

NEDO水素・アンモニア成果報告会2025

発表No.B3-4

水素社会構築技術開発事業/地域水素利活用技術開発 /九州における余剰再エネ等ゼロエミ電源を用いた 水素社会地域モデルの構築に向けた技術開発

内田 康史
九州電力株式会社
2025年7月17日

連絡先：
九州電力株式会社 内田 康史
E-mail：Yasufumi_Uchida@kyuden.co.jp

事業概要

1. 期間

開始 : 2022年4月
終了 : 2025年3月

2. 最終目標

【分散型地域モデル】

- 地産地消の水素製造、利活用モデルの構築、検証

【産業集積地域モデル】

- 火力発電所の蒸気を活用したSOEC型水素製造装置の導入・運用モデルの構築

3. 成果・進捗概要

【分散型地域モデル（2022～2024年度）】

- 余剰再エネを最大限活用したクリーンな水素の製造を行うEMS、並びに、同時刻での消費電力の電源特定を行うマッチング技術を開発、九州大学の水素STによる実証にて有効性を検証
- モデルの普及拡大に向けた、産業集積モデルとの連携等について検討

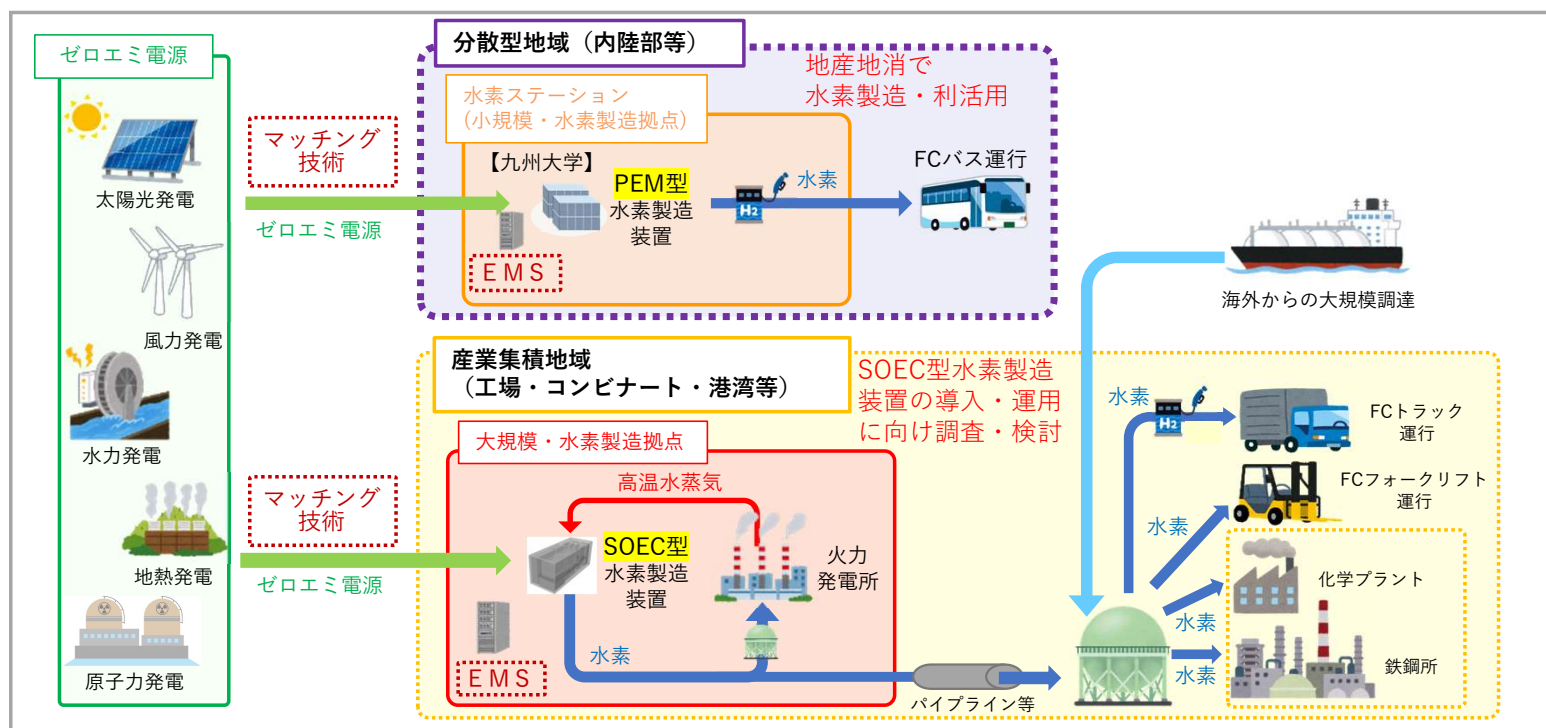
【産業集積地域モデル（2022～2023年度）】

- 工場・コンビナート・港湾等の産業集積地域における将来の大規模な水素需要に応える高効率なSOEC（固体酸化物形電解セル）型水素製造装置の火力発電所への導入や運用に向け、調査・検討を実施

事業概要

- 分散型地域において、地産地消で水素を製造、利活用する水素社会地域モデルの構築を目的に、九州大学の水素ステーションを活用し、余剰再エネや原子力発電など、九州の豊富なゼロエミ電源を活用したカーボンフリー水素の製造に向け、EMSやマッチング技術の開発を行う。
- 産業集積地域における将来の大規模な水素需要に応える高効率なSOEC（固体酸化物形電解セル）型水素製造装置（以降、SOEC）の火力発電所への導入や運用に向け、調査・検討を並行して行う。

【事業イメージ】



[EMS]

- ✓ 余剰再エネを最大限活用してクリーンな水素を製造するよう電源供給・水素製造・水素消費のバランスを最適化するシステム

[マッチング技術]

- ✓ 同時同量での消費電力の電源特定を目指した技術
(発電電力量に属性情報を付与し、需要家の需要電力量と紐づけ)

1. 事業の位置付け・必要性

■ 九州の特色

- 再生可能エネルギー導入量が国内トップクラスなど豊富なゼロエミ電源を有する

(参考) ゼロエミ電源（ゼロエミッション電源）について

- 再エネや原子力等、発電時にCO₂を排出しない電源



(参考) 再エネ（太陽光・風力）導入量の増加 ≪九州エリア≫



【引用元】

経済産業省

電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会

系統ワーキンググループ

第52回 資料1 再生可能エネルギーの出力制御の抑制に向けた取組等について

1. 事業の位置付け・必要性

■ 九州の特色

➤ 太陽光発電設備の増大に伴い出力制御も多く発生し、余剰再エネの量も国内で最も多い状況
(参考) 再エネ出力制御の実施状況

	九州						北海道		東北	
	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度
年間の出力制御率※ 2	0.9% [1.0億] [864億]	4.0% [4.6億] [844億]	2.9% [4.0億] [837億]	3.9% [5.3億] [853億]	3.0% [4.5億] [845億]	8.3% [12.9億] [849億]	0.04% [191万] [301億]	0.01% [81万] [301億]	0.5% [6,379万] [813億]	0.8% [1.3億] [797億]
	中部	北陸	関西	中国		四国		沖縄		
	2023年度	2023年度	2023年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度	
年間の出力制御率※ 2	0.2% [3,782万] [1,299億]	0.6% [1,043万] [278億]	0.1% [0.087万※6] [1,399億※6]	0.5% [3,988万] [585億]	3.6% [3.2億] [569億]	0.4% [1,934万※6] [274億※6]	1.8% [9,229万※6] [267億※6]	0.08% [34.9万] [69億]	0.3% [137万] [74億]	

2024年度 出力制御実績(九州)

⇒ 7.5億kWh
(出力制御率4.7%)

2024年度	北海道	東北	中部	北陸
太陽光・風力 接続量※ ¹	350万kW 太陽光 227万kW 風力 123万kW	1,061万kW 太陽光 854万kW 風力 207万kW	1,198万kW 太陽光 1,160万kW 風力 38万kW	147万kW 太陽光 129万kW 風力 18万kW
年間の出力制御率※ ²	0.2% (見込み) ※3、4	2.1% (見込み) ※3、4	0.4% (見込み) ※3、4	1.0% (見込み) ※3、4

2024年度	関西	中国	四国	九州	沖縄
太陽光・風力 接続量	754万kW※⁶ 太陽光 737万kW 風力 17万kW	731万kW 太陽光 696万kW 風力 35万kW	370万kW※⁶ 太陽光 340万kW 風力 30万kW	1,274万kW 太陽光 1,208万kW 風力 66万kW	46万kW 太陽光 44.8万kW 風力 1.4万kW
年間の出力制御率※ ²	1.7% (見込み) ※3、4	3.8% (見込み) ※3、4	4.0% (見込み) ※3、4	6.2% (見込み) ※3、4	0.1% (見込み) ※3

【引用元】

経済産業省
電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会
系統ワーキンググループ
第52回 資料1 再生可能エネルギーの出力制御の
抑制に向けた取組等について

※1 2024年3月末時点。
※2 出力制御率 [%] = 変動再エネ出力制御量 [kWh] ÷ (変動再エネ出力制御量 [kWh] + 変動再エネ発電量 [kWh]) × 100
※3 各エリア一般送配電事業者による見込み。あくまでも試算値であり、電力需要や電源の稼働状況等によって変動することがあり得る。
※4 連系線活用率は北海道:50%、東北(北本):-50%、東北(東北東京):80%、中部・関西:-20%、北陸:5%、中国:0%、四国:35%、九州:85%
※5 当該表に無い東京エリアにおいては、現時点で、通常想定される需給バランスにおいて、再エネ出力制御が生じる蓋然性は低い見通し。
※6 淡路島南部地域は四国に含む。

1. 事業の位置付け・必要性

- 水素はカーボンニュートラルの実現に向けたキーテクノロジー
 - 電力産業の発電時の脱炭素化に直接貢献
 - 電化による脱炭素化が困難な産業部門(原料利用、熱需要)等の脱炭素化に貢献
 - 余剰再エネ等ゼロエミ電源を水素に変換し貯蔵・利用することで、ゼロエミ電源のポテンシャルを最大限に活用する



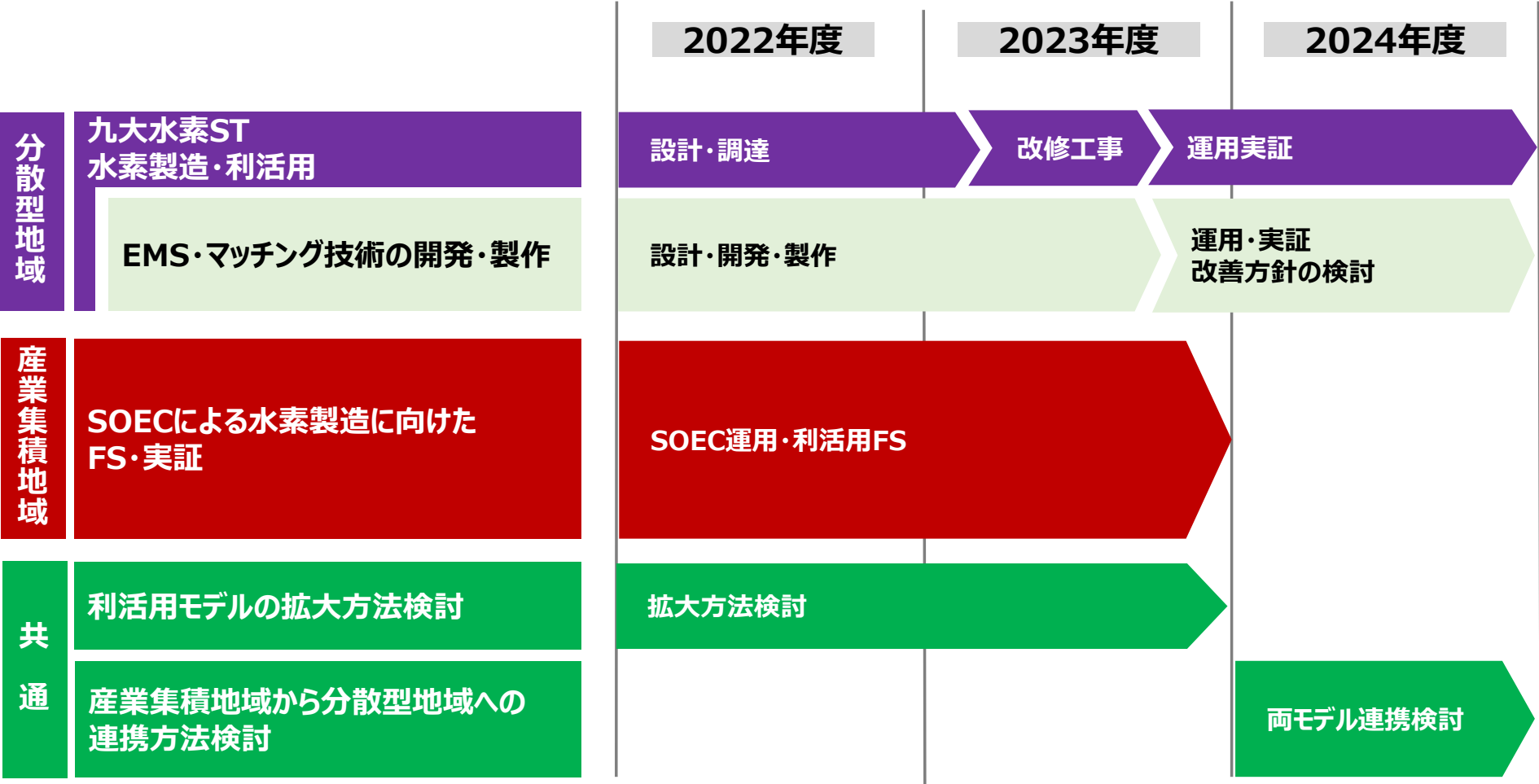
- 九州の特色
 - 再生可能エネルギー導入量が国内トップクラスなど豊富なゼロエミ電源を有する
 - 太陽光発電設備の増大に伴い出力制御も多く発生し、余剰再エネの量も国内で最も多い状況



水素の課題解決に向けた技術開発及び社会実装モデルの開発を、上記特色を生かし九州で行うことにより、日本全体に展開可能なモデル構築を目指す。

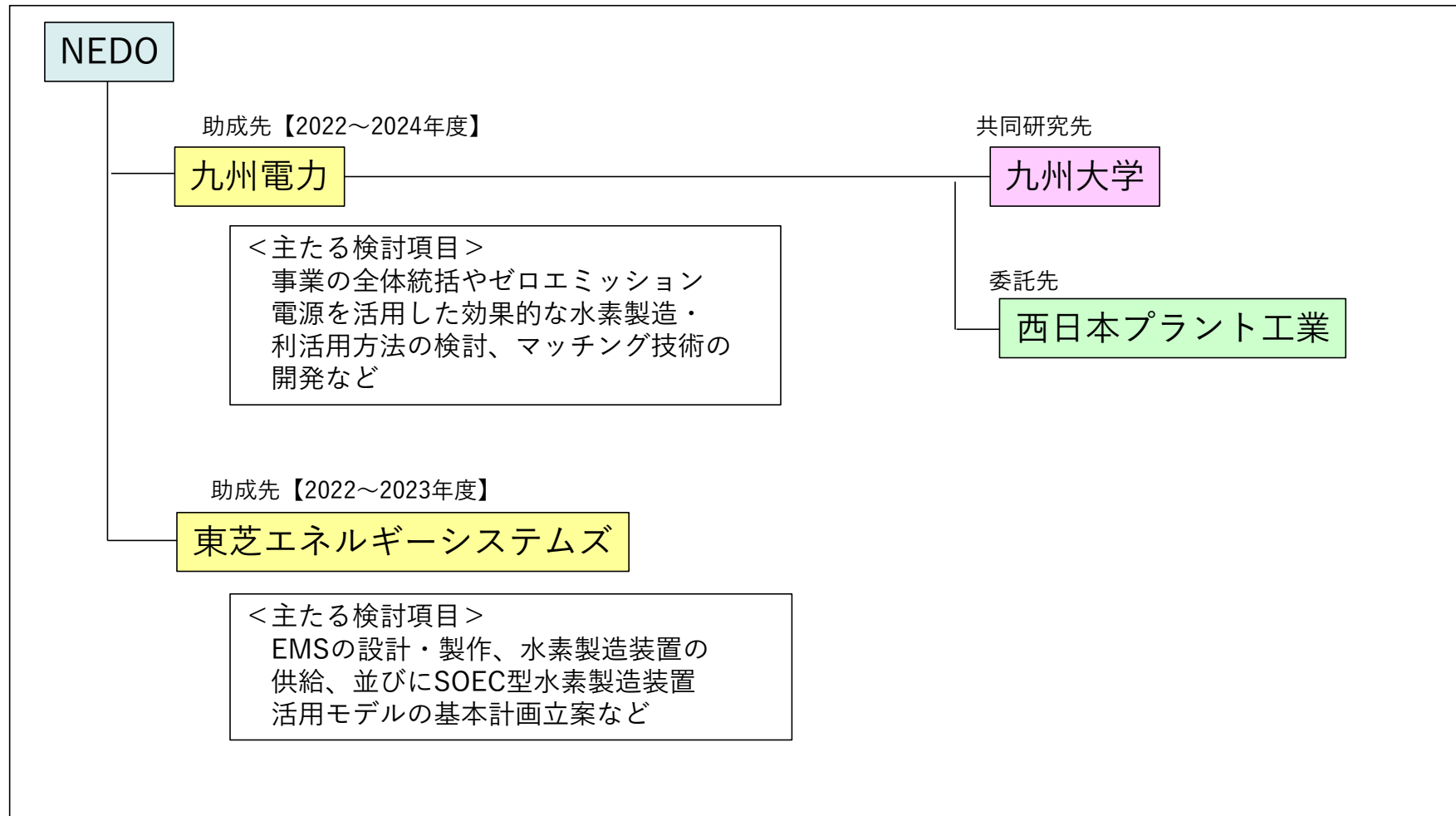
2. 研究開発マネジメントについて

【スケジュール】



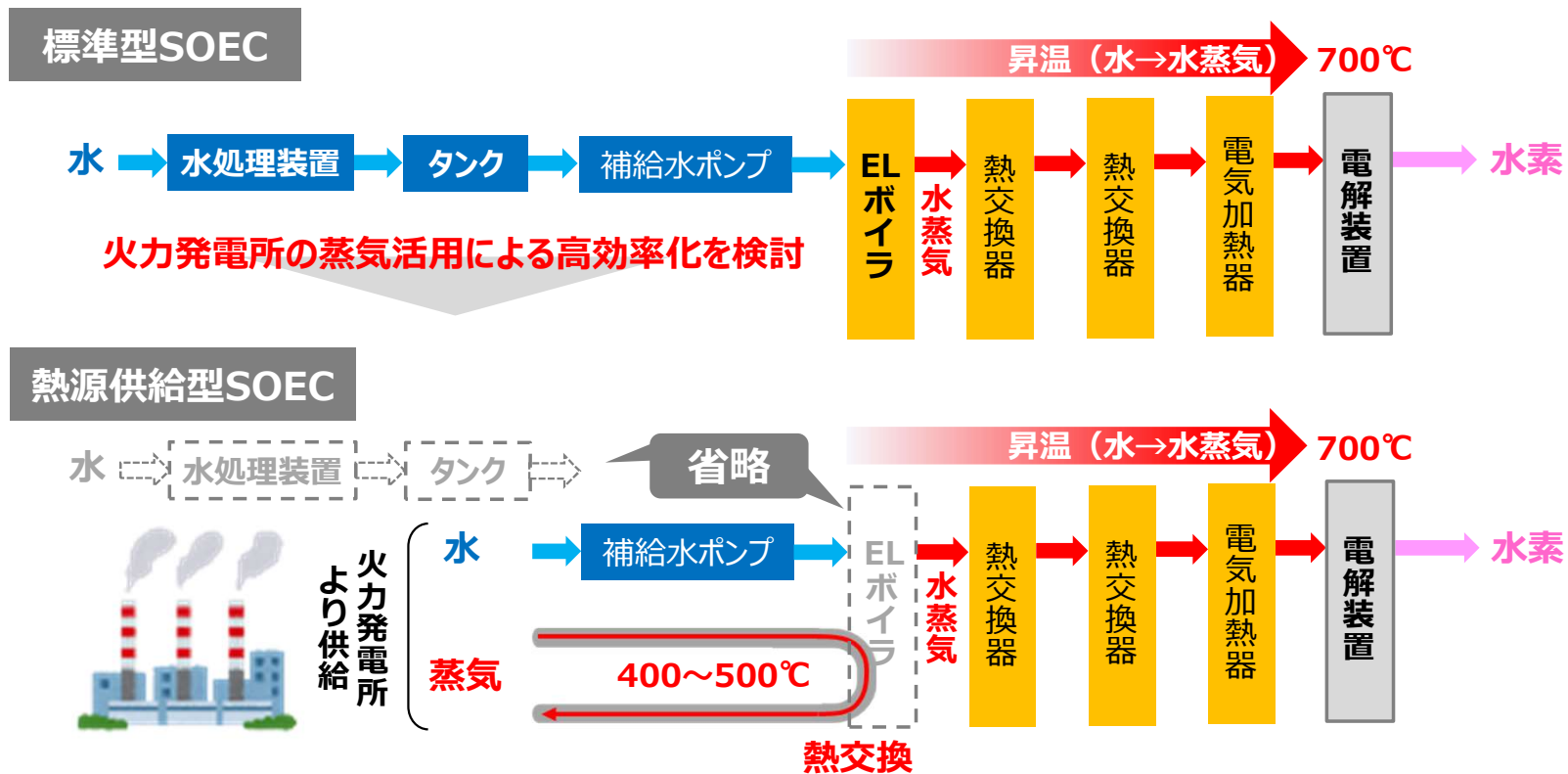
2. 研究開発マネジメントについて

【研究体制】



3. 研究開発成果について（産業集積地域モデル）

- 産業集積地域モデルの実証を行うサイト（火力発電所）を定め、該当火力発電所の蒸気条件を基に中圧抽気ラインから蒸気を抽出し、SOECへ供給を行うことを前提にFSを実施
- SOECの概念設計を進めるとともに、**火力発電所からの蒸気供給に係る技術評価や、当該装置内のELボイラ動力低減による水素製造効率（kWh/Nm³）の向上について検討**を実施
- また、火力発電所の現地調査を行い、蒸気供給配管・ケーブル等のルートや、SOECの運転に必要なユーティリティ供給設備等の検討を実施



3. 研究開発成果について（産業集積地域モデル）

- 産業集積地域モデルの実証に向け、SOECの設置場所候補の選定、運用方法、概念設計・基本設計を実施
- 2025年度上期での実装・運用を目指して検討を進めてきたが、**SOECの主要構成要素であるセルスタックやホットモジュールの技術課題が顕在化**したことにより、**検討を一時中止**



これまでの検討事項

- 実証に向けたSOEC設置候補場所の選定
- 火力発電所からの蒸気取出箇所を選定
- 発電所の蒸気条件をベースとした熱源供給型のSOEC型水素製造装置及び蒸気供給管の概念設計

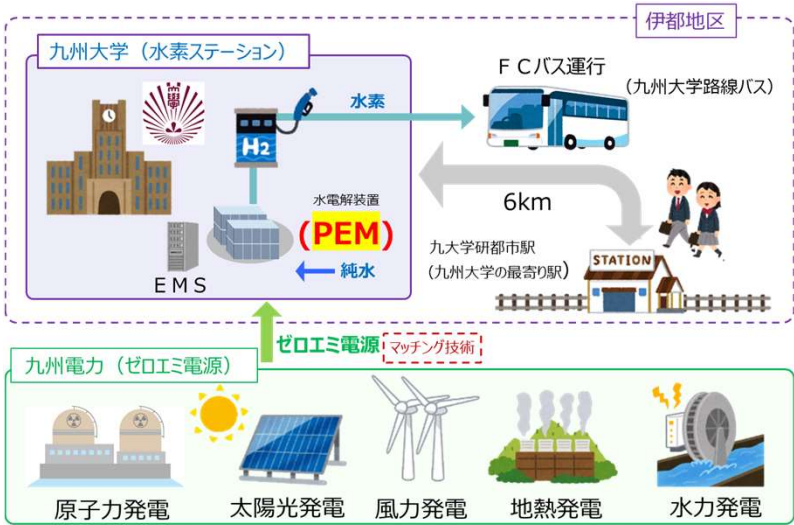
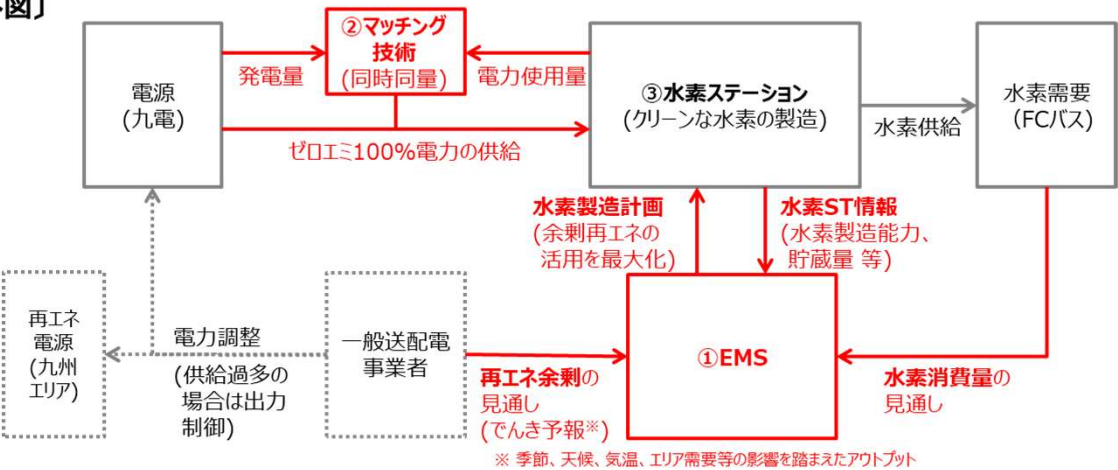
- 2022年度の概念設計成果をベースとしたSOEC型水素製造装置の基本設計（系統・配置設計）
- 火力発電所向けSOEC型水素製造装置の運用による水素製造コスト評価

3. 研究開発成果について（分散型地域モデル）

- 余剰再エネを最大限活用してクリーンな水素を製造することを目的として、水素を製造・利活用する分散型地域モデルとして、**九州大学内にPEM型水素製造装置を設置し、エネルギーマネジメントシステム（EMS）及びマッチング技術を開発（実証期間：2023年11月15日～2025年3月31日）**
- 製造した水素の利活用先として**FCバスを1台導入**。九州大学伊都キャンパスと最寄りのJR駅までの区間（区間距離10km程度）を営業運行しており、運行ダイヤ（運行本数）を変更することで、水素消費量を変動

内 容	項 目	進捗状況
EMS及びマッチング技術の開発・製作・運用	① EMS	・ 余剰再エネを最大限活用したクリーンな水素の製造が可能となるEMSのロジック等を構築し、開発
	② マッチング技術	・ 需要家の消費電力量と発電所の電源を30分単位で、リアルタイムに紐づけるロジック等を構築し、開発
九大水素ステーション 水素製造・利活用	③ 水素ステーション	・ 本研究は既設の九州大学水素ステーション設備を流用、一部更新（水素製造装置ほか）して実証

〔コンセプト図〕



3. 研究開発成果について（分散型地域モデル：EMS開発）

- EMSの導入により、EMSを導入しない場合（水素製造開始時刻を8:00に固定）と比較し、**余剰再エネを活用時間が増加**することを確認
- 水素ST稼働日（平日）の余剰再エネについて、**出力制御が多く発生する春季（3～5月）で27%～29%程度、秋季（10～11月）で30%～40%程度を活用**
- 水素需要を増加（FCバス運行：2往復/日⇒4往復/日）させることで余剰再エネ活用時間が増加

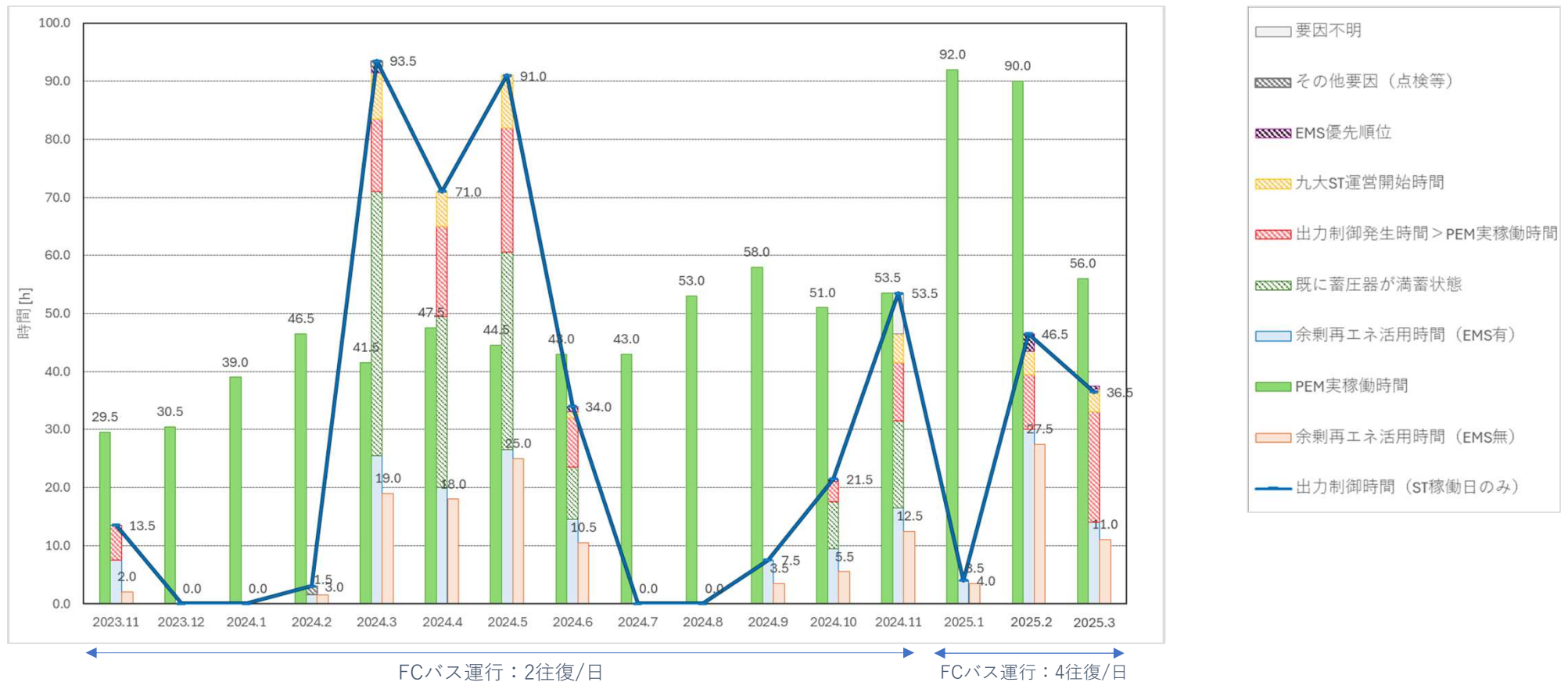
【九大水素ST実証結果（余剰再エネ活用時間）】

単位 [h]	2023年		2024年												2025年		
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
FCバス運行	2往復／日													九大水素ST定期点検のため、実績無	4往復／日		
PEM実稼働時間	29.5	30.5	39.0	46.5	41.5	47.5	44.5	43.0	43.0	53.0	58.0	51.0	53.5		92.0	90.0	56.0
ST稼働日出力制御発生時間	13.5	0.0	0.0	3.0	93.5	71.0	91.0	34.0	0.0	0.0	7.5	21.5	53.5		4.0	46.5	36.5
余剰再エネ活用時間（EMS有）	7.5	0.0	0.0	1.5	25.5	20.0	26.5	14.5	0.0	0.0	7.5	9.5	16.5		4.0	30.0	14.0
余剰再エネ活用率	56%	—	—	50%	27%	28%	29%	43%	—	—	100%	44%	31%		100%	65%	38%
余剰再エネ活用時間（EMS無）	2.0	0.0	0.0	1.5	19.5	18.0	25.0	10.5	0.0	0.0	3.5	5.5	12.5		3.5	27.5	11.0
余剰再エネ活用率	15%	—	—	50%	21%	25%	27%	31%	—	—	47%	26%	23%		88%	59%	30%

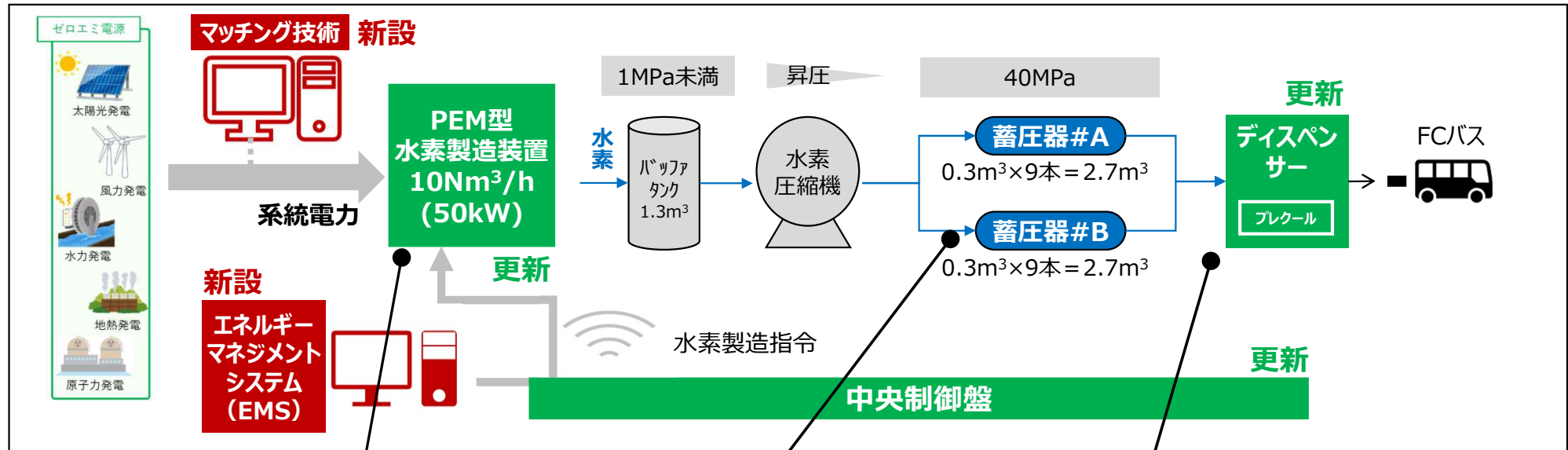
3. 研究開発成果について（分散型地域モデル：EMS開発）

- 余剰再エネの非活用時間が発生している要因について分析した結果、出力制御発生中に蓄圧器が満蓄状態となり、水素製造の余地が無い状態となっていることが主な要因として挙げられる
- 水素STの水素製造規模と需要規模を最適化させることで、更に余剰再エネを効率的に活用できる可能性

【余剰再エネの非活用時間分析結果】



(参考) 九大水素ST設備構成 (概要)



水素製造装置



蓄圧器



ディスペンサー



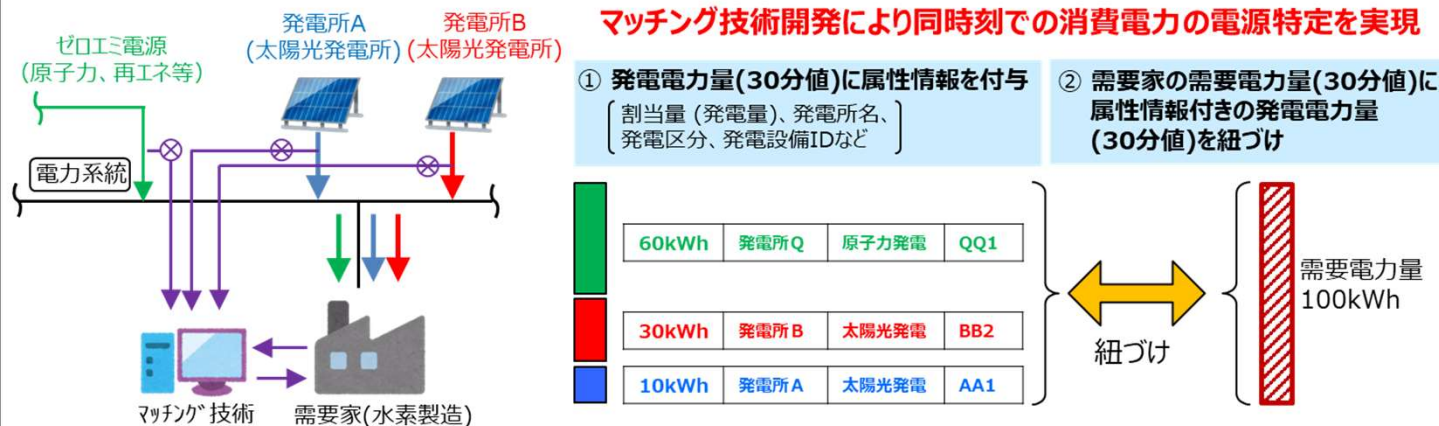
3. 研究開発成果について（分散型地域モデル：マッチング技術開発）

- 実証の全期間を通じて、消費した電力が需要家の希望するゼロエミ電源とリアルタイムに紐づけされていることを確認
- 将来的な環境価値ニーズを踏まえ、以下の3要件について、第三者による証明を取得する機能を付加する必要あり

【将来的にグリーン水素として求められると想定される要件】

- ① 1時間以内で需給が一致していること（1時間以内での一致）
- ② 需給いずれも九州エリア内であること（地理的一致）
- ③ 新設後15年以内の電源であること（追加性）

マッチング技術の概要

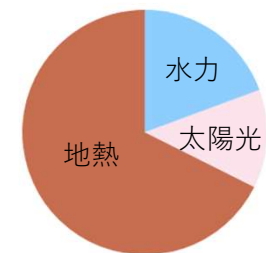


【マッチング実績】

2024/3/1～2025/2/28

電力需要合計：101,856.00 kWh

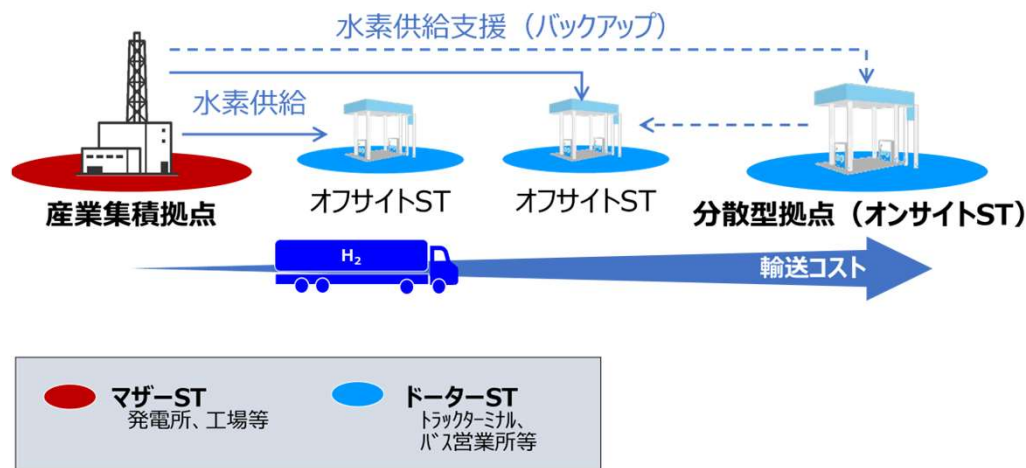
水力：19,713.37 kWh (19.35%)
太陽光：13,270.43 kWh (13.03%)
地熱：68,872.20 kWh (67.62%)



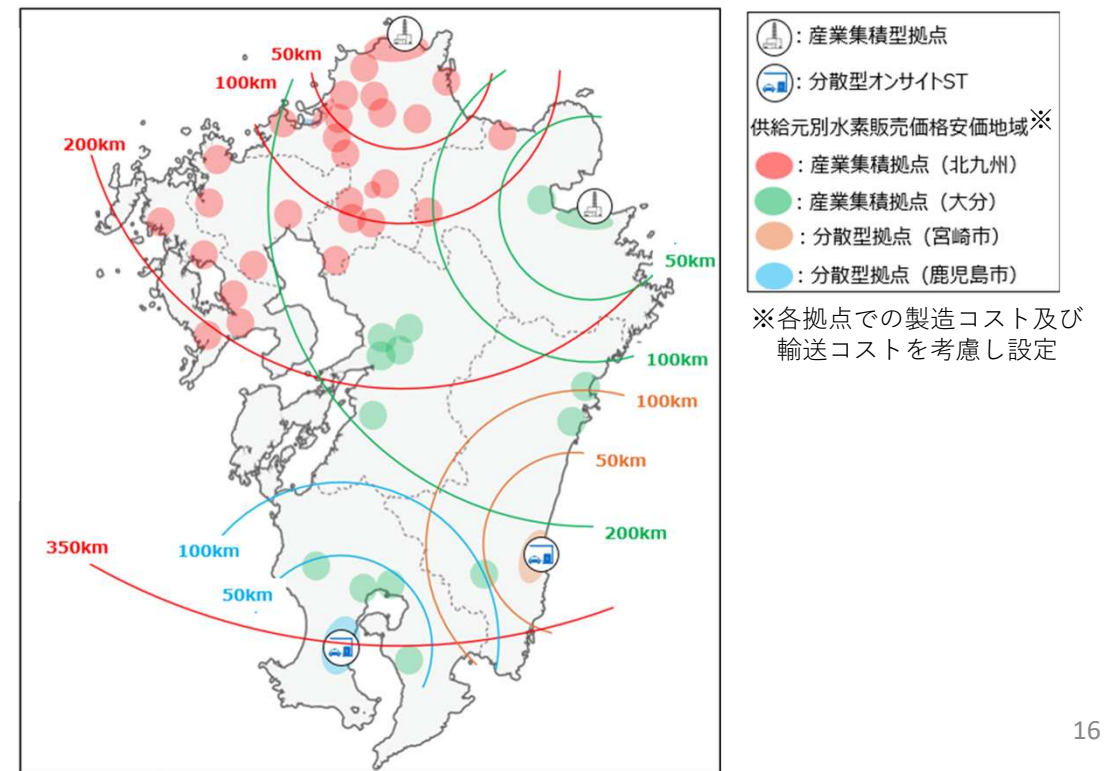
3. 研究開発成果について（両モデルの連携）

- 「産業集積地域モデル」「分散型地域モデル」両モデルの連携により、九州地域において最適な水素利活用モデルについて検討
- 分散型地域モデルが抱えるバックアップ体制の課題に対し、産業集積地域モデルからの供給/バックアップを行うことを基本として想定
- 水素の需要規模および輸送距離を考慮のうえ、**分散型拠点およびオンサイト水素STを適切に配置**することで、効率的に九州エリア内の水素供給を行う

【両モデルの連携イメージ】



【九州エリア需要に応じた両モデル配置イメージ】



3. 研究開発成果について（出力制御抑制ポテンシャル）

- 2030年グリーン成長戦略の「30年電動車導入目標」「水素利用目標」達成に向けて必要となる車両供給見通しに基づき、九州地域内でのFC商用車の所有台数について推定
- 2030年時点での各県のFC商用車の所有台数の推定に基づき、FC商用車による水素需要量を試算
- 九州各県におけるFC商用車の水素需要量を余剰再エネを利用した水素でまかなう前提とし、九州全土の出力制御抑制率を試算した結果、**九州全体で発生しているPV出力制御量の31%から51%程度を抑制**することが可能

【九州各県のFC商用車保有想定および出力制御抑制率】

	保有台数想定（2030年）		FC商用車の水素需要量 [kg/年]	水素ST 必要設置数 [基]	水素ST 消費電力量 [億kWh/年]	出力制御 抑制率※
	FC小型トラック [台]	FCバス [台]				
福岡県	492～902	42	974,852 ～ 1,685,519	5 ～ 8	0.7～1.1	11 ～ 18 %
佐賀県	84～154	6	164,482 ～ 285,816	1 ～ 2	0.1～0.3	2 ～ 4 %
長崎県	120～220	23	274,582 ～ 447,916	2 ～ 3	0.3～0.4	4 ～ 7 %
熊本県	156～286	15	313,438 ～ 538,772	2 ～ 3	0.3～0.4	4 ～ 7 %
大分県	108～198	9	213,287 ～ 369,287	1 ～ 2	0.1～0.3	2 ～ 4 %
宮崎県	96～176	6	183,258 ～ 321,824	1 ～ 2	0.1～0.3	2 ～ 4 %
鹿児島県	144～264	19	305,541 ～ 513,541	2 ～ 3	0.3～0.4	4 ～ 7 %
九州全土 (合計)	1,200～2,200	120	2,429,440 ～ 4,162,773	14 ～ 23	2.0～3.3	31 ～ 51 %

※九州全土の年間PV出力制御量 6.4億kWh（2023年12月～2024年11月実績）として試算

3. 研究開発成果について（意識醸成活動の推進）

- 九大水素STにおけるFCバスの運行開始式の開催や、九大水素STの視察等を通じ、水素社会の実現に向けたステークホルダーの皆さまの水素に対する意識醸成活動を推進
 - 運行開始式はメディアからも注目（テレビ4社、新聞4誌が報道）
 - 運行開始以降、**延べ24,000人（25年3月末時点）がFCバスを利用**
 - 九大水素STには、延べ66,000人（23年11月末時点）の視察者・見学者が来訪

2023年11月14日 水素燃料電池バス運行開始式 @九大伊都キャンパス（九州大学との共催）



3. 研究開発成果について（意識醸成活動の推進）

【研究発表実績】

国際学会講演

時期	学会・会議等	発表形式	発表者
2024年10月	PRiME 2024	口頭発表	九州大学
2023年 8 月	243 rd ECS Meeting (SOFC-XVIII)	ポスター発表	九州大学

論文(査読有)

時期	論文誌	DOI	発表者
2023年 8 月	ECS Transactions, 111 (6), 223, 2023	10.1149/11106.0223ecst	九州大学

国内シンポジウム

時期	学会・会議等	発表形式	発表者
2025年1月	九州大学-九州先端科学技術研究所(ISIT)-福岡市 連携 グリーントランスフォーメーション(GX)シンポジウム ～ 地域の未来への展望 ～	口頭発表	九州大学

4. 今後の見通しについて

電源の特定技術（マッチング技術）

- ・ 現在、国内では非化石証書による1/4期ごとの証明が主流
- ・ 欧米における環境意識の高い企業・団体等においては1時間単位での電源特定に関する議論が進んでおり、国内においても同様の動きが進んでいくことが想定
- ・ 本事業にて開発したマッチング技術に証明機能を付加することで、将来的なクリーン水素等への要求に対応することが可能
- ・ 世界的なニーズ等を踏まえつつ、先行して開発を進めることで商品としての価値を高めることができるため、今後も海外における動向や企業等のニーズを十分に見極めながら、事業化に向けた検討を進める

安価でクリーンな水素販売

- ・ 産業集積地等においてSOEC型水素製造装置により大量の水素を高効率で製造し、地域分散型の水素製造モデルと連携されることで、低価格での水素製造、販売を目指す
- ・ SOEC型水素製造装置による低価格の水素製造の実現が重要となるため、SOEC型水素製造装置の開発状況等を注視しながら事業化に向けた検討を進めていく
- ・ 分散型水素STに関しては、現状で商用ベースの水素需要が少ないこと、既存の燃料と比較して水素の価格が高いことが普及拡大に対する課題
- ・ 現行補助制度の発展などを通じ、水素需要の普及・促進を図ることでクリーンな水素の需要が高まっていくことを期待