

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.2-3

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/擬似慣性 PCS の実 用化開発②

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

発表：2025年7月15日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 吉山 和宏

団体名 東京電力ホールディングス(株)、東京電力パワーグリッド(株)、(一財)電力中央研究所、三菱電機(株)、沖縄電力(株)、
(株)ネクステムス

問い合わせ先 東京電力ホールディングス株式会社経営技術戦略研究所技術開発部

E-mail:yoshiyama.kazuhiro@tepcoco.jp TEL:070-4532-1743

研究の背景、目的

背景

- 再エネ大量導入に伴う系統慣性力の低下対策
⇒国内において慣性低下対策PCS開発が未成熟のため、実用化開発を国プロ(NEDO事業)にて実施
- 災害等による大規模停電発生時のレジリエンス向上
⇒地域マイクログリッドに関する規程・ガイドラインが未整備のため、課題解決に向けた検討を国プロ(NEDO事業)にて実施

目的

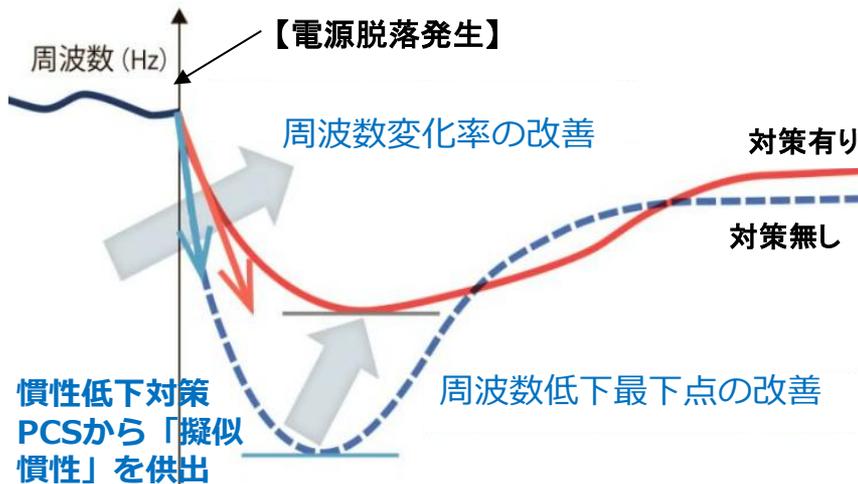
- 慣性力低下対策の実用化を目指し
 - ① **高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発** を実施【WG1】
- 再エネ導入地域グリッド運開・運用の円滑化を目指し
 - ② 再エネ導入地域マイクログリッドの実現に向けた課題解決に関する研究開発 を実施【WG2】

開発目標

本事業（2022年度～2026年度）ではWG毎に下記の成果を見込む。

本資料で説明

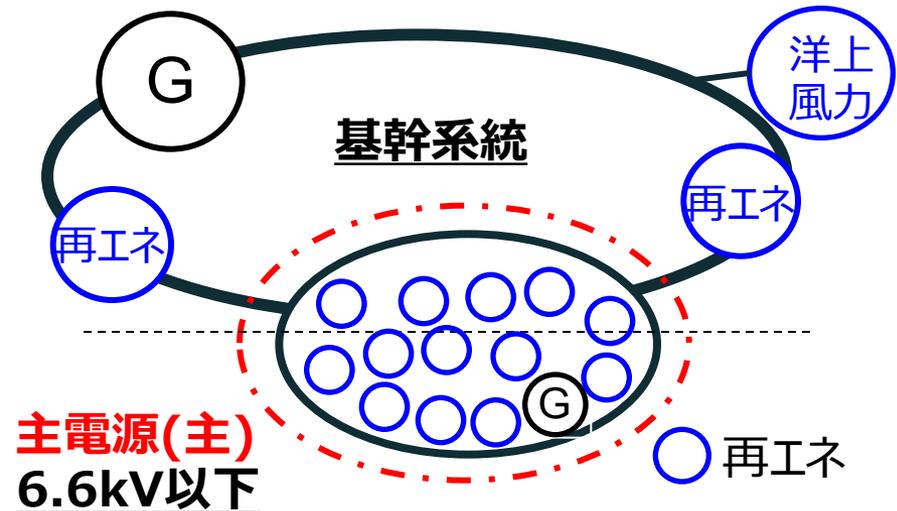
WG1:高圧連系用慣性低下対策PCSの開発



PCS開発・各種評価

- ・標準機器仕様
- ・規程等への反映に必要なデータ

WG2:再エネ導入地域MG実現に向けた開発



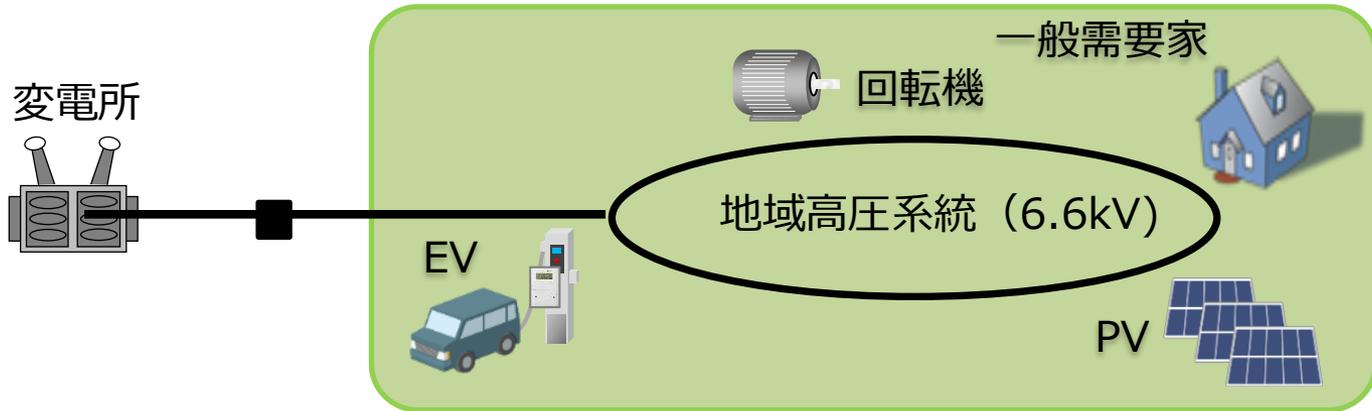
課題抽出・対策案評価

- ・マイクログリッドの安定運転に必要な対策手法の提言
- ・規程等に必要なデータ取得・取りまとめ

再エネ主力電源化を実現する技術の確立

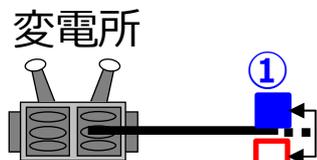
再エネ導入地域マイクログリッドの設備形態

一送側主電源（従来）イメージ



地域マイクログリッド（地産地消）イメージ

① 一送主電源(再エネ共存) 配電系統との連系運転



② 再エネ(インバ-タ)主電源 地域グリッド独立運転

切り離し
独立



実施内容

NEDO事業にて、2022年6月～2026年2月の間にて以下の分担で検討を行う。

全体とりまとめ：東京電力HD・PG

1. 再エネ導入地域マイクログリッドの課題の整理 (P7～10)

- 地域グリッド事例調査・海外調査：東京電力HD・PG
- 宮古島・来間島計測（系統側）：沖縄電力
- 宮古島・来間島計測（需要設備側）：ネクステムズ
- 課題整理：全法人

2. 再エネ導入地域マイクログリッドの課題への対策方式の検討 (P9～10)

- 需要想定・設計最適化手法の検討：電力中央研究所
- 回转型主電源サポートシステムの検討：電力中央研究所
- 機器・システム設計・試験：東京電力HD・三菱電機

3. 再エネ導入地域マイクログリッドの課題への対策案の検証・評価 (P9～10)

- 赤城試験センター実規模配電設備での試験：
電力中央研究所・東京電力HD・PG・三菱電機
- 地域グリッド運用時のDR指令応動検証：ネクステムズ

4. 再エネ導入地域マイクログリッドに関するガイドライン・規程整備に向けた検 (P11)

研究スケジュール

項目	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
(1)再エネ導入地域グリッドの課題の整理	【沖電】計測器取付工事・来間島実動訓練		【沖電・NX】宮古島・来間島計測・分析		
	【電中研】系統解析ツール調査		機能拡張・ツール整備		課題統括検討
	【HD・PG】地域グリッド事例調査				
	【HD・PG】送配協との課題確認		【HD・三菱】課題確認シミュレーション		
(2)再エネ導入地域グリッドの課題への対策方式の検討	【電中研】需要想定・設計最適化手法基本構築			手法検討・確立	
	【HD・PG】海外調査まとめ		海外調査まとめ	海外調査まとめ	
	【HD・三菱】対策システム・EMS設計・試験		対策システム・EMS再設計・試験		
	【HD・三菱】対策装置設計・試験		対策装置再設計・試験		
	【HD・三菱】対策方式シミュレーション		対策方式・試験外対策シミュレーション		
(3)再エネ導入地域グリッドの課題への対策案の検証・評価	⑤高圧配電線路模擬装置				
	①MG主電源設備、②MG従属電源設備 ③遠方制御機能付需要家模擬		④系統監視・制御システム		
	【電中研】		⑥特高送電線・配変変圧器模擬		
	⑦回転型主電源サポートシステム		⑦改良事項		
	【電中研・HD・PG・三菱】		試験③課題・対策方式(機材・システム) WG1合同短絡試験		
	試験①課題確認		試験④課題・対策方式(機材・システム)		
	試験②課題・対策方式(機材)		試験⑤試験⑥試験⑦		
(4)再エネ導入地域グリッドに関するガイドライン・規程整備に向けた検討	規程類改定 【HD・PG】状況整理		検討項目分類 ・検討時期、検討会議体		順次、技術要件検討・整理、 規程類への反映内容提示

地域マイクログリッドの各種課題 【1.課題抽出】

	課題項目	課題概要
系統運用	<ul style="list-style-type: none"> ①ブラックスタート(P8) ②連系運転/独立運転 切替 ③負荷遮断 ④発電抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ①主電源がインバータでブラックスタート(6.6kV即印加)の際、変圧器の励突電流が主電源容量を超えてしまう。 ②一送との連系運転時と独立運転時で保護方式・整定値が異なる。 ③地産・地消のため負荷遮断・制限が必要。 ④地産・地消のため発電抑制が必要。
保護・保安	<ul style="list-style-type: none"> ⑤短絡保護 ⑥地絡保護 (P9~10) ⑦単独運転防止 	<ul style="list-style-type: none"> ⑤主電源がインバータの場合、短絡電流が小さくなる。 ⑥系統がスリムなため対地静電容量が小さく、地絡電流が小さくなる。 ⑦配電系統連系時と比べ電圧・周波数・位相の変化が大きい場合、単独運転検出要件の検討が必要。
設備構築 ・設計	<ul style="list-style-type: none"> ⑧対象区域の需要把握 ⑨対象区域の供給可能量の把握 ⑩配電システム・EMSの設計 	<p>需要規模想定、発電量の想定、配電システムとEMSの設定の検討が必要。</p>
供給信頼度 ・電力品質	<ul style="list-style-type: none"> ⑪負荷変動・発電出力変動に対する安定性 ⑫事故時運転継続 (FRT) ⑬電圧,周波数,高調波,フリッカ(P8) 	<p>配電系統連系時と比べ電圧・周波数・位相・(高調波・フリッカ)の変化が同程度であることが望ましいが、主電源の要求性能が決まっていない。</p>

青書きは、以降のページで関連検討内容を記載

NEDO実施計画書に記載した地域グリッドの課題項目について、送配電網協議会 (MG技術検討会) とも整合性を確認した。

【沖縄電力・ネクステムズ】国内初のマイクログリッド実動運用(事故発生→MG独立運転)

【1.課題抽出】

○宮古島市来間島でマイクログリッド(以降、MG)実証設備が2022年1月から運用中。

○事故発生後、MG蓄電池が起動し、周波数・電圧とも安定した運転を実現。



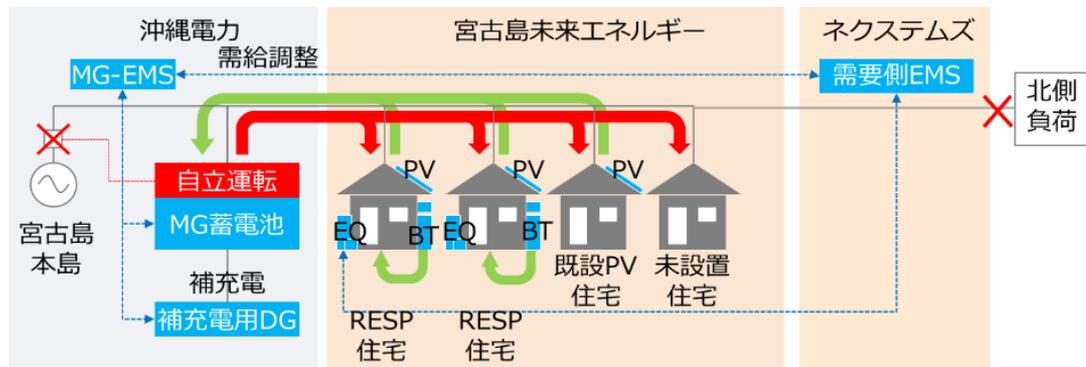
MGエリア高圧配電系統概略図

来間島MG対象エリアの規模

世帯数：約90世帯 人口：約160人
面積：2.8km² 需要電力：50～200kW

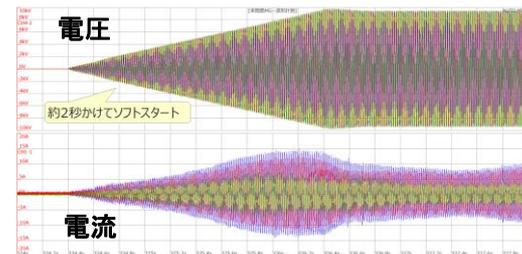
配電系統側：沖縄電力
需要設備側：ネクステムズ

MG時の運用



24年4月25日にMG実動(1時間49分)を実施

- ・MG実動開始時のソフトスタート(ブラックスタート時の励突電流対策)データを右図に示す。2秒間で定格電圧に上昇し、安定した状態で電力供給を行えた。
- ・実動中、周波数・電圧とも安定した状態で電力供給を行えた。



MG蓄電池ソフトスタート時出力

【電力中央研究所】本NEDO事業で追加の試験設備

【1.課題抽出、2.対策方式、3.赤城実証】

地域マイクログリッドの各種課題・対策方式に関連した試験を行うため、電中研赤城試験センターの既設実規模配電設備に、以下の試験設備を追加設置した（一部は構築中）

①マイクログリッド主電源設備

- ・インバータ型主電源設備【直流電源含む】
1・2号機
- ・回転型主電源設備【原動機含む】

②遠方制御機能付マイクログリッド 従属電源設備

- ・双方向型インバータ電源【直流電源含む】
1・2号機

③遠方制御機能付需要家模擬装置

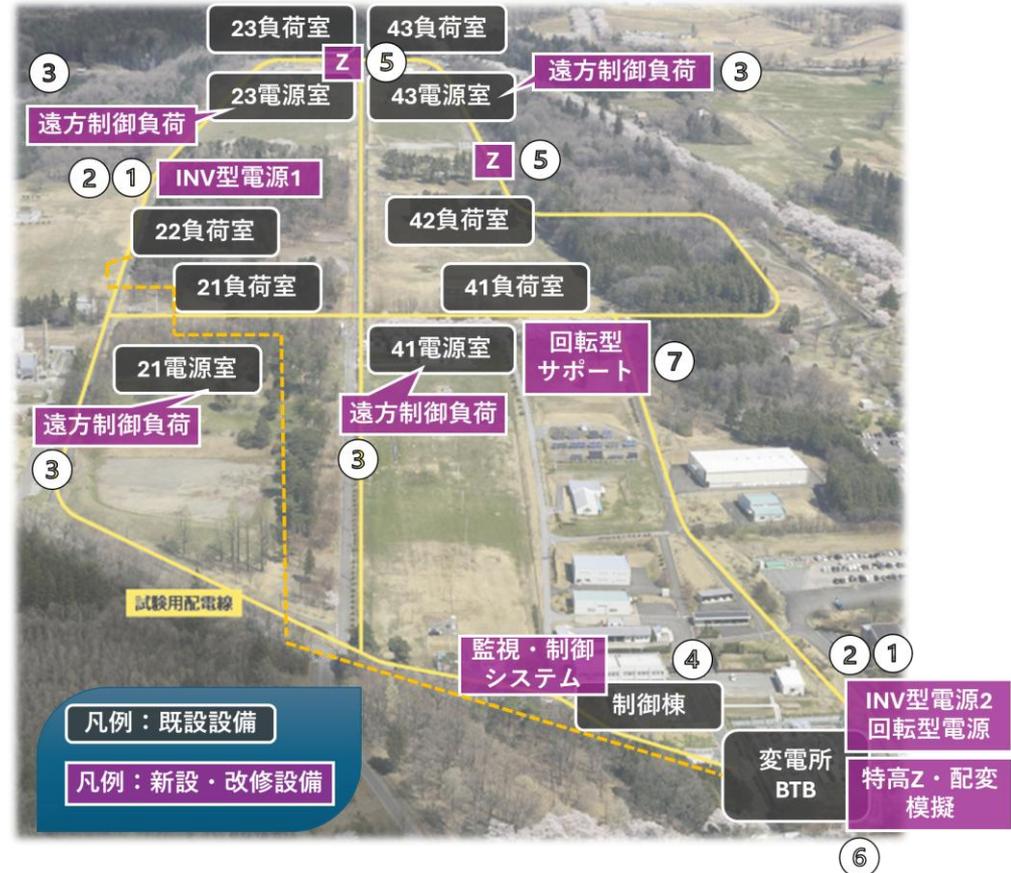
- ・21、23、41、43電源室

④系統監視・制御システム

⑤高圧配電線路模擬装置

⑥特別高圧送電線模擬装置および配電用 変電所変圧器模擬装置

⑦回転型主電源サポートシステム



上述の試験設備を用いた試験の一例として、地絡課題確認・対策試験について次ページ(P10)に記載する。

【東京電力HD・PG・三菱電機・電中研】マイクログリッド独立運転時の地絡保護 【EVT・接地用コンデンサ設置】の必要性確認 【1.課題抽出、2.対策方式、3.赤城実証】

マイクログリッド独立運用における地絡事故時の課題・対策効果確認試験を実施。

地絡事故	課題	配電用変電所に設置されたEVTと切り離され、また短亘長により対地静電容量が小さいため、地絡電流が微小となり、DGRトリップ動作しない。
	対策	主電源にEVT・接地用コンデンサを設置することで、地絡電流が補償され、DGRトリップ動作する。

赤城試験設備・試験条件イメージ



EVT [等価中性点抵抗 $\approx 10k\Omega$]

一次側中性点が接地につながっており、地絡時に安定して地絡電流を流す。

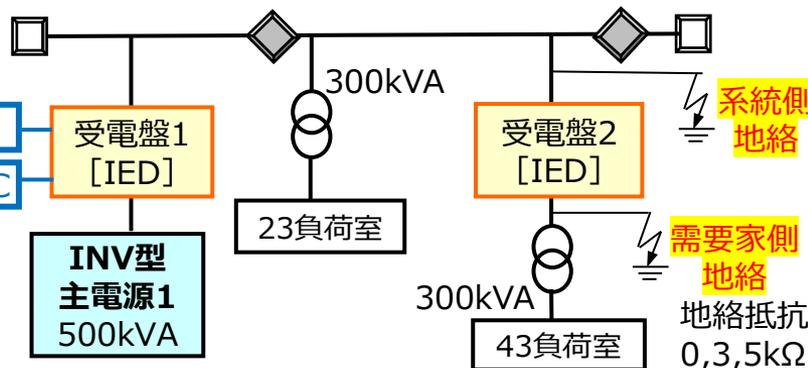


接地用コンデンサ [0.1 μ F/相]

対地静電容量を補償し、零相電流を確保して保護リレーにより地絡を検出。

対策

EVT
接地C



地絡リレー整定値
 ・ $I_0: 0.2A$,
 ・ $V_0: 10\%$
 ・時限1: 0.9s
 ・時限2: 0.2s

【課題確認】

対策なしでは、地絡抵抗 $3k\Omega \cdot 5k\Omega$ で地絡DGR検出ができなかった。

【対策効果確認】

EVT or 接地用コンデンサのどちらか1つまたは両方を主電源に接続することで、全故障ケースでDGR検出ができることを確認した。

最終成果：地域マイクログリッド規程・ガイドライン整備に向けた検討

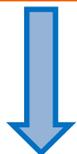
【4.ガイドライン・規定類整備】

〇22.6～27.2実施事項：規程・ガイドライン整備に向けた実施事項

本NEDO事業

1. 課題抽出
2. 対策方式の検討
3. 電中研赤城での実証試験

東京電力HD・PG、電中研
三菱電機、沖電、ネクステムズ



NEDO事業(22.6～27.2)の成果を踏まえ、再エネ導入地域マイクログリッドに関する技術的な要件を整理し、規程・ガイドライン類整備に向けて取りまとめる

- ・電気設備の技術基準の解釈、電力品質ガイドライン
- ・系統連系規程
【改定の作業会にNEDO事業実施者（東電PG,電中研,沖電）が参加】

JESC※（日本電気技術規格委員会）事務局と調整を行い、系統連系規程やその追補版に適宜反映している。

- ・地絡保護に満たすべき基準【24年10月：2024年系統連系規程改定版に反映済み】
- ・ブラックスタートの要件【26年4月：追補版に反映予定】

※JESC：日本電気技術規格委員会（民間規格の評価、国の基準への改正要請などを行う機関）

まとめ

本資料に記載したこれまでの主な成果

- 沖縄県宮古島市来間島にて、課題確認のため、データを取得。
- 本事業にて電中研赤城にインバーター型主電源設備等を設置し、マイクログリッド独立システムを模擬した各種試験を実施中。
- 赤城にて地絡保護の課題確認試験を行い、地絡保護ができない現象を確認した。また対策効果確認試験を行い、EVT・接地用コンデンサにより地絡保護が可能となり、対策の効果を確認した。
- 系統連系規程への反映のため、JESC（日本電気技術規格委員会）事務局と調整を行っている。

今後の課題

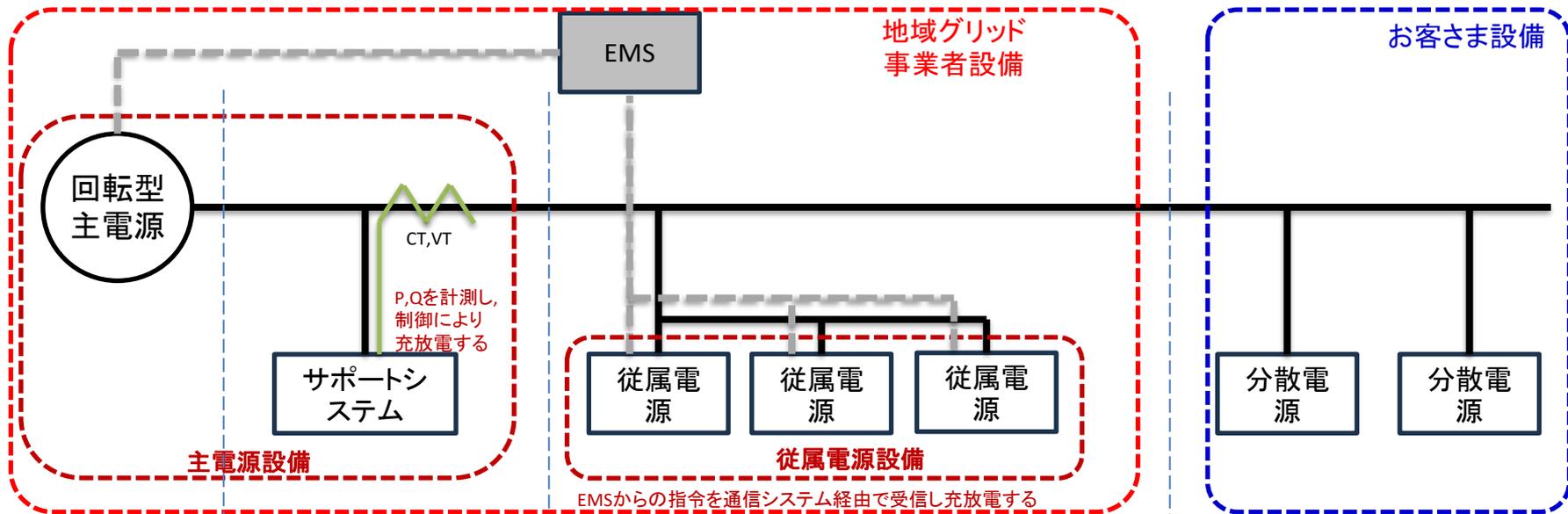
- 赤城にて、短絡保護検出等の試験を行う。
- 電力品質関連の検討を行う。
- マイクログリッド新設の際に活用できるよう、規程類等を整備していく。

以上

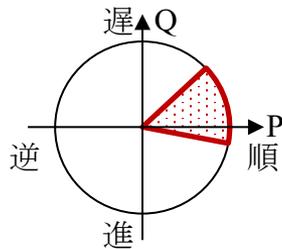
この成果は、N E D O（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務（JPNP22003）の結果得られたものです。

以降、参考資料

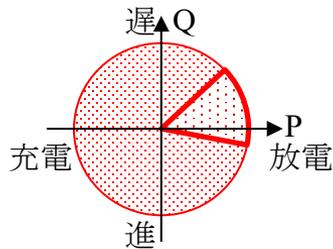
【電力中央研究所】回転型主電源サポートシステム



各地点のPQ出力可能な範囲



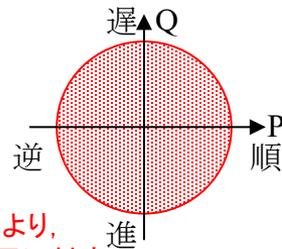
- 回転型電源の特徴:
- ・運転範囲に制限
 - ・逆潮流不可
 - ・負荷急変による周波数変動有り



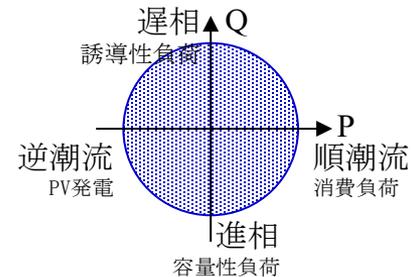
- サポートシステムの目的:
- ・発電機の安定運転
 - ・不要停止の防止
 - ・周波数変動の抑制
- 機能:
- ・P, Qを計測し, 系統側の短周期変化を充放電により吸収



サポートシステムにより, 出力可能範囲を全円に対応



- 従属電源設備の目的:
- ・需給調整
 - ・再エネ利用率最大
 - ・経済便益最大
- 機能:
- ・EMSによるシステム最適化運転



- お客さま設備の特徴:
- ・再エネ設備が多い場合, 逆潮流が生じる。
 - ・PVが多い場合, 日射の変化に伴う需給変化
 - ・軽負荷時に容量性負荷のみの状態有り。

【電力中央研究所】避難所における電力需要モデルの構築

災害時において優先的に電力供給を確保すべき、避難所及び社会基盤施設の電力需要モデルを構築する。

• 現在の進捗状況

- 避難所需要推定モデルを構築(図1)するとともに、災害時に避難所としての運用が想定されている公民館を対象に、電力使用量と室内温度の計測を実施中(図2)。

• 2025年度末までの成果見込み

- 避難所需要推定モデルの改良
- 中間期、夏期の実測結果の取得

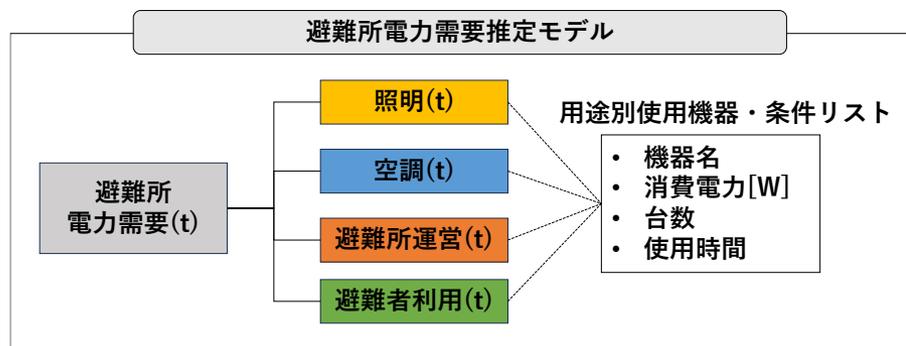


図1 避難所需要推定モデルの概要

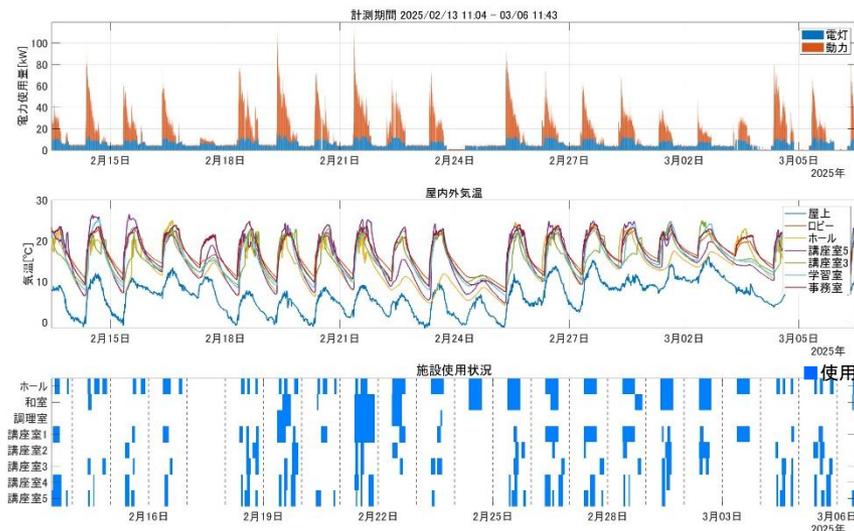


図2 避難所施設(公民館)における冬期の消費電力量・室内温度・設備使用状況の計測結果

【電力中央研究所】地域グリッド構成の最適化手法の開発

○進捗状況

- 地域グリッド設計最適化手法をシステム化し、webサーバー上に実装した。
- 地域グリッド設計最適化手法をより実用的なものとするためのブラッシュアップを行なった。

○2025年度の実施予定

- 事故発生時の短絡電流に関する制約条件について検討を行なう。
- 2026年度の完成に向けて、Web実装・システム開発を引き続き行なう。
- 2026年度研究の準備として、潮流による電圧制約を扱うためのフレームワークを検討する。

「地域グリッド設計最適化システム」の表示画面の例

Microgrid Design Optimization

Selected district number : region_2

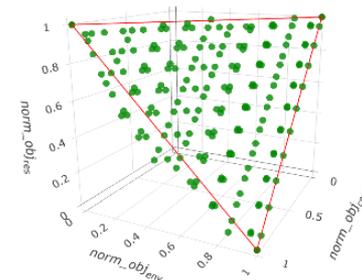
Data sets for design optimization of microgrid

- Solar irradiation data of the district
solar_irradiation_data.csv
- Pay-per-use price for utility
pay-per-use_price_for_utility.csv
- CO₂ emission factor of utility
CO2_emission_factor_of_utility.csv
- PV power selling price
PV_power_selling_price.csv
- Maximum charge amount to capacity
maximum_charge_amount_to_capacity.csv
- Rotary power generation cost
rotary_power_generation_cost.csv
- Pay-per-use price for microgrid
pay-per-use_price_for_mg.csv
- Other parameters
input_2.dat

Resettable parameters

- PV equipment's installation unit cost [yen/W]
- Conversion coefficient from solar irradiation to PV generation power [m²/Wh]
- Battery's installation unit cost [yen/Wh]
- Rotary power's installation unit cost [yen/W]
- Basic unit price for utility supply [yen/(W month)]
- Number of mesh divisions

run:optimization



Optimal values

Object functions

Total profit (-obj _{cost})	8.31E7 [yen]
CO ₂ emission (obj _{env})	3.95E6 [kg-CO ₂ /year]
Minimum charge amount (-obj _{res})	1.59E3 [kWh]

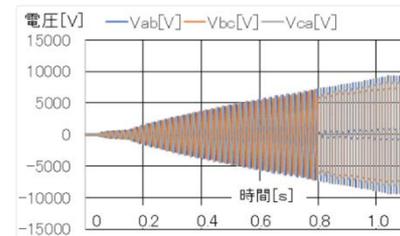
Capacities

PV equipment	2.40E3 [kW]
Battery	1.98E3 [kWh]
Rotary power	8.97E2 [kW]

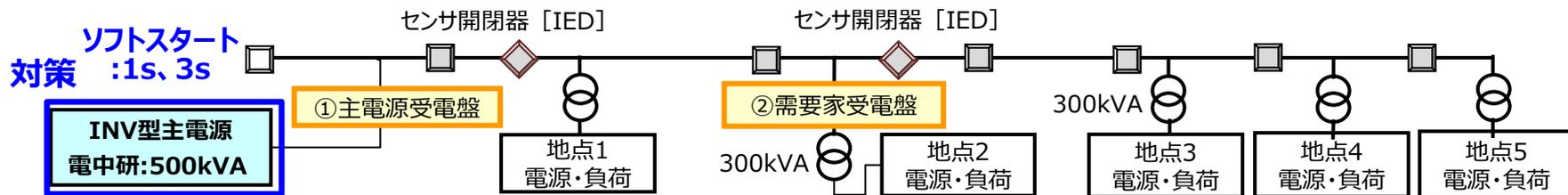
【東京電力HD・PG・三菱電機】赤城試験センターでの試験一例

ブラックスタート時の課題とソフトスタート対策効果確認試験

課題	地域グリッド独立系統にてインバータ主電源起動(停電→6.6kV即印加)の際、変圧器からのインラッシュ(過電流)によりゲートブロックが発生し、主電源が停止する。
対策	<ul style="list-style-type: none"> 主電源インバータのソフトスタートにより、停電→6.6kVを即印加する場合に比べて、変圧器からのインラッシュが抑制され、送電可能となる。 ソフトスタート時間の変化による、インラッシュ抑制効果の傾向把握。



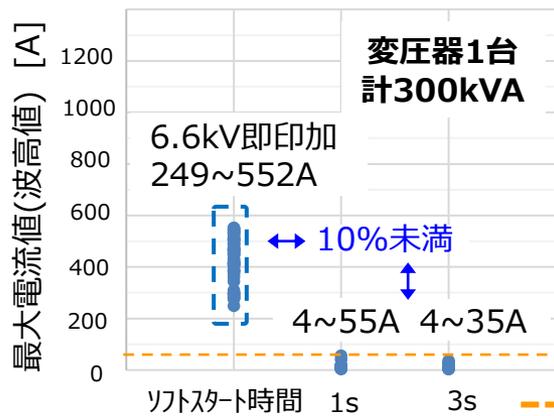
ソフトスタートイメージ [電圧]



○課題確認時電源は商用電源にて実施

インバータは停電→6.6kV即印加時、インラッシュで保護停止するため商用電源にて実施

○変圧器300kVA (無負荷) : 1台[地点2]、3台[地点1~3]、5台



【課題確認】

商用電源にて停電→6.6kV即印加した際、インラッシュは249A以上であり、500kVAインバータの定格電流より大きかった。[←容量超過で停止すると推定]

【対策効果確認】

- ソフトスタートにより、停電→6.6kV即印加時と比べて、インラッシュが10%未滿に抑制され、主電源が停止することなくブラックスタートすることを確認した。
- 本試験では、1s以上のソフトスタートで十分な抑制効果を確認した。

ソフトスタートインラッシュ抑制効果確認試験結果一例

以上