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（STREAMプロジェクト）

再生可能エネルギーの主力電源化

事業名「STREAM」について

- STREAM：Future-generation power network Stabilization Technology development for utilization of Renewable Energy As the Major power sourceの略

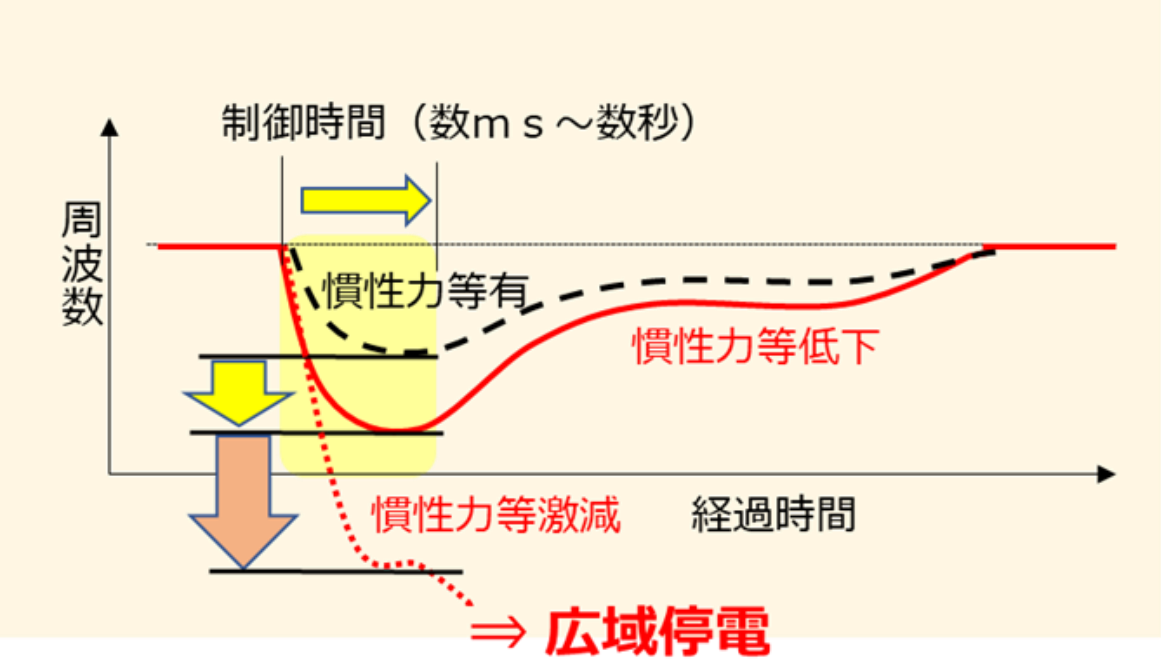
事業の背景

- 再生可能エネルギー（再エネ）の大量導入に伴って、回転機系の発電設備が減少すると電力系統は瞬間的な大きな変動に耐えられず大停電に至るおそれがあることから、慣性力を確保する技術の重要性が高まっている。
- 電力広域的運営推進機関の勉強会や送配電網協議会のロードマップにおいて、再エネ主力電源化に向けた今後の技術的課題として、短絡容量の低下が示されているが、具体的な研究開発はまだ行われていない状況にある。

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（STREAMプロジェクト）

慣性力の低下/短絡容量の低下

事業の目的



再エネ比率増大時の周波数制御に与える影響

- 前事業で得られた成果を踏まえ、最新の技術動向及び政策動向を把握し、将来の電力系統の技術的な課題及び制度的な課題までを見据えた上で、**慣性力低下対策の実用化**及び新たな課題である **短絡容量の低下に関する技術開発**を行う。

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（STREAMプロジェクト）

高圧連系用慣性低下対策PCS/再エネ導入地域グリッド/M-Gセット

課題に対する研究開発

再エネ主力電源化時における系統技術上の課題に対し、対象系統別に研究開発を実施

対象系統	研究開発項目	WG
配電系統	Ⅰ：疑似慣性PCSの実用化開発 ①高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発	WG1
地域グリッド系統	Ⅰ：疑似慣性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	WG2
基幹系統	Ⅱ：M-Gセットの実用化開発	WG3

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（STREAMプロジェクト）

高圧連系用慣性低下対策PCS/再エネ導入地域グリッド/M-Gセット

プロジェクト実施体制

【PL】電力中央研究所　上村研究参事
【SPL】　東京大学　馬場教授

指示 ↔ 協議

NEDO

委託

研究開発項目１ 疑似慣性PCSの実用化開発

- 東京電力ホールディングス株式会社 WG1, WG2
- 東京電力パワーグリッド株式会社 WG1, WG2
- 一般財団法人電力中央研究所 WG1, WG2
  - 再委託 → 国立大学法人香川大学 WG2
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所 WG1
  - 再委託 → 学校法人早稲田大学 WG1
  - 再委託 → 一般財団法人電気安全環境研究所 WG1
  - 再委託 → 独立行政法人国立高等専門学校機構　呉工業高等専門学校 WG1
- 国立大学法人広島大学 WG1
- 国立大学法人北海道大学 WG1
- 国立大学法人東京大学 WG1
- 環境エネルギー技術研究所株式会社 WG1

委託

- 三菱電機株式会社 WG2
- 沖縄電力株式会社 WG2
- 株式会社ネクステムズ WG2

研究開発項目２ M-G セットの実用化開発

- 一般財団法人電力中央研究所 WG3
- 国立大学法人東京科学大学 WG3

WG1:高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発
WG2: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
WG3:M－Gセットの実用化開発

お問い合わせ先　NEDO 再生可能エネルギー部　エネルギーシステムユニット　系統連系チーム
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100236.html

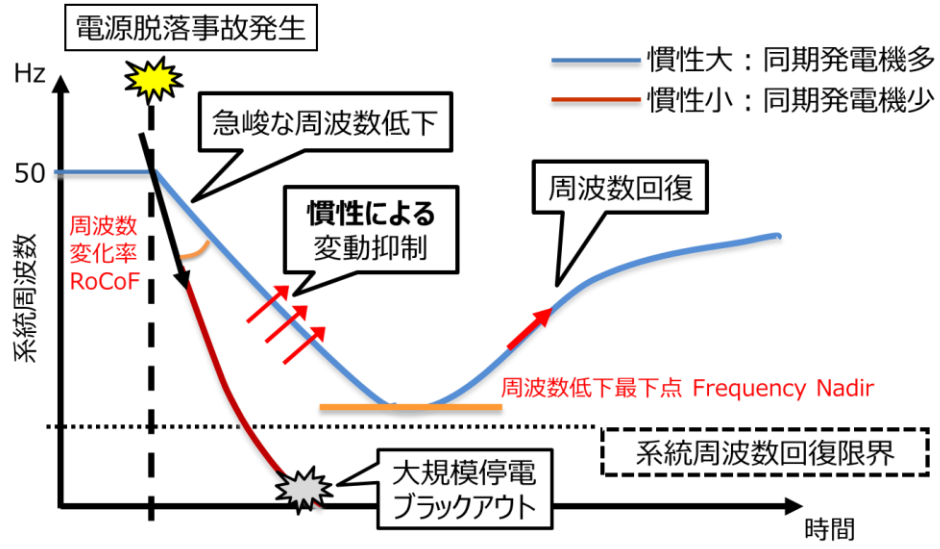
再生可能エネルギーの主力電源化に向けた次々世代電力ネットワーク安定化技術開発（STREAMプロジェクト）

I-① 高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発(WG1)

高圧連系用慣性低下対策PCS

系統慣性低下の課題（慣性低下⇒ブラックアウトの懸念）

系統慣性が低下した状態で、大規模な電源脱落事故等が発生し周波数が大きく変動すると、周波数低下リレーが動作することで健全な他の電源も解列し、最悪の場合ブラックアウトに至る



対策

【要求事項①】 **周波数変動に適切に動作すること！**

系統の周波数が変動した際に、**変動を抑制する方向へ電力を出力**すること

【要求事項②】 **不要にＰＣＳが停止しないこと！**

PCS容量を超える**過剰な電流によりPCSが停止しない**こと

【要求事項③】 **公衆安全が確保されていること！**

単独系統となった際に、単独運転※を検出して**PCSが停止**すること

※分散型電源については系統事故などで単独系統(大規模電源の系統から切り　離された系統)となった際に、作業員の安全面等から運転停止することが求められている

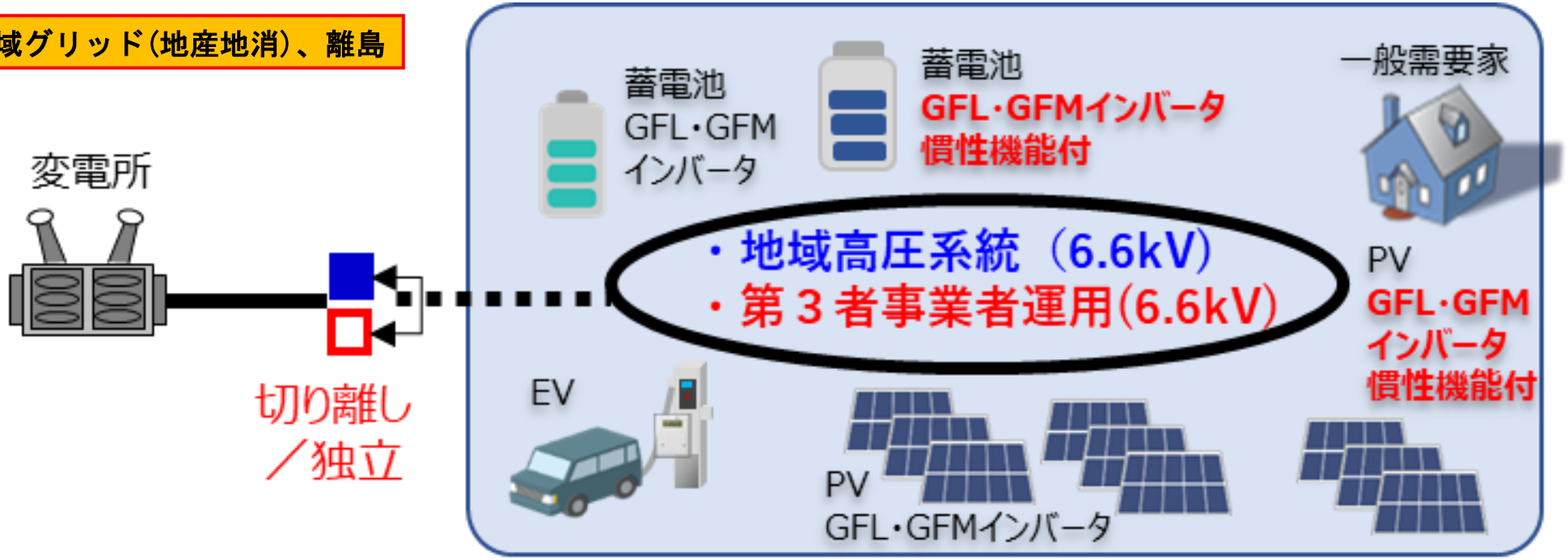
再生可能エネルギーの主力電源化に向けた次々世代電力ネットワーク安定化技術開発（STREAMプロジェクト）

再エネ導入地域グリッド

I-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(WG2)

設備形態の変化に伴う再エネ主力電源化の課題

地域グリッド(地産地消)、離島



技術課題（例）
- 短絡容量低下
- 系統慣性低下
- 短周期変動
- 長周期変動
- 電圧フリッカ
- 配電線の電圧変動

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（STREAMプロジェクト）

Ⅱ M-Gセットの実用化開発(WG3)

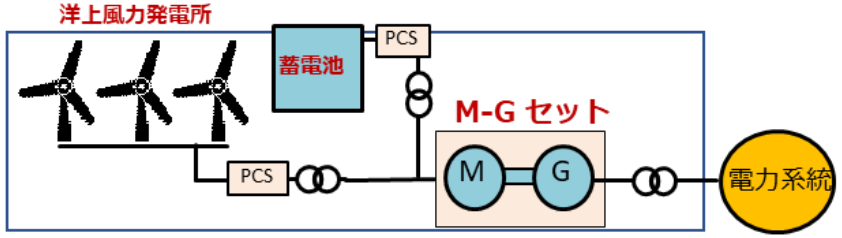
M-Gセット

M-Gセットの実用化開発

○基幹系統を模擬したアナログ電力系統シミュレータを用いて、再エネと蓄電池を接続したM-Gセットの技術的成立性の検証

○M-Gセットをはじめとする各種系統安定化対策の系統安定性維持機能の検証を行う

【M-Gセット適用例】

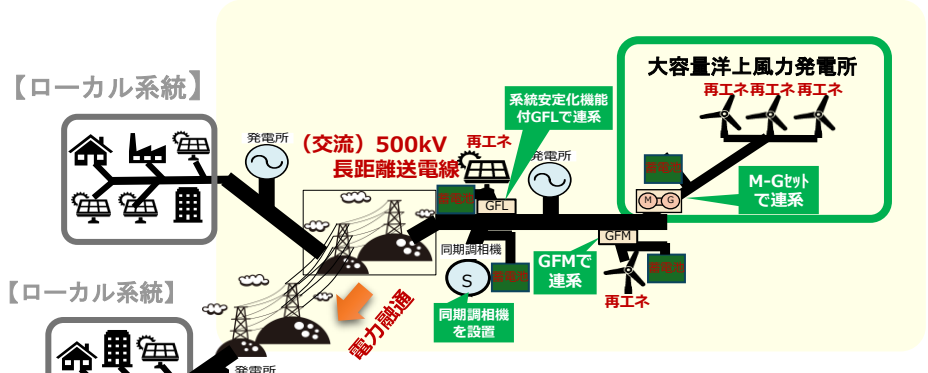


■電力系統側から見れば発電機のみが並列

➢系統事故時に電力系統側における特段の配慮が不要

再エネ大量導入時の諸課題を克服できる一つの方策

再エネが主力電源化したときの基幹系統のイメージ



系統の特徴に合わせて、各種系統安定化対策機器を組合せて設置

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（STREAMプロジェクト）

高圧連系用慣性低下対策PCS/再エネ導入地域グリッド/M-Gセット

研究開発のスケジュール

研究開発項目	2022	2023	2024	2025	2026	2027
疑似慣性ＰＣＳの実用化開発 ①高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発(WG1)		設計・試作	試験・検証	改良	試験・検証	
疑似慣性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(WG2)	課題抽出	対策検討・検証				
Ｍ－Ｇセットの実用化開発 (WG3)	（インバータ）試験準備 （M-Gセット）試験			（インバータ）試験	組合せ試験	
評価時期			中間評価			終了時評価

中間目標

最終目標

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（STREAMプロジェクト）

I-① 高圧連系用慣性低下対策PCSの実用化開発(WG1)

高圧連系用慣性低下対策PCS

アウトプット目標の達成状況

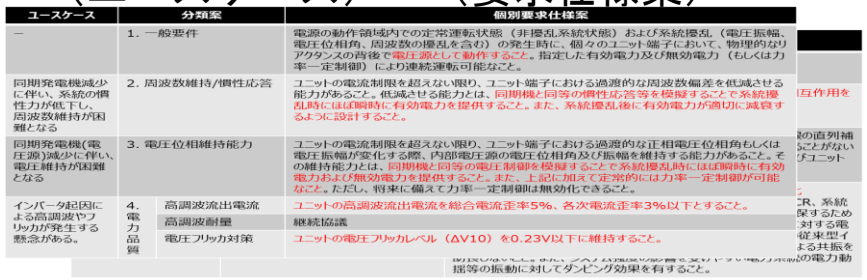
蓄電池向けPCSについて、ユースケースを作成し、要求仕様案をとりまとめた。

【蓄電池向けPCS】

GFM）海外事例等や委員会における専門家のご意見を参考にGFMのユースケース、要求仕様案を整理。

S-GFL）前NEDO事業にて系統連系試験を概ねクリアしており、海外要件を参考にFFR要件を整理。

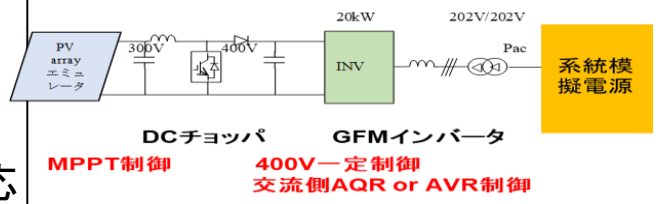
（ユースケース）→（要求仕様案）



ユースケース	分類案		個別要求仕様案
—	1．一般要件		電源の動作領域内での定常運転状態（非擾乱系統状態）および系統擾乱（電圧振幅、電圧位相角、周波数の擾乱を含む）の発生時に、個々のユニット端子において、物理的なリアクタンスの背後で電圧源として動作すること。指定した有効電力及び無効電力（もしくは力率一定制御）により連続運転可能なこと。
同期発電機減少に伴い、系統の慣性力が低下し、周波数維持が困難となる	2．周波数維持/慣性応答		ユニットの電流制限を超えない限り、ユニット端子における過渡的な周波数偏差を低減させる能力があること。低減させる能力とは、同期機と同等の慣性応答等を模擬することで系統擾乱時にほぼ瞬時に有効電力を提供すること。また、系統擾乱後に有効電力が適切に減衰するように設計すること。
同期発電機(電圧源)減少に伴い、電圧維持が困難となる	3．電圧位相維持能力		ユニットの電流制限を超えない限り、ユニット端子における過渡的な正相電圧位相角もしくは電圧振幅が変化する際、内部電圧源の電圧位相角及び振幅を維持する能力があること。その維持能力とは、同期機と同等の電圧制御を模擬することで系統擾乱時にほぼ瞬時に有効電力および無効電力を提供すること。また、上記に加えて定常的には力率一定制御が可能なこと。ただし、将来に備えて力率一定制御は無効化できること。
インバータ起因による高調波やフリッカが発生する懸念がある。	4．電力品質	高調波流出電流	ユニットの高調波流出電流を総合電流歪率5%、各次電流歪率3%以下とすること。
		高調波耐量	継続協議
		電圧フリッカ対策	ユニットの電圧フリッカレベル（ΔV10）を0.23V以下に維持すること。

【太陽光向けPCS】

電圧制御型で、周波数低下時に発電出力を増加させる機能を要求仕様とし、20kW試作機を作成し、力率運転、FRT対応等の基本動作について確認。



【評価試験】

ラボ試験）基本試験とPHIL試験の２つの試験方法を検討。GFMの実用化に求められる要求仕様案から、ラボ試験項目案を策定し、１社目のラボ試験を開始。

模擬系統試験）過去のNEDO事業の実証試験を参考に、ユースケース検討・機器仕様・ラボ試験項目を踏まえて試験項目の絞込、内容の具体化を検討。

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（STREAMプロジェクト）

再エネ導入地域グリッド

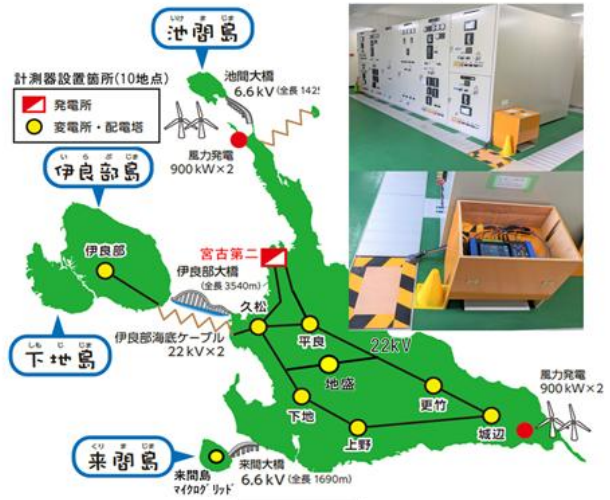
I-②再エネ導入地域グリッドの実現に向けた課題解決に関する研究開発(WG2)

アウトプット目標の達成状況

机上検討や検証試験、実測データの調査等により、対策方式・対策ツールを検討した。

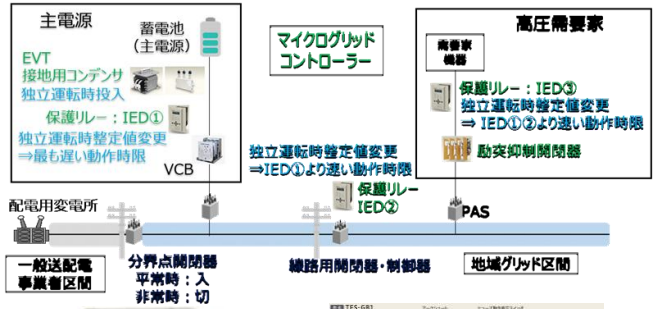
【再エネ導入地域グリッドの課題の整理】

地域グリッド系統での課題を整理するため、運開中の宮古島の地域グリッドにおける実測データ計測・分析を開始。
また、送配電網協議会にて検討した課題とも整合をとり、一部確認検証試験やシミュレーションにより課題を確認。

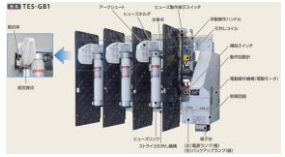


【再エネ導入地域グリッドの課題への対策方式の検討】

来間島と国内地域グリッドにおける系統構成、システム構成、運用方法等を調査。
海外調査で確認した対策をまとめ、課題に対する対策方式を検討し、対策手法の妥当性確認のため、短絡・地絡事故シミュレーション等の検証試験を実施。



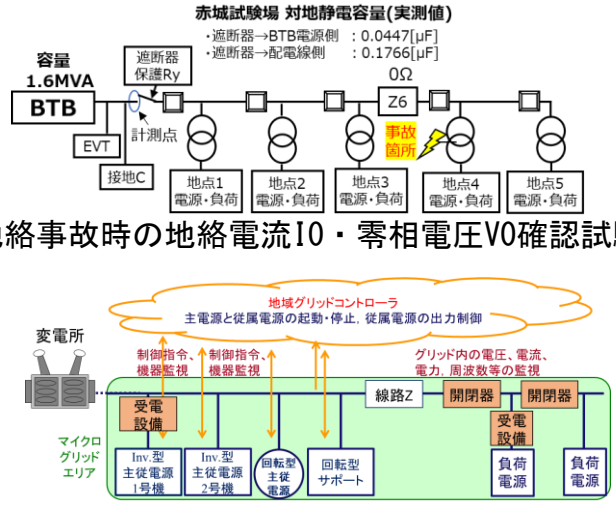
IED



励突抑制開閉器

【再エネ導入地域グリッドの課題への対策案の検証・評価】

電中研赤城にて課題抽出試験を行い、一部対策方式の試験を実施。また、対策装置・対策システムを設計し、各種試験を行った。



地絡事故時の地絡電流I0・零相電圧V0確認試験

電中研赤城の実規模配電設備

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（STREAMプロジェクト）

Ⅱ M-Gセットの実用化開発(WG3)

M-Gセット

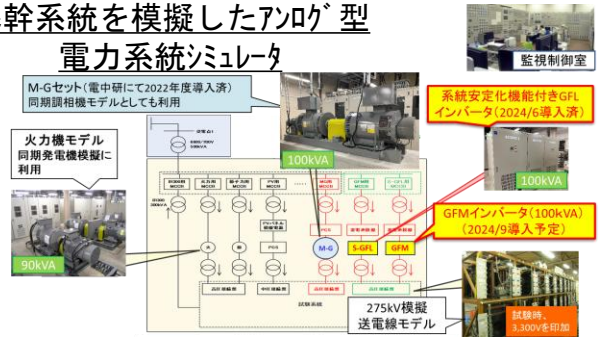
アウトプット目標の達成状況

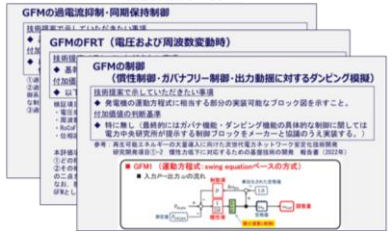
実験環境構築を進めるとともに、単体試験実施により各機器の基本的特性を把握した。

【各種系統安定化対策の実験環境構築】

S-GFL/GFMインバータは、メーカ技術提案内容をベースに試験や周辺装置を考慮し、機器仕様、制御ロジックを決定。S-GFLインバータは'24/6月に導入済。（M-Gセットは電中研にて'22年に導入済）

基幹系統を模擬したｱﾅﾛｸﾞ型電力系統ｼﾐｭﾚｰﾀ

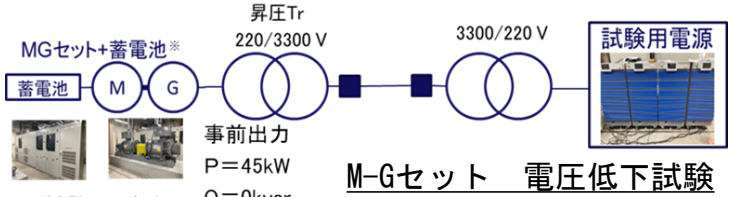




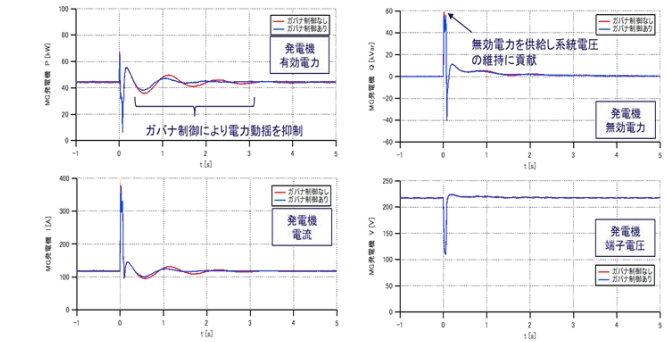
要求仕様書+評価項目を作成(一例)

【各種系統安定化対策の実験的検証】

電力系統シミュレータ設備により、電圧低下試験，周波数低下試験（単体試験）を行い、各機器（M-Gセット、同期調相機、蓄電池）の基本的特性を把握。また、制御系等を含めた動作確認により、M-Gセットの技術的成立性を検証した。



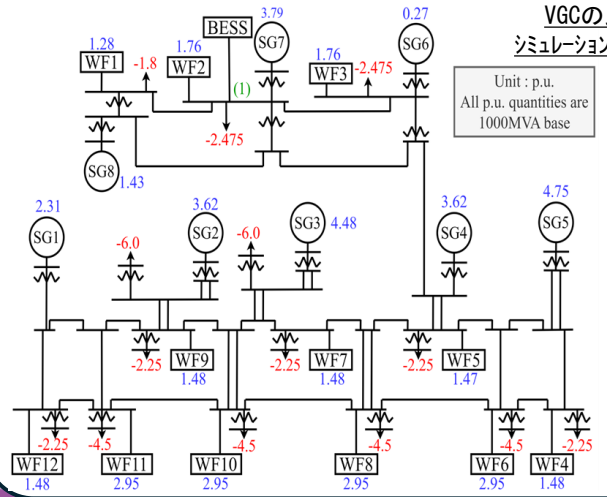
M-Gセット　電圧低下試験



G側発電機の出力波形

【各種系統安定化対策の電力系統への導入に関わる解析的検討】

蓄電設備を持たない再エネ用GFMの制御法の基礎理論を構築し、シミュレーションにより、周波数安定化効果を確認した。

また、S-GFL・既存GFM（Droop制御・仮想同期発電機制御）を適用した蓄電池と比較を行い、再エネ用GFMの得失について明らかにした。

S-GFL･既存GFM(VSG, Droop)とVGCの比較
ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ解析例