

令和7年度 研究室紹介

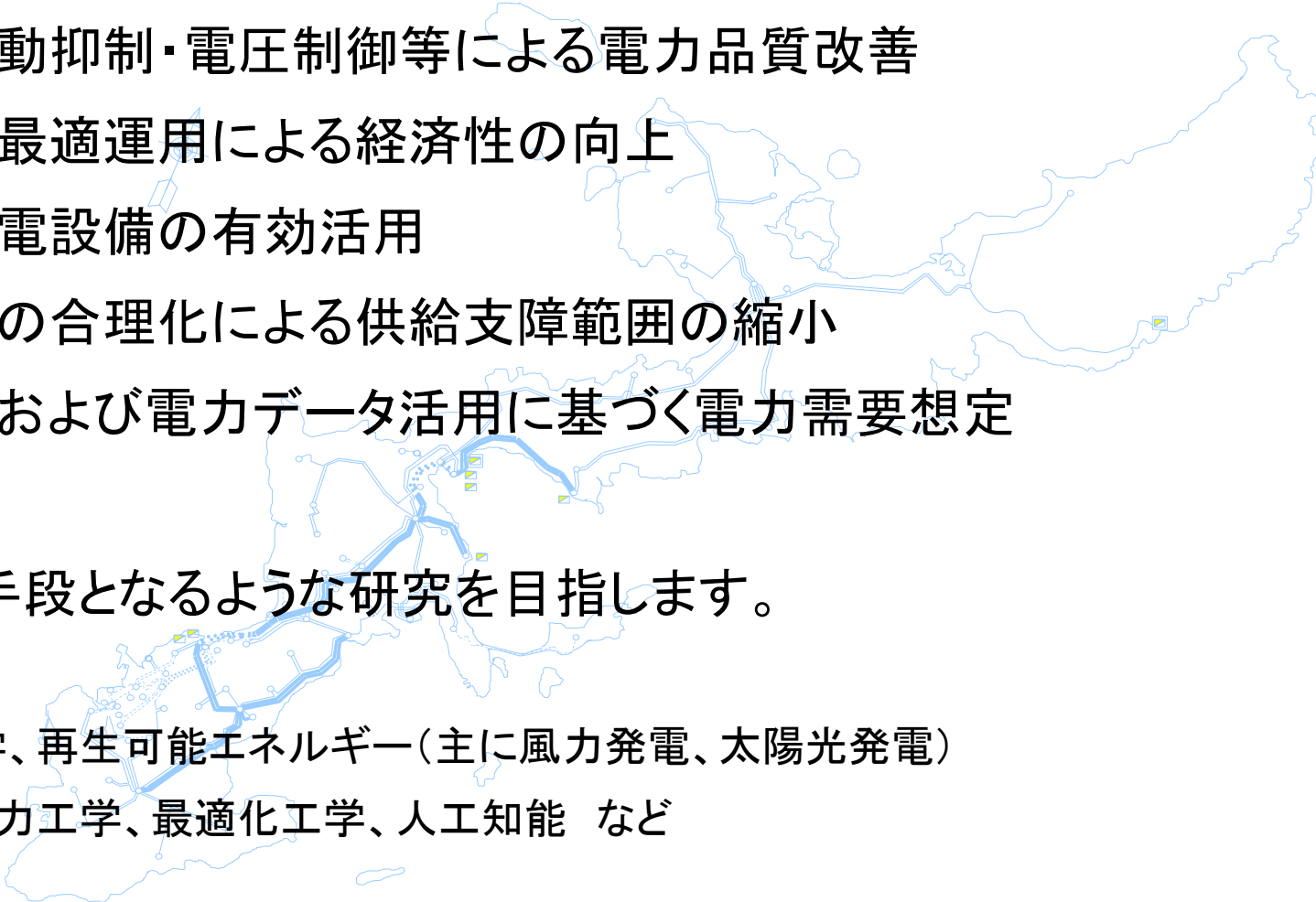
電気システム工学コース

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

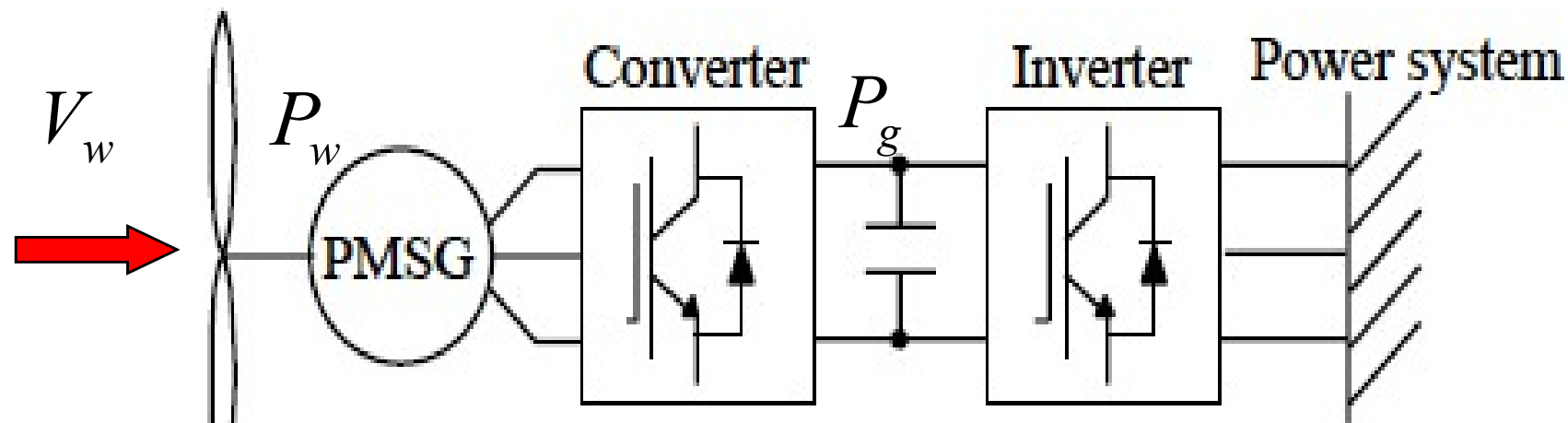
持続可能な解決手段となるような研究を目指します。

関連キーワード:

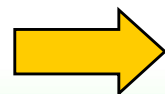
電力系統工学、再生可能エネルギー(主に風力発電、太陽光発電)
制御工学、電力工学、最適化工学、人工知能 など

①再生可能エネルギー発電設備の有効活用

一般的な可変速風力発電システム



風力エネルギーが
発電機へ伝達されて...



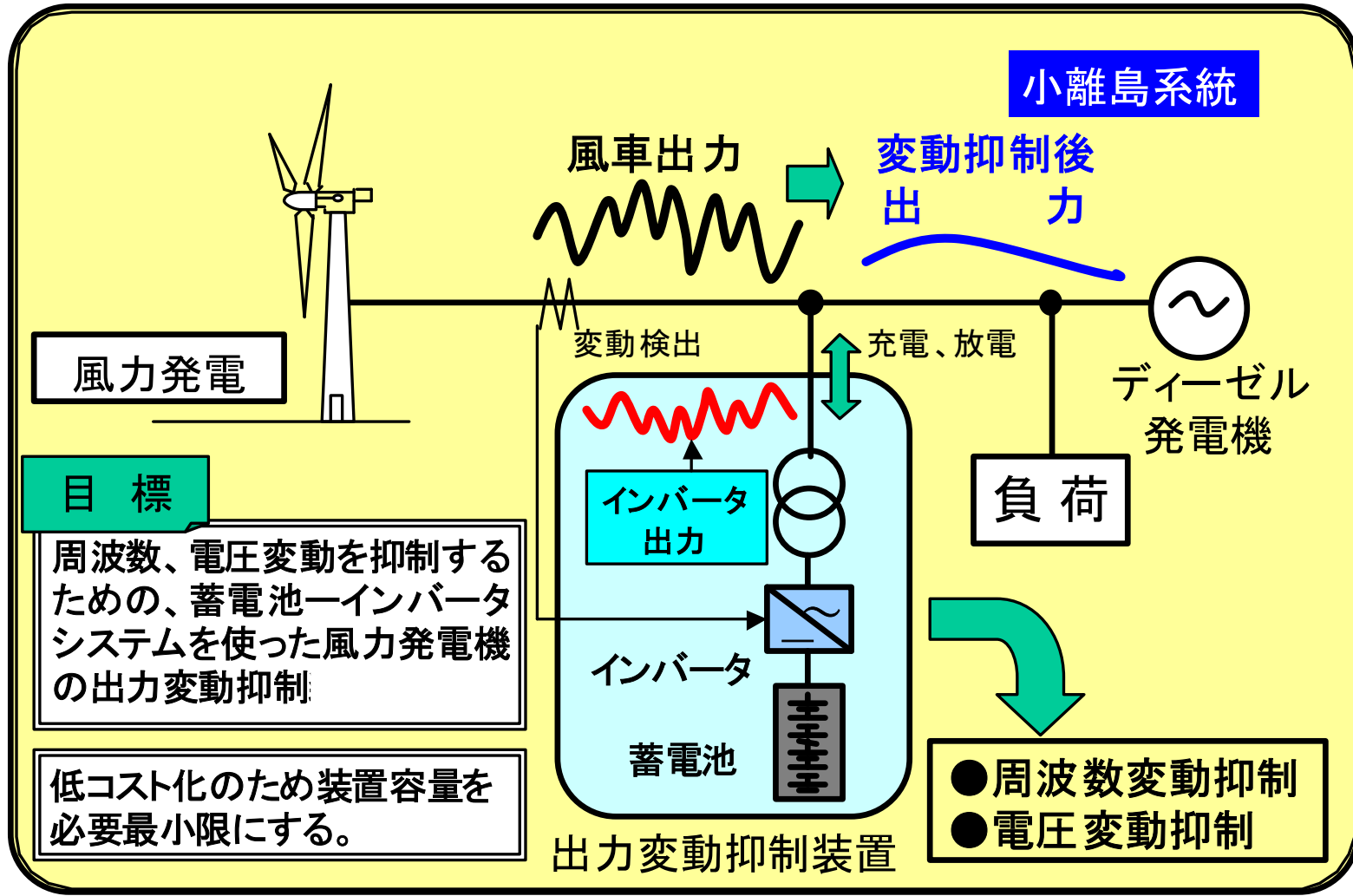
PWMコンバータ、インバータを
介して系統へ連系される

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 → 強化学習の適用
- 風車ブレードのピッチ角制御による出力平滑化 → ロバスト制御の適用
- 系統事故発生時における運転継続(Fault Ride Through) → 系統連系規程を遵守した運用

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蓄電池を用いた周波数制御・電圧制御



- 沖縄本島周辺の人離島において、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付きPCS（GFMインバータ）など。

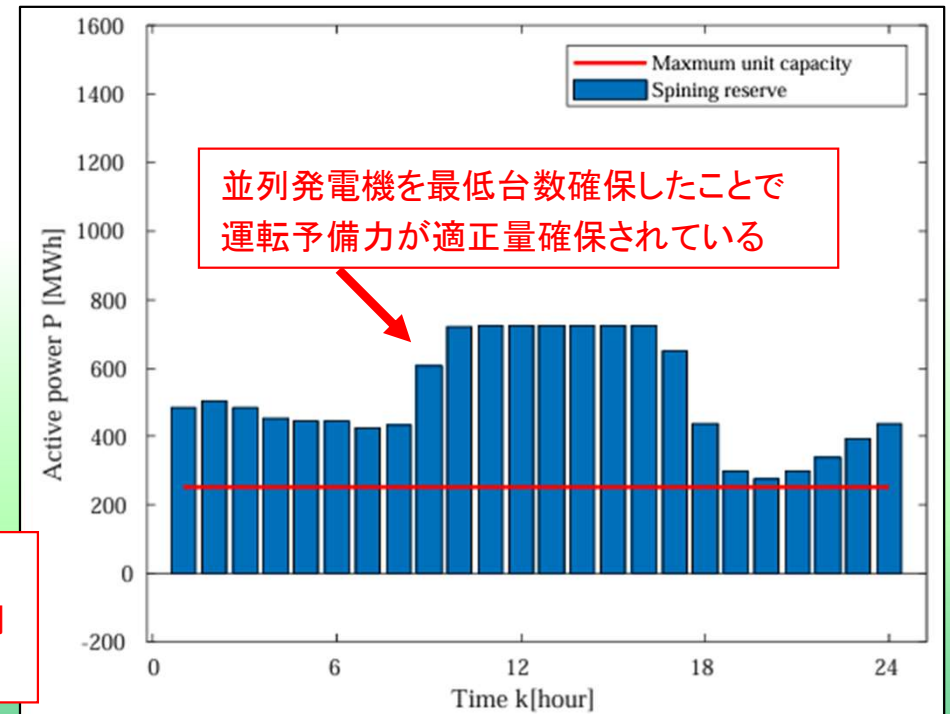
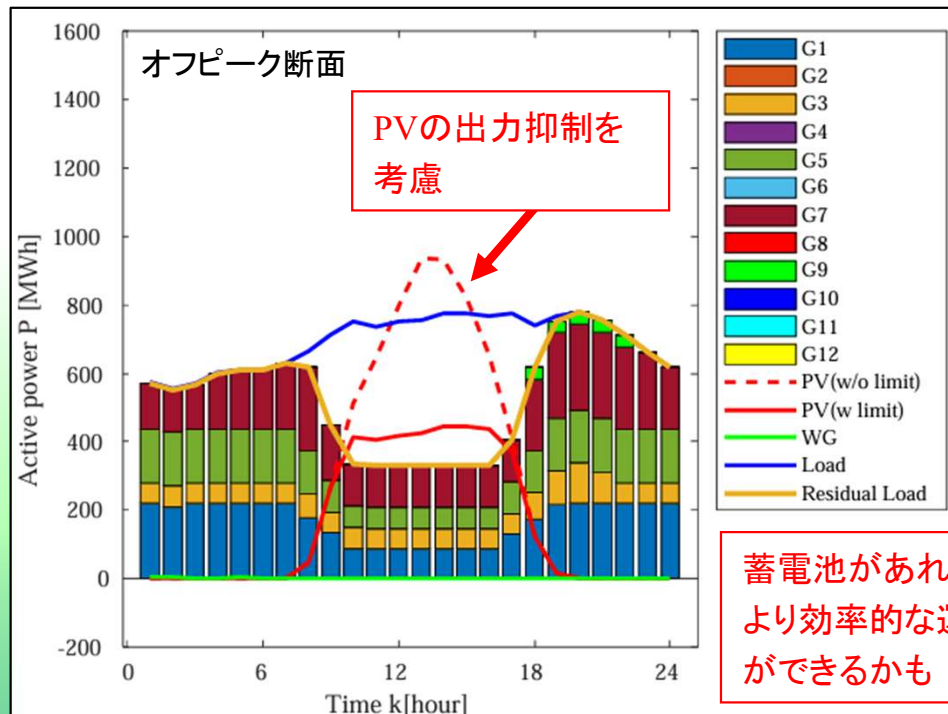
③発電機の最適運用による経済性の向上

再生可能エネルギー導入を考慮した発電機起動停止計画問題(UC)

離島系統特有の需給制約

- 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



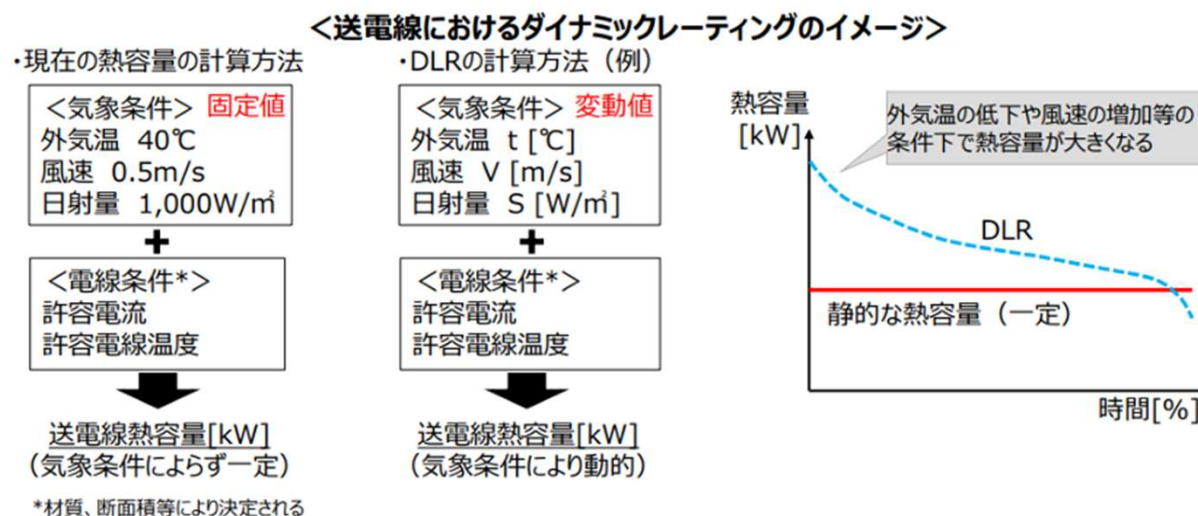
④既設送変電設備の有効活用

ダイナミックレーティングの適用

熱容量制約を拡大するための方策（ダイナミックレーティング）

20

- 熱容量制約によって運用容量が定まる架空送電線では、気温・風速・日射量などの過去実績データを基に最過酷条件にて熱容量が定められることが一般的であり、基本的には気象状況に依らず熱容量は一定となる。
- **ダイナミックレーティング**では、電力設備が設置されている地点の気温・風速、電線温度や弛度をセンサ等で実測し、動的に熱容量制約を解析する技術であり、外気温の低下や風速の増加等の条件下で熱容量が拡大される。
- 国内では、当該技術の導入に向けて、架空送電線（DLR）や変圧器（DTR）の実証試験等がなされている。



運用容量等に関する基本的事項について(第1回将来の運用容量等の在り方に関する作業会資料6 2024.7.19)

エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（2021年3月12日）資料6より抜粋
[filingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/027_06_00.pdf](https://www.enecho.go.jp/filingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/027_06_00.pdf)

- 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。
- ダイナミックレーティングによる許容電流の増加により、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。
- まずは**架空線送電線のダイナミックレーティング(DLR)**の効果がどれだけあるか検討してみる。

⑤負荷遮断の合理化による供給支障範囲の縮小

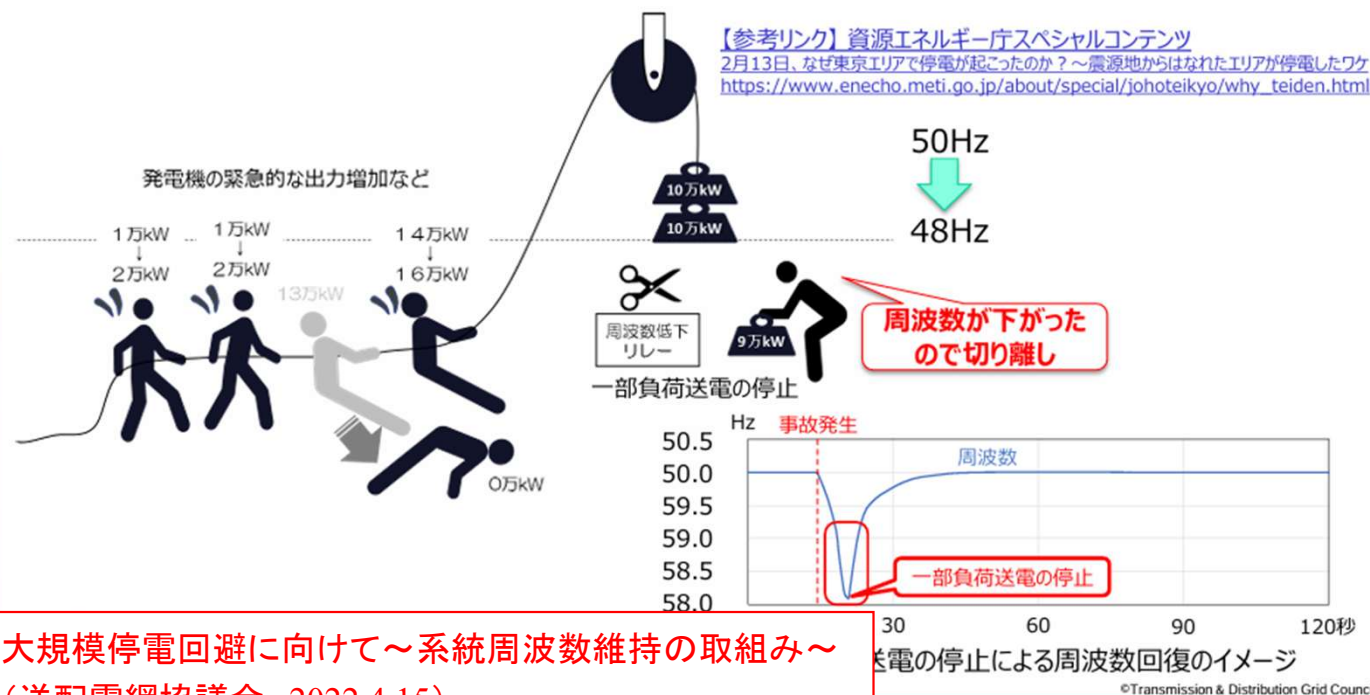
周波数低下リレー(UFR)による負荷遮断

②負荷側UFRによる負荷遮断

8

- 周波数が一定時間、設定値以下となった場合、**周波数低下を検出する装置(UFR)**が動作します。UFR(負荷側)は、予め設定された周波数以下となった場合、**大規模停電を回避するために、一部の需要を切り離して(停電させる)低下した周波数を回復させます。**

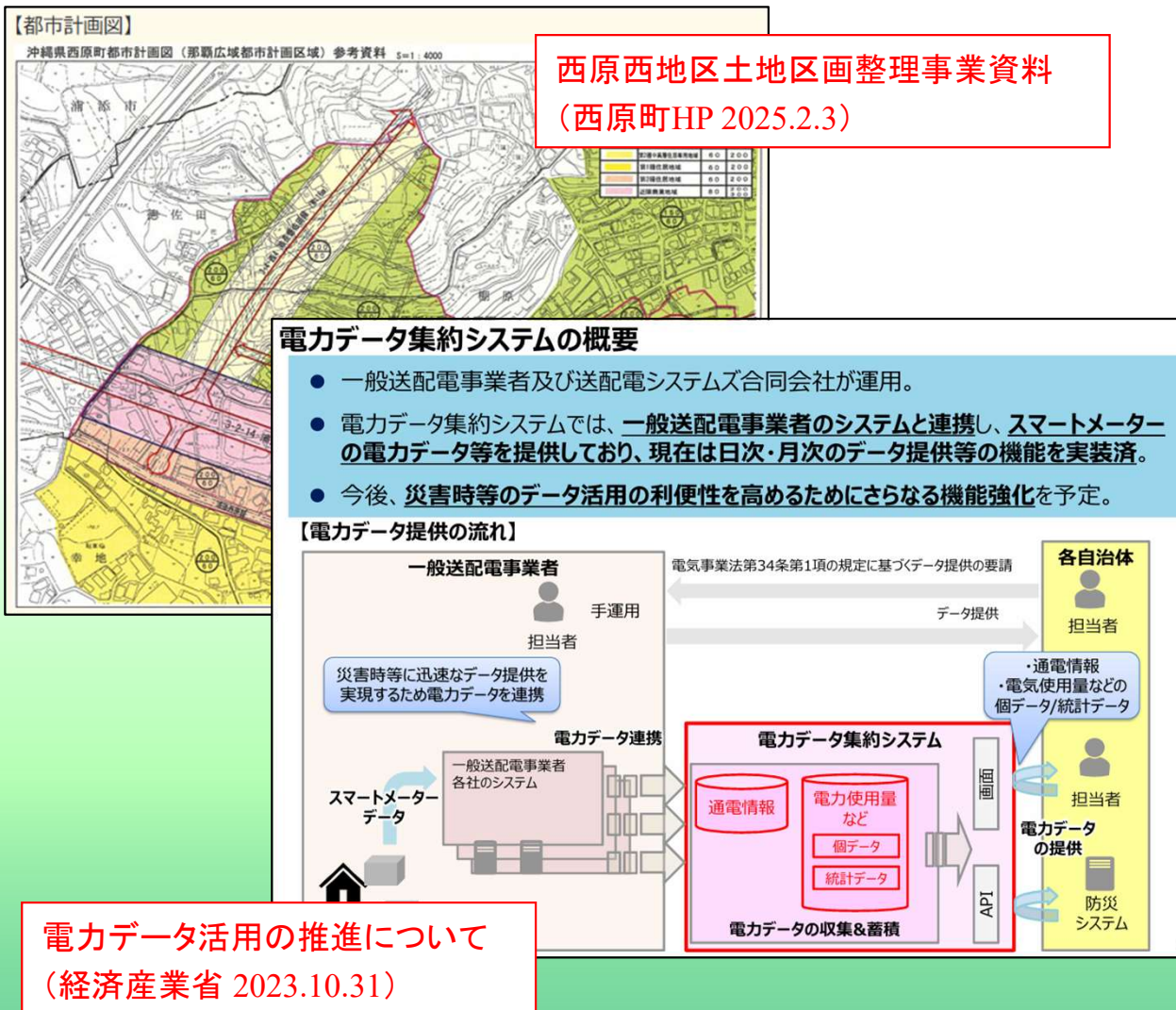
UFR: Under Frequency Relay (周波数低下リレー) 発電機の保護や電力系統の安定化の為に、周波数低下を検出し、自動的に発電設備や一部の需要を電力系統から切り離す装置のこと。



- 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。(最近だと、2024年11月9日に負荷遮断による四国エリアの大規模停電が発生している)
- **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。

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（マスタープラン）**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。

学生の皆さんへ

- 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。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。卒論・修論作成はLatexにて。
- 授業で学んだ専門分野だけでなく、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。
- 当研究室で扱うテーマは離島の電力系統に関するものが主となりますが、教員との議論の上、学生自身で研究テーマを立案してもかまいません。
- 原則、個人研究となります。
- 自身の進路を見据え、毎日有意義な時間を過ごすよう心掛けてください。