

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（報告）

2024年3月8日
東京電力パワーグリッド株式会社



- 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する予定**である。

- **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
 - フィールド実証での評価
 - 想定誤差に備えた対応

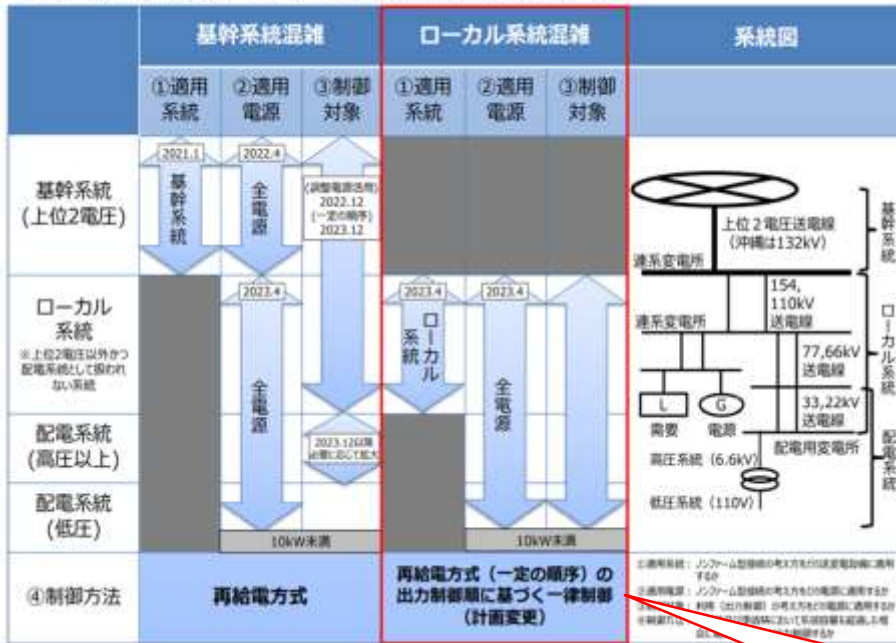
系統制約・需給制約に関する出力制御ルール（振り返り）

- 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



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	年間360時間	無制限無補償
	50kW以上 500kW未満	当面の間、出力制御対象外 ⇒2022年より出力制御実施対象へ		
	10kW以上 50kW未満			
	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

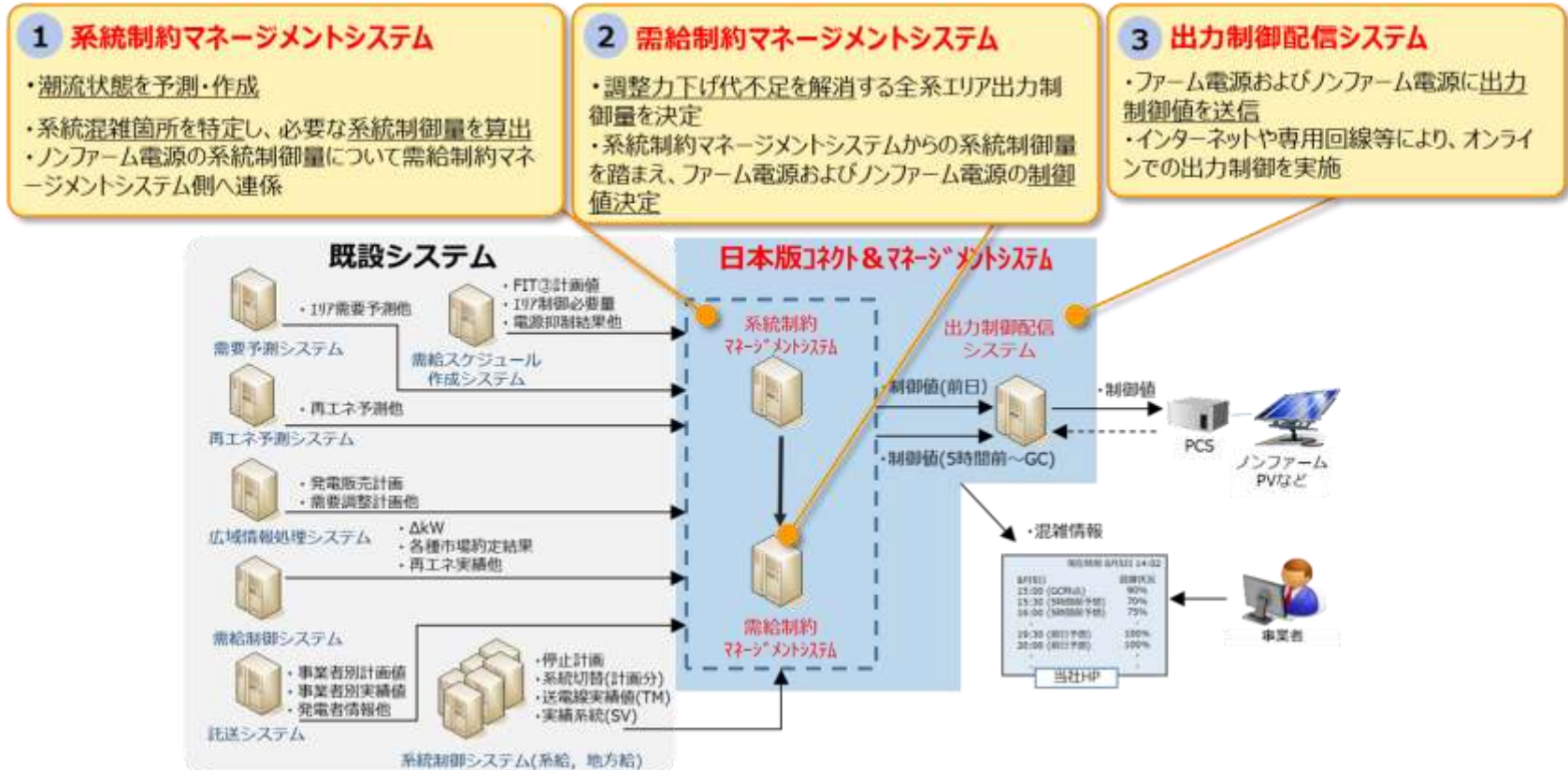
ご紹介内容

- 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**
 - フィールド実証での評価
 - 想定誤差に備えた対応

C&Mシステムの構成

- C&Mシステムは**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。
- なお、大量導入小委での整理に則った**制御量算出順序**※のロジックを実装している。
※系統制御（ローカル系統⇒基幹系統）⇒需給制御の順序で算出

(参考) 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。



ご紹介内容

- 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
 - **フィールド実証での評価**
 - 想定誤差に備えた対応

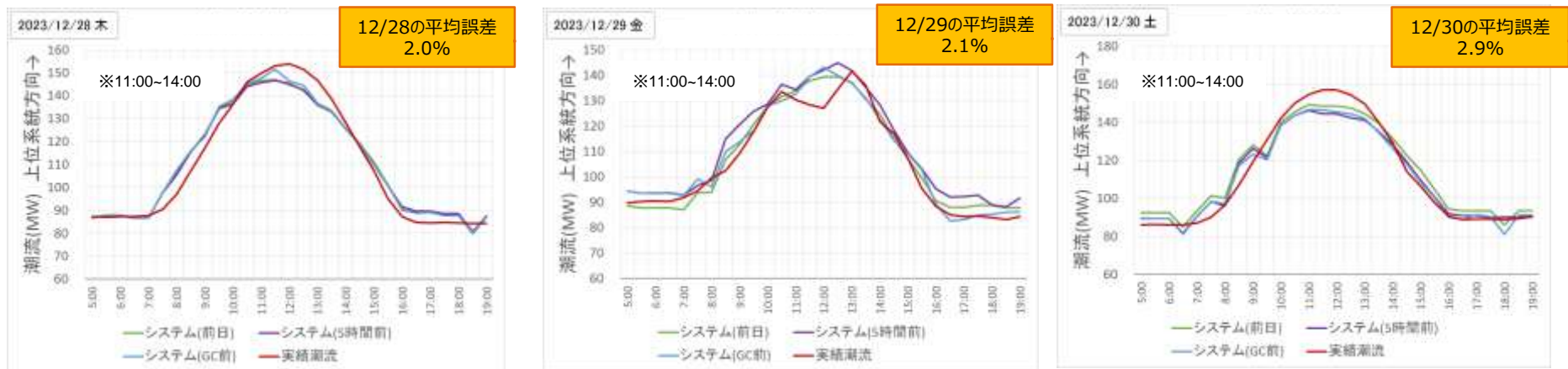
C&Mシステムのフィールド実証での評価（その1）

- C&Mシステムの妥当性評価のため、試験系および実系統にてフィールド実証を実施し、システムとして実運用に適用できる見通しを得た。
- なお、実運用への適用に向け、引き続き、最終試験を実施している。

主な試験項目	内容	評価
①送電線の 想定潮流作成評価	C&Mシステムにて作成した想定潮流と実績潮流の比較検証を行い、想定潮流の妥当性を評価	○ 実潮流と近い潮流想定が算出可能なことを確認 現時点では1つの送電系統では2~3%程度の平均誤差が発生。

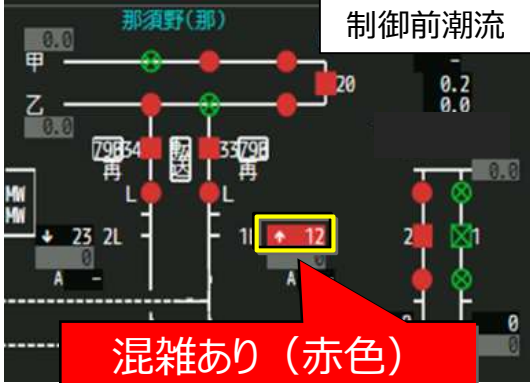
※予測誤差が不可避なため、混雑の虞がある時期や時間帯を重点に“マージン量”の精査・見直しを適宜実施していく。

ある送電線の想定潮流と実績潮流比較



C&Mシステムのフィールド実証での評価（その2）

主な試験項目	内容	評価
②混雑系統の系統制御量評価	送電線の運用容量を超過した“混雑量”を適切に算出し、ノンファーム電源に一律に配分できているかを確認	○ 適正な制御量を配分し、混雑解消を確認



制御前潮流


混雑あり（赤色）

設備名	電気所名	混雑量最大
富池線1号	那須野SS-BR01	那須野SS
西那須野線1号	BR02-BR03	
富池線1号	湯津上SS-BR0	
富池線1号	伊勢SS-BR11	

必要制御量

電気所名	電源種別	燃種	制御前出力値	制御量
事業者1	ノンファーム再エネ	太陽光	5.0	-0.3
事業者2	ノンファーム再エネ	太陽光	5.0	-0.3
事業者3	ノンファーム再エネ	太陽光	7.0	-0.4

事業者ごとに一律制御配分

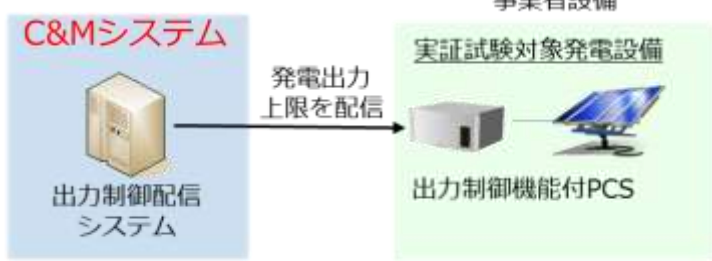


制御後潮流

混雑解消（通常色）

主な試験項目	内容	評価
③発電事業者までの出力制御評価	C&Mシステムにて演算した出力上限値どおり、発電事業者が出力制御できているかを確認	○ 出力上限値以内での出力制御を確認

＜実機器への応動確認＞



C&Mシステム

出力制御配信システム

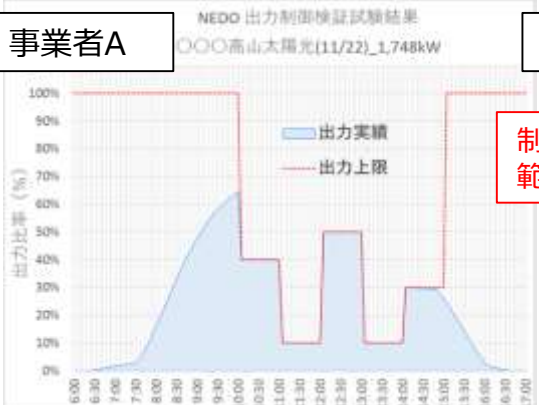
発電出力上限を配信

事業者設備

実証試験対象発電設備

出力制御機能付PCS

事業者A

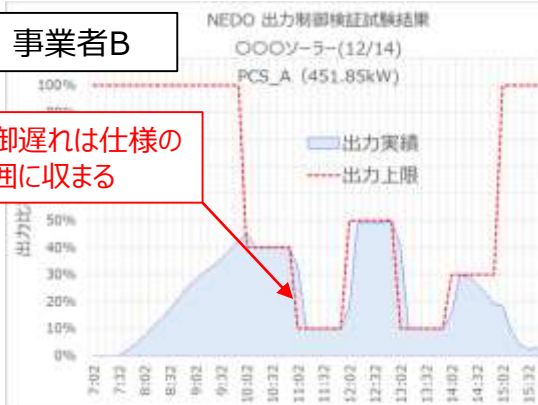


NEDO 出力制御検証試験結果
○○○高山太陽光(11/22)_1,748kW

出力実績 (実線)

出力上限 (点線)

事業者B



NEDO 出力制御検証試験結果
○○○ソーラー(12/14)
PCS_A (451.85kW)

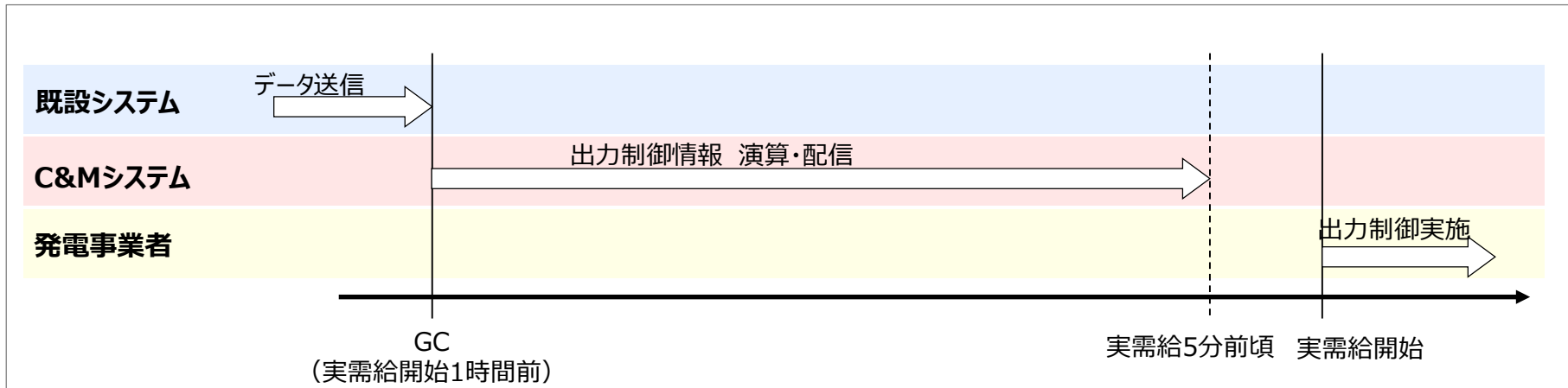
出力実績 (実線)

出力上限 (点線)

制御遅れは仕様の範囲に収まる

C&Mシステムのフィールド実証での評価（その3）

- 系統制御（ローカル系統⇒基幹系統）⇒需給制御の順序で制御量を算出して出力制御を行う際に、**30分コマごとの出力制御量の演算+出力制御情報の配信が実需給開始までに実行可能か検証**した。
- 系統制約（ローカル系統混雑・基幹系統混雑）・需給下げ代不足の同時発生を模擬した場合、**演算開始から配信完了までに要する時間は約55分^{※1}であり、GC（実需給1時間前）から演算を開始^{※2}すれば、実需給時刻までに配信できる見通し**を得た。
- 以上の実証結果を踏まえ、**東京エリアでは当面の演算開始時刻はGC時点とする。**
（混雑系統の増加等により必要となる場合は見直しを図る）



※1 混雑設備数・混雑発生コマ数により演算時間は変化するため、試験系フィールド実証内での最長演算時間を記載している

※2 既に需給制御を行っているエリアは、出力制御情報の配信時間も含めて需給制御のみで実需給2時間前からの演算開始としている

ご紹介内容

- 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
 - フィールド実証での評価
 - **想定誤差に備えた対応**

想定潮流の誤差に備えた対応（マーヅンの確保）

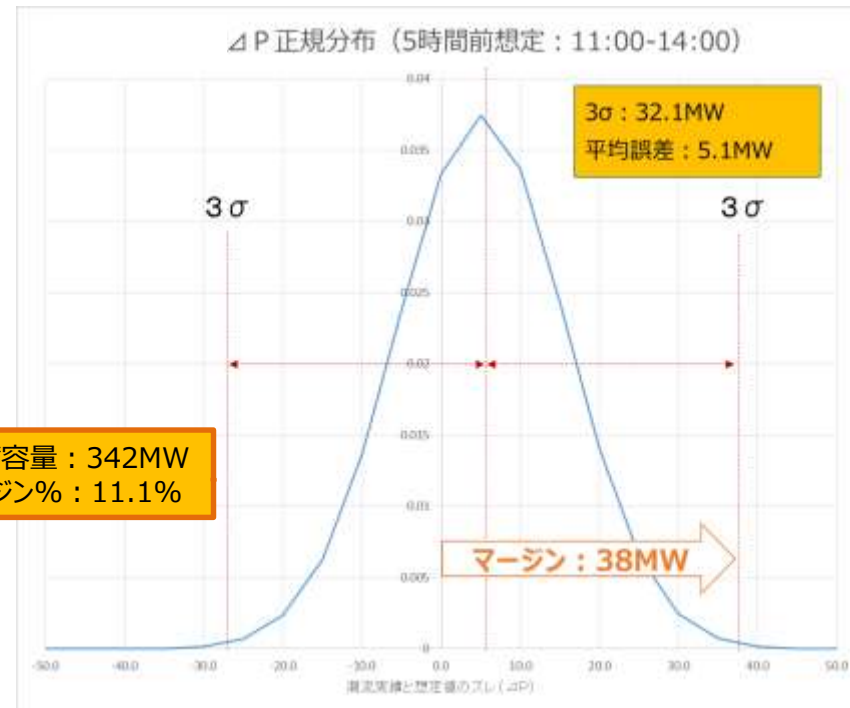
- 系統制御に関する出力制御量の算出に用いる、**想定潮流***では**自然変動電源や需要変動の影響による想定誤差が不可避なため、適切なマーヅンを確保した上で出力制御量を算定することが必要**である。

* 個々の電源や需要の予測誤差と比較して、想定潮流の予測誤差が小さい実態にある。

- **ただし、送電線に接続する電源や需要等により、想定誤差の生じやすさが異なる***ため、**マーヅン量は一律とせず、送電線ごとに設定可能とし、送電線ごとの実態に応じてマーヅン量を定めていく。**

* 自然変動電源等での“ならし効果”がより小さくなるローカル系統では想定潮流に対する誤差が大きくなりやすく、マーヅン量が大きくなる可能性がある。

- 右図は、ある送電線でのマーヅン量の算定例である（現時点で11%程度）。
具体的には、時間帯ごとの想定潮流と実績潮流の誤差(ΔP)を求め、これを正規分布とみなして、 3σ 値(99.7%)からマーヅン量を算出している。



$$\Delta P = (\text{実績潮流}) - (\text{想定潮流})$$

実績潮流が想定潮流よりも大きくなるときにリスクが顕在化するので、プラス側に着目する

$$\text{マーヅン量} = (\text{平均誤差}) + 3\sigma$$

$$= 5.1 + (3 \times 10.7) = 37.2 \approx 38$$

運用容量比で11.1%

実運用でのマージン量の設定および見直し

- 想定潮流の予測誤差は、電源や需要の状況の変化に応じて変化していくため、マージン量は、適宜、更新していく必要がある。
- 系統制約が発生する虞のある送電線は、各月の潮流実績で稼働率を確認して適宜に見直し、マージン量の精度向上を図っていく。

マージン量の見直し（イメージ）

見直しタイミング	見直し頻度
システム運開当初	月1回見直し
GW等の高稼働時期	週ごとに見直し
発電機の廃止・新設・増設 流通設備の変更	都度、見直し
運用容量を超過	即時、見直し
季節ごと または一定期間ごと	データを蓄積していく中で期間を細分化

以降、参考

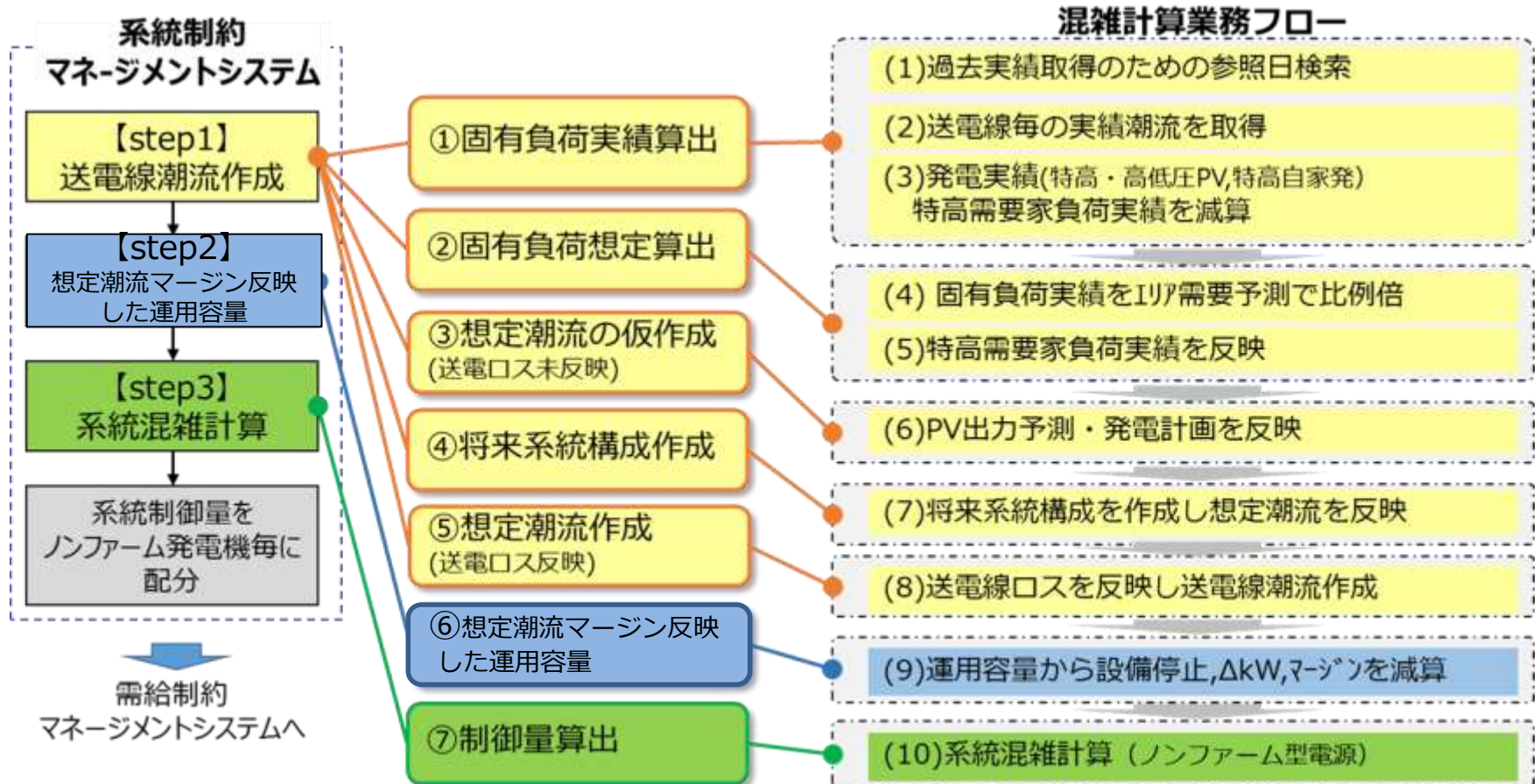
(参考) 系統制御と需給制御の出力制御量の算定順序

- 系統制約による出力制御量（ローカル系統⇒基幹系統の順に算定）を算定した後、需給バランス制約による出力制御量を算定する、と整理されている。

	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>再給電方式（一定の順序）の再給電方式（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を除く)及び長期固定電源</p>
出力制御の発生イメージ	<p>出力制御の発生イメージ</p> <p>発電出力</p> <p>朝 昼 夜</p> <p>太陽光が需要以上に発電して電力が余っているため抑制</p> <p>火力発電の抑制増し</p> <p>火力発電の抑制増し</p> <p>火力発電 (LNG・石油等)</p> <p>ベースロード電源 (原子力発電・水力発電など)</p>	<p>ローカル系統の容量超過</p> <p>基幹系統の容量超過</p> <p>電源</p> <p>電源</p> <p>ローカル系統</p> <p>基幹系統</p>

(参考) 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、運用容量から想定潮流とマージンを差し引いて制御量（混雑量）を算出する。

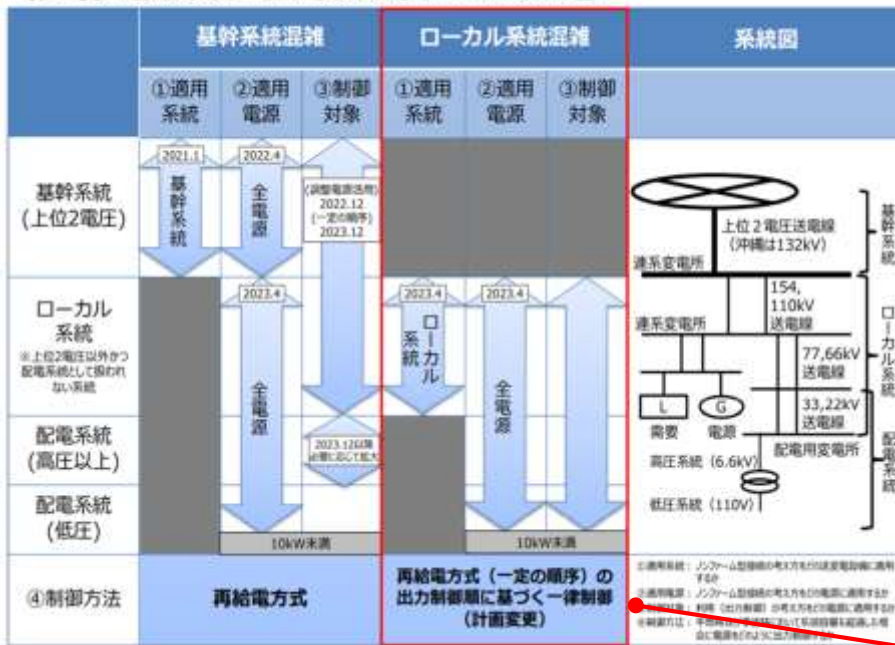


(参考) 系統制約に関する出力制御ルール

- 系統制約での出力制御として、大量導入小委で整理された適用系統や制御に関するルール等は以下の通りである。
- 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。)

再給電 (一定順序) の出力制御順

(参考) 適用系統・電源と制御対象・方法の整理



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

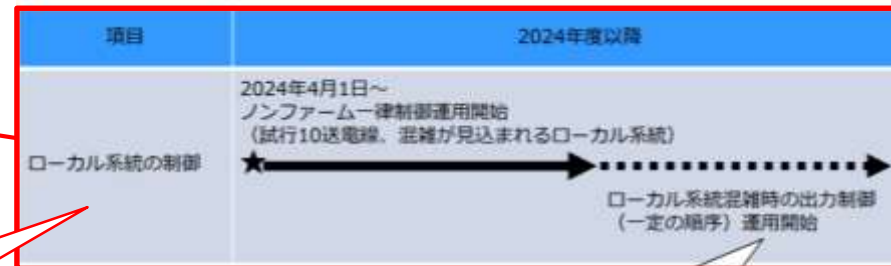
【再給電方式 (一定の順序) による出力制御ルール】

出力制御順	出力制御方法
① 調整電源の出力制御※2	メリットオーダー
② ノンファーム型接続の一般送配電事業者からオンラインでの調整ができない電源の出力制御	一律
③ ファーム型接続の一般送配電事業者からオンラインでの調整ができない電源の出力制御	メリットオーダー
④ ノンファーム型接続のバイオマス電源 (専焼、地域資源 (出力制御困難なものを除く)) の出力制御	一律
⑤ ノンファーム型接続の自然変動電源 (太陽光、風力) の出力制御	一律
⑥ ノンファーム型接続の地域資源バイオマス電源 (出力制御困難なもの) 及び長期固定電源の出力制御	一律
⑦ 暫定ノンファーム型接続のバイオマス電源 (専焼、地域資源 (出力制御困難なものを除く)) の出力制御	一律
⑧ 暫定ノンファーム型接続の自然変動電源 (太陽光、風力) の出力制御	一律
⑨ 暫定ノンファーム型接続の地域資源バイオマス電源 (出力制御困難なもの) 及び長期固定電源の出力制御	一律

※2 揚水式発電機の揚水運転、異相バランス改善用の行政措置の充電を含む

広域機関資料抜粋

2023年12月再給電方式 (一定の順序) の導入について (2050年カーボンニュートラル実現に向けた系統利用ルールの見直し)



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2より抜粋

(参考) 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

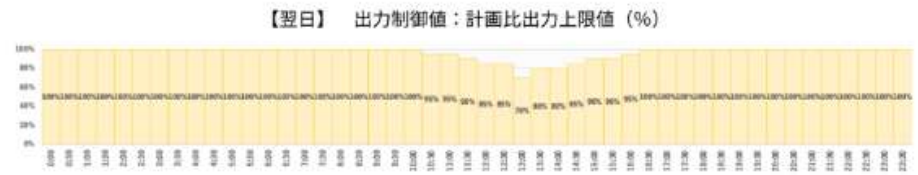
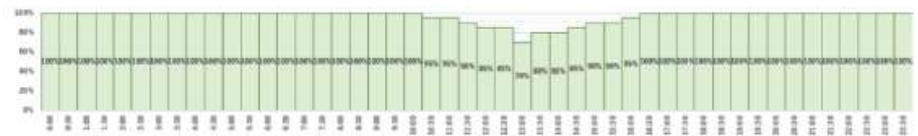
出力制御日
2023/9/11

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

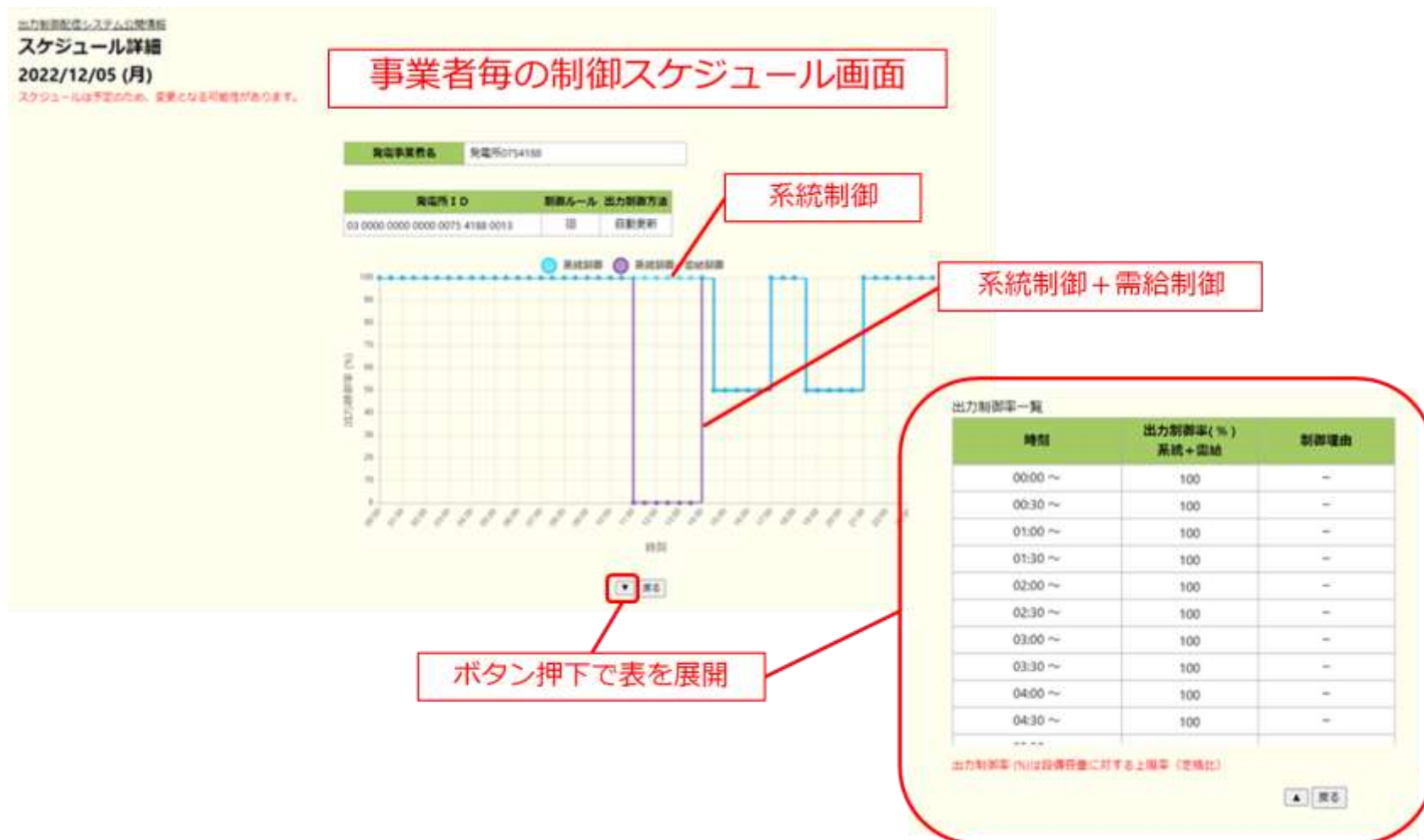
時刻	出力制御値(%)	時刻	出力制御値(%)	時刻	出力制御値(%)
00:00～00:30	100%	08:00～08:30	100%	16:00～16:30	100%
00:30～01:00	100%	08:30～09:00	100%	16:30～17:00	100%
01:00～01:30	100%	09:00～09:30	100%	17:00～17:30	100%
01:30～02:00	100%	09:30～10:00	100%	17:30～18:00	100%
02:00～02:30	100%	10:00～10:30	100%	18:00～18:30	100%
02:30～03:00	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%		



系統混雑情報にもとる

(参考) 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。



(参考) C&Mシステムの外観

操作卓



中給・地方給等に設置済み

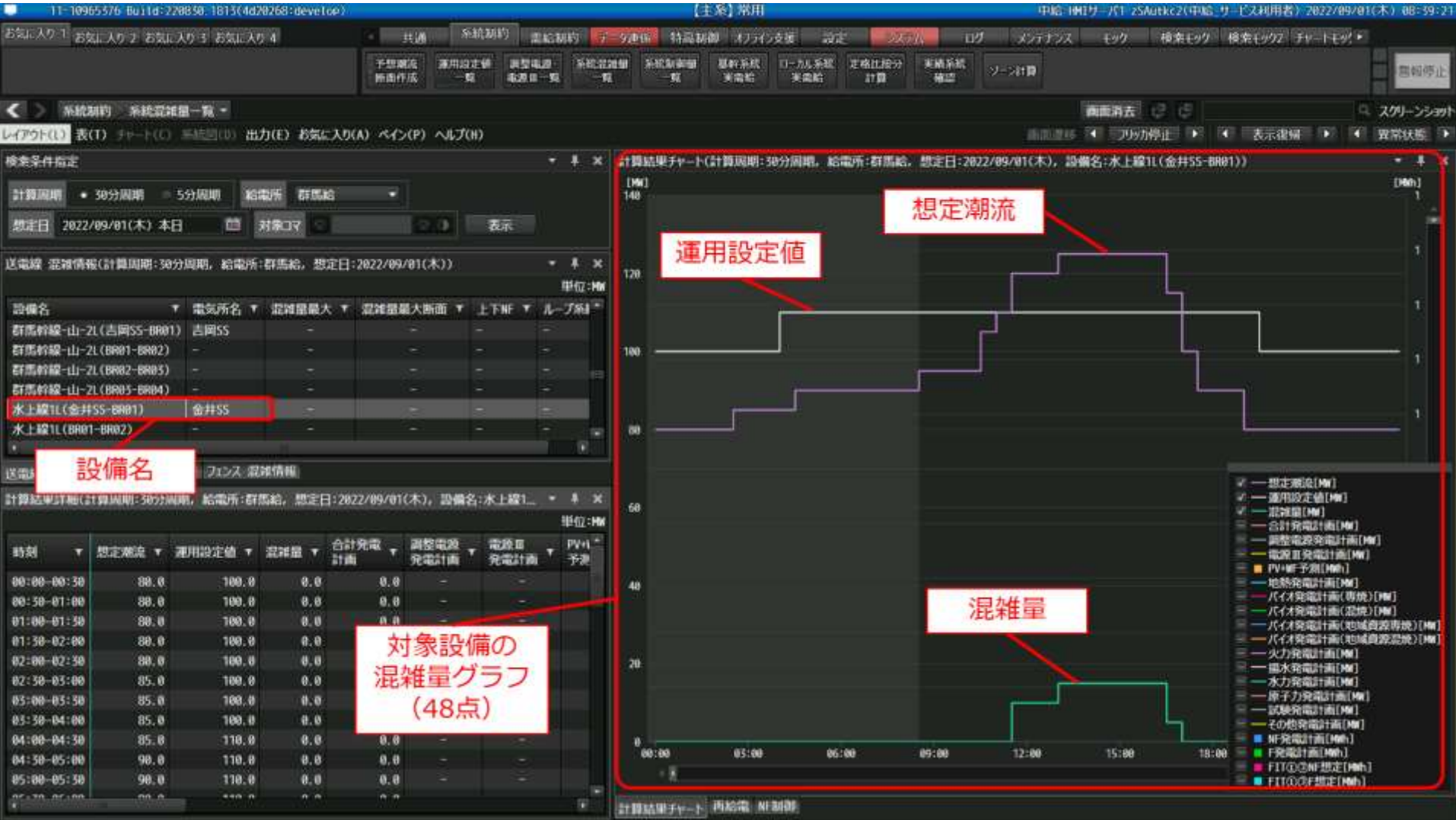
サーバー



中給等に設置済み

(参考) 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



(参考) 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

