

中給システムの抜本的な改修に関する 検討状況について

2018年10月25日

北海道電力株式会社
東北電力株式会社
東京電力パワーグリッド株式会社
中部電力株式会社
北陸電力株式会社

関西電力株式会社
中国電力株式会社
四国電力株式会社
九州電力株式会社
沖縄電力株式会社

1. はじめに
2. 制御方式・演算周期等の統一要否の検討
3. 単価登録の細分化、V1/V2による直接的な運用、中給制御の最大数
4. 検討のスケジュール

- 本資料では、第5回需給調整市場検討小委員会（2018.7.31）で整理された論点のうち、「6-1 1社目の中給システムの抜本的な改修において反映すべき中給改修項目の整理」において抽出された「中給システムの抜本的な改修が必要となる項目」に対する検討状況を報告する。

論点整理⑥ [2020+Y年度 二次①の広域調達・運用に向けた対応]		24
課題	これまでの議論の方向性	小委における論点
6-1 1社目の中給システムの抜本的な改修において反映すべき中給改修項目の整理		✓ 将来の広域化に対して制約とならない中給改修項目の整理と改修内容
6-2 二次調整力①に係る具体的な調達・運用方法		✓ 具体的な調達・運用の方法

2018.7.31 第5回 需給調整市場小委員会 資料3より抜粋

中給システムの抜本的な改修が必要となる項目		4
<p>■ これまでの検討において抽出された中給システムの抜本的な改修※1が必要となる項目は以下のとおり (この他に抜本的な改修が必要となる項目がないかについても今後検討)</p>		
【中給システムの抜本的な改修が必要となる項目】		
項目	内容	(参考) 抜本的な改修をしないで 現行システムを継続した場合
制御方式・演算周期 の統一	各発電機制御方式の統一要否および可否※2 の検討	二次①の広域運用ができない
	LFC演算周期の統一要否を含めた検討	二次①の広域運用ができない
単価登録の細分化	現状の出力帯別の単価から、出力帯別・時 間帯別の単価への変更検討	時間帯ごとにリソースの変わる事業者のニーズ にこたえられない
V1/V2による直接的 な運用	現状のa,b,c項を用いた近似的な運用から、 V1/V2単価による運用への変更検討	a,b,c項を用いた近似的な運用により一定の メリットオーダーが実現できるが、より厳密なメ リットオーダー実現が困難
中給制御の最大数	制御数上限の拡大について検討	監視/制御可能数以上の参入事業者の制御 ができない
<p>※1 ソフトウェア改修などの軽微な変更ではなく、ハードを含む中給システムのリプレースを必要とするなどの大規模な改修のこと ※2 二次調整力①の広域運用については、技術的検討が必要であり時間を要する</p>		
<p>出所) 第15回調整力の細分化および広域調達の技術的検討に関する作業会 (2018.6.20) 資料2をもとに作成 https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/sagyoukai/2018/chousei_sagyoukai_15_haifu.html</p>		

【A案 中給リプレイスに合わせた抜本改修内容の検討（制御方式・制御周期等の統一）】

- 現在、周波数制御（LFC制御：二次調整力①相当）はエリア毎に実施されており、各発電機への制御方式（パルス、指令値等）や、中給システムのLFC演算周期・制御周期はエリア毎に異なっている。




- 二次調整力①の広域運用は、数秒オーダーの短時間の領域であり、各社の中給システムのLFC演算周期・制御周期がずれていると、一方で上げ調整、一方で下げ調整等が発生する可能性がある。よって、演算周期・制御周期は、厳密には一致を図る必要があると考えていた。
- 発電機への制御方式（パルス、指令値等）についても、各社のLFC演算周期・制御周期に合せた制御方式になっている可能性があり、各社で演算周期・制御周期が違う中、周期を合わせるのに制御方式も変更を要する場合もあると考えていた。
- また、こうすることで、調整力供出事業者は全国どのエリアも同じ方式で接続可能となり、事業者の参加機会拡大にも繋がる。



- しかし、上述の対応を行うためには、中給システムのLFC演算周期・制御周期、発電機への制御方法（パルス、指令値等）の統一だけでなく、調整力を供出する発電機側も含めた制御システム全体の改修が必要となるため、相当の期間とコストを要するという課題もあった（2020+Y年度）。

【B案 中給抜本改修を行わない広域化の検討（各エリアの制御方式の活用）】

- 中給システムのLFC演算周期・制御周期、発電機への制御方式が異なる状態で二次調整力①の広域運用を行うと、周波数品質が悪化する可能性があるが、シミュレーションによって、それが許容される範囲なのか、限定的な範囲での改修によって対応可能なのか、等を検討してはどうかと考えるに至った。
 - もし、中給システムの抜本改修を行わず現状の各エリアの制御方式で周波数品質への特段の悪影響がなければ、二次調整力①の広域運用開始が大幅に前倒しできることとなる。
 - この検討には期間を要するため、1社目の抜本改修時期が遅れる可能性があるが、9社の改修が完了する時期には影響を与えないとも考えている。
- ⇒ 今回提案させていただいた『二次調整力①の広域運用をするための抜本改修の要否・範囲の検討』を、シミュレーションを含め行うことでよいか。

	当初考えていた検討スケジュール	今回提案（BからAへ）
2020 + X～Y年度	/	【B案 中給抜本改修を行わない広域化の検討】 各エリアの制御方式を活用
2020+Y年度	【A案 中給リプレイスに合わせた抜本改修内容の検討】 LFC制御・演算周期の統一 各発電機制御方式の統一	 【A案 中給リプレイスに合わせた抜本改修内容の検討】 LFC制御・演算周期の統一 各発電機制御方式の統一

【検討の進め方】

○B案が採用不可となった場合

⇒A案（中給リプレースに合わせた抜本改修内容の検討）に戻る。

（各社制御方式統一を目指す。（中給システム抜本改修のための期間とコストが必要））

○B案が採用可能となった場合

⇒具体的な広域調達、広域運用の方法に係るシステム面の検討、周波数面の影響評価（シミュレーションによる評価）などの検討を進めていく。

⇒（検討の結果、課題解決が可能であれば）二次調整力①の広域運用開始が大幅に前倒し可能に。

⇒B案（中給抜本改修を行わない広域化の検討）の実現を目指す場合においても、更なる将来に向けては、A案と同様の「中給リプレースに合わせた抜本改修内容の検討」は進めていく。

B案（中給抜本改修を行わない広域化の検討）の実現を目指す場合においても、更なる将来に向けて、A案と同様の「中給リプレイスに合わせた抜本改修の検討」を進める理由。

[理由]

- ・ 制御方式の統一を目指すことで、技術的にはスムーズな運用（周波数品質面でもより良い方向）を目指すことができる可能性がある。
- ・ 発電事業者にとっては、同一スペックでの電源開発等が可能となる利便性が向上する。

A案の検討に関しては、以下の観点でのチェックが必要。

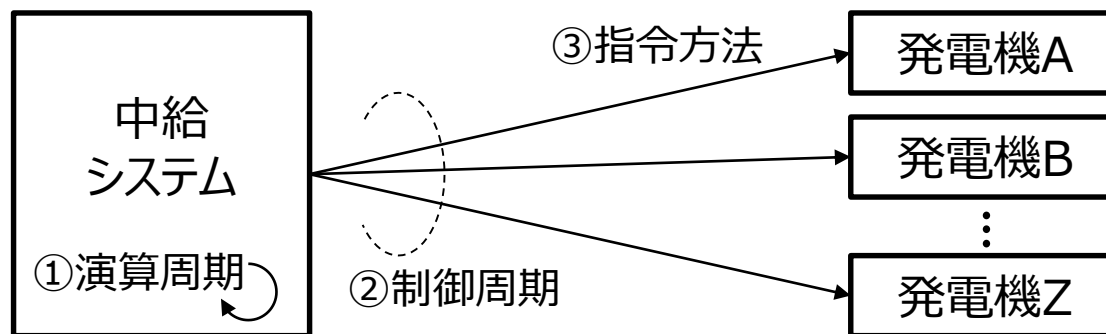
- 方式の統一により、想定外の擾乱※がないか。また、上記のスムーズな運用の逆の悪さが発生しないか。
- 費用対効果面でメリットがない場合、目指す方向として問題があるかどうか。
- 方式統一に向けて、発電所側で従来型と新型が混在する期間に関する技術的課題の整理 等

※例えば5秒周期で統一した場合に5秒の倍数での共振などが発生しないか、逆に方式が多様な方が周波数が安定ではないか 等をチェックする。

⇒今後も広域機関の指導の下、引き続き詳細検討を行って参りたい。

○ 二次調整力①の広域運用に関する各社中給システムの以下の仕様差異を調査した。

- ①演算周期：中給システム内での演算の周期
- ②制御周期：発電機への制御指令の送信周期
- ③指令方法：発電機への指令方法



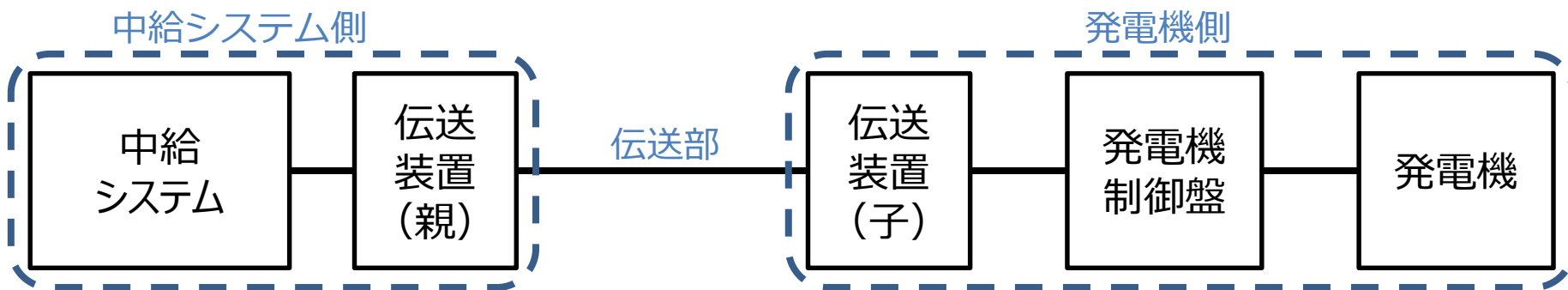
	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
①演算周期	3秒	5秒	1秒	5秒	2秒	0.5秒	2秒	2秒	5秒	2秒
②制御周期	3秒	5秒	1秒	10秒 ※1	30秒	0.5秒	10秒	5秒/20秒 ※4	5秒	2秒
③指令方法	指令値	指令値	指令値 (%信号)	パルス ※2	指令値	パルス ※3	指令値	指令値	指令値	指令値

③指令方法の「パルス」とは、調整力の出力を増加(減少)させる場合は上げ(下げ)出力の信号を目的値に達するまで出す方式。また、指令方法(指令値、パルス)は同様でも、各社により「配分対象の考え方」、「指令の送信方法」等の詳細仕様は異なる。

※1：ARがある閾値以上になると5秒
※2：一部他社水力に数値指令あり
※3：10秒継続又は積分量超過にて制御出力
※4：常時は20秒で使用(5秒に切替可能)

- なお、制御方式等の統一については、中給システム（ソフトウェア、ハードウェア）の検討だけでなく、発電所への伝送方法や、発電機制御盤との信号の引渡し方法、仕様統一による既設発電機の改造要否などの検討が必要になると考えられ、詳細は以下のとおり。

【制御ブロック概念図と仕様統一の検討が必要となる項目（例）】



● 中給システム内

- ・ 演算(サフリング)周期
- ・ 制御(配分)周期
- ・ 配分方法
- ・ 指令方法
- ・ AR算出方法
- ・ LFC、EDC出力方法 (一括/個別)
- ・ 制御最大数

● 伝送部

- ・ 伝送遅延時間
- ・ 伝送方式
- ・ 伝送装置(親)の接続最大数

● 発電機側

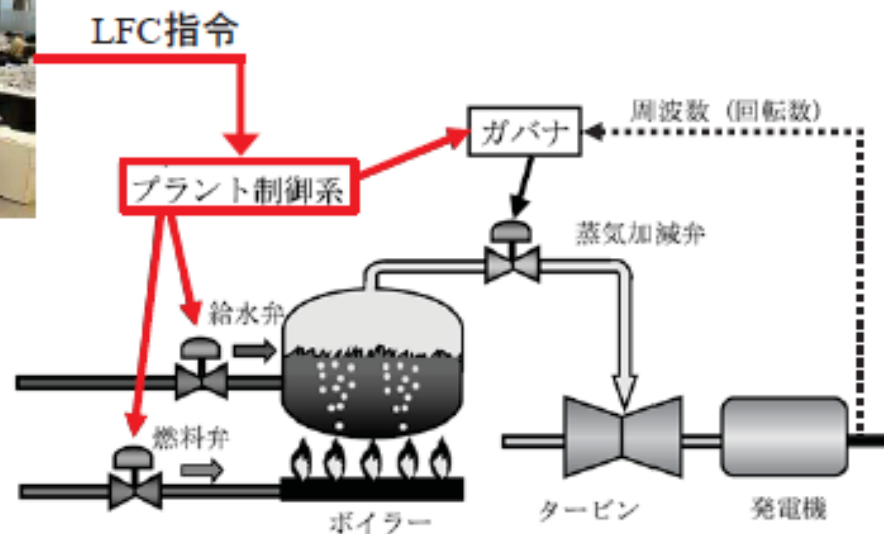
- ・ 信号種別およびインターフェース
- ・ 受信周期
- ・ 制御(配分)周期
- ・ 発電機制御盤の接続最大数

8 【参考】 LFC (負荷周波数制御)



- LFC(負荷周波数制御)は、数分から十数分程度までの需要の短時間の変動を対象とした制御であり、中央給電指令所で必要な調整量(地域要求量:AR(Area Requirement))をリアルタイムで計算し、調整対象の各発電機に出力の上げ・下げ信号(LFC指令)を送信する。
- LFC指令を受信した各発電機のプラント制御系では、燃料弁や給水弁を制御するとともに、ガバナの発電出力指令値を変更する。

中央給電指令所



出典: 電力系統の周波数制御から見た火力機出力応答特性, 電気学会論文誌B, 124巻3号(2004)

© 2015 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

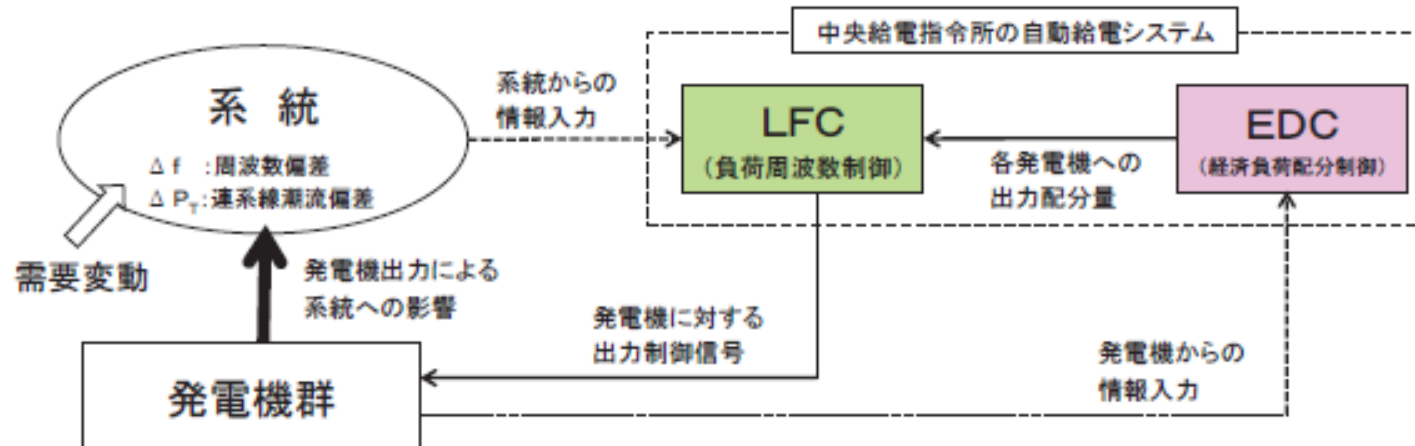
9

【参考】 LFCとEDC (経済負荷配分制御) の協調制御



(中部電力の自動給電システムのケース)

- 中央給電指令所の自動給電システムは、周波数維持を目的とするLFCと全体の発電費用の最小化を目的とするEDCにより構成される。
- LFCは、周波数偏差(Δf)と連系線潮流偏差(ΔP_T)から、需給の均衡状態へ戻すために必要な調整量(地域要求量(AR: Area Requirement))を算出し、出力変化速度の速い発電機から出力配分量を10秒ごとに決定する。
- EDCは、十数分程度先の需要予測変動量に対し、全体の発電費用が最小となるように、各発電機への出力配分量を5分ごとに決定する。
- LFCが、EDCで求めた出力配分量にARの出力配分量を加えて、各発電機に10秒ごとに出力上げまたは出力下げ信号を送出する。



© 2015 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

- 「単価登録の細分化」、「V1/V2による直接的な運用」、「中給制御の最大数」に関しても、本小委員会の議論状況を踏まえ、中給システムの改修内容を検討する。

【中給システムの抜本的な改修が必要となる項目】

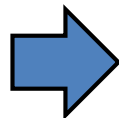
項目	内容	(参考) 抜本的な改修をしないで 現行システムを継続した場合
単価登録の細分化	現状の出力帯別の単価から、出力帯別・時間帯別の単価への変更検討	時間帯ごとにリソースの変わる事業者のニーズに応えられない
V1/V2による直接的な運用	現状のa,b,c項を用いた近似的な運用から、V1/V2単価による運用への変更検討	a,b,c項を用いた近似的な運用により一定のメリットオーダーが実現できるが、より厳密なメリットオーダー実現が困難
中給制御の最大数	制御数上限の拡大について検討	監視/制御可能数以上の参入事業者の制御ができない

3 - 1 単価登録の細分化のイメージ

- 現状の中給は、あらかじめ発電機ごとに登録された単価(各1種類)に基づき、各発電機の増分燃料費(kWh単価)が等しくなるよう経済負荷配分制御を行っている。
- 事業者へのアンケートで、単価登録の細分化(時間帯別のkWh単価の登録)の要望があったが、現状システムでは、時間帯別に異なる単価を認識し自動制御することが難しいため、中給システムへの単価登録の自動化や、時間帯別に異なる単価をもった調整力を自動制御できるような中給システム改修を今後進めていく。
- 当面は週間段階で単価を登録していただくことが必要だが、単価登録の細分化により安い調整力の活用が見込まれ一般送配電事業者の調整コスト低減に寄与することから、以下に示すイメージの単価登録細分化について検討していく。

【現在】

(万kW)	調整力A	調整力B	調整力C
90以上~100	12.0	...	...
	11.5	...	...
80以上~90未満	11.5	...	...
	11.0	...	...
70以上~80未満	11.0	...	...
	10.5	...	...
...
...



【細分化後】

上段：V1 (上げ調整単価)
下段：V2 (下げ調整単価) [円/kWh]

(万kW)	調整力A	調整力B	調整力C
90以上~100	12.0	...	...
	11.5	...	...
80以上~90未満	11.5	...	...
	11.0	...	...
70以上~80未満	11.0	...	...
	10.5	...	...
...
...

0:00-0:30
0:30-1:00
1:00-1:30
1:30-2:00
2:00-2:30

時間帯毎に設定

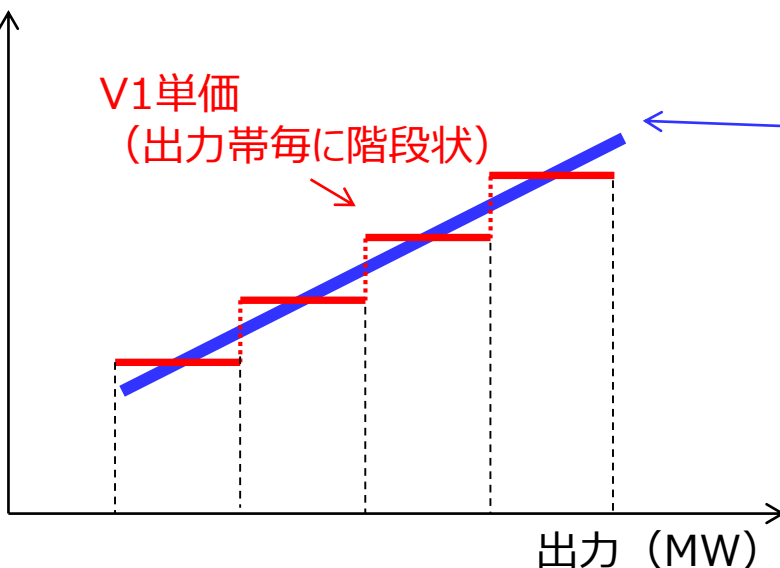
- 現状の中給システムでは、2次曲線(a b c 定数にて2次曲線を表現)から出力に対する燃料費を認識し、そこから算出された燃料単価カーブに基づいて経済負荷配分を実施している。
- 現在、事業者からは発電機の出力行毎にV1/V2単価を受領するとともに、実運用においては、中給システムで演算可能な2次曲線を表すための係数(a b c 定数)を用意している。
- 今後、事業者から提出されるV1/V2単価により、直接的にメリットオーダー運転を行う方式について検討する。

【V1単価と中給の燃料単価カーブのイメージ】

kWh単価
(円/kWh)

V1単価
(出力帯毎に階段状)

中給システムにて用いる
燃料単価カーブ

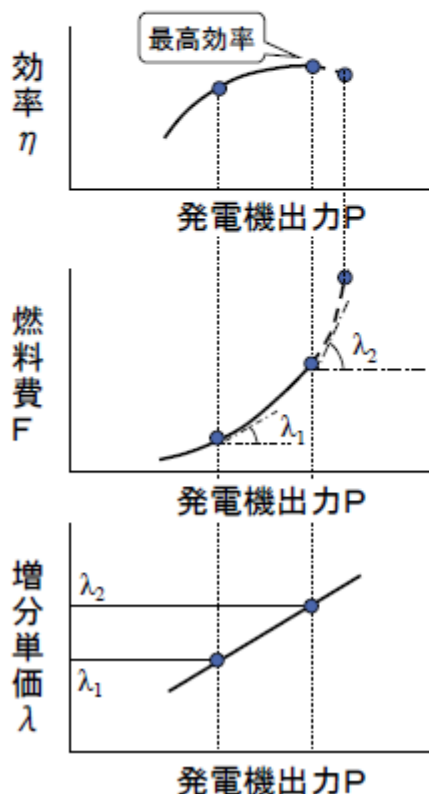


※ V1 : 上げ調整力単価
V2 : 下げ調整力単価

(参考) 火力ユニットの経済負荷配分

6

- 中給システムは以下のような2次曲線により燃料費を認識している。このため、式を表すための係数(a、b、c)を中給システムへの入力が必要。
例) 東京電力の場合 全110ユニット×3=330項目
- 複数台の発電機が運転している場合、各発電機の増分燃料費が等しくなる点(傾きが等しい点)が燃料費最小の点となるため、これを目指して経済負荷配分を実施。



<効率>

定格出力において最大となる。

一般的に出力が定格値に近づくにつれて徐々に伸びが鈍化する。

<燃料費 F[円]>

火力ユニットの燃料特性の2次近似式から、ある出力における燃料費を算出。

$$F = (aP^2 + bP + c) \cdot Q$$

P: 発電機出力
Q: カロリー単価

<増分燃料費 λ [円/kWh]>

増分燃料費用を増分発電電力量で除した単価(二次曲線の接線(傾き))
並列されている発電機を、経済負荷配分するとき用いる。

$$\lambda = \frac{dF}{dP} = (2aP + b) \cdot Q$$

- 現状、中給システムの制御最大数(制御可能な上限値)により、オンライン接続可能な空き制御数は次スライドのとおり。
- 最低入札量の引き下げに伴い、新規参入事業者が増加すると考えられるので、当面は先着優先で実施することとし、中給リプレース等のタイミングに合わせ、中給システムの制御最大数の拡大について検討する。

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
中給システムの制御最大数	128	128	512 (1024 ^{※1})	209	24 (40 ^{※1})	120	80	80	256	64
現在の制御数 ^{※2}	34	98	193	52	23	27	69	23	222	34
空き制御数 ^{※2}	94	30	319 (831 ^{※1})	157	1 (17 ^{※1})	93	11	57	34	30
ネック箇所 ^{※3}	中給システム	伝送装置	中給システム	中給システム	伝送装置	伝送装置	中給システム	中給システム	中給システム	中給システム
改修方法 ^{※4}	a	a	a	a	b	a	a	b	b	b

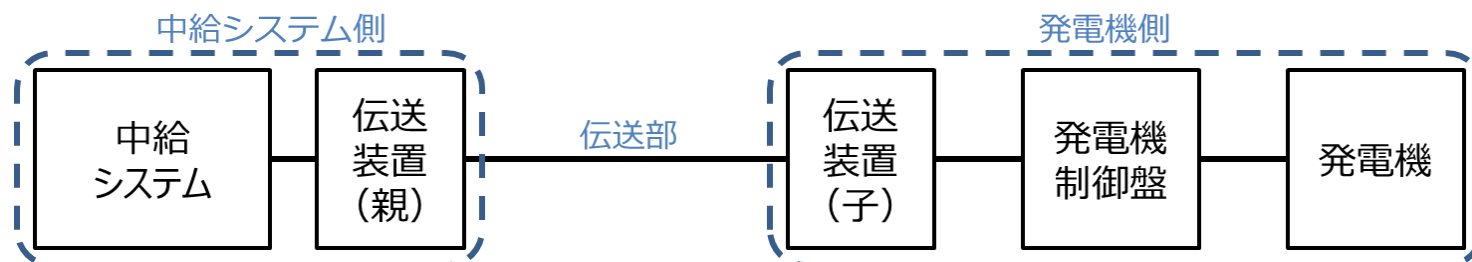
※1：2019年度中に制御可能数の増強予定あり。増加後の数を（ ）内に示す。

※2：現在中給と接続しているオンライン調整電源は、1つの調整電源で複数の制御数を使用することもある。

※3：中給システムの制御最大数となるネック箇所（伝送装置の場合、接続最大数がネック箇所となる）

※4：制御可能数を増やす場合の改修方法 → a：抜本的な改修、b：通常の改修

【制御ブロック概念図と仕様統一の検討が必要となる項目（例）】



- 各社中給システムのリプレース時期を勘案しつつ、広域化シミュレーション等を通じて、中給システムの改修内容等の検討を進めていく。

		2018	2019	2020	2021	2022	2023
制御方式・演算周期の検討	各エリア方式の活用システム仕様検討	■					
	各エリア方式の活用シミュレーション分析		■				
	制御方式等の統一システム仕様検討		■				
	制御方式等の統一シミュレーション分析				■		
単価登録細分化の検討		■					
V1/V2による直接的な運用の検討		■					
中給制御の最大数の検討		■					

当面の検討スケジュール

27

- 以上を踏まえ、当面の検討は以下のスケジュールを基本として進めてはどうか
(新たな課題の追加やスケジュールの入れ替えは適宜行い、遅滞なく進めることとする)

年度	2018	2019	2020~
			(2020) 三次①相当 広域運用開始 (中地域3社) ▽ (2020) 容量市場 メインオークション ▽ (2021) 三次② 広域調達・運用開始 (9社) ▽
	2018/7 ▼		
広域調達開始時期等に係る検討	三次①・二次② (課題1-1)	一次 (課題1-3)	(課題1-2)* 二次①
一次調整力の広域調達に向けた検討			(課題4-1)
2020年度の三次①相当の 広域運用に向けた検討		(課題2-1~2-3)	
2021年度の三次②の 広域調達・運用に向けた検討		(課題3-1~3-6) (課題3-7~3-12)	
~2020+X年度の三次①、二次②の 広域調達・運用に向けた検討		(課題5-1~5-3の大枠について2020年度までに検討)	(課題5-1~5-3)*
2020+Y年度の二次①の 広域調達・運用に向けた検討	(抜本改修の内容について検討)	(課題6-1)	(課題6-2)*

※2020年度以降のスケジュールは別途検討