

# 再生可能エネルギーと スマートグリッド



北 裕幸 (きた ひろゆき)

北海道大学大学院情報科学研究科教授

1963年旭川市生まれ。88年北海道大学大学院工学研究科修士課程修了。89年同博士後期課程中退。89年北海道大学工学部助手、95年同助教授を経て2005年から同大学院情報科学研究科教授。専門は電力系統工学、電気エネルギー工学。

北海道は再生可能エネルギーの宝庫である。太陽光、風力、中小水力、地熱など、北海道に存在する再生可能エネルギーは、他の都府県のそれを大きく上回っている\*。北海道はわが国における食料供給基地であるだけでなく、再生可能エネルギーの供給基地にもなり得るのである。しかし、これらを電気エネルギーに変えて使おうとすると、途端に電気特有の物理的制約によって使用が制限される場合がある。この電気特有の物理的制約とはどのようなものなのか、それが再生可能エネルギーの利用にどのような形で影響を及ぼすのかについて、工学的な視点から言及する。

### 同時同量制約と再生可能エネルギーの導入限界

電気は「電気のまま貯めることができない」という性質がある。つまり、電気はガスや石油のようにタンクなどに貯めておくことができないため、発電所では、需要家の注文する量に合わせてその都度電気を生産しなければならない。しかも電気を輸送する送電線は光の速度で電気を運んでゆくから、電気の生産は電気の消費とほとんど同時でなければならない。これを需要と供給の間の「同時同量制約」と呼んでおり、電気特有の制約である。ただし、発電所が作り出した電気は、いったん送電ネットワークの中に入ってしまうと、他の発電所が作り出した電気と混ざり合い、同質の単一の電気となる。したがって、同時同量制約は、送電ネットワークに入るすべての電気、すなわち「すべての発電所で作られる電気の合計」とネットワークから出ていくすべての電気、すなわち「すべての需要家が使う電気の合計」が一致していれば満たされることになる。これは非常に都合の良い特性であり、供給側では送電ネットワークにつながる需要家全体の消費量を予測できればよく、送電ネットワークの規模が大きくなればなるほど、一つ一つの需要家が勝手気ままに電気を消費したとしても、全体としては需要はおおよそ予測できるものとなり、同時同量制約を無理なく満たすことができるのである。

ところで、再生可能エネルギー、とくに自然エネルギーを利用した太陽光発電や風力発電が送電ネット

\* 環境省の平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書による。

ワークにつながるとどうなるだろうか。同時同量制約は当然満たさなければならないから、太陽光発電が電気を作り出せば既存の水力・火力などの電源はその分の電気を作るのを即座に止め、風が止まると逆に既存電源が即座に電気を作らないとバランスが取れなくなる。電気エネルギーの消費行動は人々の一日の生活サイクルや企業活動等に依存するものであるから、ある程度予測できるが、雲の動きや風速などの自然現象を予測することは非常に難しい。したがって、現状では、自然エネルギーの間欠的な発電特性に即座に対応できるように、応答性のよい電源をスタンバイしておかなければならない。

つまり、送電ネットワークにつながる自然エネルギー発電は、既存の電源の調整能力の範囲内でしか受け入れることはできず、これが送電ネットワークへの接続を制限せざるを得ない理論的な根拠となっている。限界を超えて再生可能エネルギーを接続すると、同時同量制約が満たされなくなり、送電ネットワークにつながるすべての電源や需要家が、停電などの甚大な影響を被ることになる。

### 再生可能エネルギーの導入量を拡大するための方策

それでは、再生可能エネルギーの導入限界を増大させる方法はないのだろうか。

まず第1に、電気は電気のまま貯めることはできないが、別の種類のエネルギーに変えて貯めることはできる。発電に使用した河川の水を再び上部の貯水池にくみ上げ、水の位置エネルギーの形で貯める揚水発電や、2種類の電極と電解液中の化学反応によって電気エネルギーを蓄える蓄電池などがある。これら電力貯蔵装置によって、既存の発電機の調整能力を超えた需給のバランスを保つことができる。ただ現状では導入コストが非常に高いという課題がある。

第2に、単一の地域内だけで同時同量制約を満たすのではなく、再生可能エネルギーの導入量に地域差がある場合には、既存電源の調整能力に余力のある地域と協力することで同時同量制約を満たすことができる可能性がある。北海道電力(株)では、道内の風力発電の

導入可能量を拡大するために、東京電力(株)と協調する実証試験を計画している。ただし、再生可能エネルギーの導入量や基本的な発電パターンに地域的な差があまりない場合には、効果は限定的なものとなる。

第3に、再生可能エネルギーも面的に広がって多数導入されると、全体としては需要と同様に統計的な特性を持ち、ある程度予測できる可能性がある。再生可能エネルギーの出力予測が可能になれば、調整用電源の負担が軽減され、再生可能エネルギーの導入量を拡大できる。これについては、現在、経済産業省が中心となり全国各地に日射計を置いて太陽光発電の出力特性を詳細に分析しているところである。

### スマートグリッドとエネルギーシステム

最近、電力会社の供給エリアよりも小さな単位で、再生可能エネルギーを主体としたエネルギー供給を行う動きが見られる。すなわち、地域内のエネルギーは地域内で作り供給するという「エネルギーの地産地消」である。需要と供給が近接し輸送に伴う損失が低減するため、電気だけでなく熱も同時に考慮したより高効率なエネルギー供給システムを構築できる可能性がある。ただし、需要家の規模が小さくなるため、電気の同時同量制約を満たすことが従来よりも難しくなる。

そこで、高度な情報処理システムと通信ネットワークを駆使して、一軒一軒の需要家のエネルギー消費や一つ一つの再生可能エネルギー発電を監視・予測することで、需要と供給をリアルタイムに一致させようという考え方「日本型スマートグリッド」が注目されている。供給側と需要側が双方向の情報通信ネットワークで結ばれるため、需要家のニーズをきめ細かく考慮したエネルギー供給や、逆に供給側から需要側にエネルギー使用の抑制や消費パターンの変更などの協力をオンラインで求めることも可能となる。

原子力発電への依存を増大させずに、低炭素型社会とエネルギーの安定供給とを同時に実現していかなければならない今日、スマートグリッドの概念を活用した新しいエネルギーシステムへの期待は大きく、今後の研究開発の進展が望まれるところである。