



公益事業学会  
政策研究会(電力)  
ワークショップ

(3)フレキシビリティ活用

2021年9月27日

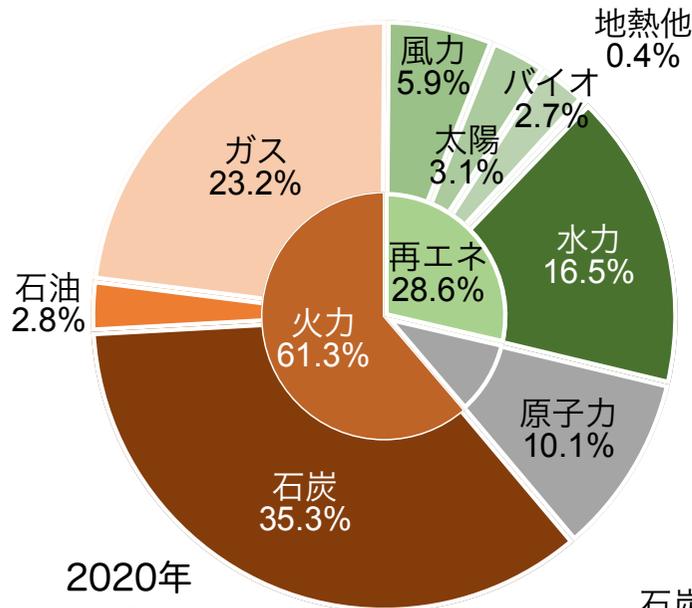
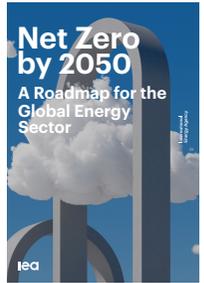
# 再エネ超大量導入時代の系統柔軟性



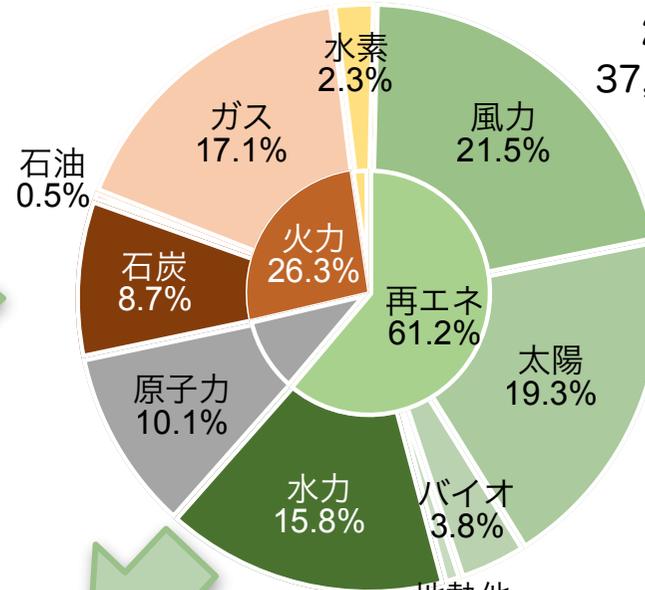
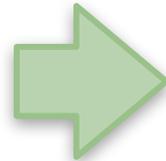
京都大学大学院 経済学研究科  
再生可能エネルギー経済学講座  
特任教授

安田 陽

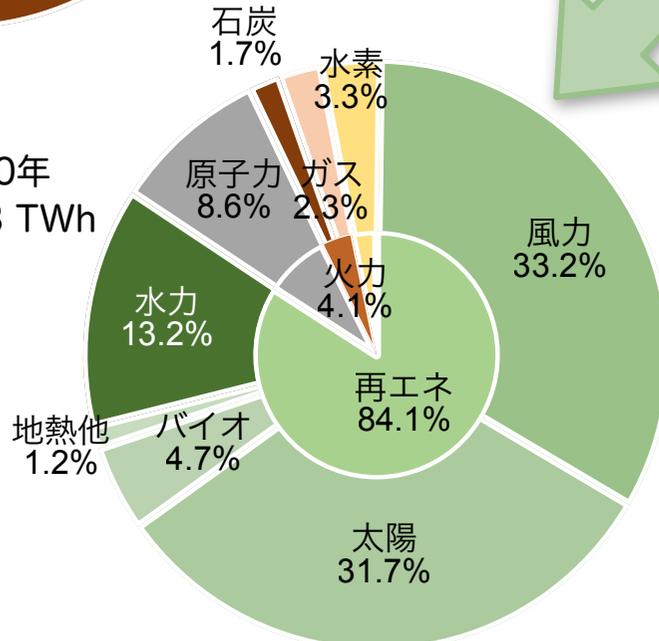
# + IEA報告書 “Net Zero by 2050” による電源構成の推移見通し



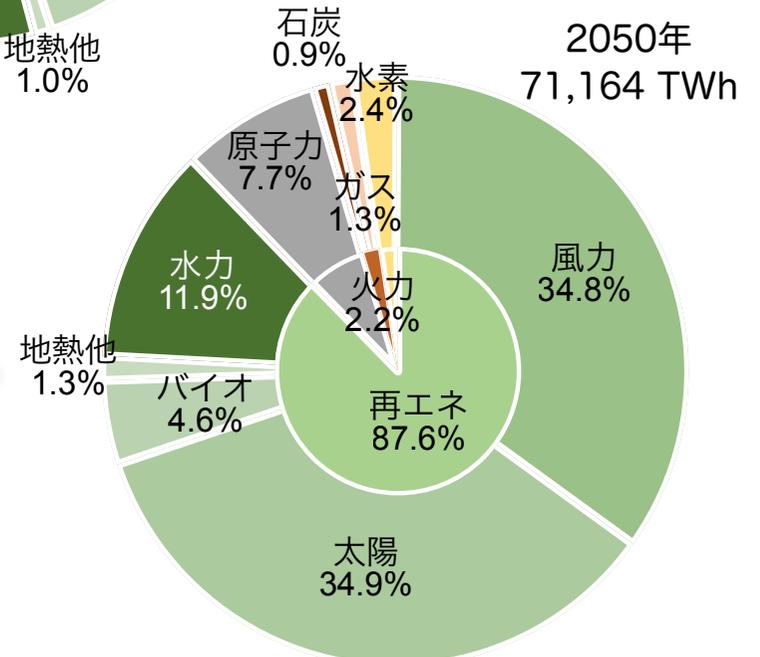
2020年  
26,778 TWh



2030年  
37,316 TWh



2040年  
56,553 TWh



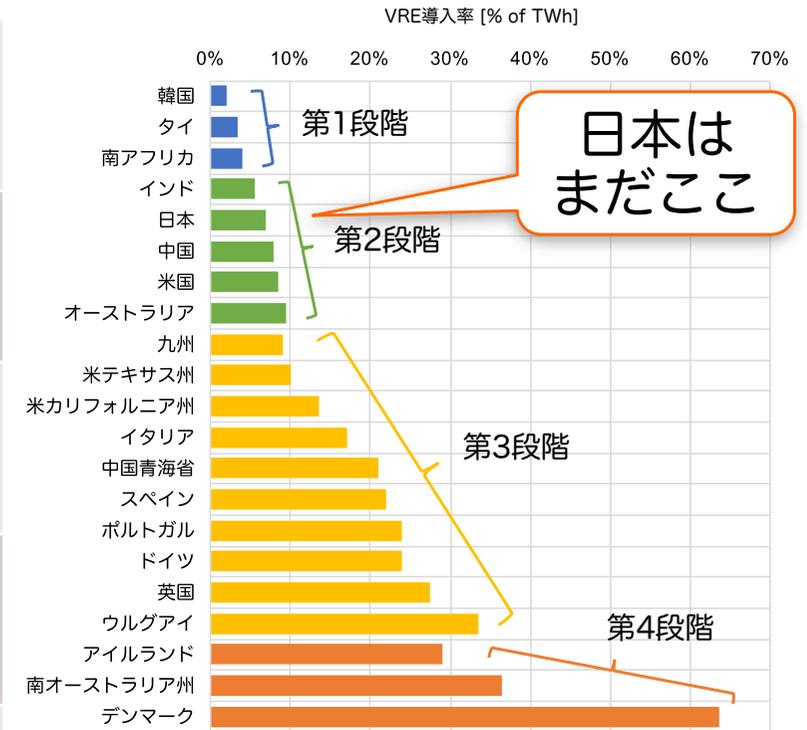
2050年  
71,164 TWh

安田陽 (京都大学)  
CC-BY 4.0  
2021年5月19日

# + 変動性再生エネ(VRE)統合の6段階



段階	説明	移行への主な課題
1	VREは電力システムに顕著な影響を及ぼさない	既存の電力システムの運用パターンの僅かな変更
2	VREは電力システムの運用に僅かなもしくは中程度の影響を及ぼす	正味負荷および潮流パターン変化の変動がより大きくなる
3	電力システムの運用方法はVRE電源によって決まる	VRE出力が高い時間帯での電力供給の堅牢性
4	電力システムの中でVREの発電が殆ど全てとなる時間帯が多くなる	発電超過および不足の時間帯がより長くなる
5	VREの発電超過（日単位～週単位）が多くなる	季節間貯蔵や燃料生成あるいは水素の利用
6	VRE供給の季節間あるいは年を超えた超過または不足が起こる	



注：このスライドの図表は下記のIEA報告書の記載内容から安田が抜粋・仮訳して整理したものであり、この図表そのものが当該報告書に記載されているわけではないことに留意。

# + 世界の論調



- VRE (変動性再エネ電源) の低いシェアにおいて (5~10%)、電力システムの運用は、大きな技術的課題ではない。
- 現在の電力システムの柔軟性の水準を仮定すると、技術的観点から年間発電電力量の25~40%のVREシェアを達成できる。
- 従来の見方では、電力システムが持ち得る全ての対策を考慮せずに、風力発電と太陽光発電を増加させようとしてきた。この“伝統的”な考え方では、重要な点を見落とす可能性がある。

# + 系統柔軟性 flexibility

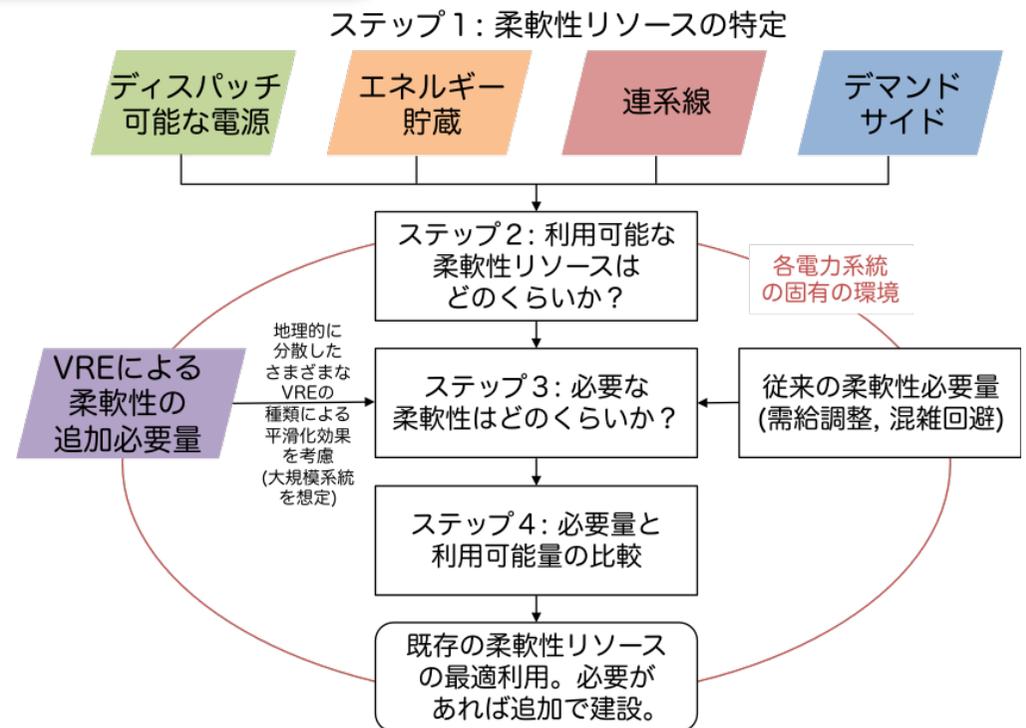


世界で活発に議論  
(日本ではまだまだ?)

- 再エネ大量導入のための重要な指標
- 系統の変動に対応し需給バランスを維持するための能力。

風力を調整するのは  
火力だけではない!

- 調整可能な電源
  - 貯水池式水力発電
  - コージェネレーション
  - コンバインドサイクルガス発電 (CCGT)
- エネルギー貯蔵装置
  - 熱貯蔵, 揚水発電, 蓄電池, 水素
- 連系線
- デマンドレスポンス
  - 電気自動車(EV)



# 柔軟性の定義



## ボックス4：諸文献における「柔軟性」の定義

「柔軟性」は VRE 連系の鍵としてますます認識されるようになってきている。しかしこの概念の定義はその範囲も詳細内容も多様であり、さまざまな数値により測定される（この問題は 6.1 節で詳述する）。

IEA（2012）では、柔軟性には3つの区分があるとしている。安定度、需給調整、およびアデカシーである。定義の多くは、明示的であれ暗示的であれ、需給調整の文脈内で柔軟性を定義しており、主として周波数制御、負荷追従、および計画を意味している。需給調整は通常の運用条件下では周波数制御と関係しているが、安定度は偶発事象後に周波数と電圧を正常レベルに戻すための対応と関係する。

柔軟性のいくつかの定義では需給調整の要素が明示され、「想定される、またはされない変動性に対応し、電力系統が発電と消費のバランスを調整できる程度」（IEA, 2011）、あるいは「需給バランスを調整し系統信頼度を維持するため必要な調整を行う能力」（Dragoon and Papaefthymiou, 2015）と説明されている。EPRI（2014）で用いている運用柔軟性の定義はこの点に関してはより詳細であり、「最小コストで系統を確実に運用しながら時間および分単位のタイムスケールで需給バランスを維持するため、電源の出力調整と起動停止を行う能力」と説明している。

他の定義では、正常な運用条件のもとで「変動」や「変化」が起こることを暗に想定している。このような定義としては、「増大する供給と需要の変動に適応し、同時に系統信頼度を維持する電力系統の能力」（CEER, 2016 より）、IEA Wind Task25 の風力発電連系研究の専門家報告（IEA Wind, 2013）による「さまざまなタイムスケールの変化に対応する電力系統の能力」、米国立再生可能エネルギー研究所（NREL）による「電力需要と発電の変化に対応する電力系統の能力」（（NREL（2015）参照）などがある。

# 予備力と調整力

ただし、諸外国の  
定義と若干異なる  
ことに留意



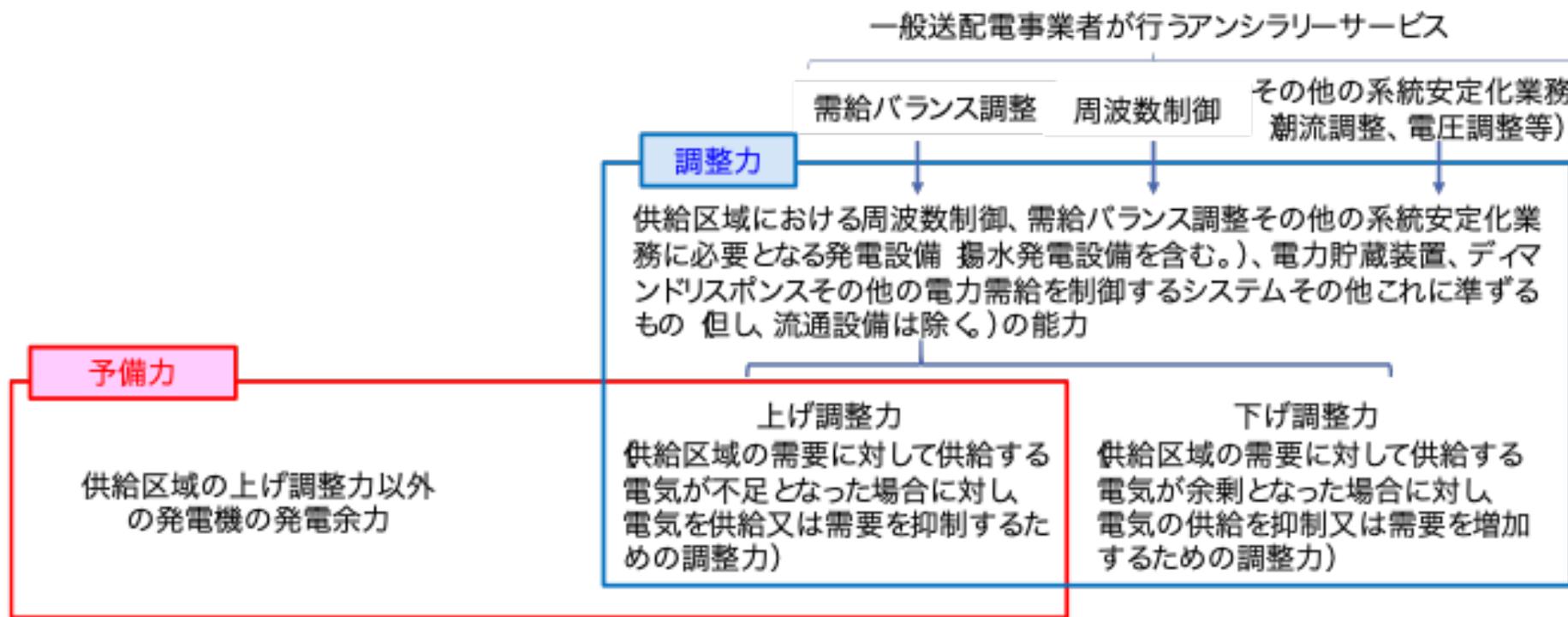
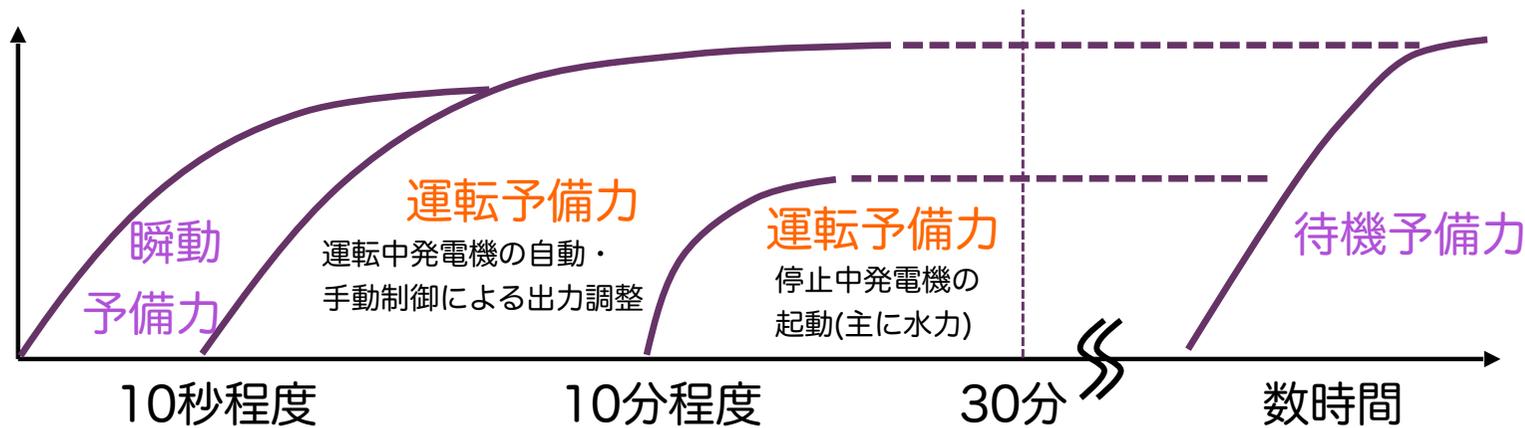
## ■ 予備力 **reserve**

- ✓ 供給区域において、上げ調整力と上げ調整力以外の発電機の発電余力を足したものをいう

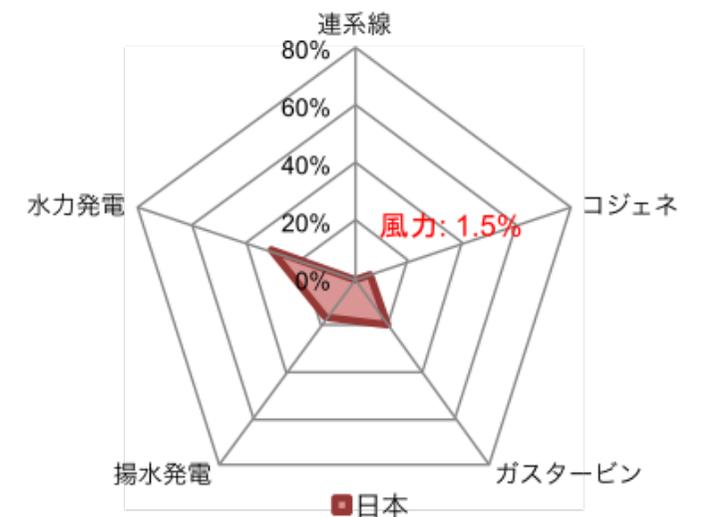
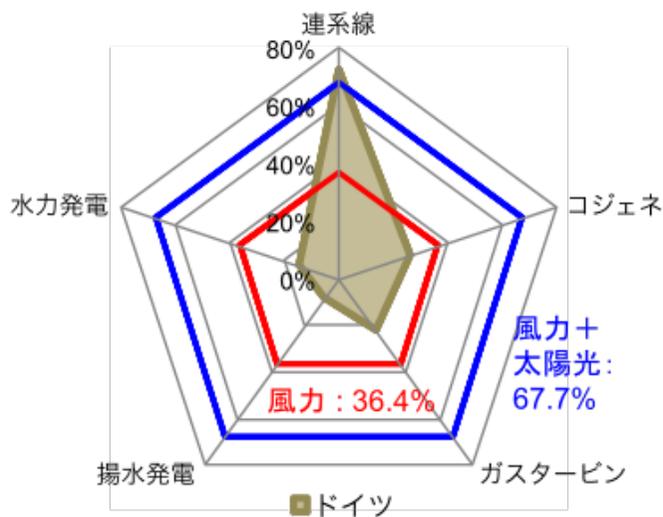
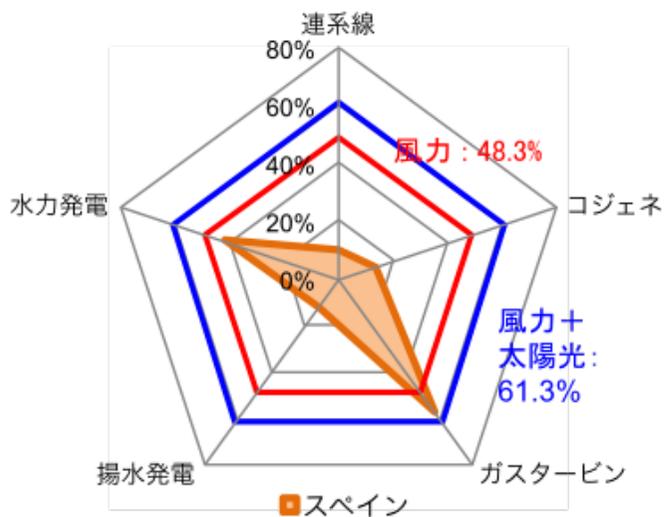
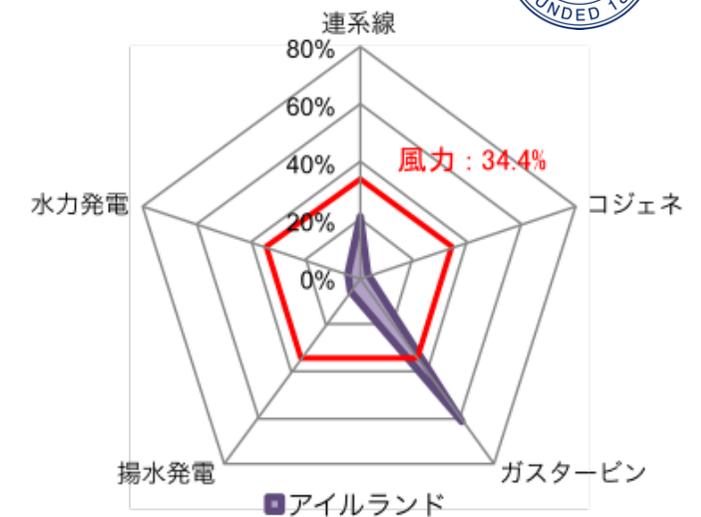
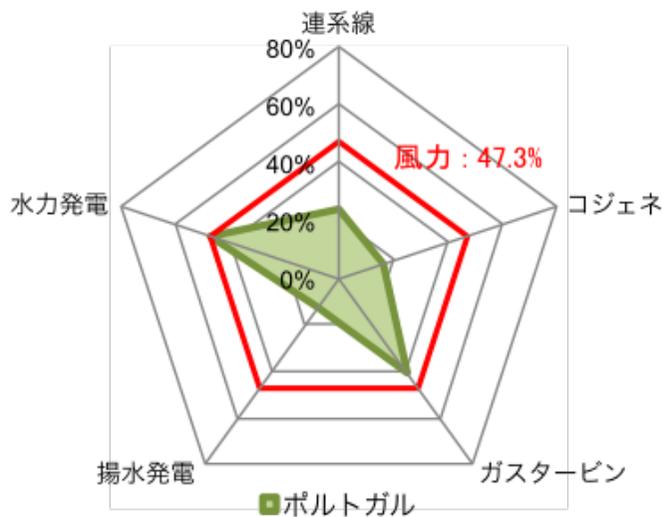
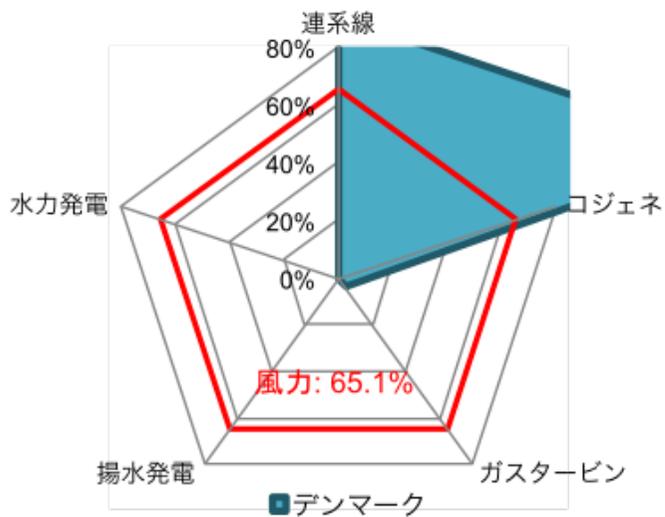
## ■ 調整力

- ✓ 供給区域における周波数制御、需給バランス調整その他の系統安定化業務に必要となる発電設備(揚水発電設備を含む。)、電力貯蔵装置、デマンドリ spons その他の電力需給を制御するシステムその他これに準ずるもの(但し、流通設備は除く。)の能力をいう

# + 予備力と調整力



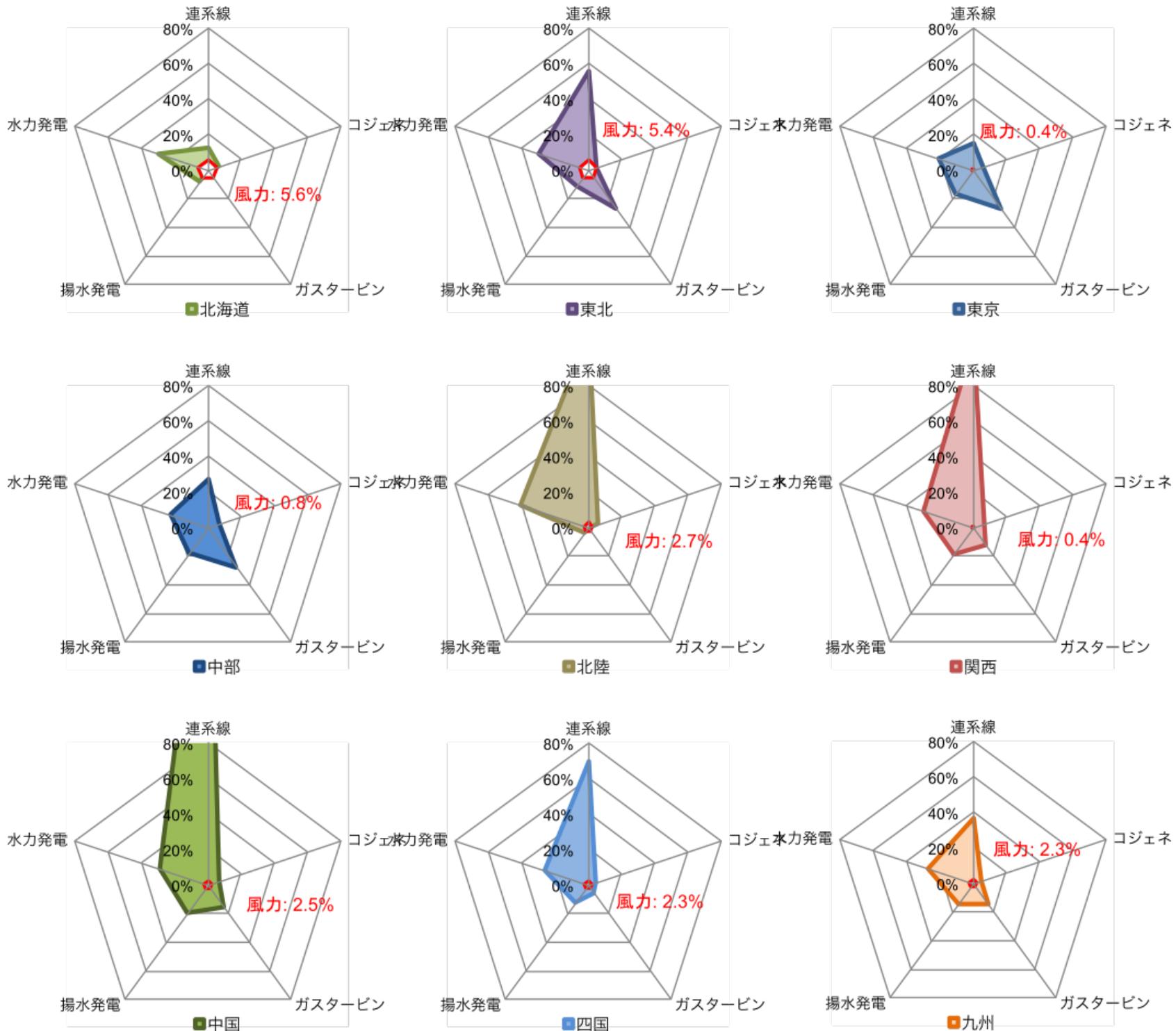
# + 欧州の柔軟性評価チャート (2013年時点)





# 日本の各電力の柔軟性指標

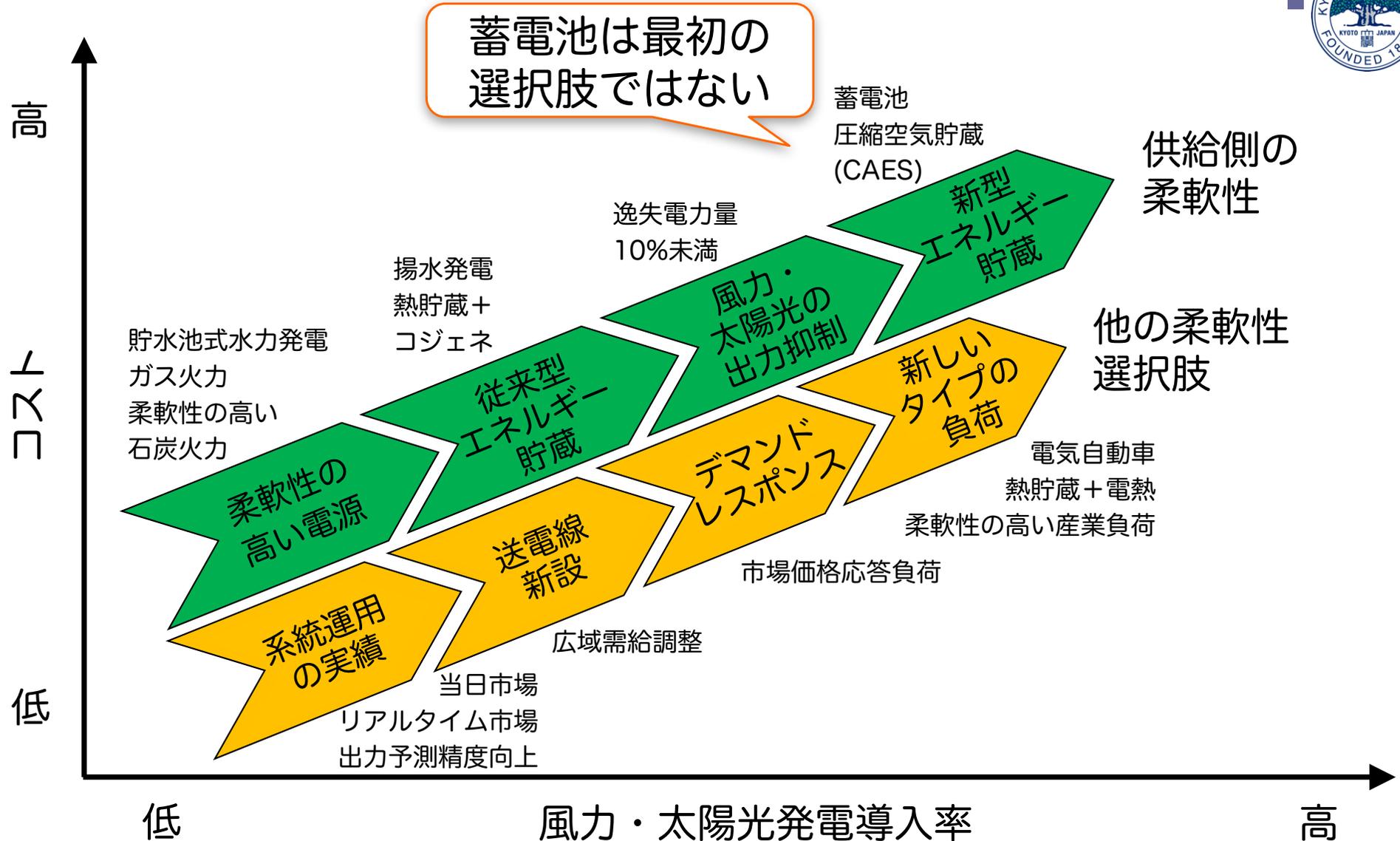
(2013年時点)



(source) Yasuda et al.: "Flexibility Chart", Wind Integration Workshop (2013)



# 柔軟性供給の優先順位





公益事業学会  
政策研究会(電力)  
ワークショップ

# 再エネ超大量導入時代の 系統柔軟性

ご清聴有り難うございました。

[yasuda@mem.iee.or.jp](mailto:yasuda@mem.iee.or.jp)

