

電力システム改革に対応した 新需給計画・制御への取り組み

松田 勲*
桜井聖士*
須藤剛志*

Approach to New Balancing Scheduling and Control for Power System Reform

Isao Matsuda, Kiyoshi Sakurai, Takeshi Suto

要 旨

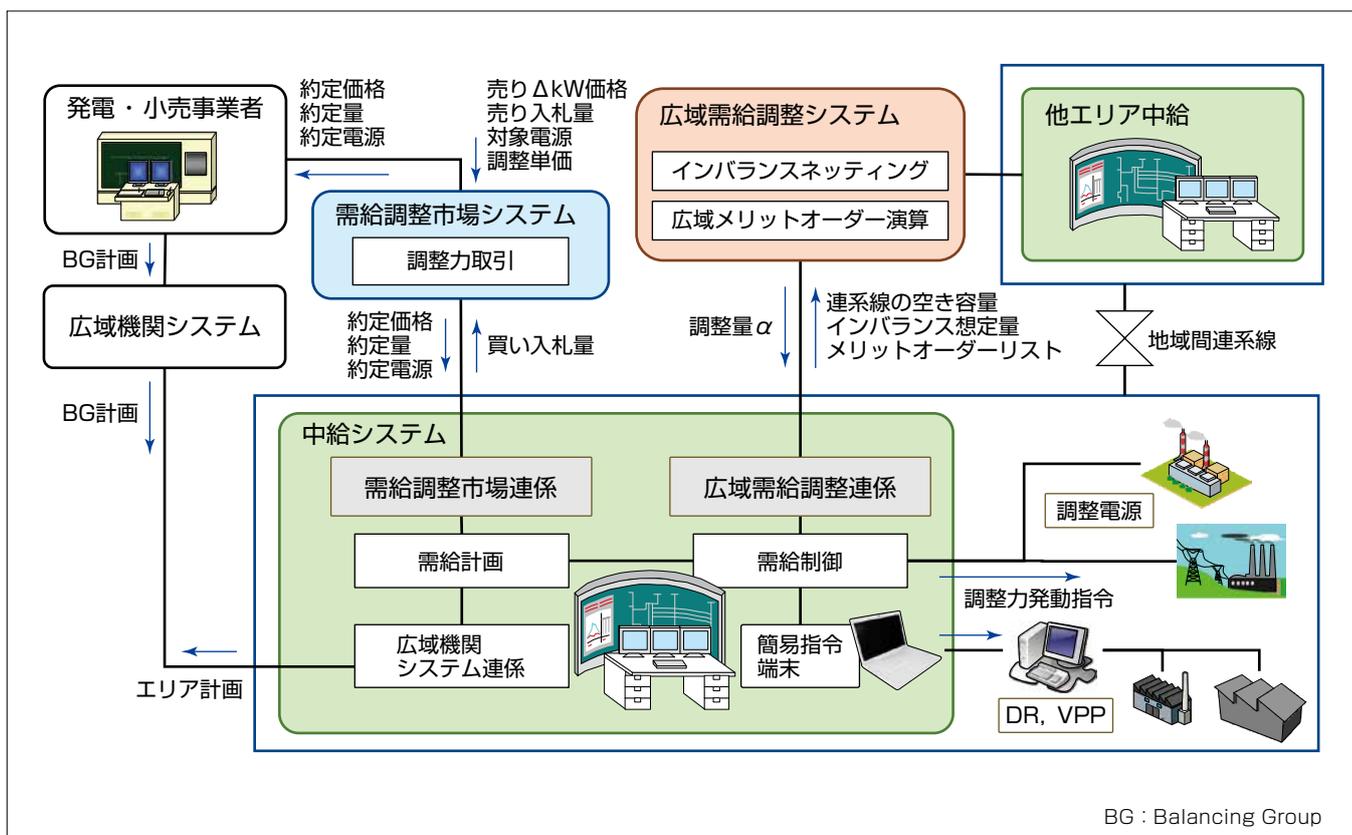
電力の安定供給の確保、電気料金の抑制、事業機会の拡大を目的として進められてきた電力システム改革の第3弾となる2020年の発送電分離に向けて、公正・公平な競争環境整備が進められている。

一般送配電事業者は、発電事業者等から調達した調整力によって、電力供給区域の周波数制御、需給バランス調整を行う。2021年4月には、一般送配電事業者が調整力を広域調達するための仕組みとして需給調整市場の導入が予定されている。また各一般送配電事業者が確保した調整力を、その価格に基づきリアルタイムで広域的に運用することが計画されている。その調整力の広域調達と広域的運用の実現に向けて、需給調整市場システムと、広域需給調整

システムの開発が進められている。

中給システムでは調整力の広域調達及び広域運用を実現するため、両システムとのデータ連係を行う。また、調整力を活用し、供給エリアの需給バランス調整、周波数制御を経済的に行うため、需給計画・制御機能の見直しを行う。また、需給調整市場への入札が想定されているデマンドレスポンス(DR)や仮想発電所(Virtual Power Plant：VPP)といった分散型のエネルギーリソースへの新たな指令方式を組み込む。

さらには、2021年の需給調整市場開設以降に予定されている短周期の商品市場化を見据え、周波数分析に基づく調整力必要量の算定方式について検討を行っている。



BG : Balancing Group

調整力広域調達・運用のための共通プラットフォームと中給システムの関係

調整力の広域調達と広域的運用の実現に向けて、共通プラットフォームとして需給調整市場システム及び広域需給調整システムの開発が進められている。中給システムは、両者と連係し、調達した調整力の活用によって供給エリアの需給バランス調整、周波数制御を行う。調整力のリソースとして、従来の大型電源に加え、DR、VPP等の分散型エネルギーリソースの入札も期待されている。

1. ま え が き

電力の安定供給の確保、電気料金の抑制、事業者の事業機会の拡大を目的として電力システム改革が進められてきた。その第3弾となる2020年の発送電分離に向けて、更なる競争の活性化実現のために、公正・公平な競争環境整備が進められている。

制度改革以前は、電力会社は各供給エリアで発電から送配電・小売まで垂直統合した計画・運用を実施しており、主として自社の発電所の出力を制御し、供給エリア内の需要家に対し電気を供給していた。それが2016年4月に施行された第2弾の改正電気事業法によって事業類型が見直され、それまでの電力会社は、事業内容から、発電事業者、一般送配電事業者、小売事業者に分割された。発電事業者及び小売事業者はいわゆる新電力と同等の立場から、計画値同時同量制度によって、30分単位で計画と実績を一致させる役割を担うことになった。一般送配電事業者は、小売事業者と発電事業者が策定した計画と実績の誤差、FIT (Feed In Tariff) 特例制度による再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)予測誤差、30分より短い時間内での需要と供給の変動に対応して、電力供給区域の需給バランス調整及び周波数制御を行うことになり、そのために必要な調整力を発電事業者等から調達することになった(図1)。

調整力とは、一般送配電事業者が電力供給区域の周波数制御、需給バランス調整を行うために必要な能力であり、その調整力を調達するにあたって、特定電源への優遇や過大なコスト負担を回避しつつ、実運用に必要な量の調整力を確保する仕組みの構築が重要となる。

現在は、公募によって供給区域内から調整力を調達しているが、2021年4月には、一般送配電事業者が調整力を広域調達するための仕組みとして需給調整市場の導入が予

定されている。また一般送配電事業者が確保した調整力を、その価格に基づきリアルタイムで広域的に利用することが計画されている。具体的には、調整力の広域調達と広域的運用の実現に向けて、共通プラットフォーム(“需給調整市場システム”と、“広域需給調整システム”)の開発が進められている。

本稿では、調整力の広域調達・運用の基幹システムとしての需給調整市場システム及び広域需給調整システムについて述べた後、両者と連携し、調整力の活用によって供給エリアの需給バランス調整、周波数制御を担う中給システムでの新需給計画・制御への取組み内容について述べる。

2. 調整力の広域調達・調整

2.1 需給調整市場システム

調整力は、一般送配電事業者が周波数を維持し、安定供給を実現するために重要な役割を担っている。需給調整市場はこの調整力を取引する市場であり、市場開設によって、競争が促進され、調達コストの低減が期待されている。市場化に当たっては、調達の広域化とともに、取引される商品の細分化を行うことにしている(表1)。

商品はその要件から、表1に示すように五つの商品に細分化され、需給調整市場開設時点(2021年4月)では、そのうち三次調整力②が商品として取引されることになり、2024年度までに残りの商品取引も開始される予定である。

2.2 広域需給調整システム

広域需給調整システムは2020年4月に一般送配電事業者3社の中給システムとの関係を開始し、2020年度内に9社に拡大する予定である。

広域需給調整は、“インバランスネッティング”と“広域メリットオーダー”を組み合わせて、現時点から数十分先の調整力の広域運用を実現する。インバランスネッティングは、各供給区域の余剰インバランス想定量と不足インバランス想定量とを供給区域間で相殺することによって行う。また、広域メリットオーダーは、インバランス相殺後の調整必要量に対して、調整力のメリットオーダーリストに基づき、一般送配電事業者間の連系線(地域間連系線)の空き容量を制約として各供給区域に合理的に配分された量(調整量 α という)を、地域間連系線を介して融通することによって行う。

広域需給調整の演算周期は、広域需給調整が当初の運用開始時点では30分周期、9社に拡大される時点では15分周期となり、将来(2023年4月)は、5分周期で演算することが計画されている。数分ごとの演算に対し、運用者が介入することを回避するため、平常時は全自動で実施するような機能が必要である。

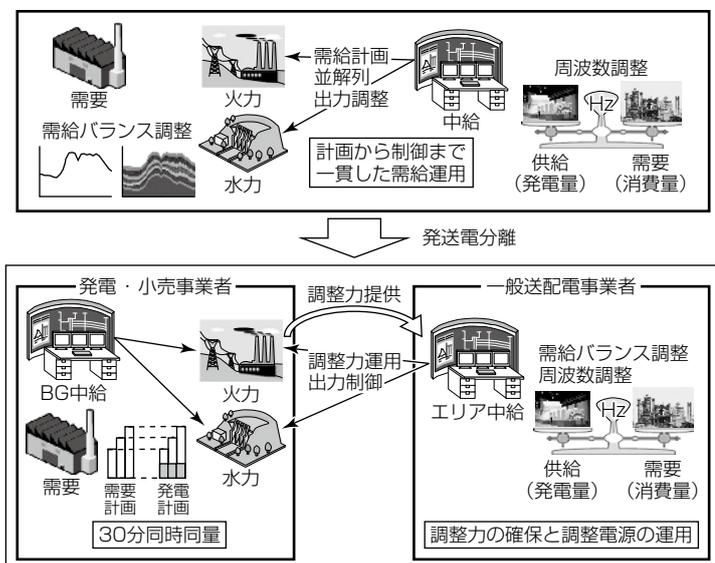


図1. 発送電分離による電力事業の分離

表 1. 需給調整市場の商品

	一次調整力	二次調整力 ①	二次調整力 ②	三次調整力 ①	三次調整力 ②
市場化 (予定)	2024年 4月	2024年 4月	2024年 4月	2022年 4月	2021年 4月
指令・ 制御	オフライン (自端制御)	オンライン (LFC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン
回線	専用線	専用線	専用線	専用線	専用線または簡易指令システム
指令間隔	— (自端制御)	0.5～数十秒	1～数分	1～数分	30分
応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内	45分以内
継続時間	5分以上	30分以上	30分以上	商品 ブロック (3時間)	商品 ブロック (3時間)

3. 新需給計画・制御への取組み

中給システムでは制度変更によって需給運用を取り巻く環境が変わることから(表2)、機能の見直しが進められている。制度変更に対応するための市場開設までの具体的な機能見直し内容について3.1節から3.4節に示す。市場開設以降2024年にかけて短周期変動に対応する商品が取引対象となる予定であり、その課題と対策を3.5節で述べる。

3.1 需給調整市場システムとの連係

需給調整市場が開設される2021年4月時点で取引される調整力である三次調整力②は、応動時間(指令タイミングから、出力がその指令値に到達するまでの時間)の最も長い商品であり、再エネ予測誤差に対応することと位置付けられている。一般送配電事業者は過去の実績に基づき必要量を算定し、前日段階で市場入札・調達を実施する。

3.2 広域需給調整システムとの連係

各中給システムでは、小売事業者等から提出された計画値とエリアの最新予測値の差をインバランス想定量として算定する。また需給制御の計算結果である将来の運転可能領域と発電事業者の発電計画値の差から各調整電源の調整可能量を算出し、調整可能量を調整コスト順に並べ替えたメリットオーダーリストを作成し、広域需給調整システムに送信する。広域需給調整システムでは、各社の結果から調整量 α を算出・送信し、中給システムは、調整量 α を受信した上で、これを制御目標値に反映し、需給制御を実施する。広域需給調整システムでは、各中給から提出されたメリットオーダーリストから広域的に最経済となるよう α を算出する。そのため、メリットオーダーリストと実際に調整力を発動する電源に差異が生じると、広域的な経済性が損なわれることになるため、インバランス想定量の算定に精度が求められる。インバランス想定量の精度とはすなわち最新予測値の精度であり、精度向上のためには、最新データを用いた数分から数十分先の需要予測・再エネ予測技術が必要となる。短期の再エネ予測技術としては、至近実績データを用いたモデルや最新気象情報を用いたモデル等、複数の予測モデルを組み合わせたアンサンブルモデルが再エネ出力予測システムに適用されている⁽¹⁾。

表 2. 需給運用の環境変化

	制度変更前	制度変更後
運用指針	予備力	調整力
経済性	運転コスト (起動費+燃料費)	調整コスト (運用費)
確保方法	主として自社	需給調整市場
調達・運用	供給区域内	広域
調達設備	発電設備	発電設備、DR、VPP
確保タイミング	長期(年間レベル)	短期(週間～前日)

3.3 調整コストの最適化

発送電分離によって、安定供給の役割は各事業者に分割される。長期的な需給変動対応は主として小売事業者の役割となる一方、一般送配電事業者は小売事業者のインバランス及び短周期の需給変動対応に必要な調整力を調達し、調達した調整力を経済的に運用して需給バランス及び周波数調整を実施する。需給計画・制御の経済性を評価する指標も従来用いられてきた電源の運転コスト(起動費+燃料費)の最小化から、市場等で調達した調整力を運用するための調整コスト(運用費)の最小化に見直される。

調整コストは調整電源ごとに発電事業者等(BG)が提出した出力計画30分電力値を基準とし、一般送配電事業者調整後の30分電力実績値がBG計画値より高ければ、上げ調整単価(V1)×電力量の差分をBGに支払い、逆に低ければ、下げ調整単価(V2)×電力量の差分をBGから受け取ることにしており、需給計画・制御の最適化手法の定義を見直している。また市場化以前は、V1、V2は週間単位でBGが提出する運用となっているが、市場化後は、実需給1時間前まで単価が差替可能になるように制度が変更される。計画段階では期間全体を通した最適化を実施しているが、実運用段階で単価が修正される可能性があるため、需給制御では、最新の調整単価を取得し、再計算を的確に実施するよう機能の見直しを行う。

3.4 調整電源の多様化

調整電源の種別としては、当面は引き続き火力発電所が主力となるが、需要家の受電点以下に接続されている分散型エネルギーリソースを用いたDRや、それに系統接続の発電設備、蓄電設備を加えたVPPの契約容量が増大する可能性があり、中給システムでは新たな電源種別として需給計画・制御機能に組み込む必要がある。これらは主に三次調整力②として調達され、専用線オンラインではなく簡易指令システムを通して需給バランス調整を指令する想定である。2021年4月には中給システムと簡易指令システムのデータ連係が計画されており、需給制御で調整力発動を決定した簡易指令電源に対し、簡易指令システムを介して指令が送信される。VPPやDRは分散型の新たな調整力源であり、追従性や精度等の制御性能が未知数であるため、その資格要件や評価方法が電力広域的運営推進機関(広域機関)の委員会等で検討されている。

3.5 需給調整市場商品細分化への対応

三次調整力②以外の商品は、より短周期の変動に関連するものであり、需給制御に密接に関わってくる。これまで、主に自社電源設備によってエリア全体の安定供給に必要な供給力を確保した上で、長期から短期までの様々な需給変動に対応し、需給バランス調整及び周波数調整を実施してきたが、今後は需給制御に必要な調整力を市場調達によって確保することになり、需給変動の周波数分析によって各商品の調整力必要量を算定する機能が重要になる。

中給システムでは、電力システムの周波数及び連系線潮流を規定値に維持するため、周波数変化量や連系線電力変化量などを検出し、発電機の出力を制御する負荷周波数制御(Automatic Frequency Control/Load Frequency Control : AFC/LFC)と、将来の需要予測に基づき、計算期間全体で最経済となるよう各発電機の負荷配分を行う経済負荷配分制御(Economic Dispatching Control : EDC)の2種類のオンライン制御の協調によって需給制御を行っており、調整力商品のうち、二次調整力①、二次調整力②、三次調整力①が、中給システムのオンライン制御の対象になる。この3商品の運用によってAFC及びEDCが安定して実施できるよう、周波数分析を中心としたデータ分析技術によって必要量を算出し、効果的に調達することが調整力調達の今後の課題である。

ここでは、2021年度以降に予定されている需給調整市場商品の細分化に対応した調達量算出方法の試案として検討している、周波数分析について述べる。

中給システムのオンライン制御の対象となる商品は表1のうち、二次調整力①、二次調整力②、三次調整力①であり、うち二次調整力①がLFC信号、二次調整力②と三次調整力①がEDC信号に対応するものとされている。制御対象である総需要の変動は数秒から数時間程度の周波数変動が合成されたものであり、周波数成分に応じて、発電機のローカル制御であるガバナフリー(GF)と、オンライン制御であるLFC及びEDC制御で対応している。したがって総需要変動実績を周波数成分ごとに分解することで各制御に対応した商品の必要量を見積もることが可能になる。周波数分析手法としては、一次遅れフィルタや移動平均等のローパスフィルタによって特定の周波数成分を抽出する方法があるが、ここでは時系列データの周波数分解手法で

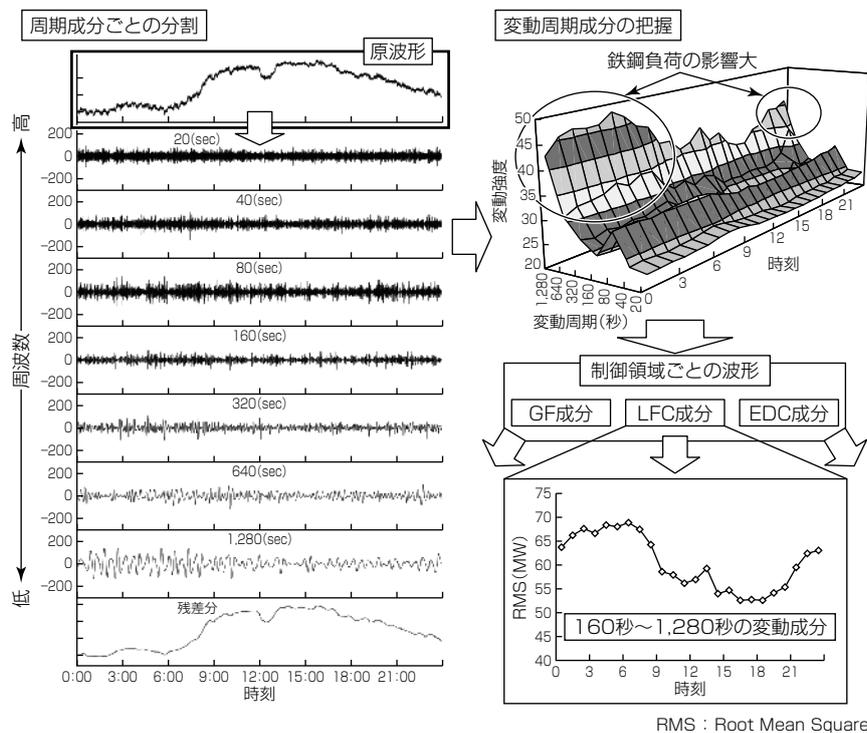


図2. ウェーブレット変換による周波数分析

あるウェーブレット変換の適用例を示す(図2)。ウェーブレット変換は周波数成分の時間による変化の特徴を表すことが可能であり、需要の周波数分析に適した手法である⁽²⁾。

将来商品化される短周期の調整力必要量の算定指標は、広域機関の委員会等で検討されているが、周波数分析によって、指標の妥当性を示すことが可能になる。

4. むすび

電力システム制度改革によって、これまで垂直統合されていた旧電力会社は、発電、小売、送配電の事業に分割された。一般送配電事業者は電力システムの安定化と経済性を維持するため、適切な調整力を、供給エリアをまたがって需給調整市場から調達し、広域需給調整システムとの関係を通して、広域的に運用することになる。

需給調整市場の詳細な仕様については、現段階で不明な点も多く、関連する委員会の動向を確認しながら、短期間で開発を進めるとともに、将来の商品多様化を見据えた中給システムの開発を行っていく。

参考文献

- (1) 花岡 伸, ほか: 再生可能エネルギー発電出力予測システム, 三菱電機技報, 93, No.11, 639~642 (2019)
- (2) 平神真也, ほか: ウェーブレット変換を用いた系統動揺現象観測装置データの分類手法について, 平成26年電気学会電力・エネルギー部門大会, 論文No.124 (2014)