

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

2017年5月26日

調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 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) 調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出
 - (3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

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) 調整力細分化(区分)の仮置き

(2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出

(3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

- 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)】

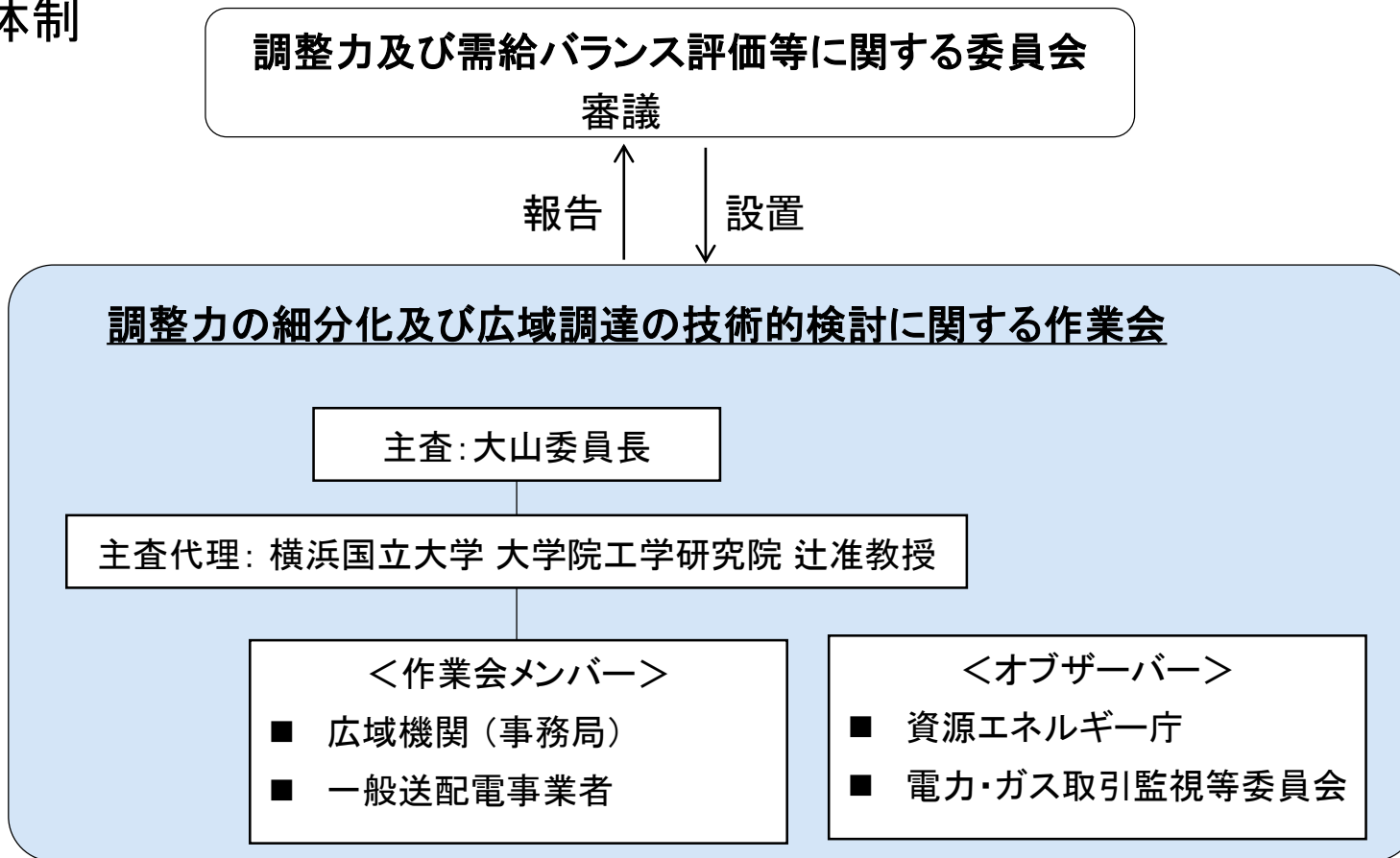
- 国から、2020年度を目安に需給調整(リアルタイム)市場を創設する方針が示されており、また、その検討においては、広域機関が技術的検討を担当し、資源エネルギー庁、電力・ガス取引監視等委員会と一体的に検討を進めることとなった。
- 調整力のあり方を検討している本委員会において、同市場創設に向けた技術的検討を行っていくこととした。
※本委員会(第4回)では、事務局から、調整力の公募や需給調整(リアルタイム)市場の創設に向けて、調整力の細分化について検討を行っていくことを提案済み。
- この検討にあたっては、各エリアの調整力電源の制御方式、運用実務、DRなど需要側資源の制御方式などの技術的な面を十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

【主査】

大山 力 横浜国立大学大学院 工学研究院 教授

【主査代理】

辻 隆男 横浜国立大学大学院 工学研究院 准教授

【メンバー】

福田 拓広 東京電力パワーグリッド株式会社 系統運用部
系統運用技術グループ グループマネージャー

佐藤 幸生 中部電力株式会社 電力ネットワークカンパニー 系統運用部
給電計画グループ スタッフ課長

中瀬 達也 関西電力株式会社 電力流通事業本部
給電計画グループ チーフマネージャー

(敬称略)

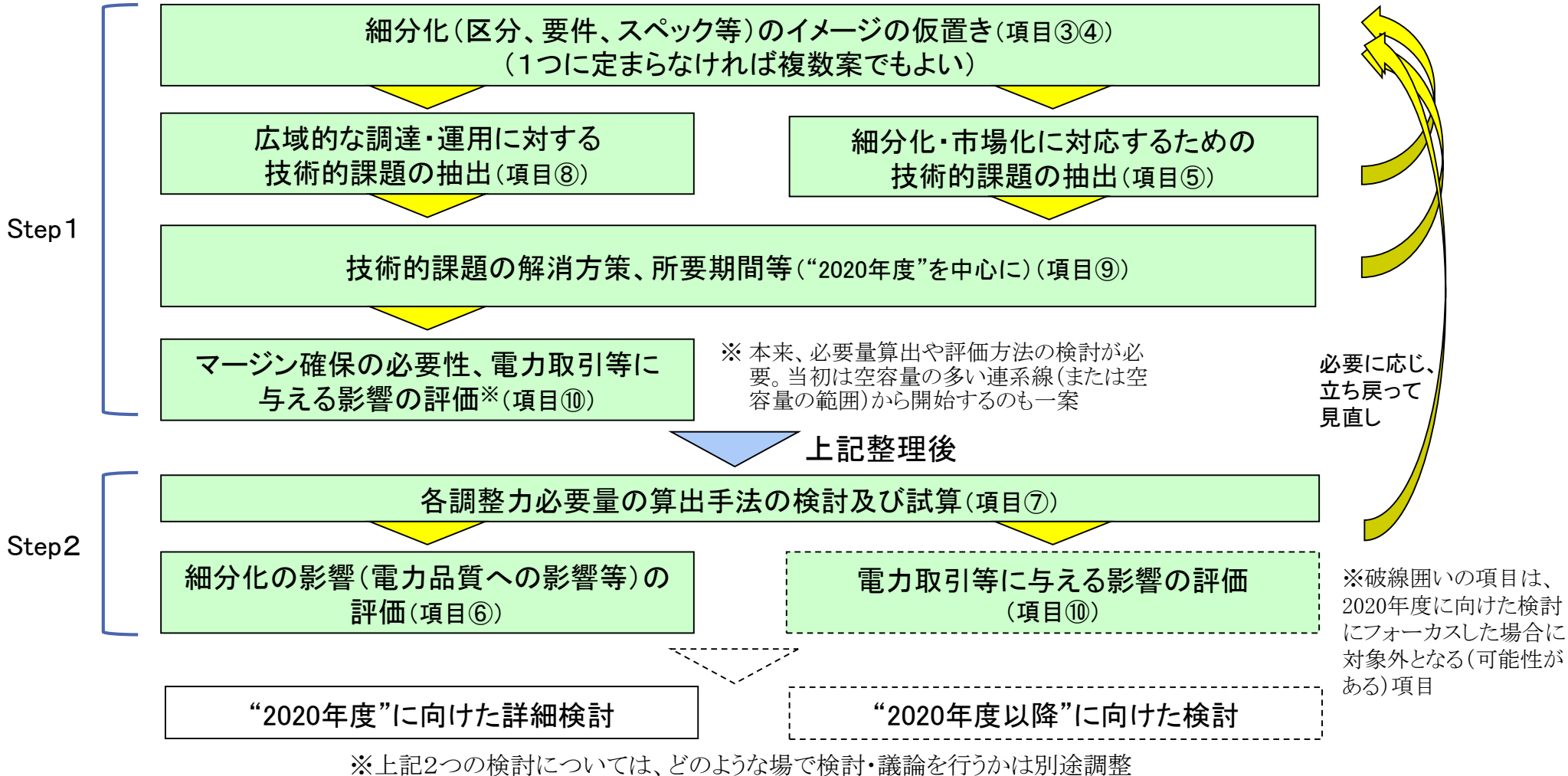
1. 作業会の設置の経緯等
2. 作業会における検討項目・スケジュール等
3. 現時点までの検討結果
 - (1) 調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出
 - (3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

- 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するが、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、技術的課題の抽出等を始め、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・市場化に対応するための技術的課題の抽出	⑤
		技術的課題の解決方策、所要期間等	⑨
		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課題の抽出	⑧
		技術的課題の解消方策、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)



- 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: 15px; 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>
【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				

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) 調整力細分化(区分)の仮置き

(2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出

(3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

作業会における現時点までの検討結果について

- 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。
 - ・ 調整力細分化(区分)の仮置き【項目③④】
 - ・ 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出【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。

※【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)

現時点までの検討結果(概要)

○ 調整力の細分化(区分)

- ・3つの区分(それぞれ上げ/下げ別)に仮置き ⇒ 一次調整力(GF相当)、二次調整力(LFC相当)、三次調整力(その他)

○ 調整力の細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出

(抽出された課題)

- ・機能、調達期間を細分化した場合における商品間(一次⇒一次、一次⇒二次など)の機能の受け渡し
- ・各調整力の状態監視の方法、動作実績の確認・計量の方法とその粒度
- ・発電機の起動準備時間による調整力調達タイミングの制約

○ 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

(抽出された課題)

- ・需給調整システムの改修や他エリア電源への制御ルート構築
- ・1つの電源の複数機能を複数エリアから制御する場合における一般送配電事業者間の連携
- ・市場調達の結果、調整力が特定のエリアに偏在した場合の連系線運用容量への影響や一般送配電事業者の周波数制御・需給バランス調整への影響
- ・調整力の広域的なメリットオーダー運用の方法

(今後の検討予定項目)

- ・技術的課題の解消方策、所要期間等
- ・調整力の広域調達・運用を行う場合の-margin確保の必要性、電力取引等に与える影響
- ・各調整力必要量の算出手法

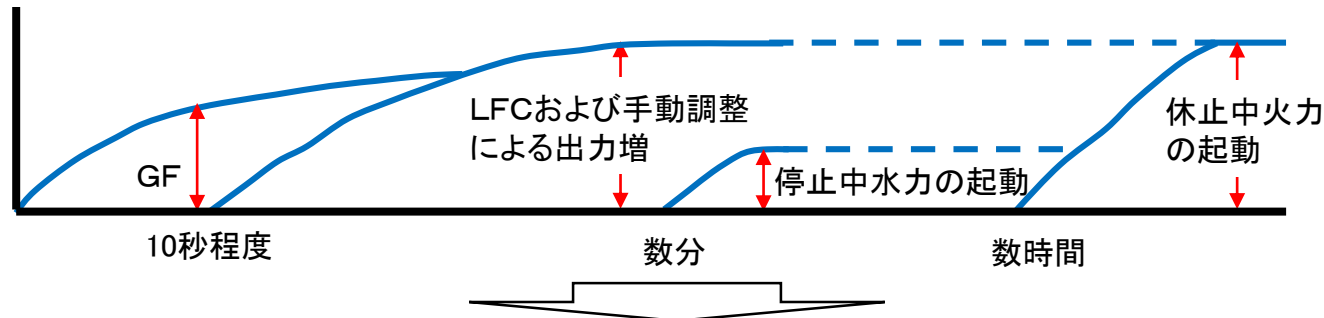
など

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) 調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出
 - (3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

(1) 調整力細分化(区分)の仮置き【項目③④】

- 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、調整力の広域的な調達・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(技術的課題の解消方策等)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、技術的な課題が解消できず、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) 調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出
 - (3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出

■ 第2回、第3回作業会において、細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出を行った。

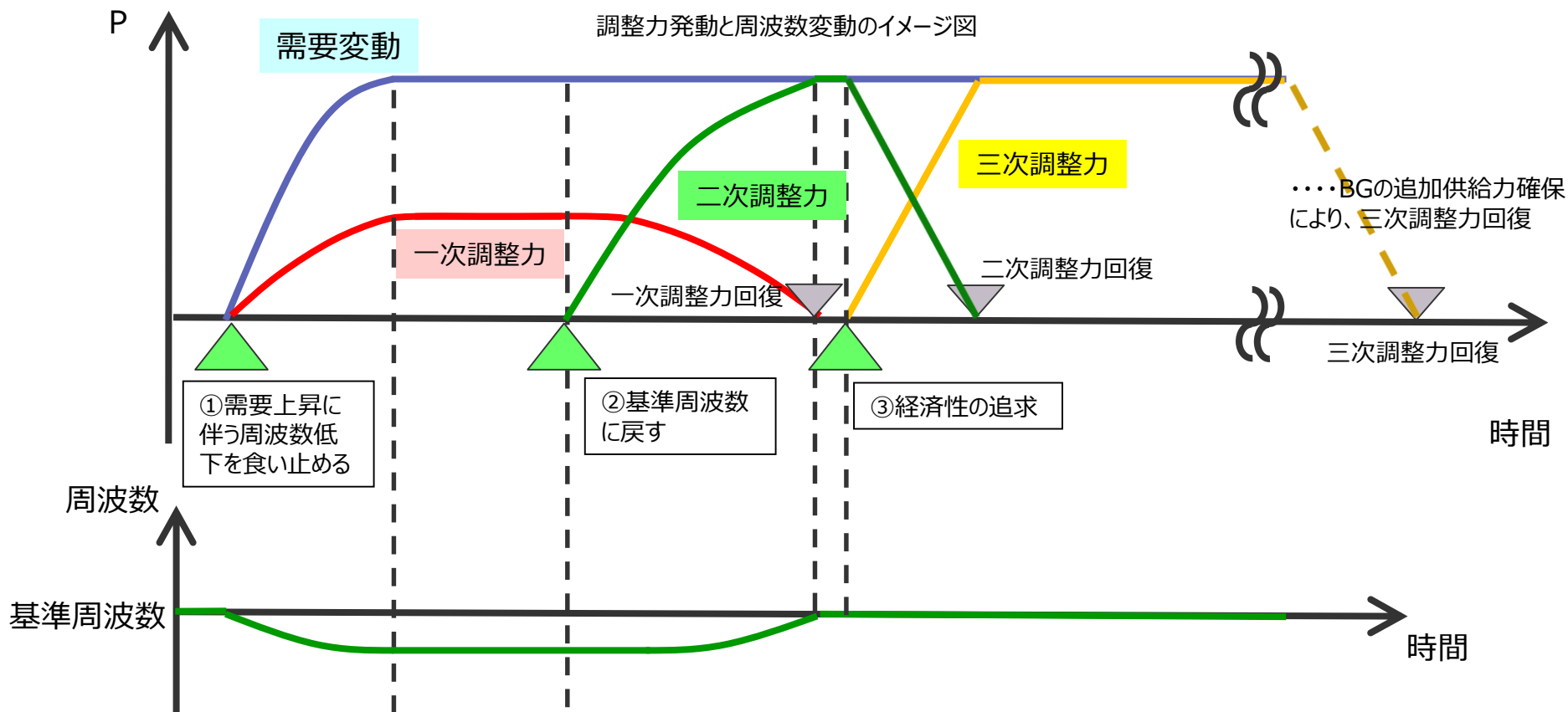
	番号	検討すべき課題
細分化に伴う課題	⑤-1	・機能を細分化しそれぞれを別の電源等で確保した場合における機能の境目の受け渡し
	⑤-2	・上げ下げ別調達によるkWh費用の差額の発生
	⑤-3	・二次調整力の変化速度による更なる調整力細分化の要否
	⑤-4	・GF機能ロック時のLFC運用可否等、既設電源の制御への影響
	⑤-5	・発電機等の指令・制御方法と単位
	⑤-6	・離散制御と連続制御それぞれの割合や立上り・立下り時間、継続時間等
	⑤-7	・調整力として確保した電源等の調整機能が活用できる状態にあるか確認できる機能
	⑤-8	・調整機能を活用できる状態にするための指令の出し方(系統運用者or調整力提供者)
	⑤-9	・制御システムのセキュリティ
	⑤-10	・調整力を提供する発電機等の出力の実績記録・計量方法
市場化に伴う課題※	⑤-11	・調達のタイミング(期間)を細分化した場合における調達期間を跨ぐ機能の受け渡し
	⑤-12	・発電機の起動準備時間による調達タイミングの制約

※ 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

【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機能間(一次・二次・三次)の受け渡し(理想的な制御の受け渡し例)

理想的な制御の受け渡し例 (需要上昇時)

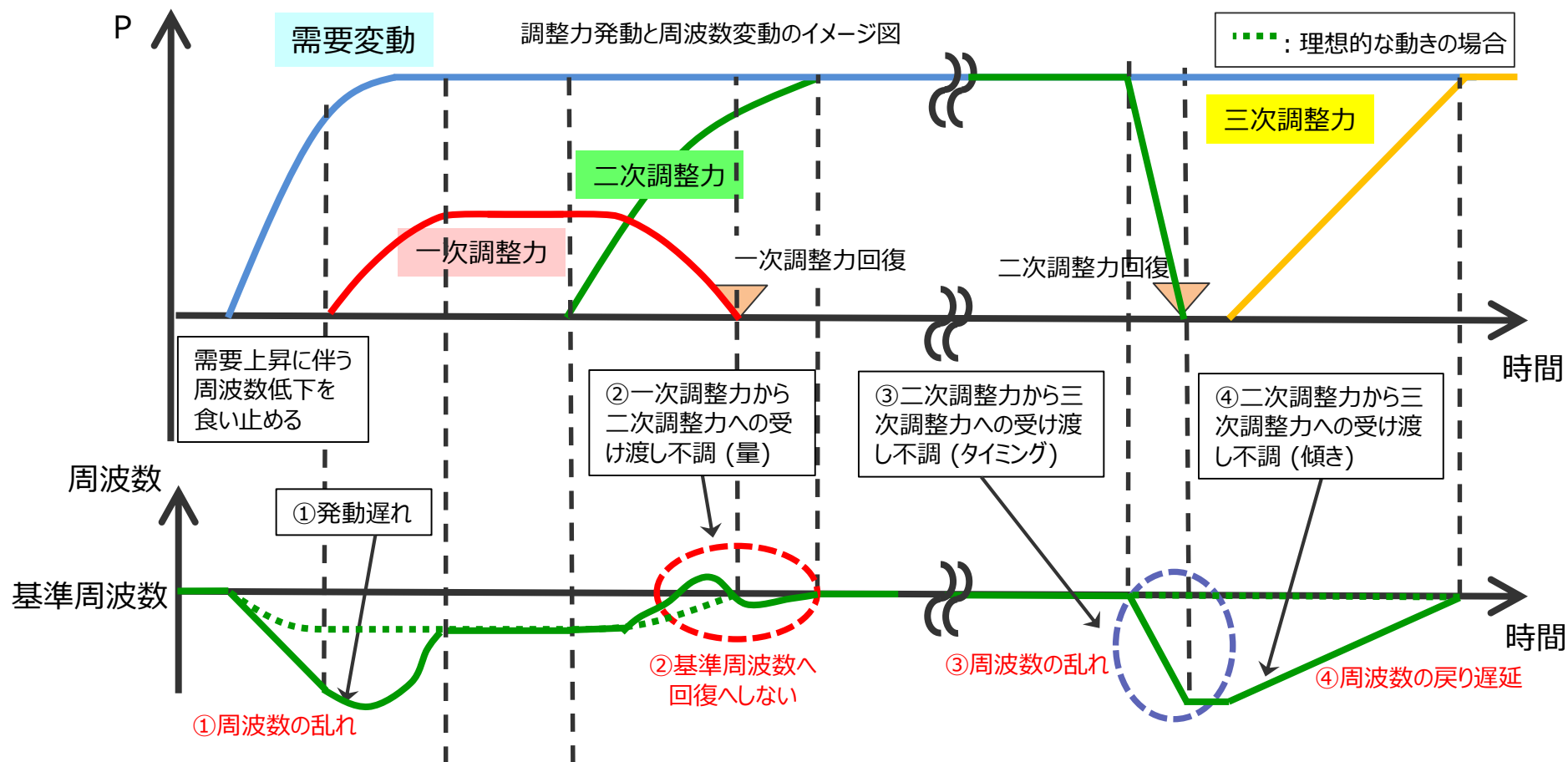
- ① 一次調整力を活用し、周波数低下を食い止める制御を実施。
- ② 二次調整力を活用し、周波数を基準周波数に回復させる【一次調整力から二次調整力への受け渡し】
⇒一次調整力を回復させ、次の事象に備える。
- ③ 三次調整力を活用し、発電機出力を指令。経済的な持ち替えを実施【二次調整力から三次調整力への受け渡し】
⇒二次調整力を回復させ、次の事象に備える。



【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機能間(一次・二次・三次)の受け渡し(受け渡し不調等の例)

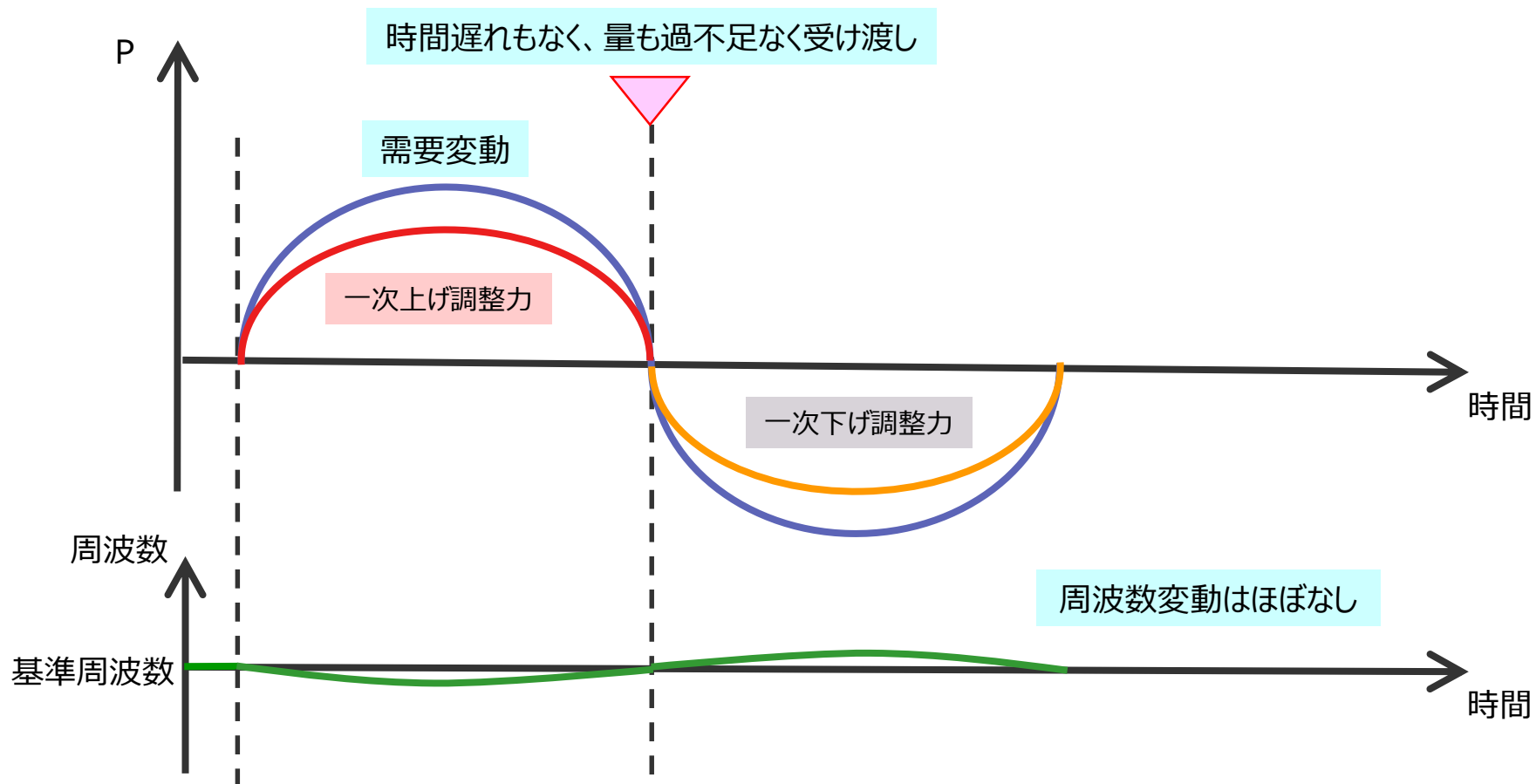
受け渡し不調等の例 (需要上昇時)

- 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調整力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(発動中の調整力の息切れや発動の遅れ等)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。



需要変動を起因とする周波数変動に対して上げ下げ調整力が遅れなく発動し、受け渡しも過不足なく行われる

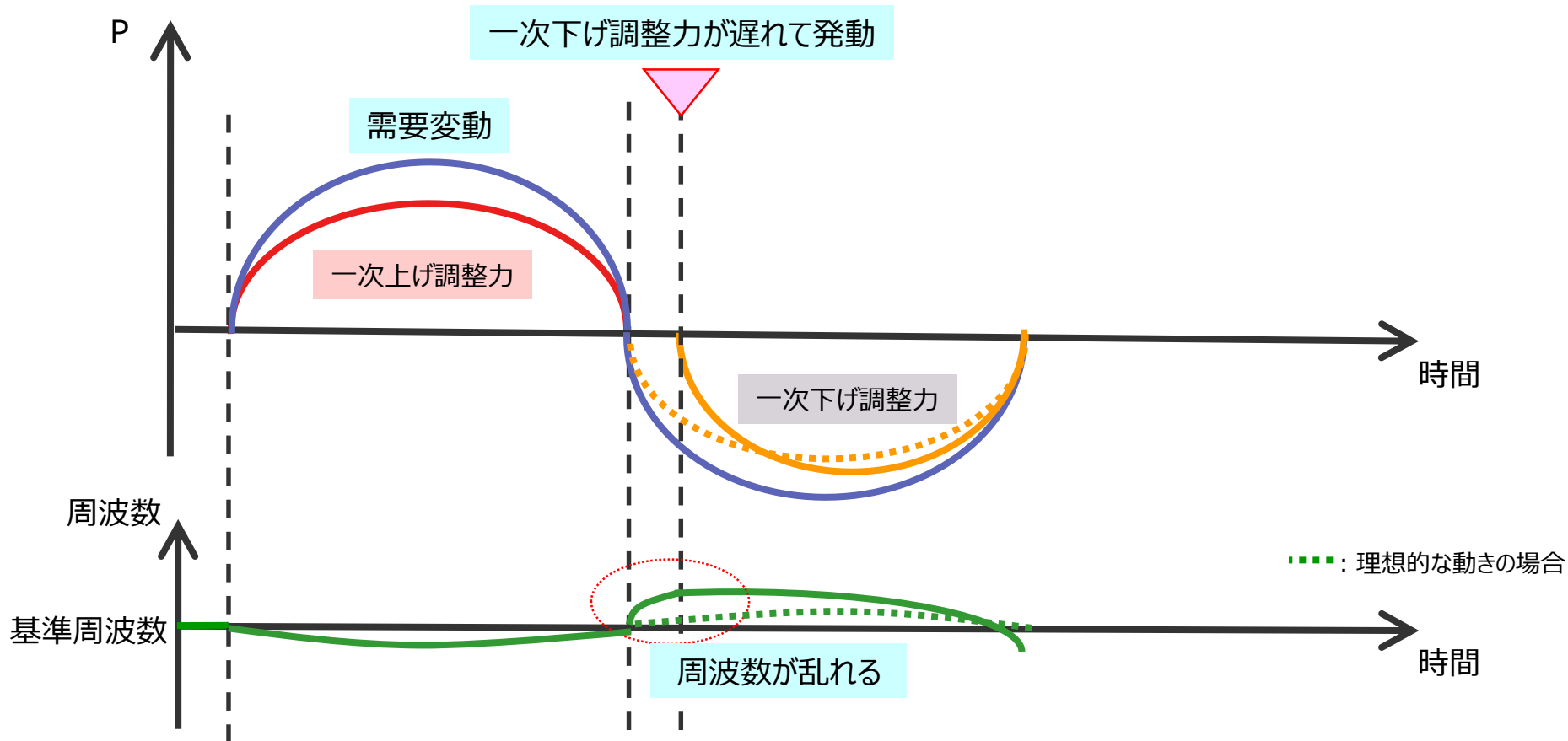
調整力発動と周波数変動のイメージ図



調整力発動に時間遅れがある場合、以下のような懸念がある。

- 不要に周波数が乱れる

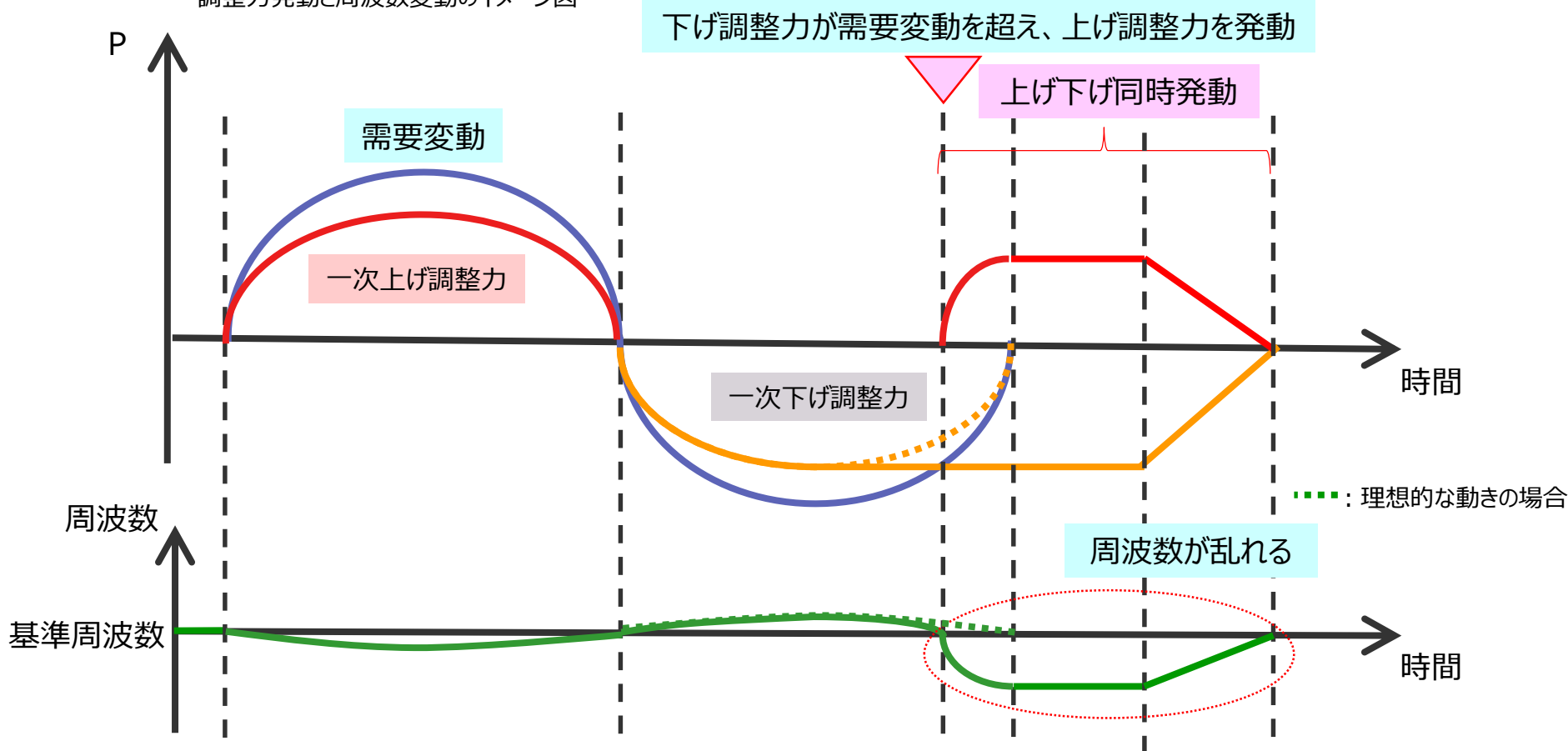
調整力発動と周波数変動のイメージ図



上げ(下げ)調整力の戻し制御不可の場合、以下のような懸念がある。
(周波数に追従せず、指令解除によりレートで制御量0に戻す場合等)

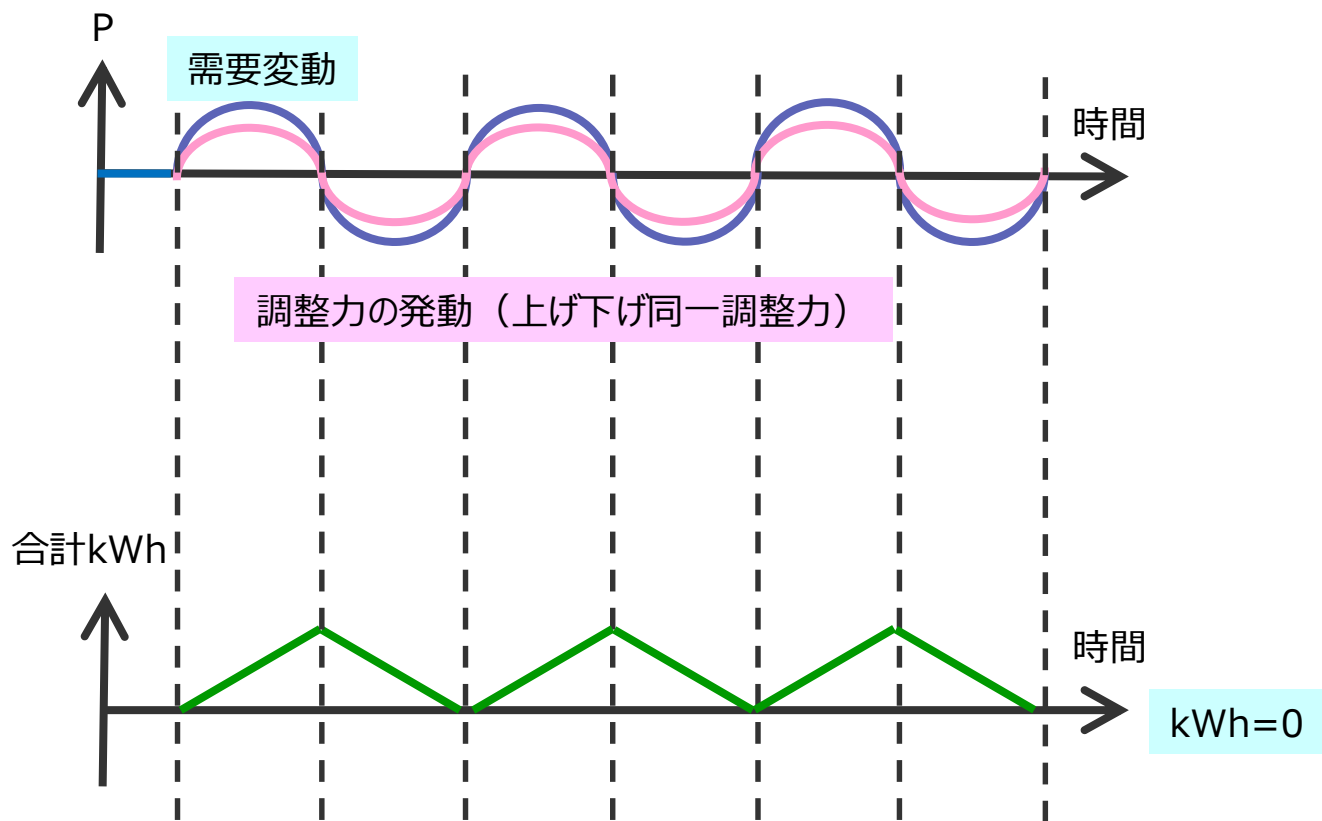
- 戻るまで逆方向の調整力を発動させる必要があり、調整力の発動量が増加
- 受け渡しができない
- 不要に周波数が乱れる

調整力発動と周波数変動のイメージ図



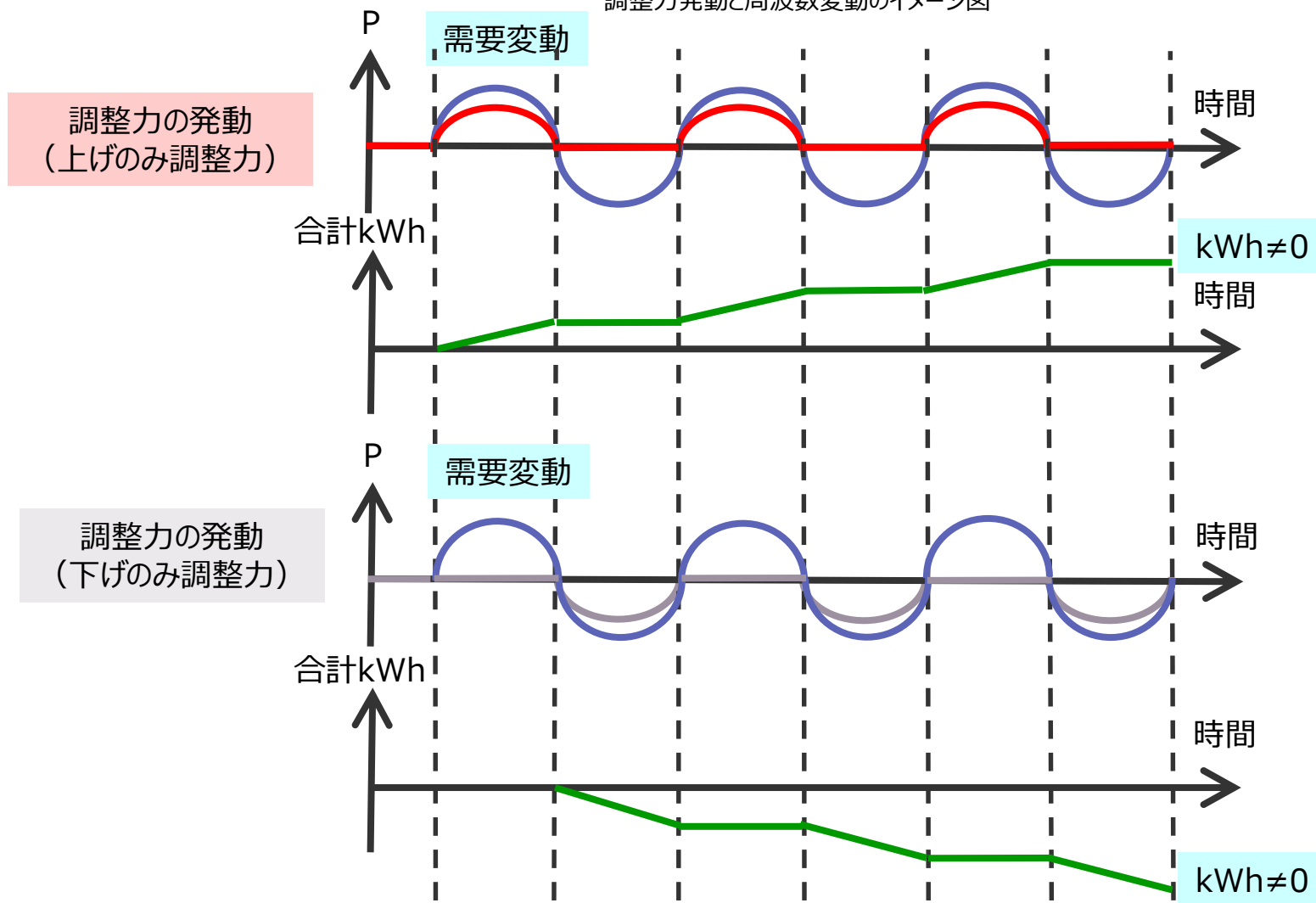
上げ下げ調整力を同一設備で調達とすることにより、積算kWhはほぼ発生しない。

調整力発動と周波数変動のイメージ図



上げ下げ調整力を別調達とすることによる固有の課題として、積算kWhが発生することから、需給調整費用が増加する恐れがあるか。

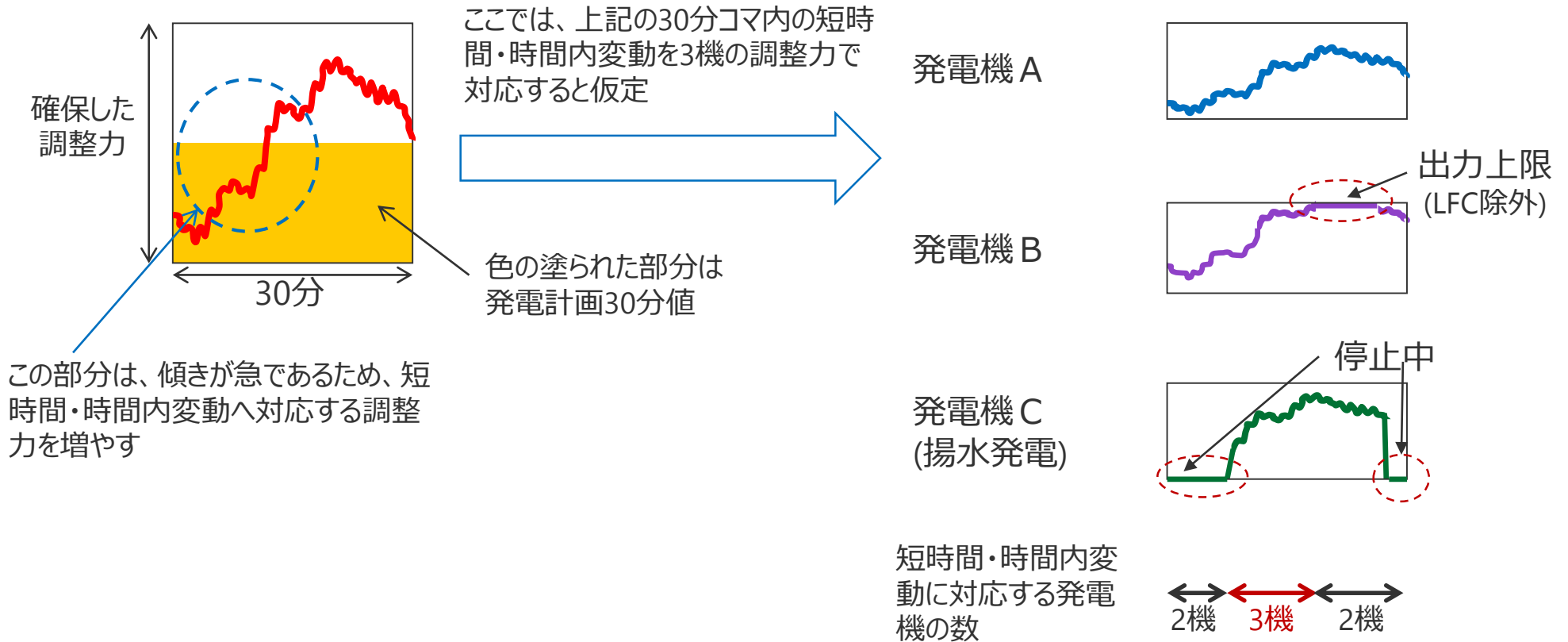
調整力発動と周波数変動のイメージ図



【⑤-3】二次調整力の変化速度による更なる調整力細分化の要否

- 現状、下記のような運用実態があることを踏まえ、二次調整力(LFC相当)について、変化速度による更なる細分化要否の検討が必要か。

○30分コマ内で切り替わる例

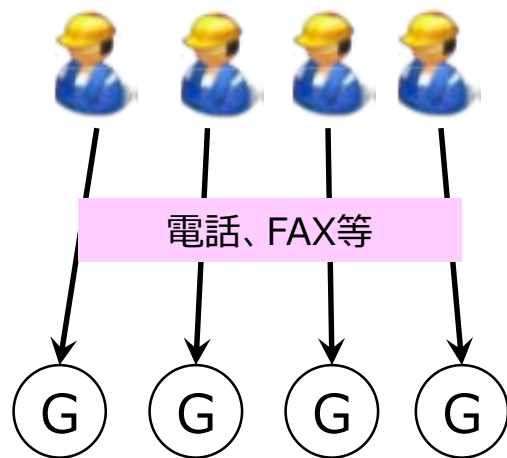


30分コマ内の短時間・時間内変動に対応するため、確保した調整力を割り振ることになるが、その際、傾きが急な箇所については、調整力に用いる発電機の配分が多くなることもある。

- ある既設の電源がいずれかの機能のみで調達された場合に、電源の制御への影響について、発電機側、中給システム側双方の視点から検討する必要があるか。
(例えば、GF機能ロック(一次調整力未提供)時のLFC運用(二次調整力提供)可否や、二次・三次個別の制御信号の受信(送信)可否など)

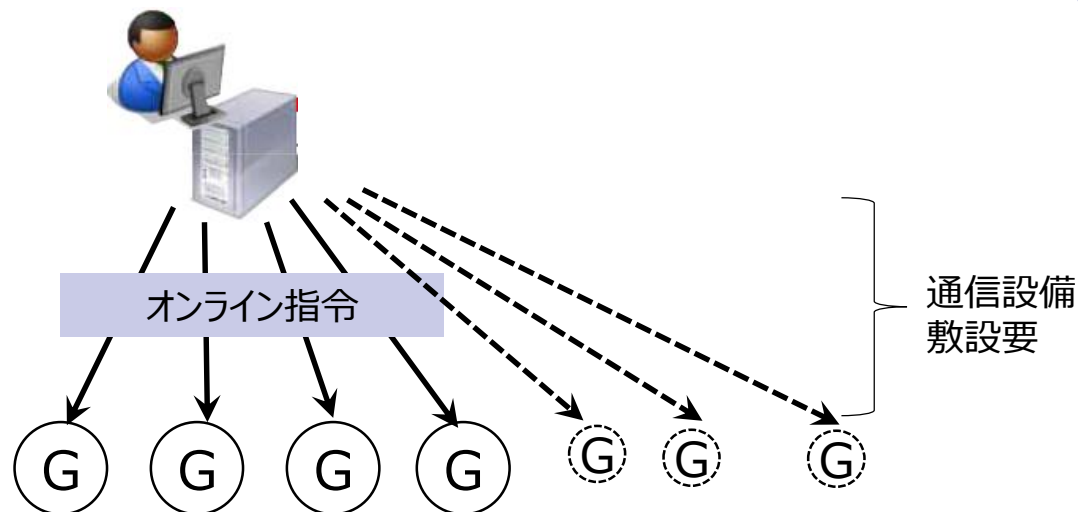
- 効率的な指令・制御を実現するため、またメリットオーダー実現のため、オンライン化が必要か。
- 小規模な電源等の市場参入が増加し続けた場合、制御対象の数が膨大となりオンライン整備に莫大なコストが必要となる。
- オンライン整備の費用負担について明確にしておく必要

対象の電源等がオフラインの場合



必要な指令・制御を実現するため、
多くの人員等が必要となり非効率

対象の電源等がオンラインの場合

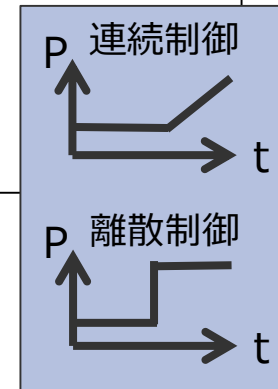


複数箇所の指令・制御を効率的に実現可能
対象数が増加すると通信設備コスト増

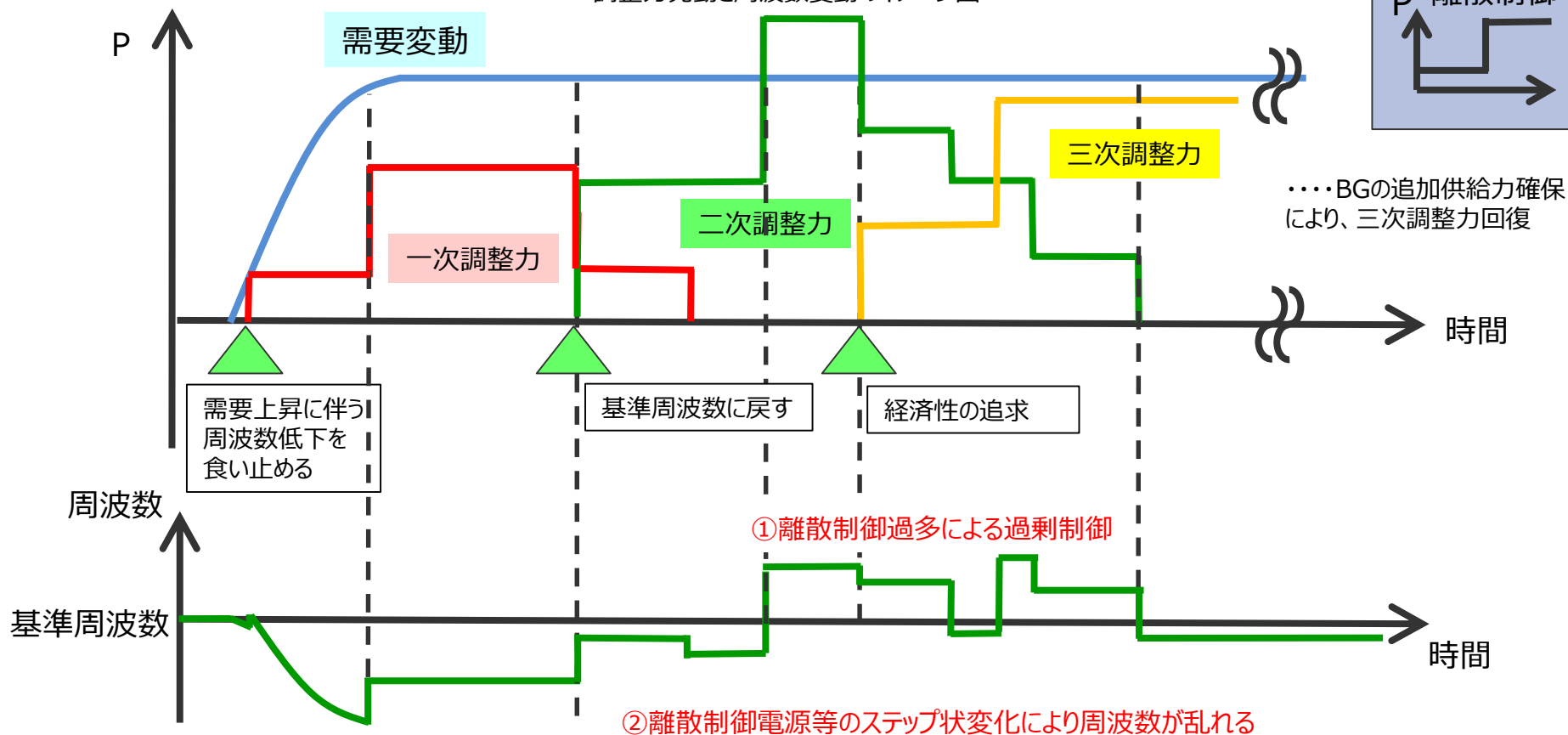
例として、離散制御電源等と連続制御電源等の状況を想定した場合、以下のような懸念があるか。

- 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



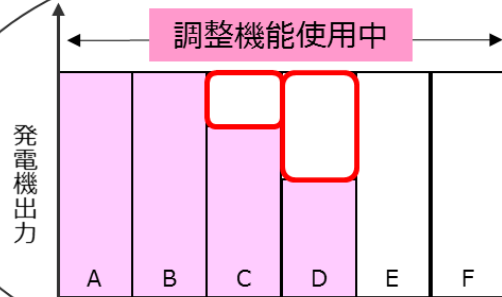
- 【⑤-7】調整力として確保した電源等の調整機能が活用できる状態にあるか確認できる機能
 【⑤-8】調整機能を活用できる状態にするための指令の出し方(系統運用者or調整力提供者)

【⑤-7】

- 瞬時瞬時の必要調整力量の把握、各発電機等の調整余力の把握、調整力が動ける状態にあることを確認するため、情報はオンラインでリアルタイムに伝送する必要。
- 指令値通りに発電機等が動いているか確認をするため、上り情報をリアルタイムで取得する必要

【情報がオフラインの場合の懸念】

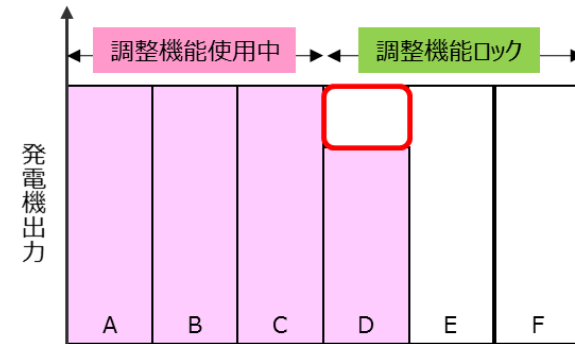
TSOが考えている発電機等の状態



C・Dの赤枠内を調整力として活用できる状態にあるとの認識



実際の発電機等の状態



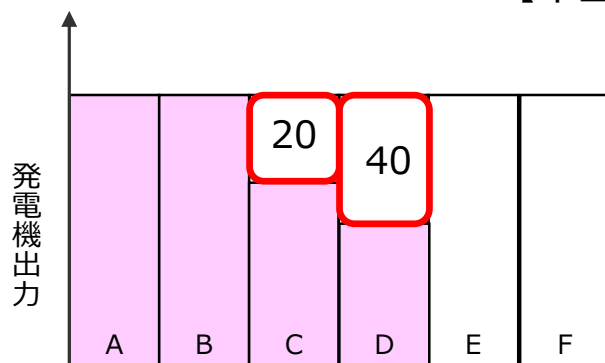
C発電機に調整余力がなく、
 D発電機の調整機能はロック中
 ⇒C,Dに上げ調整を出しても出力変化がなく
 周波数が乱れる

【⑤-8】

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。

- 発電機等の指令・制御・監視ルートへの不正な介入を防ぎ、セキュリティ面において強靱であることが必要
- 電力制御システムセキュリティガイドラインにおける中給システムの重要度は、電力の安定供給等に与える影響が大きく、重要なシステムとして最上位の重要度Sとされている。

【不正介入によるの懸念】

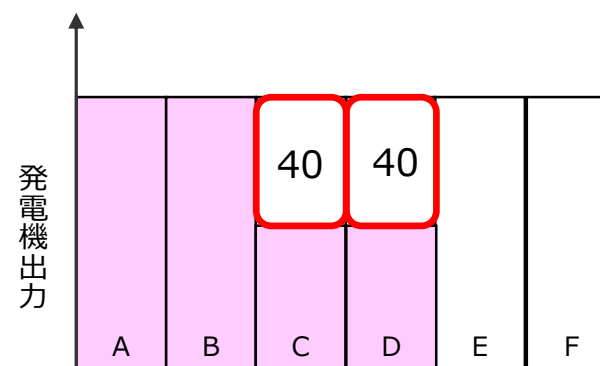


C発電機20下げ指令→



C発電機20上げ指令

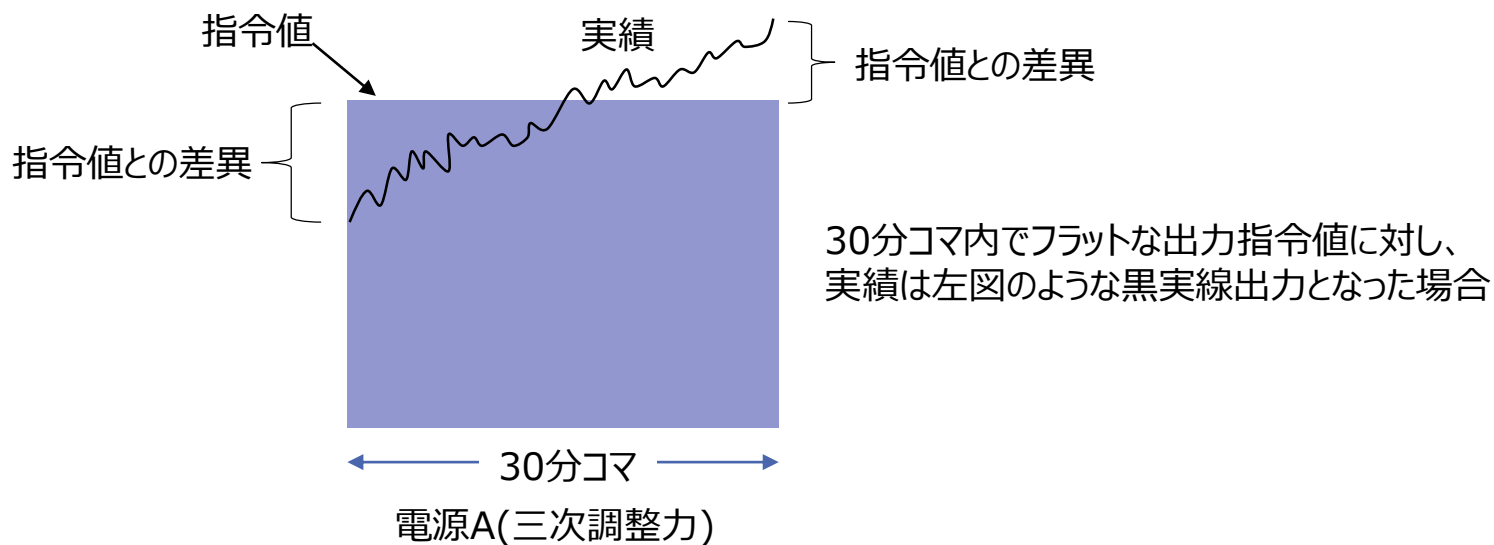
実際の発電機出力状況



TSO(一般送配電事業者、以下同様)が意図した発電機出力とは異なり、周波数が乱れる

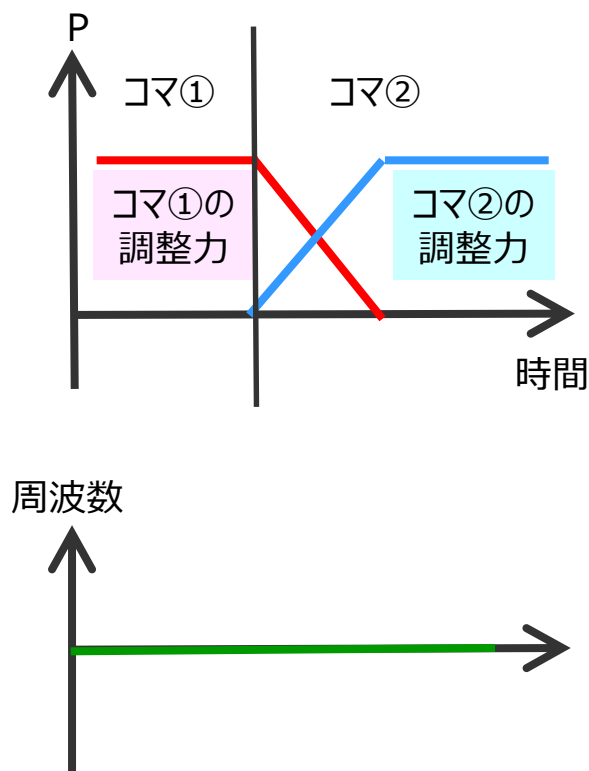
システムへのサイバー攻撃や乗っ取り等のリスク
対応として十分なセキュリティが必要

- 下図のように、三次調整力対応電源等に対して30分コマ一定の指令値を出した場合で、実線のような出力実績であった場合、指令値から差異のある部分においては、他の調整力を余分に使用する必要があり、このような実績の確認をするために全ての調整力において同等の時間粒度の記録が必要か。
- 入札最低容量に応じて、kW方向の粒度についても考慮する必要か。
- 現存するオンライン電源は、秒単位での出力実績をTM値で取得可能であり、実効性の確認をする上においては十分な記録が取れているか。
- 調整力の機能を細分化し、細分化した機能の実働分を精算等に用いることを考慮した場合、その機能の精算方法に応じた計量方法の検討が必要か。



理想的なコマ間での受け渡しでは調整力の発動量の合計が一定（調整力の解除と発動を同一レートで実現）となり、周波数を乱さない

⇒下図のように、コマ①の調整力の解除とコマ②の調整力の発動を同時に調整する必要があるか。
(調整力対象から外れる際には、次コマでの市場への供出は回避させ、制御する必要があるか)



**コマ①調整力解除の変化レートと
コマ②調整力発動の変化レートが
異なる場合**

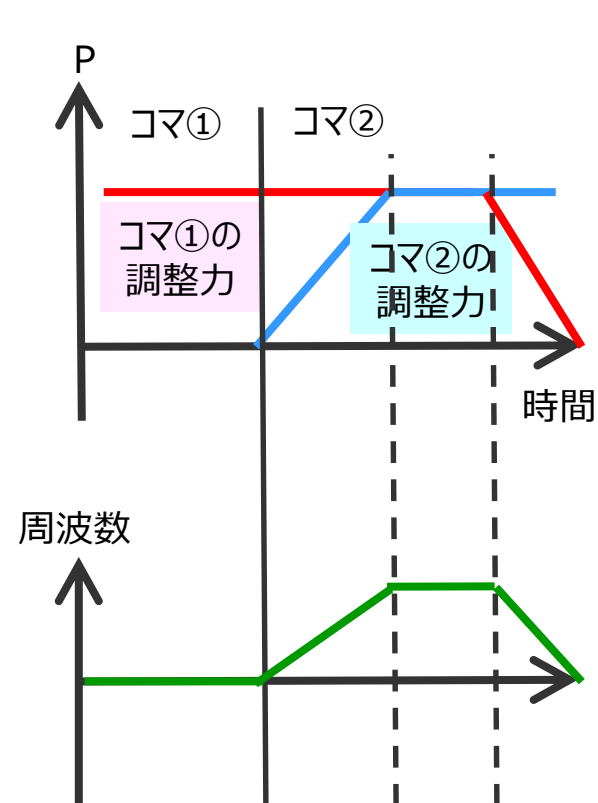
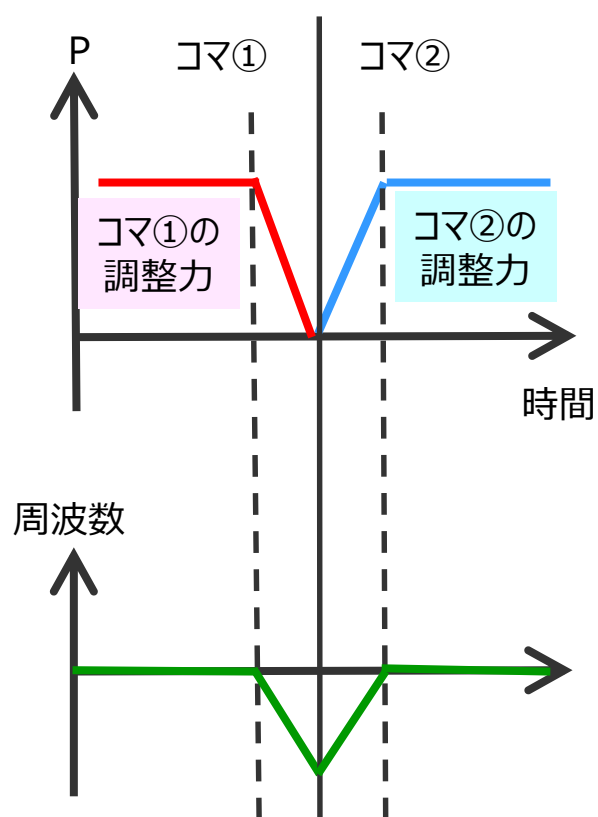
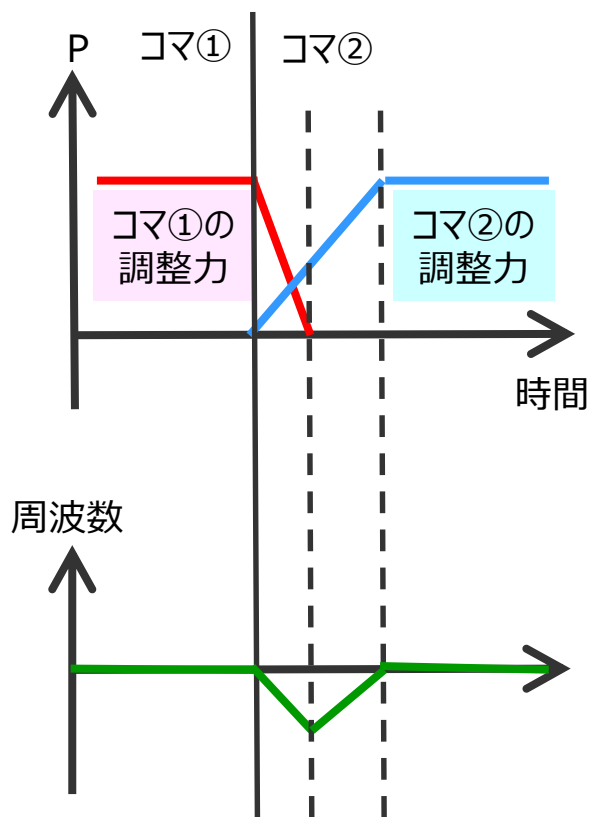
⇒調整力の合計量の変動し、
周波数を乱す恐れ

**コマ①内でコマ①の調整力を
解除した場合**

⇒コマ②の調整力発動前のため
周波数を乱す恐れ

**コマ①内の調整力解除が遅れ、
コマ②調整力の発動と重複した場合**

⇒両コマの調整力が発動され、
周波数を乱す恐れ



【⑤-12】発電機の起動準備時間による調達タイミングの制約

- 火力発電機の起動準備時間(中給[TSO側]の並列指令から給電運用[調整力]として出力調整できるまでの時間)は、以下のとおり。(A電力の例)

	発電機並列指令から 並列までの時間	発電機並列から給電運用ま での時間※	合計時間
ガスタービン機	6～12時間	1～6時間程度	7～18時間程度
それ以外の発電機	12時間	2～8時間程度	14～20時間程度

※:同じ発電機でも発電機の停止時間によって、時間に差が生じる(長時間停止の方が時間が長くなる)

- 同一発電所で2機以上の並列が必要となった場合、2機目の発電機の起動時間は、上記より12時間程度時間を要することになる。
- また、1週間以上停止させる場合、発電機の補機類を停止するため、その後の発電機の起動には、機能点検等が必要となることから、上記よりさらに半日から2日程度並列までの時間が必要となる。

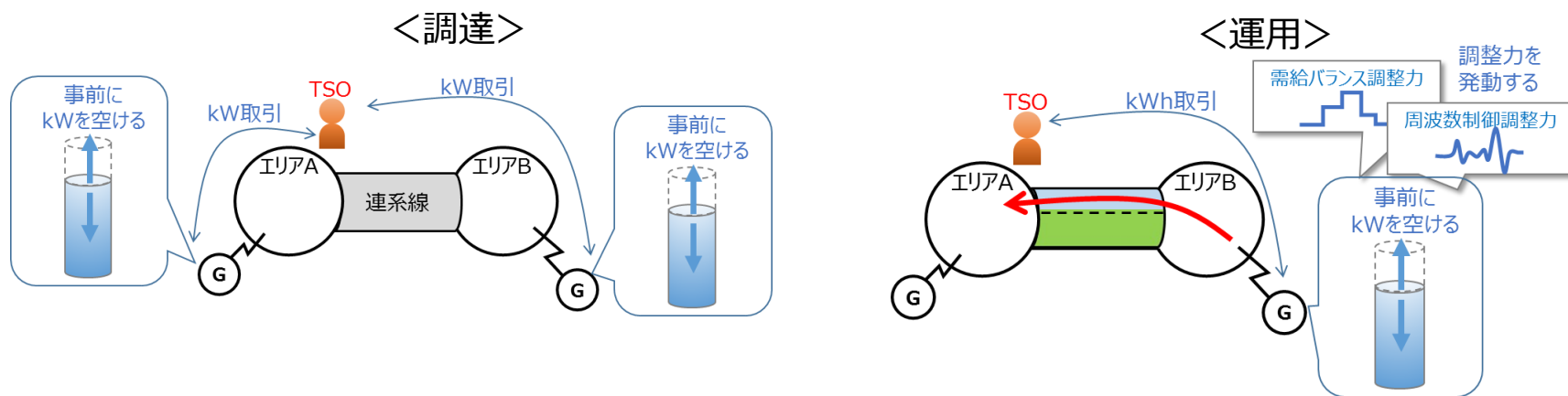
→確実に調整力を確保するには、週間段階から準備する必要があるのではないかと

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) 調整力細分化(区分)の仮置き
 - (2) 細分化・市場化に対応するための技術的課題の抽出
 - (3) 広域的な調達・運用に対する技術的課題の抽出**

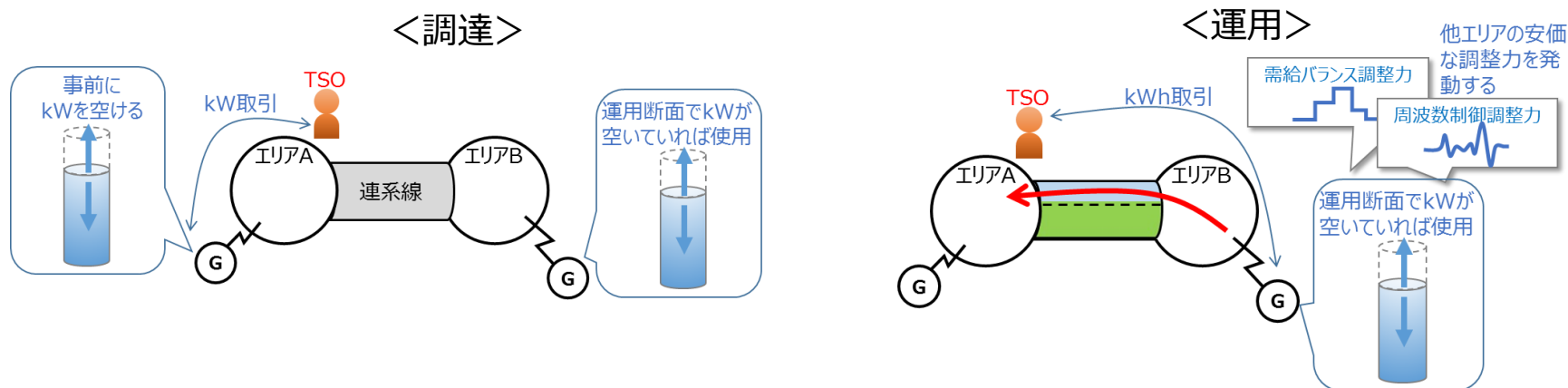
■ 第2回、第3回作業会において、以下の2つのケースに分け、広域的な調達・運用に対する課題の抽出を行った。

- 「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
広域的な調達・運用を実現するための課題	⑧-1	・他エリア電源への制御ルートの構築(二次・三次)
	⑧-2	・需給制御システムまたは広域機関システムの改修(二次・三次)
	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における一般送配電事業者の連携(二次・三次)
	⑧-4	・他エリアにある調整力を運用する場合の送電損失の考慮(二次・三次)
	⑧-5	・他エリアにある調整力の制御分を自エリアの周波数制御へ反映する方法と周期(二次・三次)
広域的な調達によって調整力が偏在した場合の課題	⑧-6	・連系線分断時における周波数制御(GF領域)への影響(一次)
	⑧-7	・連系線分断時における周波数制御(LFC領域)への影響(二次)
	⑧-8	・連系線分断時における需給バランス調整への影響(三次)
	⑧-9	・連系線のフリンジ増加による影響(一次)
	⑧-10	・一次調整力(GF)偏在によるLFC(TBC)制御への影響(一次)
	番号	「経済運用のみ」における課題
広域的な調達・運用を実現するための課題		(同上)
広域的なメリットオーダー運用における課題	⑧-11	・EDCにおける広域的なメリットオーダー運用の方法(三次)
	⑧-12	・DPCにおける広域的なメリットオーダー運用の方法(三次)
	⑧-13	・EDC、DPC以外による広域的なメリットオーダー運用の方法(三次)

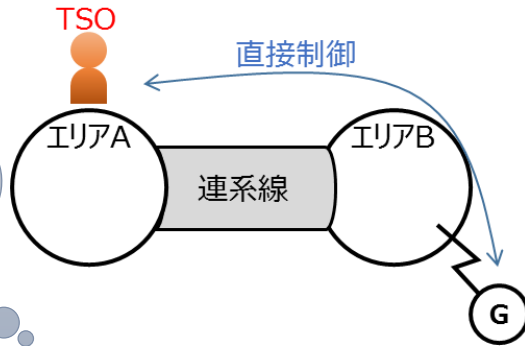
【⑧-1】他エリア電源への制御ルート構築(二次・三次)

【⑧-2】需給制御システムまたは広域機関システムの改修(二次・三次)

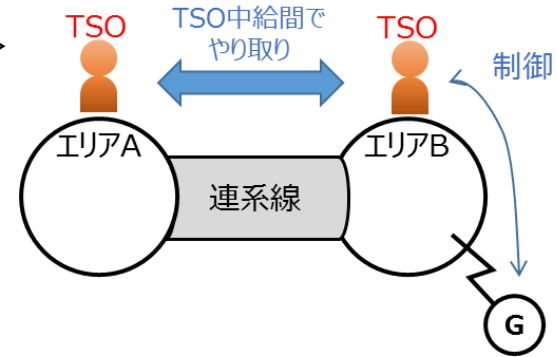
○ 他エリア電源への制御ルート構築方法および課題評価

<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。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

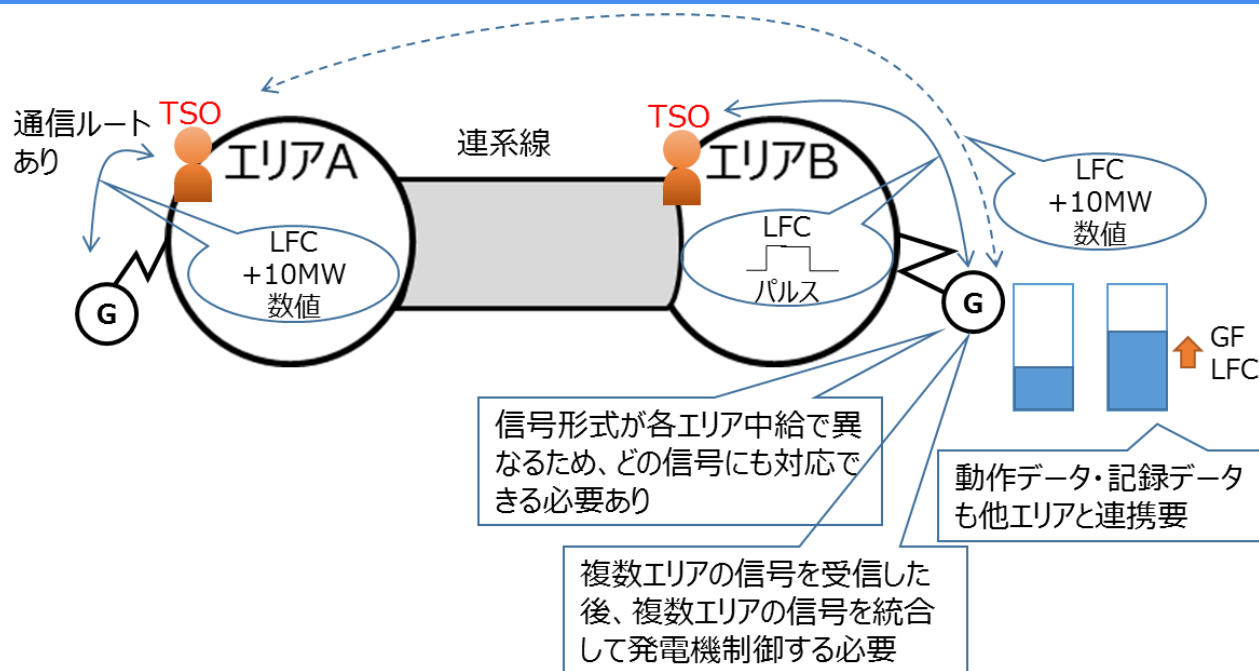
A : 他エリア電源を自エリア中給から直接制御

- △ : <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)

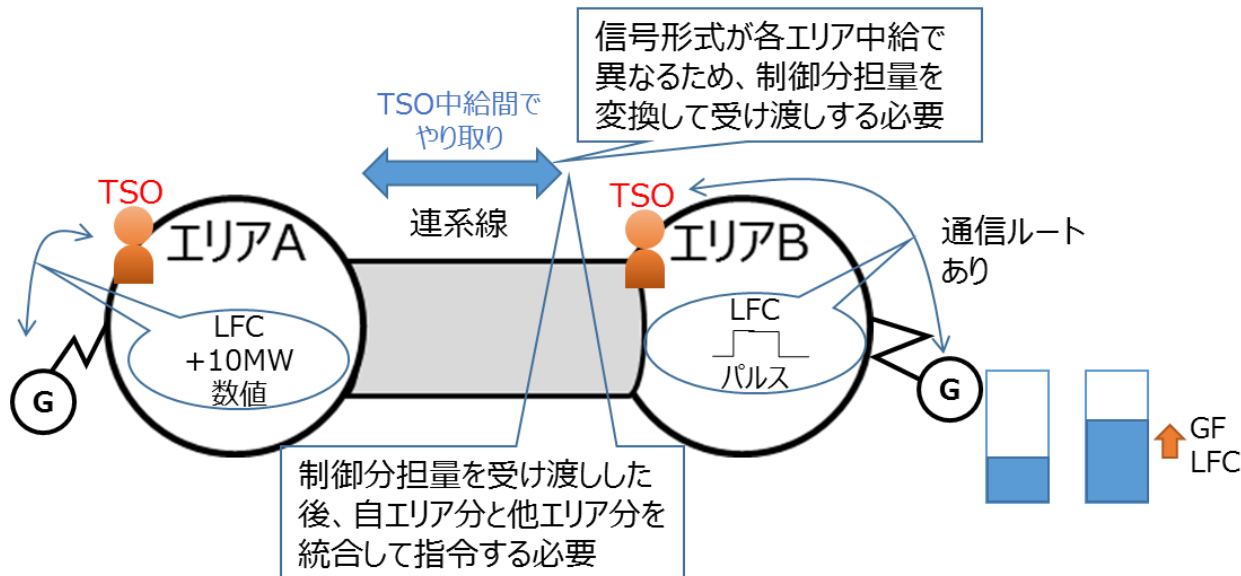
B : 他エリア電源を他エリア中給から制御

- △ : <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

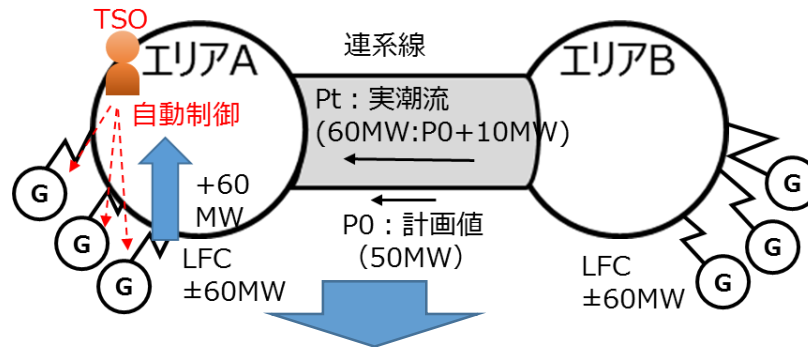
※K:系統定数[%/0.1Hz]
 P:エリア総需要[MW]
 ΔF:周波数偏差[Hz]

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

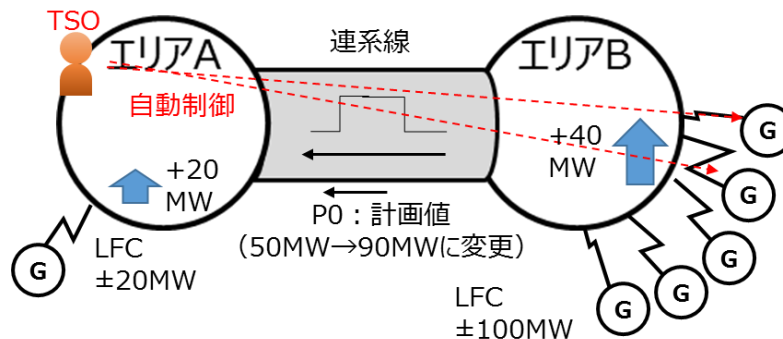
他エリア調達のLFC指令分を、リアルタイムでARに反映させるシステム改修が必要 (例えば、計画値(P0)変更する等)

【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

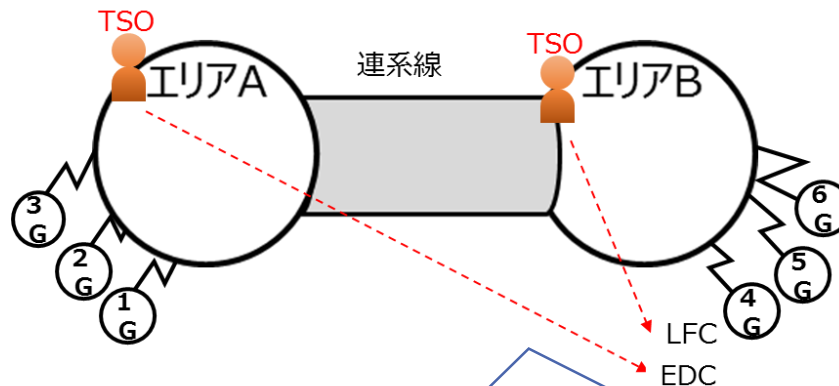
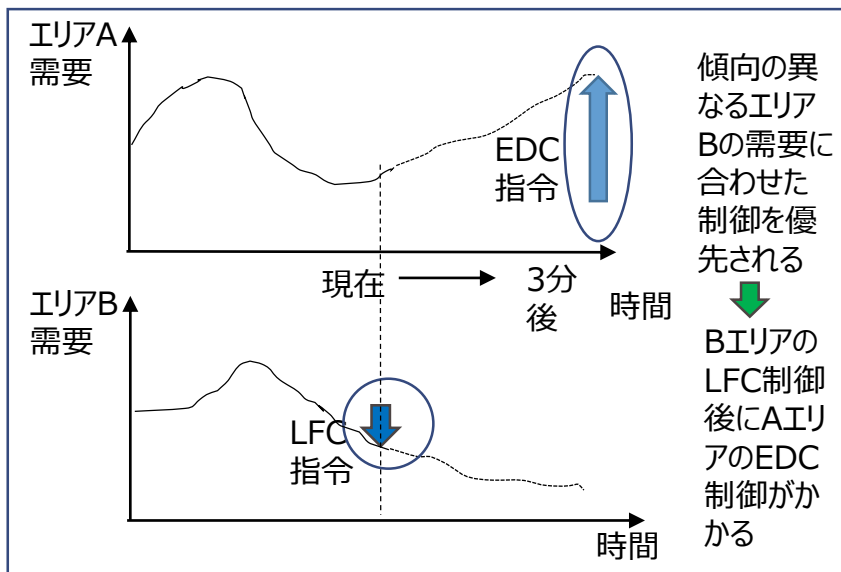
EDC・DPC (手動) ・箱型も同様だが、LFCは特に、制御間隔が短いので伝送遅れの影響を受けやすく、また制御信号の違い (スライド40参照) があるため難易度高

周波数 



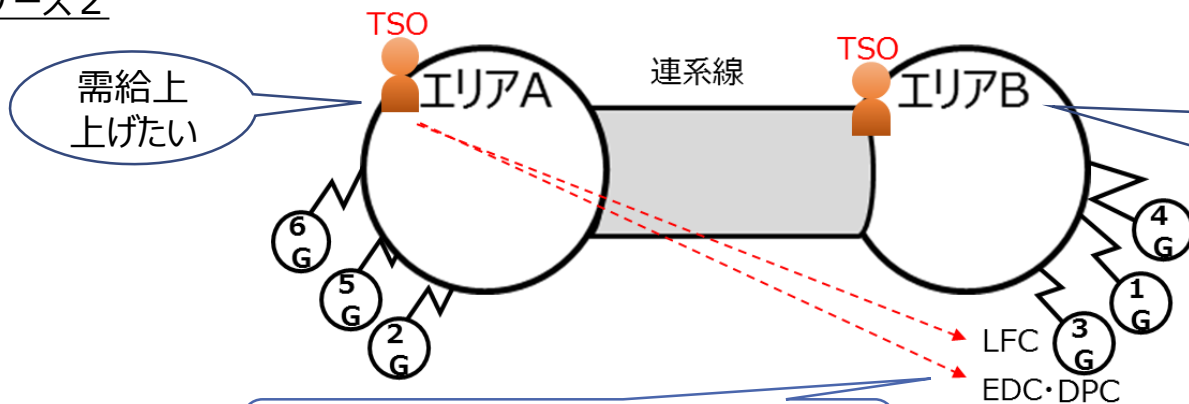
【広域調達+運用】 **課題**：1つの電源の複数機能を複数エリアから制御する場合、複数TSO間で連携をとる必要あり

ケース1



(EDC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

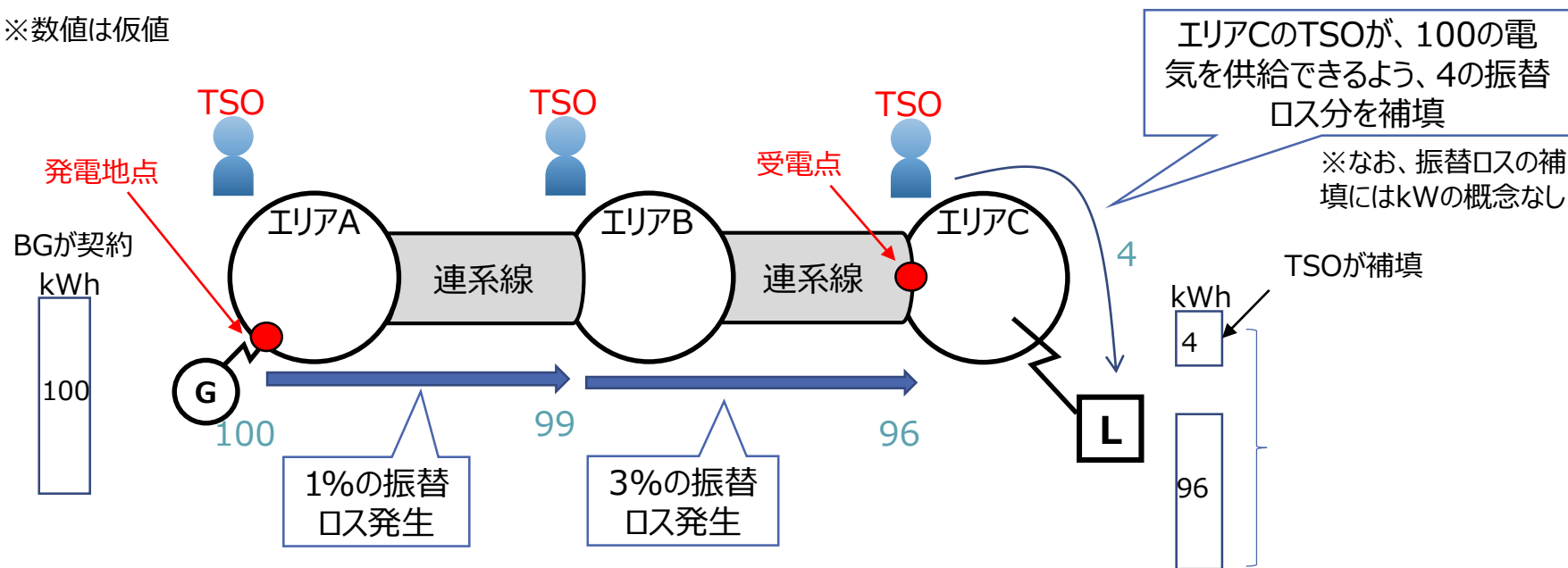
系統制約があるため
下げたい

- 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

【振替ロスとは】

エリアAの発電所からエリアCの需要者へ電気を供給（振替供給）する場合に、エリアAの発電地点～エリアCの受電点までに発生する送電損失

※数値は仮値

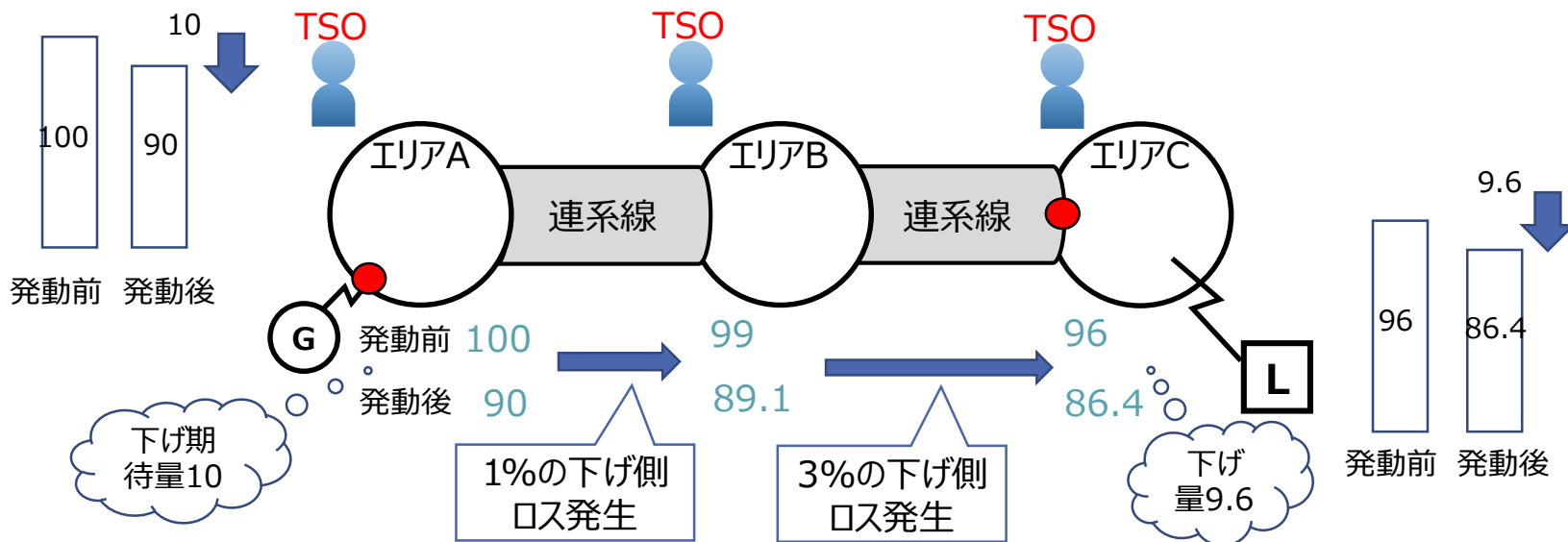


利用者にとっては振替ロスがないが、実際にはロスが発生しており、エリアCのTSOがロス分の電気を補給している

調整力（上げ側）でも、物理的にロスが発生することは上記と同様

○下げ側調整力を活用したイメージ

※数値は仮値



下げ側のロスについては、エリアCにとっては、エリアAに下げ量10を期待しても、実際にはロス分により下げ量は減少する



上げ側・下げ側ともロスの分だけ調整力の効果が若干小さくなる

※ベース潮流がエリアAからエリアCに流れている前提。ベース潮流が逆方向の場合、効果も逆となる。

○連系線跨ぎの制御分 (LFC・EDC) の、自エリア周波数制御への反映方法

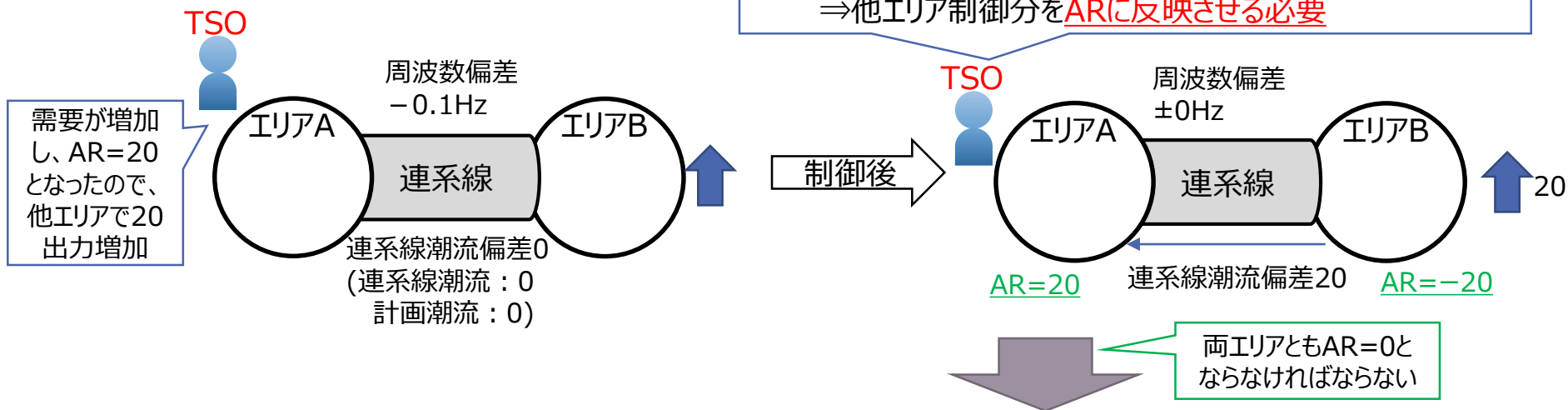
エリアBからAへの連系線潮流が増加する (Ptが20増加する) ため、 $AR = 20$ となり、制御完了後に不要な制御をすることになる (自エリアの発電機で制御すれば、連系線潮流偏差は0のままなので、 $AR = 0$ となる)

$$AR = -K \cdot P \cdot \Delta f + (Pt - P_0)$$

0 → 20に増加 0のまま

⇒他エリア制御分をARに反映させる必要

<他エリア制御分を、自エリア制御量に反映しない場合>

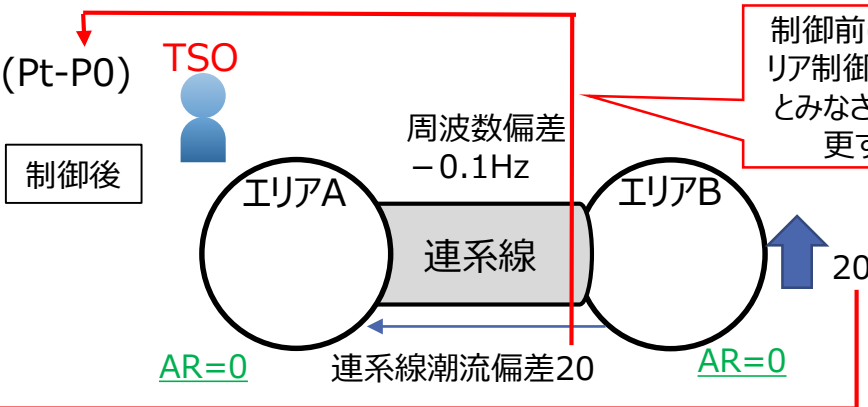


<他エリア制御分を、自エリア制御量に反映する方法>

②ARの書き換え

$$AR = -K \cdot P \cdot \Delta f + (Pt - P_0)$$

AR=20のままなので、他エリア制御分を直接書き換える (-20する) ⇒AR=0となる

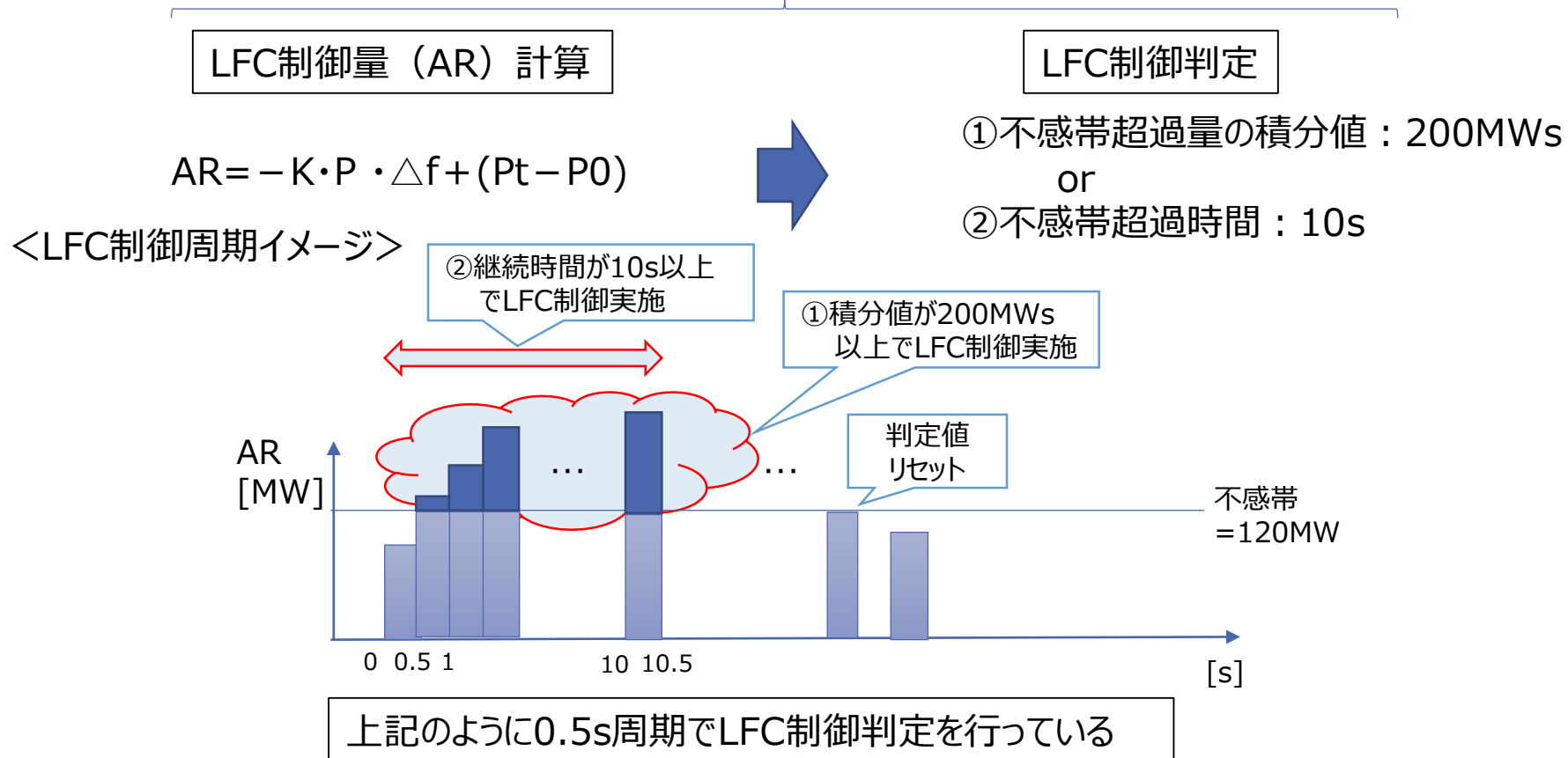


①P0への反映

制御前は $P_0 = 0$ だったが、他エリア制御分を連系線潮流偏差とみなさないよう、 $P_0 = 20$ と変更する ⇒ $AR = 0$ となる

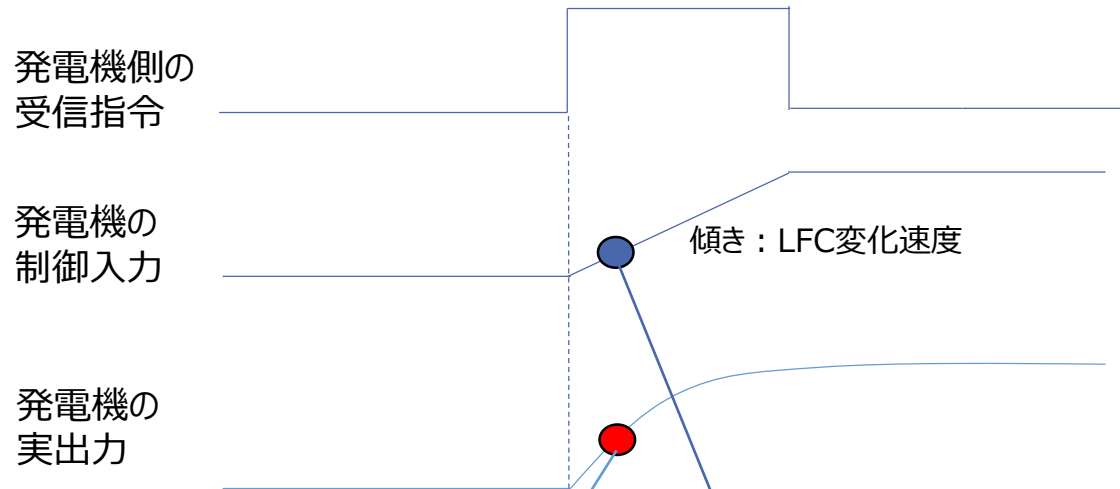
○二次調整力をLFCとした場合の制御周期 (B電力の仕様)

0.5s間隔で実施



現状の制御品質維持を前提とすると、発電機の実出力を0.5sで取り込むことが必要であるが、調整力の活用エリアが変わる度に、実出力の取り込み先を都度変更することや、1つの電源で複数エリアの調整力を兼ねている場合等は、特定エリア制御分の実出力のみを取り込むことは困難か

○他エリア調整力の二次調整力 (LFC) 動作分を、自エリアのLFC制御量へ反映する周期イメージ



LFC制御量 (AR) 計算 $AR = -K \cdot P \cdot \Delta f + (P_t - P_0)$

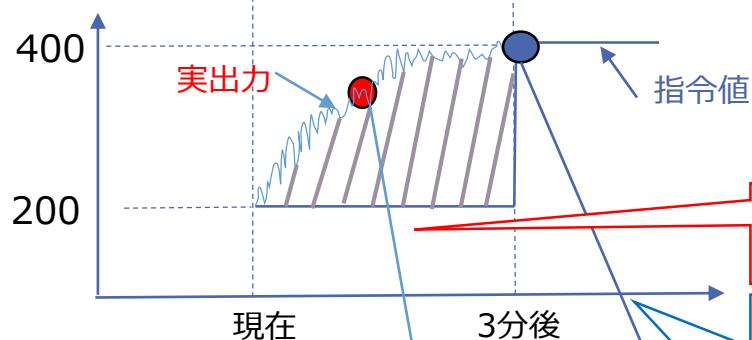
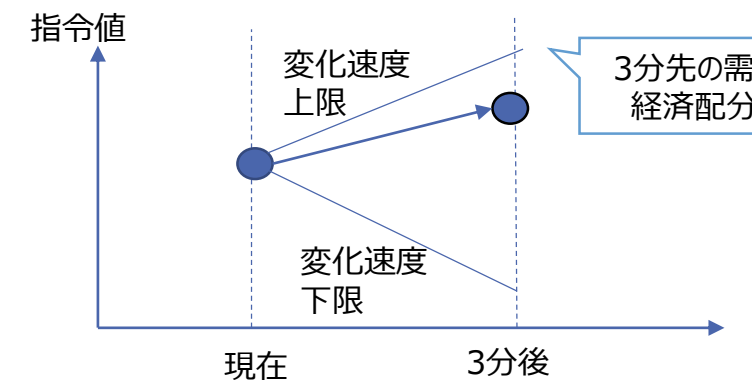
現状のエリア内のLFC制御では、リアルタイム(0.5s)で取り込まれているので、現状のエリア内のLFC制御と同等な制御をするには、0.5s周期でP0に反映する必要

他エリアの調整力も、現状の自エリアと同等な制御を行う（他エリアであることを理由に制御品質の低下を許容しない）ことを前提とすると、LFC制御判定を行う0.5sの周期で変更要

【⑧-5】他エリアにある調整力の制御分を自エリアの周波数制御へ反映する方法と周期(二次・三次)
 三次調整力動作分の自エリアの周波数制御への反映周期

○他エリア調整力の三次調整力 (EDC) 動作分を、自エリアのLFC制御量へ反映する周期イメージ (B電力の仕様)

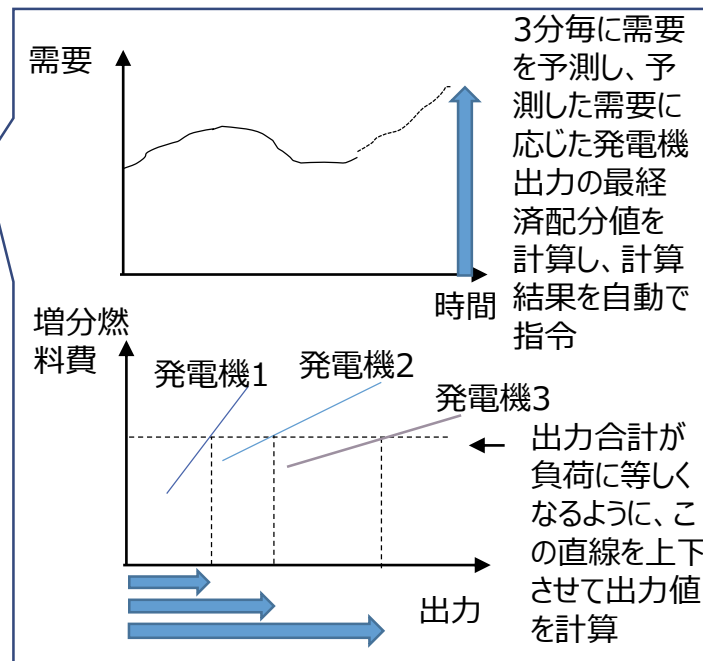
<EDCの制御間隔>



LFC制御量
(AR) 計算

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

現状のエリア内のLFC制御では、実出力がリアルタイムで(0.5sで)取り込まれている



○現状のLFC制御の品質を下げないことを前提とすると、LFC制御判定を行う0.5s周期で、他エリアの実出力を取り込むことになる

○ただし、実出力の取り込みが困難で指令値を取り込む場合は、0.5sで取り込んだとしても、EDC制御は3分周期であるため、指令値は3分間変わらない。よって、実質 Poへの反映周期は3分となる。


※【指令値を取り込む場合の留意点】

指令間隔の3分内の実出力との偏差分(左図斜線部)は、他エリアで制御実施しているものの、自エリアのAR計算に反映されないため、自エリアにて斜線面積分は不要にLFC制御してしまうことになる

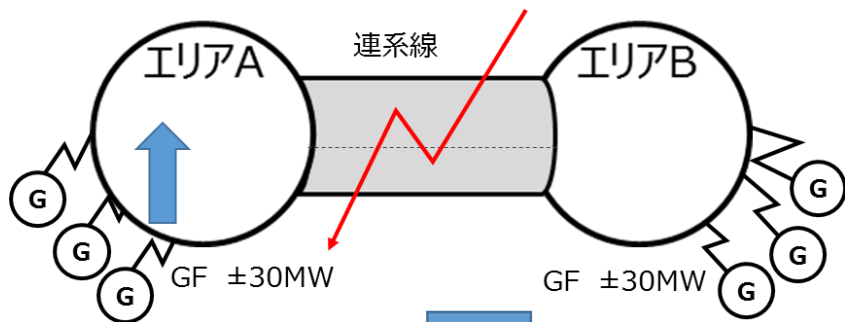
現状の制御品質維持を前提とすると、0.5s周期での実出力の反映が必要
 一方、EDCの3分周期とする場合には、不要なLFC制御をしてしまうことを許容する必要がある

<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

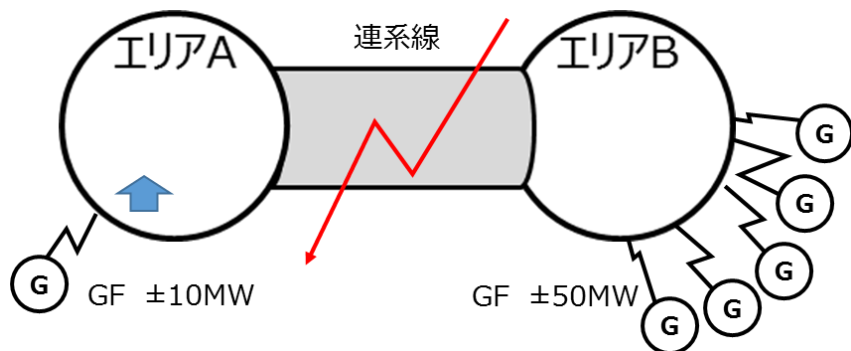


課題

【広域調達+運用】

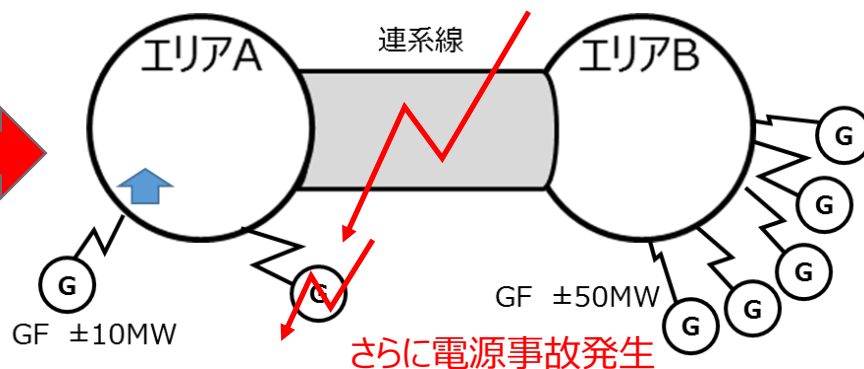
周波数 
(周波数変動が大きくなる)

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

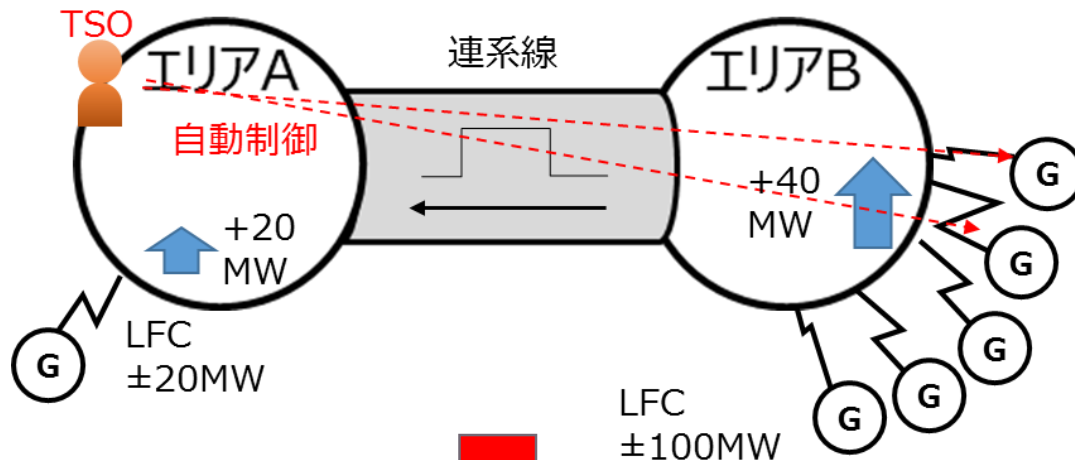
周波数 
GF量不足のため系統崩壊(大停電)に至る可能性



<LFC> ケース：平常時


【広域調達+運用】

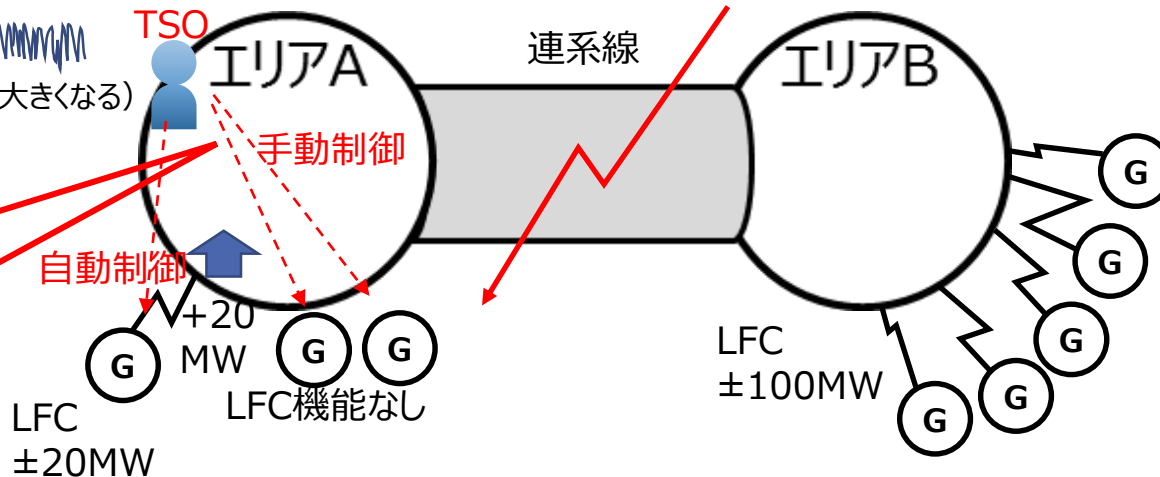
周波数 



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)



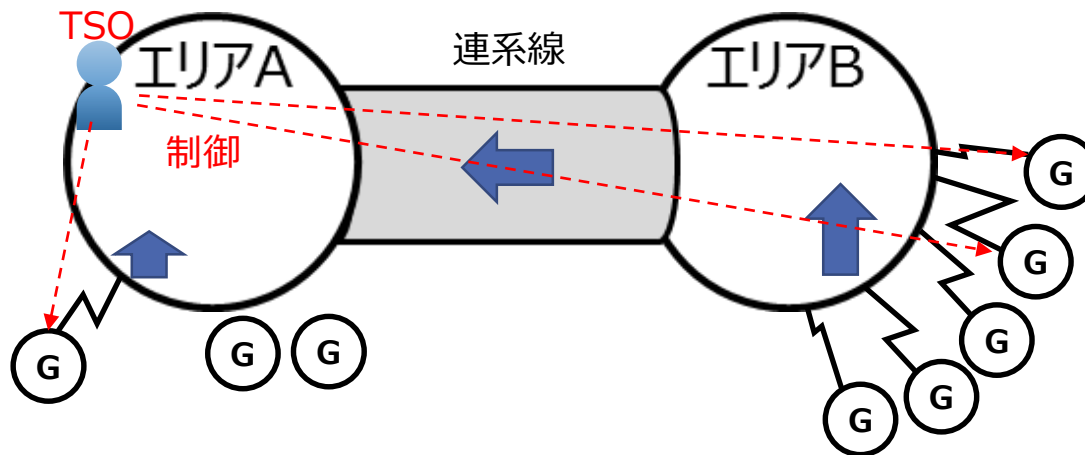
課題

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

<需給バランス調整>

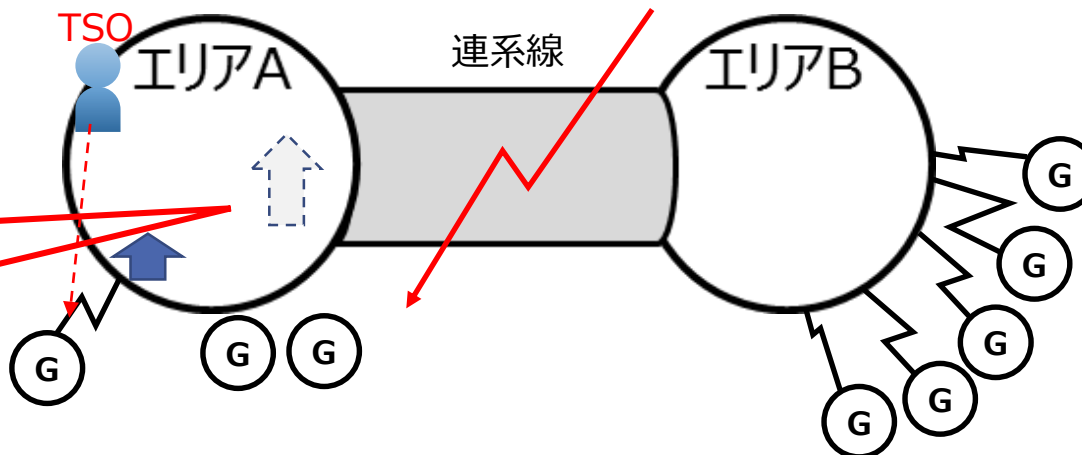
ケース：平常時

【広域調達+運用】



ケース：連系線分断時

【広域調達+運用】

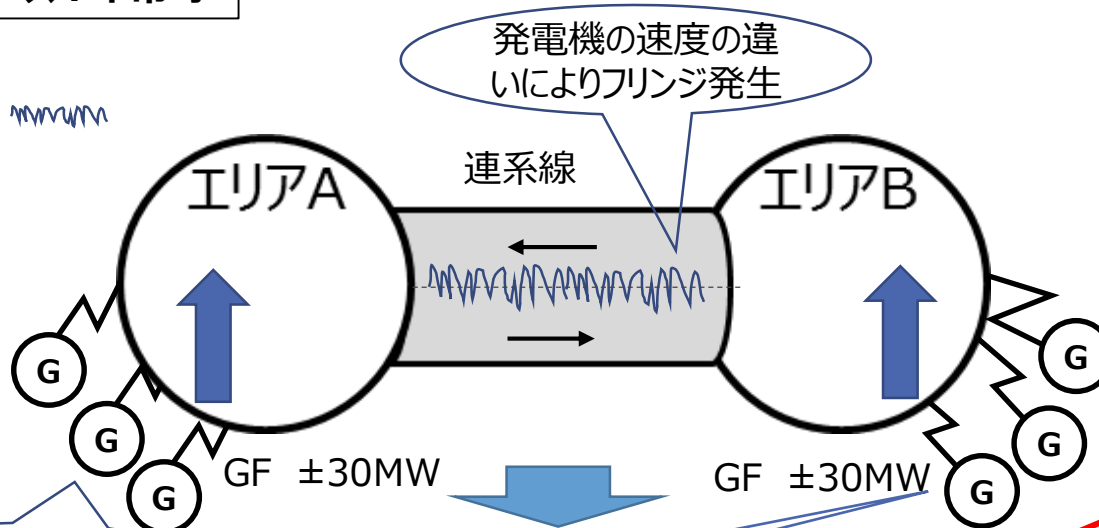


エリアBに確保していた調整力が使えなくなることで、エリアAの需給バランス調整に影響

【⑧-9】連系線のフリッジ増加による影響(一次)

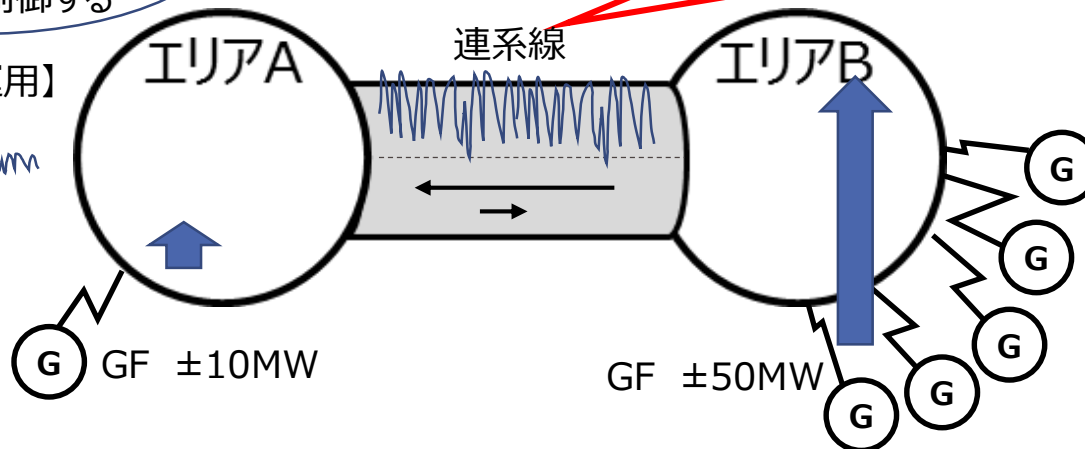
<GF> ケース：平常時

【現状】

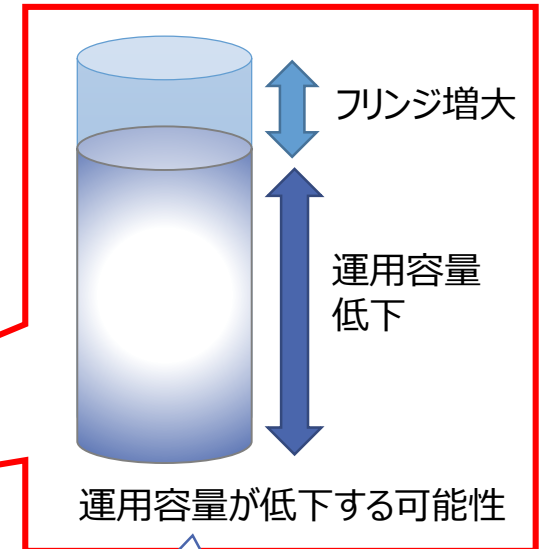
周波数 

周波数変動に合わせて、
各発電機が標準周
波数(60Hz)に合わ
せるよう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)

運用容量 = 同期安定性・電圧安定性から求まる容量 - 常時潮流変動分(フリンジ)

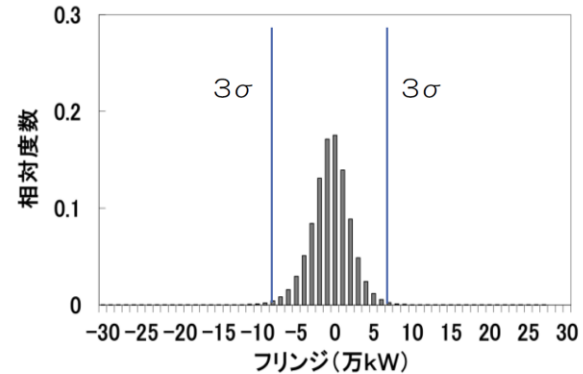
(考慮するフリンジ量)

◆常時潮流変動分(フリンジ量) 1)

連系線潮流実績値から計画値とのズレを求め、正規分布に置換えた時の3σ(99.7%)の値より以下の通り設定

- ①限界潮流を超えないように過去5年の実績の最大値を切り上げる
- ②利便性を考慮して万kW単位とする

- 1) 送配電等業務指針第195条第2項第2号及び第3号に規定される同期安定性及び電圧安定性の運用容量算出において、各制約要因での限界となる連系線潮流の最大値から控除されるもの(瞬時的な変動に伴う潮流の偏差量)

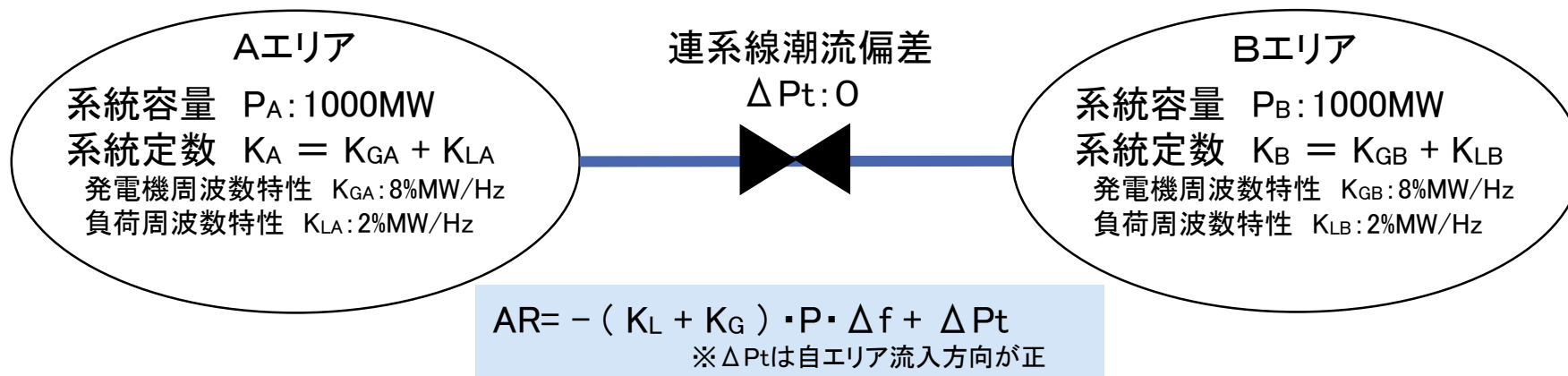


◆フリンジの設定値(万kW)

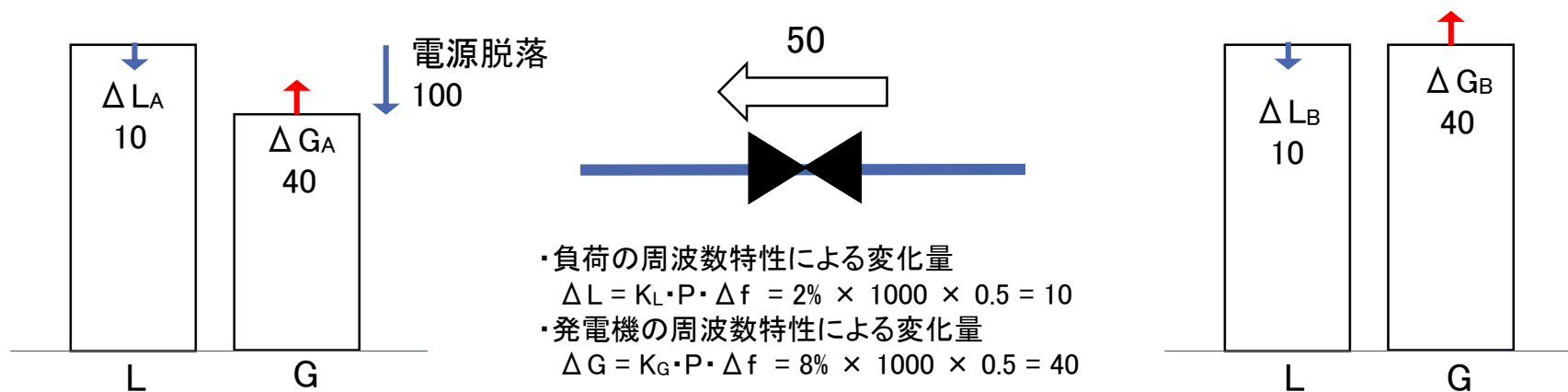
	実績3σ値					今回の設定値	前回の値(参考)
	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度		
東北東京間連系線	14.3	15.1	15.9	16.3	15.7	17	17
中部関西間連系線	20.4	20.8	21.4	21.8	20.7	22	22
北陸関西間連系線	7.4	7.8	7.7	8.0	8.6	9	8
関西中国間連系線	23.6	23.7	24.2	24.5	24.4	25	25
中国四国間連系線	5.9	5.7	6.4	6.3	7.5	8	7
中国九州間連系線	18.7	18.7	19.7	20.0	19.7	20	20

電力広域
Organization
Trans

- ・以下のような連系系統を仮定(両エリア同量のGF量を確保)



- ・両エリアとも自エリアで需給バランスが取れている状態(連系線偏差ゼロ)から、Aエリアで電源脱落が発生したと仮定(脱落量100MW 周波数偏差 $\Delta f: -0.5\text{Hz}$)



$$AR_A = -(K_{LA} + K_{GA}) \cdot P_A \cdot \Delta f + \Delta P_t$$

$$= 10 + 40 + 50$$

$$= 100\text{MW}$$

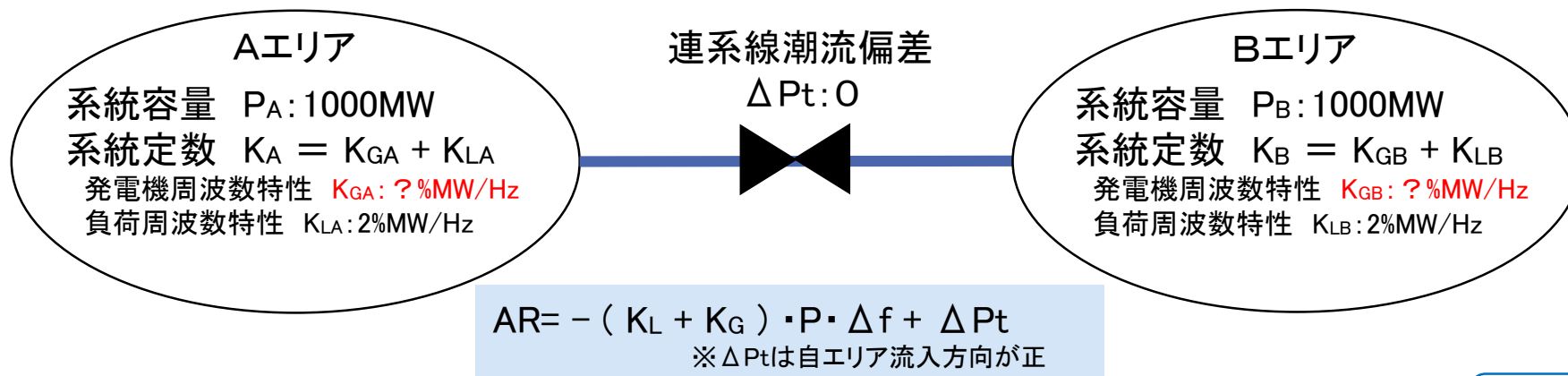
⇒ Aエリアでは100MWの上げ調整が必要

$$AR_B = -(K_{LB} + K_{GB}) \cdot P_B \cdot \Delta f + \Delta P_t$$

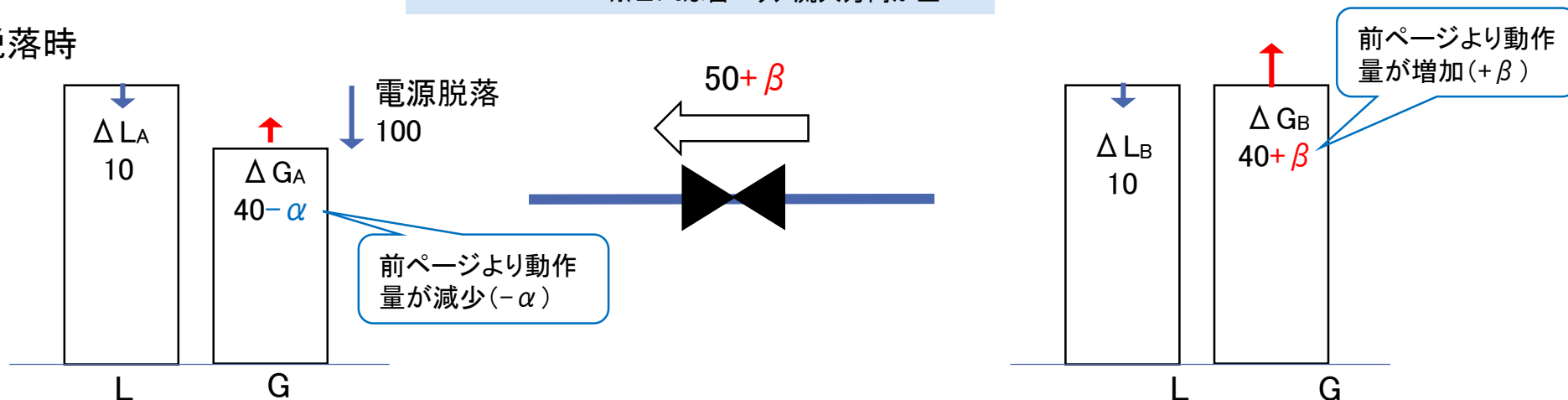
$$= 10 + 40 - 50$$

$$= 0\text{MW}$$

- ・GFが偏在(A<B)した場合を仮定(GF量が異なるため、両エリアのK_Gの値が変わる→K_{GA}<K_{GB})



・電源脱落時



K_Gを見直さずARを算出した場合

$$AR_A = -(K_{LA} + K_{GA}) \cdot P_A \cdot \Delta f + \Delta Pt$$

$$= 10 + 40 + (50 + \beta)$$

$$= 100 + \beta \text{ MW}$$

両エリアとも正しくARが
 計算されない

K_Gを見直さずARを算出した場合

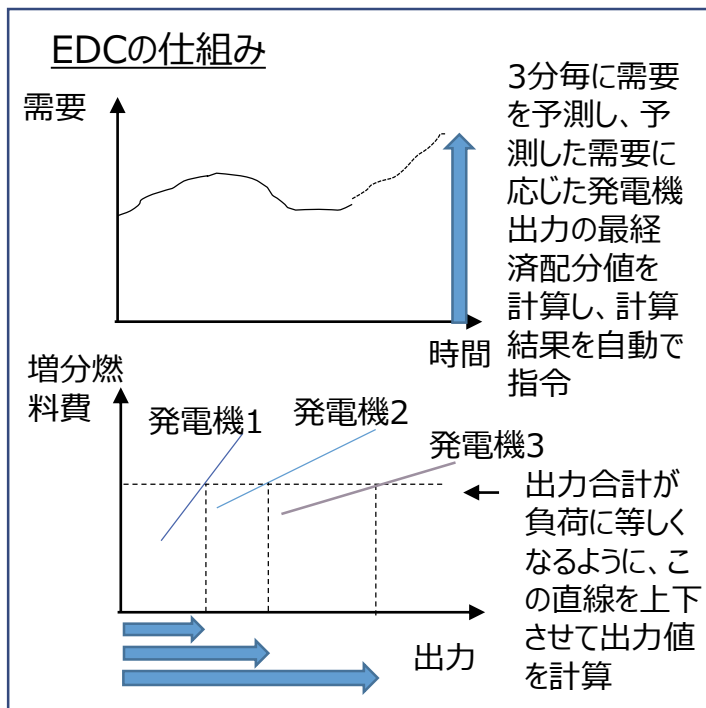
$$AR_B = -(K_{LB} + K_{GB}) \cdot P_B \cdot \Delta f + \Delta Pt$$

$$= 10 + 40 - (50 + \beta)$$

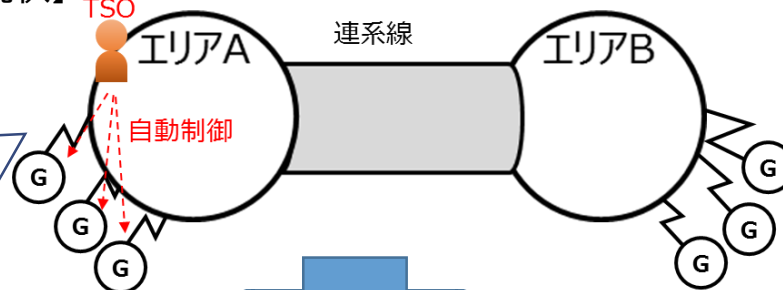
$$= -\beta \text{ MW}$$

- 前ページのとおり、GFが偏在する場合、適正にARを算出するために K_G を見直す必要があるが、各エリアのGF量の割合が変わる都度見直すことが可能かどうかという課題があるか。
- または、系統定数(K)を見直さない対応も考えられるが、エリアBに確保したGF動作分(前ページの β に相当)をAR算出に反映する必要がある、以下の課題があるか。
- ✓ 短周期で動作するGFの動作量を計測し、エリアAに伝送する必要があるが、どのような方法があるか。
- ✓ GF動作計測値の伝送遅延は、他の計測(周波数偏差分、連系線偏差分)との協調や制御仕上がりに影響しないか。
- ✓ 1台の発電機が、一次・二次・三次調整力を提供する場合、一次調整力(GF)のみの動作量をどのように計測するか。
- なお、系統定数は、「周波数維持」が決定要因となる連系線の運用容量の算出にも使用するため、系統定数の変化による影響について、詳細に検討する必要があるか。

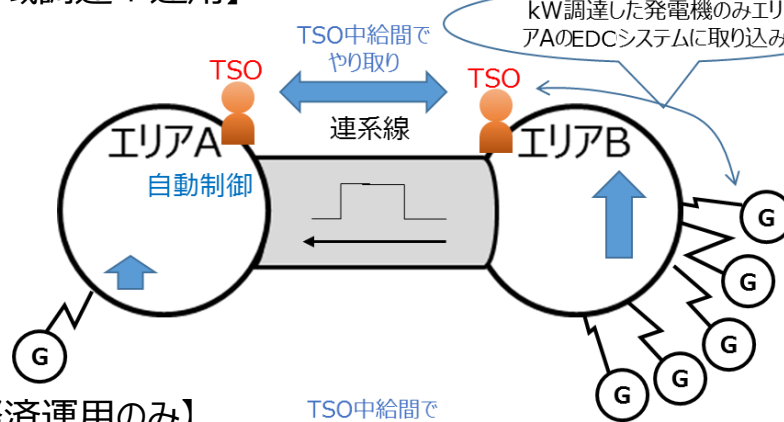
<EDC (自動) 運用>



【現状】

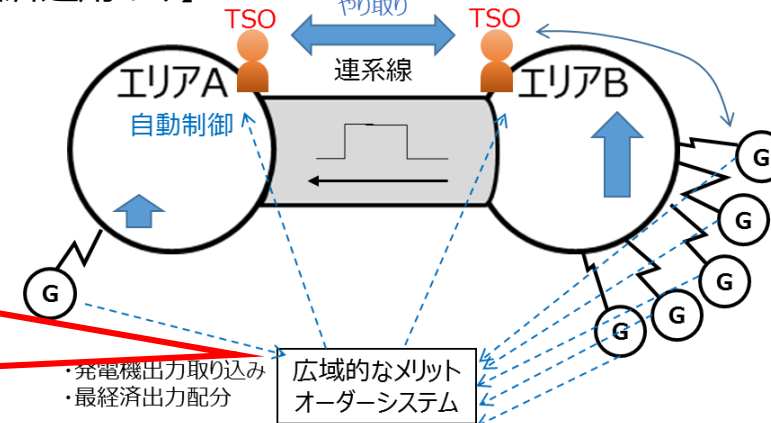


【広域調達+運用】



kW調達した電源のみを自動制御

【経済運用のみ】



空き余力のある全電源を自動制御
(最経済運用≒広域的なメリットオーダー)

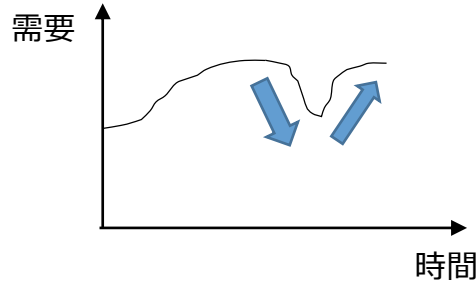
課題

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

【⑧-12】DPCにおける広域的なメリットオーダー運用の方法(三次)

<DPC (手動) 運用>

DPC (手動) の用途 (現状の運用)



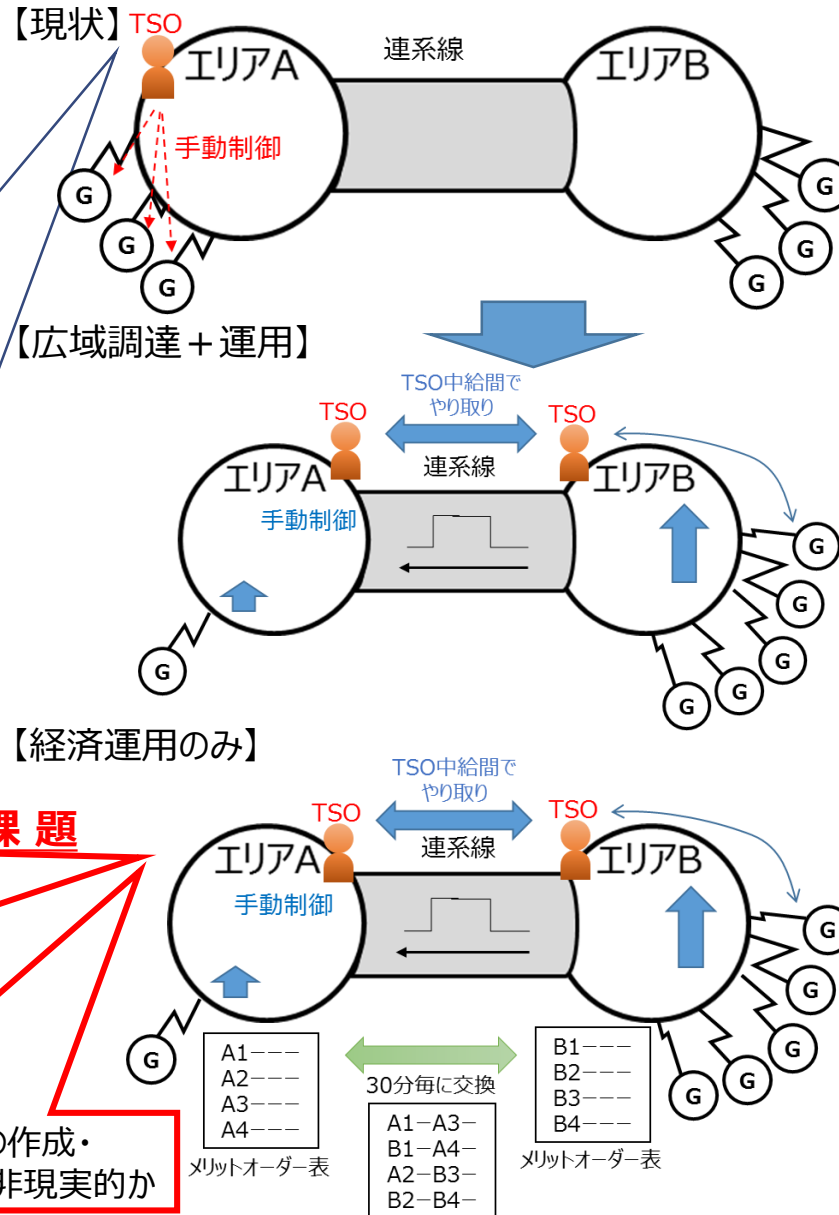
- ・急峻な需要変動時、最経済配分では需要変動に対して、発電機のスピードが追いつかない場合
- ・事故時、出力を最大限増加させたい場合、指令値を手動で入力し、制御する
⇒自動制御による最経済運用とできないケースもある

- ・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

メリットオーダー表

A1----
A2----
A3----
A4----

メリットオーダー表

A1-A3-
B1-A4-
A2-B3-
B2-B4-

メリットオーダー表

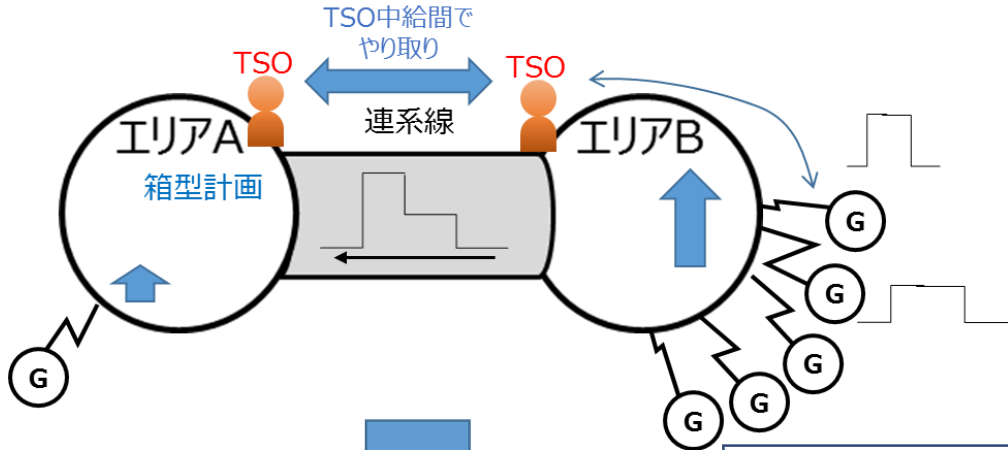
B1----
B2----
B3----
B4----

30分毎に交換

【⑧-13】EDC、DPC以外による広域的なメリットオーダー運用の方法(三次)

<箱型運用※> ※経済性を目的とした調整力融通30分計画値

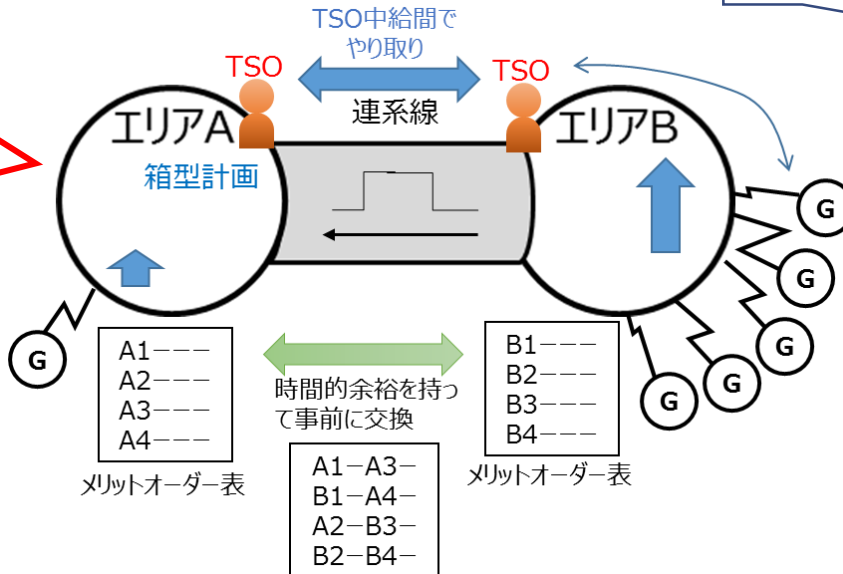
【広域調達+運用】



【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