

事業戦略ビジョン

提案プロジェクト名：蒸気負荷変動に追従できる高効率純水素ボイラーの開発

実施者名：三浦工業株式会社、代表名：代表取締役 社長執行役員 宮内大介

プロジェクト名：カーボンニュートラル実現へ向けた大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換・利用技術開発

共同提案者：

山梨県企業局	(幹事企業)
東京電力ホールディングス株式会社	(主要企業1)
東レ株式会社	(主要企業2)
日立造船株式会社	(主要企業3)
シーメンス・エナジー株式会社	
三浦工業株式会社	
株式会社加地テック	

目次

0.コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

実施組織

山梨県庁がプロジェクトリーダーのもと、東京電力グループがサプライチェーン全体を俯瞰して熱需要や産業プロセス等の脱炭素化に向けた事業モデルを検討し、東レが水電解装置の核となる大型化やモジュール化・効率向上に向けた技術開発を行う体制を敷く。

この3社をサポートする体制として、日立造船とシーメンスエナジーが水電解装置のシステムアップを行い、加地テックが水素の品質を向上させ、三浦工業が水素を利用するボイラの開発を行う。

この申請7社によって「山梨ハイドロジェンエネルギーソサエティ」と称する基金事業コンソーシアムを組成する。



0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

開発目標

カーボンニュートラル実現へ向けた大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換の実現させる。
水電解装置を2025年度に世界水準での普及モデルに仕上げるために3つの開発目標を設定する。

【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証

研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

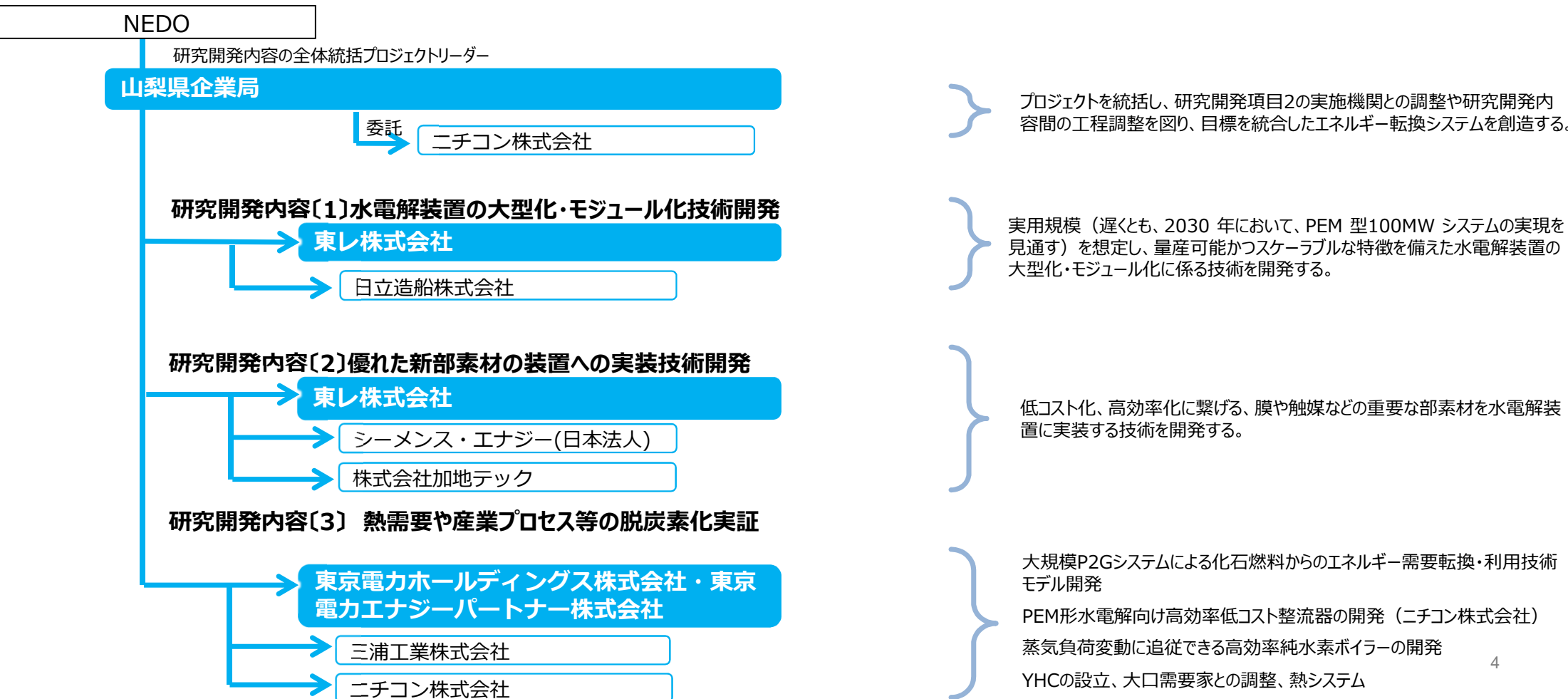
研究開発内容〔2〕 優れた新材の装置への実装技術開発

研究開発内容〔3〕 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

応募実施体制

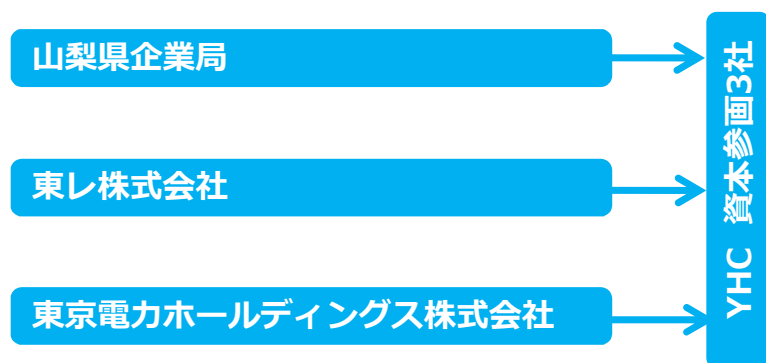
【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証



0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

特定目的会社の設立

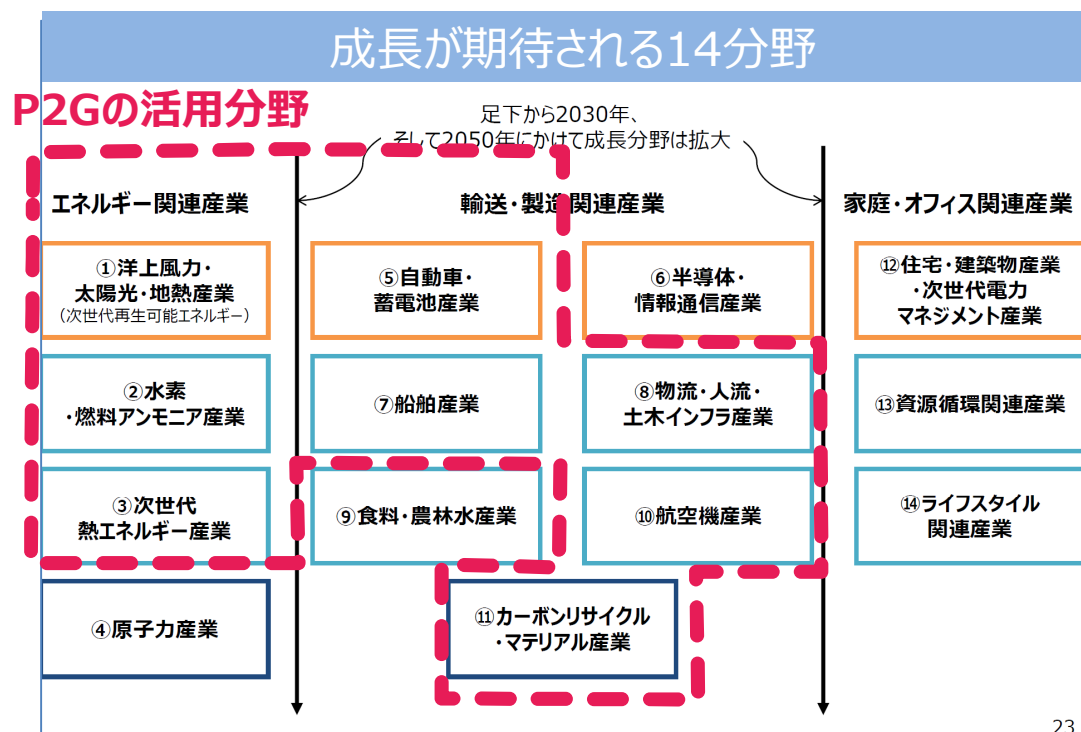
主要3社（山梨県・東京電力グループ・東レ）は我が国初のP2G事業会社である株式会社やまなしハイドロジェンカンパニー「YHC」を2022年2月28日に設立した、今後はプロジェクトの中核として活動していく。
今後コンソに参画（出資3社の事業のうち実証に関する部分を継承していく。）



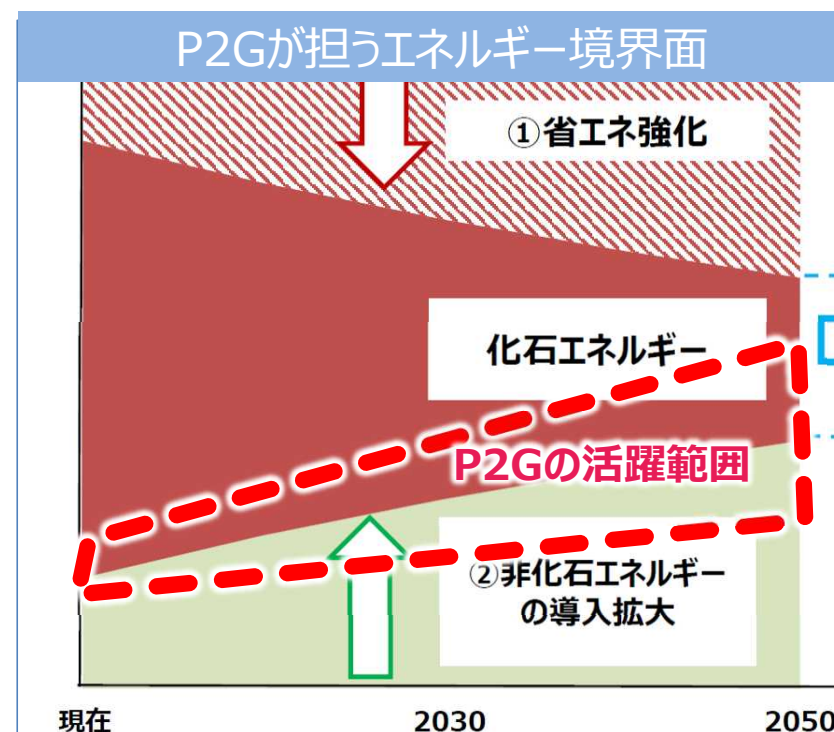
0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 (2021/6/18)

- ✓ P2Gシステムは、グリーン成長戦略において期待される成長分野のうち8つに関連
- ✓ 化石エネルギーの削減と非化石エネルギーの導入拡大の境界部分を担い、CN達成に必須の技術



2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 令和3年6月18日

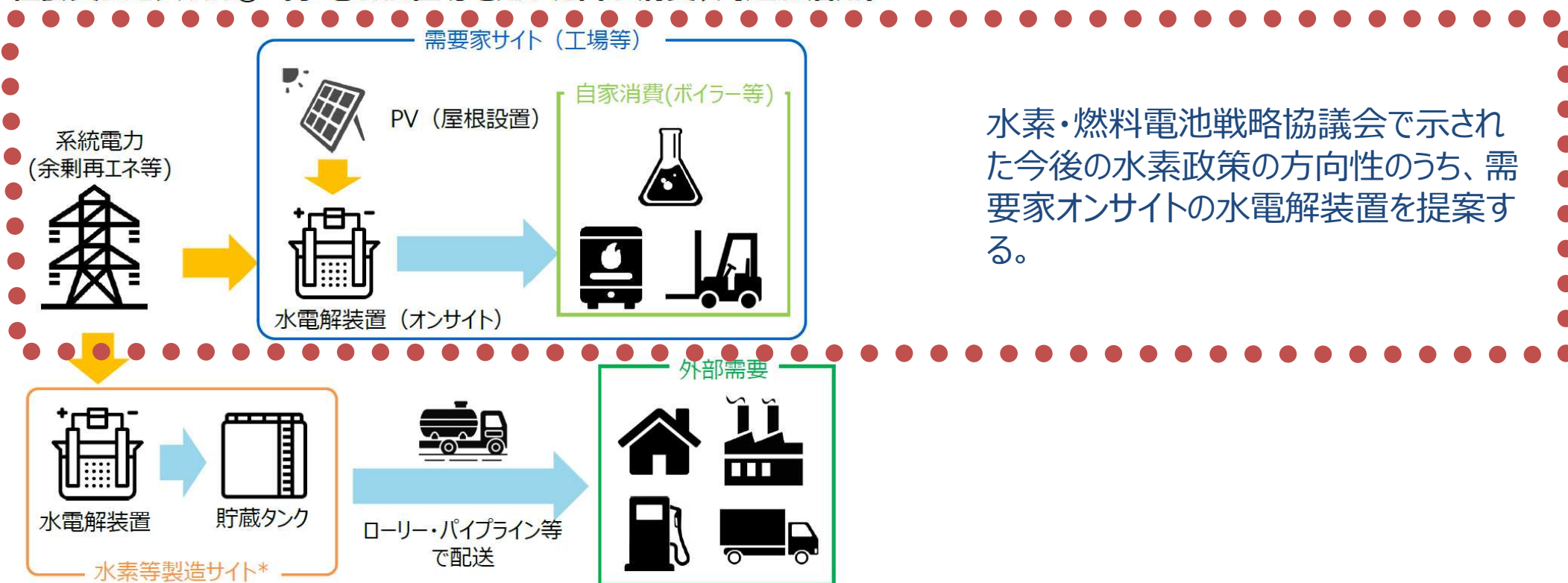


2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 令和3年6月18日⁶

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

水素・燃料電池戦略協議会（2021/3/22）「今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理」

社会実装モデル例②（水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用）



水素・燃料電池戦略協議会で示された今後の水素政策の方向性のうち、需要家オンサイトの水電解装置を提案する。

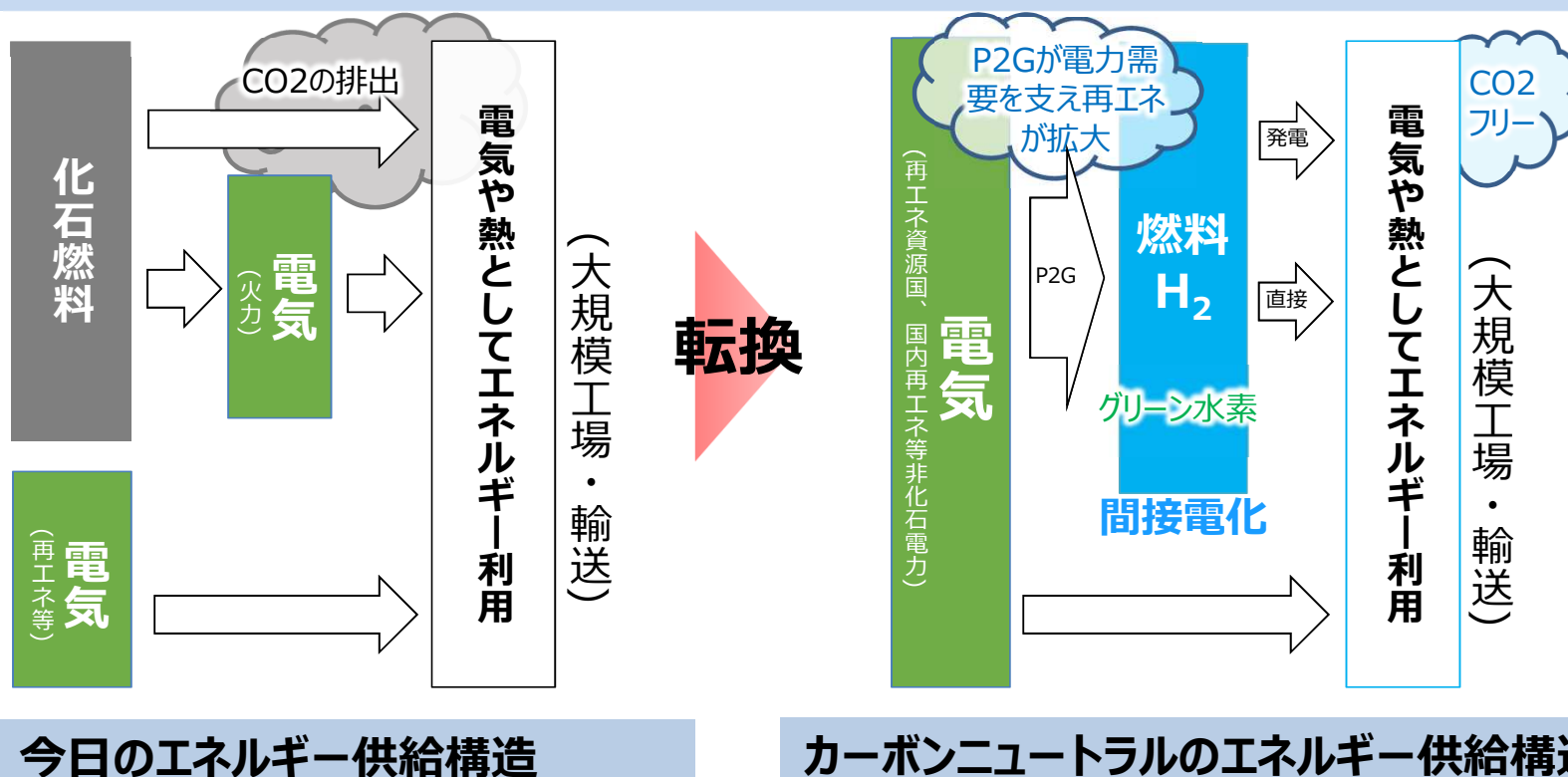
*アンモニア、メタン等の基礎化学品が水素から製造・配送される場合有
出典：第25回水素・燃料電池戦略協議会(2021/3/22)

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

研究開発内容〔1〕～〔3〕のサマリ

【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証

P2Gシステムによる「カーボンニュートラルの実現」



プロジェクトの目的：カーボンニュートラル実現へ向けた大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換の実現

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

研究開発内容〔1〕～〔3〕のサマリ

【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証

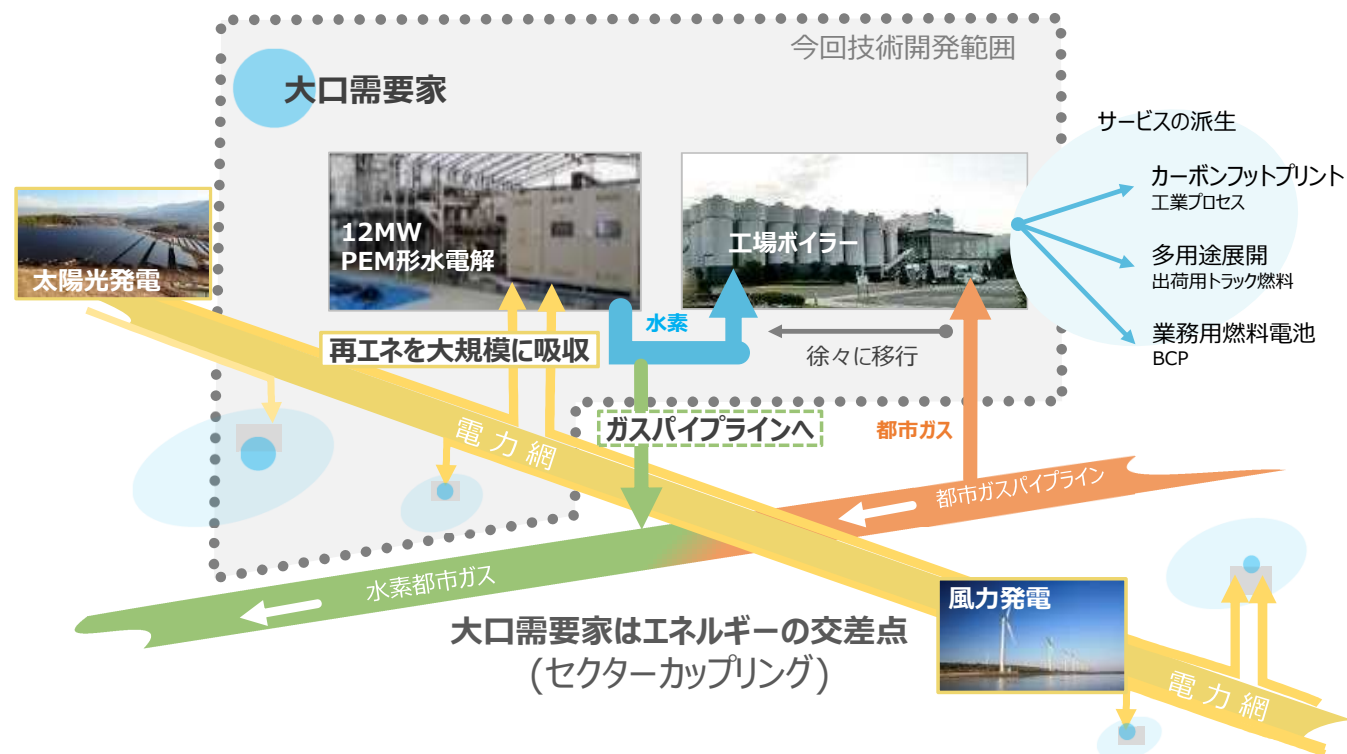
- ✓ 電力と化石燃料の両方を大量に使用する大口需要家をターゲットに、地域の再エネを吸収し、効率的かつ直接的にCO2を削減するモデルを実証

実証内容

水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

優れた新材の装置への実装技術開発

熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証



0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

研究開発内容〔1〕～〔3〕のサマリ

【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証

研究開発内容〔1〕水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

（実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。）

- ✓ 2025年にて1,050千円/Nm³/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm³/h（6.5万円/kW）を見通す
- ✓ 2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm³）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm³）を見通す
- ✓ 6MW級水電解装置を製作し、実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定した、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する

研究開発内容〔2〕優れた新材の装置への実装技術開発

（低コスト化、高効率化に繋げる、膜や触媒などの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。）

- ✓ 2025年にて1,050千円/Nm³/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm³/h（6.5万円/kW）を見通す
- ✓ 2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm³）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm³）を見通す
- ✓ 実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、膜やCCMの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。10MW級水電解装置を製作する。
- ✓ P2Gから生産されるフルウエット水素の1MPa級大規模除湿・圧縮システムの開発

研究開発内容〔3〕熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

（大規模P2Gシステムによる化石燃料からのエネルギー需要転換・利用技術モデル開発）

- ✓ 電化が困難な工場の熱需要の化石燃料代替パッケージ技術をモデルを確立させる。
- ✓ 地域の再エネ電気を有効活用するために、導入対象を地場産業に根付いた工場規模の化石燃料の使用を削減し得るモデルを実証する
- ✓ 経済合理性と再エネからのエネルギー転換を両立させる水素製造・利用のオペレーションシステムのパッケージ化

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

役割分担表

	日立造船	東レ	シーメンス エナジー	加地テック	山梨県企業局 (幹事会社)	東京電力HD・ EP	三浦工業
研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発	✓ 100MW システムの実現を見通す PEM形6MW級モジュール式連結水電解システム開発	✓ 2025年にてシステム効率77%、 2030年にてシステム効率80%を見通す。			✓ 大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換のための事業者間調整・技術インテグレーション ✓ 水素利用、貯蔵、熱コントロールシステムの設計 ✓ エネルギー需要家との調整並びにビジネスモデル検討 ✓ 共同事業体「YHC」の設立運営	✓ 電力設備、電解装置、補器、建築を総合的技術力で統合 ✓ 再エネの利用促進と水素の製造・利用における経済合理性を追求するEMSの導入	
研究開発内容〔2〕 優れた新部材の装置への実装技術開発		✓ 膜やCCMの重要な部材を10MW級の水電解装置に実装する技術を開発する。	✓ 膜やCCMの重要な部材を10MW級の水電解装置に実装する技術を開発する。	✓ P2Gから生産されるフルウエット水素の大規模除湿・圧縮システムの開発			
研究開発内容〔3〕 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証						✓ 大規模P2Gシステムによる化石燃料からのエネルギー需要転換・利用技術モデル開発	✓ 電化が困難な工場の熱需要の化石燃料代替向け水素ボイラー技術を確立させる。
社会実装に向けた取り組み内容	◆ 世界市場で活躍する国産大規模水電解装置の成立	◆ 高性能・高耐久PEM形水電解材料の開発・実装、世界展開	◆ 優れた部材の導入による我が国の電解技術の世界展開	◆ 電解槽の圧力・湿度をよる需要の非適合性の解消技術の提供	◆ P2Gのやまなしモデル構築とその展開のための事業体の転換	◆ 電化が困難な工場の熱需要の化石燃料代替パッケージ技術をモデルを確立	◆ 化石燃料の併用から、水素単独へ変化していくボイラーシステムの提供

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

「化石燃料」から「グリーン水素」へ移行による大規模なエネルギー転換への取り組み その1

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- 世界的に温室効果ガス削減に向け再生可能エネルギー等非化石エネルギーの導入が加速。特に欧州では風力発電の低価格化が進展し、民生部門ではZEBや再エネ電気による電化によりカーボンニュートラルの見通しが立ちつつあるが、エネルギー消費の過半を占める産業部門は化石燃料代替が困難であり、対策が国際競争化している。

（経済面）

- 欧州を中心にESG投資やEUタクソミーなど投資家が企業に対してサステナビリティ意識を高めさせる資金供出手法が増えており、また企業間取引においてカーボンディスクロージャーが求められるなど商取引条件に温室効果ガス削減対策が織り込まれ始めている。

（政策面）

- IEA「Net Zero by 2050」、政府の「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」など、OECD諸国を中心にカーボンニュートラル社会に向けて電源の脱炭素化と電力需要以外は電化と水素化の推進が政策の中心になりつつある。

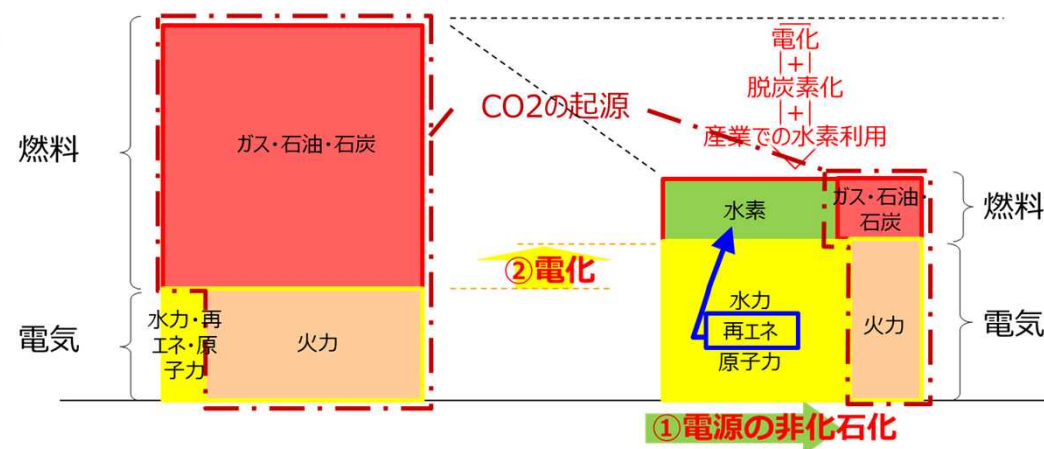
（技術面）

- 太陽光発電・風力発電をはじめ発電技術の再エネ利用は進展しているが、燃料についてはバイオ燃料や化石燃料にCCUSを組合せる等オフセット型の技術はあるものの抜本的に二酸化炭素を直接排出しない燃料（水素・アンモニア等）の開発が本格化し始めた

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

これまで：一次エネルギーである化石燃料を利用して二次エネルギーである電気や熱エネルギーを製造し、その二次エネルギーを利用する社会。

これから：再生可能エネルギーなど非化石エネルギーから直接発電し、燃料も非化石電気による水の電気分解などから水素製造を行い、「電化」と「水素利用化」によるカーボンニュートラルがエネルギー利用の主流となる社会。



1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

「化石燃料」から「グリーン水素」へ移行による大規模なエネルギー転換への取り組み その2

● 市場機会：

- ✓ 水素エネルギーは化石燃料を使用せざるを得ない熱処理・蒸気分野への新たな熱サービスの提供が可能になる。
- ✓ 再エネ発電は分散型であるため地域での導入が加速している。地域での発電設備の導入はエネルギーの地産地消を可能とし、地域の工場が域内でエネルギーを調達できることから、地方の経済の活性化が期待される。
- ✓ 再生可能エネルギーの増加は余剰電力や系統混雑を引き起こし始めているため、その電力を活用して水素を作ることによって一層の再エネ発電の導入が期待される。



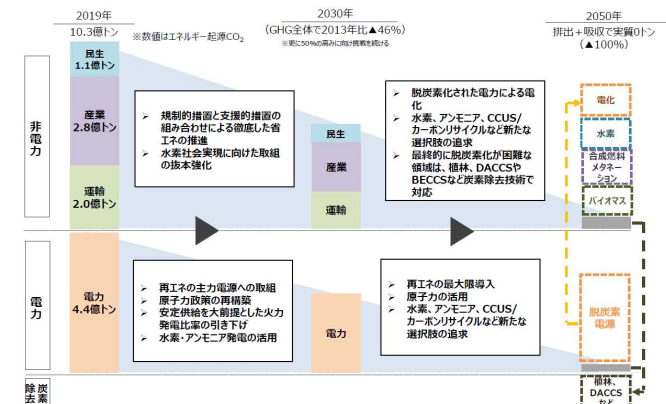
● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- ✓ 電化の推進による社会基盤構築へ向かうメインストリームの中で、熱分野のCO2削減に解決策を提供
- ✓ 水素は危険物であるため、社会システムに取り込む場合は安全性の確保が最優先。ただし、安全性の確保はコスト増加要因でもあるため、危険性の少ない各界各層・各技術領域での活用モデルを作り、国民・社会へのリスクとコスト負担を減らす対策も必要

● 当該変化に対する経営ビジョン：（東京電力）

- ✓ 発電事業で養ってきたエネルギー供給の知見を活かし、お客さまとともに運輸・民生部門のさらなる電化を促進しつつ、電化ビジネスを創出することや、産業部門においては電気分解により製造する水素を活用した熱需要での非化石燃料化の開発・促進などにより、国のCO2排出目標へ貢献するとともに、脱炭素社会をリードしていく。

参考 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略



1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット



化石燃料市場のうちボイラー・バーナーをターゲットとして想定

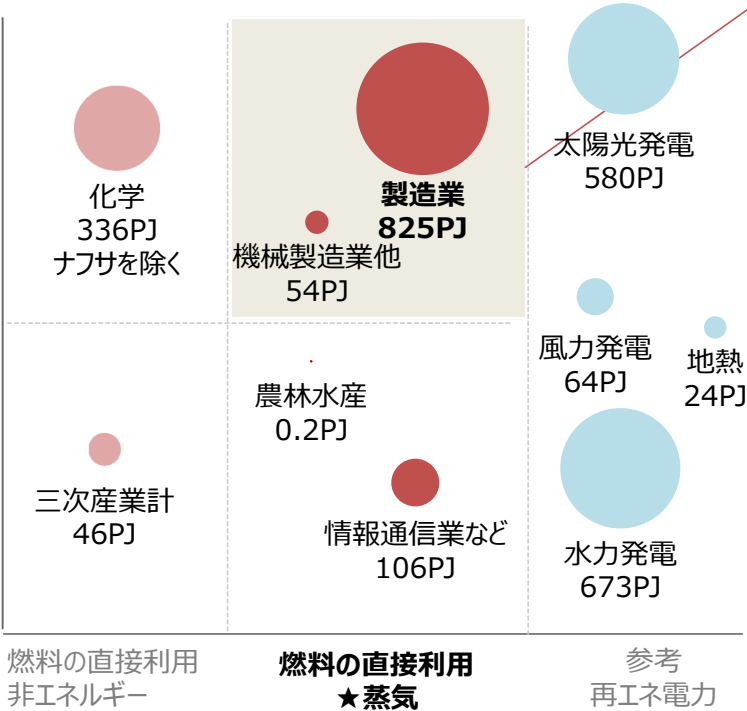
セグメント分析

化石燃料を直接利用し、電化しがたいもので、主力は
非エネルギーの化学(製造業)と蒸気(製造業)

電化しにくい燃料の直接利用領域のエネルギーセグメント

製造業

非製造業



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 全国に分布する工場において、ボイラー・バーナーでの化石燃料を直接利用している需要が主な市場
- 国内で10MW級を数多く実践し、コストを下げ2025年からは再エネ資源国との連携による取り組みを加速させる。

需要家	主なプレイヤー	消費量 (2019年)	課題	想定ニーズ
製造業	食品 半導体	・825PJのうち 11PJを2030年 にカーボンフリー化 以後再エネに連 動して拡大 (P2Gを1GW導 入し、利用率 50%にて運転)	・2030年価格目標の 30円/m3を達成して もなお、既存エネ ルギーの倍の価格 ・主要コストのスタック価 格を低減が必要 ・モジュール式でスケーラ ブルな規模での導入が 必要	・蒸気ボイラー ・バーナー(炉、熱処 理、加工) ・上記電化が難しい 熱分野で利用
機械製造業	自動車、機 械製造			
公共調達	国、県、自 治体	小規模実証での マインド増進	・公共調達の財政支援	・啓発 ・社会先導

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

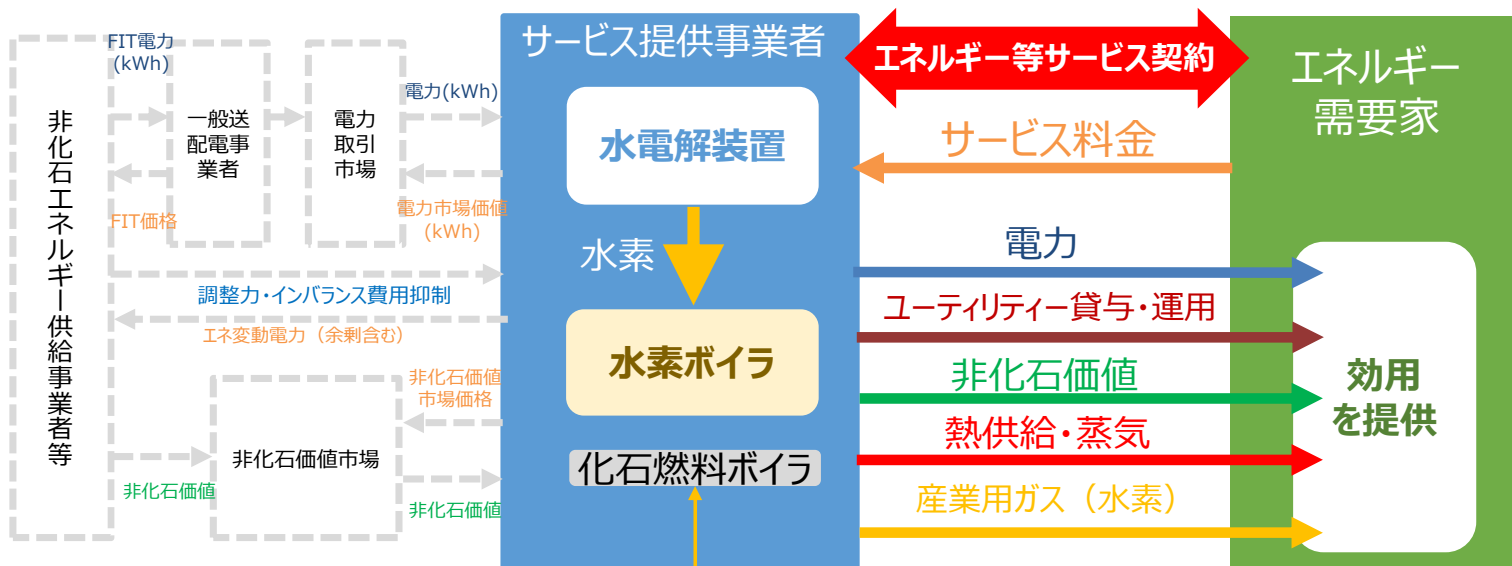
P2G技術を用いて、カーボンフリーの熱（蒸気サービス）を提供する事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）

- 水素をそのまま熱需要で利用する工場（副生ガスを利用する石化や苛性ソーダ業界を除き）はほぼ無いが、蒸気は大量に製造・利用されていることから、水素そのものではなく水素由来の蒸気を供給することで水素市場を創出する。そのために水素をエネルギー媒体として熱供給を行う役務提供事業を立ち上げる。

サードパーティーオペレーションモデル（第三者保有モデル）



発展型TPOモデル

- 水素は取扱いやオペレーションが難しいことから、パッケージ化や標準化を図り、サービス提供型で普及モデルを構築していく。

- カーボンフリー蒸気など「効用」を売るモデル
- LNG供給や受電設備強化など燃料やインフラのバックアップも必要なためパッケージ型で提供

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

標準化を活用し、水素燃料の利活用に関するルール形成の調査を推進

海外の標準化や規制の動向

（海外の標準化動向）

- 一般的な標準燃料用に関する規格
ISO22967/22968 オイル及びガスバーナ
ISO23550/23551-1~4 ガス・石油機器用の制御・防護機器
IEC60730-2-5~6 電気自動制御
ISO/13577-1,2,4 工業炉及び関連設備
- 水素燃料に関する規格
PAS4444：調理及び暖房機器に関する英国の国家規格
水素の利活用を進めるうえで参考となる規格

（規制動向）

- 水素の利活用に関しては規制に関する情報は今のところ無い
従来燃料による基準に合わせている



標準化の取組方針（標準化以外の場合、その手段あるいは方法を記載）

- 国内外の情報を参考にして、メーカー社内基準に反映
- 現状は、従来水素燃料ボイラでの基準を踏襲、安全基準を維持

標準化の取組内容（全事業期間通じて）

（1）国際標準化

- 国内外の規格情報の収集を継続する
- 必要時に社内基準、設計標準に反映
製品への改変を行い、安全性、信頼性の向上を行う

知財、その他規制等に関する取組方針・内容

- 社外パテントの定期調査を実施

1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

高性能な水電解の大型化技術を保有する強みを活かして、社会・顧客に対して安心して使えるカーボンニュートラルな水素を活用した熱エネルギーという価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 産業用の工場での既存熱供給システムに、生産上の不具合なくカーボンニュートラルな熱エネルギーを提供するための機器を提供する。



自社の強み

- 技術力
 - 既存の工場で使用される熱需要の内、蒸気分野で一般的に用いられている小型貫流ボイラのトップシェアメーカーである。
 - 水素を燃料とするボイラを商品化しており、既存の一般燃料焚きボイラとの性能差、運用面の差を埋めるべく技術を保有している。
- 実施体制
 - 技術開発は、自社内ボイラ技術統括部にてバーナ開発、効率改善のためのエコノマイザー開発を行う。

自社の弱み及び対応

- カーボンニュートラル燃料の供給体制はこれまで個社としては保有しておらず、共同事業体（YHC）での協力のもと確立していく。

他の実証チームに対する比較優位性

世の中で多く利用される貫流型の蒸気ボイラの分野ではトップシェアメーカーであり、水素燃料ボイラは三浦工業が業界に先駆けて商品化をしている。技術開発、低エミッション燃焼などで先行しており、技術面、顧客基盤の両面において優位である。

三浦工業株式会社

競合他社の状況

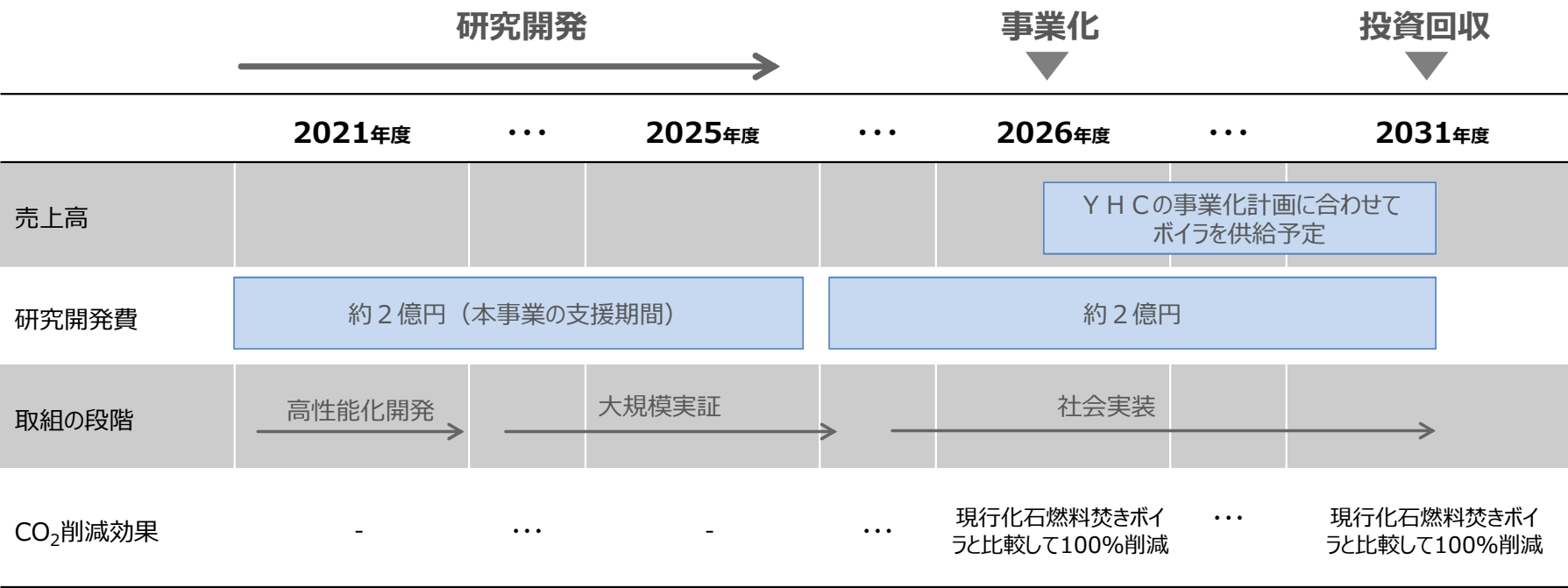
技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
水素燃焼技術や蒸気発生などの機器開発技術と需要家への熱エネルギー供給技術を保有	既存の需要家の多くで三浦工業製ボイラを使用している。業界シェアは5割を超えている	ものづくりとしては、既存の蒸気ボイラと同じサプライチェーンを活用できる。	技術開発だけでなく、営業、メンテナンスに関連する人員も自社で保有している
			
既存の標準燃料ボイラの技術も流用、活用が可能	既に三浦工業ボイラのユーザも多く、継続的に需要家のフォローアップも可能	水素燃料ボイラの製造が可能	維持管理体制にも問題なく運用できる。
機器開発にて高効率化、高ターndダウン化、低エミッション燃焼技術を蓄積する必要がある。		水素ボイラを製造している企業が少ない。	

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

5年間の研究開発の後、2026年度の事業化、2031年度の投資回収を目指す

投資計画

- ・2025年度までに技術開発、実証を行い、2026年度より事業化を目指す。
- ・YHCの事業計画に基づき、2026年度以降の太陽光発電設備、水素発生装置設備の導入規模に合わせて発生する水素の利活用のための水素燃料ボイラの設備規模を計画する。
- ・2026年度以降の事業として、量産化、性能向上のための投資を予定しながら2031年度の投資回収を目指す。



1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画
三浦工業による研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）
を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	既存の熱需要設備と同じレベルの商品構成、システム効率とするためには、開発ターゲットとして、機器の効率の向上、燃焼範囲を広げる高ターンダウン化が重要となる。既に化石燃料でのシステムではトップシェアのボイラを有しており、水素燃料時のボイラの要素開発、機器製造、性能評価ポイントなどは同レベルに合わせる方針としている。	- 機器の開発、燃焼試験のためには水素を供給する設備が必要となり、その保有を計画している。 - 社会実装においても将来、多くのボイラ台数を製造する時代には、現行の化石燃料利用のボイラと同様な製造ラインを整備する必要があり、台数の立ち上がりを確認しながら整備をする計画である。	- 国内100か所以上の拠点があり、各地域での需要家との直接のコネクションだけでなく、機器を供給する体制が整っている。そのため、需要家のニーズを取り込み、熱需要設備の最適化を図ることができる。 - また日々のメンテナンスで需要家の熱供給設備を自社メンテナンス員が維持管理する中で必要な情報も、営業、開発ニーズとしてフィードバックできる。
国際競争上の優位性	▼ 海外では炉筒煙管ボイラや大型のボイラが主流で、日本国内で主流の貫流ボイラと比較して機器効率、運転効率ともに一般的に劣る。そのため、海外で水素の利活用時に炉筒煙管ボイラのバーナ変更だけの方式と比較しても効率が高いため、本ボイラ（貫流タイプの水素燃料ボイラ）は圧倒的に優位である。	▼ 既に高効率な貫流型のボイラを製造しているだけでなく、海外にも7か所のボイラ製造工場を保有、製造販売メンテナンスまで一貫して提供できる体制を確立しており、海外展開時にはこの資産が活用可能である。また、ボイラは各国特有のレギュレーションがあるが、その確認なども既に経験をしている地域が多いことも優位である。	▼ 営業体制では、これまで計17の海外現地法人と駐在所を設立しており、海外にも拠点は合計で100を超える。現地の情報を吸い上げる体制は既に整っている。

1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

三浦工業による研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

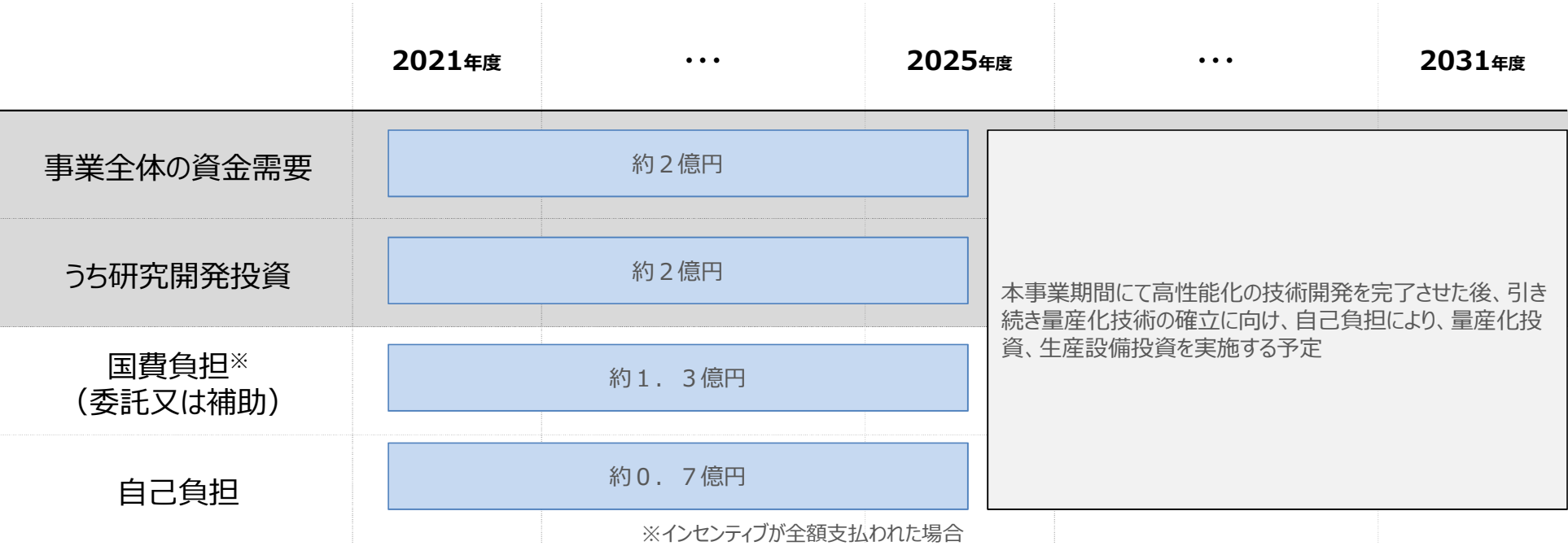
事業化のための取り組み

- 顧客情報収集、営業提案の強化
顧客情報の集約
* 社内の水素関連機器の問い合わせ窓口を一本化した。
- 製造体制の整備
組織体制
* ボイラ設計部門の中にカーボンニュートラル機器の製品設計を担当する部門を新設し、水素燃料等を用いたボイラの製品化がスムーズに行えるよう組織を準備した。
- 啓蒙活動
業界団体へのPR
* ボイラ関連の業界団体が発行する雑誌、論文誌などに積極的に水素ボイラの活用についての説明、効果などの論文を寄稿していく。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて自己負担を予定

資金調達方針



※2021年度～2025年度はNEDO事業
2026年度以降はHYC事業戦略でのボイラニーズに合わせたボイラ供給事業計画による
※基本的に、外部調達はしない予定

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

研究開発内容〔1〕〔2〕〔3〕のサマリ

2. 研究開発計画／（１）研究開発目標

公募内容の整理

（目標達成の評価方法）

提案者の柔軟性を確保する観点から、各目標の個別の評価方法については、現時点で特定せず、その方法についての考え方を示すのみに留め、今後案件の採択時により具体的に決定することとする。

① 水電解装置のコストについては、各実施者の事業終了年度が異なる可能性に鑑み、その時点での商用化時点で想定される生産設備で、複数のモジュールを連結させた水電解装置の製造を行う場合の単位容量当たりの設備コストを試算し、目標達成度を評価する。なお、上記コスト目標には、装置本体に加えて、変圧器や整流器の費用を含み、水素圧縮機、精製装置、建屋等に係る費用は含まないものとする。

【研究開発項目1】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証【補助】

➤ 目標：2030 年までにアルカリ型水電解装置の設備コスト5.2 万円/kW、PEM 型水電解装置の設備コスト6.5 万円/kW を見通せる技術の実現

➤ 研究開発内容：

① 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発【（2/3→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

先行する欧州等のプレイヤーは、複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさない設計とすることで、①組み立て工程の簡素化や、②単位容量当たりに必要な設備量の減少を通じたコスト削減を実施。その削減ポテンシャルは大きく、例えばIEA のレポート13では、PEM 型の水電解装置で0.7MW のスタックを6つ並べることで、約40%の装置コストの低減が見込まれている。しかしながら、1モジュールの大型化は水素の漏洩や生産工程による不均一性といった難題を克服する必要がある他、モジュールと補機の最適配置についても様々な工夫の余地がある。このため、本プロジェクトでは、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。

NEDO公募要領の記載

アルカリ型水電解装置及びPEM 型水電解装置を対象とし、実用規模（遅くとも、2030 年においてアルカリ型100MW システム、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。

② 優れた新部材の装置への実装技術開発【（2/3→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

日本企業は、膜や触媒などの重要な部素材について、世界最高水準の要素技術を有しているが、大型の実機において基礎研究や小規模実証等と同程度の性能を発揮するためには、部素材メーカー及び水電解装置メーカー間等での折り合わせも含めた、更なる技術開発を実施する必要がある。例えば、より高価な触媒利用量が少ない電極や、薄膜化などは装置コストの低減に貢献しうが、そうした部素材は単一では効果を発揮できず、膜への触媒の塗布の方（PEM型の場合）や、スタッキングの手法なども最適化することではじめて、システムの中でその性能を発揮することが可能となる。このため、本プロジェクトでは、膜や触媒などの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。

NEDO公募要領の記載

低コスト化、高効率化に繋げる、膜や触媒などの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。

③ 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証【（2/3→1/2 補助）＋（1/10 インセンティブ）】

電化が困難な熱需要や、基礎化学品の製造を含む化学分野等、脱炭素化のハードルが高い分野では、水素の利活用が見込まれる。しかしながら、再エネ等の変動電源と水電解装置を組み合わせる場合、その後工程の最適な運用方法（定格運転を行う代わりに、水素貯蔵タンクを設ける、水素製造工程に併せて出力を変動する等）については、解決すべき技術課題が残っている。このため、本プロジェクトでは、水素の需要家と緊密に連携しながら、水電解装置を用いた、産業プロセス等における化石燃料・原料等を水素で代替する最も効率的なシステム運用方法を確立する。特に、水電解装置をオンサイトで直接需要家の工場等に設置し、当該施設内で製造した水素を消費する場合は、そのモデル性を重視し、熱の脱炭素化や基礎化学品等の製造過程で水素の過半を燃料・原料として活用するものを実証対象とする。

NEDO公募要領の記載

水素の需要家と緊密に連携しながら、水電解装置を用いた、産業プロセス等における化石燃料・原料等を水素で代替する最も効率的なシステム運用方法を確立する。特に、水電解装置をオンサイトで直接需要家の工場等に設置し、当該施設内で製造した水素を消費する場合は、そのモデル性を重視し、熱の脱炭素化や基礎化学品等の製造過程で水素の過半を燃料・原料として活用するものを実証対象とする。

なお、本事業においては、事業終了後の速やかな社会実装を進める観点から、原則、研究開発内容①から③まで一体となって取り組む企業又はコンソーシアムを公募する

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

1. 水電解装置の大型化技術の開発
Power-to-X 大規模実証

アウトプット目標

- ✓ 2030 年までにPEM 型水電解装置の設備コスト6.5 万円/kW を見通せる技術の実現
- ✓ 大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換・利用技術開発

研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
1 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発	25万円/kW@2025年、量産コスト6.5万円/kW@2030年、システム効率77%@2025年、80%@2030年、を見通す。 6MW級水電解装置を製作し、PEM 型100MW システム@2030 年の実現、を見通す。	- FCH-JUの2030 年設備コスト目標※ 1 を参考に設定 500€/kW、システム効率79%@2030 - 複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさないことで装置コスト削減を実施。
2 優れた新材の装置への実装技術開発	- 膜やCCMの重要な部材を水電解装置に実装する技術、および大規模除湿・圧縮システムを開発し、 25万円/kW@2025年、量産コスト6.5万円/kW@2030年、システム効率77%@2025年、80%@2030年、を見通す。 10MW級水電解装置を製作し、PEM 型100MW システム@2030年の実現を見通す。	- FCH-JUの2030 年設備コスト目標※ 1 を参考に設定 500€/kW、システム効率79%@2030 - 大型実機において小規模同等の性能を発揮するためには、部材及び水電解装置メーカー間での組み合わせ開発が必要。部材単一では効果を発揮できず、膜への触媒塗布方法や、スタッキング手法など最適化することではじめて、システムの中でその性能を発揮することが可能となる。
3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証	12MW規模の水電解装置のオンサイトモデルを構築し、水素製造・利用装置のパッケージ化をすること。 - 大規模風力発電によるオンサイト型P2Gシステムの開発をすること。 - エネルギー需要家がシステム運用をせずに効率的なシステム運用方法を電力市場や水素の需要家と緊密に連携しながら開発すること。 - 水素専焼ボイラーの多缶設置システムで、ボイラ単体効率向上と、ターンドウンレシオの拡大により実運転効率を高め、水素から熱への変換効率の高い蒸気システムを開発し実証すること。 - 電解槽のモジュール式連結システムに最適となる、変換効率とコストのトレードオフの最適点を得るPEM形水電解向けの整流器を開発すること。	- 設置コスト削減のためのパッケージ化が求められるから。 - 風力発電におけるランプ出力などを効率的に水素に変換し使用するシステムを確立することで、熱需要における化石燃料の置き換え、熱の脱炭素化につながるから。 - 既存設備からのシームレスな切り替えを進めるとともに、水素価格に直結する再エネ余剰電力を効率的に水素に変換する必要があるため。 - 従来の都市ガスボイラを置き換えていくためには、幅広い容量に対応できる蒸気システムを構築することが必要なため。 - 整流器は、変換効率の高さのみならず、電解槽の電圧や交流変圧器との最適化など専用設計でダイナミックにコストを低減する必要があるため。

※ 1 「FCHJU Multi - Annual Work Plan 2014 - 2020」で目標を設定。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容①

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発		アウトプット目標				
		実用規模（遅くとも、2030 年においてPEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。				
目標	KPI（2025年目標）	現状レベル	2025年 レベル	中間目標 2022年	中間目標 2024年	実現可能性 （成功確率）
低コスト化	2025年にて1,050千円/Nm3/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm3/h（6.5万円/kW）を見通す。	TRL3 米倉山 68万円/kW @1.5MW 、2020年	TRL8 量産コスト 6.5万円/kWを見通す	1,050千円/Nm3/hを見込む6MW装置の設計完了	1,050千円/Nm3/hを見込む6MW装置の製作完了	80%
高効率化	2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm3）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm3）を見通す。			中型スタック評価において、水電解性能1.75V@2A/cm2を見通す。	モジュール試運転にて、システム効率77%を見通す	80%
大型化・モジュール化	6MW級水電解装置を製作し、実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定した、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。			量産可能かつスケーラブルなモジュール連結式装置の設計完了	6MW級水電解装置の製作、据付、試運転完了	90%

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容①

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案



Technology Readiness Levels (TRLs)	
1	Initial idea Basic principles have been defined
2	Application formulated Concept and application of solution have been formulated
3	Concept needs validation Solution needs to be prototyped and applied
4	Early prototype Prototype proven in test conditions
5	Large prototype Components proven in conditions to be deployed
6	Full prototype at scale Prototype proven at scale in conditions to be deployed
7	Pre-commercial demonstration Prototype working in expected conditions
8	First of a kind commercial Commercial demonstration, full-scale deployment in final conditions
9	Commercial operation in relevant environment Solution is commercially available, needs evolutionary improvement to stay competitive
10	Integration needed at scale Solution is commercial and competitive but needs further integration efforts
11	Proof of stability reached Predictable growth

Readiness level (TRL) ?	Sector	Technology	Step in value chain	Importance for net-zero emissions	
8	Energy transformation > Hydrogen	Electrolysis > Polymer electrolyte membrane	Production	Very high	Details
Polymer electrolyte membrane (PEM) electrolyzers use a polymer membrane permeable to protons that are transported towards the cathode where they accept an electron and recombine as H₂. While it is currently a commercially less-developed technology than alkaline electrolyzers, its cost-reduction potential is considerably larger while presenting other advantages such as higher flexibility, higher operating pressure (lower need for compression), smaller footprint (relevant for coupling with offshore wind), faster response and lower degradation rate with load changes so they have more potential to contribute to the integration of variable renewable energy generation. PEM electrolyzers need, however, expensive electrode catalysts (platinum, iridium) and membrane materials, and their lifetime is currently shorter than that of alkaline electrolyzers. Cross-cutting themes: Renewable electricity, Systems integration, Hydrogen, Electrochemistry Key countries: United Kingdom, Germany, China, Japan Key initiatives: •Germany: Shell and ITM are installing a 10MW PEM electrolyser in the Rhineland Refinery in Wesseling (Germany). ITM PEM technology installed at Shell hydrogen refuelling stations for vehicles. •Japan: the Fukushima Hydrogen Energy Research Field is building a 10MW PEM electrolyser using grid electricity, which will become operative in March 2020 •Canada: Air Liquide and Hydrogenics will build in Canada a 20 MW PEM electrolyser to generate 3,000 t H₂/year to both industry and mobility usage. Announced development targets: •France: 10% of low-carbon H₂ in industry by 2023 and 20-40% in 2028 (all low carbon H₂ technologies) Announced cost reduction targets: •FCH JU (Europe): CAPEX 500 EUR/kW, OPEX 21 EUR/(kg/d)/yr (2030) US DOE ultimate target:					

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容②

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

2 優れた新部材の装置への実装技術開発

アウトプット目標

低コスト化、高効率化に繋げる、膜や触媒などの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。

目標	KPI（2025年目標）	現状レベル	2025年 レベル	中間目標 2022年	中間目標 2024年	実現可能性 （成功確率）
低コスト化	・2025年にて1,050千円/Nm3/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm3/h（6.5万円/kW）を見通す。	TRL3 研究段階	TRL8 量産コスト 6.5万円/kWを見通す	—	—	80%
高効率化	・2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm3）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm3）を見通す。			・ 中型スタック評価実証設備を設計・製作する ・ 中型スタック評価において、電解電圧1.9V @2A/cm2を見通す。	・ MW級システム効率77%を見通す。	80%
社会実装	・ 実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、膜やCCMの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。10MW級水電解装置を製作する。			・ 実用規模を想定した電解質膜・CCM製造設備を設計・製作する。	・ 水電解装置16MW級に実装する電解質膜、およびCCM製造技術を開発する ・ 10MW級水電解装置を設計・製作する。	90%
	・ P2Gから生産されるフルウエット水素の1MPa級大規模除湿・圧縮装置を開発する。			・ 要素技術の検証および、除湿・圧縮システム設計を完了する。	・ 1MPa×1,500Nm3/h級の圧縮機、除湿システムの実証機を製作する。	90%

2. 研究開発計画／（２）研究開発内容②

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証		アウトプット目標	
		カーボンニュートラル実現へ向けた大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換・利用技術開発	
目標	KPI（2025年目標）	解決方法	実現可能性（成功確率）
モデル性	省エネ法一種エネルギー管理指定工場をモデルケースとし、12MW規模の水電解装置のオンサイトモデルを構築し、経済合理性と再エネ由来の水素による化石燃料からのエネルギー転換を両立させる水素製造・利用装置のパッケージ化をすること。	- 東電グループとして従来より電力供給を行ってきた需要家との関係性を活かすことで、当該規模の需要家との交渉及び選定を行う。 - 既存の電力システムを用いて再エネを需要家へ供給する技術を開発する。 1.5MWオフサイトモデルで実現した水電解装置および需要先での設備構築知見を活かし、パッケージ化に向けたコンソーシアム内での最適化を行う。	95%
風力発電との連携	大規模風力発電のグリーン電力供給及び余剰電力利用による熱の脱炭素化を両立するエネルギー転換システムを水素の需要家と緊密に連携しながら開発すること。	オンサイトで且つ、風力特有の余剰電力の変動に連動した、水電解装置及び水素ボイラ運転が必要であり、需要家側の既存設備とも協調、連携するP2Gシステムを開発する。	80%
運用方法	エネルギー需要家がシステム運用を必要としない効率的なシステム運用方法を開発すること。	需給調整市場、容量市場、DR、再エネ変動吸収、卸市場価格との連動、非化石市場、熱FITなどの市場等を活用して、経済性を向上させる。	80%
	産業用蒸気ボイラの主流となる小型貫流ボイラーの多缶設置システムを想定して、ボイラ単体効率向上と、ターンダウンレシオの拡大により実運転効率を高め、水素から熱への変換効率の高い蒸気システムを開発して実証する。	- 熱需要家先で多缶設置システム実証を行う。 - 負荷追従機能、運転台数最適化制御、水素残量監視機能にて高効率運転、高ターンダウンレシオを達成する。	80%
	電解槽のモジュール式連結システムに最適となる、変換効率とコストのトレードオフの最適点を得るPEM形水電解向けの整流器を開発すること。	- 交流電力を直流電力の接続を行う整流器に関して、電解スタックの電气的特性と効率のトレードオフ関係を把握し、変圧器と整流器並びにEMSを一体的設計しPEM形水電解に最適な電力設備を開発する。 - EMSとの連携を図り、あらゆる調整力市場へ供給できる機能を得る。	95%

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	目標	直近のマイルストーン (2022年度 中間目標)	これまでの開発進捗 (2021年度 研究開発成果)	進捗度
1 水電解装置の 大型化・モ ジュール化技 術開発	低コスト 化	1,050千円/Nm ³ /hを見 込む6MW装置の設計完 了	・装置を共通部とモジュール部に区分し、コストダウンする設計方針を 決定した。	○（理由） 装置のコストダウン方針を 決定した。
	高効率 化	中型スタック評価において、 水電解性能 1.75V@2A/cm ² を見通 す。	・ 差圧運転対応の中型スタック評価装置の改造を完了した。 ・ 小型セル評価において、東レ開発MEATH21-3により、差圧運転 条件下での中型スタック水電解性能1.75A/cm ² @2A/cm ² の見 通しを得た。	○（理由） 計画通りに中型スタック評 価環境の整備完了、およ び小型セルでの性能目標 達成見通しを得た。
	大型化・ モジュ ール化	量産可能かつスケラブ ルなモジュール連結式装 置の設計完了	・ モジュール連結式装置のダイアグラムフローを作成した。 ・ 安全面（対地電流、漏洩電流）および整流器との総合的なコス ト・効率面を検討し決定した。	○（理由） 単位モジュールについて仕 様を決定し、装置設計を 計画通りに進めた。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	目標	直近のマイルストーン (2022年度 中間目標)	残された技術課題	解決の見通し
1 水電解装置の 大型化・モ ジュール化技 術開発	低コスト 化	1,050千円/Nm3/hを見 込む6MW装置の設計完 了	・ 6MW装置に即した共通部の具体的な 一体化プランの決定。 ・ 装置フローの完了、電解セル構造・部材 の最適設計。	・ 機器数量低減などのコストダウンにより目標を達 成し、6MW装置設計を完了する。 ・ 装置のフロー、電解モジュールを設計完了し、コス トダウンを見込む。
	高効率 化	中型スタック評価において、 水電解性能 1.75V@2A/cm2を見通 す。	・ 中型スタック評価において、差圧運転条 件下での水電解性能1.75A/cm2を見 通す。	・ 小型MEAセル設計をベースとした、差圧運転対 応の中型水電解セル構造・部材設計を計画通り に実施、2022年度中間目標の達成を見込む。
	大型化・ モジュ ール化	量産可能かつスケーラ ブルなモジュール連結式装 置の設計完了	・ コンパクト且つスケーラブルな配置案の作 成およびインターフェンスの最適アレンジ。	・ 3Dモデリングを使用したモジュール配置案の検討、 改善レビューにより連結式装置の設計を計画通り に完了する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	目標	直近のマイルストーン （2022年度 中間目標）	これまでの開発進捗 （2021年度 研究開発成果）	進捗度
2 優れた新部材の装置への実装技術開発	高効率化	・ 中型スタック評価実証設備を設計・製作する	・ 中型スタック評価実証設備を設計・発注を完了した。	○ （理由）スケジュール通り完了。
		・ 中型スタック評価において、電解電圧1.9V @2A/cm2を見通す。	・ シーメンス・エナジー社との摺り合わせ開発を開始した。 ・ 東レ小型基準セルを用いた先行検討において、中型スタックの電解性能目標1.9V@2A/cm2を達成可能な小型CCM設計の見通しを得た。	○ （理由）計画通り。東レ小型基準セルでの目標達成見通しを得た。
	社会実装	・ 実用規模を想定した電解質膜・CCM製造設備を設計・製作する。	・ 実用規模を想定した電解質膜・CCM製造設備を設計・発注を完了した。	○ （理由）スケジュール通り完了。
		・ 要素技術の検証および、除湿・圧縮システム設計を完了する。	・ 水平対向機用ノンリーク要素試験機、ヒートポンプ用圧縮機等の要素試験機計画を完了し、設計を開始した。 ・ ヒートポンプ用圧縮機のOリング耐冷媒性を確認した。	○ （理由）計画通り、要素試験機計画を完了した。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	目標	直近のマイルストーン (2022年度 中間目標)	残された技術課題	解決の見通し
2 優れた新部材の装置への実装技術開発	高効率化	中型スタック評価実証設備を設計・製作する	中型スタック評価実証設備の製作と立ち上げ。	スケジュール通り実行する。
		中型スタック評価において、電解電圧1.9V @2A/cm2を見通す。	中型スタック評価において、電解電圧1.9V@2A/cm2を見通す。	計画通り、東レ小型基準セルを用いた検討結果を中型スタック評価に反映し、2022年度中間目標の達成に取り組む。
	社会実装	実用規模を想定した電解質膜・CCM製造設備を設計・製作する。	電解質膜・CCM製造設備の製作と立ち上げ。	スケジュール通り実行する。
		要素技術の検証および、除湿・圧縮システム設計を完了する。	要素試験機（水平対向機用ノンリーク要素試験、ヒートポンプ用圧縮機等）の設計、製作完了	計画通り、要素試験機の設計、製作を完了し、2022年度中間目標を達成する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	目標	直近のマイルストーン （2022年度 中間目標）	これまでの開発進捗 （2021年度 研究開発成果）	進捗度
3 熱需要や産業 プロセス等の脱 炭素化実証	システムモ デルの構築	フィールド選定完了、詳 細設計完了	・ 現行PJの米倉山P2Gシステムの課題の洗い出し作業を実施 ・ 基本構想検討（概念設計）完了 ・ フィールド選定では有望需要先の工場内の集中踏査を実施 ・ 連系制約の確認開始	○（理由） スケジュールどおり進捗。
	風力発電 との連携	フィールド選定完了、詳 細設計完了	・ 現行PJの米倉山P2Gシステムの課題の洗い出し作業を実施 ・ フィールド選定先の蒸気使用量状況を確認し、基本構想に織り 込む。 ・ 基本構想検討（概念設計）完了、フィールド選定	○（理由） スケジュールどおり進捗。
	水素ボイ ラーの開発	ボイラ効率向上試験と 燃焼範囲向上のための 燃焼バーナ開発試験を 開始する。	・ 水素ボイラの試験設備の準備が完了 ・ 一次試験用の機器類の手配完了	○（理由） スケジュールどおり完了。
	高性能整 流器の開 発	2022年度 整流器のモ ジュール評価を開始	・ 評価設備の基本設計が完了し主要部材の手配を開始 ・ 実証機の基本設計（トータルコストダウン手法の検討）	○（理由） 半導体の納入に若干の 遅れ

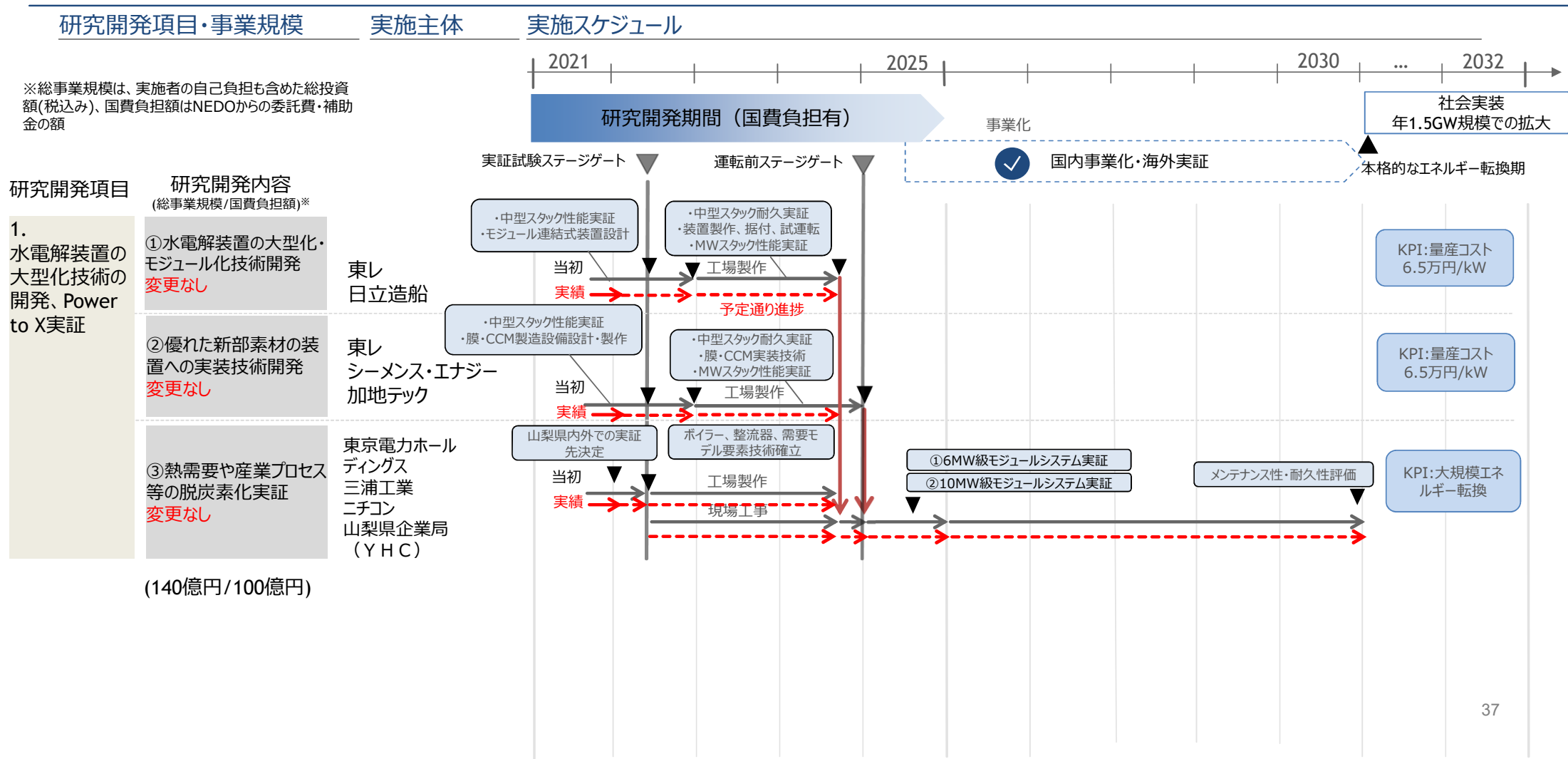
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	目標	直近のマイルストーン (2022年度 中間目標)	残された技術課題	解決の見通し
3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証	システムモデルの構築	フィールド選定完了、詳細設計完了	12MW規模装置に即したパッケージ化、共通部の具体的な一体化プランの決定 - フィールド選定先の既存設備との連携 - 工事工程策定	1.5MWオフサイトモデルでの知見を活かし、フィールド先の熱需要に適した機器容量を決定し、共有部の一体化を図る。 - フィールド先の現地調査やヒヤリング等により、既存設備との適切な連携方法を決定する。 - フィールド先と連携を図り工程を決定
	風力発電との連携		- 風力特有の余剰電力の変動把握 - フィールド選定先の既存設備との連携 - 設備製作、工事工程策定 - 工事工程策定	- フィールド近郊の風力実績より、変動特性を把握する。 - フィールド先の現地調査やヒヤリング等により、既存設備との適切な連携方法を決定する。 - フィールド先と連携を図り工程を決定。
	水素ボイラーの開発	ボイラ効率向上試験と燃焼範囲向上のための燃焼バーナ開発試験を開始する。	性能と燃料性向上に関する評価と改善策の検討	- 熱交換器設計により最適設計を行う - 燃料試験を元にバーナの改良設計を行う
	高性能整流器の開発	2022年度 整流器のモジュール評価を開始	- 評価設備向け納期的ボトルネックのSiC半導体の入手 - 水電解メーカーとの連携した設計	- SiC半導体は9月～順次入手可能な見通しとなり、順次設備稼働 - 電解メーカー及びプラントエンジニアリングとパッケージ設計を進める。

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

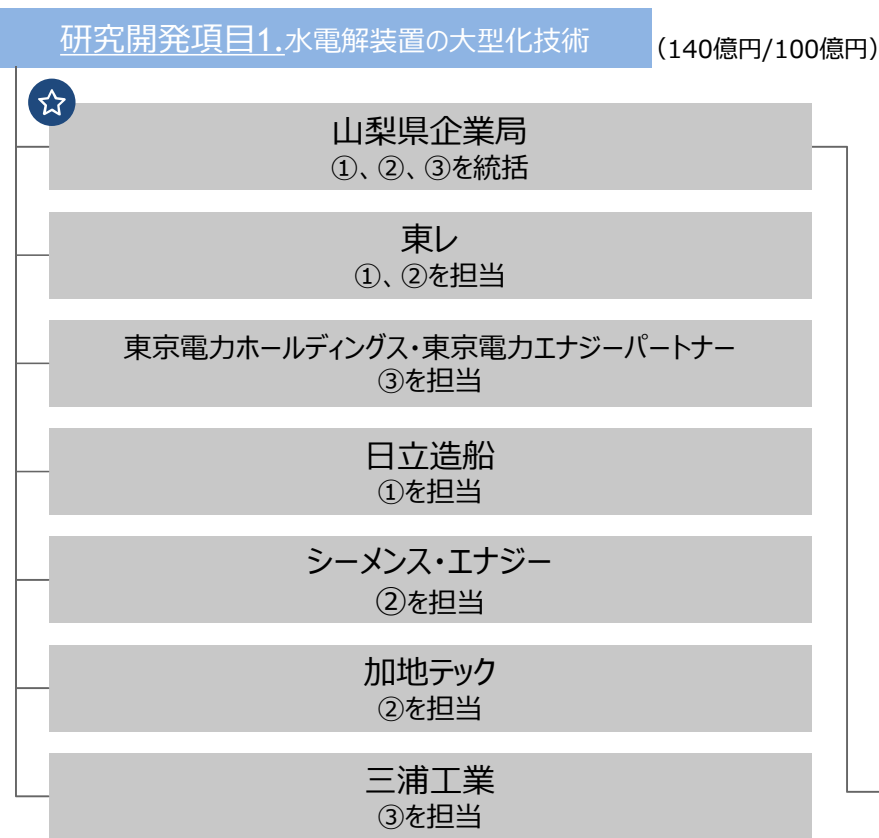


2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図

※金額は、総事業費/国費負担額



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 1 全体の取りまとめは、山梨県企業局が行う
- 東レは、①水電解装置の大型化・モジュール化技術開発、②優れた新部素材の装置への実装技術開発のリーダーを担当する。
- 東京電力ホールディングス・東京電力エナジーパートナーは、③熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証のリーダーを担当する
- 日立造船は、①水電解装置の大型化・モジュール化技術開発を担当する。
- シーメンス・エナジーは、②優れた新部素材の装置への実装技術開発を担当する。
- 加地テックは、②優れた新部素材の装置への実装技術開発を担当する。
- 三浦工業は、③熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証を担当する。

研究開発における連携方法

- コンソーシアム「H2-YES」の設置
- 水素事業体「YHC」の設立
- 米倉山次世代エネルギーシステム研究開発ビレッジにて特設オフィスを開設

- ①研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発
②研究開発内容〔2〕 優れた新部素材の装置への実装技術開発
③研究開発内容〔3〕 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

2. 研究開発計画／（５）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
1. 水電解装置の大型化技術の開発、Power-to-X大規模実証	1 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発	- 日立造船のMW級PEM型水電解装置技術 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/022.html - 東レの炭化水素系電解質膜・触媒・CCM技術 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/022.html - シーメンス・エナジーの10MW級PEM型水電解装置技術 https://www.siemens-energy.com/global/en/offers/renewableenergy/hydrogen-solutions.html#Portfolio - 加地テックの水素圧縮装置技術 http://www.kajitech.com/pdf/04/etc_20210331_02.pdf https://www.mes.co.jp/solution/img/TR3-12.pdf	- PEM型優位性：再エネ負荷変動に強い、高い稼働率、高い安全性、低メンテナンス費 - 日立造船 優位性：国内初のMW級実績、再エネ向け納入実績。海外拠点・ネットワーク。 - 日立造船 リスク：将来コスト、10MW超実績無し - 東レ優位性：独自膜技術による高効率化、高電流密度化、安全性の向上 - 東レリスク：膜・CCMの製造能力、量産品質 - SE優位性：10MW超級実績・高い世界シェア、世界販売・メンテナンス網 - SEリスク：将来コスト - 加地テック優位性：水素ステーション向け水素圧縮装置の国内トップシェア、水素圧縮に関する高い技術力 - 加地テックリスク：将来コスト、国際的知名度
	2 優れた新部素材の装置への実装技術開発		
	3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証	- 山梨県企業局の電力貯蔵技術研究サイトの知見を活用できる。 https://www.pref.yamanashi.jp/newenesys/index.html https://www.pref.yamanashi.jp/newenesys/powre_to_gas_system.html https://www.pref.yamanashi.jp/newenesys/fly_wheels_system.html https://www.pref.yamanashi.jp/newenesys/hybrid_h2_system.html https://www.pref.yamanashi.jp/newenesys/yumesolar_yamanashi.html - 東京電力グループの火力発電所の建設運用や需要家へのエネルギーサービスならびに電力網の運用に関する高い知見は、P2Gシステムの導入に活用できる。 https://www.tepco.co.jp/corporateinfo/company/rd/superconduct/DR.html - 三浦工業の水素ボイラの技術 https://www.miuraz.co.jp/news/newsrelease/2017/831.php - ニチコンの電力変換技術ならびに再エネ追従制御の知見を活用できる	- H2-YESの優位性：1.5MW規模での実証試験での経験 - 山梨県の優位性：電気事業の経験による質量共に豊富なリソース - 東電優位性：グループ内で発電から需要までをカバー - 東電リスク：料金メニューの自由度、自由化と規制分野での行為規制 - 三浦工業の優位性：小型貫流ボイラの分野で業界トップシェア、貫流型ボイラでの水素燃料蒸気ボイラを業界に先駆けて商品化 - ニチコン優位性：PEM型水電解用MW級高効率整流器で先行 - ニチコンリスク：将来コスト

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔1〕

水電解装置の大型化・モジュール化技術開発・POWER to X

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

KPI

2025年にて1,050千円/Nm³/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm³/h（6.5万円/kW）達成を見通す。

現状	達成レベル	解決方法(アクションプラン)	実現可能性（成功確率）
米倉山1.5MW 比例計算にて 68万円 (TRL3)	2030年で量産 コスト280千円 /Nm ³ /h（6.5 万円/kW）達 成を見通す。 (TRL8)	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 - 基金事業にてモジュール式の構成を習得し、17.4億円/6MWベース 2022年に1,050千円/Nm³/hを見込む6MW装置の設計完了 2024年に1,050千円/Nm³/hを見込む6MW装置の製作完了 2025年までに15億円(25万円/kW)を見通す 標準構成:高圧変圧器、整流器、電解槽、純水製造設備、水電解制御装置	これまでの開発において大面積セルの技術を獲得しつつあるため、細別のステップ確認条件を設け実証を進めることで高い確率で成功できる。なお、定置FCなど経験特性から2030年の量産コスト4億円に向けて15億円は適切なベンチマークである。(経験・量産効果など) (80%) - 変圧器や整流器、純水製造、ガス処理、制御の費用を含む設計か(車上渡し条件) - 変圧器・整流器のコスト分担は適切か。

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

KPI

2025年にてシステム効率77% (4.6kWh/Nm³)、2030年にてシステム効率80%(4.4kWh/Nm³)を見通す。

現状	達成レベル	解決方法(アクションプラン)	実現可能性 (成功確率)
米倉山実証にて大面積化システム効率74%を越える水準の技術 (TRL3)	2025年にてシステム効率77%、2030年にてシステム効率80%(4.4kWh/Nm ³)を見通す。 (TRL8)	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 - 補機・整流器の損失の見通しを明らかにし、スタックに必要な効率水準を明らかにする。 - ステップごとにスタックメーカーとの摺り合わせ作業を東レ・メーカーともに技術を提供していく。 2022年に中型スタック評価において、電解電圧1.75V@2A/cm²を見通す 2024年にモジュール試運転にて、システム効率77%を見通す - 四季を通じたEMS連動運転により、実践環境での性能確認	これまでの開発において大面積セルの技術を獲得しつつあるため、細別のステップ確認条件を設け実証を進めることで高い確率で成功できる。(80%) - 効率の計算において重要となる水素量の計測は電荷量にて導くものとし、(整流器の電荷量(水素量)(Ah))/ (低圧交流のトータルインプット(kWh)) = 77% 以上とする。 - 中型スタックにおける基本性能は設計を満たすものか。 - 単一モジュールでの性能は設計を満たすものか。 - 連結モジュールでの性能は設計を満たすものか。

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

KPI

6MW級水電解装置を製作し、実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定した、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する

現状	達成レベル	解決方法(アクションプラン)	実現可能性（成功確率）
500kW(max 750kW)シングルスタック (TRL3)	1～2MWモジュール×3 (TRL8)	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 2022年モジュール基本設計完了 2024年度の装置制作、据付工事完了、試運転開始 2025年度から6MW級モジュールシステム実証開始 - インフラ設備にふさわしい高い可用性の保持を実証	これまでの開発において大面積セルの技術を獲得しつつあるため、細別のステップ確認条件を設け実証を進めることで高い確率で成功できる。（90%） - 整流器とのトレードオフ条件を加味したものか。 - 水素・酸素・純水の配送管路は必要量に適応しているか。 - 騒音、振動は想定基準内か。 - 電源喪失時に安全停止を実現できるか。 100MWまでを見通すことが可能なスケーラブルな連結方式を見据え、モジュールごとの部品点数および故障につながる駆動部を減らし、モジュールごとの停止点検が可能な可用性の高いシステムか - 単一モジュールでの動作は設計を満たすものか。 - 連結モジュールでの動作は設計を満たすものか。

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

KPI

低コスト化：2025年にて1,050千円/Nm3/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm3/h（6.5万円/kW）を見通す。

大型化・モジュール化：6MW級水電解装置を製作し、実用規模（遅くとも、2030年において、PEM型100MWシステムの実現を見通す）を想定した、量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する

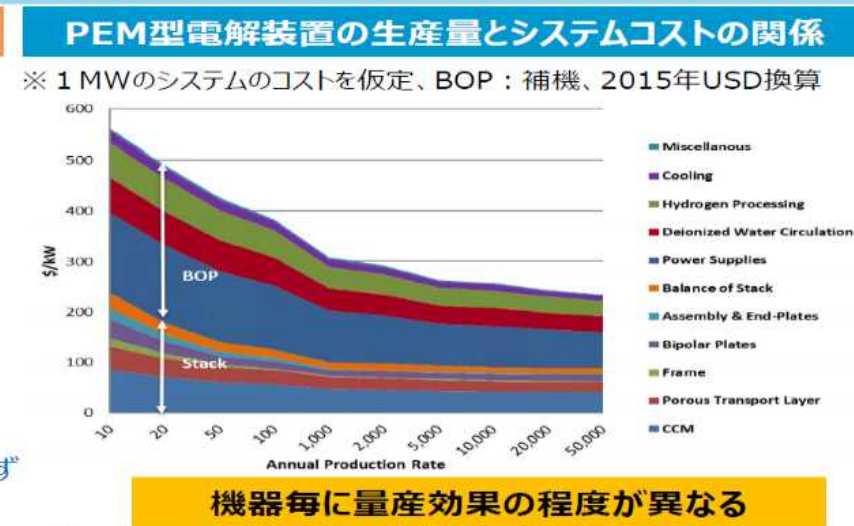
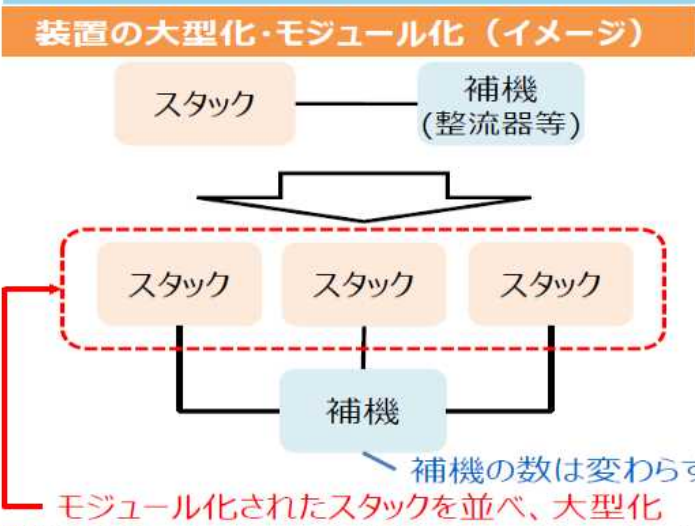
Table 2.2. State-of-the-art and future targets for hydrogen production from renewable electricity for energy storage and grid balancing using PEM electrolyzers

		Unit	State of the art		FCH 2 JU target		
No.	Parameter		2012	2017	2020	2024	2030
Generic system							
1	Electricity consumption @nominal capacity	kWh/kg	60	58	55	52	50
		€/kg/d	8,000	2,900	2,000	1,500	1,000
2	Capital cost	(€/kW)	(~3,000)	(1,200)	(900)	(700)	(500)
3	O&M cost	€/kg/d/yr	160	58	41	30	21

FCHJUでは
500€/KW@2030年、を目標値として設定。

（出典） FCHJU Multi – Annual
Work Plan 2014 - 2020

- 先行する欧州等のプレイヤーは、複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさないことで、①組み立て工程の簡素化や、②単位容量当たりに必要な設備量の減少を通じて、装置コストを削減。
- 更に長期的には大量生産を通じ、更なる装置コストの低減が見込まれるため、量産効果を高める観点からも、今後の需要増大も見越し、日本の水電解装置メーカーの大型化・モジュール化の取組を支援することは重要。



（出典） NREL, Manufacturing Cost Analysis for Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

KPI

100MW システムの実現を見通す量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化

先行する欧州等のプレイヤーは、複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさない設計とすることで、①組み立て工程の簡素化や、②単位容量当たりに必要な設備量の減少を通じたコスト削減を実施。1モジュールの大型化は水素の漏洩や生産工程による不均一性といった難題を克服し、モジュールと補機の最適配置についても様々な工夫することで量産可能かつスケーラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。

2030 年における100MW システムの実現を見通すため、2025年までに数MW級の標準モジュール開発およびこれを用いた6MW級での実証を行ない、数10MW規模に展開可能な技術確立する。

2021年現在

2025年

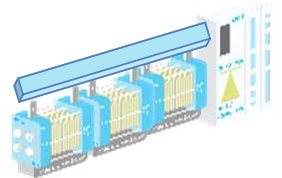
2030年見通し

米倉山1.5MW装置

現状
最大



数MW標準モジュール開発

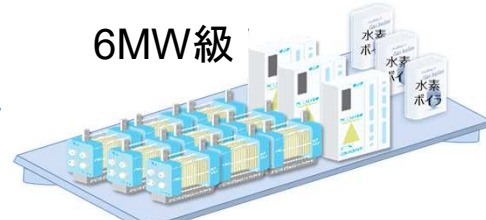


標準モジュールイメージ

本基金事業の開発内容

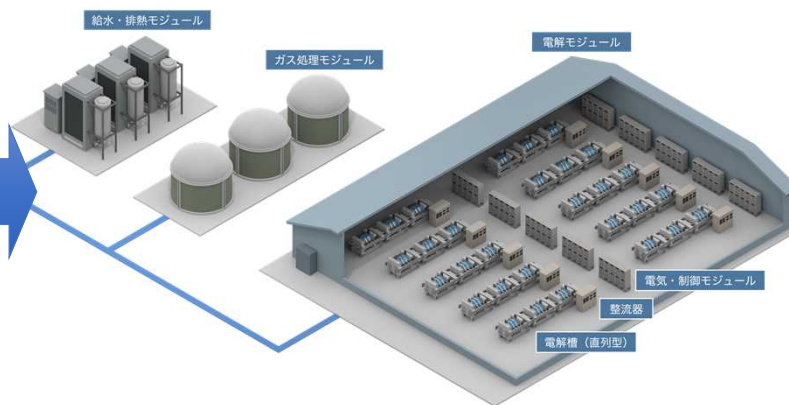
モジュール連結式装置の
プロトタイプを製作・実証試験

6MW級



モジュール連結式
システムイメージ

100MW級モジュール連結式システム



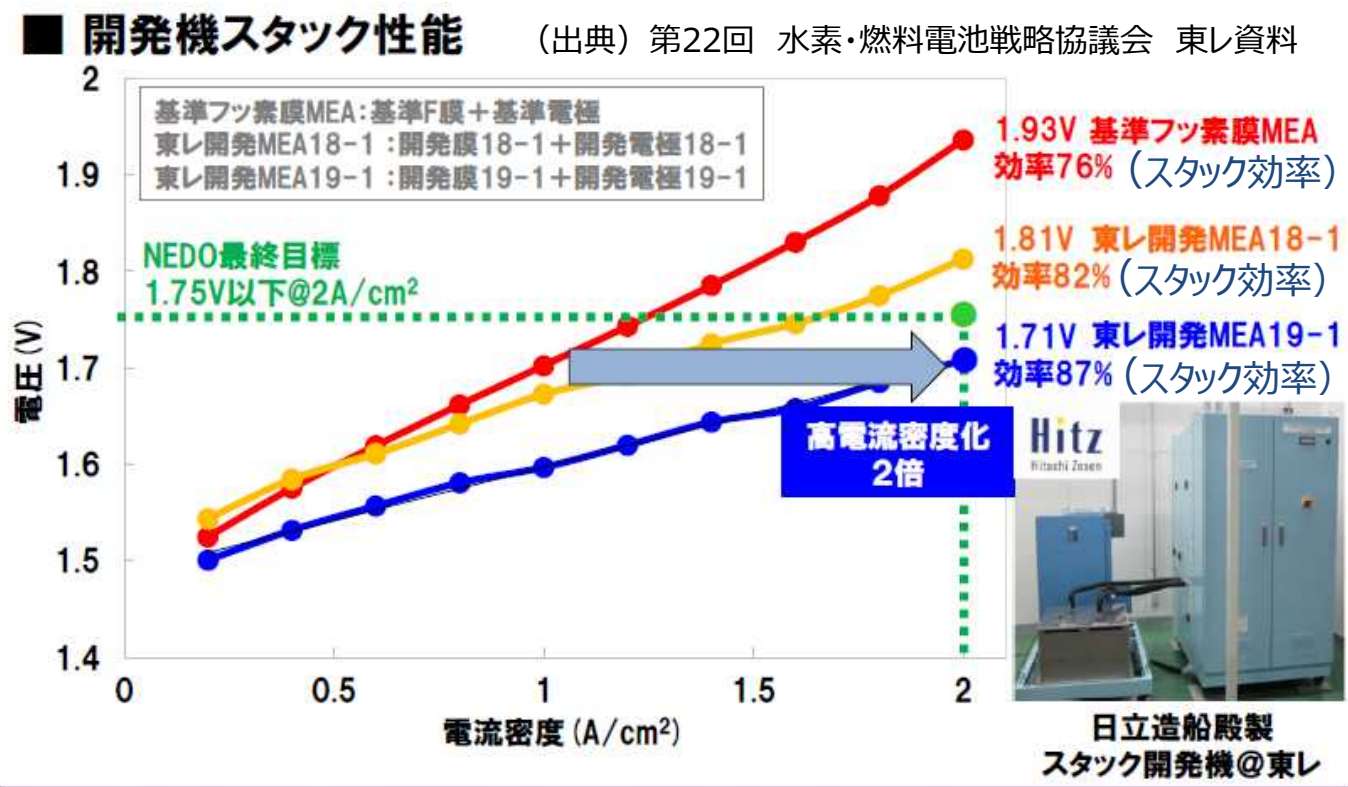
大規模モジュール連結式
システムイメージ

現状最大装置である山梨県米倉山1.5MW装置を
プロトタイプとして標準モジュールを開発

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

KPI	低コスト化：2025年にて1,050千円/Nm ³ /h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm ³ /h（6.5万円/kW）を見通す。
	高効率化：2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm ³ ）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm ³ ）を見通す。



水電解10kW開発機において、東レ開発MEA19-1により、低ガス透過性を維持しながら、水電解電圧1.71Vを確認し、2020年度NEDOプロジェクト最終目標を達成した

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔2〕

優れた新材の装置への実装技術開発

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

2 優れた新部素材の装置への実装技術開発

KPI

・実用規模（遅くとも、2030 年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、膜やCCMの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。10MW級水電解装置を製作する。

現状	達成レベル	解決方法(アクションプラン)	実現可能性（成功確率）
パイロット生産（TRL3）	2025年にて電解質膜、およびCCM製造技術を開発（TRL8）	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 2022年に実用規模を想定した電解質膜・CCM製造設備を設計・製作する - セルのアッセンブリの影響(材料と構造の接続領域の技術)の擦り合わせ開発を実施する。 2024年度のスタッキング開始 2024年度の据付工事完了、試運転開始 2024年に水電解装置16MW級に実装する、電解質膜、およびCCM製造技術を開発する。 2025年から10MW級モジュールシステム実証開始	米倉山実証にて大面積化の技術を得た。モジュール連結式のシステム向けに、東レはより量産に近い生産技術を導入しつつ、スタックメーカーとの擦り合わせ作業を実施し品質の均一化とコストの低減を図る。小ロットではできる技術であるので、細別のステップ確認条件を設け実証を進めることで高い確率で成功できる。（90%） - 部素材メーカー及び水電解装置メーカー間等での擦り合わせも含めた実施体制を構築 - 膜への触媒の塗布等MEAの製造製造工程は適切か。 - 材料にマッチしたスタッキングの手法なども最適化されているか。

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

2 優れた新部素材の装置への実装技術開発

KPI

2025年にてシステム効率77% (4.6kWh/Nm³)、2030年にてシステム効率80%(4.4kWh/Nm³)を見通す。

現状	達成レベル	解決方法(アクションプラン)	実現可能性 (成功確率)
研究段階 (TRL3)	2025年にてシステム効率77%、 2030年システム効率80%(4.4kWh/Nm ³)を見通す。 (TRL8)	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 - 補機・整流器の損失の見通しを明らかにし、スタックに必要な効率水準を明らかにする。 - ステップごとにスタックメーカーとの摺り合わせ作業を東レ・メーカーともに技術を提供していく。 2022年に中型スタック評価実証設備を設計・製作する 2022年に中型スタック評価において、電解電圧1.9V@2A/cm²を見通す 2024年にMW級システム効率77%を見通す - 四季を通じたEMS連動運転により、実践環境での性能確認	これまでの開発において大面積セルの技術を獲得しつつあるため、細別のステップ確認条件を設け実証を進めることで高い確率で成功できる。(80%) - 効率の計算において重要となる水素量の計測は電荷量にて導くものとし、(整流器電の電荷量(水素量)(Ah))/ (低圧交流のトータルインプット(kWh)) = 77% 以上とする。 - 小規模での基本性能は設計を満たすものか。 - 中規模での基本性能は設計を満たすものか。 - 実用スタック性能は設計を満たすものか。

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

2 優れた新部素材の装置への実装技術開発

KPI

P2Gから生産されるフルウエット水素の1MPa級大規模除湿・圧縮装置の開発

現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
ドライ水素の圧縮装置の製造。ドライヤーが必要な場合は購入。	フルウエット水素1MPa×1,500Nm ³ /h級大規模除湿・圧縮装置の製造	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 - ユーザーにより異なる水素圧力、残留水分を総合的に調整するため、除湿・圧縮技術開発を行う。 - 国内においては2025年に大気圧の露点30℃の水素1,500Nm³/hを、0.8MPaに圧縮し、露点-20℃に調整する技術開発を実施する。 研究開発内容 2021-2022年度要素開発完了 2022-2023年度詳細設計完了 2024年度実証機製作 2025年度実証試験	開発課題に対しては、各々要素開発を行った上で実証機を設計するため、高い確率で成功できる。（90%） - 大容量除湿・圧縮システム（90%） - 機器コストおよび全体効率に優れた除湿・圧縮技術 - 水素圧縮の省エネ化（80%） - 大流量水素圧縮機では適用が困難であったベントフリー技術を開発し、ノンリーク構造を確立 - 国際的な競争の中において優位性を向上させる技術（90%） - 消耗部品の長寿命化技術（ピストンリング、ロッドパッキンなど） - 圧縮水素の高品質技術（サルファーフリーリングなど）

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔2〕優れた新材の装置への実装技術開発

・研究開発内容：

東レは、膜や触媒などの重要な部素材について、世界最高水準の要素技術を有しているが、大型の実機において基礎研究や小規模実証等と同程度の性能を発揮するためには、部素材メーカー及び水電解装置メーカー間等での摺り合わせも含めた、更なる技術開発を実施する必要がある。例えば、より高価な触媒利用量が少ない電極や、薄膜化などは装置コストの低減に貢献しうるが、そうした部素材は単一では効果を発揮できず、膜への触媒の塗布の方法（PEM型の場合）や、スタッキングの手法なども最適化することではじめて、システムの中でその性能を発揮する

・ KPI

低コスト化：2025年にて1,050千円/Nm³/h（25万円/kW）、2030年で量産コスト272千円/Nm³/h（6.5万円/kW）を見通す。

高効率化：2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm³）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm³）を見通す。

実装：実用規模（遅くとも2030年において、PEM 型100MW システムの実現を見通す）を想定し、膜やCCMの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。10MW級水電解装置を製作する。

（出典）経産省「水素関連プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」

優れた新材の装置への実装技術開発

- 膜や触媒などの要素技術の改良は、**電解効率向上等を通じたコスト削減**などにも寄与。
- そのため、日本の部素材メーカー等の要素技術の基礎研究だけでなく、**水電解装置への実装に向けたすり合わせも含めた技術開発から実証等までを支援**していくことが重要。

要素技術開発の例（PEM型の場合）

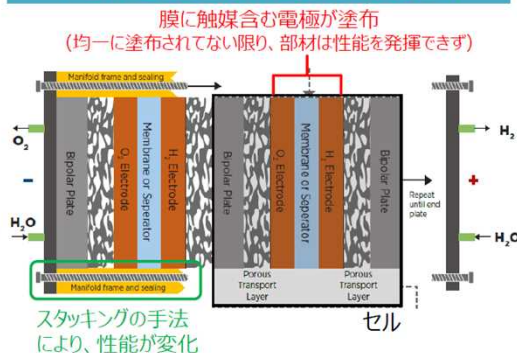
□ 電極等における触媒量の低減

→ 電極等で触媒等として使われる希少金属（Pt,Ir等）の使用量を電解効率等を維持して低減できれば、装置コスト削減に繋がる

□ 膜の薄膜化

→ 耐久性やガス透過性を維持しつつ、膜を薄くすることができれば、抵抗を少なくすることで、高電流密度を効率良く実現することができる。結果、必要な設備量の減少を通じ、装置コスト削減に繋がる

PEM型スタックの構造と擦り合わせの例



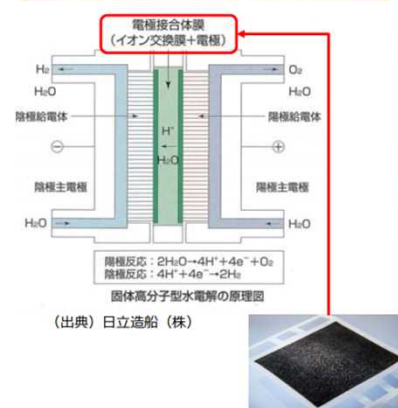
どれだけ優れた要素技術でも単一では効果を発揮することができず、各種部材等との擦り合わせを通じて、はじめてシステムの中でその性能を発揮することが可能

（出典）IRENA, Green Hydrogen Cost Reduction

電解水素の製造コスト削減に向けた取組②（要素技術の開発・実装等）

- 膜や触媒などの要素技術の改良は、**電解効率向上等を通じたコスト削減**などにも寄与。
- そのため、日本の部素材メーカー等の要素技術の基礎研究だけでなく、**水電解装置への実装に向けた技術開発から実証等までを評価基盤の整備も含めて支援**していくことが重要。

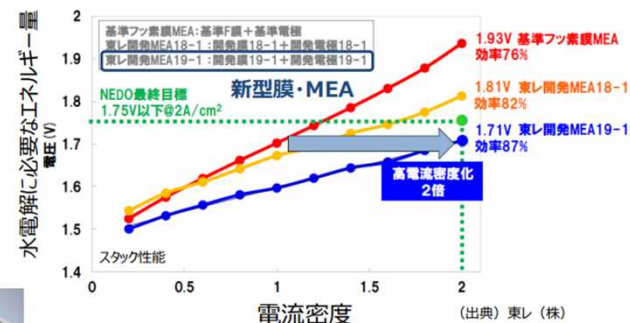
PEM型の水電解装置の構造



（出典）日立造船（株）

（出典）東レ（株）

異なる電解質膜・MEAによる電圧と電流密度の関係



電圧が低い程、抵抗が小さく電解効率が高い

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔2〕優れた新材の装置への実装技術開発

KPI 高効率化：2025年にてシステム効率77%（4.6kWh/Nm3）、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm3）を見通す。

提案基金事業の目標値の妥当性

	METI目標		提案基金事業	
	2020年 目標	2030年 目標	2025年 目標	2030年 目標
システム効率 [%]	71 (4.9kWh /Nm3)	79 (4.5kWh /Nm3)	77	80
耐久性 [%/1000h]	0.19	0.12	0.15	-

目標値として妥当と考える

○固体高分子(PEM)形水電解装置				
項目		単位	2020 年	2030 年
システム	エネルギー消費量	kWh/Nm3	4.9	4.5
	設備コスト	万円/Nm3/h (万円/kW)	57.5 (11.7)	29.0 (6.5)
	メンテナンスコスト	円/(Nm3/h)/年	11,400	5,900
スタック	劣化率	%/1000 時間	0.19	0.12
	電流密度	A/cm2	2.2	2.5
	触媒貴金属量(PGM※1)	mg/W	2.7	0.4
	触媒貴金属量(白金)	mg/W	0.7	0.1
その他	ホットスタート※2	秒	2	1
	コールドスタート※3	秒	30	10
	設置面積	m2/MW	100	45
※1 PGM (Platinum Group Metals)：白金族金属				
※2 即時に起動できる準備状態から、公称出力に達するまでの時間。外気温 15℃で測定。				
※3 外気温 -20℃で起動し、公称出力に達するまでの時間				
「FCHJU Multi - Annual Work Plan 2014 - 2020」を参考に作成				
1 ユーロ=130 円で計算				

（出典） 水素・燃料電池戦略ロードマップ 2019年3月12日

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔2〕優れた新材材の装置への実装技術開発

KPI

P2Gから生産されるフルウエット水素の1MPa級大規模除湿・圧縮システムを開発する

- 水電解の水素は、原料が純水であるため、用途によっては除湿することが必要であり、1.0MPaの標準タンクならば大気圧下露点換算-20℃、MHタンクは-40℃、FCV向けは-66℃まで除湿する必要がある。国内外の低圧ガス水準、パイプラインの必要圧力を得て、かつ除湿を行うシステムを構築する必要がある。
- ユーザーにより異なる水素圧力、残留水分を総合的に調整するため、除湿・圧縮技術開発を行う。国内においては2025年に大気圧の露点30℃の水素1,500Nm³/hを、0.8MPaに圧縮し、露点-20℃に調整する技術開発を実施する。

<開発課題>

- 大容量除湿・圧縮システム
 - 機器コストおよび全体効率に優れた除湿・圧縮技術
- 水素圧縮の省エネ化
 - 大流量水素圧縮機では適用が困難であったベントフリー技術を開発し、ノンリーク構造を確立
- 国際的な競争の中において優位性を向上させる技術
 - 消耗部品の長寿命化技術（ピストンリング、ロッドパッキンなど）
 - 圧縮水素の高品質技術（サルファーフリーリングなど）



参考写真：中流量圧縮機

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔3〕

熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

KPI

省エネ法一種エネルギー管理指定工場をモデルケースとし、12MW規模の水電解装置のオンサイトモデルを構築し、経済合理性と再エネ由来の水素による化石燃料からのエネルギー転換を両立させる水素製造・利用装置のパッケージ化をすること。

現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
1.5MW オフサイト 水電解装置は パッケージ化され ていない。	12MW規模 オンサイト 水電解装置の パッケージ化する。	・東電グループと需要家との関係性を活かすことで、当該規模の需要家との交渉及び選定を行う。 ・既存の電力システムを用いて再エネを需要家へ供給する技術を開発する。 ・1.5MWオフサイトモデルで実現した水電解装置および需要先での設備構築知見を活かし、パッケージ化に向けたコンソーシアム内での最適化を行う。 2021年度 基本構想検討完了、フィールド選定 2022年度 フィールド選定完了、詳細設計完了 2023年度 工場制作及び据付工事開始 2024年度 据付工事完了、試運転開始 四季を通じた運転 ループとして従来より電力供給を行ってきた	・多くの需要場所との関係性を持つ東京電力としての強みがあり、実証に最適なフィールドを選定することが十分可能である。（95%） ・多くの再エネを取り扱っている東電Gの強みや関係Gの電力系統に係る技術力を活かし、再エネを効率よくオンサイト（水素製造・利用場所）に供給する手法の開発が可能。（95%） ・1.5MWでの実証の知見を活用できることと、全ての主要機器の技術開発を並行して行うため、共通部分の共有化など、単独では難しいシステム一体で無駄を最小限にした設計開発を行うことが可能である。（95%）

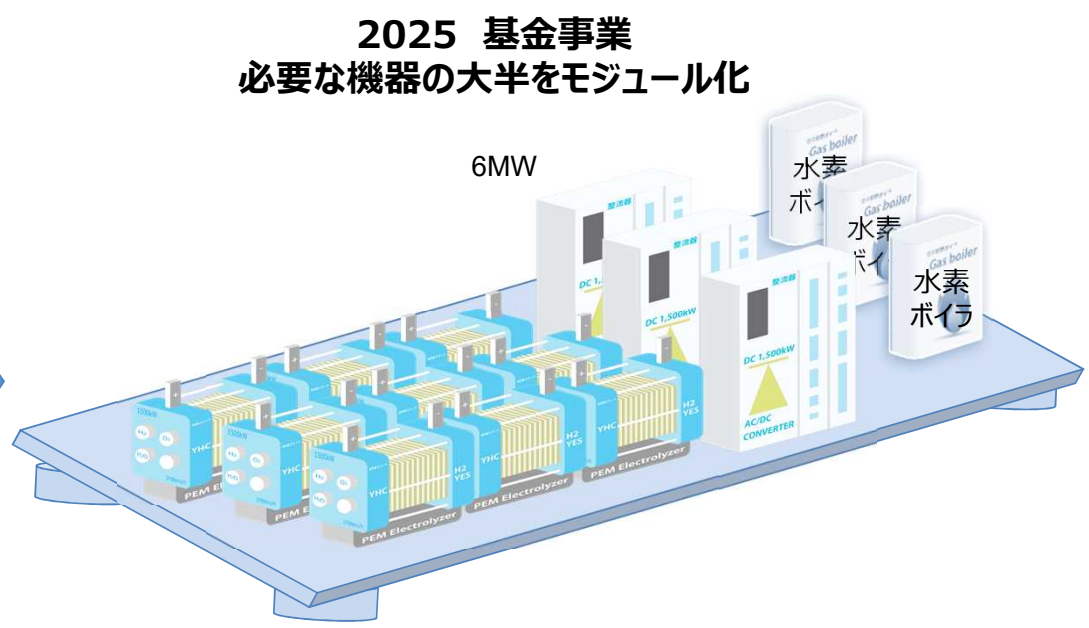
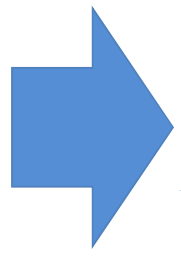
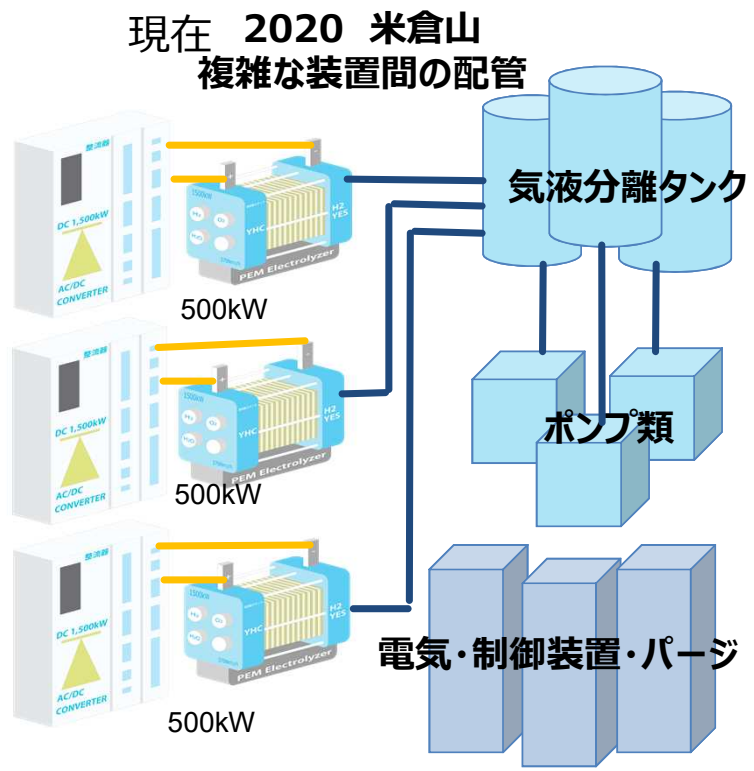
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔3〕 P2Gの水素需要モデル

KPI

省エネ法一種エネルギー管理指定工場をモデルケースとし、12MW規模の水電解装置のオンサイトモデルを構築し、経済合理性と再エネ由来の水素による化石燃料からのエネルギー転換を両立させる水素製造・利用装置のパッケージ化をすること。

モジュール化によってスケーラブルになる電解装置に合わせた、整流器やトランス、補器、建築などモジュール化のメリットを最大限発揮するパッケージ技術に関して、火力発電所の系列設計の技能を投入することによりあらゆる規模のプラント設計を一元化を提案



電解のモジュール化に合わせた需要パッケージを創造 56

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

KPI

大規模風力発電のグリーン電力供給及び余剰電力利用による熱の脱炭素化を両立するエネルギー転換システムを水素の需要家と緊密に連携しながら開発すること。

現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
・化石燃料のみの蒸気供給	・水素と化石燃料による蒸気供給 ・風力発電の再エネ余剰によるオンサイト水素製造	・オンサイトで且つ、風力特有の余剰電力の変動に連動した、水電解装置及び水素ボイラ運転が必要であり、需要家側の既存設備とも協調、連携するP2Gシステムを開発していく必要がある。 2021年度 基本構想検討完了、フィールド選定 2022年度 フィールド選定完了、詳細設計開始 2023年度 詳細設計完了、工場制作及び据付工事開始 2024年度 据付工事 2025年度 据付工事完了、試運転開始 四季を通じた運転	・1.5MWの実証においては太陽光発電での変動に対して水電解装置を制御した実績と、オフサイトなため安定した水素であるが需要家設備との連携をシームレスに行うシステムを実現しており、それぞれの技術を統合制御することで実現は可能である。（80%）

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔3〕 風力発電連携大規模P2Gシステム技術開発

KPI

大規模風力発電のグリーン電力供給及び余剰電力利用による熱の脱炭素化を両立するエネルギー転換システムを確立する。

風力発電の固有の事象に対応するP2Gシステム技術の開発

電気的
特性

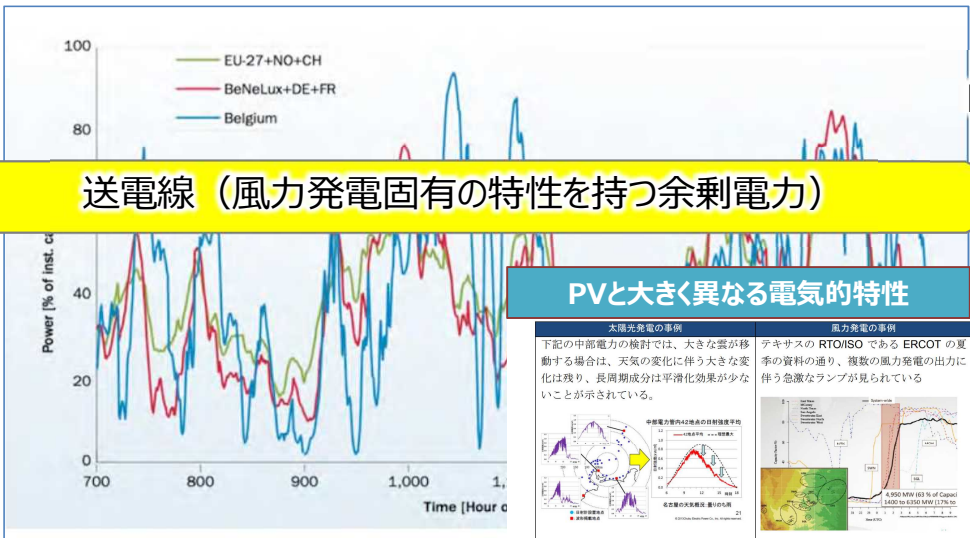
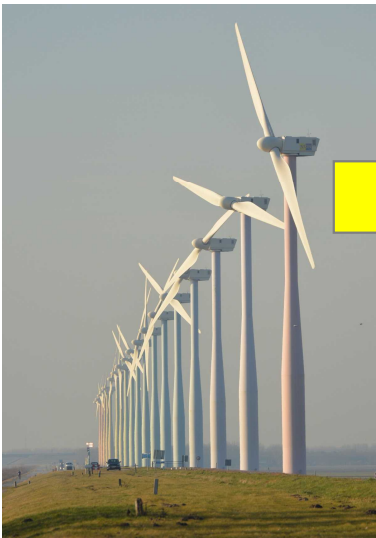
PVより穏やかな出力変動(余剰がある程度
長時間動く)とランプ変動によるカットオフ)

PVとの組み合わせと比較して高稼働運転が
想定される水電解システム耐久性

運用技
術

大規模化が進行する風力において系統連系す
る前の生電気を切出しと系統電力の切り分け

無人での運用と地域の工場での生産工程との
マッチング



PVと大きく異なる電気的特性

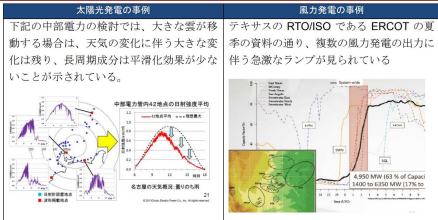
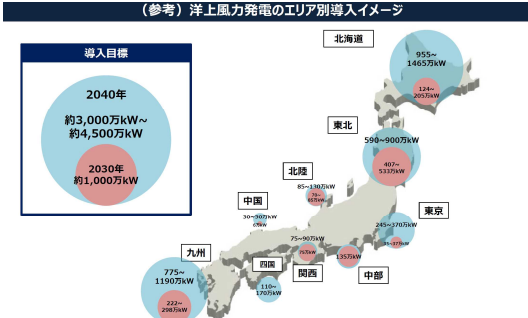


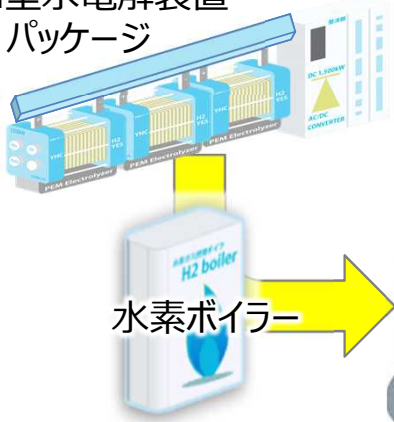
図 2-13 なし効果の長周閉上の課題
出所) 中部電力資料、及び ERCOT 資料より作成

拡大する風力発電との連携技術を早期に獲得



今後の再生可能エネルギー政策について 2021年3月1日 資源エネルギー庁 資料

PEM型水電解装置 パッケージ



水素ボイラー



2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

3 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

KPI

エネルギー需要家がシステム運用を必要としない効率的なシステム運用方法を電力市場や水素の需要家と緊密に連携しながら開発すること。

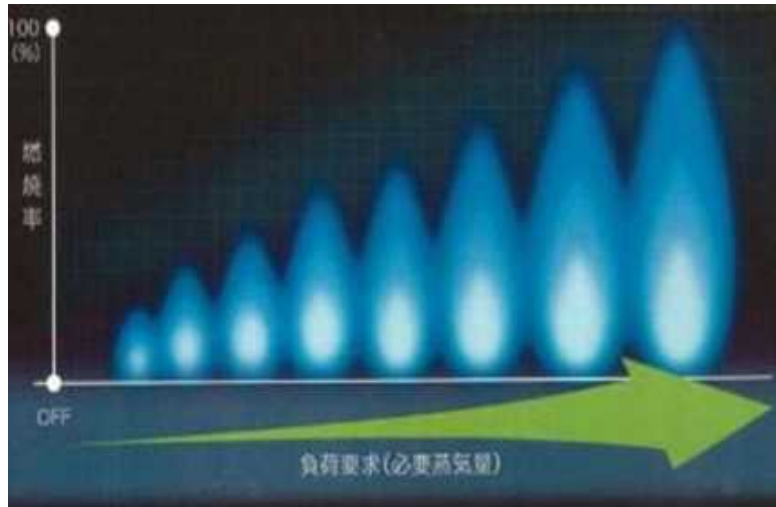
現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
PV発電量に合わせたEMS	経済性を視野に入れたグリーン水素による熱利用	電力システム改革の進展により、電力は従来のkWh価値に加えて様々な機能に応じた価値にてそれぞれ取引することが可能となりつつある。下記の市場等を活用して、経済性を向上させる。 また、需要家の熱需要に合わせた電力需給と熱利用を俯瞰するグリーン水素による熱利用システムの構築	東京電力においては、これらほとんどの市場等においてそれぞれを個々に活用する技術的なノウハウを持ち合わせており、経済的な観点で統合制御していく上では知見を活用できる優位性がある。また、熱利用の部分においても高い経験値から実現可能性は高い。（80%） ただし、市場価格など外部起因による不確実性あり。

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

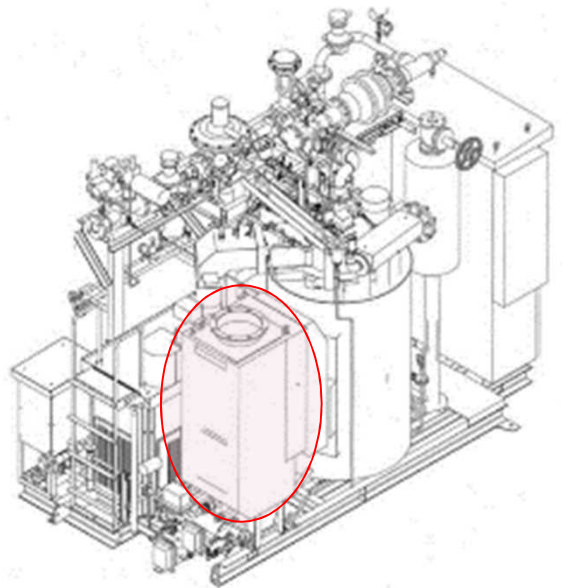
研究開発内容〔3〕 ボイラーシステムに関する技術開発

KPI

産業用蒸気ボイラの主流となる小型貫流ボイラーの多缶設置システムを想定して、ボイラ単体効率向上と、ターンダウンレシオの拡大により実運転効率を高め、水素から熱への変換効率の高い蒸気システムを開発して実証する。



ターンダウンレシオの拡大
広い運転領域において連続的に運用ができる水素バーナの開発



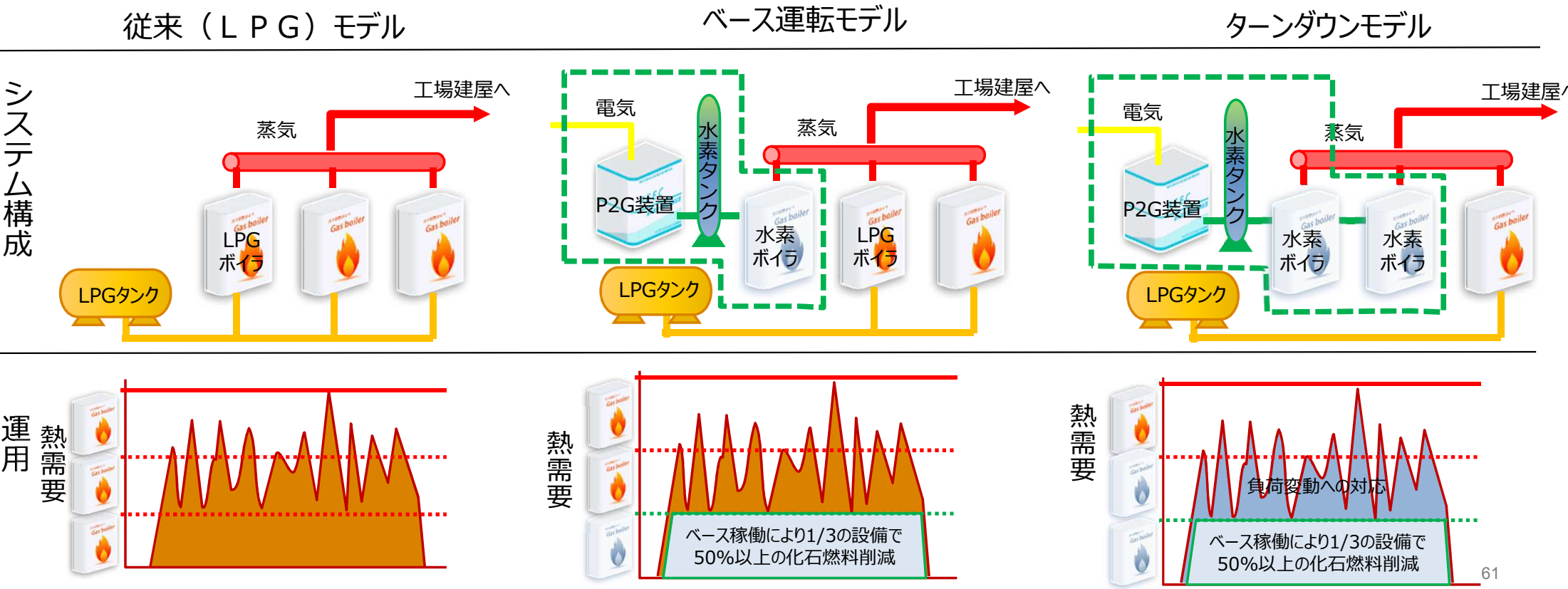
ボイラ単体効率の向上
潜熱回収効率を向上させるエコノマイザーの開発

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔3〕 産業プロセス等における化石燃料・原料等を水素で代替

KPI

- 産業用蒸気ボイラの主流となる小型貫流ボイラーの多缶設置システムを想定して、ボイラ単体効率向上と、ターンダウンレシオの拡大により実運転効率を高め、水素から熱への変換効率の高い蒸気システムを開発して実証する。



2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

3-1 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

KPI

電解槽のモジュール式連結システムに最適となる、変換効率とコストのトレードオフの最適点を得るPEM形水電解向けの整流器を開発する。

現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
変換効率 96% コスト 1.7億円／ 2250kW	変換効率 97.5% コスト 2.5億円／ 6MWを見通す	最終ユーザーであるYHCの視点においてメーカーと協働して次の技術開発をステップにて実施 - 交流電力を直流電力の接続を行う整流器に関して、電解スタックの電気的特性と効率のトレードオフ関係を把握し、変圧器と整流器並びにEMSを一体的設計しPEM形水電解に最適な電力設備を開発する。 - EMSとの連携を図り、あらゆる調整力市場へ便益を供給できる機能を持たせる。 アクションプラン 2021年度：基本設計・モジュール試作 2022年度：モジュール評価・設備設計開始 2023年度：設備設計完了・製作開始 2024年度：設備製作完了・据付・試運転 2025年度：実証試験開始	これまでの開発において大面積セルの技術を獲得しつつあるため、細別のステップ確認条件を設け実証を進めることで高い確率で成功できる。（80%） - 電解スタックの電気的特性と効率のトレードオフ関係を把握し、変圧器と整流器並びにEMSを一体的に設計 - PEM形水電解向けに高圧変圧器と整流器を一体的に設計し、変換効率97.5%を得る。 2025年において2.5億円/6MW(システム構成価格の17%以内)のコストを達成し、2030年においては、1.0億円/6MWを見通す。

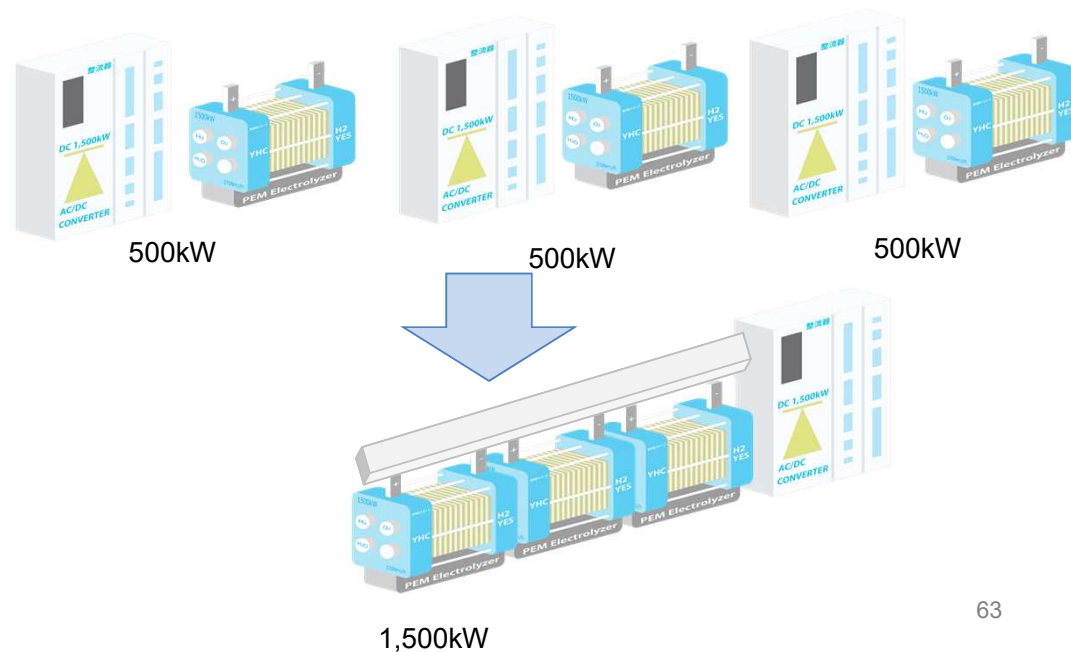
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔3〕 PEM形水電解向け高効率低コスト整流器の開発

KPI

電解槽のモジュール式連結システムに最適となる、変換効率とコストのトレードオフの最適点を得るPEM形水電解向けの整流器を開発する。

- PEM形水電解向けに高圧変圧器と整流器を一体的に設計し、変換効率97.5%（変圧器二次側から直流出力までの効率）を得る。
- 電解槽のモジュール式連結システムに最適となる、変換効率とコストのトレードオフの最適点を得るPEM形水電解向けの整流器を開発する。
- EMSとの連携を図り、あらゆる調整力市場へ便益を供給できる機能を持たせる。
- 2025年において2.5億円/6MWのコストを達成し、2030年においては、1.0億円/6MWを見通す。



2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

研究開発内容〔1〕〔2〕〔3〕

共通事項

2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

現行NEDO事業での技術開発状況

- ✓ 1.5MWの大規模電解装置を用いて、太陽光発電と連動した水素製造・貯蔵・輸送及び利用技術を実証
- ✓ 2021年6月から試運転を開始し、大型スタックに関する技術と運用に関わる要素技術を取得



電力貯蔵技術研究サイト全景



750kW×3列大型スタック
評価設備



25kW大面積
セルスタック評価設備



10kW中規模
スタック評価設備



水素出荷設備 19.6MPa 400Nm³/h



水素トレーラー 2800Nm³



水素ボイラー 250kg/h
純水素燃料電池 5kW



開閉式実証棟
300m²



統合型熱コントロールシステム



MHタンクシステム
3500Nm³



大型スタック 65
500kW(Max750kW)

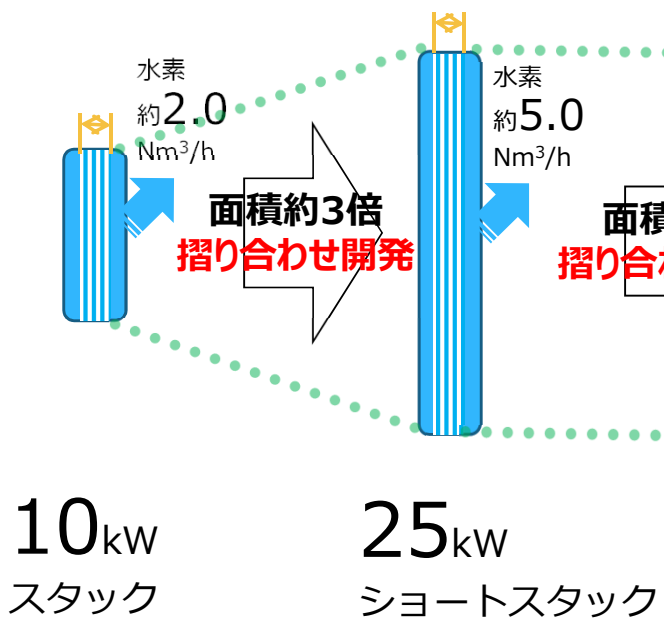
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

現行NEDO事業での技術開発状況

- ✓ メーカーと一体となった摺り合わせの技術開発により当初の目的の効率を達成
- ✓ モジュール式では、MEAの量産技術と中規模セルと大面積セルの間の変化も踏まえての開発に焦点があたる。

2018年度～

電圧 = 10V以下
(数セル)

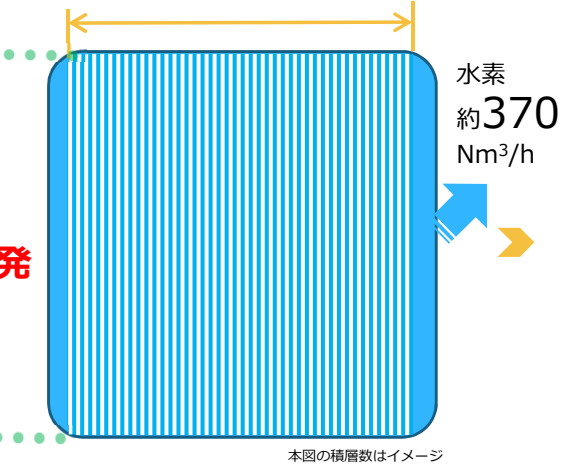


面積約3倍
摺り合わせ開発

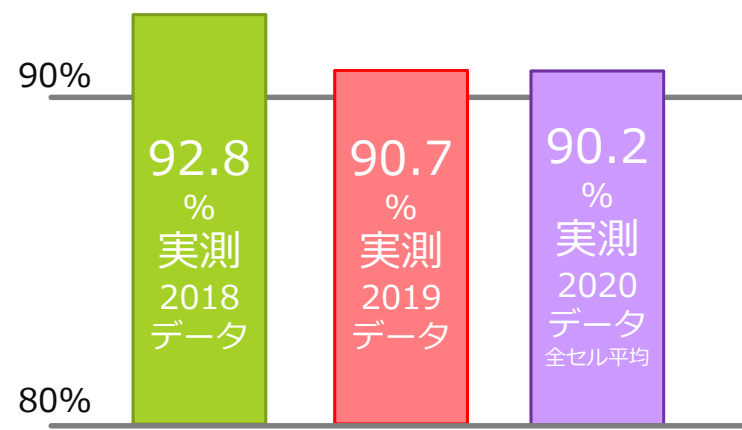
25kW
ショートスタック

2020年度～

電圧 = 約210V
フルスタック×3



面積等倍
摺り合わせ開発



東レ開発MEA18-1

東レ 10kW 米倉山 25kW 米倉山 1.5MW

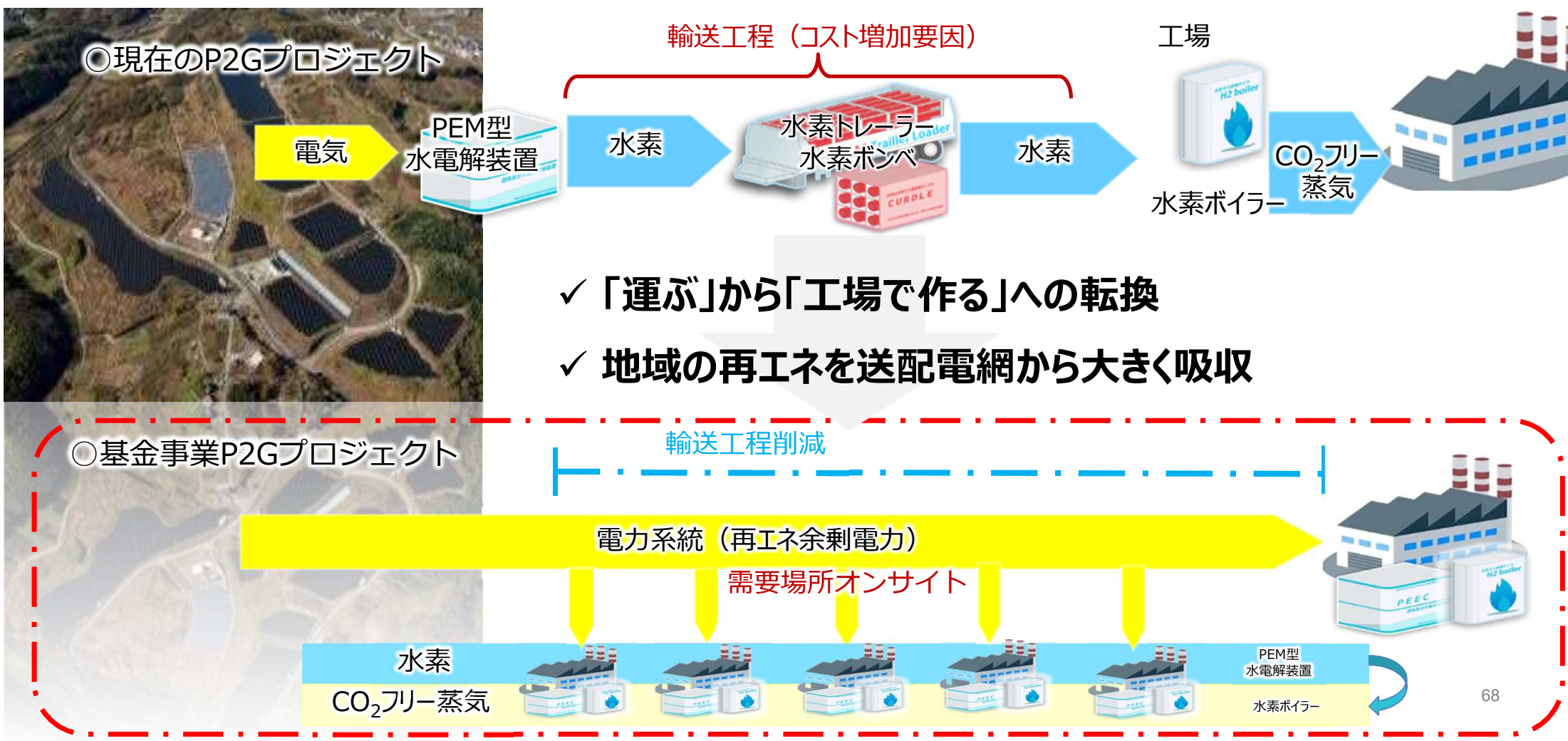
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

実証のバージョンアップの必要性



2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

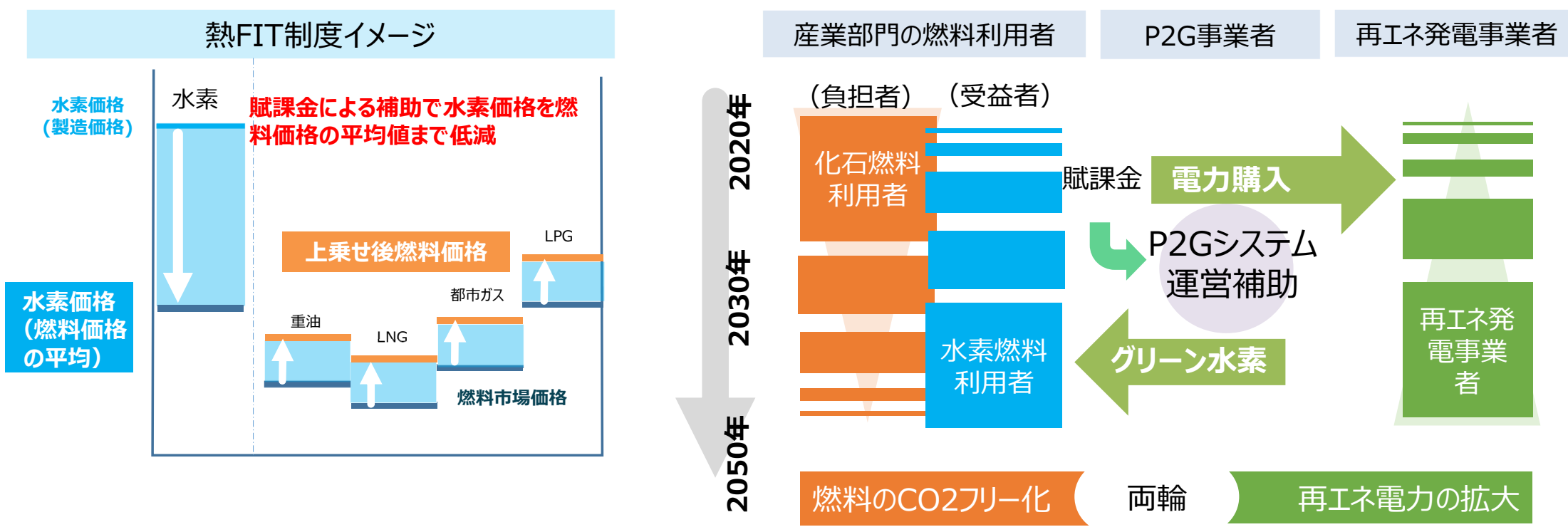
研究開発内容〔3〕 運搬システムによるコストの課題の解決



2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

共助制度の提案

1. エネルギーの脱炭素化加速に向け化石燃料直接消費需要家から広く広く賦課金を徴収し水素利用需要家の導入支援に引き当てる熱FITを創設
2. ポイントは、P2Gの運営補助に充てる点。これにより、電力調達を通じて、市場の値崩れを防ぐとともに再エネ電力事業に資金を提供でき、再エネの拡大と、燃料の脱炭素化を同時に実現

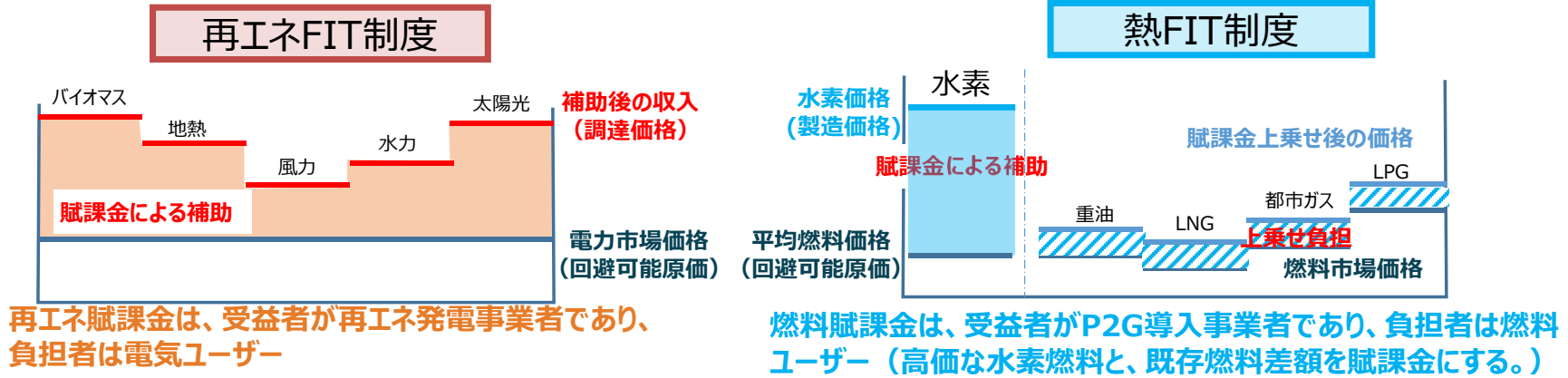


2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

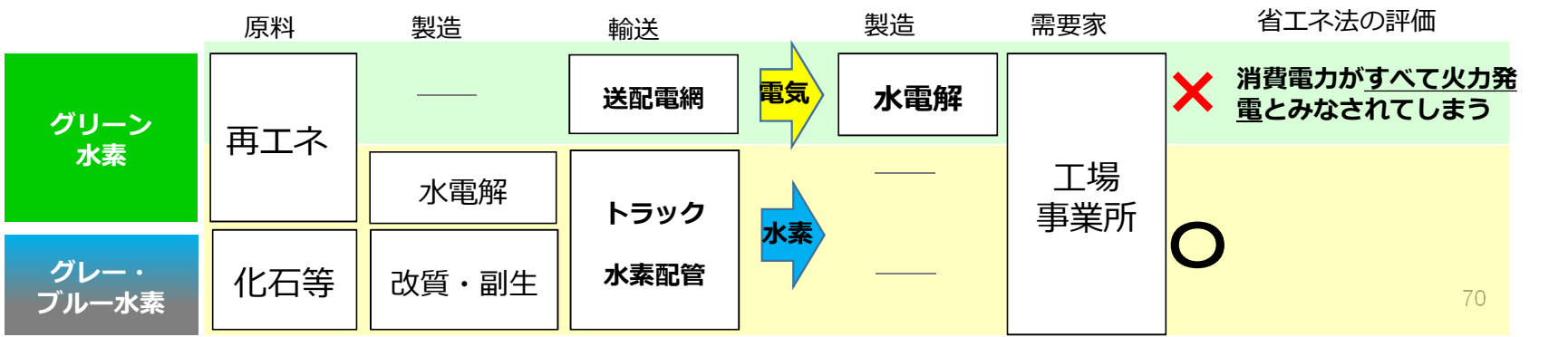
政策・制度上の課題

- 1. ガス体エネルギーの脱炭素化加速に向け化石燃料直接消費需要家から広く遍く賦課金を徴収し水素利用需要家の導入支援に引き当てる熱FITを創設
- 2. 省エネ法では同じ水素でも製造場所・供給方法によって評価が異なっている。

○ 熱FITイメージ



○ 省エネルギー法ではシステムを活用した再エネ電気によるP2Gは評価されない



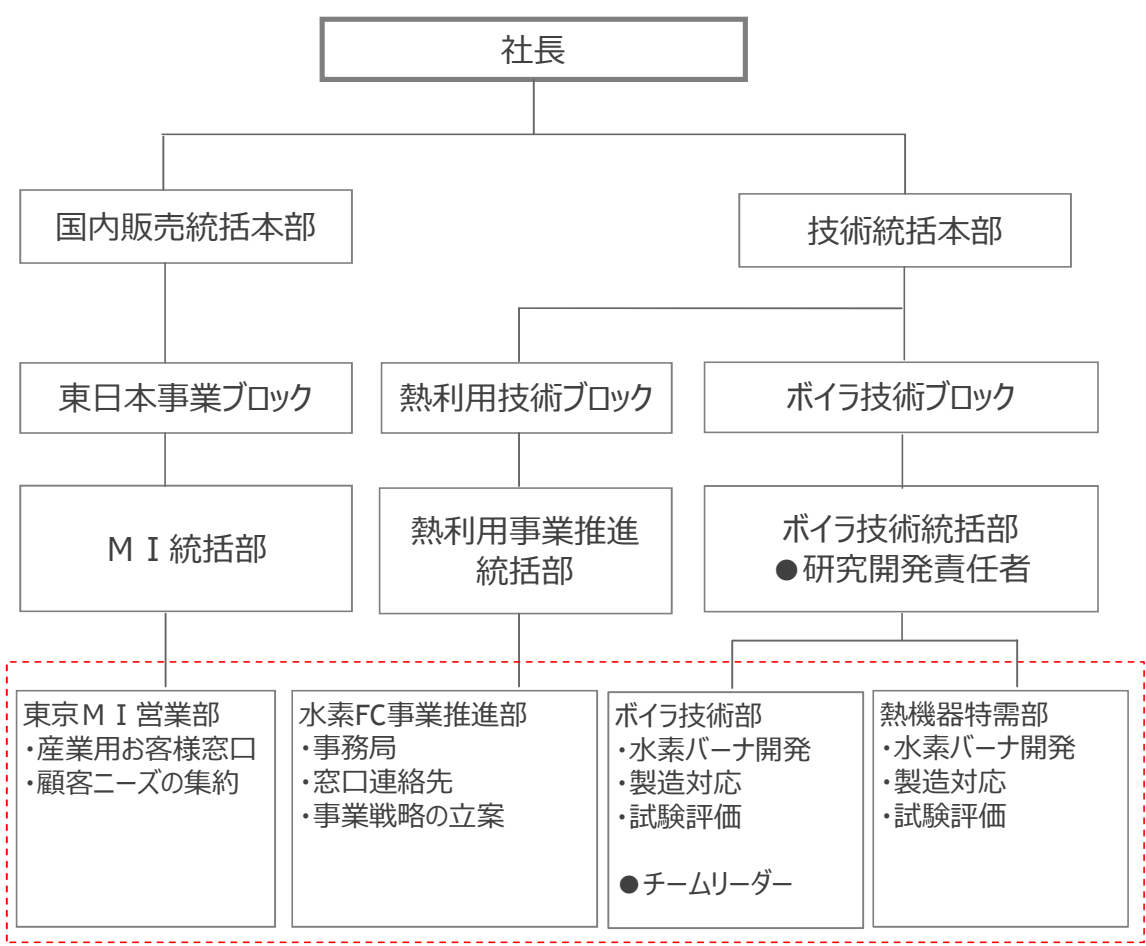
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（１）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - ボイラ技術統括部 統括部長
- 担当チーム
 - ①ボイラ技術部 併任 4 人規模
 - ②熱機器特需部 併任 1 人規模
 - ③水素 F C 事業推進部 事務局 併任 1 名規模
- チームリーダー
 - ボイラ技術部 ボイラ技術課 課長
実績：熱利用機器の開発
東京都低NOx水素ボイラの評価、開発

部門間の連携

- 開発実務は当社水素ボイラの担当技術部門であるボイラ技術統括部にて行う。統括部内にはボイラ技術部と熱機器特需部があり、両部では、バーナ開発、ボイラ性能向上の熱交換器開発を行うとともに、ボイラの商品設計、製造用帳票類の作成を行う。ボイラ技術部が標準商品を、熱機器特需部が特注商品を担当している。
- 調達関連は実業務の範疇で資材調達統括部と連携、製造は生産統括部、生産品質統括部と連携する。
- 水素関連事業の推進の役割は水素FC事業推進部が担当しており、大手産業用顧客の窓口はMI統括部が担当している。技術開発チームは各部門と連携してニーズに沿った開発を行い、水素ボイラの社会普及を目指す。

連携

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核において「水素ボイラの開発」を位置づけ、広く情報発信

三浦工業株式会社経営戦略

- 三浦工業成長戦略
 - 世界各国の脱炭素社会への流れを受けて、日本においても水素基本戦略が経済産業省・資源エネルギー庁にて作成され、今後の日本国内でのエネルギーの在り方が検討されている。その中、水素社会への見通しより、当社でも水素社会になっても蒸気ボイラは産業用熱源の主役であると考え、水素を活用した貫流型の蒸気ボイラの開発を進めている。
 - 三浦工業では、業界に先駆けて日本国内で広く熱源として利用されている貫流蒸気ボイラでの水素燃焼型のボイラを商品化、市場で稼働を始めている。
 - 現在の水素ボイラ用の燃料は、工場内で発生する副生水素が主流であるが、将来は再生可能エネルギーからの水電解水素が普及すると考えており、現在の都市ガスと同レベルの商品性能に近づくよう開発を検討している。
 - 三浦工業の成長戦略は2021年3月期の決算説明資料にて一般公開をしており、取締役常務執行役員CTOの説明ビデオと合わせて当社ホームページ上で公開している。
- 成長戦略の改定
 - 毎年改定される中期経営計画に基づき、成長戦略も見直される。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 三浦工業成長戦略
ホームページにて公開
- ステークホルダーへの説明
 - 成長戦略の公開
年次の決算説明資料において該当資料を公開
当社ホームページに公開

3. イノベーション推進体制／（４）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 機器開発を担当するボイラ技術統括部では、標準ボイラ、海外向けボイラ、水素ボイラなどの特注仕様ボイラ、ボイラ付帯機器の商品化を担当している。業務の負荷調整においては、部門人員の担当替えにより柔軟に対応ができる。
 - また、事業推進部門の水素FC事業推進部においても、負荷に合わせて担当を割り当てることができる。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 人員は、水素ボイラの商品担当部門である熱機器特需部の部員を併任で配置。事業戦略、事務局の役割で併任で配置を予定している。
 - 設備等については開発費用として計上を予定している。これら費用は中期的な部門損益計画に計上しており、重要な開発として位置づけられているため、費用については問題がない。

専門部署の設置

- 水素 F C 事業推進部の設置
 - 水素社会の実現に向けた具体的な取り組みとして、2021年4月に社内の水素関連事業の推進部門統合を図る目的で水素 F C 事業推進部を新設した。これにより、水素ボイラ、水素発生装置、燃料電池の商品群の社内事業戦略を具体化する部門ができた。
- 若手人材の育成
 - チームリーダー、実務リーダーには若手中堅社員を充て、サポートにはより若い技術者を予定している。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

安全の維持ができない等の事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
- 技術開発設備設計の設計不具合 → 社内の設計照査を複数人で実施 → 社内エンジニアリング部門の協力 - 技術開発工程の遅れ → やや目標に達しなくても全体システムとして実証可能な、安定技術を得た後に、高い目標の技術開発へ移行する。 → 進捗状況の報告会の実施	- 資金調達不能 → 部門中期計画への盛り込みによりリスク低減 - 競合技術の進展 → P2G技術を応用し競合技術へ移行 - 騒音問題 → 有圧換気扇の採用、ポンプ類の防音 - 化石燃料からの転換マインド欠如 → 安価な化石燃料に水素が価格面で競争力を持つことは当面難しく、勇気を持って水素利用する需要家をバックアップする制度の必要性を訴える。	- 大規模地震 → ベタ基礎、軽量建屋の採用による被害の軽減 - 落雷被害 → 放散経路へのアレスタの設置 - 暴風雨被害 → 土砂崩れ危険地域、ハザードマップの確認
▼ 事業中止の判断基準：PEM形水電解装置の基盤技術において、安全の維持に不可欠であるが解決できない課題が生じた場合 ：急激なインフレ等により、資金の調達ができなくなった場合。 ：再エネ資源国からの輸入も含め、電化技術の著しい発展により、輸送、貯蔵、利用のすべてにおいて電化によりエネルギー需要を満たせる技術が生じた場合。		