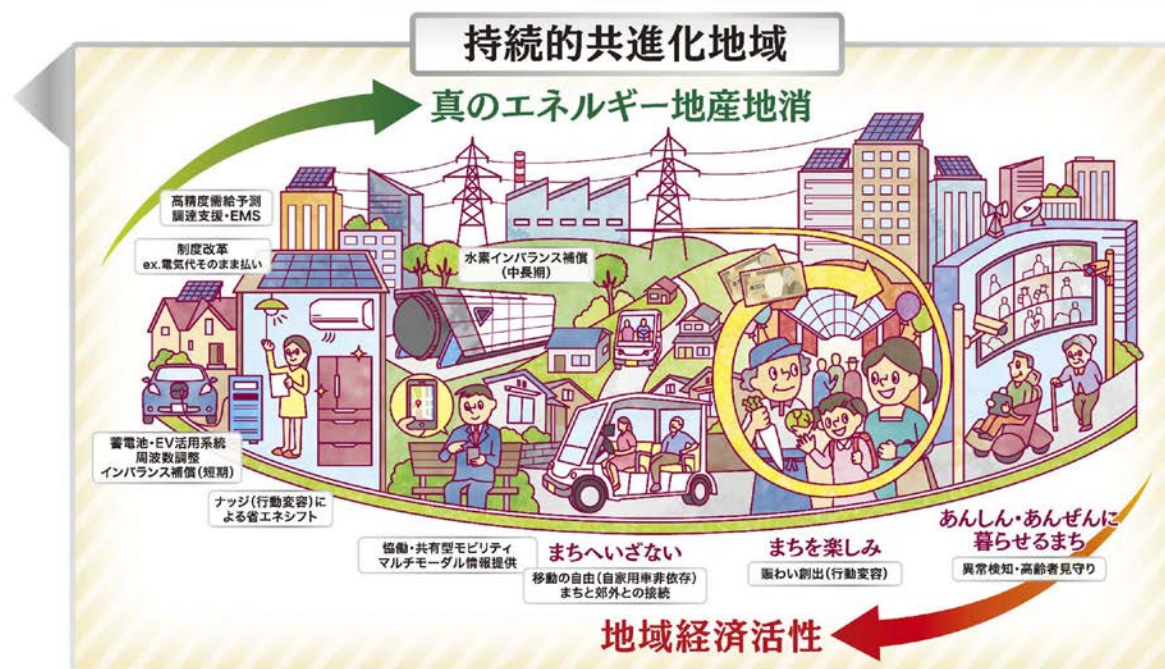


エネルギーシステムの脱炭素化と 供給安定性の両立に向けて



九州大学



東京大学



横浜国立大学

平成31年2月1日

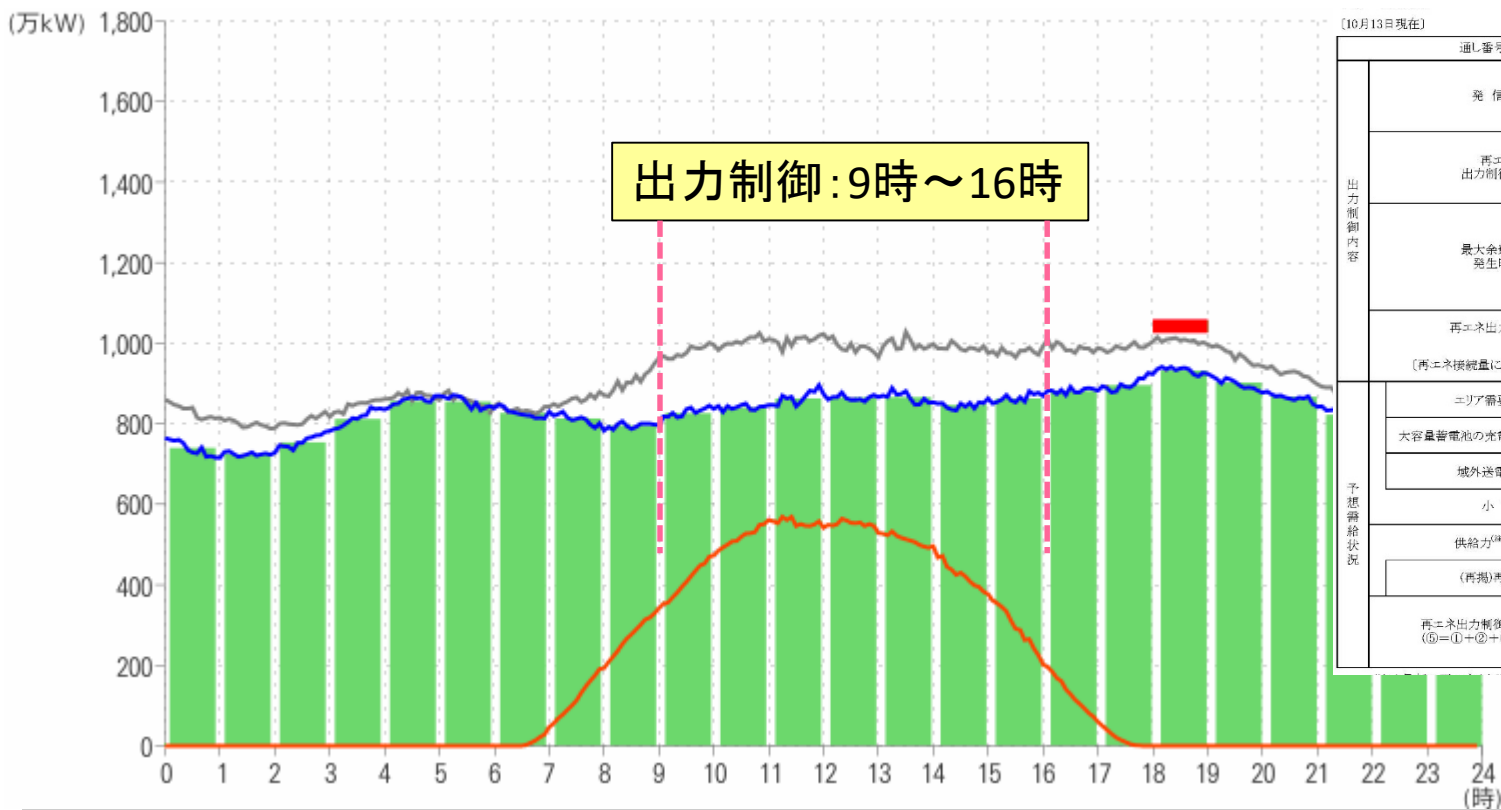
東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻 教授

松橋 隆治

再エネ導入増に伴う課題:九州の例 (2018年10月13日土曜日) 2

(24時、九州電力HP)

- 太陽光発電の割合が、晴天の昼過ぎ、特に週末、九州本土で半分超へ
- 火力発電の出力: 昼間はギリギリまで抑制⇒日没に合わせて出力急速増
- 原子力発電の割合増に伴って、調整余裕が減少(4基: 計428万kW定常運転)

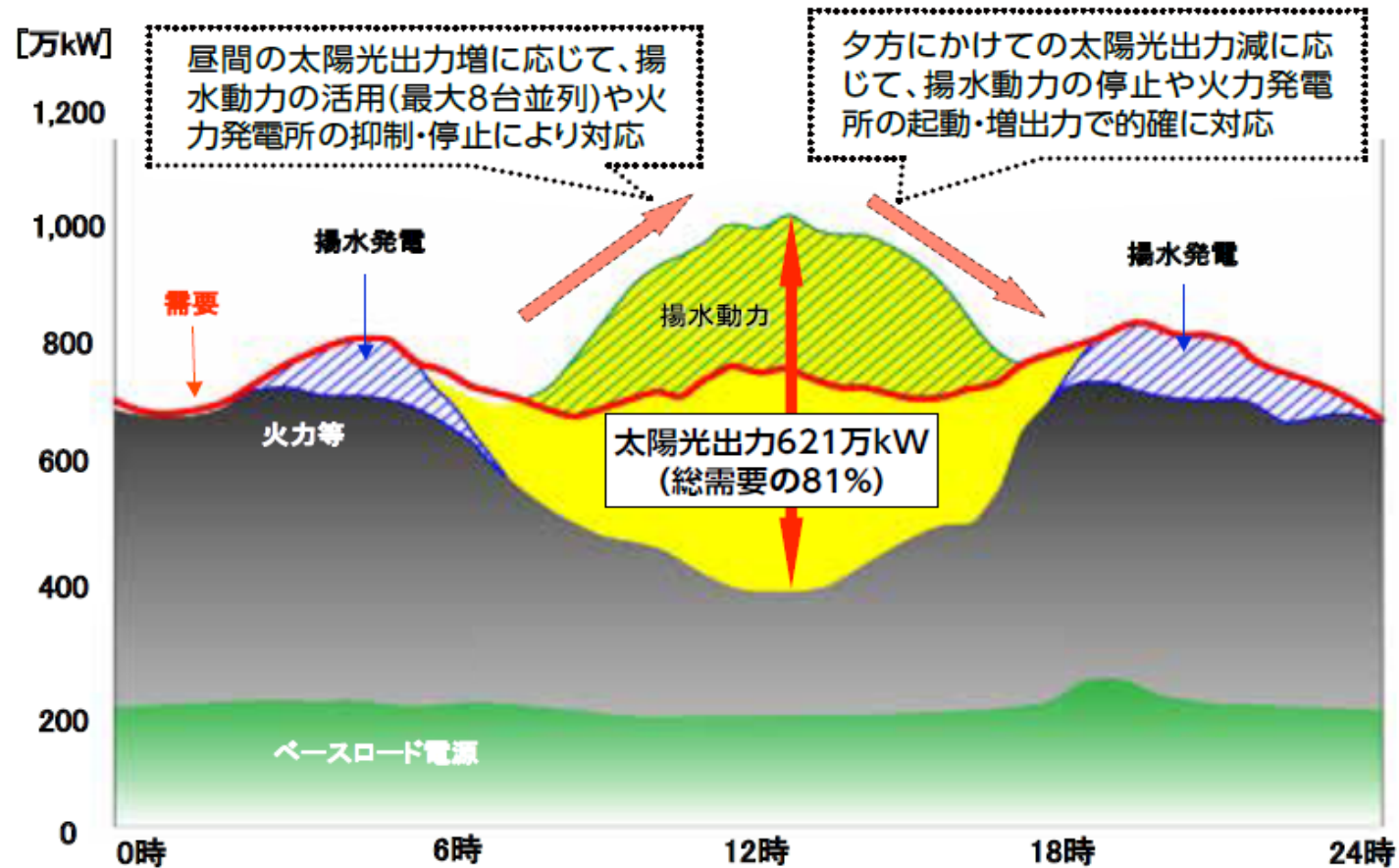


(10月13日現在)

通し番号		1	
出力制御内容	発 信 日	10/12(金)16時頃 (前日指示)	10/13(土)9時頃 (当日見直し) ^(注6)
	再エネ出力制御期間	10/13(土) 9時00分～16時00分	
	最大余剰電力発生時刻	12時00分 ～ 12時30分	
	再エネ出力制御量 (再エネ接続量に対する比率) ^(注1)	43 (7%)	43 (7%)
	エリア需要 ^(注2)	828	828
予想需給状況	大容量蓄電池の充電・放水運転 ^(注3)	226	226
	域外送電 ^(注4)	196	196
	小 計	1,250	1,250
	供給力 ^(注5)	1,293	1,293
	(再掲)再エネ出力 再エネ出力制御必要量 (⑤=①+②+③-④)	(595) 43	(595) 43

— 本日実績 (5分値) ■ 本日実績 (1時間値) ■ 予測値 — ピーク時供給力
— 本日の太陽光発電実績 (5分値)
— 前日実績 (5分値) ※土・日曜日については前週実績、月曜日については前週金曜日実績を参考値として表示します。

太陽光発電出力抑制の原因



九州電力管内における電力需給, (2018年5月3日)

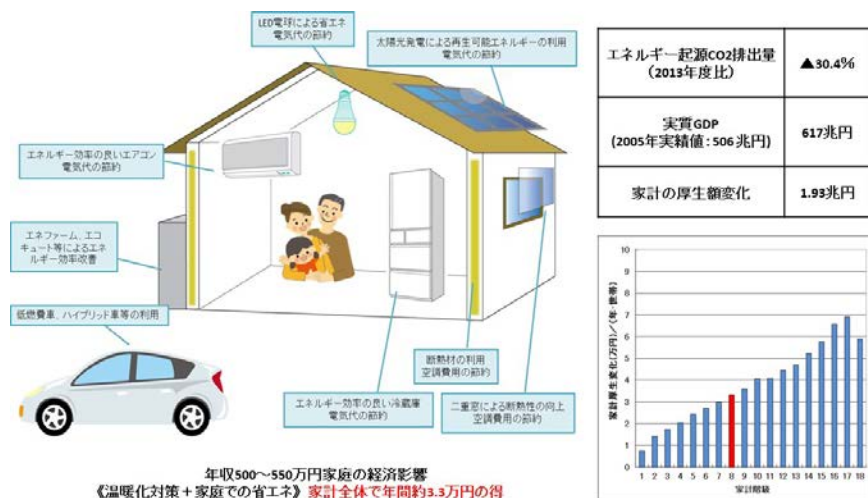
九電グループ環境報告書 2018, 九州電力株式会社

エネルギーインフラ総合評価とエネルギー・経済モデルの開発と社会実装

目標：パリ協定が国民生活に与える影響の定量化

【脱炭素と国民生活安定化・H29年度進捗】

● パリ協定が国内経済・国民生活に与える影響の定量化

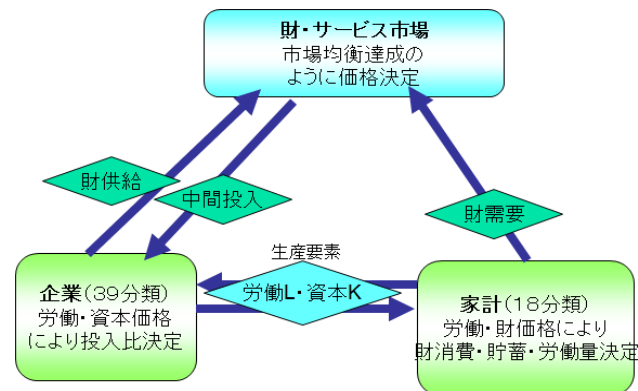


【今後の課題、フェーズ3での目標達成への道筋】

● 2030年の温室効果ガス削減が国民生活に与える影響の定量化と豊かな脱炭素社会の設計

【新たに創出される価値・意義】

● 2030年の豊かな脱炭素社会のシナリオ開発による社会の活性化とイノベーションの推進

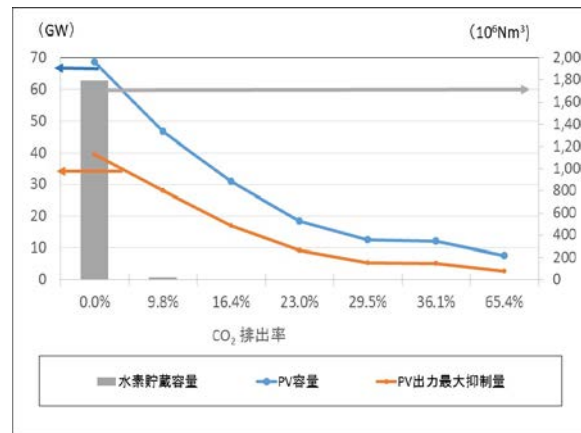
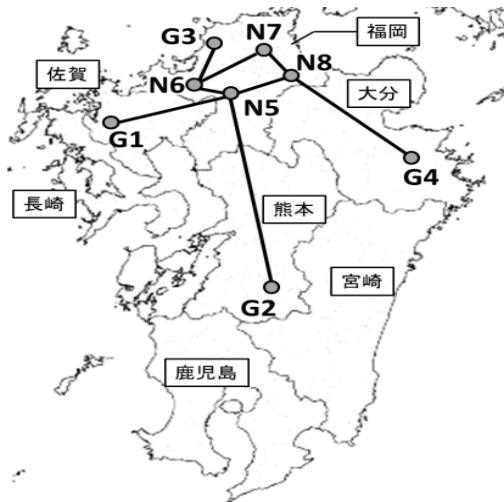


応用一般均衡モデル一部門一

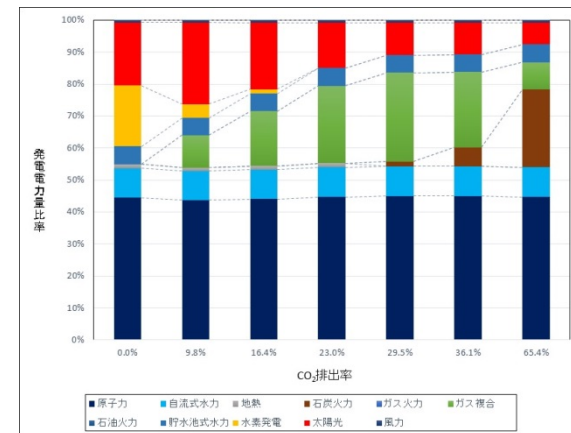


エネルギー経済モデルの開発と
日本のGHG削減目標の影響評価(松橋, 高瀬他)

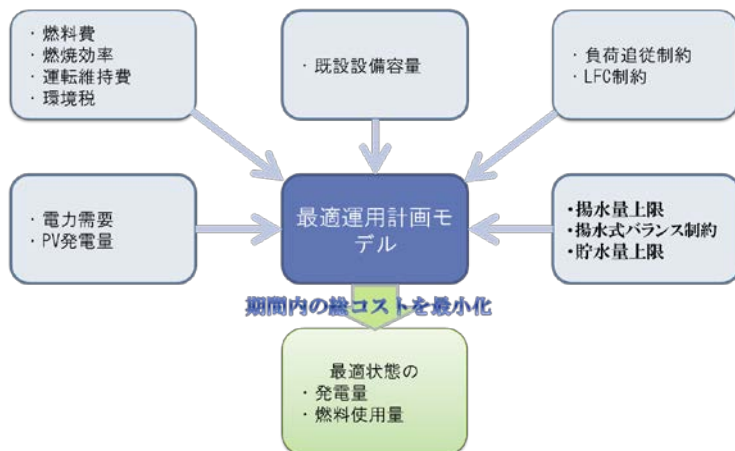
目標: 再エネ大量普及と系統の過渡安定度維持に必要な電力システム技術の明確化



CO₂排出量制約とPV出力抑制及び水素貯蔵容量の関係



CO₂排出量制約と電源構成の関係



【脱炭素と系統安定化・H30 年度進捗】

- 過渡安定度とインバランス補償の両面を考慮できる電力システムの起動停止計画モデルの開発

【今後の課題、達成への道筋】

- 上記モデルの精緻化と送配電事業者との相互理解の確立

【新たに創出される価値】

- 世界の先駆けとして、CO₂の大幅削減を実現するための電力システムを明示することで、海外を含む他地域にイノベーションが波及する。

図表 固体酸化物形燃料電池(SOFC)

		国内のSOFC導入原価の展望 (円/kWh)		
		現状	2020年	2030年
中・大型発電		-	150	100
高出力小型スタック		3000	500	300


```

graph TD
    S1[>103m] --> R1[研究開発期]
    R1 --> R2[実用化期]
    R2 --> R3[実証試験期]
    R3 --> R4[商業展開期]
    
    R1 --> T1[大・中型発電 効率>60%]
    T1 --> T2[大・中型発電 効率>70%]
    
    R1 --> T3[高出力小型スタック 効率>50% 出力密度>2.4 W/cm²]
    T3 --> T4[高出力小型スタック 効率>55% 出力密度>4 kW/L]
    T4 --> T5[高出力小型スタック 効率>60% 出力密度>3 kW/L]
    
    R1 --> T6[長寿命化 >40000 h]
    T6 --> T7[長寿命化 >100000 h]
    T7 --> T8[長寿命化 >150000 h]
    
    R1 --> T9[活動・停止、負荷変動への向上]
    T9 --> T10[燃料多様化<br/>- LNG, LPG<br/>- 石炭ガス<br/>- バイオマス]
  
```

スケール

- >10³ m: 装置・原材料プロセスの基礎技術
- 10³ ~ 10⁴ m: ナノ・マイクロスケール調製化・機能化
- 10⁴ ~ 10⁵ m: 新物質材料創成と元素制御
- <10³ m: 電質・材料シミュレーション技術
- 新原理・理論探索

研究開発期

- 組合成/大型化技術: コンパインドサイクル
- セルデザイン: マイクロチューブ
- 円筒平面
- 高速セラミックス成形
- 焼結法(共焼結法)
- 熱伝導制御
- スタッキング/集電技術
- 三相界面ネットワーク構造の最適化・分析手法の開発
- 異種接合系間における相互拡散抑制(La, Sr, Co等) (通電時含む)
- イオン伝送抵抗機構
- 欠陥制御
- (輸送過程・表面反応との相関)
- 表面交換反応速度(e.g. カソード > 5×10⁻⁴ cm/s)
- 不純物影響(Si, Cl, As等)
- 三相界面における電荷移動反応過程
- 界面構造と輸送特性の相関(通電時の機構変化を含む)
- 反応・輸送・熱伝達シミュレーション
- シンタリング機構
- 高速イオン伝導
- 特異な異相界伝導機構

実用化期

- 高出力小型スタック 効率>50%
- 出力密度>2.4 W/cm²

実証試験期

- 高出力小型スタック 効率>55%
- 出力密度>4 kW/L
- 異種接合系間における相互拡散・異種伝導制御

商業展開期

- 高出力小型スタック 効率>60%
- 出力密度>3 kW/L
- セドバイの基本的改善
- 長寿命化 >100000 h
- 活動・停止、負荷変動への向上
- 燃料多様化
 - LNG, LPG
 - 石炭ガス
 - バイオマス

家電製品、蓄電池等を用いたPV予測誤差補償システムの開発

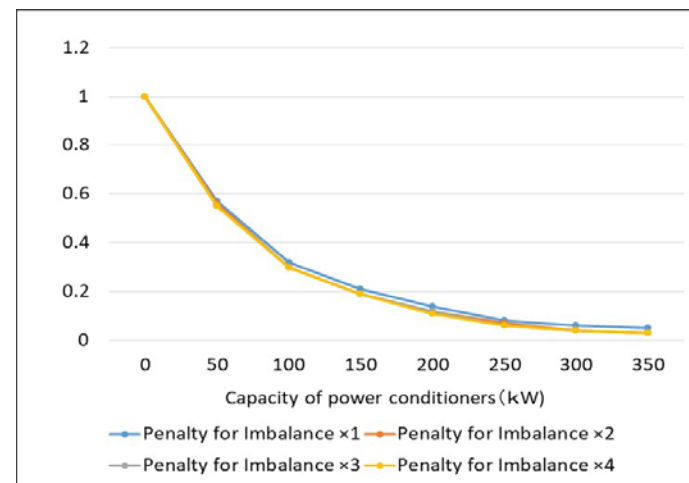
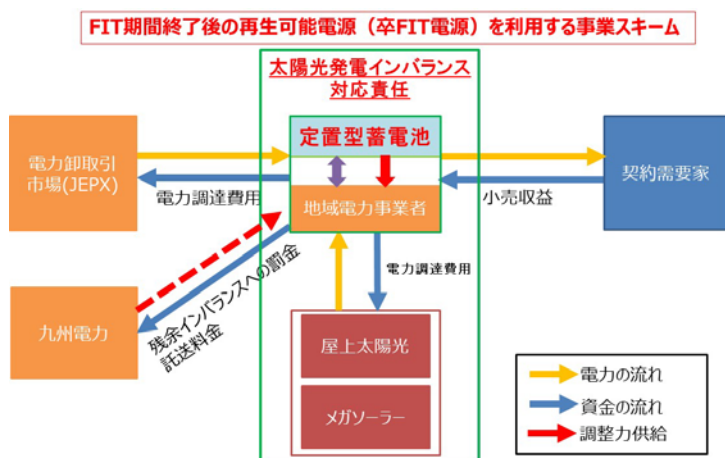
課題B

【まとめ】: 平成30年度の主な研究進捗・成果、今後の課題、達成への道筋

目標: 固定価格買取制度終了後の再生可能電源のインバランス補償技術の社会実装

【今年度進捗】

- 太陽光発電等再生可能電源の予測誤差を考慮に入れ、蓄電池、家電製品を利用したインバランス補償の最適化モデルを開発し、英文論文を発表し、実証実験を行う。



地域電力会社における定置型蓄電池の容量と残留インバランス率の関係

【今後の課題、達成への道筋】

- 再生可能電源の前日予測標準誤差に基づくインバランスを50%以下に削減する
- 供給システム内のCO₂排出を30%以上削減し、事業の正味現在価値 (NPV) が正
- 今年度の実証実験を開始し、第三フェーズでの社会実装へと展開する

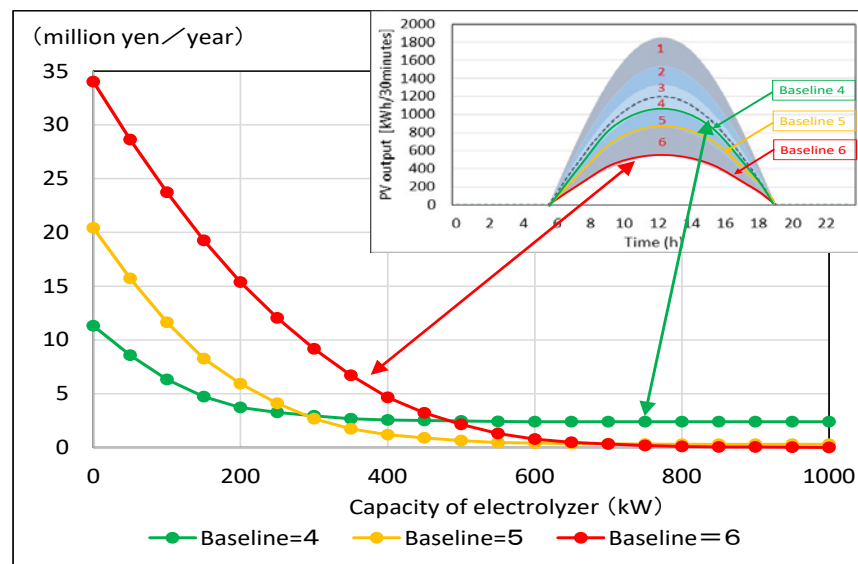
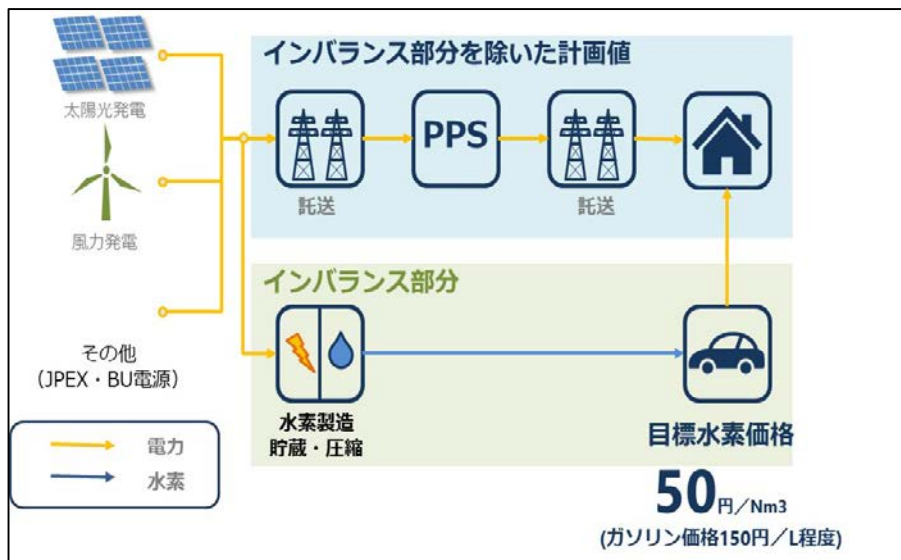
【新たに創出される価値】

- 再生可能電源中心の未来の地域電力事業を設計し、みやまSEの他、全国に展開することで、脱炭素社会の構築と地方創生に貢献する

課題C

【今年度進捗】

- 太陽光発電等再生可能電源の予測誤差を考慮に入れ、電気／水素コプロダクションによるインバランス補償の最適化モデルを開発し、英文論文を発表し、実現可能性を明らかにする。



電気／水素コプロダクション事業における電気分解装置容量とインバランスコストの関係

【今後の課題、達成への道筋】

- 電気・水素コプロダクション事業の詳細な事業性を明らかにし、2019年度中に適地を選定する。
- 2020年度に実証事業を実施し、社会実装へと展開する。

【新たに創出される価値】

- 本事業を全国に展開することで、脱炭素社会の構築と地方創生、更には水素のバリューチェーン構築に貢献する。

電気自動車による周波数調整システムの確立

課題D

目標:再エネ大量普及と系統の周波数調整に必要な電力システム技術の明確化

□ 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)

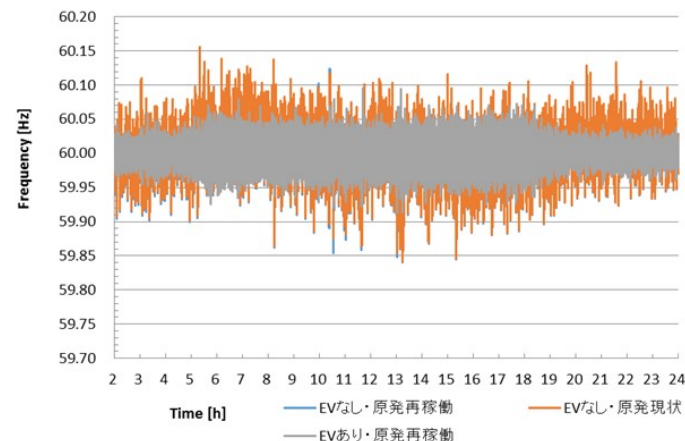
□ 需要家側資源としてのEV

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



□ 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



【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

【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

まとめ

- (1) 持続的共進化地域創成拠点では、九州大学・横浜国立大学・東京大学の連携の下、エネルギー・モビリティ及び市民生活支援の各分野におけるイノベーションを推進している。このうちエネルギー部会では、脱炭素社会を目指す再生可能電源の大量導入と系統安定性の問題の解決を挙げており、モビリティ部会とも連携しつつ問題解決を目指している。
- (2) エネルギー分野の課題解決には、エネルギー関連技術のみならず、自動車技術、情報通信技術の活用が有望である。換言すると、エネルギー技術、自動車技術、情報通信技術の共進化により、エネルギー分野の課題解決が促進される。需要側技術を用いたインバランス補償や、電気自動車を用いた周波数制御の実証実験はその好例であり、今後の社会実装が大いに期待される。
- (3) この共進化の実現には、技術革新と制度革新の双方が必要である。具体的には、電力系統工学、エネルギー工学上の技術革新とアンシラリーサービスの取引制度の設計など、制度革新である。