

調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に 関する作業会の検討状況について

～第17回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 提出資料(案)～

平成29年5月23日

調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会 事務局

1. 作業会の設置の経緯等
2. 作業会における検討項目・スケジュール等
3. 現時点までの検討結果
 - (1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)
 - (3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

※【項目①】諸外国の事例調査(他の調査報告書等による文献調査)については、調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会資料として公表済み

(第1回 http://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/sagyoukai/2016/chousei_sagyokai_01_haifu.html)

(第2回 http://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/sagyoukai/2017/chousei_sagyokai_02_haifu.html)

1. 作業会の設置の経緯等

2. 作業会における検討項目・スケジュール等

3. 現時点までの検討結果

(1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き

(2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)

(3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

- 第13回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会(2017.2.24開催)において、以下のとおり、需給調整(リアルタイム)市場創設に向けた技術的検討を行う作業会の設置を提案し、了承された。

【第13回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 資料2(抜粋)】

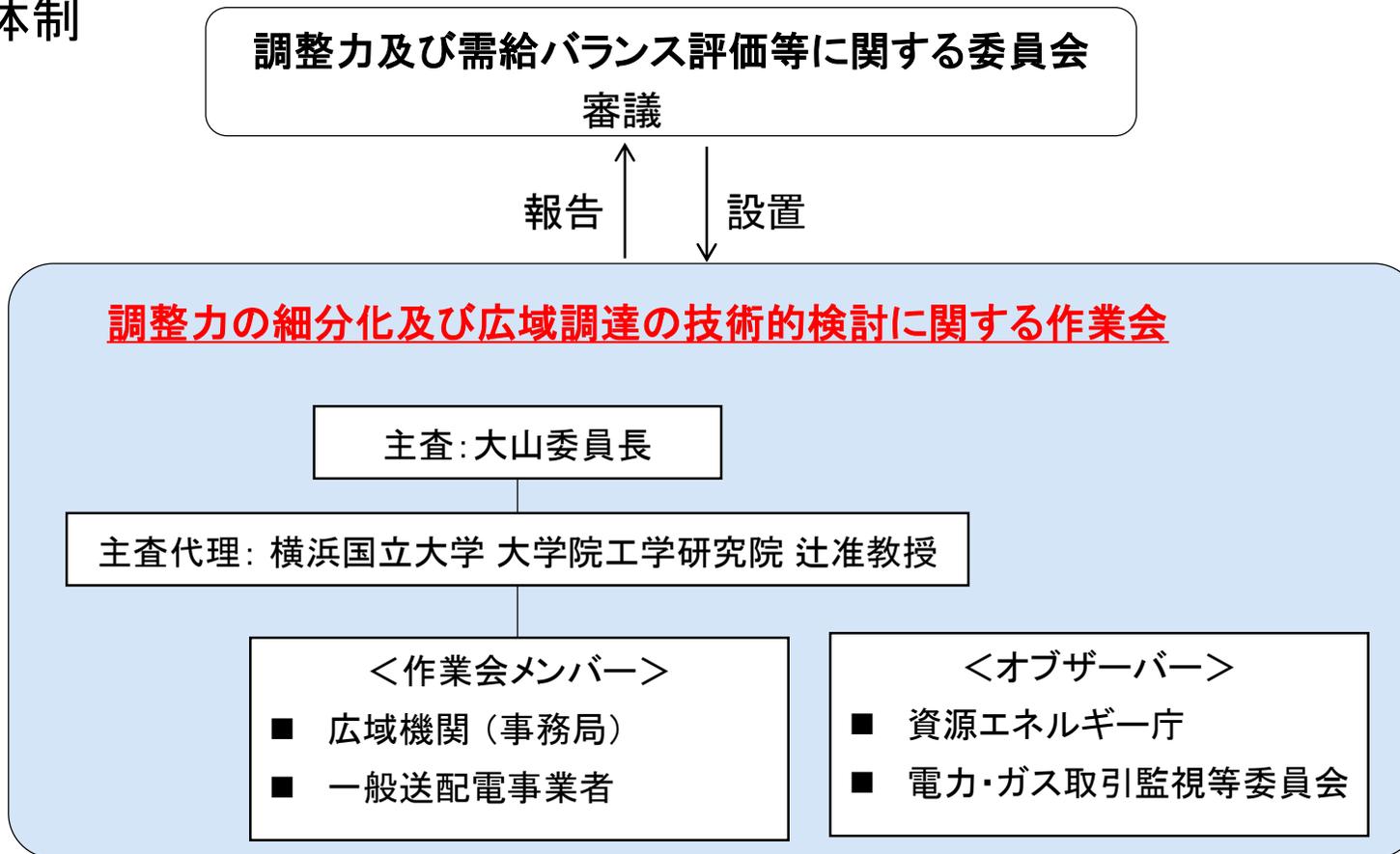
- 国から、2020年度を目安に需給調整(リアルタイム)市場を創設する方針が示されており、また、その検討においては、広域機関が技術的検討を担当し、資源エネルギー庁・電力ガス取引監視等委員会と一体的に検討を進めることとなった。
- 調整力のあり方を検討している本委員会において、同市場創設に向けた技術的検討を行っていくこととした。
※本委員会(第4回)では、事務局から、調整力の公募や需給調整(リアルタイム)市場の創設に向けて、調整力の細分化について検討を行っていくことを提案済み。
- この検討にあたっては、各エリアの調整力電源の制御方式、運用実務、DRなど需要側資源の制御方式などの技術的な面を十分考慮する必要があることから、効率的に検討を行うため、本委員会のもとに、周波数制御・需給バランス調整を担う一般送配電事業者を含む作業会を設置し、検討を進めることとした。(→結果は委員会に報告のうえ審議)

※ なお、昨年度の調整力等に関する委員会において、

- ①GF、LFCの必要量の算出手法として「代数的手法」「周波数シミュレーション」を検討すること
- ②周波数シミュレーションを行うためのツールの検討・作業を行う作業会の設置

を提案したが、この昨年度の2つの提案を一旦取り下げ、今回提案する作業会において、調整力の細分化とともにその必要量の算出手法についても検討することとした。(→検討の結果、必要であればシミュレーションツールの構築に取り組む)

○ 実施体制



○ 開催実績

- 2017年3月31日 第1回 ・検討項目、スケジュールの確認他
- 2017年4月26日 第2回 ・技術的課題の抽出他
- 2017年5月23日 第3回 ・技術的課題の抽出(続き)他

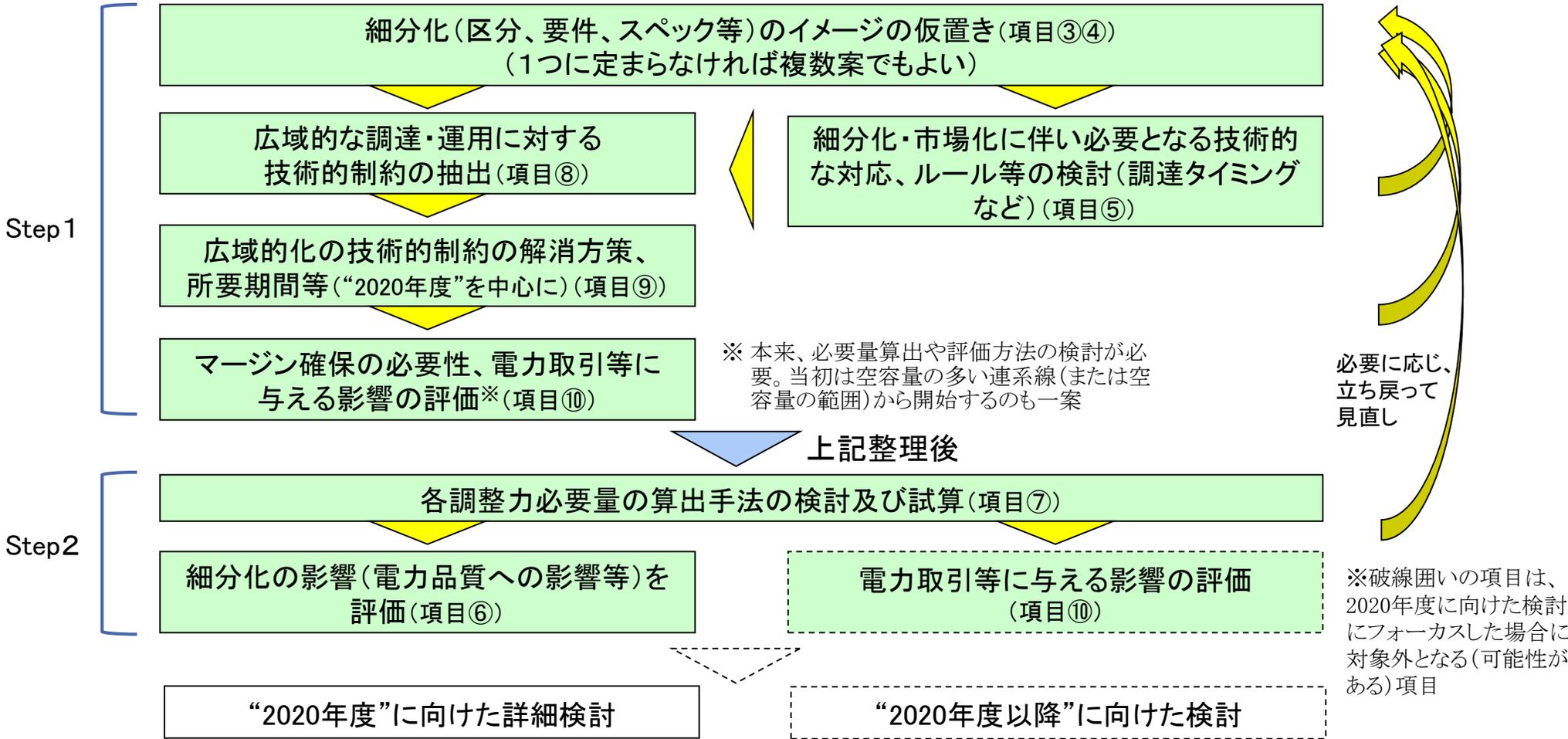
1. 作業会の設置の経緯等
2. 作業会における検討項目・スケジュール等
3. 現時点までの検討結果
 - (1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)
 - (3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

- 作業会において行う検討作業は、目指す需給調整市場の姿によって変わってくるものと考えられる。
- 「目指す姿」は、今後、国において議論されるものと考えるが、作業会としては、前広に検討を行う観点から、仮に、
「それぞれの商品を広域的に調達し、かつ、広域的に運用する」
という姿を仮定のうえ、技術的制約の抽出等を始め、国の検討・議論と連携しながら、適宜、作業内容の見直しを行っていくこととした。

■ 作業会における現時点の検討項目を以下の通り整理した。

大項目	中項目	小項目	番号
調整力の細分化	参考となる諸外国の事例と日本の運用実態との比較	諸外国の事例調査(他の調査報告書等による文献調査)	①
		日本の運用実態との比較(運用技術等の比較)	②
	調整力の細分化(市場における商品)の検討	機能(GF、LFC、DPC等)による細分化など市場における商品(案)の検討	③
		各調整力の要件・スペックの検討	④
		細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討(調達タイミングなど)	⑤
		細分化の影響(電力品質への影響等)の評価	⑥
		各調整力必要量の算出手法の検討及び試算	⑦
細分化した各調整力の広域的な調達・運用	広域的な調達・運用に係る技術的要件の検討	広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出	⑧
		広域的化の技術的制約の解消方策、所要期間等	⑨
	連系線利用に関する検討	マージン確保の必要性、電力取引等に与える影響の評価	⑩

■ 検討の手順は以下のとおりであり、検討項目③～⑩については、論点同士が相互に関係するため、まず、諸外国を参考にしつつ細分化のイメージ(1つに定まらなければ複数案)を仮置きしたうえで、その他の検討を進めることとした。(⇒必要に応じ、立ち戻って見直し)



※上記2つの検討については、どのような場で検討・議論を行うかは別途調整

当面の検討スケジュール

- 需給調整市場に関する検討が行われる国の制度検討作業部会(TF)において、年内を目途に中間整理を行う方針が示されている。
- まずは、前ページのStep1の検討について、国による市場設計の議論や調整力及び需給バランス評価等に関する委員会における報告・審議結果を適宜反映しつつ、国の中間整理にあわせ一定の整理を行うこととし、年末の時点で、国による議論状況も踏まえ、以降のスケジュールを設定することとした。

	2017年度				2018年度以降
	1Q	2Q	3Q	4Q	
諸外国の事例調査、日本の運用実態との比較 (検討項目①②)					
【Step1】の検討					<div style="border: 1px dashed black; border-radius: 20px; padding: 10px; background-color: #f8d7da;"> 年末の時点で、残る検討課題について、国による議論状況等も踏まえ、以降のスケジュールを設定 </div>
	 委員会報告	 委員会報告	 一定の整理		
【Step2】の検討	調整力及び需給バランス評価等に関する委員会に適宜報告 ※ 具体的な報告時期は検討作業の進捗や委員会・国の議論に応じて設定				
【Step3】の検討					

1. 作業会の設置の経緯等

2. 作業会における検討項目・スケジュール等

3. 現時点までの検討結果

(1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き

(2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)

(3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

■ これまでの3回の作業会において検討した以下の点について結果を報告する。

- ・ 調整力の細分化(区分)の仮置き【項目③④】
- ・ 細分化・市場化に伴う課題の抽出【項目⑤】
- ・ 広域的な調達・運用に対する課題の抽出【項目⑧】

■ 前広に検討を行った結果、後述のとおり多くの課題を抽出しているが、今後の検討にあたり、以下の点に留意しつつ、作業を進める。

- (1) 作業会の設置に際し本委員会の委員からもご意見のあったとおり、電力の安定供給に直結する重要な検討作業であるため、着実な検討を行うこと。
- (2) 2020年度までには期間が限られていることから、スピード感をもって取り組むとともに、ある時点からは、実現性も踏まえ、2020年度に向けた検討にフォーカスする必要があること。
- (3) 国における市場設計の議論(詳細の目指す姿等)と整合的に作業を進めること。

1. 作業会の設置の経緯等

2. 作業会における検討項目・スケジュール等

3. 現時点までの検討結果

(1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き

(2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)

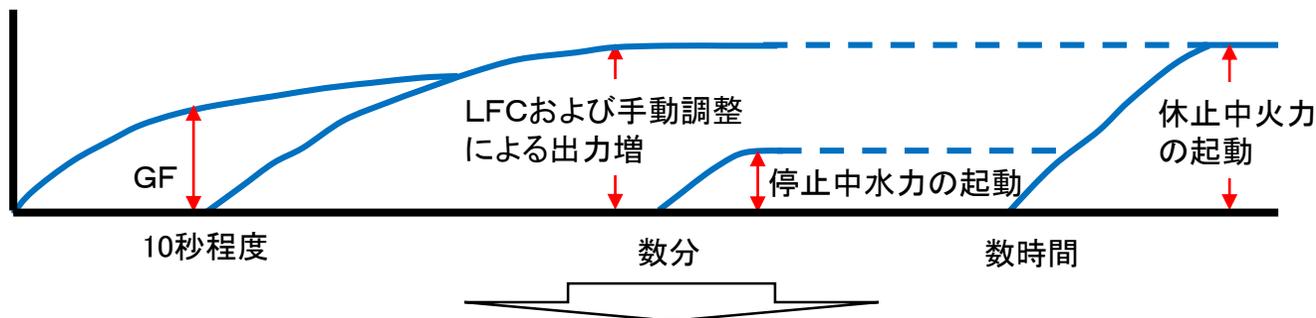
(3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

- 以下の点を踏まえ、下図の「一次調整力」「二次調整力」「三次調整力」(上げ・下げ別)の区分で項目⑤⑧の検討を開始することとする。
- (1) 現在の周波数制御・需給バランス調整において、各種制御機能(GF・LFC等)を用いて運用していること
- (2) 今後、GF、LFC等の制御機能ごとに、調整力の広域調達・運用が可能か等の評価を行うこと
- (3) 欧米においてもGF、LFCに相当する調整力の区分があること
- なお、この区分はあくまで仮置きであり、項目⑤⑧の検討結果及び項目⑨(技術的制約の解消方策等)の検討結果により、2020年度断面及びそれ以降の断面において、上記の区分とならないことも考えられる。

※2020年度断面においては、技術的な制約が解消できず、上記の区分に分けられないことも考えられる。

※新たな調整資源(DR等)の活用を考慮した場合、調整力のスペック(発動時間、持続時間など)により更なる細分化も考えられる。

【第4回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 資料2(抜粋)一部修正】



※左記イメージ図は上げ側のみであるが、下げ側の調整力も検討対象。

調整力細分化の仮置き(案)※P、S、Tは作業を行っていく上での便宜上の仮称

- 【一次調整力(P:プライマリー)】GF機能、直流設備による緊急融通制御機能、瞬時に需要を制御する機能等、周波数変動の抑制のため瞬時に活用される調整力(上げ、下げ)
- 【二次調整力(S:セカンダリー)】LFC機能に組み込まれて活用される調整力(上げ、下げ)
- 【三次調整力(T:ターシャリー)】上記以外の一般送配電事業者の指令を受けて活用される調整力(上げ、下げ)

1. 作業会の設置の経緯等
2. 作業会における検討項目・スケジュール等
3. 現時点までの検討結果
 - (1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)
 - (3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

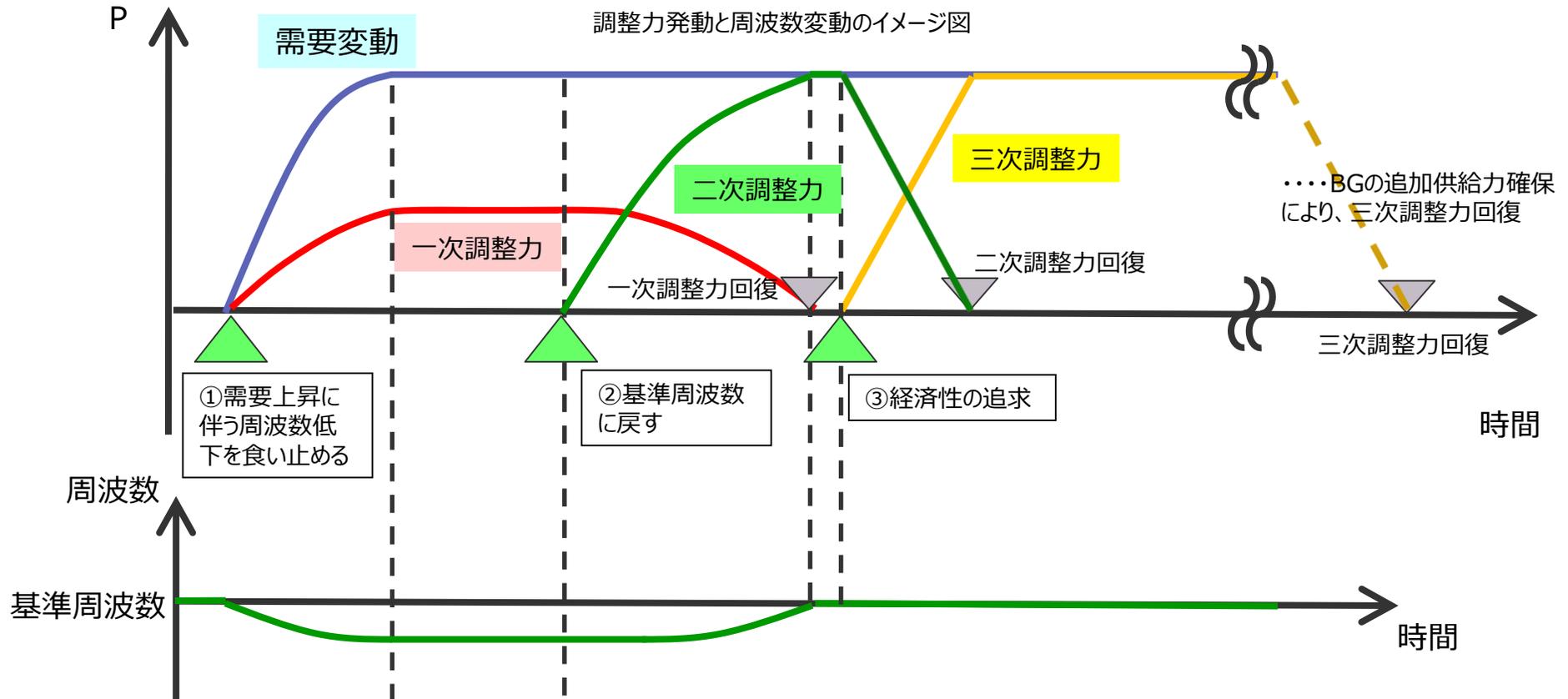
■ 第2回、第3回作業会において、細分化・市場化に伴う課題の抽出を行った。

	番号	検討すべき課題
細分化に伴う課題	⑤-1	・機能を細分化しそれぞれを別の電源等で確保した場合における機能の境目の受け渡し
	⑤-2	・分散制御と連続制御それぞれの割合や立上り・立下り時間、継続時間等
	⑤-3	・調整力として確保した電源等の調整機能が活用できる状態にあるか確認できる機能
	⑤-4	・調整機能を活用できる状態にするための指令の出し方(系統運用者or調整力提供者)
	⑤-5	・実績の確認等のため、現状のkWh計のみではなく、瞬時瞬時のkWを計測・記録できる計量器
市場化に伴う課題※		

※ 市場化に伴い必要となる取引に関連したシステムの課題については、本作業会のスコープ外

理想的な制御の受け渡し例 (需要上昇時)

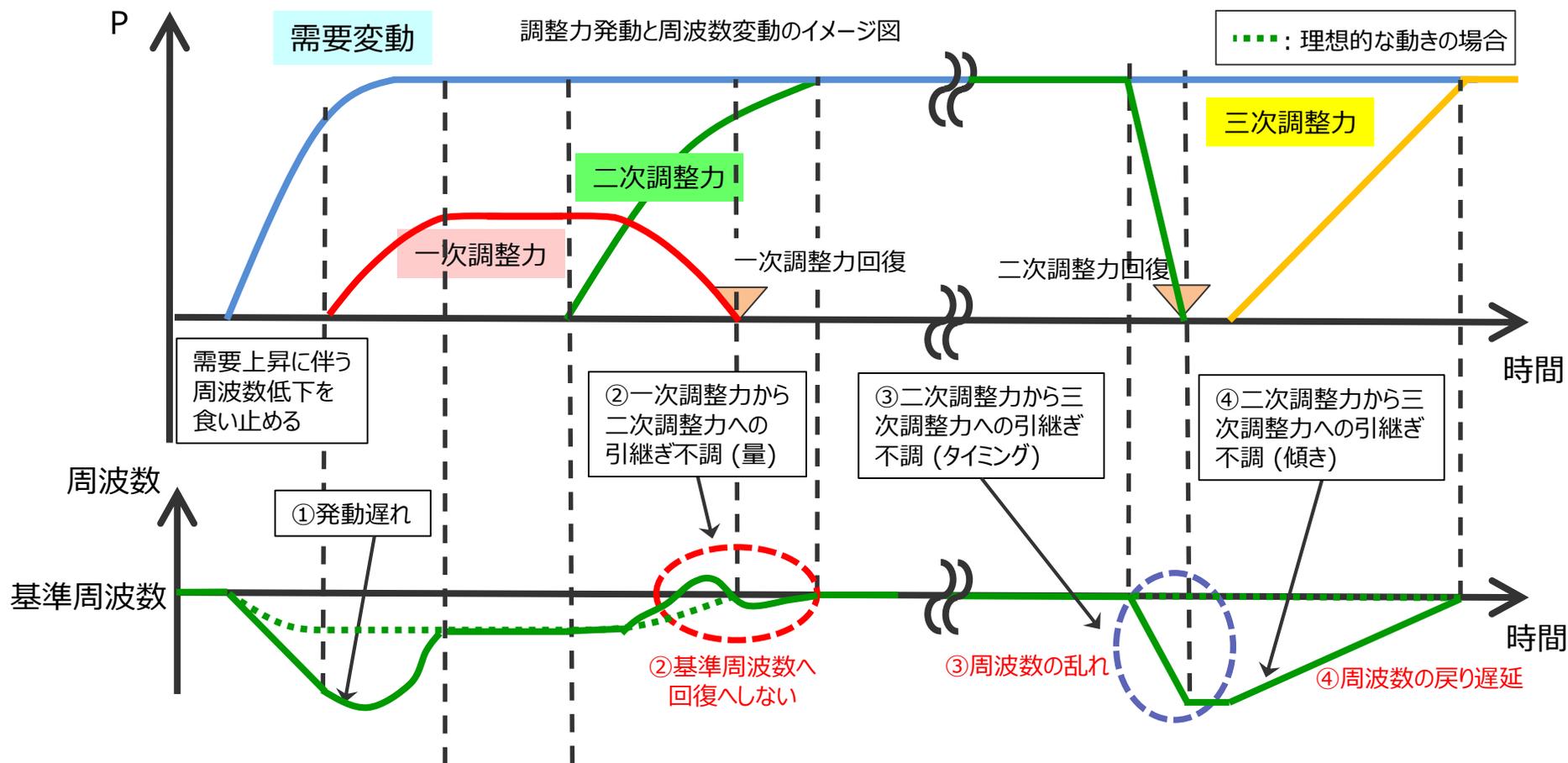
- ① 一次調整力を活用し、周波数低下を食い止める制御を実施。
- ② 二次調整力を活用し、周波数を基準周波数に回復させる【一次調整力から二次調整力への受け渡し】
 ⇒一次調整力を回復させ、次の事象に備える。
- ③ 三次調整力を活用し、発電機出力を指令。経済的な持ち替えを実施【二次調整力から三次調整力への受け渡し】
 ⇒二次調整力を回復させ、次の事象に備える。



【⑤-1】機能を細分化しそれぞれを別の電源等で確保した場合における機能の境目の受け渡し
(受け渡し不調等の例)

受け渡し不調等の例 (需要上昇時)

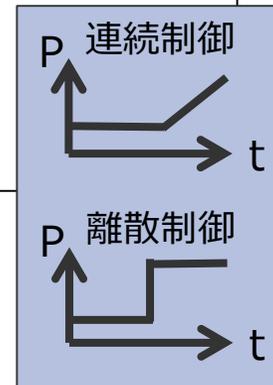
- ①一次調整力の発動が遅れ、周波数低下を食い止めるのに時間を要する。
- ②一次調整力から二次調整力への量の受け渡しができない場合、基準周波数へ回復しない。
- ③調整力の受け渡しタイミングがずれると周波数が乱れる。(時々刻々変化する周波数偏差に応じて制御量を決定せず、固定的な量で調整するものを調整力として活用した場合、過制御・不足制御が生じる虞がある。)
- ④それぞれの調整力発動の立上り・立下りの傾きが異なる場合、その時点からの周波数の戻りが遅くなる。



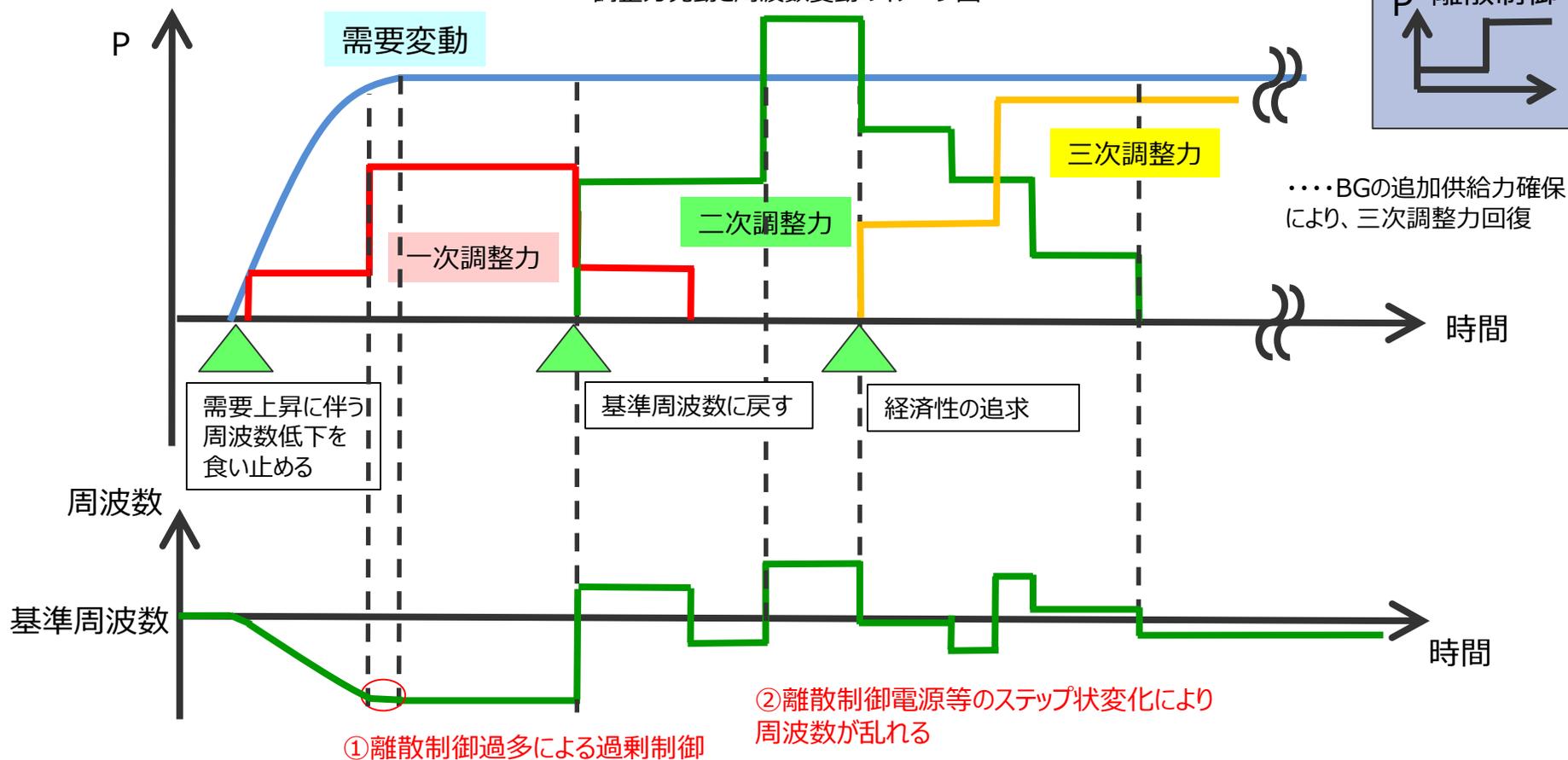
例として、離散制御電源等(DR等) >> 連続制御電源等(電源等) の状況を想定した場合、以下のような懸念があるか。

- ① 一時的な過制御が発生する可能性があり、調整力を余分に使用することになる。
- ② 離散制御電源等のステップ状の調整力出力変化により、周波数が乱れる。

それぞれの商品設計等については、詳細に検討が必要。



調整力発動と周波数変動のイメージ図



② 離散制御電源等のステップ状変化により周波数が乱れる

【⑤－３】調整力として確保した電源等の調整機能が活用できる状態にあるか確認できる機能
 【⑤－４】調整機能を活用できる状態にするための指令の出し方（系統運用者or調整力提供者）

【⑤－３】

GFは、発電機が自ら周波数変動に応じて出力調整を行う。

例として、GFを使用した場合とロックした場合の発電機出力の時間変化を下図に示す。

GFの使用・ロックにより送配電事業者、発電事業者で以下のようなメリットがあると考えられる。

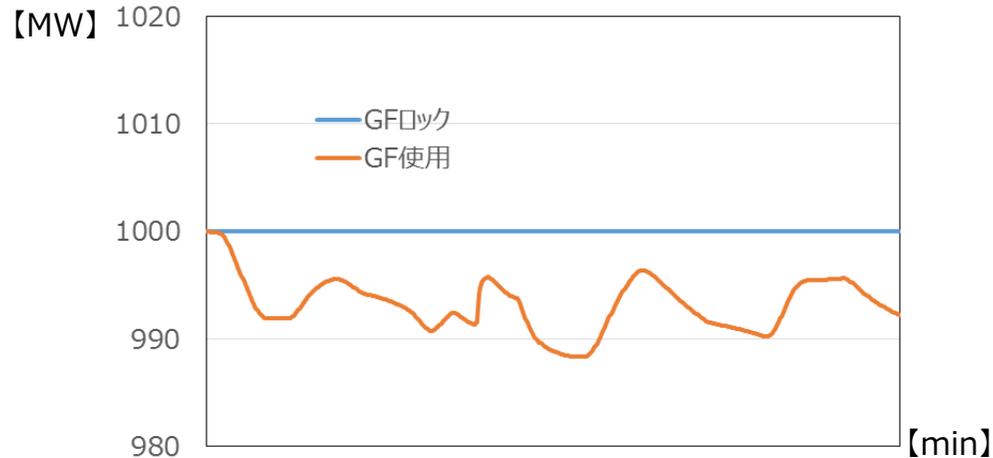
(送配電事業者側メリット)

- ・GFを使用することで、調整力が増えるため周波数品質維持に寄与できる。

(発電事業者側メリット)

- ・GFロックとすることで、発電機出力が一定となり安定するため、GF使用の場合と比較しプラントへの負担が少ない。
燃料の利用・調達計画が立てやすい。

このため、調整機能の使用・ロック状況が確認できる機能は必要となるか。



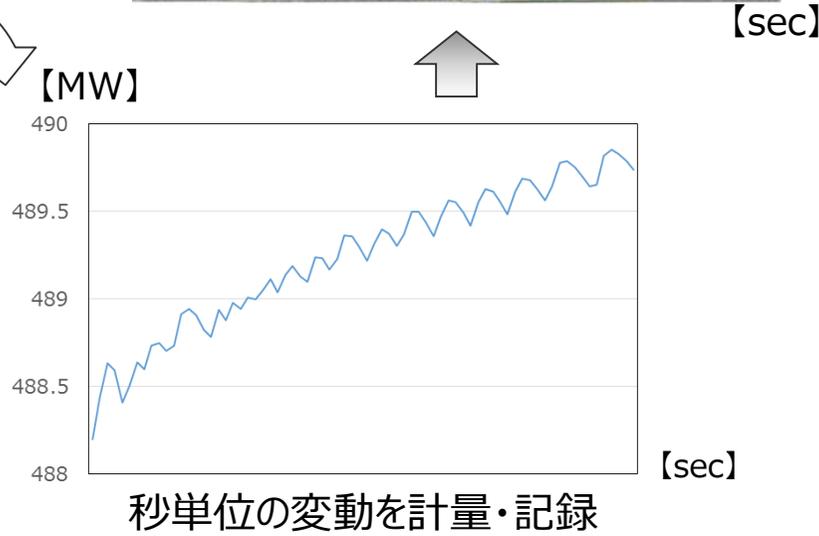
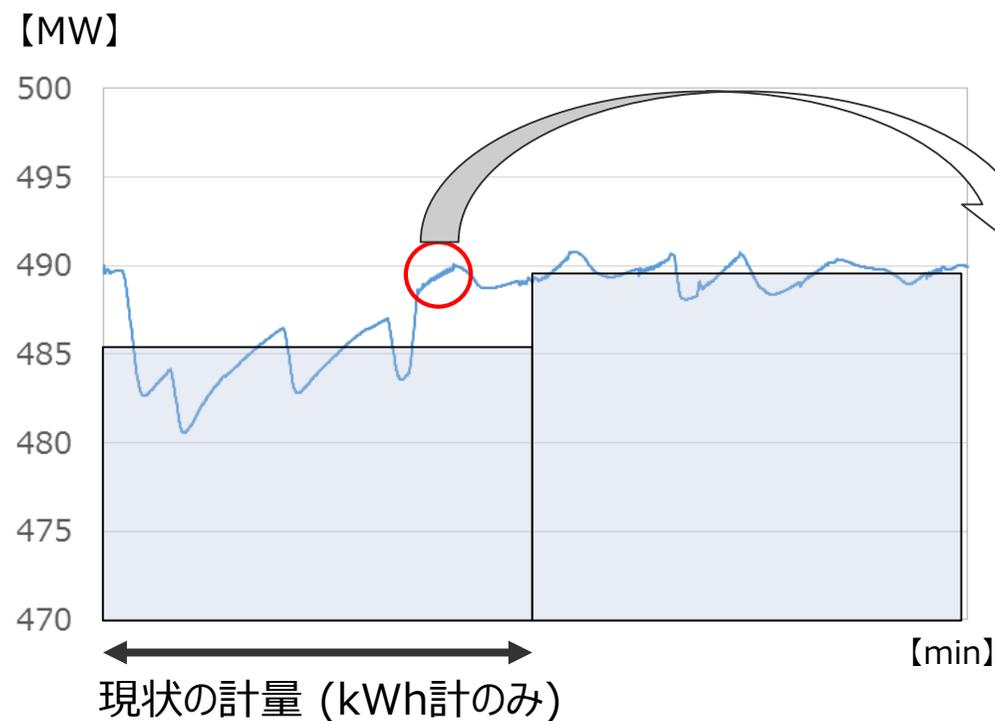
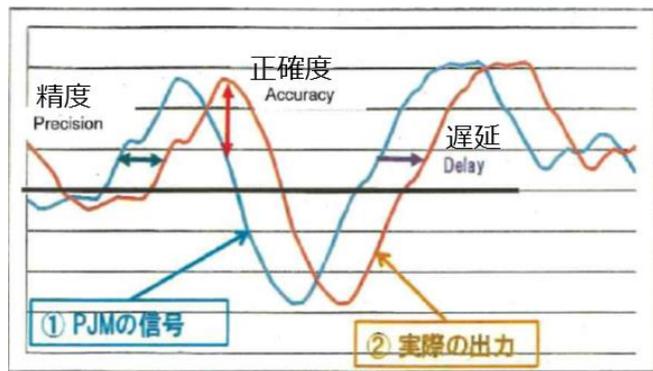
【⑤－４】

調整機能を活用できる状態にするための指令の出し方について検討する必要。

送配電事業者がオンラインで使用状態にできるようにするか、落札者が自ら使用状態とするルールを構築するか等。

- 現状は、左下図の箱のようにkWh計のみ存在
- 調整機能要件の通り指令に従っているかどうかの実績確認等を考慮すると、瞬時瞬時のkWを秒単位で運転実績を計量・記録し、データを蓄積することが必要となるか

(参考) 右のように3要素の応答性能成績に応じて、落札時・精算時にインセンティブを与える(PJM)



1. 作業会の設置の経緯等

2. 作業会における検討項目・スケジュール等

3. 現時点までの検討結果

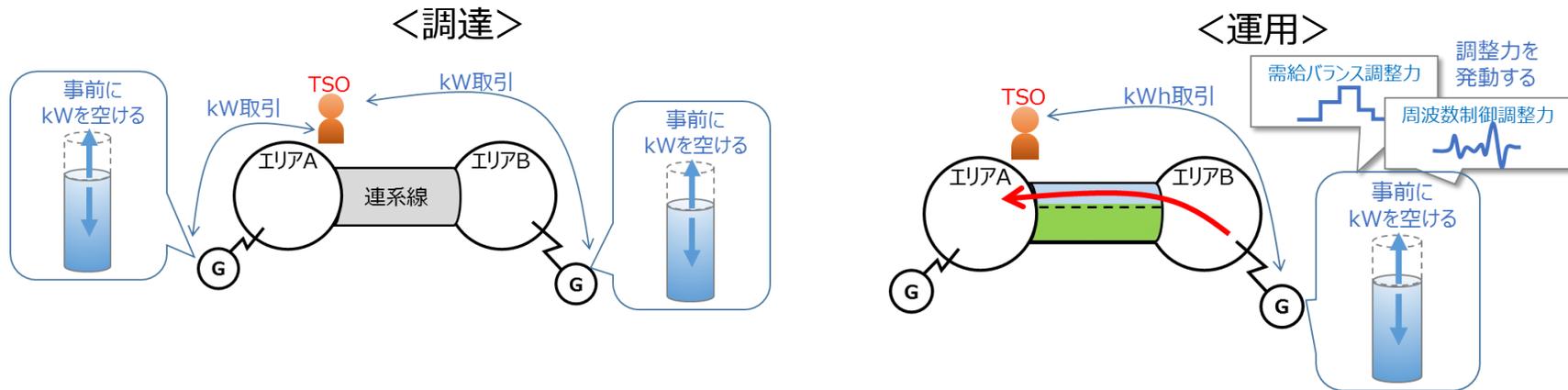
(1) 【項目③④】調整力細分化(区分)の仮置き

(2) 【項目⑤】細分化・市場化に伴い必要となる技術的な対応、ルール等の検討
(調達タイミングなど)

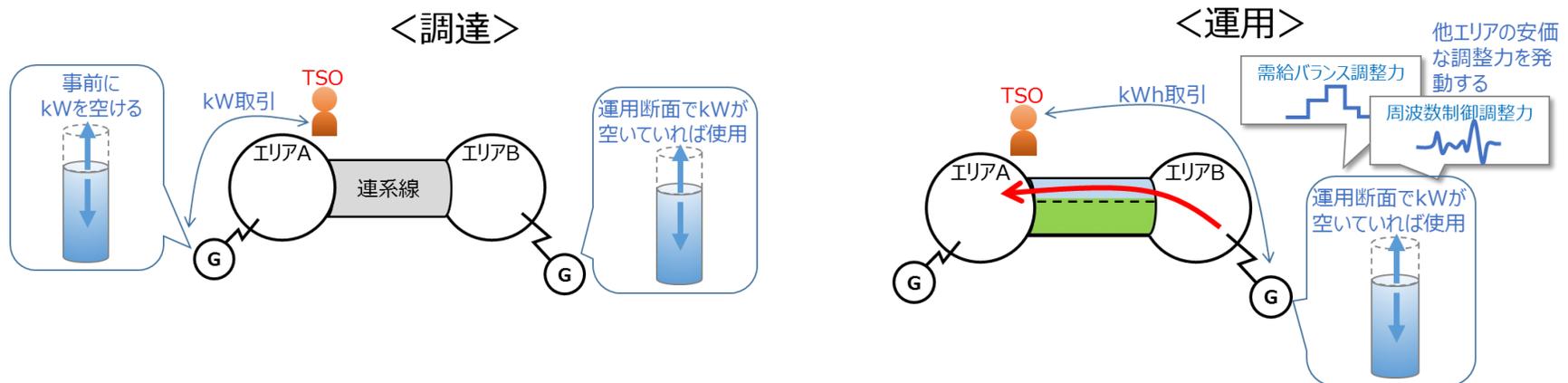
(3) 【項目⑧】広域的な調達・運用に対する技術的制約の抽出

- 第2回、第3回作業会において、以下の2つのケースに分け、広域的な調達・運用に対する課題の抽出を行った。
 - 「調達＋運用」：他エリアから調整力を調達し、調達した調整力の運用も行う。
 - 「経済運用のみ」：調達は自エリアのみで行い、経済性向上のために他エリアの調整力も活用し、運用を行う。

【調達＋運用】他エリアからkW調達し、調達した調整力のkWh運用も行う他社調達他エリア調整力は活用しない



【経済運用のみ】自エリアでのkW調達だが、経済性向上のために他エリアの調整力も活用し、kWh運用を行う



	番号	「調達＋運用」における課題
広域調達・運用を実現するための課題	⑧-1	・他エリア電源との制御ルートの構築
	⑧-2	・需給制御システムまたは広域機関システムの改修
	⑧-3	・1つの電源の複数機能を複数エリアから制御する場合の連携
広域調達によって調整力が偏在した場合の課題	⑧-4	・連系線分断時における調整力不足エリアの周波数制御(GF領域)への影響
	⑧-5	・連系線分断時における調整力不足エリアの周波数制御(LFC領域)への影響
	⑧-6	・連系線のフリンジ増加による影響

	番号	「経済運用のみ」における課題
広域調達・運用を実現するための課題	⑧-1	・他エリア電源との制御ルートの構築(同上)
	⑧-2	・需給制御システムまたは広域機関システムの改修(同上)
広域的なメリットオーダー運用における課題	⑧-7	・ELD(EDC)における広域的なメリットオーダー運用の方法
	⑧-8	・DPCにおける広域的なメリットオーダー運用の方法
	⑧-9	・EDC、DPC以外による広域的なメリットオーダー運用の方法

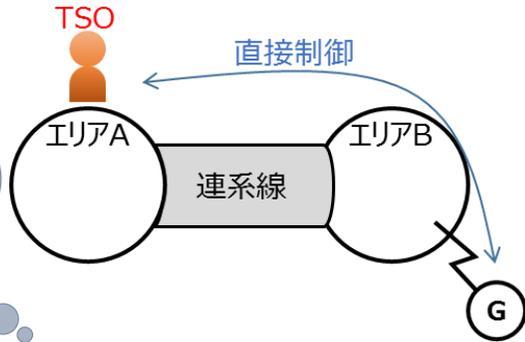
【⑧-1】他エリア電源との制御ルート構築

【⑧-2】需給制御システムまたは広域機関システムの改修

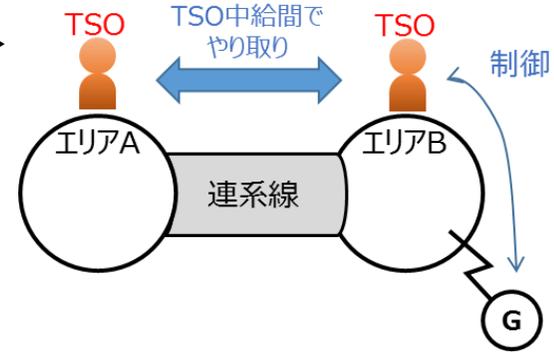
○ 他エリア電源への制御ルート構築方法および課題評価

＜A案＞

確保していない他社調達他エリア電源を直接制御することは考えにくい
ため、A案は【調達+運用】面のみが該当か



＜B案＞



A : 他エリア電源を自エリア中給から直接制御

- ▲ : 通信ルート構築が必要であり、調達可能性のある電源全てが対象となる
- ▲ : 各社中給からの制御信号が異なる中、発電機側がすべてのエリアTSO中給に対応する必要あり（動作検証・精算のための動作データや記録データの連携も含む）
⇒[次ページに詳細](#)

B : 他エリア電源を他エリア中給から制御

- : 通信ルート構築不要
- : 各社中給からの制御信号方式が異なっても問題ない（動作検証・精算のための動作データや記録データはTSO間で連携すればよい）
- ▲ : ただし、各TSO中給間が、制御分担量を受け渡しできる必要あり（特に、エリア毎に信号の形式が異なるLFCが困難）⇒[次ページに詳細](#)

○ 需給制御システム改修面での課題評価

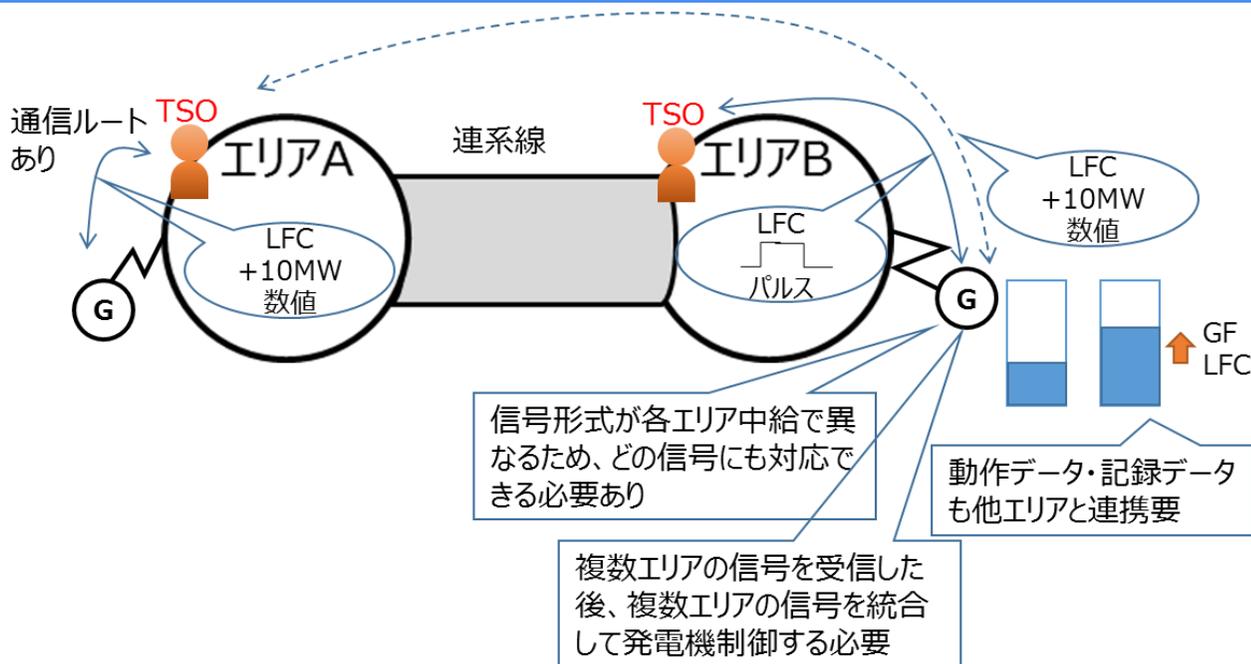
A : 他エリア電源を自エリア中給から直接制御

- △ : <複数エリア分の統合制御> 制御対象発電機が、自エリアと他エリアからの指令を統合して制御する必要あり
⇒[次ページに詳細](#)
- △ : TBC制御のP0に他エリア電源による制御分を反映させる等のシステム改修要
- △ : 他エリア電源を制御することによる伝送・制御遅れがないこと（特にLFC）

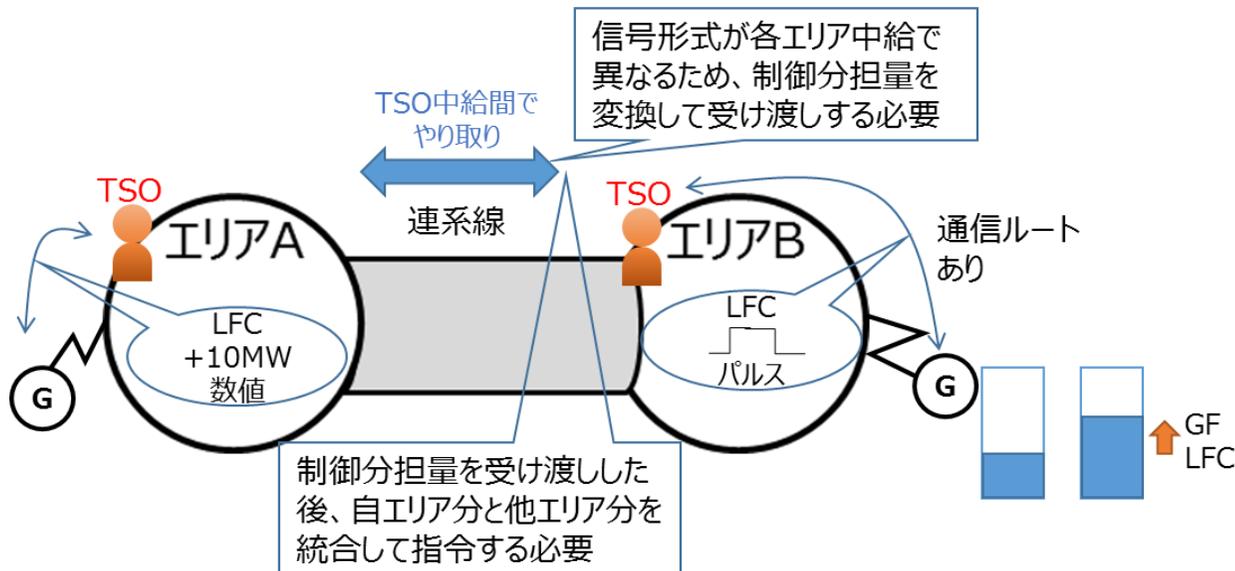
B : 他エリア電源を他エリア中給から制御

- △ : <複数エリア分の統合指令> 各TSO中給が、自エリアと他エリアの制御量を統合して指令する必要あり
⇒[次ページに詳細](#)
- △ : 同左
- △ : TSO中給間のやりとりを介することによる伝送・制御遅れがないこと（特にLFC）

<A案>



<B案>



<LFC>

○周波数制御方式には、FFCとTBCがある
TBC制御の考え方

(TBC:Tie line Bias Control)

「自エリアで発生した需給不均衡は、自エリアが責任を持って調整する」

制御量 (AR:Area Requirement)

$$AR = -K \cdot P \cdot \Delta f + (Pt - P0)$$

周波数変動からわかる、見かけ上の自エリアの需給不均衡量 (例)50MW
 連系線潮流からわかる、結果的に他エリアから応援を受けている量 (例) 10MW

制御方法

制御量 (AR) を 0 にするように中央給電指令所から自動制御
 (計算間隔は0.5s)

↓
 制御必要量は、60MW

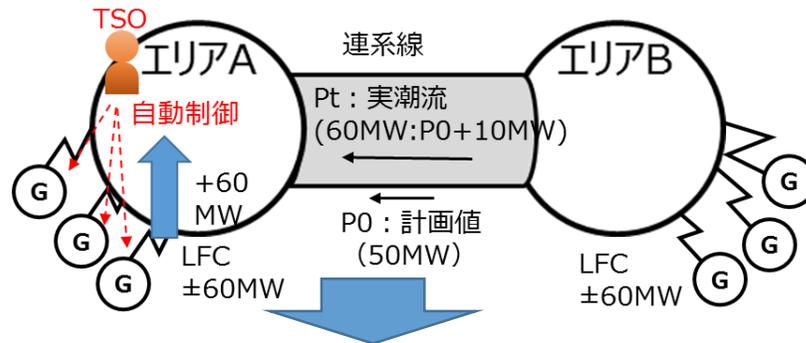
※K:系統定数[%/0.1Hz]
 P:エリア総需要[MW]
 ΔF:周波数偏差[Hz]

ケース：平常時

【現状】

周波数 

(ARを0に合わせにいこう集中制御)



【広域調達 + 運用】

(他エリアLFC指令分をARに反映させてから、ARを0に合わせにいこう集中制御)

課題

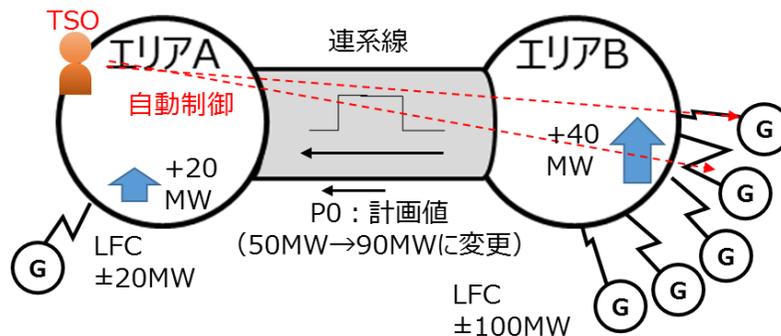
他エリア調達のLFC指令分を、リアルタイムでARに反映させるシステム改修が必要 (例えば、計画値(P0)変更する等)

【経済運用のみ】も同様の課題あり

例：計画値(P0)変更に対応する場合

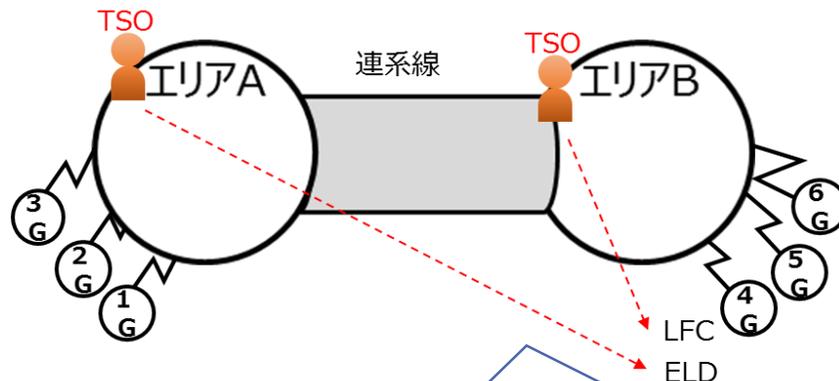
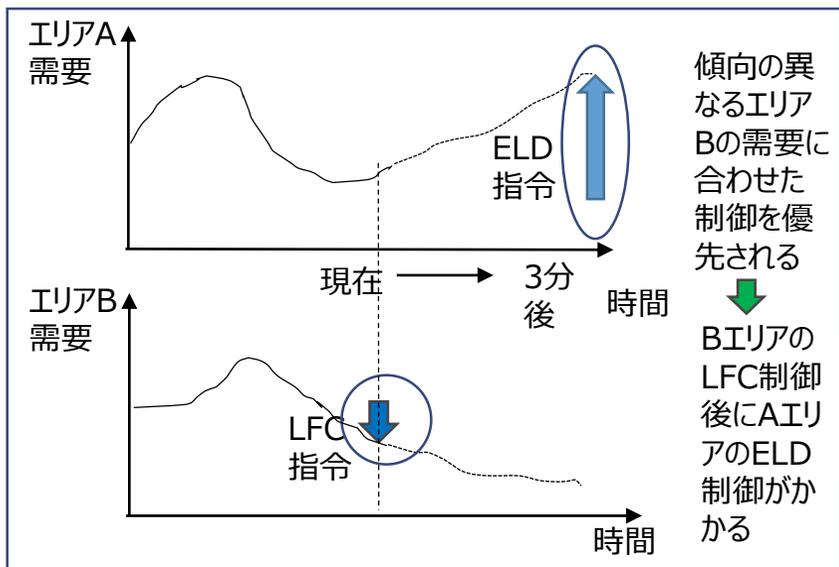
ELD・DPC (手動)・箱型も同様だが、LFCは特に、制御間隔が短いので伝送遅れの影響を受けやすく、また制御信号の違い (スライド26参照) があるため難易度高

周波数 



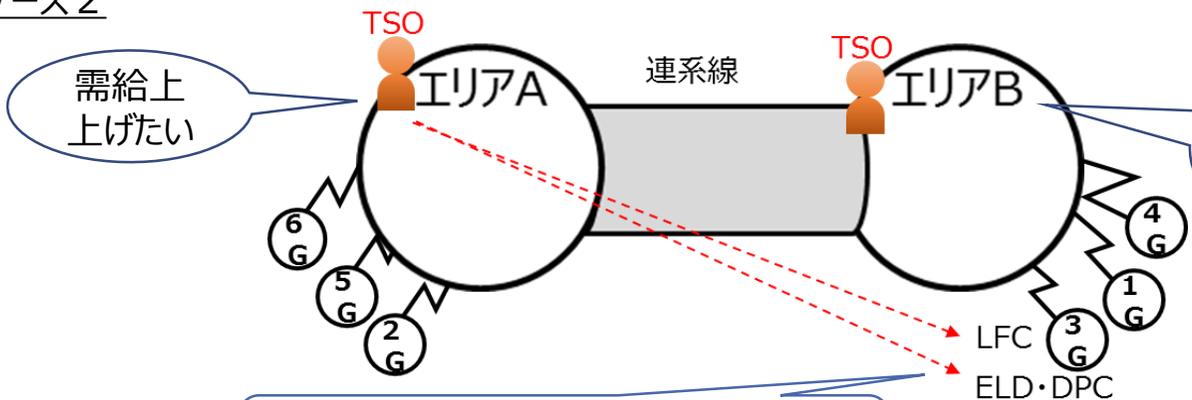
【広域調達+運用】 **課題**：複数TSO間で連携をとる必要あり

ケース1



(ELDを広域調達する場合)
LFC信号優先であるため、エリアAは出力を上げたくても、エリアBの需要に応じた逆方向のLFC制御がかかる
⇒不要な制御により、目的の制御が遅れる

ケース2



(いずれの機能の場合でも)
複数TSOで発電機の制御目的が異なる

系統制約があるため
下げたい

- 系統制約発生時の例
- ・1回線線路停止時
 - ・系統切替による位相差調整時
 - ・潮流調整時

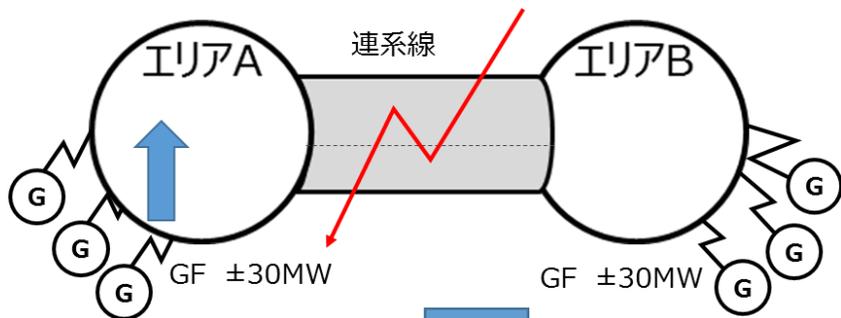
<GF>

ケース：連系線分断時

【現状】

周波数 
(平常どおりの周波数変動)

エリア内でGF必要量を確保しているため、連系線事故前の周波数変動水準を維持できる

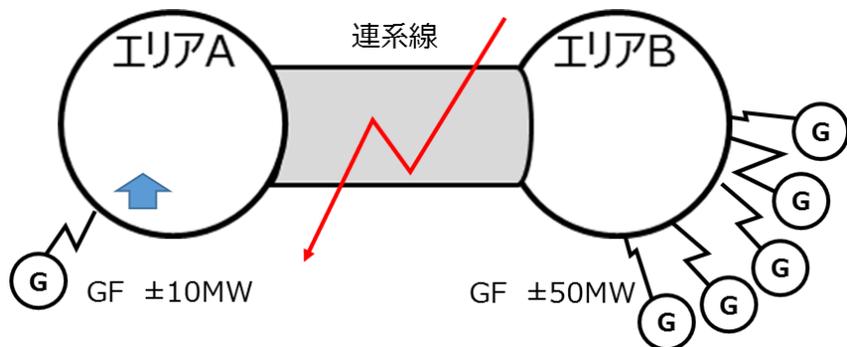


課題

【広域調達+運用】

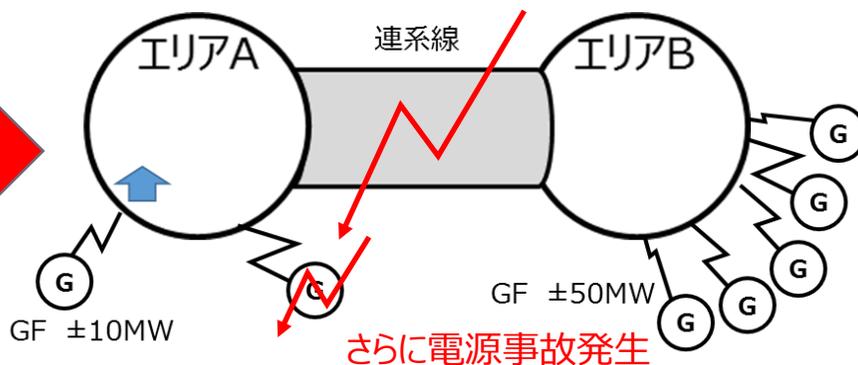
周波数 
(周波数変動が大きくなる)

エリア内でGF必要量を確保していないため、連系線事故前の周波数変動が大きくなる



課題

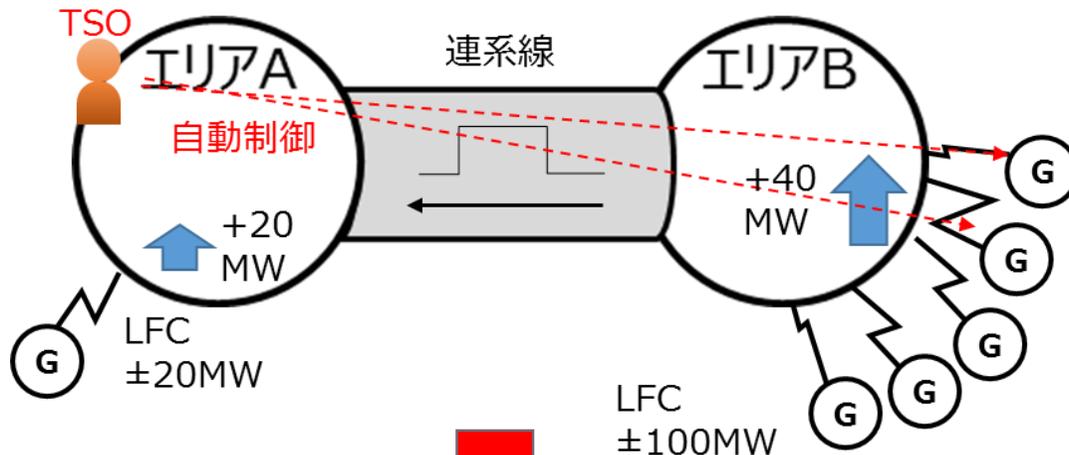
周波数 
GF量不足のため系統崩壊(大停電)に至る可能性



<LFC> ケース：平常時

【広域調達+運用】

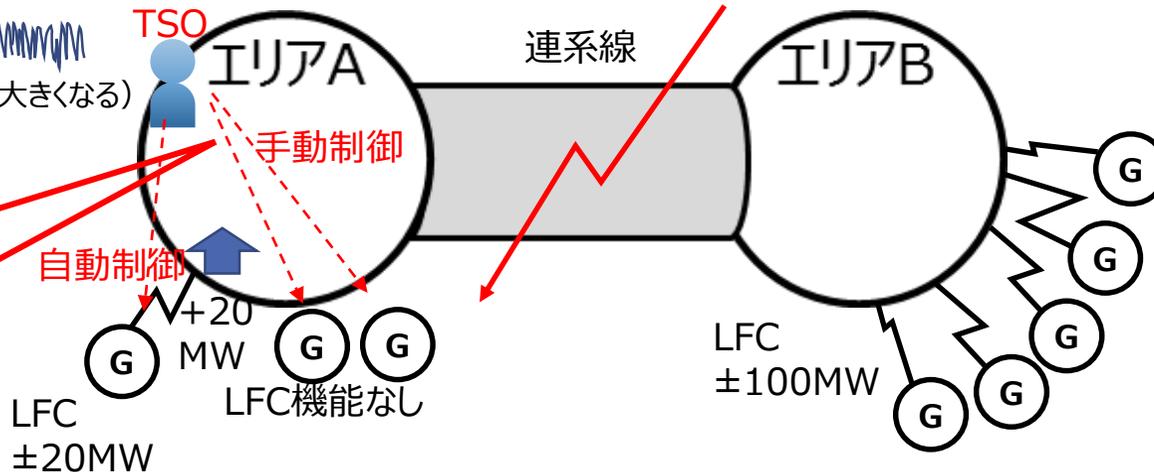
周波数 



ケース：連系線分断時

【広域調達+運用】

周波数 
(周波数変動が大きくなる)



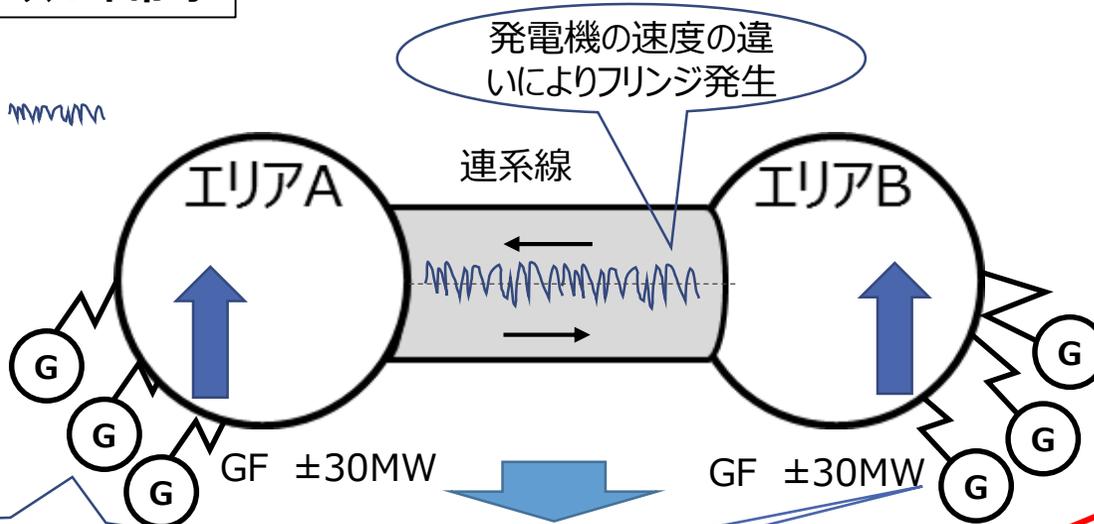
課題

確保していたエリアBのLFCが使えなくなるため、エリアAのLFC機能のない発電機を使って、LFC領域の秒単位の制御を、手動で行う（手動LFC）と周波数変動が大きくなる

<GF> ケース：平常時

【現状】

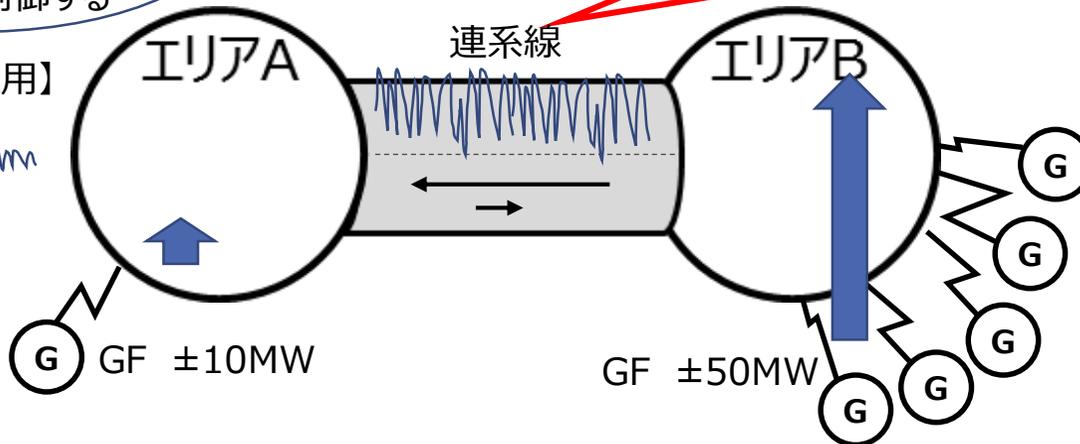
周波数 



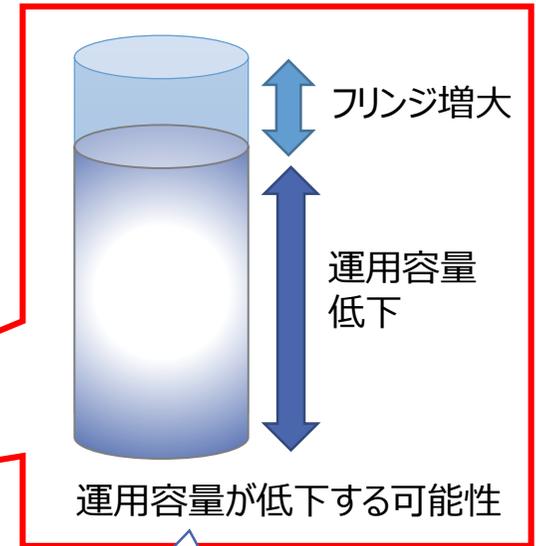
周波数変動に合わせて、各発電機が標準周波数(60Hz)に合わせてGF制御する

【広域調達+運用】

周波数 

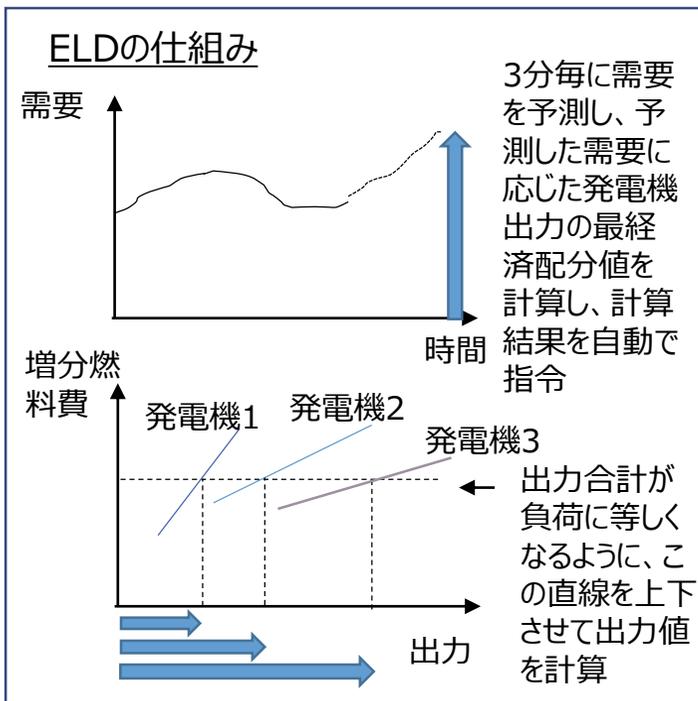


課題

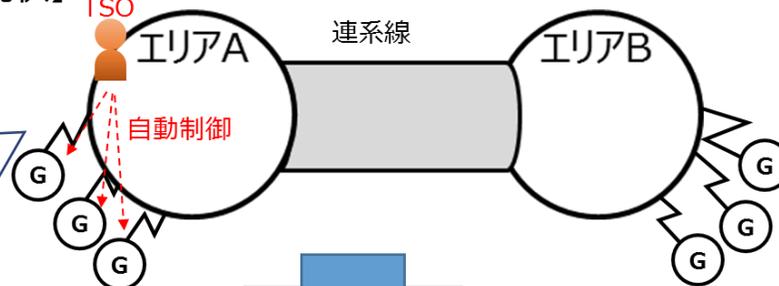


【経済運用のみ】の場合は、現状と同じく、周波数変動に合わせてエリア内外を問わずGFが動作するため、課題なし（ただし、交流系統内のみ）

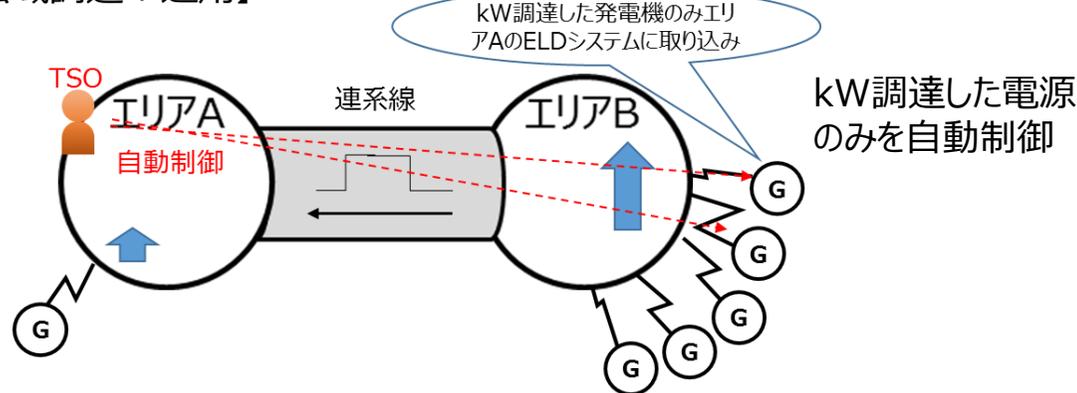
<ELD (自動) 運用>



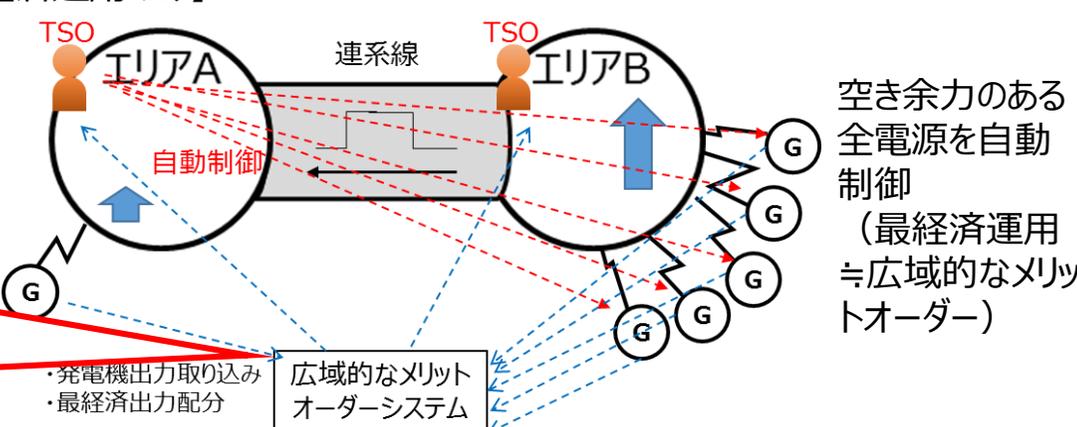
【現状】



【広域調達+運用】



【経済運用のみ】



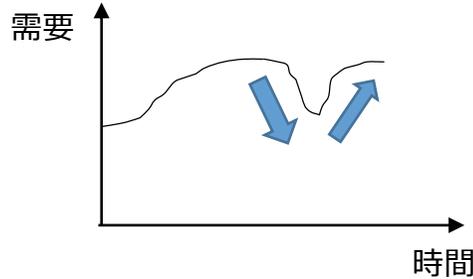
課題

各エリアの全発電機の増分燃料費カーブとリアルタイムの出力を取り込み、数分おきの出力値に応じた発電機出力の最経済配分を計算し、発電機に自動で指令するための、連系線容量制約も考慮した広域的なメリットオーダーシステムを新たに構築する必要

【⑧-8】DPCにおける広域的なメリットオーダー運用の方法

<DPC (手動) 運用>

DPC (手動) の用途 (現状の運用)



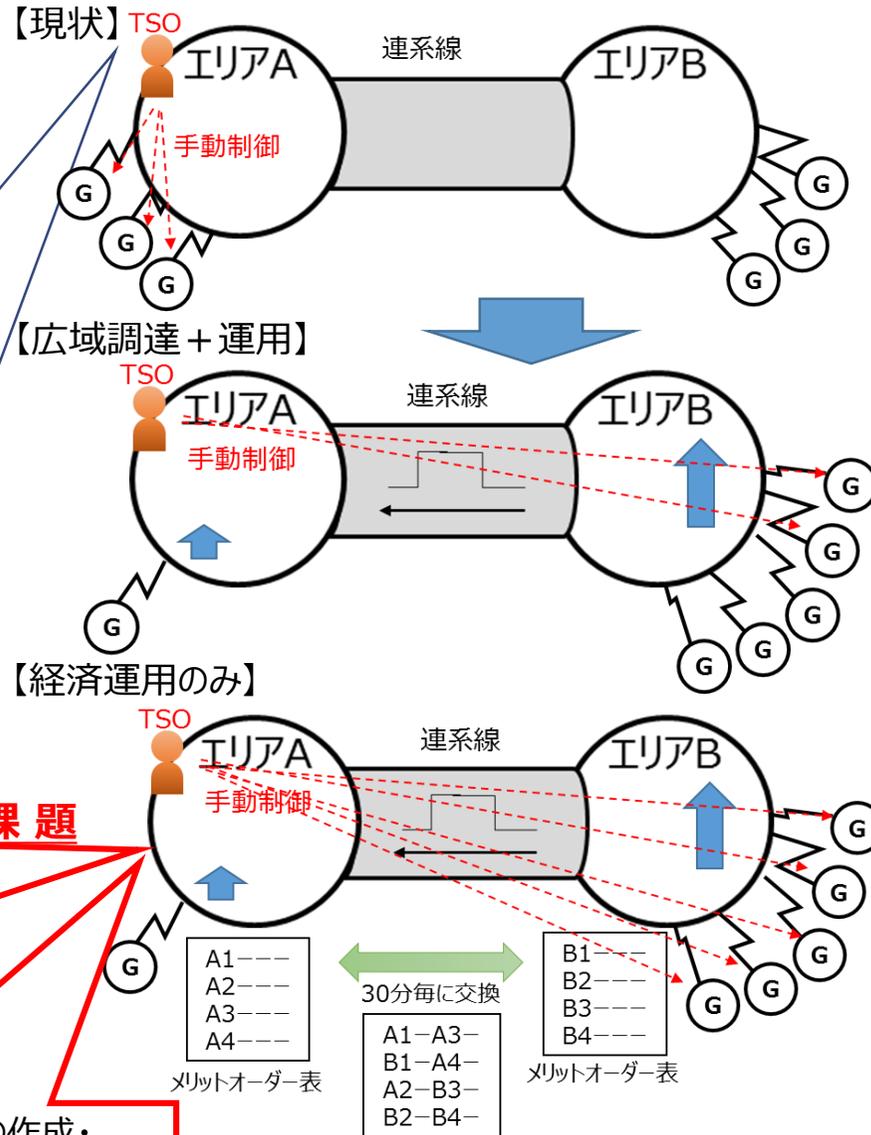
- ・急峻な需要変動時、最経済配分では需要変動に対して、発電機のスピードが追いつかない場合
- ・事故時、出力を最大限増加させたい場合、指令値を手動で入力し、制御する
⇒自動制御による最経済運用とできないケースもある

- ・各エリアでメリットオーダー表の作成
 - ・作成したメリットオーダー表の交換方法
 - ・他エリア用に、自エリアの調整力をリリースする判断基準 等
- が必要

課題

30分コマレベル以下でメリットオーダー表の作成・交換・経済差替の事前計算を行うことは非現実的か

課題



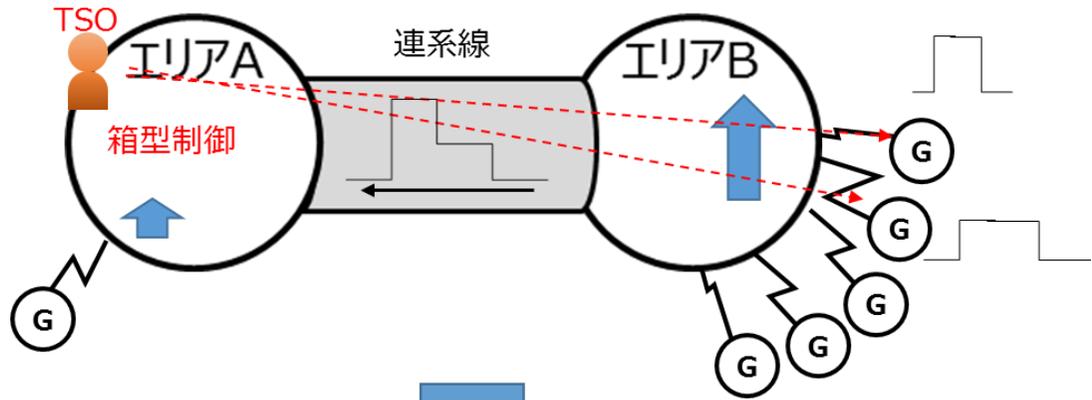
kW調達した電源のみを手動制御

空き余力のある全電源に対し、手動で広域的なメリットオーダー運用を行うのは不可能なため、メリットオーダーリストにより経済運用を行う

【⑧-9】ELD、DPC以外による広域的なメリットオーダー運用の方法

＜箱型運用※＞ ※経済性を目的とした調整力融通30分計画値

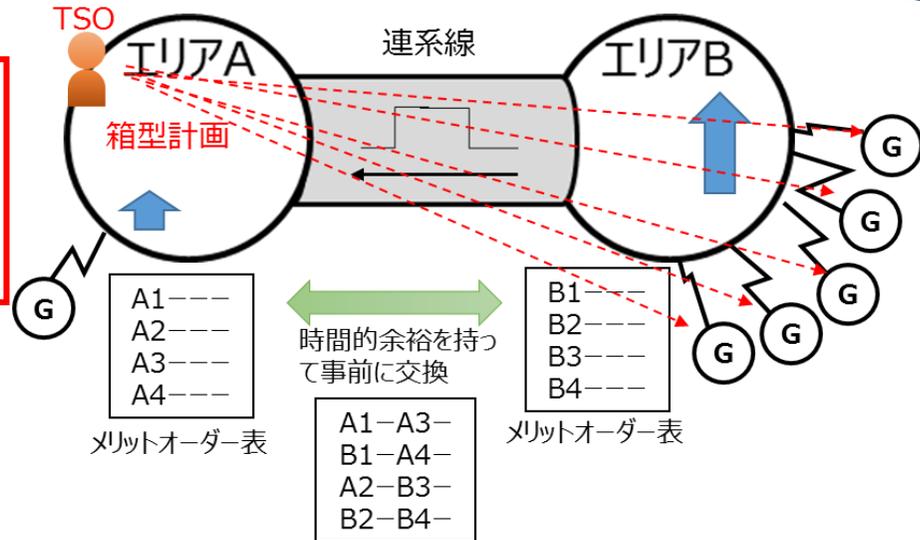
【広域調達+運用】



【経済運用のみ】

課題

- ・各エリアでメリットオーダー表の作成
 - ・作成したメリットオーダー表の交換方法
 - ・他エリア用に、自エリアの調整力をリリースする判断基準 等
- が必要



人間系での対応であるため、
厳密なメリットオーダーでない
ことを許容

空き余力のある全電源に対し、
手動でメリットオーダーリストにより
経済運用を行うのは実務上、時間
的に困難なため、箱型計画値により
事前準備により対応（時間的余
裕のあるときのみ）の対応となるか）