

事業戦略ビジョン

提案プロジェクト名 : 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
提案者名 : 日立造船株式会社、代表名：代表取締役 取締役社長 兼 COO 三野 禎男

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・東京電力エナジーパートナー株式会社	(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
- (6) 参考資料

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。



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

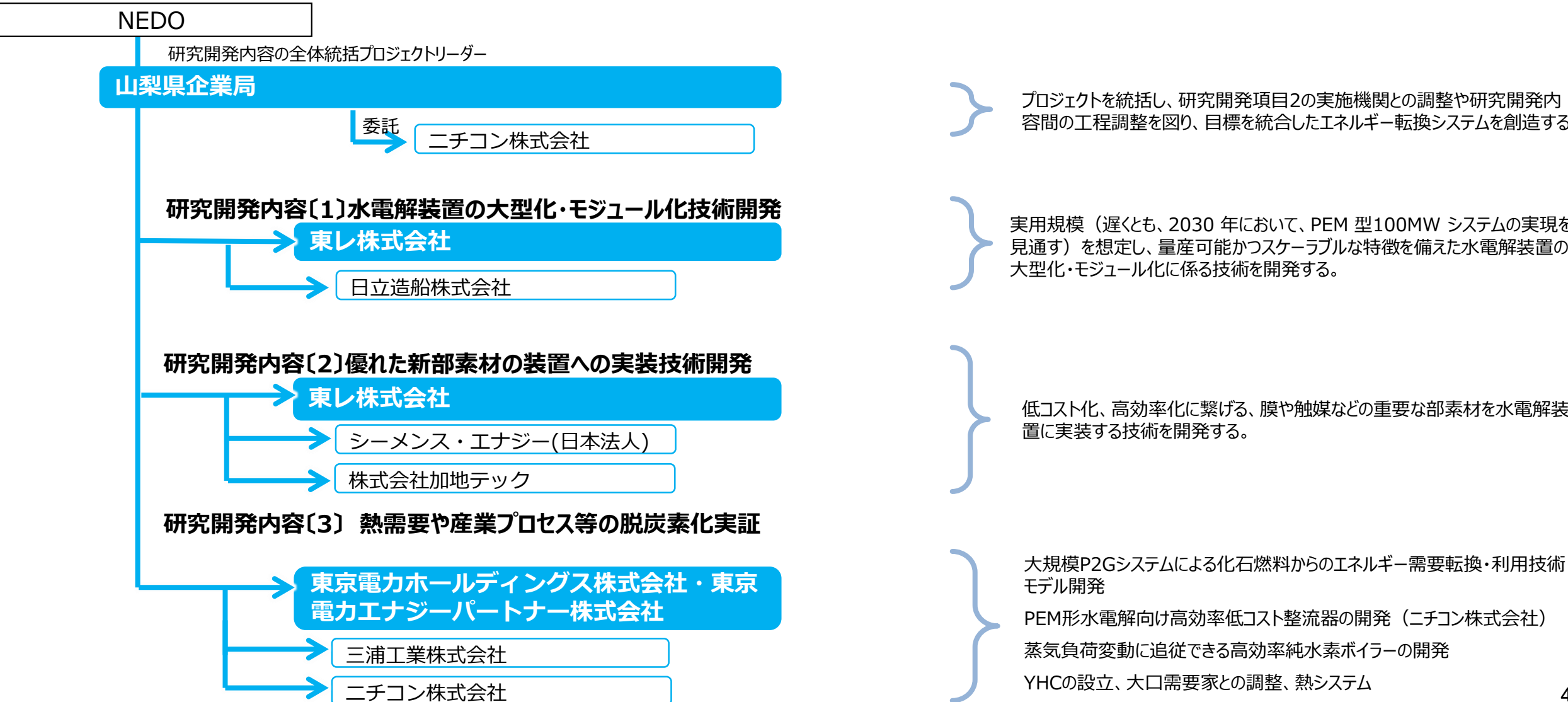
研究開発内容〔2〕 優れた新材の装置への実装技術開発

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

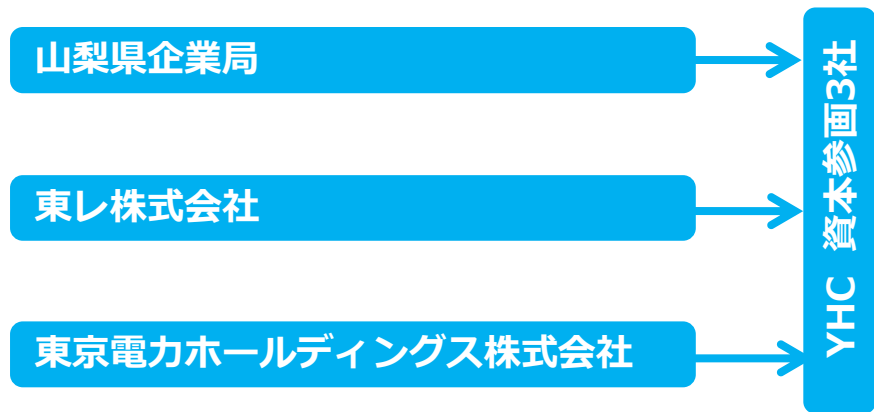
【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証



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

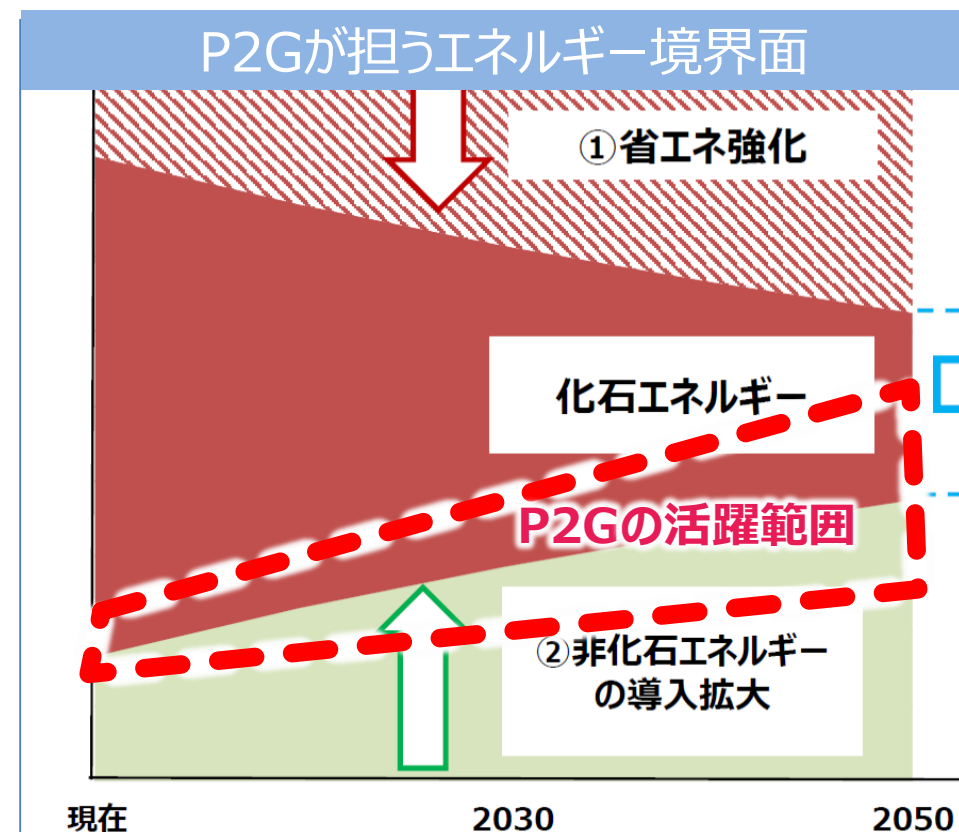
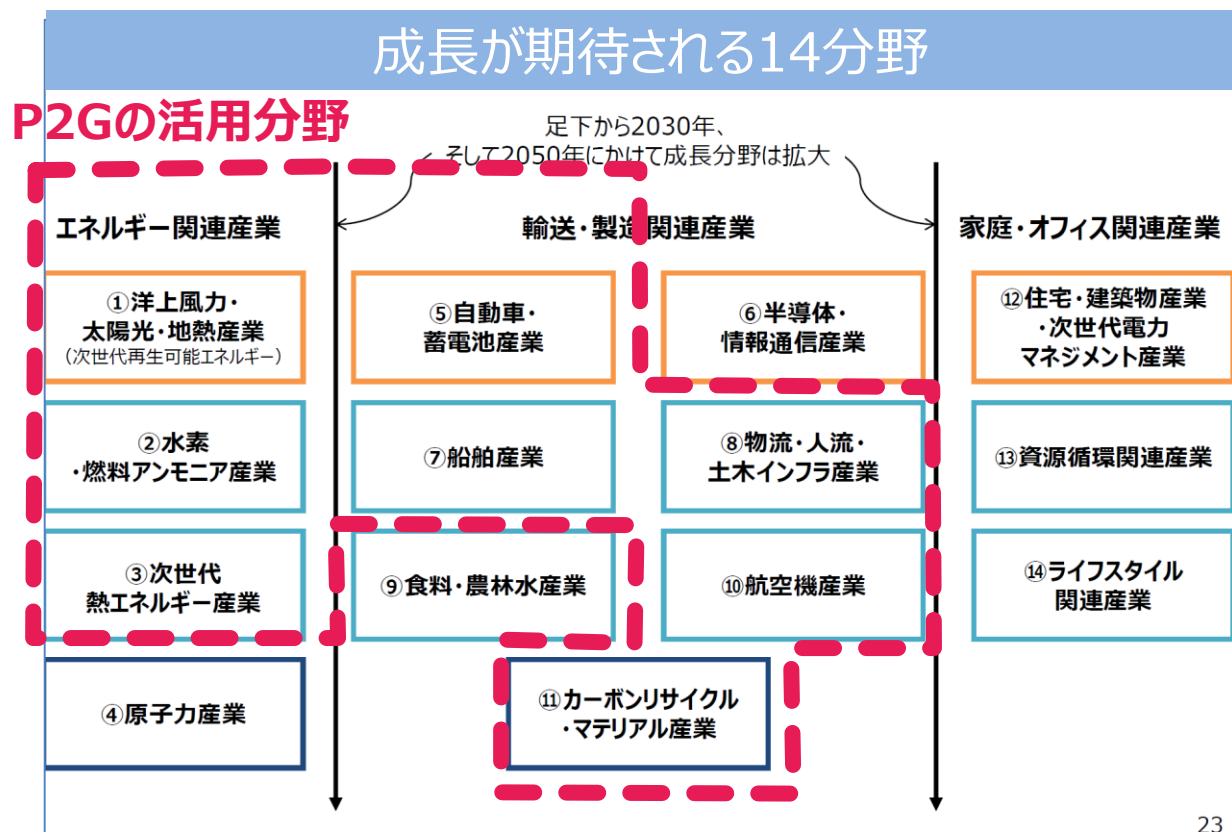
主要3社（山梨県・東京電力グループ・東レ）は我が国初のP2G事業会社である株式会社やまなしハイドロジェンカンパニー「YHC」(仮)を2021年度中に設立しプロジェクトの中核として活動することを予定している。
（2021年4月15日に山梨県知事、東京電力ホールディングス(株)、東レ(株)による協定締結済み）
年度内の設立後、コンソに参画予定（主要3社の事業を継承） 予定



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)

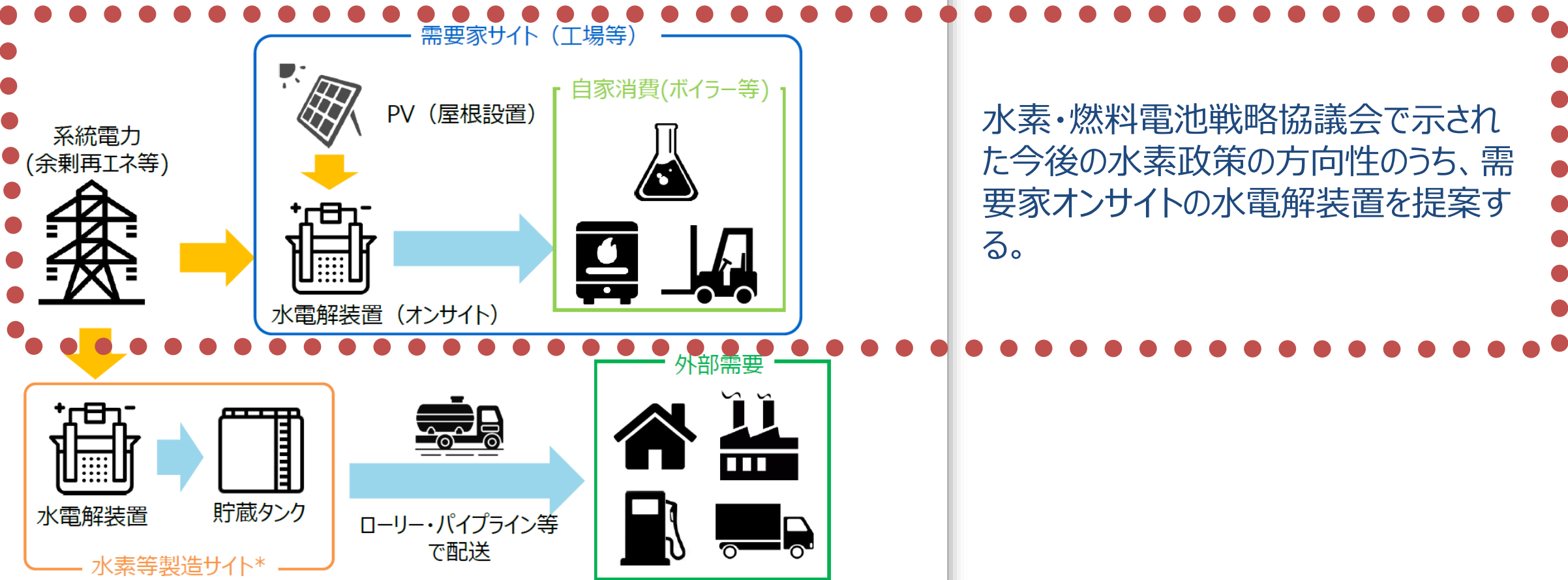
- ✓ P2Gシステムは、グリーン成長戦略において期待される成長分野のうち8つに関連
- ✓ 化石エネルギーの削減と非化石エネルギーの導入拡大の境界部分を担い、CN達成に必須の技術



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）

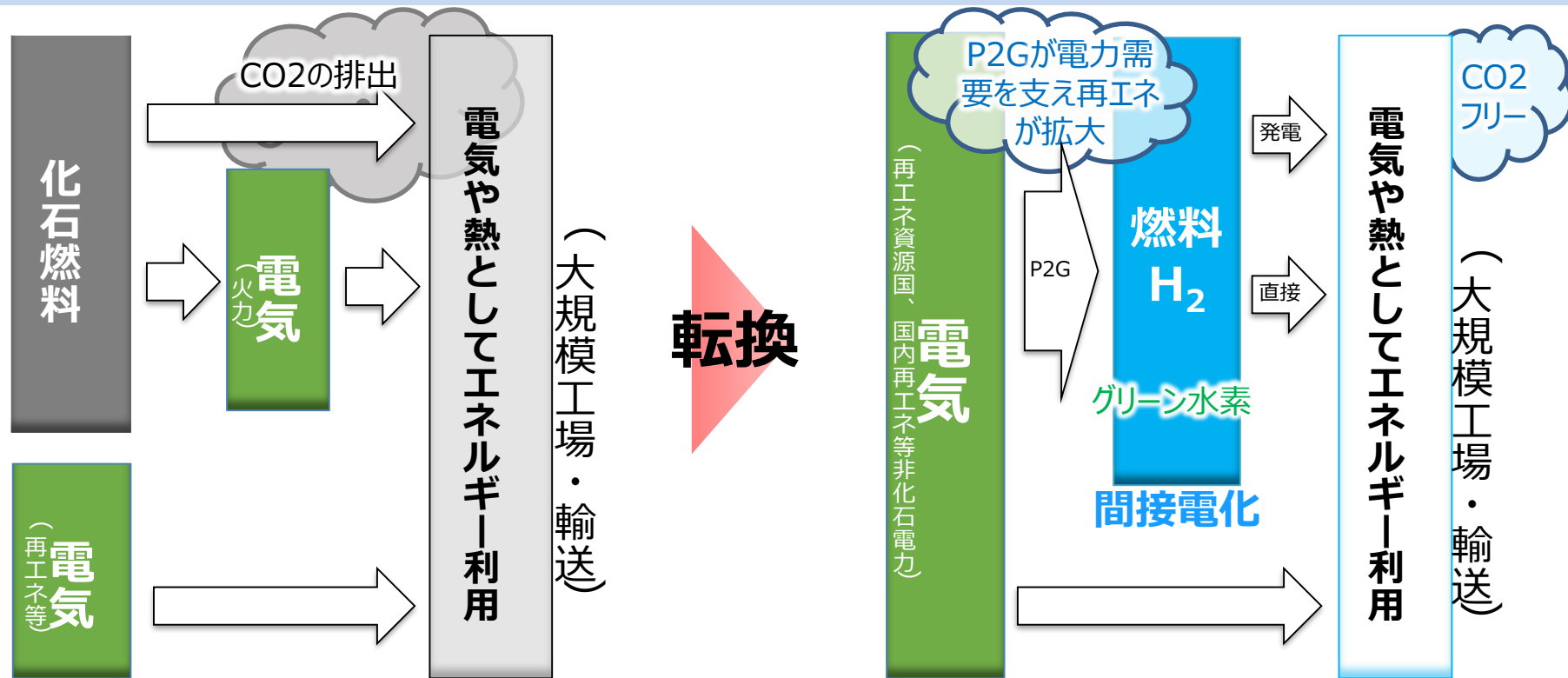


水素・燃料電池戦略協議会で示された今後の水素政策の方向性のうち、需要家オンサイトの水電解装置を提案する。

*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)

P2Gシステムによる「カーボンニュートラルの実現」



今日のエネルギー供給構造

カーボンニュートラルのエネルギー供給構造

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〕 優れた新材の装置への実装技術開発		✓ 膜やCCMの重要な部素材を10MW級の水電解装置に実装する技術を開発する。	✓ 膜やCCMの重要な部素材を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	◆ 優れた部素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確立	◆ 化石燃料の併用から、水素単独へ変化してくボイラーシステムの提供

1. 事業戦略・事業計画

日立造船

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

再生可能エネルギーのグリーン水素製造を起点にしたPower to Gas関連産業の急拡大

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） ※以下、カーボンニュートラルをCN、Power to GasをPtGと表記

- 2050年のCN達成目標を120カ国以上が掲げ、企業・産業界・国家、それぞれのレベルで脱炭素社会に向けた大競争時代に突入。CNの一翼である再エネ電源の利活用は、水電解装置起点の水素製造・利用、PtG産業に高い期待がある。

（経済面）

- 温暖化への対応を「成長の機会」と捉えた「ESG投資」の拡大やTCFD提言の対応など、気候変動対策と統合的な製品、事業戦略が国際競争力の前提条件となる。

（政策面）

- 政府がCN宣言と併せて示したグリーン成長戦略の中で14の重要分野を設定。イノベーションを促す投資を促進し、産業競争力の強化、新産業への転換につなげる数々の政策を打ち出している。

（技術面）

- 再エネ電力由来の水素製造・貯蔵の起点となる大規模水電解によるグリーン水素製造技術の確立、経済性の実証が必要である。
- グリーン水素製造を起点としたPtG関連産業として、自動運転による運用最適化、EMSなど、AI/IT技術の実装が拡大している。

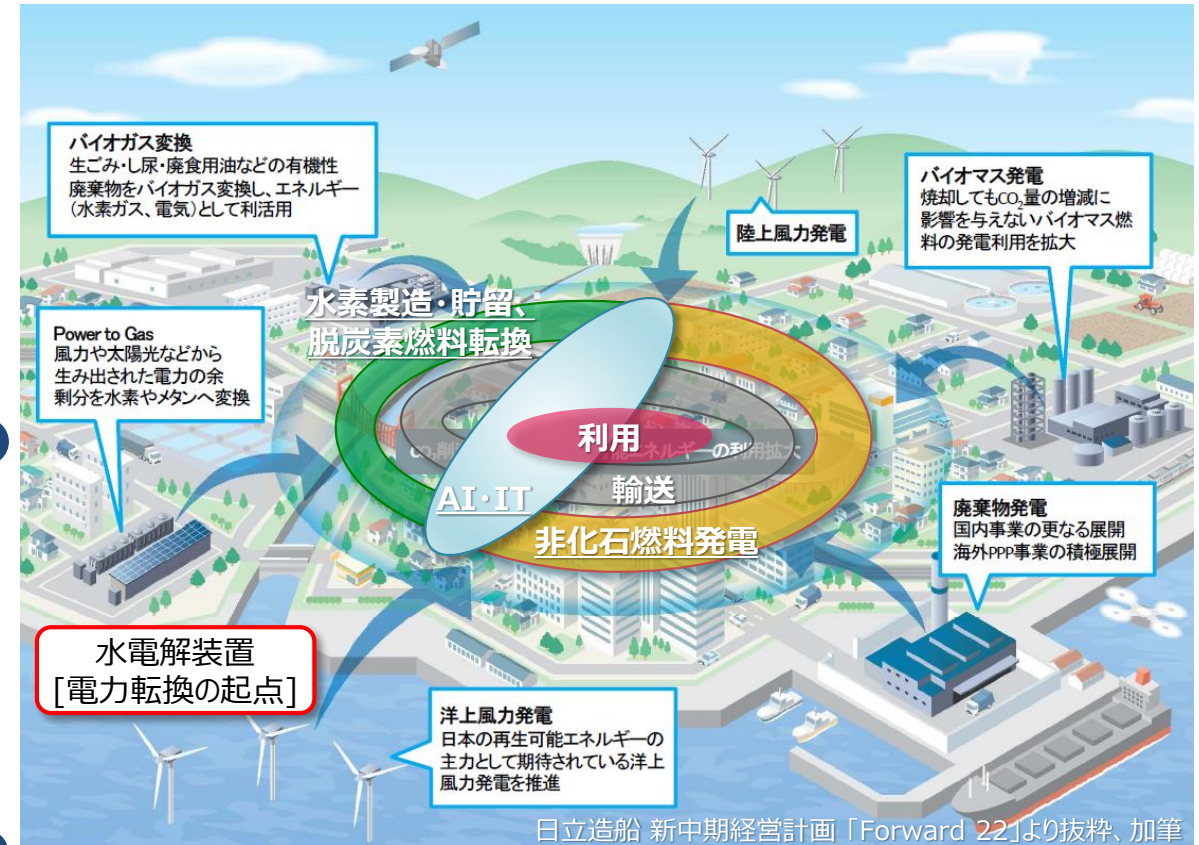
● 市場機会：

- 再エネ電力由来の水素製造・貯蔵、脱炭素燃料製造による化石燃料を脱却した世界的な新エネルギー産業の創出と事業拡大が見込まれる。

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- 持続可能な社会実現に向け、全世界でCNの取組みが急拡大する中、企業の海外進出、市場獲得による経済成長、雇用拡大が見込まれる。

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



● 当該変化に対する経営ビジョン：

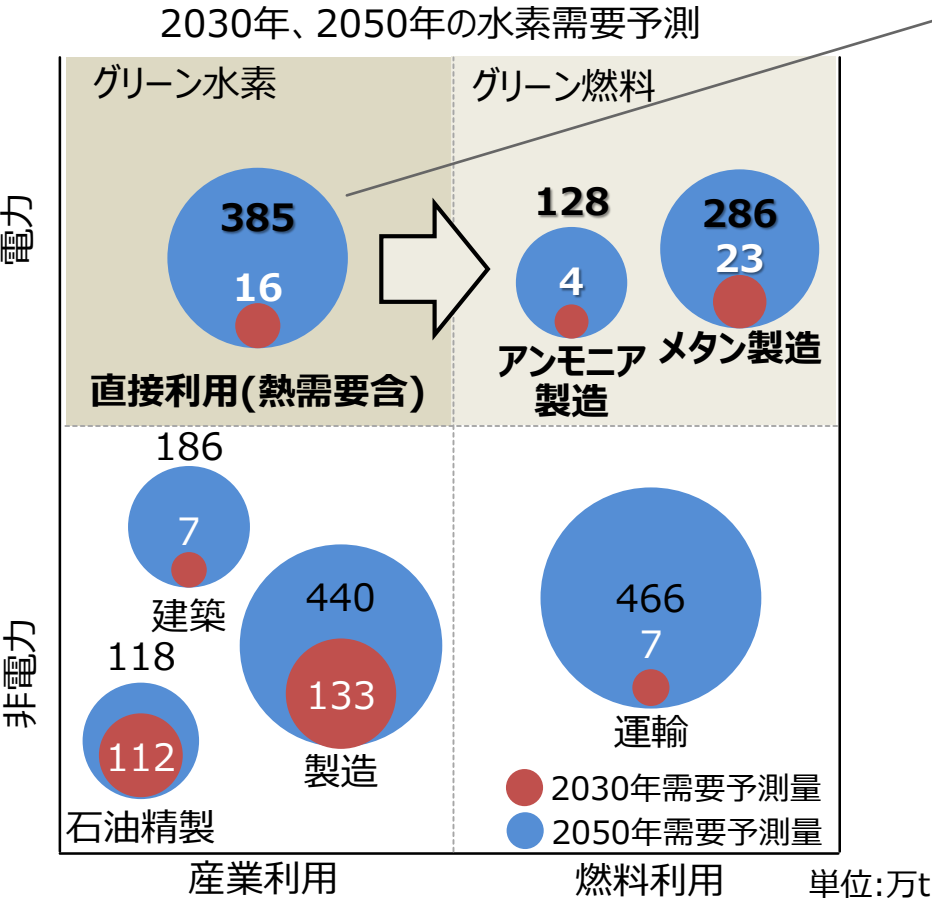
- CNに資する事業となる、水電解装置を含むPtG関連事業の事業ビジョン(戦略と全社目標)を「Hitz 2030 Vision」として公開。
- 保有技術、製品を軸に既存インフラを積極的に活用したPtG事業化を加速するため「PtG事業推進室」の設立、評価・製造施設「PtG SQUARE」の新設を公表。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

グリーン水素製造およびグリーン水素によるカーボンニュートラルガスへの転換需要がターゲット

セグメント分析

- 水素を4つの利用目的で分析。**グリーン水素製造とグリーン燃料**(グリーン水素由来のカーボンニュートラルメタンとカーボンフリーアンモニア)への転換をターゲットとする。



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 2025年頃まで再エネ電力を利用する水電解装置は散発的な導入に留まり、2025年以降本格的な市場形成が進むと予測するが、水素インフラの本格普及までは、グリーン水素からメタン(CNメタン)、カーボンフリーアンモニア(CFアンモニア)など既存インフラで利用可能なグリーン燃料への転換需要も一定規模存在すると予測している。
- グリーン水素を自家消費、周辺で直接利用する事業者向けに100MW規模まで対応可能なPEM型水電解装置を開発し、2026年以降に上市する。
- CNメタンの製造プラントなどソリューション提供をPtG事業として開始する。
- GI基金の大型化開発と並行して高圧対応水電解装置の開発を進め、輸出用の水素、グリーン燃料市場でポテンシャルを有する再エネ資源国での事業開発(含む装置販売)を推進する。

需要家	主なプレイヤー	消費量 (2030年)	課題	想定ニーズ
電力	再エネ事業者、水素利活用を推進する自治体など	水素導入目標量 300万tのうち、グリーン水素利用目標として掲げる最大42万tより直接利用の16万t分を消費量と推定	- 水素インフラの本格普及時期が不透明で、水素需要量が見通せない - 高いグリーン水素製造コスト	- グリーン水素による貯留 - グリーン水素の利用によるCO₂排出量削減
電力(燃料利用)	電力会社、ガス会社、再エネ資源国	グリーン燃料用の水素需要量を最大27万tと推定	- グリーン燃料の経済性が不透明 - 海外進出に必須の高圧対応装置が無い	- グリーン水素による有価値化、輸出製品化 - グリーン燃料によるCO₂排出量の大幅削減

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

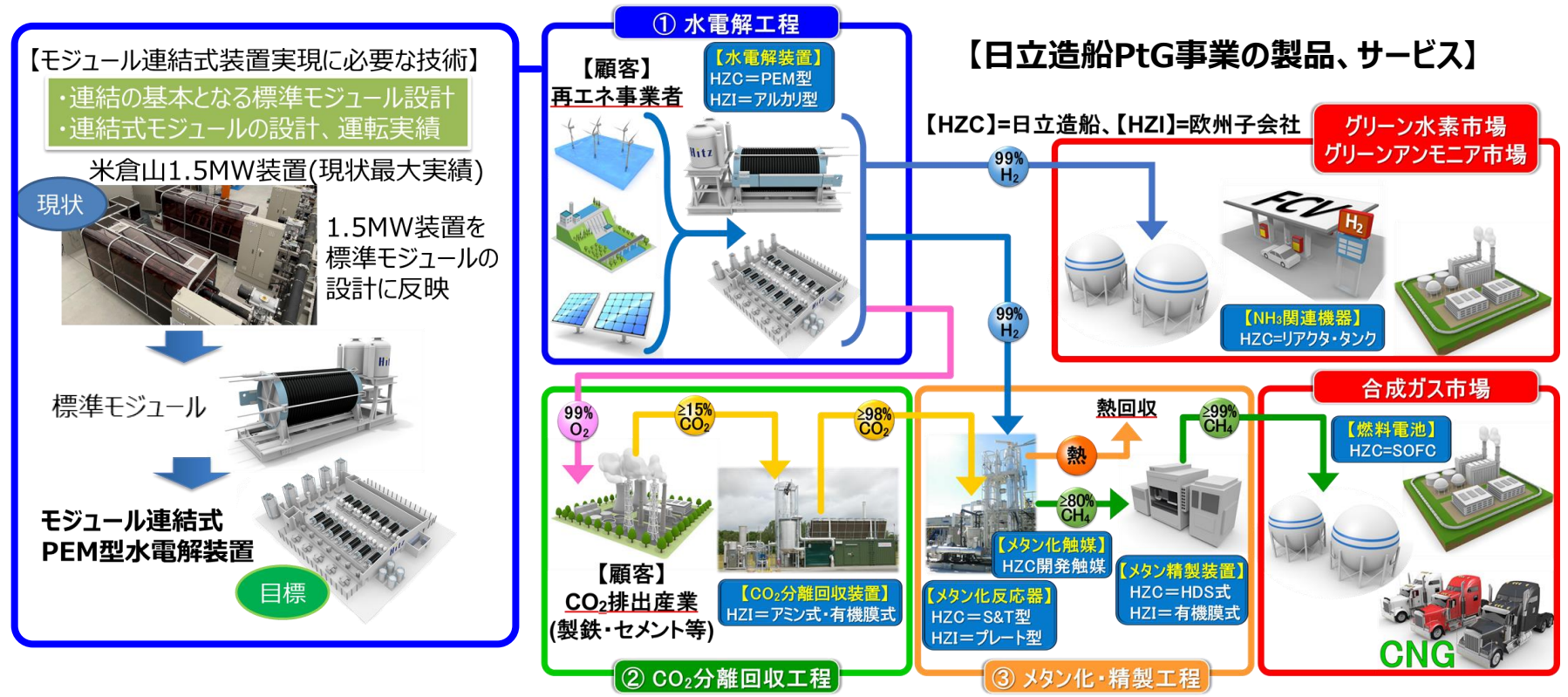
再エネ電力利活用の起点となるモジュール連結式PEM型水電解装置により事業を拡大

社会・顧客に対する提供価値

- 再エネ電力利活用の起点となるグリーン水素の製造装置を提供
 - 再エネ電源の変動に高い追従性を持つPEM型水電解装置により再エネ電力の余すことの無い、製造・貯留を実現し、再エネ電源の導入意欲をさらに促進する。
 - 純水を原料とする低環境負荷、他方式に比べコンパクトな装置な利点を活かし、再エネ電源周辺の設置制約が少ない再エネ電力の有効活用手段を提供する。
- 輸入サプライチェーン構築に向けたPtG事業製品、サービスを提供
 - 高圧対応水電解装置を含むPtG事業の製品、サービスを再エネ資源国で事業展開することにより、グリーン燃料事業の拡大を通じてCN燃料の国際サプライチェーン構築に貢献する。

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）と研究開発計画の関係性

- 導入する再エネ電力の規模に適した利活用が可能なモジュール連結式PEM型電解装置提供により、再エネ電源導入の拡大を促し、その利活用の起点となる水電解装置の販売事業を拡大する。
- グリーン水素市場拡大による水素製造需要の拡大を促し、販売規模拡大による製品コスト(製造/部材コスト)の漸減、再エネ電源導入意欲の拡大に伴う更なる水電解装置導入の規模拡大、の好循環を生み出し、製造した水素の有効利用が可能なPtG事業の製品、サービスを提供することで、水素需要量、供給量をバランスよく拡大させる。
- グリーン水素、グリーン燃料のサプライチェーン構築、などカーボンニュートラルガス産業＝新エネルギー産業市場全体の形成、拡大に貢献していくことでPtG事業としての市場規模拡大と収益確保を目指す。



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

MW規模PEM型水電解装置納入実績を活かしたグリーン水素製造手段を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 再エネ電力の利活用最大化に最適なPEM型水電解装置の提供により、再エネ電源導入、グリーン水素利用の需要拡大に貢献が出来る。
- 利活用の起点である水電解装置に留まらず、PtG事業の製品、サービス提供により、グリーン燃料製造から燃料利用まで顧客のニーズ、事業構想に合わせた製品・サービス提案が出来る。



自社の強み

- 国内で唯一、MW規模のPEM型水電解装置納入実績を既に持っている。
- 今後の水素製造の需要拡大を見据えた水電解装置生産拠点となる「PtG SQUARE」を新設している。
- 保有技術主体のPtG事業の製品、サービスにより、早期に顧客の脱炭素ニーズに最適な提案が出来る。

自社の弱み及び対応

- 海外競合と比較して大型装置のコストが高く、水素定格圧力が1MPa未満と低いため国内限定の事業展開に留まる。
 - 高圧対応製品の自社開発により、海外事業を展開、再エネ資源国の利活用需要を捉え、装置販売規模の拡大によるCDを図る。

他社に対する比較優位性

自社	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
(現在)	1970年代から培った装置の知見、設計技術 - MW規模の水電解装置の納入実績	- 事業化済みのため、顧客を獲得済 - 事業本部別の脱炭素志向の潜在顧客が存在	- 水素製造の上流、下流で自社事業保有 - 水電解装置単体では特定企業に依存	- 燃料電池、蓄電池などの開発人材 - 欧州、東南アジアなどの拠点から再エネ資源国の動向入手
	↓	↓	↓	↓
(将来)	- モジュール式水電解装置による大型化 - 高圧対応装置を開発し、海外競合メーカーに匹敵する技術力を確保	- CN達成に向けた既存産業の需要を捉え、顧客を拡大。 - 新たにエネルギー産業参入を志向する顧客の獲得	装置単独の事業からPtG事業へと拡大する中でパートナー企業を開拓、新たなサプライチェーンを構築	- メタネーションなど水電解装置の下流産業の技術、人材の充実化 - 海外のPtG事業拠点
小・中型競合メーカー	顧客ニーズを捉えた仕様、CD、装置小型化、耐久性などで先行	金属工業、半導体企業など小中規模に特化した顧客獲得戦略を実施	水素の直接利用の需要が見込まれる水素ステーション向けで先行	関係会社で補器類、PtG事業の要素技術を保有
MW規模海外競合メーカー	- 欧州実証参画をベースに大型装置製品化で先行 3MPaの水素定格圧力で標準装置を上り市済 - 低圧対応も模索	欧州研究機関を中心に大型実証事業参画でCNを志向する国、企業との関係を強化	- 大型実証に参画し、上流、下流事業を展開する企業とサプライチェーンを構築 - 進出国別のパートナー企業と連携したローカライズ戦略	- アルカリ型水電解装置事業を保有 - 水電解装置、水素製造に関する人材が充実

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年以降の事業拡大、2030年前半の投資回収を想定

- 投資計画 (YHC)
- ✓ 26から30年にかけては全国累計にて1GWを目指し、YHCのシェアを56%(560MW)を目標とする。
 - ✓ 50年のCN時点において、15GWの累計導入



- 日立造船
- ✓ YHCの事業計画をベースに2026年以降の市場拡大を想定して、2030年までに累計100MW超の受注を目標とする。
 - ✓ PEM型水電解装置の大型化・モジュール化技術開発と並行して取り組む高圧装置開発の両成果を2026年以降に上市し、事業規模の拡大を図る。
 - ✓ 2030年に水電解装置事業において単年度売上高50億円規模を目指す。

										研究開発		事業拡大		投資回収（2030年代前半を想定）							
										→		▼		▼							
										2020年度	2021年度	…	2025年度	…	～2030年度	…	2035年度	2035年度 まで合計	203x年度	計画の考え方・取組スケジュール等	
売上高										－	－	…	－	…	≥50億円	…	－	≥500億円	－	・ 2026年度に開発した装置を上市。以後を事業拡大年期と設定し、海外事業の展開に開始。	
研究開発費										－	1.1億円	…	0.6億円	…	0.5億円	…	－	30億円規模		・ 自社で高圧装置開発に取り組み、大型化、高圧対応の両開発成果を実装した装置として完成させた後は運用面の開発にシフトする。	
										←		→									
										22億円規模（本事業期間）											
取組の段階										MW級装置を上市	大型/高圧研究開発の開始	…	開発成果、技術の製品実装	…	10MW規模装置を販売し、事業を拡大	…	PtG事業として装置販売比率を拡大	－	投資回収	・ GI基金による大型装置開発と自社の高圧装置開発成果を製品実装し、電解装置の製品競争力向上と再エネ電源導入意欲拡大に貢献し、事業拡大を図る。	
CO ₂ 削減効果										0.05万トン	－	…	－	…	≥1.5万トン	…	－	約50万トン	－	・ 装置価格目標より試算した電源容量(W)を基に、研究開発・社会実装計画記載のCO ₂ 削減効果計算式より試算	

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

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

- 欧州メーカーのPEM型水電解装置大型化とCDを見据えた1.5MW装置を自社開発。山梨県米倉山の実証試験に参画し、装置の運転状況、実績を継続取得している。
- モジュール連結式6MW級装置で量産効果のCDを見据えた装置設計、製作、運転、実績取得まで一連の実証を経て、100MW規模の装置大型化の知見を獲得、装置実現に取り組む。
- 欧州メーカーの製品と同等仕様の製品提供のため、大型化と並行して高圧対応電解セルの自社開発にも取り組む。

- MW級の大型装置製造を見据え、キー部材である大型電解セルスタックの組立・製造場、大型の性能評価試験装置を整備。
- 工場移転と併せ生産体制を再構築するとともに、2021年度は更なる生産設備増強のため、「PTG SQUARE」を新設。
- 高圧水電解装置の開発環境を整備予定。開発終了後、国内生産拠点への転用も計画。

- グリーン水素製造と直接利用を提案する本GI基金事業へ参画し、大型水電解装置のCO₂削減効果のPR、再エネ電源導入意欲とグリーン水素需要の喚起を推進する。
- 実証事業と並行して、水電解装置と下流の保有技術、製品、サービスを含めたPtG事業の早期展開を図る。
- PtG事業展開によりCO₂削減、脱炭素化削減技術、製品、サービスを新エネルギー産業の創出・拡大期にいち早く周知することで、PtG企業として確固たる地位を確立する。



国際競争上の優位性

- 世界的にもあまり類の無い水電解装置の上流(陸上/洋上風力発電)、下流(メタネーション、CO₂回収など)の製品、事業を自社で保有。
- 自社技術・製品を組み合わせ、装置単独の事業からPtG事業へと早期の事業転換、拡大が可能。
- 国際標準となりうる欧州水素定格圧力3MPa対応の水電解装置の開発により、国際競争力を獲得する。

- 水電解装置およびメタネーション装置を集約した「PtG SQUARE」を水素製造からメタン化まで一連の運用が確認出来るショールームとして活用。水電解装置単独からPtG関連事業と組み合わせたシナジーをPR。
- グリーン燃料の製造、輸出に取り組む国、地域の生産拠点とすることも視野に設備投資を計画する。

- 欧州子会社から欧州の水素、PtG実証の状況、高圧仕様の法制化など最先端地域の情報を収集し、製品競争力の保有と海外事業戦略の策定を推進する。
- ASEAN地域には現地法人、事務所を広く展開。現地情報、政情をいち早く入手し、水電解装置を起点としたPtG事業の提案、実証を推進し、欧州競合に先んじて事業を展開する。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、10億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

	2021 年度	2022 年度	...	2025 年度	...	2030 年度	...	2035 年度
事業全体の資金需要※	23億円以上					● 本事業期間にてPEM型水電解装置の大型化開発を完了させた後、引き続き装置のコストダウンや効率向上、高圧化に向けた研究開発投資を実施予定。 ● 製造能力増強に向けて設備投資を計画中。		
うち研究開発投資※	23億円以上							
国費負担※ (委託又は補助)	約13億円							
自己負担	10億円規模							

※ インセンティブなしとした

2. 研究開発計画

コンソーシアム全社共通の内容

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	アウトプット目標		
1.水電解装置の大型化技術の開発 Power-to-X 大規模実証	✓ 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の重要な部素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、部素材及び水電解装置メーカー間での摺り合わせ開発が必要。部素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



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%

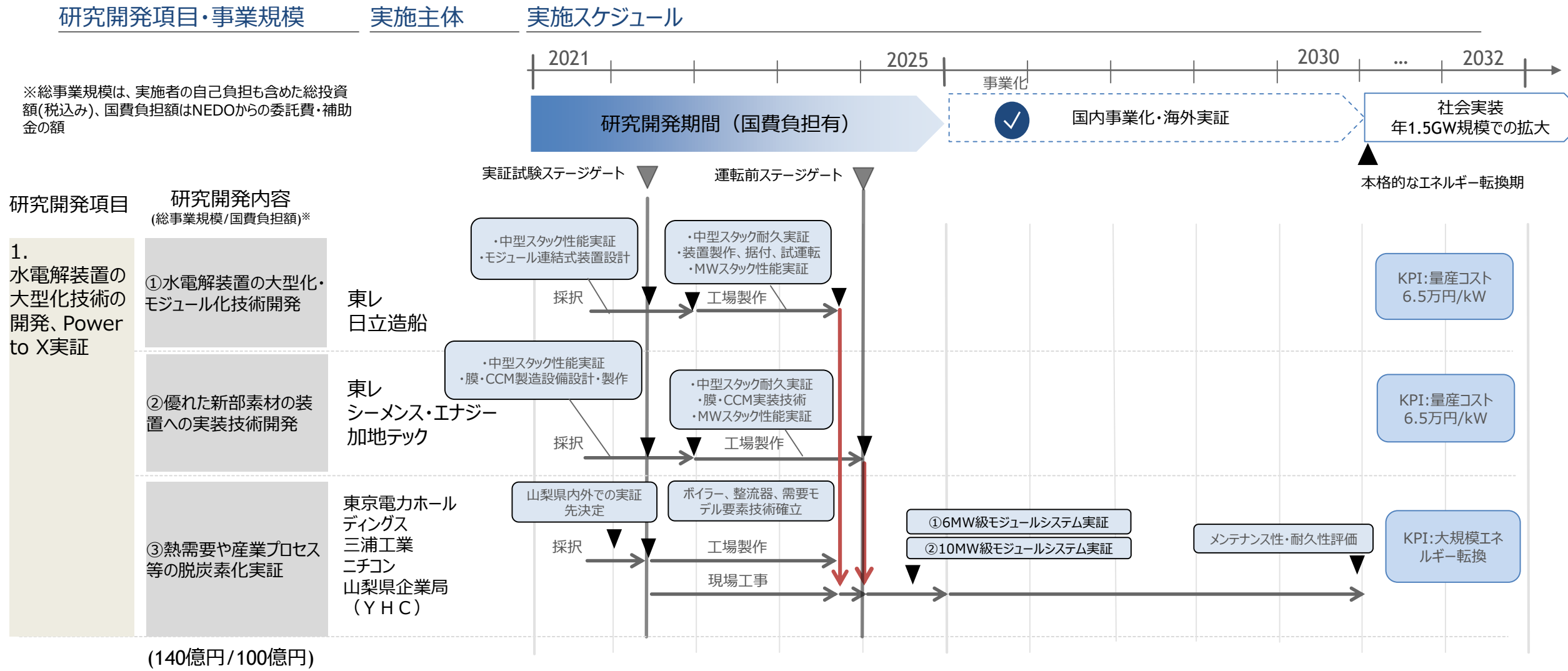
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容②

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供給できる機能を得る。	95%	

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

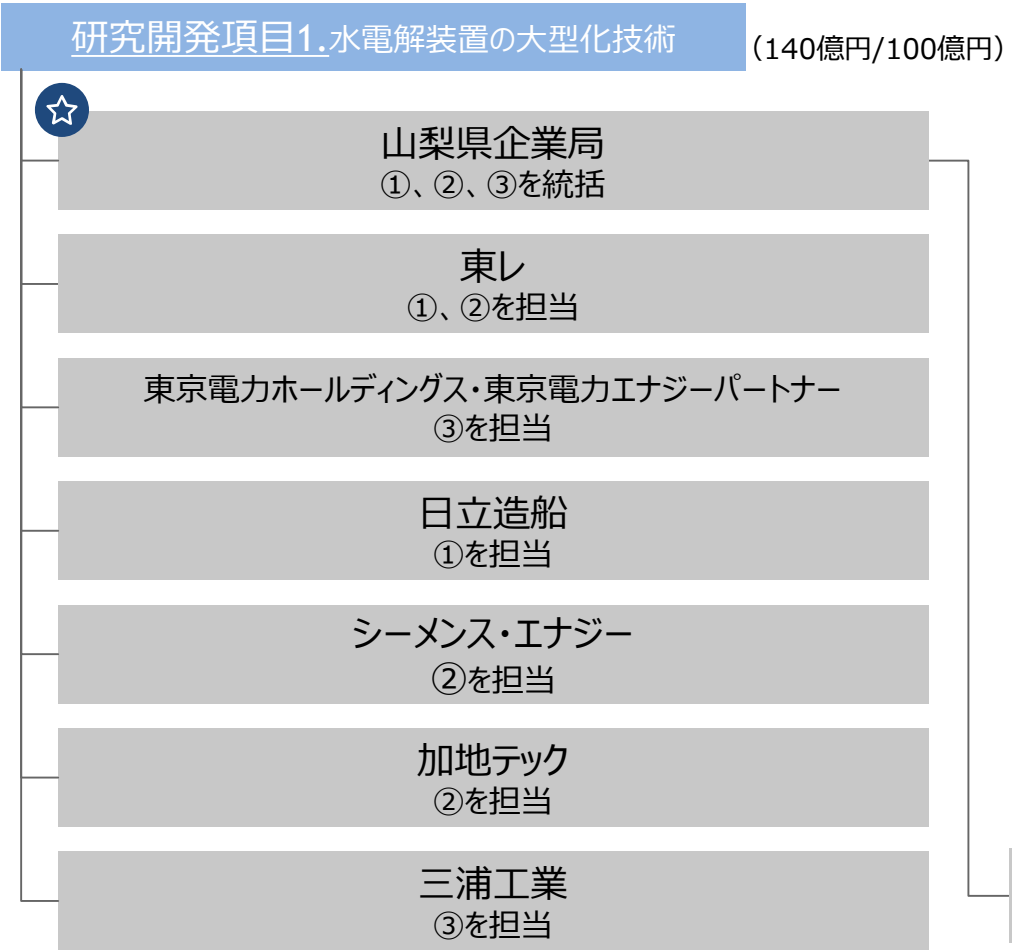
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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

- 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/offerings/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：グループ大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

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 /Nm3/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

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）

達成レベル

2025年にてシステム効率77%、2030年にてシステム効率80%（4.4kWh/Nm³）を見通す。（TRL8）

解決方法(アクションプラン)

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

実現可能性（成功確率）

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、 $(\text{整流器の電荷量(水素量)}(\text{Ah})) / (\text{低圧交流のトータルインプット(kWh)}) = 77\% \text{ 以上とする。}$
- 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
2	Capital cost	€/kg/d (€/kW)	8,000 (~3,000)	2,900 (1,200)	2,000 (900)	1,500 (700)	1,000 (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単位容量あ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。

装置の大型化・モジュール化（イメージ）

スタック 補機（整流器等）

スタック スタック スタック

補機

補機の数は変わらず

モジュール化されたスタックを並べ、大型化

PEM型電解装置の生産量とシステムコストの関係

※ 1 MWのシステムのコストを仮定、BOP：補機、2015年USD換算

600
500
400
300
200
100
0

10 20 50 100 1,000 2,000 5,000 10,000 20,000 50,000

Annual Production Rate

■ Miscellaneous
■ Cooling
■ Hydrogen Processing
■ Deionized Water Circulation
■ Power Supplies
■ Balance of Stack
■ Assembly & End-Plates
■ Bipolar Plates
■ Frame
■ Porous Transport Layer
■ CCM

機器毎に量産効果の程度が異なる

（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

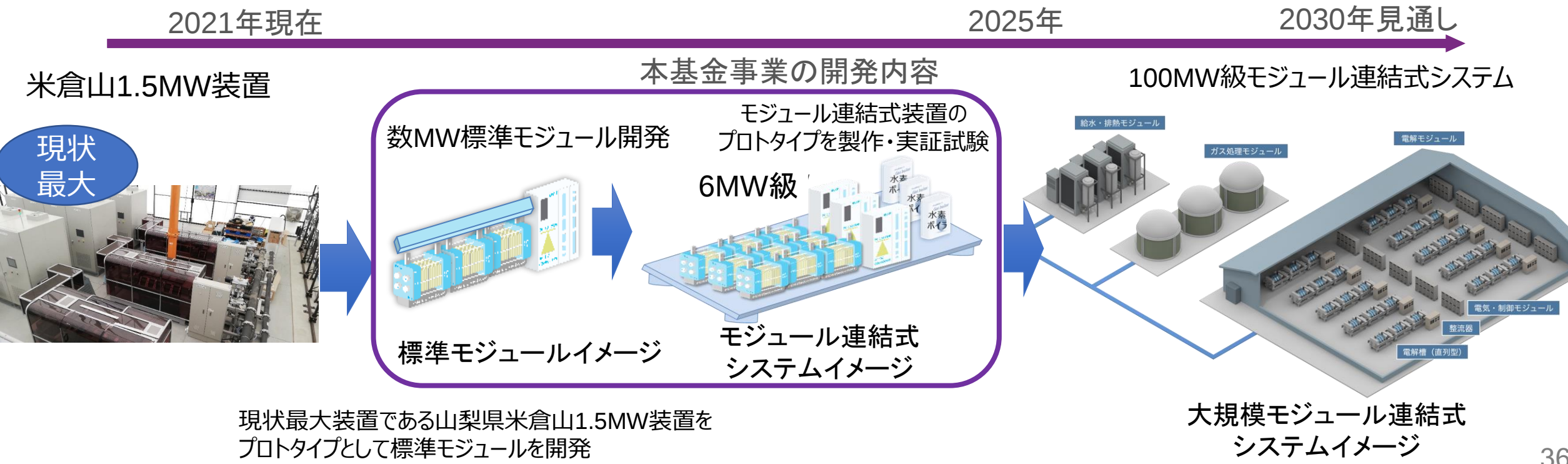
研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

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。

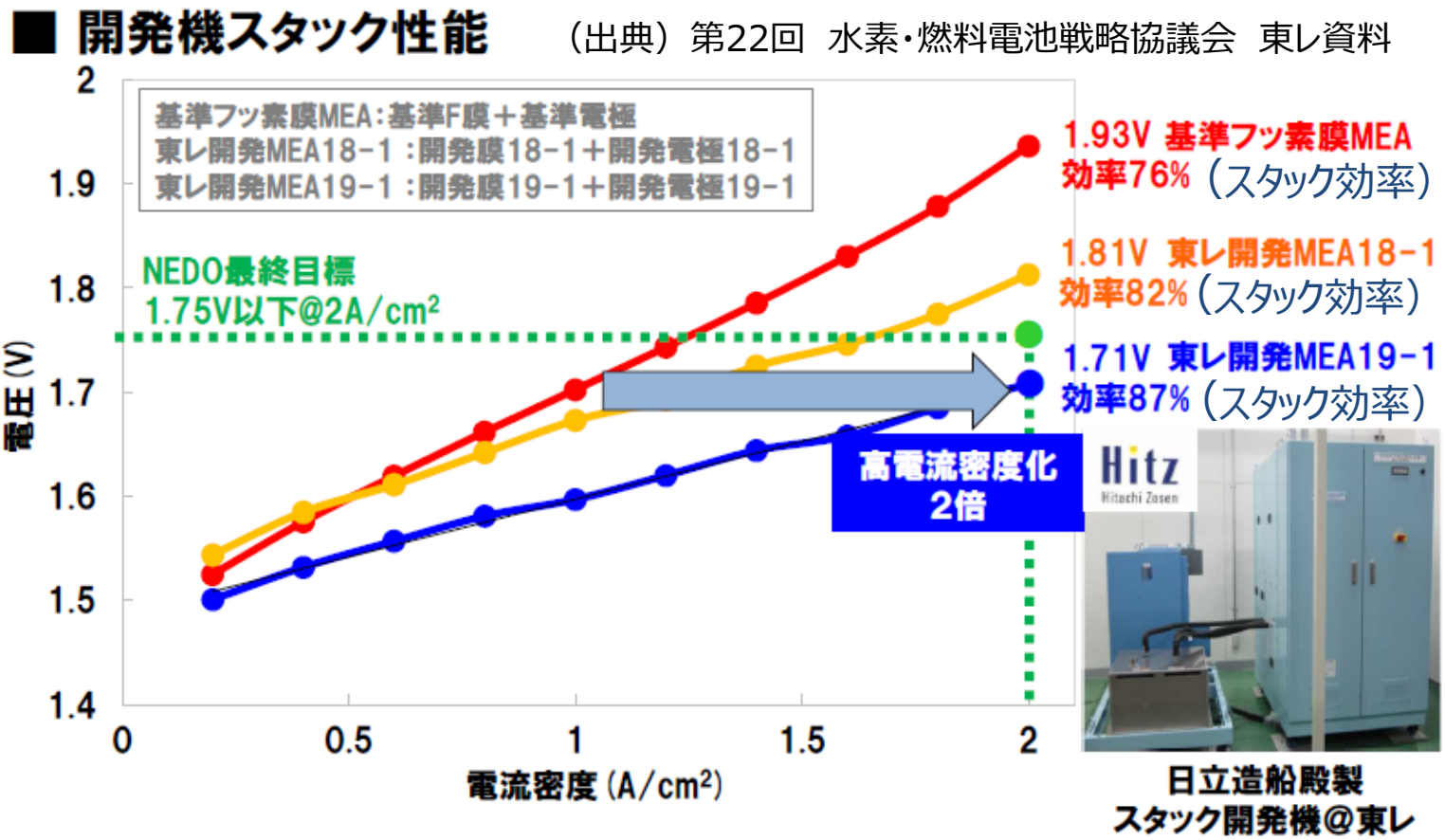
2030 年における100MW システムの実現を見通すため、2025年までに数MW級の標準モジュール開発およびこれを用いた6MW級での実証を行ない、数10MW規模に展開可能な技術確立する。



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。
- 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。



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

研究開発内容〔2〕

優れた新部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するが、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」

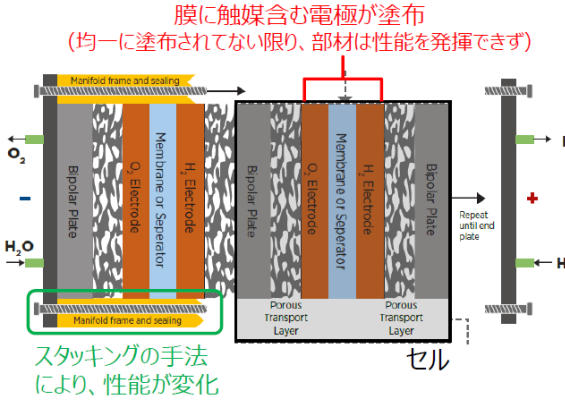
優れた新材の装置への実装技術開発

- 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摺り合わせの例

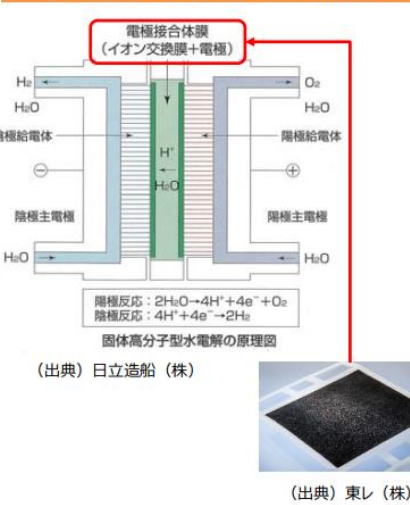


どれだけ優れた要素技術でも単一では効果を発揮することができず、
各種部材等との摺り合わせを通じて、はじめてシステムの中でその性能を発揮することが可能

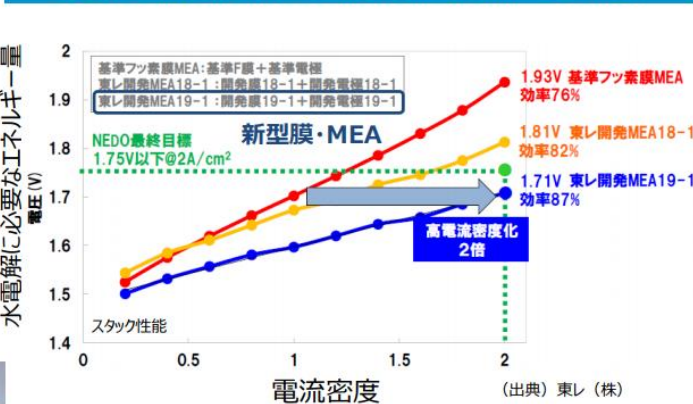
電解水素の製造コスト削減に向けた取組②(要素技術の開発・実装等)

- 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



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

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。 ・既存の電力系統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%）

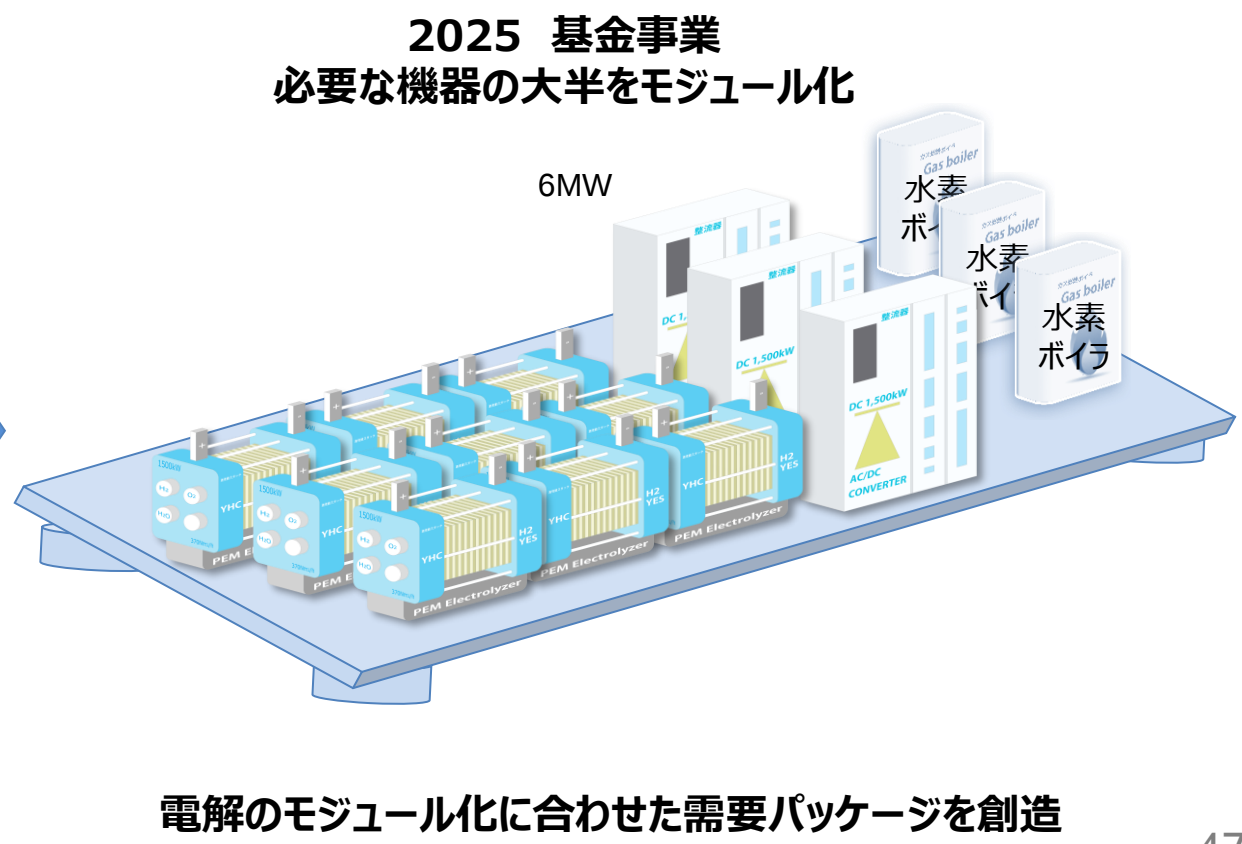
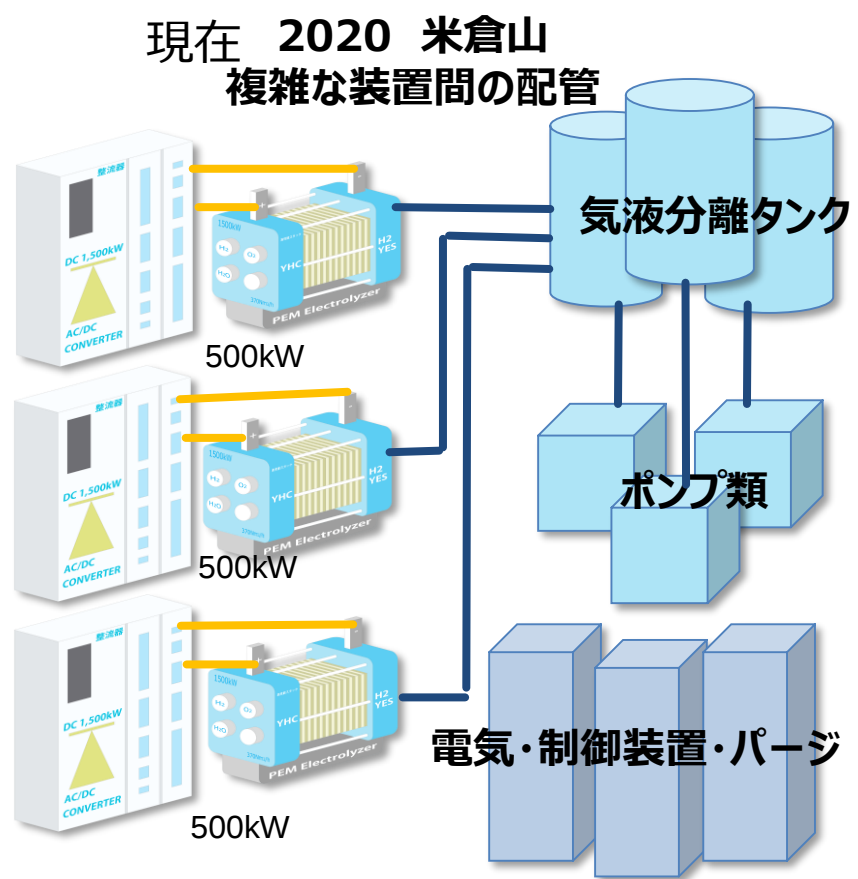
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

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



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

電氣的
特性

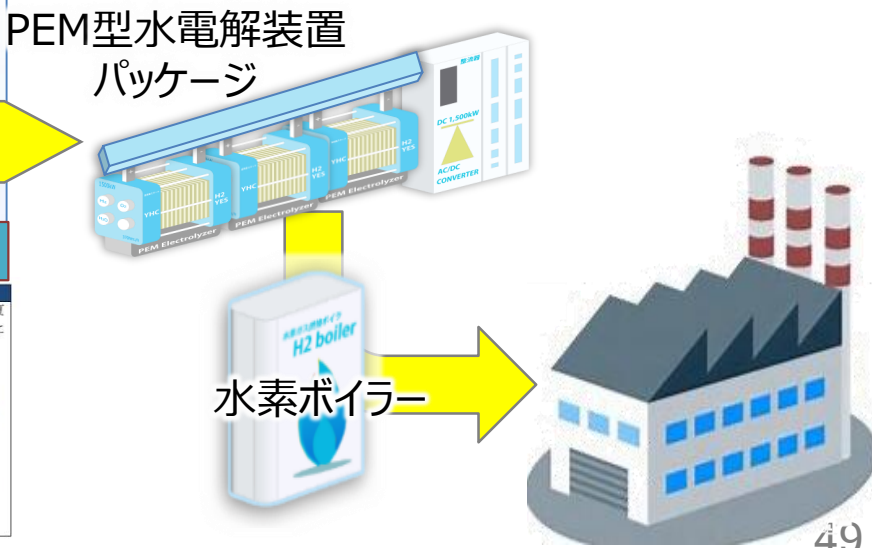
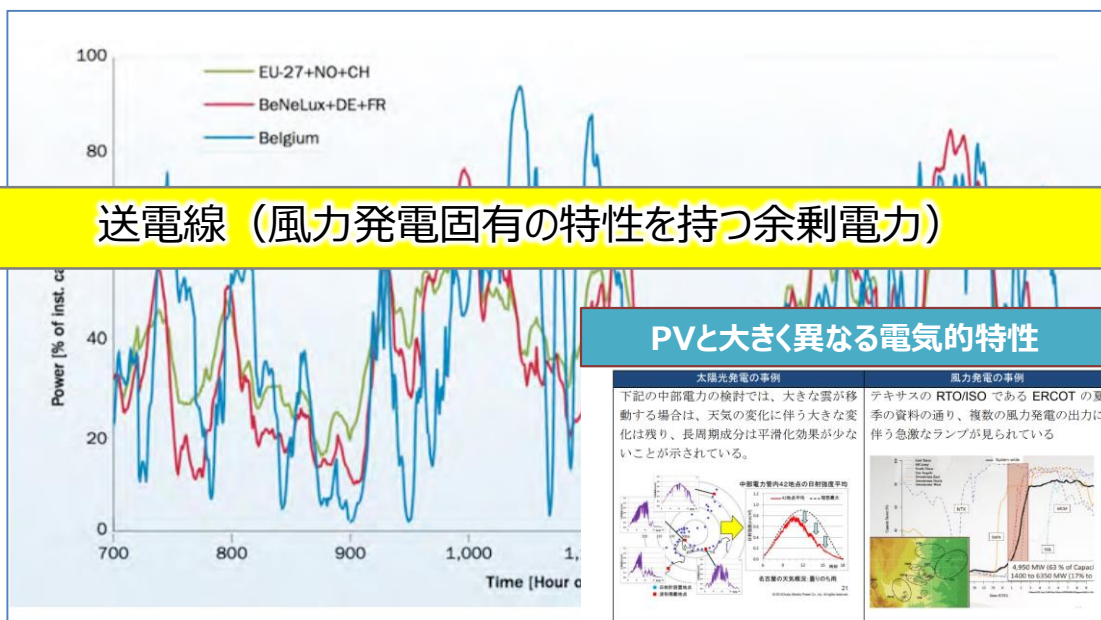
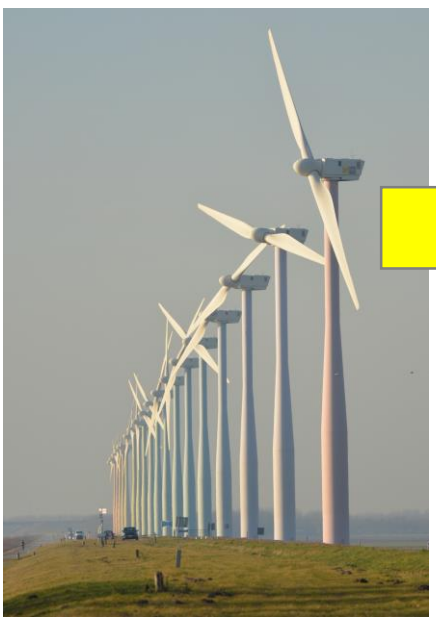
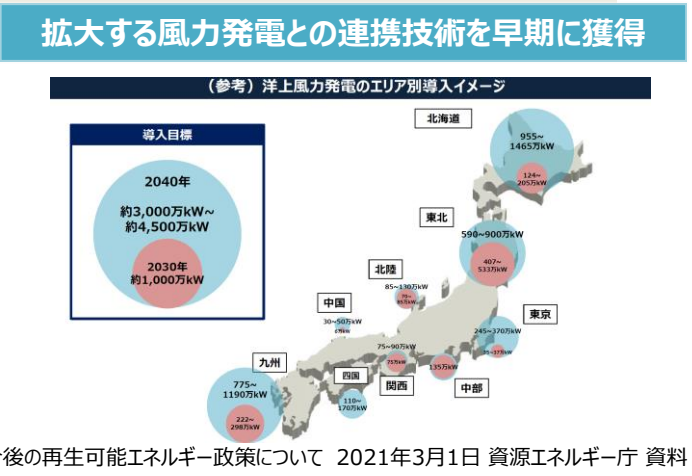
運用技
術

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

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



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。

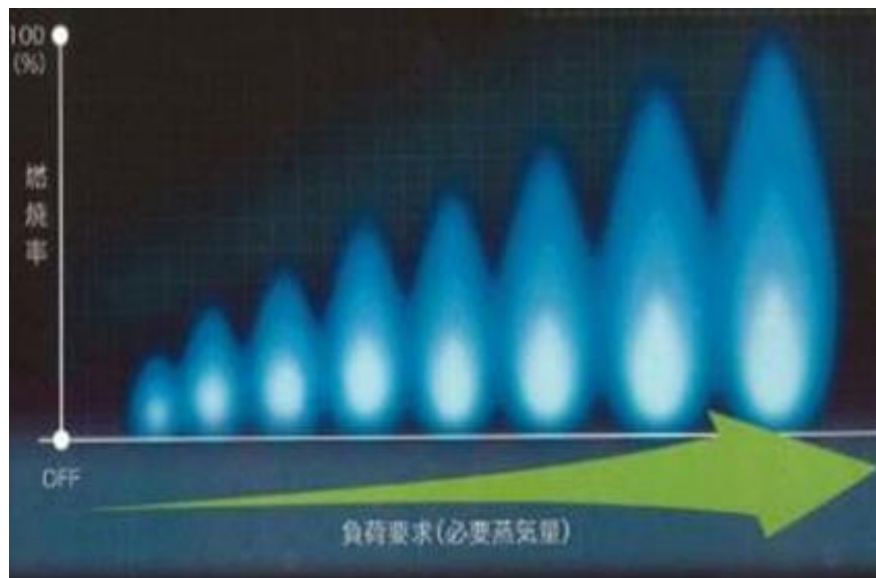
現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
PV発電量に合わせたEMS	経済性を視野に入れたグリーン水素による熱利用	電力システム改革の進展により、電力は従来のkWh価値に加えて様々な機能に応じた価値にてそれぞれ取引することが可能となりつつある。下記の市場等を活用して、経済性を向上させる。 また、需要家の熱需要に合わせた電力需給と熱利用を俯瞰するグリーン水素による熱利用システムの構築	東京電力においては、これらほとんどの市場等においてそれぞれを個々に活用する技術的なノウハウを持ち合わせており、経済的な観点で統合制御していく上では知見を活用できる優位性がある。また、熱利用の部分においても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

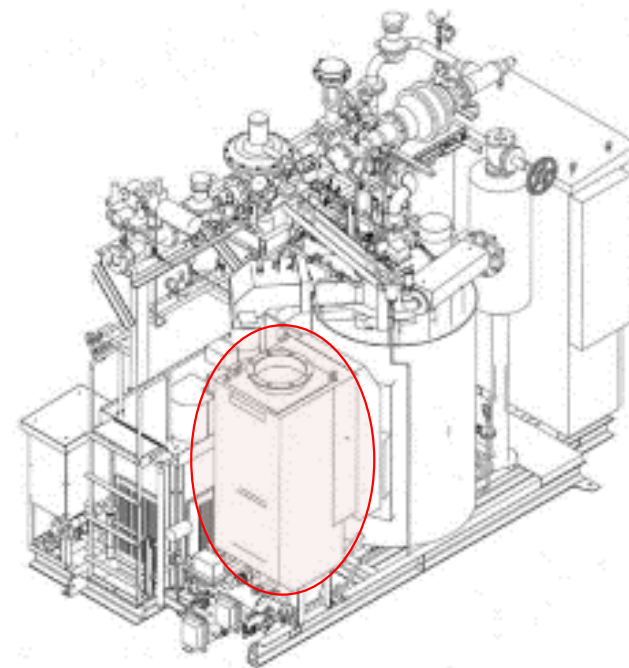
研究開発内容〔3〕 ボイラーシステムに関する技術開発

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

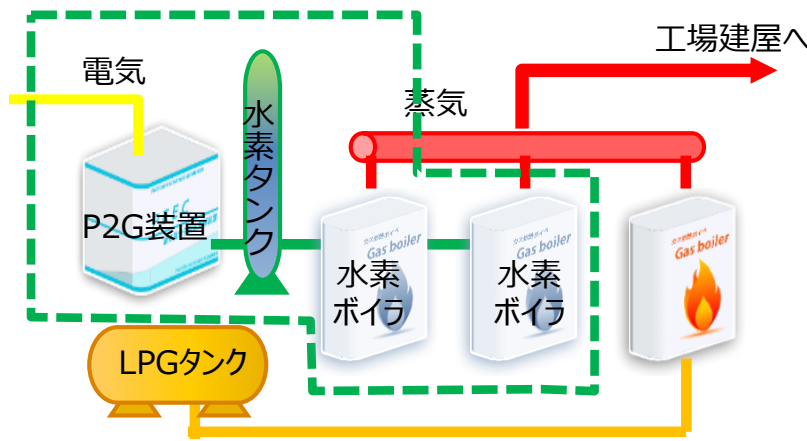
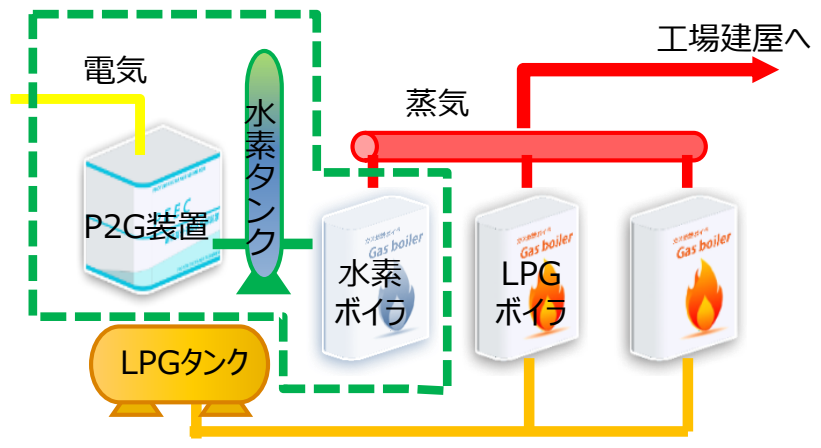
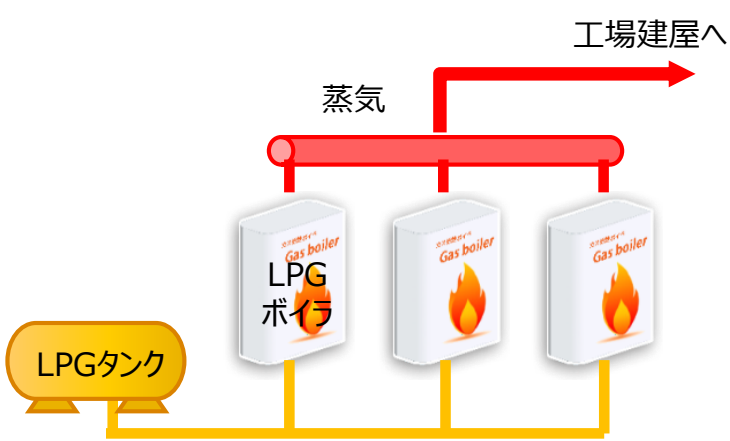
- 産業用蒸気ボイラの主流となる小型貫流ボイラーの多缶設置システムを想定して、ボイラ単体効率向上と、ターンダウンレシオの拡大により実運転効率を高め、水素から熱への変換効率の高い蒸気システムを開発して実証する。

従来（LPG）モデル

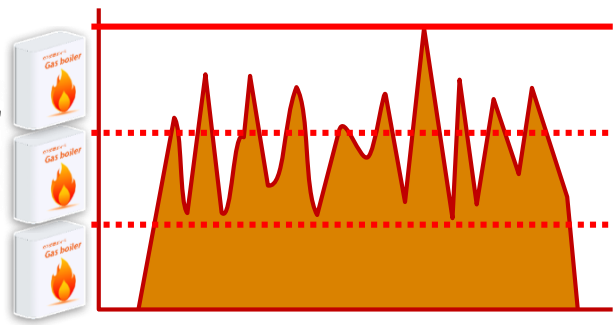
ベース運転モデル

ターンダウンモデル

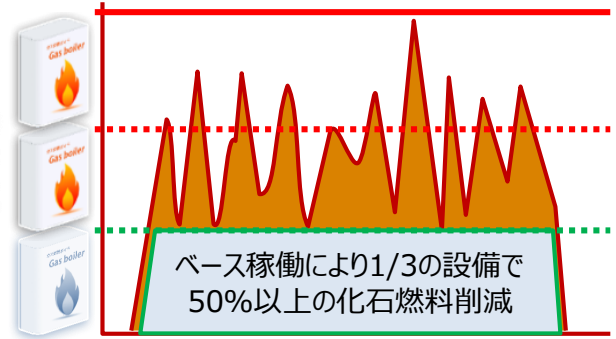
システム構成



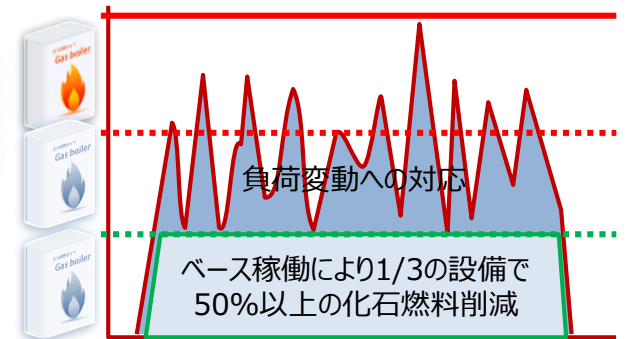
運用
熱需要



熱需要



熱需要



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。

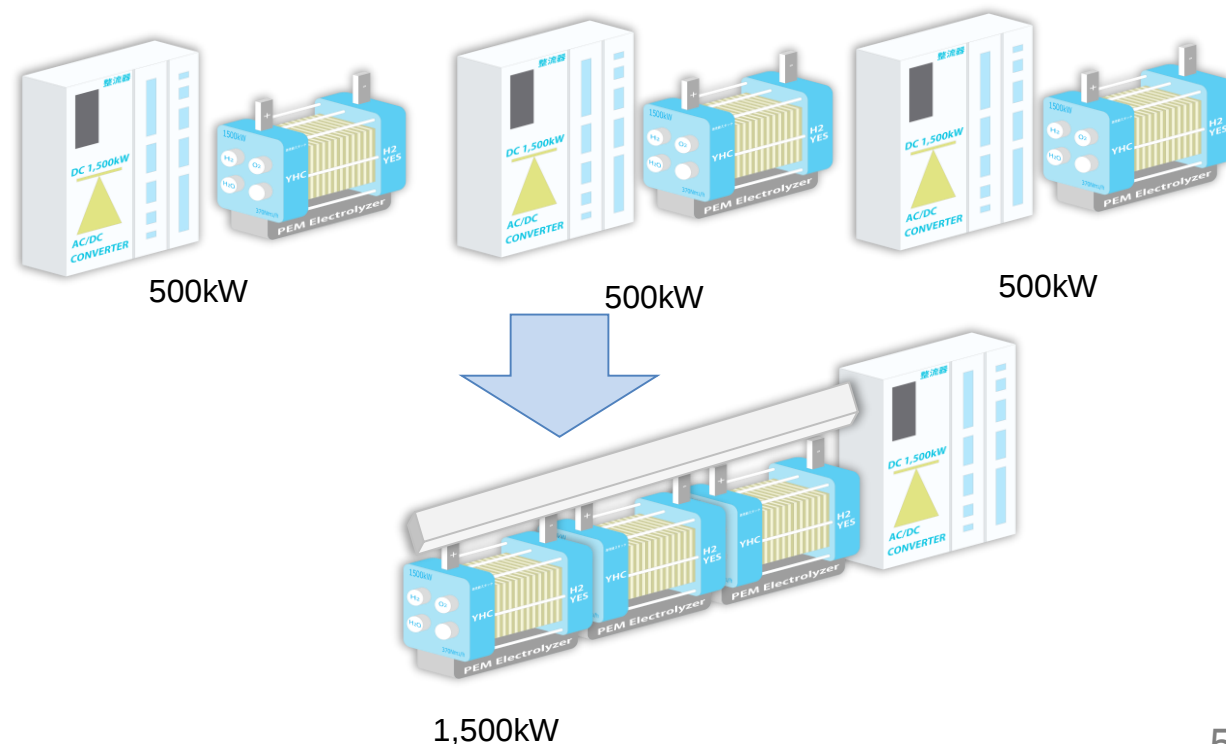
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

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。



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

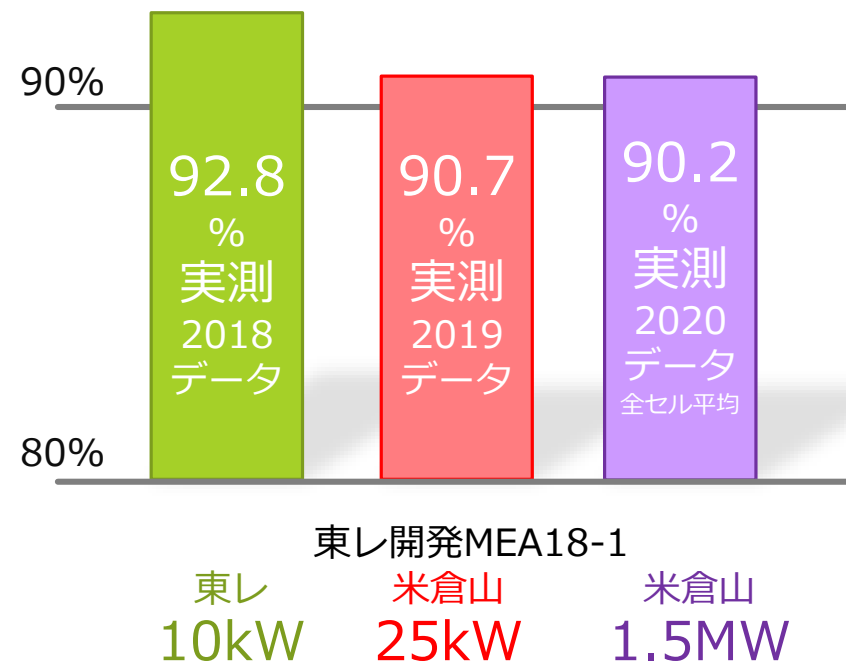
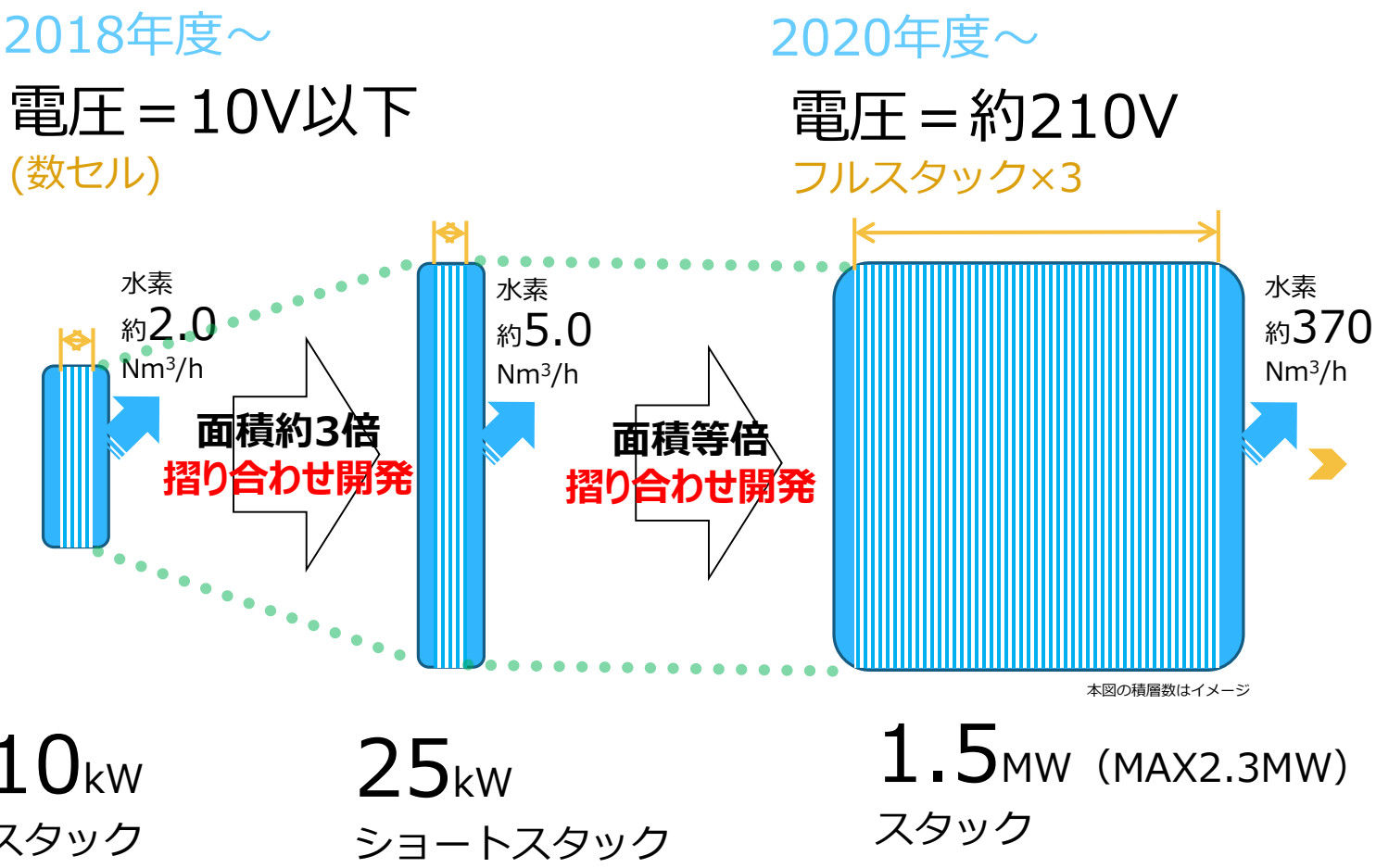


大型スタック
500kW(Max750kW)

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。



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



○現在のP2Gプロジェクト



- ✓ 「運ぶ」から「工場で作る」への転換
- ✓ 地域の再エネを送配電網から大きく吸収

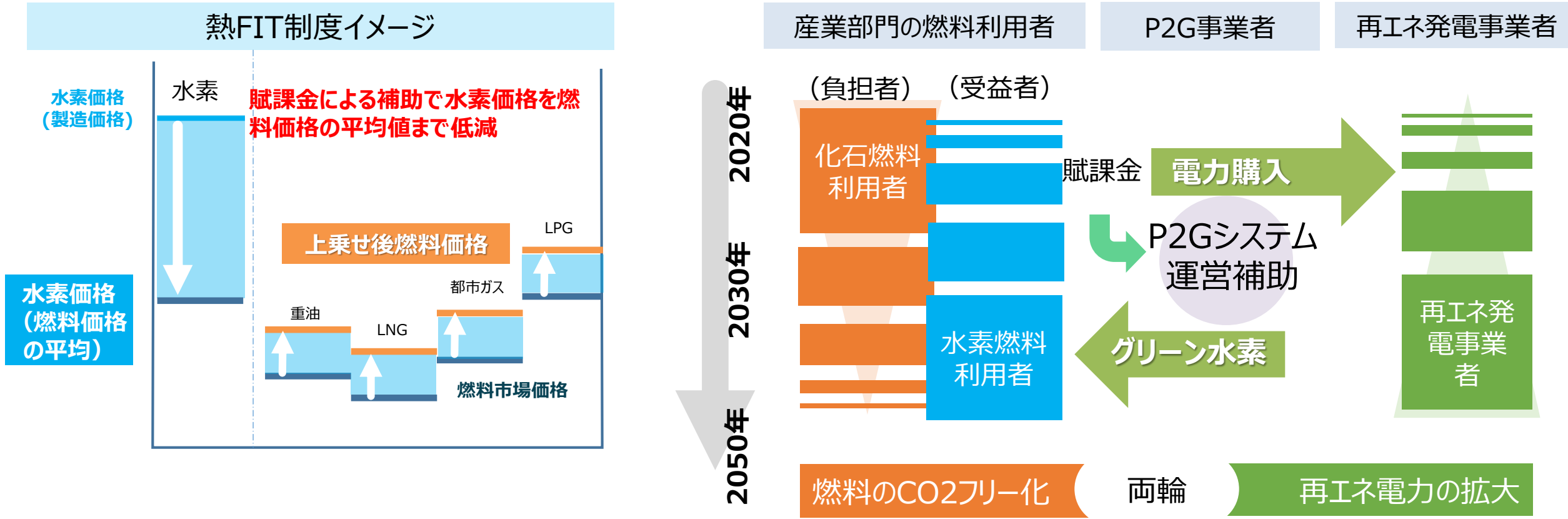
○基金事業P2Gプロジェクト



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. 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

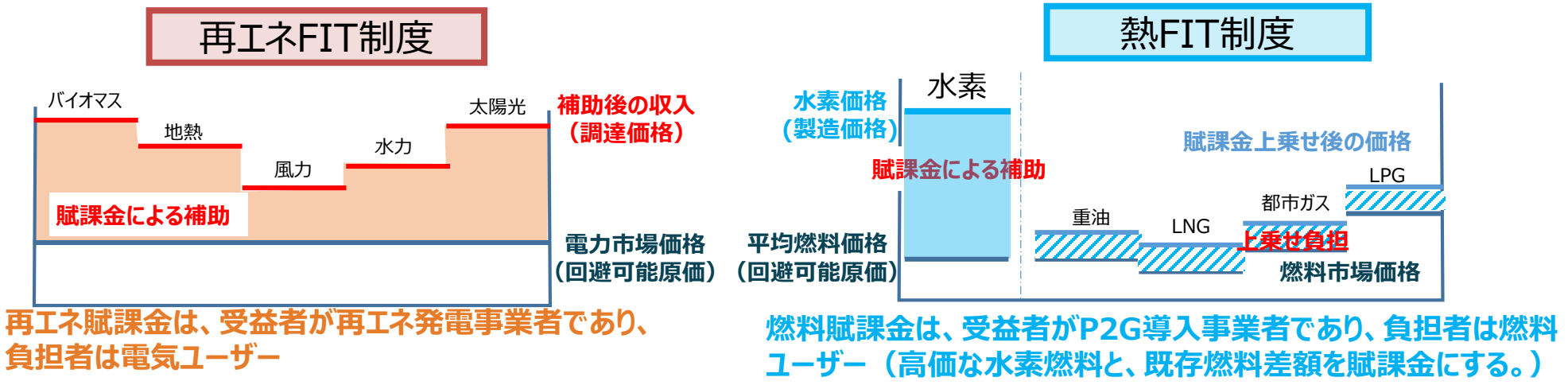


2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

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

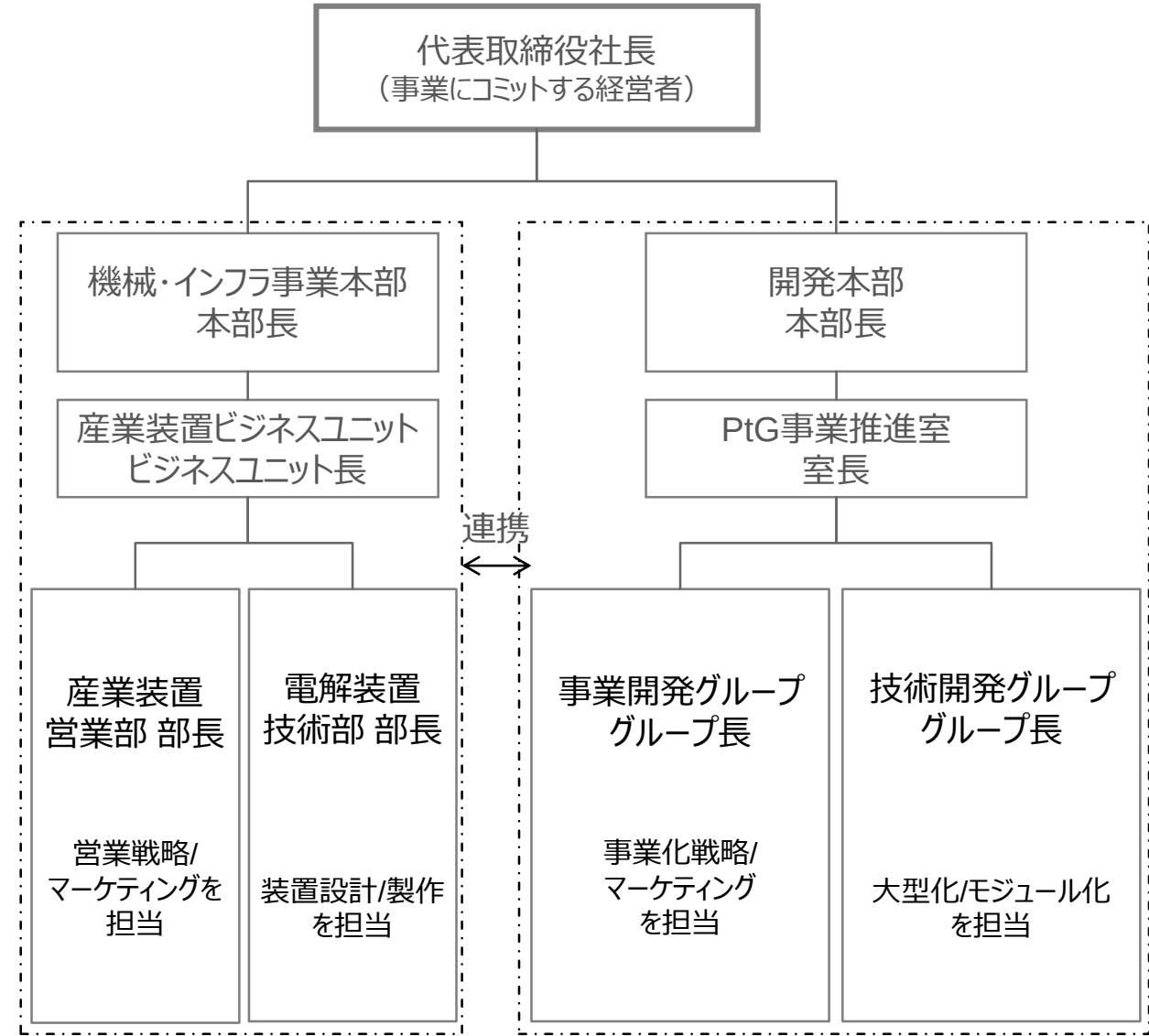
	原料	製造	輸送	製造	需要家	省エネ法の評価
グリーン水素	再エネ	—	送配電網	電気 → 水電解	工場事業所	✗ 消費電力がすべて火力発電とみなされてしまう
グレー・ブルー水素	化石等	改質・副生	トラック 水素配管	水素 → —	工場事業所	○

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

組織内体制図



組織内の役割分担

- 1) 研究開発責任者と担当部署
- 研究開発責任者：PtG事業推進室 技術開発グループグループ長
 - 担当チーム
 - PtG事業推進室 技術開発グループ：大型化/モジュール化開発を担当（併任7人規模）
 - PtG事業推進室 事業開発グループ：事業化戦略/マーケティングを担当（併任3人規模）
 - 産業装置営業部：営業戦略/マーケティングを担当（併任4人規模）
 - 電解装置技術部：装置設計/製作を担当（併任5人規模）
 - チームリーダー
 - 吉田：MW級水電解装置の開発等の実績
- 2) 部門間の連携方法
- PtG事業推進室の各開発グループでは週1回のグループミーティングに加えて各自提出する週報による技術情報の共有、PtG事業推進室単位では月1回の業務連絡会による情報共有を実施。
 - PtG事業推進室と産業装置営業部、電解装置技術部の部門間で進捗共有を目的とした月1回の定期連絡会を開催。

3. イノベーション推進体制／（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

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 事業方針の社内外への発信
長期ビジョンおよび中期経営計画の策定に限らず、経営環境に伴う最適な事業構造への変更については、組織内体制変更を適宜実施し、社内外ホームページにて発信している。また、2021年4月1日のPtG事業推進室の新設についても、Power to Gasの事業化を加速する目的を明記して公表している。
 - ステークホルダーへの発信
中期経営計画説明会や決算説明会において経営者より新技術への取り組みを報告しており、本年度もPower to Gas事業に関して報告した。
 - リスクへの対応
経営層は本事業に関連して問題が発生した場合、もしくはリスクが予想される場合は、直ちに業務担当者と協議の上、関係する役職員に対し問題点の是正を支持する体制を確保している。また、問題点粗指摘しやすい企業風土の醸成に努めている。
- 事業のモニタリング・管理
 - 事業進捗の経営層への報告と指示
1ヶ月に2時間程度、開発本部長も参加する連絡会を開催し、本事業の進捗を報告して事業の進め方や内容について指示を受ける体制を構築する。また、経営戦略会議においても、定期的に経営層全体への事業報告と指示を受ける体制を構築する。
 - 事業進捗に対する社内外からの意見収集
本事業を構成する各社との事業進捗を定期的に意見交換するとともに、社内だけでなく学会等においての事業進捗発表を適宜実施する。
 - PtG事業の事業戦略フォロー
PtG事業に関する事業戦略は産業装置ビジネスユニットにおける電解事業として設定されている。各年度の受注件数等をKPIとして定例年2回のフォロー等で事業化状況を判断しているが、2030年100億円規模の事業とすべく、見直しも行う。

経営者等の評価および報酬への反映

- 経営者等の評価および報酬
取締役（社外取締役を除く）の報酬は、定額報酬と業績連動型賞与で構成され定額報酬は役位別に設定している。業績連動型賞与は各事業年度の業績を反映したものであり、その指標は取締役の業績向上に対する貢献意欲を一層高めるため、各事業年度における親会社株主に帰属する当期純利益としている。企業経営の結果、当期純利益に影響がある場合には、その額に応じて報酬に反映されることとなる。
さらに、経営者は一定以上の自社株を保有しており、事業の進捗状況により株価変動による評価を受けることとなる。

事業の継続性確保の取組

- 経営層における事業継続
当社はコーポレート・ガバナンス体制に基づいて経営および業務を遂行しており、経営戦略会議にて審議・決議された本事業について定期的なレビューを行うことにより、経営層が交代となった場合にも、新たな経営層における事業継続性を確保している。

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

取締役会、経営戦略会議での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社方針
 - Hitz 2030 Vision
2020年5月26日に、「グリーンなエネルギー」、「グリーンな水」、「環境保全、災害に強く豊かな街づくり」を柱とした全体事業方針に基づき、Power to Gas事業を含むカーボンニュートラルに資する2030年までの全社目標および戦略を決定し、公表した。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 技術・研究開発に関する基本方針
2050年カーボンニュートラル実現を含む技術・研究開発に関する基本方針および全社研究開発予算および計画について、「経営戦略会議」の事前決議後、「取締役会」の決議を経る体制を構築している。
 - 重要な研究開発のフォロー
重要な研究開発および新製品・新事業について、「経営戦略会議」、「開発フォロー会議」にて報告および議論を経て、事業環境の変化等に応じた見直しについてフォローする体制を構築している。
 - 取締役会、経営戦略会議における決定事項の通知
技術・研究開発に関する「取締役会」および「経営戦略会議」の決定事項について、事務局より社内関係部署に通知および徹底する体制を構築している。
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - 事業戦略および計画において、開発ロードマップ、マイルストーンやステージゲートを設定した開発スケジュール、特許戦略など研究開発を重点として作成した開発計画書を基に年に数回の進捗フォローおよび審議する取り組みを構築している。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 決算説明会などを通じた開示
中期決算説明会の中で、適宜新技術について説明しおり、21年3月期の決算説明会（21年5月実施）では、風力発電・Power to Gas・全固体電池について社長から説明を行った。
さらに、その内容を幅広く認知いただくために、日本語・英語の両方でオンデマンド配信を行っている。
 - 中期経営計画・統合報告書などのホームページでの開示
当社の事業とSDGsの方向性の一致や、経営戦略、新製品・新事業創出の重要性について、中期経営計画や統合報告書を通じて発信している。
統合報告書には、19年度、20年度と、常務取締役開発本部長のメッセージの中で、当社における技術イノベーションの重要性や取り組み状況について掲載している。
また、21年3月にTCFDへ賛同を表明し、今年度は主要事業を中心にシナリオ分析を実施して、ステークホルダーに開示するとともに、経営戦略・判断に活用していく予定である。
- ステークホルダーへの説明
 - 投資家向けスモールミーティング
上述の決算説明会での開示に加えて、21年3月には機関投資家向けのスモールミーティングを実施し、担当役員からPtG事業の実績と戦略について説明を行った。

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

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 開発体制等の見直し
事業進捗や事業環境の変化に応じて開発体制の見直し、追加的なリソース投入が必要な場合、PtG事業推進室長が人事部と連携してグループの新設あるいは改変などが可能な体制を構築している。
 - 社外との連携
本事業においても最適な社外連携による研究開発体制を構築しており、今後も不足するリソースを社内外問わず、臨機応変に活用する。
 - 早期の事業化
研究開発の進捗に伴い、機器および設備の実用化に向けて協力頂ける社外と連携し、プロトタイプを活用含め早期の事業化に必要な対応を行った実績があり、本事業においても必要に応じて適宜対応する。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 人材
2020年5月に公表した「Hitz 2030 Vision」、グリーンイノベーション基金への取り組みに向けて、2021年4月に機械事業本部産業装置ビジネスユニットの地球環境ビジネス開発推進室より9名、その他の部署より5名、新たに1名をPtG事業推進室に確保した。
 - 設備・土地の活用
2021年4月に機械事業本部産業装置ビジネスユニットの地球環境ビジネス開発推進室で保有していた機器および設備について、当社の開発本部がある築港工場内のPtG事業推進室に移設した。
 - 社内開発テーマ等の設定
社内開発テーマを設定して、国費負担に加え13億円/5年の資金を投入し、実験・解析等により、技術課題の解決を図る。
 - 資金投入の継続性
本事業にて計画する資源は原則、継続して投入する。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - PtG事業推進室の新設
2020年5月に公表した「Hitz 2030 Vision」、グリーンイノベーション基金への取り組みに向けて、2021年4月に機械事業本部産業装置ビジネスユニットの地球環境ビジネス開発推進室を統合し、Power to Gasの事業化を加速するために、開発本部内にPtG事業推進室を設置し、本事業に取り組む。
 - 事業環境変化への対応
企画管理本部内に経営企画部および営業企画部、開発本部内に戦略企画部を設置し、経営・営業・開発の相互連携により、事業環境変化に対して逐次情報を交換する体制を構築している。なお、PtG事業推進室の業務状況に関して、戦略企画部も含めた連絡会において、ビジネスモデルも含めた検証を行っている。
- 若手人材の育成
 - 社内での育成
社内公募制度等によるPtG事業推進室の人員拡充を図りつつ、OJTを中心に当該分野人材の育成を促進する。また当該分野に係る海外子会社との連携も密にして、グローバル人材への成長も図る。
 - 社外との連携による育成
PtG分野の研究機関や大学との共同研究および学会発表などを通じて対外的な関係の中でも成長を図る。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

安全の維持等でリスク対策が十分に出来ない事態に陥った場合は事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 開発進捗の遅れに関するリスク
→電解セルの耐久性、効率の両面でマイルストーンを定め、実証試験に採用する電解槽セル構造をステージゲート時に判断。
- 実証試験中の装置故障に関するリスク
→1年間の実証試験での故障等、不稼働な事態発生に備えた予備部材保有をステージゲート時に判断し、必要数を準備。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 装置の安全性を確保出来ない場合
→装置運用上の安全維持が明確に実証出来ない場合、解決まで開発製品の販売は見合わせ。
- 再エネ電力調達に関するリスク
→国内の再エネ電力調達の価格が下がらない場合、海外からの水素、脱炭素燃料の輸入サプライチェーン構築への関与に注力。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 大規模地震によるリスク
→装置に地震計を設置し、地震検知後の安全停止モード、機構を導入。
- 落雷等による停電リスク
→装置停電時に安全停止ができるように予備の制御用電源を用意。
- 電解セルおよび配管の凍結リスク
→低温時に自動で作動する凍結防止運転モードを装置に具備するとともに、停電時の凍結防止用ヒーターを備える。



- 事業中止の判断基準：
 - ・ PEM形水電解装置の連結式モジュール化開発において、安全維持に不可欠な仕様を満たすことができない課題が生じた場合。
 - ・ 急激なインフレ等により、実証事業で開発する装置に不可欠な部材および資金の調達ができなくなった場合。