策の最重要課題の一つだ。再生エネルギーの出力抑制問題は多発しており、日本政府が今後さらなる再生エネルギーの増強を目指していることを踏まえるとチリの経験を参考に、日本特有の問題として、地域独占の歴史が長かったことで各地域をつなぐ連系線の容量が小さく、全国的な電力ネットワークの系統運用をうまく行うことが難しくなっている点も挙げられる。

これらの点については、電力広域的運営推進機関を中心とした公的組織が将来を見据えた検討を重ねている。まずは公平な全国的系統運用の制度設計を整えることが最も重要だが、そのうえで再生エネルギーや災害対応といった長期的便益を考慮した送電網インフラ構築が進むことを期待したい。