

東京大学 公共政策大学院

ワーキング・ペーパーシリーズ

GraSPP Working Paper Series

The University of Tokyo

GraSPP-DP-J-22-0022

需給調整メカニズムの現況と課題：
欧米の比較を踏まえた2024年度以降に向けての考察と提言

大橋弘 山本敏之

2022年3月

GraSPP
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP Discussion Paper J-22-002

GRADUATE SCHOOL OF PUBLIC POLICY
THE UNIVERSITY OF TOKYO
HONGO, BUNKYO-KU, JAPAN

GraSPP
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP-DP-J-22-002

**需給調整メカニズムの現況と課題：
欧米の比較を踏まえた2024年度以降に向けての考察と提言**

大橋弘 山本敏之

2022年 3月

東京大学公共政策大学院
〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
03-5841-1349

需給調整メカニズムの現況と課題：
欧米の比較を踏まえた 2024 年度以降に向けての考察と提言¹

大橋 弘 山本 敏之

要旨

需給調整メカニズムの 2 つの形態（分散型と集中型）を取り上げ、両者の得失を比較衡量しつつ、わが国にふさわしい需給調整のあり方を論じる。需給ひっ迫時において、小売事業者と系統運用者との間で電源の取り合いが生じるような事態に対して、小売事業者にインバランス負担を適切に求めないのであれば、系統運用者にセーフティネットを提供させる集中型に自然と制度が近づいていくことを指摘する。ドイツと米国 PJM の経験を振り返りながら、わが国の特徴（系統が一国に閉ざされている点、揚水比率が高い点、燃料調達のリードタイムが長い点等）を考慮したとき、分権型が完成する 2024 年度以降において、更に求められる制度上の留意点を指摘する。

This paper focuses on the mechanism of balancing electricity market with a particular emphasis on the market reform in Japan. It compares the cost and benefit of two typical balancing mechanisms (decentralized system exemplified by Germany and centralized system by PJM in the United States). To avoid blackout, imbalance of electricity has to be resolved either by demand-side (i.e., a supplier) or supply-side (a transmission system operator), or both. This paper argues that decentralized system, which Japanese electricity market is currently aiming at, may not work well if it does not impose appropriate imbalance charges on suppliers. Otherwise, the system will be essentially degenerated to the centralized system. We consider several elements unique to Japan, including (1) the network connected solely within the domestic market; (2) high proportion of hydroelectric pumped storage in supply resources; and (3) long lead-time taken to carry fossil fuels. We conclude that we should keep the option of centralized market mechanism for future reform of balancing market in and after 2024, when the current market reform completes.

¹ 大橋弘は東京大学公共政策大学院・大学院経済学研究科教授、山本敏之は東京大学大学院経済学研究科客員研究員。大橋は独立行政法人経済産業研究所のプログラム・ディレクターを兼務しており、山本は関西電力送配電株式会社に雇用されている。本稿での意見は著者のものであり、所属・関係する機関である国立大学法人東京大学・独立行政法人経済産業研究所・関西電力送配電株式会社のものではない。

1 はじめに

2011年3月11日の東日本大震災を契機として制度改革²の議論が加速し、3つの段階からなる電力システム改革が2020年4月をもって一区切りを迎えた³。第1段階として、電力系統利用協議会（ESCJ）の解散に伴って2015年4月に電力広域的運営推進機関（OCCTO）が設立された。これにより一般送配電事業者の専門性を尊重しつつ、事業者がもつ権限を一元的に管理するため、国が一定程度関与する形が出来上がった。同年9月には電力取引監視等委員会（翌4月のガス自由化に伴って電力・ガス取引監視等委員会に改称）によって、市場の監視と市場競争環境の整備が進んだ。そして2016年4月に、システム改革第2段階として小売部門が全面的に自由化され、2020年4月には電力システム改革の最終段階となる送配電部門の法的分離が行われた。今後、法的分離から数えて5年以内に事後検証がなされることになるものの、電力システム改革のプログラムが一応の貫徹を見ることになった。

他方で、システム改革が進行する最中にも、電力システムを取り巻く環境は刻々と変化している。2018年の北海道胆振東部地震において戦後初となるエリア全域でのブラックアウト（大規模停電）が発生するなど、度重なる自然災害に対して、電力インフラのレジリエンス強化が求められるようになった。2021年のCOP26におけるグラスゴー合意では、世界的な平均気温上昇を産業革命以前と比べて1.5℃に抑える努力をすることが合意され、2050年に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量の均衡を達成するカーボンニュートラル（CN）に向けて大きな一歩を踏み出した。2021年1月には、寒波の影響から電力需要が大幅に増加して、電力需給が長期に亘ってひっ迫する事態が発生した。この事態は、LNGの燃料制約等により電力量（kWh）がひっ迫したことによるものだが、電気事業の構造的な変化も要因として考えられる。

こうした電力事業をめぐる環境変化に対応して、電力システムの根幹となる需給調整システムはいかなる現状に置かれているのか。仮に課題があるとすれば、どのような解決方法が考えられるか。本稿では、ドイツ・米国（特にPJM）を例に欧米の仕組みを検討しつつ、いま顕在化しつつある課題について考えられる要因を指摘しつつ、将来に向けての制度設計上の選択肢について論じる。

² わが国では1995年の第1次から数えて、電力事業において累次の制度改革を行ってきた。2010年11月には第5次にあたる制度改革の議論が総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 制度環境小委員会にて始まり、2011年3月11日午前（10：00－12：00）に第5回会合が開催されたところであった。この小委員会は第5回以降開催されることはなく、2012年2月に電力システム改革専門委員会とその下部に設置されたワーキンググループにおいて制度改革の議論が新たになされることになり、3段階からなる電力システム改革につながるようになった。

³ 電力システム改革については、例えば大橋（2021）を参照。

本稿の構成は以下のとおりである。次章では電気の特性と技術的な制約についてわが国における状況を念頭に置きつつ説明する。わが国において起動時間の比較的長い大型の電源が多いことを踏まえると、起動停止計画が安定供給と市場の流動性に大きな影響を与えることを指摘する。第3章では、2020年3月で一応の区切りを迎えた電力システム改革を振り返りつつ、わが国の電力需給システムの変遷を2024年度以降の制度変更まで見据えて議論する。第4章・第5章は、海外における電力需給システムを説明する。第4章では分散型システムとしてドイツを取り上げる。第5章では集中型システムとして米国を取り上げる。この2つのシステムの得失を第6章にて比較する。第7章では、欧米と異なるわが国独自の事情を取り上げる。大きくは、電源構成として揚水比率が高い点、そして燃料調達のリードタイムが長い点を指摘する。第8章では、ここまでの議論を踏まえ、わが国における今後の電力システムの方向性を検討する。大きく4つの課題（kW, ΔkW, kWh, そして再エネ）に分けて今後の制度改革の方向性を議論する。第9章はまとめである。

2 電気の特性と技術的制約

2.1 需給一致のための技術的仕組み

電気は、現在までのところ、経済性のある形で大規模に貯蔵することが困難な財である。そこで、瞬時瞬時に生産と消費を一致させる必要がある。需要と供給の間に不一致が起きれば、そのずれは周波数の変化として瞬時に現れる。周波数が変化して定格レベルからずれると、電気の供給を受ける機器の出力・動作に異常な変動を生じさせる。この変動の中が大きくなりすぎると、発電機が機器保護のため停止してしまう。つまり電気の品質である周波数が一定になるように、系統運用者は需給調整を行うことになる。電力需要は、季節や時間と共に変動しうることから、その変動にあわせて電源の出力を連続的に調整することで、需給を一致させる⁴。

需要変動に対して出力を追随・制御できる電源にも、その出力の変化速度には違いがある⁵。制御は自動化されており、数分先の予測需要に対して経済性を考慮して配分指令する EDC（Economic Dispatch Control：経済負荷配分制御）と、需給の不均衡を打ち消すように速い追従性を優先して指令する LFC（Load Frequency Control：負荷周波数制御）の2つの機能がある。なおこれらの機能はともに系統運用者の中央給電指令のもとにある（図 2-1）。経済性を優先する EDC 制御には時間的な制約があり、国内外の事例を見ると5分程度の時間単位で行われるのが一般的である。それ以上に速い変動は、LFC 機能をもとに制御されている。

⁴ 増減制御が可能な需要（DR：Demand Response）もあるが、需要変動のすべてを制御するまでには至っていない。

⁵ 電源のなかには出力制御ができないものも存在する。

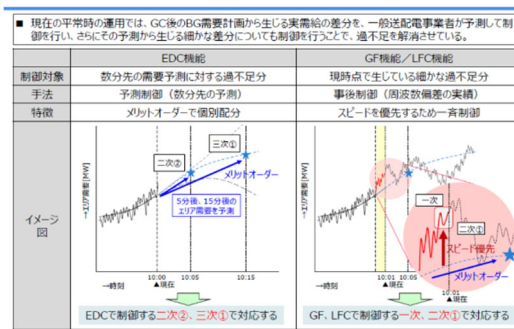


図 2-1 中央給電指令所の EDC 機能と LFC 機能

出典：電力広域的運営推進機関(2019a)

電源が EDC/LFC 機能への指令に追従するためには、電源をすみやかに動かせるだけの出力幅 (ΔkW^6) が残されている必要がある (図 2-2)。そのため系統運用者は、系統全体で必要となる ΔkW を個々の電源の変化速度を考慮して分散的に確保している。電源の起動には時間がかかることから、電源の起動停止計画は ΔkW を確保した計画と整合的になっている必要がある。

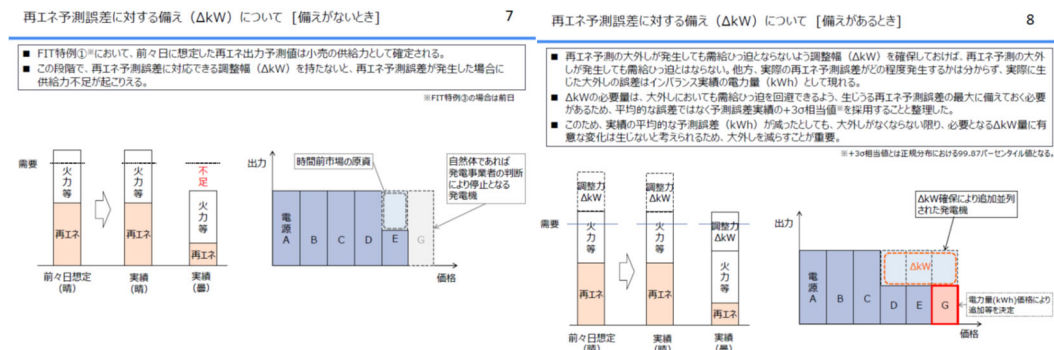


図 2-2 ΔkW を確保することの必要性

出典：電力広域的運営推進機関(2019b)

これまで系統運用者は、多様な電源の特性を個々に把握し、各電源の出力を調整もしくは起動台数を変えることで ΔkW を確保してきた。多様な特性を持つ電源を競争させるためには、発電能力に応じて要件を定め、標準化された単位で取引可能とする場が必要となる。わが国では、需給調整市場において、FIT 制度に対応した商品（三次調整力②）も含めて 5 商品がこれまで検討されてきた (図 2-3)。

6 電力広域的運営推進機関 (2017c) は、需給調整市場の検討に際し、「実需給時点で各時間帯毎に必要な能力を持った電源等を、出力を調整できる状態であらかじめ確保すること」を「 ΔkW 」と定義づけている。

	ΔkWを確保する(出力を調整できる状態にする)に あたり考慮すべき事項
コンバインド発電機	起動に4~5時間を要する
汽力発電機	起動に8~10時間を要する
揚水発電機	汲み上げに10~14時間を要する
(参考: 欧米)ガスタービン	30分以内

※長期停止している場合はより時間を要する場合がある

図 2-5 日本の電源の起動時間

出典:電力広域的運営推進機関運営推進機関(2019b)

※ガスタービンの起動時間は筆者が修正

図 2-6 起動が間に合わず需給ひっ迫した事例

出典: 関西電力株式会社(2018)

3 わが国の電力需給に係る制度と電力システム改革

3.1 自由化の変遷

わが国では、沖縄を除くと 9 つの電力会社が発電・小売・系統運用を一体的に行うことで、供給力の確保や実需給の一致を担ってきた（日本型垂直一貫体制ともいわれる）。1995 年に始まる第 1 次制度改革当初は、小売事業はエリア毎に地域独占され、発電事業は、自社電源を中心にエリア内外の卸電源を調達してきた。その後、小売の部分自由化が始まり、小売市場に新規参入者（PPS（Power Producer and Supplier）、今の新電力）が登場した。小売事業者が自らの需要に応じた供給力を確保することを同時同量と呼ぶ。30 分単位の同時同量は新規参入者が担うこと（実同時同量制度）とし、実同時同量からの過不足（インバランス）分については、系統運用者（現在の旧一般電気事業者である送配電事業者）が補給することと整理された。

同時同量に要する電源投資はそれなりの規模であり、また電源開発には相応の年数を要する。既存電源の大半は、現在の旧一般電気事業者によって保有されてきたこと

