

発表No. B-6

水素社会構築技術開発事業/ 地域水素利活用技術開発/

- ① 水素 C G S の地域モデル確立に向けた技術開発・研究
- ② 水素 C G S の事業モデル確立に関する調査

発表者名：川崎重工業(株) 足利貢

団体名：対象事業

①② 川崎重工業株式会社

①② 株式会社大林組

② 関西電力株式会社

発表日：2022年7月27日(水)

連絡先：

川崎重工業株式会社 水素戦略本部 山口

E-mail: yamaguchi_masato@khi.co.jp

TEL: 078-921-1615

① 水素 C G S の地域モデル確立に向けた技術開発・研究

川崎重工業株式会社
株式会社大林組

1. 背景・目的(1/6)

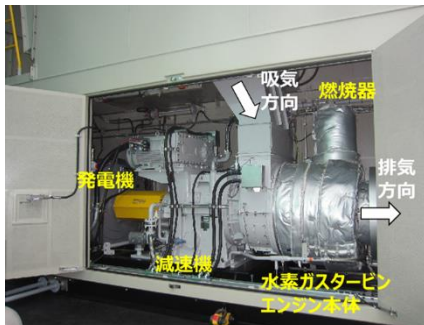
当事業の概要

「水素CGSの地域モデル確立に向けた技術開発・研究」

- 「水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発・実証事業」で整備した「水素CGS実証プラント」を活用し、**水素CGSを地域モデルとして確立するために必要な技術開発・研究**を行う。
- 本技術開発・研究により得られた成果をもとに、**電熱需要のある地域へ横展開できる水素CGSの地域モデル確立**を目指す。



M1A-17 ガスタービン



水素ガスタービン・パッケージ



国際展示場



ポートアイランド
スポーツセンター



水素CGS
エネルギーセンター

エネルギー供給先 (H30年11月時点)



地図(2枚)出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp>)

1. 背景・目的(2/6)

当事業の位置付け

水素ガスタービンの実用化に向けた基盤技術開発

- ◆ 2015～2018年度「水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発事業」
 - ウェット方式による水素ガスタービン技術の早期実現
- ◆ 2019～2020年度「ドライ低NO_x水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業」
 - ドライ方式による効率向上とNO_x低減技術の確立による性能向上



水素ガスタービンによる地域モデルを確立するための技術開発

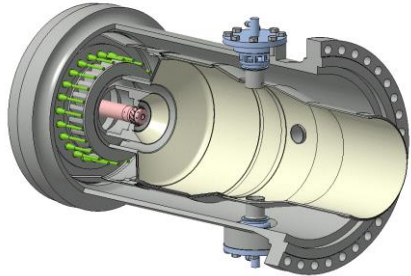
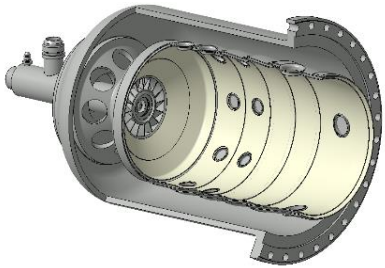
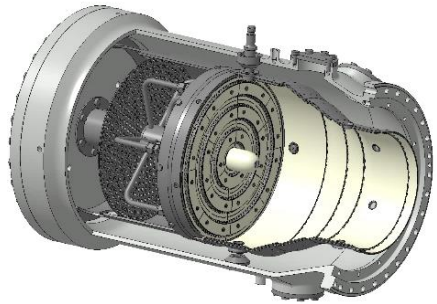
- ◆ 2021～2022年度「水素CGSの地域モデル確立に向けた技術開発・研究」
 - ドライ方式混焼対応：混焼範囲の拡大による運用自由度拡大（水素レディ）
 - NO_x性能の向上：高規制地域での脱硝装置削減による設備導入コスト低減
 - 統合型EMSによる最適化：事業性・環境性を考慮した最適運用技術の確立

地域モデル実現の
ための技術課題

1. 背景・目的(3/6)

川崎重工業の水素ガスタービン用燃焼器のラインナップ

本事業での開発項目

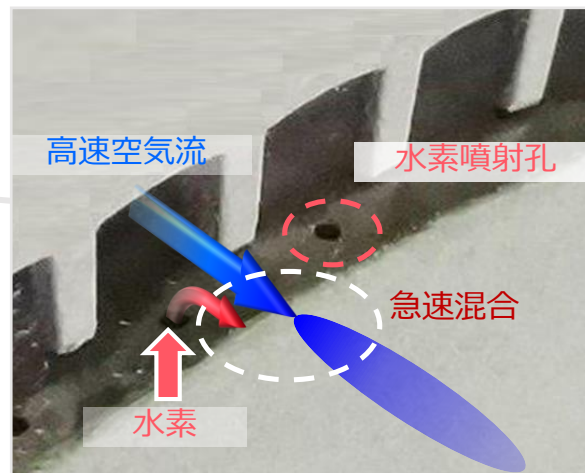
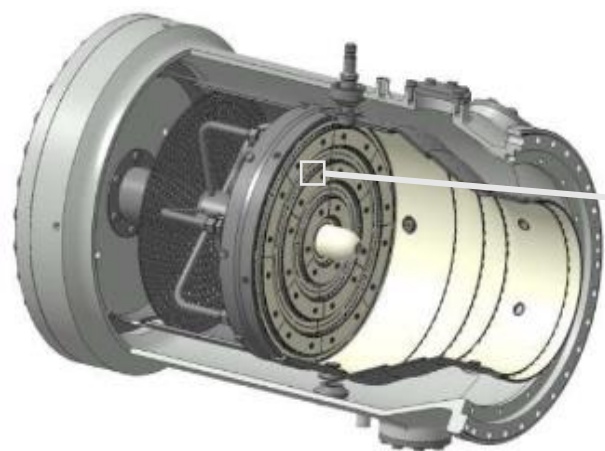
水素燃焼方式	希薄予混合燃焼 追焚き燃焼	拡散燃焼	微小水素火炎 (マイクロミックス:MMX)
NO _x 低減	ドライ	水噴射(ウェット)	ドライ
燃焼器形状			
水素割合	0~20cal%	0~100cal%	100cal%(2020年度) 本事業: →20~100cal%
混焼/水素専焼	混焼○/専焼×	混焼○/専焼○	混焼×/専焼○(2020年度) 本事業: →混焼○/専焼○
NO _x (O ₂ = 16%)	12.5ppm (目標)	70ppm	70ppm(2020年度) 本事業: →35ppm (目標)
開発状況	1MW級 開発済	1MW級 開発済	1MW級 開発中

顧客のニーズに合わせて3種類の機種を商品化予定

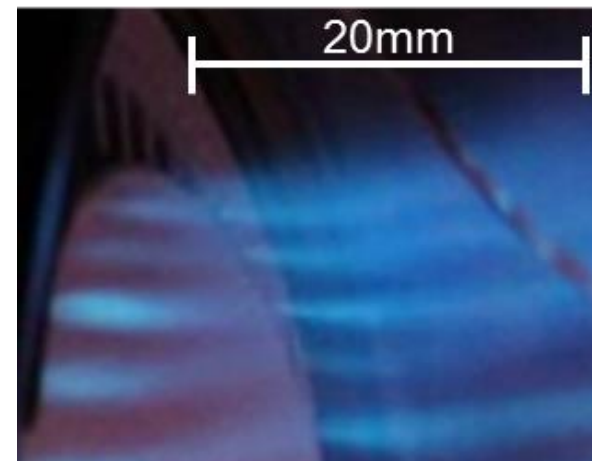
1. 背景・目的(4/6)

「微小水素火炎(マイクロミックス:MMX)」方式 ドライ燃焼器の特徴

- 水素は燃焼速度が速く、天然ガス焚きドライ低NO_xで用いられる希薄予混合方式では燃料/空気予混合通路への逆火・焼損リスクが高いため、高濃度水素への適用が困難。
- 微小な水素火炎を用いたマイクロミックス(MMX)燃焼方式を開発。
 - ・サーマルNO_x発生源である火炎の高温部領域を抑制することでNO_xを低減する。
 - ・予混合通路を持たないため逆火リスクが低い。



微小な水素火炎を形成

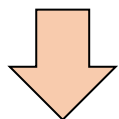


1. 背景・目的(5/6)

MMX方式ドライ水素専焼燃焼器開発の成果（※前事業）

※「ドライ低NOx水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業」

- 神戸ポートアイランドの実証プラントにドライ方式燃焼器を実装
- ドライ方式での水素専焼（水素100%）運転に世界で初めて成功 [2020年5月]



- 「日本燃焼学会 技術賞」を受賞（2021年11月）
- 「日本ガスタービン学会 技術賞」を受賞（2022年4月）

「日本燃焼学会 技術賞」を受賞

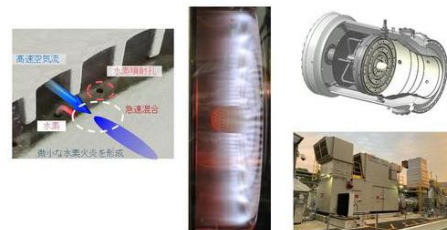
2021年11月29日



川崎重工は、一般社団法人日本燃焼学会が主催する第59回燃焼シンポジウムにおいて、2021年度「日本燃焼学会 技術賞」を受賞しました。本賞は、燃焼応用技術の研究・開発に顕著な功績をあげた個人またはグループに与えられるものです。

今回の受賞は、当社が進めてきたNEDO*1の助成事業「ドライ低NOx水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業」において、新規開発したマイクロミックス燃焼技術を採用したドライ方式水素専焼ガスタービンの運転ならびに地域社会への電気と熱の同時供給に世界で初めて成功したことが評価されました。

世界中で脱炭素社会の実現に向けたさまざまな取り組みが進む中、当社は環境に優しいエネルギー機器の普及、発展に向けて研究開発を進めています。



*1 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

事業名：水素社会構築技術開発事業／大規模水素エネルギー利用技術開発／ドライ低NOx水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業

「日本ガスタービン学会 技術賞」を受賞

2022年05月31日

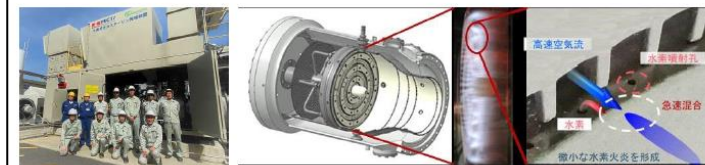


学会賞授賞式（写真提供：日本ガスタービン学会）

4月15日、川崎重工は、公益社団法人日本ガスタービン学会 学会賞授賞式において、「日本ガスタービン学会 技術賞」を受賞しました。本賞は、ガスタービンおよびエネルギー関連技術に関連した優れた研究、技術に対し与えられるものです。

今回の受賞は、当社が進めてきたNEDO*1の助成事業「ドライ低NOx水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業」において、新規開発したマイクロミックス燃焼技術を採用したドライ方式水素専焼ガスタービンの運転ならびに地域社会への電気と熱の同時供給に世界で初めて成功したことが評価されました。

世界中で脱炭素社会の実現に向けた様々な取り組みが進む中、当社の環境に優しいエネルギー機器の普及、発展に向け研究開発を進めています。



水素発電所のガスタービン発電装置

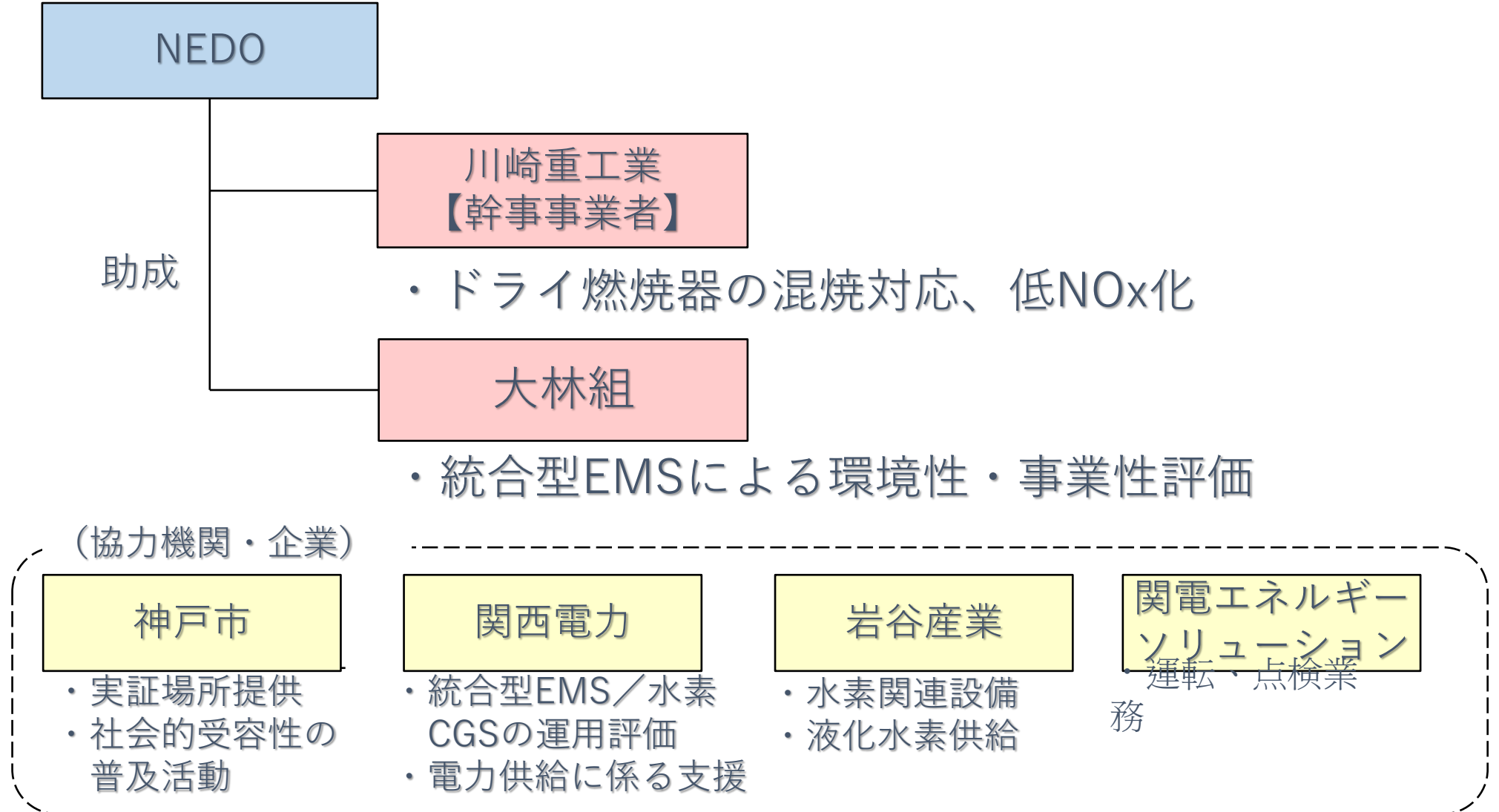
micro-mix燃焼器とmicro-mix燃焼技術

*1 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

事業名：水素社会構築技術開発事業／大規模水素エネルギー利用技術開発／ドライ低NOx水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業

1. 背景・目的(6/6)

実施体制（事業全体）



2. 内容・成果(1/6)

目標と実施内容（川崎重工業）

<目標>

- 標準大気条件(1atm、15°C、相対湿度60%) におけるNOx濃度35ppm(残存酸素16%換算値)以下を達成する。
- 水素専焼ドライ燃焼器を天然ガスとの混焼に対応できるように改良開発を行い、現状混焼に対応できていない範囲（20～90cal%）をカバーする

<実施内容>

- ① ドライ燃焼器の実機運転では燃焼器単体でのリグ試験の結果よりもNOx生成量が増加しており、その要因を要素研究・リグ試験により解明
- ② NOx低減および混焼対応実現の障害となる「燃焼振動」に対し、要素研究・リグ試験により発生抑制方法の検討を実施
- ③ ドライ燃焼器では天然ガスの濃度が高くなると燃焼用空気に対して燃料量が希薄となり、吹き消えによる「失火」が発生することから、保炎のための方策を要素研究・リグ試験により検討
- ④ 上記の改良案に対し燃焼器単体での検証試験を行い、ガスタービン本体への搭載に向けてブラッシュアップを行う
- ⑤ 改良開発した燃焼器をガスタービン本体へ搭載して実証運転を行う

2. 内容・成果(2/6)

目標と実施内容（大林組）

<目標>

- ドライ混焼燃焼を用いた水素CGSで電熱供給する場合の補機動力を計測し、**ウェット型よりも環境性や事業性が優位になることを確認**する。
- 前事業で取得できなかった夏季の補機動力試験を実施し、**統合型EMSの精度向上**を図る。

<実施内容>

[統合型EMS改修]

- ドライ混焼燃焼器等の補機動力データを統合型EMSで取得できるよう、ドライ混焼燃焼器等に伴う統合型EMSの再設計、改修を行う。

[補機動力試験運転]

- 前事業でデータ取得できなかった、ドライ専焼燃焼器実装水素CGS（改造前）の高温域の補機動力計測を行うため、夏季補機動力計測試験を実施する。
- ドライ混焼燃焼器等を実装した水素CGSの補機動力データを取得する。

[統合型EMS試験運転]

- ドライ混焼燃焼器等を実装した水素CGSから**近隣施設へ電熱を供給し、運転実績データを取得**することで、**ガスタービン及び補機の性能式を修正**する。
- ドライ混焼燃焼器等実装運転時の**環境性と事業性**を、**ドライ専焼燃焼器の場合と比較評価**する。

2. 内容・成果(3/6)

課題解決の具体的方策（川崎重工業）

課題

「燃焼振動」対策

「失火」対策

燃焼振動の発生を抑制する技術の開発

燃焼振動の圧力変動レベルを低減する技術の開発

保炎性向上技術の開発

「追い焚きバーナ」設置

追い焚きバーナ：
MMXバーナの燃焼量を「燃焼振動」発生領域以下に抑制し、燃焼量の不足分を「追い焚きバーナー」で燃焼

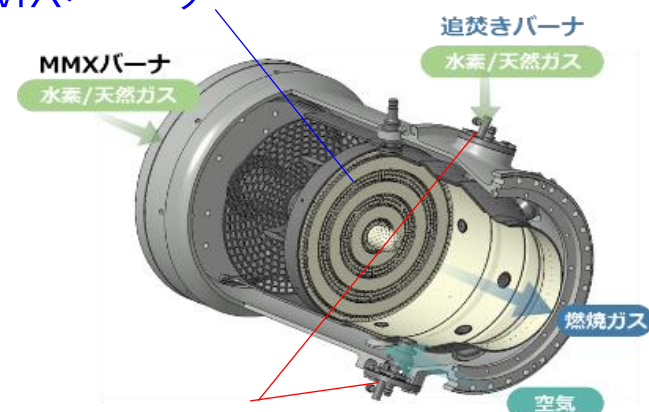
「減衰装置（レゾネータ）」設置

レゾネータ：
ヘルムホルツ共鳴を利用して、圧力波を低減する装置

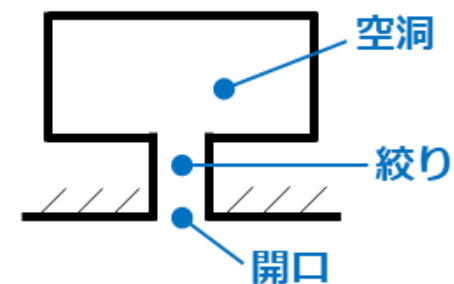
トライアングル・ステップ

トライアングルステップ：
噴射孔周辺の形状を工夫し、下流で保炎渦を形成

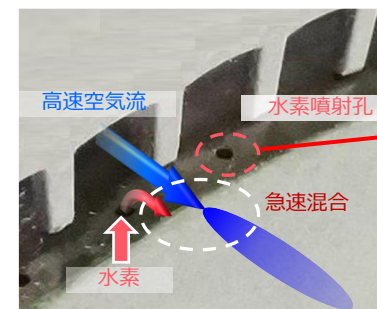
MMXバーナ



追い焚きバーナ



「レゾネータ」の基本構造



トライアングル・ステップ

微小な水素火炎を形成

2. 内容・成果(4/6)

実機試験結果

- 2021年12月～改修した既存燃焼器および新製作の改良試作燃焼器による実機試験を実施

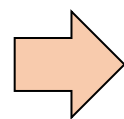
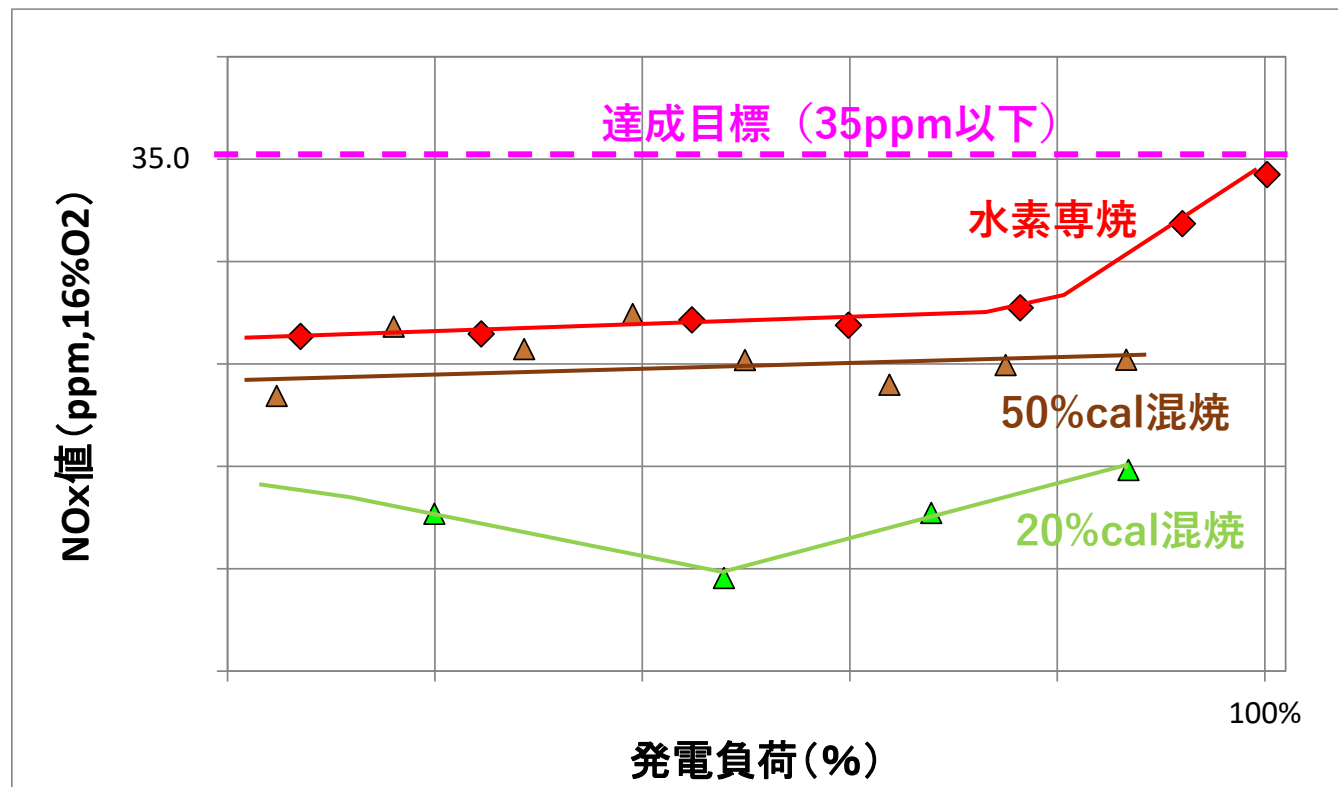


追い焚きバーナ

「追い焚きバーナ」付き
MMX燃焼器の搭載状況

新製作の改良燃焼器（追い焚きバーナ付き）

NOx性能値



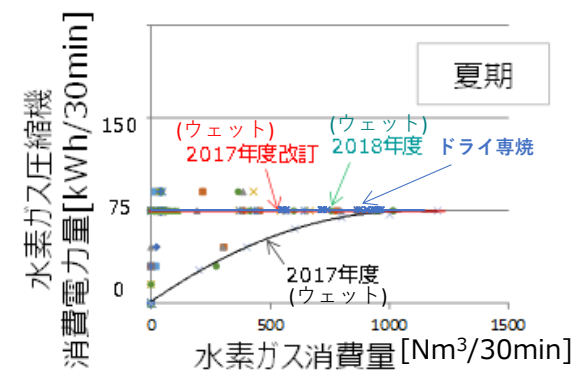
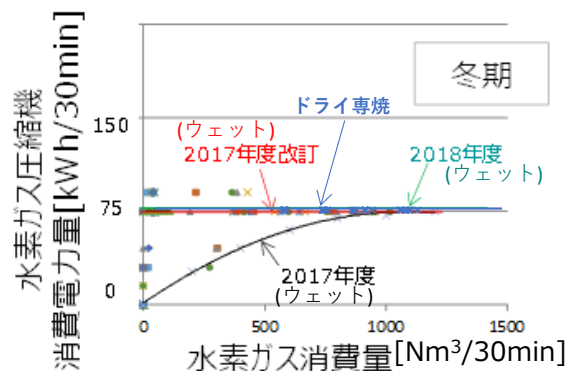
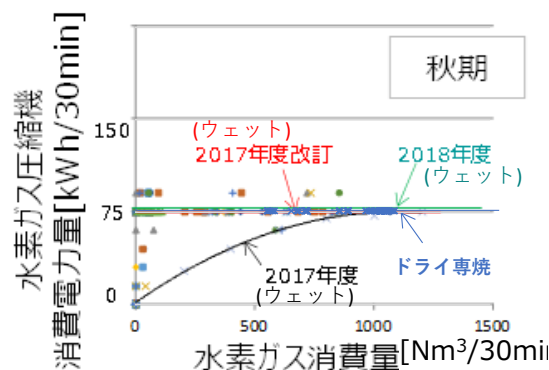
全ての運転領域で **NOx値35ppm以下の達成**を確認
20~90cal%の混焼運転の達成を確認
全ての運転領域で **「燃焼振動」発生なし**

2. 内容・成果(5/6)

水素専焼ドライ燃焼器補機動力試験

- 2019～2020年度「ドライ低NO_x水素専焼ガスタービン技術開発・実証事業」（前事業）で、取得できなかった夏季の補機動力計測のための実証試験を行った。
- 前事業で取得済の中間期（秋季）・冬季の補機動力データと併せて、ウェット方式燃焼器とドライ方式燃焼器（専焼）の性能比較を行い、ドライ方式の優位性を確認した。

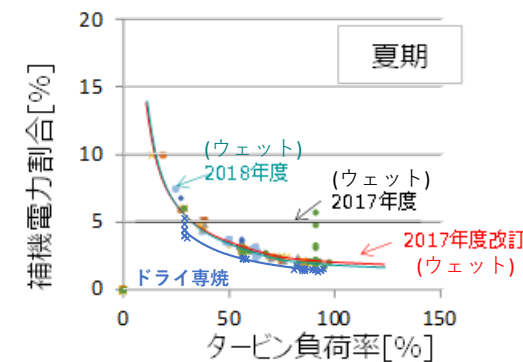
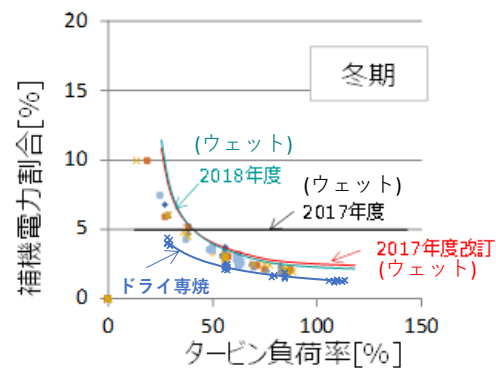
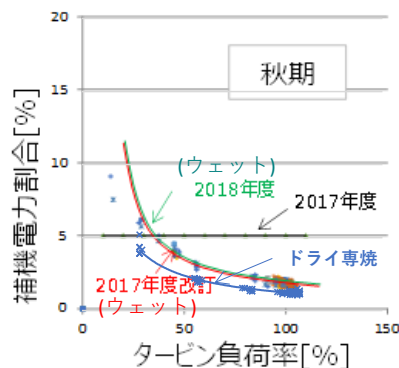
水素ガス圧縮機 消費電力量



補機消費電力量 (ガス圧縮機以外)

(共通)

ウェット方式：2018年度が最終
ドライ方式：今回（専焼のみ）



2. 内容・成果(6/6)

成果の普及

種別	件数
論文（査読付き）	1件
研究発表・講演	40件
新聞・雑誌等への掲載	3件
プレスリリース	6件
展示会への出展	0件
受賞	2件
現地視察	109件(824名)

	件数
特許出願（うち外国出願）	2件（0）

- 2021年度の成果公表実績は上表の通り。
- 国内外より多数の視察者を受入れ。
（設備完成後の2018年2月からの累計で延べ約400回・47ヶ国・3,500人以上）
- 「日本燃焼学会」「日本ガスタービン学会」技術賞を受賞。
- 水素エネルギー活用の普及啓発、社会受容性の向上に向けて積極的に発信・展開した。

3. 今後の見通しについて(1/1)


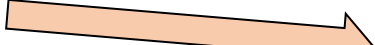



最終目標達成の見通し

< 目標 >

- 標準大気条件(1atm、15°C、相対湿度60%) における **NOx濃度35ppm(残存酸素16%換算値)**以下を達成する。
- 水素専焼ドライ燃焼器を**天然ガスとの混焼に対応できるように改良開発**を行い、現状**混焼に対応できていない範囲 (20~90cal%)** をカバーする
- ドライ混焼燃焼を用いた水素CGSで電熱供給する場合の補機動力を計測し、ウェット型よりも環境性や事業性が優位になることを確認する。

いずれも達成の
目途付け済

< 残課題 >

- 過渡（自動）運転時の燃焼安定性の確認  設備の自動運転化改修工事
(22年8月頃) 後に実施
- 混焼率20cal%の無負荷運転における失火対策 
- 混焼の低発電負荷率運転時のCO（一酸化炭素）発生抑制  開発済の要素技術の
組み合わせで解決の見通し
- ドライ混焼燃焼器を実装した水素CGSから近隣施設へ電熱を供給し、運転実績データを取得することで、ガスタービン及び補機の性能式を修正する。  いずれも
実証試験（2023年1月
頃）後に実施
- ドライ混焼燃焼器実装運転時の環境性と事業性を、ウェット混焼燃焼器の場合と比較評価する。 

② 水素 C G S の事業モデル確立に関する調査

川崎重工業株式会社
株式会社大林組
関西電力株式会社

1. 背景・目的(1/3)

調査概要と目的

神戸市のポートアイランド地区をモデルケースとして、地域への水素CGS導入による「電力」「熱」の脱炭素化を目指す場合の、導入ポテンシャルや経済性、CO₂削減効果、実現可能性等について調査



2030年代～2050年代における、比較的大規模な施設やビルが集中する市街地における「電力」「熱」の『脱炭素化』の促進



地域での水素サプライチェーン（地消モデル）実現の先駆けとなることで、将来の大規模な水素社会実現の可能性を示すとともに、脱炭素社会構築に向けた水素エネルギーの有効性を広く訴求することで、本格的な水素エネルギーの普及促進に大きく貢献



1. 背景・目的(2/3)

調査項目と目標

① 水素製造ポテンシャルの調査

水素CGS 導入にあたり、必要となる「水素」の供給に関して、日本国内の現状と今後の拡張計画や新規計画、また、海外からの新規水素供給計画等について調査し、年別の供給能力と調達や輸送に要する価格・費用の推移を把握

② 水素利活用ポテンシャルの調査

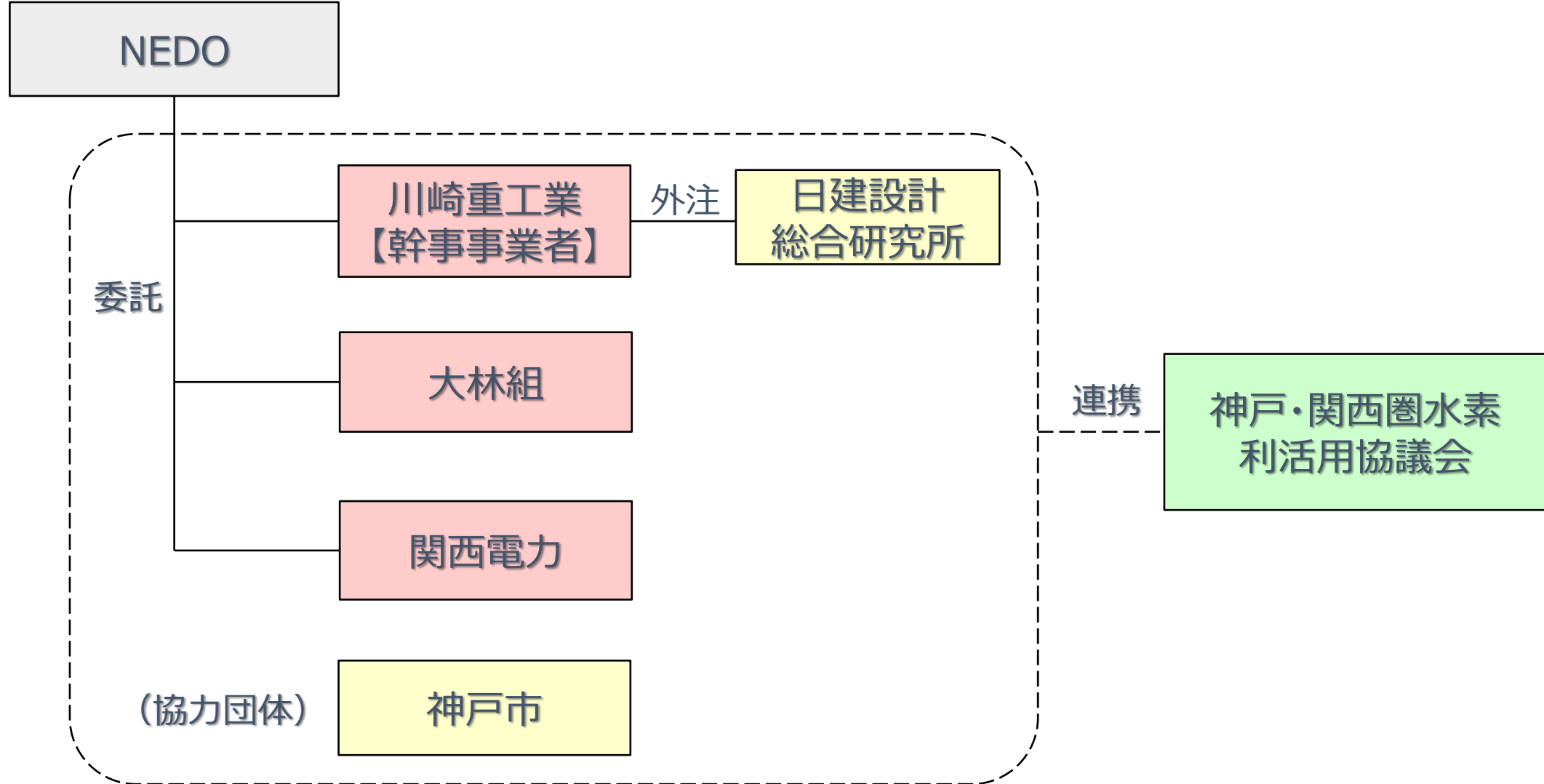
神戸ポートアイランドに設置されている「神戸水素CGS エネルギーセンター」をモデルとし、水素CGS 導入に必要な熱需要量を算定し、それを満足する周辺の産業等の熱需要を洗い出すことで、その導入ポテンシャルを調査するとともに、水素の調達・輸送コストや設備の運用・維持コストを分析することで経済的な成立性の検討

③ 水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

①②の検討結果に基づき、水素CGS の普及に向けた経済性や制度面、社会面での課題を洗い出すとともに、それを解決するための具体的方策の検討および政策提言等を考案し、その実現のためのマスタープランを検討する。CO₂ の削減効果についても分析を実施

1. 背景・目的(3/3)

実施体制



2. 内容・成果(1/15)

①水素製造ポテンシャルの調査

調査内容・手法(1/2)

国内の現状の水素供給事例の調査

副生水素や水電解、化石燃料改質等で製造されている日本国内の現状の水素供給事例を文献や公開資料等の調査から、製造元毎に製造方法・製造量（供給可能量）、所在エリア・供給単価・CO₂排出原単位（推定で可）等の情報を整理する。

水素液化費用

水素ガスの液化に要する費用等について、文献や公開資料等の調査から、単位水素あたりの液化コストとCO₂排出原単位等の情報のまとめ。

液化水素輸送

現状の液化水素の輸送方法について、文献や公開資料等の調査から、輸送可能距離・単位水素あたりの輸送コスト・単位距離あたりのCO₂排出原単位等の情報のまとめ。

液化水素サプライチェーンにおけるコスト単価（円/Nm³）まとめ

文献や公開資料等の調査から、液化水素サプライチェーンにおけるコスト単価（円/Nm³）等の情報のまとめ。

国内計画水素製造能力増強・新規製造方法の開発による予想供給ポテンシャル・価格に関する調査

日本国内で現在計画されている水素製造能力増強および新規製造方法の開発による予想供給ポテンシャルと予想価格等を文献や公開資料等の調査から、製造方法・製造量（供給可能量）・供給価格・CO₂排出原単位当の予想水位のまとめ。

2. 内容・成果(2/15)

①水素製造ポテンシャルの調査

調査内容・手法(2/2)

今後の開発による水素ガス液化費用低減に関する調査

水素ガスの液化に要する費用等について、今後の開発によるコスト等の低減の見込みを文献や公開資料等の調査から、単位水素あたりの液化コストとCO2排出原単位当の予想水位のまとめ。

今後の開発による液化水素輸送・水素ガスパイプラインによる輸送コストに関する調査

今後の開発される液化水素の輸送方法および水素ガスパイプラインについて、文献や公開資料等の調査から、輸送可能距離・単位水素あたりの輸送コスト・単位距離あたりのCO2排出原単位当の予想推移のまとめ。

輸入水素 製造方法・製造量（供給可能量）・供給単価・CO2排出原単位 予想推移

現在計画されている海外からの水素輸入による予想供給ポテンシャルと予想価格等を文献や公開資料等の調査から、製造方法・製造量（供給可能量）・供給単価・CO2排出原単位等の予想推移まとめ。

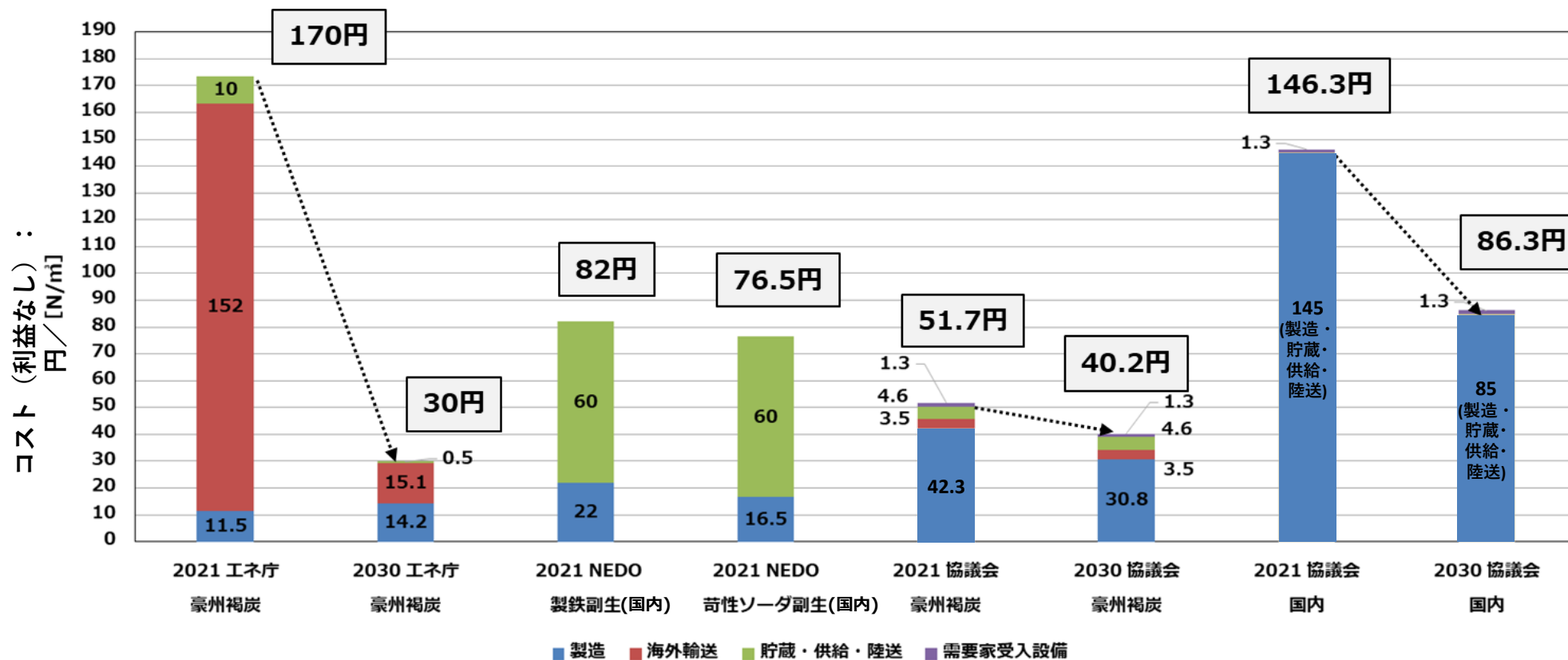
輸入水素 輸送可能距離・単位水素あたりの輸送コスト・単位距離あたりのCO2排出原単位 予想推移

今後の開発される海外からの液化水素の輸送方法について、文献や公開資料等の調査から、輸送可能距離・単位水素あたりの輸送コスト・単位距離あたりのCO2排出原単位等の予想推移をまとめ。

2. 内容・成果(3/15)

①水素製造ポテンシャルの調査

結果まとめ



参考文献：経済産業省 資源エネルギー庁 今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）2021年3月22日 新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf
 NEDO 水素社会構築技術開発事業/総合調査研究/副生水素供給ポテンシャルに関する調査 https://www.nedo.go.jp/koubo/HY1_00022.h
 神戸・関西圏水素利活用協議会協議会レポート（2020年度）-将来ビジョン整理と需給の定量化- 2021年5月17日【詳細版】 https://www.obayashi.co.jp/news/upload/img/news20210517_1_02.pdf

➤ 2030年の神戸水素CGSにおける水素コストの見通し：**¥40.2/Nm³**
 （豪州褐炭水素CIF + 国内輸送費等を含む、※利益なし）

事業性評価（IRR）
 に反映

2. 内容・成果(4/15)

②水素利活用ポテンシャルの調査

調査内容・手法

1 MW 級水素CGS「熱」「電力」供給性能把握

神戸水素CGS エネルギーセンターにおいて2018年1月～2021年1月までに取得した運転データから、事業性検討・評価に使用する1 MW 級水素CGS (PUC17型) の外気温/混焼率毎の電力・熱(蒸気)の発生能力のまとめを実施。

必要熱需要算定

後述の「水素CGS導入ポテンシャル整理・IRR評価」と併せて検討実施中。

周辺需要家「熱」「電力」需要量調査

地理情報システム(GIS: Geographic Information System)のデータを用いて、対象エリア建物の用途、建築面積、延床面積等から一次エネルギー消費量、熱と電力の需要量を推定の上、需要ポテンシャルの高い19施設を候補として選定し、調査への協力を打診。内14施設の協力を得られヒアリング調査を実施

水素CGS 運用データ整理

神戸水素CGS エネルギーセンターにおいて2018年1月～2021年1月までに取得した運用データから、事業性検討・評価に使用する水素CGSの運転に必要な消耗品費用や運転人員数、保守費用等のまとめを実施。

水素CGS導入ポテンシャル整理・IRR評価

1MW級水素CGSの事業性・環境性検討スキームを整理し、入力内容(CGSS性能データ、プラント保守費用等)の精度向上に合わせて、事業性(IRR)・環境性評価シミュレーションツールの改修・改良を実施。

2. 内容・成果(5/15)

②水素利活用ポテンシャルの調査

結果まとめ(1/4)

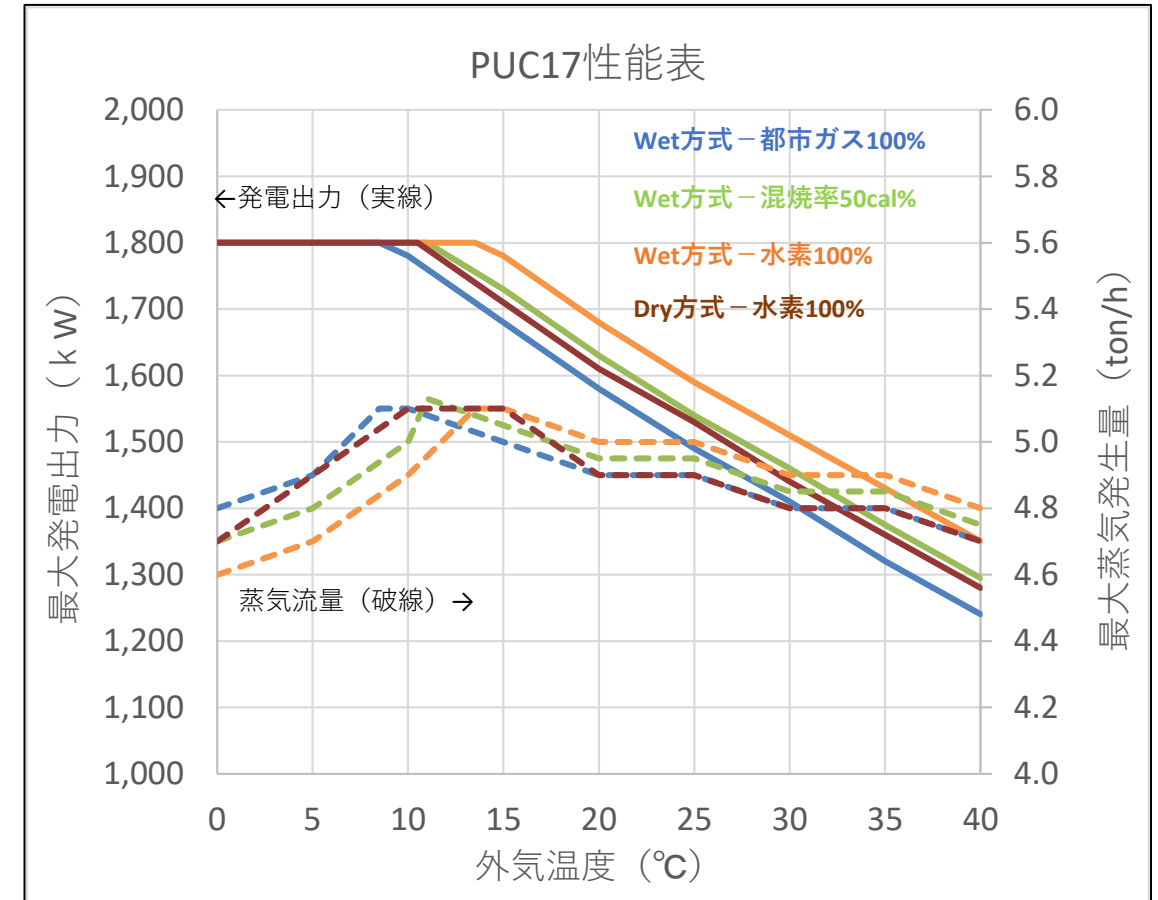
1 MW 級水素CGS「熱」「電力」供給性能把握

水素CGS 運用データ整理

- 1 MW 級水素CGS (PUC17 型) の外気温／混焼率毎の電力・熱（蒸気）の発生能力は右グラフのとおり。
- 水素CGS の運転に必要な費用の算定



事業性評価 (IRR) に反映



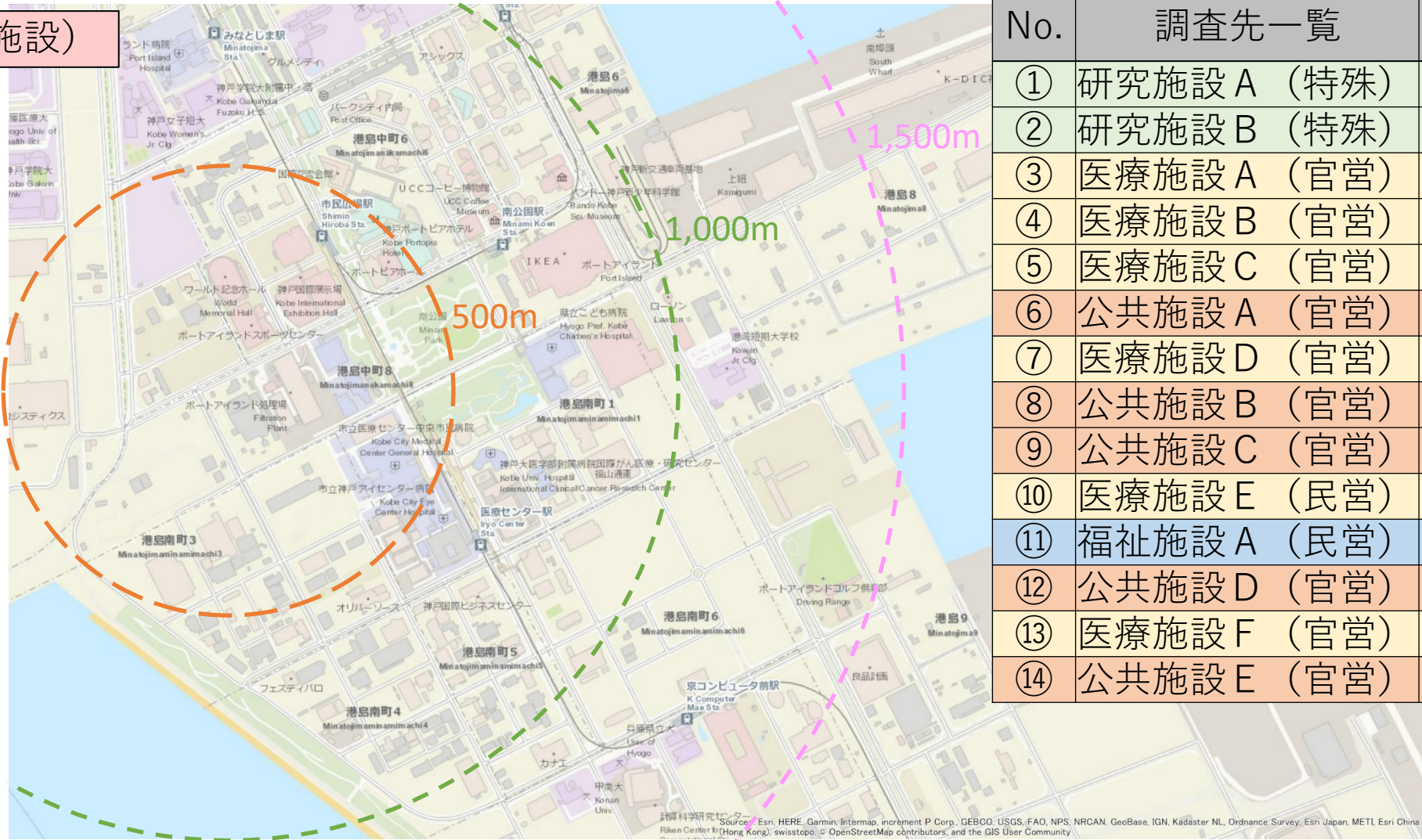
2. 内容・成果(6/15)

②水素利活用ポテンシャルの調査

結果まとめ(2/4)

周辺需要家「熱」「電力」需要量調査 (1/2)

調査先 (14施設)



No.	調査先一覧	距離
①	研究施設 A (特殊)	1,500m圏内
②	研究施設 B (特殊)	500m圏内
③	医療施設 A (官営)	1,000m圏内
④	医療施設 B (官営)	500m圏内
⑤	医療施設 C (官営)	1,000m圏内
⑥	公共施設 A (官営)	500m圏内
⑦	医療施設 D (官営)	500m圏内
⑧	公共施設 B (官営)	500m圏内
⑨	公共施設 C (官営)	500m圏内
⑩	医療施設 E (民営)	500m圏内
⑪	福祉施設 A (民営)	1,000m圏内
⑫	公共施設 D (官営)	1,000m圏内
⑬	医療施設 F (官営)	1,000m圏内
⑭	公共施設 E (官営)	1,000m圏内

2. 内容・成果(7/15)

②水素利活用ポテンシャルの調査

結果まとめ(3/4)

周辺需要家「熱」「電力」需要量調査 (2/2)

調査内容

➤ 直接ヒアリング内容

1. 脱炭素化・カーボンニュートラルに対するご関心について
2. 貴社又は貴施設の脱炭素化・カーボンニュートラルに関する取組の現状について
3. 今後の脱炭素化やカーボンニュートラルに向けた取組の検討方針、検討にあたっての課題について
4. 関心のあるエネルギー利用方法について
5. 本水素CGSシステムから供給されるカーボンニュートラルの実現に向けた水素エネルギー（熱・電気）の利用に関するご関心について

➤ データ提供依頼

1. 建物概要（床面積、営業時間、等）
2. 建物用途
3. 再エネ・未利用エネ設備の設置状況
4. エネルギー消費データ（電力、ガス、その他）
5. 熱源機器等のエネルギー消費実態について（月別／時間別の消費量、等）

No.	調査先	ヒアリング内容				
		1.	2.	3.	4.	5.
①	研究施設 A (特殊)	◎	◎	活動重視	買熱	◎
②	研究施設 B (特殊)	◎	◎	活動重視	買熱	◎
③	医療施設 A (官営)	◎	◎	安定性コスト	太陽光	○
④	医療施設 B (官営)	◎	○	安定性コスト	機器更新	○
⑤	医療施設 C (官営)	◎	◎	安定性コスト	太陽光	○
⑥	公共施設 A (官営)	◎	※	施策	※	○
⑦	医療施設 D (官営)	◎	◎	安定性コスト	太陽光	○
⑧	公共施設 B (官営)	◎	※	施策	※	○
⑨	公共施設 C (官営)	◎	◎	老朽化	バイオガス	○
⑩	医療施設 E (民営)	◎	○	安定性	機器更新	○
⑪	福祉施設 A (民営)	◎	○	安定性コスト	機器更新	○
⑫	公共施設 D (官営)	◎	○	施策	機器更新	○
⑬	医療施設 F (官営)	◎	○	安定性	機器更新	○
⑭	公共施設 E (官営)	◎	◎	老朽化	太陽光	○

いずれの施設も脱炭素・カーボンニュートラルへの関心高い

関心あり ◎→○→△→× 関心なし
 積極的 ◎→○→△→× 消極的
 ※指定管理者に確認中

2. 内容・成果(8/15)

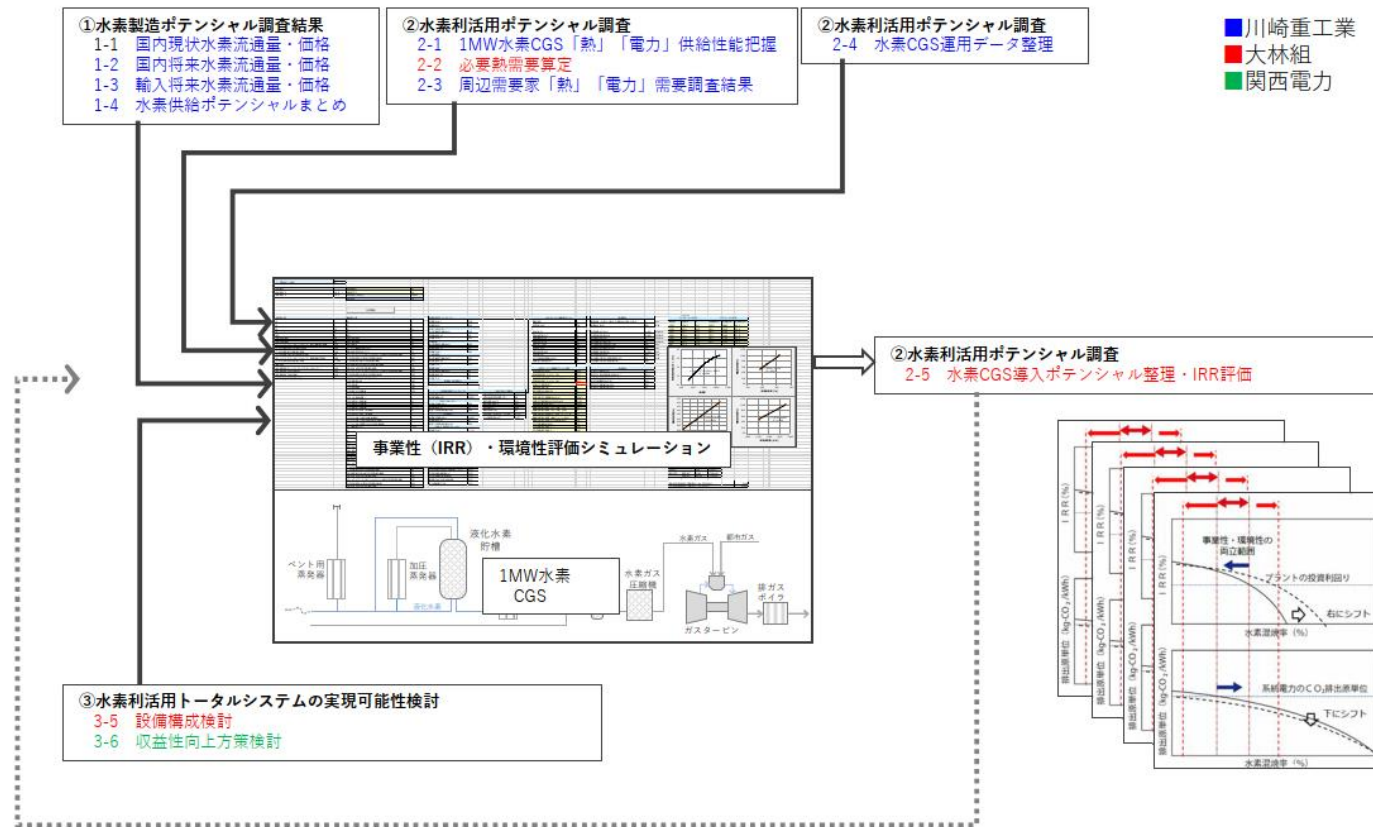
②水素利活用ポテンシャルの調査

結果まとめ(4/4)

水素CGS導入ポテンシャル整理・IRR評価

必要熱需要算定

1MW級事業性検討スキーム（収益性向上方策の感度解析）



➤ 事業化後の実運用を想定した各種パラメータ（人件費、保守費など）の調査結果を反映し、事業性（IRR）シミュレーションを実施した。

事業化シナリオ・
公的補助等の検討に活用

2. 内容・成果(9/15)

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

調査内容・手法

事業主体と事業形態の検討

事業化時に設立が想定される「株式会社」「合同会社」「合資会社」「組合」等の法人形態別に経営上および税制上の得失の比較を実施し、自治体の参加の可否等の調査・検討を実施した。

事業範囲の検討

電熱供給手法・エネルギー管理の受託について、経済性および制度面の得失を比較し、事業化をすすめるための方策の検討を実施。

エネルギー供給先および供給規模の検討

神戸水素CGSエネルギーセンター周辺のエネルギー供給先の候補事業所について、年間エネルギー消費量のヒアリング調査を実施中。

設備構成検討

事業化に必要な設備の冗長性や集中管理・遠隔監視の検討を実施中。

収益性向上方策検討

容量市場参加による収益性向上について、過去の約定価格や海外事例をもとに検討を実施。

費用算定と申請・手続検討

水素CGSの設置や事業開始に必要な申請や届出等の諸手続きについて調査・まとめを実施。

2. 内容・成果(10/15)

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

結果まとめ(1/5)

事業主体と事業形態の検討

➤ 想定される事業形態について得失等の比較を実施

	株式会社	合同会社 (日本版LLC)	合資会社	合名会社	一般社団法人(普通型)	有限責任事業組合 (日本版LLP)	事業協同組合	民法上の組合 (任意組合)
準拠法	会社法	会社法	会社法	会社法	一般社団法人及び一般財団法人に関する法律	有限責任事業組合契約法	中小企業等協同組合法	民法
出資者(基金者)の最低人数	1人以上	1人以上	2人以上	1人以上	2人以上	2人以上	4人以上	2人以上
法人格	あり(SPC)	あり(SPC)	あり(SPC)	あり(SPC)	あり(SPC)	なし(SPVであれば可能)	なし(SPVであれば可能)	なし(SPVであれば可能)
事業形態	営利	営利	営利	営利	非営利	営利	非営利	営利/非営利
議決権	出資比率による	1人1票(定款で別段の定めがある場合を除く)	1人1票(定款で別段の定めがある場合を除く)	1人1票(定款で別段の定めがある場合を除く)	1人1票(定款で別段の定めがある場合を除く)	契約で自由に設定	1人1票	契約で自由に設定
出資者(基金者)の呼称	株主 (株式所有者)	社員 (社員持分保有者)	社員 (社員持分保有者)	社員 (社員持分保有者)	社員	組合員	組合員	組合員
出資(基金)者の責任 【ポイント②】(注1)	間接有限責任	間接有限責任	有限責任または無限責任	無限責任	有限責任	直接有限責任(注2)	有限責任	直接無限責任
出資者(基金者)の出資(基金)に関する制限	なし	なし	なし	なし	なし	労務出資できない。それ以外はOK	1人が出資可能な金額は全出資額の1/4まで	なし
会社の代表者	代表取締役	代表社員	代表社員	代表社員	代表理事	なし	代表理事	なし
業務執行者と出資者の関係性	委任契約	社員本人	社員本人	社員本人	委任契約	組合員本人	委任契約	組合員本人
出資者(基金者)の利益配分	株式の割合に応じて配分	一定程度柔軟な設計が可能 自由(定款に規定)	自由 (定款に規定)	自由 (定款に規定)	不可	自由 (組合契約に規定)	利用分量配当及び1割までの出資配当に限り配当可	自由 (組合契約に規定)
法人税率(2022年2月時点)	23.2%	23.2%	23.2%	23.2%	23.2%	各構成員の課税税率による	19%(※注4) (800万円以下15%)	各構成員の課税税率による
課税対象	全所得	全所得	全所得	全所得	全所得	全所得	全所得	全所得



事業形態決定に向けた検討に活用

2. 内容・成果(11/15)

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

結果まとめ(2/5)

事業範囲の検討

総合評価は、**自己託送 > コーポレートPPA > 特定供給** の順（組混合型自己託送は要件不適）。

電力供給手法

価格競争力（売電単価）： 特定供給 > 自己託送 > コーポレートPPA

検討難易度： （難） 特定供給 > コーポレートPPA > 自己託送 （易）

	(現状) 自己託送	コーポレートPPA	自己託送	自己託送(組混合型)	特定供給
概要	発電事業者と密接な関係性がある需要家に、送配電ネットワークを介して供給	小売販売を介し需要家と長期間固定価格で契約	発電事業者と密接な関係性がある需要家に、送配電ネットワークを介して供給	密接な関係性がない需要家と組合を設立し、送配電ネットワークを介して供給	発電事業者と密接な関係性がある需要家に、自営線を介して供給
契約	発電-需要家 (神戸市-神戸市施設)	発電-小売-需要家	発電-需要家	発電-需要家 (2者間で組合設立)	発電-需要家
特筆すべき要件	密接な関係性が必要 (現在は実証を前提に許可)	事業形態の詳細検討が必要	<ul style="list-style-type: none"> 密接な関係性が必要 ※補助金設備の利用可否を確認要 	<ul style="list-style-type: none"> 組合設立が必要 新設かつ再エネ発電の必要 	<ul style="list-style-type: none"> 自営線敷設が必要 経産大臣の許可
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ賦課金が不要 	<ul style="list-style-type: none"> 需要家の選択肢が増える 	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ賦課金が不要 	<ul style="list-style-type: none"> 需要家の選択肢が増える 再エネ賦課金が不要 	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ賦課金が不要 託送料金が不要
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 発電者と需要家が密接な関係を有する必要 	<ul style="list-style-type: none"> 小売を介するためコスト増 事業形態の詳細検討が必要（事業主体が小売電気事業者となる、関電小売を介する、etc.） 	<ul style="list-style-type: none"> 需要家と密接な関係性となるような事業形態にする必要（神戸市とのかわり方） 		<ul style="list-style-type: none"> 自営線敷設が高コスト（1億円/km）で需要家を選ぶ 認可ハードルが高い
売電単価	(事業者収益) 一律11-12円/kWhと想定	19-21 円/kWh	16-18 円/kWh	16-18 円/kWh	12-14 円/kWh
検討難度	—	中	低	(既設であり要件不適)	高
総合評価	—	○	◎	—	△

単価については、自然エネルギー財団「日本のコーポレートPPA」より引用

熱供給手法やエネルギー管理の受託についても同様に検討中。



電力供給手法の検討に活用

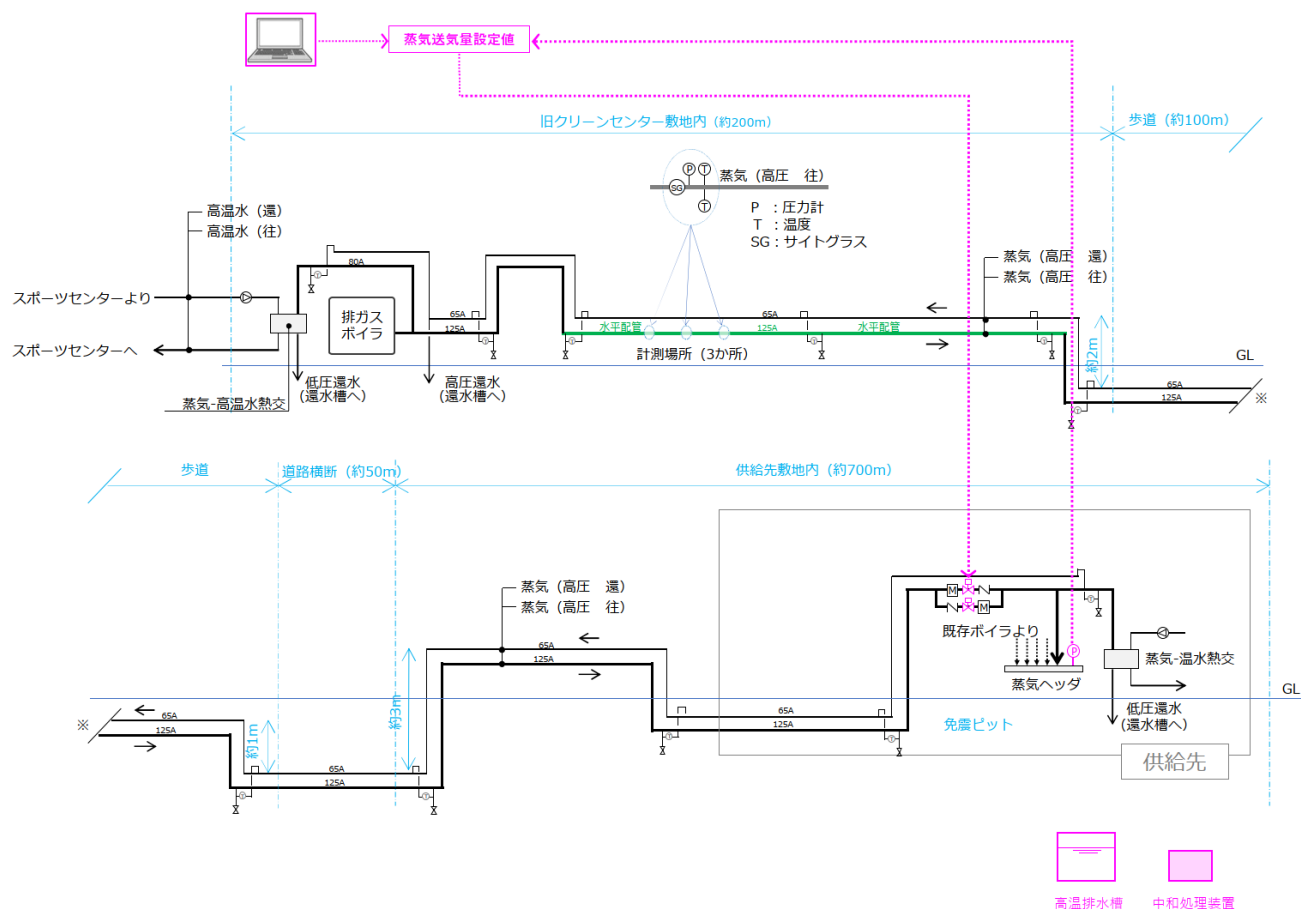
2. 内容・成果(12/15)

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

結果まとめ(3/5)

設備構成検討

熱供給先の蒸気供給システムの検討



水素CGSの排熱利用率を上げるため、熱供給先の設備改修を優先して検討した。

対策案 (蒸気送気自動化案)

- ① 供給先蒸気一次ヘッダー圧力が一定まで上昇したら水素CGS側の蒸気電動遮断弁を強制的に閉鎖
- ② 供給先ボイラーは全台数パイロット (種火) 運転し、供給先蒸気使用量が急激に増加しても供給先ボイラーの追従運転で圧力低下を防止
- ③ 蒸気-温水熱交換器用の床置き式高温排水槽と中和処理装置を免震階に新設設置



収益性向上の検討に活用

2. 内容・成果(13/15)

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

結果まとめ(4/5)

エネルギー供給先および供給規模の検討

- 「②水素利活用ポテンシャルの調査」の「周辺需要家「熱」「電力」需要量調査」での各調査先から提供を受けたエネルギー消費データを基に解析を実施中。



事業化シナリオ・供給先へのPRや他地域への展開等の検討に活用

費用算定と申請・手続検討

- 水素CGSの設置や事業開始に必要な申請や届出等の諸手続きについて、総計32法令や条例等に基づく手続きと必要有資格者の洗い出しを実施し一覧にまとめた（右図は一覧表の一部を抜粋）。



規制緩和等による収益性向上の検討に活用

No.	法令	行政等への手続き内容					有資格者の要否	備考等
		届出書類	届出先	届出時期	出費	適用要件・内容		
1	環境影響評価法	-	-	-	環境影響評価法施行令別表第一	対象 火力発電所 - 出力1125万kw以上		
2	神戸市環境影響評価等に関する条例	-	-	-	-	対象 工場、ガス工物又は熱供給施設の新設又は増設であつて、次のいずれかに該当するもの ア 新設にあつては、工場、ガス工物又は熱供給施設の敷地の面積のうち自然の改変を伴う部分の面積が5ヘクタール以上であるもの イ 新設にあつては、その後の工場、ガス工物又は熱供給施設からの排出ガス量が4万立方メートル以上であるもの（排出される気体が都市ガス、天然ガスその他の環境に及ぼす影響が少ないものとして市長が指定する燃料（以下「良質燃料」という。）の使用のみによつて発生すると認められるものに限る。） ウ 新設にあつては、同一敷地内に設置された同種の施設の廃止及び撤去に伴い設置されるものであつて、当該更新によつて排出ガス量及び排出水量が減少し、かつ、排出ガス及び排水に含まれる汚染物質の量の低減が図られるもの 発電所：①5ha以上（自然地の改変）、②2万kw以上（都市ガス、天然ガス等の良質燃料のみを使用するもの）、③施設更新（同一敷地内かつ大気汚染物質等の排出量低減が図られるもの）		設置場所の自治体による
3	石油コンビナート等災害防止法	第一種事業所 新設/変更の届出	総務大臣及び経済産業大臣（総務省消防予防課特殊災害室）	着工3ヶ月前	法第5~10条 令第4条 省令第3~7条*	第一種事業所		
		新設等の完了の届出	総務大臣及び経済産業大臣（総務省消防予防課特殊災害室）	工事が完了した日から起算して10日以内	法第11条 令第43条 省令第14条*	第一種事業所		
		防災管理者の届出	市町村長等	選任又は解任の日から7日以内	法第17条 省令第25条*	防災管理者又は副防災管理者の選任又は解任		
		防災規程の届出	市町村長等	防災規程を定め、又はこれを変更した日から7日以内	法第18条 省令第26条*	防災規程の制定、変更		
4	工場土地法	特定工場の設置/変更の届出	都道府県（指定都市の場合は指定都市）	着工90日前までに	法第7、8、15の4条 令第1、2条 第6条	緑地の変更、建築面積変更など業種・製造業（物品の加工修理業を含む）、電気供給業（水力・地熱発電所を除く）、ガス供給業、または熱供給業に係わる工場または事業場。 規模：次のいずれかに該当するもの 敷地面積が9000平方メートル以上 建築面積（水平投影面積）が3000平方メートル以上		
5	工業立地の適正化に関する条例（兵庫県）	工業立地の適正化条例に基づき届出	所在地市町の商工担当課	工事着工の90日前まで	兵庫県条例	敷地面積が1000平方メートル以上の工場等（製造業、電気・ガス・熱供給業の工場、事業所）を新設するもの、または増設するもの。		設置場所の自治体による
6	系統連系協議	自家発電設備の連系に関する届出および申し込みについて	電力会社	計画段階		系統連系にあつて一般電気事業者と事前に協議するために必要な資料		
		電気受給契約						
		広域機関への登録						
7	電気事業法	工事計画（変更）届出	経済産業局 産業保安監督署（電力安全課）	着工30日前 ※基礎工事着手前までに承認必要 ・工事計画の伴う場合は ・工事開始前 ・上記以外は運転開始前	法48条 第65、66条	・事業用電気工物の設置 ・設置工事以外の主要変更工事		
		保安規程（変更）届出	経済産業局 産業保安監督署（電力安全課）	遅滞なく （工事計画届出前） ※工事計画届出前までに届出必要	法42条 第50、51条			
		BT主任技術者選任届	経済産業局 産業保安監督署（電力安全課）	遅滞なく （工事計画届出前） ※工事計画届出前までに届出必要	法43条 第52~55条			①第1種or第2種ボイラ-タービン主任技術者（1名以上、外部委託可能、常駐必要、他事業所との業務可[30分到達可能エリア内で2ヶ所まで]） ※コンバインド発電で蒸気圧力が5.88MPa以上の場合は第1種が必要
		電気主任技術者選任届	経済産業局 産業保安監督署（電力安全課）	遅滞なく （工事計画届出前） ※工事計画届出前までに届出必要	法43条 第52~55条			②第1種or第2種or第3種電気主任技術者（1名以上、外部委託可能、常駐不要[22kV以上の特別高圧送電の場合は常駐が必要]、他事業所との業務可[業務数の上限あり、2時間以内到達可能エリア内]） ※発電出力5000kW以上の場合は第1種or第2種が必要
		使用前安全管理審査 申請	登録安全管理審査機関（発電設備技術検査協会理事長等）	使用前自主検査開始1ヶ月前	法第50条の2 第73条の2の2 ~第73条の9			
		自己託送	近畿経済産業局 資源エネルギー環境部 電力事業課 電力会社				自己託送制度の利用	
		消接安全管理審査 申請	登録安全管理審査機関（発電設備技術検査協会理事長等）	材料検査開始1ヶ月前	法52条 第79~86条	・電気工物物が対象（労働ボイラ-は対象外） ・GT潤滑油クーラ、GT制御油クーラ、GT換気用給排手、GT潤滑油フレキ及びガスコン内機器等 ・150A以上サイズの配管に適用。		
		定期安全管理審査 申請	登録安全管理審査機関（発電設備技術検査協会理事長等）	審査開始1ヶ月前	法第55条 第94条	運用開始後		

2. 内容・成果(14/15)

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

結果まとめ(5/5)

収益性向上方策検討

容量市場参画による収益性向上への寄与
発電容量のうち200 kWを容量市場用に確保した場合

想定収益：1,400 千円/年

【試算条件】

- ・ 契約単価：7,000円/kW（弊社想定）
- ・ 達成率：90%以上



2021年度の約定価格（3,495円）では、

想定収益：560 千円/年

【試算条件】

- ・ 契約単価：2,800円/kW（弊社想定）
- ・ 達成率：90%以上

(参考) 海外の約定価格

先行して容量市場が導入され
オークション回数を重ねている
米国（PJM）やイギリスにおいても、
約定価格は毎年大きく変動している。
（最低価格と最高価格の乖離は、
アメリカが約10倍、イギリスが約3.5倍）

(参考) 米国PJMの容量オークションの価格の変動

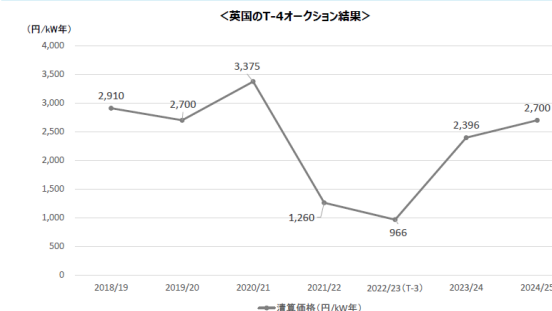
- PJMの容量オークション結果は以下のように推移しており、最低価格（631円/kW年*）と最高価格（6,680円/kW年*）で10倍ほどの乖離があり、**約定価格は年度ごとに大きく変動**している。 ※1\$=109円として換算。



(出所) PJMの容量オークション結果
<https://www.pjm.com/-/media/markets-ops/rpm/rpm-auction-info/2022-2023/2022-2023-base-residual-auction-report.aspx>

(参考) 英国の容量オークションの価格の変動

- 英国の容量オークション結果は以下のように推移しており、最低価格（966円/kW年*）と最高価格（3,375円/kW年*）で3.5倍ほどの乖離があり、**約定価格は年度ごとに大きく変動**している。 ※1£=150円として換算。



(出所) National Grid ESOウェブサイト
<https://www.enr.deliverybody.com/CM/Capacity%20Auction%20Information.aspx>



事業化シナリオの検討に活用

2. 内容・成果(15/15)

成果の普及

種別	件数
論文（査読付き）	1件
研究発表・講演	6件
新聞・雑誌等への掲載	0件
プレスリリース	4件
展示会への出展	0件
受賞	0件

- ▶ 水素エネルギー活用 の普及啓発、社会受容性の向上に向けて積極的に発信・展開した。

3. 今後の見通しについて(1/1)

➤ これまでの調査・検討結果に基づき、以下の調査・検討を進め、事業期間内に全て完了する見通し。

③水素利活用トータルシステムの実現可能性検討

調査内容・手法

設備構成検討

冗長性（二重化）、バックアップ、BOG水素・余剰熱の有効利用等の事業化に必要な設備構成や改修の検討を実施予定。

収益性向上方策検討

カーボンプライシング、冷熱の利用、電力の「非化石電源取引市場」への応札等の収益向上策の検討を実施予定。

事業開始と運営に必要な費用の算定と申請・手続の検討

設備の改修費用、設備の移管手続きと費用の検討を実施予定。

規制緩和や公的助成の検討

必要人員削減のための有資格者要件の緩和、イニシャル・ランニング費用の助成、需要家の脱炭素への動機付け等に向けた規制緩和や公的助成、政策提言に向けた検討を実施予定。

事業参画への魅力性増大・PRのための方策の検討

需要家の脱炭素への動機付け等の魅力の拡大・PRの方策の検討を実施予定。

他地域への水平展開・普及促進のための方策の検討

将来の拡張プランおよび他地域への展開に向けたポテンシャルの推計および普及促進のための方策の検討を実施予定。

ご静聴ありがとうございました。