



ENEX2023

再エネ主力電源化に向けた地域グリッドの未来

電力中央研究所 GI研究本部
地域グリッド研究戦略担当

副研究参事 上村 敏

ENEX2023 第47回地球環境とエネルギーの調和展

2023年2月3日（金）

 電力中央研究所

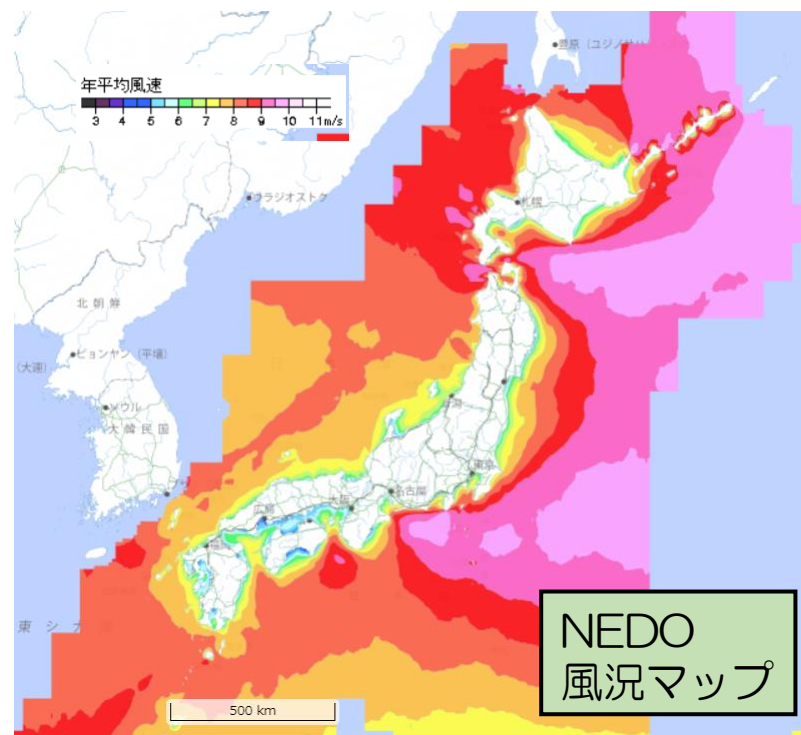
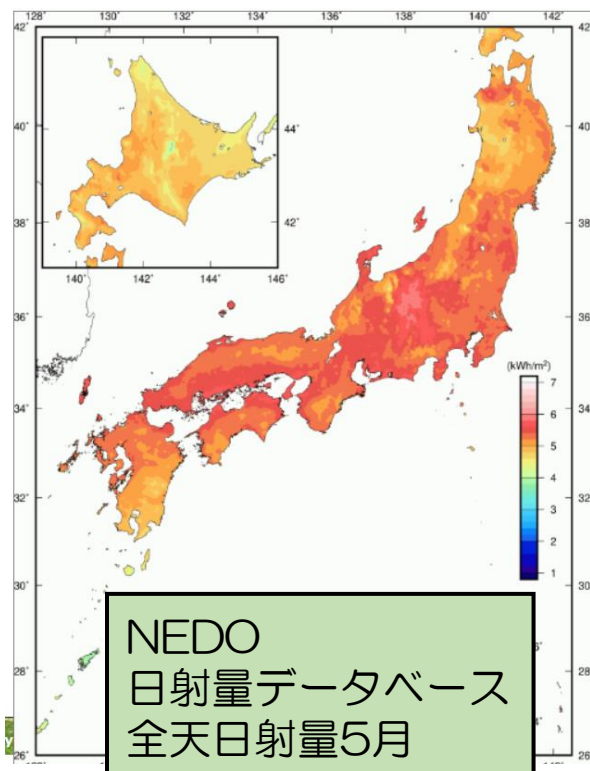
本日の講演内容

1. カーボンニュートラル（CN）実現に向けた電力ネットワークの課題
 2. 電力ネットワークの将来像
 3. 将来の地域グリッド実現に向けた課題と対策技術
 3. 1 各種課題
 3. 2 課題解決のための当所の取り組み
 4. むすび
- 参考1 活用している主なツール
- 参考2 基幹システムの課題への当所の取り組み

1. カーボンニュートラル（CN）実現に向けた電力ネットワークの課題

再エネ電源のポテンシャルと導入地域

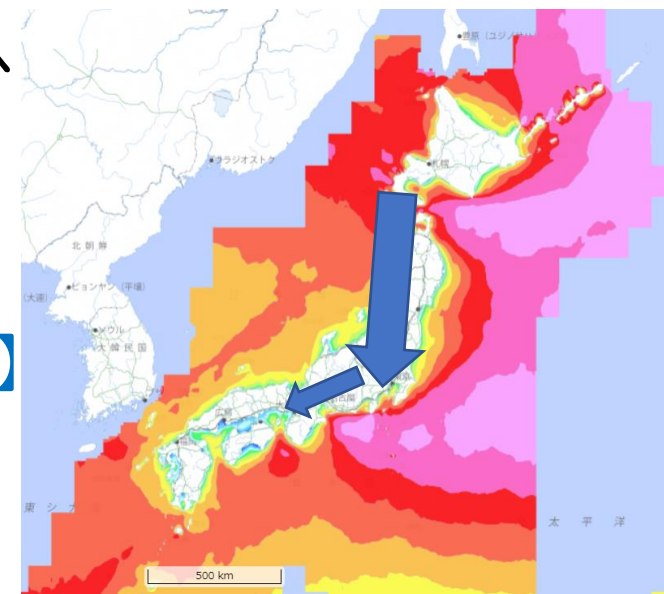
- ✓ 適地への再エネ電源（風力・水力
太陽光など）のさらなる導入
 - 風力発電：洋上風力として北・東日本中心
 - 太陽光発電：住宅・遊休地用として西日本を中心



CN実現時の状況と課題

- ✓ 電源構成の切り替え
 - 電源構成：再エネ電源＋原子力発電＋火力発電
 - 火力発電：低効率電源の停止、ゼロエミ電源へ
 - ⇒ 再エネ電源の出力変動の抑制技術 【課題①】

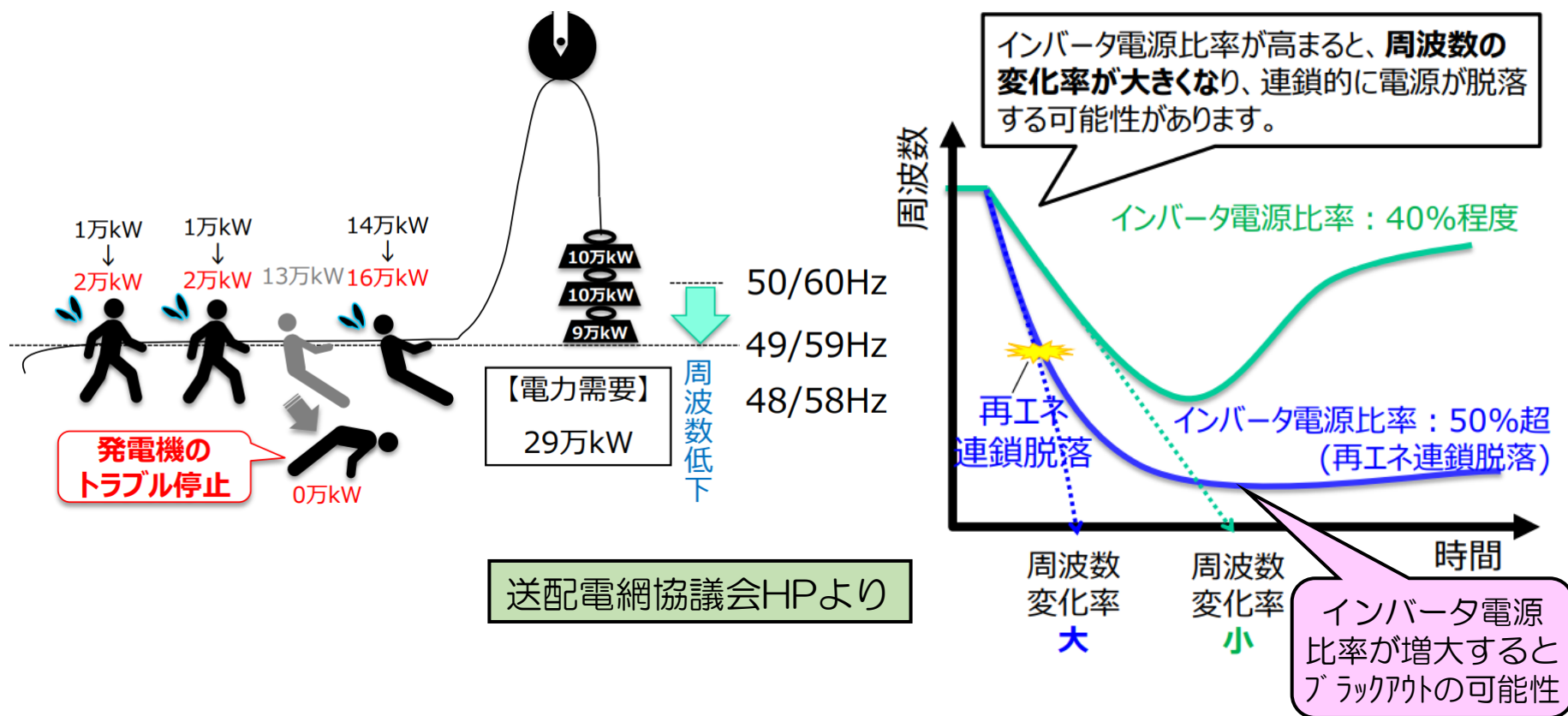
- ✓ 遠隔地電源と需要地近接電源へ
 - 遠隔地電源：洋上風力エリアから
需要地域への送電が必要
 - ⇒ 長距離・大容量送電技術 【課題②】
 - 近接電源：太陽光発電が増加し、
需要地域への集中設置
への対応が必要
 - ⇒ 地域グリッドでの地産地消技術 【課題③】



CN実現時の状況と課題

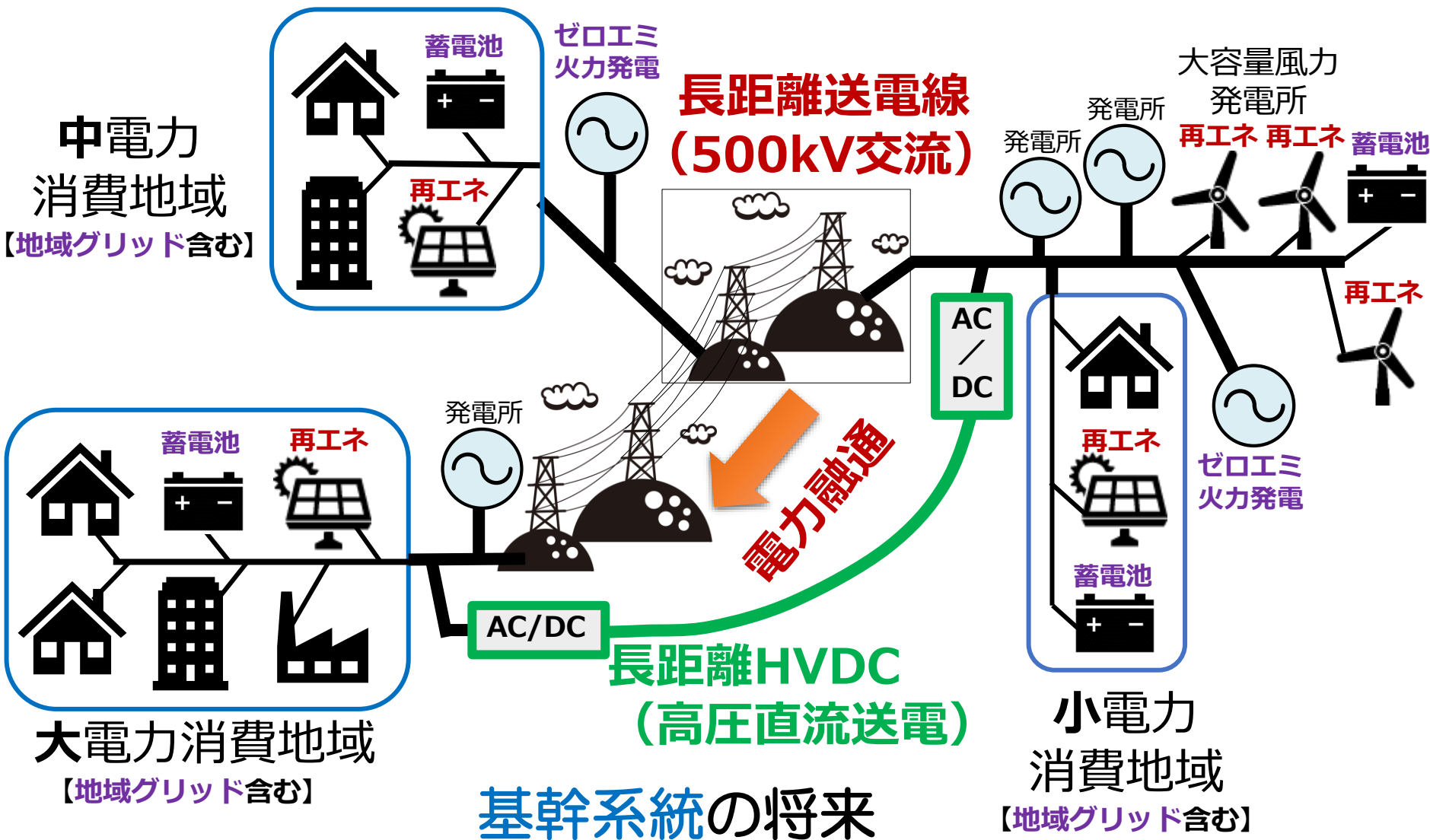
✓ 電源種別の変化

- 種別・特性：回転型電源からインバータ電源への移行
- ⇒ 電力システムの安定化の安定化技術 【課題④】



2. 電力ネットワークの将来像

電力ネットワークの将来像～基幹系統～

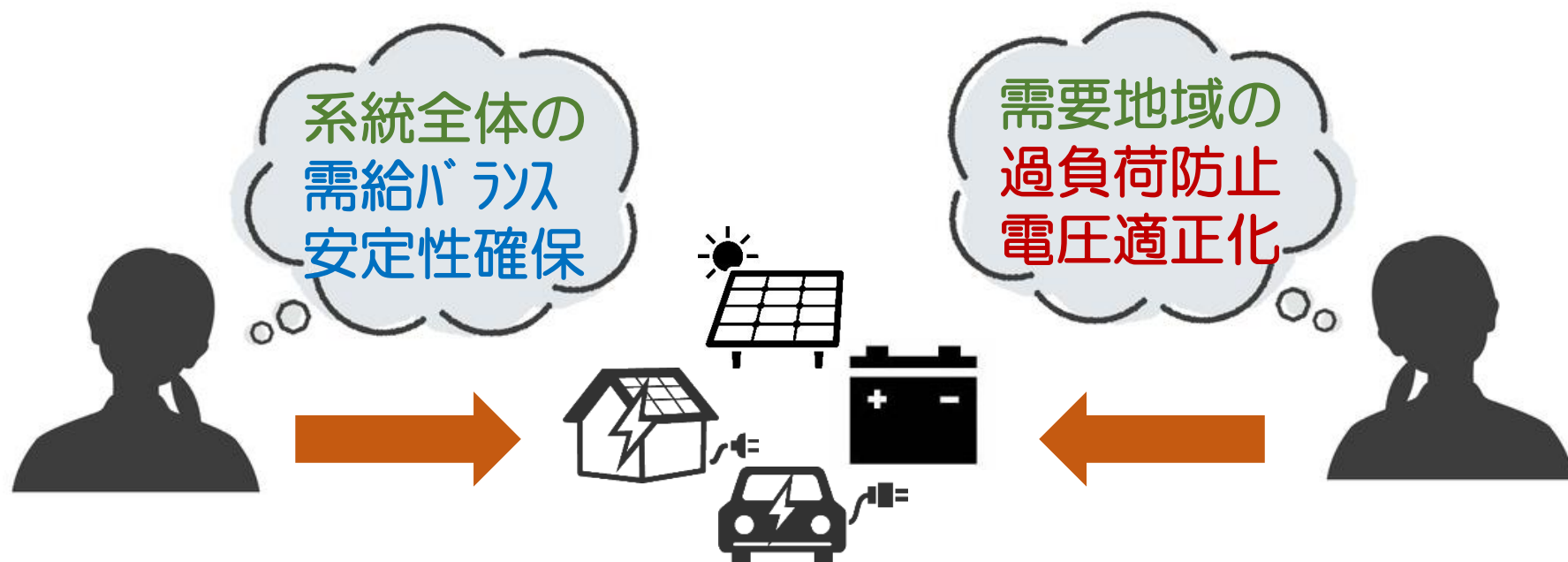


3. 将来の地域グリッド実現に向けた 課題と対策技術

運用面での課題

【3.1 各種課題】

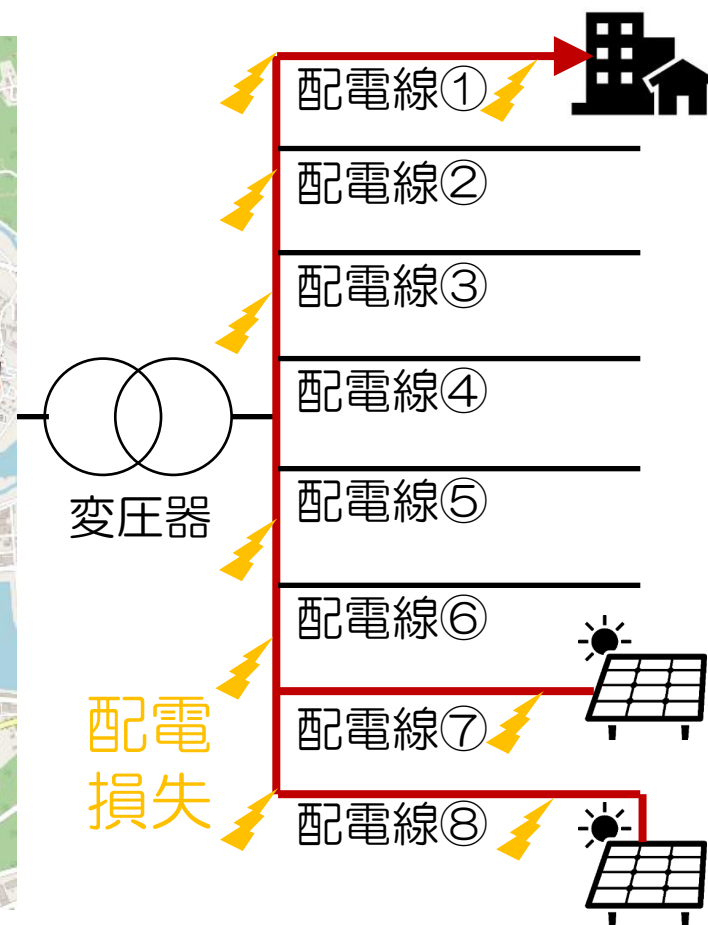
- ✓ 常時の運用では、系統全体の運用と地域グリッドの運用を協調させる必要がある。【課題A】
 - 系統全体は需給バランスを維持
 - 地域グリッドは配電線の過負荷防止、電圧適正化



系統構成面での課題

【3.1 各種課題】

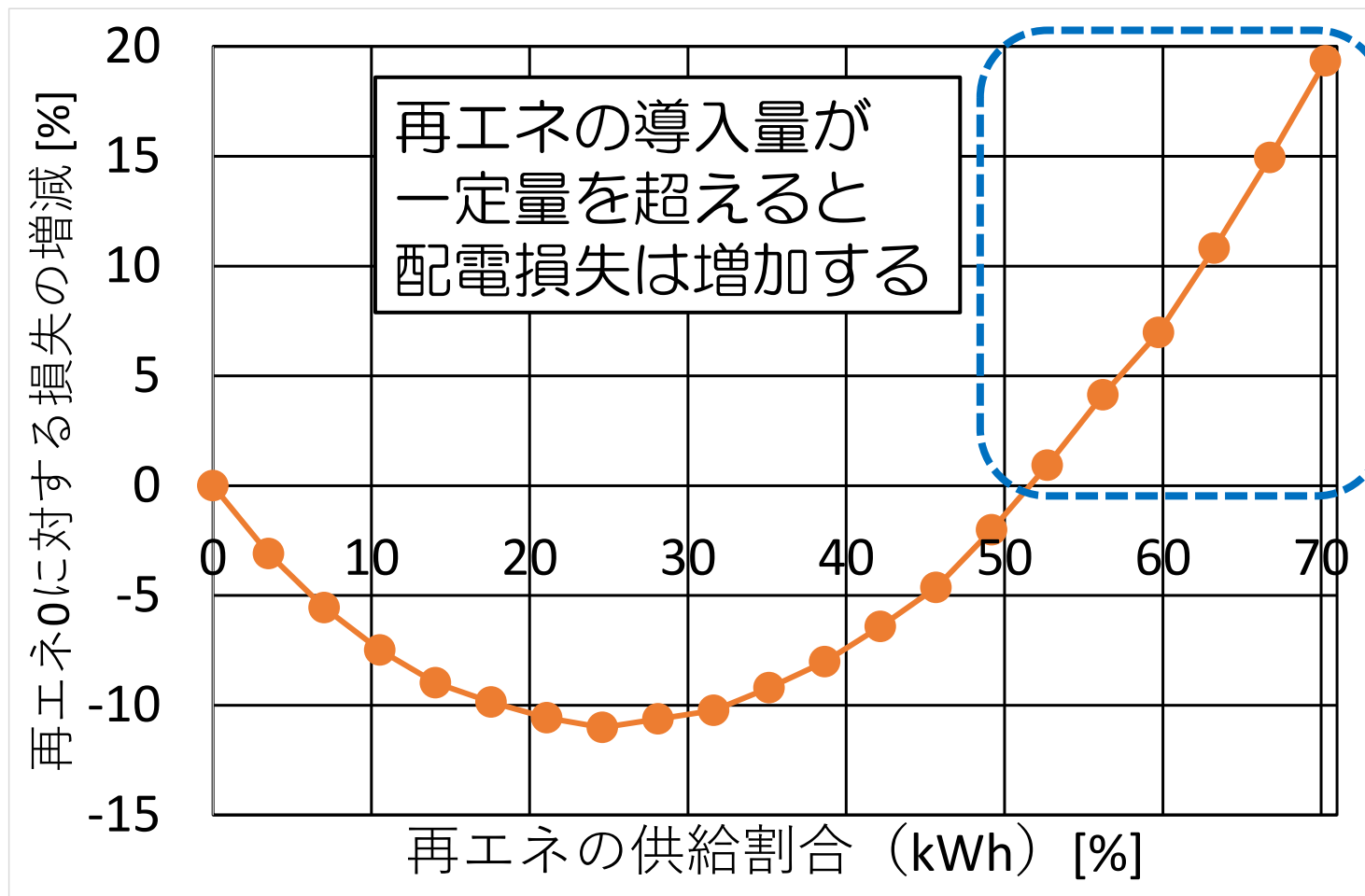
- ✓ 再エネ大量導入時には配電損失が増大。【課題B】
 - 配電線末端部への再エネ導入による配電損失の増大



系統構成面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ 再エネ大量導入時には配電損失が増大。



系統構成面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ 配電線の過負荷を防止するためには、配電線、バンク、配電用変電所等の**設備増強が必要**。【課題C】
 - 莫大な箇所**の設備増強工事が必要**

2050年までの増強工事数（試算例）

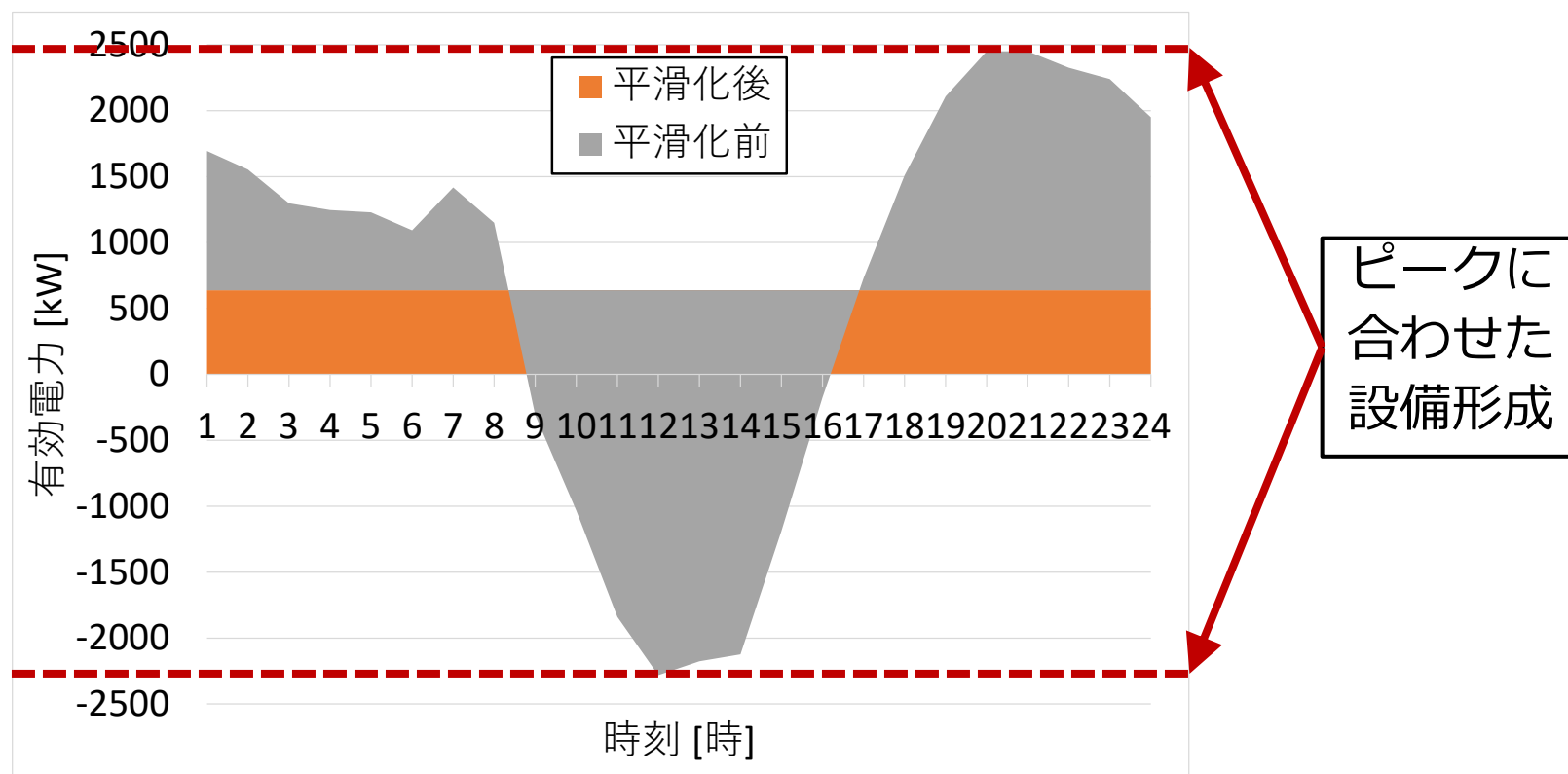
増強工事	必要箇所数	割合
SVR追加	14,000台以上	—
配電線張替	25,000箇所以上	全配電線の 40%以上
配電線追加	14,000本以上	全配電線の 23%以上
バンク追加	3,000台以上	全バンクの 39%以上
バンク追加&容量増	2,000台弱	全バンクの 26%以上

全国の配電線6万強の回線の架空線を対象に、太陽光発電協会の将来の導入エリアの想定結果より、**繁華街、工業地域、住宅地域、農山村の各エリアへの導入量を算出し、そのエリアの配電線に均等導入された場合について、増強工事の箇所数を算出した。**なお、バンク、配電線の容量は全国平均値を用いた。

系統構成面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ 配電線の過負荷を防止するためには、配電線、バンク、配電用変電所等の設備増強が必要となる。
 - 再エネの出力変動のピークに応じた非効率な設備形成



系統構成面での課題

【3.1 各種課題】

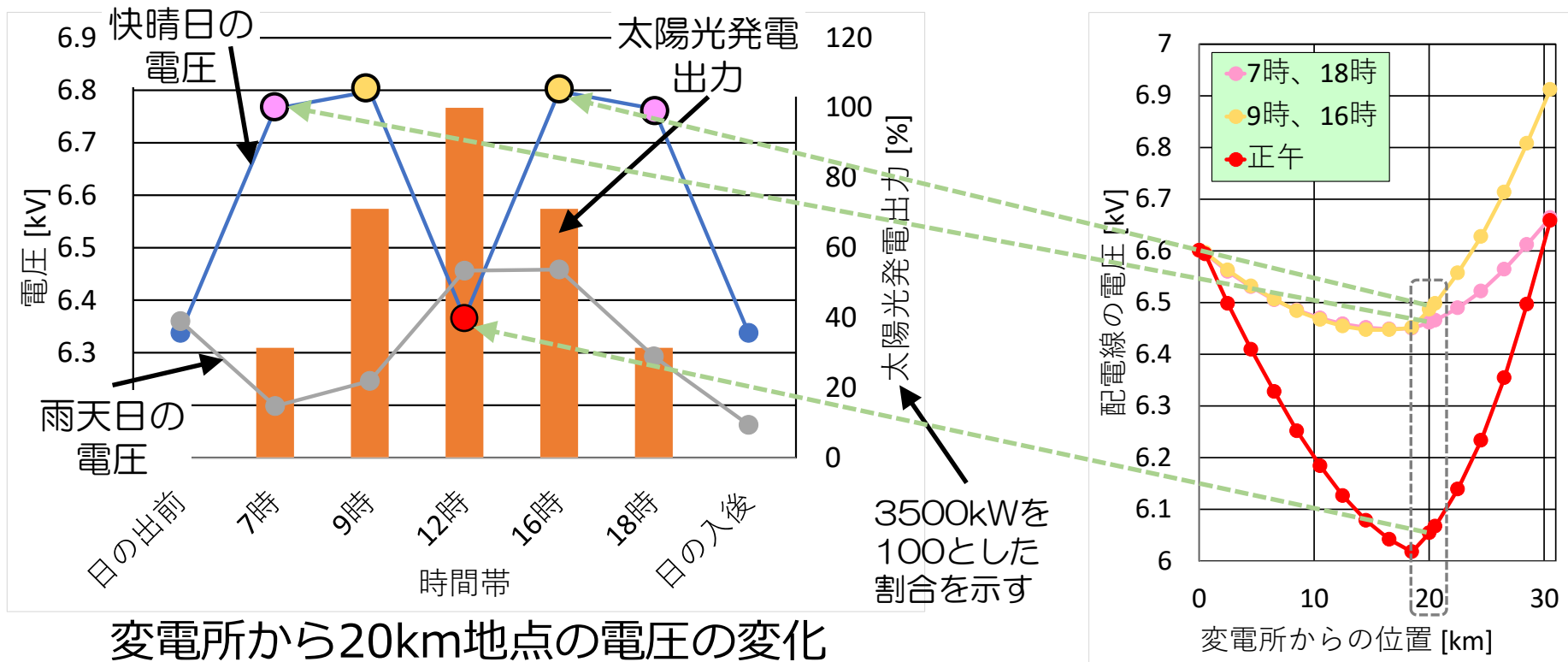
- ✓ 配電損失があるということは、再エネが発電した発電電力を、他のエリアで消費しようとした場合に、送電中に発電電力の一部が失われることを意味している。
- ✓ 配電設備の効率的な形成にするためには、蓄電池によるピークシフト、制御可能な需要（負荷）を昼間に動かすDR（Demand Response）、需要の創出（農業電化、水素製造）などが必要となる。

⇒地産地消型系統への移行が重要

電力品質面での課題

【3.1 各種課題】

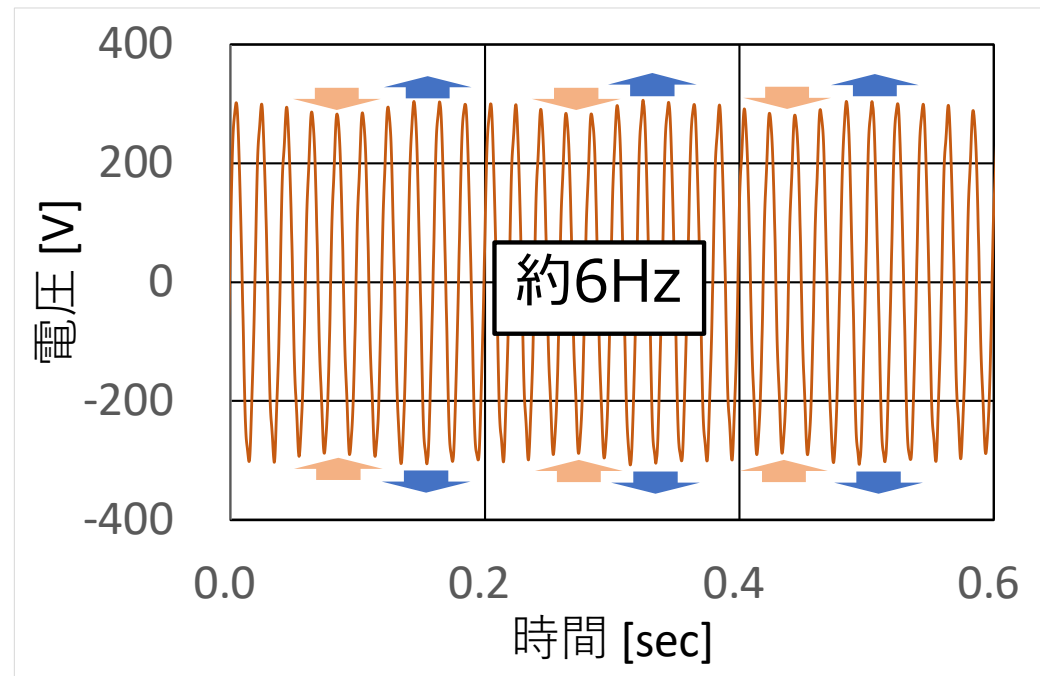
- ✓ 配電線の電圧変動や分布が複雑になり、**維持・管理が困難になる。** 【課題D】
 - 末端部への再生エネ大量導入による電圧変動の複雑化



電力品質面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ インバータ型電源の保安機能により、フリッカが発生し、**需要家の電灯がちらつく**。【課題E】
 - 保安機能の単独運転検出機能による不要な無効電力の注入
 - 無効電力の周期的な変動によるフリッカの発生
 - 一定の再エネ導入量では、フリッカの周期が約6Hzであるが、さらに導入量が増えると約3Hzに変化する。



フリッカの発生時の電圧波形

電力品質面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ インバータ型電源の保安機能により、フリッカが発生し、**需要家の電灯がちらつく。**



フリッカの発生
(白熱電球の場合)

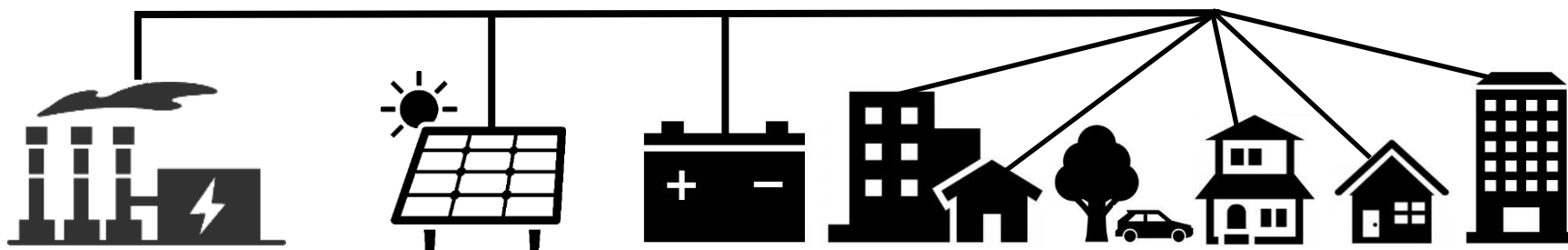
保護・保安面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ 配電線事故時の確実な保護や保安の維持が困難化
【課題F】

- 再エネのみで不安定に電力供給してしまう単独運転の発生

- オングリッドでの事故処理（基幹系統と接続）
 - 平常時

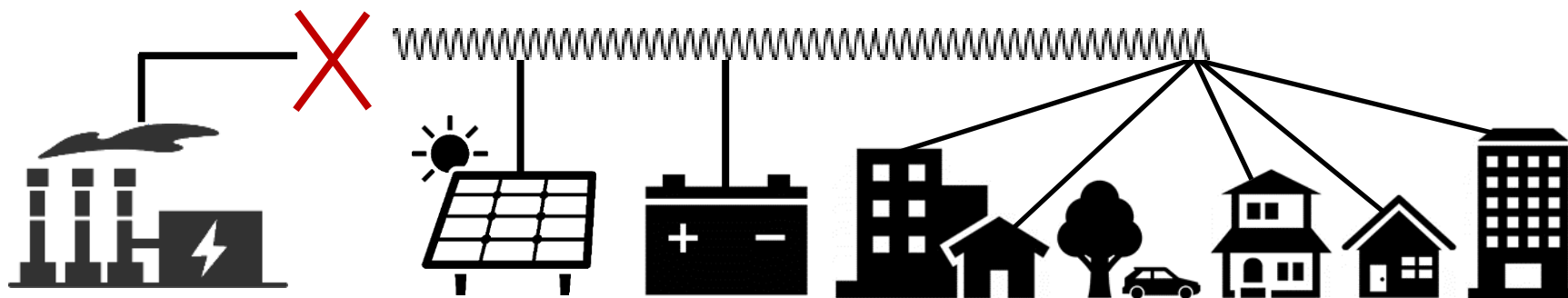


基幹系統としっかりつながっていると電圧・周波数は安定になる。

保護・保安面での課題

【3.1 各種課題】

- ✓ 配電線事故時の確実な**保護や保安の維持が困難化**
 - 再エネのみで不安定に電力供給してしまう単独運転の発生
 - オングリッドでの事故処理（基幹系統と接続）
 - 事故時



事故により、基幹系統から切り離された場合、電圧・周波数を維持する機能がないシステムでは、電圧・周波数が不安定になる（単独運転）ため、早期に再エネ電源を停止・解列する必要がある。

マイクログリッド構成・運用面での課題

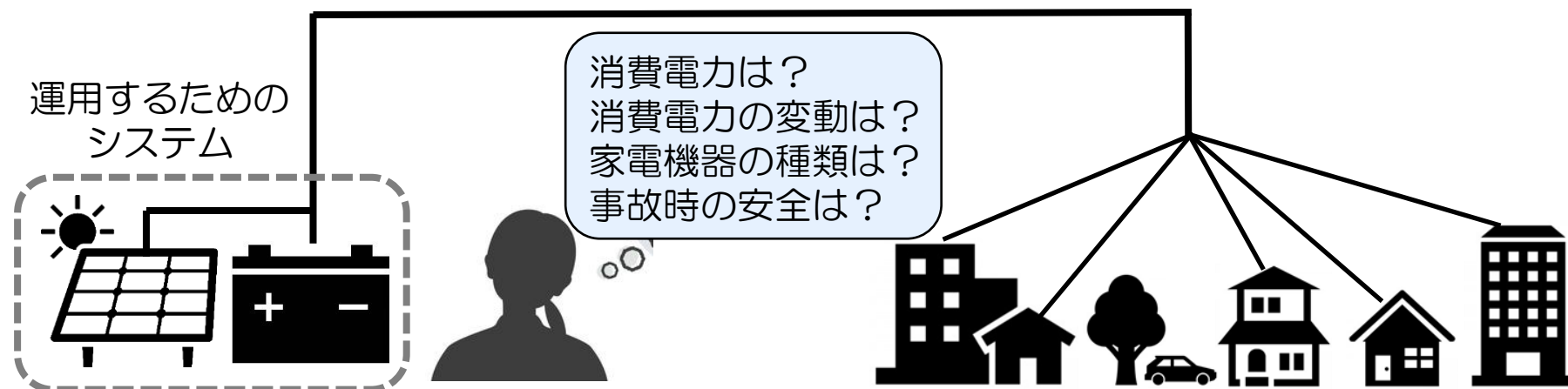
【3.1 各種課題】

- ✓ 大災害時には、系統設備が復旧するまでの間、**基幹系統から切り離して運用する**場合がある。

【課題G】

- 切り離して運用するには、需給バランスの調整、電力品質の維持、保護・保安の確保を**実現するシステム・技術の開発が必要**である。

- オフグリッド（基幹系統と切り離す）



系統側技術の開発

【3.2 課題解決のための当所の取り組み】

- ✓ 電圧・潮流調整機器の開発
 - 再エネ大量導入時にも対応可能な配電用電圧調整装置[SVR：Step Voltage Regulator]（当所開発・実証中）
 - 地域グリッドの電力潮流を制御可能な潮流調整装置[ループバランスコントローラ（LBC）]（NEDO事業にて実証評価済み）

- ✓ オフグリッドにも対応可能な保護技術・システムの開発
 - 地産地消型系統（系統規模、短絡容量が小さい）に応じた柔軟な保護システムの開発（取り組み中）

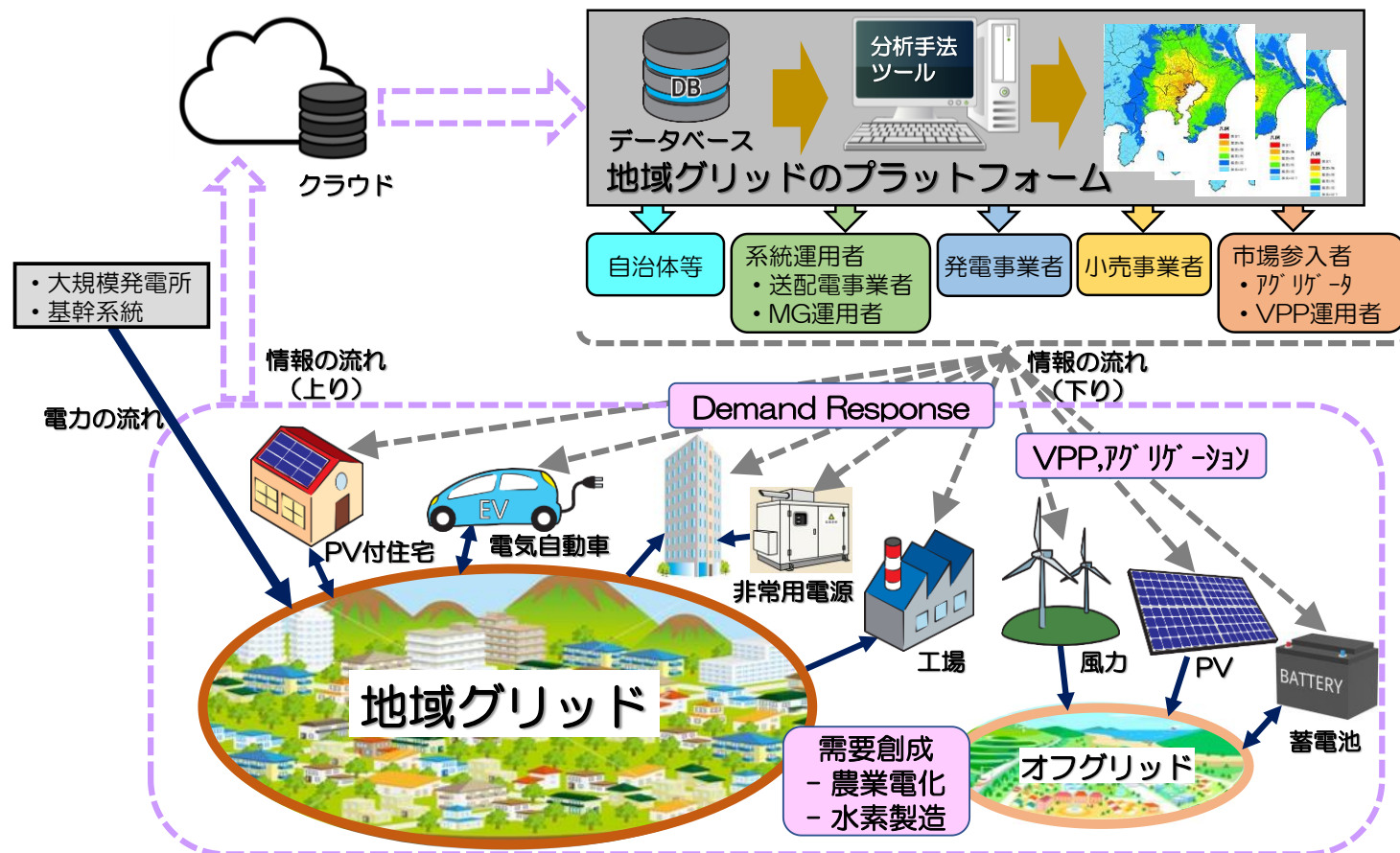


系統側技術の開発

【3.2 課題解決のための当所の取り組み】

✓ 系統管理するシステムの開発

➤ プラットフォームを活用し、平常時および緊急時に地域グリッドを管理する。

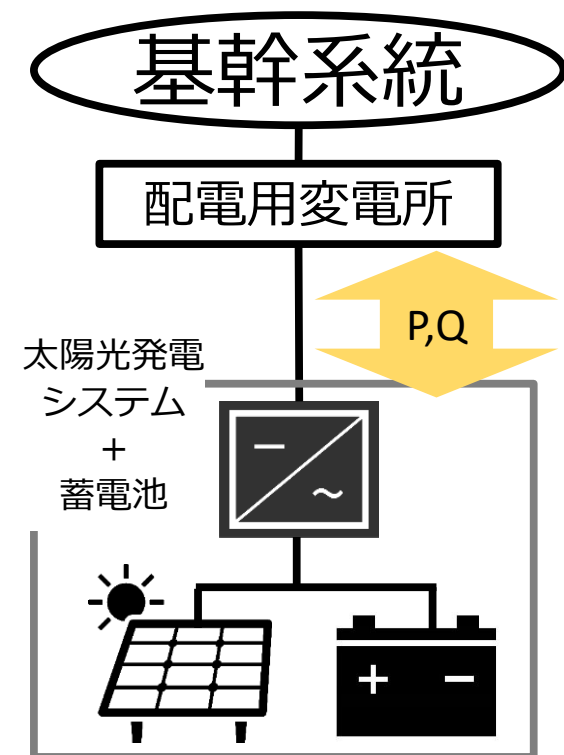


需要側技術の開発

【3.2 課題解決のための当所の取り組み】

✓ 再生電源の系統貢献機能の開発

- ▶ 太陽光発電用インバータによる系統電圧の適正化へ貢献する機能（開発済み＋高機能化中）
 - 従来から用いられている「電圧上昇抑制機能」
 - 近年導入された「出力力率一定制御」
- ▶ 太陽光発電用インバータによる系統周波数の適正化へ貢献する機能
 - 導入が検討されている「疑似慣性機能」
- ▶ 上記機能の課題と対策
 - インバータの保安機能（単独運転検出機能）との干渉
 - 系統貢献機能と保安機能を両立できる方式の開発



需要側および系統側技術の開発

【3.2 課題解決のための当所の取り組み】

NEDO「再生可能エネルギーの主力電源化に向けた次々世代電力ネットワーク安定化技術開発」

研究開発項目1「疑似慣性PCSの実用化開発」

- ✓ **高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発**
 - 前述の課題④への対応として、インバータ電源に疑似的に慣性を持たせる技術を開発する。
 - Grid Following Inverter (GFL) の実用化
 - Grid Forming Inverter (GFM) の実用化

- ✓ **再エネ導入地域グリッドの実現に向けた課題解決に関する研究開発**
 - 前述の課題③への対応として、地産地消型系統およびマイクログリッドの技術的な課題抽出と対策方式を開発する。
 - 主電源設備、従属電源設備の要件の明確化

需要側技術の開発

【3.2 課題解決のための当所の取り組み】

NEDO 先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム

研究開発課題D1 「農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステム技術
開発、農林業機械・漁船等の電動化及びその普及に資
する技術等の開発」

✓ 電化の技術開発の一つとして、「**地産地消型ゼロ
エミ植物工場**基盤技術の開発」を実施

➤ 島嶼部における植物工場導入事例は乏しいため、再エネ
のみで稼働する植物工場を導入し、可能性を評価する。

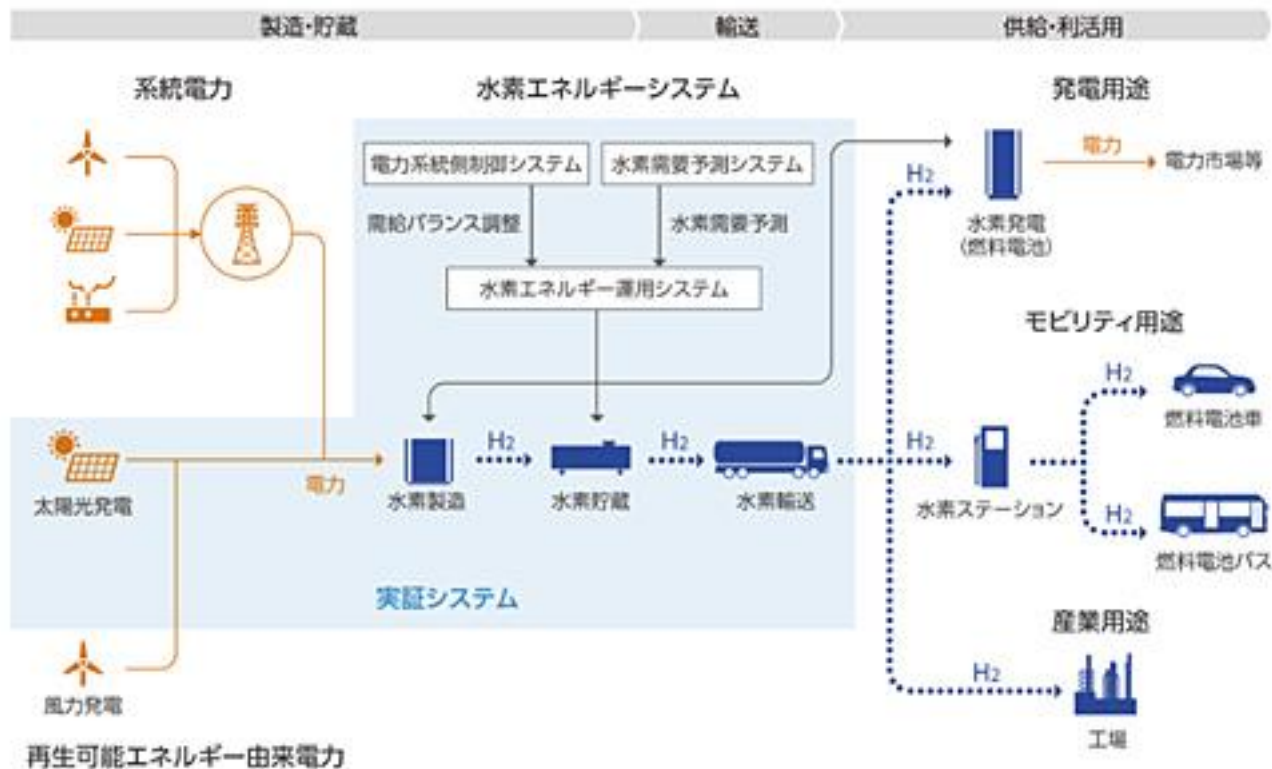


植物工場実験施設のイメージ図

需要側技術の開発

【3.2 課題解決のための当所の取り組み】

NEDO 水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発
 「福島水素エネルギー研究フィールド（Fukushima Hydrogen Energy Research Field（FH2R））」・・・**水素製造、貯蔵、輸送、活用**



実施者：東芝I社、システムズ、東北電力、岩谷産業

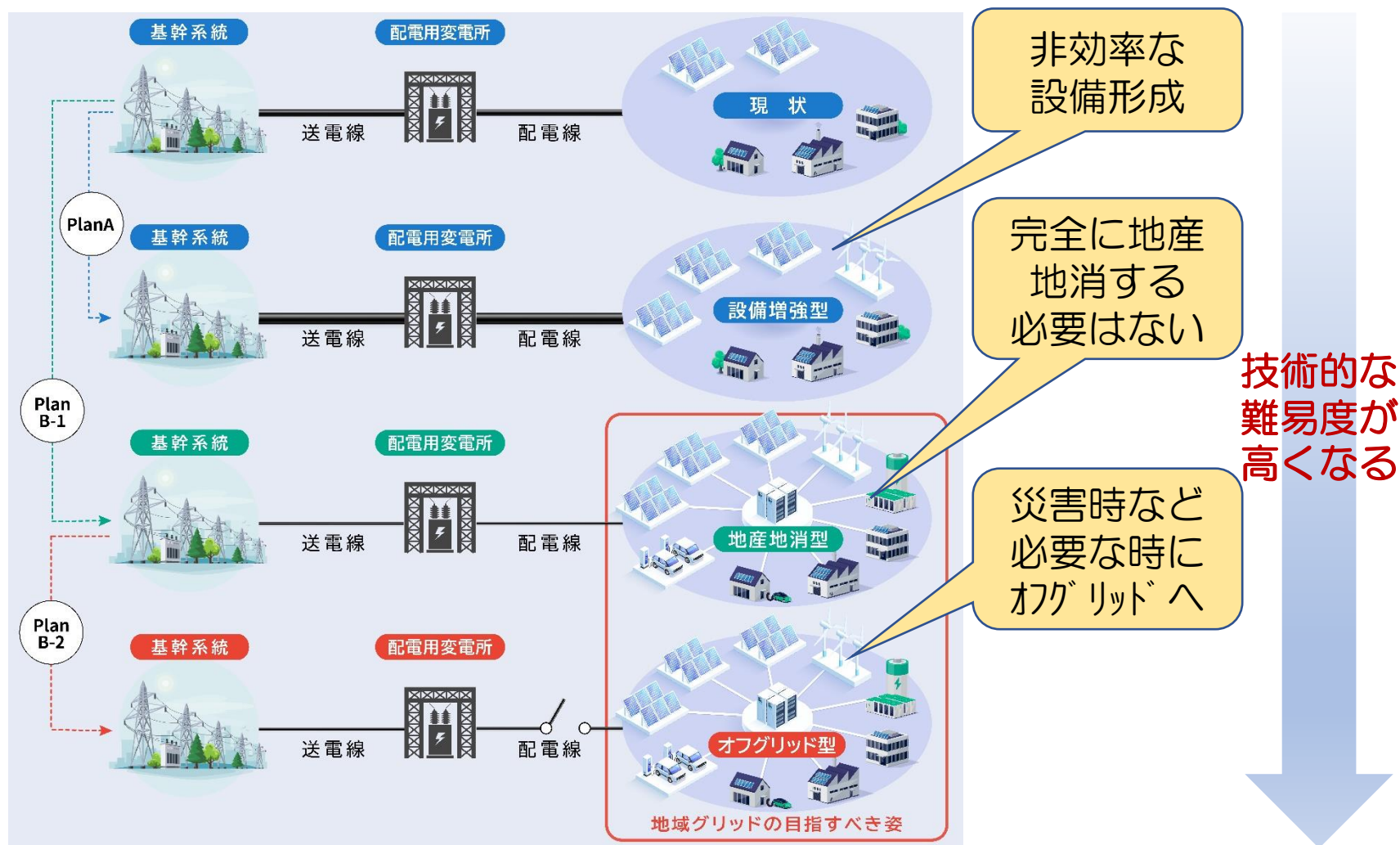
4. むすび

むすび

カーボンニュートラル実現に向けては、

- ✓ 運用面、系統構成面、電力品質面、保護・保安面において課題があり、**早急な対策技術の開発**が必要である。
- ✓ 基幹系統と地域グリッドの運用を**協調する方式・システムの開発**が重要である。さらに、系統の効率的な運用や構成のためには、**地産地消型への移行が必須**である。
- ✓ **系統側の技術開発、需要側の技術開発**に加え、それらを支える“**地域グリッドのプラットフォーム**”の**構築**が必要である。

電力ネットワークの将来像～地域グリッド～



地域グリッド（地域供給送電＋配電系統）の将来

参考1 活用している主なツール

配電系統総合解析ツール (CALDG)

【3.3活用している主なツール】

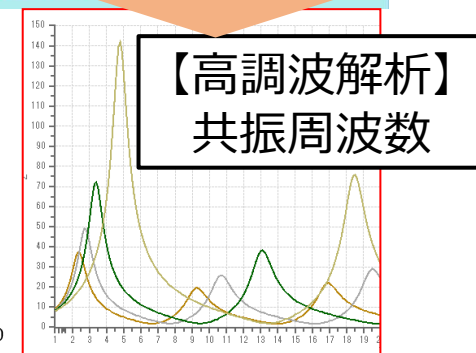
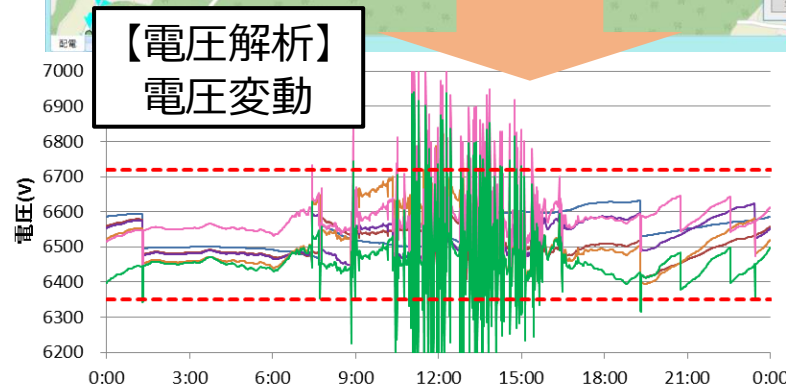
配電設備
データ

需要家設備
データ

再エネ設備
データ

配電線センサ
データ

スマートメータ
データ



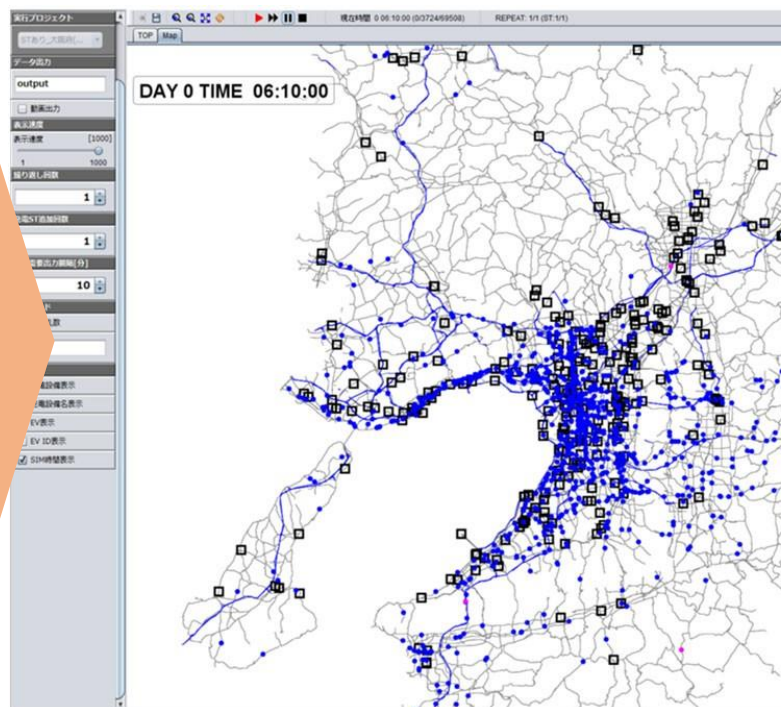
次世代交通シミュレータ (EV-OLYENTOR)

【3.3活用している主なツール】

地図・道路
データ

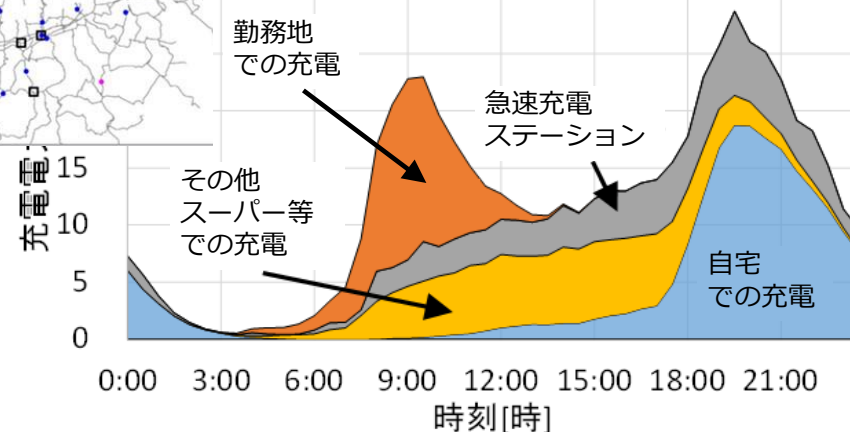
交通量
データ

国勢調査
データ



青い●はEV、黒い■は充電器

EV充電需要
曲線



需要シミュレータ

【3.3活用している主なツール】

Area Energy Simulator --CRIEPI

1.1. Map

入力部

計算リスト(国勢調査)

CityCode	ID	PlaceName
13112	56002	八幡山 2丁目
13112	56001	八幡山 1丁目
13112	47007	船橋 7丁目
13112	47004	船橋 4丁目
13112	55005	上北沢 5丁目

計算用ファイル作成

計算リスト(経済センサス)

CityCode	ID	PlaceName
13112	023000023100	八幡山 2丁目
13112	023000023000	八幡山 1丁目
13112	024500025000	船橋 6丁目
13112	005100005100	上北沢 1丁目

計算用ファイル作成

国勢調査
データ

空調用エネルギー計算
ツール (CADIEE)
の計算結果等

統計値・文献値
家庭用エネルギー
ハンドブック等

国民生活
時間調査
データ

Area Energy Simulator --CRIEPI

選択地点

住宅:東京都世田谷区喜多見 9丁目
業務:東京都世田谷区喜多見 9丁目

計算条件: エリア情報 住宅・業務 住宅詳細 業務詳細

年間消費電力量 年間ピーク電力 1日計消費電力量 時刻別消費電力

Weekdays
Saturday
Holidays

Apr

Output

出力部

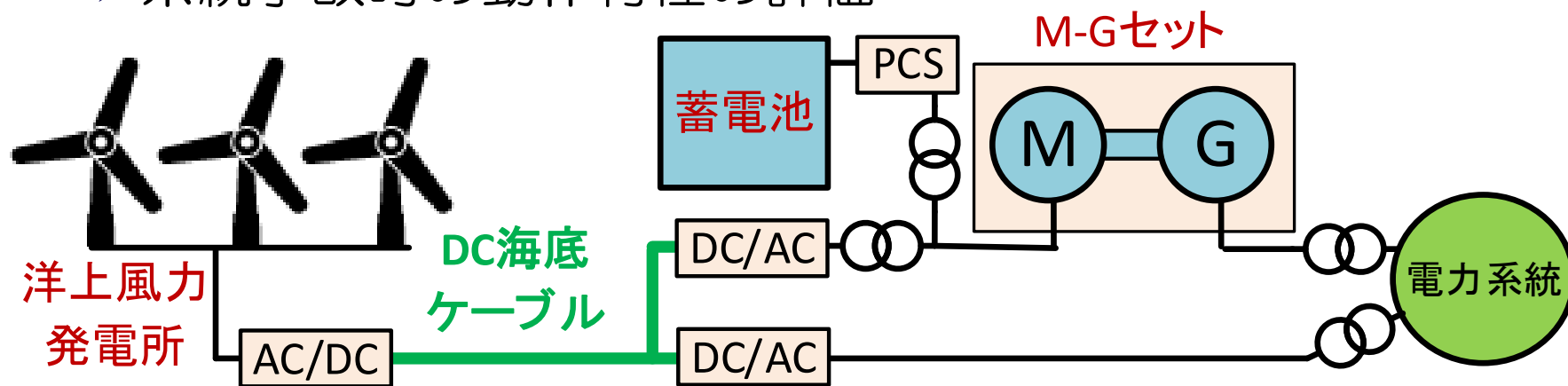
業種別に
電力、ガス、
灯油需要を
算出できる

参考2

基幹系統の課題への当所の取り組み

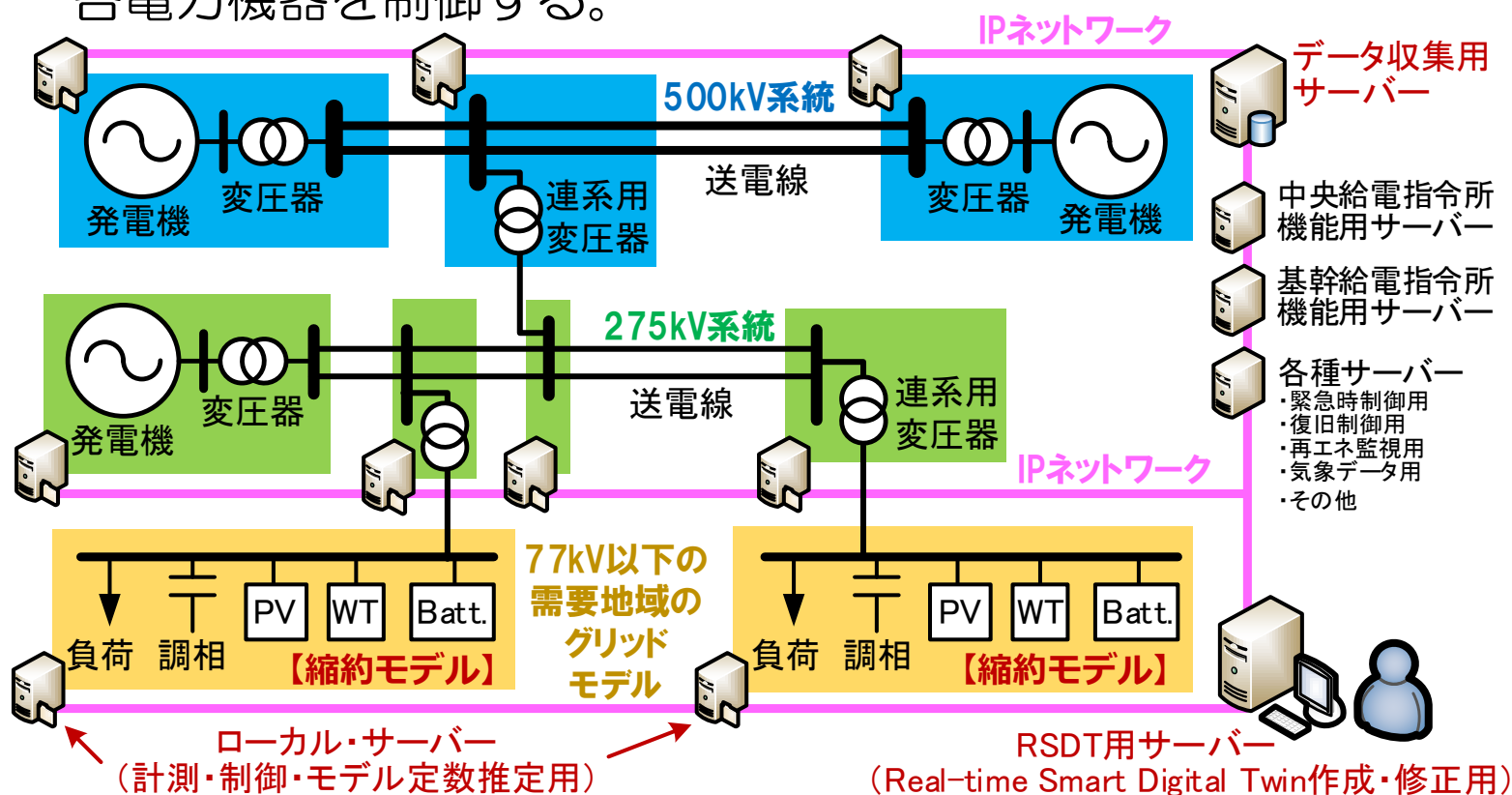
風力発電用M-Gセット連系システム

- ✓ メリット
 - 電力系統への影響が最小限
⇒ 系統の安定性を低下させない
 - ブラックアウト後の試送電に利用可能
- ✓ 技術的な課題
 - 構成技術の確立
 - 発電機（G）と風力発電・蓄電池の協調制御
 - 系統事故時の動作特性の評価



次世代型電力系統信頼度制御システム

- Real-time Smart Digital Twin (RSDT) の概念に基づき、電力系統の情報（系統の電圧・電流・有効電力・無効電力・電圧相角）を常時監視・収集し、現在の各電力機器の電力系統動特性解析プログラム（以下、Y法）のモデルを構築し、それに基づき各電力機器を制御する。



関連する国等の事業

NEDO 「再生可能エネルギーの主力電源化に向けた次々世代電力ネットワーク安定化技術開発」

研究開発項目2 「M-G セットの实用化開発」

✓ 再エネと蓄電池を伴う M-G セットシステムを開発し、仮想同期機（VSG）や同期調相機等とともに基幹系統での連系運転及び系統事故時に適切な動作を行うことを検証する。

- M-G セットの实用化
- Grid Following Inverter (GFL) の实用化
- Grid Forming Inverter (GFM) の实用化