

# 風力・太陽光発電大量導入による 電力需給バランス、 2030年シナリオ

竹濱朝美 (立命館大学)

歌川学 (産業技術総合研究所)

京都大学 再生可能エネルギー経済学講座 シンポジウム

2020\_12\_15

## ■研究目的

- ・ 変動性電源大量導入による2030年の電力需給の評価
- ・ 西日本エリア，東日本エリアで，2030年に，再エネ電力比率 45% (RE45%) の達成方法を探求
- ・ RE目標達成に有効な政策条件を簡易評価する政策評価モデルを追求

## ■分析方法

- ・ 火力発電機の起動停止-経済運用の 簡易モデルを作成  
(Unit Commitment with Economic Load Dispatching: UC-ELD)
- ・ 風力，太陽光電力を，地域間連系線に，[優先送電] する
- ・ EV（電気自動車）充電、ヒートポンプHPを活用したデマンドレスポンス（DR）

# ■ 火力発電機の起動停止-経済的運用モデル

Unit Commitment- Economic Load Dispatch model

## ● 在来電源 22 種類グループに区分

Coal 1,2,3, Oil 1,2,3, LNG Thermal 1,2,3, Gas-CC 1,2,3,  
卸発電業者 1,2,3, 原発(合算), 揚水(合算), 貯水池, 域外送電

## ● 再エネ電源, 流入水力: 優先給電, 優先送電

## ● 目的関数: 在来発電の1時間ごとの燃料費/変動費を最小化 [JPY/h]

## ● 内生変数: 発電機グループkの1時間ごとの発電電力 [MW]

## ● 試算条件

関西と中部の管区は, 1つの融合管区として試算

最適化計算には, Matlab optimization tool box 線形計画法を使用

有効電力の需給のみ計算. 電気品質(電圧変動, 周波数変動等)は考慮せず.

地内送電線混雑は考慮していない

# ■ Unit Commitmentの制約条件

## ● 発電機の最低出力

Coal : 30% \* 定格出力

LNG thermal, Gas-CC: 20~30% \* 定格出力

## ● 出力上昇／下降速度

石炭火力, LNG thermal : 1%~3%/分

調整力用火力機 : 1分あたり速度を1時間値に換算

## ● PV電力, 風力電力 : 地域連系線に最優先で送電

## ● LFC 調整力 (CR)

調整力 > 3% \* 各時間の需要

## ■ 2030年の再エネの導入目標量

- RE45%目標のため、敢えて、挑戦的な目標

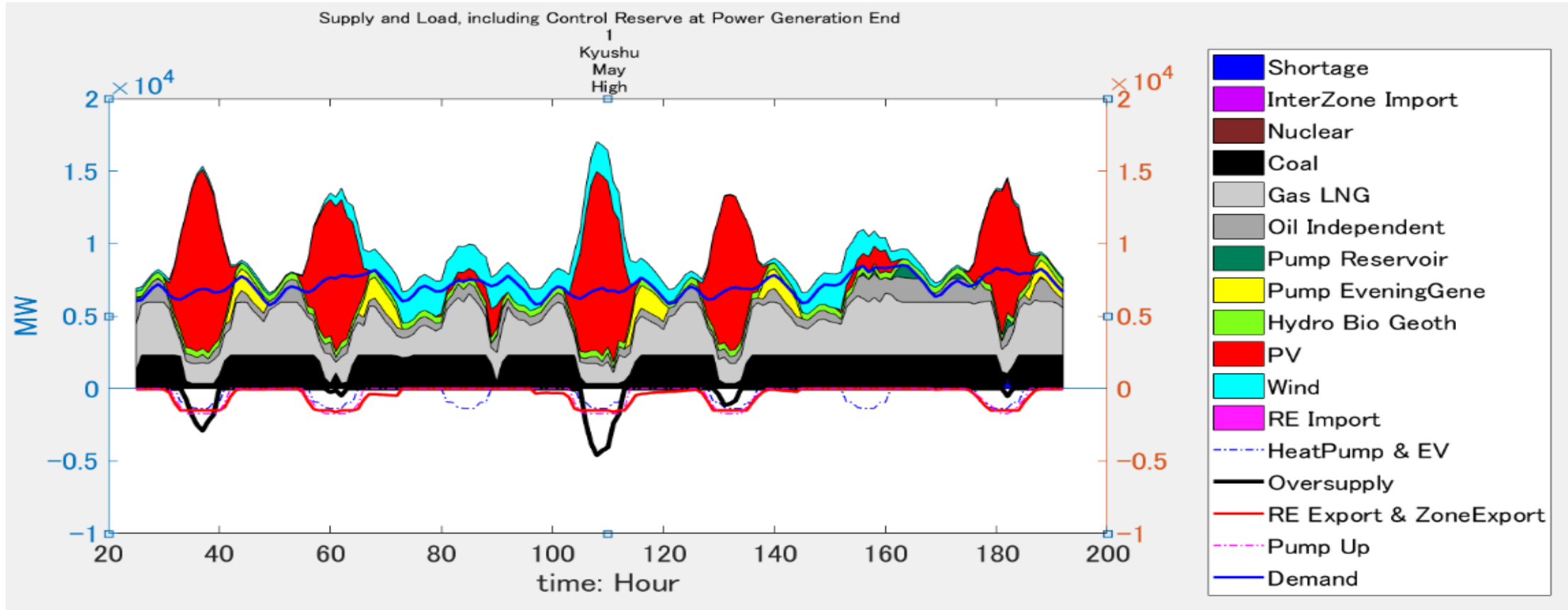
	Demand 2016 [GW]		RE target in 2030 [GW]				
	Max	Min	PV	Wind High	Wind Low	EV	Heat Pump
Hokkaido	5	2	3.4	4.5	2.2	0.3	0.5
Tohoku	14	6	9.7	21.3	5.3	0.7	2.3
Tokyo	53	22	30.0	18.2	7.3	2.0	3.8
Chubu	25	9	17.4	10.4	4.6	1.1	1.4
Kansai	27	10	13.9	3.4	2.6	0.9	1.8
Hokuriku	5	2	1.9	1.2	0.9	0.2	0.4
Chugoku	11	5	8.0	3.2	2.6	0.5	0.8
Shikoku	5	2	5.0	2.6	1.3	0.2	0.6
Kyushu	16	6	18.2	4.7	2.9	0.8	0.8

## ■2030年, High ケースの想定条件

- 石炭火力：稼働容量を極力低減、昼間稼働停止, daily shut-downを含む
- 原子力発電：稼働ゼロ
- 需要：10%～15%減（人口減+省エネ対策）
- **連系線：連系線運用容量の70%～100%を使用。**  
**再エネも地域間優先送電**
- **LFC調整力：**  
PV・風力の予測誤差を補てん。需要誤差はゼロ仮定
- 揚水発電運転：PV/風力出力に応じて, [昼間揚水, 夕方発電]
- EV：乗用車台数\*20%

# ■ 九州管区, 5月の結果 (Wind Highケース)

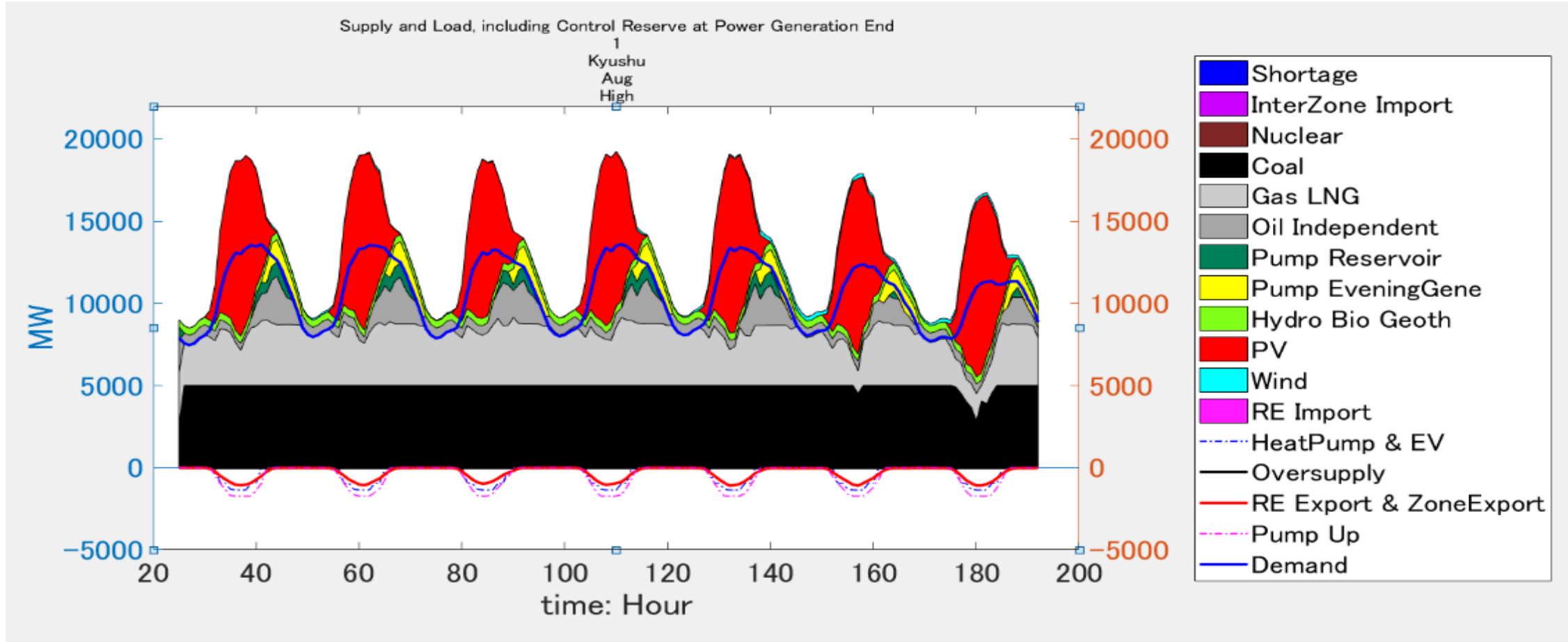
- 大規模な過剰電力=出力抑制が頻発.
- 調整力不足. 調整力準備量を拡大させると, 調整力発電機ベース出力が増加, 需給バランス困難
- 夕方の残余需要の急上昇に対して, 昼間のEV充電, 揚水の夕夜発電のタイミング調整が難しい.



九州管区の需給、5月1-7日 (Highケース) Kyushu Zone, 1st-7th May, High Case

# ■ 九州管区, 8月の結果(Wind Highケース)

- 夏期, PV中心の出力のため, 供給力はギリギリ.
- 夕方の方の残余需要の急増時, 供給力のramp追従能力がギリギリ



九州管区の需給、8月1-7日 (Highケース) Kyushu zone, 1st-7th Aug, High Case



## 九州管区の5月

<b>Kyushu Zone (May)</b>	<b>Base</b>	<b>High</b>
Renewable share in generation [% of MWh]	<b>14.2%</b>	<b>36.8%</b>
Coal share in generation [% of MWh]	<b>34.9%</b>	<b>21.3%</b>
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	<b>0.452</b>	<b>0.369</b>
Fuel cost [JPY/kWh]	<b>7.23</b>	<b>7.67</b>

## 九州管区の8月

<b>Kyushu Zone (Aug)</b>	<b>Base</b>	<b>High</b>
Renewable share in generation [% of MWh]	<b>12.6%</b>	<b>31.3%</b>
Coal share in generation [% of MWh]	<b>49.0%</b>	<b>38.3%</b>
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	<b>0.531</b>	<b>0.455</b>
Fuel cost [JPY/kWh]	<b>6.96</b>	<b>6.70</b>

## 中国管区の5月

<b>Chugoku Zone (May)</b>	<b>Base</b>	<b>High</b>
Renewable share in generation [% of MWh]	<b>12.1%</b>	<b>46.2%</b>
Coal share in generation [% of MWh]	<b>37.9%</b>	<b>19.4%</b>
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	<b>0.490</b>	<b>0.328</b>
Fuel cost [JPY/kWh]	<b>8.13</b>	<b>7.08</b>

## 中国管区の8月

<b>Chugoku Zone (Aug)</b>	<b>Base</b>	<b>High</b>
Renewable share in generation [% of MWh]	<b>9.7%</b>	<b>36.5%</b>
Coal share in generation [% of MWh]	<b>42.8%</b>	<b>27.3%</b>
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	<b>0.553</b>	<b>0.406</b>
Fuel cost [JPY/kWh]	<b>8.78</b>	<b>7.51</b>

8月には、再エネ比率が目標に達しない

# ■西日本のまとめ 1

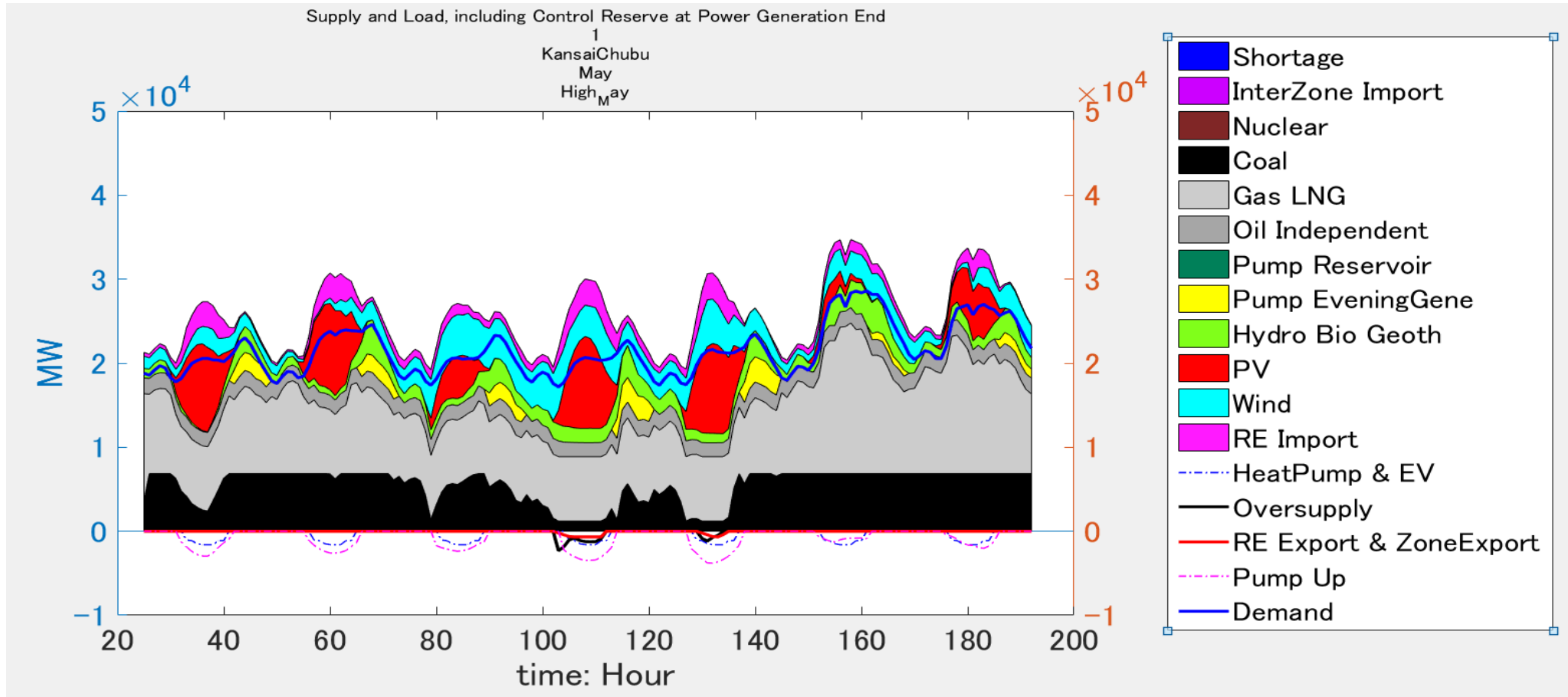
## ■九州、中国、四国管区:

- 5月(軽負荷期)には, 45%目標に達するが,
- 8月(重負荷期)には, RE比率45%の達成は困難.
- RE比率は, 九州(31%~36%)、中国(36~46%)
- PV中心の再エネ電源ため、夏期の夕方/夜の再エネ出力が不足する.
- →多様な再エネ電源必要.
- 夕方の残余需要急増時の供給力を確実にするため, 蓄電ストレージが必要
- 電力過剰対策として, 九州→中国の連系線容量の拡大が必要(OCCTO,2028年計画値2780MWから, 拡張する必要)

■Highケースでは, 調整力が不足する. 調整力の地域間融通が必要

## ■ 関西－中部力管区の5月(Wind High case)

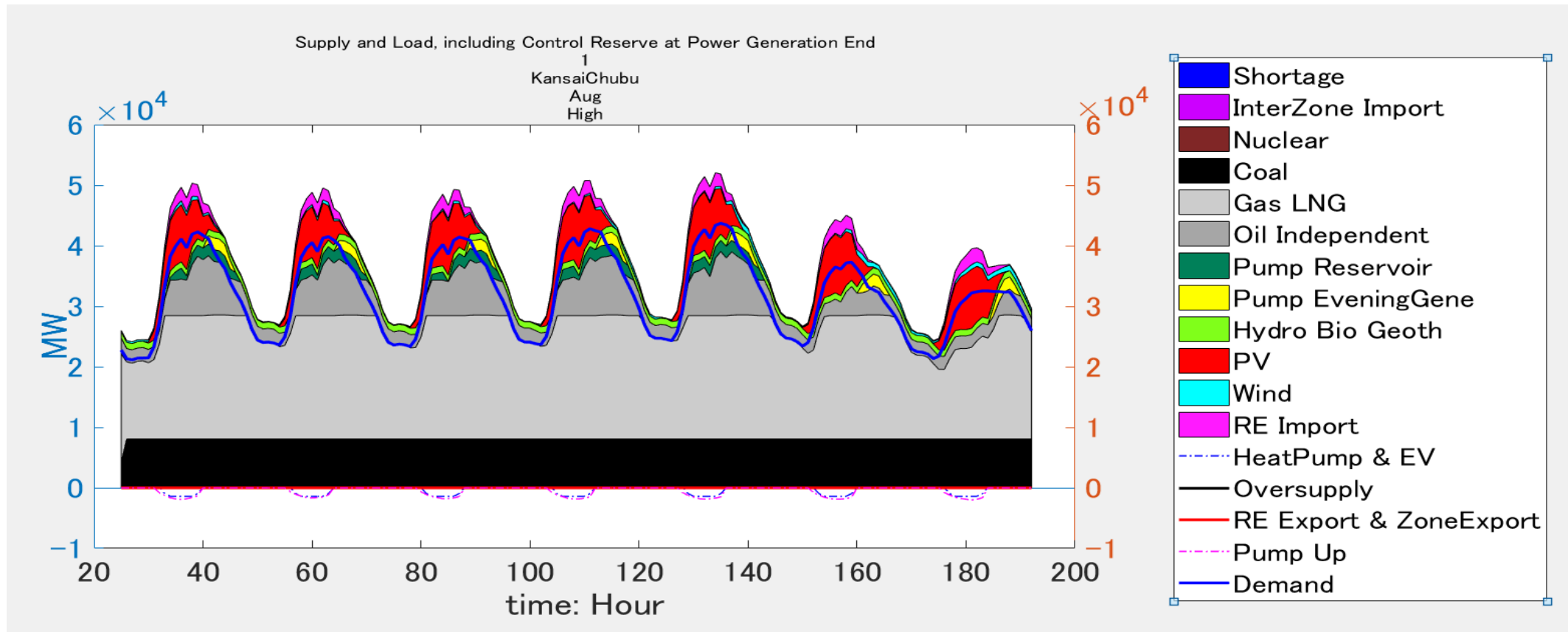
- 関西・中部を 1つの融合管区 として推計
- 中国, 四国からの再エネ送電により, 関西・中部でも, 電力過剰が発生するようになる



関西-中部管区(合算)需給、5月1-7日(Highケース) Grid balance in Kansai-Chubu zone, May 1-7. Wind High case

## ■関西-中部管区の8月1週。 需要13%削減した場合

- 需要13%減でも、供給力ひっ迫する。夕方の残余需要急増時、電力不足のリスク
- 夕方～夜の時間の残余需要の急増時、夕方の揚水発電のタイミング、昼間EV充電から夜の充電抑制への切り替えタイミングの整合性



関西-中部管区(合算)の需給, 8月1-7日, Highケース、2016の需要水準から13%需要削減の場合

Grid balance in Kansai-Chubu zone, Aug. 1-7, Wind High case with demand decrease by 13% from 2016 level.

## ■ 関西-中部管区の再エネ電力比率(需要13%削減の場合)

<b>Kansai-Chubu Zone (May)</b>	<b>Base</b>	<b>High</b>
Renewable share in generation [% of MWh]	<b>10.8%</b>	<b>22.8%</b>
Coal share in generation [% of MWh]	<b>24.1%</b>	<b>23.2%</b>
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	<b>0.389</b>	<b>0.416</b>
Fuel cost [JPY/kWh]	<b>7.78</b>	<b>8.53</b>

<b>Kansai_Chubu Zone (Aug)</b>	<b>Base</b>	<b>High</b>
Renewable share in generation [% of MWh]	<b>8.30%</b>	<b>15.4%</b>
Coal share in generation [% of MWh]	<b>20.5%</b>	<b>23.7%</b>
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	<b>0.423</b>	<b>0.467</b>
Fuel cost [JPY/kWh]	<b>9.62</b>	<b>9.88</b>

## ■西日本のまとめ 2

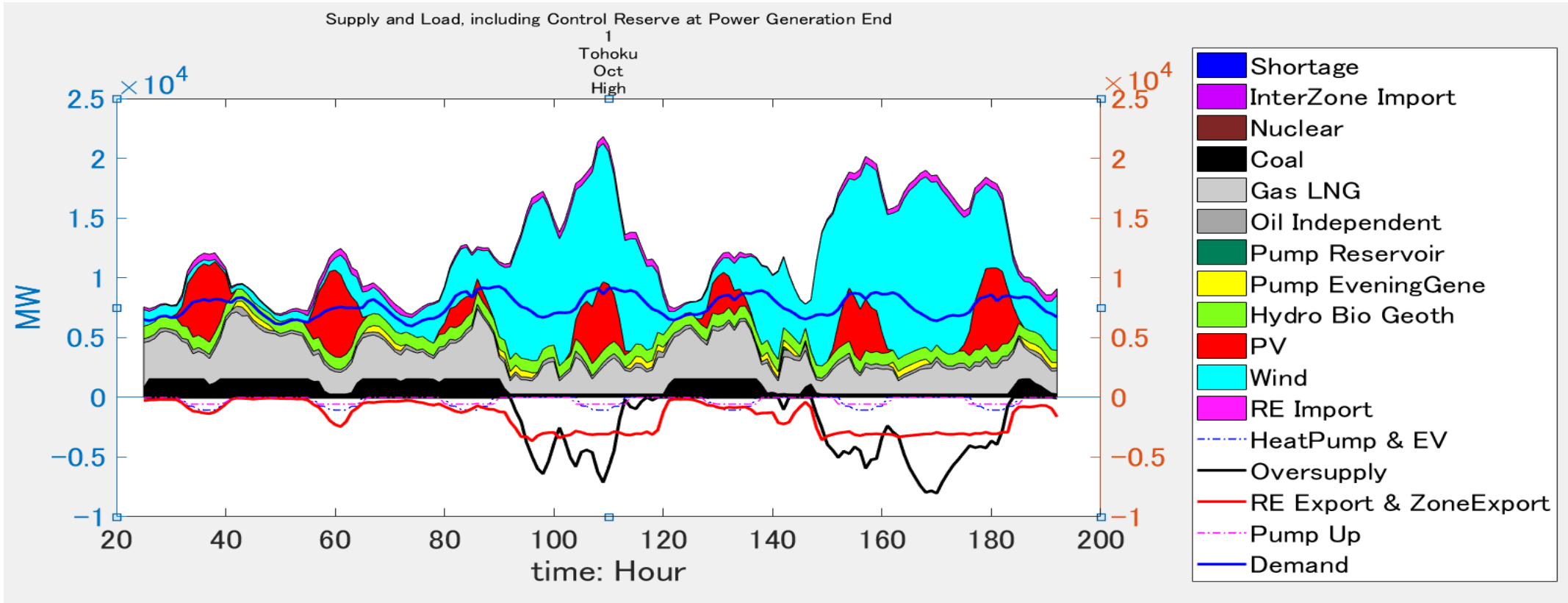
### ■関西-中部の管区

- 再エネ電力比率: 15%(8月)、22%(5月).
- 8月: 需要13%削減でも、夕方、残余需要急増時、供給不足リスク残る
- 夕刻のPV出力低下, 揚水発電のタイミング, EV充電をやめるタイミングの整合
- タイミング乖離を補う蓄電ストレージの必要
- Highケース: 調整力が不足する. 調整力の地域間融通が必要
- 1年間を分析する必要

# ■ 東北管区, 10月, Wind High ケース

- 東北→東京, 連系線: 5500MWの場合
- 連系線の増強必要

Tohoku Zone (Oct)	High
Renewable share in generation [% of MWh]	61.5%
Coal share in generation [% of MWh]	8.6%
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	0.193
Fuel cost [JPY/kWh]	9.34

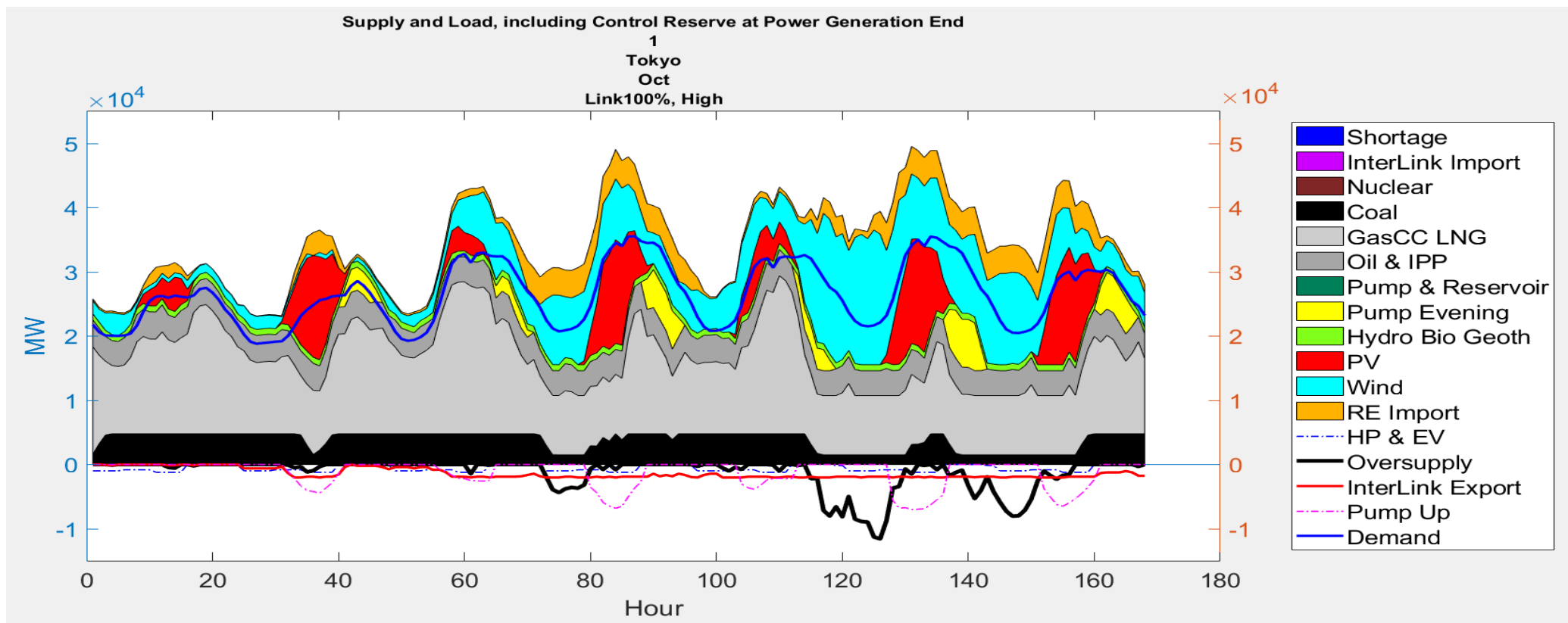


東北管区, 10月1週, High ケース. Tohoku zone, Oct. 1-7, High case

## ■ 東京管区, 10月, Wind High ケース

- 再エネ比率 40%
- 東京でも電力過剰が発生
- 過剰電力を中部に送電も可能

Tokyo Zone (Oct)_Wind 18.2GW	High
Renewable share in generation [% of MWh]	39.7%
Coal share in generation [% of MWh]	18.1%
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	0.327
Fuel cost [JPY/kWh]	7.84



東京管区, 10月1週, High ケース. Grid balance in Tokyo zone, Oct 1-7. High case



Tohoku Zone (Oct)	High
Renewable share in generation [% of MWh]	61.5%
Coal share in generation [% of MWh]	8.6%
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	0.193
Fuel cost [JPY/kWh]	9.34

Tokyo Zone (Oct)_Wind 18.2GW	High
Renewable share in generation [% of MWh]	39.7%
Coal share in generation [% of MWh]	18.1%
CO <sub>2</sub> emission [CO <sub>2</sub> _kg/kWh]	0.327
Fuel cost [JPY/kWh]	7.84

## ■ 東日本のまとめ

### ■ Wind High ケース, 10月 (軽負荷期)

- 再エネ電力比率:
- 北海 56%, 東北 61%, 東京40%
- 東北で, 大規模な過剰.
- 東北→東京の連系線5.5GWの場合, 送電容量上限到達が頻発.
- OCCTO, 2028年計画値, 10GW に, 拡張すること重要.
- 東京の電力過剰, 西日本に送電可能になる.

**ご清聴ありがとうございました**