

「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」 プロジェクトにおける取組の追加について

2025年9月16日

資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部
水素・アンモニア課

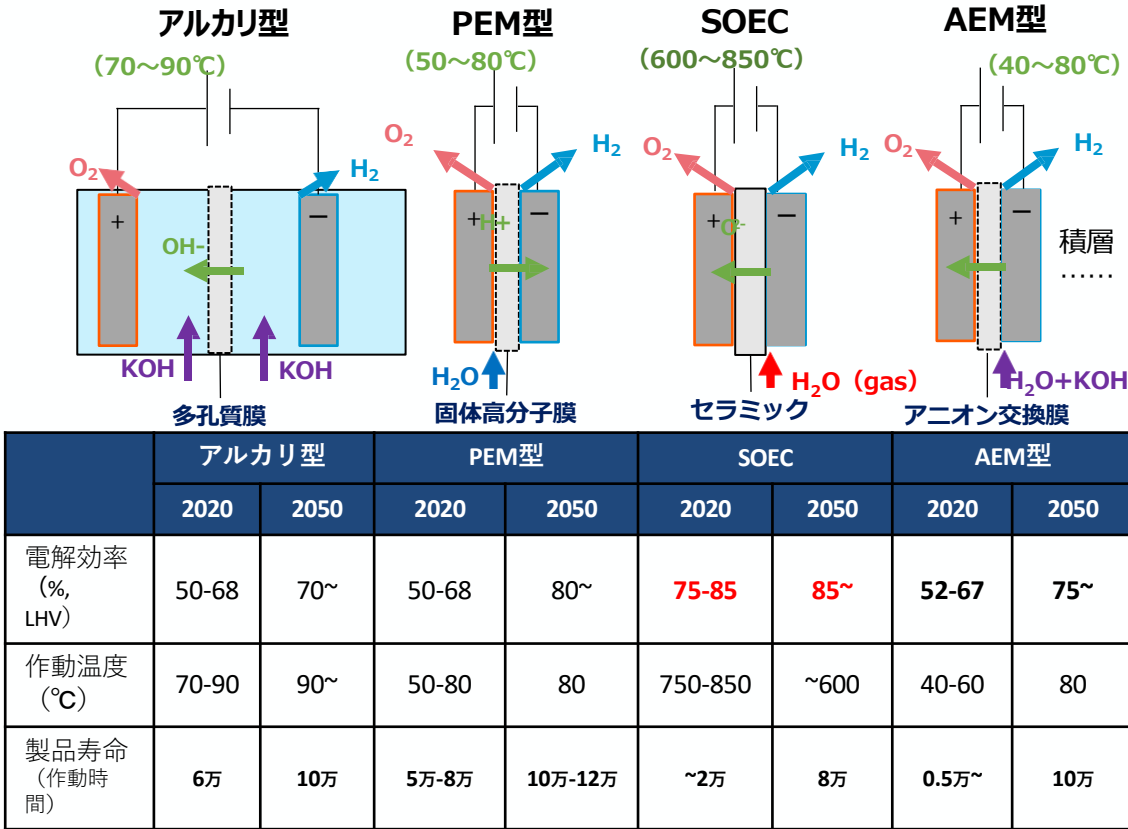
前回WGでの議論（SOEC関連）

- 10年間の事業であるGI基金においては、評価してメリハリを付けることが重要。技術開発が進展している分野には投資することが重要であり、SOECも進展してきた分野である。
- SOECは貴金属をあまり使わないという利点があるため、選択肢として持つことには意義がある。
- 高温の排熱と組み合わせて利用することから、実証できる場所に制約を受ける。国内・海外いずれもありうるが、実証地をどう選定していくかも重要。
- 国内で水素を本当に必要としている工業地帯などで使用されることが想像される。日本も積極的に開発を手掛け、着実に進展させていくことが良い。

今後の水電解装置産業政策の方向性

- 水電解装置の技術開発は世界で加速しており、性能は各国が競い合っている状況。社会実装段階にあるアルカリ型及びPEM型の装置の量産について、我が国でも、水電解装置やその部素材に強みを有する企業の大規模な製造能力拡大に向けた投資を支援し、競争力向上を図っていく。
- 研究開発段階にあるSOECの装置については、高温で作動するため電解効率が非常に高く、運転コスト面で優位性があり、低コスト化の可能性があることから、技術開発、実証を加速化していくことが重要。

<アルカリ型・PEM型・SOEC・AEM型の比較>



アルカリ型	強み	大規模・安価な製造
	企業	旭化成、トクヤマ、Thyssenkrupp等
	戦略	既存食塩電解の技術やメンテ先を流用可
PEM型	強み	変動対応が可能、コンパクト
	企業	カナデビア、トヨタ、Siemens Energy等
	戦略	燃料電池技術の流用、要素技術（膜（東レ、AGC等）や電極等）に強みが多い
SOEC	強み	熱の活用による高効率水素製造
	企業	三菱重工、デンソー、Sunfire等
	戦略	燃料電池技術のノウハウを活用可能
AEM型	強み	貴金属触媒が不要なため装置が安価
	企業	住友電工、三菱重工、Enapter 等
	戦略	膜の開発が肝。化学製品分野の技術蓄積が強み。

量産投資フェーズ

研究開発の加速

海外企業の動向

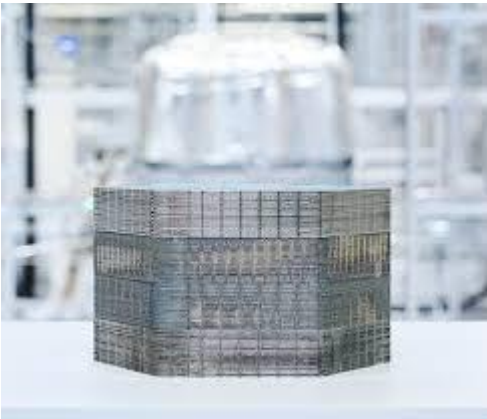
企業名（国）	導入計画、状況
Bloom Energy (アメリカ)	- NASAのエイムズ研究センターに4 MWのSOECを導入。2023年5月、水素製造を開始。 2022年5月、農業、工業、鋳業市場向けの化学製品の製造を手掛けるLSBインダストリーズ（米）の施設に、10MWのSOECを導入する計画を発表。
Sunfire (ドイツ)	- 欧州プロジェクトGrInHy2.0において、720kWのSOECをSalzgitter Flachstahl GmbH（ドイツ）の製鉄所に導入し、実証試験を実施。 2023年4月、欧州プロジェクトMultiPLHYにおいて、グリーン水素供給のため、2.6MWのSOECをNESTEのロッテルダム製油所（バイオ燃料製造）へ導入。
Topsoe (デンマーク)	2023年秋、デンマークで350kWのSOECの実証を開始。



（出典）Bloom Energy社



（出典）Sunfire社



（出典）Topsoe社

次世代型水電解装置（SOEC（固体酸化物形電解セル））の意義・課題

意義

- 水を電気分解する全体プロセスの中で発生する熱を再利用でき、かつ、外部の熱を活用することできるため、アルカリ型やPEM型と比べてもエネルギー利用効率の高いSOECは、電力価格が比較的高い場合にコスト優位性が大きく、アルカリ型やPEM型と比べても優位性を持つ場合も想定されうるため、多様な水素製造手段の1つとして開発する意義がある。
- SOECは排熱を利用することができることから、工場や発電所等に併設する利用形態が最も有効。国内の既存プラントでの併設利用のほか、新興国市場における経済成長に伴い、海外市場も拡大していくことが考えられる。
- SOECによる水素製造には、我が国が強みを持つ自動車関連技術（セラミック関連）や固体酸化物燃料電池技術が活用できることから、海外を含めた市場獲得を目指していくことができる可能性。

課題

- SOECは高温（600℃以上）で稼働するため、触媒や電解質の劣化への対応や、制御のために複雑なシステム設計が必要。
- 先行して開発・実証が行われているアルカリ型・PEM型と比較して、SOECの装置コストは高いのが現状。装置の大型化・モジュール化等によってコスト低減を図っていくことが必要。

研究開発目標及び研究開発内容（案）について

- 「2032年までにSOECの設備コストを6.8万円/kWより下げることを見通せる技術の実現」を目標として、以下の研究開発内容を実施することとしてはどうか。

研究開発内容	
① <u>水電解装置の大型化・モジュール化技術開発</u>	・ <u>補機の数を増やさないこと</u>や<u>組立簡素化</u>等を通じて、コスト低減を図ることが可能だが、<u>水素漏洩や製造工程による不均一性といった課題</u>が存在。 ・ 本プロジェクトでは、コストを抑えながら、<u>大型化・量産化が可能な特徴を備えた水電解装置の実現</u>に向けた技術を開発する。
② <u>優れた新部素材の装置への実装技術開発</u>	・ 日本は膜や触媒等の重要な部素材で世界最高水準の<u>要素技術を保有</u>しているが、<u>装置に実装して狙った耐久性等の性能を発揮させるためには摺り合わせ</u>が必要。 ・ 本プロジェクトでは、<u>膜や触媒等の部素材の装置への実装技術</u>を開発する。
③ <u>熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証</u>	・ <u>他の設備から発生する熱とSOEC、需要家側での水素利用</u>を組み合わせる場合には、<u>運用方法を最適化</u>していくことが必要。 ・ 本プロジェクトでは、<u>需要とも連携した、効率的なシステム運用方法を確立</u>する。

※ ①、②及び③を一体的に実施する事業者を公募する。

（同一企業又はコンソーシアムを想定。相互協力が見込まれる場合、各内容に異なる事業者が別々で応募することも可）

再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造 (国費負担額：上限721.5億円→上限1070.5億円)

- SOECに関する研究開発の事業費総額を**457.8億円**、国費負担額は**349億円**に設定。
- **補助率の設定**について、**既存のアルカリ型・PEM型の事業における考え方**とも整合的に、**リスクを踏まえて設定**。
 - 研究開発内容①と②については、**事業開始時点での補助率は2/3とし、実証運転段階では、1/2へと逡減させる**。
 - 研究開発内容③については、**実証運転開始から最大2年までは補助率を2/3とし、その後は補助率を1/2へと引き下げる**。
- プロジェクト全体の予算額を上限721.5億円→**上限1070.5億円**に増額。

研究開発費用の積算見積

費目	金額（億円） 補助率2/3	金額（億円） 補助率1/2	合計
A.設備費	345.9	0.7	346.6
B.人件費	32.8	1.1	33.9
C.その他経費	66.4	10.9	77.3
D.事業費総額 (A+B+C)	445.1	12.7	457.8
E.インセンティブ (D×1/10)	44.5	1.3	45.8
国費負担額	341.3	7.7	349.0

【参考】実施スケジュール（案）

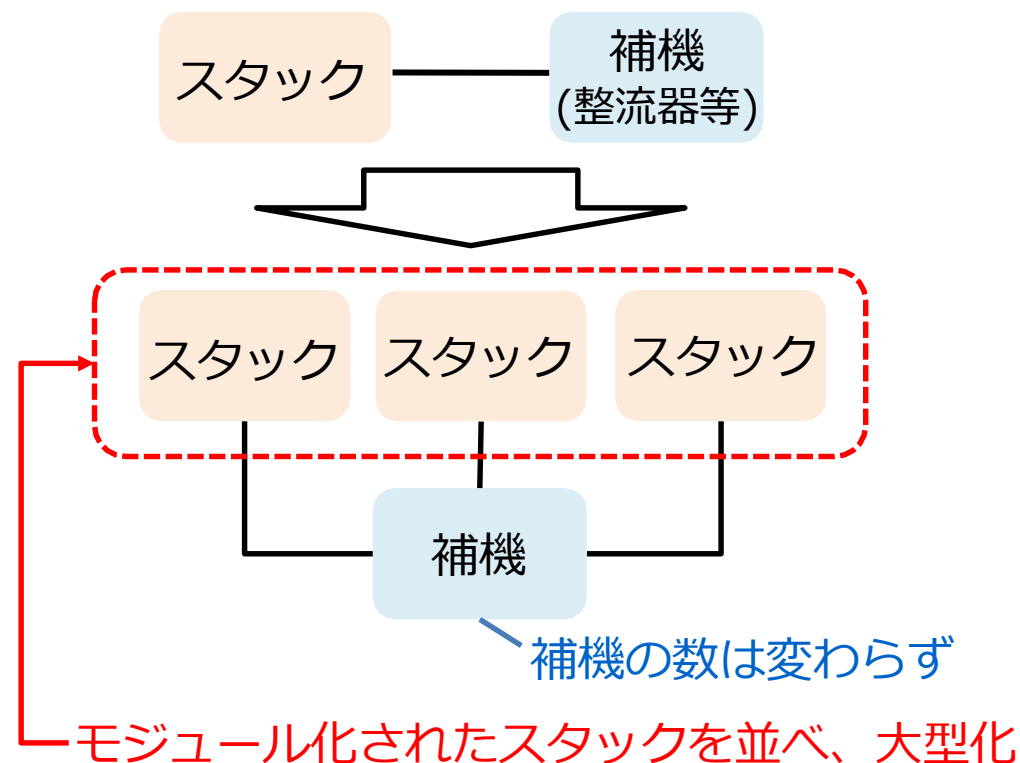
	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	2028 年度	2029 年度	2030年 度	2031 年度	2032 年度
研究開発項目 1 水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証（アルカリ型・PEM型）												
①水電解装置の大型化・モジュール化技術開発	モジュールシステムの構築				スタッキング							
②優れた新部材の装置への実装技術開発	部材の開発・製造											
③熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証			実証設備の設計		実証設備の建設		実証運用					
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（SOEC）												
①水電解装置の大型化・モジュール化技術開発					モジュールシステムの構築			スタッキング				
②優れた新部材の装置への実装技術開発					部材の開発・製造							
③熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証							実証設備の設計		実証設備の建設		実証運用	
研究開発項目 2 水電解装置の性能評価技術の確立												
	評価手法の検討	評価設備の設計・建設		実証運用								

参 考 資 料

【参考】①水電解装置の大型化・モジュール化技術開発

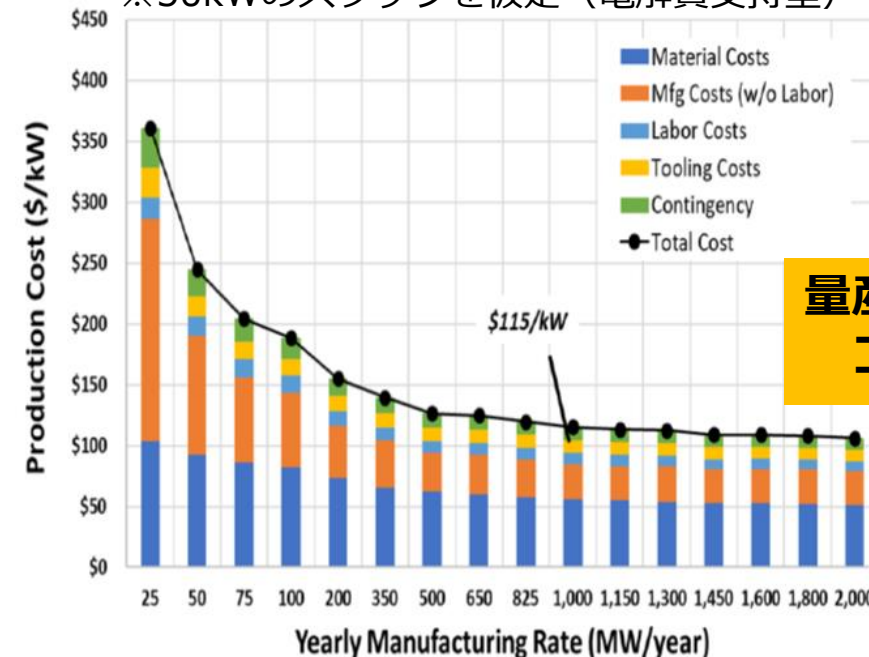
- 先行する欧州等のプレイヤーは、複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさないことで、①組み立て工程の簡素化や、②単位容量あたりに必要な設備量の減少を通じて、装置コストを削減。
- 更に長期的には大量生産を通じ、更なる装置コストの低減が見込まれるため、量産効果をもつ観点からも、今後の需要増大も見越し、日本の水電解装置メーカーの大型化・モジュール化の取組を支援することは重要。

装置の大型化・モジュール化（イメージ）



SOECスタックの生産量とコストの関係

※50kWのスタックを仮定（電解質支持型）



量産効果によって
コストが低減

（出典）

Brian D. James, HTE Stack Manufacturing Cost and Analysis, Strategic Analysis, Inc., DOE HTE Manufacturing Workshop, 2022

【参考】②優れた新部素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擦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（SOECの場合）

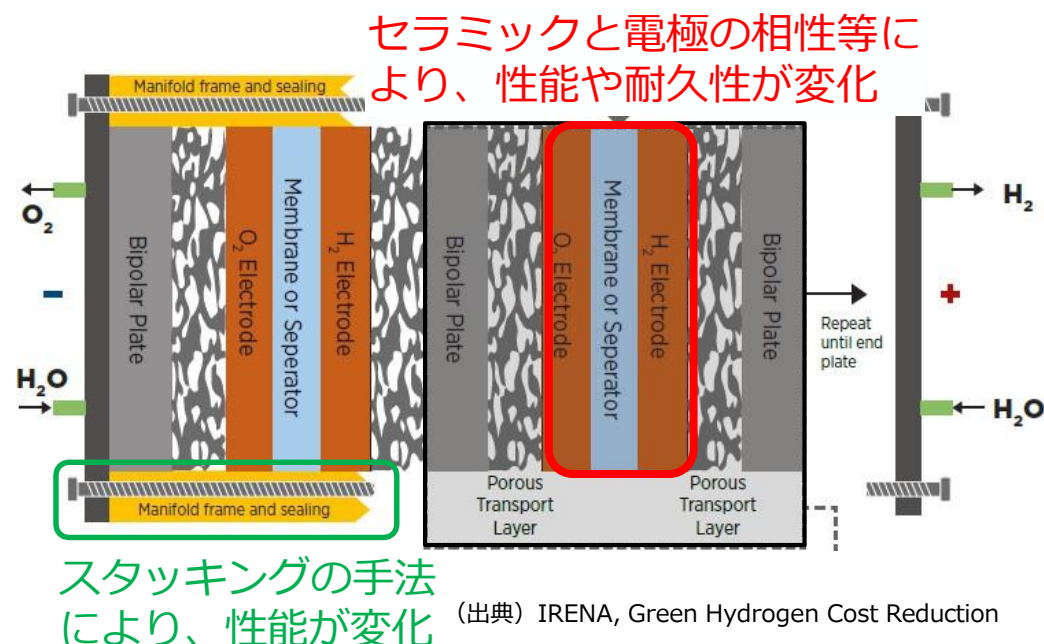
□ セラミックスの薄型化

→ 耐久性やガス透過性を維持しつつ、セラミックス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、装置コストの低減に繋がる。

□ 劣化に強い部素材の開発

→ 高温下でも劣化しにくい部素材を開発することができれば、製品寿命が向上し、運転コストの低減に繋がる。

スタックの構造と擦り合わせの例

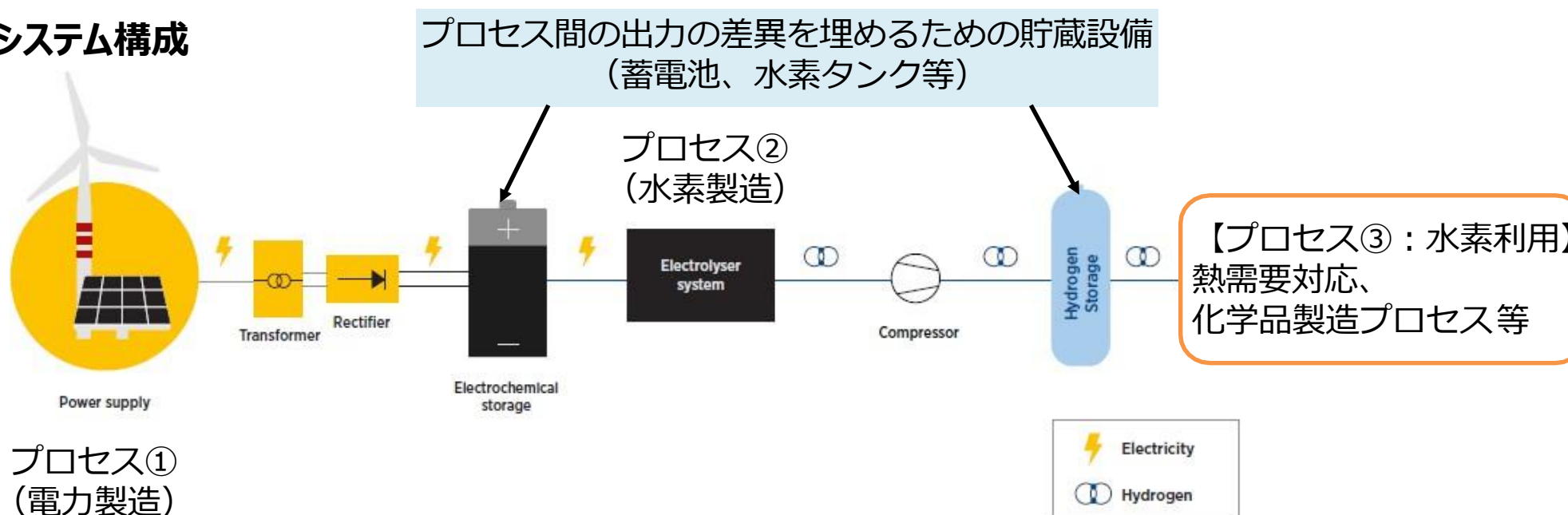


どれだけ優れた要素技術でも単一では効果を発揮することができず、
各種部素材等との擦り合わせを通じて、はじめてシステムの中でその性能を発揮することが可能

【参考】③熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証

- 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では、燃料・原料として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、その後工程も含めた全体システムの最適な運用方法については、検討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設計及び、運用方法を確立する。

システム構成



(出典) IRENA, Green Hydrogen Cost Reduction

バッファを最小化することによる設備コストの低下、出力変動に合わせた最適運転による運用コストの低下を実現するためには、各プロセスを予測し、制御する技術開発が重要。

大規模アルカリ型水電解装置の開発、グリーンケミカル実証

事業の目的・概要

- ❑ 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤を確立するとともに、先行する海外市場を獲得するために、アルカリ型水電解装置コストを2030年までに5.2万円/kWまで引き下げることを目指す。
- ❑ そのためにまず福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）を第一候補地として、既存事業*等の知見を活用しつつ、水電解装置の大型化・モジュール化等に係る技術開発とともに、アンモニア製造プロセス等と組み合わせ、全体プロセス等を最適化して運転する統合制御システムの開発を行う。 *産業活動等の抜本的な脱炭素化に向けた水素社会モデル構築実証事業 等
- ❑ その後、開発した水電解モジュールを連結させた大型水電解装置（数十MW規模）を設置し、マルチモジュール運用を行いつつ、基礎化学品を合成する実証を行う。

実施体制

※太字：幹事企業

- ❑ **旭化成株式会社**、日揮ホールディングス株式会社

事業期間

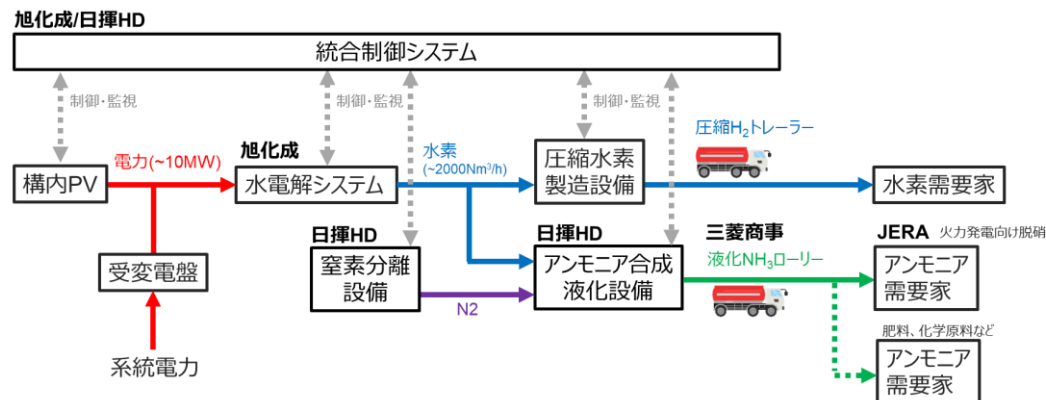
2021年度～2030年度（10年間）

事業規模等

- ❑ 事業規模：約750億円+（予見性）約3億円
- ❑ 支援規模*：約540億円+（予見性）約2億円
*インセンティブ額を含む（予見性増額はインセンティブ対象外）
今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- ❑ 補助率等：2/3 → 1/2（インセンティブ率は10%）

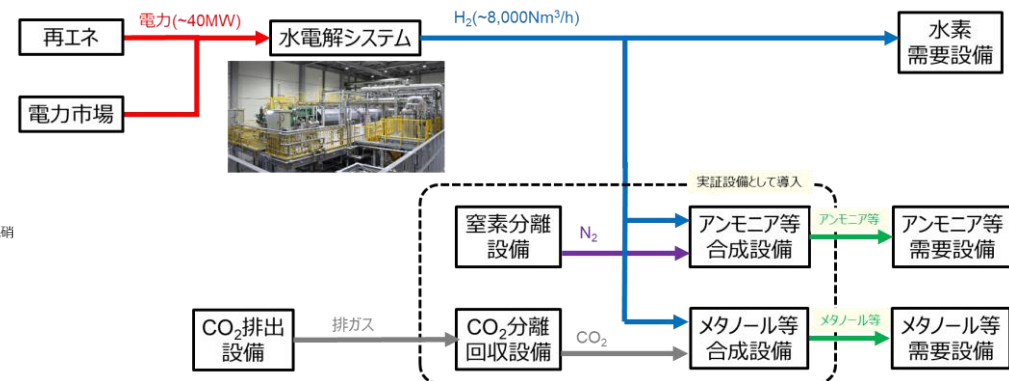
事業イメージ

〈フェーズ1〉中規模グリーンアンモニアプラント



出典：旭化成（株）、日揮ホールディングス（株）

〈フェーズ2〉大規模グリーンケミカルプラント



大規模PEM型水電解装置の開発、熱需要の脱炭素化実証

事業の目的・概要

- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤を確立するとともに、先行する海外市場を獲得するために、固体高分子（PEM）型水電解装置コストを2030年までに6.5万円/kWまで引き下げることを目指す。
- そのため、既存事業*等の知見を活用しつつ、PEM型水電解装置の大型化・モジュール化や、耐久性と電導性に優れた膜の実装、水素ボイラーの燃焼効率向上等に関する技術開発を行う。
- また、16MW級の水電解装置を関連設備とともにモジュール化して、パッケージとして需要家に設置。水素ボイラーを用いて熱の脱炭素化に向けた実証を行う。

実施体制

※太字：幹事企業

- **山梨県企業局**、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、東レ株式会社、カナデビア株式会社、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

事業期間

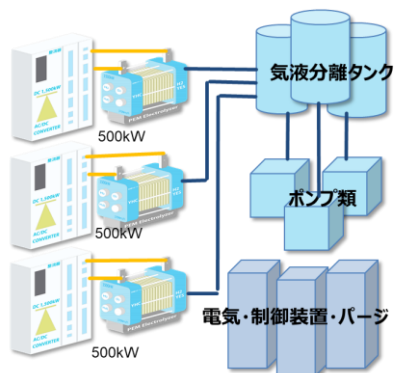
2021年度～2026年度（6年間）

事業規模等

- 事業規模：約140億円＋（拡充）約34億円＋（予見性）約17億円
- 支援規模*：約100億円＋（拡充）約26億円＋（予見性）約11億円
*インセンティブ額を含む（予見性増額分はインセンティブ対象外）
今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等：2/3 → 1/2（インセンティブ率は10%）

事業イメージ

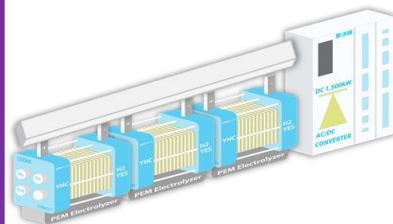
米倉山1.5MW装置



出典：山梨県企業局等

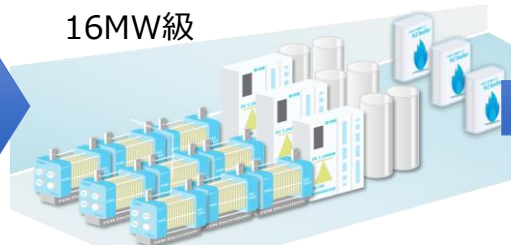
本基金事業の開発内容

数MW標準モジュール開発



標準モジュールイメージ

モジュール連結式装置の
プロトタイプを製作・実証試験
16MW級



モジュール連結式システムイメージ

100MW級モジュール連結式システム



大規模モジュール連結式
システムイメージ

水電解装置の性能評価技術の確立

事業の目的・概要

- ❑ 成長が見込まれる海外市場への進出も見越しつつ、水電解装置の統一的な性能評価を実現することで、開発の方向性を明確化し、日本企業の開発力強化を図るとともに、国内にこうした評価基盤を整備することで、日本企業の新規参入を促す。
- ❑ 具体的には、海外機関等とも必要に応じ連携して欧州の運転環境の再現も可能としつつ、①大型水電解スタック（500kW級）の加速劣化試験、②高圧状況下（1MPa以上）における水電解スタック（50kW級）の試験、③海外の再エネ等を模擬した電力条件における大型水電解装置（MW級）の試験を総合した評価手法を確立し、それらの国際標準化も目指す。

実施体制

※太字：幹事機関

- ❑ 国立研究開発法人産業技術総合研究所

事業期間

2021年度～2025年度（5年間）

事業規模等

- ❑ 事業規模：約30億円＋（拡充）6億円
- ❑ 支援規模*：約30億円＋（拡充）6億円
*今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- ❑ 補助率等：委託

事業イメージ

