

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9月21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・演算周期の統一について
3. 単価登録の細分化、V1/V2による直接的な運用、中給制御の最大数について
4. 検討のスケジュールについて

- 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」の課題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

- 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)

【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

※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

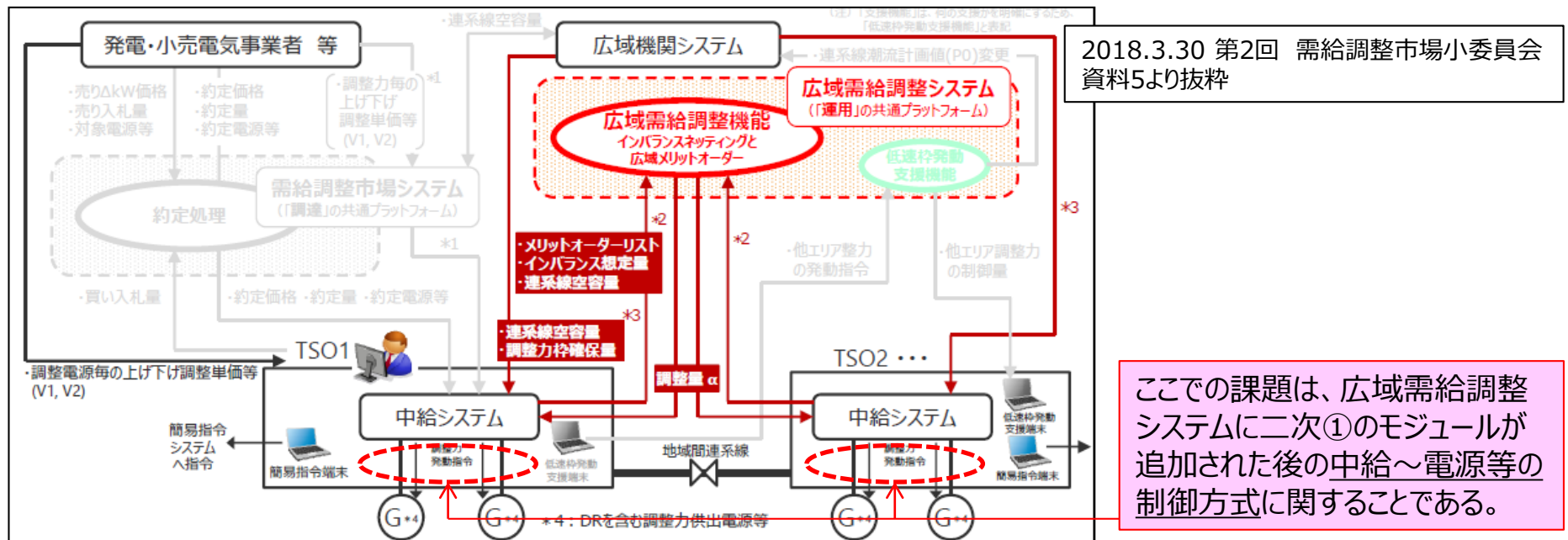
※2 二次調整力①の広域運用については、技術的検討が必要であり時間を要する

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_sagyokai_15_haifu.html

1. はじめに
2. 制御方式・演算周期の統一について
3. 単価登録の細分化、V1/V2による直接的な運用、中給制御の最大数について
4. 検討のスケジュールについて

制御方式・演算周期等の統一について

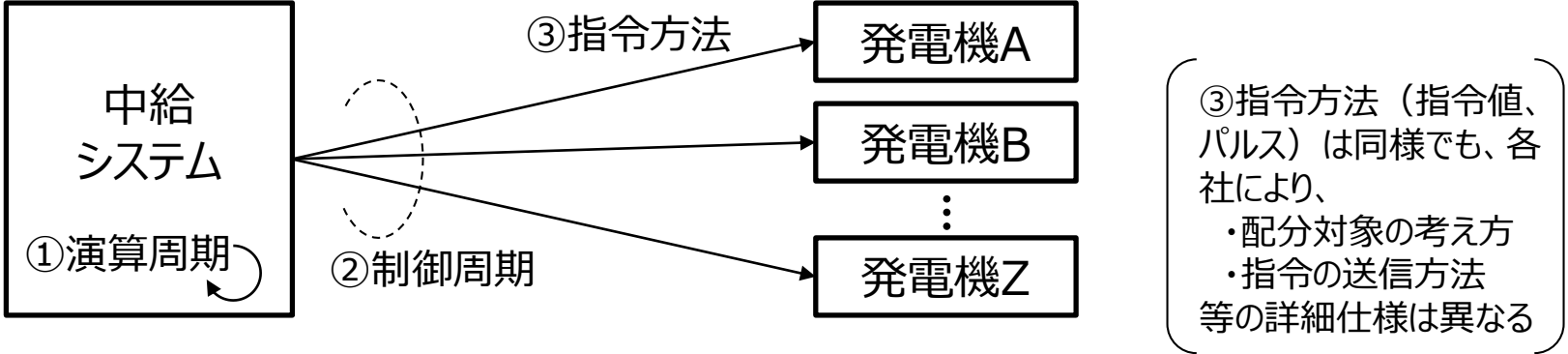
- 各発電機制御方式・LFC演算周期については、将来的に全国市場となることに備えると統一することが望ましいものの、中給システムの改修に留まらず、電源側も含めた制御システム全体の構築となるため、相当の期間を要する。
- そこで、二次①の広域運用を早期に実現するために、中給抜本改修を実施しないで二次①の広域運用が可能かどうか、2020+Y年度の前倒しの可能性について検討する。
- 具体的には、
 - ✓ 現在の中給システムにおける二次①相当の制御方式・LFC演算周期の差異について調査する。
 - ✓ 広域需給調整システムにモジュールを追加することで、抜本改修による制御方式等を統一しなくても広域運用が可能となるか、可能な場合はその方法について検討する。(2020+Y年度の前倒し)
 - ✓ 制御方式等の統一が必要な場合は、どのような統一が必要か検討する。(2020+Y年度)
 - ✓ 将来的に全国市場となることに備え、新設発電機への制御方式等の統一や、既設・新設発電機が混在する期間の中給システムの構築について検討していく。(将来)



中給システムの仕様差異の現状

○ 二次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

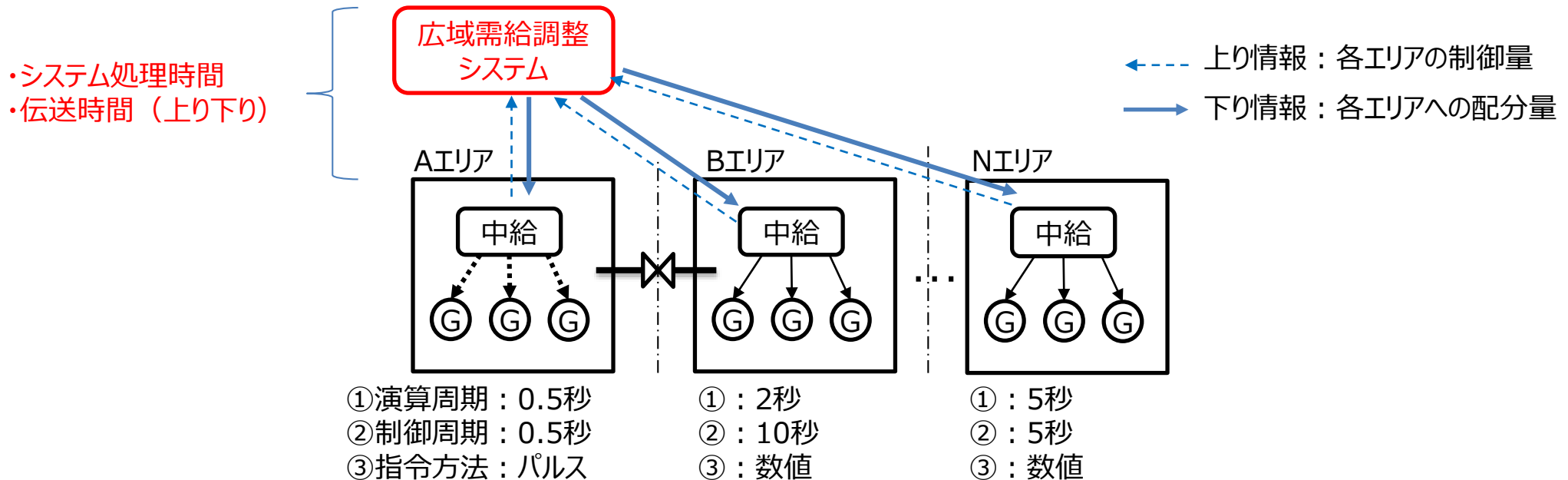


	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
①演算周期	3秒	5秒	1秒	5秒	2秒	0.5秒	2秒	2秒	5秒	2秒
②制御周期	3秒	5秒	1秒	10秒 ※1	30秒	0.5秒	10秒	5秒/20秒 ※3	5秒	2秒
③指令方法	指令値	指令値	指令値 (%信号)	パルス ※2	指令値	パルス	指令値	指令値	指令値	指令値

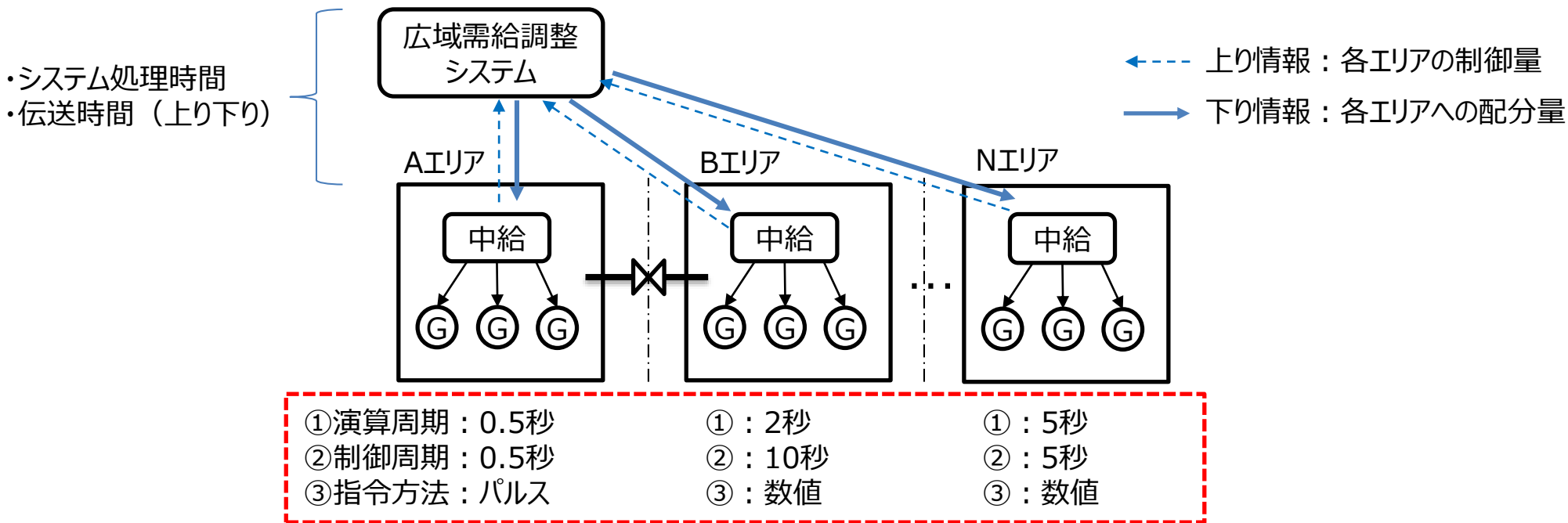
※1：ARがある閾値以上になると5秒
 ※2：一部他社水力に数値指令あり

※3：常時は20秒で使用。5秒に切替可

- 二次①に相当するLFC制御は、現在、エリア毎に数秒から数十秒周期で実施している。
- 広域需給調整システムにモジュールを追加することにより二次①の広域運用を行う場合には、高速に各エリアへの制御配分量を計算する必要があり、「広域需給調整システムとのデータ関係」、「広域需給調整システムの演算処理」にかかる遅延時間が周波数品質面に与える影響を確認する必要がある。
- また、直流連系設備の活用可否、活用した場合の影響についても確認する必要がある。
- そのため、現状における、演算周期や制御周期が異なる各エリア中給のモデルを構築し、抜本改修を行わずに二次①の広域運用が可能か、シミュレーションによる確認を行う。
- シミュレーション結果を踏まえて2020+Y年度の前倒しについてご議論いただきたい。

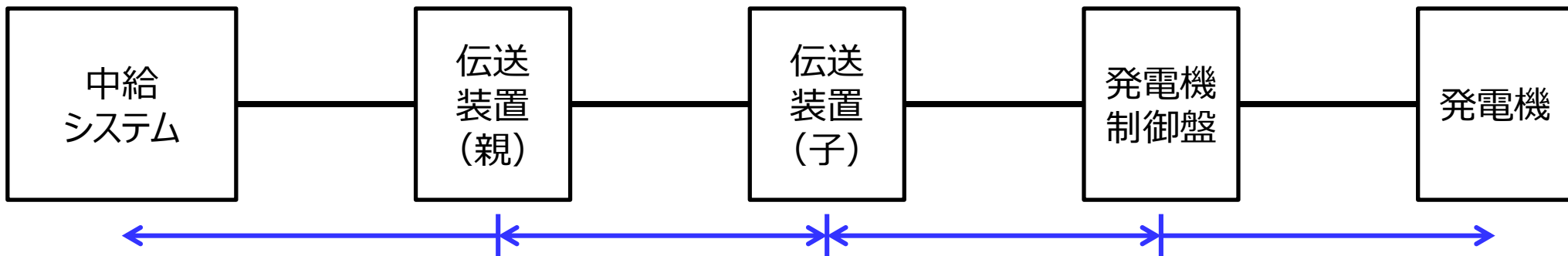


- 二次①の広域運用に発電機制御方式、LFC演算周期の統一が必要と判断された場合、統一仕様における周波数品質面への影響についてもシミュレーションで確認が必要。
- また、発電機制御方式、LFC演算周期の統一による「既設発電機（発電機制御系や主機）への影響」等についても確認が必要。
- 仕様統一の検討は、発電事業者にとってエリア毎に接続条件が異なる状態を解消することにもなる。新設発電機の制御方式等の統一や、既設・新設発電機が混在する期間の中給システムの構築についても検討していく。



- 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。

【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）】



● 中給側処理

- ・ 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）
- ・ 制御上限数（中給処理）

● 伝送部

- ・ 伝送遅延時間
- ・ 伝送方式
- ・ 接続上限数（親装置）

● 信号引渡し部

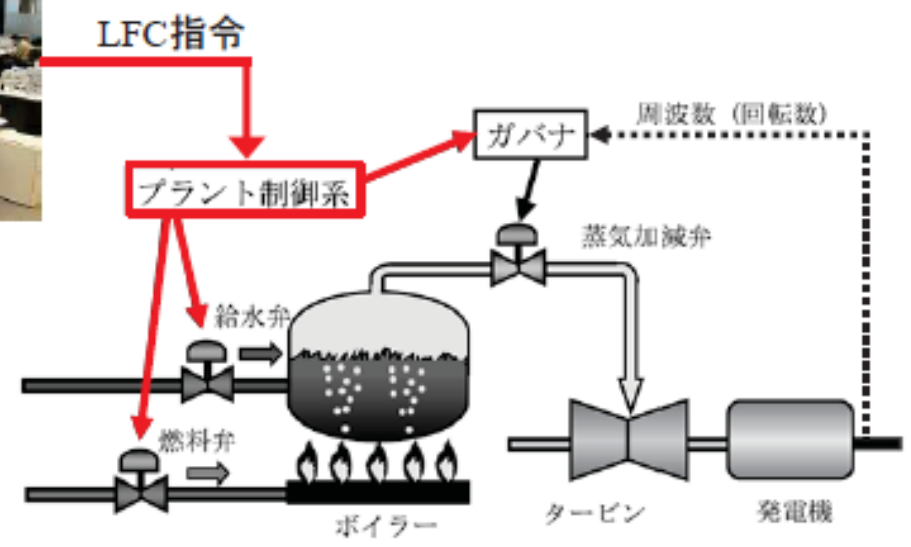
- ・ 信号種別
- ・ インターフェース（無電圧接点渡し、電圧渡し/電流渡し等）
- ・ 出力インターバル
- ・ 接続上限数（発電機制御盤）

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.

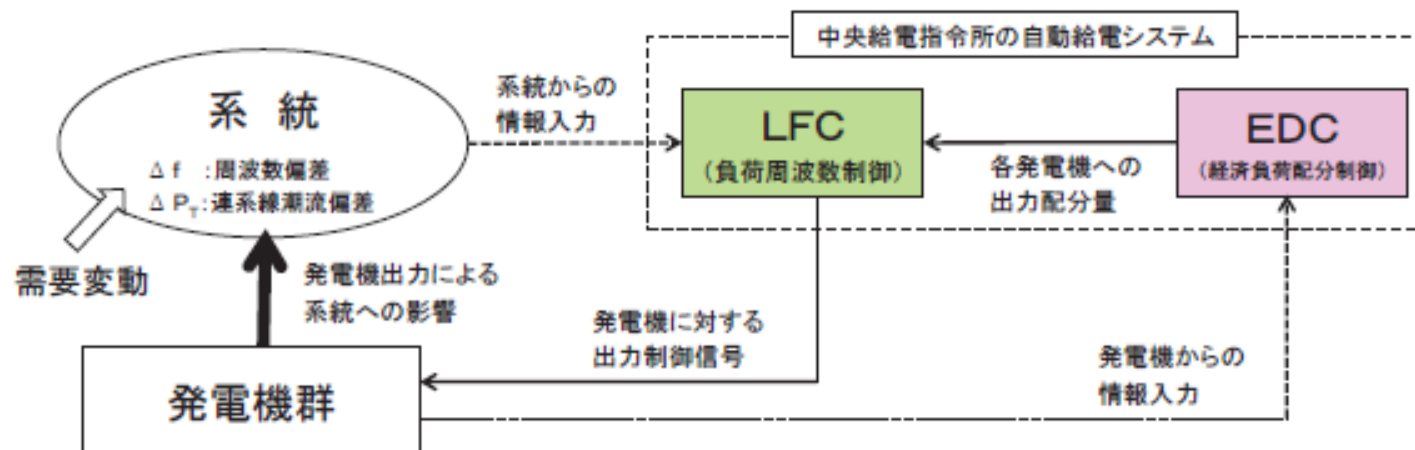
9

【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.

1. はじめに
2. 制御方式・演算周期の統一について
3. 単価登録の細分化、V1/V2による直接的な運用、中給制御の最大数について
4. 検討のスケジュールについて

中給システムの抜本的な改修が必要となる項目（2）

- 「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、小委員会の議論状況に応じて、中給システムの抜本改修要否を検討する。

【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

2018.7.31 第5回 需給調整市場小委員会 資料3より抜粋

単価登録の細分化のイメージ

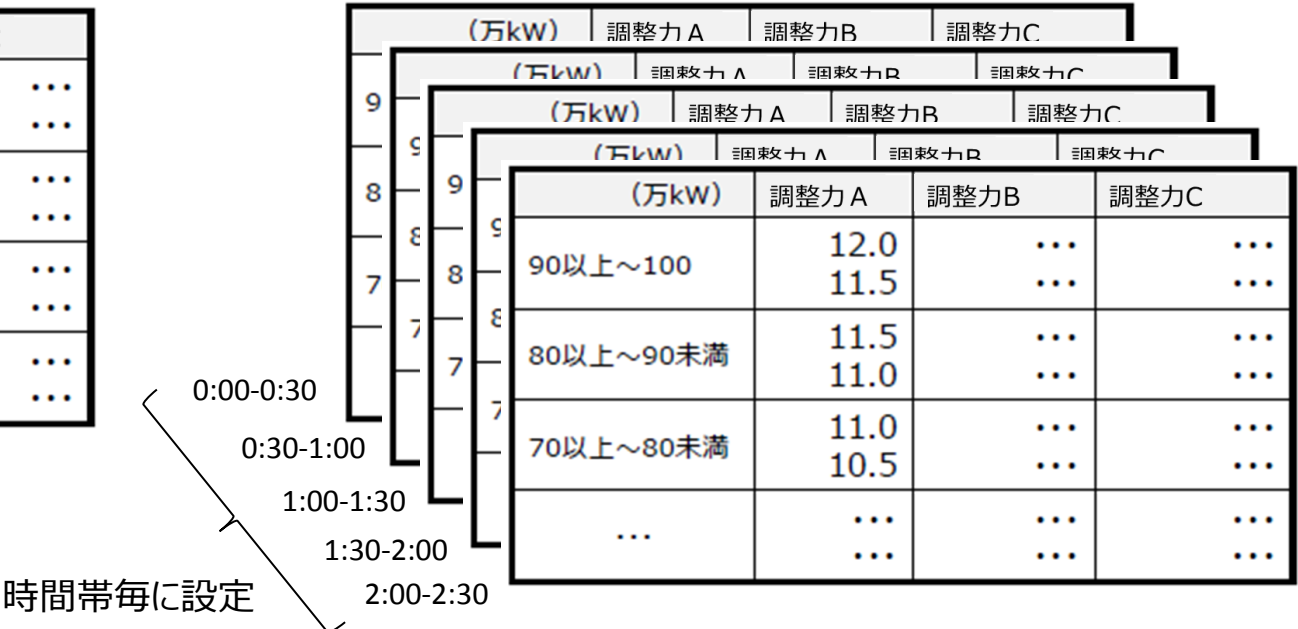
- 現状の中給は、あらかじめ発電機ごとに登録された単価（各1種類）に基づき、各発電機の増分燃料費（kWh単価）が等しくなるよう経済負荷配分制御を行っている。（17スライド参照）
- 事業者へのアンケートで、単価登録の細分化（時間帯別のkWh単価の登録）の要望があったが、現状システムでは、時間帯別に異なる単価を認識し自動制御することが難しいため、中給システムへの単価登録の自動化や、時間帯別に異なる単価をもった調整力を自動制御できるよう中給システムを改修する必要がある。なお、単価登録の自動化については今後の検討課題となっている。
- 当面は週間段階で単価を登録していただくことが必要だが、単価登録の細分化により多数の参加者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】

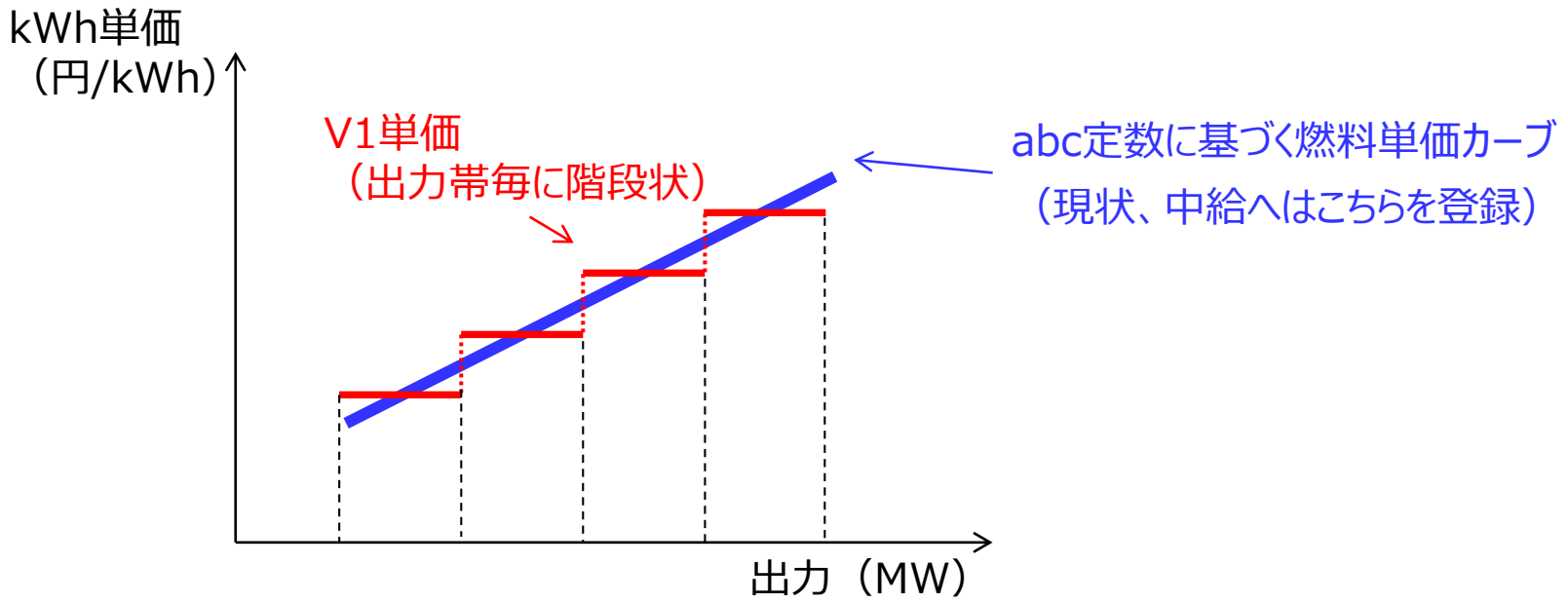
上段：V1（上げ調整単価）
下段：V2（下げ調整単価） [円/kWh]



V1/V2による直接的運用

- 現状の中給システムでは、abc定数を用いた2次式にて燃料費を認識し、経済負荷配分を実施している。
- 事業者からは発電機出力帯毎にV1/V2単価を受領しているが、当面の実運用においては、中給システムで演算可能な2次式を用意する必要がある。
- 今後、事業者から提出されるV1/V2単価で直接的にメリットオーダー運転を行うことによる、より厳密なメリットオーダー実現について検討する。

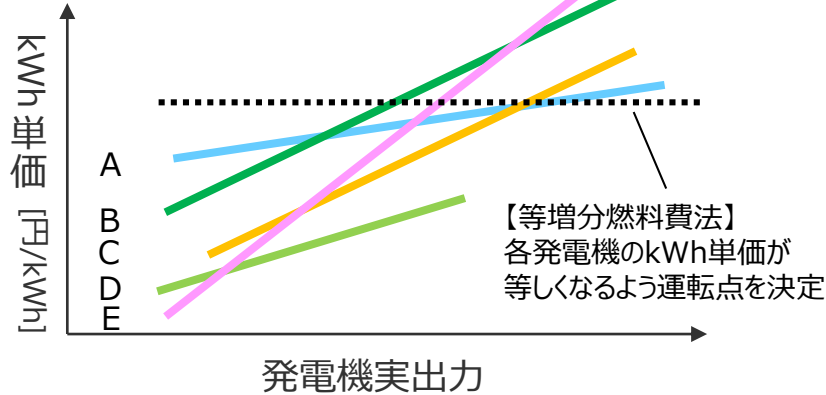
【V1単価と中給登録単価カーブのイメージ】



単価のイメージ

メリットオーダーリストのイメージ
(ある時点でのメリットオーダー順位、単価)

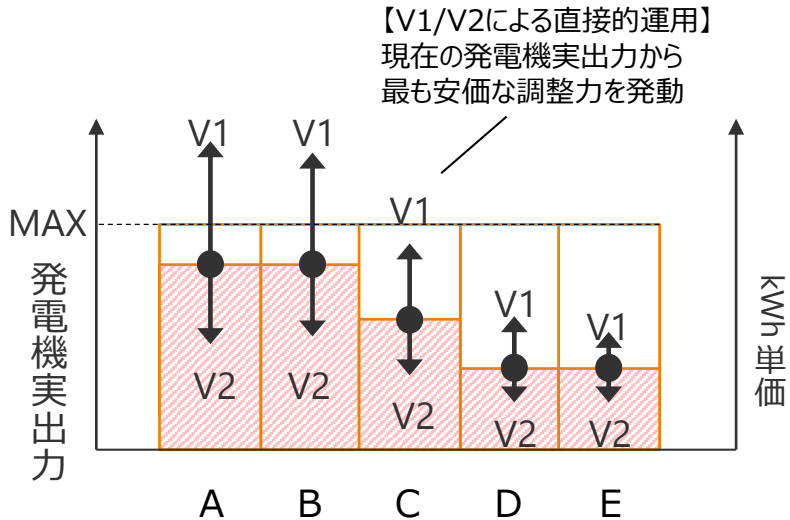
(abcによる制御) 現行



(上げ下げ共通)

順位	電源名称	単価 (円/kWh)
1	A	5.0
2	E	5.2
3	B	6.0
4	C	7.0
5	D	7.5

(V1/V2による制御) 将来



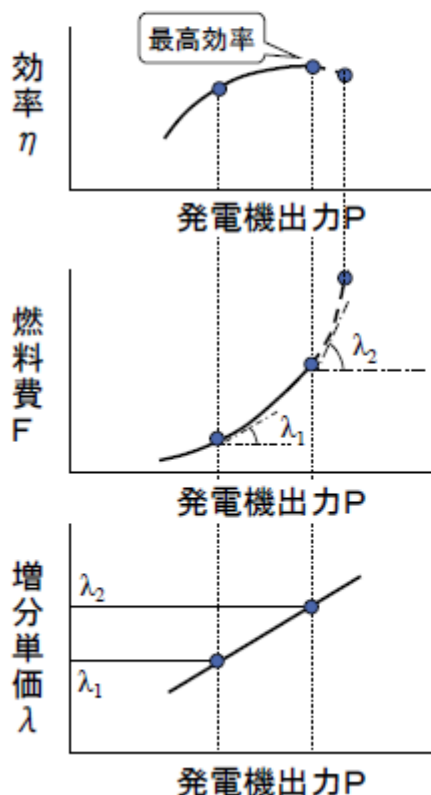
(上げ下げ別)

順位	上げ側		下げ側	
	電源名称	単価 (円/kWh)	電源名称	単価 (円/kWh)
1	E	5.0	A	7.0
2	D	5.2	B	6.5
3	C	6.0	C	5.5
4	B	7.0	D	4.5
5	A	7.5	E	4.0

(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。

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

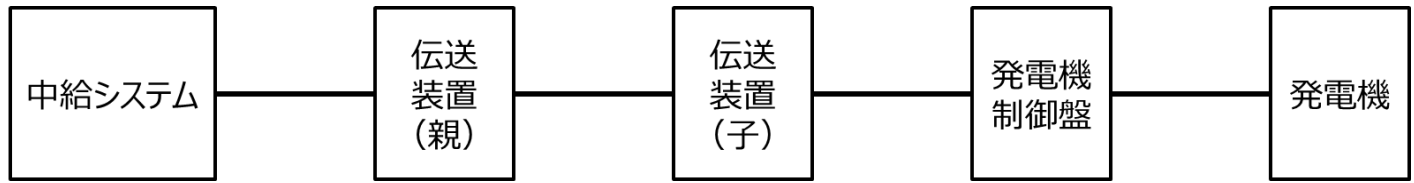
中給制御の最大数

- 現状中給のオンライン接続可能な残り電源数には限りがあり、エリア毎にも差異がある。
- 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ことを考慮すると、今の中給制御可能最大数では接続したくても接続できない事業者が生じる虞がある。当面は先着優先で対応せざるを得ない。
- このため、中給リプレース等のタイミングに合わせ、制御上限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
中給制御の 可能最大数	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年度中に制御可能台数の増強予定あり。増加後の台数を（ ）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発電所で複数の制御数を使用することもある。
- ※3：中給制御の制御可能上限となるネック箇所
- ※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）】



1. はじめに
2. 制御方式・演算周期の統一について
3. 単価登録の細分化、V1/V2による直接的な運用、中給制御の最大数について
4. 検討のスケジュールについて

- 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・演算周期の統一	広域需給調整システム仕様検討	■					
	現状モデル広域化シミュレーション		■				
	統一仕様の検討		■				
	仕様統一モデルシミュレーション			■			
単価登録細分化		■					
V1/V2による直接的な運用		■					
中給制御の最大数		■					

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