

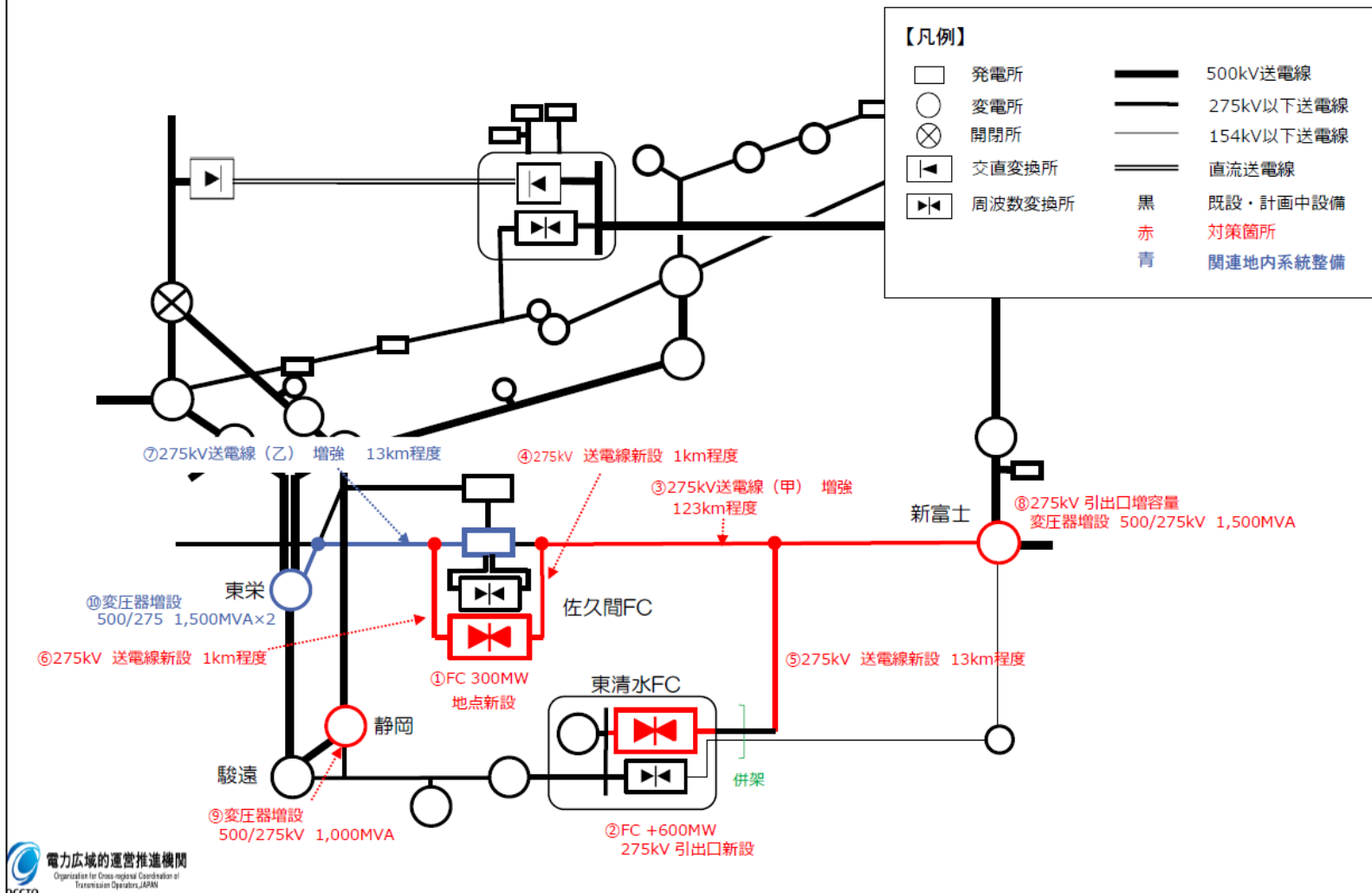
東清水1,3号FC、新佐久間FCに実装する 周波数制御機能について

2024年2月20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

- 東京中部間連系設備(以下、FC)は90万kWを増容量させるため、佐久間・東清水地点に新たなFC(以下、新FC)を増設することが「東京中部間連系設備に係る広域系統整備計画」で決定され、2027年度末を目指し、現在変換所や送電線等の建設・増強工事が進められている。
- 運用開始以降は、FCの容量が「210万kW」から「300万kW」に拡大される。
- 今回は、新FCに実装する周波数制御機能について、ご議論いただきたい。
 - 論点①：周波数低下時の緊急融通制御（EPPS）の実装について
 - 論点②：周波数上昇時の緊急融通制御（OFC）の実装について
 - 論点③：周波数制御機能の使用開始時期について

3. 流通設備の増強の方法（増強又は新設の別、概略ルート）及びその考え方 17



3. 流通設備の増強の方法（増強又は新設の別、概略ルート）及びその考え方 15

■ 増強の方法

- 今回の広域系統整備計画の増強の方法は、平成28年2月に提出された実施案の提案内容のとおりとする。当該実施案で提案のない事項については平成27年12月に提出された実施案の提案内容のとおりとする。概要は以下のとおり。

区分	NO	対策工事概要	主な仕様	事業実施主体
佐久間地点	①	<ul style="list-style-type: none"> ➢ FC設置 30万kW (30万kW1台) ➢ 佐久間地点新設 ➢ (50Hz側) 275kV引出口2回線・母線新設 ➢ (60Hz側) 275kV引出口2回線・母線新設 ➢ 調相設備新設 ➢ 系統安定化装置新設 他 	<ul style="list-style-type: none"> ・自励式FC 50Hz側:300MW,316MVA 60Hz側:300MW,300MVA ・調相設備 80MVA×2台 	電源開発
東清水地点	②	<ul style="list-style-type: none"> ➢ FC設置 60万kW (30万kW 2台) (東清水地点土地造成に伴う) ➢ (50Hz側) 275kV引出口2回線・母線新設 ➢ 系統安定化装置新設 他 	<ul style="list-style-type: none"> ・自励式FC 50Hz側:300MW,316MVA 60Hz側:300MW,316MVA 	中部電力
送電線	③	➢ 275kV送電線(甲)増強 2回線 123km程度	<ul style="list-style-type: none"> ・線種 TACSR410mm² 4導体 68km程度 TACSR610mm² 4導体 55km程度 	電源開発
	④	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 275kV送電線新設 2回線 1km程度 ✓ 新設佐久間地点~275kV送電線(甲)分岐点 	<ul style="list-style-type: none"> ・線種 TACSR410mm² 2導体 1km程度 	電源開発
	⑤	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 275kV送電線新設 2回線 13km程度 ✓ 東清水~275kV送電線(甲)分岐点 	<ul style="list-style-type: none"> ・線種 TACSR810mm² 2導体 13km程度 	東京電力PG
	⑥	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 275kV送電線新設 2回線 1km程度 ✓ 新設佐久間地点~275kV送電線(乙)分岐点 	<ul style="list-style-type: none"> ・線種 TACSR410mm² 2導体 1km程度 	電源開発
	⑦※	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 275kV送電線(乙)他増強 2回線 13km程度 ➢ 154kV既設送電線建替 1km程度 他 	<ul style="list-style-type: none"> ・線種 TACSR410mm² 4導体 13km程度 	電源開発

※ ⑦,⑩の工事は中部エリアの地内整備工事でFC増強工事と同調
(FC増強工事と同調することにより、送電線等の増強規模が拡大)

1. 新FCに実装する周波数制御機能について

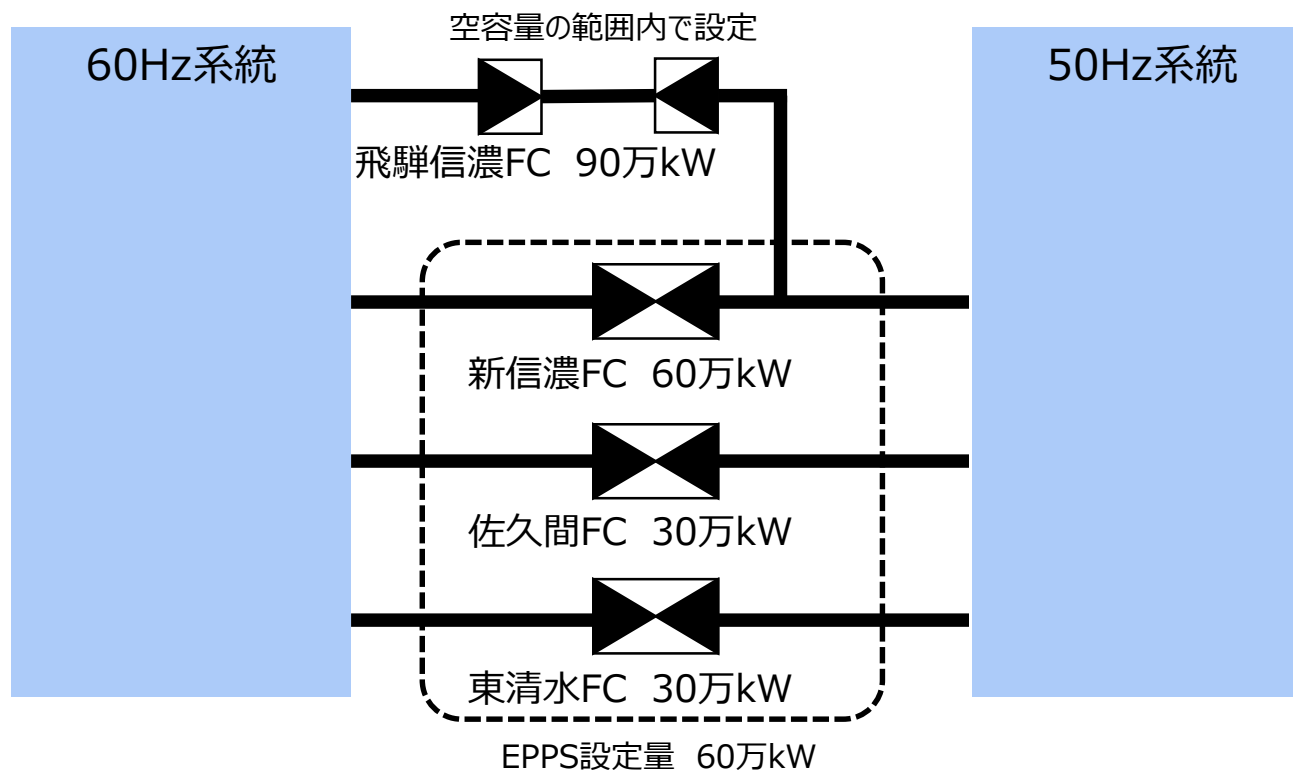
論点①：周波数低下時の緊急融通制御（EPPS）の実装について

論点②：周波数上昇時の緊急融通制御（OFC）の実装について

2. 新FCに実装する周波数制御機能の使用開始時期について

論点③：周波数制御機能の使用開始時期について

- 現在、FCのマージンは、電源脱落等により周波数低下が発生した故障側エリアに対して健全側エリアから送電するためのEPPS設定量が確保されている。EPPS設定量は、新信濃FC・佐久間FC・東清水FCの中から60万kWを設定している。
- また飛騨信濃FCは、第47回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会の通り、FCのマージンとは別に、空容量の範囲内でEPPS制御量を算定して動作する機能を有している。



2.実需給断面におけるマーヅンの確保理由 (2)

4

連系線	方向	マーヅンの設定の考え方及び確保理由
東北東京間連系線	東北⇒東京 (順方向)	台風や暴風雪等の予見可能なリスクが高まった場合は、電力系統を安定に維持するため、東京エリア内で想定する送電線の故障により複数の電源が脱落した場合に東北エリアから東京エリアに流れる最大の潮流の値〈C2〉 また、上記に※1〈B0〉および※2〈A0〉を加える。
	東京⇒東北 (逆方向)	※1〈B0〉および※2〈A0〉を加える。
東京中部間連系設備	東京⇒中部 (順方向)	60Hz系統内で送電線の故障により複数の電源が脱落した場合又は最大電源が脱落した場合に、60Hz系統の周波数低下を抑制するため。但し、東京中部間連系設備を介して東北・東京エリアから電力を受給しても、東北・東京エリアの周波数偏差と60Hz系統の周波数偏差が原則逆転しない値とする。〈B2〉 また、上記に※3〈B0〉および※2〈A0〉を加える。
	中部⇒東京 (逆方向)	50Hz系統内で送電線の故障により複数の電源が脱落した場合、又は最大電源が脱落した場合に、東北・東京エリアの周波数低下を抑制するため。但し、東京中部間連系設備を介して60Hz系統から電力を受給しても、60Hz系統の周波数偏差と東北・東京エリアの周波数偏差が原則逆転しない値とする。〈B1〉 また、上記に※3〈B0〉および※2〈A0〉を加える。

- ※1 北海道風力実証試験に係るマーヅンおよび需給調整市場で調達した調整力を使用するマーヅン。
具体的には、北海道風力実証試験のために連系する風力発電の予測誤差に対応できる値および一次調整力・二次調整力①②のエリア外約定量。
- ※2 需給調整市場で調達した調整力を使用するためのマーヅン。具体的には、三次調整力①②のエリア外約定量。
- ※3 需給調整市場で調達した調整力を使用するためのマーヅン。具体的には、一次調整力・二次調整力①②のエリア外約定量。
〈 〉はマーヅンの区分を示す。シート7参照

(参考)EPPS機能への期待について

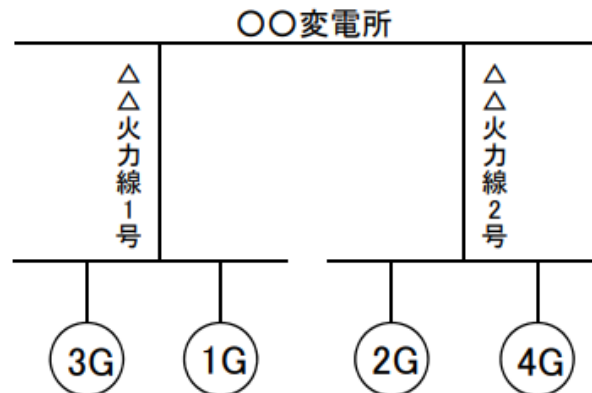
12

■ 中・西エリア、東京エリアでそれぞれ下記のような内容をEPPS機能に期待している。

	中・西エリア	東京エリア
EPPSに期待する内容	送電線ルート故障(N-2)による電源脱落等、 N-2以上 の故障で負荷遮断の量や頻度を抑制 ※N-1故障では、EPPSが無くても負荷遮断は発生しない。	送電線の N-1 故障での複数の電源脱落及び送電線ルート故障(N-2)による電源脱落等、N-2以上の故障で負荷遮断の量や頻度を抑制 ※EPPSに期待すればN-1故障については、負荷遮断を0にできる。(60万kW作動時) ※N-2故障時の電源脱落量が、500万kW程度の場合、ほとんどの断面で負荷遮断が発生する。

⇒ 中・西エリアと東京エリアでは、EPPS機能に期待している内容が異なる。

➤ 送電線のN-1故障で複数の電源脱落が発生する系統の例(ユニット送電方式※)



※ユニット送電方式
送電線の1回線単位に発電機を接続して送電する方式。
この例の場合、△△火力線1回線事故(N-1故障)で発電機2台が脱落する。

■ 飛騨信濃FCの運用開始に伴うFCのマーシンの量について、第47回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会において、60万kW固定として確保し、飛騨信濃FC運用開始以前と変わらず周波数制御(EPPS)に対応したマーシンを60万kW確保すると整理されている。

飛騨信濃FCに実装されるEPPS機能を踏まえたマーシン確保について 13

■ 下表の3案の得失評価結果を踏まえ、FCのマーシンは③60万kWで固定する方向とし、飛騨信濃FCのEPPS機能を常時使用とすることにより、レジリエンスの強化を図ってはどうか。具体的な運用方法については後述する。

FCのマーシン確保方法	メリット	デメリット	評価
①年間を通して、EPPSによる最大融通可能量を確保	・EPPS動作量を最大限活用した需給運用となる(GF容量の低減や負荷遮断の量・頻度の抑制が期待される)	・最大需要時以外の時間帯に不必要なマーシン確保量が発生し、市場取引による連系線利用の不要な妨げとなる	× ・連系線利用の不要な妨げとなる
②EPPSによる融通可能量をその都度算定し、確保	・需要想定に基づき設定するEPPS動作量を活用した需給運用となる(GF容量の低減や負荷遮断の量・頻度の抑制がある程度期待される) ・卸市場取引への影響をある程度低減できる	・スポット市場取引前(前日朝など)時点にマーシンを確保することが必要なため、翌日などの需要想定値に基づきEPPSによる融通可能量を算定することとなり、需要想定誤差の影響により連系線利用の不要な妨げが一部生じる ・一次調整力を需給調整市場により調達することを踏まえると、週間時点の需要想定に基づきEPPS設定量を算定することが必要となる可能性がある	△ ・前日朝時点(一次調整力の市場調達以降は週間時点の可能性あり)での需要想定誤差の影響が生じる ⇒将来的な課題としてFC運用実態を踏まえ実施要否を判断か ※システム対応が必要
③年間を通して、60万kWを確保	・レジリエンスの強化の観点から、想定を上回る大規模電源脱落等への対応として、本機能は常時使用として空容量の範囲内で追加融通を行うことも考えられる	・EPPS動作量を60万kW固定とした需給運用となる(現状に対して(GF容量の低減や負荷遮断の量・頻度の抑制低減効果なし)	○ ・GF容量の低減効果はないものの、レジリエンスの強化が図られる

東京中部間連系設備(FC)のマーシン設定有無による経済的損失比較 (まとめ) 24

- 東京中部間連系設備(FC)にて、EPPS動作のためにマーシン確保する場合の経済的損失について、第11回本委員会にて提示していた2015年度市場取引実績に加え、今回、連系線利用ルール見直し(間接オークション導入)以降の市場取引実績をもとに試算した。
- 順方向(西向き)、逆方向(東向き)どちらにおいても、連系線利用ルール見直し(間接オークション導入)以降の方が経済的損失は増加していた。しかし、マーシンを確保しない場合(停電許容およびGF容量増加)と比較して、マーシンを確保する場合の方が経済的損失は小さい結果となった。
- 以上より、東京中部間連系設備(FC)においては、飛騨信濃FC運用開始以降においても、現状通り、EPPS動作のためのマーシンは60万kW確保することだろうか。

FCのマーシン確保有無による経済的損失比較

	B:マーシン確保 (2015年度)	B:マーシン確保 (2018年度下期~ 2019年度上期)	A:マーシン確保せず 停電許容 (停電時の損失)	C:マーシン確保せず GF容量増加
順方向 (西向き) N-2事象検討	約0.1億円 ^{※1}	約0.5億円 [*]	約25~72億円	約230億円
逆方向 (東向き) N-1事象検討	約43億円 ^{※1}	約65億円 [*]	N-1では比較対象外 [約31~81億円]	約110億円

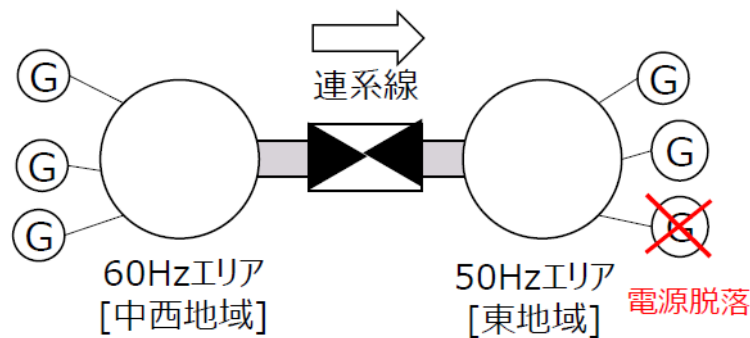
※飛騨信濃FC運用開始により、市場取引で利用できるFC容量が90万kW増加することから、経済的損失は軽減されると考えられる



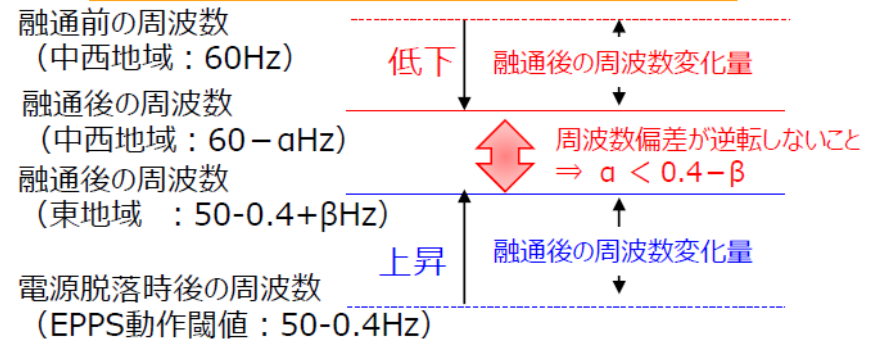
飛騨信濃FCに実装されるEPPS機能について

11

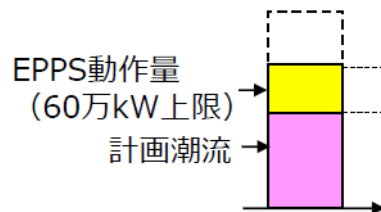
- 飛騨信濃FCには、予めEPPS設定値を設定しておくのではなく、実需給時点における50Hzと60Hzの系統容量(需要)のオンライン情報から、時々刻々の系統容量に応じて故障側エリアと健全側エリアとの周波数偏差が逆転しない量までを、マージンと空容量の範囲内で、EPPS動作量として算定する機能を有する。
- 本機能により、これまで、年間を通して周波数偏差が逆転しない値とするために、60万kW固定値を上限としていた旧FC(新信濃FC・佐久間FC・東清水FC)によるEPPS動作値よりも融通量を増加させることが可能となる。



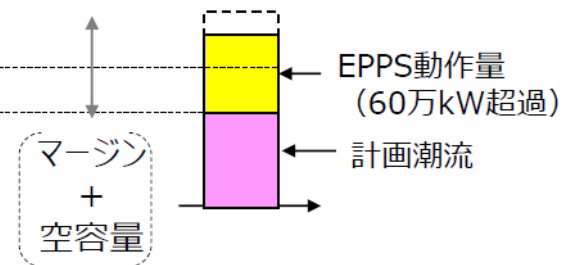
飛騨信濃FCにおけるEPPS機能の考え方



【現在】
系統容量(需要)に関わらず融通量固定



【飛騨信濃FC運用開始後】
系統容量(需要)に応じて融通量を可変

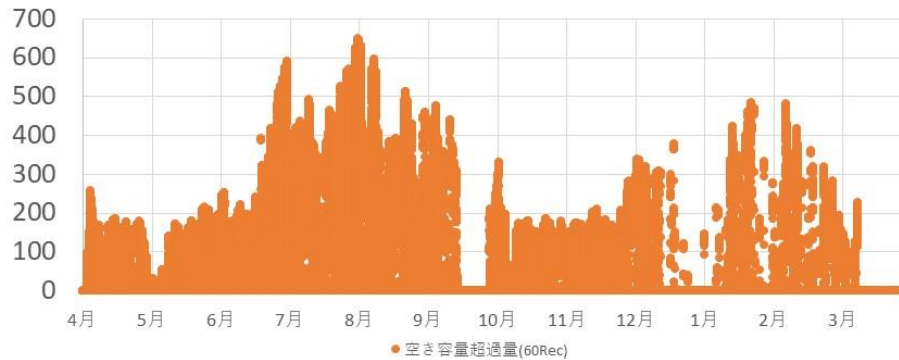


- 飛騨信濃FCには、予めEPPS設定値を固定として設定するのではなく、時々刻々と変化する系統容量に応じて、故障側エリアと健全側エリアとの周波数偏差が逆転しない量をEPPS制御量として算出する方式である。
- 一方、飛騨信濃FCの融通量も変化するため、空容量は時々刻々と変化する。その結果、飛騨信濃FCの空容量がEPPS制御量を下回っている時間も発生する。この場合、飛騨信濃FCのEPPS動作量は、EPPS制御量より減少する。

飛騨信濃FCのEPPS制御量に対して空容量が不足していた量（2022年度）

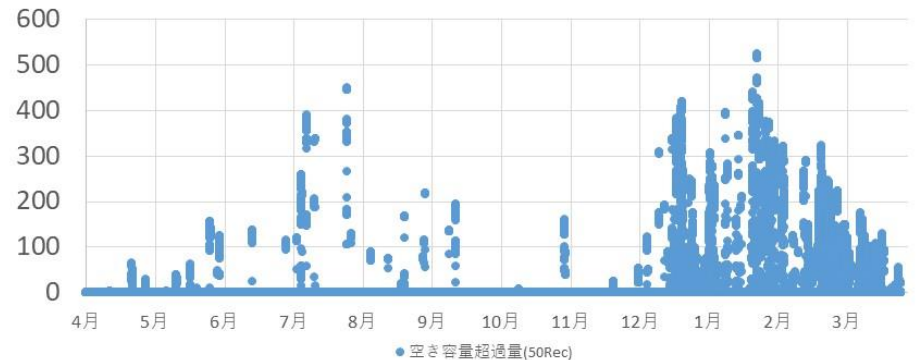
50Hz向け

空容量不足：年間約26%

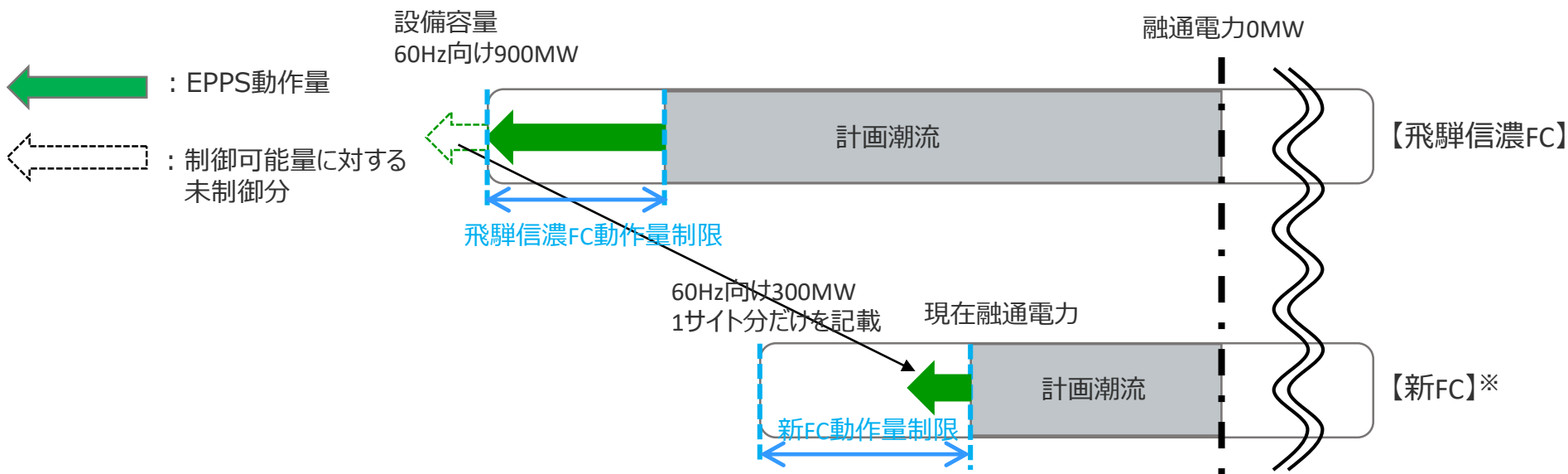


60Hz向け

空容量不足：年間約4%



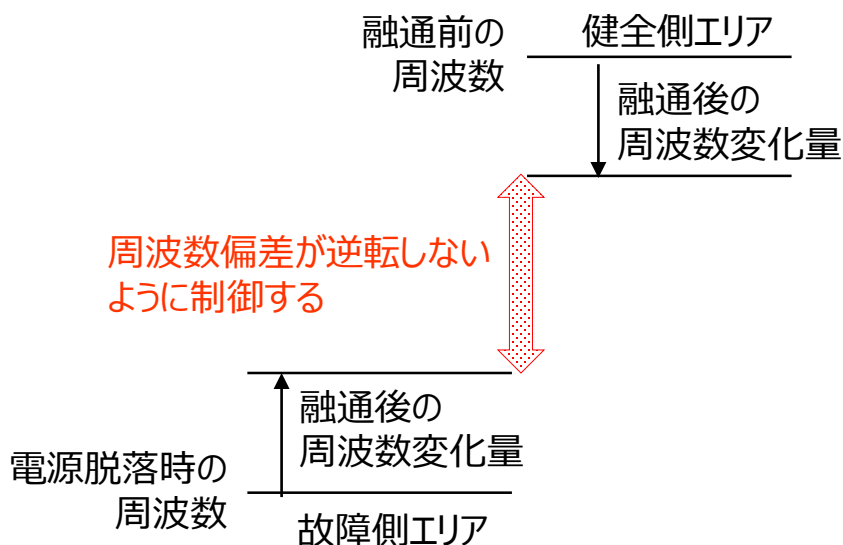
- 新FCは、現在検討中であるものの、飛騨信濃FCと同様に広域需給調整への活用が想定される。新FCにも、空容量が発生する時間帯があると考えられる。
- そのため、飛騨信濃FCの空容量不足で期待できないEPPS制御量は、**新FCの空容量の範囲内で追加発動できるようにしてはどうか。**



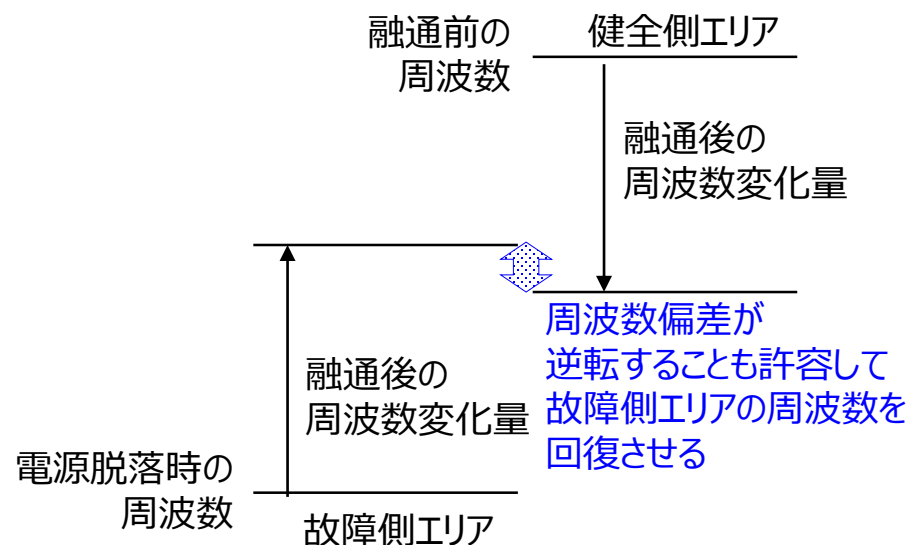
※追加発動する順番はあらかじめ設定しておく

- 現在のEPPS制御は、健全側エリアと故障側エリアの周波数偏差が逆転しない範囲で動作する。周波数擾乱時に周波数維持効果はあるものの、ブラックアウトに至るリスクがあるような周波数の大擾乱に対してはEPPS制御量が不足する懸念がある。
- このため、FC増設に伴い、空容量の増加も期待できることから、EPPS制御量を増加させる方法について検討した。具体的には、**健全側エリアの周波数低下が故障側エリアの周波数低下を上回ることを許容した上で、故障側エリアの周波数を回復させるような新EPPS機能**を検討した。
- 新FCには、レジリエンス向上の観点から、**新EPPS機能を実装することとしてはどうか。**

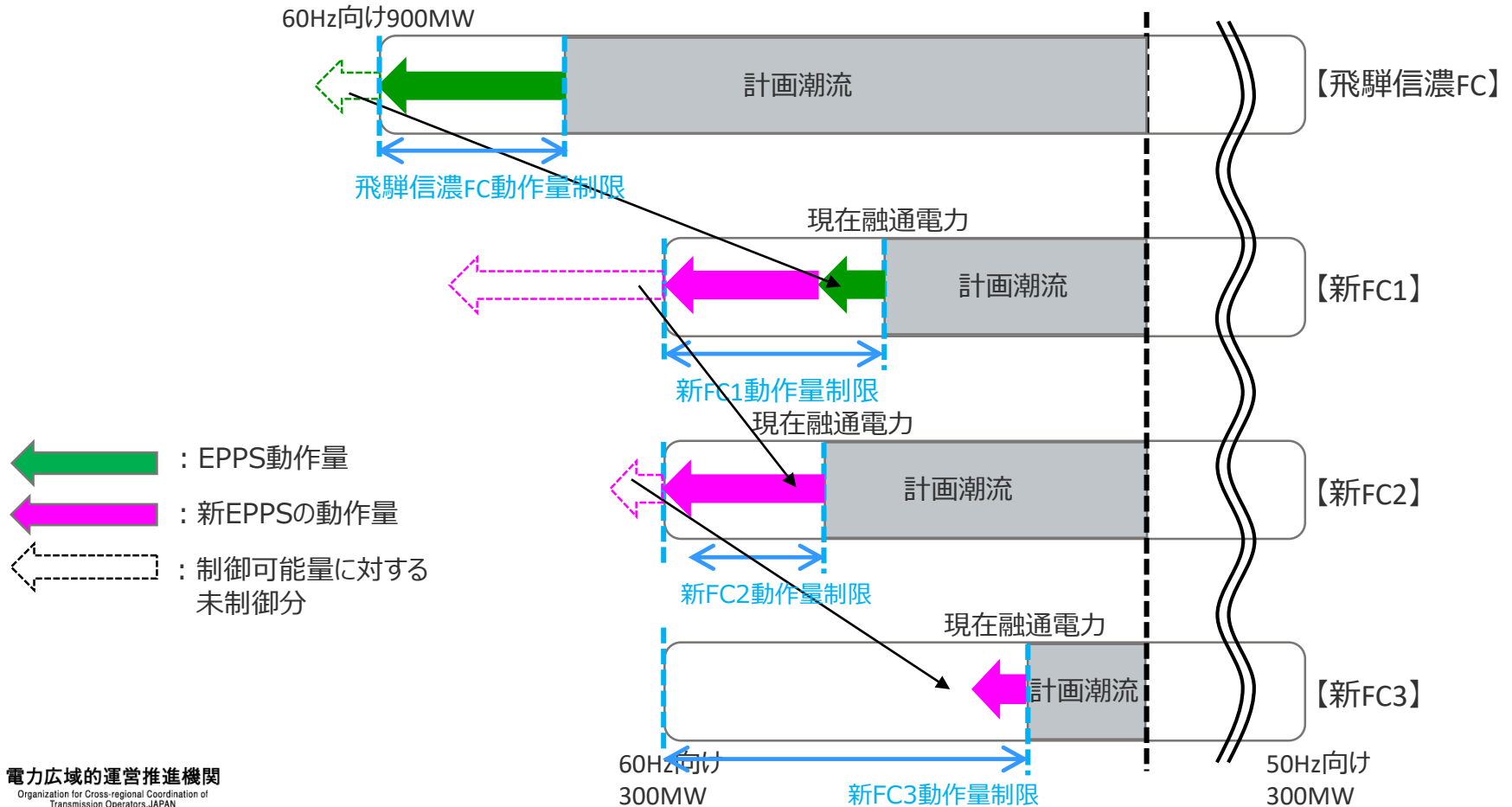
飛騨信濃FCに実装されてるEPPS機能



今回提案の新EPPS機能



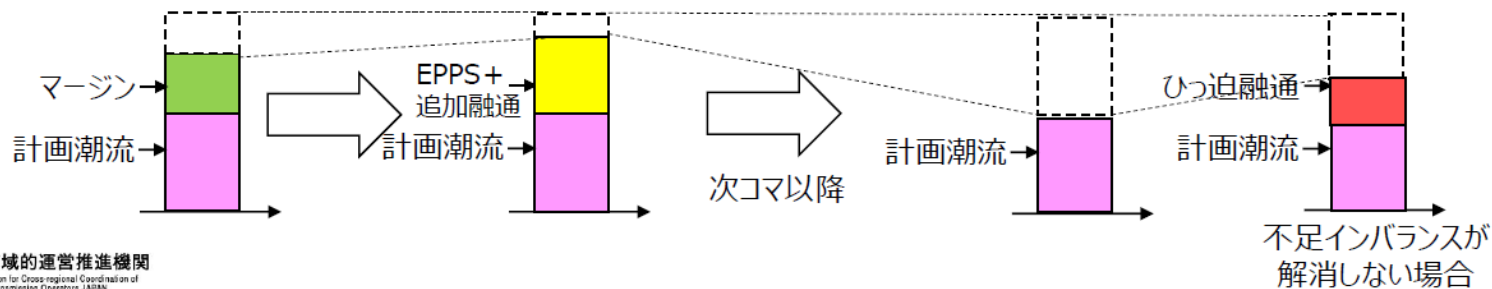
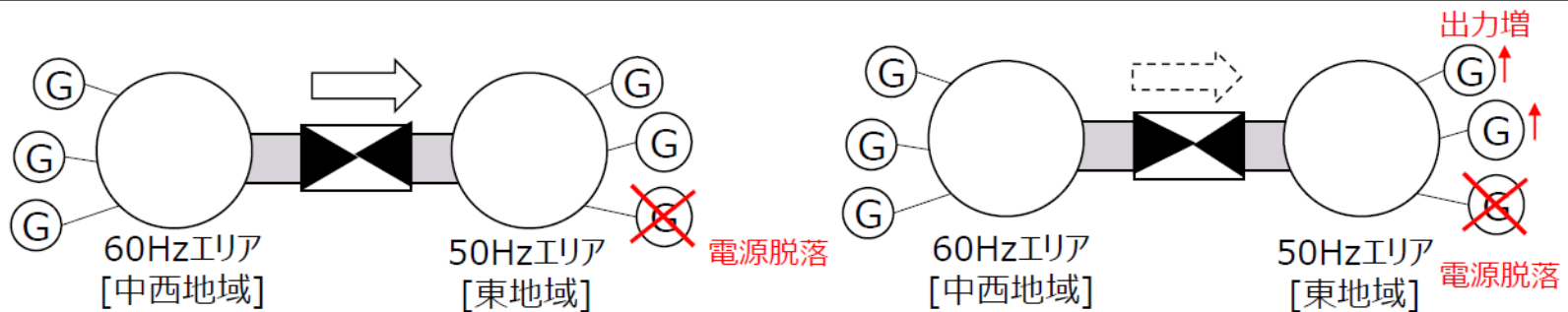
- 新EPPS機能は、現在のEPPS制御が動作しても周波数が回復しないような大擾乱時に起動するものとして、現在のEPPS制御動作後に起動するようにしてはどうか。新FCに新EPPSを動作させる順位を事前に決めておき、**空容量の範囲内で順位とおりに動作するものとする。**
- 新EPPS機能の起動周波数等は今後決定する。



空容量を活用したEPPS動作後の対応について

27

- 空容量を活用し、マージン以上にEPPS動作によって健全側エリアから故障側エリアへ送電した場合、次コマ以降において以下の対応を実施することによりFC潮流を計画潮流まで戻すこととする。
 - EPPSは電源脱落等による周波数低下に対する対応であることから、故障側エリアの一般送配電事業者は上げ調整力を発動し、電源脱落等により不足インバランスに対する補給を行う。
 - また、電源脱落等により不足インバランスを発生させた発電事業者(または小売事業者)は、不足インバランス解消のために、時間前市場等で供給力の追加調達に努める。
- 上記対応によってもなお、不足インバランスを解消できず、FC潮流を計画潮流まで戻せない場合は、需給ひっ迫融通として故障側エリアの一般送配電事業者が受電することとなる。



EPPS	動作量	対象FC	EPPS動作量確保方法	起動周波数
固定EPPS	60万kW	新信濃1,2FC 佐久間FC 東清水2FC	マージン	50Hz側 : 49.6Hz 60Hz側 : 59.6Hz
可変EPPS	周波数偏差が逆転しない範囲で算出	飛騨信濃FC 不足時は新FC	空容量	50Hz側 : 49.6Hz 60Hz側 : 59.6Hz
新EPPS	周波数回復量を目標に算出	新FC	空容量	検討中

1. 新FCに実装する周波数制御機能について

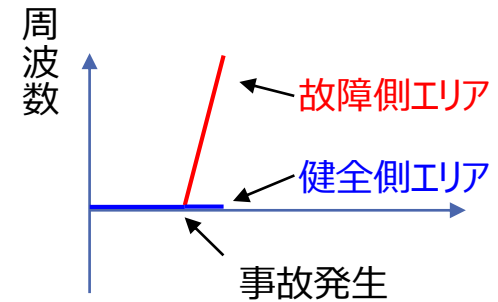
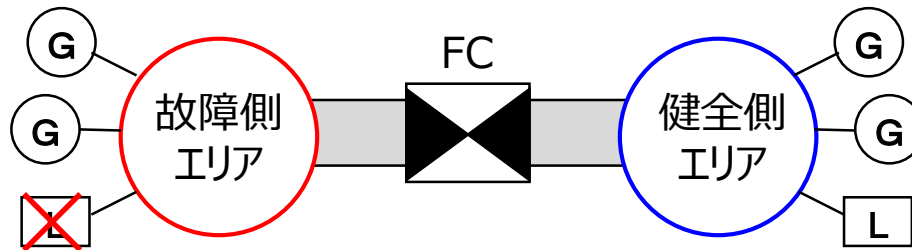
論点①：周波数低下時の緊急融通制御（EPPS）の実装について

論点②：周波数上昇時の緊急融通制御（OFC）の実装について

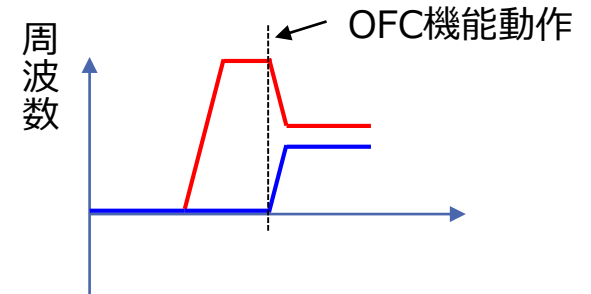
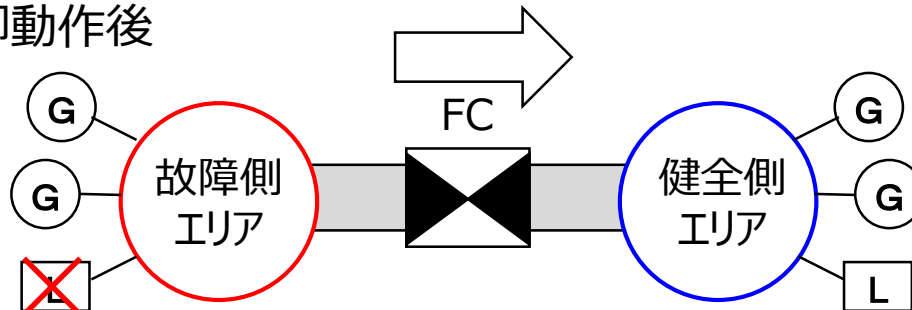
2. 新FCに実装する周波数制御機能の使用開始時期について

論点③：周波数制御機能の使用開始時期について

- 今まで、FCには、周波数低下時に健全側エリアから緊急応援融通を行うEPPS機能を実装して、電源脱落等による停電回避対策を実施してきた。
- 一方、需要脱落などの系統擾乱によっては、系統周波数が上昇する事象が発生することも考えられる。そのため、周波数上昇側の対策として、周波数上昇時の緊急融通制御(以下、OFC機能)について検討した。具体的には、**周波数上昇側エリアから健全側エリアに対して、空容量がある場合に融通電力を流して、周波数上昇を抑制させる。**
- 新FCには、OFC機能を実装することとしてはどうか。なお、OFC機能の起動周波数等は今後決定する。



OFC制御動作後



1. 新FCに実装する周波数制御機能について

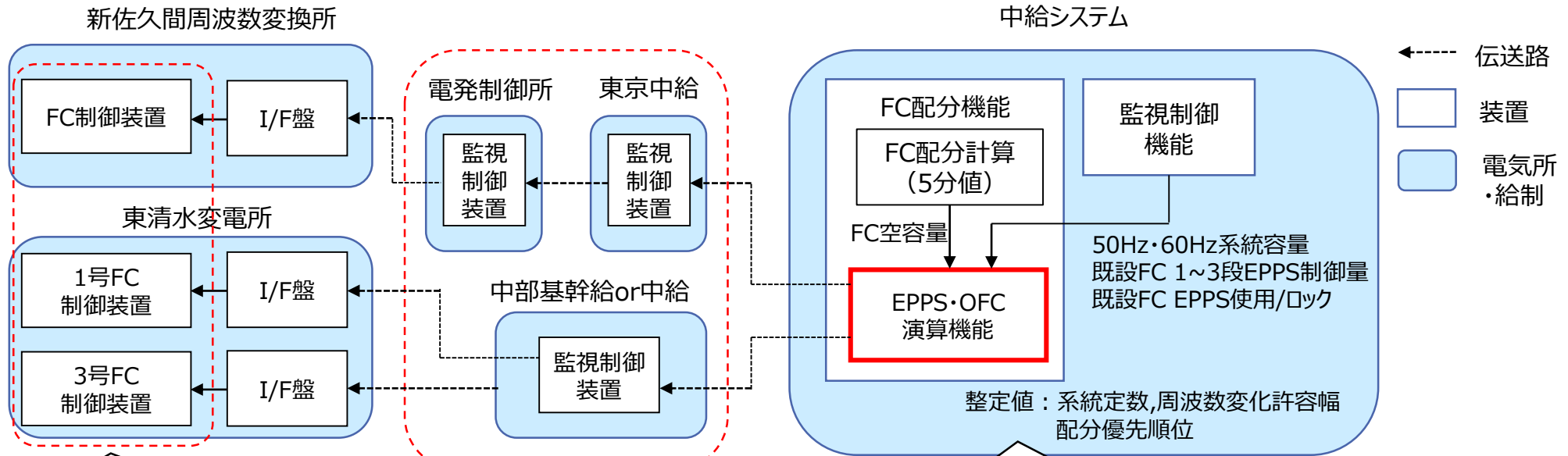
論点①：周波数低下時の緊急融通制御（EPPS）の実装について

論点②：周波数上昇時の緊急融通制御（OFC）の実装について

2. 新FCに実装する周波数制御機能の使用開始時期について

論点③：周波数制御機能の使用開始時期について

- 新FCの周波数制御機能は、他FCの状態や融通量などの情報を必要とする。
- そのため、中給システムに実装されているFC配分機能で制御量を演算し、各FCに送信するシステム構成とする。



④ 制御量更新
EPPS・OFC制御量を受信する。

⑤ EPPS・OFC起動判定
FC端周波数の起動条件成立により、事前に設定された制御量を融通する。

③ 制御量送信
各社給電制御所経由でFCに制御量送信。

① 制御量演算
一定周期(1分程度)に系統容量, 系統定数等から50Hz・60Hz向きEPPS, OFC制御量を算出する

② 配分計算
同様の周期で配分優先順位整定に基づきFC空容量に応じて、FC毎に制御量を配分する

- 新FCの周波数制御機能を実現するためには、現中給システムに実装されているFC配分機能の改造が必要となる。
- しかし、中給システムは2020年代後半に次期中給システムへ更新する予定である。そのため、**新FCの周波数制御機能の使用開始時期は、次期中給システムの運用開始時期に合わせてはどうか。**

7. 運用開始時期に関する検討

20

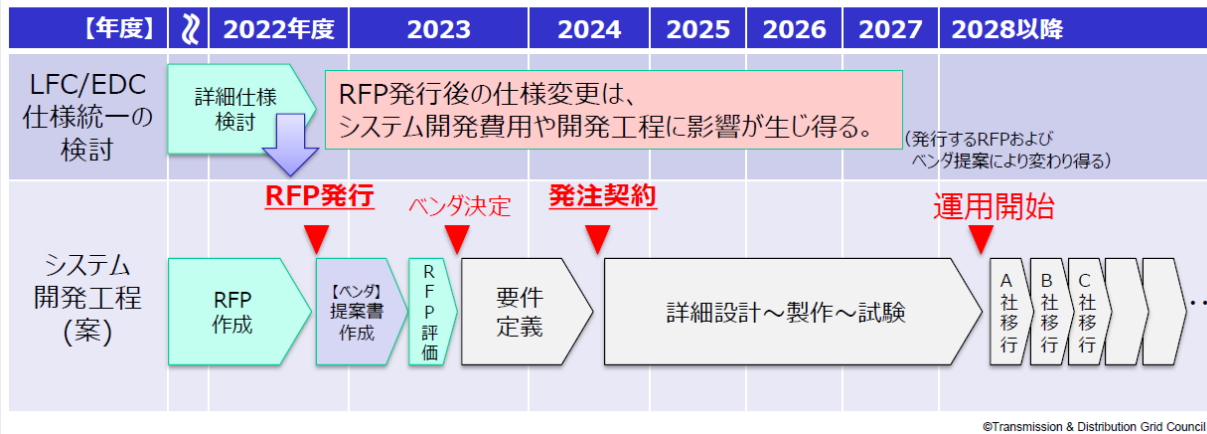
- システム開発期間については、想定する開発規模と一般的な工期の統計※1から、**ベンダ決定後から少なくとも5年程度は必要となる見込み。**
- 加えて、各社中給システムは、**経年劣化に伴う更新時期を迎える前に、順次次期中給システムによる運用に移行**する必要がある。
- 以上を踏まえ、次期中給システムの運用開始時期は、**2023年早期にRFP※2発行をした場合に、1社目の運用開始が2020年代後半となる見通し。**

注) 昨今のIT人材不足、開発プロセスの厳格化等を背景に標準工期が長期化する傾向にあることにも留意が必要

※1：日本情報システム・ユーザー協会（JUAS）より

※2：RFP：Request for Proposal（提案依頼書）

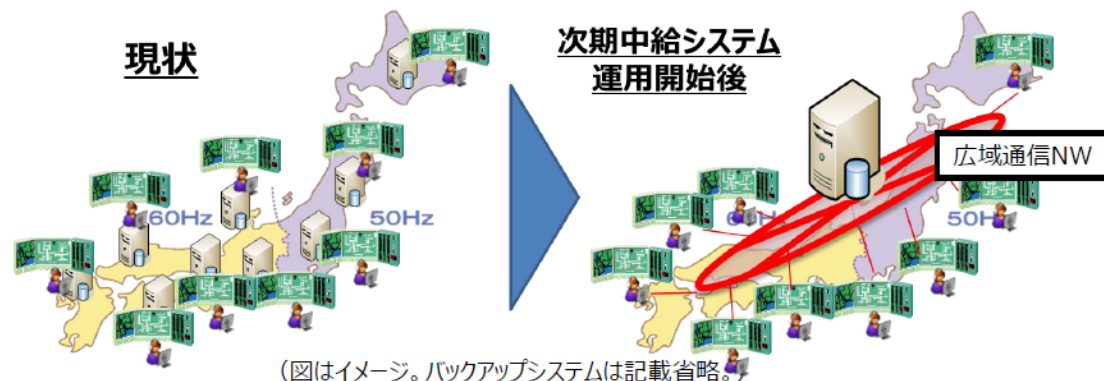
<工程イメージ>



©Transmission & Distribution Grid Council

5. 次期中給システムのシステム構成 (イメージ)

- 一般送配電事業者各社は、地理的に離れて設置するシステムを共同利用するため、次期中給システムと各エリア拠点間を、**広域通信ネットワークの構築**により連係。
- その上で、システムの**系列2重化**および設置拠点の**広域分散**により、**システムの可用性確保と同時被災リスク低減を実現**する。
- セキュリティインシデント等の稀頻度事象発生時にも、エリア内の需給バランスや周波数を維持できるよう、**必要最低限のバックアップ装置をエリア毎に保有**する。



	現状	次期中給システム開発後
エリア運用・監視拠点	エリア毎	エリア毎
中給システムサーバ拠点	エリア毎	共有・全エリア共通※1
ソフトウェア仕様	エリア毎に異なる	全エリア共通※1
制御用伝送フォーマット	エリア毎に異なる	全エリア共通※2



送配電網協議会

※1：沖縄電力は地理的要因や、エリア需給運用の独自性の観点から、システム共有化の対象外
 ※2：新設電源や電源の設備更新時に適用されるため共通仕様へは順次切替となる。

©Transmission & Distribution Grid Council

- 2027年度末に運用開始する新FCについて、論点①②のとおり周波数制御機能を実装してはどうか。

論点①：周波数低下時の緊急融通制御（EPPS）の実装について

- 飛騨信濃FCの空容量不足で期待できないEPPS制御量は、新FCに追加発動できるようにしてはどうか。
- 健全側エリアの周波数低下が故障側エリアの周波数低下を上回ることを許容した上で、故障側エリアの周波数を回復させるような新EPPS機能を実装してはどうか。

論点②：周波数上昇時の緊急融通制御（OFC）の実装について

- 周波数上昇側エリアから健全側エリアに対して、空容量の範囲で融通電力を流して、周波数上昇を抑制させてはどうか。

- 新FCの周波数制御機能の使用開始時期についても検討した。

論点③：周波数制御機能の使用開始時期について

- 次期中給システムの運用開始時期に合わせることではどうか。