

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 : 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)
代表名 東京電力ホールディングス(株) 代表執行役社長 小早川 智明

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

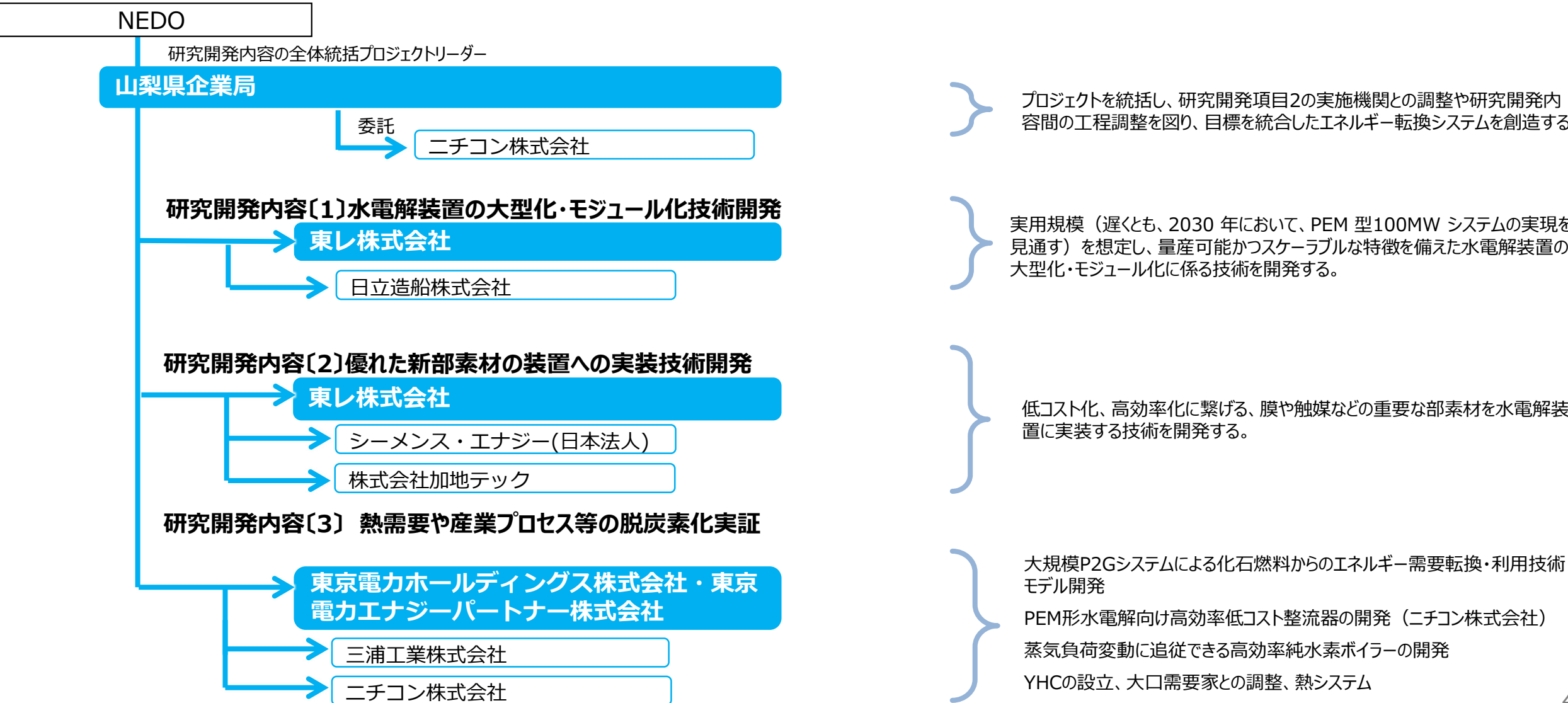
研究開発内容〔2〕 優れた新材の装置への実装技術開発

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

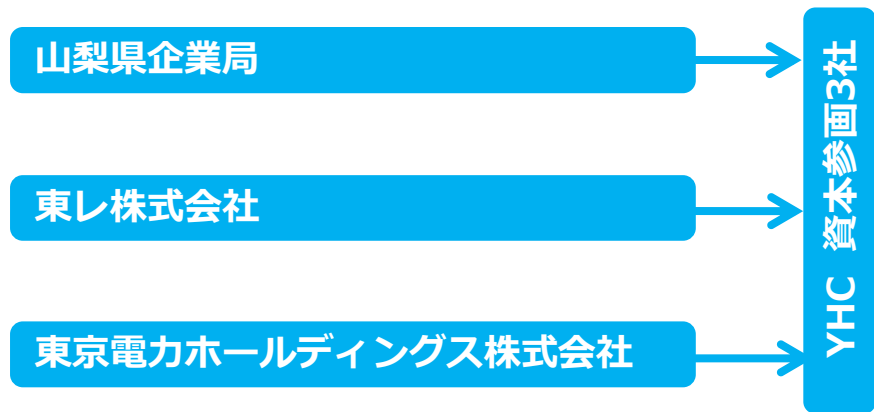
【研究開発項目】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証



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

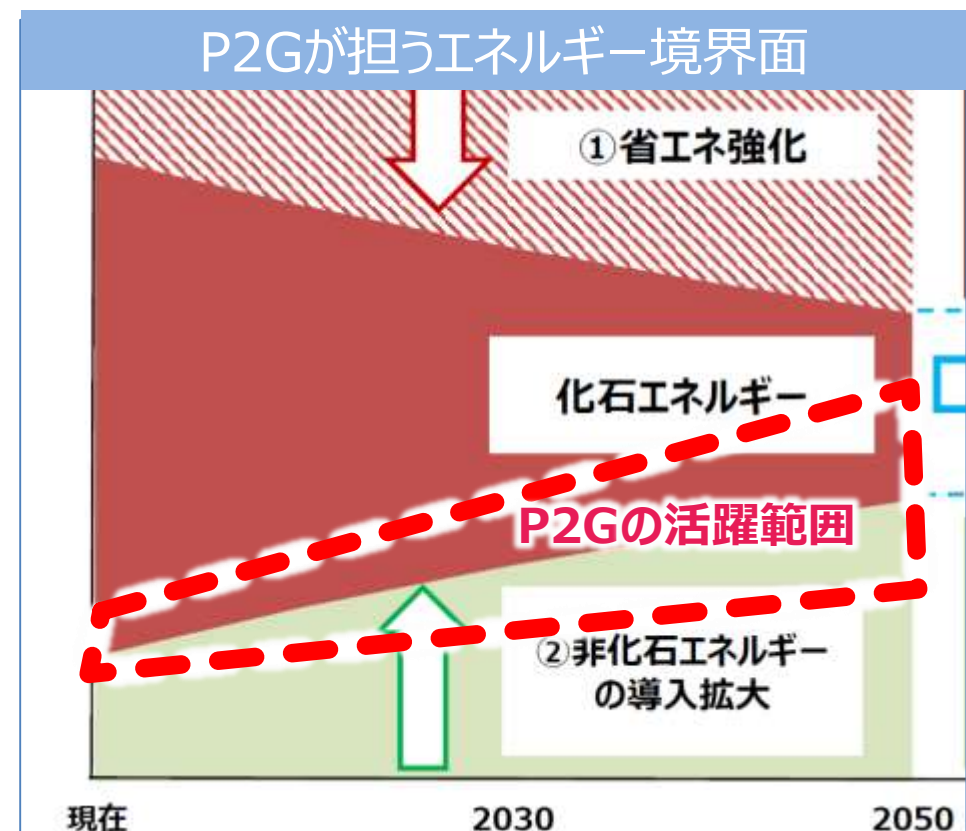
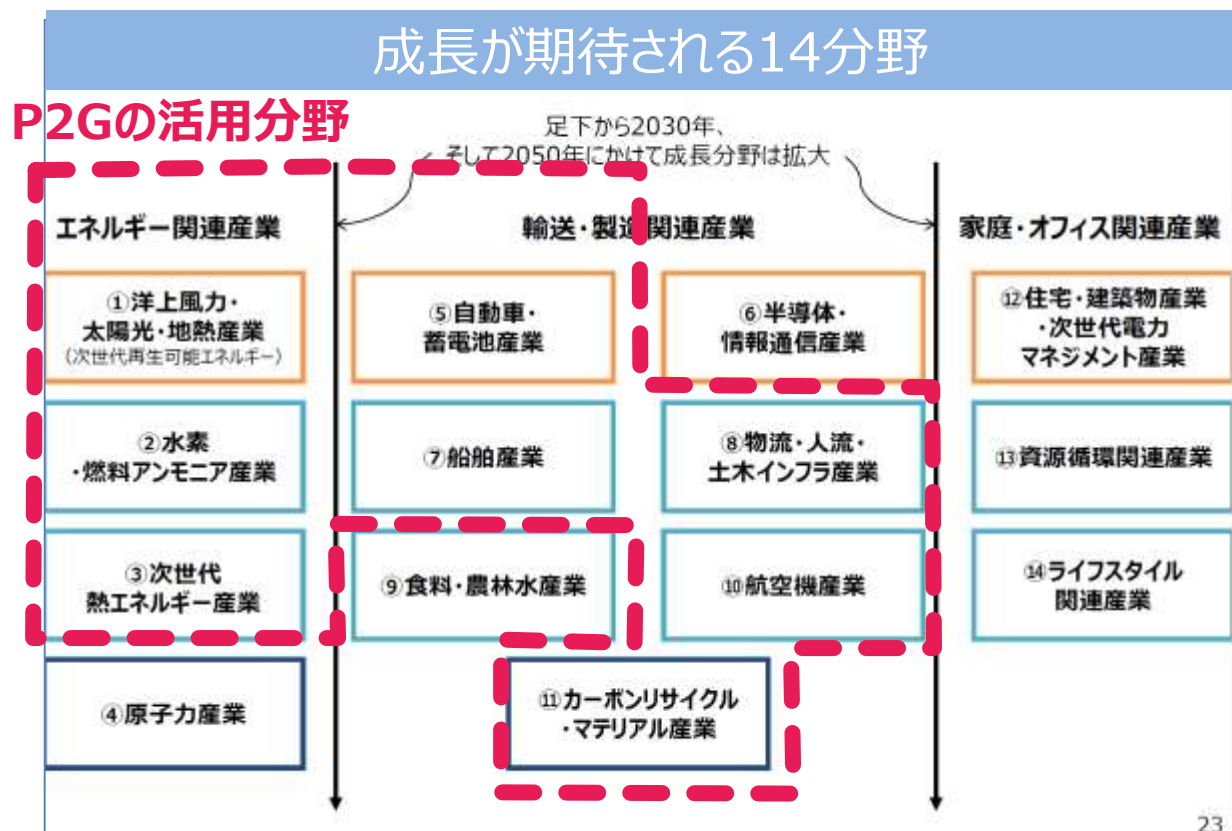
主要3社（山梨県・東京電力グループ・東レ）は我が国初のP2G事業会社である株式会社やまなしハイドロジェンカンパニー「YHC」(仮)を2021年度中に設立しプロジェクトの中核として活動することを予定している。
（2021年4月15日に山梨県知事、東京電力ホールディングス(株)、東レ(株)による協定締結済み）
年度内の設立後、コンソに参画予定（主要3社の事業を継承） 予定



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)

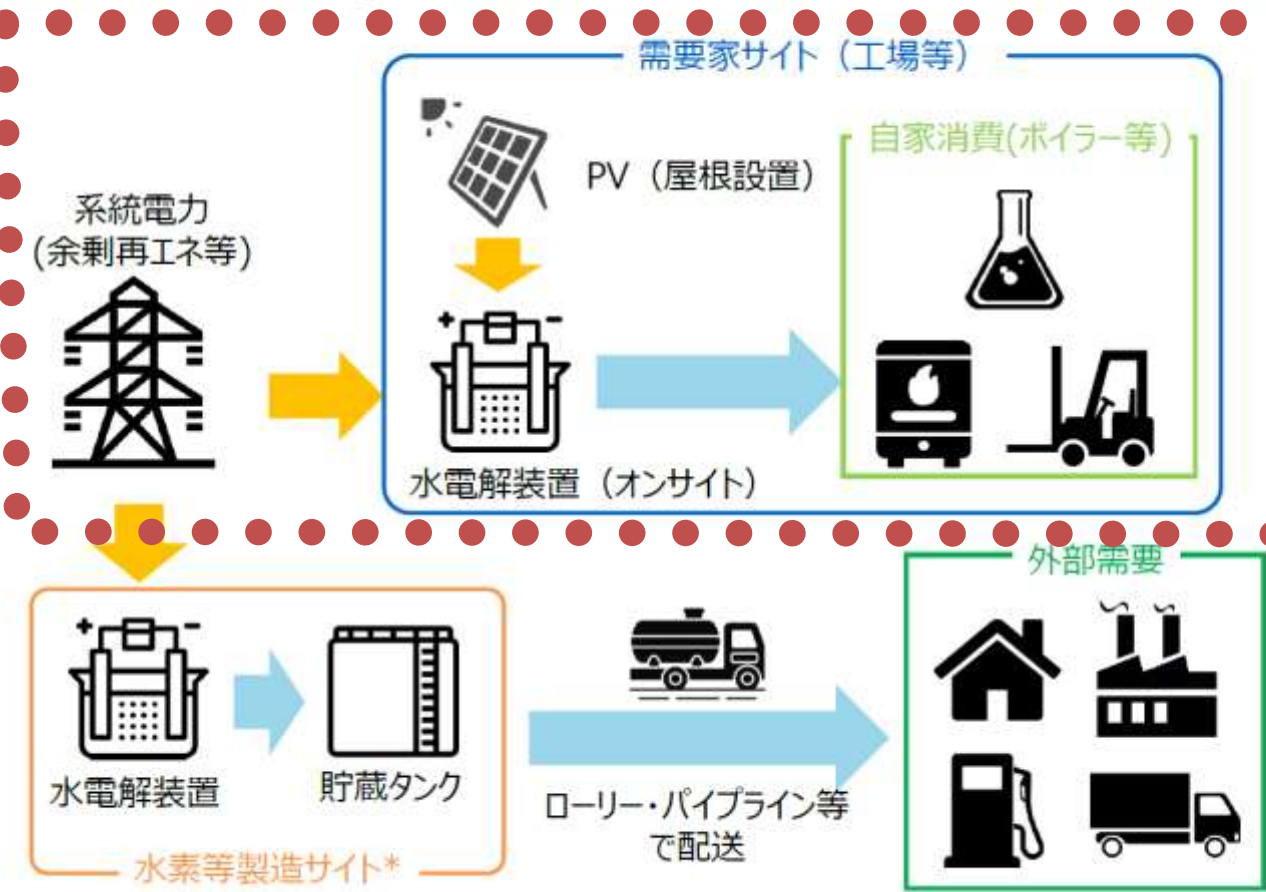
- ✓ P2Gシステムは、グリーン成長戦略において期待される成長分野のうち8つに関連
- ✓ 化石エネルギーの削減と非化石エネルギーの導入拡大の境界部分を担い、CN達成に必須の技術



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」

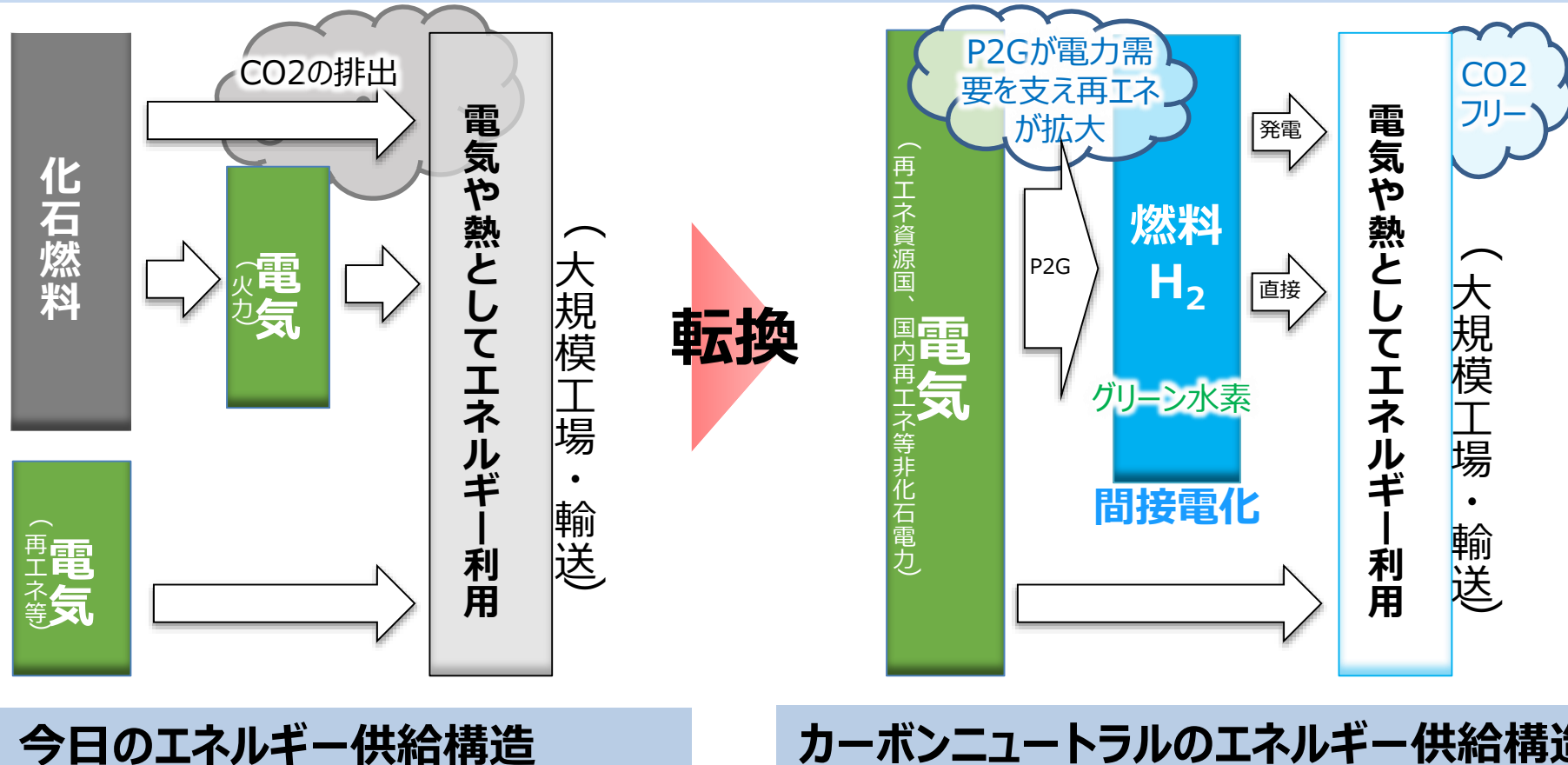
社会実装モデル例②（水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用）



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

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290千円/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290千円/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におけるグリーン水素サプライチェーン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をモデルケースとし、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におけるグリーン水素サプライチェーンモデルを確立	◆ 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

東京電力ホールディングス株式会社・
東京電力エネジーパートナー株式会社

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タクソノ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。

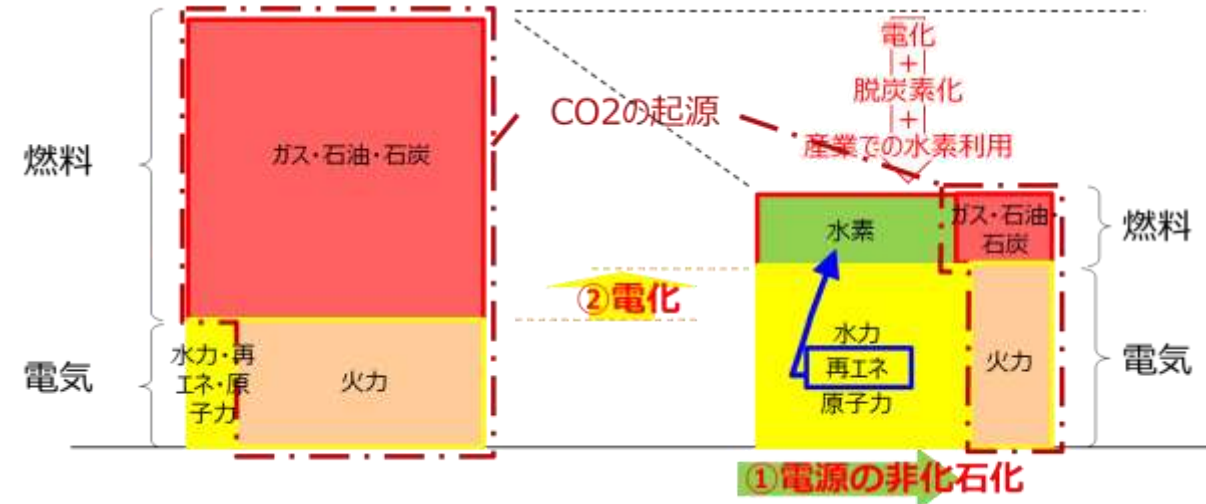
（技術面）

- 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：

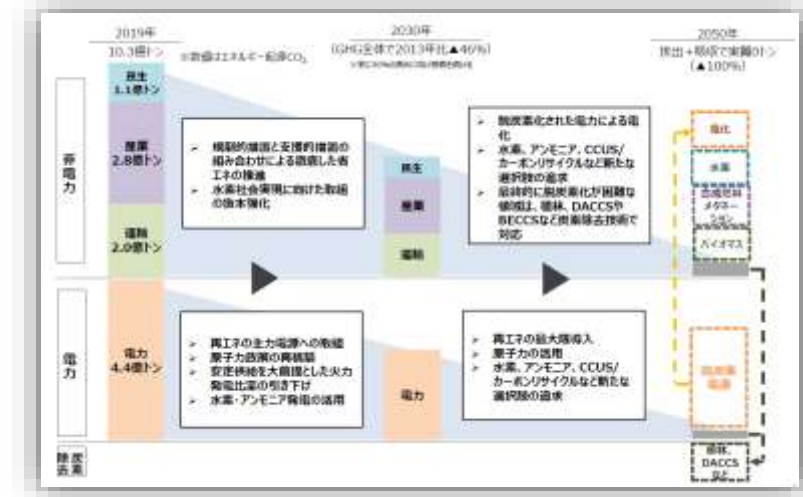
- ✓ 電化の推進による社会基盤構築へ向かうメインストリームの中で、熱分野のCO₂削減に解決策を提供
- ✓ 水素は危険物であるため、社会システムに取り込む場合は安全性の確保が最優先。ただし、安全性の確保はコスト増加要因でもあるため、危険性の少ない各界各層・各技術領域での活用モデルを作り、国民・社会へのリスクとコスト負担を減らす対策も必要



● 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



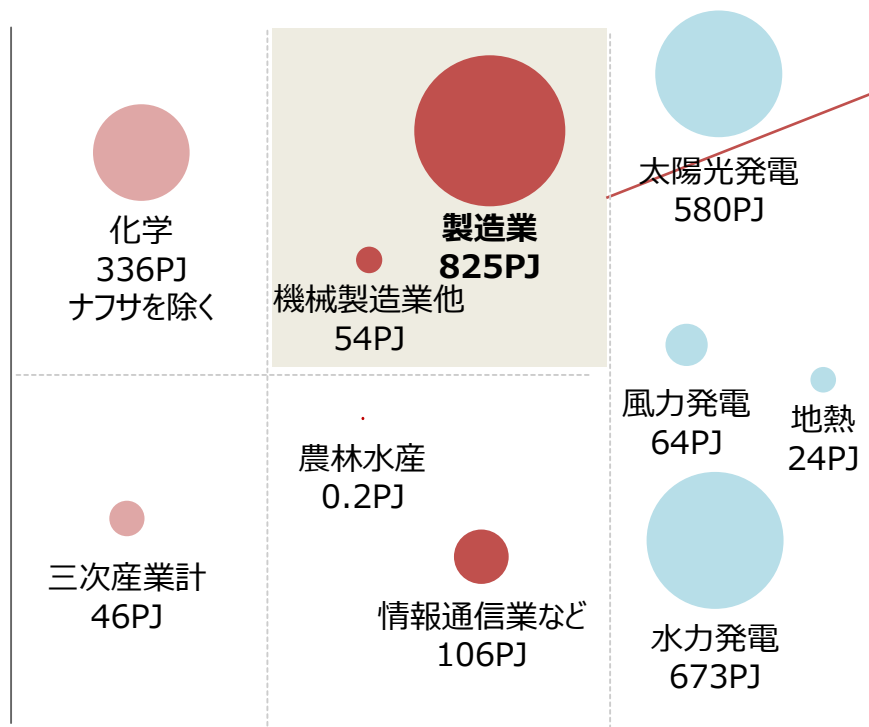
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

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



燃料の直接利用
非エネルギー

燃料の直接利用
★蒸気

参考
再生エネルギー

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
- 省エネ法の指定管理工場が概ねの対象。省エネ法の第一種エネルギー指定工場は全国で約5000事業所がある。
- 仮に2030年に水電解装置を1GWの導入動静を見込む場合、約300軒（1軒当たり平均3MWと想定）の工場で検討を行う必要があり、このうち関東エリアでは全国の需要の1／3程度であるために、100軒以上の工場で検討が見込まれる

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生エネルギーに連動して拡大(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 - 主要コストのスト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

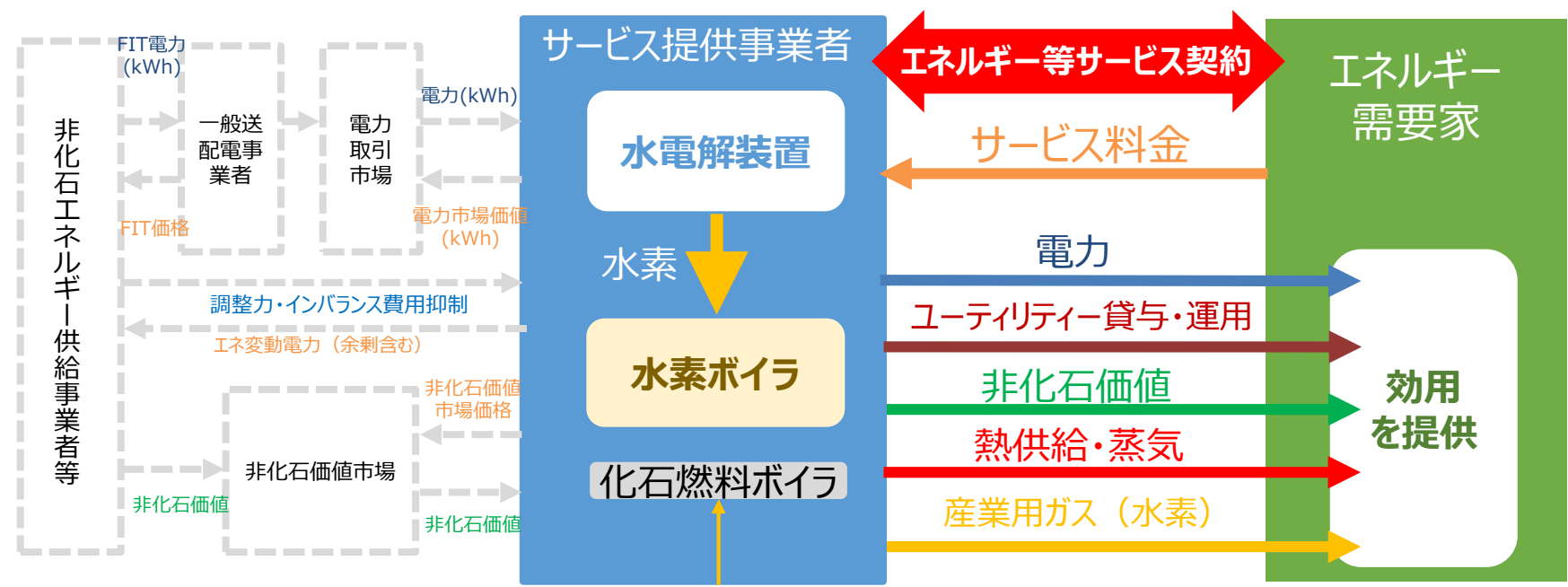
P2G技術を用いて、カーボンフリーの熱（蒸気サービス）を提供する事業を創出/拡大

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のためパッケージ型で提供

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・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

- 共同提案者は製造メーカーからエネルギー供給企業に加えて自治体の企業局とサプライチェーン全体をカバーしており、導入候補である工場に対してPower to Gasシステムをターンキーで提供できること

自社の強み

- 技術力
 - 電気事業を実施しており、水電解に必要な電力供給が可能。また、エネルギーサービスとして需要家のエネルギー設備の運用等も実施しており、供給から需要までのサプライチェーンでの対応ができること。
- 実施体制
 - エネルギー供給事業社である東京電力グループに加え、実証フィールドを提供する山梨県庁、世界最高水準のMEA膜技術保有する東レを中心に、MEA膜を実装する水電解メーカーの日立造船とシーメンスエナジー2社と水素ボイラートップの三浦工業によるアライアンスであり、エネルギー調達から機器製造・サービス提供までをすべて共同提案者だけで可能

自社の弱み及び対応

- アライアンスであるため、事業の主体的実施体制が弱み。公営企業の山梨県は、県外・海外での活動に限界あり
- 対策として共同事業体（YHC）の設立を検討中

他の実証チームに対する比較優位性

水素を利用する需要がほぼ無い現状では、水素を供給するだけでは事業化が困難。エネルギー供給から水素を使う需要の創出までサプライチェーンを構築することが必要であり、エネルギー会社として需給一体並びに運用を行う体制が整っており、水素を需要家に代って長期にわたり維持管理・適正な運営が出来ること。

東電HD
東電EP

技術

- 発電技術や需要家へのエネルギーサービス技術を保有

サプライチェーン

- 発電から需要までの電力のサプライチェーンに精通

その他経営資源

- グループに送配電設備を保有する送配電会社がある

競合
チームの
状況

- エネルギーインフラについてはエネルギー会社とのアライアンスなどで不足している技術を補完する必要がある。

- 売切りモデルが多いため、運用面での対応が課題

- 電源の開発が必要。さもなくば、他社からの電力調達が必要

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

YHCは5年間の研究開発の後、2026年頃の事業化、カーボンプライシングなどのサポートを受けて自立する

- 投資計画
- ✓ 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

研究開発

→

▼ 事業化

投資回収(連続的に成長するため、投資が継続し具体的な投資回収年を算定できないため2050年を置く)

	20年度	21年度 YHC	...	25年度 YHC	...	26年度 YHC	...	30年度 YHC	30年度 まで合計	50年度 YHC	計画の考え方・取組スケジュール等
売上高	-	-	...	-	...	20億円	...	114億円	327億円	4,357億円	・26年には、まずは国内市場での導入を図り、30年度には560MW程度、その後2050において15GWの導入を想定
研究開発費	-	0.5	...	0.4	...	-	...	-	-	-	・研究開発費は事業化後に回収
取組の段階	会社準備	設立	...	実証完了	...	事業化	...	耐久完了		-	
CO ₂ 削減効果	-	-	...	-	...	50kトン		285kトン	821kトン	16,000 kトン	・省エネ法重油換算(69g/MJ)での計算

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

事業の自立に必要なとなる諸制度

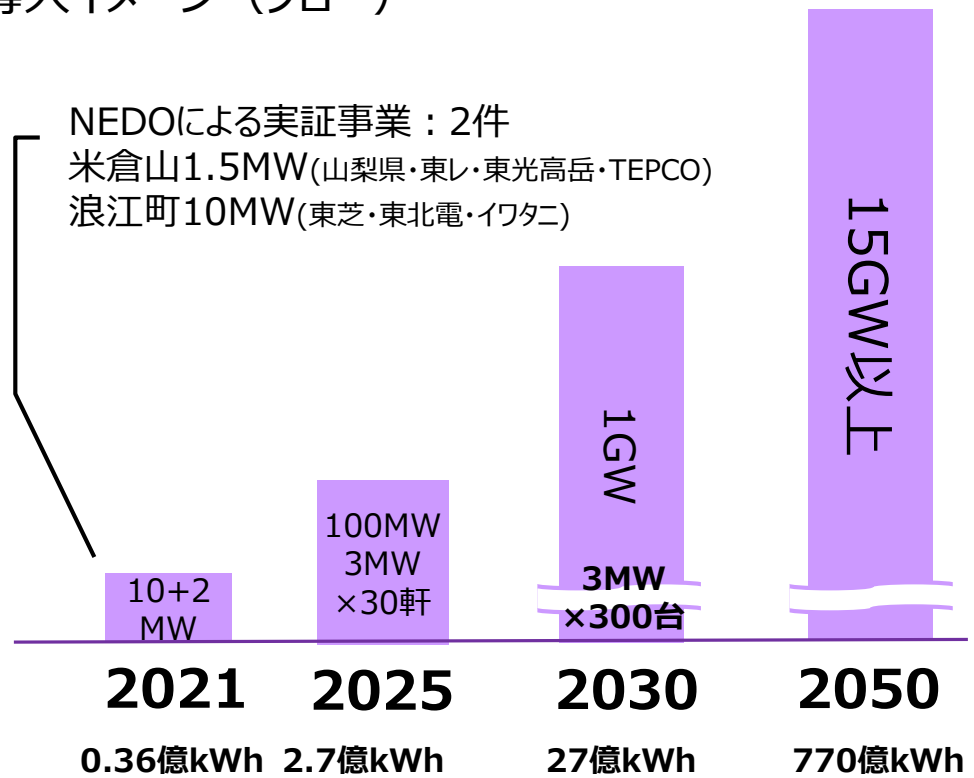
補助制度の他に必要と思われる導入推進策

- ✓ E S G 関連の投資呼び込み
 - ✓ TCFD
 - ✓ 日本版タクソミー
 - ✓ グリーンファンド
- ✓ 熱エネルギーの証書化
 - ✓ サーティファイなど先行するグリーン水素の定義の明確化
 - ✓ トラッキングや自己託送を適用した個別CO2原単位の導入
 - ✓ カーボンフットプリントによる取引制限
- ✓ エネルギー市場の活用
 - ✓ 環境価値市場
 - ✓ 容量市場
 - ✓ 需給調整市場
 - ✓ 地産地消を促進する託送制度
- ✓ 熱FIT（エネルギー転換を進める熱エネルギー共助制度）
 - ✓ 熱エネルギー版のFIT制度の創設、カーボンプライシング
 - ✓ 再エネ電気を利用する場合は賦課金減免

間接電化の対象と市場規模

- P2Gシステムは設備容量が少なくても1MW(1000kW)以上と規模が大きいいため、中堅工場以上が対象。省エネ法の第一種エネルギー管理指定工場（製造業のみ）を対象と想定。全国で約4900軒（全国）。
- 黎明期は工場の一部のボイラが水素ボイラ化する水素・従来燃料のハイブリッドモデルが中心と想定。
- 規模はボイラ管理者不要の蒸発量1～2 t/hボイラ1台に相当する3 MW級の水電解装置をモデルケースとして考える。
- 黎明期の市場ポテンシャルは約15GW = 4900軒（一種の工場軒数）×3MW（1台相当）。設備稼働率を60%とした場合、電力需要は約770億kWh（約0.16億kWh/年×4900軒）

○導入イメージ（フロー）



○省エネ法第1種エネルギー指定工場(全国)

	軒数
9 食料品製造業	535
16 化学工業	696
31 輸送用機械器具製造業	531
18 プラスチック製品製造業（別掲を除く）	267
28 電子部品・デバイス・電子回路製造業	321
21 窯業・土石製品製造業	307
22 鉄鋼業	310
24 金属製品製造業	199
14 パルプ・紙・紙加工品製造業	233
23 非鉄金属製造業	187
29 電気機械器具製造業	167
10 飲料・たばこ・飼料製造業	158
11 繊維工業	132
15 印刷・同関連業	84
33 電気業	189
25 はん用機械器具製造業	101
26 生産用機械器具製造業	93
19 ゴム製品製造業	76
17 石油製品・石炭製品製造業	43
35 熱供給業	81
27 業務用機械器具製造業	48
32 その他の製造業	26
5 鉱業、採石業、砂利採取業	32
12 木材・木製品製造業（家具を除く）	35
30 情報通信機械器具製造業	26
上記以外の製造部門	28
製造部門合計	4,905

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

YHC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

- YHCは、現行NEDO事業で得た知見をベースにこれをさらに向上させ、国際的な産業競争力永続的なものとするため、構成メンバーである東レが中心となり10kW水電解設備、米倉山の25kW大面積ショートスタック評価設備、500kWスタック実証設備を駆使していく。
- その中でも、500kWのスタックを3台運用できる1.5MWの実証設備では、水素の製造を通じて得られる電気的な特性を把握し、基金事業に発展させる。

- 基金事業を前に設立の準備を開始したYHCは、3つの事業を社内に持ち事業を進めていく体制を想定している。
- 新技術の利用による同業のP2G事業者に対して優位性を継続的に発揮するため、電解技術は東レ、エネルギー管理システムは米倉山での研究を重ねていくことしており、積極的にこれまでの研究資源を活用し基盤技術を高める取り組みを実施する。
- また、事業資産にも積極的に投資し、2030年には国内で需要家にサービスを提供していきたい。

- YHCのマーケティングは、実機の運営を顧客に目の当たりにしていただくことから始まる。
- 水素を導入することへの不安や音・温度・安全性・大きさを体感していただけるよう、実証サイト内はすべてオープンエリアとして見学できるよう設計している。
- また、長期に渡る利用によりメリットを得ていただくシステムのため、電化との棲み分けなど需要家メリットの最大化を武器とする。

国際競争上の優位性

- 東レ、東京電力グループ、さらに電力貯蔵技術研究サイトを全国の自治体で唯一運営し、政策を先導する山梨県のメンバーシップから生み出されるノウハウは、インテグレーションとその活用に関して国際的にも高い成果を期待できる。

- 材料メーカーが自治体の保有する研究開発アセットを通じて技術力を向上させる例はなく、通常は契約に基づいた受注関係になる。
- YHCのメジャーであり、資本の50%を有する山梨県企業局は、自身の事業リスクも共有する形で研究開発にリソースを今後も提供することで、世界に例のない研究環境を構築していく。

- P2G産業で国際競争力を得るためには、国内での市場を開拓し、システムの信頼性を得ることが重要であり、上記による経験を国際的な優位性につなげる。

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

東京電力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	- 化石燃料を直接燃焼させている需要家において非化石燃料によって熱需要が経済的に供給できるかどうか検証する。 - 再エネ発電（太陽光・風力）の変動と需要のバランス・系統の混雑状況に経済合理性を加味した統合的なEMSを構築する。	太陽光発電設備や着床・洋上風力発電設備を多数保有しており各種再生可能エネルギーの知見を有していることから、基金事業において、技術開発をすることで各種再生可能エネルギーに適したP2Gシステムの設備投資を推進する。	- 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、化石燃料を直接燃焼させている需要家への提案等を行う。 - 電力を一次エネルギーとしてとらえる時代の到来を見越し、水素を販売するのではなく、エネルギー媒体として利用し、顧客にはCO2フリー価値の提供を行うサービスとしてのビジネスを目指し、YHCを設立する。 - YHCでは、水素そのものを商品として流通および、熱としてESPサービス事業として展開していく予定。
国際競争上の優位性	世界でも電化率は20～30%程度であり、今後電化困難領域でのP2G市場は拡大が見込まれるものの、世界の各メーカーもこれから着手する領域であるため、先行してパッケージ機器が開発できると先駆者としての優位性が発揮できる	P2Gシステムを国内でパッケージすれば、海外へもターンキーで展開が可能	海外展開している発電事業のO&MにP2Gシステムを付け加えることで市場拡大が可能

国の支援に加えて、10億円規模の自己負担を予定

東京電力による資金調達方針					YHC				
	2021 年度	2022 年度	...	2025 年度	...	2030 年度	...	2036 年度	N15年度まで合計
事業全体の資金需要	0.5億円	5.6億円	...	0.4億円	...	181億円	...	1,200億円	8,700億円
うち研究開発投資	0.5億円	5.6億円	...	0.4億円	...	0億円	...	0億円	11億円
国費負担※ (委託又は補助)	0.3億円	3.7億円	...	0.3億円	...		...	-	100億円
自己負担 (A+B)	0.2億円	1.9億円	...	0.1億円	...	基金事業前半で モジュール化を成 し、後半では新 たな事業化実証 を提案し、世界 を一気にリードし ていく。	...	-	36億円
A：自己資金	0.2億円	1.9億円	...	0.1億円	...		...	-	50億円
B：外部調達	0円	0円	...	0円	...		...	-	9,171億円 タクソミーに基づく借り入 れ資金

※インセンティブが全額支払われた場合

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



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 advantages such as higher flexibility, higher operating pressure (lower need for compression), smaller footprint (relevant for coupling with offshore wind), faster response and degradation rate with load changes so they have more potential to contribute to the integration of variable renewable energy generation. PEM electrolyzers need, however, 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 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 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%

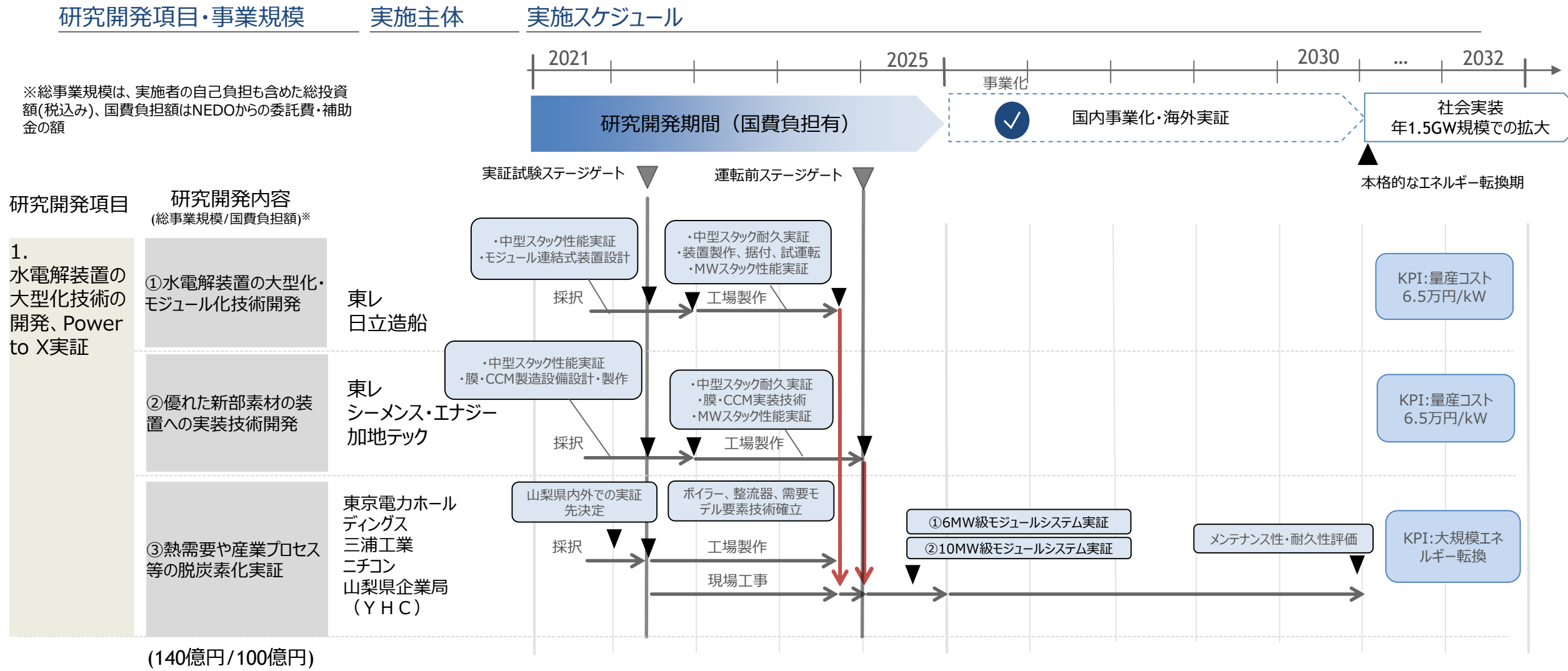
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容②

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

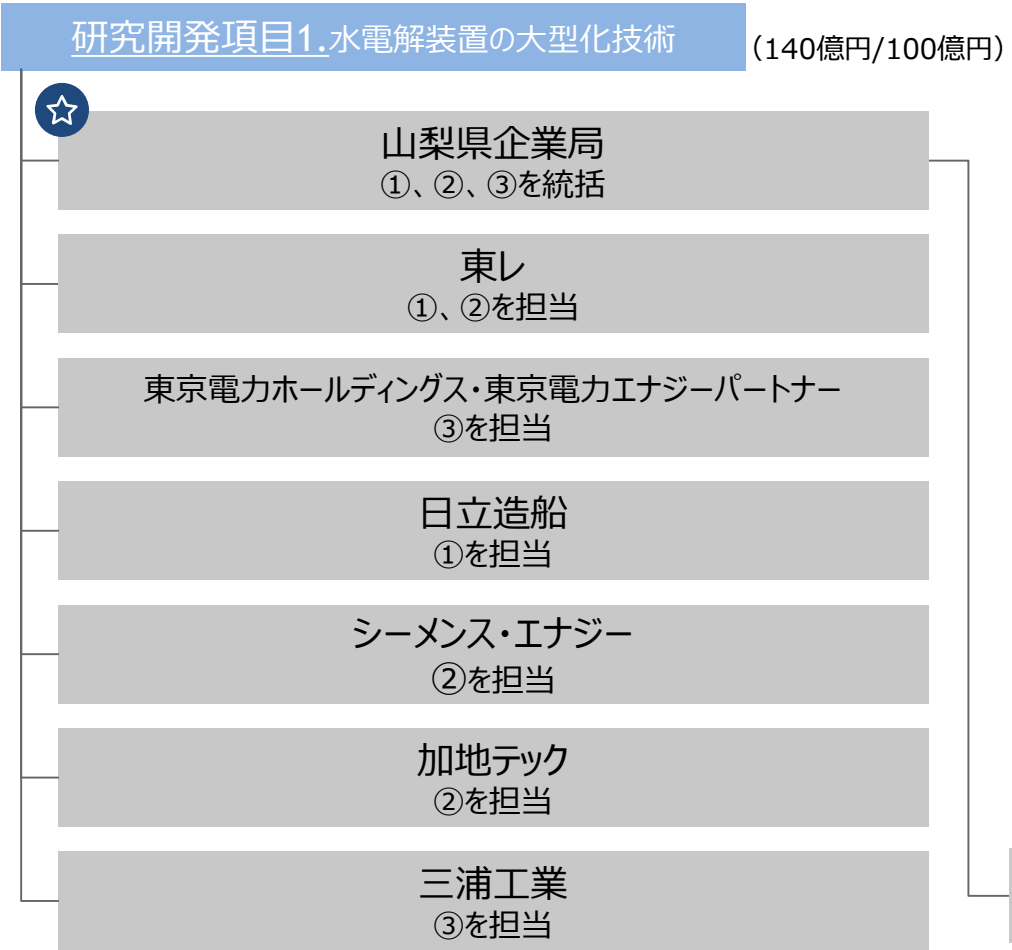
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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



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

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

委託先 ニチコン
①、③を担当

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、 $(\text{整流器の電荷量(水素量)}(\text{Ah})) / (\text{低圧交流のトータルインプット}(\text{kWh})) = 77\% \text{ 以上とする。}$
- 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		58	55	52	50
			60				
2	Capital cost	€/kg/d	8,000	2,900	2,000	1,500	1,000
		(€/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

BOP
Stack

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

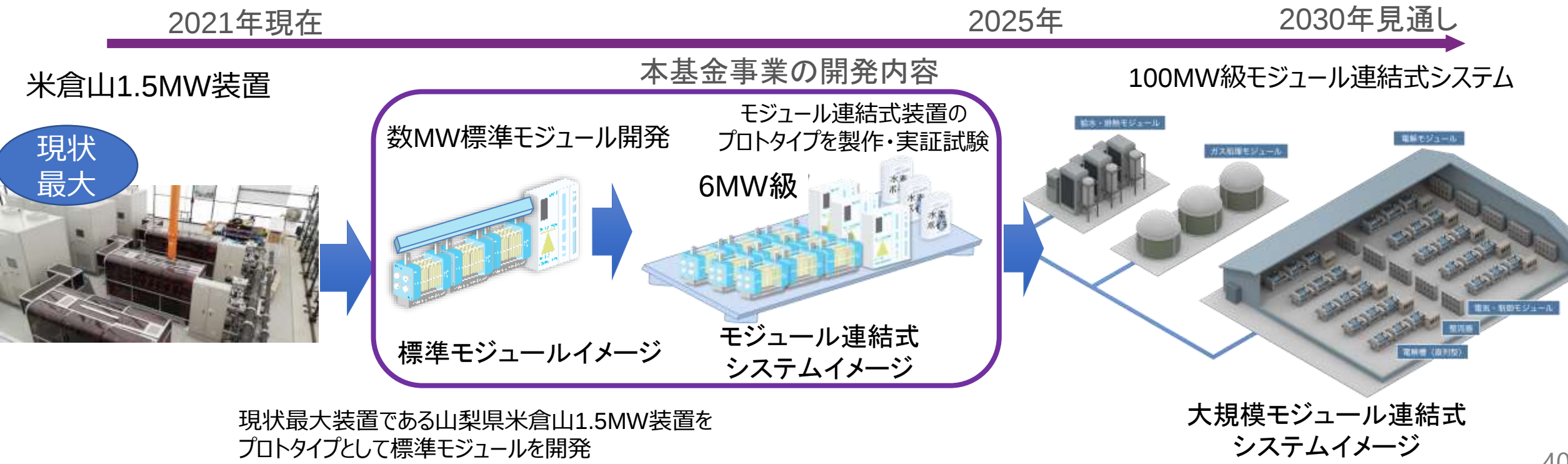
研究開発内容〔1〕 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

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。

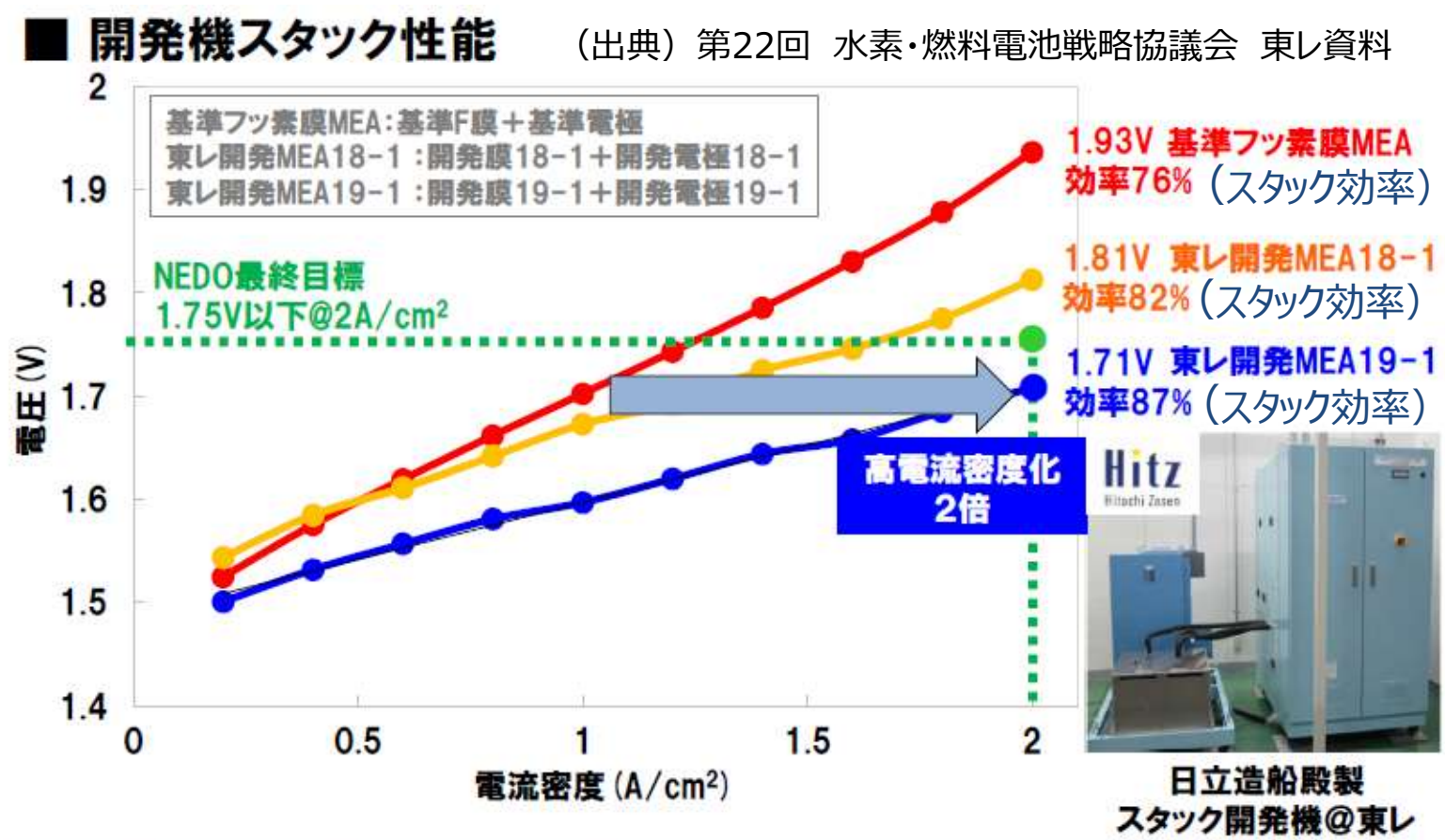


現状最大装置である山梨県米倉山1.5MW装置を
プロトタイプとして標準モジュールを開発

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/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/Nm3)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組み合わせも含めた、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」

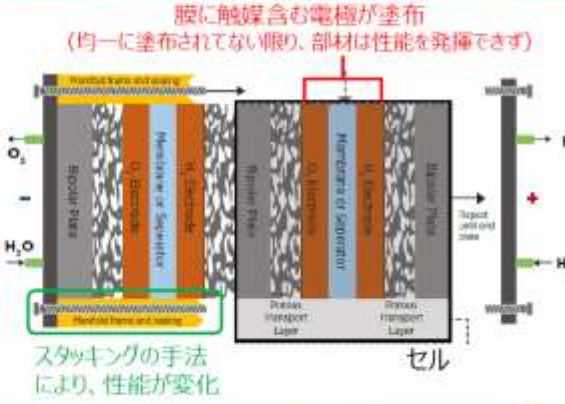
優れた新材の装置への実装技術開発

- 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

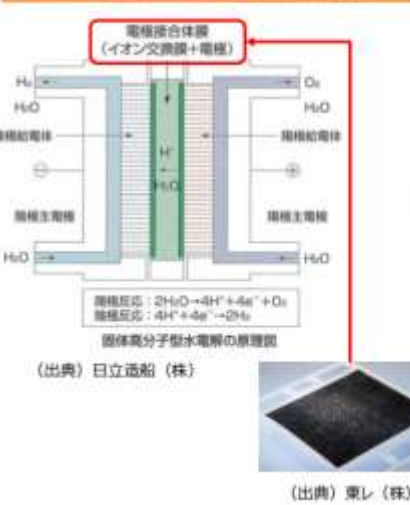


どれだけ優れた要素技術でも単一では効果を発揮することができず、各種部材等との擦り合わせを通じて、はじめてシステムの中でその性能を発揮することが可能

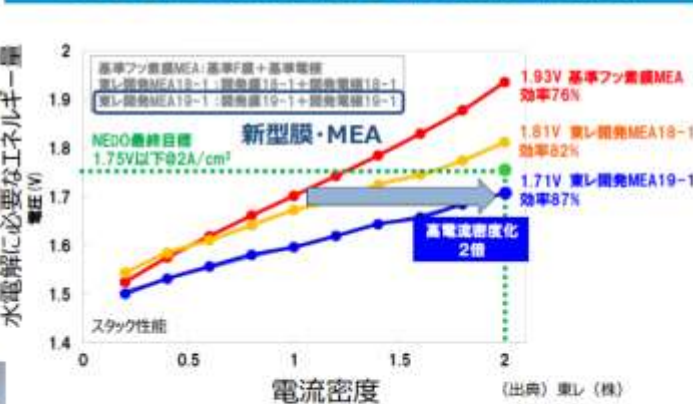
電解水素の製造コスト削減に向けた取組②(要素技術の開発・実装等)

- 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%）

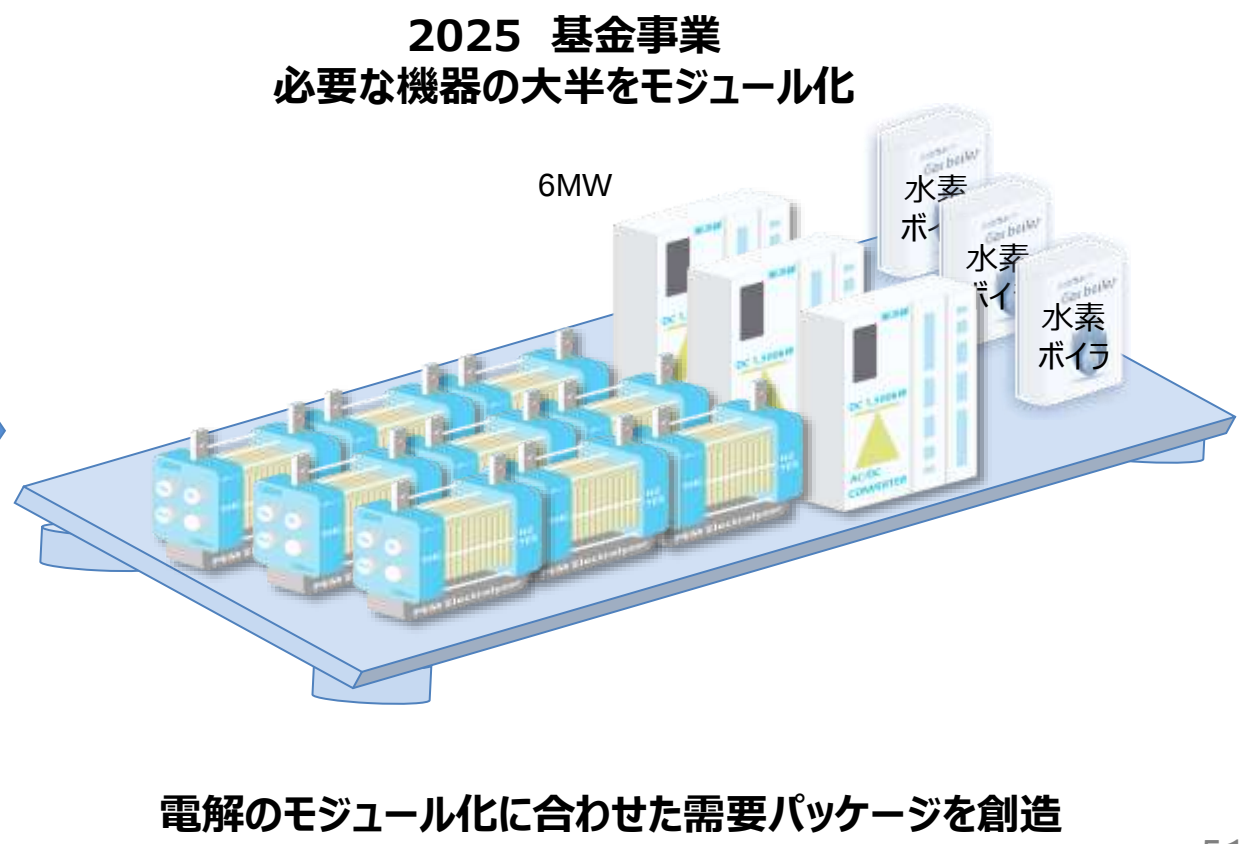
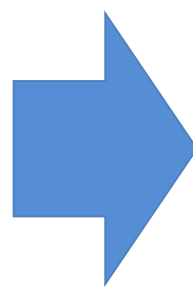
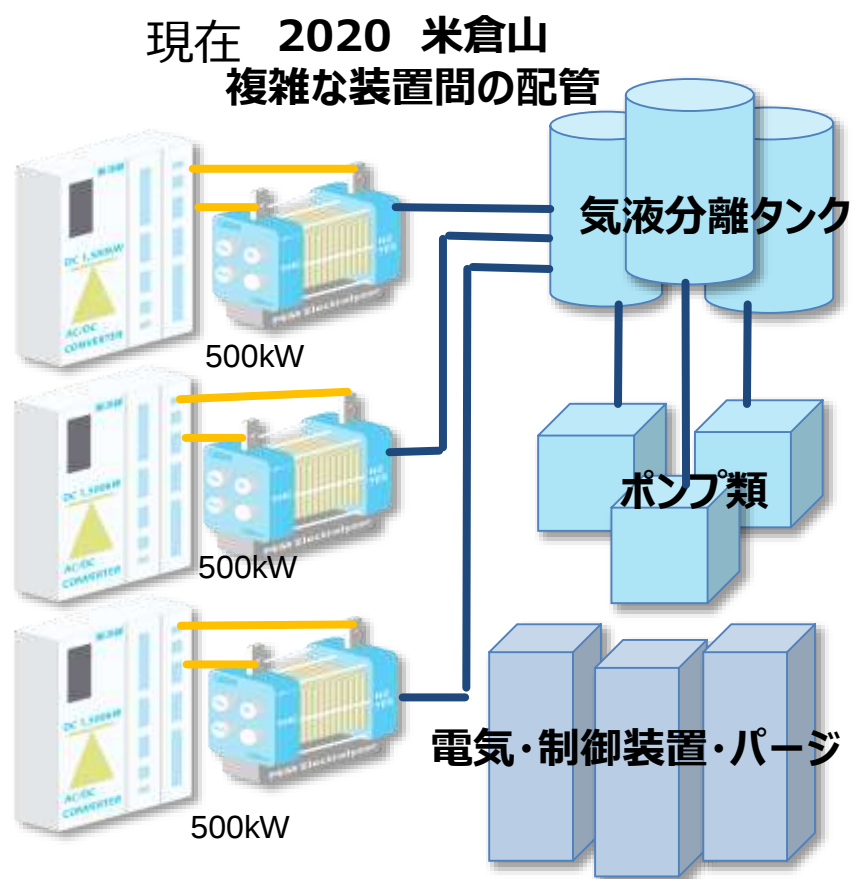
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

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。

拡大する風力発電との連携技術を早期に獲得

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

電气的特性

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)

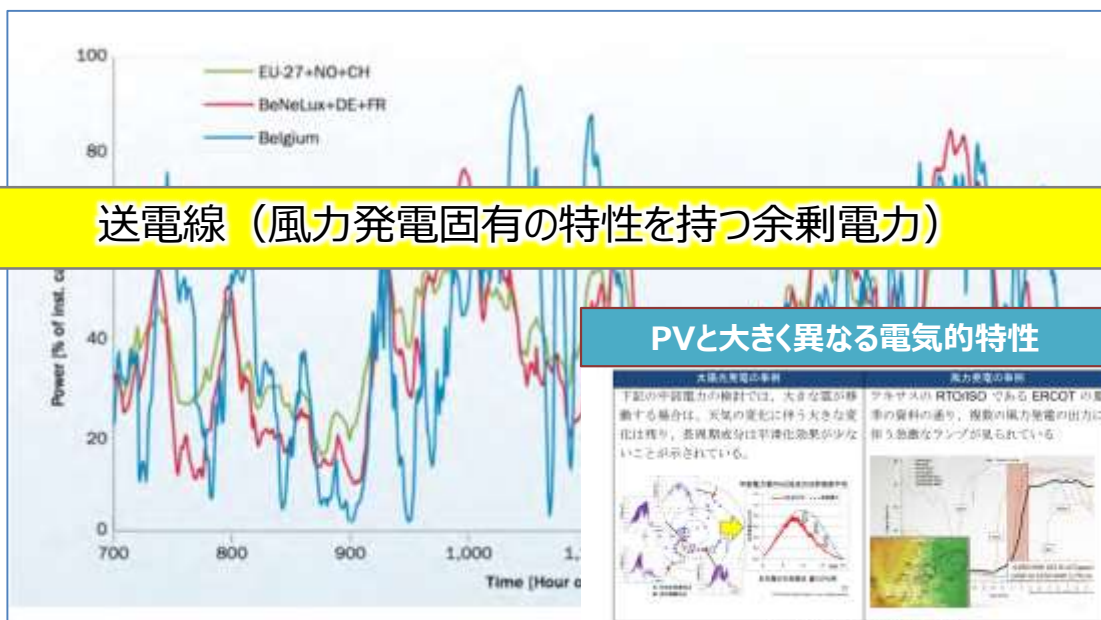
PVとの組み合わせと比較して高稼働運転が想定される水電解システム耐久性

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



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



PVと大きく異なる電气的特性

大規模風力発電の事例

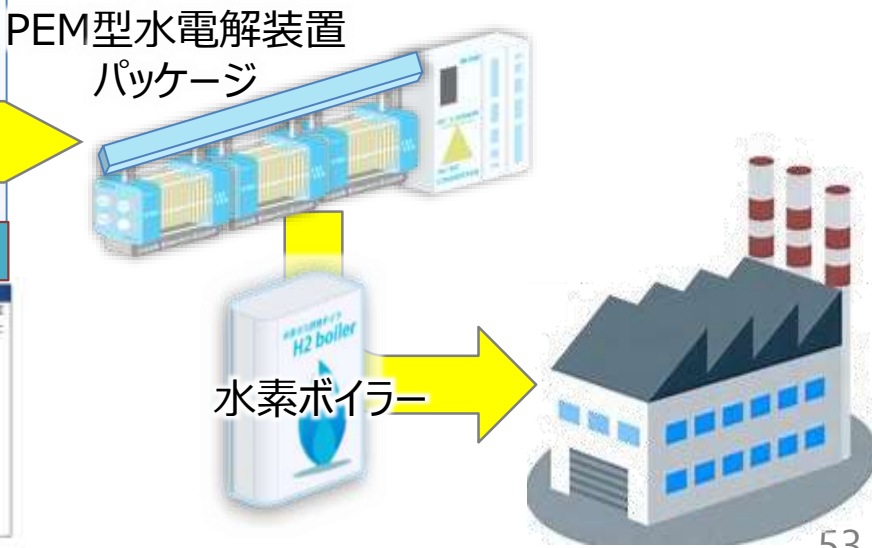
電力需要の事例

下記の平均電力の絶対値では、大きな電気が移動する場合は、天気の変化に伴う大きな変化は残り、基調成分は平滑化効果が少ないことが示されている。

アメリカの RTISO である ERCOT の夏季の資料の通り、複数の風力発電の出力に相関的なラップが見られる。

図 2-13 ならし効果の長期上の課題

出典：中国電力資料、及び ERCOT 資料より作成



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。

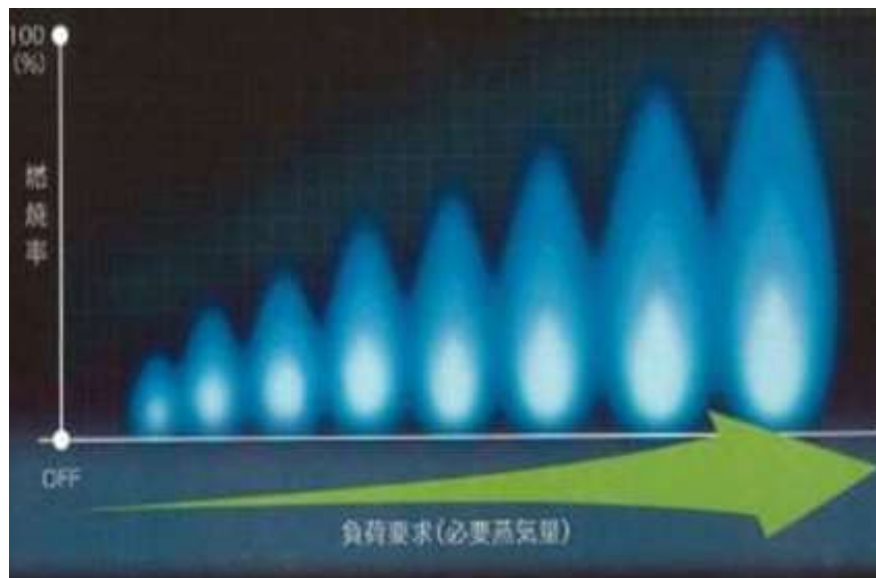
現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
PV発電量に合わせたEMS	経済性を視野に入れたグリーン水素による熱利用	電力システム改革の進展により、電力は従来のkWh価値に加えて様々な機能に応じた価値にてそれぞれ取引することが可能となりつつある。下記の市場等を活用して、経済性を向上させる。 また、需要家の熱需要に合わせた電力需給と熱利用を俯瞰するグリーン水素による熱利用システムの構築	東京電力においては、これらほとんどの市場等においてそれぞれを個々に活用する技術的なノウハウを持ち合わせており、経済的な観点で統合制御していく上では知見を活用できる優位性がある。また、熱利用の部分においても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

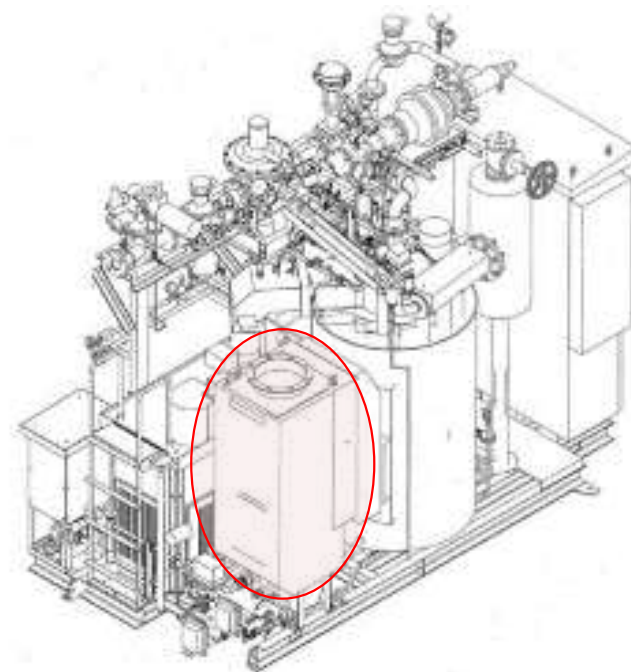
研究開発内容〔3〕 ボイラーシステムに関する技術開発

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

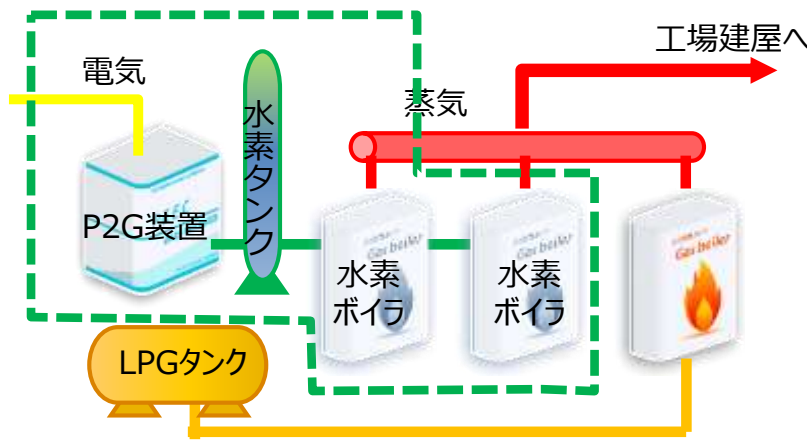
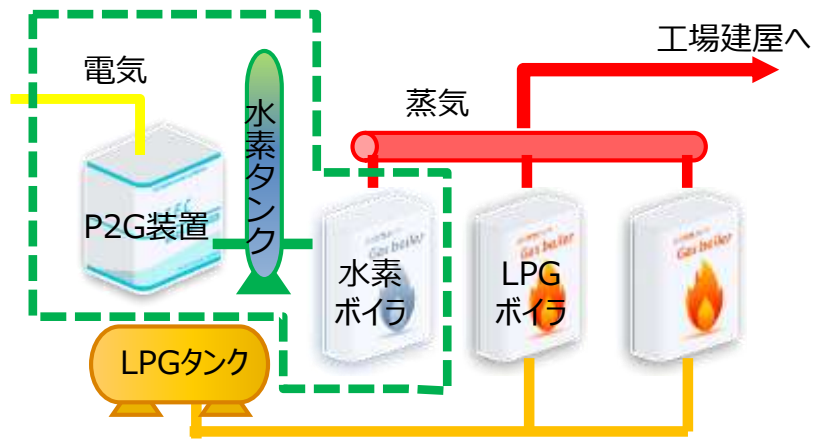
- 産業用蒸気ボイラの主流となる小型貫流ボイラーの多缶設置システムを想定して、ボイラ単体効率向上と、ターンダウンレシオの拡大により実運転効率を高め、水素から熱への変換効率の高い蒸気システムを開発して実証する。

従来（LPG）モデル

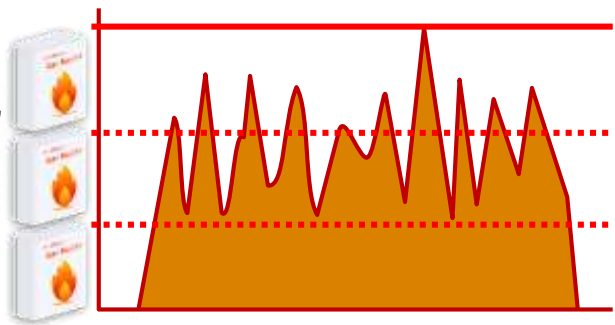
ベース運転モデル

ターンダウンモデル

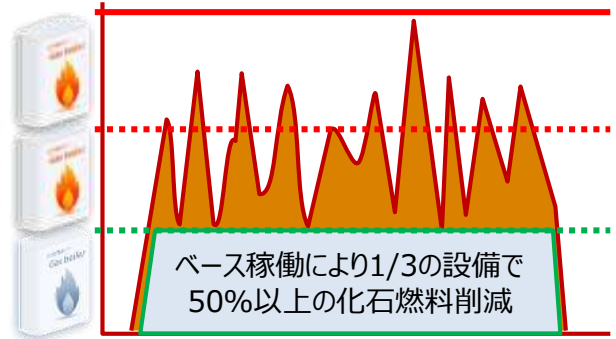
システム構成



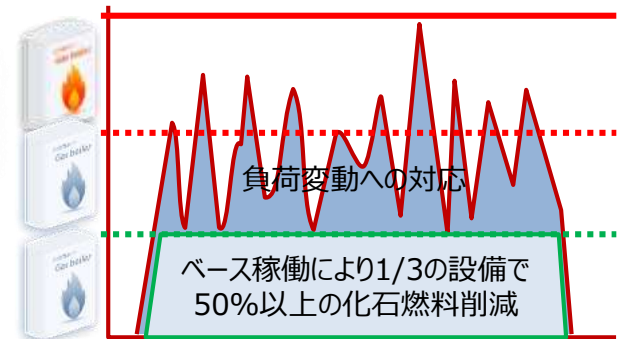
運用熱需要



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。

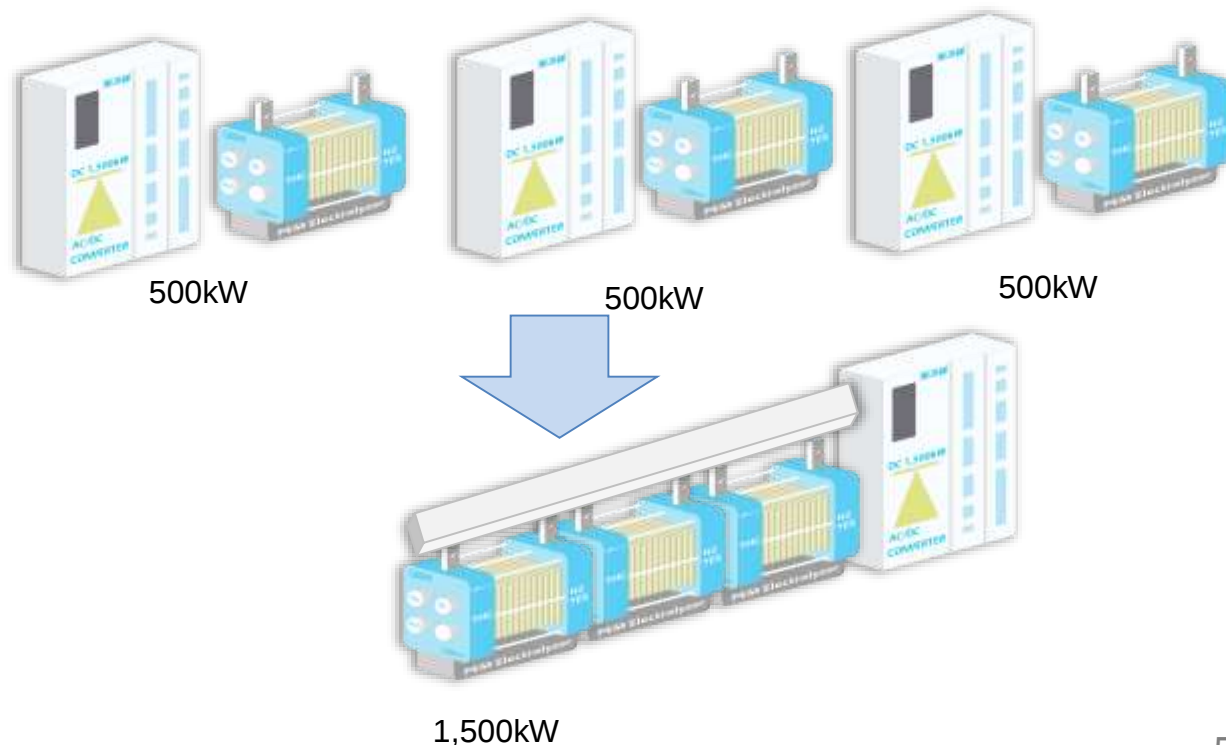
2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

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

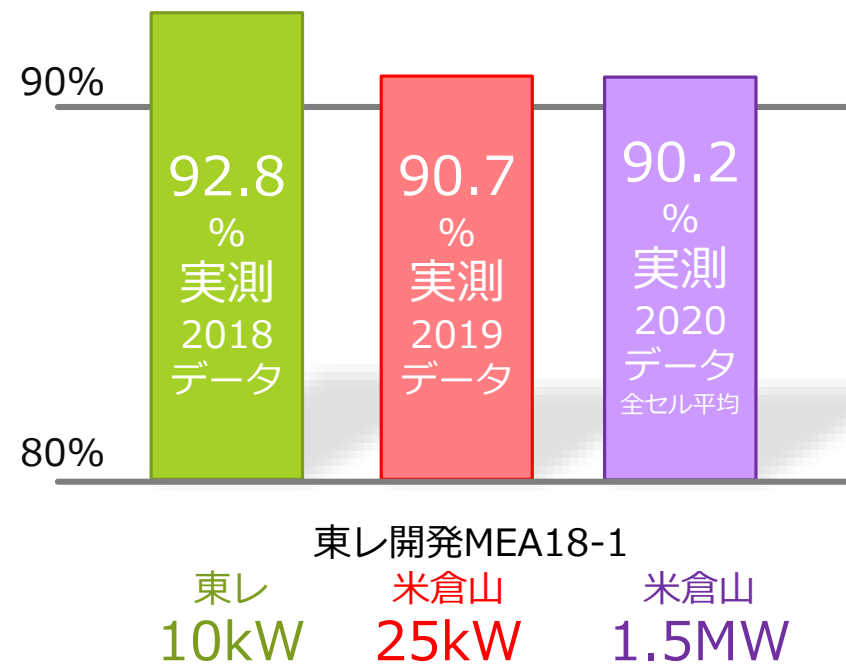
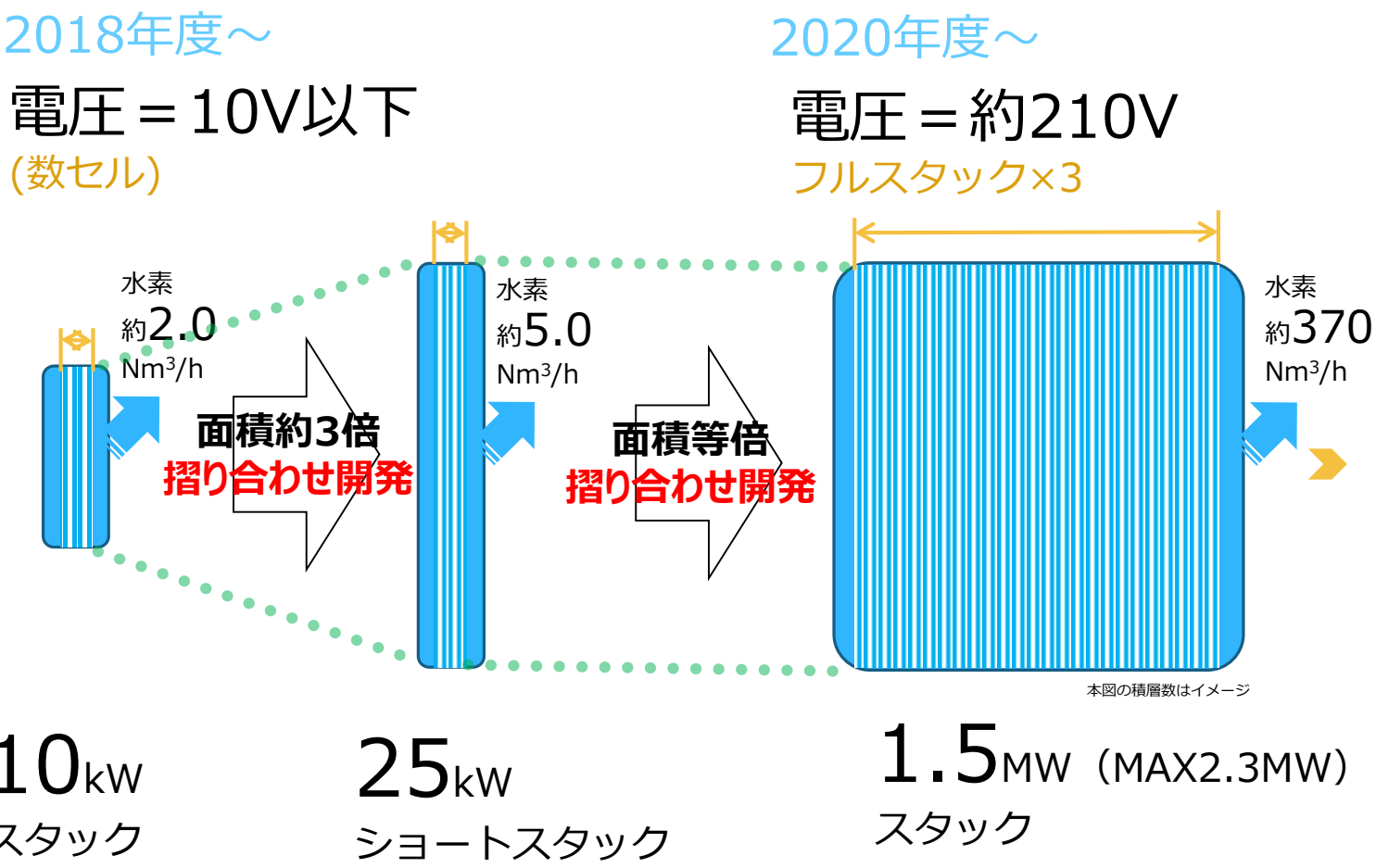


大型スタック
500kW(Max750kW)

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

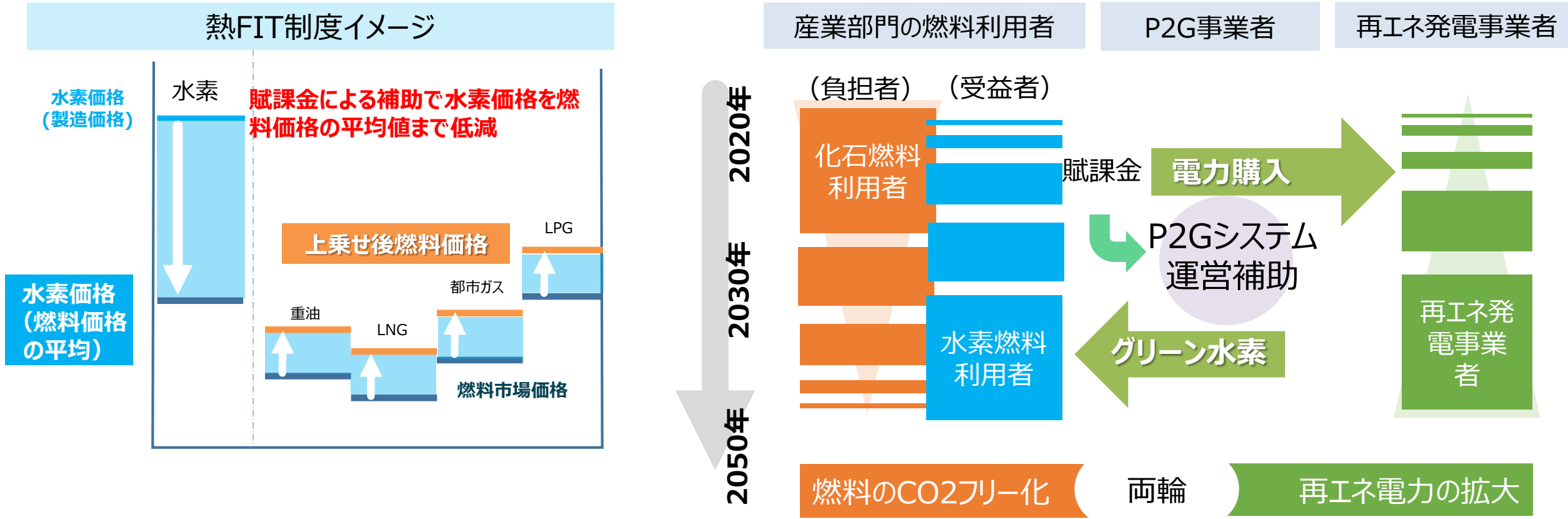
研究開発内容〔3〕 運搬システムによるコストの課題の解決



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

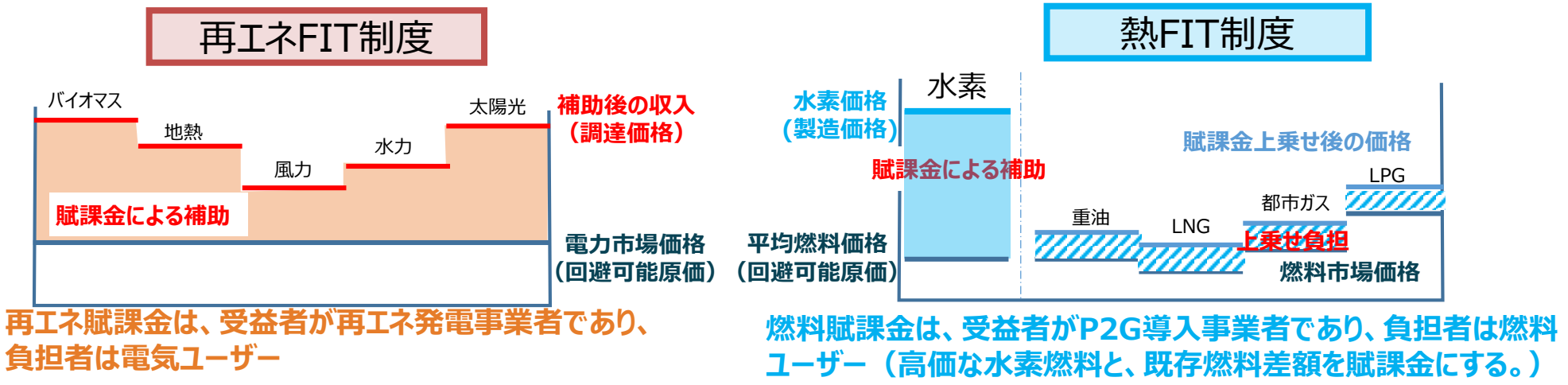


2. 研究開発計画／（6）提案の詳細に関する参考資料

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	○

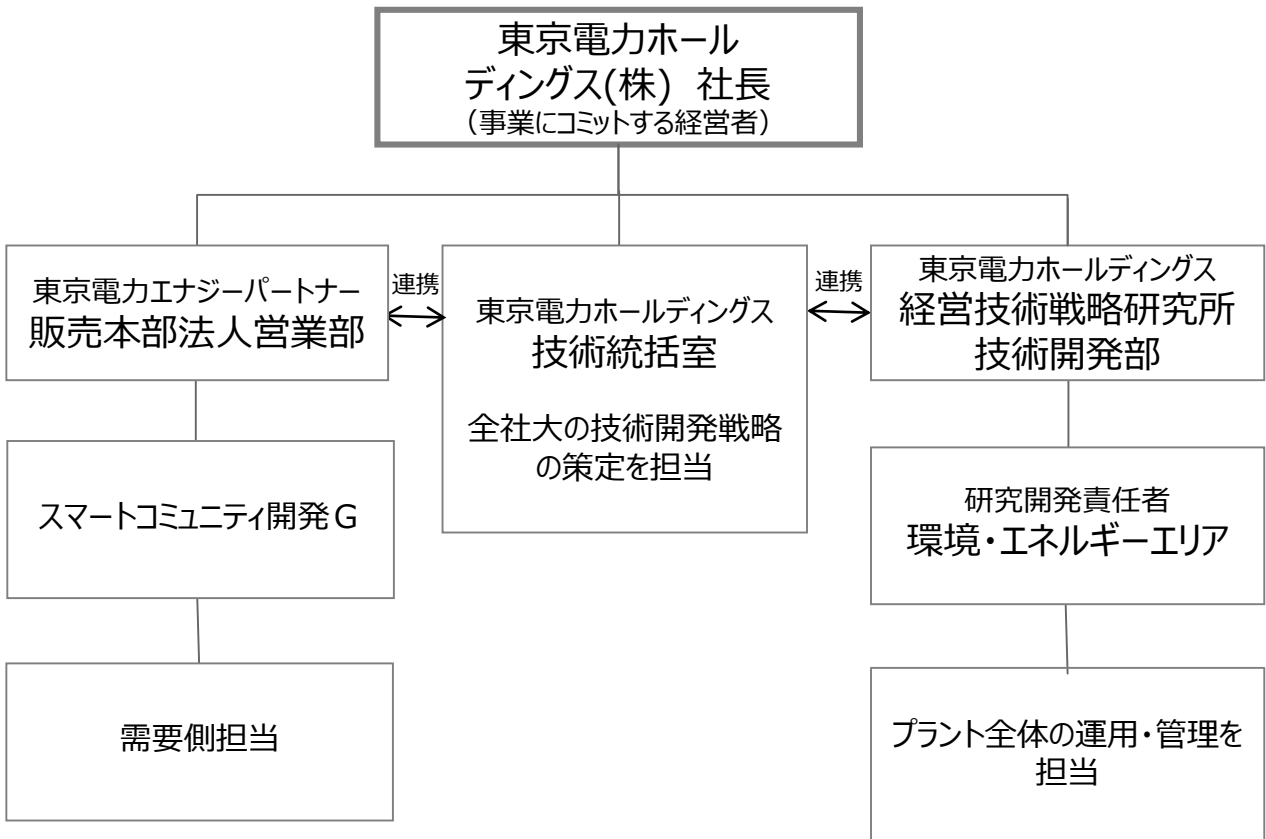
3. イノベーション推進体制

(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

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
 - 東京電力ホールディングス 経営技術戦略研究所 技術開発部

•担当チーム

- プラント全体の運用・管理

•部門間の連携

- 東京電力ホールディングスの技術戦略ユニット技術統括室は、電力エネルギー事業の稼ぐ力を牽引する技術を見極めて技術ソリューションを提言し、その実現を通じて電力・エネルギー業界への貢献を目的とする。
【主な業務】
 - ・全社的な技術開発戦略および知的財産戦略の策定
- 東京電力ホールディングスの経営技術戦略研究所は、社内カンパニーとして経営戦略や各事業会社の事業戦略と技術戦略、知財戦略を連動させ、グループ全体の調査研究、技術開発を担う。
【主な業務】
 - ・シンクタンク、エンジニアリング、イノベーション機能
- 東京電力エナジーパートナーの販売本部法人営業本部は、再生可能エネルギーによる「脱炭素」および高効率機器による「省エネ」、更には防災を通じた「安心」などの価値を提供するサービスを拡充。

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P2G事業への関与の方針および情報発信

経営者等による具体的な施策・活動方針

東京電力は、地球温暖化対策を重要な経営課題として取り組んできたが、世界的な潮流を捉え、カーボンニュートラルを軸としたビジネスモデルへの大胆な変革に更に乗り出す計画。

- ◆2030年度目標：販売電力由来のCO2排出量を2013年度比で2030年度に50%削減
- ◆2050年度目標：2050年におけるエネルギー供給由来のCO2排出実質ゼロ

こうしたチャレンジングな目標を掲げ、ゼロエミッション電源の開発とエネルギー需要の更なる電化促進の両輪でグループの総力をあげた取組を展開し、社会とともにカーボンニュートラルの実現をリードしていく。

【総合特別事業計画への明記】

産業部門においては再エネ電気による水の電気分解により製造する水素を活用し、熱需要における非化石燃料化の開発・促進などを行い国のCO2排出目標に貢献するとともに、脱炭素社会をリードしていくこと。

事業の継続性確保の取組

当社では技術開発計画を策定（社長承認）しており中長期的に技術開発を遂行する体制としている。

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

経営戦略の中核においてP2G事業を位置づけ、広く情報発信

東京電力 経営戦略

【カーボンニュートラル チャレンジ・タスクフォース】

みらい経営委員会の中に上記タスクフォースを設置し、第四次総合特別事業計画で弊社が前面に押し出す「カーボンニュートラルへの挑戦」について審議・推進。

ステークホルダーに対する公表・説明

【カーボンニュートラル ロードマップ】

- お客さまや社会からの期待が大きい「カーボンニュートラル」を軸とした新たな価値提供をビジネスに繋げ、企業価値向上の実現から出口戦略へ繋げる
- P2G利用を含め、再エネ電源の増強および送・配電線の増強等を図りながら2030年度および2050年度断面でのCO2排出量に関し目標値を設定・公表予定。

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

共同事業会社の設立

◆やまなしハイドロジェンカンパニー(仮)の設立

山梨県と東京電力ホールディングス(株)及び東レ(株)は、2021年4月15日に、P2Gシステムの技術を更に発展させ、山梨県内外での水素の供給事業を可能にするとともに、国が創出する新たな基金事業へも積極的に取り組んでいくため、共同事業体「やまなし・ハイドロジェン・カンパニー（Y H C）」（仮称）の設立に向け準備を実施中。

◆若手人材の育成

- ・上記の新組織内に配属されている若手人材に対しては、関係箇所との調整、現場状況視察、実業務サポートなどを通じて育成を図る。

水素エネルギー社会を先導する3つの事業

技術開発事業	米倉山電力貯蔵技術研究サイトの研究開発資産を用いた水電解技術開発の推進
水素エネルギー供給事業	・水素エネルギー供給事業の創設および運営 ・県内外における新規プロジェクトの創設・実施
水素社会構築事業	・水素エネルギー利用推進扶助制度の創設 ・2050カーボンニュートラルを目指した普及活動

専門部署の設置

◆専門部署の設置

東京電力ホールディングス(株)経営技術戦略研究所内に、P2Gシステムの大規模化・モジュール化及びプラントとしての運用・管理面などの検討を担う新たな部所を設置。

◆若手人材の育成

- ・上記の新組織内に配属されている若手人材に対しては、関係箇所との調整、現場状況視察、実業務サポートなどを通じて育成を図る。

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 → 施工部門や運転部門を担う社による承諾 - 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	- 競合技術の進展 → 米倉山実証設備を活用した検証試験実施 - 騒音問題 → 有圧換気扇の採用、ポンプ類の防音 - 安全性確保 → 危険性の高い水素に対して細心の注意を払う - 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 → べた基礎、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。