

電力システムの需給調整と連系線利用

横浜国立大学 大山 力 先生

そもそも電力システムはどのような機能を果たしているのかというと、一定電圧・一定周波数での電力供給を行うことが主要な役割である。需要家へはエネルギーが販売されていると思われるが、アンシラリーサービスと言われるこうしたサービスが実は非常に重要である。需要家側の消費電力は瞬時に変動し、それに応じて発電機の出力も瞬時に変動する。そのため回転数が変動し、周波数変動が起こる。これを原動機の側が自動的に调速機等で調整するガバナフリー制御で調整している。一方で消費の側にも負荷の自己制御性がある。しかし発電・消費の側の自動的な反応だけで周波数を一定に保つことはできず、一般電気事業者の中央給電指令所が発電機やネットワーク全体を管理して、基準となる周波数から外れないよう指示を出している。

自由化後の周波数制御はどのようになるか。電力自由化によって新規参入業者が増加すると、一般電気事業者が直接制御しない発電機が増加する。新たに参入した PPS 事業者が保有する電源からの電力供給と需要を瞬時に一致させるのは困難であり、インバランスは一般電気事業者が引き受けて調整している。送配電事業者から PPS 電源へ電話などアナログな手段で調整を依頼することは可能で、制御を送配電事業者が握っている電源よりも、PPS の電源をまず調整に利用し、一般電気事業者が保有していた電源を調整に用いるのは最後にすべきではないかと考えている。

アンシラリーサービスによる負荷周波数制御には「レギュレーションサービス」「ロードフォロ잉サービス」「エネルギーバランスサービス」がある。レギュレーションサービスはガバナフリー制御に相当する需給バランスングであり、系統に連系され调速機を装備している発電機を調整用電源として用いる。ロードフォロ잉サービスは LFC に相当する周波数制御であり、系統に連系されていて比較的ゆっくりした負荷変動に応答できる能力を持つ発電機群を用いて行われる。エネルギーバランスサービスは制御地域の管内における受電点または需給点における計画値と実測値の差分を補償するサービスである。アンシラリーサービスの調達についてはいくつかの方法がある。「ネットワーク利用者から強制的に提供させる」「相対契約を通して調達する方法」「スポット市場を創設し調達する方法」が主なものである。こうしたアンシラリーサービスを提供するためのコストには設備費・運転保守費用・燃料費用・機会費用といったものがある。

分散電源は小規模でリードタイムが短い。新規事業者の参入が容易で、資本規模も小さく資金リスクも比較的小さい。分散電源の導入量が増大すると配電網からの電力の逆流が発生する。コストを度外視すれば分散電源に対応した配電網の整備はできるが、現実的には難しいのでいかにコストを抑えながら整備を行うかが課題となる。また分散電源の普及に伴って出力変動の吸収や適切な制御といった課題も顕在化する。更に瞬時電圧低下に対しては系統への電力の供給を停止せず、停電時には単独運転しないように、という相反する要求への対応も求められるだろう。

新たなものが導入される際はまずネガティブな側面から見えてくる。しかし分散電源にもポジティブな側面がある。供給側への効果としては、多数の分散電源を集めると常に一定数停止して

いても全体としては信頼できる電源として捉えられる、という効果が期待できる。また需要家側への効果としては意図した単独運転によって災害時にも電力を供給するなど、品質の改善も期待される。こうしたメリットを実現する前提として既存系統への接続が適切に行われていることが必要であり、現在の一般電気事業者からの要求は過剰だと思うが、一定の基準は満たすべきだ。

分散電源は中央から集中的に制御できず、どのように運転するか分からないと考えられてきたが、これを系統の供給力に寄与させられないか、ということで様々な手段が検討されている。複数の非常用電源を通信ネットワークとソフトウェアを利用して仮想的に一括制御する、バーチャルパワープラント（VPP）や、複数の小さな電源や蓄電システム、電力負荷設備の集合体であるマイクログリッドが代表的なものだ。マイクログリッドは独立運用も可能で、離島など小規模な孤立系統で輸送コストの高い燃料を利用しない電力供給にも活用できると想定される

再生可能エネルギーの特徴としては自然エネルギーなので環境に優しいこと、純国産エネルギーであること、低密度であるがそのために安全性が高いこと、出力変動が起こること、などが挙げられる。特に出力変動に対応した「ダンスパートナー」を用意することが課題となる。現実的には火力発電に頼らざるを得ないと思われる。火力の調整力を増加させるためには火力の発電機を全体として増加させ、中間負荷運転をさせておいて変動に対応するという方法が考えられる。蓄電池をパートナーにするという選択肢もあるが、蓄電池は依然としてコストが高い。

広く分布した再生可能エネルギーの出力変動が互いに打ち消しあえばダンスパートナーを見つけることは比較的用意になる。実際に太陽光発電についてならし効果を検証したところ、地点毎の変動が最も大きくなる晴れの場合にならし効果が強いことが分かった。従って多数の太陽光発電設備が設置された場合は「ならし効果」にかなり期待できると言えそうだ。ならし効果についても期待してよいか、というと非常に頻度は少ないが出力が急変する瞬間もあった。停電させてはならないという考えで電力システムを運用すると、費用は限りなく上昇してしまう。

再生可能エネルギー電源は設備容量に対して供給できるエネルギーが少ないという特徴がある。仮に発電電力量を完全に再生可能エネルギーで賄おうとすれば設備容量はピーク需要の数倍以上になると考えられ、実現は容易ではないと。太陽光発電の供給側への貢献として、ピーク需要をどれだけ減らすことができるか、という観点もある。実際に電力需要が大きくなる日にどれだけ太陽光発電が発電するかを分析してみると、下位5日の平均でも太陽光発電容量の30%程度のピークカット効果が期待できそうだとの結果になった。ただし年の最大電力に対する比率が95%前後の日に容量の10%強しか発電していないケースもあり、その点は懸念される。

太陽光発電が大量導入された場合にはまず揚水発電を利用して需給調整することになるだろう。その調整が1週間の中で釣り合うのであればコストは比較的小さくて済む。しかし1週間を通じた供給と需要のアンバランスが同じ方向に何週間も続くようなことがあると揚水発電以外に蓄電池などを導入しなければ対応できず、一気にコストが上がりかねない。今後の更なる接続可能量増加のためには天候の予測精度向上と予測の活用方法の高度化などに取り組む必要がある。

再生可能エネルギー電源には地域偏在性という特徴もある。特に風力は北海道や九州に適地が多い。太陽光は大量導入しても設備の地域偏在はあまりないと考えられるが、晴れの地域から曇りや雨の地域への潮流が発生する可能性がある。こうした課題に対応するため、連系線の増強や利用法に関する検討が電力広域的運営推進機関（OCCTO）などで行われているところである。