

日本版コネクト&マネージを実現する 制御システムの開発

2024年6月26日
東京電力パワーグリッド株式会社（幹事企業）



- 当社は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）より「日本版コネクト&マネージを実現する制御システムの開発」を幹事企業として受託して、2020年7月からコネクト&マネージシステム（C&Mシステム）を開発してきた。
- **C&Mシステムは、再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（大量導入小委）等で整理された系統制約での出力制御ルールに則って開発し、併せて、需給バランス制約に伴う出力制御ルールにも則って開発しており、2023年度のフィールド実証によりシステムの妥当性を評価した。**
- **C&Mシステムは2024年度より運用を開始している。**

- **C&Mシステムの開発プロジェクト概要**
- 系統制御・需給制御に関する出力制御ルール等
- 当社が開発したC&Mシステム
C&Mシステムの構成・概要

プロジェクト概要

● プロジェクト名

- ・ 日本版コネクト＆マネージを実現する制御システムの開発プロジェクト

● プロジェクト発足の経緯

- ・ 発電設備を新たに**空き容量がない系統**に接続する場合には、流通設備等の増強を行う必要があるが、流通設備等の増強には**多額の費用と時間を要する**。
- ・ 早期に再生可能エネルギーの導入を拡大するためには、「ノンファーム型接続」などの**既存系統を有効に活用する取り組みが重要**となる。
- ・ 一定の条件下で系統への接続を認める「試行ノンファーム型接続」といった「日本版コネクト＆マネージ」の仕組みを実現し、既存系統を最大限活用していくための効果的かつ合理的な制御システムの開発と実証が**NEDO事業で公募され当社が幹事企業として採択**された（2020年6月）。

● プロジェクト目標

- ・ 日本版コネクト＆マネージの1つであるノンファーム型接続のためのシステムを開発し、実系統での実証を実施する

● 期間

- ・ 2020年7月～2024年3月

開発スコープ・参画企業

■ 対象業務

- 系統制御、需給制御に関する業務

■ プロジェクトの作業範囲

- 系統制御ロジックの検討、需給制御ロジックの検討
- スケジュール配信方法の検討
- 上記業務のシステム化

■ 参画企業

- 東京電力パワーグリッド株式会社
- 東京電力ホールディングス株式会社
- 北海道電力ネットワーク株式会社
- 東北電力ネットワーク株式会社
- 一般財団法人電力中央研究所
- 株式会社テプコシステムズ
- 東京電設サービス株式会社
- 株式会社日立製作所
- 四国計測工業株式会社
- 一般財団法人日本気象協会
- 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
- 国立大学法人東京大学

NEDO検討委員会体制

検討委員会は、下記の委員・オブザーバーを招聘し、事業の方向性と進捗を報告、助言をいただくもの。
2回／年の開催。

- 委員長

加藤 政一 東京電機大学 工学部 電気電子工学科 教授

- 有識者委員（五十音順・継承略）

飯岡 大輔 中部大学 工学部 電気電子システム工学科 教授

坂本 織江 上智大学 理工学部 機能創造理工学科 准教授

造賀 芳文 広島大学 大学院先進理工系科学研究科 電気システム制御プログラム 教授

辻 隆男 横浜国立大学 大学院工学研究院 知的構造の創生部門 准教授

馬場 旬平 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授

原 亮一 北海道大学 大学院情報科学研究院 システム情報科学部門 准教授

- オブザーバー

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

経済産業省 資源エネルギー庁

電力広域的運営推進機関

送配電網協議会

- C&Mシステムの開発プロジェクト概要
- **系統制御・需給制御に関する出力制御ルール等**
- 当社が開発したC&Mシステム
C&Mシステムの構成・概要

系統制約・需給制約に関する出力制御ルール

- C&Mシステムは、**大量導入小委で整理された系統制御ルールと、送配電等業務指針に基づく需給制御ルールに則り、システムの機能を構築した。**
- ただし、ローカル系統の系統制約での出力制御は、大量導入小委の整理に、C&Mシステムの開発工程が間に合わなかったため、当面、**ノンファーム電源のみを対象に一律制御を実施する。**

※第48回大量導入小委に報告済み。同小委の整理に応じた機能（再給電方式（一定順序））を2024年度に実装予定
 なお、精算システム等の準備の後、運用開始予定（2026年度目途）

系統制御ルール

（参考）適用系統・電源と制御対象・方法の整理

	基幹系統混雑			ローカル系統混雑			系統図
	①適用 系統	②適用 電源	③制御 対象	①適用 系統	②適用 電源	③制御 対象	
基幹系統 (上位2電圧)	2021.1 基幹系統	2022.4 全電源	(調整電源活用) 2022.12 (一定の順序) 2023.12				系統図: 基幹系統（上位2電圧送電線（沖縄は132kV））、ローカル系統（154, 110kV送電線、77, 66kV送電線、33, 22kV送電線）、配電系統（高圧系統（6.6kV）、低圧系統（110V））。
ローカル系統 ※上位2電圧以外かつ配電系統として扱われない系統		2023.4 全電源		2023.4 ローカル系統	2023.4 全電源		
配電系統 (高圧以上)			2023.12以降 必要に応じて拡大				
配電系統 (低圧)		10kW未満			10kW未満		
④制御方法	再給電方式			再給電方式（一定の順序）の出力制御順に基づく一律制御（計画変更）			

2022.12.27 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（第48回）資料1より抜粋

2024年度はノンファーム一律制御で運用開始

需給制御ルール

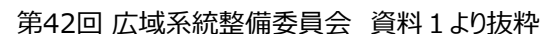
【優先給電ルールに基づく対応】

- ①火力（石油、ガス、石炭）の出力制御、揚水・蓄電池の活用
 - ②他地域への送電（連系線）
 - ③バイオマスの出力制御
 - ④太陽光、風力の出力制御
 - ⑤長期固定電源※（水力、原子力、地熱）の出力制御
- ※出力制御が技術的に困難

出力制御区分		旧ルール	新ルール	無制限無補償ルール
出力制御上限	500kW以上	年間30日		
	50kW以上 500kW未満	当面の間、出力制御対象外	年間360時間	無制限無補償
	10kW以上 50kW未満	⇒2022年より出力制御実施対象へ		
	10kW未満		当面の間、出力制御実施対象外	

資源エネルギー庁 なるほど！グリッド！より抜粋

-
- 系統混雑計算 (一般送配電)
- 系統混雑計算
- 混雑予想①
- 送信
- 反映
- 計画提出 (前日12時)
- 計画提出 (1+α時間前)
- PCSの運転スケジュール書き換え
- 混雑予想①に基づく出力制御値(初期値)
- 系統混雑計算
- 混雑予想②
- 送信
- 反映
- 最終計画 (1時間前)
- PCSの運転スケジュール書き換え
- 混雑予想②に基づく出力制御値(更新値)
- 出力制御値 (最終値)
- 差がでる可能性大 (インバンスリスク大)
- 実際の発電機出力 (パナソニック電源)
- 制約なし
- スポット市場
- 時間前市場
- 前日12時
- 1+α時間前
- GC(1時間前)
- OCCTO
- Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators, JEPCC
- 実需者



- C&Mシステムの開発プロジェクト概要
- 系統制御・需給制御に関する出力制御ルール等
- **当社が開発したC&Mシステム**
C&Mシステムの構成・概要

C&Mシステムの構成

- C&Mシステムは**当日、翌日の系統制約と需給バランス制約の両方を満足する出力制御量を発電所ごとに算出、配信できる機能を具備**し、既設システムとの関係を前提として、以下の3つのシステムで構成している。
- C&Mシステムの基本的な技術仕様について、一般送配電各社へ開示している。

1 系統制約マネージメントシステム

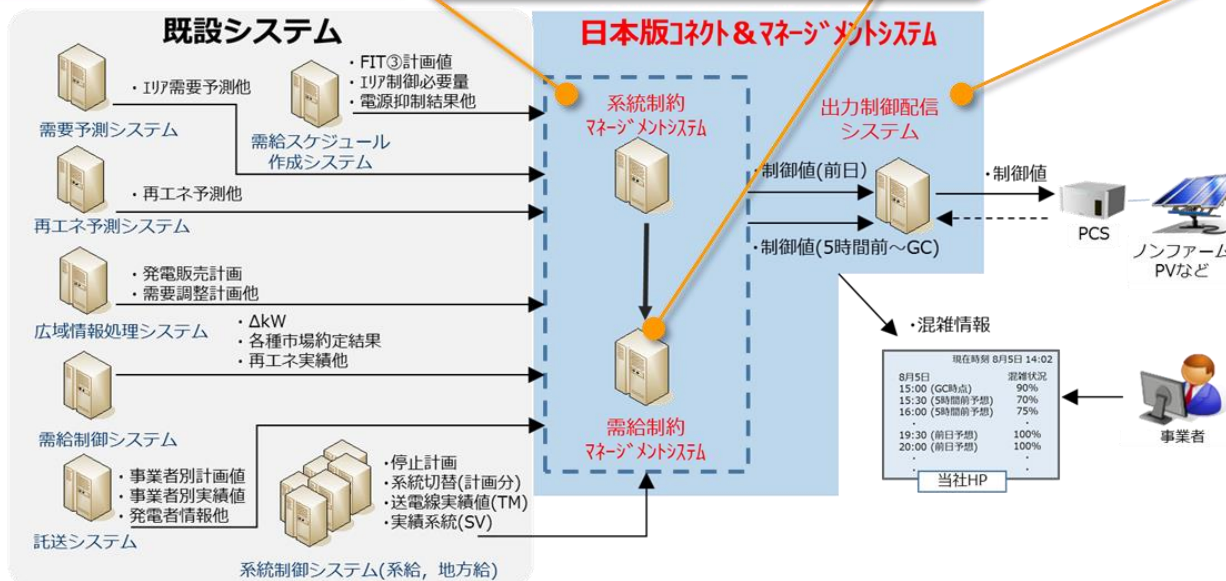
- ・潮流状態を予測・作成
- ・系統混雑箇所を特定し、必要な系統制御量を算出
- ・ノンファーム電源の系統制御量について需給制約マネージメントシステム側へ連絡

2 需給制約マネージメントシステム

- ・調整力下げ代不足を解消する全系エリア出力制御量を決定
- ・系統制約マネージメントシステムからの系統制御量を踏まえ、ファーム電源およびノンファーム電源の制御値決定

3 出力制御配信システム

- ・ファーム電源およびノンファーム電源に出力制御値を送信
- ・インターネットや専用回線等により、オンラインでの出力制御を実施

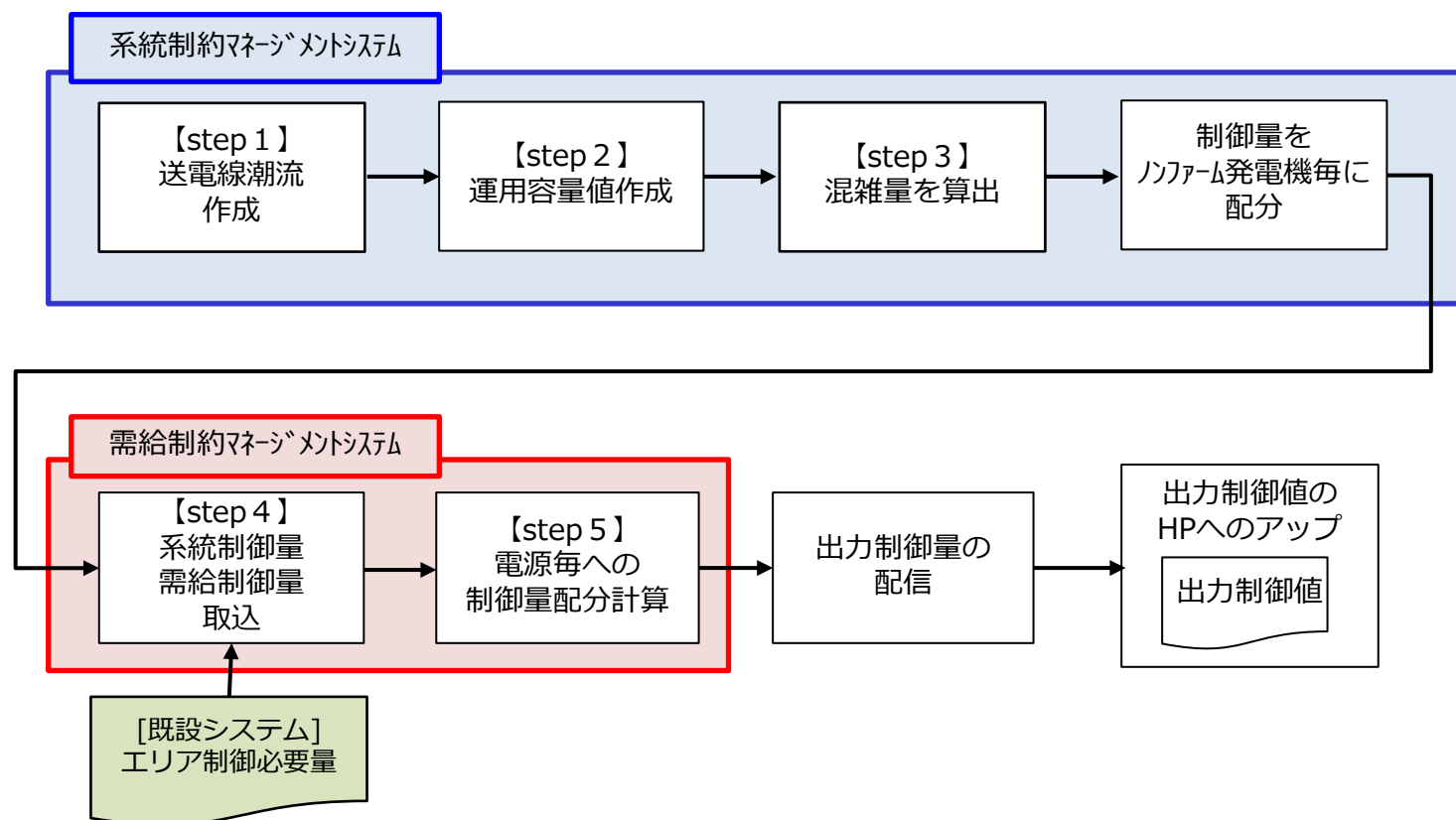


※系統混雑：設備に流せる容量を超えた状態で電気がながれること

※調整力下げ代不足：需要に対して供給力が上回り、周波数の維持が困難になること

系統・需給制約マネージメントシステムのロジック概要

- 系統制約マネージメントシステムにて、将来の送電線潮流を作成し、運用容量を超過する混雑量を、発電機毎の系統制御量として算出する。
- 需給制約マネージメントシステムにて、系統制約マネージメントシステムにて算出された発電機毎の系統制御量を反映し、需給制約として必要な需給制御量を算出し、各発電機の制御量を決定する。

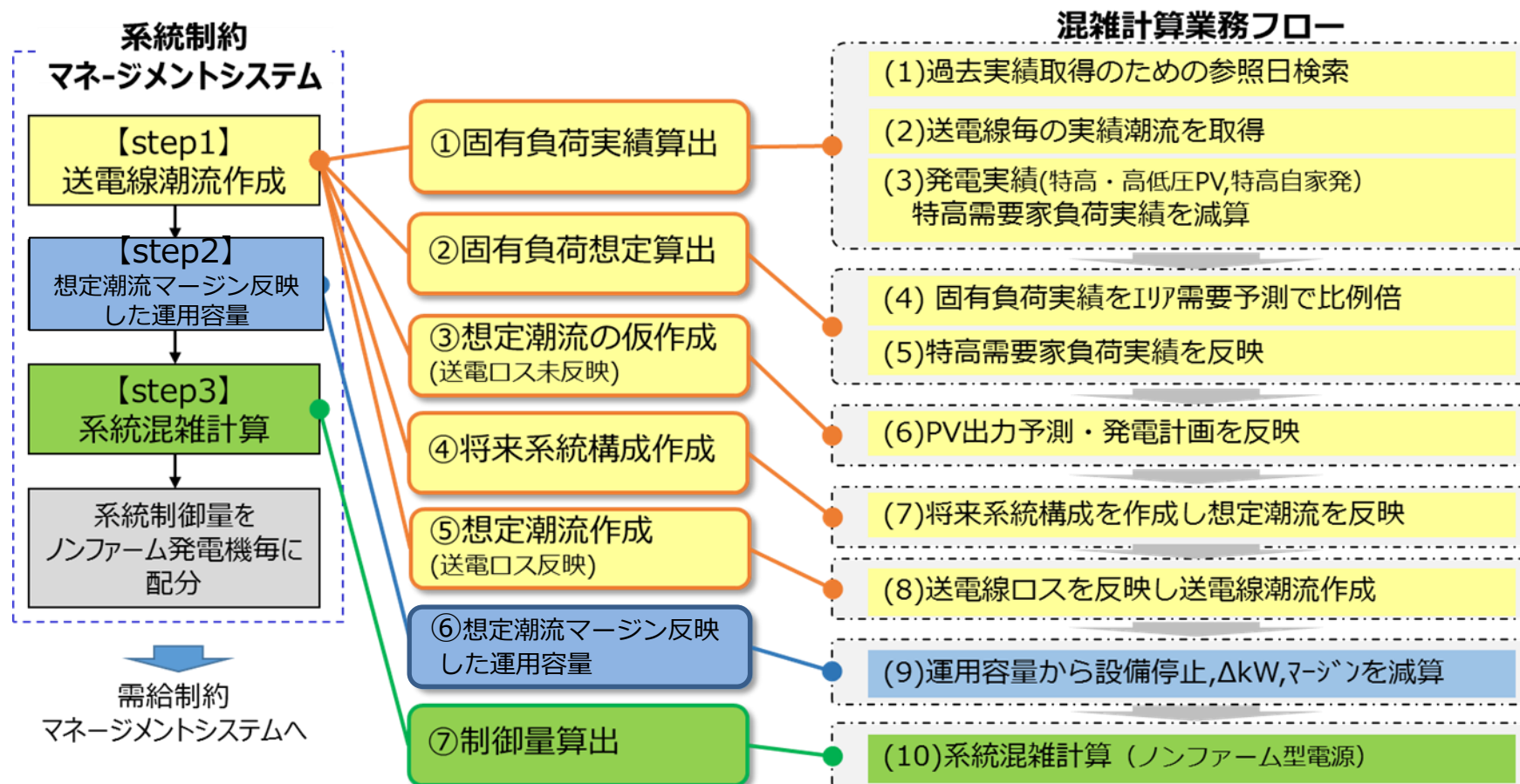


- | ①需給バランス制約（需給制約）による出力制御 | | ②送電容量制約（系統制約）による出力制御（基幹系統）（ローカル系統） | |
|------------------------|--|---|--|
| 出力制御ルール | <p><u>出力制御ルール</u></p> <p>出力制御順</p> <ol style="list-style-type: none"> ①火力(石油、ガス、石炭)の出力制御、揚水の活用 ②他地域への送電（連系統） ③バイオマス(の出力制御) ④太陽光、風力の出力制御 ⑤長期固定電源※（水力、原子力、地熱）の出力制御 <p>※出力制御が技術的に困難</p> | <p><u>再給電方式（一定の順序）</u></p> <p>再給電方式（一定の順序）の出力制御順に基づく一律制御（計画変更）</p> <p>出力制御順</p> <ol style="list-style-type: none"> ①調整力(火力等)(電源Ⅰ)、火力等（電源Ⅱ）の出力制御、揚水の揚水運転、貯蔵装置の充電 ②ノンファーム火力等(電源Ⅲ)の出力制御 ③ファーム火力等(電源Ⅲ)の出力制御 ④ノンファームバイオマス(専焼、地域資源（出力制御困難なものを除く）)の出力制御 ⑤ノンファーム太陽光、風力の出力制御 ⑥その他のノンファーム電源※の出力制御 <p>※地域資源(出力制御困難なもの)及び長期固定電源</p> | |
| 出力制御の発生イメージ | | | |

無断複製・転載禁止 東京電力パワーグリッド株式会社

系統制御量算出の流れ

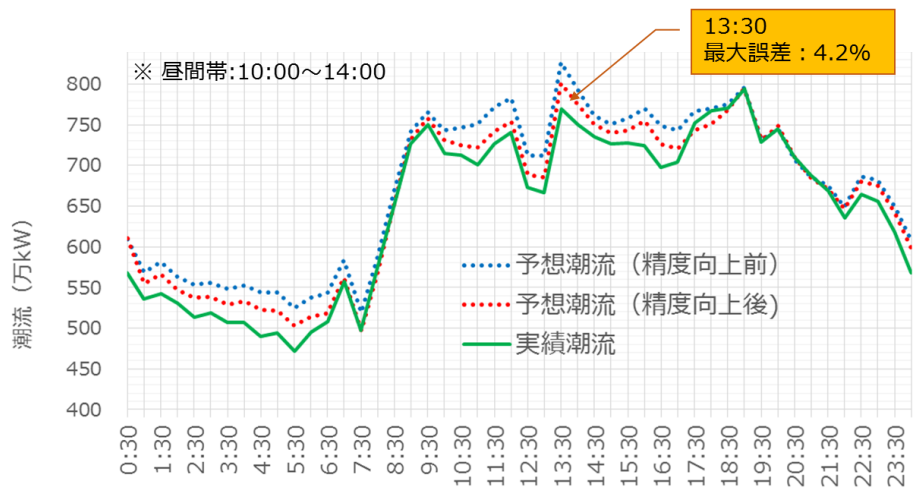
- C&Mシステムは、過去の実績潮流をもとに、当日や翌日の系統構成を反映して、当日や翌日の想定潮流を作成し、想定潮流マージンを反映した運用容量から制御量（混雑量）を算出する。



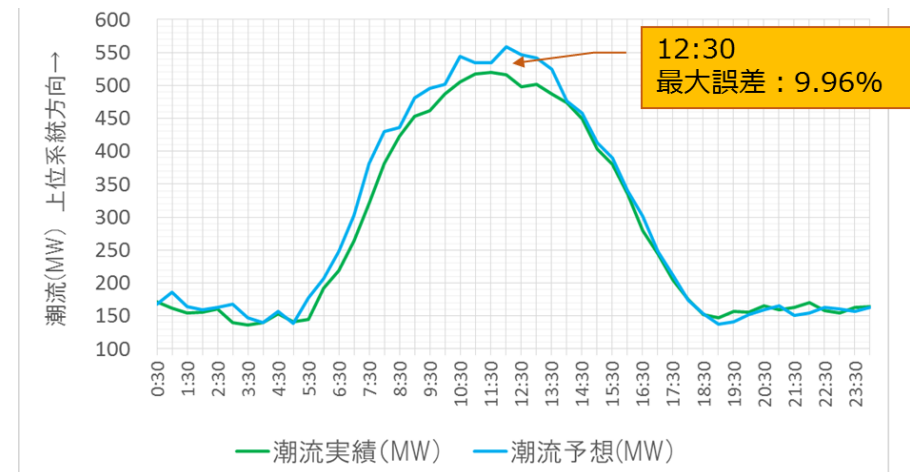
マージン設定にあたっての基本的考え方

- 想定潮流の予測誤差により設備許容値を超過し、設備損壊とならないよう、運用容量に一定のマージンを設定しておく必要がある。
- 一方、再エネ利用拡大のためマージン極小化を図ることも重要。
- これまでの机上検証結果から、予測誤差は系統規模により異なり、ローカル系統は基幹系統に比べ、ならし効果が少ないため、誤差率は大い傾向。
- そのため、マージンは一律ではなく系統毎に設定する必要がある。

基幹系：平均誤差_2.6% 最大誤差_4.2%



ローカル系：平均誤差_6% 最大誤差_10%



出力制御機能付PCS等（66kV以上）技術仕様書

- IEC61850に基づく、出力制御機能付PCS等（66kV以上）技術仕様書・伝送仕様書を、当社ホームページに公開済み。

- 【本文】 出力制御機能付PCS等（66kV以上）技術仕様書
- 【別紙】 出力制御機能付PCS等（66kV以上）日本版コネクと&マネージメントシステム伝送仕様書

<https://www.tepco.co.jp/pg/consignment/access/outputcontrol.html>

技術仕様書（本文）

1 出力制御システムの概要

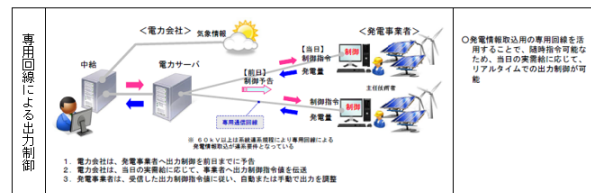
出力制御機能付PCS等には、平成27年2月17日 第4回系統WG、および平成30年10月10日第17回系統WGで提案された「出力制御システム」を達成するための機能を具備することとする。

本技術仕様書は専用回線による出力制御について整理したものである。本仕様書に記載のない事項については、当社との協議により決定する。

<出力制御システムに求められる要件>

システム構築の視点	具体的な対応（主なもの）
・コスト面、技術面等も踏まえ、確実に出力制御可能であること	・出力規模の大きい特別高圧連系は専用回線を活用したシステムを構築する
・出力制御は系統安定化のために必要最小限なものとする	・必要最小限の出力制御を実現するため、部分制御、時間制御などきめ細かい制御が可能な仕様とする
・将来の情勢変化等に対して、柔軟に対応できること	・再エネ連系量の拡大にも柔軟に対応可能な制御方式とする
・電力安定供給のため、必要なセキュリティを確保すること	・制御データ改ざんや時刻改ざんなどへの対策を実施 等

<出力制御システムの概要>



別紙 伝送仕様書

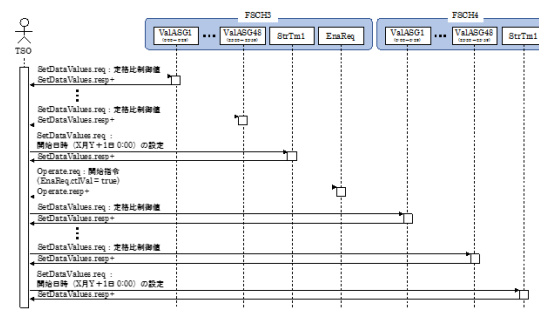


図4 ①のタイミング (X月Y日15:00) における翌日分制御値の通信手順

	X月Y日15:00伝送直前				X月Y日15:00伝送直後				X月Y日15:30伝送直後			
FSCH1	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	なし	SchdSt	StcTml	
	1	X月Y日 0:00	(使用中)	1	X月Y日 0:00	(使用中)	1	X月Y日 0:00	(使用中)	1	X月Y日 0:00	
FSCH2	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	なし	SchdSt	StcTml	
	1	X月Y日 0:00	(使用中)	1	X月Y日 0:00	(使用中)	1	X月Y日 0:00	(使用中)	1	X月Y日 0:00	
FSCH3	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	なし	SchdSt	StcTml	
	1	X月Y-1日 0:00	(使用中)	1	X月Y-1日 0:00	(使用中)	1	X月Y-1日 0:00	(使用中)	1	X月Y-1日 0:00	
FSCH4	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	受信コマ	SchdSt	StcTml	なし	SchdSt	StcTml	
	1	X月Y-1日 0:00	(使用中)	1	X月Y-1日 0:00	(使用中)	1	X月Y-1日 0:00	(使用中)	1	X月Y-1日 0:00	

赤字は通信による更新箇所

図5 ①のタイミング (X月Y日15:00) およびその次の伝送におけるFSCHインスタンスの値変化

その次の15:30における伝送手順を図6および図7に示す。15:30の時点では、停止中になっているFSCH2とFSCH4に制御値を設定した上で、開始指令を送信する。開始指令を受け取ると、FSCH2は使用中に遷移するが、FSCCは優先度に基づきFSCH1を継続して利用する。その後、FSCH1が停止指令を受信すると停止中に遷移し、FSCCが利用するFSCHインスタンスはFSCH2に変わる。FSCH1とFSCH2が切り替わるタイミングは15:00のとときと異

発電契約者向け出力制御見通しの情報公開

- 発電契約者は出力制御に伴う発電計画値を見直すため、当社はホームページで混雑設備ごとの発電出力上限値（発電計画比）を公開する。
- なお、発電事業者ごとの出力上限値が把握できるよう、掲載方法を見直す方向で検討している。

系統混雑による出力制御が予想される設備

当社ホームページ掲載イメージ

出力制御値(%)は発電計画値における出力比率を表示しています。

電源種別
ノンファーム太陽光・風力

設備名称
〇〇線1号

県域
千葉県

出力制御日
2023/9/11

当日 

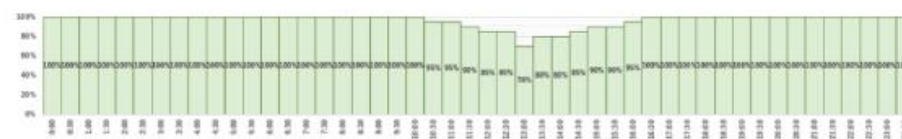
翌日 

翌日については前日17:00以降に表示されます

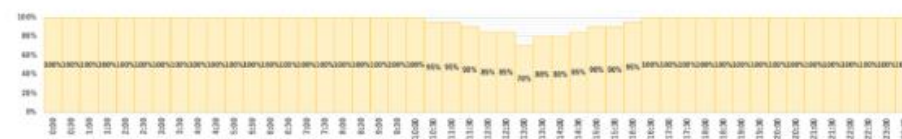
当日～翌日までの30分ごとの発電出力上限値の予想を公開

時刻	出力制御値(%)	時刻	出力制御値(%)	時刻	出力制御値(%)
00:00～00:30	100%	08:00～08:30	100%	16:00～16:30	100%
00:30～01:00	100%	08:30～09:00	100%	16:30～17:00	100%
01:00～01:30	100%	09:00～09:30	100%	17:00～17:30	100%
01:30～02:00	100%	09:30～10:00	100%	17:30～18:00	100%
02:00～02:30	100%	10:00～10:30	100%	18:00～18:30	100%
02:30～03:00	100%	10:30～11:00	100%	18:30～19:00	100%
03:00～03:30	100%	11:00～11:30	100%	19:00～19:30	100%
03:30～04:00	100%	11:30～12:00	100%	19:30～20:00	100%
04:00～04:30	100%	12:00～12:30	100%	20:00～20:30	100%
04:30～05:00	100%	12:30～13:00	100%	20:30～21:00	100%
05:00～05:30	100%	13:00～13:30	100%	21:00～21:30	100%
05:30～06:00	100%	13:30～14:00	100%	21:30～22:00	100%
06:00～06:30	100%	14:00～14:30	100%	22:00～22:30	100%
06:30～07:00	100%	14:30～15:00	100%	22:30～23:00	100%
07:00～07:30	100%	15:00～15:30	100%	23:00～23:30	100%
07:30～08:00	100%	15:30～16:00	100%		

【当日】 出力制御値：計画比出力上限値（%）



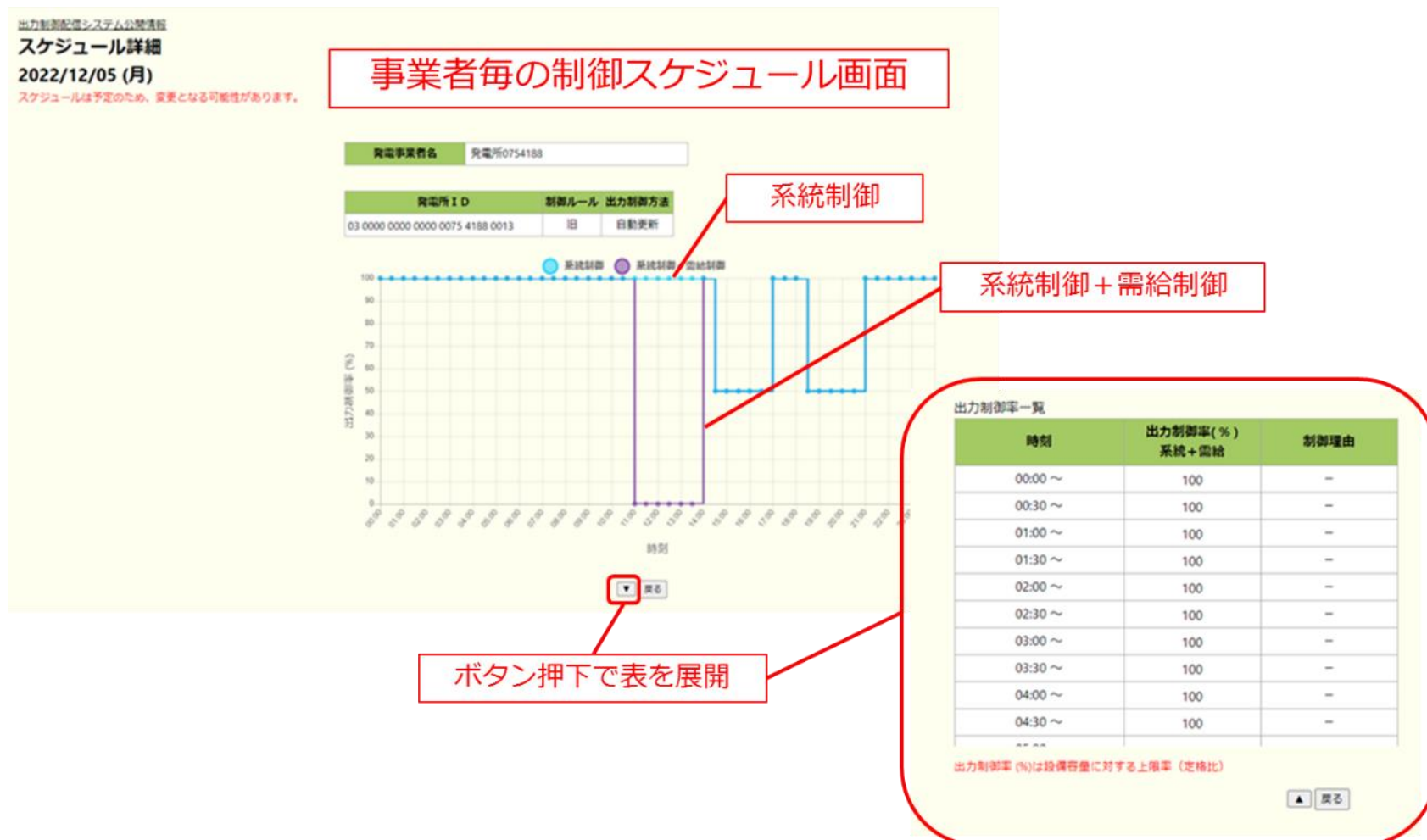
【翌日】 出力制御値：計画比出力上限値（%）



系統混雑情報にもどる 

発電事業者向けの情報

- 発電事業者は、発電事業者向けのマイページで、発電事業者ごとの当日・翌日の出力制御見通しが把握できる。



C&Mシステムの外観

操作卓



中給・地方給等に設置済み

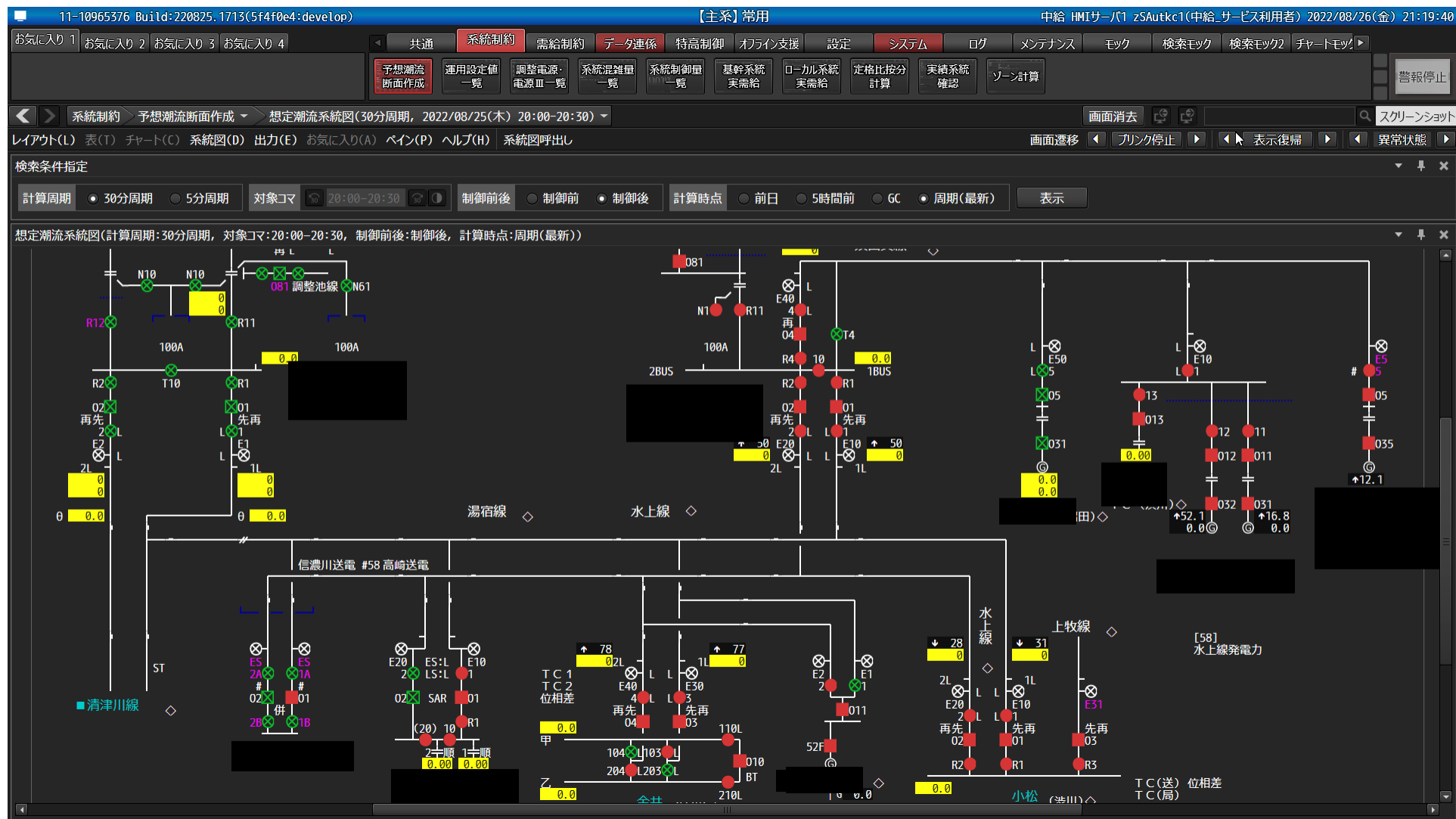
サーバー



中給等に設置済み

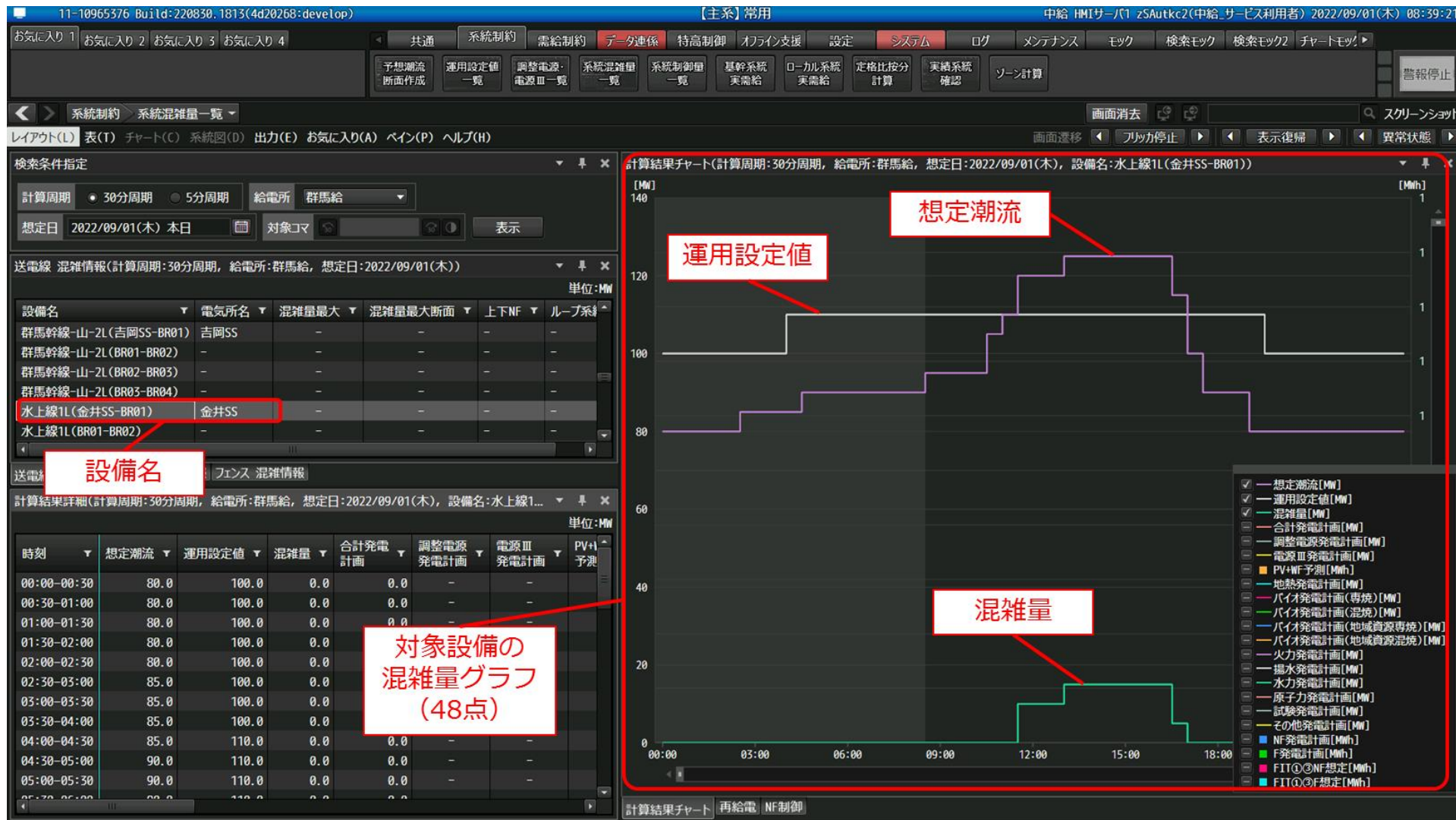
系統図監視画面

● 想定潮流系統図：送電線潮流作成の結果を反映した系統図



C&Mシステムでの想定潮流・混雑量の表示

- 想定潮流および系統制約計算の結果を設備ごとに確認が可能



C&Mシステムでのマージン設定

- 想定潮流は自然変動電源や需要変動による想定誤差が不可避
- そのため、設備ごとに想定誤差を踏まえたマージンを30分ごとに設定可能

中給 保守卓1(z5Amk1) Build:240216.0530(2c8b81b:develop) 【主系】常用 中給 HMIサーバ(4 東電PG_大田(中給_サービス利用者) 2024/03/11(月) 13:21:41

お気に入り 1 お気に入り 2 お気に入り 3 お気に入り 4 共通 系統制約 需給制約 データ連携 特高制御 オフライン支援 設定 システム ログ メンテナンス

計算方式: 監視設定 運用容量: 設定 マージン: マージン パターン設定 系統構成: 補正設定 特定箇所: 設定 送電線実績: 補間設定 特高・配電: 補間設定 需給: システム設定 期間別: パラメータ 出力制御: 算定方法 警報停止

設定 > マージンパターン設定

画面消去 ショートカット フリカ停止 表示復帰 異常状態

レイアウト(L) 表(T) チャート(C) 系統図(D) 出力(E) お気に入り(A) ペイン(P) ヘルプ(H)

パターン定義

No.	パターン名称	パターン説明	適用
1	初期パターン	一律 5 % 設定	☒
2	運用試験用		☐
3			☐
4			☐
5			☐

検索条件指定

パターン: 1. 初期パターン 給電所: 群馬給 表示

送電線 マージン設定 (パターン: 1. 初期パターン, 給電所: 群馬給)

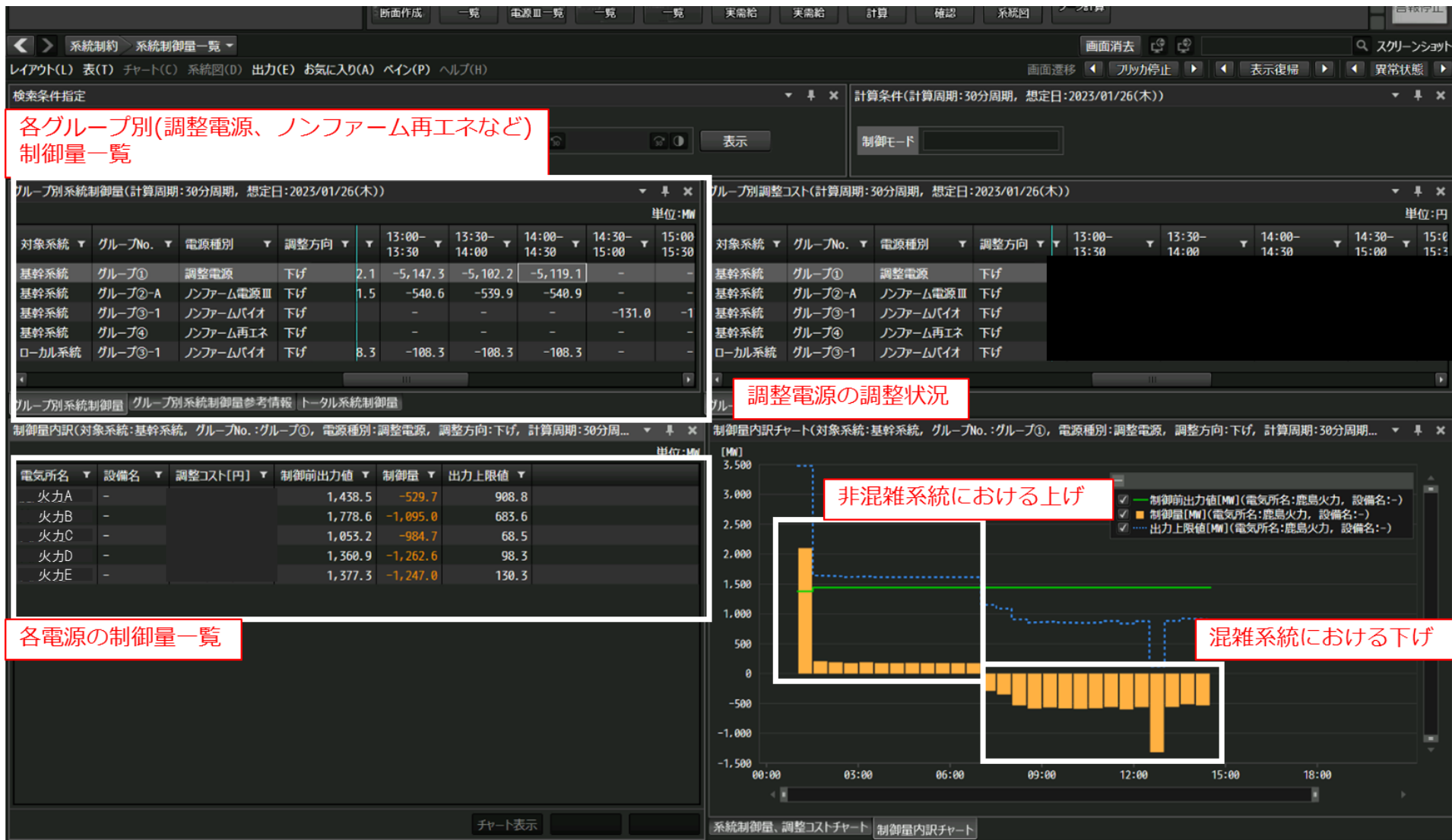
単位: %

設備名	電気所名	電圧階級	00:00-00:30	00:30-01:00	01:00-01:30	01:30-02:00	02:00-02:30	02:30-03:00	03:00-03:30	03:30-04:00	04:00-04:30	04:30-05:00	05:00-05:30	05:30-06:00	06:00-06:30	06:30-07:00	07:00-07:30	07:30-08:00
群馬幹線-山-1L (金井SS-BR01)	金井SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-1L (吉岡SS-BR01)	吉岡SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-1L (BR01-BR02)	-	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-1L (BR02-BR04)	-	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-1L (群馬SS-BR04)	群馬SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-2L (金井SS-BR01)	金井SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-2L (吉岡SS-BR01)	吉岡SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-2L (BR01-BR02)	-	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-2L (BR02-BR03)	-	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-2L (BR03-BR04)	-	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
群馬幹線-山-2L (群馬SS-BR04)	群馬SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
上毛幹線1L (金井SS-BR01)	金井SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
上毛幹線1L (岩本PS-BR02)	岩本PS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
上毛幹線1L (鎌田PS-BR05)	鎌田PS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
上毛幹線1L (片品SS-BR05)	片品SS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
上毛幹線1L (白根PS-BR06)	白根PS	154kV	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

送電線 マージン設定 変圧器 マージン設定 フェンス マージン設定

C&Mシステムでの制御量一覧の表示

● 電源種別ごとおよび電源ごとの制御量が確認可能



まとめ

- 大量導入小委等で整理されたルールに則りシステム開発を実施
 - ✓先行会社で実施していた需給制約による出力制御に加え、日本版コネクト&マネージの取り組みのひとつである「ノンファーム型接続」に対する系統制約での出力制御が可能なシステムを構築した。
 - ✓東京電力PGとして今年度より運用を開始した。
 - ✓開発したシステム仕様について一般送配電各社へ仕様書を共有した。

【今後の取り組み】

- ローカル系統における再給電方式（一定の順序）の制御順位に基づく出力制御については2026年目途で構築していく。
- 系統用蓄電池の連系に対し、国の審議会では整理される内容に則りシステム構築していく。
- 再エネ出力制御時は、出力制御の妥当性について検証し、国へ報告していく。
- 系統混雑が想定される設備について、想定誤差を踏まえたマージン量を、設備ごとに精査しシステムに設定していく。