

H-UTokyo Lab.

日立東大ラボ産学協創フォーラム

基幹電力システムの中長期的課題への取り組み

2026年1月27日

小宮山 涼一（大学院工学系研究科 レジリエンス工学センター長、教授）

エネルギーミックス

⇒ 調整力確保、既存電源の運用採算性



エネルギーシナリオ、長期戦略

電力需要(TWh)

2020年

火力CCS制限 (45%増)

原子力活用 (32%増)

水素調達 (42%増)

再エネ100% (63%増)

0 50 100 VRE割合(%)

自給率@2050年(%)

再エネ100%

0 50 100

備蓄率 =

[貯蔵可能な燃料による発電量]

[すべての電源の発電量]

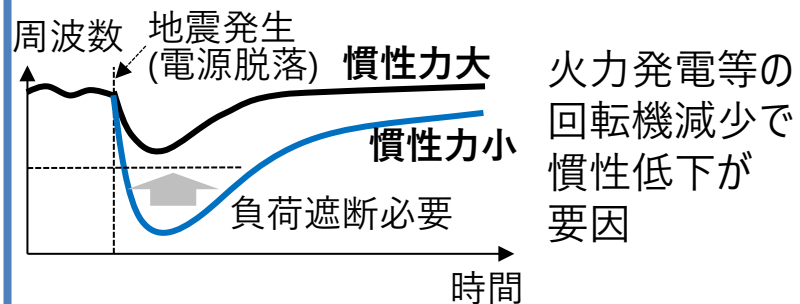
(): 総コスト増加 (対2020年比)

総コスト = 1次エネルギー、エネルギー転換、各部門の設備コストの合計

変動再エネの拡大に伴い、課題が顕在化。基幹システムの対策とともに、センシングによる予見性確保も重要

①周波数低下

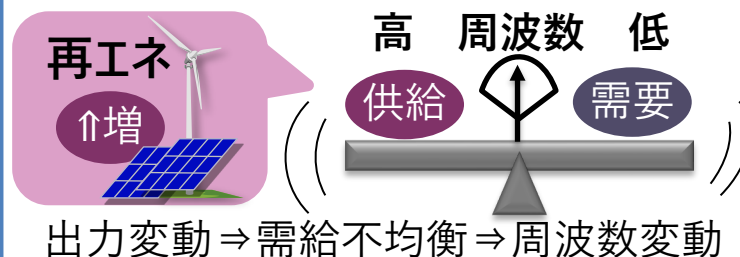
地震時の電源脱落で周波数が急低下
→ 電源脱落や停電範囲拡大が懸念



②周波数変動

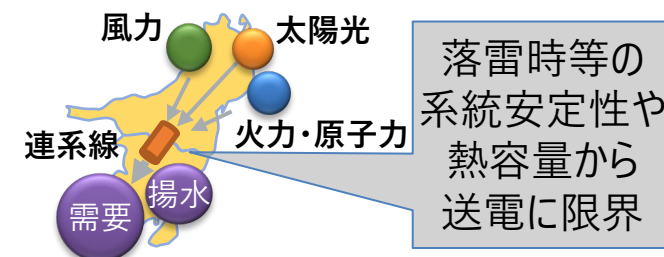
課題

再エネ出力急変により需給不均衡
となり周波数変動発生が懸念



③系統安定性の低下

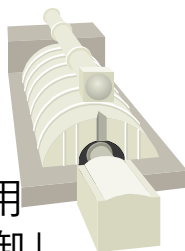
偏在する再エネ電力を需要地へ
送電する能力に限界



解決策（提言）

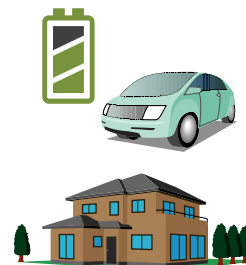
慣性増

- ・火力機「低出力・多数台」運転 (新燃料、CCS), 原子力機活用
- ・再エネインバータの「擬似慣性制御」や「同期調相機」の導入

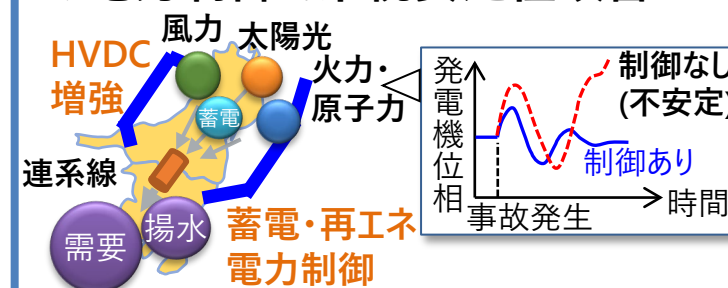


調整力確保

- ・蓄電やEVの充放電
- ・電力消費の制御 (デマンドレスポンス)



HVDC等による増強, 分散リソースの電力制御で系統安定性改善



電力系統混雑シミュレーションを踏まえた電力インフラ整備

将来の再エネ大量導入と系統混雑緩和に向けて、地点別電力限界価格(ノードルプライス)の可視化も有益なオプション

地点別電力限界価格(ノードルプライス[LMP])：米国の主要な電力市場にて導入済み。各地点の需給状況を反映し(高価格地点→電源増強の費用対効果が相対的に高い)、送電線投資検討の重要な指標。

最適化型電力需給モデルによる電力数値シミュレーション(東京大学 藤井・小宮山研究室にて開発)

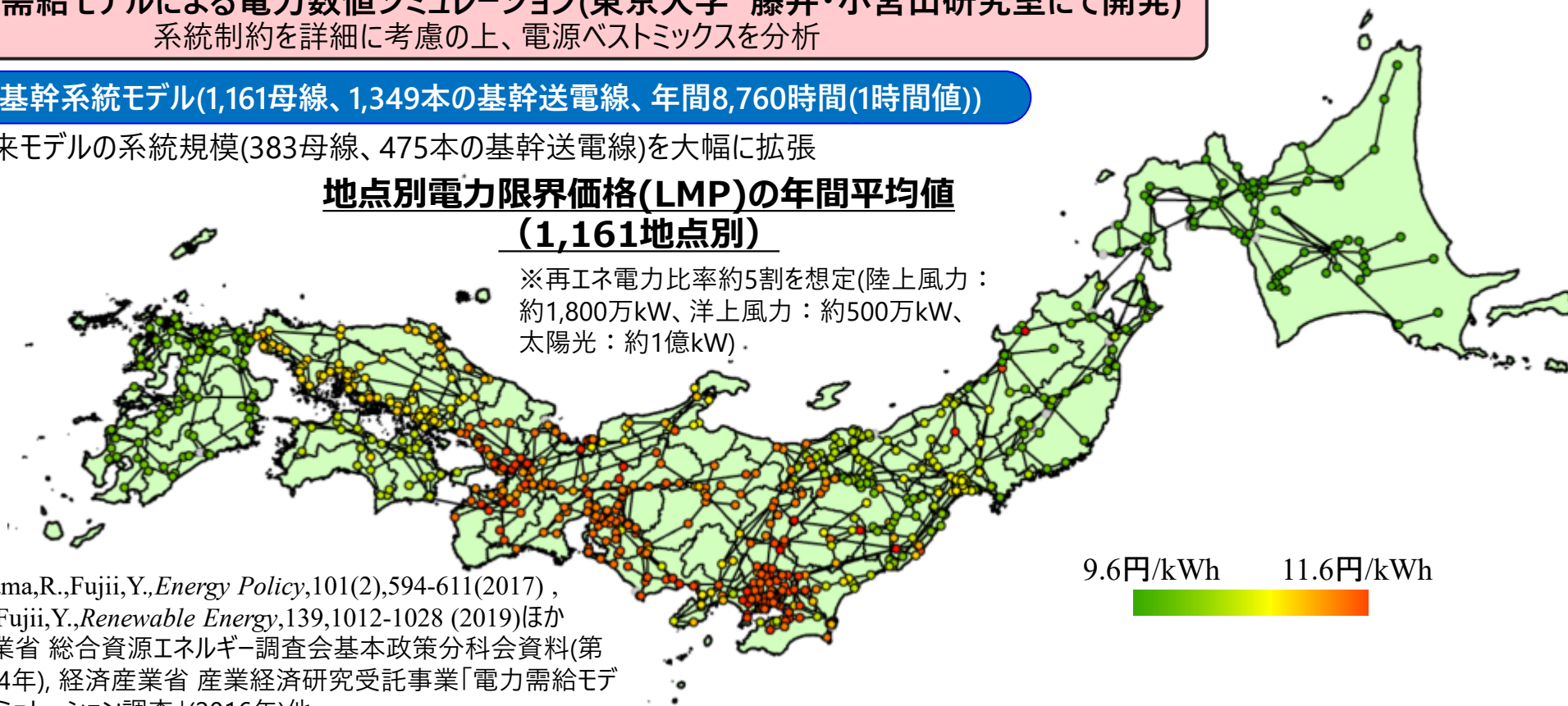
系統制約を詳細に考慮の上、電源ベストミックスを分析

全国の基幹系統モデル(1,161母線、1,349本の基幹送電線、年間8,760時間(1時間値))

※従来モデルの系統規模(383母線、475本の基幹送電線)を大幅に拡張

地点別電力限界価格(LMP)の年間平均値 (1,161地点別)

※再エネ電力比率約5割を想定(陸上風力：
約1,800万kW、洋上風力：約500万kW、
太陽光：約1億kW)



(参考) Komiyama,R.,Fujii,Y.,*Energy Policy*,101(2),594-611(2017) ,
Komiyama,R.,Fujii,Y.,*Renewable Energy*,139,1012-1028 (2019)ほか
(実績)経済産業省 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料(第
66回会合,2024年), 経済産業省 産業経済研究受託事業「電力需給モデル
を活用したシミュレーション調査」(2016年)他

再エネ大量導入に向けた電力システムの柔軟性の確保

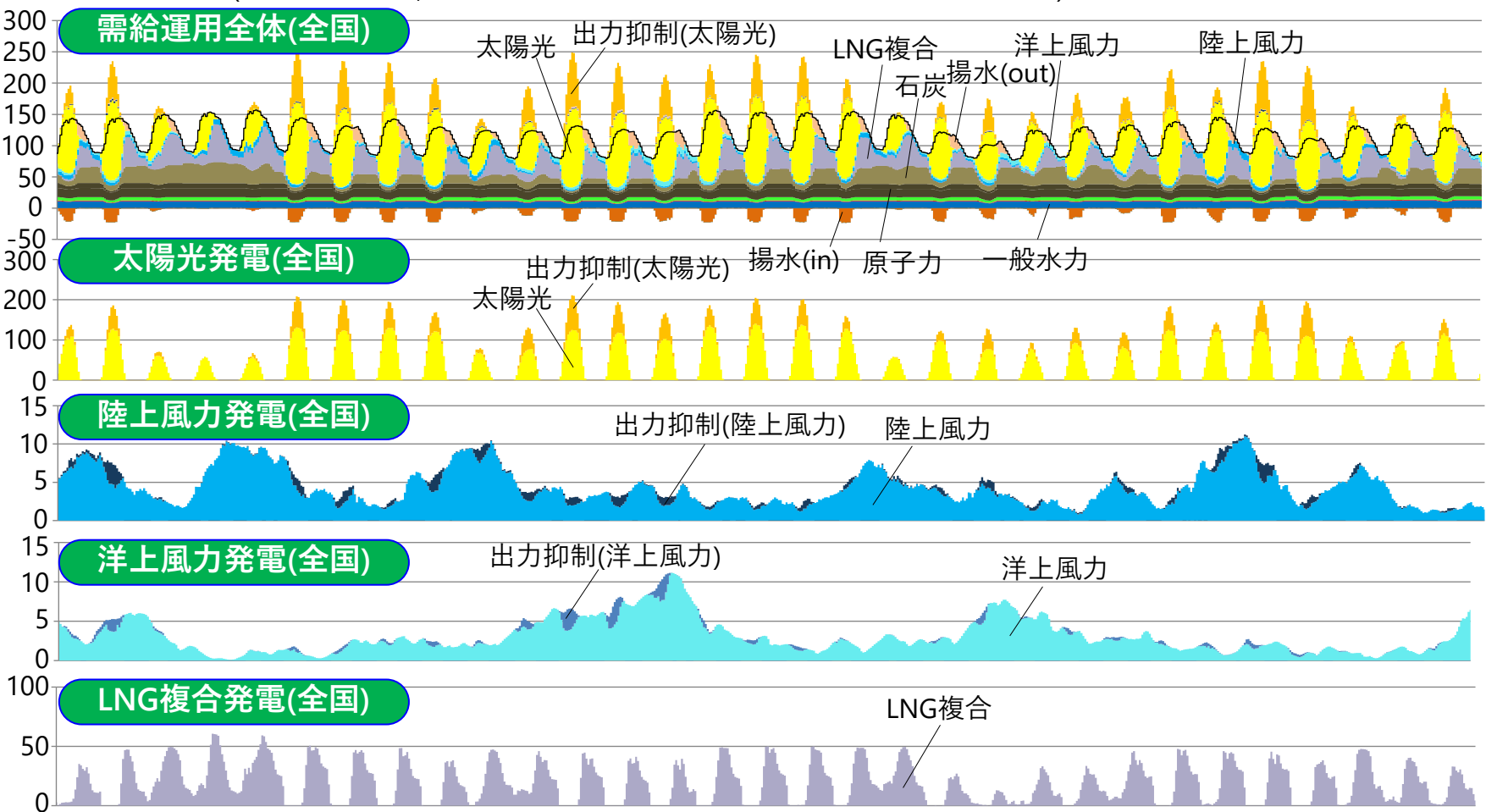
再エネ大量導入に向けて、調整力の確保(火力、電力貯蔵、DR等)による系統柔軟性の向上が不可欠

全国の基幹系統モデル(1,161母線、1,349本の基幹送電線、年間8,760時間(1時間値))

電力需給運用(全国)の数値シミュレーション結果例(2040年5月1日～5月31日)

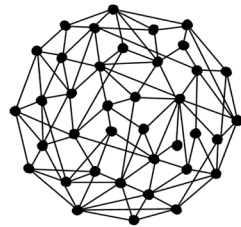
※再エネ電力比率約5割を想定(陸上風力：約1,800万kW、洋上風力：約500万kW、太陽光：約1億kW)

[100万kW]



- 出力抑制(太陽光)
- 出力抑制(風力[洋上])
- 出力抑制(風力[陸上])
- 蓄電池[短周期](out)
- 蓄電池[長周期](out)
- 揚水(out)
- 蓄電池[短周期](in)
- 蓄電池[長周期](in)
- 揚水(in)
- 太陽光
- 風力(洋上)
- 風力(陸上)
- 石油
- LNG複合
- LNG汽力
- 石炭
- 原子力
- バイオマス
- 地熱
- 一般水力
- 電力負荷

(参考) Komiyama,R.,Fujii,Y.,*Energy Policy*,101(2),594-611(2017) , Komiyama,R.,Fujii,Y.,*Renewable Energy*,139,1012-1028 (2019)ほか
(実績)経済産業省 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料(第66回会合,2024年), 経済産業省 産業経済研究受託事業「電力需給モデルを活用したシミュレーション調査」(2016年)他



H-UTokyo Lab.