

発表No.B2-5

水素社会構築技術開発事業/地域水素利活用技術開発
/地域モデル構築技術開発
工場/事業所の未利用低温排熱を活用した
SOECによる水素製造技術開発

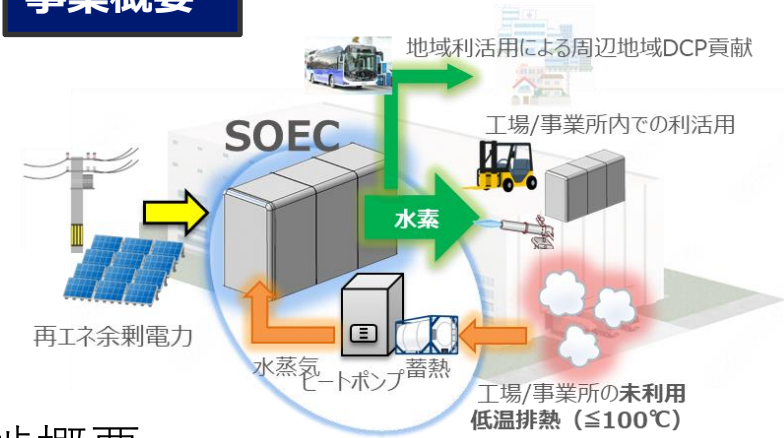
発表者名	大栗 延章
団体名	株式会社アイシン、 九州大学（再委託）、 日本特殊陶業株式会社（共同研究）
発表日	2024年7月19日

連絡先：
株式会社アイシン
<https://www.aisin.com/jp/>

事業概要

1. 期間
開始 : 2023年8月
終了（予定） : 2026年3月

事業概要



実施体制

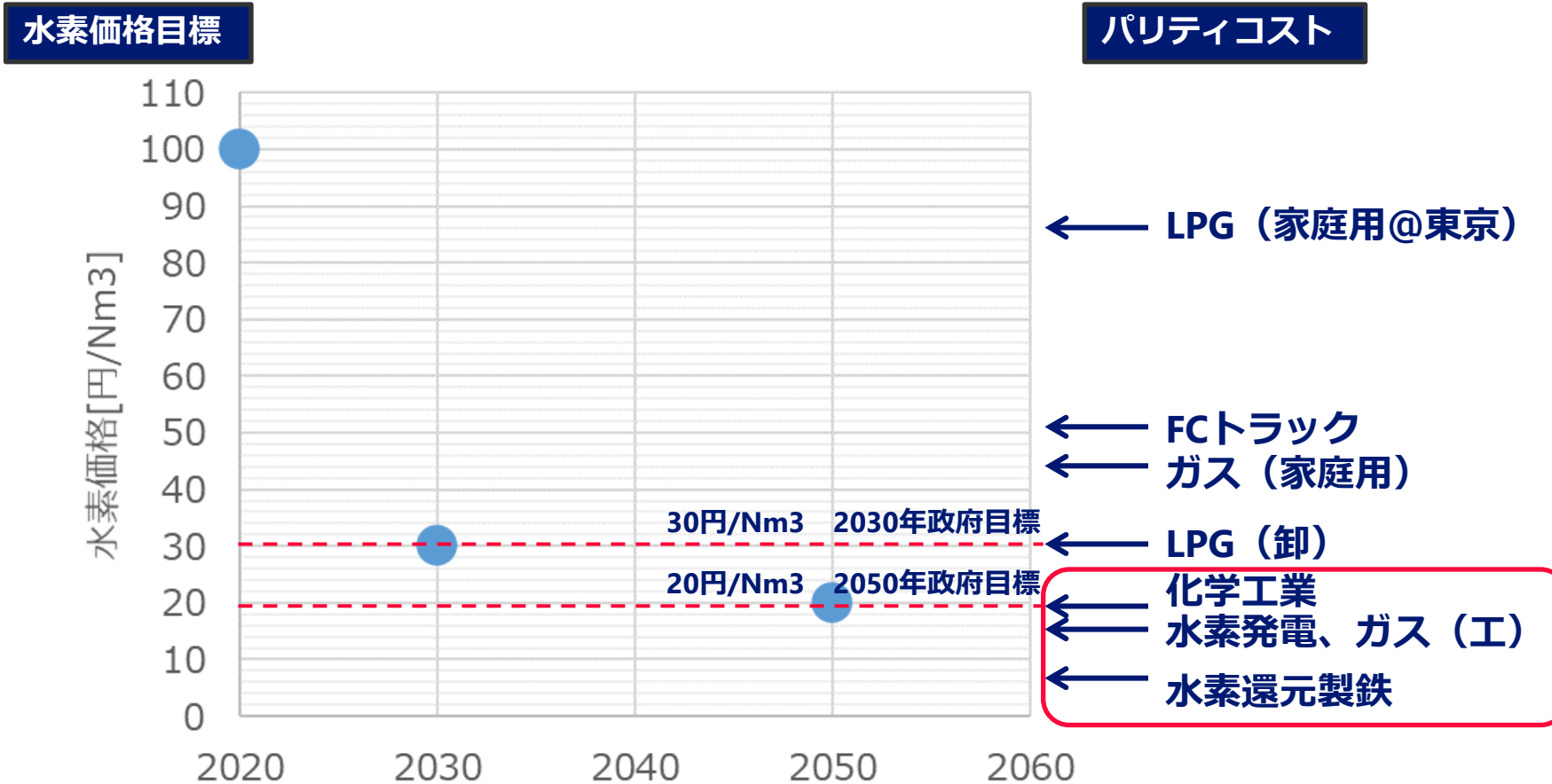


2. 最終目標と2023年度の成果・進捗概要

技術開発項目	最終目標（2025年度）	2023年度の成果・進捗概要	
SOECシステム 要素技術開発	SOECシステム AC電解効率 $\geq 80\%$ ($\leq 3.75\text{kWh/Nm}^3$) @ $\leq 100^\circ\text{C}$ 排熱回収	高効率SOECユニット	・高効率化運転条件抽出に向けてボタンセル評価系の構築完了 ・高効率スタックの一次試作を完了 ・プロトタイプスタックを用いた水蒸気供給HMの試作/評価を実施 初期性能：DC電解効率85.3%(LHV) (3.52kWh/Nm ³) ・AC30kW級 SOECユニットの設計及び部分ユニットの試作完了
		低温排熱回収型 水蒸気生成ユニット	・多段ヒートポンププロセスによる水蒸気生成プロセスの設計/試作 及び外気を熱源とした120℃蒸気の安定生成を確認 ・温水-潜熱蓄熱のハイブリッド式の蓄熱槽の試作し、評価開始
水素製造 実証評価	電解入力AC30kW級 実証機による500h以上の 実証にて30円/m ³ の目途付け	水素製造	(2023年度実施計画なし)
		排熱回収	・社内工場の排熱発生状況の調査を実施。活用可能性のある有望な排熱源として熱処理エリアの排温風を抽出

1. 事業の位置付け・必要性 水素製造効率向上の必要性

産業分野への水素利用拡大に向けて水素価格低減が課題
⇒水素製造技術の効率向上は必須



※出展 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を元に作成

1. 事業の位置付け・必要性 SOECへの期待

高効率な水素製造技術としてSOEC技術に期待
【提案目的】 エネファームTypeSで培ったSOFCシステム技術を活用して、
高効率なオンサイトSOECシステムの早期実現を図る



各種水電解技術

出展 : https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdfを元に作成

電解方式		アルカリ		PEM		AEM		SOEC	
構成	電解質	濃厚KOH溶液		酸性フッ化高分子膜		アルカリ性高分子膜		固体酸化物 (YSZ)	
	水素極/酸素極	Ni/Ni		Pt/IrO ₂		Ni/Ni, NiFeCo		Ni(YSZ)/LSCF, LSM	
	動作温度[°C]	70-90		50-80		40-60		700-850	
年代		現状		現状		現状		現状	2050年
技術フェーズ (※アイシン追記)		商用 (実績_多)	商用 (導入量_頭打ち)	実証/商用 (実績_中/小)	商用 (導入量_多)	開発中	商用? (膜の開発次第)	開発/実証	商用 (熱利用併用)
K P I	システム効率 [kWh/Nm ³ -H ₂]	4.49-7.00	<4.04	4.49-7.45	<4.04	5.12-6.20	<4.04	3.59-4.49	<3.59
	システム効率 [%]	42.9-66.8	>74.3	40.3-66.8	>74.3	48.4-58.6	>74.3	66.8-83.6	>83.6
	スタック耐久性[h]	60,000	100,000	50,000-80,000	100,000-120,000	5,000	100,000	<20,000	80,000

高温作動により理論的に電解電力（電圧）を低減できる反面、
温度維持・蒸気生成が必要なため、外部からの熱供給プロセスの構築が課題

1. 事業の位置付け・必要性 未利用低温排熱の活用

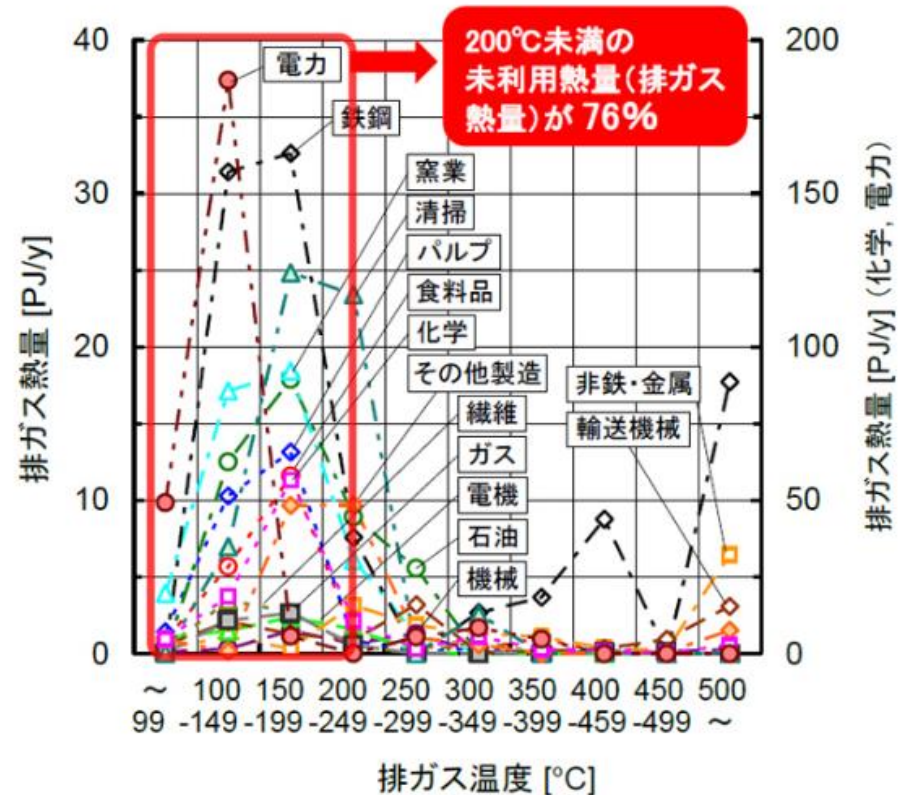


図 業種別・温度帯別の未利用熱量(排ガス熱量)の全国推定値(化学、電力は右軸)

出典：NEDO様HP
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101074.html

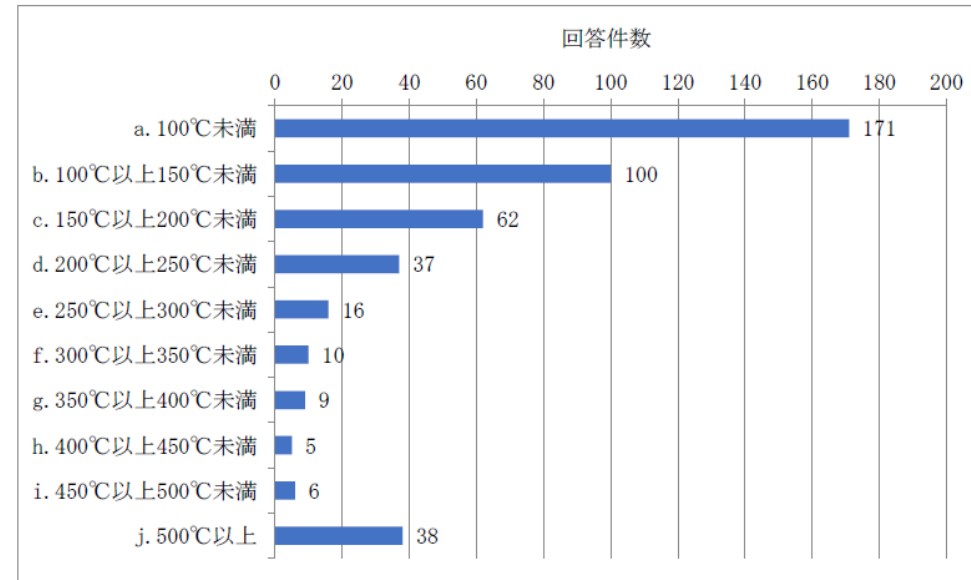


図 55 温度帯別の未利用熱活用ニーズに関する設備件数(回答事業所数：291)

2.3.3.1 温度帯別の未利用熱活用ニーズ

未利用熱活用のニーズ(5.1.3 項、設問 3.1)を温度帯別に集計すると図 55 のようになった。ニーズとしては、150℃以下のものが圧倒的に多く、本アンケートへの回答設備数の約 70%の設備がこの温度帯である。

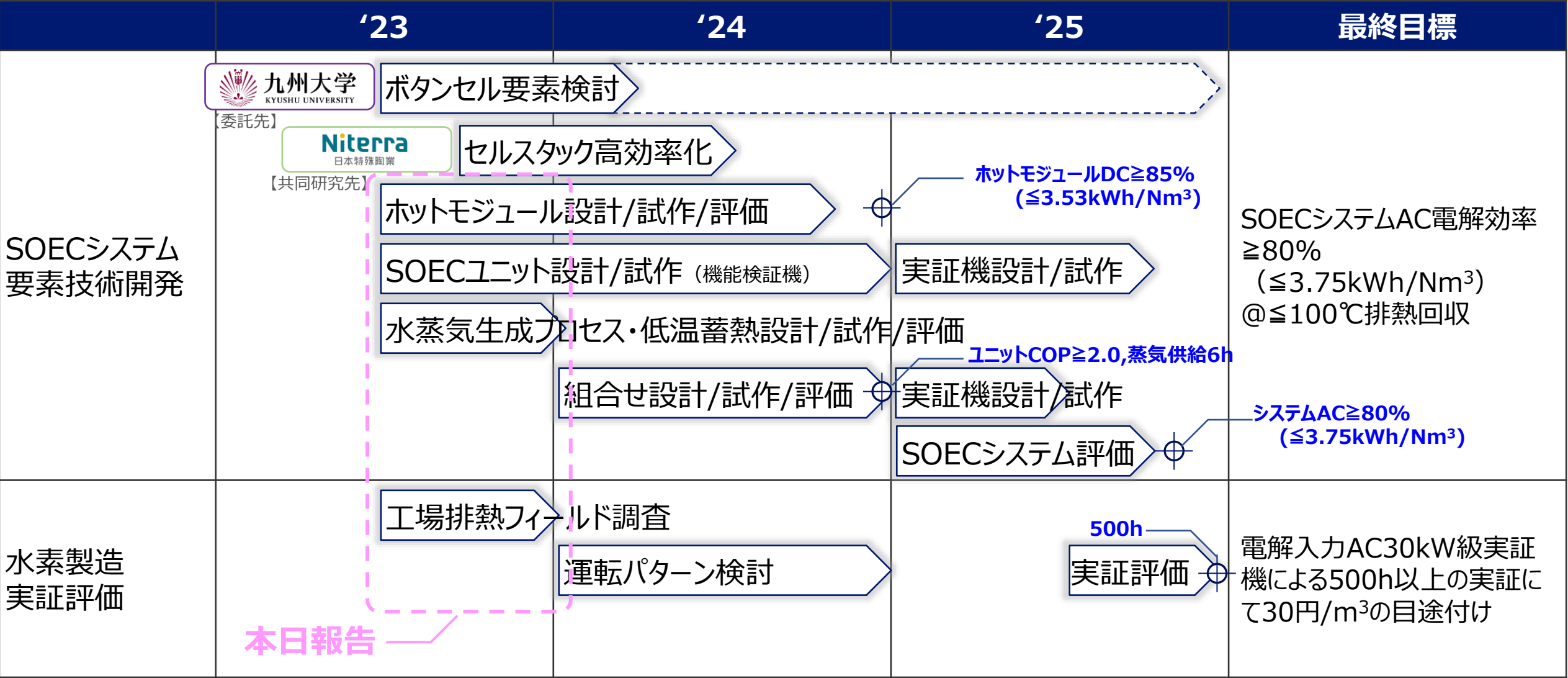
出典：NEDO様pdf P62
<http://www.thermat.jp/HainetsuChousa/HainetsuReport.pdf>

- ・多くの業種で200℃以下の未利用排熱が存在
 - ・特に100℃以下の未利用排熱の活用ニーズが多い
- ⇒これを活用できれば水素製造を地域の産業分野に展開できる

2. 研究開発マネジメントについて 研究開発の目標と目標設定根拠

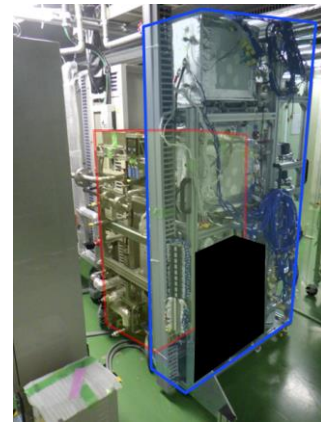
技術開発項目	最終目標（25年度末）	目標設定の考え方
SOECシステム 要素技術開発	SOECシステム AC電解効率 $\geq 80\%$ ($\leq 3.75\text{kWh/Nm}^3$) @ $\leq 100^\circ\text{C}$ 排熱回収	・水素製造コストの比率で最も高いのは、電解電力コストである。SOEC方式の特徴である高い電解効率を実現し、電力コストを低減させる技術が必須。 ・AC電解効率80%以上を達成し、安価な再エネ余剰電力を有効活用することで、製造コスト30円/m^3の可能性が見いだせる。 ・SOECへの水蒸気供給ができないお客様が、高い電解効率でSOECをご利用いただくためには、水蒸気供給手段を提供する必要がある。 ・100℃以下の未利用低温排熱を回収し、水蒸気をSOECに供給することで、電解効率を目標達成を目指す。
水素製造 実証評価	電解入力AC30kW級 実証機による500h以上の 実証にて30円/ m^3 の目途 付け	・本実証評価は弊社では初めての実証となるため、小容量で実証を開始。 ・実証開始が2025年下期予定のため、25年度末の時点では初期の動作確認まで。本プロジェクト終了後の継続評価していく。

2. 研究開発マネジメントについて 研究開発目標と開発スケジュール



3. 研究開発成果について

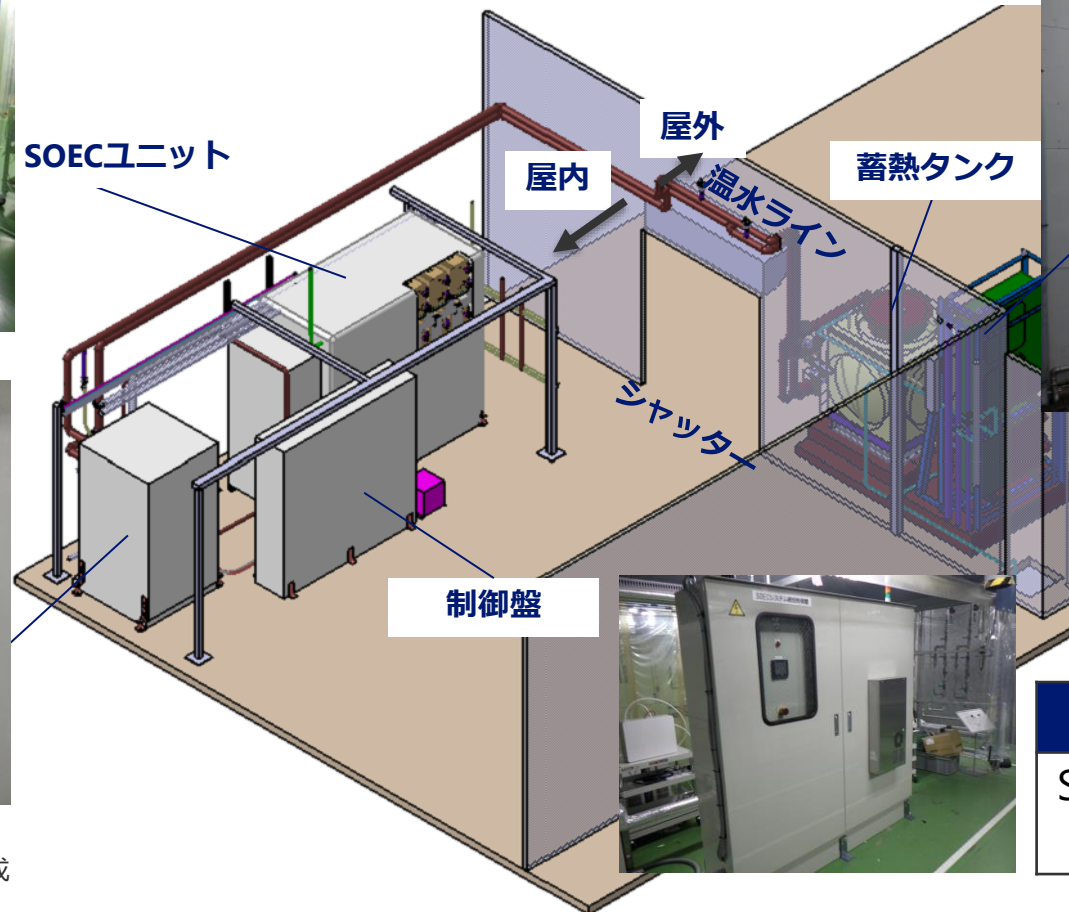
各要素技術検証用のSOECシステムの設計/試作を実施



SOECユニット



蒸気ヒートポンプ
※温水から蒸気生成



蓄熱槽

低温ヒートポンプ

※空気熱源から温水生成

	設計値
SOECシステム 入力電力	AC30kW級

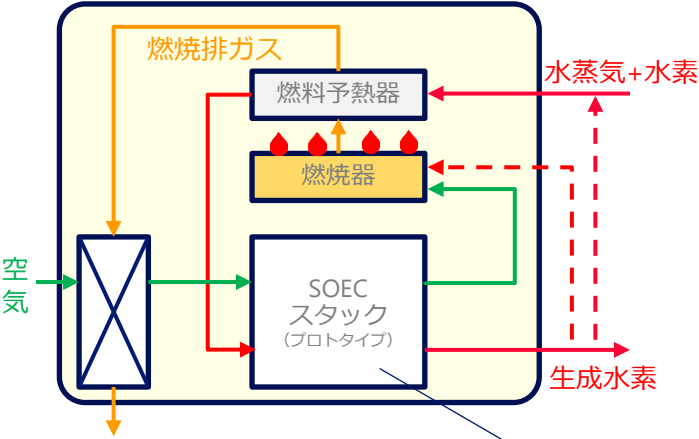
3. 研究開発成果について ホットモジュール設計/試作/評価

【2023年度目標】ホットモジュールDC電解効率 $\geq 85\%$ ($\leq 3.53\text{kWh/Nm}^3$) の試算完了

【 実施内容 】エネファームホットモジュールの開発知見を活用した熱バランス設計
高温温度制御性の高い水素燃焼器を採用

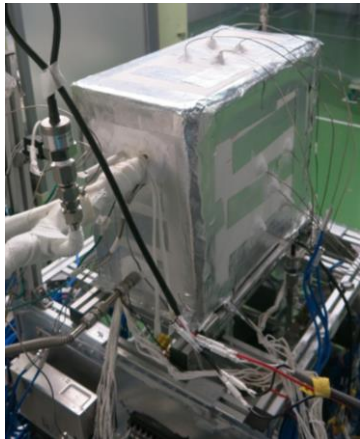
【 進捗状況 】プロトタイプスタックを搭載したホットモジュールの設計/試作/評価を実施
⇒DC電解効率：試算85.9%→評価結果85.3% (3.52kWh/Nm^3)

ホットモジュールの概略図

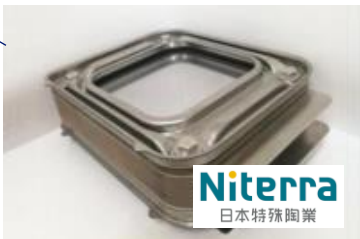


項目	設計値
DC入力電力	2.4kW
供給燃料	水蒸気 (120℃)
加熱方式	水素燃焼

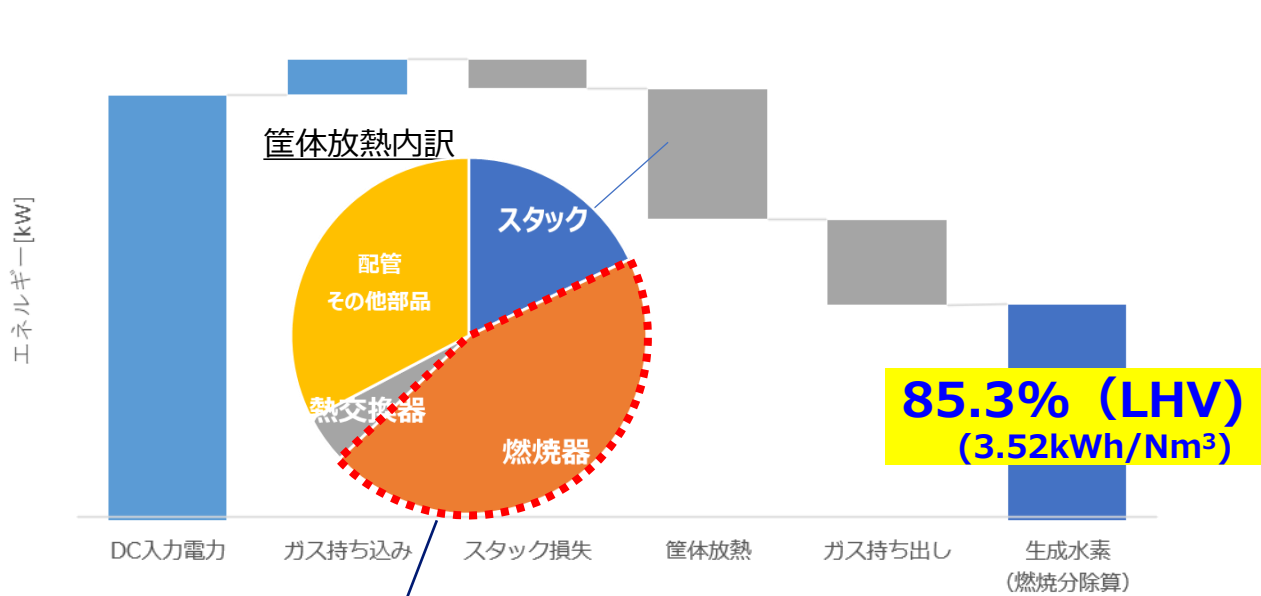
ホットモジュール外観



スタック外観



ホットモジュール評価結果



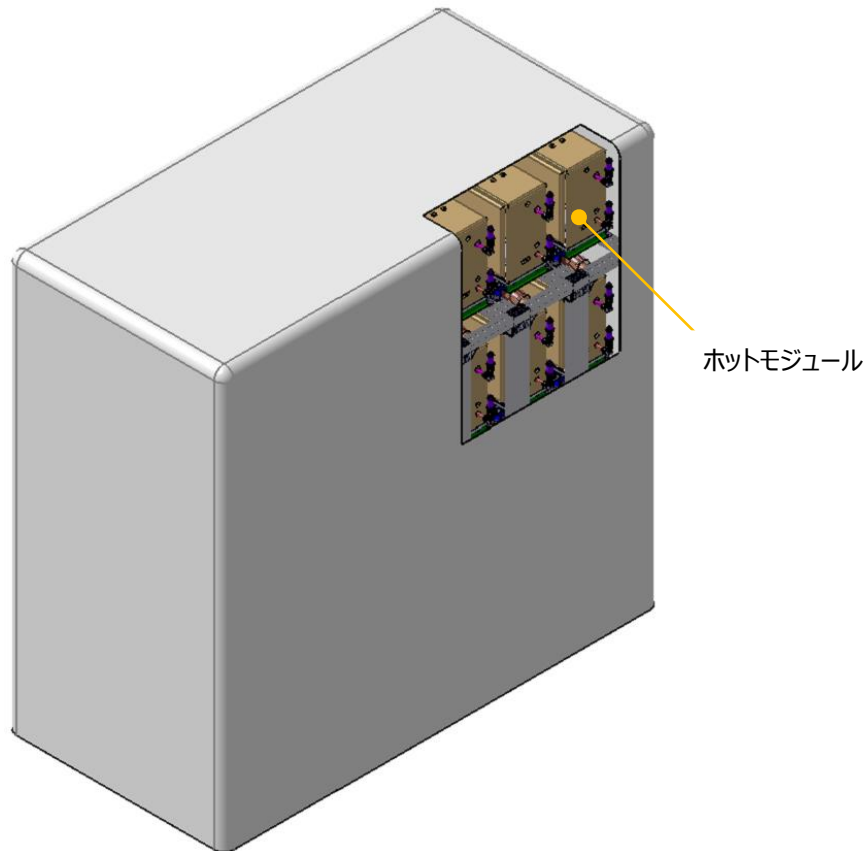
3. 研究開発成果について SOECユニット設計試作

【2023年度目標】 SOECユニット設計、最小単位での試作

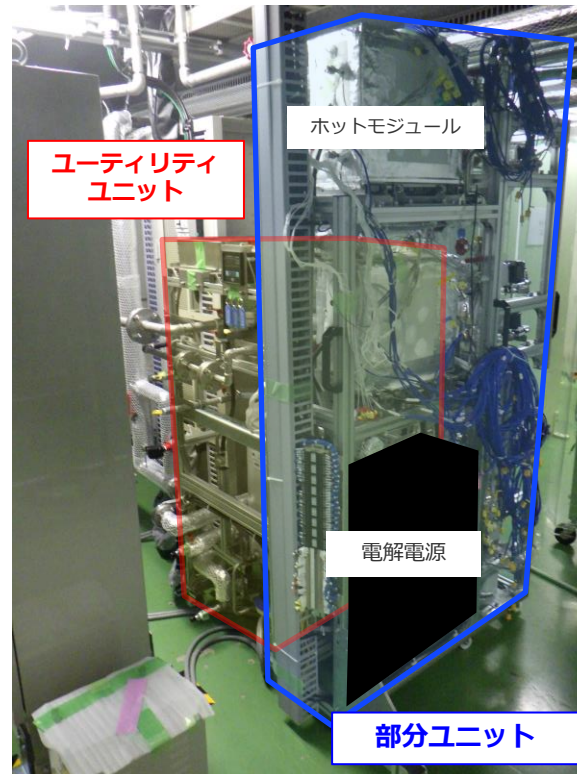
【 実施内容 】 AC30kW級SOECユニットの設計及び部分ユニットの試作を実施
※エネファーム補機との共通化により機器コストの低減を検討

【 進捗状況 】 部分ユニットの試作完了

SOECユニット概略図（AC30kW級）



SOEC部分ユニット外観



【FY24】

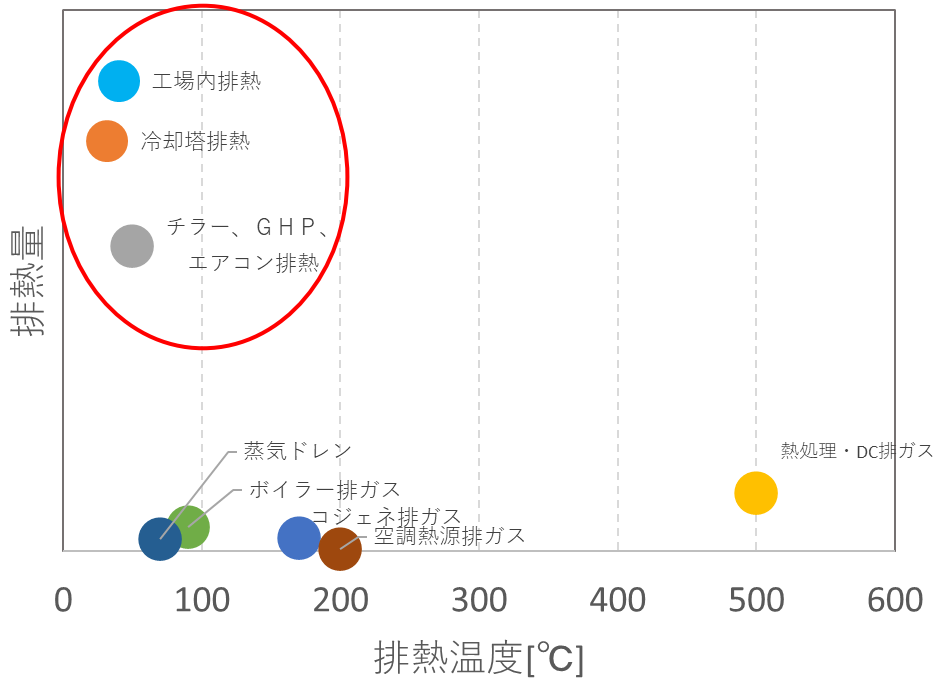
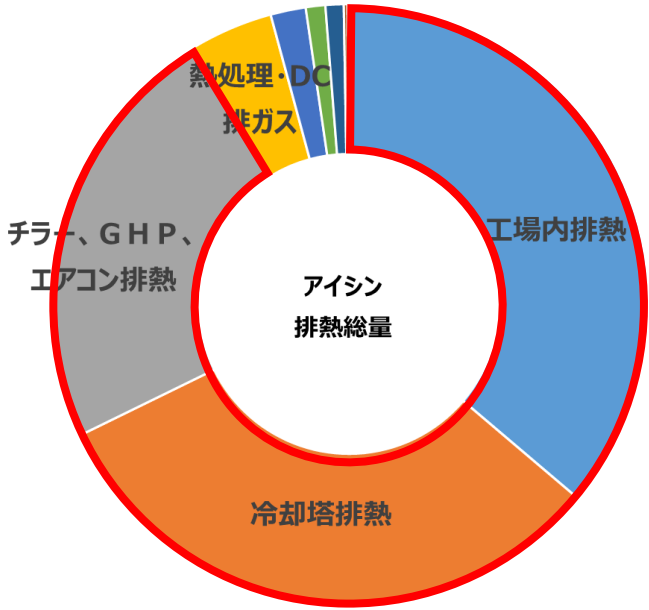
- ・ 部分ユニットにて制御検討
- ・ 部分ユニットを増設して
AC30kW級ユニットでの評価

3. 研究開発成果について 工場排熱フィールド調査

【2023年度目標】 工場排熱フィールド調査により回収熱源を検討
【 実施内容 】 自社工場/事業所の排熱フィールド調査を実施
【 進捗状況 】 **有望な回収熱源として工場内排熱（温風）を抽出**
※排熱発生が集中・安定

アイシン工場/事業所の排熱発生設備

排熱設備	主な排熱源	排熱種類/温度	排熱の放出先
加工機	切削部等の装置発熱	水 /37-40℃	冷却水
		温風 /約60℃	工場内雰囲気
洗浄機	洗浄・乾燥後の排気	温風 /約60℃	工場内雰囲気
コンプレッサー（分散）	装置排気	温風 /約80℃	工場内雰囲気
ガスエンジン コジェネ	エンジンの発熱	水 /80-90℃	冷却水
浸炭炉 （連続炉）	装置放熱	周囲雰囲気 /40℃以上	工場内雰囲気
変成炉	装置放熱	周囲雰囲気 /40℃以上	工場内雰囲気



多くの業種と同様低温排熱が主⇒100℃以下が90%以上

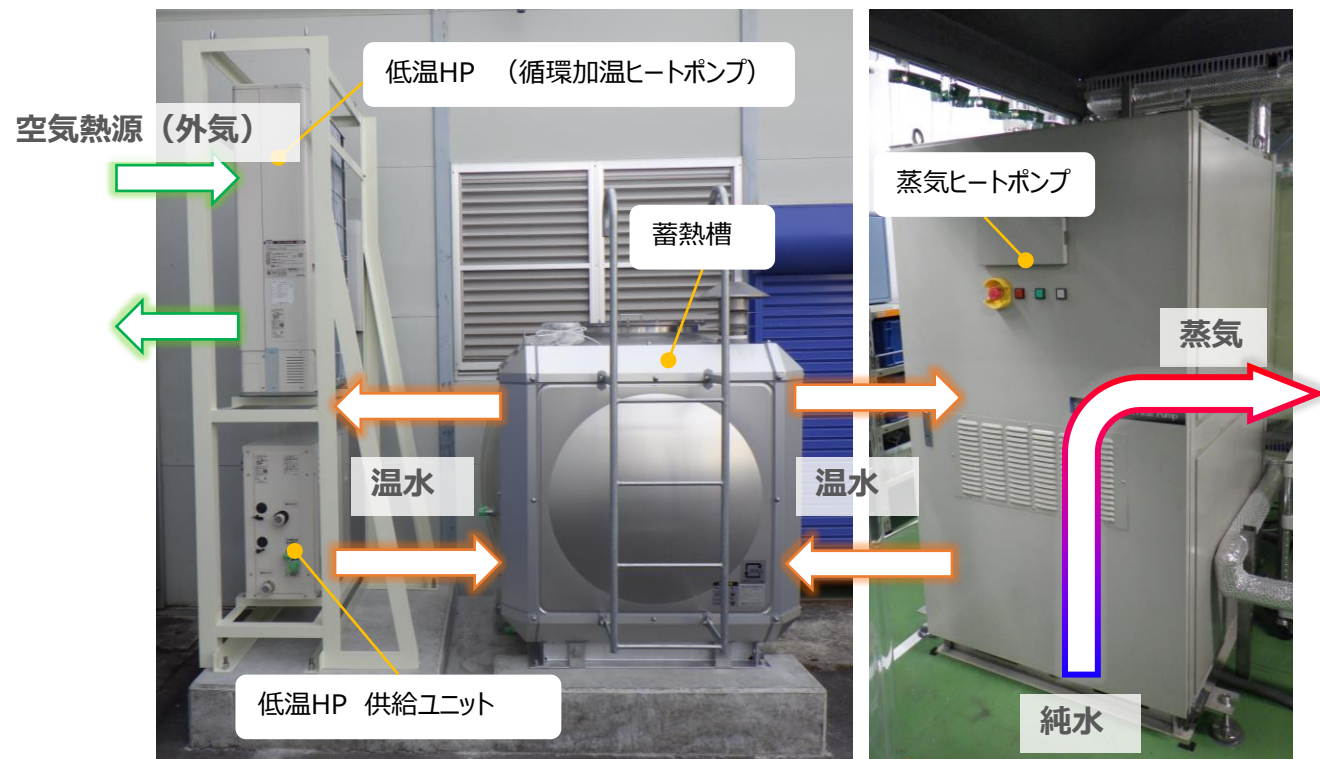
3. 研究開発成果について 水蒸気生成プロセス設計/試作/評価

【2023年度目標】 100℃以下の熱源を用いた水蒸気生成検証

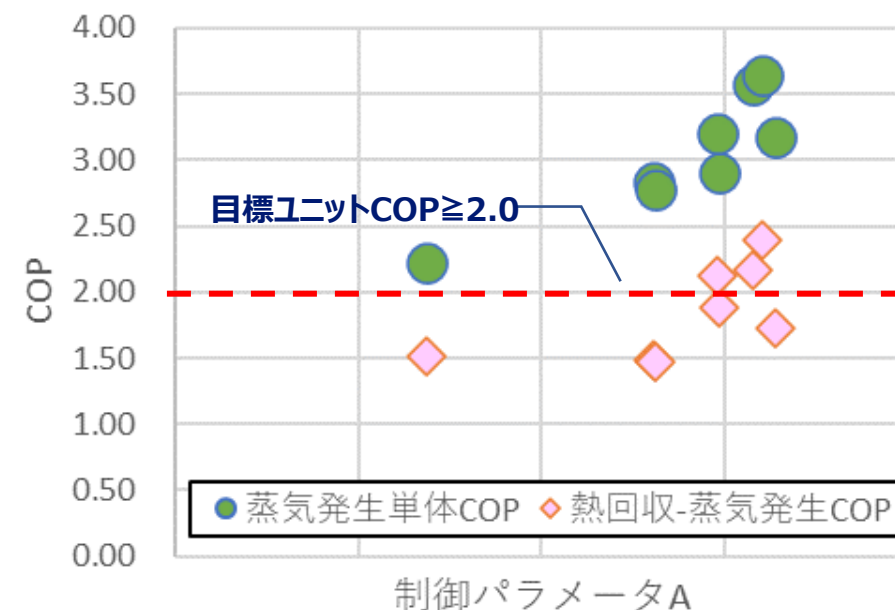
【 実施内容 】 ヒートポンプ多段化による熱回収-蒸気生成システムの設計/試作/評価

【 進捗状況 】 空気熱源を用いた水蒸気生成の検証完了 (COP $\geq$ 2.0見通し)

多段ヒートポンププロセス



水蒸気生成 COP評価結果



高効率水蒸気生成の制御検証 (FY24)

3. 研究開発成果について 低温排熱蓄熱槽の設計/試作/評価

- 【2023年度目標】蓄熱槽単体評価 蓄熱量 $\geq 13\text{kWh}$,放熱量 $\geq 4.3\text{kW}$
(※AC30kW級SOECユニット,6h電解の1/2モデル)
- 【 実施内容 】排熱発生と電解の時間ズレを吸収する蓄熱槽の構築
温水-潜熱蓄熱材ハイブリッド式蓄熱槽の設計/試作/評価
- 【 進捗状況 】蓄熱槽の単体評価により19.7kWh,23kWを検証 ($\Delta T=20^{\circ}\text{C}$)

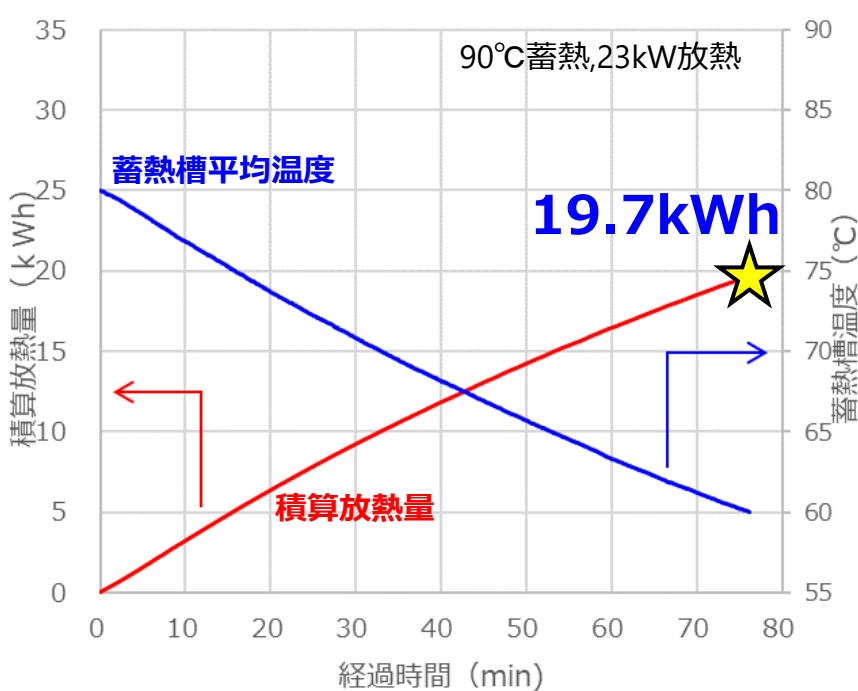
蓄熱槽外観



蓄熱槽概略仕様

項目	設計仕様
方式	温水顕熱 潜熱蓄熱材 ハイブリッド
タンク容積	1m ³
蓄放熱温度	80~90℃/ 60~80℃

蓄放熱特性評価結果（放熱）



4. 実用化・事業化イメージ



5. まとめ

- SOECホットモジュールを設計し、試作機で以下の評価結果を得た。
 - 初期性能：DC電解効率85.3% (3.52 kWh/Nm³)
- AC30kW級のSOECユニットを設計し、部分ユニットを試作した。
- 低温排熱回収型の水蒸気生成ユニットを設計し、水蒸気の安定生成を確認した。

純水素SOFC

URL：https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cpptv_funds/pdf/db/256.pdf

【代表事業者】(株)アイシン
【共同実施者】東北大学

【実施年度】令和5～7年度
【補助額】350,500(千円)

概要・目的 CO₂の削減方法として、高効率発電の燃料電池が注目され、水素燃料による定置用発電設備開発が国内外で進められている。本事業では、水素利用で課題となる高効率、高耐久な水素SOFCの早期社会実装により脱炭素社会の実現貢献をめざす。

□技術開発の内容

- A1【高効率SOFCユニット開発】
燃料利用率向上技術により、効率60%を2025年に到達をめざし、水素SOFC開発を行う。
- A2【SOFCスタック故障予知技術開発】
電圧電流信号の解析技術を活用したスタック故障モードの予知アルゴリズムを構築する。
- B・C【SOFCユニット発電による実証】
SOFCユニットを試作し、水素発電、熱回収・供与により、社内工場で、CO₂削減効果を検証する。また、実証にて実稼働時の故障検知データを収集する。

□システム構成図

□主な目標

- SOFCユニットの発電効率2030年水素基本戦略の目標60%達成
(評価ベンチでの発電評価環境)
- SOFCスタック故障予知アルゴリズム構築
ユニット搭載時のスタック作動状態における故障予知技術確立
- 複数台ユニット発電の発電効率60%達成
(社内実証サイトにおける複数台のSOFCユニット同時発電状態)

□実施体制図

□スケジュール表

	令和5年度	令和6年度	令和7年度
高効率SOFCユニット開発			
SOFCスタック故障予知技術開発			
SOFCユニット発電による実証			
複数台ユニット発電の発電効率60%達成			

アンモニアSOFC

URL：https://www.nedo.go.jp/content/100975112.pdf

脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム 2023年度追加公募 採択テーマ概要

テーマ名：アンモニアSOFCの高効率発電に関する研究開発
助成事業者：株式会社アイシン
共同研究先：国立大学法人東北大学

開発フェーズ
インキュベーション2年＋実用化3年

関連する「省エネ技術戦略の重要技術」
柔軟性を確保した業務用・産業用高効率発電

対象技術の背景
水素基本戦略が政府より2023年6月6日に改訂され、水素・アンモニア燃料電池の開発加速が提言されており、アンモニアの需要創出にアンモニア燃料電池は大いに貢献できる。現在、地域の工場や事業所に設置されている内燃機関方式の発電機の発電効率は40%程度であり、水素基本戦略の発電効率目標60%をアンモニアSOFCで達成すれば省エネ効果は高い。

当社保有技術を活用した技術開発のイメージ図

省エネ効果量 (国内) (原油換算)

年度	効果量
2040年度	12.6万 kL/年

見込まれる成果
内燃機関をSOFCに置き換えることにより、30%の省エネ効果(18ポイントの発電効率向上)が見込まれる。
2030年代半ば以降、国内アンモニア自家発電台数のシェア20%を目標とする。

省エネ技術開発のポイント
アンモニア適用時のホットモジュール熱バランスを最適化し、排ガスNOx、窒化影響を評価し、高効率・高耐久な発電システムを開発する。

地域で水素を利活用できる社会構築に貢献すべく、本事業の水素製造SOEC、純水素SOFC（環境省助成事業）、アンモニアSOFC（NEDO助成事業）の技術開発を推進いたします。



本事業終了後の実証に協業していただけるパートナーを募集しております。