

令和7年度 研究室紹介

電気システム工学コース

助教 上原 明恵

連絡先: 工2-319-1 uehara_a@cs.u-ryukyu.ac.jp

当研究室の研究内容

テーマ：離島における電力の安定運用のための諸問題の解決

- ① 再生可能エネルギー発電設備の有効活用
- ② 周波数変動抑制・電圧制御等による電力品質改善
- ③ 発電機の最適運用による経済性の向上
- ④ 既設送変電設備の有効活用
- ⑤ 負荷遮断の合理化による供給支障範囲の縮小
- ⑥ 都市計画および電力データ活用に基づく電力需要想定

※①～③はこれまで取り組んできたテーマ、④～⑥はこれから。

持続可能な解決手段となるような研究を目指します。

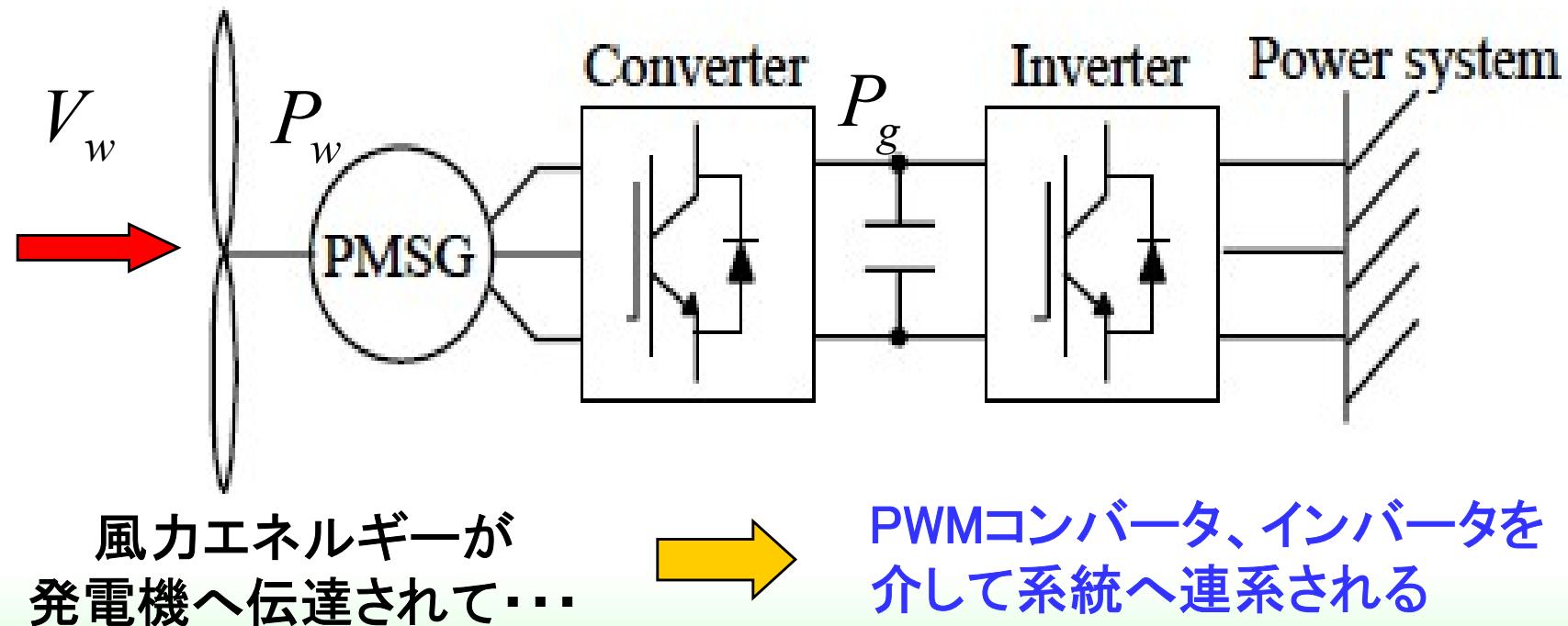
関連キーワード：

電力系統工学、再生可能エネルギー（主に風力発電、太陽光発電）

制御工学、電力工学、最適化工学、人工知能 など

①再生可能エネルギー発電設備の有効活用

PMSG(永久磁石同期発電機)を使った可变速風力発電システム



風力発電設備側で達成したい課題の例

- MPPT制御(最大電力点追従制御)による出力電力の最大化 →AI(強化学習)を適用する
- 風車ブレードのピッチ角制御による出力平滑化 →ロバスト制御を適用する
…様々な制御手法を試してみる

①再生可能エネルギー発電設備の有効活用

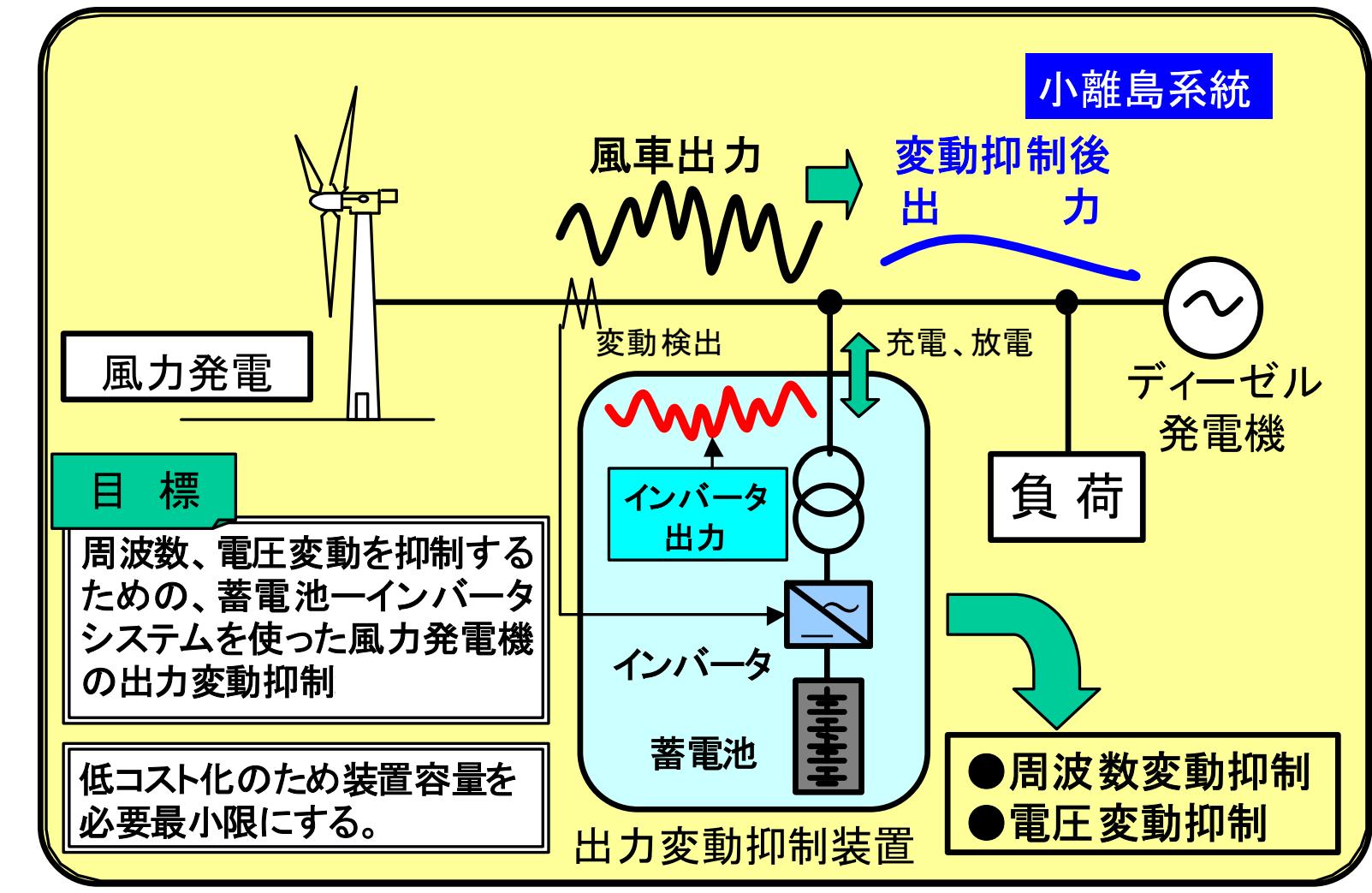
PMSG(永久磁石同期発電機)を使った可变速風力発電システム

研究成果(学術論文誌, 学会発表等)の抜粋

1. Akie Uehara, Alok Pratap, Tomonori Goya, Tomonobu Senju, Atsushi Yona, Naomitsu Urasaki, and Toshihisa Funabashi, “A Coordinated Control Method to Smooth Wind Power Fluctuations of a PMSG-Based WECS,” IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 26, No. 2, pp. 550-558, June 2011.
2. Akie Uehara, Tomonobu Senju, Atsushi Yona, Toshihisa Funabashi, Chul-Hwan Kim, “A Fuzzy-Logic-Based Output Power Smoothing Method of WECS with Permanent Magnet Synchronous Generator using Inertia of Wind Turbine”, Proceedings of 16th International Conference on Electrical Engineering, RE-17, July 2010
3. Akie Uehara, Bungo Asato, Tomonori Goya, Tomonobu Senju, Atsushi Yona, Toshihisa Funabashi, Chul-Hwan Kim, “Output Power Smoothing of PMSG-Based Wind Energy Conversion System”, The 9th International Power and Energy Conference, WeN-5.4, P0349, pp. 128-133, October 2010
4. 上原 明恵, 千住 智信, 與那 篤史, 舟橋 俊久:「PMSG風力発電システムにおける出力電力平滑化手法」, 平成22年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.P24, pp. 47-48, 2010年9月

②周波数変動抑制・電圧制御等による電力品質改善

小規模離島系統における周波数制御・電圧制御



- 沖縄本島周辺の有人離島において、太陽光発電や風力発電、および蓄電池を使った安定運用にかかる実証事業が行われている。
- 今後は再エネ100%導入下での安定運用を実現するための技術が必要。例えば仮想同期発電機能付きPCS(GFMインバータ)など。

②周波数変動抑制・電圧制御等による電力品質改善

小規模離島系統における周波数制御・電圧制御

研究成果(学術論文誌, 学会発表等)の抜粋

1. 溝口 裕之, 上原 明恵, 高橋 弘, 千住 智信:「離島電力系統における過電流抑制を目的としたGFMインバータ制御手法の検討」, 電力技術/電力系統技術/半導体電力変換合同研究会, PE-25-023 PSE-25-055 SPC-25-070, 2025年3月
2. 上原 明恵, 上原 康志, 仲間 博文, 渡久地 政快:「宮古島における太陽光発電大量導入時の蓄電池LFC制御効果の実証研究」, 平成25年電気学会電力・エネルギー部門大会, 102, 2013年8月
3. 上原 明恵, 安里 文吾, 與那 篤史, 浦崎 直光, 千住 智信, 舟橋 俊久:「離島電力系統における負荷電力推定を用いた蓄電池併設型風力発電システムによる周波数制御法」, 電学論B, 130, 12, pp. 1039-1048, 2010-12.
4. Akie Uehara, Tomonobu Senju, Toshiaki Kaneko, Atsushi Yona, Endusa Billy Muhando, Naomitsu Urasaki, and Chul-Hwan Kim, “Output power dispatch control for a wind farm in a small power system,” Wind Energy, Vol. 13, Issue 7, pp. 671-684, October 2010.

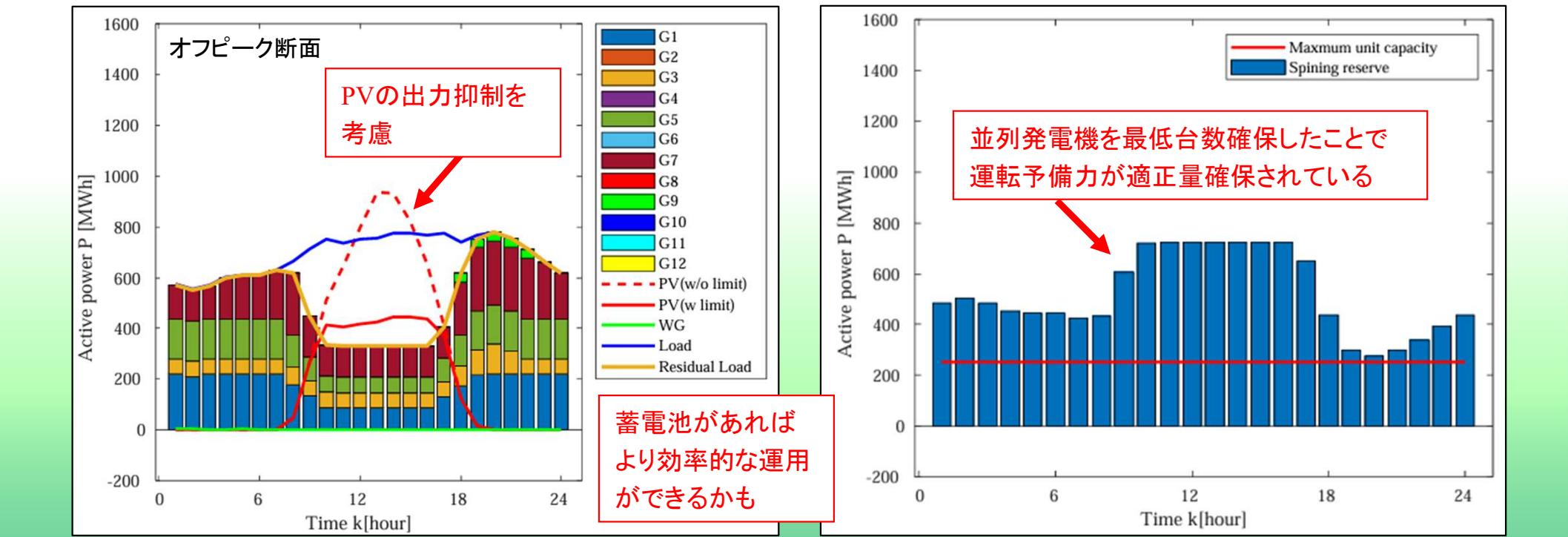
③発電機の最適運用による経済性の向上

再エネ導入を考慮した系統制約付き発電機起動停止計画問題(SCUC)

離島系統特有の制約

- 系統慣性の確保(並列発電機の最低台数の制限)
- 優先給電ルールに基づく再生可能エネルギー出力抑制
- 運転予備力の確保(最大単機容量程度)

} 最適化問題を解く際の制約条件として考慮する



③発電機の最適運用による経済性の向上

再エネ導入を考慮した系統制約付き発電機起動停止計画問題(SCUC)

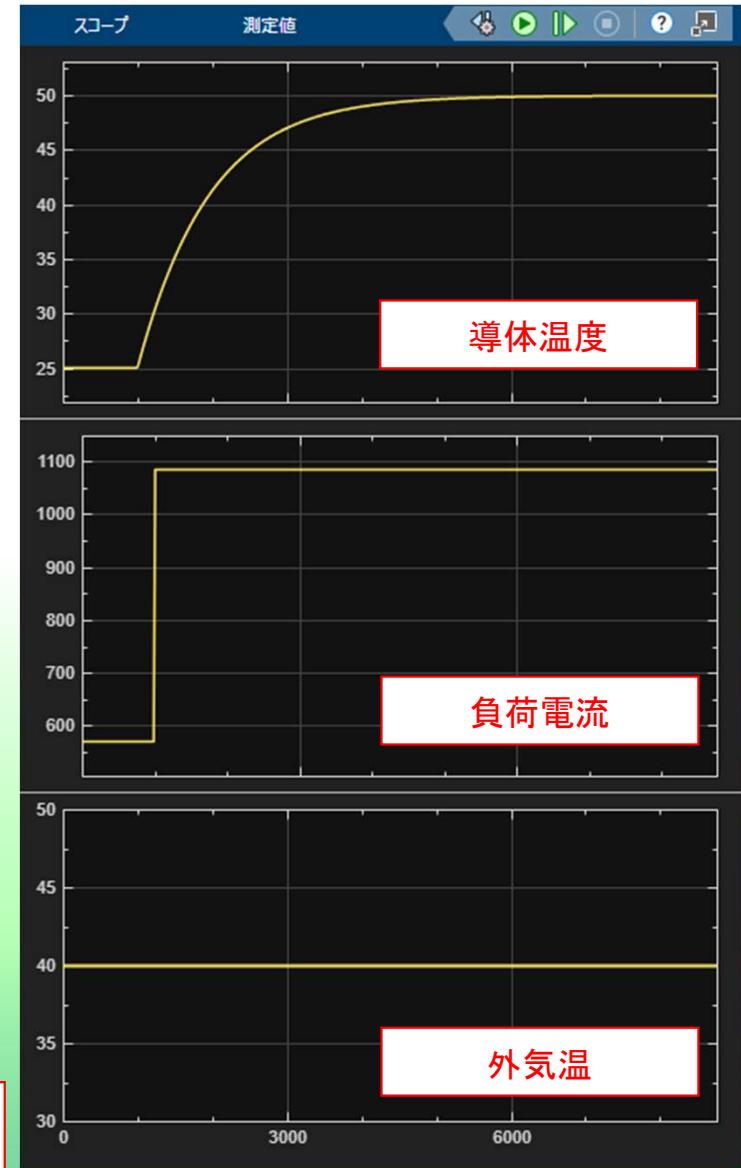
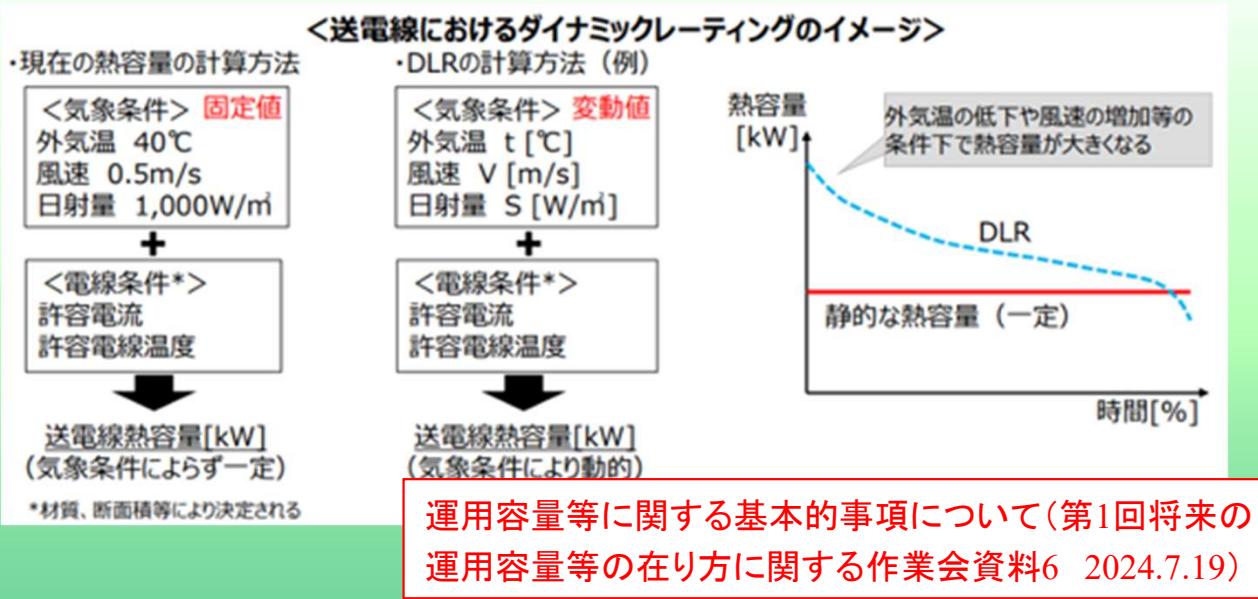
研究成果(学術論文誌, 学会発表等)の抜粋

1. 崎山 遥大, 仲泊 明徒, 古桙 雅裕, 上原 明恵, 高橋 弘, 千住 智信:「再生可能エネルギー大量導入時におけるデマンドレスポンスを考慮した将来の電力系統における最適運用」, 電力技術/電力系統技術/半導体電力変換合同研究会, PE-25-020 PSE-25-052 SPC-25-067, 2025年3月
2. 崎山 遥大, 上原 明恵, 高橋 弘, 千住 智信:「再生可能エネルギー大量導入時の電力系統の最適運用」, 令和6年度電気学会九州支部沖縄支所講演会論文集, OKI-2024-14, pp.60-65, 2024年12月

④既設送変電設備の有効活用

ダイナミックレーティングの適用

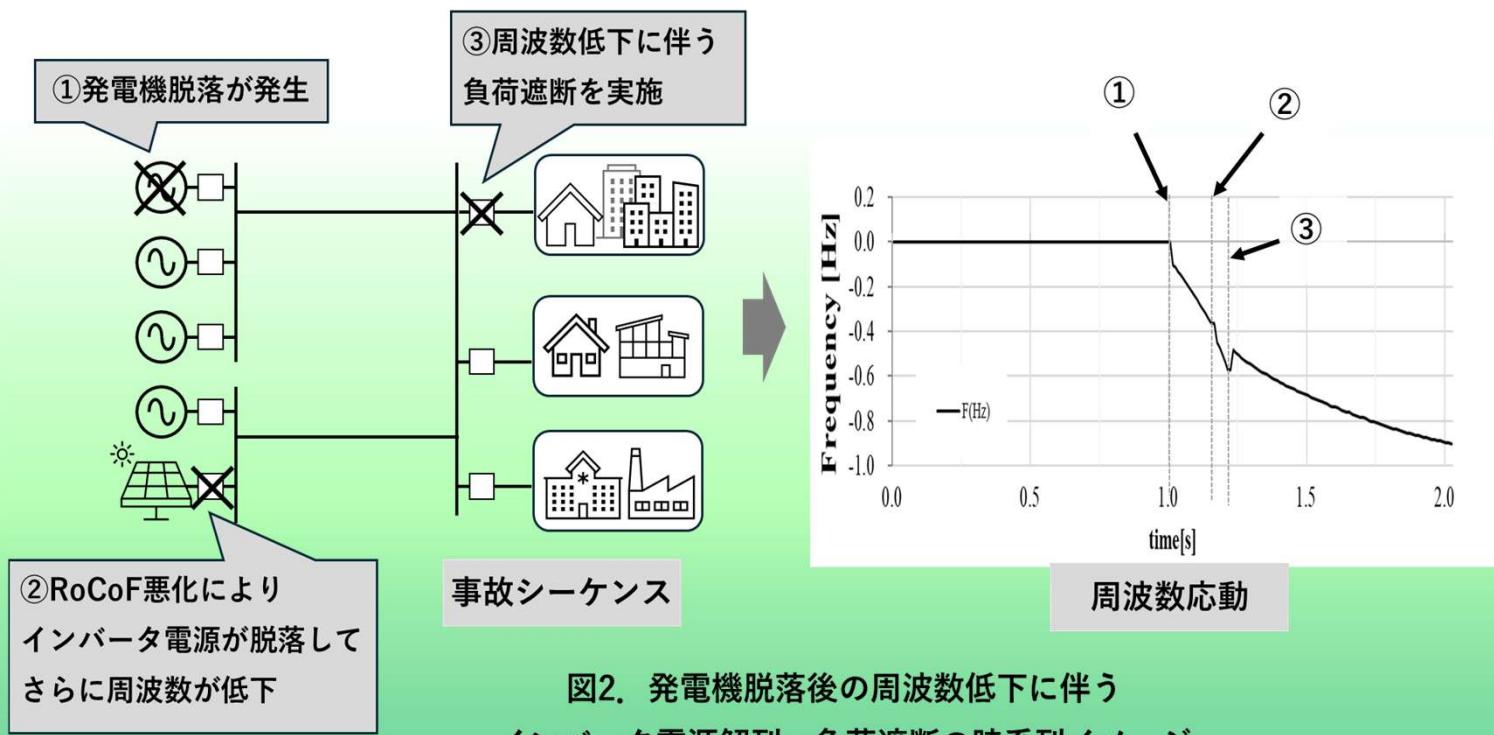
- 送変電設備(架空線路、地中線路、変圧器等)の運用容量は、通常、最過酷条件下における固定値で運用されている。
- 気温や風速等の気象条件の変化に応じて許容電流を算定するダイナミックレーティングを適用することで許容電流が増加し、既設設備の拡充を回避しつつ、再生可能エネルギーの導入拡大を実現することができる。
- 電線の温度変化と経過時間の関係を示す過渡状態モデルを作成してシミュレーションを行っている(右図)。沖縄でダイナミックレーティングを導入した場合の費用対効果を検証する。



⑤負荷遮断の合理化による供給支障範囲の縮小

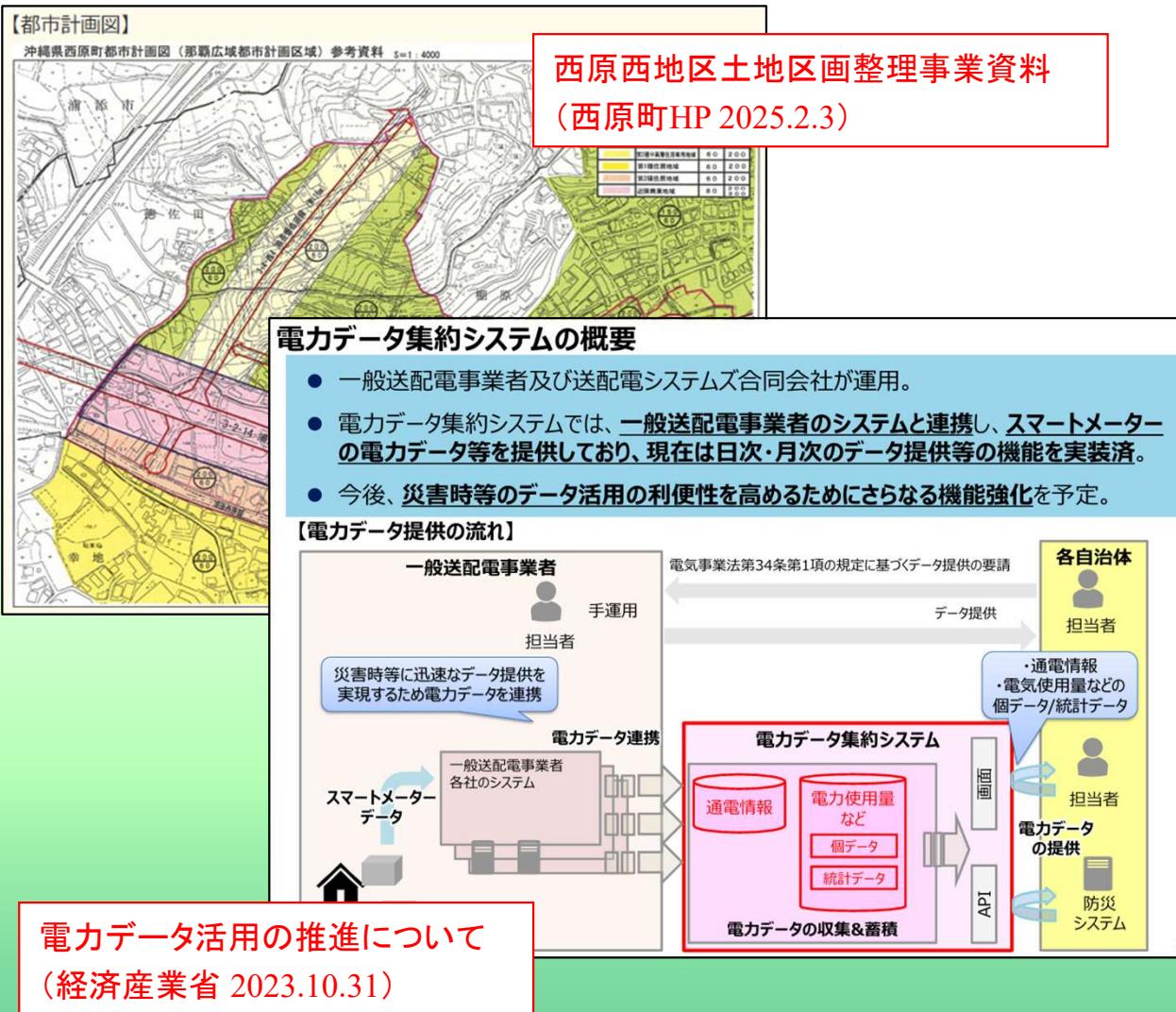
周波数低下リレー(UFR)による負荷遮断

- 系統事故や発電機脱落により、電力系統の周波数がある閾値を下回った場合、需給バランスを保つため、UFRによる負荷遮断が行われる。
- 周波数変化率(RoCoF)は電力系統における地点毎で異なるので、RoCoFが厳しい地点(変電所)で重点的に負荷遮断すれば、負荷遮断総量の低減(つまり停電範囲の縮小)につながり、合理化が図れると考えられる。
- 今後、電気学会標準系統モデル等から各変電所のRoCoFを算定し、総遮断量に応じた最適化計算を行うことで各変電所の負荷遮断量を決定する。



⑥都市計画および電力データ活用に基づく電力需要想定

電力需要の伸びは市街地開発事業と密接に関係する



- 電力需要は人が集まり街が栄えることで伸びる。まちづくりは**都市計画(マスターplan)**に基づき、住宅地、商業地域等、用途地域と開発面積が事業毎に計画されている。
- 用途地域ごとの一般的な建築物や工作物の最大消費電力データ(単位面積あたり)を算出することで、**市街地街地開発事業の開発規模に応じた将来の需要規模が見込める。**
- 最大消費電力データの算定には、各需要家のスマートメーターから集約した**電力データが活用できる**と考えられる。需要規模に合わせた送変電設備を建設できることになり、合理的な設備形成が可能となる。
- 今後、沖縄における市街地開発事業の情報から電力需要の伸びを定量評価してみる。

その他

共同研究・受託研究

1. 共同研究(沖縄電力) : 「2025年度波照間島系統シミュレーション業務委託契約」, 2025年11月1日～2026年2月27日, 研究経費80万円, 研究代表者
2. 受託研究(令和7年度 沖縄イノベーション・エコシステム共同研究推進事業委託業務及び同補助金) : 「離島電力系統における再生可能エネルギー電源主力化に向けた系統運用制約付き発電機起動停止計画手法の検討」, 2025年7月～2026年2月, 研究経費100万円, 研究代表者

学外の社会活動

1. 沖縄県クリーンエネルギー共創会議, 2025年7月～2026年3日, 委員
2. 令和7年度沖縄型クリーンエネルギー導入促進調査事業 第三者検討委員会, 2025年4月～2026年2月, 委員

卒業生の就職先(2025年～)

沖縄県庁, その他

他, 参考URL:

<https://akieuehara.github.io/>

https://kenkyushadb.lab.u-ryukyu.ac.jp/html/100002527_ja.html

学生の皆さんへ

- 当研究室で扱うテーマは電力系統に関するものが主となります。電力・エネルギー分野に興味がある学生に適した研究室です。
- MATLAB/Simulinkの他、CPAT(電力系統統合解析ツール)、XTAP(瞬時値解析プログラム)などのシミュレーションツールを多用します。Excel VBAも活用します。プログラミングの知識があることが望ましいです。
- Linux、Windowsの両方を使います。学位論文の作成はLatexにて。
- 授業で学んだ事だけでなく、法制度・金融等、幅広い分野を自主的に勉強しながら研究を行ってください。