

# エネルギー研究クラスターの ランドデザイン

2019年2月28日

東京大学大学院工学系研究科 教授 松橋隆治

# エネルギーに関する重要な課題

## (1) 従来からある化石燃料に関する課題

- 石油の需要及び価格は今後、どのように推移するのか？
- 天然ガス資源は人類の期待に応えられるだけ十分な資源量があるか？
- 地政学的リスクをどのように考えるか？

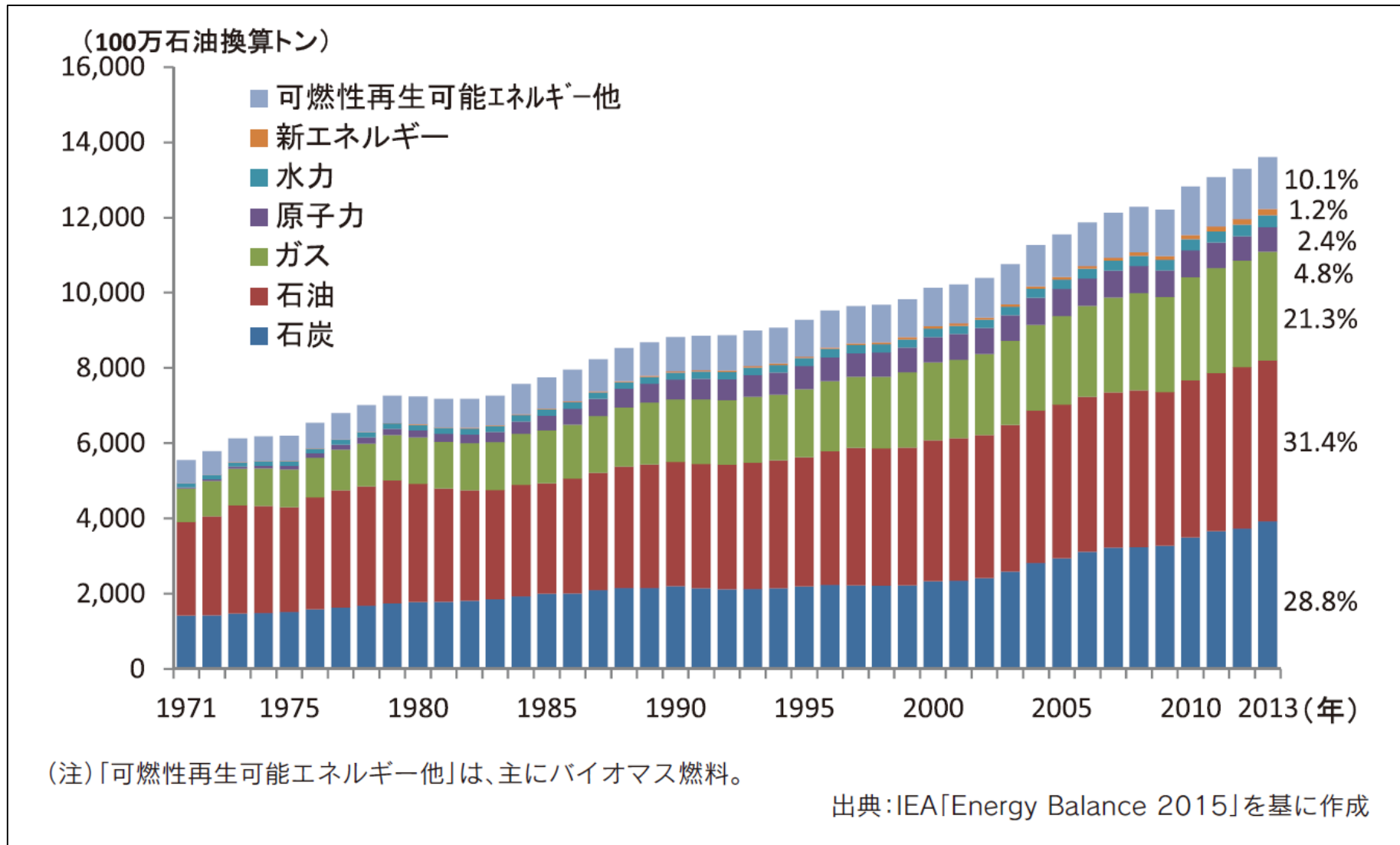
## (2) 近年重要性を増している課題

- 気候変動に対してどのように対応するか？
- 出力変動のある再生可能電源(太陽光発電、風力発電)の大量導入の下でどのようにして電力システムの安定性を維持できるか？
- 中国は自国のエネルギーシステム及びエネルギー技術をどのように展開するのか？

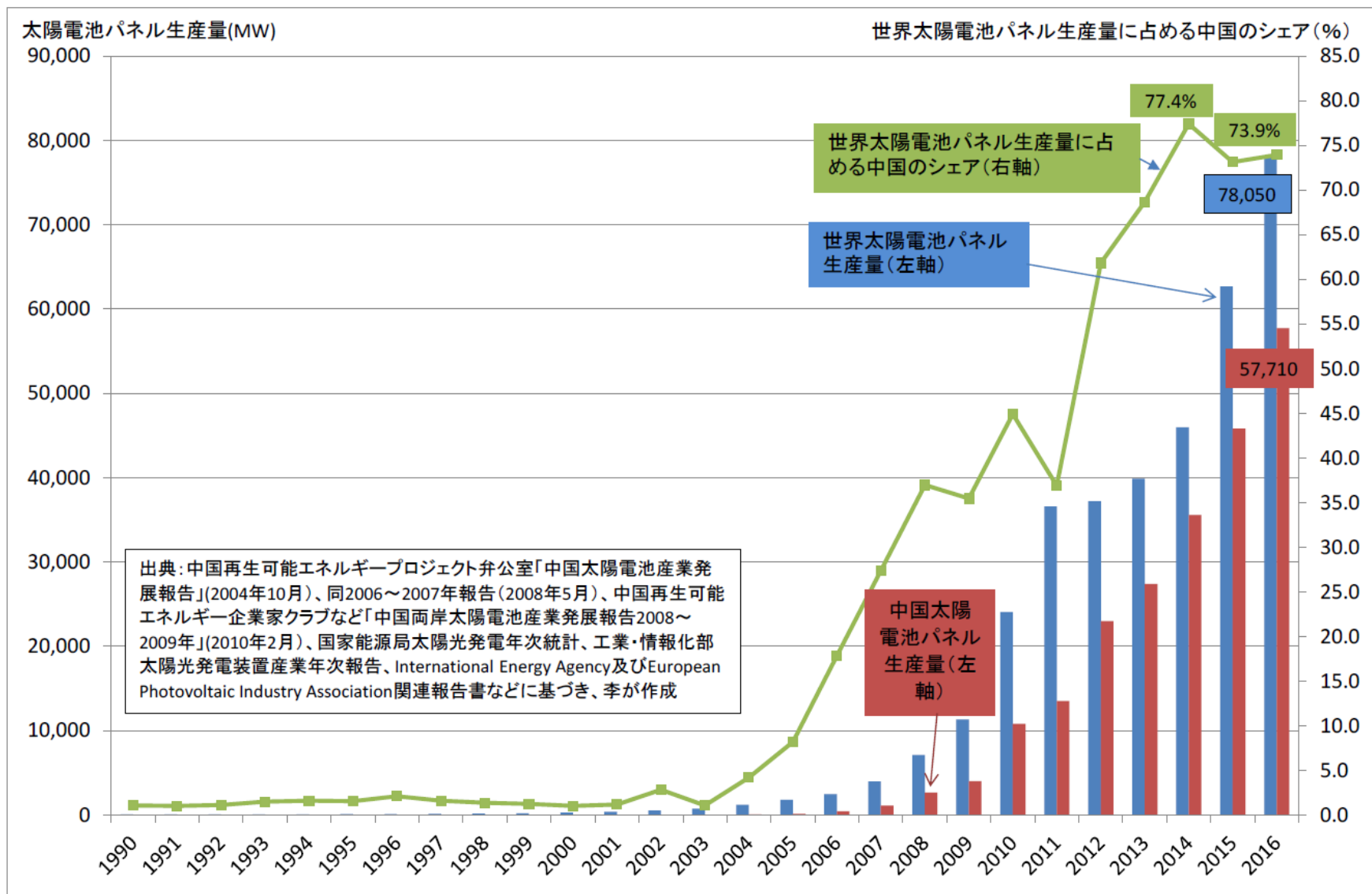
## (3) 公共政策と大学の役割

- 上記のような課題に対し、東京大学はどのようにエネルギー政策およびエネルギー技術を支えることができるのか？

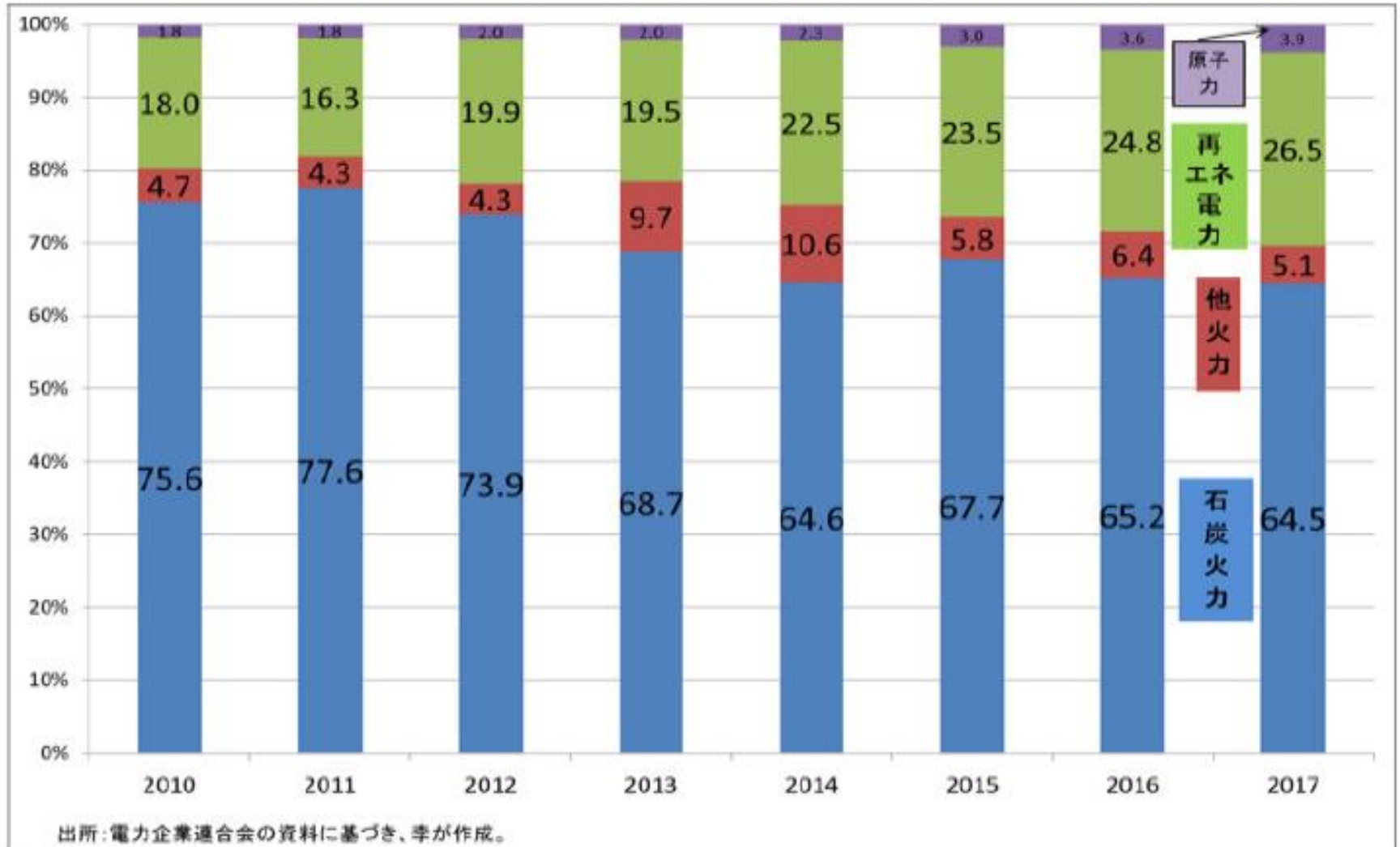
# 世界のエネルギー消費量の推移



# 太陽光発電技術とその中国産比率の推移

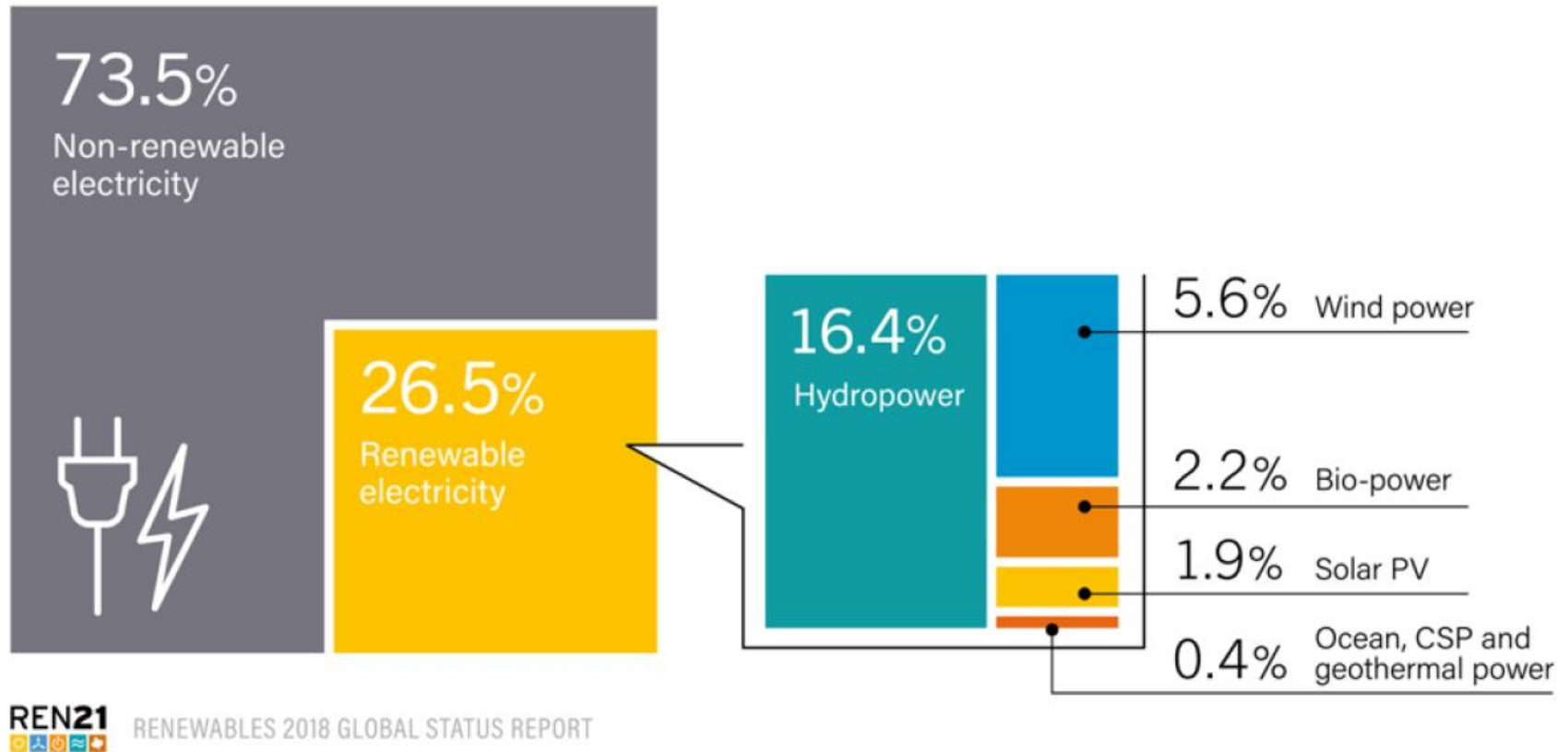


# 中国における発電電力量を元にした 電源構成の推移



# 世界全体の発電電力量に占める 再生可能エネルギーの割合

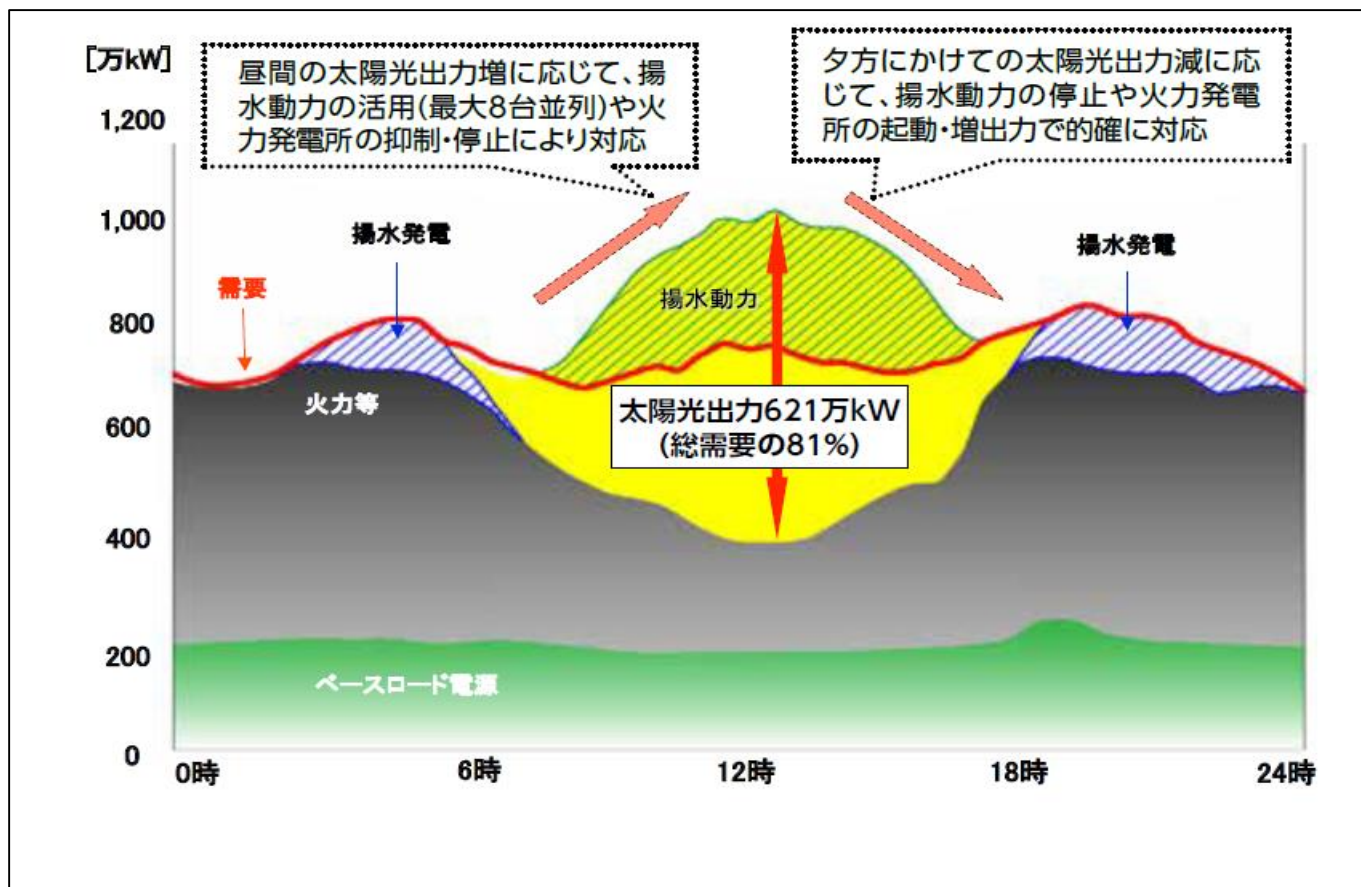
Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2017



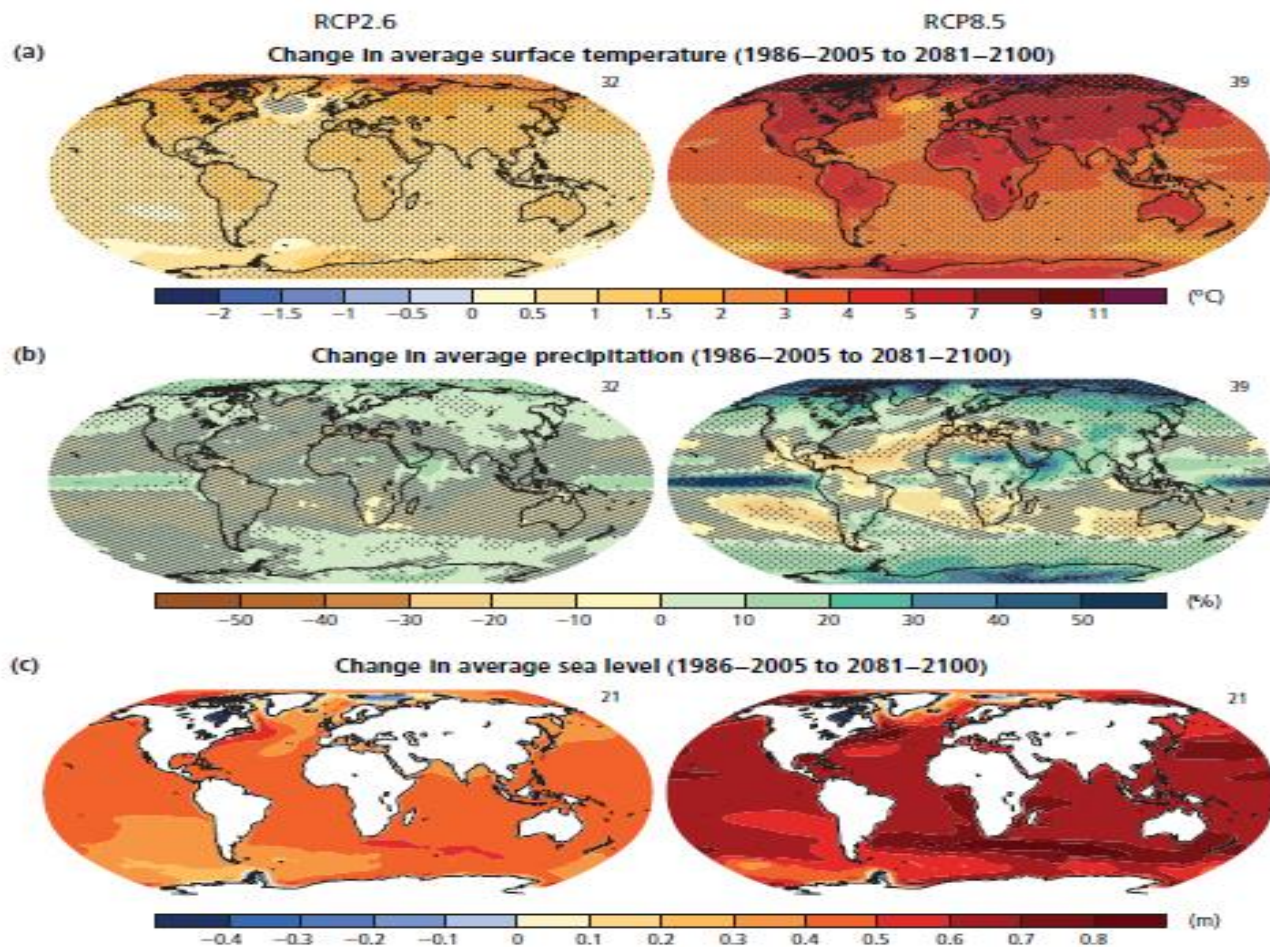
Source: REN21 Renewables 2018 Global Status Report, <http://www.ren21.net/gsr-2018/>

# 再生可能エネルギーの大量導入と系統安定性

- 再エネ電源が大量連系したエリアでは、系統運用上の問題が顕在化している。
- 特に九州エリアにおいて、太陽光発電(PV)が大量導入されている。(2018年12月末時点で接続量830万kW)
- ついに九州本土で再エネの**出力抑制**が実施された。(2018年11月4日の抑制量121万kW)



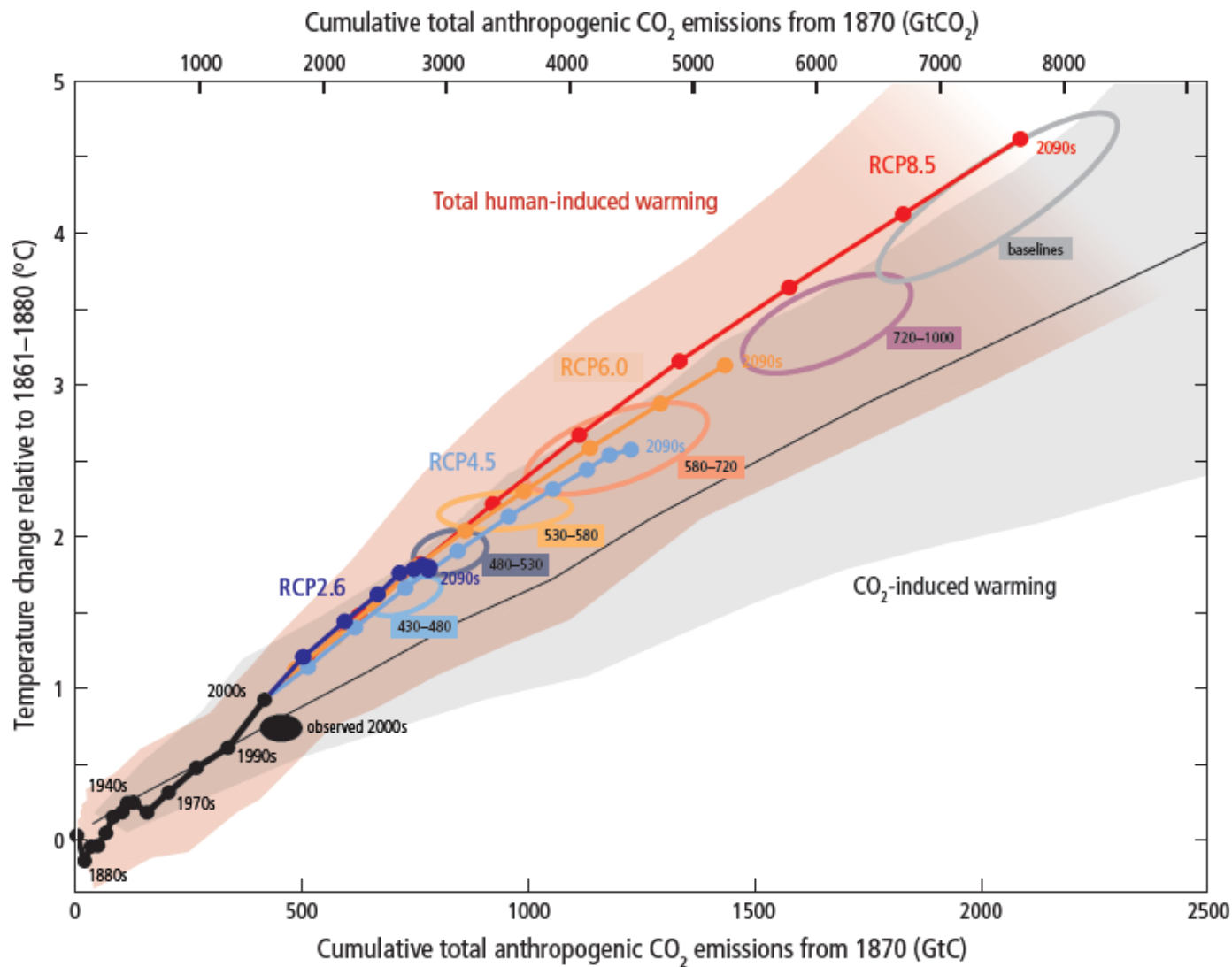
# 気候変動問題とその対応策



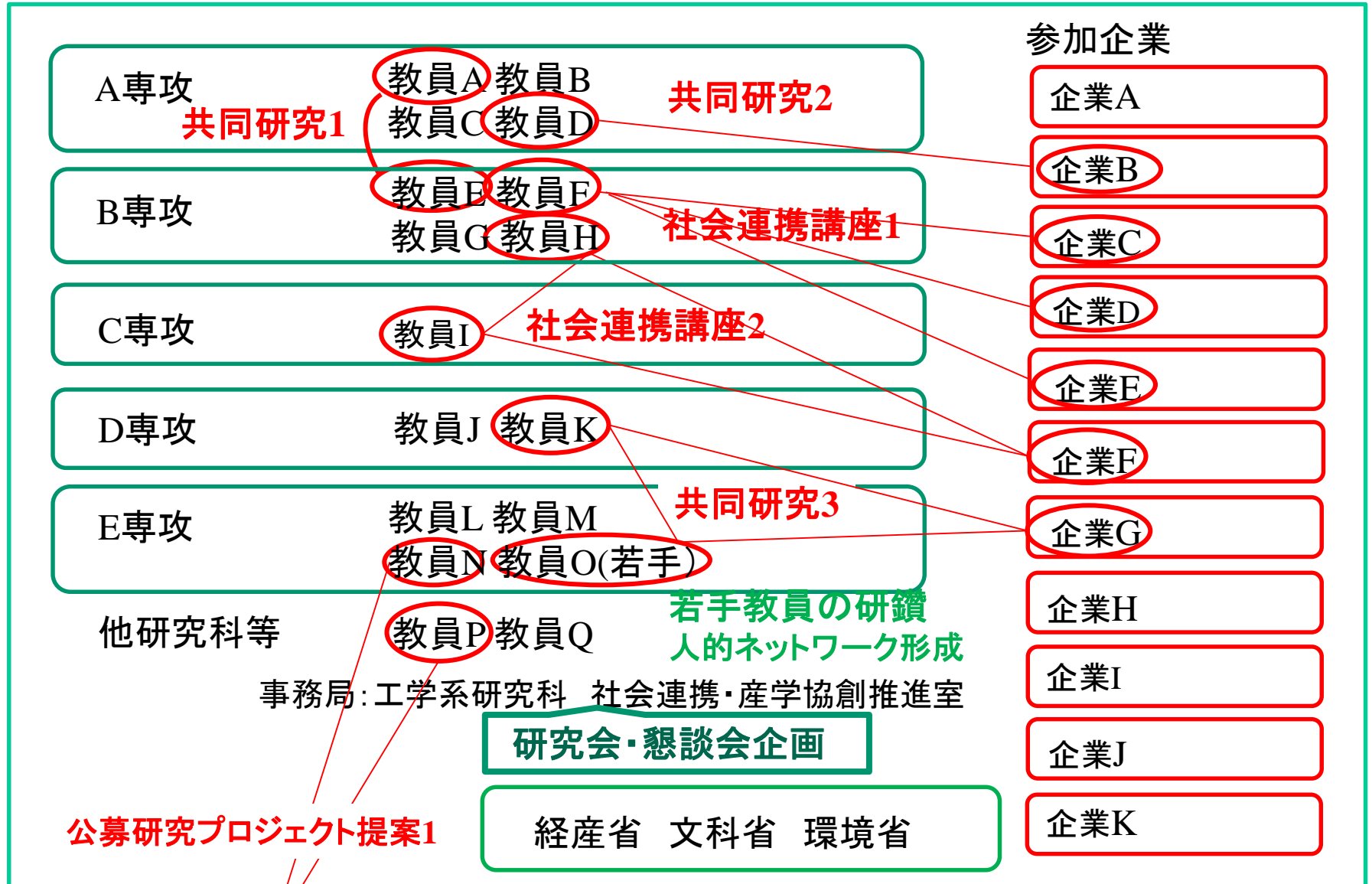
**Figure 2.2 |** Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) multi-model mean projections (i.e., the average of the model projections available) for the 2081–2100 period under the RCP2.6 (left) and RCP8.5 (right) scenarios for (a) change in annual mean surface temperature and (b) change in annual mean precipitation, in percentages, and (c) change in average sea level. Changes are shown relative to the 1986–2005 period. The number of CMIP5 models used to calculate the multi-model mean is indicated in the upper right corner of each panel. Stippling (dots) on (a) and (b) indicates regions where the projected change is large compared to natural internal variability (i.e., greater than two standard deviations of internal variability in 20-year means) and where 90% of the models agree on the sign of change. Hatching (diagonal lines) on (a) and (b) shows regions where the projected change is less than one standard deviation of natural internal variability in 20-year means. (WGII Figure SPM.8, Figure 13.20, Box 12.1)



# 気候変動問題とその対応策



# エネルギー研究クラスターの活用イメージ



NEDO, JSTなどの外部資金へプロジェクト提案、社会連携講座設置

# エネルギー研究クラスターの基本構想

- (1) 特定のエネルギー種やエネルギー技術に偏ることなく、常にエネルギー、およびエネルギー技術全体を包括する。
- (2) 専攻や業種の垣根を超えたエネルギー関連の教育を提供する。
- (3) 国際的な連携と将来展望を視野においた共同研究を推進する。

# エネルギー研究クラスターが生み出すもの (構想段階)

## (1) 共同研究, 受託研究

- ・国内およびMITなど海外の大学, 産業界との連携
- ・エネルギー政策の中枢を支援する教授陣
- ・エネルギーシステム改革に関する情報交換

## (2) 教育

- ・専攻の垣根を超え、エネルギー全体を俯瞰する教育
- ・エネルギーに関心のある社会人向けの教育
- ・エネルギーに関する海外との交換留学生

その他、例えば・・・

## (3) 国際標準化関連

- ・ISO, IEC等国际標準規格に要する費用は2千万／(規格・年)
- ・中には、産業界や国家に重大な影響を及ぼす規格も
- ・本学には国際標準規格の中枢に携わる教員が多数おり、これらの将来動向に関する分析・知見を提供

# 米国において現在提供されている アンシラリーサービスの種類と方法

米国連邦エネルギー規制委員会(FERC)による、アンシラリーサービスの分類

項目	定義	提供方法
周波数制御	系統周波数を一定範囲内に維持するために需要と供給を一致させるサービス。	市場取引可能
電力インバランス	ある一定期間に発生する送電量の計画値と実績値の差を補償するサービス	
瞬動予備力	発電トラブルなどの事故が起きたら即時に電力を補給するサービス。	
運転予備力	発電トラブルなどの事故に対し、短期間のうちに電力を補給するサービス。	
スケジューリング、 系統制御、給電指令	供給エリア内の発電計画を立て、そのとおりに給電指令をするもの	電力系統運用者が提供し、託送料などで費用回収する
発電設備からの無効電力供給、電圧制御	電圧を一定範囲内にするために、必要な量の無効電力を発電設備等から提供するサービス	

# 日本において今後開設される予定の アンシラリーサービスの種類と方法

需給調整市場における商品の要件

20

- 需給調整市場における商品の要件は以下の通りとする。
- なお、要件として求める値は、沖縄エリアを除く9エリアで統一する。

	一次・二次調整力(GF・LFC※1)		二次調整力② (EDC※2—H)	三次調整力① (EDC※2—L)	三次調整力② (低速枠)
	一次調整力 (GF相当枠)	二次調整力① (LFC※1)			
指令・制御	—	指令・制御	指令・制御	指令・制御	指令
回線※3	—	専用線等	専用線等	専用線等	簡易指令システム等も可
監視の通信方法	オンライン	オンライン	オンライン	オンライン	オンライン
応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内※45	45分以内
継続時間	5分以上※4	30分以上※5	30分以上	商品ブロック時間(4時間)	商品ブロック時間(4時間)
供出可能量 (入札量上限)	10秒以内に 出力変化可能な量とし、 機器性能上の GF幅を上限とする	5分以内に 出力変化可能な量とし、 機器性能上の LFC幅を上限とする	5分以内に 出力変化可能な量とし、 オンラインで調整可能な 幅を上限とする	15分以内に 出力変化可能な量とし、 オンラインで調整可能な 幅を上限とする	45分以内に出力変化可 能な量とし、オンライン (簡易指令システムも含 む)で調整可能な幅を上 限とする
最低入札量	5MW※6	5MW※6	5MW※6	5MW※6	1MW
刻み幅 (入札単位)	1kW	1kW	1kW	1kW	1kW
応札が想定され る主な設備	発電機・ 蓄電池・DR等	発電機・ 蓄電池・DR等	発電機 蓄電池・DR等	発電機 DR・自家発余剰等	発電機 DR・自家発余剰等
商品区分	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ

※1 点線の商品区分けは将来の検討課題

※2 小売電気事業者の経済負荷配分とは異なる

※3 「専用線等」については、回線速度やセキュリティを考慮して専用回線・電力専用網などとすることを検討中

※4 沖縄エリアはエリア固有事情を踏まえて個別に設定

※5 後段の調整力への受け渡しを含めて今後見直す可能性あり

※6 専用線設置数増加や中央給電指令システムの大幅な改造による一般送配電事業者にとって著しいコスト増とならないことを考慮し設定

# 電気自動車による周波数調整システムの確立

## □ EVの普及目標

- ✓ 次世代自動車戦略2010(経済産業省)
  - 販売：15～20%(2020年)
  - 20～30%(2030年)
- ✓ 次世代自動車振興センター
  - 保有：3%(2020年), 9%(2030年)

- ✓ 現状
  - 販売：0.19%(2013年時)
  - 保有：0.19%(2014年時)

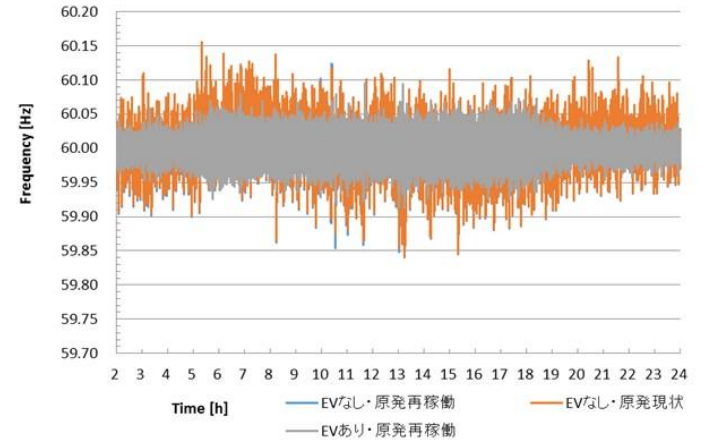
## □ 需要家側資源としてのEV

### Vehicle to Grid (V2G)

- 制御指令に対する応答が速い
- 一方向制御はSOCに影響大で不向き



EV所有により市場から報酬獲得 → EV普及のインセンティブとなる可能性



電気自動車(EV)を用いた周波数調整市場への参入及びその実証実験(松橋, 中村, 有吉)

## □ 実験場所

EVおよびLFCの実験場所:  
横浜国大敷地内の建物及び駐車スペース  
シミュレータ設置箇所: 東京大学



## 【脱炭素と系統安定化・H30 年度進捗】

- 電力系統安定化の為の周波数制御実験の開始

## □ 実験装置

- 電気自動車
- リアルタイムシミュレータ Opal-RT
- パワーアンプ
- EV用リアルタイムコントローラ
- EV用パワーコンディショナ



## 【今後の課題、達成への道筋】

- 周波数調整事業の入札制度の設計
- EVによる周波数調整とモビリティとの共進化により、の事業スキームを確立し、社会実装へと展開する事

## 【新たに創出される価値】

- 周波数制御やインバランス補償に電気自動車が参画することによる新たな自動車の価値の創出

# EVによる周波数制御の経済性評価

—EVによる負荷周波数制御と従来の周波数制御技術のコスト比較—

## □ 定格運転時の燃料コスト

石炭, LNG複合, 在来型LNG, 石油

安い → 高い

## □ LFC調整コスト

石油, 在来型LNG, LNG複合, 石炭

安い → 高い

$$Cost_{LFC} [\text{JPY}/\text{kW} \cdot \text{h}] = \frac{(P_{100} - P_{95}) \times Price_{sell,t} - (FC_{100} - FC_{95})}{P_{max} \times 0.05}$$

$$= Price_{sell,t} - \frac{FC_{100} - FC_{95}}{P_{max} \times 0.05}$$

燃料費の項によってのみ価格差が生じる

定格運転, 売電価格が20JPY/kWhの時

