

経済産業省 資源エネルギー庁 御中

**令和6年度エネルギー需給構造高度化対策調査等事業
(水素等の政策立案に係る調査・分析等事業)**

報告書

みずほリサーチ&テクノロジーズ

サイエンスソリューション部

サステナビリティコンサルティング第1部

2025年2月28日

ともに挑む。ともに実る。



事業目的・概要	2
① 水素の政策立案に必要な国内外のデータ収集及び分析	5
①-1 国内外の水電解に関する調査	6
①-2 諸外国のFCV・水素ステーションの導入目標・実績・補助金に関する調査	112
①-3 諸外国の水素政策動向に関する調査	154
①-4 国内外のアンモニア発電、ボイラ等に関する調査	232
②政策イベント、協議会等の運営	257

事業目的・概要

水素は、カーボンニュートラルに必要な不可欠な資源であり、燃料または原料として、運輸・発電・産業など多様な分野の脱炭素化を可能とする。水素が本格的に利活用される社会、すなわち「水素社会」の実現に向けて、2017年12月には、世界で初めて水素についての国家戦略である水素基本戦略を策定した。日本が先行して水素基本戦略を策定して以降、多くの国・地域で水素の利活用に関する戦略等が策定されている。その後も、2019年3月には「水素・燃料電池戦略ロードマップ」、2020年12月には、経済産業省は関係省庁と連携し、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を、そして昨年6月、6年ぶりに水素基本戦略の改訂を行い、国家戦略としての指針を示し、政策を実施してきた。

海外では、米国のインフレ抑制法（IRA）、欧州のHydrogen Bankを始め、エネルギー政策と産業政策が一体となった大胆な施策が次々と実行に移され、水素等のマーケットが広がるとともに、大規模生産投資も始まり、グリーントランスフォーメーション（GX）と経済の好循環が起こりつつある。また、より安価なエネルギーを求めて、上流の再エネ開発の権益確保といった動きも激化しつつある。また、欧州では排出量取引における無償化枠の段階廃止や炭素国境調整措置の導入、産業部門での水素の利用といった規制的措置整備が進みつつある。こうした世界の急激な変化を踏まえ、我が国の政策についても情勢の変化に合わせた適切なアップデートを行っていく必要があり、そのための判断材料として最新の動向に関する調査や分析などを行い、検討を重ねることが必要である。

本事業では、これを通じて今後政府が検討する戦略の材料とすることを目的に、国内の水素社会の実現及び産業としての競争力の確保をするために必要な情報を整理し、分析した。また、調査の内容に応じて、水素化合物も対象に含めた。

- 協議の上、本年度は特に調査分析に当たるべき内容として、以下の調査分析を提案・実施した。
- 協議会として「モビリティ水素官民協議会」を2回開催、これの運営支援を実施した。

大項目	小項目
① 水素の政策立案に必要な国内外のデータ収集及び分析	①-1 国内外の水電解に関する調査
	①-2 諸外国のFCV・水素ステーション導入目標・実績・補助金に関する調査
	①-3 諸外国の水素政策動向に関する調査
	①-4 国内外のアンモニア発電、ボイラ等に関する調査
② 政策イベント、協議会等の運営	会議運営準備（ロジ、ドキュメント準備等）
	当日運営



① 水素の政策立案に必要な国内外の
データ収集及び分析

①-1 国内外の水電解に関する調査

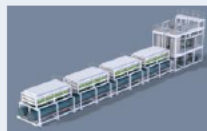
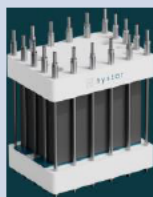
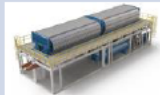
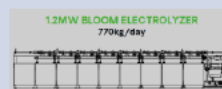
- 調査項目は下記の通り。
- これらについて、以降で整理する。

大項目	詳細項目
水電解装置の各国の主要企業の状況	・ 開発、実証動向 ・ 生産設備投資動向 ・ 政策（①-4 諸外国の水素政策動向に関する調査を参照）
世界市場での各型のシェア状況	・ 主要国（米国、欧州、中国、豪州、アジア...）でのシェア状況 ・ 各型の世界でのシェア状況 ・ グローバルでのシェア状況
各電解種の将来予測 （2025/30/40）	・ 各型の今後の展望（有力な展開先、再エネとの相性） ・ 世界全体での各型のシェア予測 ・ 水素製造コスト、設備コスト、生産規模、設備容量 ・ 各種類のデメリットを覆す技術開発の可能性（触媒、電解質膜、PCECなど）
その他	・ 水素製造に占める水電解の割合 ・ 装置、部材の国内外の主要メーカーの状況 ・ 付帯設備の課題・開発状況



水電解装置の各国の主要企業の状況

- 電解種・出口水素圧力の軸で主要メーカーを下記の通りマッピングした。

アルカリ		PEM	AEM	SOEC	
低圧	食塩電解				
	円筒型				
	Thyssenkrupp nucera (20MW) 	Siemens Energy (17.5MW) 	Hystar (3MW) 	Verdagy (20MW)  EvolOH (24MW)  ※EvolOHは 圧力不明	Bloom Energy (1.2MW)  Elcogen (36kW)  Haldor Topsoe (100MW)  Sunfire (10MW)  FuelCell Energy (1.1MW) 
加圧	McPhy (16MW) 	Nel (12MW) 	ITM Power (2MW) 	Enapter (2.4kW) 	
	John Cockerill (5MW) 	Elogen (5MW) 	Plug Power (5MW) 	Cipher Neutron (10kW) 	
	Sunfire (10MW) 	Cummins (2.5MW) 	Ohmium (-) 	Quest One (旧H-TEC SYSTEMS) (1MW) 	
	Green Hydrogen Systems (6MW) 				
	Hydrogen Pro (-) 				

(出所) 各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

実施事項

- グリーン水素製造プロジェクトの状況は日々変化している。そこで、調査における時間軸を設定した上で、2024年9月20日までに発表されているプレスリリースやニュースサイトを調査し、アルカリとPEMのシステムメーカーが取り組む水素製造プロジェクトを抽出、PJ受注状況を調査した。

規模感

- 10MW規模以上のプロジェクトを対象とした。

対象とした企業

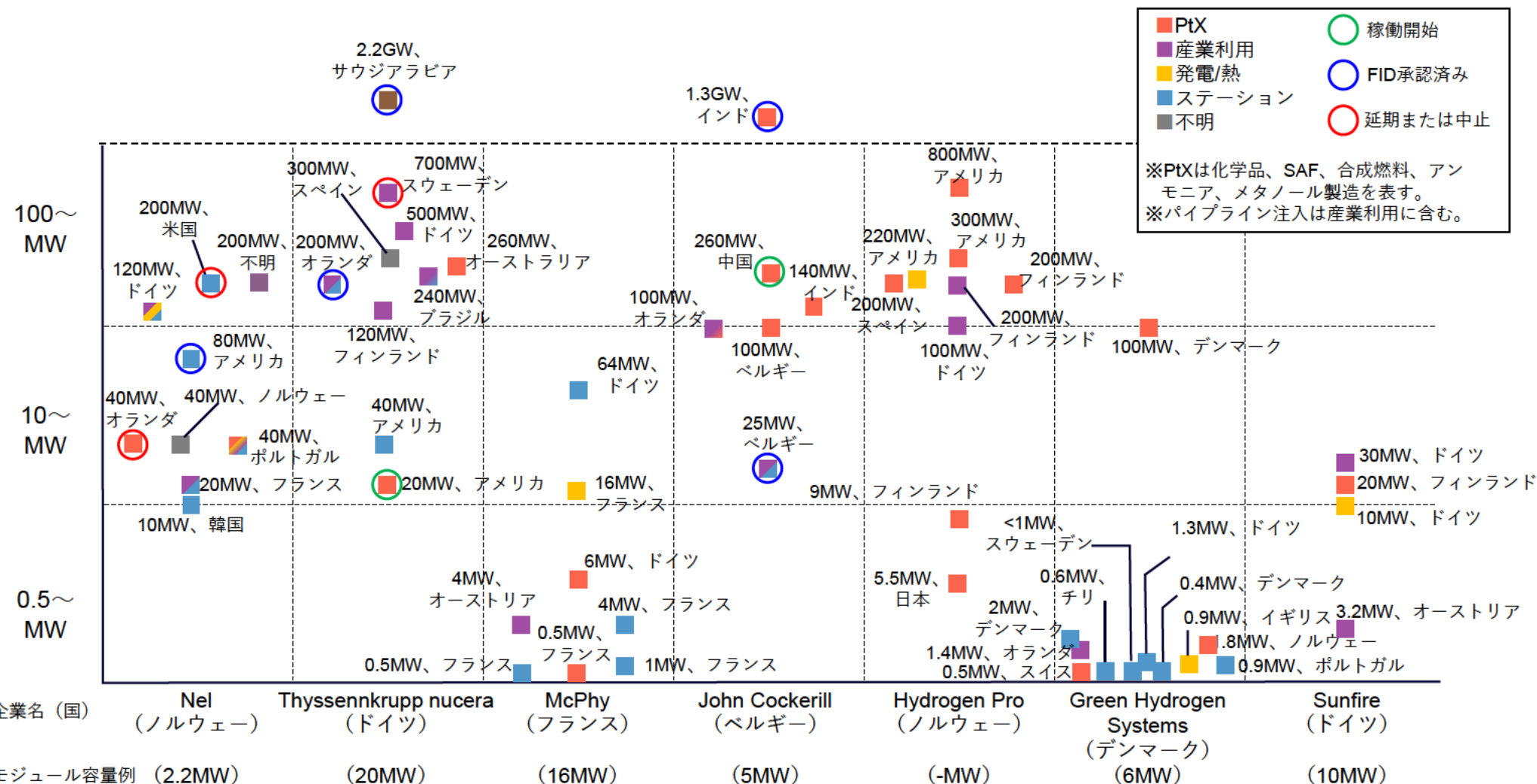
- アルカリについては、10MW以上のプロジェクトへの関与数が特に多い「Nel、Thyssenkrupp nucera、John Cockerill、Hydrogen Pro」が取り組むプロジェクトを対象として整理した。
- PEMについては、10MW以上のプロジェクトへの関与数が特に多い「Siemens Energy、ITM Power、Plug Power、Ohmium」が取り組むプロジェクトを対象として整理した。

時間軸

- 2022年以降に発表されたプロジェクト、2022年以前に発表されたプロジェクトであっても2022年以降にプロジェクトの進捗に関する情報がプレスリリースやニュースサイト等で発表されているプロジェクトを対象とした。

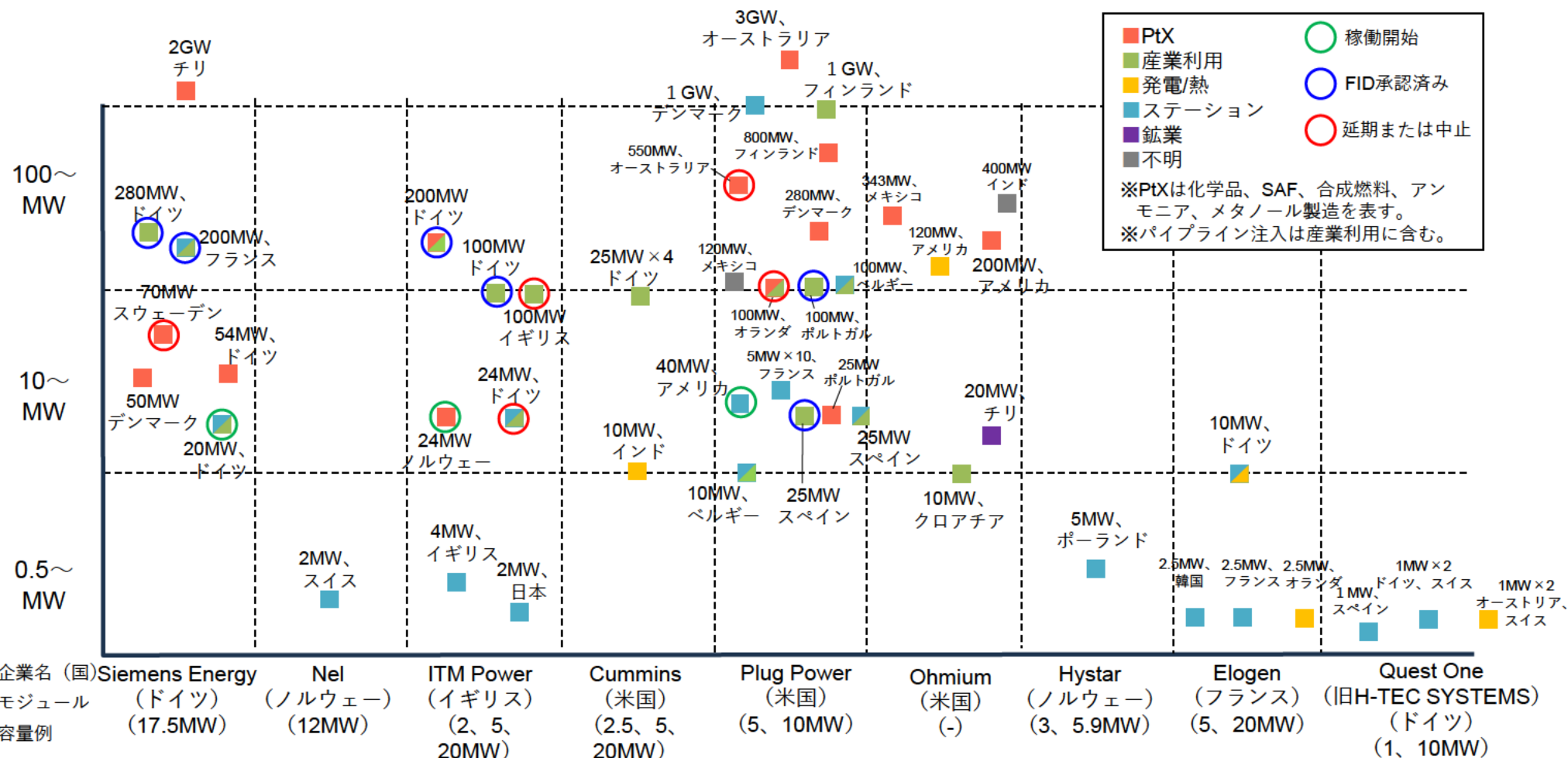
- 前ページに記載の範囲で調査した結果、67件中（合計約21GW）、17件のプロジェクトが、FID承認（13件、合計5.0GW）または稼働（4件、合計0.36GW）に至っていることがわかった。そのうち、7件は欧州域内での製油所向け水素供給プロジェクトであり、7件のうち5件は2024年に承認されている。加えて、2024年に、欧州域内への肥料向けグリーンアンモニア輸出プロジェクト（1件）がFIDに至っている。
- これは、2023年9月に採択された再生可能エネルギー指令において、2030年までに産業部門で消費する水素量（原料利用含む）の42%、2035年までに60%をグリーン水素主体のRFNBOとする目標が定められたことも影響があると推察される。
- 特に、石油やアンモニア産業では現状で水素を利用しており、グリーン水素利用の障壁が低く、2030年までに消費する水素をRFNBOとする目標が定められていることも要因の一つと推察される。

- 全体として化学産業（PtX）および水素ステーション向けに水素が供給されているケースが多い。
- 化学産業（PtX）に対する導入では、数百MW以上の大規模な装置も確認できる。一方水素ステーション向けについては比較的小規模、あるいは他産業向けと併せた供給が見込まれている。



(出所) 各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 全体として化学産業（PtX）および水素ステーション向けに水素が供給されているケースが多い。
- 水素ステーション向けについては比較的小規模、あるいは他産業向けと併せた供給が見込まれている（Plug Powerのデンマークの1GWは合計容量）
- 化学産業（PtX）については、20MW以上の比較的大規模な装置が導入されているようである。



(出所) 各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

プロジェクト （水素生産国）	プロジェクト 概要	事業者 （役割）	規模 （電解槽メー カー）	用途	状況
REFHYNE II （ドイツ）	2021年に運転を開始したRHEFHNEの後続プロジェクト。Shellのラインランドエネルギーケミカルパーク向けに100MW電解槽を導入し、太陽光・再エネ電力と系統電力を用いて一日当たり44000kgの水素を製造予定(2027年に運転開始予定)。製造した水素はShellのラインランドエネルギーケミカルパークで、SAF、バイオ燃料製造に利用予定。	Shell（水素供給、水素利用）	100MW （PEM、ITM Power）	製油所（SAF、バイオ燃料）	FID承認済み （2024年7月）
Normand'hy （フランス）	フランスのPort-Jérôme工業地帯にAir Liquidが200MWの水電解装置を設置し、水素製造。TotalEnergiesは100MW分の水素を利用する権利を有しており、100MW分の水素はAir Liquidのパイプラインを経由して、TotalEnergiesのNormandy製油所で使用。なお、水電解装置100MW分の電力はTotalEnergiesが年間700GWhの再エネ電力を供給する計画。残りの電力はAir LiquidがPPAで調達し、製造した水素はモビリティ向けに供給される予定（2026年に運転開始予定）	Air Liquid（水素供給） TotalEnergies（電力供給、水素利用）	200MW （PEM、Siemens Energy）	製油所（石油脱硫）、モビリティ	FID承認済み （2023年9月）
GET H2 Nukleus （ドイツ）	- プロジェクトは段階的に実施される。2024年にはドイツ大手の再エネ事業者のRWEのリンゲンの発電所に100MWの電解装置を導入し、洋上風力発電の電力を用いて水素製造。製造した水素ガス配送時御者のNowegaとOGEの水素パイプラインを経由して、BPのLingen製油所、Gelsenkirchen製油所、Evonikのマールケミカルパークで利用。2025年には、電解槽容量を200MWに拡張すると共に、ガス配送事業者であるThyssengasがオランダへの輸入ポイントであるVlieghuisまで水素パイプラインを延長。2026年には電解容量を300MWに拡張すると共に、ドイツのグローナウのRWEの水素貯蔵施設（天然ガス貯蔵に用いているものを水素に転用）をパイプラインに接続する。2030年にはドイツのザルツギッターのSalzgitter Flachstahl社の製鉄所にパイプラインを接続し、水素供給予定。また、NowegaとOGEは水素パイプラインを延長し、Thyssenkrupp Steelのデュイスブルク製鉄所に水素供給予定。 - GET H2 NukleusはIPCEIに採択済み。	RWE（水素供給） Nowega（ガス配送） OGE（ガス配送） Thyssengas（ガス配送） BP（水素利用） Evonik（水素利用） Salzgitter Flachstahl（水素利用） Thyssenkrupp Steel（水素利用）	200MW （PEM、ITM Power）	製油所 化学品 水素還元製鉄	FID承認済み （2024年9月）

プロジェクト （水素生産国）	プロジェクト 概要	事業者 （役割）	規模 （電解槽メーカー）	用途	状況
Holland Hydrogen I （オランダ）	Shellが一部保有する北海の洋上風力発電から、ロッテルダム港の200MW電解槽に電力を供給し水素製造。水素はオランダの水素ネットワーク開発会社のHynetworkがHyTransPortプロジェクトで整備する水素パイプラインを経由してShellのエネルギー&ケミカルパークロッテルダムで製油所で使用しているグレー水素代替として利用される。2025年に稼働開始予定。 （Shellは当初IPCEIの認定適格ではなかったが認定が得られなければプロジェクトはキャンセルすると主張、最終的に2023年9月にIPCEIの採択がその後発表され1.5億€の補助を得た）	Shell（水素供給、水素利用） Hynetwork（ガス配送）	200MW （アルカリ、Thyssenkrupp nucera）	製油所	FID承認済み （2022年7月）
Galp （ポルトガル）	ポルトガルの石油ガス事業者のGalpは、ポルトガルにあるSines製油所に100MWの電解槽を導入予定。再エネ電力を用いて水素を製造し、製油所の既存のグレー水素の20%を置き換える構想。2025年に稼働開始予定。	Galp（水素供給、水素利用）	100MW （PEM、Plug Power）	製油所	FID承認済み （2023年9月）
OranjeWind （オランダ）	2024年7月に、フランスの石油事業者TotalEnergiesは、ドイツの再エネ事業者RWEがオランダで開発中の795MW洋上風力発電所OranjeWindの株式を50%取得する契約を締結。TotalEnergiesはこのプロジェクトの電力を350MW電解槽に供給し、TotalEnergiesの製油所に水素を供給する予定。風力発電装置の建設は2026年に開始され、全面稼働は2028年を予定。 - なお、TotalEnergiesは、欧州に6つの製油所と2つのバイオ燃料製油所を有しており、いずれも水素を利用している。同社は製油所で消費される水素の年間50万トン、2030年までにグリーン水素に置き換える構造を掲げる。	TotalEnergies（水素供給、電力供給、水素利用）	350MW （不明）	製油所 （石油脱硫、バイオ燃料）	FID承認済み （2024年7月）
HyVal （スペイン）	BPはスペインのバレンシアにHyValと呼ばれるグリーン水素クラスターを構築する計画。HyValでは、2030年までにスペインのCastellón製油所への2GWの電解槽導入を段階的に進める。プロジェクトの第一段階では、製油所に200MW電解槽を導入し、年間最大31200トンのグリーン水素を製造予定。2027年に操業開始予定。製造した水素は、製油所で用いられるグレー水素代替、SAF原料向けに使用される予定。将来的には生産したグリーン水素は周辺でのセラミック産業での天然ガス代替、アンモニア製造、運輸に活用すると共に、水素パイプラインを経由して欧州の他の国に輸出するとしている。	Iberdrola（電力供給） BP（水素供給、水素利用）	25MW （PEM、Plug Power）	製油所 （石油脱硫、SAF）	FID承認済み （2024年7月に、BPとスペインの電力会社であるIberdrolaは、25MWの電解槽導入に関するFIDを承認）

（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

プロジェクト （水素生産国）	プロジェクト 概要	事業者 （役割）	規模 （電解槽メー カー）	用途	状況
NEOM （サウジアラビ ア）	Air Products、ACWA Power、NEOMによる合併会社であるNEOM Green Hydrogen Companyは、サウジアラビアが目指す未来都市であるNEOMに、2.2GWの電解槽導入予定。最大4GWの太陽光発電と風力発電から、2026年末までに一日当たり最大600トンのグリーン水素を製造し、年間約120万トンのアンモニアに変換する。Air Productsは30年間、同施設で生産される全てのグリーンアンモニアの独占的なオフテイカーとなる。グリーンアンモニアは、輸出先でクラッキングされ、水素が抽出される。水素は運輸向けに利用される予定。Air Productsは主な輸出先として欧州を想定しており、水素輸入、クラッキングのためのターミナルを欧州に3か所建設し、2027年の早い段階での稼働を目指している。	NEOM Green Hydrogen Company ※Air Productsは産業ガスサプライヤ、ACWA Powerは再エネ事業者、NEOMはサウジアラビアの開発プロジェクト	2.2GW （アルカリ、Thyssenkrupp nucera）	運輸	FID承認済み （2023年5月）
AM Green Ammonia （インド）	- インドの再エネ事業者であるGreenkoの創業者が設立したAM Green Ammoniaは、インドのアーンドラ・プラデーシュ州で2026年後半までにグリーンアンモニアを年間100万トン、2030年までに年間500万トンを生産する計画を掲げる。 2024年8月に第一段階のグリーンアンモニア100万トンのFIDを承認。第一段階では、1.3GWの電解槽を導入し、太陽光・風力ハイブリット電源、揚水発電を組み合わせた電源によって、再エネを24時間投入し、電解槽の稼働率を最大90%まで高めてグリーン水素を製造する。製造するグリーンアンモニアは、再エネの追加性や時間単位のマッチング等、グリーンアンモニアに関するEUのRFNBO要件に適合しているとして、CertifHyスキームによる事前承認を受けている。製造したアンモニアの大半は欧州に輸出予定であり、既にUniper、Yara、Keppelといった大企業とオフテイク契約に関するタームシートを締結済み。	AM Green Ammonia（アンモニア供給事業者） Uniper（水素利用） Yara（水素利用） Keppel（水素利用） ※Uniper（アンモニア供給事業者）、Yara（肥料メーカー）、Keppel（発電事業など）	1.3GW （アルカリ、John Cockerill）	グリーンアンモニア（肥料など）	FID承認済み （2024年8月に、第一段階のグリーンアンモニア100トンについてFIDを承認）
Yara （ノルウェー）	ITM PowerとLinde Engineeringの合併会社は、ノルウェーの大手肥料メーカーYaraのPorsgrun工場に24MWの水電解装置を導入。水力発電によって電力を供給し、年間2万500トンのグリーン水素を製造、年間6～8万トンのグリーンアンモニアを製造する。	Linde Engineering（水素供給） Yara（水素利用）	24MW （PEM、ITM Power）	グリーンアンモニア（肥料）	稼働中

プロジェクト （水素生産国）	プロジェクト 概要	事業者 （役割）	規模 （電解槽メーカー）	用途	状況
CF industries （米国）	アメリカの農業用肥料メーカーであるCF industriesは、ルイジアナ州ドナルドソンビルの自社工場に20MW電解槽を導入。系統から調達したグリーン電力で年間2万トンのグリーンアンモニアを製造し、既存アンモニアプラントをグリーンへ転換。	CF industries（水素供給、水素利用）	20MW （アルカリ、Thyssenkrupp nucera）	グリーンアンモニア（肥料）	稼働中

プロジェクト （水素生産国）	プロジェクト 概要	事業者 （役割）	規模 （電解槽メーカー）	用途	状況
Phenix Hydrogen Hub （アメリカ）	2018年にNikolaからNelに対し、85MW電解槽とBOP、ステーションの設備を受注していたが、その後キャンセルとなった。 2023年7月にIRAの成立を受けてFortescueはNikolaからPhenix Hydrogen Hubプロジェクトを買収。第1フェーズでは、アリゾナ州バックアイに80MW の電解装置と液化施設を建設し、年間で最大12000トンの液体水素を供給する予定。80MW電解槽はNelがNikolaに納入済みのものを設置することとしている。なお、アリゾナ州クーリッジでトラックを製造しているNikolaは、このハブから供給される液化グリーン水素の潜在的顧客となることが想定されている。2026年に稼働開始予定。	Fortescue（水素供給） Nikola（水素利用）	80MW （アルカリ、Nel）	運輸	FID承認済み （2023年11月）
Clean Hydrogen Coastline （ドイツ）	- ドイツの電力会社EWEはClean Hydrogen Coastlineプロジェクトで水素の製造、貯蔵、輸送、利用に取り組んでおり、その一つとして、ドイツのエムデンで280MW規模の水素製造プラントを建設予定。年間26000トンのグリーン水素を製造し、地域の産業用途で利用予定。2027年に稼働開始予定。 - Clean Hydrogen CoastlineプロジェクトはIPCEIに採択済。	EWE（水素供給）	280MW （PEM、Siemens energy）	産業	FID承認済み （2024年7月）
Hyoffwind （ベルギー）	ベルギーのエネルギー開発大手のVirya Energyはドイツの産業用ガス大手Messerなどと共同で、ベルギーのゼーブルージュに25MW電解槽を導入するHyoffwindプロジェクトのFIDを決定。プロジェクトでは、年間14000トンのグリーン水素を製造し、運輸と産業部門に供給する構想。2026年稼働開始予定。	Virya Energy（水素供給）	25MW （アルカリ、John Cockerill）	産業、運輸	FID承認済み （2024年7月）
Trailblazer （ドイツ）	ドイツのオーバーハウゼンのAir Liquidの工場に20MW電解槽を導入し、年間2900トンのグリーン水素を製造。2024年4月から稼働開始。	Air Liquid（水素供給）	20MW （PEM、Siemens energy）	産業、運輸	稼働中
不明 （米国）	Plug Powerはジョージア州ウッドバインにあるジョージア工場に40MWの電解槽を導入。1日あたり15トンの液体電解水素を製造。製造した水素はPlug Powerトレーラーによって水素燃料ステーションに配送され、運輸向けに利用される。	Plug Power（水素供給）	40MW （PEM、Plug Power）	運輸	稼働中

プロジェクト （水素生産国）	プロジェクト 概要	事業者 （役割）	規模 （電解槽メー カー）	用途	状況
Kuqa （中国）	• Sinopecは新疆ウイグル自治区において、260MW電解槽からグリーン水素を製造し、自社の化学工業で利用するプロジェクトに取り組み。 • 当初はシステムの動作範囲として30～100％を想定していたが、負荷30％において安全性に関するテストに合格しなかった。このことから、クロスリークに伴う爆鳴気の発生を防ぐため実際の動作範囲としては50～100%よりも狭い範囲で運転する可能性が高く、経済性の悪化が懸念されている。	Sinopec（水素供給事業、水素利用）	260MW （アルカリ、John Cockerillが120MW、LONGi Hydrogenが80MW、PERIC Hydrogen Technologiesが60MW）	化学工業	稼働中

- 今回調査対象としたPJにおいて、中止・延期が発表されたプロジェクトのうち、その理由が発表されているPJは5件（H2OK、H2Maasvlakte、The Gibson Island Green Hydrogen and Ammonia Project、H2eron、Flagship One）であった。延期・中止の理由は「補助金のための要件への対応」、「水素製造コストの高さ」、「水素市場が未成熟であること」であった。
- 「補助金のための要件への対応」については、H2OKは「IRAのクリーン水素製造税控除の条件である、追加性、地理的相関性、および時間的相関性に基づき、税制優遇措置の対象となるか不透明」、H2Maasvlakteは「RFNBO要件に適合するための追加性と洋上風力発電の入札のスケジュールにギャップがある」としている。
- 「水素製造コストの高さ」については、The Gibson Island Green Hydrogen and Ammonia Projectは、「水素が競争力を持つためには調達予定の太陽光発電と系統の電気料金を低減する必要がある」、H2eronは、「水素プロジェクトのコストが上昇している」としている。
- 「水素市場が未成熟であること」については、Flagship One（e-メタノール製造）は「e-メタノールは従来の燃料と比較してコストが高く、多くの海運会社がe-メタノールの長期調達に消極的」、H2eron(SAF製造)は、「水素市場が未成熟」としている。この二つのPJは、現状水素を利用していない産業への水素供給（e-メタノール、SAF）を前提としており、水素導入に対するハードルが高かったことが中止・延期の要因と推察される。

■ 中止・延期が発表されたプロジェクトのうち、中止・延期の理由が発表されているプロジェクトを以下に記載。

プロジェクト (国)	プロジェクト 概要	事業者 (役割)	規模 (電解槽メー カー)	用途	延期・中止の理由
FlagshipOne (スウェーデン)	2022年12月にスウェーデンのeFuel開発会社のLiquid Windから、デンマーク風力大手のØrstedがプロジェクトの所有権を取得。スウェーデンのエンシェルスヴィークで排ガス由来のCO2とグリーン水素から年間約5万トンのe-メタノールを海運業界に供給する予定。2025年に稼働開始予定。	Ørsted (水素供給)	70MW (PEM、Siemens Energy)	e-メタノール	FID承認後プロジェクト中止 (2024年8月) Ørstedは2022年12月にFIDを下し、2023年5月に建設を開始したものの、2024年8月に、市場形成の遅れに伴いe-メタノールの製造を中止すると発表した。従来の燃料と比較してコストが高く、多くの海運会社がe-メタノールの長期調達に消極的であったためとしている。損失としては2億2100万ドルとのこと。
H2OK (米国)	2022年1月にオーストラリアのエネルギー事業者であるWoodside Energyは、米国のアードモアのウエストポート工業団地において、290MW水電解によって日量90トンの液化水素を製造、将来的には容量を550MWまで拡張し日量180トンの液化水素を製造すると発表。 - 同年10月にNelとWoodside Energyは、プロジェクトの第一フェーズ (液化水素製造量日量60トン) 向けに電解槽の注文契約を締結。電力は系統電力から調達し、再エネ証書RECsを購入するとしている。	Woodside Energy (水素供給)	200MW※ (アルカリ、Nel) ※NelとWoodside Energyの注文契約締結の容量は非公開。電解槽290MWで液体水素日量トン90から、日量60トンは約200MWと推察。	運輸、フォークリフト、定置用燃料電池	FID延期 (2023年10月) 2023年10月にWoodside EnergyはH2OKプロジェクトのFIDを延期することを決定した。このプロジェクトは、電力は系統電力から調達し、再エネ証書RECsを購入するとしているため、2023年12月に発表されたIRAのクリーン水素製造税控除の条件である、追加性、地理的相関性、および時間的相関性に基づき、税制優遇措置の対象となるか不透明なため延期となった。

■ 中止・延期が発表されたプロジェクトのうち、中止・延期の理由が発表されているプロジェクトを以下に記載。

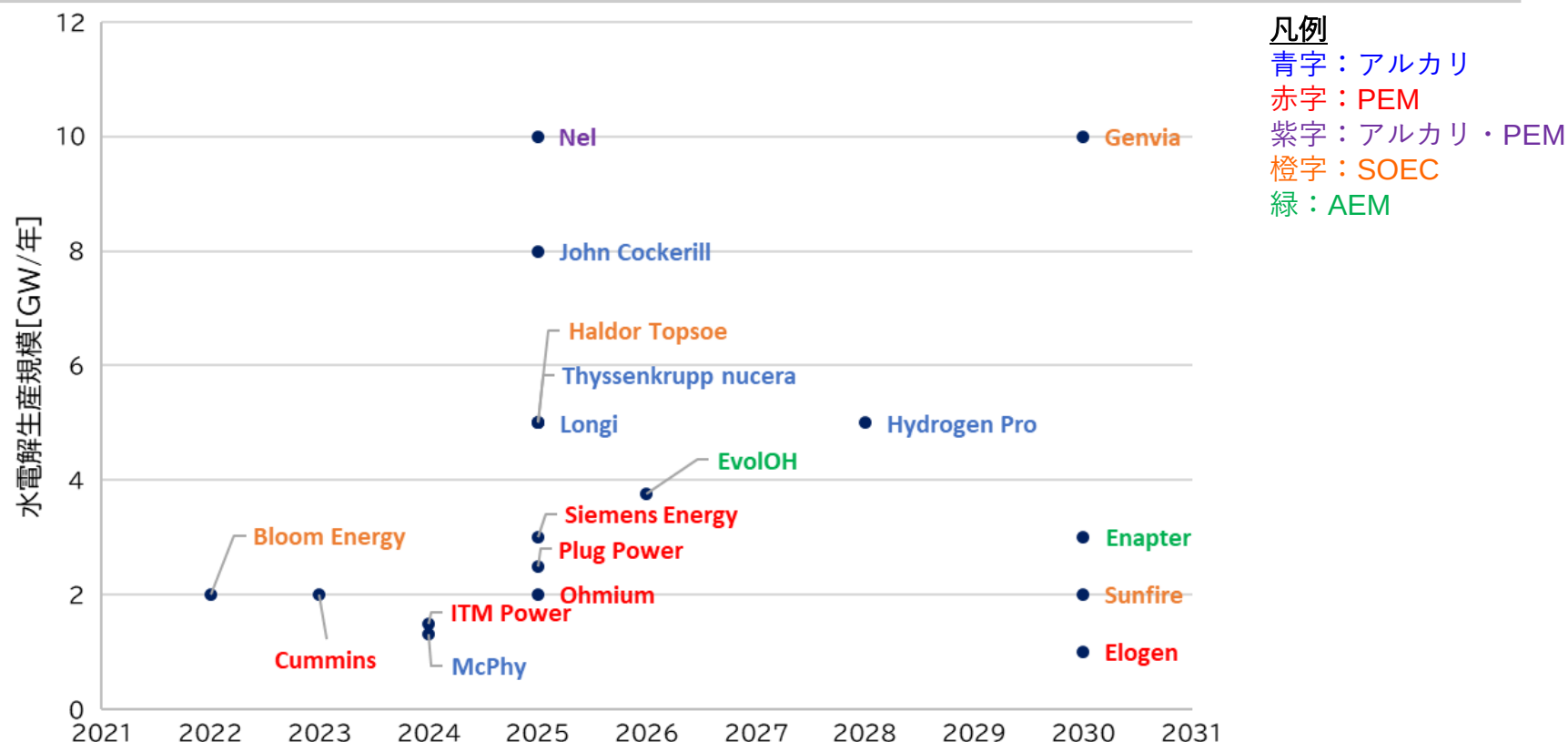
プロジェクト (国)	プロジェクト 概要	事業者 (役割)	規模 (電解槽メー カー)	用途	延期・中止の理由
H2eron (オランダ)	再エネ水素事業会社のHyCCは、オランダのデルフザイルの化学関連企業が集まるDelfzijl Chemical ParkにNel社製のアルカリ水電解を導入し、年間最大6000トンのグリーン水素を製造する予定。2026年稼働開始予定。	HyCC (水素供給)	40MW (アルカリ、Nel)	SAF	プロジェクト延期 (2023年12月) HyCCは2023年12月に水素市場が未成熟なこと、水素プロジェクトのコスト上昇を理由に、プロジェクトの実現を早くても2028年まで延期すると発表。HyCCはプロジェクト自体は40MWから50MWへ拡張する構想を掲げ、50MW電解槽調達に向けてNelと交渉中であるとしている
The Gibson Island Green Hydrogen and Ammonia Project (オーストラリア)	2023年10月にFortescueとオーストラリアの肥料メーカーのIncitec Pivot Limitedは、オーストラリアのクイーンズランド州ブリスベンのギブソン島でのグリーンアンモニア製造に関する提携を発表。稼働開始後は、550MW電解槽から製造されるグリーン水素から、Incitec Pivot Limitedのアンモニア工場で年間約385,000トンのグリーンアンモニアを生産する予定。生産開始は2026年を予定。 2023年にFortescueはオーストラリアの発電事業者Genex Powerから、337.5MWの太陽光発電電力をPPAで調達する契約を締結。太陽光発電から電力を調達できない時間帯は系統から電力を調達するとしている。	Fortescue (水素供給) Incitec Pivot Limited (水素利用)	550MW (PEM、Plug Power)	グリーンアンモニア	FID延期 (2024年4月) FIDは2023年12月末までに行われる予定であったが、延期された。延期理由について、2024年4月にFortescueのCEOが以下のようにコメント。オーストラリア政府に対し、特にギブソン島がある東海岸の電力価格を下げるためにできる限りのことをするよう促している。適正な経済性を確保するために、水素を生産できるレベルまで電力価格を下げる必要がある。電解槽をできるだけオン・オフしたくないため、太陽光発電および系統電力の両方を使用することを想定しており、共に電力価格を低減したいと考えている。

■ 中止・延期が発表されたプロジェクトのうち、中止・延期の理由が発表されているプロジェクトを以下に記載。

プロジェクト (国)	プロジェクト 概要	事業者 (役割)	規模 (電解槽メー カー)	用途	延期・中止の理由
H2Maasvlakte (オランダ)	ドイツのUniperは北海の洋上風力から電力を調達し、ロッテルダム港で100MW電解槽からグリーン水素を製造する構想を掲げる。2026年稼働開始予定。その後、遅くとも2030年までに500MWまで拡大するとしている。	Uniper（水素供給）	100MW (PEM、Plug Power)	化学産業、パイプライン注入など	FID延期（2024年4月） - 北海の洋上風力からPPAでの電力調達を想定していたが、十分な電力を得ることができなかったため。EUのRFNBO要件に適合するためには、電解槽へ供給する電力は、同じ入札区域内に建設された新しい再エネとする必要がある。つまり水電解装置稼働の3年前より前に稼働を開始していない洋上風力発電電力を使用する必要がある。今回の入札で洋上風力発電を確保することができなかったため、追加性の要件を満たすためには、今回入札したものよりも稼働開始時期が遅い、新しいオランダの洋上風力発電の入札に参加する必要がある。そのため、プロジェクト開始時期が遅れることとなった。このようにRFNBO要件に適合するための追加性と洋上風力発電の入札のスケジュールにギャップがあるという課題が生じている。 - また、オランダの高圧送電網の託送料金が急騰していることも延期の一因であるとしている。

- 主な海外企業の、2030年までの水電解装置年間生産目標と、その実現時期は以下の通り。
- 2025年頃にGW/年級の生産規模を目指す企業が多数現れている。
- EUは「多国間の共通利益に適う内容を支援するプロジェクト」として、IPCEIを発足、水素分野では“Hy2Tech”(技術開発支援)において、水電解の生産技術や設備に対する支援を実施している。

海外企業の水電解装置生産目標と実現時期（囲み：IPCEI Hy2Techでギガファクトリーが採択された企業）



- 主な海外企業の、2030年までの水電解装置年間生産目標と、その実現時期は以下の通り。
- 2025年頃にGW/年級の生産規模を目ざす企業が多数現れている。
- EUは「多国間の共通利益に適う内容を支援するプロジェクト」として、IPCEIを発足、水素分野では“Hy2Tech”（技術開発支援）において、水電解の生産技術や設備に対する支援を実施している。

共同声明「2025年までに水電解装置17.5GW/年の生産規模実現」の発表機関

政府・業界団体	水電解装置メーカー	部材・周辺機器メーカー
 European Commission  Hydrogen Europe	    Enapter	   Hydrogen & Energy Systems

(出所) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2829
(出所) European Clean Hydrogen Alliance, “European Electrolyser Summit(2022)”

- 教育・研究省（BMBF）は、国家水素戦略（2020）の水電解5GW導入目標を受け、2021年1月にRD&Dプロジェクト「H2Giga」において5億ユーロ（約800億円）を投じ高耐久・低コストな水電解量産技術開発を推進。
- ドイツのシステムメーカー、材料・加工メーカーと研究機関の産学連携の構築で生産技術確立を強力に支援。

H2Gigaプロジェクト プロジェクト概要（青字：システムメーカー）

プロジェクト名	概要	参画機関(紙幅の関係でメーカーのみ抜粋)
INSTALL_AWE (2021-2025)	GWスケールでのアルカリ水電解の産業化に取り組むプロジェクト。総額約2070万ユーロ（約33億円）の支援を実施。	Thyssenkrupp nucera（アルカリ水電解メーカー） Hoedtke GmbH（レーザー金属加工） De nora（電極メーカー）
QT1.1 (2021-2025)	改良された酸素電極による技術的な H2 生成のための最適化された材料開発のためのプロジェクト。総額約1900万ユーロ（約30億円）の支援を実施。	Thyssenkrupp nucera（アルカリ水電解メーカー） Umicore（触媒メーカー） De nora（電極メーカー）
SEGIWA (2021-2025)	GWスケールでのSiemensのSilyzer300のPEM電解のシリアル生産を実現する。MEA生産プロセスからモジュール組み立てまで製造チェーン全てを網羅し、GWスケールでの完全自動化連続生産までを可能とする。 サブプロジェクトでは、フッ素を含まないMEAのスケールアップと産業分野での特性評価に取り組む。総額3000万ユーロ（約48億円）の支援を実施。	Siemens Energy（PEM水電解メーカー） Fumatech BWT GmbH（膜メーカー） Heraeus（触媒メーカー） Main Automation（自動化システム開発）
DERIEL (2021-2025)	電解の劣化の分析・モデリング、Silyzer300に基づく加圧モジュールのラウンドロビン分析、大規模な電解試験システム用のデジタル ツインの開発、最適化、検証、貴金属触媒リサイクルなどに取り組む。総額9500万ユーロ（約150億円）の支援を実施。	Siemens Energy（PEM水電解メーカー） Heraeus（触媒メーカー）
AEL4GW (2021-2025)	GWスケールの加圧アルカリ水電解生産技術に対して総額2700万ユーロ（約43億円）の支援を実施。	Sunfire（加圧アルカリ水電解メーカー） Alantum Europe（発泡金属メーカー） Frenzelit Werke（シール・複合材メーカー） HAFF-Dichtungen（シールメーカー） MTV NT GmbH(コーティングメーカー)
HTEL Ready for Gigawatt (2021-2025)	Sunfire の高温水蒸気電解装置の産業化を目指しており、量産によるスケールアップに力点を置く。業界と研究者は協力して、自動化プロセス、生産のスケールアップ、セルと相互接続の性能と寿命の観点からの単一ユニットの改善、プラントコンポーネントのバランスなどの開発に取り組む。全自動の200MW工場概念設計を行うとしており、3300万ユーロ（約51億円）の支援を受ける。	Sunfire（SOECメーカー） HORIBA Fuelcon GmbH（試験設備メーカー） IMK automotive GmbH（製造エンジニアリング） Kerafol GmbH（セル・シールメーカー） Xenon Automatisierungstechnik GmbH（組立・検査ラインメーカー）

(出所) 各種公開情報をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成



世界市場での各型のシェア状況

実施事項

- グリーン水素製造プロジェクトの状況は日々変化している。そこで、調査における時間軸を設定した上で、2024年9月20日までに発表されているプレスリリースやニュースサイトを調査し、**アルカリとPEMのシステムメーカーが取り組む水素製造プロジェクトを抽出、シェア状況をまとめた。**

規模感

- 10MW規模以上のプロジェクトを対象とした。

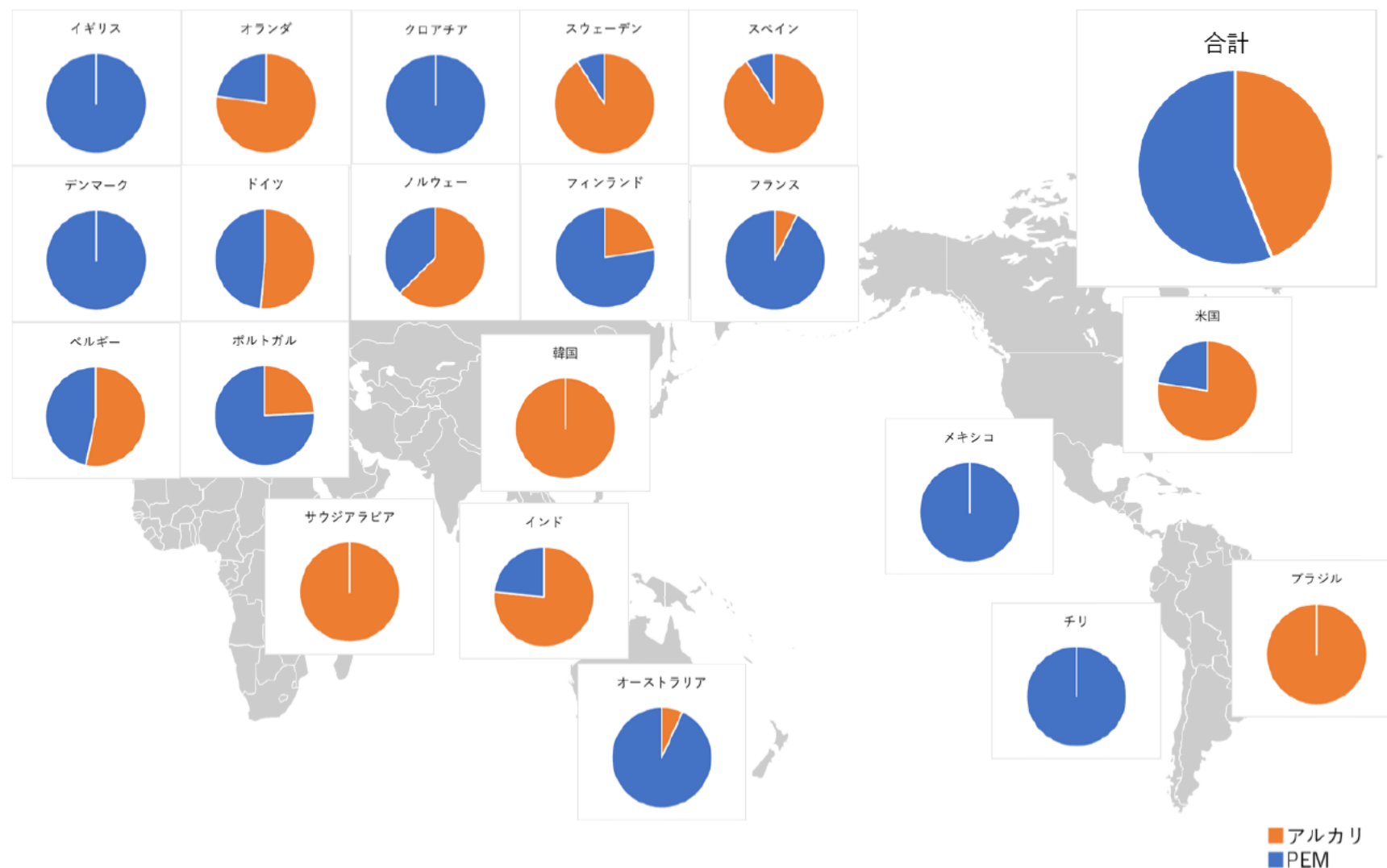
対象とした企業

- アルカリについては、**10MW以上のプロジェクトへの関与数が特に多い「Nel、Thyssenkrupp nucera、John Cockerill、Hydrogen Pro」が取り組むプロジェクトを対象として整理した。**
- PEMについては、**10MW以上のプロジェクトへの関与数が特に多い「Siemens Energy、ITM Power、Plug Power、Ohmium」が取り組むプロジェクトを対象として整理した。**

時間軸

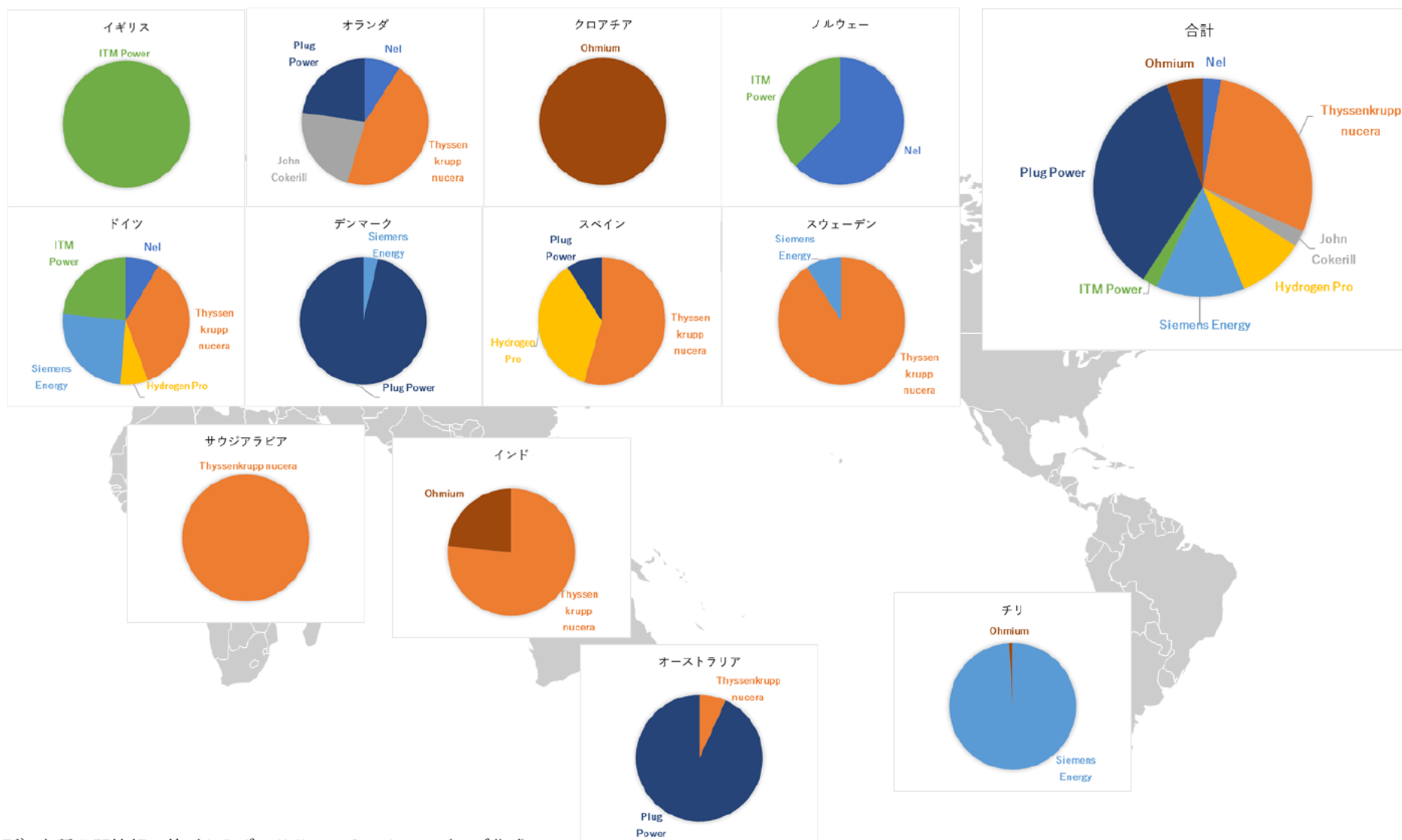
- 2022年以降に発表されたプロジェクト、2022年以前に発表されたプロジェクトであっても2022年以降にプロジェクトの進捗に関する情報がプレスリリースやニュースサイト等で発表されているプロジェクトを対象とした。

- 調査範囲に基づき、国ごとにシェアを整理。



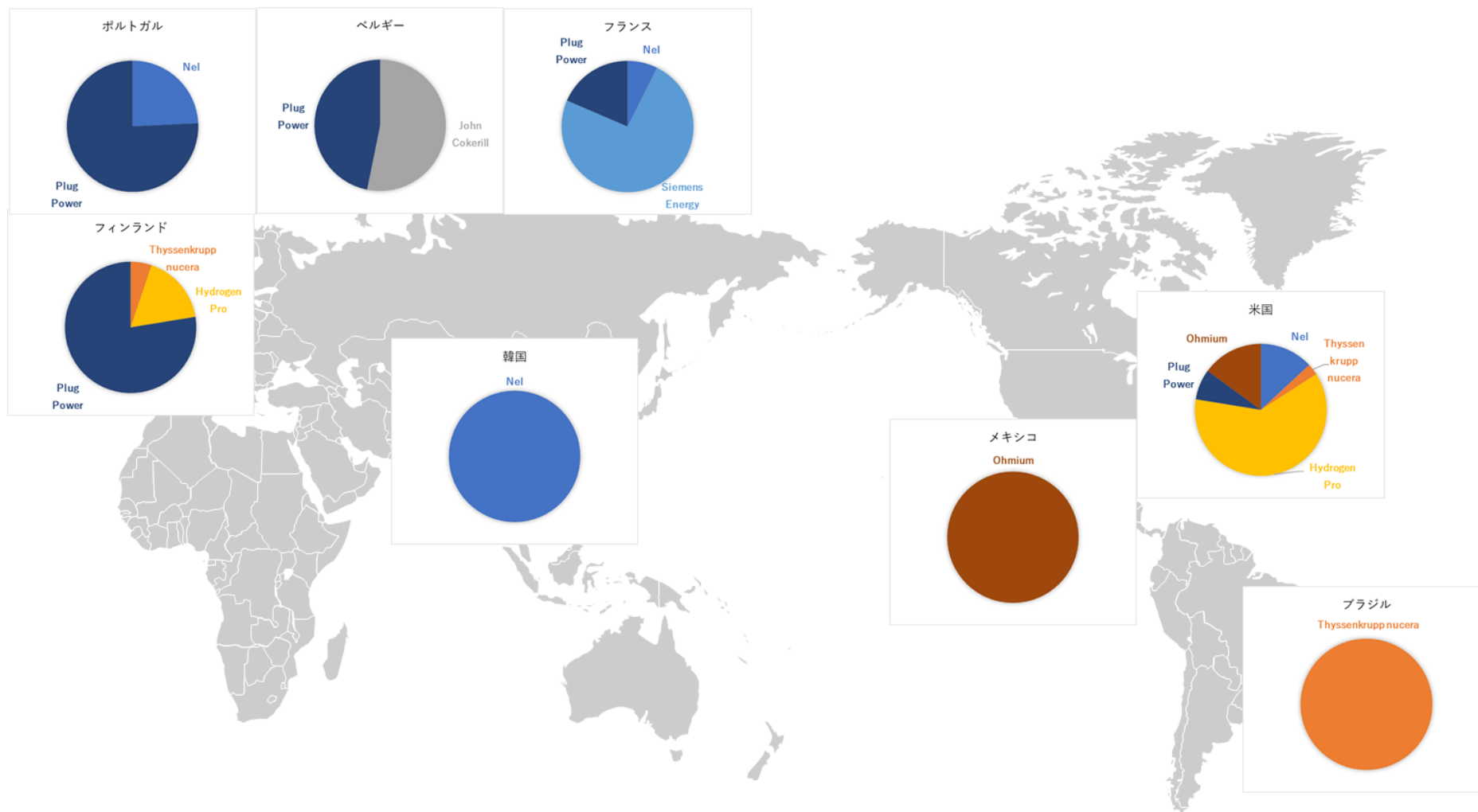
(出所) 各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 調査範囲に基づき、各国のメーカーのシェアを整理。



（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

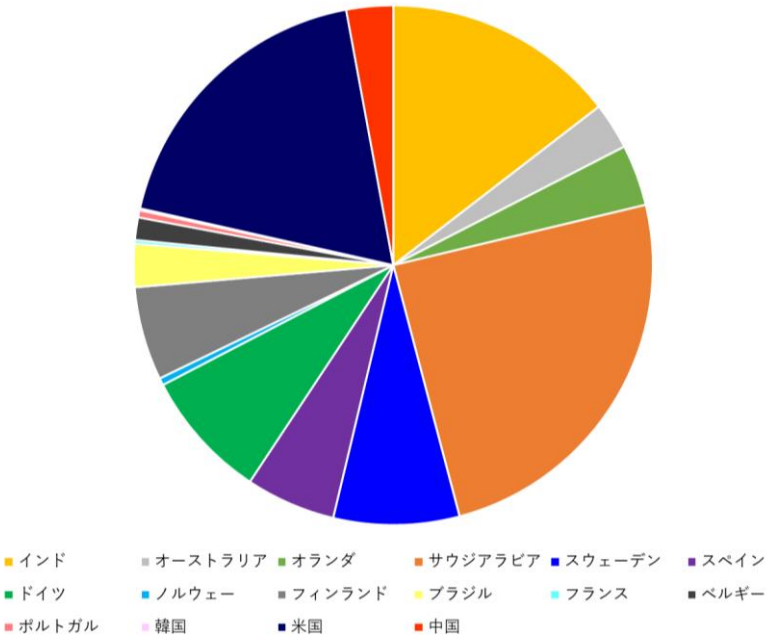
- 調査範囲に基づき、各国のメーカーのシェアを整理。



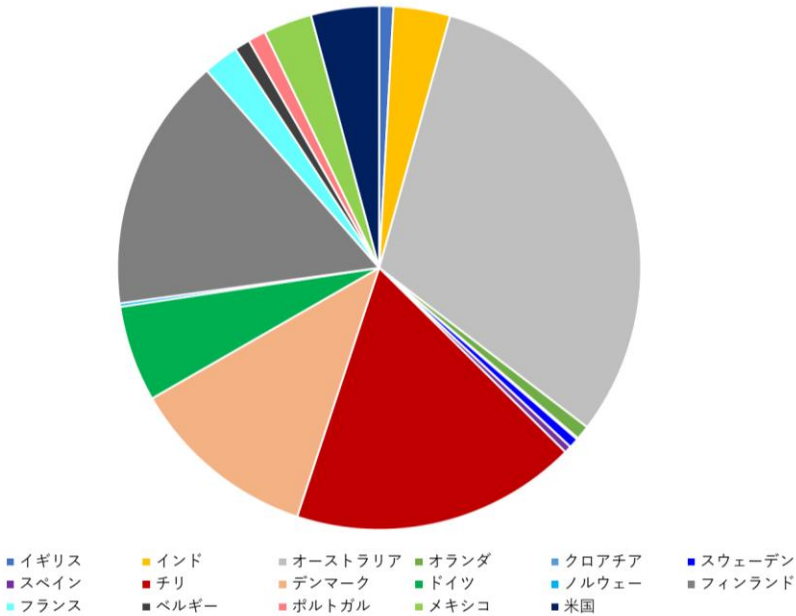
（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- 調査範囲に基づき、各型の世界でのシェア状況を整理。

アルカリ水電解



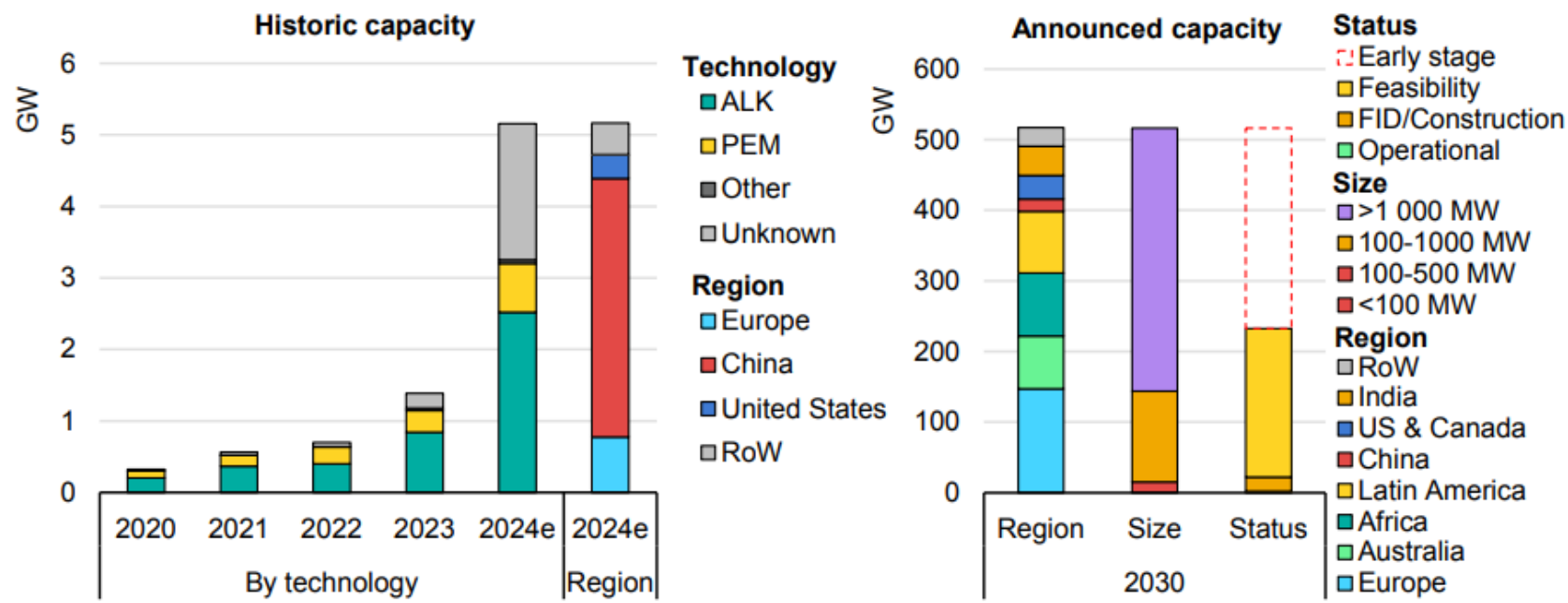
PEM水電解



(出所) 各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 最近5年で水電解の導入容量は大きく拡大、2023年にはGW超えに至った。特に2023年から2024年にかけて急激に増加。
- 電解種類の内訳ではアルカリが約半分を占め、PEMが次ぐ。導入地域は中国・欧州が大半だが米国も増加。
- 2030年に向けて発表されている計画は既に500GWを超えている。
- 発表済み計画における導入地域では欧州が最多だが、豪州、南米、アフリカなどの再エネ資源国が大きな割合を占めている。
- プロジェクトあたり容量規模は2030年にはGW級が大半、最終投資決定（FID）に至ったものはまだ限定的。

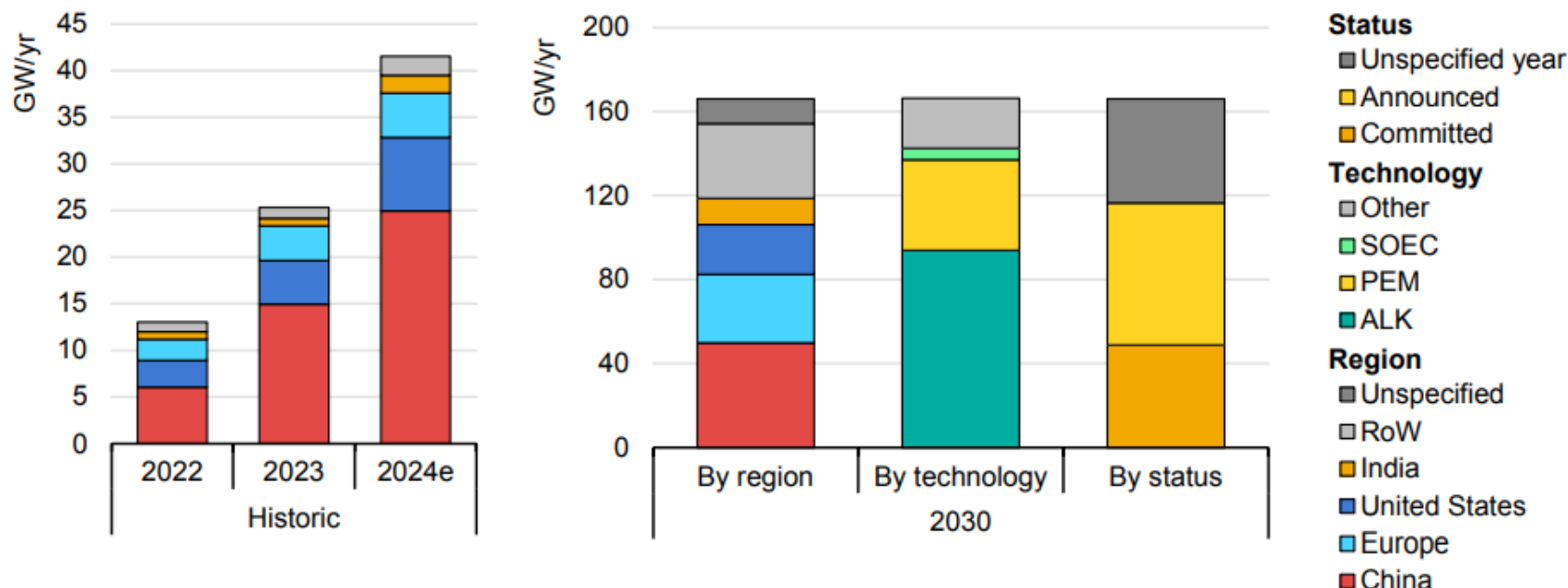
水電解装置の導入状況・発表済計画



(出所) IEA, “Global Hydrogen Review 2024”

- 水電解の生産能力もグローバルでは40GW/年に達しており、2022年から2024年でおおよそ3倍に至った。
- 生産地域は特に中国、米国、欧州が主要な割合を占めるが、インドも徐々に生産能力を拡大している。
- 2030年にはグローバルで165GW/年の生産能力が計画され、中国・欧州・米国で半数以上を占める。現状FIDに至っている生産量は計画の30%。2030年には116GW/年の設備が稼働予定。
- 電解種ではアルカリが約半数、PEMがそれに次ぐが、SOECも6%のシェア。

水電解装置の生産能力



(出所) IEA, “Global Hydrogen Review 2024”

“Status”に関する注

「Unspecified year」は運転開始の目標年なしで発表された計画。

「Announced」は2030年までに運転開始が見込まれる計画。

「Committed」は稼働中、建設中またはFIDに達した計画。

実施事項

- 2024年12月20日までに発表されているプレスリリースやニュースサイトを調査し、現状においてアルカリ、PEM、AEM、SOECのシステムメーカー各社が取り組む量産工場の建設計画や稼働状況を整理した。

対象とした計画

- 具体的な量産工場建設計画(具体的な場所、規模、稼働時期など)が発表されているものを対象とした。

対象とした企業

- アルカリ、PEM、AEM、SOECのシステムメーカーを対象とした。
- 日本のシステムメーカーについては、「GXサプライチェーン構築支援事業」に採択されたシステムメーカーを対象とした。
- 海外のアルカリ、PEM、AEMについては、大項目「水電解装置の各国の主要企業の状況」における「主要な水電解メーカーの整理」に記載した企業を調査対象とするものとした。
- SOECについては、主要メーカーの「Bloom energy、Elcogen、FuelCell Energy、Sunfire、Haldor Topsoe」を調査対象とした。

整理の方針

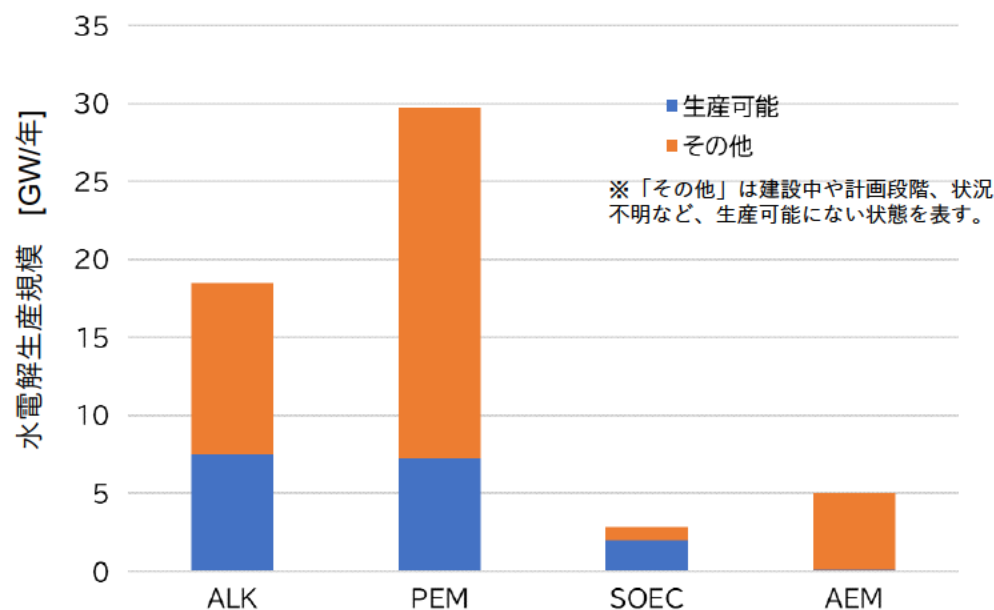
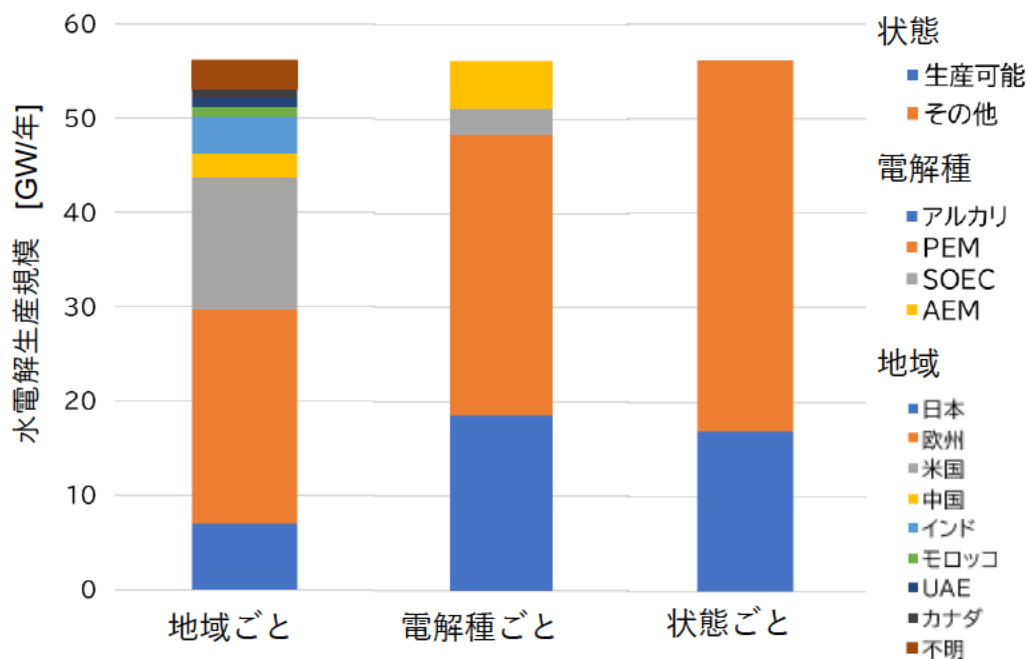
- 量産工場の状況については「生産可能」、「その他」に分類するものとした。なお、「生産可能」は既に電解槽の生産が可能な状態、「その他」は建設中や計画段階、状況不明など、生産可能にない状態とした。
- 企業が量産工場建設計画を発表していても、生産量や地域が不明な場合については本調査では集計の対象から除外した。
- 企業の量産工場において、拡張計画や構想が発表されている工場も存在するため、拡張計画分の生産容量については「その他」に含めるものとした。なお、拡張工事が既に完了しており、生産可能な状態となっているものについては「生産可能」分に含めるものとした。

- 今回の調査範囲においては、各社が発表している量産工場の規模の合計は約56GW（稼働中、計画段階の他、状況が不明なものも含む）であり、現状量産可能な水電解装置の規模は約17GW/年（約30％）であることがわかった。
- 2023年以降、アルカリは3.5GW/年、PEMは5GW/年だけ量産規模が拡大（生産可能な状態にある容量）しており、2023年以降水電解装置の生産能力が大きく増加していることがわかる。これは、2023年以降、大型PJがFIDに至る事例が増加しており、大型PJに対応するため各企業が生産能力を強化して対応しているためと推察される。
- アルカリについては、John Cockerillは現状で4GW/年の生産能力を有しており、現在整備を進めている量産設備を合わせると将来的に9GW/年の量産能力を有することが見込まれる。アルカリ水電解の生産設備の拡大において、他社と比較してJohn Cockerillは先行している状況であると推察される。
- PEM水電解については、各企業が現状で1～2GW/年程度の生産能力を有している状況である。なお、Quest One（旧H-TEC SYSTEMS）、Hystarは意欲的な量産計画を打ち出している（Quest Oneは5GW/年、Hystarは4.5GW/年の量産工場建設計画を掲げる）。

- 今回の調査範囲においては、各社が発表している量産工場の規模の合計は約56GW（稼働中、計画段階の他、状況が不明なものも含む）であり、現状量産可能な水電解装置の規模は約17GW/年（約30%）であることがわかった。
- 以下の右図に示すように、現状で生産可能な容量についてはアルカリとPEMで概ね同一であることがわかった。なお、量産計画自体はPEMの方が多くわかる。これは、Quest One（旧H-TEC SYSTEMS）、Hystarが意欲的な量産計画を打ち出しているためである（Quest Oneは5GW/年、Hystarは4.5GW/年の量産工場建設計画を掲げる）

水電解装置の現状の生産能力

水電解装置の現状の生産能力（電解種毎の状況）



※Thyssenkrupp nuceraは2025年までに生産能力を1GW/年から5GW/年に拡大すると発表しているが、具体的な量産工場の詳細（場所、容量、稼働時期など）が不明なため、Thyssenkrupp nuceraの生産能力拡大計画（生産能力 5GW/年）は上記集計には含んでいない。

※NelはPEM、アルカリ合わせて4GW/年の量産工場を米国のミシガン州に建設する構想であるが、本調査ではアルカリ2GW/年、PEM2GW/年と仮定した。

※Plug Powerは、水電解と燃料電池合わせて2.5GW/年の量産工場を米国のロチェスターに開設したとしているが、本調査では水電解1.25GW/年と仮定した。

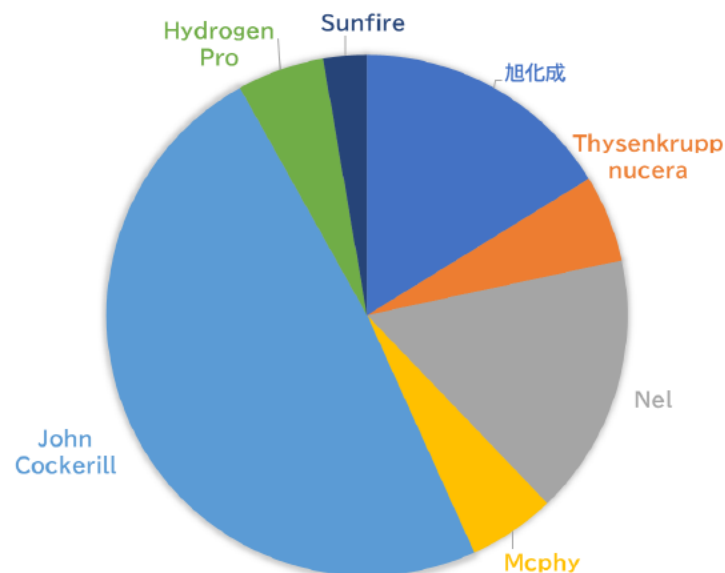
※SOECの「生産可能」は、Bloom Energyがデラウェア州(米国)に開設した2GW/年の量産工場。

※AEMの「生産可能」は、Cipher Neutronがカナダのトロントで有している100MW/年の量産設備。

（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

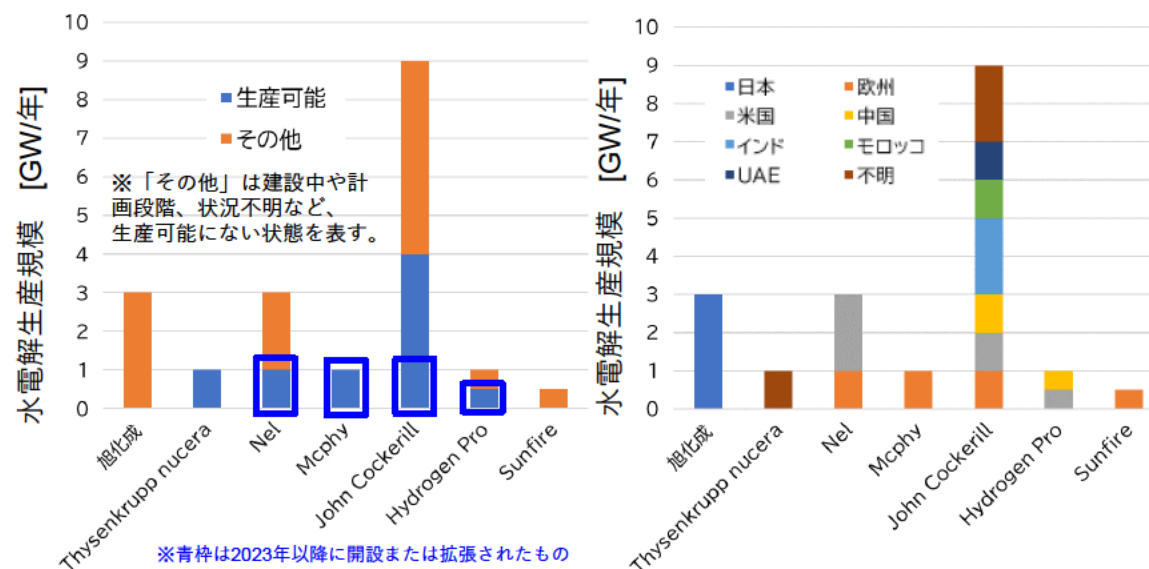
- アルカリ水電解については、現状において各社が1GW/年程度の生産能力を有している中、John Cockerillは現状で4GW/年の生産能力を有している。加えて、現在整備を進めている量産設備を合わせると将来的に9GW/年の量産能力を有する水準である。
- John Cockerillは、インド、モロッコ、UAEなどでも量産計画を進めており、水素製造拠点において量産工場を建設する構想であることが伺える（インドでは1.3GW規模のプロジェクトがFIDに達している）。
- 2023年以降に約3.5GW/年分生産可能な容量（拡張含む）が増加している。

企業ごとの内訳



※「生産可能」、「その他」共に含む

各企業の現状の生産能力



※Thyssenkrupp nuceraは2025年までに生産能力を1GW/年から5GW/年に拡大すると発表しているが、具体的な量産工場の詳細（場所、容量、稼働時期など）が不明なため、

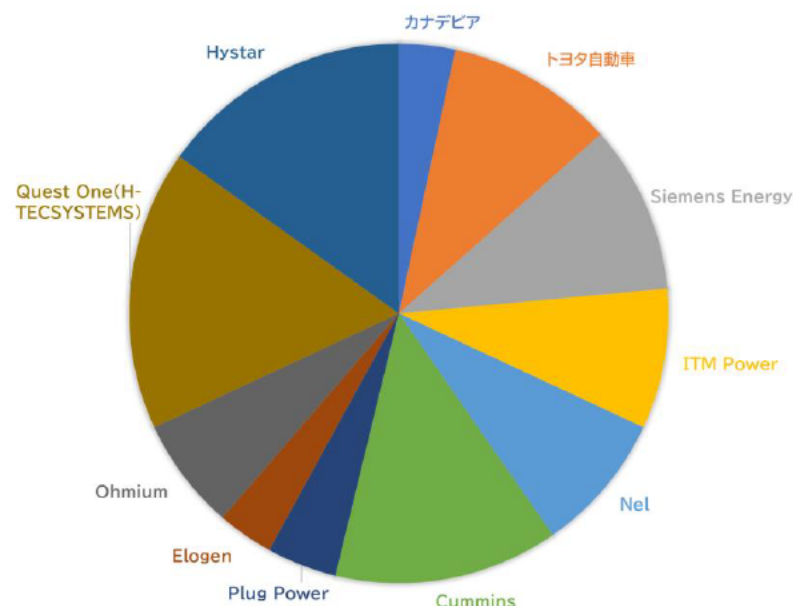
Thyssenkrupp nuceraの生産能力拡大計画（生産能力 5GW/年）は上記集計には含んでいない。

※NelはPEM、アルカリ合わせて4GW/年の量産工場を米国のミシガン州に建設する構想であるが、本調査ではアルカリ2GW/年、PEM2GW/年と仮定した。

（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- PEM水電解については、各企業が現状で1～2GW/年程度の生産能力を有している。なお、Quest One（旧H-TECSYSTEMS）、Hystarは意欲的な量産計画を打ち出している（Quest Oneは5GW/年、Hystarは4.5GW/年の量産工場建設計画を掲げる）。
- 2023年以降に約5GW/年分生産可能な容量（拡張含む）が増加している。

企業ごとの内訳



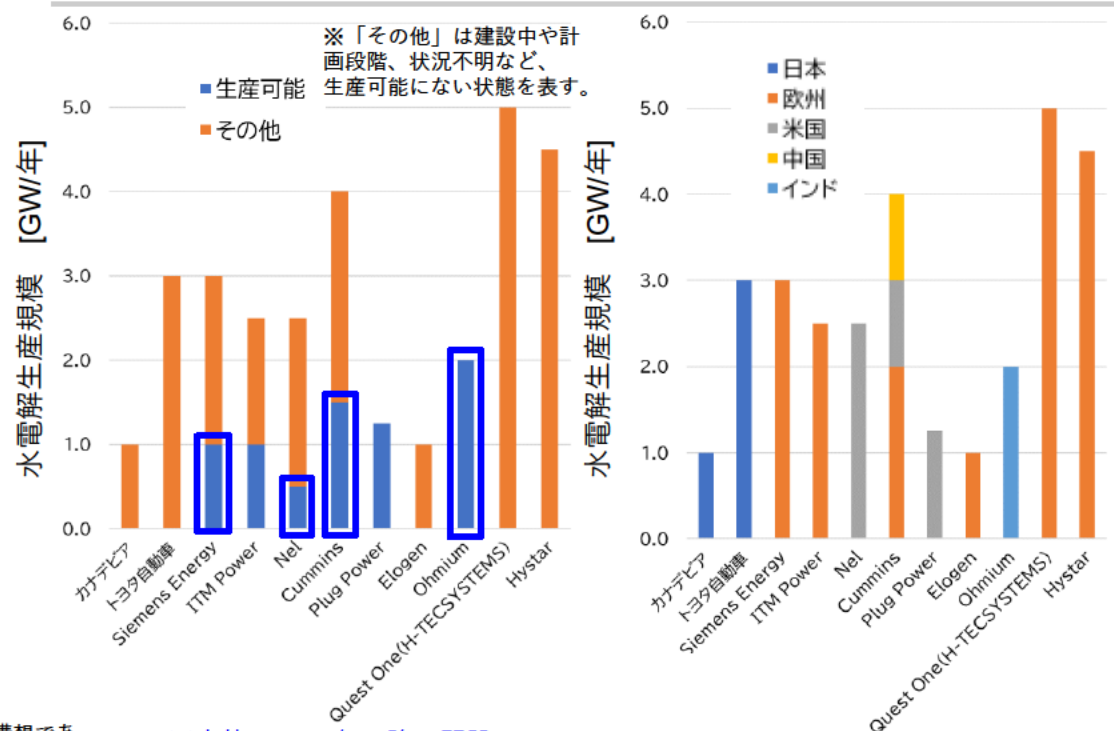
※「生産可能」、「その他」共に含む

※NelはPEM、アルカリ合わせて4GW/年の量産工場を米国のミシガン州に建設する構想であるが、本調査ではアルカリ2GW/年、PEM2GW/年と仮定した。

※Plug Powerは、水電解と燃料電池合わせて2.5GW/年の量産工場を米国のロチェスターに開設したとしているが、本調査では水電解1.25GW/年と仮定した。

（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

各企業の現状の生産能力



※「その他」は建設中や計画段階、状況不明など、生産可能にない状態を表す。

※青枠は2023年以降に開設または拡張されたもの



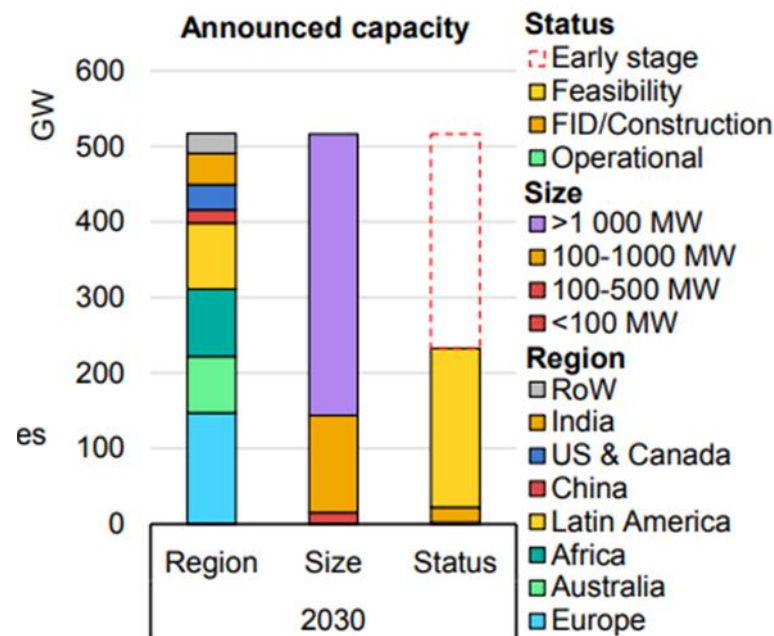
各電解種の将来予測 (2025/30/40)

電解種	アルカリ水電解	PEM水電解	AEM水電解	SOEC
概念図				
TRL	8-9 (商業化段階)	8-9 (商業化段階)	3-5 (技術開発段階)	5-7 (実証段階)
特徴	- 最も技術面で成熟しており、大出力装置の導入実績が豊富なほか、設備コストも他の装置より経済的。 - 周辺機器含め装置が大きくなる傾向にあるため、技術的には集中製造に適している。	- アルカリ水電解に比べると負荷追従性に優れる、付帯設備含め設備がコンパクトなどが特長。 - 構成材料が貴金属をはじめ高額。 - 技術的には出力変動の著しい再エネとの接続や分散型水素製造に適する。	- 電解質に固体高分子膜を利用するためアルカリ水電解より高電流密度化（コンパクト化）可能。 - アルカリ性環境であるため、PEM水電解と異なり貴金属フリー触媒を使用可能。 - 低濃度アルカリ電解液を利用することで逆電流や腐食の影響を抑えることで長寿命化、材料や設備の低コスト化が図れる。	- 他の電解種と異なり熱を電解に利用できるためエネルギー効率が著しく高い。 - 現状アルカリ・PEMに比べ技術的成熟度は低く、耐久性や負荷追従性には改善の余地あり。 - 外部から熱を供給することで効率が向上するため排熱利用が期待できるプロセスでの利用に適する。
普及拡大に向けた技術課題	- 出力が時間変動する再エネとの結合において柔軟性や耐久性で課題あり（アルカリ電解液を利用していることに伴い、起動停止時に逆電流が発生し電極の劣化が進行する）。 - 技術的成熟度が高く、従来の延長線上の技術開発を行うのみではコスト低減の余地に限り有り。	- アノード触媒に極希少金属であるIrを利用しているためIr使用量を圧倒的に低減する技術が必須である。 - 電解質膜でデファクトスタンダードのフッ素系膜が今後PFAS規制の対象となると、代替材の探索が必要となり普及が大きく阻害される恐れがある。	電解質膜（アニオン交換膜）が耐久性に劣る点が課題であり、耐久性・長寿命化に課題。解決にはイオン伝導性、化学的安定性、機械的完全性を備えた膜が求められる。	- 高温運転を要するため、構成物質の熱膨張の関係からコールドスタート、負荷変動に時間を要し柔軟性に劣るため変動再エネとの結合において課題がある。 - 高温、水蒸気雰囲気といった厳しい環境に材料が晒されるためアルカリ・PEM比で材料耐久性やガスシール性確保に課題あり。耐久性・長寿命化に課題。

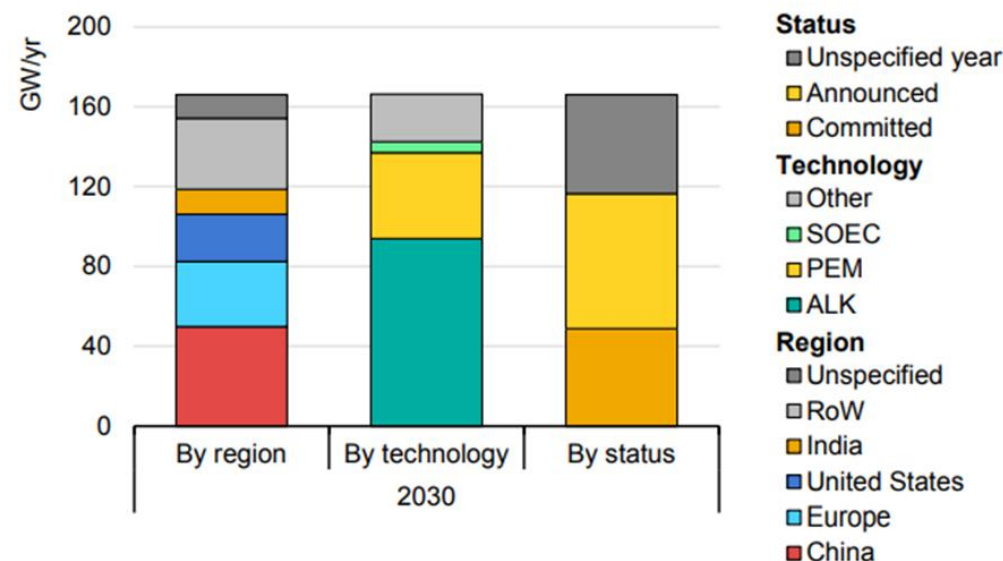
(出所) 各種公開情報に基づきみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- 発表済の水電解導入計画は2030年には500 GWを突破。また、2030年にはグローバルで165GW/年の生産能力が計画。電解種別ではアルカリ水電解が55%、PEM水電解がそれに次ぐ。
- 他方アルカリ、PEM水電解には、それぞれ普及に向けた技術課題が存在する。この技術課題を解消しうる新規技術としてアニオン交換膜水電解（AEM）が注目されている。
- 本調査では、「アルカリ、PEM水電解の技術課題の解消に向けた開発動向」と「AEM水電解の開発状況」を調査・分析することで、今後の低温水電解の導入に向けた課題や普及の姿について考察する。

発表済の水電解導入計画



発表済の水電解生産計画



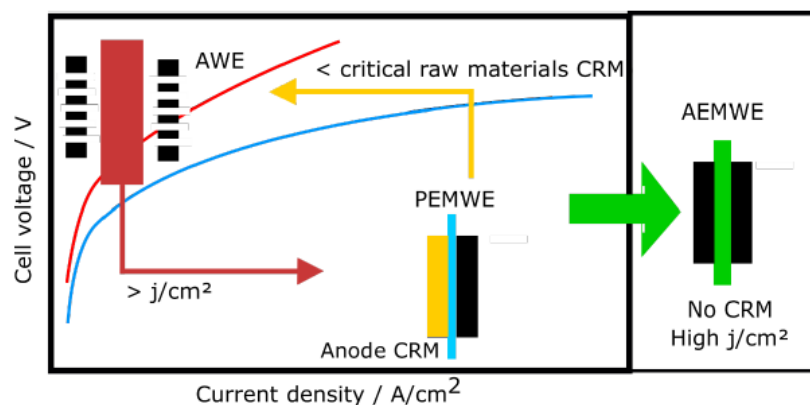
(出所) IEA, "Global Hydrogen Review 2024"

- PEM電解のIr資源の課題、PFAS規制などを背景に、将来技術として貴金属利用量を大きく低減する可能性のあるAEMに近年注目が集まりつつある。
- AEMはアルカリとPEMのハイブリットを目指すことで、低コスト化を目指すことが出来る技術と目される。
- Nelは中長期的には電解種の棲み分けとして、AEM（やSOEC）の導入が拡大する可能性を示唆（右下図）。

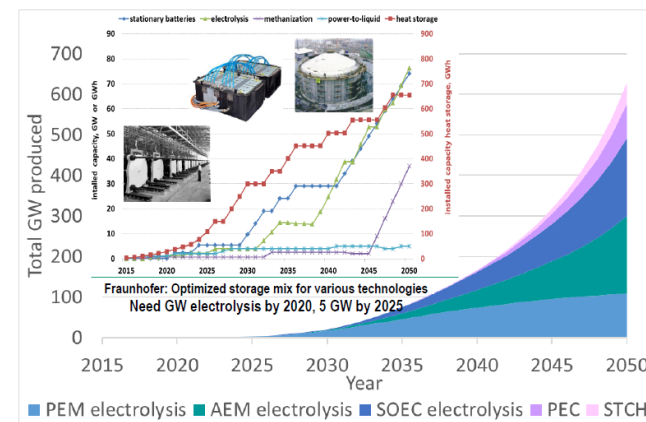
AEMへの注目

- ✓ アルカリ電解の特徴（安価な部材を利用可能）と、PEM電解の特徴（電流密度を高く出来ること）のハイブリッドを目指す手段として、AEMが注目されつつある。
- ✓ AEMはセルスタックの構造がPEMに類似しており、PEM電解装置や部材を手掛ける企業も注目する。
- ✓ 中長期的にはAEM（やSOEC）の導入が拡大する可能性、DOEファンドでNelは技術開発に取り組む。

アルカリ電解とPEMのハイブリッドとしてのAEMの概念図



Resulting Timeline for Energy Storage



New technology 20-25 years from impact even with aggressive assumptions
Need focus on near term technology to accelerate 1st 10 years

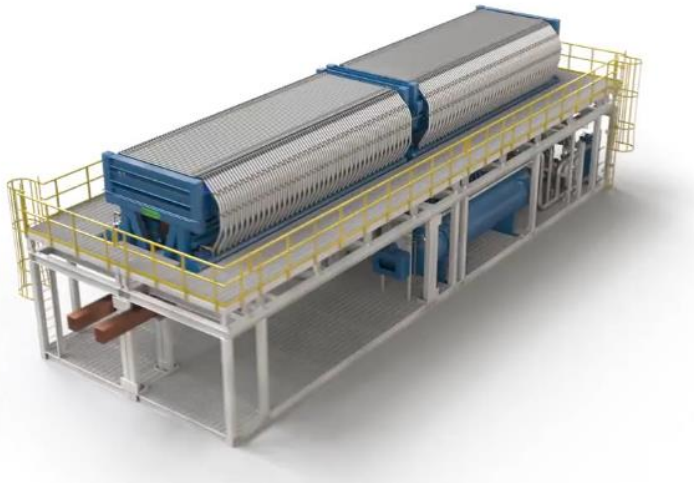
(出所) Kathy Ayers, “Commercial Electrolysis: Setting the Stage for H2@Scale”

(出所) Energy-X, “Research needs towards sustainable production of fuels and chemicals”

- Verdagyは、**1.2m×2.7mの大型セルから構成される20MWモジュール**を連ねて100MW以上を目指すとする。**Verdagysの開発するAEM水電解は、食塩電解ベースのセル構造にアニオン交換膜を採用した構造。**
- Verdagyの電解槽は、電流密度については0.1-2.0A/cm²、負荷応答性能については1分単位で負荷変動が可能とする（再エネ変動追従を強みとする）。電解液にはKOH溶液を用いているが、電解液濃度は非公開。
- 技術成熟度としては、2022年9月に、20kW試験セル（面積3200cm²）で、高電流密度での1000時間連続運転試験を完了したと発表。現状では、500kWスタック（3つの1.2m×2.7mの大型セルをスタック）での試験を実施すると共に、2MWのパイロットプラントを稼働中（VerdagysのHP^[1]に稼働中と記載有）。

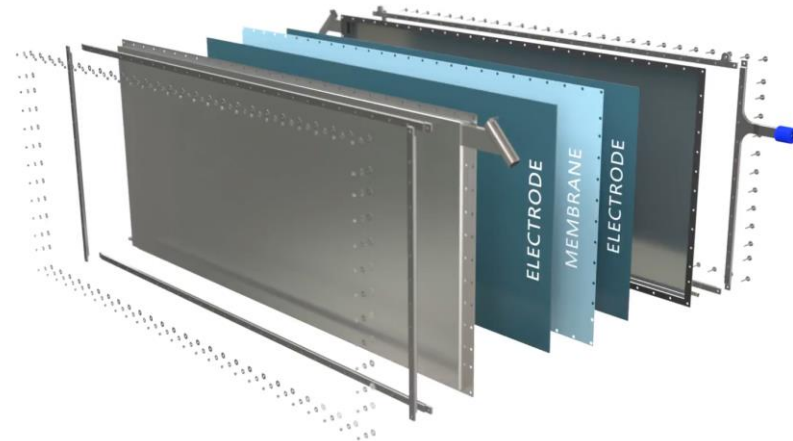
[1] <https://verdagy.com/>

Verdagysの大型AEM水電解



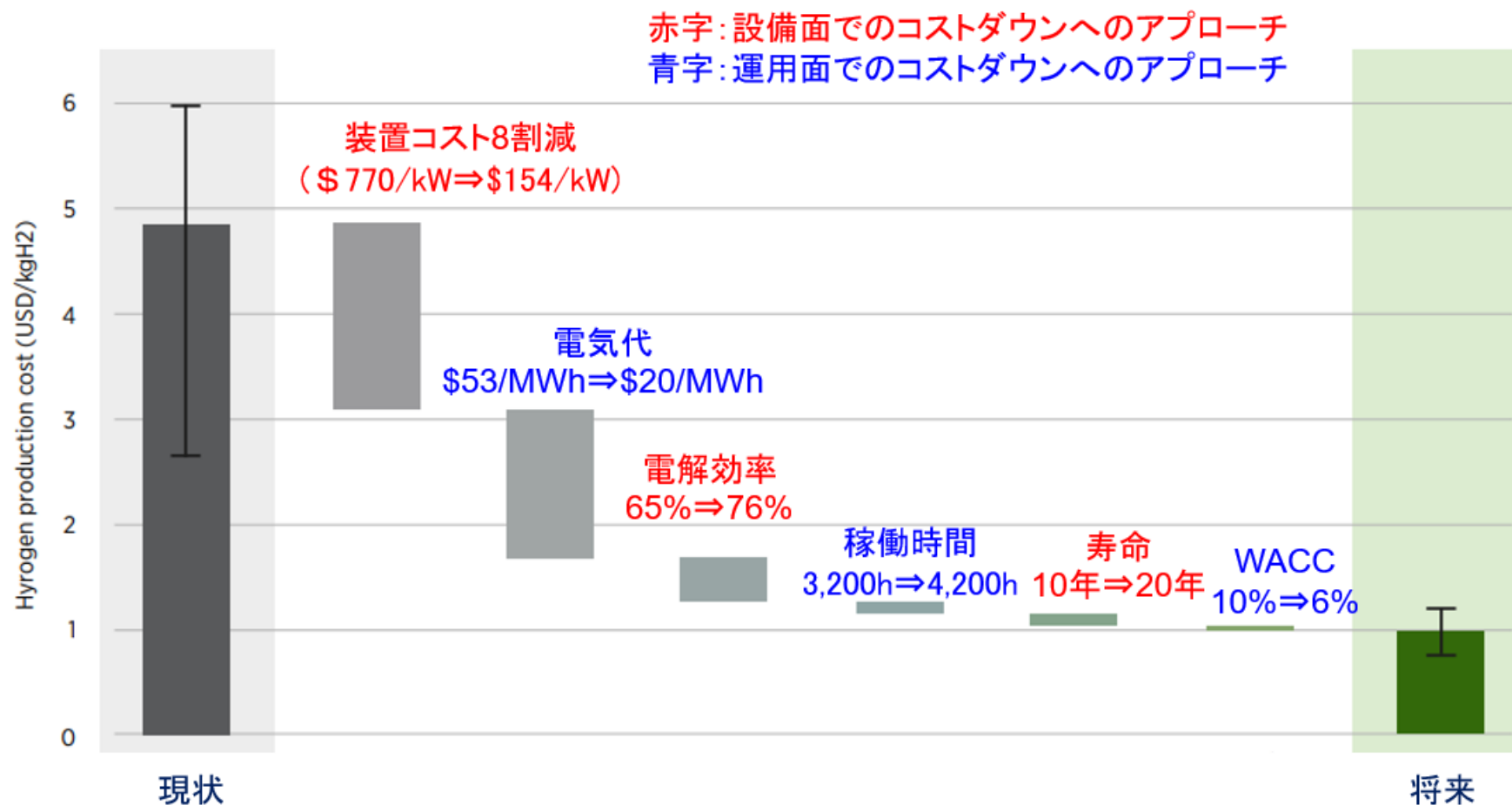
(出所) <https://verdagy.com/>

Verdagysのセル



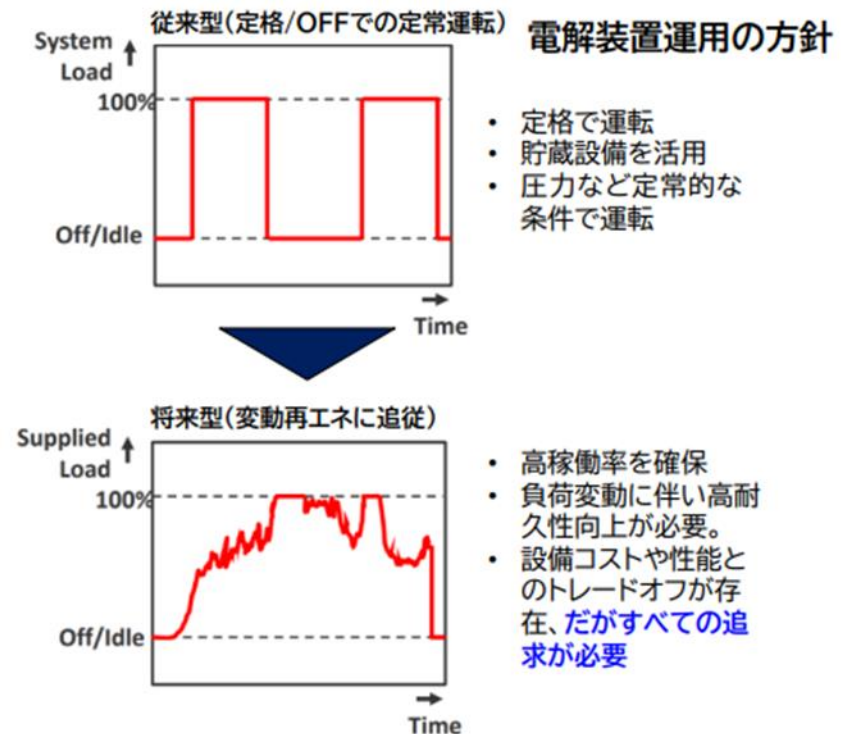
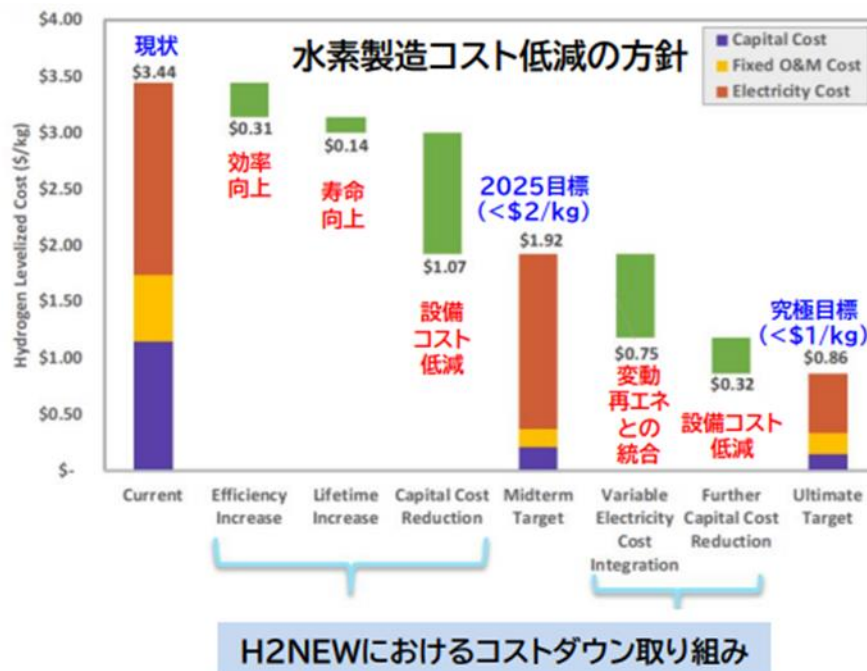
(出所) <https://verdagy.com/product-electrolyzers-clean-hydrogen/>

- 水電解水素製造の本格普及には、設備面・運用面双方で現状からの大幅なコスト低減が必要。
- 安価な電力の確保に加えて、設備の高稼働率確保、大型化・大量製造での設備コストの大幅低減、高効率化、長寿命化とあらゆる面での改善が必要とIRENA（国際再生可能エネルギー機関）は指摘。



(出所) IRENA, Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goalをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 米国は水電解水素製造コスト大幅低減に向けたR&Dプロジェクト“H2NEW”を立ち上げ、以下のプランを描く。
- スタックコスト\$100/kWに向けたアプローチとして、①電流密度向上、②貴金属使用量の低減、③量産（Roll to roll プロセスによるCCMの量産など）を描く。
- 水素製造コストの低減に向け、設備コストの低減のみならず電解装置の運用として変動再エネへの追従を想定し、耐久性向上とコスト・性能の両立を目指すとしている。



（出所）Brayan Pivovar(NREL), “Current Status of (Low temperature) Electrolyzer Technology and Needs for Successful Widespread Commercialization and Meeting Shot Targets”をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

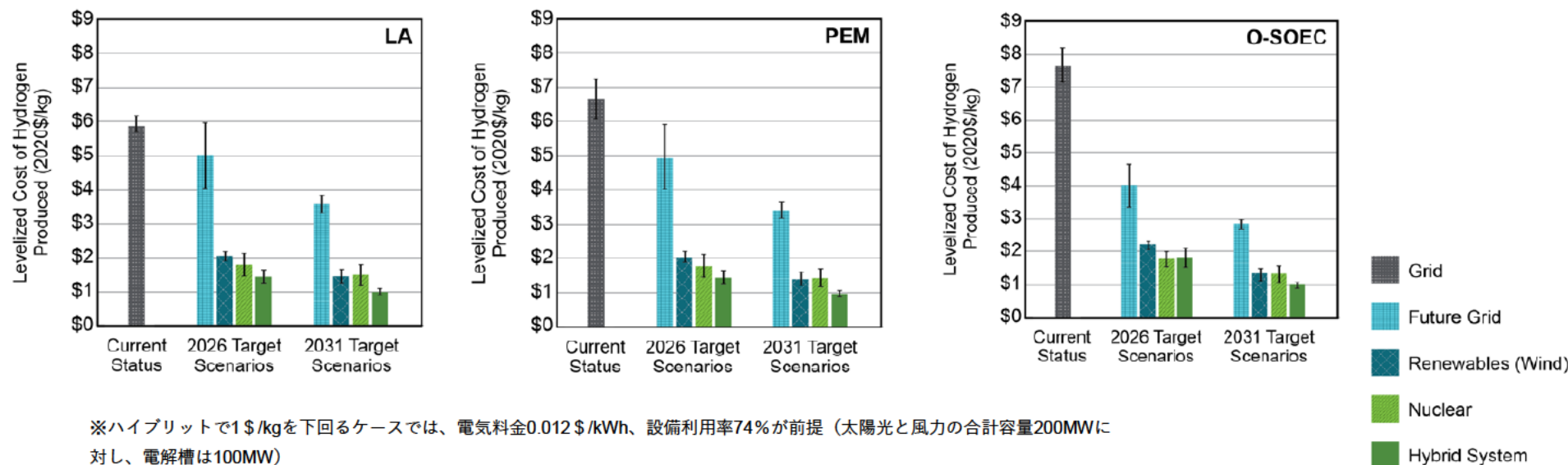
- \$1/kgを達成可能なシナリオ
 - PEM、O-SOEC（電解質内を酸素イオンが伝導するSOEC）、LAを対象として技術経済分析を実施。PEM、O-SOEC、LA共にDOEの究極目標を達成することが前提の上で、ハイブリット（太陽光と風力）で水素製造することで、水素製造コスト\$1/kgを下回るとしている。\$1/kgを達成するためには、動的運転が前提。
- \$1/kgを達成するために電解槽に求められる開発
 - \$1/kgを達成するために電解槽に必要な技術開発としては、「製造スループット」、「電解槽性能」、「エネルギーシステムの統合」を掲げる。
- 各技術開発の詳細
 - 「製造スループット」
 - ✓ \$1/kg達成のためには、先進的な高スループットの生産技術を用いることで、量産によるコスト低減効果を高める必要があるとしている。
 - ✓ 製造に要する時間を短縮するためのアプローチは電解技術によって異なる。全ての電解槽に共通する思考として、セルスタック組み立て自動化による生産工程削減がある。また、高スループットプロセスにおいては、品質管理が課題となるが、これに対してはロボット工学、ビックデータ解析、AI、自律システムなどを組み合わせて対応する必要があるとしている。
 - 「電解槽性能」
 - アルカリ、PEM水電解、SOECについて、「資本コスト低減」、「性能・効率向上」、「長寿命化」によってコスト低減を図る必要があり、部材レベルからシステムレベルまで技術開発が必要であるとしている。
 - 各電解種に共通するコスト低減アプローチとしては、主に「量産」、「BOP標準化」、「加速劣化試験の開発や動的運転への対応」が掲げられている。
 - 「エネルギーシステムの統合」
 - ✓ 再エネとの直接接続の課題として、「水電解装置の設備利用率の低下」、「変動電力が電解槽の性能や耐久性に及ぼす影響の理解進化」を挙げている。これら課題に対する解決策として以下の三つを掲げる。
 - ハイブリットシステム
 - ハイブリットシステムによって電解槽の設備利用率を高める。
 - 運転戦略の最適化
 - 起動・停止プロセスに伴う劣化を低減するため、電解槽を停止するのではなく負荷を低減するなど、電解槽の運転を最適化する。
 - 再エネの再設計
 - 電力製造ではなく水素製造を最適化するように再生可能エネルギーを設計。なお、DOEでは、水素製造に適した風力タービンの設計(Optimal Wind Turbine Design for H2 Production)が進められている^[1]。
 - ✓ ハードウェア(電解槽コスト)や運転コストのみならず「ソフト（電解システムの所有者が負担する可能性のある全てのコスト。例えば、サイトの準備、土地代、許認可、試運転、配送など）」を低減する必要があるとしている。

[1]NREL, “Optimal Wind Turbine Design for H2 Production, 2023 Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting”

(出所) DOE, “Hydrogen Shot: Water Electrolysis Technology Assessment”をもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- PEM、O-SOEC、LAを対象として技術経済分析を実施。
- PEM、O-SOEC、LA共にDOEの究極目標を達成することが前提の上で、ハイブリット（太陽光と風力）で水素製造コスト1\$/kgを下回る。1kg/\$を達成するためには、動的運転が前提となる。

水素製造コストの見通し



※ハイブリットで1\$/kgを下回るケースでは、電気料金0.012\$/kWh、設備利用率74%が前提（太陽光と風力の合計容量200MWに
対し、電解槽は100MW）

※再エネ（風力）、ハイブリットでは変動緩和のための蓄電池や水素タンクは考慮しない。

※ハイブリットではテキサス州が前提。再生可能エネルギー税額控除の使用も想定。

※グリッド利用の場合は託送料金に起因して水素製造コストが高くなる。

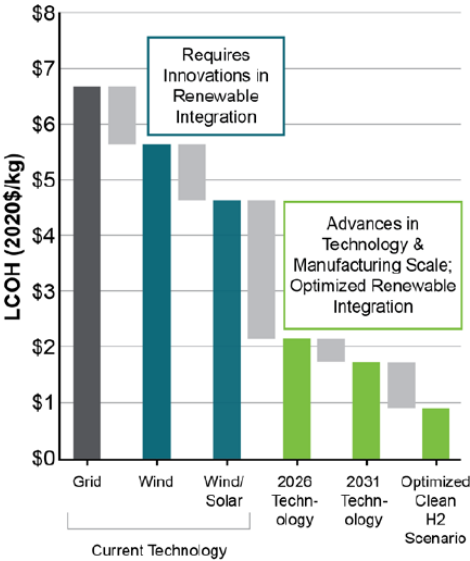
(出所) DOE, "Hydrogen Shot: Water Electrolysis Technology Assessment"

- 前ページに示すように1 \$/kgを達成するためには、高設備利用率で低コストの再エネを調達可能であることが必要。電解槽には「電解槽の主要コスト低減に向けた技術開発・変動電力との統合」が求められるとしている。
- 「電解槽の主要コスト低減にむけた技術開発」についてはさらに細分化されており、「製造スループット」、「電解槽性能」、「エネルギーシステムの統合」が重要であるとしている。
- なお、レポートでは、PEM、O-SOECの1 \$/kgに至るシナリオが例示されている。1 \$/kg達成に向けてPEMは先進的技術、スケールアップ、再エネとの統合が必要であり、O-SOECはスケールアップ、原子力との統合と柔軟性が必要とされている。

コスト低減のために電解槽に求められる技術開発

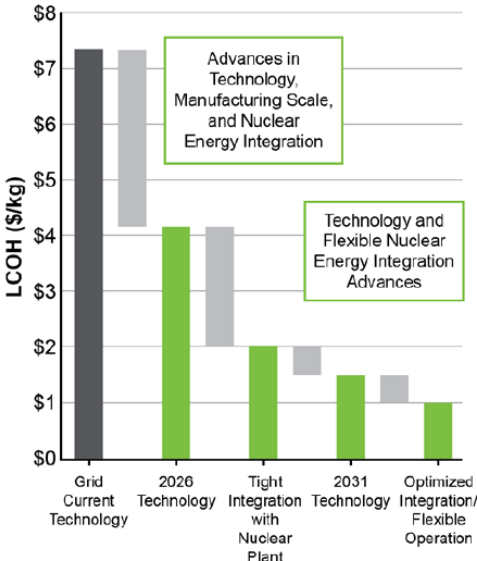


1 \$/kgに至るシナリオの例



<最適ケースの前提>

- ✓ 電気料金0.012 \$/kWh、設備利用率74%が前提（太陽光と風力の合計容量200MWに対し、電解槽は100MW）
- ✓ ハイブリットではテキサス州が前提。再生可能エネルギー税額控除の使用も想定。



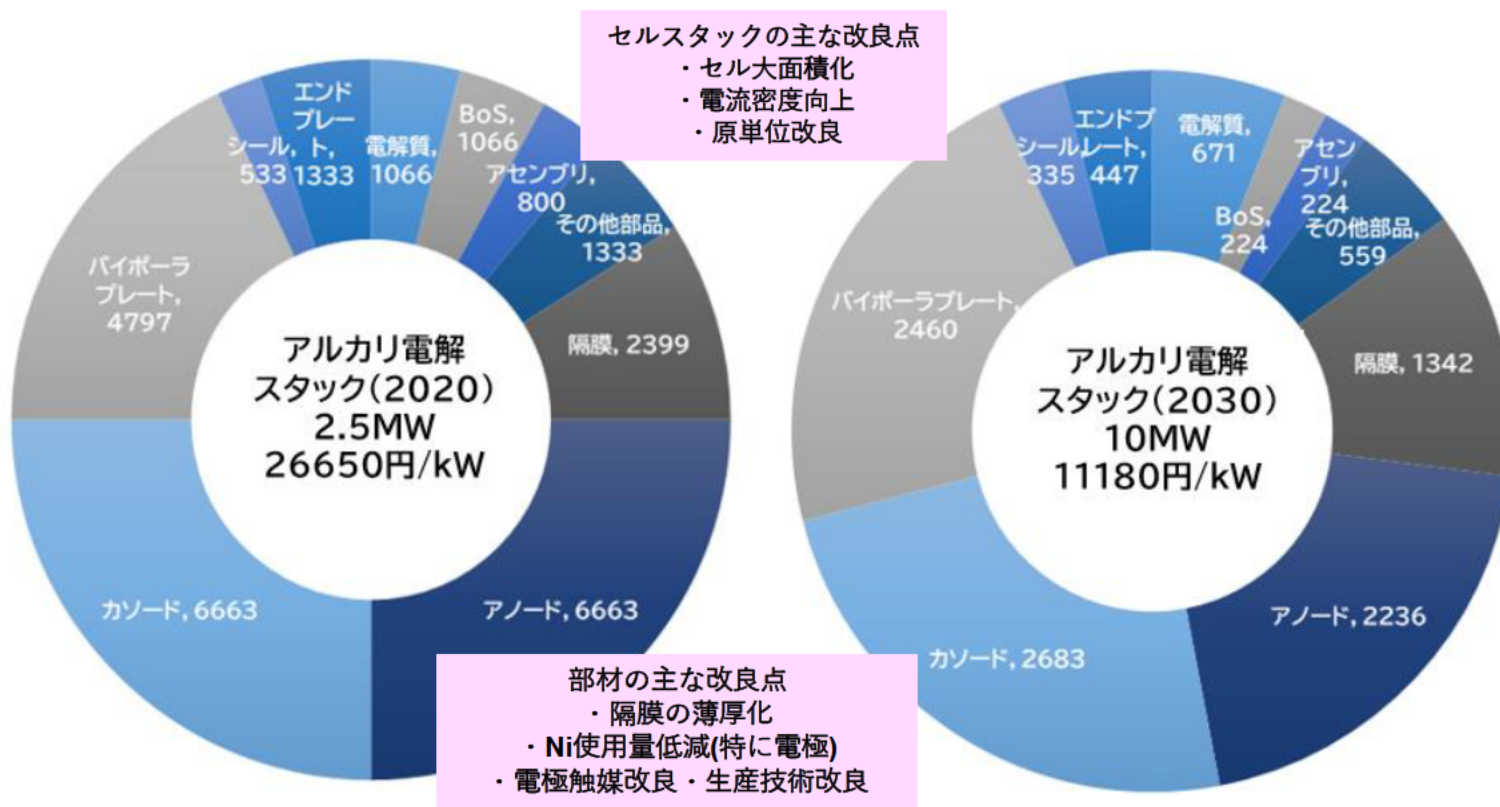
<最適ケースの前提>

- ✓ 原子力発電電力利用、原子力発電の廃熱利用前提。
- ✓ 電気料金0.02 \$/kWh、設備利用率95%が前提（電力市場価格が高い場合は売電量を増やし、水素製造で使用する電力を低減するなど、水電解側に柔軟な運転が必要となる）
- ✓ 水電解装置においては、原子力発電との統合最適化、柔軟な運転が前提。

(出所) DOE, “Hydrogen Shot: Water Electrolysis Technology Assessment”

- ドイツFraunhofer ISEはアルカリ・PEM電解に関して技術ベースのボトムアップ形コスト分析を実施。2030年に向けた技術開発によるコスト低減効果を議論。
- アルカリ電解のスタックの部材別コスト内訳は以下。電極・隔膜・BPPがスタックコストの大半を占める。2030年にはスタックコストを半分以下にできるとする。（想定する技術開発項目は次のページ）

Fraunhoferによる2020年⇒2030年のアルカリ形水電解コスト見通し（スタック）



(出所) Fraunhofer ISE, "COST FORECAST FOR LOW TEMPERATURE ELECTROLYSIS – TECHNOLOGY DRIVEN BOTTOM-UP PROGNOSIS FOR PEM AND ALKALINE WATER ELECTROLYSIS SYSTEMS", 1 € = 130円で換算

スタック	2020	2030	部材		2020	2030
出力[MW]	2.5	10	電解質		KOH 25%	
セル面積[m²]	2	3	隔膜		ZiO ₂ ベース隔膜 (500μm)	ZiO ₂ ベース隔膜 (220μm)
スタックあたりセル枚数	116	200	カソード電極	基材	ニッケルメッシュ	ステンレス鋼 (Niコーティング)
電流密度[A/cm²]	0.6	1		触媒	金属酸化物 (RuO ₂ など)	Moドープラネーニッケル (Ni-Al-Mo)
セル電圧[V]	1.8	1.7	アノード電極	基材	ニッケルシート	ステンレス鋼 (Niコーティング)
原単位 [kWh/Nm³]	4.35	4.1		触媒	ラネーニッケル (Ni-Al)	
電圧効率[%]	82	87	バイポーラプレート		鋼板 (Niコーティング)	
温度[°C]	80		集電板		鋼板 (Niコーティング)	
圧力[bar]	1		エンドプレート		ステンレス鋼	
			弾性材		ニッケルメッシュ	
			シール材		PTFE	

2030年に向け、セルスタックの主な改良点として

- ・セル大面積化
- ・電流密度向上
- ・原単位改良

を想定している。

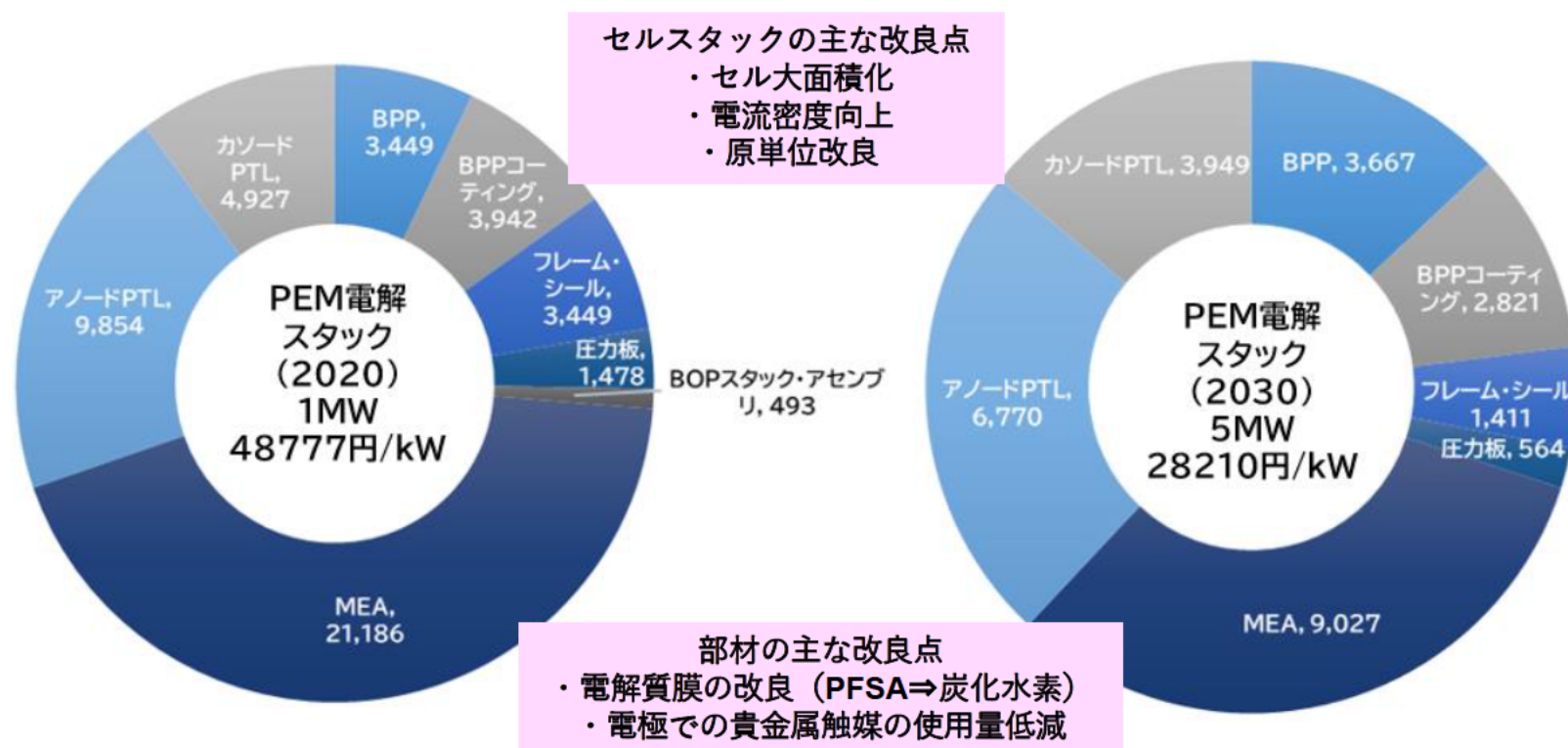
2030年に向け、部材の主な改良点として

- ・隔膜の薄厚化
- ・Ni使用量低減（特に電極）
- ・電極触媒改良・生産技術改良

を想定している。

- ドイツFraunhofer ISEはアルカリ・PEM電解に関して技術ベースのボトムアップ形コスト分析を実施。2030年に向けた技術開発によるコスト低減効果を議論。
- PEM電解のスタックの部材別コスト内訳は以下。MEA・PTL・BPPがスタックコストの大半を占める。2030年にはスタックコストを半分程度にできるとする。（想定する技術開発項目は次のページ）

Fraunhoferによる2020年⇒2030年のPEM水電解コスト見通し（スタック）



(出所) Fraunhofer ISE, "COST FORECAST FOR LOW TEMPERATURE ELECTROLYSIS – TECHNOLOGY DRIVEN BOTTOM-UP PROGNOSIS FOR PEM AND ALKALINE WATER ELECTROLYSIS SYSTEMS", 1 € = 130円で換算

スタック	2020	2030	部材		2020	2030
出力[MW]	1	5	電解質膜		PFSAベース	炭化水素ベース隔膜
セル面積[cm ²]	1000	3000	カソード電極	触媒使用量	1.0mg/cm ²	0.4mg/cm ²
スタックあたりセル枚数	265	330		触媒	Pt	
電流密度[A/cm ²]	2	3	アノード電極	触媒使用量	2.0mg/cm ²	0.8mg/cm ²
セル電圧[V]	1.9	1.7		触媒	Ir酸化物	
原単位[kWh/Nm ³]	4.58	4.1	バイポーラプレート		チタン構造板（厚さ1mm）	
電圧効率[%]	78	87	BPPコーティング		1μm Ta	
温度[°C]	60	70				
カソード圧力[bar]	30		PTL		カーボンファイバー（カソード） チタンファイバー（アノード）	
			エンドプレート		ステンレス鋼	

2030年に向け、セルスタックの主な改良点として

- ・セル大面積化
- ・電流密度向上
- ・原単位改良

を想定している。

2030年に向け、部材の主な改良点として

- ・電解質膜の改良（PFSA⇒炭化水素）
- ・電極での貴金属触媒の使用量低減

を想定している。

■ 海外主要メーカーの設備コストを以下に示す。

電解種	企業名	設備コスト	備考	出所
アルカリ	Nel	7.5万円/kW（500€/kW） ※1€=150円で換算。	• 2024年1月に、Samsung C&Tのエンジニアリング・建設グループと10MWのアルカリ電解槽の注文契約を締結（500万€）。	https://nelhydrogen.com/press-release/nel-asa-receives-purchase-order-for-10-mw-of-electrolyser-equipment-from-samsung-ct/
		4.5万円/kW（300€/kW） ※1€=150円で換算。	• 2023年2月に、オランダの水素製造会社であるHyCCと40MWのアルカリ電解槽の注文契約を締結（1200万€）。	https://nelhydrogen.com/press-release/nel-asa-receives-purchase-order-for-40-mw-electrolyser-equipment-from-hycc/
		6.8万円/kW（450€/kW） ※1€=150円で換算。	• 2023年7月に、フランスのHyd'Occプロジェクト向けに、20MWのアルカリ電解槽の注文契約を締結（900万€）。	https://nelhydrogen.com/press-release/nel-asa-receives-purchase-order-for-20-mw-electrolyser-equipment-from-hyddoc/
PEM	ITM Power	16.5万円/kW（870€/kW） ※1ポンド=190円で換算。	• ITM Powerは5MWのコンテナ型PEM水電解槽NEPTUNE Vを435万ポンドで発売（2024年5月）。	https://fuelcellsworks.com/news/itm-launches-neptune-v-a-cutting-edge-5mw-pem-electrolyser-plant-priced-at-4-35-million https://itm-power.com/products/neptune-5
AEM	Enapter	49.9万円/kW（3333€/kW） ※1€=150円で換算。	• Enapter公開レポートでは、2022年断面におけるAEM EL4.0（2.4kW）のシステムコストは8000€（3333€/kW）としている。	https://www.enapter.com/app/uploads/2022/07/4-List-of-Assumptions_LCOH-Blog-1.pdf
SOEC	Bloom Energy	19.5万円/kW（1302 \$ /kW） ※1 \$ =150円で換算。	• Clean Air Task Forceのレポート「Solid Oxide Electrolysis: A Technology StatusAssessment」によると、Bloom EnergyのSOECの直接資本コスト（インストールコストを含む）は1302 \$ /kWであるとしている（レポートではBloom Energyが2022年に発表したホワイトペーパーを引用）	Clean Air Task Force, “Solid Oxide Electrolysis: A Technology StatusAssessment”

- 中国能源建設（China Energy Engineering Group）が実施した電解槽の公開入札において、中国能源建設は落札者である中国電解槽メーカー14社と落札価格を公開している。落札者と落札価格を以下に示す。
- アルカリ、PEM共に、中国メーカーの設備コストは、海外主要メーカーと比較して、安いことがわかる。

企業名	電解種	容量 [MW]	落札価格 [千万円] ※1 \$ =150円で換算。	落札価格 [万円/kW] ※1 \$ =150円で換算。
Sungrow Hydrogen	アルカリ	5	14.4	2.9
Wuxi Huaguang	アルカリ	5	14.9	3.0
Guangdong Shengqing	アルカリ	5	14.9	3.0
Trina Solar Hydrogen	アルカリ	5	15.1	3.0
Beijing Power Equipment Group	アルカリ	5	15.6	3.1
TianJin Mainland Hydrogen Equipment	アルカリ	5	15.8	3.2
Shanghai Electric	アルカリ	5	16.1	3.2
John Cockerill Hydrogen	アルカリ	5	16.2	3.2
Shuangliang Group	アルカリ	5	16.4	3.3
CSSC PERIC Hydrogen Technologies	アルカリ	5	16.5	3.3
LONGi Hydrogen	アルカリ	5	16.7	3.3
Shanghai Electric	PEM	1	7.3	7.3
Sungrow Hydrogen	PEM	1	8.5	8.5
BriHyNergy	PEM	1	9.4	9.4
SPIC Hydrogen	PEM	1	10.9	10.9
Cummins Enze	PEM	1	11.3	11.3

(出所) <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysers/auction-results-reveal-that-chinese-hydrogen-electrolysers-are-two-to-five-times-cheaper-to-buy-than-western-machines/2-1-1570717>

項目	アルカリ水電解		PEM水電解		AEM水電解
技術課題	再生可能エネルギー入力に伴う起動停止時の逆電流	技術成熟度が高く、開発によるコスト下げ代に限り有り	PEM水電解大量導入に伴うIr枯渇	PFAS規制対応	イオン伝導性、化学的安定性、機械的完全性を備えたアニオン交換膜開発
課題の評価	（新規材料開発は要するものの）技術開発による漸進的な改善が見込める課題。	中長期的に劇的なコストダウン・高性能・長寿命を狙う際には不連続な技術が必要な恐れ。	（新規材料開発は要するものの）技術開発による漸進的な改善が見込める課題。	本格普及期には不連続な技術が必要なおそれ。	（新規材料開発は要するものの）技術開発による漸進的な改善が見込める課題。
2030年までの導入計画およびそれ以降の本格普及を見据えて課題解決進捗度の評価の指標となる水準	逆電流耐性4000～6000回と活性の両立。	- Fraunhofer ISEの分析によれば、従来の食塩電解ベースのアルカリ水電解で2030年に400€/kWの水準は目指せるとの分析。 - 以後の劇的なコストダウンの道筋は不透明。	Ir使用量0.2～0.17g/kW（2030年）、0.075g/kW（2050年）、活性および寿命80000h（特にローディング量を低減した場合の変動運転耐性）を備えた触媒開発。	Nafion相当の電解性能と2030年に求められる寿命（80000h）。	Nafion相当の電解性能と2030年にPEM水電解に求められる寿命（80000h）。
課題解決にむけた開発状況	逆電流耐性4000回と活性を両立する研究事例が複数存在。	- 国内外の食塩電解技術を持つ企業は、保有技術をアルカリ水電解に転用している状況。 - 海外では隔膜をAEMとした大型の装置、セル構造の工夫でシステム構造を大幅簡略化や効率向上を図るケース等革新的な取組が見られるが、日本ではそういった事例はない。	3Mの触媒はIr使用量0.06g/kWで（変動運転500h後に電解性能2A/cm²、1.725Vを達成）、また、Irローディング量0.25mg/cm²で定常運転5000hを達成している。	- Nafionに匹敵する電解性能を発揮する炭化水素膜の事例は存在するが、耐久性（数十～数百時間）に課題あり。 - 東レの炭化水素系電解質膜は従来膜比較で高プロトン伝導度、強度を有し、2000hで劣化率0%の耐久性を発揮。2025年には量産も計画、成熟度は高いと想定。	- Nafionに匹敵する電解性能を発揮する事例が存在。 - 各社のアニオン交換膜の耐久時間は数千時間以上の水準。
課題解決進捗度	高	低 （現状では国内のプレーヤーは既存のアセットやビジネスモデルの活用を志向と推察）	中	低 （東レの炭化水素系電解質膜を除いた評価。東レの炭化水素系電解質膜の課題解決進捗度は高い）	中

（出所）各種公開情報に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 米国の太陽光発電を前提として、太陽光発電とアルカリ水電解をオフグリッド接続したコスト分析の事例では、年間800～1200回の水電解装置の停止が生じる可能性があるとしている^[1]。
- また、太陽光発電とのオフグリッド接続の場合、20～30年間で7000～11000回の起動停止サイクルが発生しうる（1日1回の起動停止を想定）とする文献も存在^[2]。
- 風力発電とアルカリ水電解を直結したコスト分析の事例では、年間60回の起動停止が生じる可能性があるとしている（下図）。また、風力発電の年間の停止回数を約90回と想定し電極開発に取り組む事例も存在^[3]。
- 現状電極の寿命は5年^[4]（De Nora、電流密度0.9A/cm²以下の場合）と想定されている。上記の年間停止回数と電極寿命から、**再エネ直結で5年間の寿命を有するためには、太陽光発電であれば4000～6000回、風力発電であれば500回程度の起動停止に耐久する電極が求められると推察される。**

[1] Angelica Liponi, Andrea Baccioli, Lorenzo Ferrari and Umberto Desideri, Techno-economic analysis of hydrogen production from PV plants, E3S Web Conf., 334 (2022) 01001

[2] Brauns, J.; Turek, T. Alkaline Water Electrolysis Powered by Renewable Energy: A Review. Processes 2020, 8, 248.

[3] <https://www.toyota-shokki.co.jp/news/2024/05/30/008668/index.html>

[4] De Nora, “De Nora electrodic package for Alkaline Water Electrolysis”

停止回数の分析例(風力発電直結)

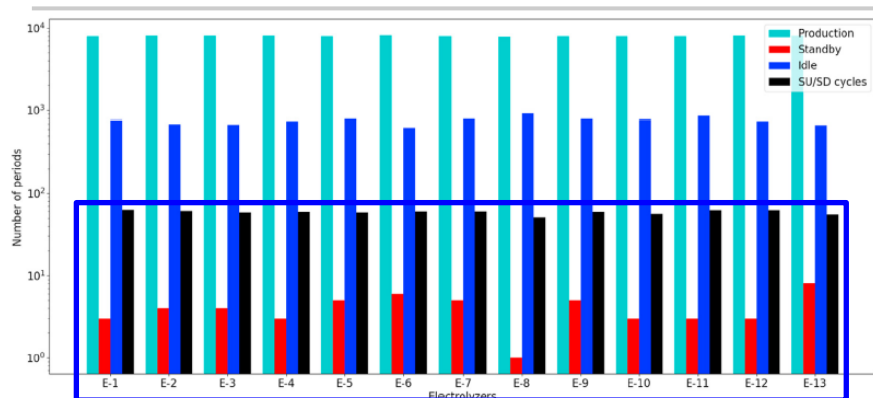


Fig. 9 – Number of periods (log scale) at production, standby, idle, and startup/shutdown cycles.

(出所) Christopher Varela, Mahmoud Mostafa, Edwin Zondervan, Modeling alkaline water electrolysis for power-to-x applications: A scheduling approach, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 46, Issue 14, 2021,

- 現状電極の寿命は5年^[1]（De Nora、電流密度0.9A/cm²以下の場合）と想定されている。再エネ直結で5年間の寿命を有するためには、太陽光発電であれば4000～6000回、風力発電であれば500回程度の起動停止に耐久する電極が求められると推察される。
 - 以下表の②、③に示すように起動停止4000回の高い起動停止耐性を有するアノード極の研究事例が報告されている。また、表の①に示すように両極の放電容量を調整することで、逆電流発生時に片極を保護することが可能である。
- ①（充放電容量の制御による片極の保護）と、②または③（電極の活性と起動停止耐性の両立）の技術を組み合わせることで、将来的な太陽光発電の起動停止回数に耐えうるアルカリ水電解の開発が期待される水準にあると推察される。

[1] De Nora, “De Nora electrodic package for Alkaline Water Electrolysis”

番号	技術課題に対するアプローチ	アプローチの成果	出所
①	・ アノード極、カソード極の充放電容量の制御	・ アノード極、カソード極の方極の充放電容量を増大させることで、片極を保護することができる。ただし、片極を保護することで、対極の劣化が深刻化する。	Ashraf Abdel Haleem, Jinlei Huyan, Kensaku Nagasawa, Yoshiyuki Kuroda, Yoshinori Nishiki, Akihiro Kato, Takaaki Nakai, Takuto Araki, Shigenori Mitsushima, Effects of operation and shutdown parameters and electrode materials on the reverse current phenomenon in alkaline water analyzers, Journal of Power Sources, Volume 535, 2022
②	・ 自己修復電極の開発	・ 起動停止回数4000回で活性と耐久性を両立する研究事例が存在（アノード）	Kuroda, Y., Takatsu, S., Taniguchi, T. et al. β-FeOOH nanorod as a highly active and durable self-repairing anode catalyst for alkaline water electrolysis powered by renewable energy. J Sol-Gel Sci Technol 104, 647–658 (2022)
③	・ 逆電流耐性を有する電極の開発	・ 起動停止回数4000回で活性と耐久性を両立する研究事例が存在（アノード）	Naoto Todoroki, Kensaku Nagasawa, Hayato Enjoji, Shigenori MitsushimaKuroda, Suppression of Catalyst Layer Detachment by Interfacial Microstructural Modulation of the NiCo2O4/Ni Oxygen Evolution Electrode for Renewable Energy-Powered Alkaline Water Electrolysis, ACS Applied Materials & Interfaces 2023 15 (20), 24399-24407

- Ir使用量低減については、サプライヤが、2050年に求められる触媒担持量0.075g/kWを上回る水準の触媒の開発に取り組んでいる。特に、米国の3Mは2050年で目指す水準を上回るIr使用量の下で500hの変動運転での耐久性を確認している^[1]。
- PFASフリー電解質膜の開発状況については、Nafionに匹敵する電解性能を発揮する事例は存在するものの、耐久性（数十～数百時間）に課題がある。

[1] 3M, “Advanced Manufacturing Processes for Gigawatt-Scale Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers（2024年5月）”

技術課題	技術課題に対するアプローチ	2030年の本格普及を見据えて課題進捗度評価の指標となる水準	アプローチの成果
• PEM水電解大量導入に伴うIr枯渇	• Ir使用量低減、活性および寿命（特にローディング量を低減した場合の変動運転耐性）を備えた触媒開発	• Ir使用量0.2～0.17g/kW（2030年）、0.075g/kW（2050年）、活性および寿命80000h（特にローディング量を低減した場合の変動運転耐性）を備えた触媒開発	• 3Mの触媒はIr使用量0.06g/kWで（変動運転500h後に電解性能2A/cm²、1.725Vを達成）、また、Irローディング量0.25mg/cm²で定常運転5000hを達成している。
• PFAS規制対応	• PFASフリー部材の開発（特に電解質膜）	• Nafion相当の電解性能と2030年に求められる寿命（80000h）	• Nafionに匹敵する電解性能を発揮する事例は存在するものの、耐久性（数十～数百時間）に課題がある。 • 東レの炭化水素系電解質膜は従来膜と比較して高いプロトン伝導度、強度を有しており、2000hで劣化率0%の耐久性を発揮。2025年には量産も計画しており、成熟度は高いと想定される。

- 発表済みの水電解導入計画に基づく、2030年の欧州目標相当のIr使用量（0.25g/kW^[1]）で、2030年までのPEM導入量を達成しようとした場合、Ir資源枯渇によって、PEM水電解の導入量が13.75GW程度滞る可能性がある」と試算された。

[1] Clean Hydrogen Partnership, “Strategic Research and Innovation Agenda 2021 – 2027”

PEM水電解導入可能量の簡易試算

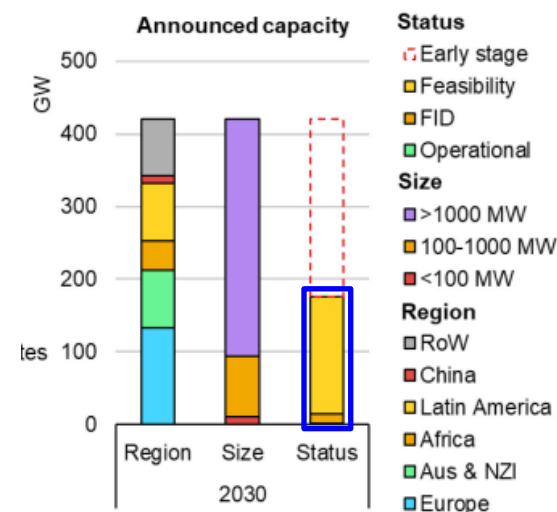
年間のIr供給量と、Ir使用量から、年間のPEM水電解導入可能量を試算。

$$\frac{1.5 \text{ [ton/year]}}{0.25 \text{ [g/kW]}} = 6 \text{ [GW/year]}$$

発表済みの計画に倣うと2030年までに年間8.75GWのPEM水電解が導入される見通しであることから、Ir資源枯渇により年間2.75GW(5年間で13.75GW)のPEM水電解導入が滞る可能性がある」とわかる。

- 2030年までの年間PEM水電解導入容量（年間8.75GW）算出の方法
 - ✓ IEAの「Global Hydrogen Review 2023」では、2030年までに175GWの水電解が導入されるとしている。2030年の生産能力ベースではPEMが25%を占めるという同論文の内訳をそのまま援用して、グローバルでPEM水電解GWが30年までに43.75GW導入されると仮定。これを今後5年で実現するケースとして8.75GW/年を仮置きした。

発表済み導入計画（IEA）



(出所) IEA, “Global Hydrogen Review 2023”

- 2050年に求められる触媒担持量0.075g/kWを上回る水準の触媒を開発する企業が複数存在。
- 定常運転での安定性について検討した事例（東ソー）は存在。

メーカー	触媒	詳細	触媒担持量 (g/kW)	販売状況	出所
Heraeus	Next Generation Low Iridium	—	0.12 ^[1]	販売中	https://www.heraeus.com/en/hpm/hmp_products_solutions/hydrogen_systems/hydrogen_generation/hydrogen_generation.html?websiteCriteria=0010
	Iridiumu Ruthenium Mix Oxide	—	短期的には0.15～0.3 将来的には0.03～0.15を目指す。	未	
3M	Nanostructured Supported Iridium Catalyst Powder	—	0.015～0.02	未	https://www.3m.com/3M/en_US/hydrogen-technology-us/applications/electrolysis/
東芝	酸化イリジウムナノシート積層触媒	・ スパッタリングにより、酸化イリジウムナノシート積層触媒を開発	0.03～0.06 ^[2]	未	https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/22/2210-01.html
東ソー	イリジウム含有マンガン酸化物による新触媒	2018～2023年のNEDO事業で、IrMnOx系触媒を開発。 - その後、2023年7月 NEDO委託事業に採択され、IrMnOxの運転方法・製造方法確立と大型化に取り組み。本事業では、Irローディング量0.1mg/cm²で約1.85V（2A/cm²）の定常運転において約4000時間の運転を達成している。	0.027 ^[3]	未	100950541.pdf (nedo.go.jp) https://www.nedo.go.jp/content/100980881.pdf

[1] 引用元に記載された質量活性450 A/g（1.45V IRフリー）から、電圧を1.8Vと仮定し、算出。
[2] 引用元に記載のイリジウム使用量0.1～0.2 mg/cm²と、セル面積と出力の関係である300cm²で定格出力1kW（PEM水電解の定格2.0A/cm² 1.8Vと仮定）より算出。
[3] 引用元に記載のイリジウム使用量0.1 mg/cm²と、2.0A/cm² 1.85Vより算出。

- 理化学研究所らの研究グループが開発したIrローディング量0.08mg/cm²のIr^{VI}-ado触媒は、4A/cm²（電圧2V）を達成すると共に、1.8A/cm²で2500時間の水素製造を継続したとしている。なお、0.08mg/cm²のIr^{VI}-ado触媒で4A/cm²（電圧2V）の場合、Ir使用量は0.01g/kWである。
- 東京ガスとH2Uは機械学習による材料探索技術を用いて、1年で2万個程度の非イリジウム触媒の合成し、性能および耐久性評価を実施したとしており、今後のPEM水電解の普及に大きな影響を与える可能性もある。

取り組み主体	概要	出所
理化学研究所	- 理化学研究所らの研究グループでは、GteXによる助成を受けて、酸化マンガンの表面にIr原子を分子レベルで分散したIr^{VI}-ado触媒を開発。Irが分子レベルで分散されているため、ほぼすべてのIrが電解反応に関与できるとしている。 Irローディング量0.08mg/cm²のIr^{VI}-ado触媒は、4A/cm²（電圧2V）を達成すると共に、1.8A/cm²で2500時間の水素製造を継続したとしている。	https://www.riken.jp/press/2024/20240510_2/index.html
東京ガス、H2U	- 米スタートアップのH2Uは機械学習による材料探索技術（数十万の化合物を分析して実行可能な数十の触媒材料を発見・開発）を保有しており、それを利用した水電解装置を開発、200kWの電解槽ユニットを開発済み。 同社の貴金属フリー触媒は25000時間の予測寿命を実施したとする。（2023/9） 2023年3月には、東京ガスとH2Uが共同開発契約を締結。1年で2万個程度の非イリジウム触媒を合成し、性能と耐久性の評価を実施してきたとする。2024年7月には、東京ガスがH2Uに出資すると共に、協業に向けた合意書を締結。新規触媒探索の対象範囲を広げてより高性能な触媒探索を行うとしている。	https://www.h2utechnologies.com/post/h2u-achieves-unprecedented-performance-and-durability-with-non-iridium-catalysts https://www.tokyo-gas.co.jp/news/press/20240701-01.html

- 2023年1月に欧州5か国より、EU域内でのPFASの製造、上市、使用（輸入含む）に関する規制案が欧州化学品庁（ECHA）に提出された。
- 規制案では、採択の後18か月の移行期間を経たのち全面禁止となるもの、18か月の移行期間を経たのち猶予期間の5年または12年が適用されるものが存在する^[1]。2023年3月から9月にて、オープンコンサルテーションが行われ、各種企業や団体、個人からのパブコメが提出された。今後、規制について専門家で審議が実施され、規制の採択は早ければ2025年ごろとされている。
- PFAS規制が適用された場合、プロトン交換膜型燃料電池（PEFC）およびPEM水電解において、キーコンポーネントである電解質膜の他、アイオノマー、電解質膜・アイオノマーの補強材、シール材、GDLが規制の対象となる^[2]。
- 規制案では、燃料電池は5年間の猶予期間が提案されている^[1]。一方、現状で水電解については猶予期間が提案されていない。その理由について、欧州の5か国の各局は「燃料電池は18ヶ月で代替品への移行を達成できないことが証明されているが、PEM水電解では、代替品が利用できない決定的な証拠が提供されておらず、類似の技術であっても代替案や移行期間に関する証拠が不十分」と回答している^[3]。その後、PEM水電解についても、パブコメが提出されており、今後の議論が待たれる状況である。
[1] ECHA, “ANNEX XV RESTRICTION REPORT PROPOSAL FOR A RESTRICTION, VERSION NUMBER: 2, DATE: 22.03.2023”
[2] Hydrogen Europe, “Hydrogen Europe Position Paper on PFAS 2023”
[3] https://echa.europa.eu/documents/10162/2156610/230405_upfas_webinar_qa_ds_en.pdf/3f47fdcc-17c5-4b37-b758-720bb7e462f3?t=1687893645025

PFAS規制検討の流れ



(出所) AGC株式会社, 「パフォーマンスケミカルズ事業説明会（2023 年12月5日）」

猶予の対象となる条件

猶予期間	対象となる要件
5年間	以下のどちらかに該当する場合 ・ 施行日の時点で技術的および経済的に実現可能な代替物質が市場に存在しないが、PFASの使用に代わる可能性のある代替物質がすでに特定されており、まだ開発段階にある場合。 ・ 施行日に十分な量の既知の代替物質が市場に出回っていないか、または既知の代替品を移行期間終了前に普及することができない場合。
12年間	以下のどちらかに該当する場合 ・ 技術的および経済的に実現可能な代替物質が施行日時点で市場に存在しないことを示す。例えば、研究開発の努力でPFASを含まない可能性のある代替物質が特定されなかったため、近い将来に利用可能にならない可能性が高い場合。 ・ PFASフリー代替物質の認証または規制当局の承認が5年の猶予期間内に達成できない場合。

(出所) ECHA, “ANNEX XV RESTRICTION REPORT PROPOSAL FOR A RESTRICTION, VERSION NUMBER: 2, DATE: 22.03.2023”

- Nel Hydrogenは欧州で提案されたPFAS規制を高いリスクとして受け止めている。
- 東レは、水電解用の膜は「規制対象かつ猶予期間なし」となる可能性があるとして想定し、規制に対するソリューションとして同社の炭化水素系電解質膜の訴求を狙う。

Nel HydrogenのPFAS規制のリスク評価

CATEGORY	RISK AND OPPORTUNITIES	2024	2025-2030	2030-2040
Policy and legal	1 Carbon Emission Tax			
	2 Carbon Border Tax			
	3 Tax credits enacted to producers of hydrogen with low emission			
	4 Regulation on hydrogen production and its equipment (e.g. PFAS ban)			
Market risk	5 Renewable Hydrogen certification			
	6 Insufficient supply of critical minerals	n.i.	n.i.	
Technology risk	7 Disruption on supply of fresh water can affect market development of Electrolysers	n.i.	n.i.	
	8 Technology competition (preferred low carbon technology for production of hydrogen)			
Reputational risk	9 Product incidents related to extreme climate events	n.i.		
	10 Failure to reduce CO2 emissions	n.i.	n.i.	
Physical climate transition risks	11 Flooding affecting production facilities	n.i.	n.i.	
	12 Water scarcity on strategic markets	n.i.	n.i.	
	13 Product Safety incidents arising from climate acute events	n.i.		

LEGEND FOR FINDINGS		
RISK	OPPORTUNITY	RISK CLASSIFICATION
		High
		Medium
		Low
n.i.	n.i.	No impact

(出所) Nel Hydrogen, “Annual report 2023”

PFAS規制への東レの対応方針

東レ独自HC電解質膜を搭載したスタックシステムのデファクト化戦略を通じた優位性確保

FC分野における日本の競争優位と海外勢の追い上げ

- 燃料電池分野において、日本は水素燃料電池（FCV）を得意とし、燃料電池分野の競争力（コスト・効率）で世界一を誇る。一方で、海外勢は、燃料電池分野の競争力（コスト・効率）で世界一を誇る。一方で、海外勢は、燃料電池分野の競争力（コスト・効率）で世界一を誇る。

海外の標準化や規制等の動向分析

(標準化動向)

- 欧州を中心に、国家プロジェクトなどを通じて、燃料電池・水電解のシステム・部材メーカーを組合せることで、部材も含めたデファクト化を軸とした標準化を推進

(規制動向)

- 半導体に続き、燃料電池や水電解分野でも、REACHによるフッ素膜などのPFAS規制が本格化。水電解用の膜は、「規制対象かつ猶予期間なし」になる可能性

標準化や規制等に対する取組方針

(標準化の検討体制の確立)

- CTO（技術センター所長）を標準化戦略責任者とし、事業ごとに標準化戦略担当者を配置
- 電解質膜事業の標準化戦略担当：H S 事業部門長／事業GL
- 国内外の標準化動向についての調査・分析担当：経営企画室S I 戦略G（国家プロジェクトへの積極的な参画）
- グリーンイノベーション基金に限らず、国家プロジェクトに積極的に参画し、国内外パートナーと協力しながら、東レの電解質膜のデファクト化を推進する

(規制関連の方針)

- 東レHC電解質膜搭載スタックシステムのデファクト戦略を推進しつつ、PFAS規制の動向に応じて、規制に対するソリューションとして訴求する。

(知財関連の方針)

- 水電解・燃料電池部材について、強い特許網を構築済み。強化継続していく。

(出所) 東レ, 「事業戦略ビジョン（2023年8月23日）」

- 以下の表に示すようにNafionを上回る電解性能を有する炭化水素系電解質膜の事例が報告されている。
- 一方、耐久性に関しては、数十から数百時間オーダーに留まっており、課題がある状況である。

最近の炭化水素系電解質膜の性能

Membrane	Thickness [μm]	IEC [meq g ⁻¹]	Conductivity [S cm ⁻¹]	Temperature [°C]	Anode/Cathode [mg cm ⁻²]	Current density [mA cm ⁻²] at cell voltage [V]	Stability [h]	References
sPSf-co-PPSS/TPA	170	1.97	0.063	80	Pt/Pt (1.12)	1 A cm ⁻² @1.83 V	–	[154]
sPPS	115 ± 12	2.78	–	80	IrO ₂ (1.5)/Pt (0.5)	3.5 A cm ⁻² @1.8 V	80 h@1 A cm ⁻²	[82]
PSf-g-sPPS	–	1.78	0.062	80	–	–	–	[85]
sPAESS0	20	1.89	0.330	90	IrO ₂ (2.0)/Pt-C (0.4)	1.07 A cm ⁻² @1.6 V	–	[86]
Random BPSH	40-50	1.9	0.17	80	IrO ₂ (2.0)/Pt-C (0.4)	5.3 A cm ⁻² @1.9 V	90 h@3 A cm ⁻²	[83]
Multiblock DSQFBP-BPS	–	2.19	0.466	90	IrO ₂ (1.0)/Pt-C (0.4)	3.41 A cm ⁻² @1.9 V	–	[155]
sPEEK/Cs-MoPA/CeO ₂ -1%	–	–	0.153	80	Pd/Pt-Pd (2.002)	1 A cm ⁻² @1.788 V	–	[156]
Microblock sPEEK	–	–	0.063	80	IrO ₂ (2.0)/Pt (2.0)	1 A cm ⁻² @1.67 V	–	[157]
4%MXene-Cu ₂ O/sPPEK	–	1.66	0.0105	30	–	–	–	[84]
CeO ₂ -sPPES	–	–	0.08	80	IrO ₂ (1.4)/Pt-C (0.2)	0.99 A cm ⁻² @1.6 V	500 h@1 A cm ⁻²	[89]

(出所) Chen, Y., Liu, C., Xu, J., Xia, C., Wang, P., Xia, B.Y., Yan, Y. and Wang, X. (2023), Key Components and Design Strategy for a Proton Exchange Membrane Water Electrolyzer. Small Struct., 4: 2200130.

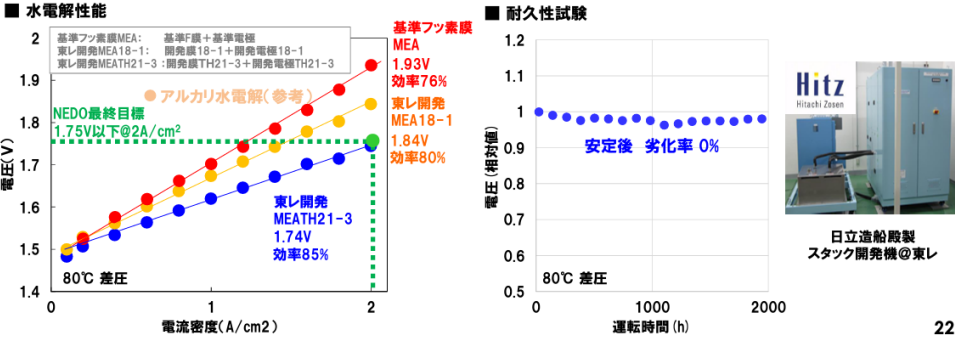
- 東レの炭化水素系電解質膜は、従来の膜と比較して2倍のプロトン伝導度、4倍の強度を有している。
- 同社は炭化水素系電解質膜を、カナデビア、Siemens Energyの中型スタックで評価。電解性能として1.8V以下（2A/cm²）、また耐久性能として2000時間運転で劣化率0%を達成している。
- 2025年から水電解用の炭化水素系電解質膜の量産を計画している。

東レの炭化水素膜の電解性能、耐久性

“HC電解質膜”の特長	(従来膜比)
高プロトン伝導性	(2倍)
低ガス透過性	(1/3)
高強度	(4倍)
耐熱性 >150℃	(+60℃)

(出所) 東レ,東レグループの水素関連事業への取り組み, 2023年9月5日

日立造船の中型スタック評価において、東レ開発MEATH21-3により、水電解性能1.74V@2A/cm²、および、耐久性（劣化率）0.15%/1000h以下を達成し、2024年度中間目標達成の見通しを得た



(出所) 東レ,「事業戦略ビジョン (2023年8月23日)」

炭化水素膜の量産計画

東レの水素関連素材開発の歴史				
製品	1990年～	2000年～	2010年～	2020年～
高圧水素ガス タンク用炭素繊維	1961年～ 研究開発開始	T700Sの開発・量産化 ・天然ガスタンク向けで本格採用	T720S上市・品種拡大 ・水素ガスタンク向けに展開	・本格量産拡大
電極用カーボン ペーパー(CP) ／ガス拡散層 (GDL)	1982年～CP開発開始	ロールCP／GDL開発	商用車展開を加速	
炭化水素系 (HC)電解質膜			FC用の開発 ・研究・開発を 本格化	2025年 販売開始予定 水電解用の開発 2025年 量産開始予定 ・Siemens Energyに「フューエル ・GI基金大型水電解事業開始
触媒付き電解質 膜(CCM)／ 膜電極接合体 (MEA)	90年代前半～ Degussa, Umicore等で各々開発推進	東レGで開発	・東レによる買収、 “Greenity”設立	事業拡大 ・量産開始 ・第3工場完成
長期視点で独自の先端素材開発・商業化を推進				

(出所) 東レ,「東レグループの水素関連事業への取り組み (2023年9月5日)」

- サプライヤのPFAS規制への対応方針は異なる。ChemoursはAEMメーカーへ出資を実施、GoreはDOEのプロジェクトでアルカリ水電解用ダイヤフラムの開発に取り組み。

企業(国)	PFAS規制への主張、対応方針	AEM水電解への参入、その他動向	出所
Chemours (米)	- 製造工程におけるPFASを責任を持って管理する義務と、2030年までに製造工程からのPFASの大気および水への排出量を99%以上排除するという公約を掲げる。 - 欧州で検討されているPFAS規制に対して、フッ素樹脂とフッ素系ガス（Fガス）は免除されるべきであると主張。	AEMのスタック、アニオン交換膜を開発するVersogen（米）へ出資（Versogenの開発する膜はPFASフリー）	https://www.chemours.com/en/sustainability/sustainability-safety/our-commitment-to-pfas-stewardship https://www.versogen.com/versogen-closes-series-a-funding-raises-14-5m/
Syensqo (ベルギー)	※Solvayが同社のEV バッテリー、グリーン水素関連事業など持続可能な製品の開発を行うSyensqo をスピンオフ。 欧州で検討されているPFAS規制に対して、フッ素樹脂とPFPE は、制限案の範囲から除外するか、すべての用途に対して無期限の例外として免除されるべきであると主張。	公開情報の範囲では自社での水電解向けアニオン交換膜開発やAEM関連企業への出資の発表はなし。 ※欧州ANIONEプロジェクトに参画しているCNR-ITAEと、Solvay Special PolymersがSolvayのAquivion® 骨格にアンモニウム基を導入したアニオン交換膜について論文で報告しているが、本論文で報告されている膜にはフッ素が含まれている。	https://www.syensqo.com/en/innovation/pfas-eu-regulation Alessandra Carbone, Sabrina Campagna Zignani, Irene Gatto, Rolando Pedicini, Claudio Oldani, Alice Cattaneo, Antonino Salvatore Aricò, Aquivion-based anion exchange membranes: Synthesis optimization via dispersant agents and reaction time, Chemical Engineering Journal, Vol 455, 2023, 140765,
Gore (米)	欧州PFAS規制に対する意見や対応については現状公開されていない（Goreが販売するGORE PEM M275.80は、パーフルオロ化合物、PTFEが含まれており、PFAS規制の対象となる）	2024年3月に発表されたDOEの資金提供においてテーマアップされた、「先進的なアルカリ水電解用の高耐久薄型ダイヤフラム開発プロジェクト」に参画（プロジェクトリーダー） - 公開情報の範囲では自社での水電解向けアニオン交換膜開発やAEM関連企業への出資の発表はなし。	https://www.gore.com/system/files/2024-02/GORE-PEM-Water-Electrolysis-Datasheet-EN.pdf https://www.energy.gov/eere/fuelcells/bipartisan-infrastructure-law-clean-hydrogen-electrolysis-manufacturing-and-0?source=email

- DOEのプロジェクト「Advanced Hydrocarbon Based Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers」では、2024年から炭化水素系電解質膜の開発に取り組んでおり、2027年までに「25cm²セルを用いて1.8V（3A/cm²）で電圧上昇率2.3mV/khr」を目指すとしている
- 80000時間の運用と仮定すると電圧上昇は0.183mV（約10%の電圧増大）であることから、ラボスケールで寿命80000hを見通すことができる炭化水素系電解質膜の開発を目指す想定される。

項目	詳細
プロジェクト名	Advanced Hydrocarbon Based Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers
期間	Project Start Date: 02/15/2024 Project End Date: 02/15/2027
予算	\$ 3M
プロジェクト目標	PFAS製品の当座の代替に向けた炭化水素系電解質膜とアイオノマーの開発
プロジェクト目標	80℃の条件の下、25cm ² セルを用いて1.8V（3A/cm ² ）で電圧上昇率2.3mV/khr
参画者(参画機関)	•Cy Fujimoto（PI, Sandia National Laboratories） • Sarah Park（Co PI, Los Alamos National Laboratories） •Ahmet Kusoglu（Lawrence Berkley National Laboratories）

(出所) DOE, “Advanced Hydrocarbon Based Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers（2024年3月）”

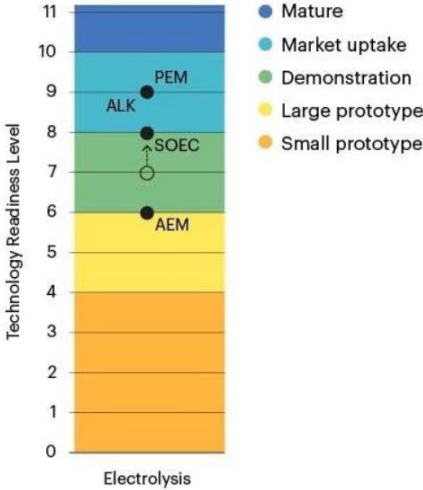
- AEM水電解は以下に示すように、アルカリ水電解、PEM水電解の技術課題を解消できる可能性がある。
 - ・ AEM水電解は、隔膜ではなくアニオン交換膜を用いているため、アルカリ水電解よりもアルカリ電解液濃度を低減することができる（1MKOHを用いるのが主流）。将来的には純水での運転も想定されており、**高濃度アルカリ溶液の使用に起因するアルカリ水電解の逆電流問題を低減できる可能性がある。**
 - ・ AEM水電解は、アルカリ性環境のため、低コストな部材を使用可能である。特に**PEM水電解で枯渇が懸念されるIr以外の金属の使用が可能**である。また、**AEM水電解に用いるアニオン交換膜は、PFASフリーの膜が開発**されている。
- 一方、AEM水電解は、アルカリ水電解やPEM水電解と比較して、**技術的成熟度が低く、導入に向けては更なる技術開発が必要な段階**である。特に**現状ではNafionと比較してアニオン交換膜の耐久性は低く、イオン伝導性、化学的安定性、機械的完全性を両立する膜の開発**が求められている。

AEM水電解の利点（EvolOHのNautilus）

Up to 50MW per module	✔ Ideal for large industrial applications
Low-risk technology	✔ Security of supply for future demand
Compact and lightweight	✔ Simple logistics and integration
No PGMs or PFASs	✔ Very low cost and easily recyclable
Plug & Play design	✔ Requires existing, low-cost power/heat management units
Electrochemical pressurization	✔ Lower OpEx
No corrosive electrolytes	✔ Safer, low maintenance costs
Fast response	✔ Load following operation

(出所) <https://evoloh.com/product/>

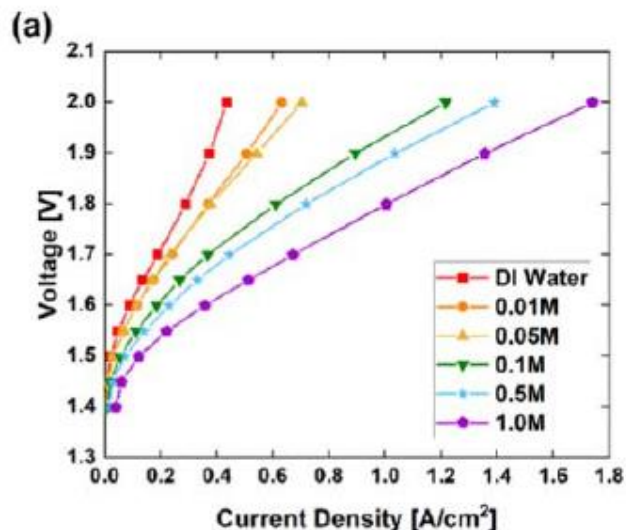
AEM水電解のTRL



(出所) sbh4 consulting, “Electrolyser innovations PEM, alkaline, SOEC, and AEM”

- AEM水電解最大の課題は耐久性である。特にキーコンポーネントのアニオン交換膜は高濃度アルカリ溶液中において耐久性が顕著に低下することが知られており、アルカリ濃度を低減することでアニオン交換膜の長寿命化が図れる。
- 一方、アルカリ濃度を低減するとアニオン交換膜のアニオン導電性低下のみならず、有効反応面積の低下（以下右図）、アイオノマー存在部分への反応集中によるアイオノマー剥離（以下右図に示すように局所での気泡発生によるアイオノマーの剥離）などによる耐久性低下が課題となる。現状では、1MKOHを用いた研究事例が多い。
- 1MKOH電解液を用いた場合、各社が販売しているアニオン交換膜を用いた長時間運転事例は数千時間～10000時間程度（後述）であり、現状のアニオン交換膜はNafionと比較すると耐久性に課題がある。

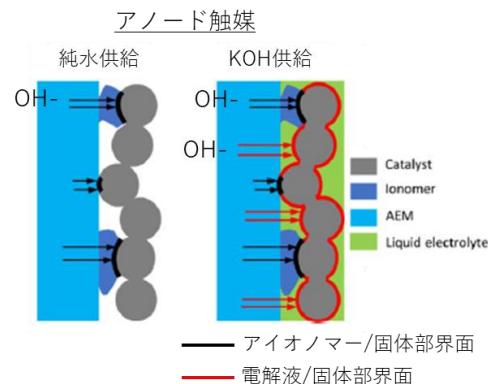
KOH濃度が電解性能におよぼす影響



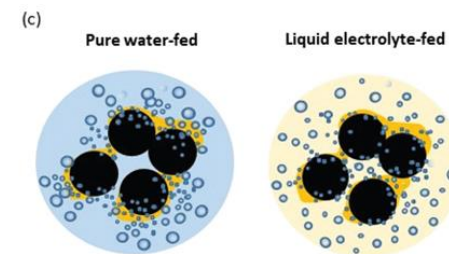
(出所) Jiangjin Liu et al 2021 J. Electrochem. Soc. 168 054522

アルカリ濃度低減時のアイオノマーへの影響

有効反応面積低下



反応集中



(出所) Jiangjin Liu et al 2021 J. Electrochem. Soc. 168 054522

(出所) Dongguo Li, Andrew R. Motz, Chulsung Bae, Cy Fujimoto, Gaoqiang Yang, Feng-Yuan Zhang, Katherine E. Ayers and Yu Seung Kim. Durability of anion exchange membrane water electrolyzers. Energy Environ. Sci., 2021, 14, 3393

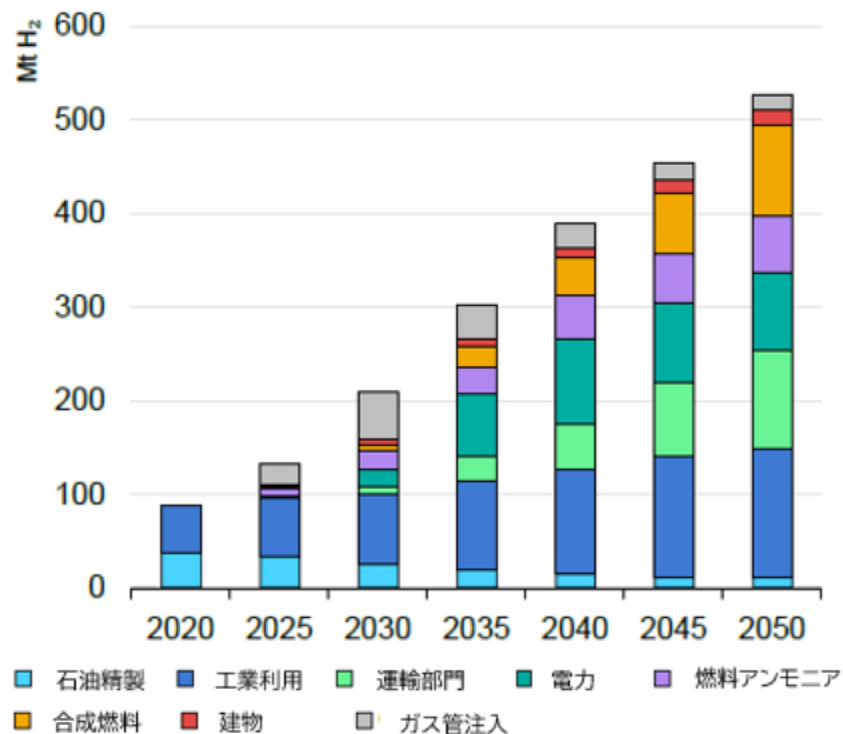


その他

- 2050年CN実現に向けて今後世界の水素利用量は大きく拡大、500Mt超と現在の6倍近くに至る見通し。
- 今後クリーン水素（化石燃料+CCS、水電解）の供給量が大きく増加。水電解水素製造が過半を占める。

IEA Net Zeroシナリオでの水素利用量見通し

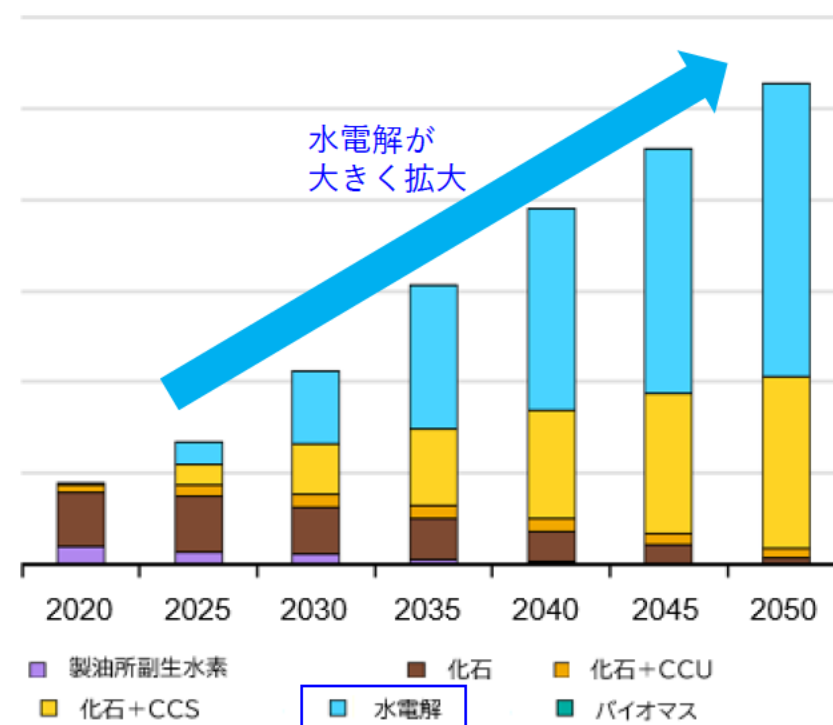
- ✓ 短中期的には既存用途（石油精製・工業利用）が大半。
- ✓ 中長期的に工業利用の他、運輸・発電用での利用が拡大。



(出所) IEA, "Global Hydrogen Review 2021"

IEA Net Zeroシナリオでの水素供給量見通し

- ✓ 足元（2020）では化石資源由来・副生水素が大半。
- ✓ 今後徐々にクリーン水素、特に水電解水素の供給量が拡大。



- ドイツのThyssenkrupp nuceraが大型水電解装置を強力に推進。
- 装置の容量拡大に加え、大量製造により装置コストを大幅削減する方針が両者共通。

Thyssenkruppの水電解装置開発ロードマップ

スケールアップの計画

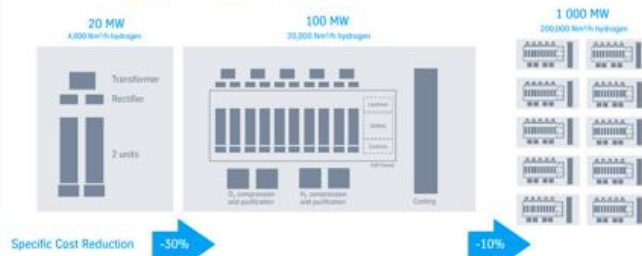
- ✓ 現在最新の製品は出力20MW。
- ✓ 2021年6月には1GW/年へと水電解装置生産能力を拡大する計画を発表していたが、10月には生産規模を5GW/年へとさらに拡大させる計画を発表。



GWスケールを実現する手段

①標準化・モジュール化

- ✓ 標準化された20MWモジュールを提供。
- ✓ プラントモデリングツールの活用によるコストの最適化



出典: Christoph Noeres (Thyssenkrupp) "Why the Industrial Sector is No.1 Driver to Scale-up of Green Hydrogen Today"

②量産技術の開発

- ✓ ドイツ連邦教育・研究省の電解装置量産技術開発プロジェクト「H2Giga」に参画。次世代電解スタックを開発するとともに、連続生産のための自動化・ロボティクス技術を開発。



出典: Thyssenkrupp社
プレスリリース

(出所) Thyssenkrupp nucera社資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

■ Thyssenkrupp nuceraの大型PJを以下に示す（「水電解装置の各国の主要企業の状況」に記載済みのPJを除く）。

Thyssenkrupp nuceraの大型水電解装置導入計画 (not exhaust)

導入プロジェクト・企業（国）	概要	電解出力	電解槽導入計画	状況（2025年1月31日時点）	主要パートナー
Hydro-Quebec（カナダ）	水力由来のグリーン水素と廃棄物を原料にメタノール・エタノール、DMEなどの燃料を製造。	88MW	2023年後半試運転開始予定	2021年1月に88MW電解槽の設置プロジェクトを受注したと発表。（その後、公開情報ベースでは情報の更新無し）	・ Hydro-Quebec（電力）
Element 1（サウジアラビア）	太陽光・風力の電力からグリーン水素を製造。（NEOMの第1フェーズ）	20MW	2023年運転開始予定。	2020年12月に資金提供を受けたと発表。（その後、公開情報ベースでは情報の更新無し）	・ NEOM（産業都市）
HydrOxy Walsum（ドイツ）	ドイツのエネルギー事業者のIqonyはデュイスブルク＝ヴァルスムの高炉を1基水素還元製鉄に転換。系統・太陽光由来グリーン水素を利用予定。	520MW（2027年は157MW稼働予定、最終的に520MWに至る予定）	2027年運転開始予定。	2023年7月にEUからの資金提供を発表。その後、2024年6月に、プロジェクトが遅延していることが発表された。	・ Iqony（エネルギー） ※2023年1月の組織改編により、Steagから名称変更。
Air Products（米国）	2022年3月、Air Productsが米国アリゾナ州カサグランデで一日10トンのグリーン液化水素を製造する施設の建設、運営を発表。同プロジェクトにおいて、2基のアルカリ水電解を提供する契約をThyssenkrupp nuceraとAir Productsが締結。製造した水素はモビリティ向けに供給予定。	40MW	2023年運転開始予定	（その後、公開情報ベースでは情報の更新無し）	・ Air Products（産業ガス）

(出所) 各種公開情報をもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

■ Thyssenkrupp nuceraの大型PJを以下に示す（「水電解装置の各国の主要企業の状況」に記載済みのPJを除く）。

Thyssenkrupp nuceraの大型水電解装置導入計画 (not exhaust)

導入プロジェクト・企業（国）	概要	電解出力	電解槽導入計画	状況（2025年1月31日時点）	主要パートナー
Unigel（ブラジル）	ブラジルの窒素肥料メーカー Unigel向けに60MWアルカリ水電解を導入する計画。年産1万トンのグリーン水素および年産6万トンのグリーンアンモニアが製造される予定。製造した水素は鉄鋼業、石油精製、e-fuel、肥料やアクリルの製造の原料向けに供給される予定。	240MW	-	2022年7月に20MWモジュール3台からなる60MWシステムの納入契約をUnigelと締結。2023年3月には容量を60MWから240MWへと増やす覚書を締結。	・ Unigel（肥料）
Andalusian green hydrogen valley（スペイン）	スペインのエネルギー関連企業であるMoeveはスペインのアンダルシアでAndalusia Green Hydrogen Valleyの開発に取り組み。第一段階として、La Rábida Energy ParkにThyssenkruppの300MW電解槽を導入し、年間最大47000万トンの水素を製造予定。（プロジェクトでは2030年までに2GWの電解槽を導入し、年間30万トンの水素を製造予定）	300MW	-	2024年5月に、MoeveはAndalusia Green Hydrogen Valleyの第一段階向けに300MWの電解槽を供給する優先サプライヤーとしてthyssenkruppを選定したと発表。加えて、Thyssenkruppは、Moeveから電解プラントの基本設計業務を受注。さらに、FIDまでのプラント設備全体に関わる詳細設計の支援も行う予定。	・ Moeve（エネルギー）
Bell Bay Powerfuels（オーストラリア）	グリーンメタノールとグリーン水素供給事業者であるABEL Energyは、オーストラリアのタスマニアでBell Bay Powerfuelsプロジェクトに取り組み。プロジェクトではグリーンメタノールを年間30万トン製造予定。	260MW	2028年稼働開始予定	2024年2月に、ABEL Energyがオーストラリアのエンジニアリング会社であるWorleyと現地エンジニアリング会社のpitt&sherryにFEED、FIDまでのサポートを発注、両社はFIDまで調達と建設サービスを提供する。2024年3月にはABEL Energyはプロジェクトに必要な260MWの電解装置の優先サプライヤーとして、thyssenkruppを選定したと発表。	・ ABEL Energy（グリーンメタノールとグリーン水素供給事業者） ・ Worley（エンジニアリング） ・ pitt&sherry（エンジニアリング）

- Thyssenkrupp nucera社は食塩電解での実績を活かして、電解システムとサービス部分に注力。
- EPCの部分では、グループ企業のThyssenkrupp Uhdeと連携。
- キー部材の電極供給については De noraから調達。隔膜はAgfaから調達。

アルカリ水電解のバリューチェーンとThyssenkrupp社の注力領域



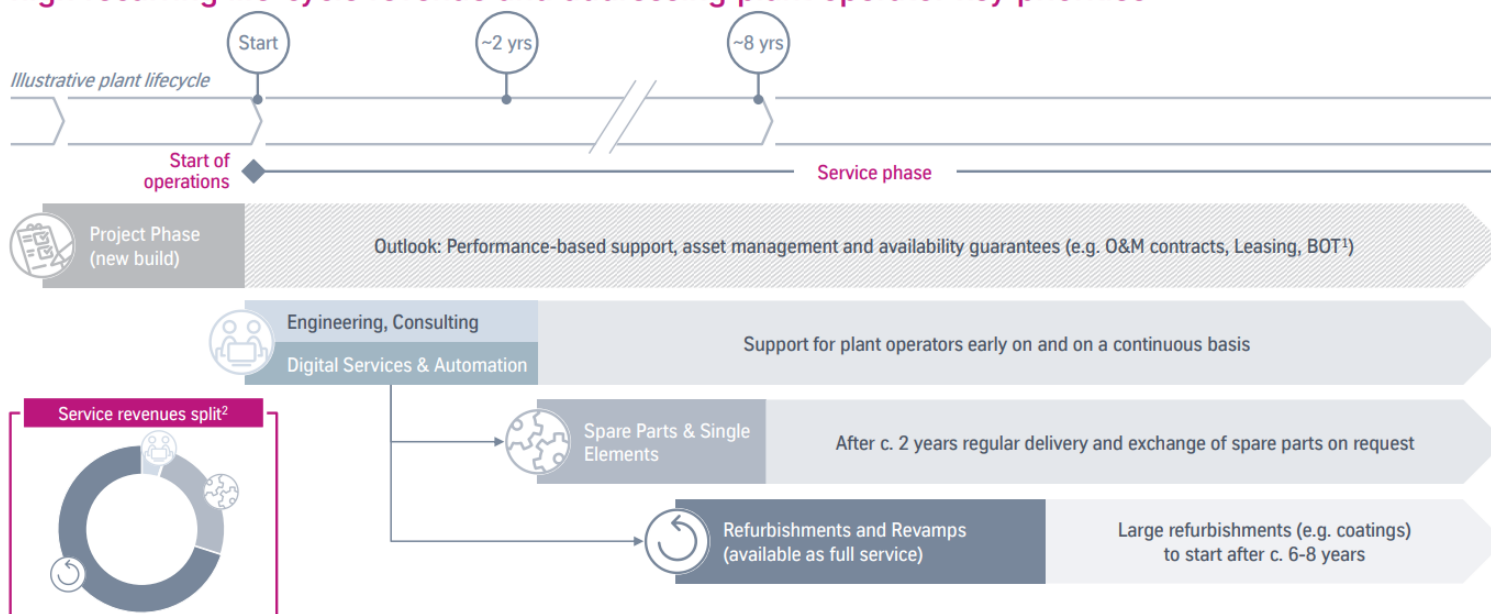
高付加価値領域の電解システムとサービス部分に注力

(出所) Thyssenkrupp nucera社資料をもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- Thyssenkrupp nucera社のサービス事業では、特にRefurbishment（修繕）・Revamp（部品交換）が3/4程度を占める。残りはスペア部品の売上とデジタルサービス等。
- 食塩電解ベースのアルカリ水電解においては、O&M事業がきわめて重要な位置を占めることが見て取れる。（他の密閉型の水電解との大きな違い）
- 技術開発戦略もこうした機器・ビジネスの特徴や強みを念頭に考えていく必要。

アルカリ水電解のバリューチェーンとThyssenkrupp社の注力領域

Services offering and digital solutions integral to thyssenkrupp nucera business model providing high recurring life-cycle revenue and addressing plant operator key priorities



Leveraging thyssenkrupp nucera's leading position & service business know-how in CA to grow AWE service

(出所) Ulf Bäumer(Thyssenkrupp nucera), "8. Technology Service and Digitalization"

- 国内では旭化成が福島において10MWのアルカリ水電解システムを導入済み。同社は特に食塩電解で培った、高性能なシステムに強みを持ち、今後O&Mビジネスの展開を計画。
- 2030年頃に向けて、国内外で10-数十MW級での実績積み上げを計画。
- 旭化成は化学・石油・ユーティリティ、その他大規模製造プロジェクトがメインターゲットとする。

旭化成のアルカリ水電解での取り組みと事業展開の計画



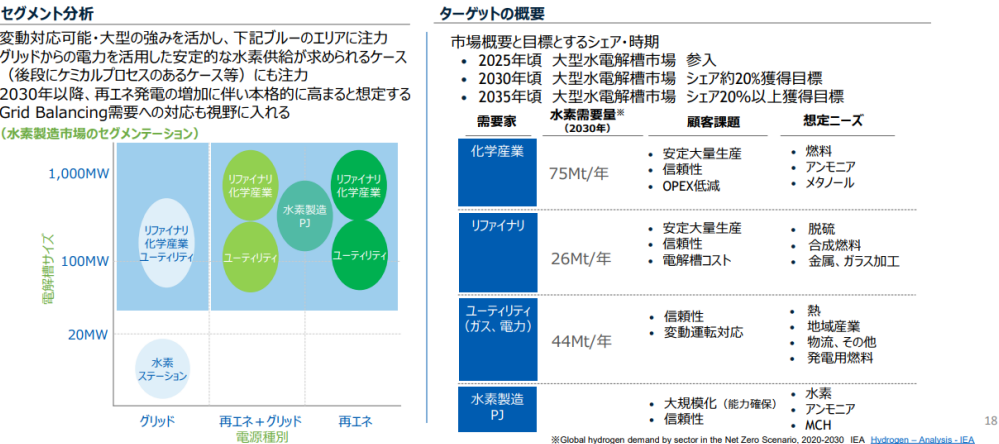
（出所）旭化成，「マテリアル領域説明会（2023年12月21日）」

旭化成のアルカリ水電解での市場のセグメント・ターゲット

4. 今後の見通しについて / 事業化のイメージ

市場のセグメント・ターゲット

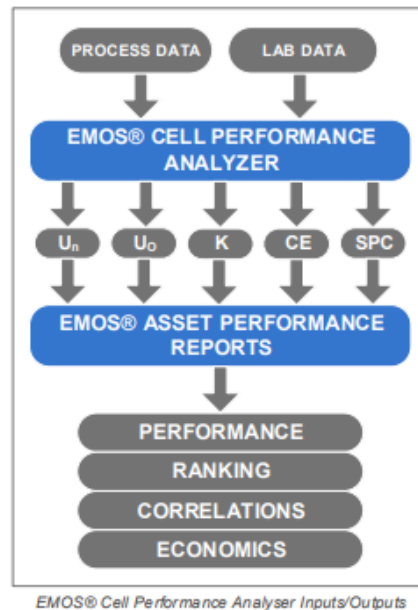
水電解による水素製造市場のうち、変動電源等のグリーンな電力を利用しながら安定的に大量の水素を必要とする市場をターゲットとして想定



（出所）旭化成，「NEDO水素・燃料電池成果報告会2023,グリーンイノベーション基金事業／再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造 水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X大規模実証 大規模アルカリ水電解水素製造システムの開発 およびグリーンケミカルプラントの実証」

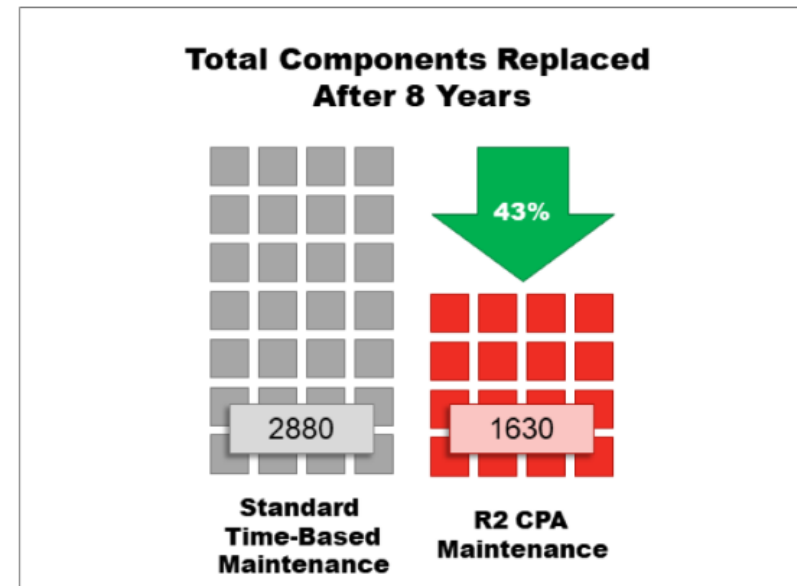
- 旭化成は、2022年2月に高精度な食塩電解用モニタリング装置および安全・安定運転に特化したシステムの開発・製造会社であるR2を買収。
- 電解装置のモニタリングで実績のあるR2社と連携し、遠隔からの運転状況モニタリング・制御し、最適運転をサポート。故障予知・メンテナンスの最適化により、ダウンタイムの最小化を図る。
- ケーススタディでは、ソフト導入で、8年間の間に交換されたコンポーネントが2880から1630個に減少したとする。

セルの状態分析や経済性評価アルゴリズム



(出所) <https://r2.ca/knowledge-base/emos-cpa-datasheet/>

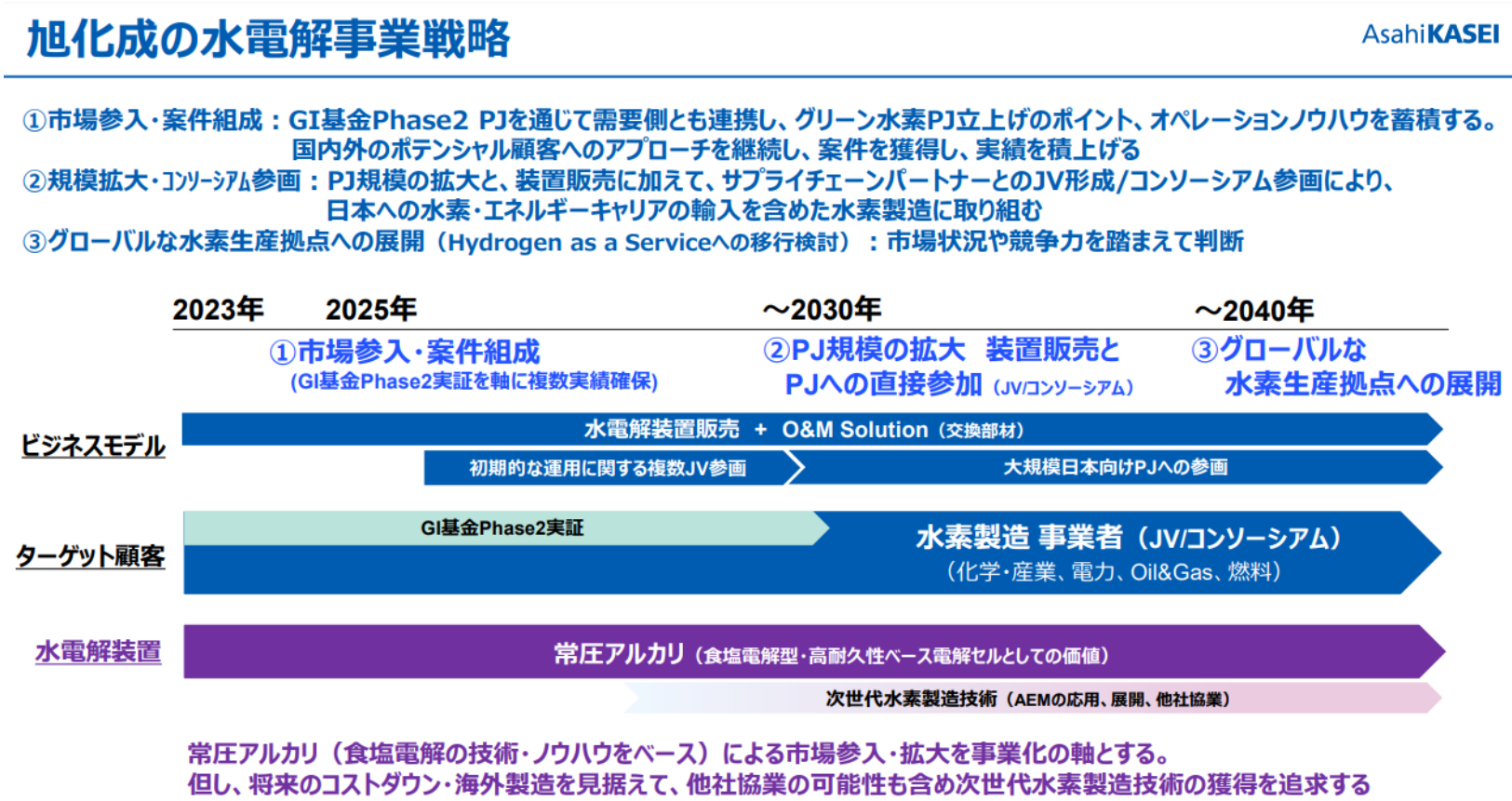
ソフト導入による交換回数の低減



(出所) <https://r2.ca/products/predictive-maintenance/emos-cell-performance-analyzer-service/>

- 常圧電解の特長を生かしたO&Mビジネス志向、次世代技術（AEM等）が特徴と考えられる。

旭化成のアルカリ水電解事業戦略



- Siemens Energyは2023年にベルリンのGigafactoryでスタックの量産を開始。
- 同社はThyssenkrupp nucera同様にドイツのH2Gigaプロジェクトへの参画も行い生産技術開発にも取り組む。

Siemens Energyの水電解装置開発ロードマップ

スケールアップの計画

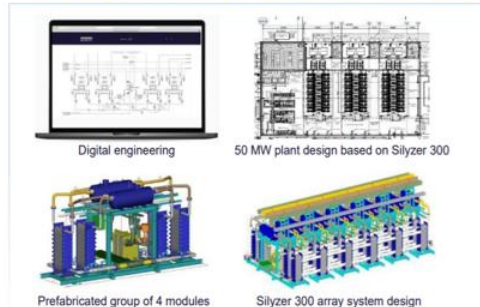
- ✓ 現在最新の製品は2018年の「Silyzer 300」。
(出力17.5MW、水素製造335kg/h)
- ✓ 2023年以降に、Silyzer 300の製造プラントを構築。
- ✓ 2028年以降、より大型の電解装置に対応したプラントを計画、GWスケールへ。



GWスケールを実現する手段

①標準化・モジュール化

- ✓ プラント設計の標準化・モジュール化
- ✓ デジタルエンジニアリングツールの活用



②量産技術の開発

- ✓ 数GWの生産規模への柔軟な拡張を見据えたGigafactory構築（自動化かつ高品質の実現）
- ✓ ドイツ連邦教育・研究省の電解装置量産技術開発プロジェクト「H2Giga」に参画。



出典:Armin Schnettler
(Siemens energy)
"New Energy Business Large-scale PEM Electrolysis for Industrial Applications"

(出所) Siemens Energy社資料をもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

■ Siemens Energyの大型PJを以下に示す（「水電解装置の各国の主要企業の状況」に記載済みのPJを除く）。

Siemens Energyの大型水電解装置導入計画(not exhaust)

導入プロジェクト・企業（国）	概要	電解出力	電解槽導入計画	状況（2025年2月6日時点）	主要パートナー
Wunsiedel（ドイツ）	ドイツ最大級の電解槽の導入を発表。系統安定化に寄与すると共に、水素はトレーラー輸送、トラック・バスの燃料として利用。	8.5MW	2021年7月に建設開始、2021年末試運転予定。	2022年9月に稼働開始した。	・ WUN H2（地元のシュタットベルケ等との合弁会社）
Masdar City（UAE）	2021年1月に、Siemens EnergyとMasdarがUAEのマスダール・シティでの水電解プラント開発計画を発表。SAF、乗用車・バス向け水素、船舶用燃料を製造するためのグリーン水素を20MWの太陽光から電解で製造。将来のスケールアップも検討。	不明	2022年までにプラント建設予定。	2022年1月には、Siemens EnergyとMasdar、TotalEnergiesがマスダール・シティでの水電解プラントの共同開発を進めると発表。 （その後、公開情報ベースでは情報の更新無し）	・ Masdar（エネルギー） ・ 丸紅（商社） ・ Lufthansa（航空） ・ Etihad Airways（航空）
Haru Oni（チリ）	チリで風力由来グリーン水素からe-fuel（自動車、航空機、船）を大規模製造。2026年までにe-fuelを5.5億L/年製造する計画。	2GW	2022年パイロットフェーズで1.2MW、2024年までに175MW、2026年までに~2GW	2022年12月にチリのPunta Arenasでパイロットフェーズで1.25MWの電解槽が稼働、合成燃料の生産を開始した。 （その後、後継プロジェクトとして、同じチリのPunta Arenasでe-fuel製造プロジェクトとして、Cabo Negroを進めると発表。同プロジェクトでは、240MW電解槽で製造した水素から、年間17.3万トンのe-メタノールと7500万リットルのe-ガソリンを製造する計画。2024年3月には、概念設計およびFEEDの事業者として、アルゼンチンのエンジニアリング会社であるTechint E & Cを選定したと発表）	・ Porche（自動車） ・ Enel（電力） ・ ExxonMobile（石油）

(出所) 各種公開情報をもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

■ Siemens Energyの大型PJを以下に示す（「水電解装置の各国の主要企業の状況」に記載済みのPJを除く）。

Siemens Energyの大型水電解装置導入計画(not exhaust)

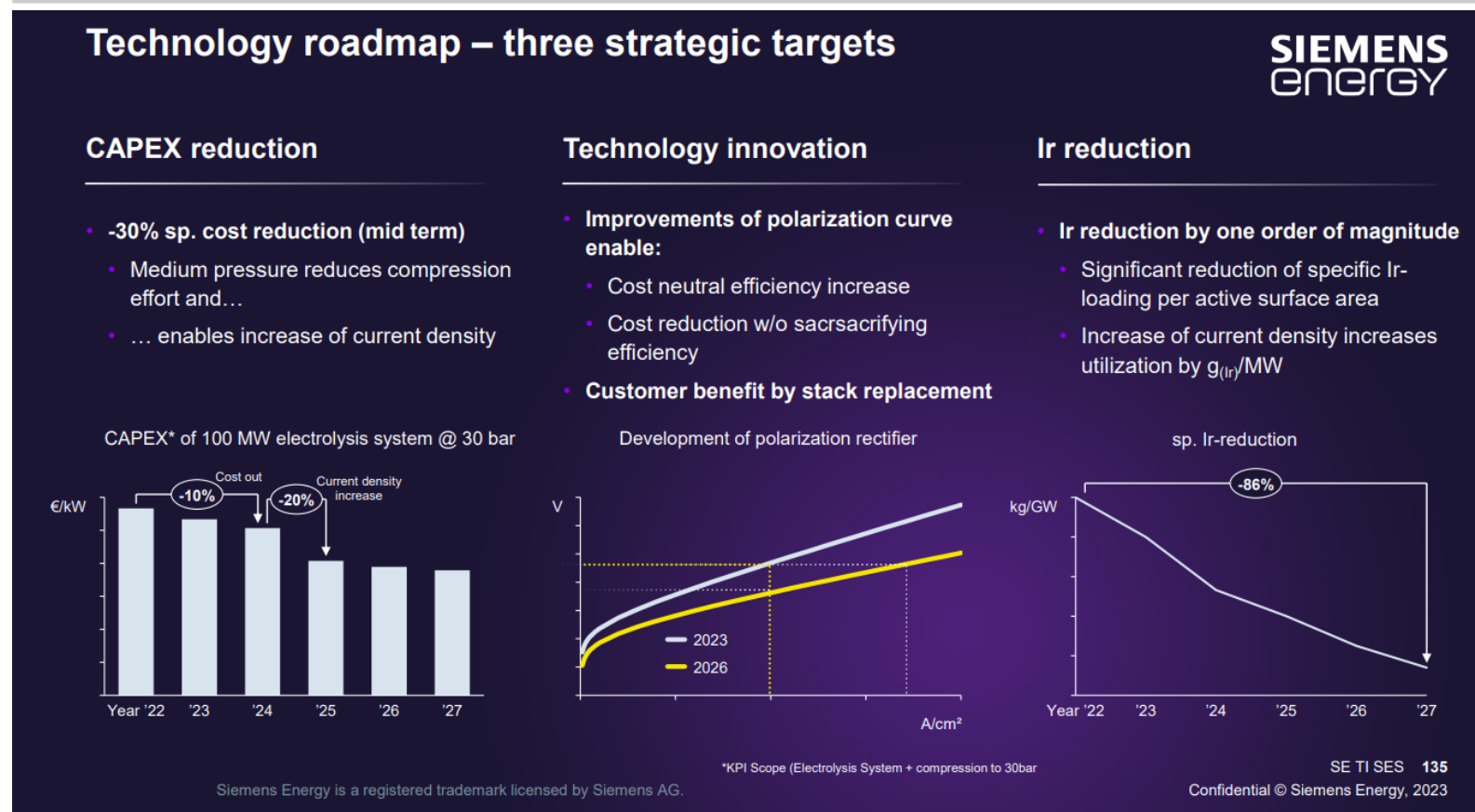
導入プロジェクト・企業（国）	概要	電解出力	電解槽導入計画	状況（2025年2月6日時点）	主要パートナー
Murchison Renewable Hydrogen（豪州）	太陽光・風力発電のハイブリッドの6GWの再エネより国内利用・輸出用に年間約200万トンのグリーンアンモニアを生産する計画。	3GW	2026年にフェーズ1の最終投資判断を実施し、その後建設予定。2029年にフェーズ2の最終投資判断予定。	2023年12月に水素の生産・輸出を加速させるため水素ヘッドスタートプログラムの最終候補6つのうちの一つに選定された。最終候補者は申請書を提出する必要があるが、このプロジェクトも、2024年6月に申請書をARENAに提出した。	・ Hydrogen Renewables Australia（再エネ） ・ Copenhagen Infrastructure Partners（投資）
Kassø（デンマーク）	再エネ事業者のEuropean Energyの関連会社であるKasso MidCoはデンマークのKassøでグリーン水素と、バイオマス源から回収されたCO2を合成して年間最大4.2万トンのe-メタノールを生産予定。製造したe-メタノールは海運向けに供給予定。	50MW	2023年後半にe-メタノール生産開始予定。	2024年10月にプラントの建設が順調に進んでいると発表された。	・ European Energy（再エネ）
Hy4Chem-EI（ドイツ）	年間最大8千トンの水素を製造できる水電解装置をBASFのLudwigshafenのプラントに導入。水素は化学品製造プロセスに使用される予定。	54MW	2025年に運転開始予定。	2023年11月にドイツ連邦経済・気候保護省とラインラント・プファルツ州から1億2430万€（1億3,620万\$）の政府補助金の資金提供を正式に承認され、プロジェクトは建設段階に入る予定であると発表された。	・ BASF（化学）

(出所) 各種公開情報をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

■ Siemens EnergyはPEM水電解の開発ターゲットとして以下を掲げている。

- CAPEX削減：圧縮機のコスト低減・高電流密度化。
- 技術革新：IVカーブの改善・Polarization rectifier（整流器）の開発。
- Ir量削減：27年は22年比で86%のIr使用量（kg/GW）削減。

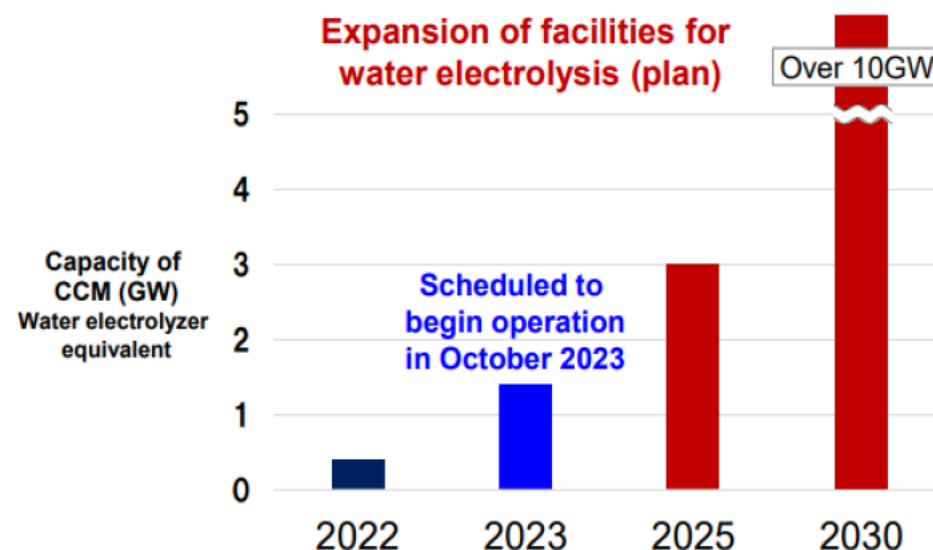
Siemens EnergyのPEM水電解の開発ターゲット



(出所) Swedish Hydrogen Development Center, “The Future of Hydrogen Production（2023年10月）”

- 東レはガスバリア性やイオン伝導度に優れた高性能な炭化水素系の電解質膜を開発、水電解用のCCM（触媒層付き電解質膜）として、システムメーカーに提供するためのパートナーシップを国内外大手メーカーと締結済み。
- 同社は欧州の子会社であるGreenerity（子会社）を通じてCCMを生産・展開、生産能力として1GWを上回る設備導入を発表済み。
- さらに、2025年には3GW、2030年には> 10GWという計画も発表している。

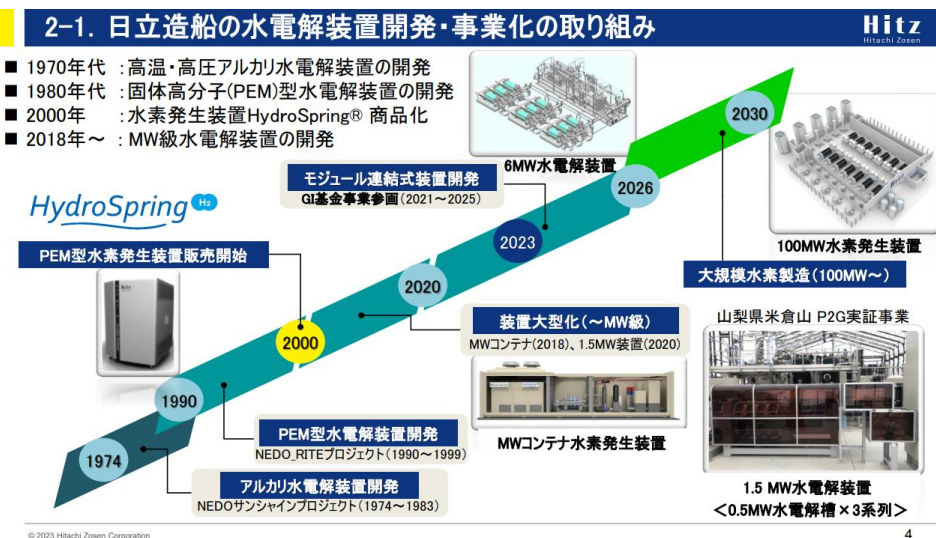
東レのPEM水電解での取り組みとCCM生産の計画



(出所) 東レ, 「TORAY IR セミナー 水素社会実現に向けた東レの取り組み HS事業部門の取り組み (2023年9月5日)」

- 国内ではカナデビア（旧 日立造船）が東レ製の膜を採用したPEM水電解の開発に取り組み。同社は早期から水電解装置の開発に取り組んでおり、2030年頃には100MW級水電解装置を開発予定。
- グリーンイノベーション基金事業（GI基金事業）に参加し、開発するスタックでは加圧運転下で $1.74\text{V}@2\text{Acm}^2$ と優れた性能を実現している。

カナデビア（旧 日立造船）のPEM水電解での取り組みとGI基金事業で開発の水電解性能



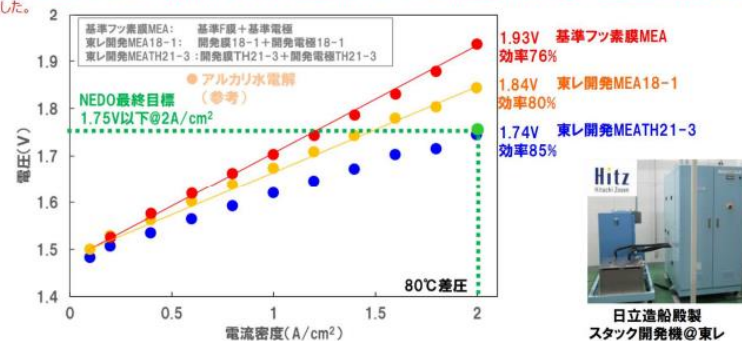
(出所) 日立造船、「日立造船グループのPower to Gasの取り組み（水電解・メタネーション）」、(2023年4月5日)」

2. 研究開発計画／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

直近のマイルストーン (2022年度 中間目標) 中型スタック評価において、水電解性能 $1.75\text{V}@2\text{A}/\text{cm}^2$ を見通す。 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。

中型スタック評価において、東レ開発MEATH21-3により、差圧運転条件下での水電解性能 $1.74\text{V}@2\text{A}/\text{cm}^2$ を確認し、2022年度中間目標を達成した。

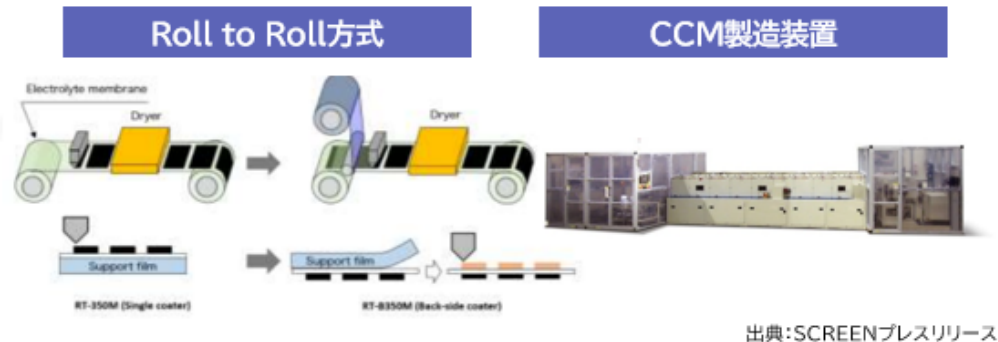


(出所) 東レ、「事業戦略ビジョン（産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野ワーキンググループ（2023年8月23日）」

- 国内では東京ガスとSCREENが共同で、燃料電池向けのCCM製造技術を展開した水電解セルスタック共同開発に取り組み、5000cm²サイズのCCMを25年量産開始を目指す計画。

燃料電池用CCM製造装置

- ✓ SCREENは、同社がディスプレイ製造装置で培った塗布・乾燥技術を活用して燃料電池用CCM（触媒層つき電解質膜）製造技術をNEDOプロジェクトで開発。
- ✓ 2016年からSCREENは製造装置を販売。



水電解への展開

- ✓ 東京ガスとSCREENは水電解セルスタックの共同開発に取り組むことを2021年に発表。
- ✓ 燃料電池用CCMの製造技術（Roll to roll）をPEM形水電解のCCM製造に展開し、製造効率化による水電解セルスタックの低コスト化を図る。

CCM製造装置での製造効率化によるセルスタック低コスト化



図1 水電解用セルスタックの低コスト製造（イメージ図）

出典:東京ガスプレスリリース

(出所)東京ガス、SCREENのプレスリリースをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 現状で数MW規模でシステムを販売しているのはEnapter（2.4kWが基本単位）、10kW規模であればCipher Neutronも注文を受け付けている状況。
- 2025年以降において、各社がMW規模の実証やシステム提供を計画している。

企業名（国）	スタック、モジュールサイズ	販売状況	開発状況	今後の計画
Enapter（イタリア）	2.4kWを基本単位として、数WMの製品を展開	販売中	2.4kWを基本単位として、数WMの製品を展開。	2025年から30kWスタックの試験生産を開発予定。2025年から30kWスタックを連ねたマルチコアスタックの検討を開始予定。
Verdagy（米国）	20MWモジュールを連ねて100MW以上を目指す（セルは1.2m×2.7mの大型セル）	未	2022年9月に、20kW試験セル（面積3200cm²）で、高電流密度での1000時間連続運転試験を完了したと発表。 - 現状では、500kWスタック（3つの1.2m×2.7mの大型セルをスタック）での試験を実施すると共に、2MWのパilotプラントを稼働中。	2024年3月に、ShellはVerdagyの20MW（eDynamic）システムの技術的実現可能性と技術レビュー、厳格な「HAZOP」（安全性）レビューを完了したと発表。今後VerdagyはShellのプロジェクトに対し電解システムを供給することが可能となる。 2024年4月に米国の再エネ事業者であるDoral Renewablesと、2030年までにVerdagyがDoral Renewablesに水電解システムを提供するという戦略的提携を発表した。
EvoIOH（米国）	最大50MWモジュール（単一スタック最大5MW）を目指す。	未	- EvoIOHはスタックのみを販売するビジネスモデルを想定。 2024年2月の時点で、EvoIOHの研究施設で電解装置のテストを進めている段階であり、2024年中には実証を開始する見込みとしている（その後、公開情報ベースでは情報の更新無し）	2024年に1MWスタック、2025年には数MWスタックでの実証を実施予定。 - 米国に3.75GWのギガファクトリーを建設、2025年に量産開始予定、15GWの量産規模の工場を2026年に起工予定
Cipher Neutron（カナダ）	10kWスタックを開発した。100kW、250kWに拡張予定。	未（10kW規模であれば注文を受け付けている状況）	10kWスタックを開発済みであり、既にガーナのインフラ事業者であるKuber Group Africaから2023年7月に注文を受けている。 2023年6月に、Ionomrと共同で250kWスタックを開発すると発表。	2025年に100、250kWのスタックを製品化予定。 2023年11月に、FuelPositiveがAEM水電解メーカーのCipher Neutronから水電解装置を調達する戦略的パートナーシップを締結（FuelPositiveは生産規模0.3トン/dayの装置を30台製造予定であり、このためにCipher Neutronの電解槽が合計で4.5MW必要であるとしている）

（出所）各種公開情報を基にみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- Enapterは2.4kWの小型システムであるが、両極PGMフリー、低濃度アルカリ溶液（0.18M KOH）の製品を販売している。
- Verdagyは広い運転レンジと応答速度を強みとする20MWモジュールを開発中。製品の貴金属使用状況や電解液濃度は非公開。
- EvoIOHはpH7付近の炭酸系電解液供給・両極PGMフリーの50MW大型モジュールを開発中。
- Cipher Neutronが開発済みの10kWスタックは、1MKOH供給・両極PGMフリーであり、電流密度1.1A/cm²（1.9V）で運転が可能。
- AEM水電解の主要プレーヤーの開発の方向性として、電解液濃度としては1M以下、貴金属の使用状況としては両極貴金属フリーにする方針であることが伺える。

企業名（国）	スタック、モジュールサイズ	電流密度	運転レンジ	応答速度	貴金属使用量	電解液濃度
Enapter（イタリア）	・ 2.4kWを基本単位として、数WMの製品を展開	—	3-100% （AEM Nexus）	—	両極PGMフリー （アノード触媒はCuCoOx）	1 wt%KOH （0.18Mと試算される）
Verdagy（米国）	・ 20MWモジュールを連ねて100MW以上を目指す（セルは1.2m×2.7mの大型セル）	0.1-2.0A/cm ²	5-100%	1分単位で負荷変動が可能 （再エネ変動追従を強みとする）	—	KOH （濃度は非公開）
EvoIOH（米国）	・ 最大50MWモジュール（単一スタック最大5MW）	—	—	—	両極PGMフリー	pH7付近の炭酸系電解液
Cipher Neutron（カナダ）	・ 10kWスタック	0.7A/cm ² （定格、BOL）	20-120%	—	両極PGMフリー	1MKOH

（出所）各種公開情報をもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- 2.4kWの小型スタックを標準基本単位とし、それらを組み合わせることでMW規模の装置を展開中。標準化した小型スタックを大量生産することでコスト低減を図る戦略。
- Enapter公開レポートでは、2022年断面におけるAEM EL4.0（2.4kW）のシステムコスト8000€（3333€/kW）、2025年断面におけるAEM Multicore（1MW）のシステムコスト550000（550€/kW）、耐久性については2025年においてシングルコアの電解槽、MWスケールのMulticoreともに50000時間以上としている^[1]。
- これまで2.4kWスタックを基本単位として製品を展開していたが、より大型の30kWスタック「Stack Model T」を開発中。この30kWスタックを組み合わせたマルチコア製品を展開することで、より大規模な需要に対応するとしている。2025年にはスタックの試験生産を開始するとしている。

[1] https://www.enapter.com/app/uploads/2022/07/4-List-of-Assumptions_LCOH-Blog-1.pdf

Enapterの現状、将来見通し

CAPEX Values

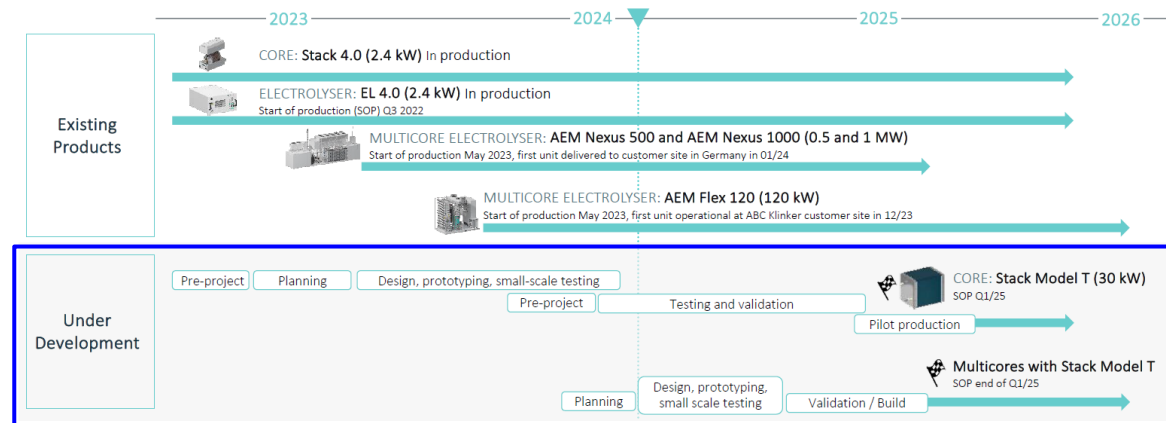
Year	Year	Unit Cost
2022	AEM EL 4.0	€ 8,000
2023	AEM Multicore	€ 900,000
2025	Single-core electrolyser	€ 2,500
	AEM Multicore	€ 550,000

Technical Values

	AEM Multicore (2023)	AEM Multicore (2025)	AEM EL 4.0 (2022)	Single-core electrolyser (2025)
Power consumption	1008 kW		2.4 kW	
Production rate	210 Nm ³ /h		0.5 Nm ³ /h	
Nominal power consumption (beginning of life)		4.8 kWh/Nm ³		
System life		20 years		
Stack operating lifetime	>35,000 h	>50,000 h	>35,000 h	>50,000 h
Load factor		98%		
Water consumption	190 L/h	190 L/h	0.4 L/h	0.4 L/h

(出所) https://www.enapter.com/app/uploads/2022/07/4-List-of-Assumptions_LCOH-Blog-1.pdf

Enapterの製品開発計画

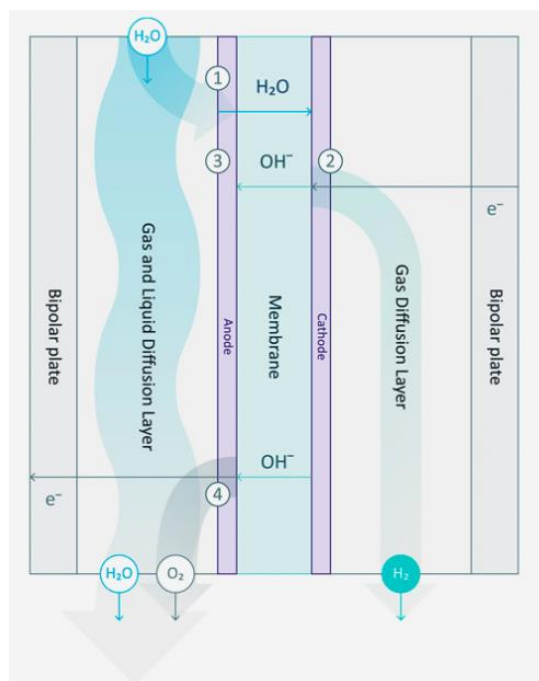


(出所) Enapter, “Green Hydrogen Production with AEM Electrolysers (Investor Presentation、2024年3月)”

- Enapterのシステムでは、アノード側のみに希釈KOH（1%wt）を供給し、カソード側には供給しないカソードドライ運転を採用^[1]。カソードドライ運転は、「カソード側に電解液を投入しないため、電解によって得られる水素の純度が高い」、「カソード側に水を供給するための補機を削減できる」などの利点がある。
- Enapterが商用化している2.4kWモジュールでは、ユーザーは純水のみを供給する。純水が供給されると、モジュール内のelectrolyte tankから純水にKOHが供給され、その後、スタックへと供給される。

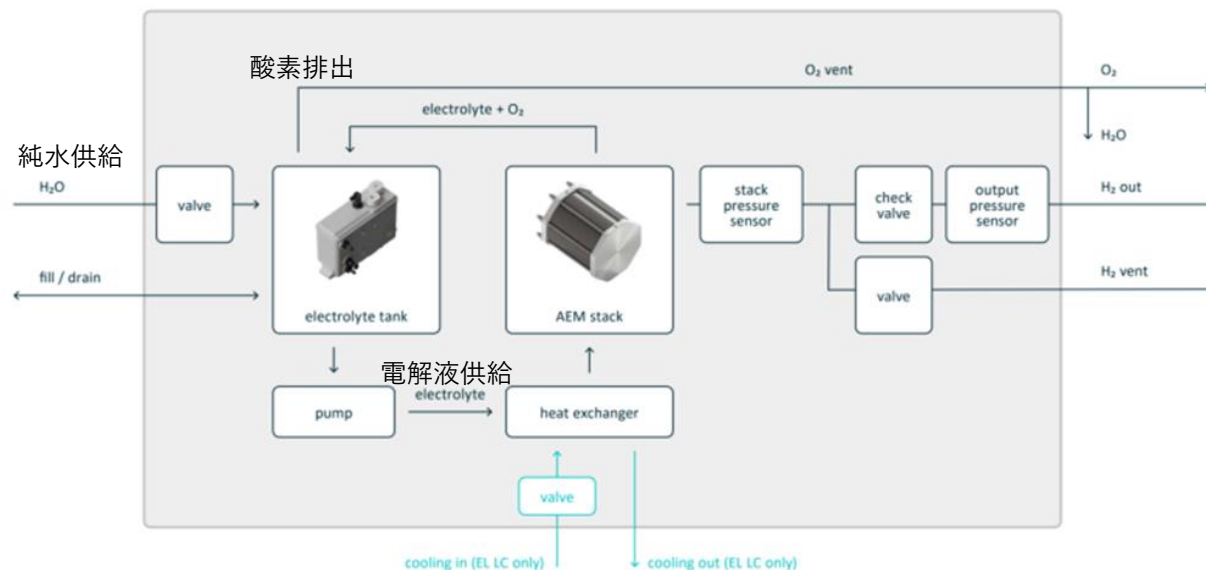
[1] https://handbook.enapter.com/knowledge_base/aem_technology.html

Enapter社HP記載の図



(出所) <https://www.enapter.com/ja/blog/aem-water-electrolysis-how-it-works/>

Enapterの2.4kWモジュール



P&ID of the EL4.0

(出所) Enapter, "Owner's Manual Electrolyser 4.0"

- Verdagyは、1.2m×2.7mの大型セルから構成される20MWモジュールを連ねて100MW以上を目指すとする。
- Verdagyの電解槽は、電流密度については0.1-2.0A/cm²、負荷応答性能については1分単位で負荷変動が可能とする（再エネ変動追従を強みとする）。電解液にはKOH溶液を用いているが、電解液濃度は非公開。
- 技術成熟度としては、2022年9月に、20kW試験セル（面積3200cm²）で、高電流密度での1000時間連続運転試験を完了したと発表。現状では、500kWスタック（3つの1.2m×2.7mの大型セルをスタック）での試験を実施すると共に、2MWのパイロットプラントを稼働中（VerdagyのHP^[1]に稼働中と記載有）。

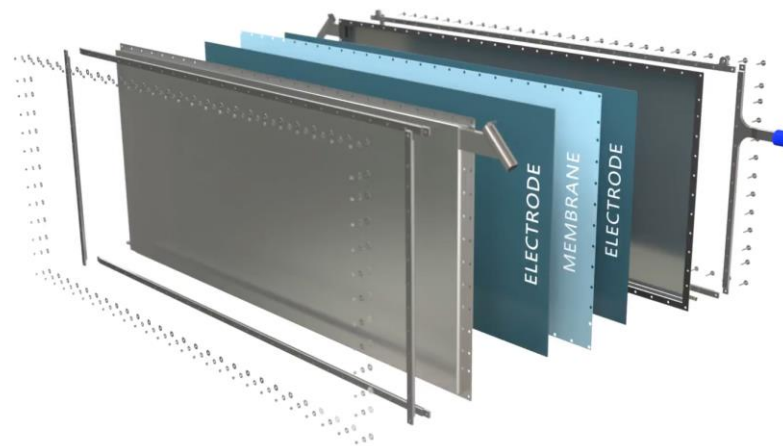
[1] <https://verdagy.com/>

Verdagyの大型AEM水電解



(出所) <https://verdagy.com/>

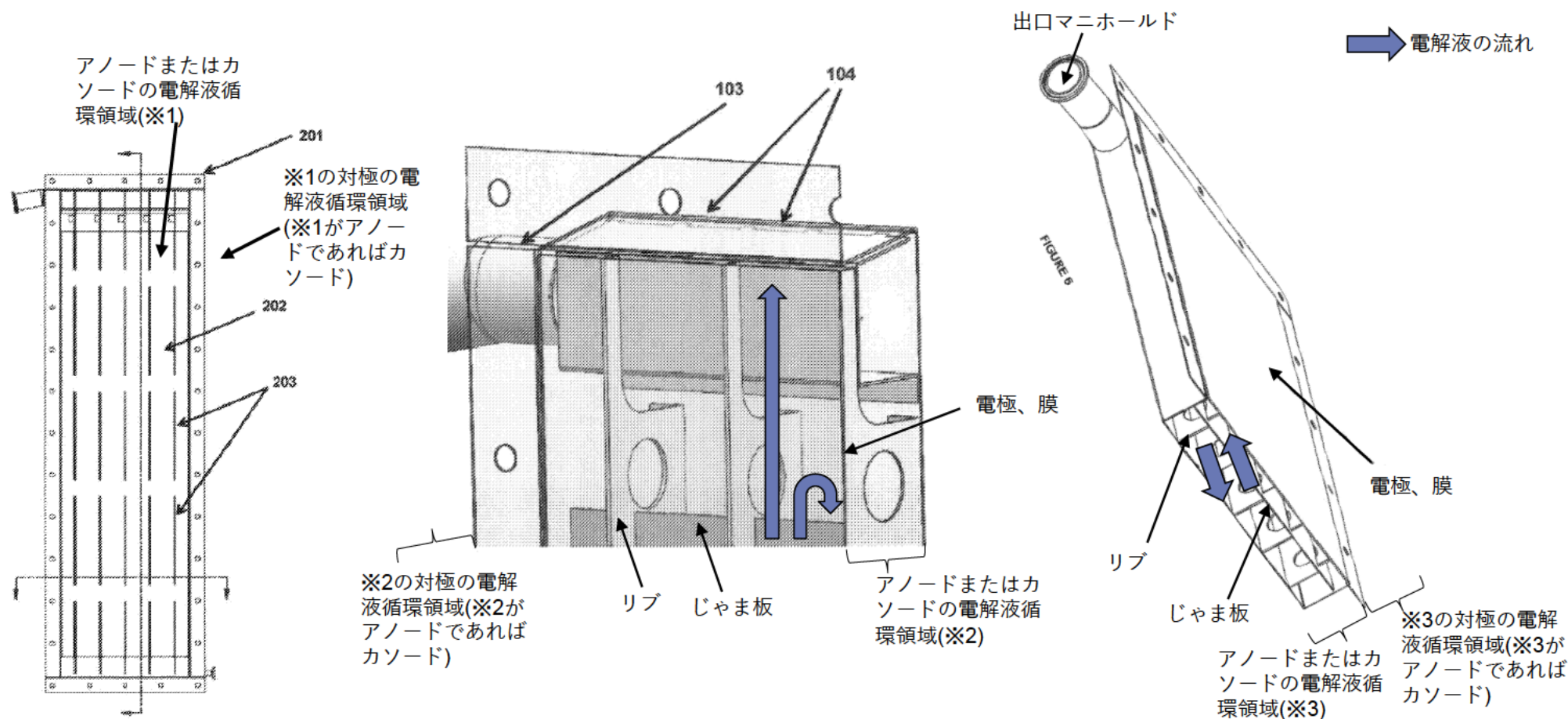
Verdagyのセル



(出所) <https://verdagy.com/product-electrolyzers-green-hydrogen/>

- Verdagyの開発するAEM水電解は、以下の図に示すような食塩電解ベースのセル構造にアニオン交換膜を採用した構造。

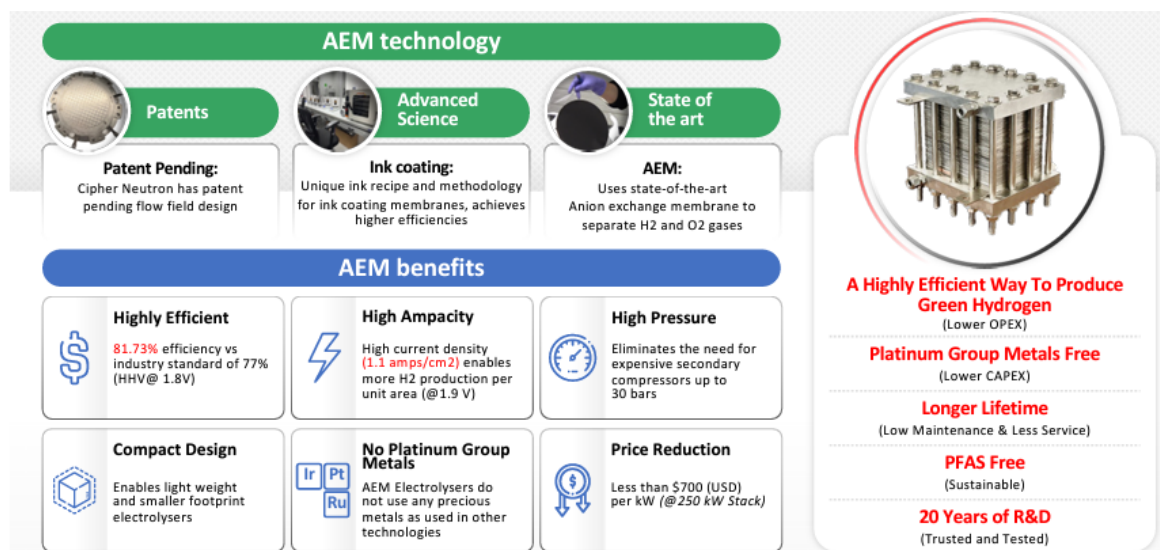
VerdagyのAEM水電解の構造 (Verdagy特許より)



(出所) US11799110B2

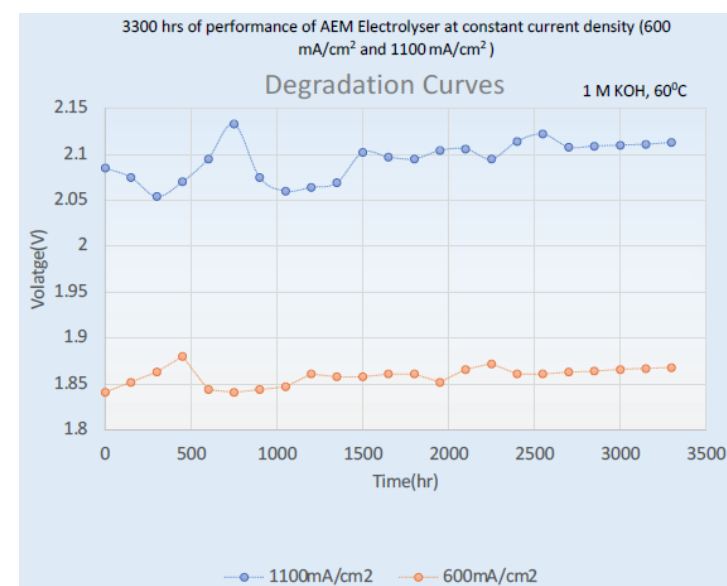
- 開発済みの10kWスタックは、1MKOH供給・両極PGMフリーであるが、電流密度 $1.1\text{A}/\text{cm}^2$ (1.9V) で運転が可能であり、かつ3300hの運転実績 (以下の右図) を有しており、高い技術水準を誇ると推察される。なお、Cipher Neutronのセルは両極に電解液を供給する構造である。
 - 2024年6月に発表のプレスリリースにおいて、スタックのエネルギー消費量 $41.754\text{kWh}/\text{kg}$ (効率94.36%^[1]) を達成したと発表した。高性能を達成した要因として以下が挙げられている。
 - 独自の流路設計 (ガスの排出を促進し、電解液の分布を最適化することで、均一な反応性を確保。特許出願中)
 - コーティング技術 (独自開発したインクレスピとコーティング技術によって、有効反応面積を拡大させると共に面内で均一な反応面を担保し、性能と耐久性を向上させる)
 - セル圧縮技術 (接触抵抗低減)
 - ゼロギャップ構造
 - dynaCERT (カナダのグリーンテック企業) と10kWスタックを共同開発済、既に注文を受けている。セルスタックには、Ionomr (カナダ) の膜を使用している。
- [1] 効率100%の場合に水素製造に必要な電力 $39.4\text{kWh}/\text{kg}$ を基に算出。

Cipher NeutronのAEM水電解



(出所) https://www.cipherneutron.com/wp-content/uploads/2023/10/Cipher-Neutron_Teaser-Oct-2023_2023.10.04_1300.pdf

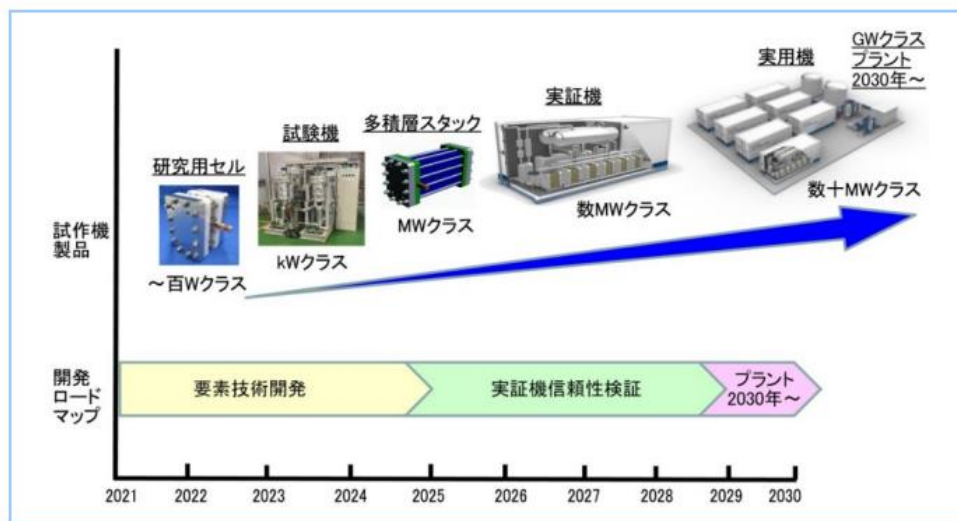
耐久運転事例



(出所) Cipher Neutron, "Green Hydrogen Production at the Lowest Affordable Prices (2024年6月)"

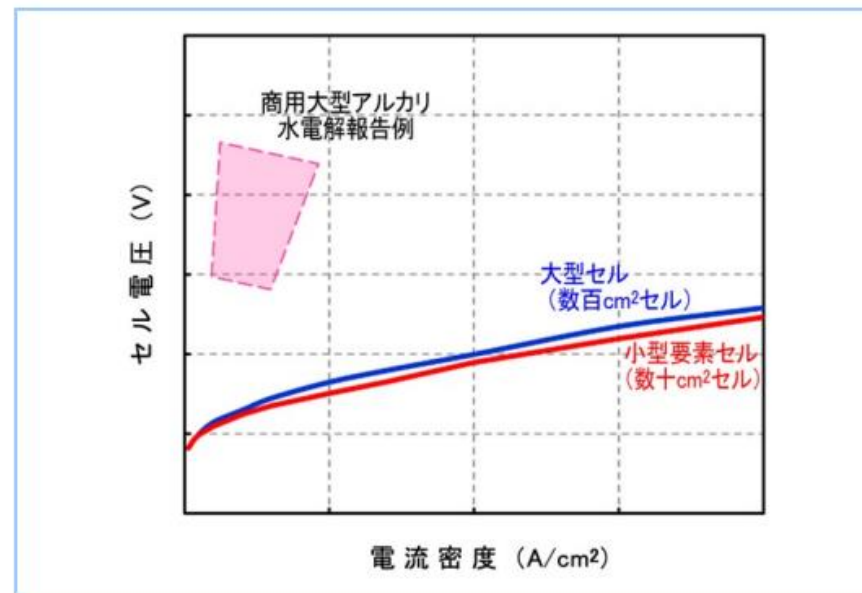
- 三菱重工はAEM水電解ロードマップを発表しており、2020年後半に数MWクラスの実証機、2030年以降に数十MWクラスの実用機を開発予定である。
- 同社は、2022年に百Wクラスの研究用セルで一般的なアルカリ水電解と比較して大幅な電流密度の向上を達成したことを報告した。その後、2024年には数百kWのセルスタック (kWクラス) で高性能を達成したと発表しており、発表済みのAEM水電解の開発ロードマップに沿った開発がなされている。

AEM水電解ロードマップ(三菱重工)



(出所)三菱重工, 「脱炭素社会の達成を目指す水素製造技術の開発, 三菱重工技報 Vol.61 No.1 (2024) 新製品・新技術特集」

数百kWのセルスタック(kWクラス)の性能



(出所)三菱重工, 「脱炭素社会の達成を目指す水素製造技術の開発, 三菱重工技報 Vol.61 No.1 (2024) 新製品・新技術特集」

- アニオン交換膜では、イオン伝導性、化学的安定性、機械的完全性を備えることが重要となる^[1]。
- イオン伝導性については、EvonikのDURAIONはNafionに匹敵する伝導度を発揮。化学的安定性については、Dioxide MaterialsのSustainion X37-50を用いて10000h以上の運転（電圧変化0.7μV/h）を実施した事例が存在（詳細は次のページに記載）。
- 機械的完全性については、引張強度と破断伸びは共に重要な特性である。引張強さについては、各社の製品はNafionに匹敵する水準であるが、破断伸びはNafionと比較して低い。

[1] <https://www.creavis.com/en/success-stories/current-projects/duraion/aem-technology/the-duraion-membrane-is-the-heart-of-the-aem-electrolysis-163181.html>

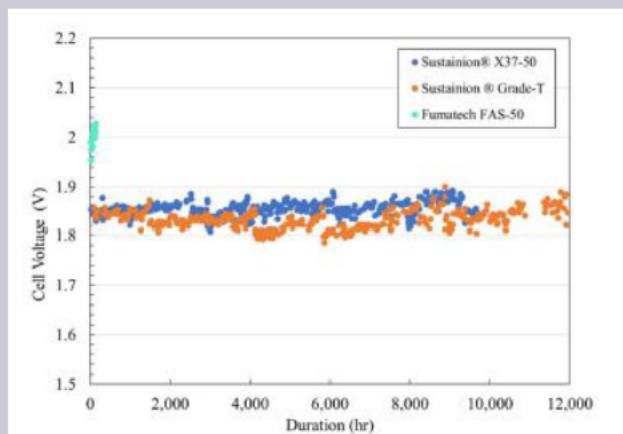
性能	Sustainion X37-50 (Dioxide Materials)	Amenion series (Ionomr)	FAA series (Fumatech)	DURAION (Evonik)	ご参考: Nafion N - 115
OH-伝導度 [mS/cm]	80	>80	40	108 ^[1]	111 ^[1] ※H ⁺ の伝導度
ASR [Ωm ²]	0.045	0.13	0.3-0.5	-	-
IEC [meq/g]	-	2.1-2.5	1.85	-	0.95–1.01 ^[2]
引張強さ [MPa] (破断伸び %)	Cracks when dry (Cracks when dry)	60 (80-110%)	25-40 (20-40%)	-	43 in MD、32 in TD ^[2] (225% in MD、310% in TD) ※50%RH、23°C

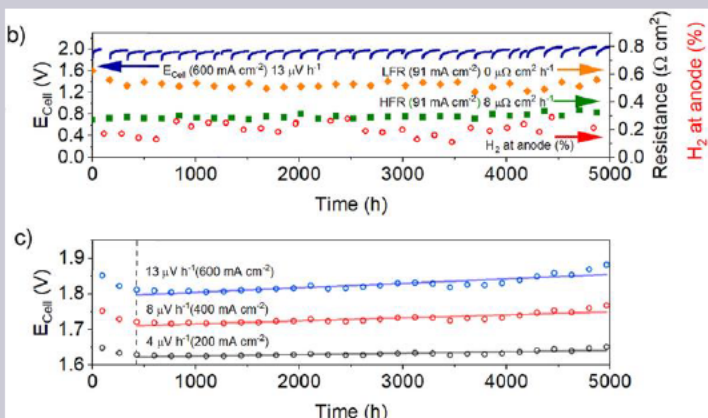
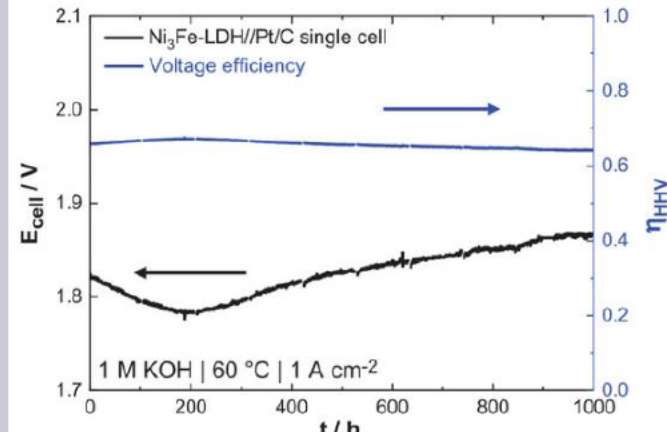
[1] Evonik, “Anion exchange membrane (AEM) for cost competitive water electrolysis by Evonik（2021年11月）”
[2] <https://fuelcellearth.com/pdf/nafion-N115-N117-N1110.pdf>
※番号での出所の記載がないものは「Ng, W.K.; Wong, W.Y.; Rosli, N.A.H.; Loh, K.S. Commercial Anion Exchange Membranes (AEMs) for Fuel Cell and Water Electrolyzer Applications: Performance, Durability, and Materials Advancement. Separations 2023」から引用

- Sustainion X35-50は、10000時間で電圧変化0.7μV/hをの耐久性を発揮している事例（電流密度0.74A/cm²、電解液1MKOH、両極PGMフリー）が存在。

※欧州目標ではスタック電圧10%上昇をスタックの寿命と位置付けている。100000時間で電圧変化0.7μV/hを保持した場合、電圧上昇は0.07V。この電圧上昇値はセル電圧1.8Vとした際の電圧上昇10%（0.18V）を下回る水準である。

項目	Sustainion (Dioxide Materials)
試験セル諸元	- セルサイズ：5cm×5cm - アニオン交換膜：Sustainion X37-50、Sustainion Grade-Tの二種類で評価。 - アノード触媒：NiFe₂SO₄をステンレスガス拡散層にローディング（X37-50、Grade-T共にローディング量は1.8mg/cm²） - カソード触媒：ニッケルファイバーペーパーにラネーニッケルをローディング（X37-50はローディング量2.7mg/cm²、Grade-Tは14.5 mg/cm²）
試験条件	60℃、1MKOHで1A/cm²で保持。
試験結果	X37-50、Grade-T共に10000h以上の運転で電圧変化0.7μV/hを達成（X37-50は電流密度0.74、Grade-Tは0.84A/cm²）
出所	Behrooz Motealleh, Zengcai Liu, Rich I. Masel, Julian P. Sculley, Zheng Richard Ni, Laureen Meroueh, Next-generation anion exchange membrane water electrolyzers operating for commercially relevant lifetimes, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 46, Issue 5, 2021, pp. 3379-3386

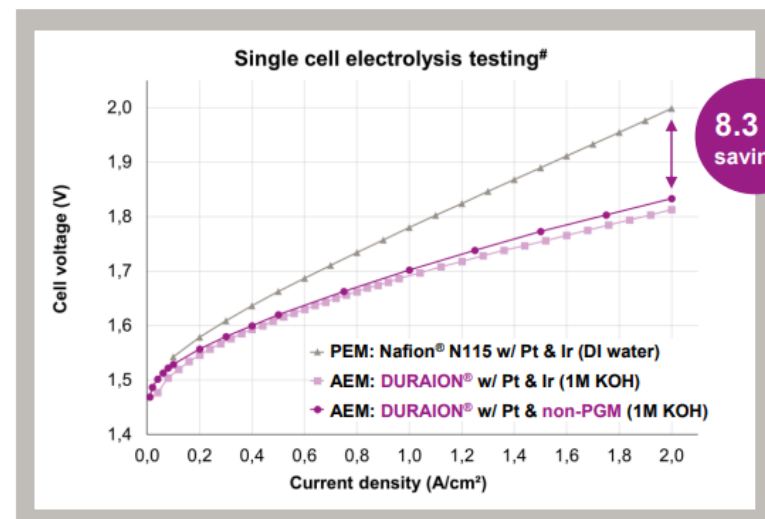


項目	Amenion series (Ionomr)	DURAION (Evonik)
試験セル諸元	- 反応面積：50cm² - アニオン交換膜：Aemion AF2-HWP8-75-X - アノード触媒：触媒としてIrO_x、バインダーとしてナフィオン分散溶液D520を使用（ローディング量は1.2mg cm²） - カソード触媒：触媒としてPt/C、バインダーとしてナフィオン分散溶液D520を使用（ローディング量は0.7mg cm²）	- 反応面積：5cm² - アニオン交換膜：DURAION - アノード触媒：Ni₃Fe-LDHとバインダ（DURAIONに対応するアニオン伝導性バインダがEvonikから提供された）からなるインクをNiファイバー-PTL上に直接堆積させた多孔質輸送電極。 - カソード触媒：Pt/Cとバインダ（DURAIONに対応するアニオン伝導性バインダがEvonikから提供された）からなるインクをカーボンファイバー-PTL上に直接堆積させた多孔質輸送電極。
試験条件	70°C、1MKOHで0.2、0.4、0.6A/cm²で保持。	60°C、1MKOHで1.0A/cm²で保持。
試験結果	0.2、0.4、0.6A/cm²で5000時間の運転を達成。0.6A/cm²での電圧上昇率は13μV/h。  Figure 1: Performance of Aemion series at 70°C, 1M KOH. (b) Cell voltage (E_{cell}) and resistance (R) vs. time (h) for 0.2, 0.4, and 0.6 A/cm². (c) Cell voltage (E_{cell}) vs. time (h) for 0.2, 0.4, and 0.6 A/cm².	1.0Aで1000時間の運転を達成（200h～1000h間での電圧上昇率は8.4μV/h、200hまでの電圧上昇は触媒と膜の間の界面形成に伴うならしの効果としている）  Figure 2: Performance of DURAION at 60°C, 1M KOH. Cell voltage (E_{cell}) and voltage efficiency (η_{HV}) vs. time (h) for 1.0 A/cm².
出所	Marta Moreno-González, Peter Mardle, Shan Zhu, Bobak Gholamkhash, Scot Jones, Nathan Chen, Benjamin Britton, Steven Holdcroft, One year operation of an anion exchange membrane water electrolyzer utilizing Aemion+® membrane: Minimal degradation, low H ₂ crossover and high efficiency, Journal of Power Sources Advances, Volume 19, 2023, 100109,	I. Galkina, A. Y. Faid, W. Jiang, F. Scheepers, P. Borowski, S. Sunde, M. Shviro, W. Lehnert, A. K. Mechler, Stability of Ni-Fe-Layered Double Hydroxide Under Long-Term Operation in AEM Water Electrolysis. Small 2024, 20, 2311047

- Evonikが商用化しているDURAIONは、イオン伝導度が108mS/cmであり、Nafionに匹敵するイオン伝導度を発揮。Nafionと比較して、膜厚が薄く、かつ水素透過量が少ない点も注目される。
- 反応面25cm²のセルで、約1.8V（電流密度2.0A/cm²）の性能を発揮している（アノード触媒はPGMフリー）。

DURAION (Evonik) の諸元、性能

Property [Unit]	Nafion® N-115	DURAION®
Ionic conductivity# (mS/cm)	111*	108**
Water uptake# (wt. %)	14	13
Mechanical strength# (E-Modulus) (GPa)	0.08	0.4
Thickness (μm)	144	60
Hydrogen permeation*** (NmL*μm*min ⁻¹ cm ⁻²)	9.8	3.9



(試験条件)

#ラボスケール、単一セル（反応面積25cm²）、両極に電解液供給、60°C、大気圧

##水素圧力3.5MPa、40°C

(出所) Evonik, "Anion exchange membrane (AEM) for cost competitive water electrolysis by Evonik (2021年11月)"

- SOECでは、海外企業が数MWの実証に取り組んでいる段階であり、Bloom Energyは既に4MW規模の導入、試運転を完了している。
- Sunfireは欧州プロジェクトで製鉄所に720kWの電解槽を導入し2022年末までに14000時間以上の稼働実績を有する。

企業名（国）	技術水準	導入計画、状況
Bloom Energy（米国）	- DOEのプロジェクトで100kWのテストシステムを導入。全負荷運転で4900時間の運転を実施し、水素製造原単位37.7kWh/kgH₂を達成。 - 変動運転試験も実施しており、10 分以内に定格電力の 100% から 10% までシステム出力を段階的に低下させる試験を実施し、安定的な運転が可能であったことを報告。	- NASAのエイムズ研究センターに4MWのBloom Electrolyzerを導入。2023年5月に水素製造を開始。 - 農業、工業、鉱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2022年5月に発表。グリーンアンモニア製造に活用予定。 - DOEの支援を受けてXcel Energyのプレーリーアイランド原子力発電所に240kWの電解槽を導入する計画を2022年9月に発表。24年より水素製造開始予定。その後、2024年7月に発表されたレポート「IES,”Re-Purpose of TEDS-SOEC Non-Fired Boiler (DETAIL)（2024年7月）”」には、今後電解槽を導入すると記載されている。
Sunfire（ドイツ）	720 kW、200 Nm³/h を生成する高温電解槽を、Salzgitter Flachstahl GmbH（ドイツ）の製鉄所に導入。2022年末までには14,000 時間以上稼働。製鉄工程における排熱を利用することで、電解効率84.6%LHVを達成。	- 欧州プロジェクトGrInHy2.0では、高温電解槽（Sunfire-HyLink）720kW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月に欧州プロジェクト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。
FuelCell Energy（米国）	- DOEのプロジェクト（Solid Oxide Electrolysis System Demonstration）では、CSAスタックからなる250kWシステムを設計。 - アイダホ国立研究所の実証サイトで原子力プラントを想定した実証を実施予定。250kWシステムの2000h以上の運転を目指すとしている	今後アイダホ国立研究所の実証サイトで原子力プラントを想定した実証を実施し、250kWシステムの2000h以上の運転を目指すとしている。
Ceres Power（イギリス）	- フェライト系ステンレス基板でセラミック材料の薄い層を支持する金属支持型SOFCを開発。電解質には低コストなCeO2を使用している。SOFCとSOECへの適用が可能。低温で高い酸素イオン伝導度を有するセリア系材料を適用することで550℃での運転が可能。 - 現状では、スタックでの2500時間の定常運転、起動停止サイクル200回を達成している。	2023年にインドのバンガロールにあるシェルの研究開発技術センターに1MWのSOECを導入した。2024年6月には、シェルと、合成燃料、アンモニア、グリーンスチールなどの大規模産業用向けの10MWの加圧SOECモジュール（モジュールレベルの効率36kWh/kgを目指す）の設計契約を締結。 2023年、リンデエンジニアリングおよびボッシュと、SOEC技術の性能、コスト、運用希望を検証するための契約を締結。2024年にドイツのシュトゥットガルトにあるボッシュの施設で1MW SOECシステムを2年間実証する予定。その後、2025年2月、ボッシュは固体酸化物燃料電池から、PEM水電解に重点を移すと発表した。これに伴い、Ceres Powerとの技術提携を終了すると発表した。

- DOEのプロジェクト（High Temperature Electrolysis Test Stand）で、アイダホ国立研究所に100kWのテストシステムを導入。全負荷運転で4900時間の運転を実施し、水素製造原単位37.7kWh/kgH₂を達成。変動運転試験も実施しており、10分以内に定格電力の100%から10%までシステム出力を段階的に低下させる試験を実施し、安定的な運転が可能であったことを報告している。
- NASAのエイムズ研究センターに4MWのBloom Electrolyzerを導入。2023年5月に水素製造を開始。
- 農業、工業、鉱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2022年5月に発表。グリーンアンモニア製造に活用予定（アンモニア合成の廃熱をSOECで活用予定）
- DOEの支援を受けてXcel Energyのプレーリーアイランド原子力発電所に240kWの電解槽を導入する計画を2022年9月に発表。24年より水素製造開始予定。その後、2024年7月に発表されたレポート^[1]には、今後電解槽を導入すると記載されている。

[1] IES, "Re-Purpose of TEDS-SOEC Non-Fired Boiler (DETAIL)（2024年7月）”

100kWのテストシステムの運転実績（DOEプロジェクト）

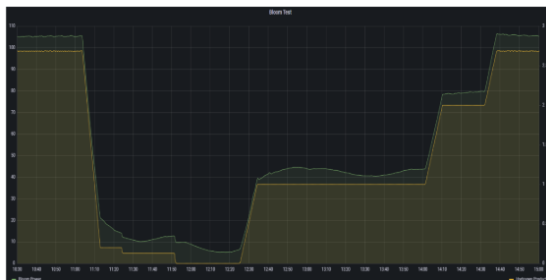
• Operating Hours – June 2023

- Total Hours ~5500 hr
- Full Power ~4900 hr



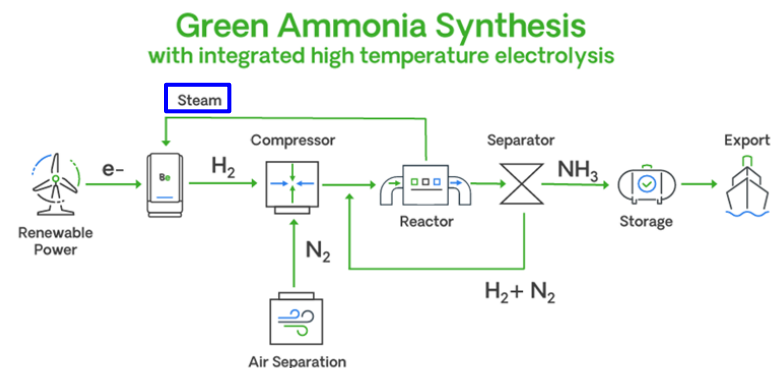
• Dynamic Operation Testing

- 100% to 10% in <10 Min
- Stable operation across range



（出所）INL, “High Temperature Electrolysis Test Stand INL HFTO Technology Acceleration 2023 AOP – TA018（2023年6月）”

グリーンアンモニア製造における排熱利用



（出所）Bloom Energy, “SOEC: Ammonia Energy association Discussion（2023年1月）”

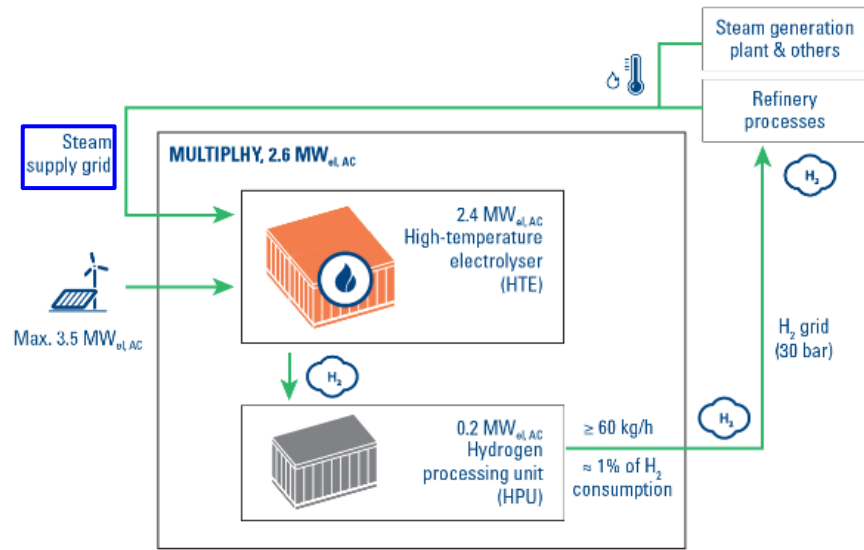
- 2030年までに効率88%、スタック寿命75000h、劣化率7mΩcm²/1000 hを目指すとする。
- 2023年4月に欧州プロジェクトMultiPLHYにおいて、グリーン水素供給のため、2.6MWのSOECをNESTEのロッテルダム製油所（バイオ燃料製造）へ導入した（バイオマス由来の蒸気と、プロセス排熱由来の蒸気をSOECに供給する想定）

SunfireのSOEC“HyLink”（現状、目標）

Efficiency ¹⁾	2020	2025	2030
HyLink	84 %	86 %	88 %
SynLink	82 %	84 %	86 %
Durability			
Stack lifetime	40,000 h	60,000 h	75,000 h
Degradation	20 mΩcm ² / kh	8 mΩcm ² / kh	7 mΩcm ² / kh
Levelized cost of hydrogen ²⁾	EUR 5.00 / kg _{H2}	EUR 2.30 / kg _{H2}	EUR 2.00 / kg _{H2}

(出所) Oliver Posdziech（Sunfire），“PRODUCTION OF RENEWABLE HYDROGEN AND SYNGAS VIA HIGH-TEMPERATURE ELECTROLYSIS（2021年3月）”

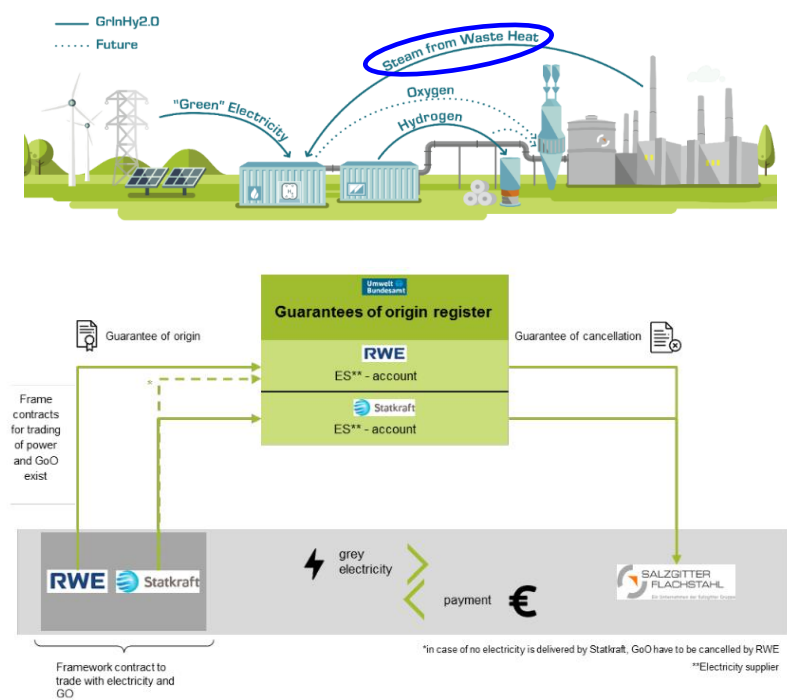
MultiPLHYプロジェクト概念図



(出所) <https://multiplhy-project.eu/Pages/About.aspx>

- 欧州プロジェクトGrInHy2.0では、Sunfire製の高温電解槽（Sunfire-HyLink）720kWをSalzgitter Flachstahl GmbH（ドイツ）の製鉄所に導入し実証試験を実施、水素は焼きなまし等に使用。グリーン電力については、CertifHyが提供するGuarantee of Origin制度を活用して系統から調達している。
- 製鉄工程における排熱を利用することで電解効率84.6%LHV を達成（230kg/hの蒸気を供給）、また2022年末までに14000時間以上の稼働実績を有している。

プロジェクト概念図、電力調達方式



(出所) FCH2JU, “GrInHy2.0 Deliverable Report”

プロジェクトの成果

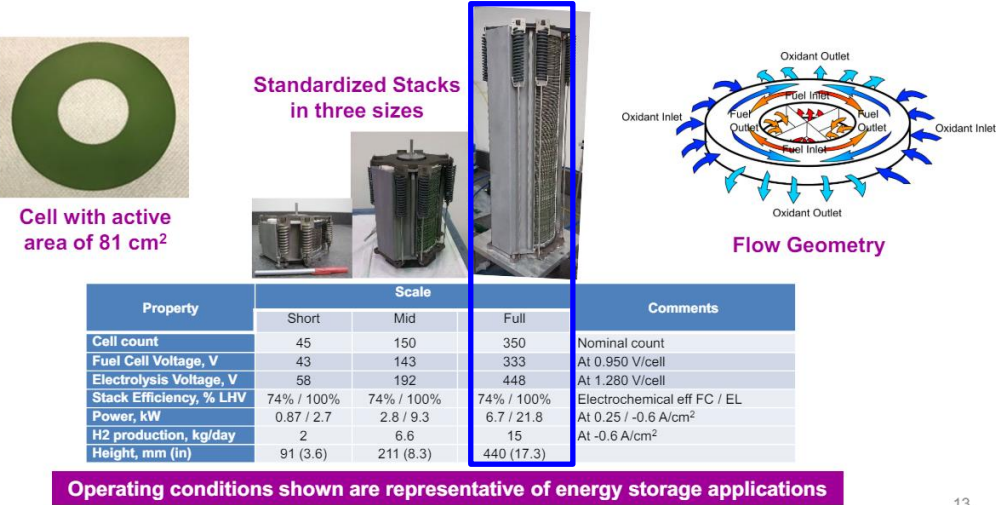
項目	成果
導入実績	720 kW、200 Nm3/h を生成する高温電解槽を、Salzgitter Flachstahl GmbH（ドイツ）の製鉄所に導入。
運転実績	2022年末までには14,000 時間以上稼働し、100トンを超える水素を製造。
性能	製鉄工程における排熱を利用することで、電解効率84.6%LHV を達成。
負荷応答性能	30%の負荷から完全な実稼働までの所要時間は15分未満。 システムの通常のシャットダウンは3分で可能。

(出所) <https://cordis.europa.eu/project/id/826350/reporting/fr>

- SOFC、SOEC、リバーシブルの開発に取り組んでいる。SOFC、SOEC、リバーシブルについては共通のスタックを用いる構想。共通スタックとしては、350セルからなるCSAスタック（Compact SOFC Architecture）を用いる。
- DOEのプロジェクト（Solid Oxide Electrolysis System Demonstration）では、CSAスタックからなる250kWシステム設計を完了。今後アイダホ国立研究所の実証サイトで原子力プラントを想定した実証を実施し、250kWシステムの2000h以上の運転を目指すとしている（原子力プラントからSOECへ電気と熱を供給することを想定）^[1]。

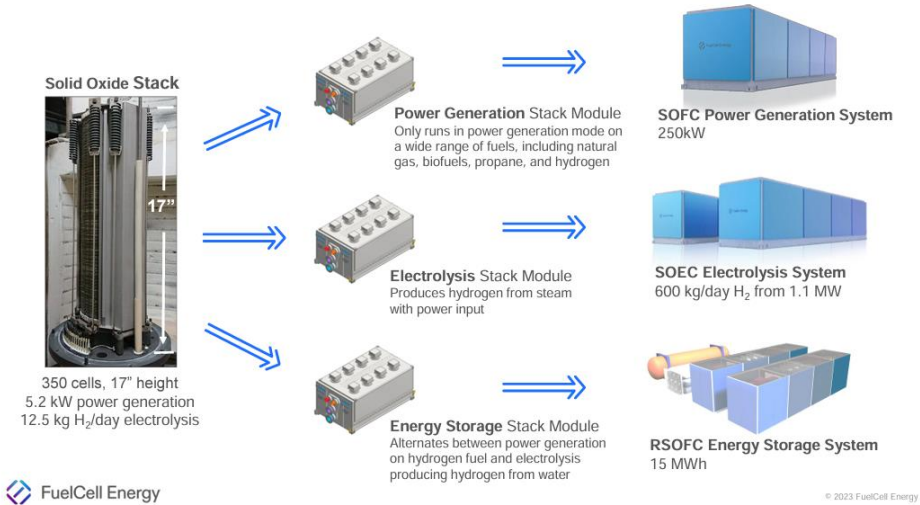
[1] Fuel Cell energy, Performance Improvements for Reversible Solid Oxide Fuel Cell Systems(2022 DOE AMR)

CSAスタック



(出所) FuelCell energy, “Performance Improvements for Reversible Solid Oxide Fuel Cell Systems（2022 DOE AMR）”

CSAスタックを用いたアプリケーション

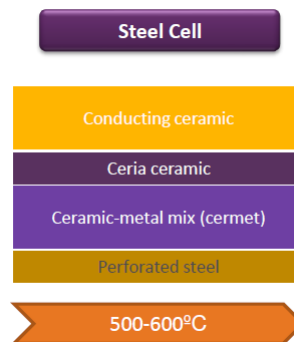
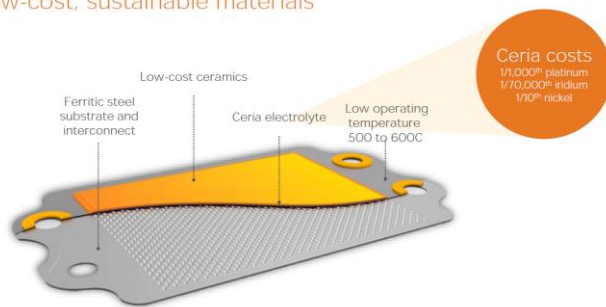


(出所) FuelCell energy, “Company Overview（2023年6月）”

- イギリスのCeres Powerは、金属支持型のSOFCに強みを持つベンチャー。Ceres PowerのSteel Cellはプレートの表面に印刷されたフェライト系ステンレス基板でセラミック材料の薄い層を支持する金属支持型であり、電解質には低コストなCeO₂を使用している。SOFCとSOECへの適用が可能。YSZ系の電解質では低温化に伴い酸素イオン伝導性が低下するが、低温で高い酸素イオン伝導度を有するセリア系材料を適用することで550℃での運転が可能である。
- 動作温度が低いため、ガラスセラミックシールではなく、従来のガスケットシールの使用が可能。また、金属支持型のため、高温SOFCと比較して迅速な起動が可能であり、耐震性に優れている。
- DOEのプロジェクト「METAL-SUPPORTED CERIA ELECTROLYTE-BASED SOFC STACK FOR SCALABLE, LOW COST, HIGH EFFICIENCY AND ROBUST STATIONARY POWER SYSTEMS」（2016-2020年）にて、金属支持型5kWSOFCスタックを開発。プロジェクトでは2000回以上のOn/Offサイクルの達成を目標としていたが、目標を上回る性能を達成。

Ceres Powerの金属支持型セル

Low-cost, sustainable materials



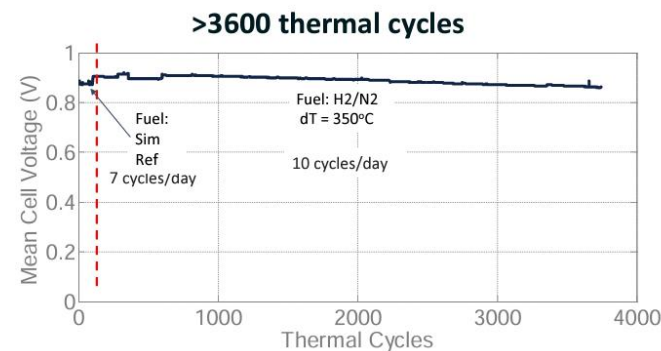
(出所) Ceres Power, “Technology teach-in Ceres Power Holdings plc”

(出所) Ceres Power, “UK HyRES Future Perspectives Solid Oxide Electrolysis for Green Hydrogen Production（2023年4月）”

On/Offサイクル試験の結果

Steel Cell Stacks are robust to On-Off thermal cycles

CeresPower

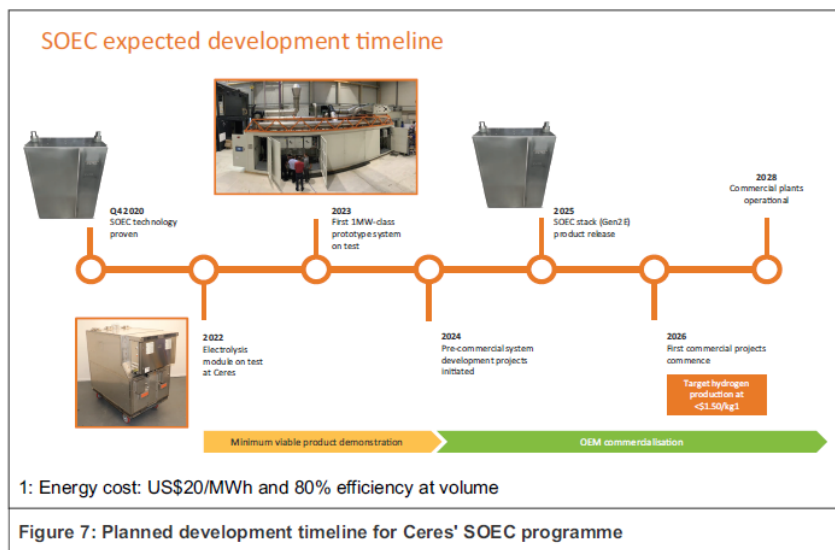


(出所) Charles Vesely – Cummins Inc, Bal Dosanjh – Ceres Power Ltd, “METAL-SUPPORTED CERIA ELECTROLYTE-BASED SOFC STACK FOR SCALABLE, LOW COST, HIGH EFFICIENCY AND ROBUST STATIONARY POWER SYSTEMS(2018年6月14日)”

- 2026年に水素製造コスト1.5 \$/kg（電力コスト20 \$/MWh、効率80%を想定）、2028年に商業プラントでの運転を目指す。現状では、スタックでの2500時間の定常運転、起動停止サイクル200回を達成している。
- 2022年6月、シェルの子会社と、2023年にMW規模のSOEC実証機を納入する契約を締結。インドのバンガロールにあるシェルの研究開発技術センターに1MWのSOECを導入した。2024年6月には、シェルと、合成燃料、アンモニア、グリーンスチールなどの大規模産業用向けの10MWの加圧SOECモジュール（モジュールレベルの効率36kWh/kgを目指す）の設計契約を締結。
- 2023年、リンデエンジニアリングおよびボッシュと、SOEC技術の性能、コスト、運用希望を検証するための契約を締結。2024年にドイツのシュトゥットガルトにあるボッシュの施設で1MWSOECシステムを2年間実証する予定。2025年2月、ボッシュは固体酸化物燃料電池から、PEM水電解に重点を移すと発表した。これに伴い、Ceres Powerとの技術提携を終了すると発表した^[1]。

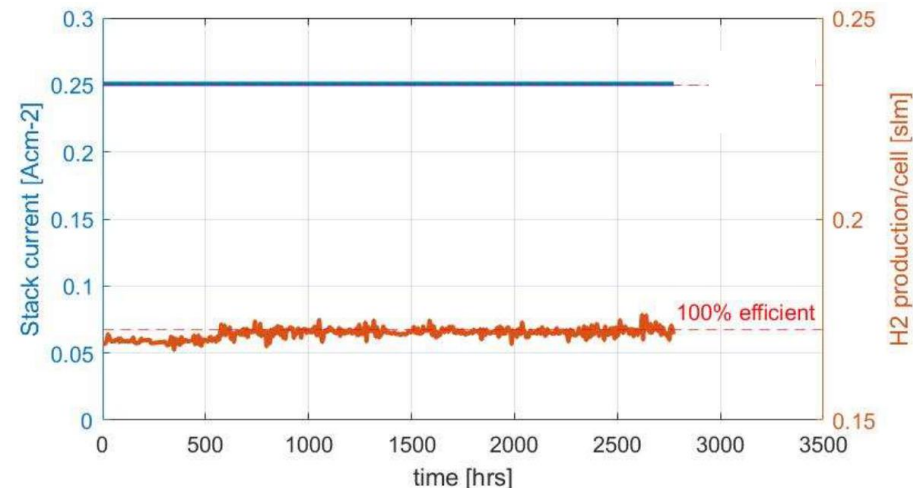
[1] <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysers/realignment-of-hydrogen-strategy-bosch-to-ditch-solid-oxide-fuel-cells-and-refocus-on-pem-electrolysers/2-1-1782666>

Ceres PowerのSOEC開発タイムライン



(出所) Ceres Power, "Technology teach-in Ceres Power Holdings plc"

定常運転の結果



(出所) Ceres Power Holdings plc, Introduction to the premium listing segment of the Official List of the FCA and admission to trading on the main market of the London Stock Exchange

- デンマーク工科大学の研究者とデンマークの電解装置メーカーTopsoeのエンジニアらが、デンマークの陸上風力発電所のプロファイルを模倣した電力をTopsoeのSOECスタック（7kW）に投入し耐久性を評価した事例を論文で報告^{[1][2]}している。評価条件としては、スタックを約2100時間稼働し、そのうち約70%（約1500時間）において変動電力を供給。
- 結果として、2100時間の稼働（そのうち1500時間が変動電力供給）によって、スタック電圧が1.12Vから1.23Vまで上昇（電圧が約10%上昇）したと報告している。

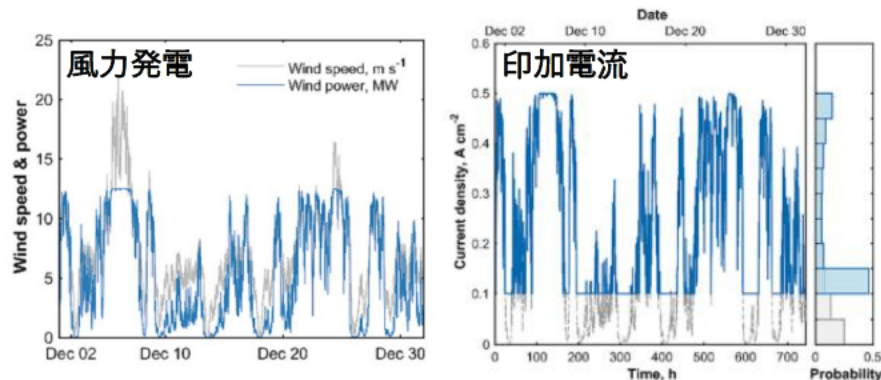
※参考として、DOEのSOECの目標では「スタック電圧が10%上昇（一定の電流密度での運転が前提）するまでの時間」がスタックの寿命と位置付けられている。

[1] Hua Liu, Jens Høgh, Peter Blennow, Xiufu Sun, Yi Zong, Ming Chen, Assessing fluctuating wind to hydrogen production via long-term testing of solid oxide electrolysis stacks, Applied Energy, Vol 361, 2024, 122938,

[2] <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysers/green-hydrogen-solid-oxide-electrolysers-can-handle-variable-wind-power-without-shortening-lifespan-study/2-1-1612916>

運転条件

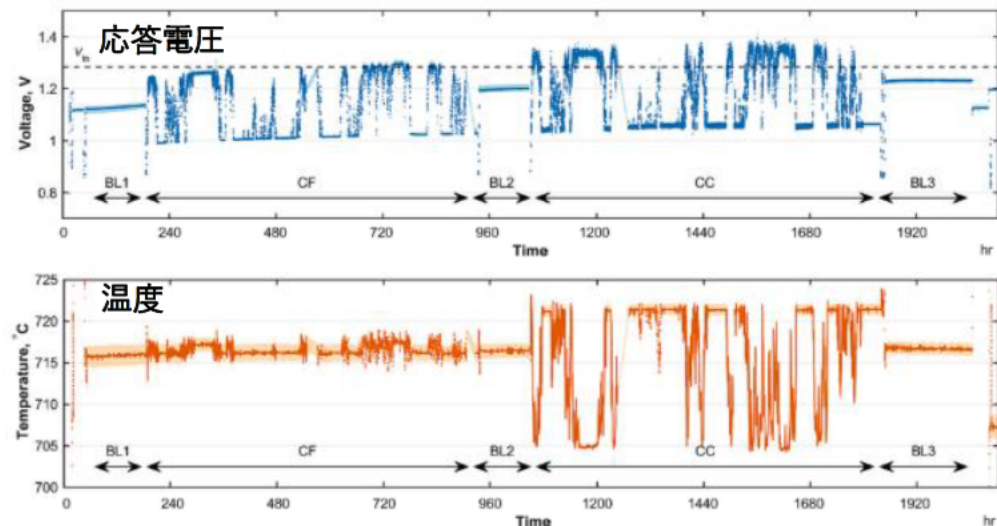
- ✓ 5分毎刻みの風力発電プロファイル（以下左図）を使用。
- ✓ 変動運転はCF（流量一定運転）、CC（効率一定運転）の二つを合わせて実施。CCとCFはそれぞれ744分であり、風力発電プロファイルから抽出した以下右図の印加電流をスタックに印加。CC、CF共に最低電流密度は $0.1\text{A}/\text{cm}^2$ 。
- ✓ 定常運転BL（ $0.24\text{A}/\text{cm}^2$ で一定）と変動運転CC、CFを組み合わせる試験を実施（BL1⇒CF⇒BL2⇒CC⇒BL3）。



（出所）Hua Liu, Jens Høgh, Peter Blennow, Xiufu Sun, Yi Zong, Ming Chen, Assessing fluctuating wind to hydrogen production via long-term testing of solid oxide electrolysis stacks, Applied Energy, Vol 361, 2024, 122938,

試験結果

- ✓ 約2100時間の稼働で電圧は1.12Vから1.23Vまで上昇。
- ✓ BL1、BL2、BL3での電圧上昇はそれぞれ107.7、81.0、40.4 mV/kh（各BL期間の電圧上昇を時間で割って算出）。



- 欧州では、GAMERプロジェクトを通じて、600℃で最大10Barでの加圧運転を可能にする管状セルの開発に取り組んだ。その後、WINNERプロジェクトで「プロトン伝導セラミックセルを用いたアンモニア分解、炭化水素脱水素化、可逆水蒸気電解技術の開発」、PROTOSTACKプロジェクトで「30barまでの加圧」に取り組み。WINNERプロジェクトでは、2023年時点で、ファラデー効率90%、4000時間の耐久性を達成している。
- 2024年には、「中温での水電解に向けた革新的なプロトン伝導セラミックセルスタック開発」のテーマにて公募を実施し、動作温度の低さを利用して、材料を安価なスチール材料に置き換えることでコスト低減を図ると共に、熱による劣化の低減とファラデー効率の低減を掲げる（欧州では現状プロトン伝導セラミックとしてBaZr1-x-yCexYyO3-dを電解質としたNiサーメットによる円筒型セルが主流）。
- 欧州はPJを通じて、PCECの性能と耐久性を着実に向上させていることが伺える。

プロジェクト	GAMER (新規管状セルスタック形状を備えたゲームチェンジャーとなる高温水蒸気電解の開発)	WINNER (世界クラスの革新的な新しいナノスケール最適化電極と電解質の開発)	PROTOSTACK (加圧水素製造用の管状プロトン伝導セラミックスタックの開発)	中温での水電解に向けた革新的なプロトン伝導セラミックセルスタック開発
実施期間	2018年1月～2022年9月	2021年1月～2024年3月	2023年1月～2025年12月	不明
ステータス	終了	継続中	継続中	公募終了（2024年4月、採択期間やプロジェクト名は未発表）
達成済みの水準、目標値	<達成済みの水準> 10bar、600℃、0.3A/cm²で500時間の運転を達成。 - ファラデー効率は60-85%の水準。	<達成済みの水準> - ファラデー効率90%以上（プロジェクトの目標は95%以上） - 耐久時間4000時間（プロジェクトの目標は3000時間）	<目標値> - CAPEXを2000€/kg/d、OPEXを130€/（kg/d）/yに削減。 - 電解装置のライフサイクル環境フットプリントの削減性能の向上、電流密度0.5 A/cm²、ファラデー動作90%以上、スタックレベルの圧力30barを達成。	<目標値> - 中温度（600℃以下）、セル電流密度0.75A/cm²以上の実現 - ホットスタート240秒、コールドスタート6時間の実現 250cm²以上のスタック面積をもつショートスタックで劣化率<0.5%/1000時間の実現 €1400/kg/dのCAPEXと€85/kg/d/年のOPEX実現へのロードマップ確立

- 電力調達の前提や、電解装置に応じた電流・電圧に応じて、適したパワエレ機器も変わる。

電力調達形式の例

十分強い送電インフラとの接続が可能ケース

- ✓ 十分強い系統
- ✓ 電解槽接続の系統への影響は大きい
- ✓ “標準”の電力品質が要請される
(IEC、IEEEなど)
- ✓ 電力品質に増してコスト抑制が最優先。

再エネ電源直結ケース

- ✓ 系統は無効電力や高調波に対して敏感
- ✓ 電解槽接続の系統への影響は大きい
- ✓ 系統運用事業者は標準を超えた要求を行う可能性あり
- ✓ 電力品質の優先度が高いとされる。

電解スタックの電圧-電流特性の例

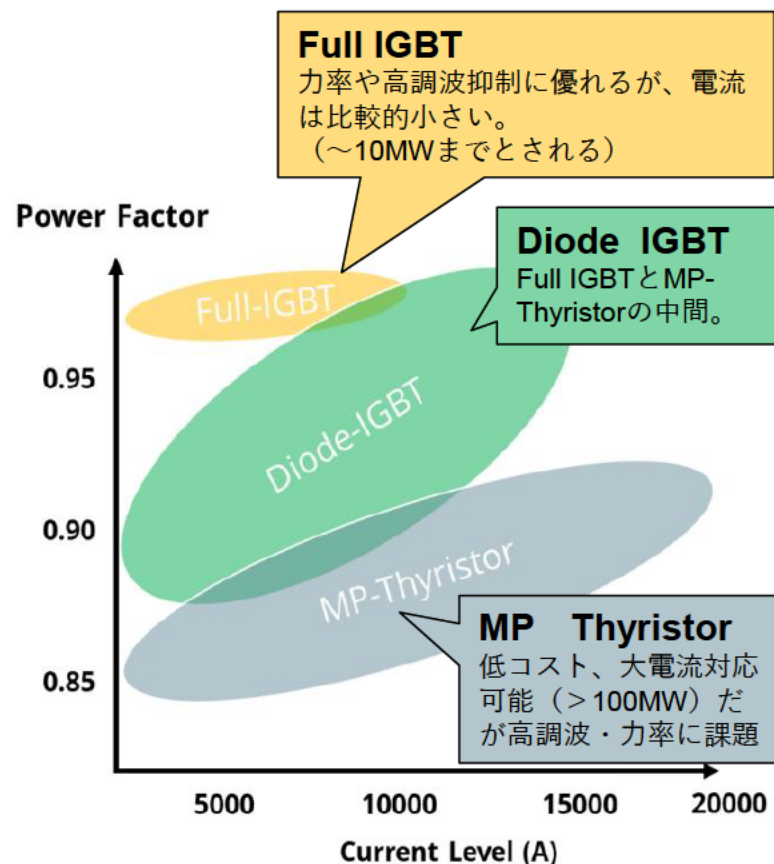
アルカリの例
(FH2Rをイメージした概算)

- ✓ 1スタック6MWと仮定して、仮に定格を0.6A/cm² @ 1.8V、セル面積を3m²とすると
- ✓ セル電流は18kA
- ✓ スタック電圧は330V

PEMの例
(仮定値での概算)

- ✓ 1スタックセル200枚と仮定して、仮に定格を1.7A/cm² @2V、セル面積を300cm²とすると
- ✓ セル電流は510A
- ✓ スタック電圧は400V
- ✓ スタック出力は200kW

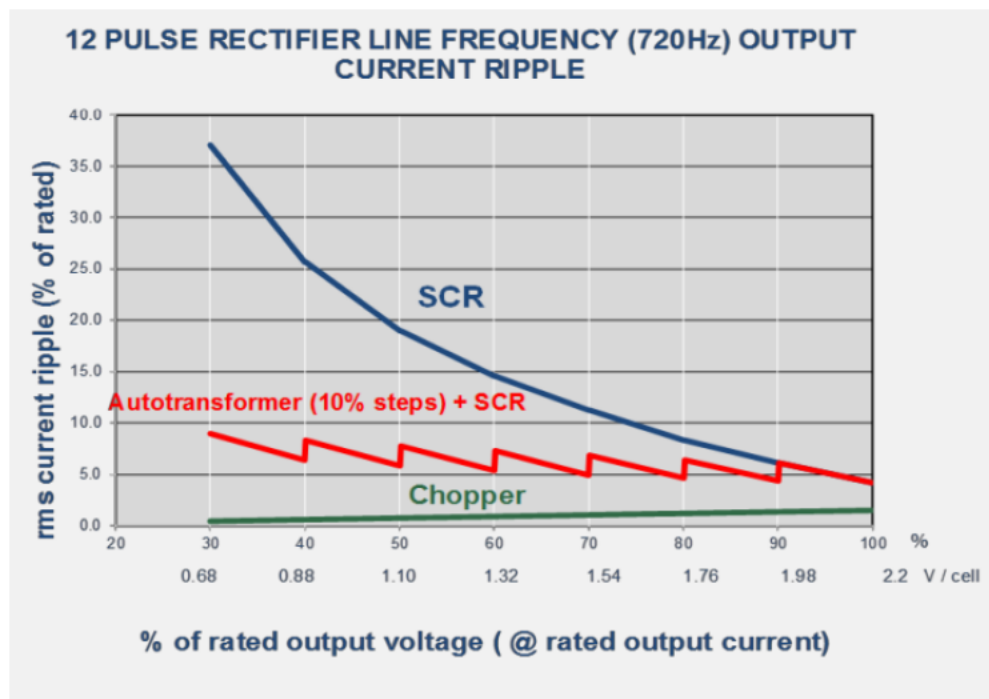
パワエレ機器の電流-力率の例



(出所) VONK Electrolysis Power Supplies, “Power Supplies for Large Scale Electrolysis (2022年3月)”

- サイリスタとIGBTチョッパーの、電圧に応じた電流リップルは左図の通り。チョッパーに比べてSCRは部分負荷時にリップルが大きくなる。
- リップルが水電解装置に与える影響は研究レベルで未解明の部分もあるようだが、三角波形のリップル（右図の①）を電解槽に印加した結果、時間経過に伴って、電解電圧が増大（右図の②）することが報告されている。また、同報告では、印加する三角波形の周波数を増大することで、電圧上昇レート $[\mu\text{V}/\text{h}]$ が増大することが報告されている（右図③）。

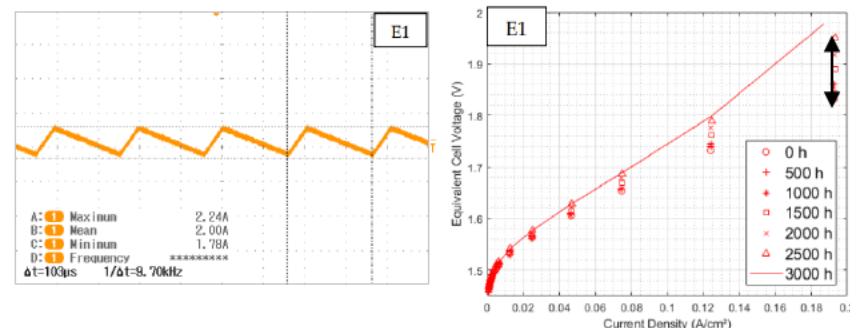
機器別の電圧-電流リップルの関係



(出所) Dynapower Company, "Hydrogen Power Supplies"

電流リップルの電解槽への影響 (PEM)

- ①早い三角波形のリップルを印加 ②時間とともに過電圧が増加



- ③劣化速度（電圧上昇レート $[\mu\text{V}/\text{h}]$ ）は
リップルにより一様負荷の5 倍に

Triangular Current Ripple 10 kHz—E1	Triangular Current Ripple 1 kHz—E2	Sinusoidal Current Ripple 300 Hz—E3	Reference Constant Current E4
96.6	34.6	12.6	19.7

(出所) Parache, François, et al. "Impact of Power Converter Current Ripple on the Degradation of PEM Electrolyzer Performances." Membranes 12.2 (2022): 109.

- サイリスタとIGBTチョッパーの効率、力率、高調波の諸元例は以下の通り。
- 水電解メーカーのPlug Powerは整流器への要望として、非常に低い高調波（をフィルタや補償なしで実現）、あらゆる負荷で効率の>97%への向上といった要望を出している。

項目	SCR サイリスタ	IGBT チョッパー
特長	・ 電流制御性に優れる。 ・ 比較的安価 ・ 高信頼性（メンテ頻度低） ・ 優れた応答性 ・ 定格での高い効率	・ 高周波領域で利用可能 ・ SCRよりコンパクト・軽量 ・ スナバ回路をコンパクトにできる ・ 高調波フィルタ、キャパシタバンクの必要性を抑えられる。
課題	・ 部分負荷で高調波電流や無効電力の発生、効率低下 ・ 高調波フィルタ、キャパシタバンクが必要。 ・ 高周波領域での使用が難しい。	・ SCRよりも高い ・ 高い逆電圧を抑えられない。
効率	>98%	Diode IGBT 97% Full IGBT 96%
力率	>0.9(PFCあり)	Diode IGBT >0.96 Full IGBT >0.99
高調波	<8%(18+pulse)	Diode IGBT <8% (12 pulse) Full IGBT <1%

Plug Powerによる要望

Current Status & Needs

- Low harmonic feed back
 - Eliminating use of power filters & pF compensators
 - Requirements < 1% THDi for microgrids
- Reduced size & weight
- Improved efficiency at all load conditions, > 97%
- Improved thermal management
- Cost reduction
- Stack voltage monitoring
 - High common mode voltage capability

(出所) Monjid Hamdan (Plug Power) , “H2-PACE Power And Control Electronics for Hydrogen Technologies (2021年11月)”

(出所) VONK Electrolysis Power Supplies, “Power Supplies for Large Scale Electrolysis (2022年3月)”をもとに作成

①-2 諸外国のFCV・水素ステーションの導入
目標・実績・補助金に関する調査



FCV関連の導入台数目標・実績・補助金



大項目	小項目
目標	<乗用車に関するEU目標> ^[1] ● 2030年～2034年にかけて、新たに販売される乗用車のCO2排出量を2021年比で55%削減、2035年以降は新車のCO2排出量を100%削減する。
	<トラックに関するEU規制（欧州評議会が2024年5月に採択、2024年6月に発効）> ^[2] ● 新車の16tを超える大型トラックの平均CO2排出量について ・ 2030年に、2019年比で45%削減する必要。 ・ 2035年に、2019年比で65%削減する必要。 ・ 2040年に、2019年比で90%削減する必要。 ● 2035年以降は中型トラック、7.5tを超える大型トラック、バス、ゴミ収集車や建設トラック等の業務用車両にもこの目標が適用
	<バスに関するEU目標> ^{※2} ● 新車のバスのCO2排出量について ・ 2030年に、90%の台数をゼロ・エミッションにする必要。 ・ 2035年に、100%の台数をゼロ・エミッションにする必要。
	<FCトラックに関する官民連携での取り組み> OEM 3社（ダイムラー AG、IVECO、VOLVO）を含む13機関のコンソーシアム“H2Accelerate TRUCKS”は、2029年までに欧州 9 カ国へ41-44t燃料電池トラック 150 台を配備する計画（資金はClean Hydrogen Partnershipから支援される） また、この計画は別途の公的資金提供スキームの支援を受けた、水素ステーションネットワーク（Everfuel, Shell, TotalEnergiesが参画）でサポートされる。
実績	● FC乗用車 : 5,000台以上 ^[3] ● FCトラック、FCバス : 255台以上 ^[3]
補助金	—

(出所) [1] <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/03/28/fit-for-55-council-adopts-regulation-on-co2-emissions-for-new-cars-and-vans/>
[2] <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/05/13/heavy-duty-vehicles-council-signs-off-on-stricter-co2-emission-standards/>
[3] <https://h2me.eu/wp-content/uploads/2024/04/D7.20-H2ME-emerging-conclusions-Final-Version.pdf>

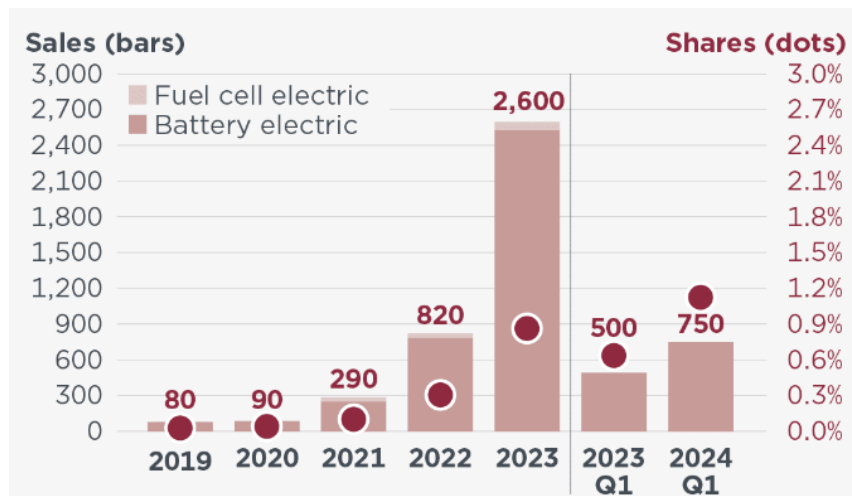
■ 大型トラック

2024年第1四半期では、EU27カ国で、750台のZEVトラックが販売された。大型トラックの販売台数67,000台のうち、1.1%にあたる。国別の内訳は、ドイツが41%、オランダが17%、フランスが13%である。

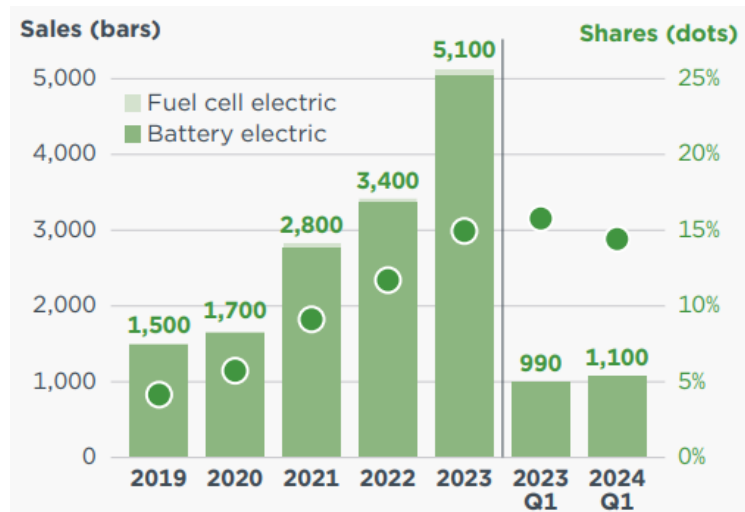
■ バス

2024年第1四半期では、EU27カ国で、1,100台のZEVバスが販売された。バスの販売台数8,850台のうち、12%にあたる。

EUにおける大型ZEVトラックの販売台数



EUにおけるZEVバスの販売台数



(出所) <https://theicct.org/publication/race-to-zero-eu-hdv-market-development-q1-2024-june24/>

国名	担当機関 プロジェクト名	予算規模	対象車種	補助金額	備考
オーストリア	オーストリア研究振興庁 (FFG) Emissionsfreie Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (ENIN)	3億6,500万ユーロ	すべてのゼロエミッション 商用車 (N2およびN3)	定価の80%まで	リンク
オーストリア	Kommunalkredit Public Consulting (KPC) Umweltförderung KPC		M3、N2、N3、および専用 ZEV	最大130,000ユーロ	リンク
ベルギー (フランダース 限定)	Flanders Agency for Innovation and Entrepreneurship (VLAIO) Batterij elektrische vrachtwagen	全体で2,500万ユーロから 3,500万ユーロ	購入費用が最大40万ユーロ の100%電気自動車 (N2お よびN3) で、1社あたり2台 のトラックを上限	購入費用の21%から35% (会社の 規模によって異なる)	リンク
クロアチア	環境省など Sufinanciranje nabave energetski učinkovitijih vozila	1,500万ユーロ	2024年は電気自動車 (M1) が対象	電気自動車の場合、最大で9,000 ユーロ	リンク
フィンランド	フィンランド運輸通信庁 (Traficom) Tuet vähäpäästöisen ajoneuvon hankintaan	2025年までに250万ユーロ	トラックは、電気または水 素、またはそれらの組み合 わせによってのみ動力を供 給される車 トレーラーは電動駆動	6,000ユーロから50,000ユーロ	リンク
フランス	フランス環境エネルギー管理庁 (ADEME) Appel à projet	2024年から2028年12月まで に1億3,000万ユーロ (省エネ 証明書による資金提供)	バッテリー式電動HDV	利用可能な予算で 2,100 台の HDV に資金が提供される	リンク
ドイツ	現在、購入補助金はない				
アイルランド	アイルランド交通インフラ (TII) Zero Emissions Heavy Duty Vehicle Purchase Grant Scheme	350万ユーロ	すべてのゼロエミッション HDV (M2、M3、N2、N3)	ベースラインディーゼル車とのコ スト差の30%~60% (企業規模に よって異なる)	リンク

(注) N2：車両重量3.5トンから12トンまでの貨物車両
 N3：車両重量12トンを超える貨物車両
 M1：運転手の座席を含め9席以下の車両
 M2：車両重量5トンまでのバス
 M3：車両重量5トンを超えるバス

(出所) ICCT資料、各種公開情報をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

国名	担当機関 プロジェクト名	予算規模	対象車種	補助金額	備考
イタリア	Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili DPCM	2,000万ユーロ	N2車両で、Euro 4以下の車両を廃車することが条件	3.5トンから7トンまでのN2車両は12,000ユーロ 7トンを超え12トンまでのN2車両の場合、14,000ユーロ	リンク
マルタ	マルタ交通局 Scheme for more sustainable transport	1,500万ユーロ	ケースバイケースで決定	バス（M2）あるいはトラック（N2）の場合、販売価格の40%、上限は車両あたり70,000ユーロ	リンク
オランダ	オランダ企業庁（RVO） AanZET	2,223万ユーロ（2024年）	全車ゼロエミッショントラック（N2、N3）	購入金額の最大29%または115,200ユーロ	リンク
ノルウェー	Enova Heavy zero-emission vehicles grant	2024年4月15日に開始	4,250 kgを超えるすべてのHDV、CO2 1kgあたりに提供されるサポートの量に基づく競争削減	ディーゼル車と比較して最大60%のコスト差まで補助	リンク
ポーランド	National Fund for Environmental Protection and Water Management Support for the purchase or leasing of zero-emission vehicles of the N2 and N3 categories	2億3,400万ユーロ	すべてのゼロエミッション大型商用車（N2、N3）	購入費用の30%から60%（企業規模による）、限度額は88,000ユーロ（N2）から132,000ユーロ（N3）。	リンク
スウェーデン	スウェーデン運輸庁 Klimatpremien	不明	重量3.5トンを超えるゼロエミッショントラックおよび電気バス	トラックの場合、対象費用の最大25%を超えない範囲。 バスの場合は対応するディーゼルバスとの購入価格差の20%のプレミアムを受け取れる。	リンク
英国	運輸省（DfT） Plug-in Van and Truck Grant（PIVG）	2025年3月までで、750万ユーロ	大型商用車（N2、N3）で、同等のEuro VI車両 vehicle よりCO2排出量が50%以上少なく、ゼロエミッションの航続距離が96kmの車両。（OEM登録車種に限る）	大型トラックは最大25,000ポンド、小型トラックは最大16,000ポンド	リンク

(出所) ICCT資料、各種公開情報をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(注) N2：車両重量3.5トンから12トンまでの貨物車両
 N3：車両重量12トンを超える貨物車両
 M2：車両重量5トンまでのバス
 M3：車両重量5トンを超えるバス

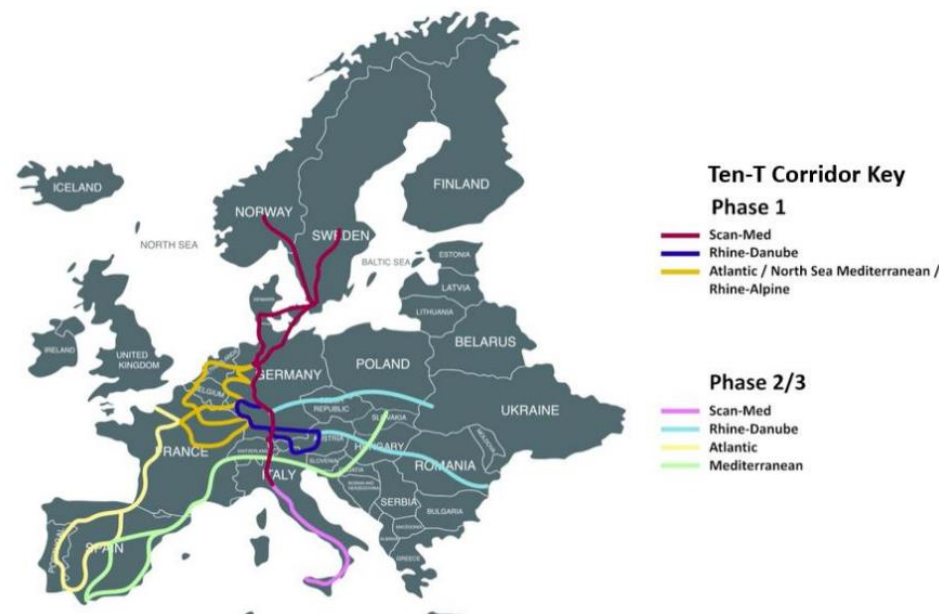
- クリーン水素パートナーシップの普及を受けたプロジェクトでは、**2029年までに欧州9カ国に150台の燃料電池トラックを導入**して、水素トラック輸送システムの商業化を促進する。
- **Everfuel**、シェル、トータルエナジーズによる、ゼロエミッショントラック専用の水素ステーションネットワークの下で、導入されるトラックを運航させる計画である。
- 水素ステーションネットワークのインフラは、戦略的欧州横断輸送ネットワーク（TEN-T）回廊に沿って開発されると予想され、最初にフランス北東部、ドイツ、オランダにあるネットワーク回廊から開始される見通しである。

水素トラックの普及推進プロジェクトのパートナー各社^[1]

OUR PARTNERS



戦略的欧州横断輸送ネットワーク（TEN-T）回廊^[2]



(出所) [1] https://h2accelerate.eu/wp-content/uploads/2024/11/H2AccT_Flyer_vEN.pdf

[2] <https://h2accelerate.eu/wp-content/uploads/2024/10/H2Accelerate-Linking-Hydrogen-Mobility-with-Industrial-Hubs-Whitepaper-Final.pdf>



大項目	小項目
導入台数目標	<トラック、バスに関する目標> ● ノルトライン・ヴェストファーレン州の目標として、2030年までに、 ・ 20 トンを超える燃料電池トラック 11,000 台、^[1] ・ 公共交通機関用の燃料電池バス 3,800 台とする。^[1]
	<トラック、バスに関する目標> ● バイエルン州の目標として、交通部門では、2025年までに公共交通機関で燃料電池バスを500台導入、燃料電池トラックと合成燃料トラックを500台導入する。^[2]
	<BEVに関する情報> ● バッテリー式電気自動車（BEV）を2030年までに、1,500万台普及させる。^[3]
実績	● 乗用車 : 2,364台^[4] ● トラック : 120台^[4] ● バス : 127台^[4]
補助金	● ドイツ連邦経済・気候保護省は、低排出ガス車購入時の助成制度「環境ボーナス（Umweltbonus）」を2023年12月に廃止した。（終了が1年前倒し）^[5] 連邦デジタル交通省（BMDV）は、バーデン＝ヴュルテンベルク州およびラインラント＝プファルツ州とともに、水素燃料電池トラック100台の開発、生産、導入に2億2,600万ユーロの資金提供を承認した。この取り組みはEUのIPCEI水素プログラムの一環である。^[6]

(出所) [1] ノルトライン・ヴェストファーレン州, "水素ロードマップ" (2020年)
[2] H2.Bバイエルン水素センター (Zentrum Wasserstoff. Bayern), "水素ロードマップ" (2022年)
[3] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/06/e56a385f0204a82d.html>
[4] <https://www.iphe.net/deployment-data/>
[5] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/12/3c8ae8818a59f100.html>
[6] <https://www.daimlertruck.com/en/newsroom/pressrelease/daimler-truck-receives-funding-for-fuel-cell-trucks-from-german-federal-and-state-governments-52916055>



大項目	小項目
導入台数目標	<トラック、バスに関する目標> ● 2035 年までに、26トン以下のHGV新車販売において、100% ZEVとする。 ● 2040 年までに、HGV新車販売において、100% ZEVとする。^[1]
	<トラック、バスに関する予測> ● 2035年までに製造されるHGVとバスのうち、25%はFCEVとの予測。^[2]
実績	● 乗用車 : 270台^[3] ● トラック（大型）: 52台^[3] ● バス : 98台^[3] ● トラック（小型）: 7台^[3]
補助金	● 2022年6月、電気自動車（EV）やプラグインハイブリッド車（PHV）の乗用車向け補助金を廃止している。^[4] ● 大型トラックは最大25,000ポンド、小型トラックは最大16,000ポンド（大型商用車（N2、N3）で、同等のEuro VI車両 vehicleよりCO2排出量が50%以上少なく、ゼロエミッションの航続距離が96kmの車両。（OEM登録車種に限る））^[5]

(出所) [1] “Outcome and government response to the green paper on a New Road Vehicle CO2 Emissions Regulatory Framework for the UK” (2022年)
[2] Advanced Propulsion centre UKの分析 (2024年)
[3] IEA Advanced Fuel Cells, “DEPLOYMENT OF FUEL CELL VEHICLES IN ROAD TRANSPORT AND THE EXPANSION OF THE HYDROGEN REFUELING STATION NETWORK: 2023 UPDATE “
[4] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/06/b4a9da9ff143d58f.html>
[5] “Plug-in Van and Truck Grant” (<https://www.find-government-grants.service.gov.uk/grants/plug-in-van-and-truck-grant-1>)より作成

大項目	小項目
導入台数目標	<トラック、バスに関する目標、予測> ● FCVを20,000から50,000台、FCバスを800から2,000台（2028年まで）^[1]
実績	● 乗用車 : 955台^[2] ● トラック : 1台^[2] ● バス : 59台^[2]
補助金	● 電気、水素、またはその両方の組み合わせのみの車両の新車購入またはリース契約で、2.4トン未満の車両（自家用車カテゴリー）に対して、車両取得価格は47,000ユーロ未満の場合、2024年2月中旬以降、取得価格の27%の援助に加えて、個人に対して4,000ユーロを上限に補助する。「低公害車の購入またはレンタルに対する補助に関する政令第2024-1084号（2024年11月29日）」の発効により、上限額は以下の通り。年間の基準課税所得（世帯あたりの参照税収入）が16,300ユーロ以下の個人には4,000ユーロ、参照税収入が16,300ユーロを超え26,200ユーロ以下の個人には3,000ユーロ、参照税収入が26,200ユーロを超える個人には2,000ユーロを上限とする。^[3] ● 2,100台のバッテリー式電動HDVに補助金が提供（2024年5月20日に完了）。^[4]

(出所) [1] エネルギー多年度計画（PPE）（2020年）
[2] <https://www.iphe.net/deployment-data/>
[3] 政府による、環境報奨金制度（2024年）
[4] 政府による、省エネルギー証明書制度（2024年）

大項目	小項目
導入台数目標	< 燃料電池車に関する目標、予測 >
	● 2025年までに、燃料電池車15,000台、大型車3,000台^[1] 2030年までに、燃料電池車300,000台^[1]
実績	● 2030年までに、燃料電池車300,000台^[2]
	● 乗用車 : 615台^[3] ● トラック : 35台^[3] ● バス : 64台^[3]
補助金	● 以下の補助金制度がある。^[4] ・ 小型商用車（3.5トン以下）、ピックアップトラックまたはバン：50,000ユーロ ・ 燃料電池を搭載した中型商用車（3.5～12トン未満）：150,000ユーロ ・ 燃料電池を搭載した大型商用車（12トン以上）：180,000ユーロ ・ 燃料電池を搭載した大型商用車（セミトレーラトラック）：300,000ユーロ ・ ミニバン/マイクロバン（運転席を含め9席未満）：100,000ユーロ ・ バス（運転席を含む9席以上、重量5トン未満）：150,000ユーロ ・ 燃料電池を搭載した大型バス/コーチ（重量が5トン以上）：300,000ユーロ
	● ゼロエミッション・トラックの購入金額の最大29%または115,200ユーロを補助。^[5]

(出所) [1] 国家気候協定 (Climate Agreement) (2020年)
[2] オランダ国家水素戦略 (2020年)
[3] IEA Advanced Fuel Cells, "DEPLOYMENT OF FUEL CELL VEHICLES IN ROAD TRANSPORT AND THE EXPANSION OF THE HYDROGEN REFUELING STATION NETWORK: 2023 UPDATE "
[4] 2023年度報告書
[5] "Aanschafsubsidie Zero-Emissie Trucks (AanZET)" (<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/aanzet>) より作成

大項目

小項目

導入台数目標

<ZEVに関する目標> [1]

- 小型車の新車販売台数の**50%以上を2030年にZEV（BEV, PHEV, FCV）**とする。
- 小型車の政府調達**の100%を2027年にZEV（BEV, PHEV, FCV）**とする。
- 中・大型トラック・バスの新車販売台数の**30%以上を2030年にZEV（BEV, PHEV, FCV）**とする。
- 中・大型トラック・バスの政府調達**の100%を2035年にZEV（BEV, PHEV, FCV）**とする。
- カリフォルニア州で適用される、**ACF規則**の内容は以下の通り。
 - ・ **2036年以降**、カリフォルニア州でゼロエミッションの中型および大型車両のみを販売可能。
 - ・ 州および地方政府の商用車の**HDV販売は、2024年までに50%をZEVに、2027年までに100%をZEVにする。**
 - ・ ドレージ車両（貨物トラック、コンテナ貨物を陸上輸送するトラック車両）は**2035年までに100% ZEVとする。**
 - ・ **2035年までに優先度の高い民間および連邦商用車は100% ZEVにする。**
- **2025年1月にカリフォルニア州は、ディーゼルエンジンを搭載した大型トレーラーとバスの新車販売を2036年までに段階的に廃止するACF規則を撤回した。** [2]
- **2030年までに、FCEVの販売台数は120万台** [3]

実績

- 乗用車 : **17,940台** [4]
- トラック : **170台** [4]
- バス : **101台** [4]
- カリフォルニア州オレンジ郡交通局（OCTA）は、水素燃料電池バス**40台の購入を承認**。水素燃料電池バスの金額は**40台で6,360万ドル**。新規導入のバスは**2026年後半に運行開始予定**。 [5]

(出所) [1] バイデン政権の目標 (The U.S. National Blueprint for Transportation Decarbonization) (2023年)

[2] <https://apnews.com/article/california-emissions-epa-trucks-trains-77da601be49dfc9567d61e9cd242d9f5>

[3] 燃料電池・水素エネルギー協会 (FCHEA), "ROAD MAP TO A US HYDROGEN ECONOMY"

[4] IEA Advanced Fuel Cells, "DEPLOYMENT OF FUEL CELL VEHICLES IN ROAD TRANSPORT AND THE EXPANSION OF THE HYDROGEN REFUELING STATION NETWORK: 2023 UPDATE "

[5] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/12/ad0cfaef6182d98d.html>



大項目	小項目
補助金	● 購入補助金（カリフォルニア州）（2023年） ・クリーンビークルリベートプロジェクト（CVRP）は、2023年11月8日をもって終了した。CVRPは、新しいプラグインハイブリッド電気自動車（PHEV）、バッテリー電気自動車（BEV）、または燃料電池電気自動車（FCEV）を購入またはリースするために最大7,500ドルを提供していた。
	● トラックとバスへの補助金（カリフォルニア州）（2024年） ・California HVIP（Hybrid and Zero-Emission Truck and Bus Voucher Incentive Project）では、Class 8のZEV（トラック、バス）では、12万ドルの補助金が支給される。
	● 電気自動車（EV）および燃料電池電気自動車（FCEV）の税額控除（2022年） ・2022年インフレ抑制法（公法117-169）により、適格プラグイン電気駆動自動車税額控除（IRC 30D）（クリーン車両税額控除）が改正された。適格車両を購入する納税者は、重量が14,000ポンド以下の車両は7,500ドルが控除の上限、それ以外の車両は40,000ドルが上限の税額控除の対象となる場合がある。

大項目	小項目
導入台数目標	< 燃料電池車に関する目標 > ● 2050年までに、燃料電池車を（累計）500万台^[1] ● エドモントン地域水素ハブが主導して、2028 年までに5,000台の水素および水素デュアル燃料車両を走らせることを目指す。^[2]
	< ZEVに関する目標 > ● 政府はまた、2026年までに新車のLDV販売の少なくとも20%、2030年までに少なくとも60%、2035年までに100%がゼロエミッション車（ZEV）となるように販売義務を課す。^[3] ● 2030年までにMHDV総販売の35%をZEVにすることを目指す。^[3]
実績	● 乗用車 ： 303台^[4] ● トラック、バス ： 10台^[4]
補助金	● 2040年までに販売台数を100%ZEVにするという同国の目標を達成するために、中型および大型ゼロエミッション車（ZEV）向けの補助金（iMHZEV）制度を新設、補助金は1台当たり最大20万カナダドルで、州や準州の補助金制度との組み合わせが可能である。^[5]

(出所) [1] カナダのための水素戦略 (2020年)
[2] Edmonton Region Hydrogen Hub, "the 5,000 Hydrogen Vehicle Challenge"
[3] カナダ・ 2030 年排出削減計画 (2022年)
[4] IEA Advanced Fuel Cells, "Deployment of Fuel Cell Vehicles and Hydrogen Refueling Station Infrastructure for 2022"
[5] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/07/5c1e0ddf986c7c9c.html>



大項目	小項目
導入台数目標	<新エネ車に関する目標> ● 2030年に、新エネ車の販売シェアを40%、燃料電池車両数（FCバス、FCトラックを含む）を100万台とする。^[1]
	<燃料電池車に関する目標> ● 2025年までに、FCVを50,000台とする。^[2] ● 2035年までに、FCVの導入を100万台とする。^[3] ● 湖北省は「湖北省水素エネルギー産業発展行動プラン（2024～2027年）」を発表した。水素燃料電池車の導入は7,000台を超える見込みと計画している。^[4]
	● 乗用車 ： 240台^[5] ● トラック、バス ： 12,452台^[5]

(出所) [1] 中国汽车工程学会 (中国自動車エンジニア学会), “Energy-saving and New Energy Vehicle Technology Roadmap 2.0” (2020年)
[2] 国家発展改革委員会及び国家能源局, “水素エネルギー産業発展の中長期計画” (2022年)
[3] <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/5494fa4be8eb4335.html>
[4] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/11/3466001cd3bfe0bd.html>
[5] IEA Advanced Fuel Cells, “Deployment of Fuel Cell Vehicles and Hydrogen Refueling Station Infrastructure for 2022”



大項目	小項目
補助金	● 2024年1月1日から2025年12月31日までに購入したNEVに対し、1台当たり3万元（約60万円）を上限に、車両取得税を免除する。 ^[1]
	● 2026年1月1日から2027年12月31日までに購入したNEVに対し、1台当たり1万5,000元（約30万円）を上限に、車両取得税の50％を減税する。 ^[1]
	● 対象はこれまでと変わらずNEVの技術要件を満たしたBEV、PHEV、FCVで、対象車種は政府が発表する車種リストで管理している。 ^[1]
	● 河南省独自の政策として、大型トラックに関しては、水素燃料電池車（FCV）への置き換えを支援するため、現行の補助金基準に対して、1台当たり15万元を超えない範囲で補助金を上乗せするとしている。
	● 財政部は「2025年の省エネ・排出削減補助金資金予算の前倒し配分に関する通知」において、2025年に燃料電池車に16億2500万元の補助金を割り当てる。補助金は10の省と都市での導入を促進させる。 ^[2]
	● 中国の広州市政府は2024年12月に、「水素産業の質の高い発展を促進する若干の措置」（穗府弁規〔2024〕16号）を発表した。軽量燃料電池車（重量4.5トン未満）、中型燃料電池車（重量4.5トン以上、12トン未満）、重量水素燃料電池車両（重量12トン以上）の3車種に対し、1キロメートルの走行距離につきそれぞれ最高0.5元、1.0元、2.5元を支給する。上記3車種の年間1車両あたりの最高補助金額はそれぞれ2万元、4万元、10万元とする。補助金の総額は5億元。 ^[3]

(出所) [1] "新エネルギー自動車の車両取得税減免政策の延長と最適化に関する公告" (2023年)
[2] <https://fuelcellsworks.com/2024/12/04/energy-policy/china-accelerates-hydrogen-energy-development-with-33-new-policies-across-24-provinces-and-cities>
[3] https://www.gz.gov.cn/gkmlpt/content/10/10008/post_10008228.html#12623



大項目	小項目
導入台数目標	<FC車両に関する目標> ● 2040 年までに、乗用車：590万台（内需：275万台）、トラック、バス：18万台（内需： 7万台）とする。^[1]
実績	● 乗用車 ： 34,258台^[2] ● トラック、バス ： 651台^[2]
補助金	● 2023 年では水素自動車の購入を希望する個人や法人は、居住地や勤務地の自治体から最大2,250万ウォン（乗用車基準）の補助金を受けることができる。^[3] ● 水素自動車普及のために、2025年は予算7,218億ウォンの予算を確保して、水素バス2,000台、水素乗用車11,000台、水素貨物トラック10台、水素洗浄車10台の購入を支援する。保証期間を過ぎた水素燃料電池（スタック）118台の交換費用も支援する。^[4] ● 水素燃料電池（スタック）出力や1充電あたりの走行距離など、水素バスの性能評価基準計11項目を満たした、水素バスに対して購入補助金を支給する。（スタック出力の場合）低床バスは110kW未満、高床バスは160kW未満の場合は、購入補助金を1kW当たり60万ウォン減額し、（1充電あたりの走行距離）低床バスは750km未満、高床バスは960km未満の場合は、1km当たり6万ウォンの補助金を減額する。^[4] ● 水素バスメーカーへは整備センターの拡充と緊急オンサイトサービスの提供を義務付ける。水素バスメーカーは、水素バスを提供する地域ごとに少なくとも1つの整備センターを設置、同一地域で水素バスを100台以上提供する場合は少なくとも2つの整備センターを設置、500台以上配布する場合は少なくとも3つの整備センターを設置する。^[4]

(出所) [1] 水素経済活性化ロードマップ (2019年)
[2] <https://www.iphe.net/deployment-data/>
[3] 韓国環境部 (MOE) プレスリリース (2023年)
[4] <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Press-Releases/view?articleId=1718330&type=N&insttCode=A260112>



大項目	小項目
導入台数目標	<燃料電池車に関する計画> ● 2030年に、5 台の FCEV トラックを導入予定。（水素を輸送する手段として）※1 ● 2038年に、3つの州と経済回廊において、水素FCEVを低炭素モビリティイニシアチブとして検討する計画。[1]
実績	● サラワク州で小型水素バス3台が試験走行。2024年中に55台の小型水素バスの調達を計画。[2]
補助金	—

(出所) [1]科学技術イノベーション省(MOSTI)), "水素経済技術ロードマップ" (2023年)
[2] <https://news.yahoo.co.jp/articles/2df103b0864fd5e7ce6c01a2f3f234f4b9f1f7ca>



大項目	小項目
導入台数目標	<低炭素排出車に関する目標> ● 2040年までにすべての車両をよりクリーンなエネルギーで走行させることを目標としている。^[1]
実績	—
補助金	—

(出所) [1]貿易産業省, "シンガポールの国家水素戦略" (2022年)

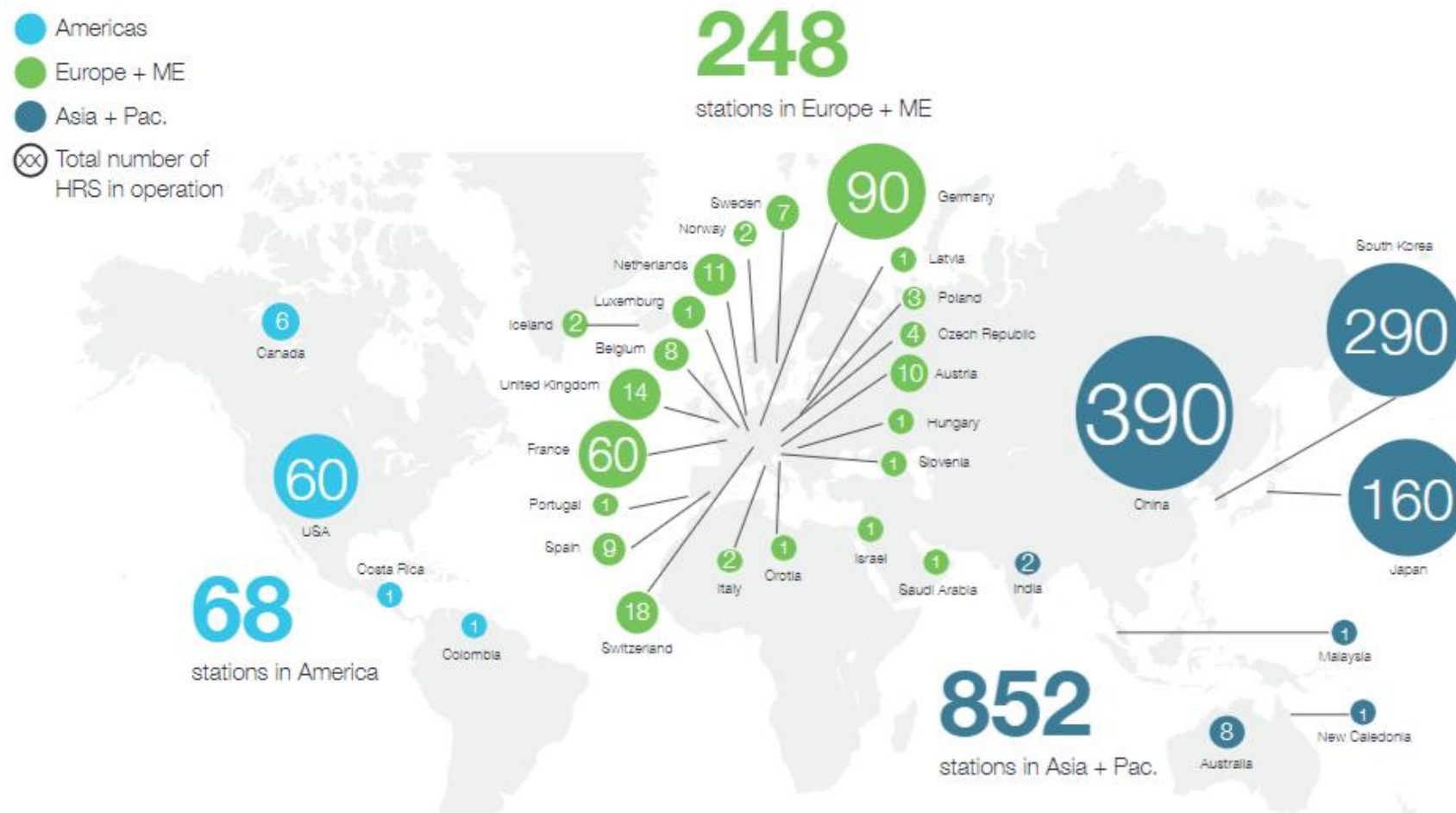
大項目	小項目
導入台数目標	<低炭素排出車に関する目標>
	● 2035年には四輪車の生産台数目標400万台に対し、低炭素排出車（LCEV：BEVのほか、HV、PHEV、燃料電池車も含む）の生産台数目標を30%（120万台）と設定している。^{[1], [2]} ● FCVに関する目標は不明である。政府は2025年までに210万台の電動バイクと40万台の電動自動車（国内生産車の20%）を導入することを目標としている。
実績	● 2023年3月時点で、FCVの販売実績はない。
補助金	● 自動車購入時に奢侈（しゃし）税について、財務省は2021年7月、所定の原材料・部品の現地調達率（TKDN）を達成するBEVと燃料電池車（FCV）の課税率を実質0%（奢侈税は15%だが、課税基礎を販売額の0%と設定）とした。 ● 政府は2023年3月29日、財務大臣規定2023年第6号を発出し、BEV購入時の付加価値税の税率を通常11%から1%に減免することを決定した。対象はTKDNが40%超の車種とし、減税期間は2023年末までとした。^[2]

(出所) [1] 自動車産業ロードマップ (2019年)
[2] <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2023/0401/92cb7fbb8f471e77.html>



水素ステーション関連の導入台数目標・実績・補助金

- グローバルでは水素ステーションは1100箇所を上回るが、その大半はアジア圏（特に中国、韓国、日本）と欧州（特にドイツ、フランス）に集中している。

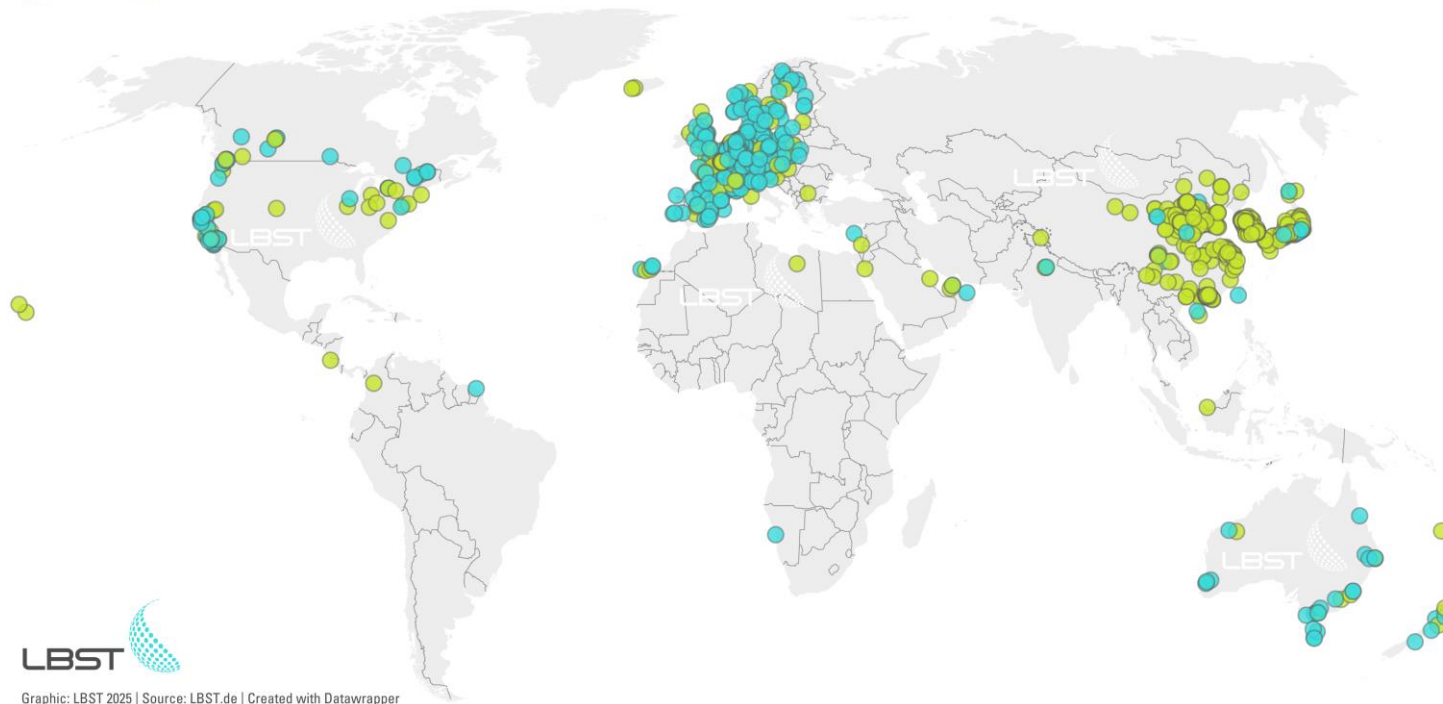


(出所) <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2024/09/Hydrogen-Insights-2024.pdf>

- グローバルでは水素ステーションは1160箇所である。2024年には、世界で約125の新しい水素燃料補給ステーションが開設され、欧州で42、中国で約30、韓国で25、日本で8、北米で13であった。

Global Hydrogen Refuelling Stations

Planned In Operation



(出所) <https://www.h2stations.org/press-release-2025-milestone-reached-over-1000-hydrogen-refuelling-stations-in-operation-worldwide-in-2024/>



大項目	小項目
導入台数目標	－
実績	● 水素ステーション： 244か所（稼働中）^[1]
補助金、その他	● トヨタ モーター ヨーロッパは、HRS社とENGIEと共同で、次世代の水素燃料補給システムを開発する契約を締結。デュアル ノズルが導入され、水素ステーションは大型車両を 10 分未満、小型車両を 5 分未満で燃料補給ができる。EU が資金提供する RHeaDHy プロジェクトの一環として、テストはシャンパニエ（イゼール県）で 2025 年後半に開始される見通し。^[2]

(出所) [1] <https://h2me.eu/wp-content/uploads/2024/04/D7.20-H2ME-emerging-conclusions-Final-Version.pdf>
[2] <https://fuelcellsworks.com/2025/01/28/news/hrs-announces-partnership-with-toyota-motor-europe-and-engie-to-revolutionize-hydrogen-refueling-infrastructure>



大項目	小項目
導入台数目標	● 国全体として、水素ステーション数：1,000か所を目標とする。^[1] ● ノルトライン・ヴェストファーレン州の目標として、 ・ 2030年までに、トラックと自動車用の燃料補給所：200 か所とする。^[2]
実績	● 水素ステーション： 87か所^[3]
補助金	● ドイツのノルトライン＝ヴェストファーレン州（NRW）政府は、トラック用の新しい水素燃料補給ステーション（HRS）7か所の建設のため、5つの企業に2,000万ユーロを交付した。^[4] ● バイエルン州では、商用車・バス用の水素充填ステーションの建設の助成に2,000万ユーロを支出する。^[5]

(出所) [1] 交通デジタルインフラ省(BMVI), "新燃料インフラ開発のための国家戦略枠組み" (2016年)
[2] ノルトライン・ヴェストファーレン州, "水素ロードマップ" (2020年)
[3] <https://www.iphe.net/deployment-data/>
[4] <https://www.hydrogeninsight.com/transport/german-state-awards-20m-for-the-construction-of-seven-hydrogen-truck-refuelling-stations/2-1-1609720>
[5] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/11/b3d78c23d7c5c759.html>



大項目	小項目
導入台数目標	－
実績	● 水素ステーション： 18か所 ^[1]
補助金	－

(出所) [1] IEA Advanced Fuel Cells, "DEPLOYMENT OF FUEL CELL VEHICLES IN ROAD TRANSPORT AND THE EXPANSION OF THE HYDROGEN REFUELING STATION NETWORK: 2023 UPDATE “

大項目	小項目
導入台数目標	● 水素ステーション：400から1,000か所（2028年まで）^[1]
実績	● 水素ステーション： 78か所（バイク用を含む）^[2] ● HRS社は1日あたり1トンの初のステーションをシャンパニエの試験サイトに設置する。同社は、ダンケルクに1日あたり最大500kgの水素を供給できるフランス最大級の水素ステーション2基を建設中（最大 10 台のバスと市のゴミ収集車に水素を供給予定）^[3] ● パリ向け水素燃料プロジェクト（the Hydrogen Fuel for Paris project）の一環として、最大 8 つの水素燃料補給ステーションのネットワークがパリ首都圏に設置される。このプロジェクトではタクシーにおける水素燃料車両の採用拡大をサポートすることに重点を置く。目標は、少なくとも5%をゼロエミッション車両とする。（水素燃料タクシー約2,500台に相当）^[4]
	 Les stations HYSTCO aujourd'hui accessibles en Ile-de-France. Une dizaine de stations supplémentaires le seront avant la fin de l'année 2024 : • Aéroport de Roissy/CDG - 350 et 700 bars • Aéroport d'Orly - 700 bars • Porte de Saint Cloud - 350 et 700 bars • Aéroport Paris - Le Bourget - 350 et 700 bars • Station de Pontault-Combault - 350 et 700 bars • Station de Drancy - 700 bars • Station de Collégien - 350 et 700 bars • Station de Vitry sur Seine - 350 et 700 bars
補助金	—

(出所) [1] エネルギー多年度計画 (PPE) (2020年)

[2] <https://www.iphe.net/deployment-data/>

[3] <https://fuelcellsworks.com/2024/09/10/clean-energy/hrs-expands-its-installed-base-with-7-new-hydrogen-stations-in-france-and-internationally-in-3-months>

[4] https://cinea.ec.europa.eu/featured-projects/hydrogen-powered-taxis-boost-sustainability-paris_en

大項目	小項目
導入台数目標	● 燃料補給所：50か所（2025年まで）^[1]
実績	● 水素ステーション： 11か所^[2]
補助金	● モビリティにおける水素補助金制度（SWIM）として、貨物、バス輸送向けの水素充填ステーション、トラックやバス等の水素自動車への補助金を導入する。2024年度の総予算は2,800万ユーロ。主な条件は以下の通り。^[3] ➢ 少なくとも1つの水素充填ステーション事業者と1つの運送会社（貨物、バス輸送）で構成されるパートナーシップで活動。 ➢ 少なくとも1つの新しい水素充填ステーションの建設、あるいは1つの燃料補給ステーションの再利用、または既存の水素充填ステーションのアップグレードに対して助成金を申請。 ➢ 補助金を申請する車両は水素充填ステーションの容量の少なくとも 30% を使用し、そのうち少なくとも半分は大型車両（3,500 kg 以上）とする。 ● 2024年は12の燃料ステーション運営会社と約10～15の自動車メーカーを含む合計100社が補助金に応募した。高い需要に対して、モビリティにおける水素補助金制度（SWIM）は、2025年度は予算4,000万ユーロに引き上げる。^[4]

(出所) [1] 国家気候協定 (Climate Agreement) (2020年)
[2] <https://www.iphe.net/deployment-data/>
[3] <https://business.gov.nl/subsidy/hydrogen-in-mobility/#art:what-are-the-conditions-for-swim->
[4] <https://fuelcellsworks.com/2024/12/13/fuel-cells/ten-new-dutch-hydrogen-trucks-on-the-road-thanks-to-swim-grant>



大項目	小項目
導入台数目標	● 燃料補給ステーション：4,300 か所を稼働（2030年まで）^[1]
実績	● 水素ステーション： 55か所^[2] ● 2025年2月時点でカリフォルニア州には60か所のステーションがある。^[3]
補助金	● 米財務省はIRAによる代替燃料施設への税控除の規則案と追加ガイダンスを発表、電気自動車（EV）用充電器や水素燃料補給施設などの設置費用の1基当たりで、個人に対しては1,000ドルを上限に費用の30％、企業や政府機関に対しては10万ドルを上限に費用の6％（企業が賃金や職務訓練における要件を満たした場合は人件費を含む費用の30％）が税額控除されることが定められた。 ● カリフォルニア州エネルギー資源保全開発委員会（CEC）は、Pilot Travel Centers LLC との 5,000,000 ドルの助成金に関する合意した。既存の燃料補給ハブに、2 台の急速 H70 水素ディスペンサーと 25,000 ガロンの液体水素貯蔵タンク 1 台を含む公共水素燃料補給ステーションを設置する。^[4]

(出所) [1] 燃料電池・水素エネルギー協会(FCHEA), "ROAD MAP TO A US HYDROGEN ECONOMY"
[2] IEA Advanced Fuel Cells, "DEPLOYMENT OF FUEL CELL VEHICLES IN ROAD TRANSPORT AND THE EXPANSION OF THE HYDROGEN REFUELING STATION NETWORK: 2023 UPDATE "
[3] <https://www.energy.ca.gov/data-reports/energy-almanac/zero-emission-vehicle-and-infrastructure-statistics-collection/hydrogen>
[4] <https://efiling.energy.ca.gov/GetDocument.aspx?tn=258522&DocumentContentId=94553>



大項目	小項目
補助金	● 運輸省は8月26日、ゼロエミッション車向け充電・水素補給ステーションの建設を目的として、カリフォルニア州政府に対して、インフラ投資雇用法（IIJA）の予算から1億4,980万ドルを交付すると発表した。このうち1億240万ドルは、主要貨物輸送道路沿いにゼロエミッショントラック用の充電、水素燃料ステーションの設置に充当される。^[1]

(出所) [1] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/10/e77d5ffab372f775.html>

大項目	小項目
導入台数目標	● 2050年までに、水素ステーションを全国に網羅（数値目標は記載なし）^[1]
実績	● 水素ステーション： 6か所^[2] ● ITD IndustriesとNikolaは、オンタリオ州初の商用水素燃料大型トラック燃料ステーションを開設したと発表。^[3]
補助金	—

(出所) [1] カナダのための水素戦略 (2020年)
[2] IEA Advanced Fuel Cells, "Deployment of Fuel Cell Vehicles and Hydrogen Refueling Station Infrastructure for 2022"
[3] <https://www.nikolamotor.com/nikola-and-itd-industries-launch-first-hydrogen-station-in-ontario>



大項目	小項目
導入台数目標	● 2025年までに1,000箇所以上、2030～2035年に5,000箇所以上。^[1] ● 2030年までに、3,000か所となる予想。^[2] ● 湖北省は「湖北省水素エネルギー産業発展行動プラン（2024～2027年）」を発表した。100の水素燃料補給ステーションを建設し、年間150万トンの水素生産能力を達成する計画としている。^[3]
実績	● 水素ステーション： 406か所^[4] ● 北京は2023年までに37カ所、2025年までに74カ所の水素燃料補給ステーションを建設する計画。Fuel Cells Works社の調査によると、現在北京で実際に営業している水素燃料補給ステーションは7カ所に過ぎず、計画目標から大幅に遅れている模様。水素ステーション建設の投資額が大きく、日々の運営コストが高いため、利益が出ないため。^[5] ● 山西省に1日当たり9トンの水素燃料補給ステーションが開設された。400 台を超える大型水素トラックに燃料を補給する能力を備える。^[6]

(出所) [1] <https://www.nedo.go.jp/content/100950648.pdf>
[2] フロスト & サリバンによる分析
[3] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/11/3466001cd3bfe0bd.html>
[4] IEA Advanced Fuel Cells, "DEPLOYMENT OF FUEL CELL VEHICLES IN ROAD TRANSPORT AND THE EXPANSION OF THE HYDROGEN REFUELING STATION NETWORK: 2023 UPDATE "
[5] <https://fuelcellsworks.com/2024/09/22/h2/hard-to-find-hydrogen-refueling-stations-beijing-has-only-7-in-operation>
[6] <https://fuelcellsworks.com/2024/10/29/h2/hangyang-unveils-9-000kg-day-hydrogen-refueling-station-in-shanxi-china>



大項目	小項目
補助金	● 広東省では、第14次5カ年計画期間中（2021年～2025年）に建設・運用した、1日当たりの水素供給が500キログラム以上の水素ステーションを対象に、GS併設型ステーション、水素の製造・供給一体化ステーションには1カ所当たり250万元、固定式水素ステーションには同200万元、移動式水素ステーションには同150万元を補助。^[1] ● 吉林省では、省内の高速道路上に1日当たり供給量が500kgを超える定置型水素STを設置する場合、建設費用（土地代を除く）の3割（上限額は300万元）を補助。^[2] ● 上海市では、2025年末まで、竣工検査を完了してガス経営許可証（自動車用水素）取得した水素ステーションに対して、審査して決定された総投資額の30%、ガス経営許可証を取得した水素ステーションに対して、取得時期に応じて最大500万元（2022年）、400万元（2023年）、300万元（2024～2025年）、2025年末まで、水素の小売価格が35元/kg以下の水素ST運営企業に対して、時期に応じて20元/kg（2021年）、15元/kg（2022～2023年）、10元（2024～2025年）を補助。^[3] ● 中国の広州市政府は2024年12月に、「水素産業の質の高い発展を促進する若干の措置」（穗府弁規〔2024〕16号）を発表した。広州市政府は、使用開始している、1日当たりの水素ガスの供給量が500キログラム以上（圧縮機を12時間稼働させた時の水素ガス生産能力に基づき計算）に達した水素ステーションに補助金を支給する。^[4] ガソリン・水素一体化ステーション、水素生産・供給一体化ステーションには1カ所当たり100万元、固定式水素供給ステーションには1カ所当たり50万元を支給。条件を満たす水素ステーションに対して、2024年末までは1キログラム当たり30元未満、2025年末までは28元未満、2026年末までは26元未満、2027年末までは25元未満の販売価格の場合、実際の販売量に対して1キログラム当たり5元の補助金を支給する。ただし、1ステーションにつき1年間の補助金額は150万元を上限とする。^[4]

(出所) [1] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/08/3396c9f8ddfd4dfc.html>
[2] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/08/2ecbc47582986552.html>
[3] <https://www.nedo.go.jp/content/100950648.pdf>
[4] <https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/12/87cf2455fe667a8f.html>



大項目	小項目
導入台数目標	● 水素ステーション： 1,200か所（2040年） ^[1]
実績	● 水素ステーション： 286か所 ^[2] ● 釜山新港に貨物トラック向け初の水素燃料補給ステーションが完成。1時間あたり最大180kgの水素を圧縮して貯蔵することが可能。 ^[3]
補助金	● 韓国環境部（ME）は、インチョン市に同国初の液体水素充填ステーションが完成したと報告。セウン・インダストリアル社とSK E&S社が、MEの補助金事業から42億ウォン（約4億2,000万円）の助成を受けて設置し、2ヶ月の試験運用を経て商業運用開始となった。 ^[4]

(出所) [1] 水素経済活性化ロードマップ (2019年)
[2] <https://www.iphe.net/deployment-data/>
[3] <https://fuelcellsworks.com/2024/10/14/fuel-cells/korea-busan-new-port-completes-first-hydrogen-refueling-station-for-cargo-trucks>
[4] <https://eng.me.go.kr/eng/web/board/read.do?menuId=461&boardMasterId=522&boardId=1670570>



大項目	小項目
補助金	● 産業通商資源部は「高圧ガス安全管理法施行規則の改正」を公布し、2025年5月に施行すると発表。現在、水素ステーションとその周辺施設間の必要な離隔距離は12～30mに設定されているが、ステーションに適切な防護壁やその他の安全対策が講じられていると、水素ステーションの離隔距離規制を緩和の可能性がある。^[1] ● 2025年には予算を1,963億ウォン増額して、64か所以上の水素充電ステーションを設置する。（2025年までに累計450か所以上を目標）^[2]

(出所) [1] <https://www.koreaherald.com/article/10019183>
[2] <https://www.korea.net/Government/Briefing-Room/Press-Releases/view?articleId=1718330&type=N&insttCode=A260112>



大項目	小項目
導入台数目標	－
実績	● 2024年5月に、サラワク州にて国内初の水素ステーションを開設。 ^[1]
補助金	－

(出所) [1] <https://www.azmilaw.com/insights/latest-updates-on-government-initiatives-for-hydrogen-projects-in-malaysia/>



大項目	小項目
導入台数目標	－
実績	● 2024年6月に、パシル・パンジャン・ターミナルに、国内初の水素ステーションを設置。2025年度第2四半期までの実証を計画。 ^[1]
補助金	－

(出所) [1] <https://www.porttechnology.org/news/psa-develops-first-hydrogen-refuelling-station-in-port-of-singapore/>



大項目	小項目
導入台数目標	－
実績	● 2024年2月に、国営電力会社PLNは国内初の水素ステーションをジャカルタ南部のスナヤン地区に設置する。 ^[1]
補助金	－

(出所) [1] <https://www.indonesia-ihs.com/news-1.php>



脱炭素化に向けた動向に関する情報収集

- 内燃機関の中型および大型トラックを段階的に 100% 廃止する取り組みについて、オーストリア、カーボベルデ、ノルウェー、パキスタンの 4 か国と、カリフォルニア州および中国南部の海南省の地方政府で始まっている。

地域名	国名	対象年	対象車種	新車販売目標	走行車両在庫目標
欧州	オーストリア	2030年	大型車 (<18トン)	100%	—
		2035年	大型車 (>18トン)	100%	—
	ノルウェー	2030年	大型トラック	50%	—
北米	米国（カリフォルニア州）	2035年	リジッドトラック	75%	—
		2035年	トラクター、トラック	40%	—
		2045年	中型・大型車	—	100%
	米国（カリフォルニア州、コロラド州、コネチカット州、ハワイ州、メイン州、メリーランド州、マサチューセッツ州、ニュージャージー州、ニューヨーク州、ノースカロライナ州、オレゴン州、ペンシルベニア州、ロードアイランド州、バーモント州、ワシントン州、コロンビア特別区）	2050年	中型・大型車	100%	—
アジア	中国（海南省）	2020年	清掃車	50%	—
	パキスタン	2040年	大型トラック	90%	—
アフリカ	カーボベルデ	2035年	中型・大型トラック	100%	—
		—	中型・大型トラック	—	100%

Governments with targets toward phasing out sales of internal combustion engine trucks by a certain date (Status: August 2021)

(出所) <https://theicct.org/global-overview-of-government-targets-for-phasing-out-internal-combustion-engine-medium-and-heavy-trucks/>
をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成



Note: Governments with an at least 40% new truck sales target.

* Not necessarily yet reflected in an official national/state policy document such as a climate or transport strategy/plan, in a law or in a similar framework.

- 新車バスの売上の100%をゼロエミッションにする取り組みが始まり、オーストリア、オランダ、ニュージーランドでは2025年時を目標に設定している。

地域名	国名	100%ゼロエミッションの新車調達・販売目標年度	バス100%ゼロエミッションの目標年度	対象車種
欧州	オーストリア	2025年	2030年	市内バス
	オランダ	2025年	2030年	公共交通機関のバス
	オーストリア	2032年	指定なし	バス
	オーストリア、デンマーク、フィンランド、ルクセンブルク、オランダ、ノルウェー、スコットランド、イス、トルコ、英国、ウェールズ	2040年	指定なし	中型・大型車
北米	米国（カリフォルニア州）	2029年	2040年	公共交通機関のバス
	カナダ	2040年	指定なし	中型・大型車
	米国（カリフォルニア州、コロラド州、コネチカット州、ハワイ州、メイン州、メリーランド州、マサチューセッツ州、ニュージャージー州、ニューヨーク州、ノースカロライナ州、オレゴン州、ペンシルベニア州、ロードアイランド州、バーモント州、ワシントン州、コロンビア特別区）	2050年	指定なし	中型・大型車
南米	チリ	2040年	指定なし	中型・大型車
		2050年	指定なし	公共交通機関のバス
	コロンビア	2035年	指定なし	高速輸送バス
	コスタリカ	指定なし	2050年	バス
オセアニア	ニュージーランド	2025年	2035年	公共交通機関のバス
		2040年	指定なし	中型・大型車
アフリカ	カーボベルデ	2035年	2050年	バス

(出所) <https://theicct.org/decarbonizing-bus-fleets-global-overview-of-targets-for-phasing-out-combustion-engine-vehicles/>
をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- (出所) <https://theicct.org/publication/update-on-government-targets-for-phasing-out-new-sales-of-internal-combustion-engine-passenger-cars/>
をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

Governments with official targets to 100% phase out sales or registrations of new internal combustion engine cars by a certain date* (Status: June 2021)

Target to allow the sale or registration of new BEVs and FCEVs only

- 2015
- 2020
- 2030
- 2035
- 2040
- 2050
- 2050 International Zero-Emission Vehicle Alliance (ZEVA)

Target to allow the sale or registration of new BEVs, FCEVs, and PHEVs only

- 2015
- 2020
- 2030
- 2035
- 2040

Callouts:

- 2040 Canada
- 2040 British Columbia (Canada)
- 2035 Quebec (Canada)
- 2035 California (United States)
- Costa Rica 2050
- 2035 Iceland
- 2035 United Kingdom
- 2050 Sweden
- 2035 Norway
- 2030 Ireland
- 2035 Denmark
- 2030 Netherlands
- 2040 France
- 2035 Slovenia
- 2040 Spain
- 2035 Cape Verde
- Singapore 2030

* Includes countries, states, and provinces that have set targets to only allow the sale or registration of new battery electric vehicles (BEVs), fuel cell electric vehicles (FCEVs), and plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs). Countries such as, Japan with pledges that include hybrid electric vehicles (HEVs) and mild hybrid electric vehicles (MHEVs) are excluded as these vehicles are non plug-in hybrids.

Figure 1. Government targets to 100% phase out the sale or registration of new ICE cars.

*This map is presented without prejudice as to the status of or sovereignty over any territory, the delimitation of international frontiers and boundaries, and the name of any territory, city, or area.

①-3 諸外国の水素政策動向に関する調査

	米	EU	独	仏	英	蘭
支援制度名	インフレ抑制法 (IRA)	欧州水素銀行	H2Global	(名称不明)	Hydrogen Business Model	SDE++
支援（水素 価格）	税控除 上限\$3/kg	固定価格補助	固定価格買取・ 販売	CfD（予定）	CfD	CfD
選定方法	申請	入札	二重入札	入札	入札	入札
評価基準	要件充足	価格	価格・量	総合評価	総合評価	総合評価
支援期間	10年	10年	10年	10年	15年	15年
予算規模	\$132億 (約1兆9800億円) ※10年総額、見通し	€30億 (約4700億円) ※パイロットは8 億ユーロ	€9億 (約1400億円) ※パイロット	€40億 (約6300億円) ※3年総額、電解 設備投資支援・ 運営支援総額)	未定	€7億5000万 (約1200億円) ※単年。先進再 生可能燃料、バ イオメタン等含
開始時期	45Vガイダンスは 年末までに発表予定	2023/11/23に パイロット開始	開始済 プロジェクト 選定中	2024年予定	プロジェクト 選定中	2024年予定
炭素価格規 制	なし	あり	あり	あり	あり	あり
需要側支援	なし	検討	検討	なし	なし	なし
水素発電 位置づけ	EPA規則でCCSまたは 水素発電を35年まで に義務付け（大型）	なし	新設時に水素レ ディ義務付け	なし	なし	なし

（注）水素価格の換算では、以下のレートを使用（2025年2月25日当社標準レート）
1CAD=105.27円、1AUD=95.25円、1KRW=0.105円、1USD=150.24円、1Euro=157.20円

	加	豪	韓	星	台	印	印尼	馬
支援制度名	Clean hydrogen investment tax credit	Hydrogen Headstart	なし	なし	なし	SIGHTプログラム	なし	なし
支援（水素価格）	固定税控除	CfD	未定	未定	未定	製造者への助成金	未定	未定
選定方法	申請	未定	未定	未定	未定	未定	未定	未定
評価基準	要件充足	未定	未定	未定	未定	未定	未定	未定
支援期間	10年	未定	未定	未定	未定	未定	未定	未定
予算	177億CAD（約1.9兆円） ※2023年から2035年の総額、見通し	最大20億AUD（約1900億円）	—	—	—	\$20億（約3000億円）	—	—
炭素価格規制	なし	あり	あり	あり	あり	なし	あり	なし
需要側支援	なし	なし	なし	なし	なし	あり	なし	なし
水素発電政策上位置づけ	可能性認識	なし	導入推進	大規模導入可能性	なし	なし	大規模導入可能性	なし

（注）水素価格の換算では、以下のレートを使用（2025年2月25日当社標準レート）
1CAD=105.27円、1AUD=95.25円
1KRW=0.105円、1USD=150.24円、1Euro=157.2円



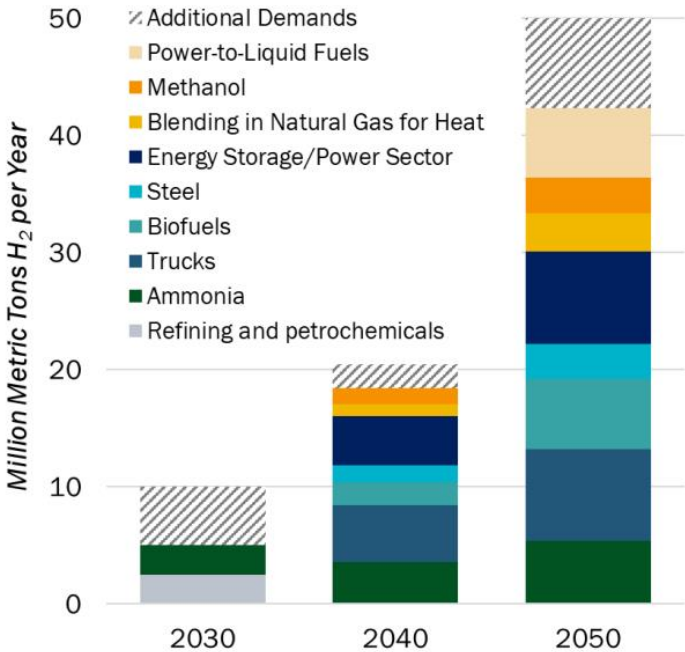
- 2023年6月に「国家クリーン水素戦略・ロードマップ」を発表、水素供給量に関する目標を設定。
- 自国資源活用で水素を製造、輸入に頼らずに将来の需要を賄う方針。
- 2030年までは石油、アンモニア等既存の水素利用先が需要の大半を占めるが、その後は燃料電池トラック、メタノール、PtLでの燃料合成、製鉄が大きく成長。

米国の政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
米国	<u>国家クリーン水素戦略・ロードマップ（2023年6月）</u> 自国資源活用により輸入水素に頼らずに将来の水素需要を賄う方針 クリーン水素供給シナリオ ■ 2030年1000万トン ■ 2040年2000万トン ■ 2050年5000万トン	右図参照	—	<u>国家クリーン水素戦略・ロードマップ（2023年6月）</u> 水素製造コストを ■ 2026年までに2ドル/kg。 ■ 2031年までに1ドル/kg。

（出所）DOE “U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

クリーン水素需要ポテンシャル



（出所）DOE “U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap”



- 超党派インフラ投資法・インフレ抑制法、により水素導入を強力に支援。
- 合わせて、「地域クリーン水素ハブ」ではクリーン水素の要件としてCO2排出量による条件を課している。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
米国	超党派インフラ投資法（2021年11月） ■ クリーン水素関連プロジェクトに対して5年間で95億ドル（約1兆4300億円）の投資を実施。 ■ 後述する「地域クリーン水素ハブ」への投資の他、水電解の研究開発・実証に7億5000万ドル（約1100億円）を投資。 地域クリーン水素ハブプログラム（2022年6月） ■ 「クリーン水素ハブ」の設立支援に最大80億ドル（約1兆2000億円）を投資する計画を発表。 ■ 2023年10月に7地域の採択が発表、総額70億ドル（約1兆円）の投資が行われた。 ■ 「クリーン水素ハブ」の実証では、ライフサイクルCO2排出量を4.0kg-CO2/kg-H2以下とすることへ寄与が求められる。 ■ 合わせてクリーン水素ハブと連携しての需要家支援メカニズムを検討・実際の支援にあたる非営利機関を公募中。11月末採択予定。 インフレ抑制法（2022年8月） ■ クリーン水素の生産を対象に設備稼働後10年にわたって最大3ドル/kgの税控除を提供（45V）。 ■ クリーン電力生産に関する税控除（45Y）について2024年5月に規制案発表、ゼロエミ電力対象の技術中立的内容で0.3c/kWhの税控除（ベース）。CHP、自家消費も排除せず ■ また、クリーン電力生産設備への税控除（48E）規制案も合わせて発表されており、電気や熱、水素貯蔵施設も控除対象。投資額の6%が控除（ベース）。	年限付目標 ■ 2030年▲50-52%（2005年比）、2050年CN ■ 2035年電力の100%クリーン化を達成。 カーボンプライシング・取引制度 ■ 連邦レベルでのカーボンプライシング制度は未導入。 ■ カリフォルニア州、ワシントン州、RGGI（北東部12州参画する排出量取引制度）が排出量取引制度を導入。 RPS制度 ■ 全ての電気事業者に対して、再生可能エネルギーが費用対効果に優れている場合はその利用を追求することを義務付ける「再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準」（RPS）を導入する州が複数存在。 ■ 特にユタ州では、再生可能エネルギー源には、太陽光や風力、地熱、水力などとともに水素も含まれており、会社は、2025年までに調整後の電力小売売上高の20%を適格な再生可能エネルギー源から発電することを目標としている。 大気汚染規制 ■ EPAは5月に新設ガスタービン、既設の石炭・石油・ガス焚き蒸気発生ユニット・ガスタービンに制約を課するClean Air Act Sec 111の改正案を提案。ガスタービン発電では300MW超えの設備利用率50%以上のガスタービンは2035年迄に9割回収のCCSかグリーン水素混焼で排出削減が必要、設備利用率20-50%のプラントは2032年迄に水素40%混焼が必要。規制は今後24ヶ月の猶予期間で各州が作成するガイドラインを通じて今後実施される。 ※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用



- 超党派インフラ投資法・インフレ抑制法、により水素導入を強力に支援。
- 合わせて、「地域クリーン水素ハブ」ではクリーン水素の要件としてCO2排出量による条件を課している。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
米国	超党派インフラ投資法（2021年11月） ■ クリーン水素関連プロジェクトに対して5年間で95億ドル（約1兆4300億円）の投資を実施。 ■ 後述する「地域クリーン水素ハブ」への投資の他、水電解の研究開発・実証に7億5000万ドル（約1100億円）を投資。 地域クリーン水素ハブプログラム（2022年6月） ■ 「クリーン水素ハブ」の設立支援に最大80億ドル（約1兆2000億円）を投資する計画を発表。 ■ 2023年10月に7地域の採択が発表、総額70億ドル（約1兆円）の投資が行われた。 ■ 「クリーン水素ハブ」の実証では、ライフサイクルCO2排出量を4.0kg-CO2/kg-H2以下とすることへ寄与が求められる。 ■ 合わせてクリーン水素ハブと連携しての需要家支援メカニズムを検討・実際の支援にあたる非営利機関を公募中。11月末採択予定。 インフレ抑制法（2022年8月） ■ クリーン水素の生産を対象に設備稼働後10年にわたって最大3ドル/kgの税控除を提供（45V）。 ■ クリーン電力生産に関する税控除（45Y）について2024年5月に規制案発表、ゼロエミ電力対象の技術中立的内容で0.3c/kWhの税控除（ベース）。CHP、自家消費も排除せず ■ また、クリーン電力生産設備への税控除（48E）規制案も合わせて発表されており、電気や熱、水素貯蔵施設も控除対象。投資額の6%が控除（ベース）。 米国エネルギー省・資金調達機会通知（2024年10月） ■ 水素省庁間タスクフォースが推進する、クリーン水素および燃料電池技術（RD&D）への最大4600万ドル（約69億円）の支援	年限付目標 ■ 2030年▲50-52%（2005年比）、2050年CN ■ 2035年電力の100%クリーン化を達成。 カーボンプライシング・取引制度 ■ 連邦レベルでのカーボンプライシング制度は未導入。 ■ カリフォルニア州、ワシントン州、RGGI（北東部12州参画する排出量取引制度）が排出量取引制度を導入。 RPS制度 ■ 全ての電気事業者に対して、再生可能エネルギーが費用対効果に優れている場合はその利用を追求することを義務付ける「再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準」（RPS）を導入する州が複数存在。 ■ 特にユタ州では、再生可能エネルギー源には、太陽光や風力、地熱、水力などとともに水素も含まれており、会社は、2025年までに調整後の電力小売売上高の20%を適格な再生可能エネルギー源から発電することを目標としている。 大気汚染規制 ■ EPAは5月に新設ガスタービン、既設の石炭・石油・ガス焚き蒸気発生ユニット・ガスタービンに制約を課するClean Air Act Sec 111の改正案を提案。ガスタービン発電では300MW超えの設備利用率50%以上のガスタービンは2035年迄に9割回収のCCSかグリーン水素混焼で排出削減が必要、設備利用率20-50%のプラントは2032年迄に水素40%混焼が必要。規制は今後24ヶ月の猶予期間で各州が作成するガイドラインを通じて今後実施される。

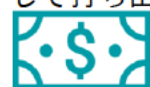
※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用

- 2021年6月、10年以内にクリーン水素製造コスト\$1/kgを目標とする「Hydrogen Shot」が発表、その後の米国の水素製造関連のプロジェクトでも目指すべき目標として設定されている。
- 2021年11月の超党派インフラ投資法（BIL）ではクリーン水素関連では95億ドル（約1.4兆円）の投資が決定、上記目標に向けて水電解の研究開発・実証の他、「地域クリーン水素ハブ」設置を通じて強力に支援する姿勢が示された。

Hydrogen Shot

10年以内に1kgのクリーン水素を\$1にすることを目標にする（“1 1 1”）

Energy Earthshots の最初の一歩として打ち出される



1 Dollar



1 Kilogram



1 Decade



(出所)DOE 2022 AMR Plenary Session

インフラ投資法（2021）における水素関連のアクションプラン



“Clean H₂Electrolysis Program”: (投資額 10億ドル)
Hydrogen Shot 2026年目標 2ドル/kg を達成の為にクリーン水素生産に関するRDD&D

Raw
Materials

Processed
Materials

Subcomponents

End Product

“Clean Hydrogen Manufacturing and Recycling” (投資額5億ドル)
製造および最終製品/リサイクルに関するRD&D



“Regional Clean H₂ Hubs”: (投資額 80億ドル)
クリーン水素製造から利用まで一体となった「H₂ Hubs」の構築を
6－10箇所助成（製造水素は国内利用を推奨）



“National Hydrogen Strategy and Roadmap”:
国家水素戦略・ロードマップの構築、クリーン水素スタンダードの構築

※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用



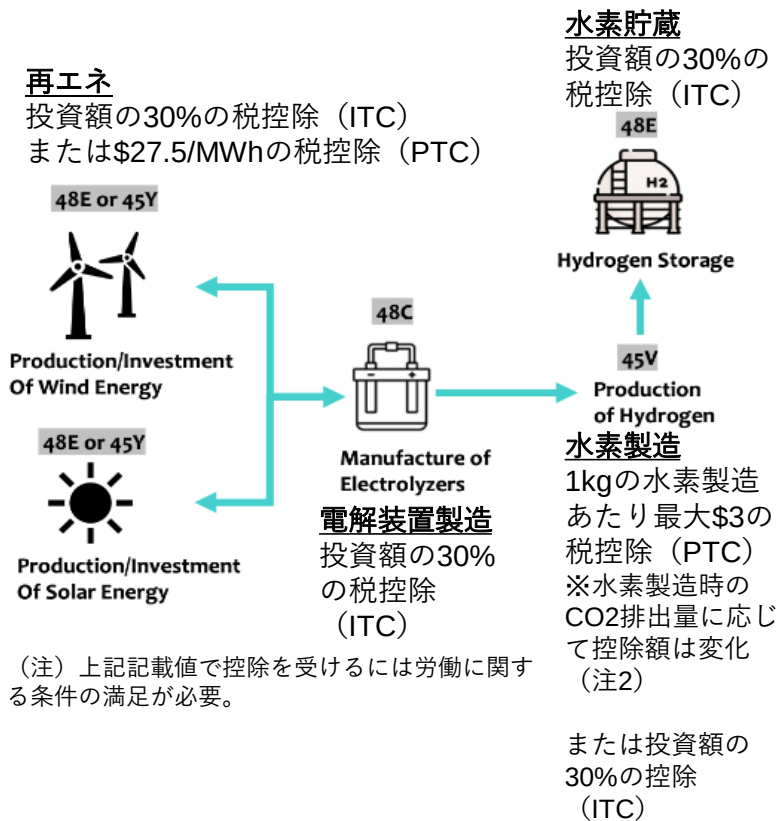
名称	州	連邦コスト負担	主要事業者	概要	アウトカム
アパラチア水素ハブ（ARCH2）	ウエストバージニア、オハイオ、ペンシルバニア	最大9.25億ドル（約1400億円）	Battelle	地域の低コスト天然ガスを利用したクリーン水素を製造・CO2を恒久的に貯留する。施設も同時に開発。	・CO2排出量を900万トン/年削減 ・21000件以上の直接雇用創出（うち3000件が常時雇用、18000件が建設）
カリフォルニア水素ハブ（ARCHES）	カリフォルニア	最大12億ドル（約1800億円）	ARCHES LLC	再エネ・バイオマス由来水素で公共交通機関、大型トラック、港湾の脱炭素化を図る。他、水素によるバックアップ電源も提供。	・CO2排出量を200万トン/年削減 ・220000件以上の直接雇用創出（うち90000件が常時雇用、130000件が建設）
ガルフコースト水素ハブ（HyVelocity H2Hub）	テキサス	最大12億ドル（約1800億円）	HyVelocity, Inc.	天然ガス・再エネ水電解双方で大規模水素製造を行い、トラック、産業プロセス、アンモニア、製油所、e-メタノール）に水素を利用。	・CO2排出量を700万トン/年削減 ・450000件以上の直接雇用創出（うち10000件が常時雇用、35000件が建設）
ハートランド水素ハブ（Heartland Hydrogen Hub）	ミネソタ、ノースダコタ、サウスダコタ	最大9.25億ドル（約1400億円）	Energy & Environmental Research Center	地域の豊富なエネルギー資源を活用しての肥料生産の脱炭素化、発電部門でのクリーン水素活用を計画。	・CO2排出量を100万トン/年削減 ・3880件以上の直接雇用創出（うち703件が常時雇用、3067件が建設）
中部大西洋水素ハブ（MACH2）	ペンシルバニア、デラウェア、ニュージャージー	最大7.5億ドル（約1100億円）	Mid-Atlantic Clean Hydrogen Hub, Inc.	既存の石油インフラを活用し、再エネと原子力による水素製造施設を開発することを計画、水素を運輸（トラック、バスなど）・産業用に活用。	・CO2排出量を100万トン/年削減 ・20800件以上の直接雇用創出（うち6400件が常時雇用、14400件が建設）
中西部水素ハブ（MachH2）	イリノイ、インディアナ、ミシガン	最大10億ドル（約1500億円）	MachH2	鉄鋼、ガラス、発電、石油精製、大型の輸送、航空燃料等で水素を利用。再エネ、天然ガス、原子力から水素製造する計画。	・CO2排出量を390万トン/年削減 ・13600件以上の直接雇用創出（うち1500件が常時雇用、12100件が建設）
北西部太平洋水素ハブ（PNWH2 Hub）	ワシントン、オレゴン、モンタナ	最大10億ドル（約1500億円）	Pacific Northwest Hydrogen Association	電気分解のみでクリーン水素を製造し、大型トラック輸送や農業、産業、港湾で水素を利用。	・CO2排出量を170万トン/年削減 ・10000件以上の直接雇用創出（うち350件が常時雇用、8050件が建設）

※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用



- インフレ抑制法（IRA）では、水素製造設備での水素の製造を対象に、大規模な税控除が新たに発表。
- この支援の対象は米国企業に限らず、生産量に応じた控除が10年間で与えられる。その他、電解装置の製造設備も税控除対象とされる。
- IRA発表後、米国内外のメーカーから水電解装置の生産設備の建設計画発表が相次いでいる。

水素製造におけるIRAのインセンティブ



米国での水電解装置メーカーの生産設備建設動向の例

企業名（国）	電解種	概要
Nel（ノルウェー）	アルカリ・PEM	ミシガン州デトロイトでGMと協力し最大4GW/年の工場を建設する計画。（2023/9）
	PEM	コネチカット州ウォーリングフォードの水電解装置工場を2025年までに500MW/年まで拡張するFIDを実施（2023/3）。
Cummins（米国）	PEM	政府支援を背景に、ミネソタ州フリドリーの同社生産設備を増強、500MW/年の製造能力を実現、将来1GW/年へ拡張可能とする。（2022/10）
EvoIOH（米国）	AEM	3.75GW/年の工場を2023年中に建設開始、2025年運開。15GW/年の別工場を2026年建設予定（2023/3）
Electric Hydrogen（米国）	PEM	約9000万ドルを投資しマサチューセッツ州デベンズに1.2GW/年の電解槽工場を建設予定。（2023/5）
Topsoe（デンマーク）	SOEC	連邦奨励金を活用して、米国内で新たに作る水電解装置工場に3億ドルを投資する構想を発表、最終決定は今年末までに実施。（2023/5）
Verdaggy（米国）	AEM	カリフォルニア州ニューアークに水電解装置工場を開設、2024年第1Qに運転開始予定。（2023/9）



- 米国エネルギー省（DOE）・資金調達機会通知では、手頃な価格のクリーン水素および燃料電池技術の研究、開発、実証（RD&D）を加速するために、最大4,600万ドルの資金調達機会通知（NOFO）を発表。
- バイデン・ハリス政権推進の水素省庁間タスクフォースが主導する、クリーン水素を推進するための協調的な「政府全体」アプローチの一つ。
- 米国エネルギー省（DOE）の水素・燃料電池技術オフィス（HFTO）が、このNOFOを管理する。支援対象は下表のとおり。
- すべてのトピック分野についてHFTOは、約2年から4年の履行期間を持つ協力契約の形での財政支援賞を想定。
- 複数の技術分野にわたる学界、産業界、国立研究所の利害関係者を含む応募者チームを奨励。

支援トピック	支援条件
光電気化学（PEC）水分解デバイスのスケールアップ	■ 低コストでスケラブルな合成および製造技術を使用して、PEC水分解装置（電解装置を必要とせずに太陽光を利用して水分子を水素と酸素に分解する装置）を開発および実証するための提案を求めている
極低温および/または高圧条件を含む水素サービス用の高性能材料	■ 高圧水素貯蔵タンク、極低温使用条件、および繊維強化ポリマー水素パイプラインで使用するための先端材料を開発するための提案を求めている
ヘビーデューティー輸送アプリケーション向けの持続可能な高温プロトン交換膜とアイオノマー	■ ペルフルオロスルホン酸を使用せずに、重量物輸送での利用が可能な、高温運転（最大120℃）に適したメンブレンとアイオノマー（燃料電池の主要コンポーネント）を開発するための提案を求めている
国内の水素燃料電池電気大型バスの開発とデモンストレーション	■ 長距離使用に適した国産の燃料電池電気大型バスを開発および実証するための提案を求めている

（出所）Office of Energy Efficiency & Renewable Energy “Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office Funding Notice: Advanced Hydrogen and Fuel Cell Technologies to Drive National Goals”よりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成



- バイデン・ハリス政権の「米国への投資」アジェンダの一環として、港湾インフラにインフレ削減法を通じて資金提供がされる。総額30億ドル（約4500億円）の投資である。
- 全体では55の計画に対して、ゼロエミッション機器の展開、全国の港湾でのインフラストラクチャー、気候および大気汚染改善プロジェクトを支援するもの。
- 特に水素関連では6つの港湾当局に対して、米国環境保護庁（EPA）が4億7500万ドル（約710億円）以上の資金を水素ベースの港湾運営推進を目的として提供する。（2024年10月発表）
- 提供先の港と金額、水素に関する実施内容は次の通り。

提供先機関	所在地	提供額	実施内容
Port Department of the City of Oakland	カリフォルニア,オークランド	32210万ドル (約480億円)	■ 電気および水素の貨物取り扱い機器 ■ 水素ドレージトラック、充電インフラストラクチャ、バッテリーエネルギー貯蔵システムの展開
Illinois Environmental Protection Agency	イリノイ,シカゴ	9210万ドル (約138億円)	■ 水素機関車と水素燃料インフラ
Hawaii Department of Transportation	ハワイ,ホノルル	5670万ドル (約85億円)	■ サンドアイランドコンテナターミナル用の水素貨物取扱トラクター
Wayne County Port Authority	ミシガン,デトロイト	300万ドル (約4.5億円)	■ 水素自動車と水素燃料インフラ
Don Young Port of Alaska	アラスカ,アンカレジ	190万ドル (約3億円)	■ 水素設備と労働環境に対する安全性評価
South Carolina State Ports Authority	サウスカロライナ,チャールストン	130万ドル (約2億円)	■ 州全体の水素機器/燃料供給の実現可能性を含む排出削減戦略の分析に使用される

（出所）EPA “Biden-Harris Administration Announces Selections for Nearly \$3 Billion of Investments in Clean Ports as Part of Investing in America Agenda”など各種港湾投資情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用

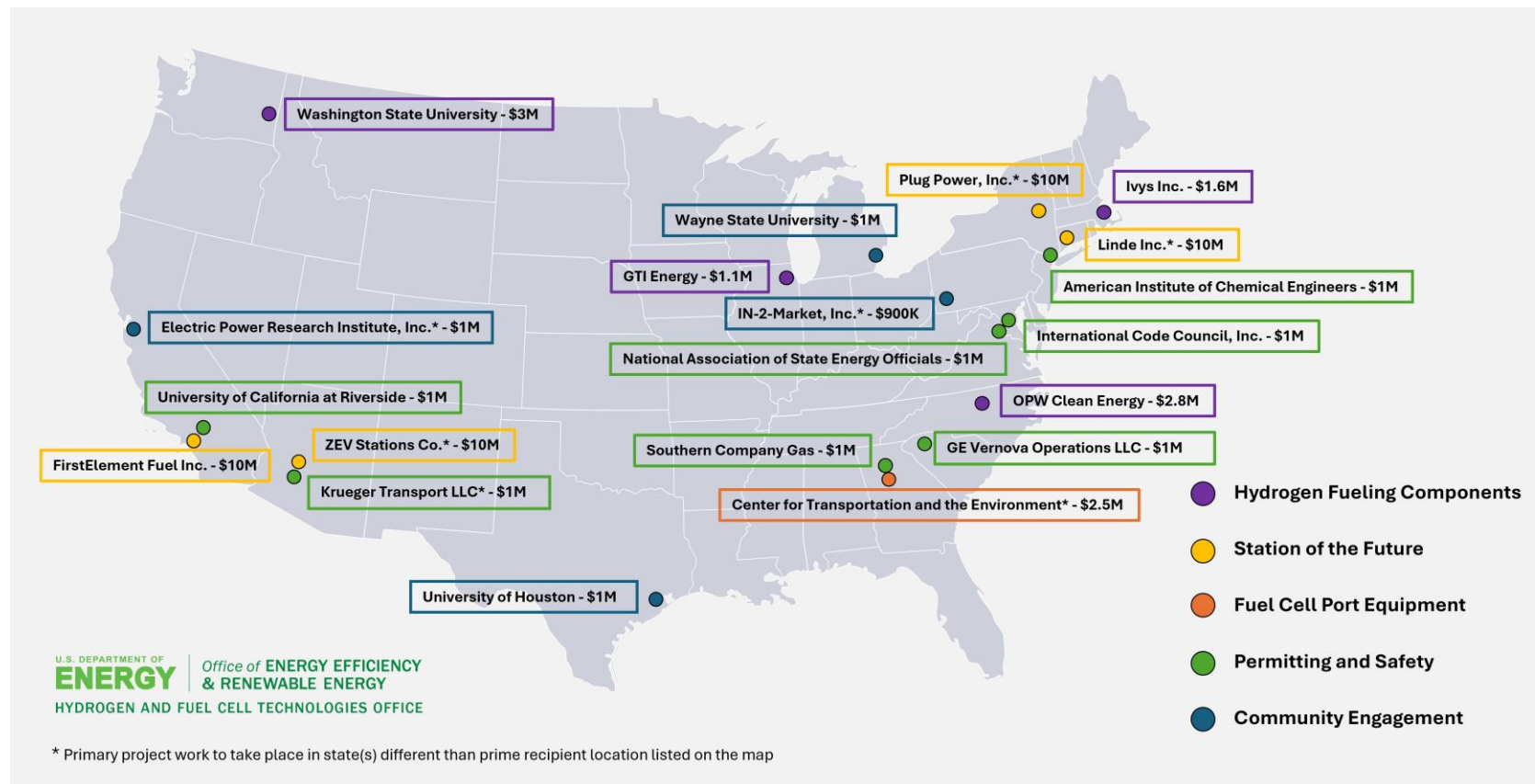


- H2LinkSCは、米国エネルギー省（DOE）のエネルギー効率及び再生可能エネルギーオフィス（EERE）が推進する取り組み。**クリーン水素技術の基礎科学から応用研究開発までを加速させることが目的**である。
- 水素に関する各研究機関の繋がりを強化し、サンプル交換やデータ共有などを円滑にする。研究機関には（水素燃料電池室（HFTO）、科学局エネルギー・アースショット研究センター（EERCs）、エネルギーフロンティア研究センター（EFRCs））等が含まれる。
- **10年間で水素1キログラムあたり1ドルの目標価格に近づけるため電解槽コストの低下に対して、総力を挙げて取り組むことに焦点を当てる。**
- H2LinkSCによる公表済パイロット計画は下表のとおりで**資金はDOEより総額612万4千ドル（約9.2億円）提供。**（全て2024年時点発表）

計画	目的	役割	24年度予算（DOEより）	25年度予算（DOEより）
高効率高耐久のP-SOEC用新材料・新界面・新作製	P-SOECの主要要素の改善する。（電極材料、界面エンジニアリング、新しい製造方法、シングルセルのプロトタイピングなど）	EFRC水素研究者と情報科学研究者との交流。	1,070kドル （約1.6億円）	なし
次世代P-SOEC	コンピューティショナルスクリーニングツールを使用して、改良された材料を特定し、これらの材料から単一セルを作製するプロセスを予測する。	水素エネルギー・アースショット研究プロジェクトの研究者が、情報科学の研究者やEFRC 水素の研究者と交流。	1,060kドル （約1.6億円）	1,060kドル （約1.6億円）
低温動作性	O-SOECの標準的な動作温度よりも低い温度で高性能を促進する新材料を開発する。	パシフィック・ノースウェスト国立研究所で科学省が資金提供している既存のプロジェクトと連携し、これらの新素材を特性評価するための新しい技術を開発。	1,000kドル （約1.5億円）	なし
Studying-Polymers-on-a-chip （陰イオン交換膜）	Studying-Polymers-on-a-chip技術を使用、自動化されたハイスループットスクリーニング（何百万もの試験を自動で迅速に実施）、オペランドエージング（対象の時間経過に着目した計測）、および連成計算シミュレーションを通じて陰イオン交換膜の耐久性を向上させる。	アイオノマーベースの水電解センター、ナノ流体輸送強化センター、アルカリベースのエネルギーソリューションセンターなど、さまざまなEFRC/EERCとの接点形成。	867kドル （約1.3億円）	1,067kドル （約1.6億円）

（出所）米国エネルギー省（DOE）“ H2LinkSC: Linking Fundamental and Applied Science To Advance Clean Hydrogen RD&D”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 2024年8月にバイデン・ハリス政権の「米国への投資」アジェンダより、米国エネルギー省（DOE）は次世代のクリーン水素技術の研究、開発、実証、展開を加速するために、15州にわたる20のプロジェクトに約6,200万ドル（約93億円）を拠出。
- 5つの分野に資金が配分される。具体的には、中型・大型車への水素燃料供給部品開発、水素ステーション開発、燃料電池動力の港湾設備、水素展開の許可と安全性の実現プロジェクト、水素技術コミュニティへの公平な関与に資金が割り当てられる。（金額と支援団体は下図参照）



（出所）米国エネルギー省（DOE）“Selections for Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office Funding Opportunity Announcement to Advance the National Clean Hydrogen Strategy”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用

© 2025 Mizuho Research & Technologies, Ltd.



- 2025年1月にインフレ抑制法に基づいたセクション45Vクリーン水素製造税額控除の最終規制を発表。
- 最終規制は様々な電源からの電力、炭素回収を伴う天然ガス、再生可能天然ガス（RNG）、炭鉱メタンを使用する水素製造業者が、どのように控除資格を決定できるかを明らかにした。
- 電解水素の税控除認定基準を下表にまとめた。また次ページにメタン由来の水素の税控除基準をまとめた。

区分	認定基準
電解水素 （グリーン水素、 ピンク水素）	● 規定の基準（4 kg CO2e/kg H2以下）を満たした場合にのみ、クリーン水素として認定され、税額控除（45V）の対象となる。 ● 水素製造の電力使用を特定の発電源に帰属させるため、EAC（エネルギー属性証明書）を利用する場合、次の基準を満たす必要がある。 <u>1. 時間的整合性：電力の消費と発電が同じ時間内に行われる</u> ➢ 最終規則では、年間ベースでのマッチング要件を2030年まで延長、それ以降は時間ベース（1時間単位）となる。 ➢ 年間排出量を下回る（水素1kg/CO2 4kg）場合で、限られた時間だけEACが取得できない生産者は、1時間単位で排出量を計算するオプションが利用できる。 <u>2. 供給可能性：発電源が水素製造施設と同じ送電網内にある</u> <u>3. 増分性：電力が水素製造のために新たに追加されたものである</u> ➢ 水素製造施設が稼働を開始する36か月以内に商業運転を開始した発電施設、またはその期間中に発電能力を増強した施設であること。 ➢ 廃炉が懸念される原子力発電所（経済的要因に基づく）で水素投資と相互依存関係がある場合、最大200MWまでの発電が増分的と見なされる。 ➢ 温室効果ガス排出上限とクリーン電力基準（RPS）を組み合わせた強固な政策を持つ州（例：ワシントン州、カリフォルニア州）で発電された電力でも良い。

（出所）米国財務省 “U.S. Department of the Treasury Releases Final Rules for Clean Hydrogen Production Tax Credit” より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



■ インフレ抑制法に基づいたセクション45Vクリーン水素製造税額控除、メタン由来の水素の税控除基準は下表のとおり。

区分	認定基準
メタン由来の水素	● メタンを主成分とする天然ガスを利用し、規定の基準（4 kg CO2e/kg H2以下）を満たした場合にのみ、クリーン水素として認定され、税額控除（45V）の対象となる。 ● 天然ガスの改質によって生成される水素であり、炭素回収・貯留（CCS）技術を使用する「ブルー水素」や、再生可能天然ガス（RNG）や石炭鉱山のメタンを使用する場合は、次の基準を満たす必要がある。 1. ブルー水素の適格性：炭素回収・貯留（CCS）を使用した天然ガス改質 ➢ メタンを主成分とする天然ガスを利用し、炭素回収・貯留技術を適用する場合、そのプロセスが規定されたライフサイクル温室効果ガス（GHG）排出基準（4 kg CO2e/kg H2以下）を満たすことで、クリーン水素として税額控除（45Vクレジット）の対象となる。 2. 天然ガス以外のメタン源の利用：再生可能天然ガス（RNG）や石炭鉱山メタンの利用 ➢ 規則には、再生可能なメタン源（例：廃水、家畜の糞尿、埋立地ガス）や石炭鉱山からのメタンを利用した水素製造が含まれる。 ➢ ライフサイクルGHG排出量は、水素製造プロセスごとに個別に計算する。複数の原料を混合する場合でも、独立して評価される。 ➢ 排出量の計算には、対象となるメタン源が「クリーン水素の原料として利用されなかった場合の排出シナリオ」も考慮される。（cf.埋立地ガスが大気中へ放出された場合の潜在的排出量） 3. 上流メタン漏洩率の評価：上流メタン漏洩の精度向上 ➢ 水素製造に利用される天然ガスやRNGの上流メタン漏洩率は、最終規則で指定されるデフォルトの「全国値」に基づいて評価する。（この数値は「45VH2-GREETモデル」によって提供） 4. 制度開発：バイオガスや石炭鉱山メタンの「ブック・アンド・クレーム」システム ➢ 再生可能天然ガス（RNG）や石炭鉱山メタンの利用を促進するための「ブック・アンド・クレーム（Book-and-Claim）」システムを促進。2027年から適用可能となり、財務省長官がその要件を満たすと判断した場合に利用可能となる。 ➢ 「ブック・アンド・クレーム（Book-and-Claim）」システムとは、クリーンエネルギー由来のガスが物理的なガス供給網に混ざり合う場合でも、その環境価値を分離して管理し、水素製造者がその「クリーンエネルギーを利用した」という事実を証明するための仕組みである。 5. モデルの固定化の選択肢：投資確実性の向上 ➢ 水素製造施設の建設開始時点で使用されていた「45VH2-GREETモデル」のバージョンを、税額控除期間中一貫して使用できるオプションが提供される。これは、将来的なモデル変更による不確実性を軽減するための措置である。

- トランプ大統領はインフレ抑制法（IRA）とインフラ投資・雇用法（IIJA）からの資金提供を一時停止した。これに伴い、3ドル/kgの水素製造税額控除と7つの水素ハブ（合計70億ドル（約1兆円））への資金提供は停止される。アメリカの水素関連プロジェクトの資金調達が不透明化している。
- 資金提供が一時停止となるのはIRAとIIJAに基づく「助成金、ローン、契約、およびその他の財務支出に関連するすべての手続き、政策およびプログラム」である。これらに対して政権のエネルギー政策との整合性を確認するため90日間のレビューを実施し、その間に財政支出が一時停止する。
- 90日間の見直し期間中、各機関は新方針とのプロセスの整合性を評価し、国家経済会議（NEC）長官と行政管理予算局（OMB）長官の双方に勧告を提出する。採択された勧告と整合性があると判断された場合のみ、支出を再開することができる。

インフレ抑制法（IRA）とインフラ投資・雇用法（IIJA）の停止（ホワイトハウス1月20日付けの発表）

THE WHITE HOUSE

Sec. 7. Terminating the Green New Deal. (a) All agencies shall immediately pause the disbursement of funds appropriated through the Inflation Reduction Act of 2022 (Public Law 117-169) or the Infrastructure Investment and Jobs Act (Public Law 117-58), including but not limited to funds for electric vehicle charging stations made available through the National Electric Vehicle Infrastructure Formula Program and the Charging and Fueling Infrastructure Discretionary Grant Program, and shall review their processes, policies, and programs for issuing grants, loans, contracts, or any other financial disbursements of such appropriated funds for consistency with the law and the policy outlined in section 2 of this order. Within 90 days of the date of this order, all agency heads shall submit a report to the Director of the NEC and Director of OMB that details the findings of this review, including recommendations to enhance their alignment with the policy set forth in section 2. No funds identified in this subsection (a) shall be disbursed by a given agency until the Director of OMB and Assistant to the President for Economic Policy have determined that such disbursements are consistent with any review recommendations they have chosen to adopt.

※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用

（出所）ホワイトハウス“UNLEASHING AMERICAN ENERGY”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- カリフォルニア州はディーゼルトラックを段階的に廃止し、よりクリーンな車両への移行を推進する規制（**Advanced Clean Fleets規制**）を取りやめる。これはトランプ政権がこの取り組みを許可する可能性が低くなったためである。
- トランプ政権は、ゼロエミッション車規則とカリフォルニア州の他のクリーンエア基準を取り消す、または反対するとしていた。
- Advanced Clean Fleets規制では**2036年に化石燃料トラックは新車販売を終了し、大手トラック運送会社は2042年までに中型および大型の車両を電気または水素モデルに転換することを求めている。**

Advanced Clean Fleets規制

Advanced Clean Fleets規制

- カリフォルニア州政府は、2036年のディーゼルトラック廃止と、2042年までに大手運送会社に水素または電動転換を求めている。
- 一方で、カリフォルニアトラック協会は**Advanced Clean Fleets規制が達成不可能であると反対**してきた。また、技術的に実現可能で費用対効果の高い方法で排出量をさらに削減するとしていた。

（出所）カリフォルニア州政府“Advanced Clean Fleets”
FFCW. “California Abandons Diesel Truck Ban and 3 other Clean-Air Rules Before Trump Is Sworn In”
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 2022年5月エネルギー政策パッケージ「REPowerEU」を発表、ロシア産の化石燃料への依存を2030年よりも早期に脱却、かつ2030年GHG削減55%の目標を実現する計画。エネルギー政策上水素の位置づけも大きく増している。
- 2030年2000万トンのグリーン水素導入。2億ユーロ（約320億円）の投資を行いHydrogen Valleyの数を2倍にする。
- 2025年までに17.5GW/年の水電解装置生産能力を実現（従来の10倍）。
- 産業部門・運輸部門で非バイオ再生可能燃料（RFNBO）の導入目標を拡大。産業部門で2030年までに42%、2035年までに60%の義務。運輸部門では先進バイオ燃料との合計で2030年5.5%（RFNBO最低1%以上）
- 2024年5月に、「水素・脱炭素化ガス市場パッケージ」が正式に欧州理事会採択に至った。

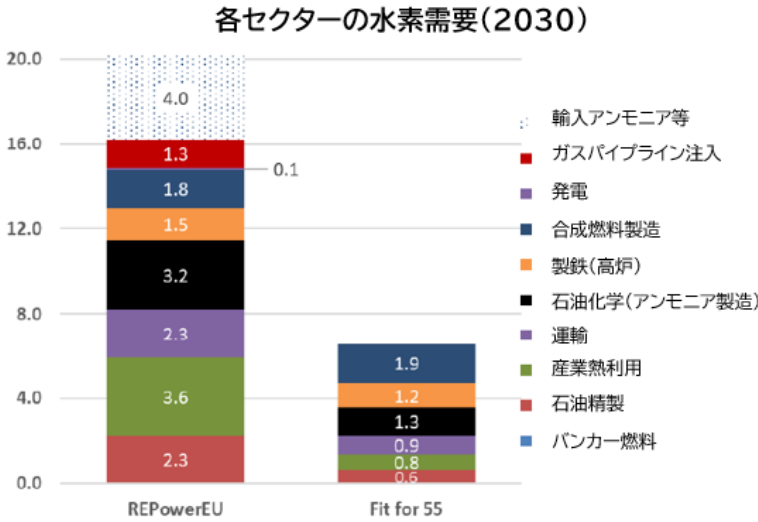
EUの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
EU	REPowerEU（2022/5） 域内水素製造1000万トンに加え、輸入水素1000万トンによりロシア産ガス脱却を目指す方針 クリーン水素供給シナリオ ■ 2030年2000万トン 水素・脱炭素化ガス市場パッケージ（2024/5） ■ 国境を超える既設ガスネットワークへの最低2%水素混合が受理・促進される必要	右図参照	2025年までに17.5GW/年の供給能力	REPowerEU（2022/5） ■ 2030年までに1.8ユーロ/kg。

（出所） 欧州委員会資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

クリーン水素需要ポテンシャル

✓ 2022年の“REPowerEU”（左）では、2021年の“Fit for 55”（右）より水素需要が大幅増加



（出所） EUROPEAN COMMISSION, IMPLEMENTING THE REPOWER EU ACTION PLAN: INVESTMENT NEEDS, HYDROGEN ACCELERATOR AND ACHIEVING THE BIO-METHANE TARGETS



- IPCEI、欧州水素銀行といった制度でインフラ・バリューチェーン整備や水素サプライチェーン構築を強力に支援。
- 再エネ指令での各分野での導入義務や目標の設定、EU-ETSやCBAMといった制度も水素導入の推進力。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
EU	官民パートナーシップ“Clean Hydrogen Partnership” ■ 2021～2027年のMFFで、約10億ユーロ（約1600億円）を割当。 IPCEI（欧州共通利益となる重要プロジェクト）（2022年9月） ■ 水素分野の第1弾「Hy2Tech」で水素技術のバリューチェーンに関する41プロジェクトに最大54億ユーロ（約8500億円）の投資を、第2弾「Hy2Use」で水素関連インフラの整備や産業プロセスへの水素の統合に関する35プロジェクトに最大52億ユーロ（約8200億円）の投資を実施。2024年2月に第3弾「Hy2Infra」（電解槽3.2GWの整備、2700kmのパイプライン新設・既設パイプライン改造、水素キャリア技術開発）33プロジェクトに最大69億ユーロ（約1兆1000億円）、2024年5月に「Hy2Move」（水素モビリティ向け技術開発）を欧州委員会は承認。 ネットゼロ産業法案（2023年3月） ■ 水電解・燃料電池を含む8分野のネットゼロ技術に関して許認可手続き簡略化や規制サンドボックス設置等でEU域内のスケールアップを支援、2030年の年間生産量の4割をEU域内生産・供給を目指す。 欧州水素銀行（2023年8月） ■ クリーン水素生産を対象にプロジェクトベースで入札を実施、札上限額4.5ユーロ/kgで、落札プロジェクトに10年間の固定プレミアムを提供。（パイロットオークション予算8億ユーロ（約1,260億円）） 水素・脱炭素化ガス市場パッケージ（2024年5月） ■ 今後水素輸送事業者ネットワーク（ENNOH）が設立され、10年間の水素ネットワーク開発計画が策定される ■ 再エネ司令に基づく証明書をもとに、RFNBOは関税が免除、また制度発行後1年は託送料金も100%免除。低炭素ガスは関税、託送料金が75%減となる。 EU「イノベーション基金」（2020年7月より基金として継続） ■ 24年度10月には10のグリーン水素プロジェクトが補助対象となった	年限付目標 ■ 2030年▲55%（1990年比）、2050年CN ■ 再エネ指令において2030年再エネ比率45%を目指すことを発表。 ■ 2035年新車乗用車・新車小型商用車CO2排出▲100% カーボンプライシング ■ EU-ETS指令により2030年産業・域内航空部門の排出削減目標▲62%（2005年比）。水電解で製造された水素も無償割当の対象。 ■ 2023年10月から炭素国境調整措置（CBAM）が導入、水素も製品として対象だが水電解製造時の電力由来のCO2（間接排出）は含まれない。実際の税支払いは2026年1月以降。 ■ EU「イノベーション基金」の収益源としても利用されている。 導入義務 ■ 再エネ指令（RED III, 2023年10月）において産業部門での水素消費量のうち再エネ水素の比率を2030年42%、2035年60%、運輸部門において少なくとも1%以上利用する義務を発表（ただし1MJのRFNBOは2MJとカウント、航空、海運では更に1MJのRFNBOは1.5MJ相当とカウント）。 ■ ReFuelEU aviation（2023年10月）では石油事業者には2030年までに少なくとも1.2%、2032年までに少なくとも2%、2035年までに5%、2050年までに35%のe-fuelをジェット燃料として供給。 ■ AFIR（代替燃料インフラ指令, 2023年9月）で加盟国すべてに大型車両と軽車両の両方にサービスを提供できる公的にアクセス可能な水素ステーションを確保することを義務付け。TEN-Tに沿ってアーバンノード・200kmごとにステーションが整備される予定。

※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円使用

（出所）欧州委員会、OIES、JETRO等資料より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 第1回のオークションは2023年11月23日に入札は開始され2024年2月8日に終了。
- 132件の応募のうち7件が落札（プロジェクト概要は下表）。グリーン水素、グリーンアンモニア製造が大半、その他e-methane 製造であった。プロジェクトはPre-FEEDまたはFEEDの状況とされるが、5年以内に運開が必要。
- すべてのプロジェクトは少なくとも1つの電解槽メーカーとのLOIを含める必要があった。プロジェクトの大半は欧州域内から電解槽を調達したとされる（Thyssenkrupp nucera社による）。

プロジェクト名	国	コーディネータ	最終製造物 (利用手段)	水電解への投入電力	入札量[kt-H2/10year]	入札容量[MWe]	GHG削減量[ktCO2/10year]	入札額[euro/kg]
eNRG Lahti	フィンランド	Nordic Ren-Gas Oy	e-methane (ガス網混入、船舶燃料、物流車両燃料)	風力発電	122	90	836	0.37 (約60円/kg)
El Alamillo H2	スペイン	Benbros Energy	グリーン水素 (非公開)	不明	65	60	443	0.38 (約60円/kg)
Grey2Green -II	ポルトガル	Petrogal	SAF (石油精製)	不明 (太陽光)	216	200	1477	0.39 (約60円/kg)
HYSENCIA	スペイン	Angus	グリーン水素 (アンモニア製造、製鉄)	太陽光	17	35	115	0.48 (約75円/kg)
SKIGA	ノルウェー	Skiga	グリーンアンモニア (船舶燃料)	太陽光、風力、水力	169	117	1159	0.48 (約75円/kg)
Catallina	スペイン	Renato PtX Holdco	グリーンアンモニア・水素 (肥料、ガス網混入)	1.1GWの太陽光・陸上風力	480	500	3284	0.48 (約75円/kg)
MP2X	ポルトガル	Madoquapower 2X	グリーンアンモニア (肥料、船舶燃料)	太陽光・風力	511	500	3494	0.48 (約75円/kg)

（出所） 欧州委員会資料、各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成（最終製造物、投入電力は当社推定を含む） ※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円使用



- 第1回のオークションは2024年秋に予定されており、現在ドラフトが発表されている。
- 第1回の入札結果を受けた、ルール変更がなされている。主な変更は以下の通り。
- 上限価格が引き下げられたほか、運開までの期間短縮、完了保証金の増額などが主な変更点。
- 合わせて、水電解装置については一層EU域内での生産を重く見る意向が表明されている。
- 9/27に第2回オークションが12/3に実施されることが発表、新規プロジェクトに最大12億ユーロの助成金が提供される。今回新たに、応募者は電解槽スタックの25%を超える部品の中国からの調達認められないとされた。

項目	第1回オークション	第2回オークション（2024秋） 向けドラフト
上限価格	4.5ユーロ/kg（約710円/kg）	3.5ユーロ/kg（約550円/kg）
運開までの期間（EIO）	5年	3年
完了保証金	総額の4%	総額の10%
海運分野の別枠扱い	なし	海運分野は別枠として扱う （本枠では入札記載の水素総生産量の少なくとも60%が海運のオフテーカーに供与される必要あり、なお海運分野では2024年から総トン数5000t以上の船舶で域内を航行する船舶がEU-ETSの対象、2億ユーロが海事セクターとなる公算）
水電解について求められる 情報提供	技術の種類、生産地、容量、納入日、契約書、価格	左記に加えてEU域内での生産割合、安全性コンプライアンス、CRM（重要原材料）の割合
オークション頻度	年1回	第2回の参加者に依存

（出所） 欧州委員会資料、各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円使用



■ EU イノベーション基金にて支援が決定したプロジェクト（2024年11月時のもの、助成金準備中の新規採用）

プロジェクト名	国	開発企業	生産方法	生産量	補助金額	備考
H2HubEmden	ドイツ	Statkraft	200MWの電解槽（グリーン水素）	年間最大2万t	1億700万ユーロ（約270億円）	排熱と大規模なヒートポンプを地域暖房に利用
H2BE	ベルギー	Engie, Equinor	1GW分をガス改質から（ブルー水素）	2030年までに21万t	開発者が助成金契約に署名後発表	自己熱改質（ATR）と炭素回収・貯留を組み合わせ使用
ENHANCE（European Network for Hydrogen and Ammonia Carbon-Neutral Energy）	ベルギー	エア・リキード	RFNBOアンモニアと再生可能水素の液化	不明	開発者が助成金契約に署名後発表	詳細不明
HydroGreen	フィンランド	ソルベイ・ケミカルズ	30MWの電解槽（グリーン水素）	不明	開発者が助成金契約に署名後発表	過酸化水素製造目的のグリーン水素
HYODE（HYdrogen Offshore DunkerqueE）	フランス	EDF	洋上風力と洋上電解槽（グリーン水素）	不明	開発者が助成金契約に署名後発表	フランス北部のダンケルク近郊で実施
ショーピング水素パーク	スウェーデン	Plagazi	プラズマガス化で廃棄物を水素に	年間1万2千t	開発者が助成金契約に署名後発表	66,000tのリサイクル困難な廃棄物利用
ガイア:アストゥリアス州のグリーンアンモニア	スペイン	フェルティベリア社	不明（グリーンアンモニア生産）	不明	開発者が助成金契約に署名後発表	肥料生産用
GreenWave	デンマーク	ヨーロピアン・エナジー	不明（グリーンメタノール）	10万t以上	5000万ユーロ（約80億円）以上と開発企業が発表	26年建設開始、28/29年に稼働予定
eNRG Kotka	フィンランド	Nordic Ren-Gas	60MWの電解槽（グリーン水素）	水素1万8千t生産	開発者が助成金契約に署名後発表	輸送用に更にe-メタン3万5千tに変換する工程を含む
Zesta（Zero Emission Steelmaking at ArcelorMittal）	ベルギー	ARCELORMITTAL BELGIUM NV	不明（再生可能水素の生産）	不明（直接鉄還元に必要な量を想定）	開発者が助成金契約に署名後発表	2つの電気アーク炉と高炉製鉄を含むプロジェクト



- 欧州水素銀行オークションで補助金を受ける場合、電解槽が「中国製」であるか個々のスタックレベルで評価して決定する。中国製が容量ベースで25%を超えた場合、補助金の対象とならない。
- 中国で「セル生産」「表面処理」「スタックの組み立て」のいずれかが実施されているスタックが容量ベースで25%以上を占める水素電解槽は補助金対象外。ただし工場設備に対しては適用されない。
- オークションの入札者は電解槽をどこから調達する予定かを宣言し、覚書やサプライヤーとの意向書などを証拠として提出する必要がある。
- 補助金を受けた場合、プロジェクトが財務的に完了した時点で、開発者は中国製スタックの25%制限を遵守していることを確認する契約書を電解装置メーカーに提出しなければならない。
- プロジェクト開発者は運用開始時および10年間の補助金期間の終了時に、基準に準拠していることを証明する必要がある。
- 海外からの補助金に対しても規制をつけている。

	規制の詳細
申請時	■ 主張を裏付ける十分な証拠（電解槽のサプライヤーとの機器の原産地を記載した覚書など）が必要。
実施中	■ 申請時の登録が順守されているか、実施中に監視される。
罰則	■ 助成金の減額、または打ち切りが適用される。
その他規制	■ 外国からの補助金（または加盟国が供与する非適合的な国家補助）で引き起こされるEU域内の市場の歪み、または輸入品のEU内での不当補助について、外国補助金規則または貿易防衛調査に基づいて調査される可能性がある。

（出所）欧州委員会“Innovation Fund IF24 Auction Terms and Conditions”,
“Innovation Fund 2024 Auction Questions & Answers” より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ユーロ ≒ 157.2円使用



- 欧州水素銀行オークションの第2ラウンドが開始された。グリーン水素とその誘導体の域内生産者に12億ユーロ（約1965億円）の補助金が割り当てられる予定である。
- その内訳は一般分野での補助金予算額10億ユーロ（約1600億円）と、海運分野での2億ユーロ（約320億円）である。一般と海運ともに非生物起源の再生可能燃料（RFNBO）水素の生産を支援する。
- 一般と海運ともに固定プレミアム方式に基づき水素1kgあたり上限4ユーロ（約630円）で、生産量が基準値に届かない場合に補助金は削減される。プロジェクトが完了しない場合には、計画した共同事業体が完了保証金を負担する。
- 海運分野で実施されるプロジェクトは、入札に記載された予想総生産量の少なくとも60%を海運部門に属するオフテーカーに供給しなければならず、その事前契約を提出する必要がある。

項目	一般分野	海運分野
予算額	10億ユーロ	2億ユーロ
上限価格	4ユーロ/kg（約630円/kg）	
完了保証金	総額の8%（事業体が負担して、金融機関が発行する） 保証の有効期限は、保証書の発行時から最長実施期間の6ヶ月後まで	
指定操業期間	最長10年（交付契約書で約束された総量に早く到達する場合を除く）	
水素供給先指定	なし	最低60%を海運部門のオフテーカーに供給 残りの40%は他セクターのオフテーカーへの販売、自己消費 や貯蔵が可能
補助金削減の条件	生産量が期待される年間平均量の30%を3年間連続で 下回る場合、補助金が削減される可能性	左記に加えて、生産量の60%以上が海運セクターに供給され たことを証明できない場合も補助金が削減
供給先との事前契約の提出	なし	証拠書類としてオフテーカーが海運セクターであることを示 す自己宣誓書や、バンカリング活動の証明書を提出 オフテーカーが船舶企業の場合、国際海事機関（IMO）番号 や海事運営者アカウント（MOHA）番号が必要

- 欧州水素銀行オークションの第2ラウンドでの採択・減額・打ち切り・完成保証金支払いの要件について、下の表にまとめた。

	一般分野・海運分野共通	海運分野	要件詳細
採択	採択要件 ● 電解槽最小設置容量5MWe以上。 ● ISO 22734:2019基準またはそれを置換する最新基準の遵守。 ● 中国からの調達プロジェクト全体の電解槽容量の25%未満。 (容量ベースで表面处理、セルユニット製造、またはスタック組み立てが見られる)	海運 採択要件 ● 左記要件に加えて、財務的締結時点で60%以上の生産量に関する、海運オフテイクとの事前契約。 ● 契約にはオフテイクの名前（IMO番号,MOHA番号）、量、価格構造、供給期間などの詳細情報が必要。 ● バンカリング提供者の場合は、港湾当局や業界団体の証明書。EU/EEA内の港湾であること。	中国製容量規制の基準 ● 表面处理：電解槽セルの電極、膜、スタックの両極板のコーティング技術。 ● セルユニットの製造：電解槽セルの主要部品である電極、電解槽技術によっては膜/隔膜/固体電解質の製造。 ● スタック組み立て：水から水素と酸素を分離するために、電解槽のスタックとそのすべての機能要素を組み立てるために必要な技術。
減額または打ち切り	減額または打ち切り要件 ● 採択要件を満たさないとき。 ● 認証されたRFNBO水素の生産量が、3年連続で入札書記載の年間平均予想生産量の30%未満。 ● プロジェクト期間中、申請書に記載された義務の遵守を提示できない。	海運 減額要件 ● 左記要件に加えて、実施期間終了時点で、製造水素量の60%以上が海運セクターのオフテイクに供給されたことを証明できない場合、助成金は提供された最大助成金額に比例して減額。	申請書記載の義務 ● 「重要な資材供給の安全性の確保」や「ヨーロッパの産業リーダーシップおよび競争力への貢献」など。
打ち切り	打ち切り要件 ● 安全基準およびサイバーセキュリティ要件への準拠を証明出来ない。	海運 打ち切り要件 ● 左記要件と同様。	安全基準及びサイバーセキュリティ ● 設置の運用管理がEU/EEA内に設立された法人に保持され、データはEU/EEA内に保存されること。
完成保証金	完成保証金（総額の8%）支払い要件 ● 運用開始時に打ち切り要件に抵触した場合。 ● 契約署名後の財務的締結が2.5年以内に達成しない、または契約署名後から稼働開始が5年を超えた場合。 ● 計画容量に達しないとき。 ● その他の理由により運営開始前に補助金が打ち切られる場合。	海運 完成保証金（総額の8%）支払い要件 ● 左記要件と同様。	運営開始前に補助金が打ち切られる場合 ● 規定された最長期限内に、活動が承認された決算に達しない場合など。

（出所）欧州委員会“Call document for the call “Innovation Fund fixed premium auction call 2024 for RFNBO Hydrogen””より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- 欧州委員会は「Innovation Fund Call 2024」を発表し、画期的なクリーンエネルギープロジェクトを支援するために34億ユーロ（約5600億円）を割り当てた。これはさらに「General Innovation Fund Call」と「Battery-Specific Call」の二つに分かれている。
- 「General Innovation Fund Call」では24億ユーロ（約3800億円）の割り当てがある。（最大40%増加する可能性あり）
- この支援先は大中小規模の脱炭素化プロジェクト、電解槽や燃料電池を含むクリーンテック製造プロジェクト、パイロットプロジェクトである。クリーンテック製造プロジェクトには、4項目（再生可能エネルギー、エネルギー貯蔵、ヒートポンプ、水素製造のための部品製造に焦点を当てたもの）が含まれる。下表が予算配分である。

General Innovation Fund Call 支援予算配分表

3. Available budget

The estimated available call budget is **EUR 2 400 000 000**. Subject to resource availability, this amount may be increased by a maximum of 40%.

Specific budget information per topic can be found in the table below:

Topic	Topic budget
INNOVFUND-2024-NZT-GENERAL-LSP	EUR 1 200 000 000
INNOVFUND-2024-NZT-GENERAL-MSP	EUR 200 000 000
INNOVFUND-2024-NZT-GENERAL-SSP	EUR 100 000 000
INNOVFUND-2024-NZT-CLEAN-TECH MANUFACTURING	EUR 700 000 000
INNOVFUND-2024-NZT-PILOTS	EUR 200 000 000

電解槽や燃料電池を含むクリーンテック製造プロジェクト

（出所）欧州委員会“Call document for the call “Innovation Fund call 2024 Net Zero Technologies””より、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円使用

© 2025 Mizuho Research & Technologies, Ltd.



- EUで実施するAuction-as-a-Serviceでは、EU規模のオークションを活用して競争力あるプロジェクトを選定している。各国が独自に支援制度設計するコストを削減し、支援の足並みを揃える。
- プロジェクト支援の資金はイノベーション基金の予算に加えて、加盟国の予算を活用している。
- 2024年12月では加盟国から約7.2億ユーロ～約8.36億ユーロ（約1100億～約1300億円）の入札資金が集まった。
- 水素製造コストが低いプロジェクトから落札されていく制度。生産コストがEU内他国と比較して高い地域は不利な制度となっており、2024年12月のオークションにてドイツはAuction-as-a-Service予算の取り下げを表明している。
- ドイツは落札した入札者に対して独自の補助金を分配する許可をEUから得たものの、EUは1キログラムあたり1.44ユーロ（約236円）の価格上限を設定していた。ドイツは今後の入札で自国に有利な制度となるように、EUと引き続き交渉する。

Auction-as-a-Serviceの入札状況と各国予算

国名	予算規模	備考
スペイン 入札	2億8千万～4億ユーロ (約440億～約630億円)	ポストコロナ復興金より支給
リトアニア 入札	3600万ユーロ (約60億円)	—
オーストリア 入札	4億ユーロ (約630億円)	各グリーン水素生産者当たりの助成額は最大2億ユーロ（約327億円）
ドイツ 取り下げ	3億5千万ユーロ (約550億円)	将来のオークションに参加するために、経済・気候行動省は同額予算を引き続き確保

（出所）ファイナンシャルポスト” Germany Scraps €350 Million in Subsidies for Hydrogen Projects”などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ユーロ ≒ 157.2円使用



- 2025年2月には、代替燃料インフラファシリティ（AFIF）を通じて、欧州全体の水素燃料補給ステーションの拡大に3,300万ユーロ（3,420万ドル）を約束した。これは欧州委員会が総数39の代替燃料プロジェクトに対して合計で4億2,200万ユーロ（4億3,800万ドル）を割り当てているものの一部である。
- 支援されるプロジェクトには、燃料補給ステーションに水素を供給するための小型電解槽を設置しているものも含まれる。例えば対象にはシャルル・ド・ゴール空港で5MWの電解槽が動力源の2つのステーションを設置するHyLandAirが含まれ、この計画では560万ユーロ（580万ドル）が確保された。
- 欧州内のアンモニア・メタノールバンカリング施設に対しては、約3,000万ユーロ（3,100万ドル）が割り当てられた。

支援予算配分表

2025年2月に採択されたインフラプロジェクト

支援内容	支援先	金額
代替燃料インフラ・ファシリティ（AFIF）	■ 道路網：高出力充電ステーション、水素ステーション、大型車両メガワット充電ステーションを支援	（※水素ステーションの普及に） 3300万ユーロ
	■ 空港：電力と水素供給を支援	
	■ 港湾：電力と水素供給を支援	
	■ 港湾：初のアンモニア・メタノールのバンカリング施設を支援	3000万ユーロ

計画名	国名	金額	支援先企業
ECOHYNET	スペイン	8万ユーロ	Scale Gas Solutions
MOBHLYLS	フランス	7.5万ユーロ	リヨン空港
European HRS network	ドイツ	6.3万ユーロ	エア・リキード
HyLandAir	フランス	5.6万ユーロ	ENGIE
ACTIVA	フランス	4.2万ユーロ	HVR Energy
Nantes H2	フランス	1.4万ユーロ	ESH2

（出所）欧州委員会”Commission makes €1bn available for recharging and refuelling points under the Connecting Europe Facility（CEF）”などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ユーロ ≒ 157.2円使用

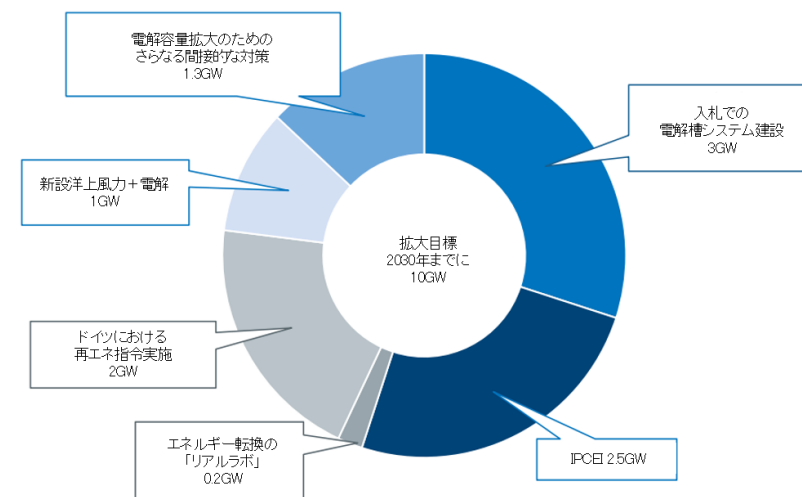
- 2023年7月に国家水素戦略（2020年策定）を改定、水電解導入目標を従来の5GWから10GWに倍増させるなど目標強化。2024年7月にはさらに水素輸入戦略を発表。同国では輸入水素が供給の過半を占める見通し。
- IPCEI資金調達を利用し2.5GWの水電解装置導入（2023年に資金調達の承認を付与）や1800km以上の水素パイプライン（ガスパイプラインの再利用、および水素用の新設）整備を実施。国内では毎年0.5GWの電解システムの入札を実施。
- 水素製造への直接的財政支援はグリーン水素製造に限るが、移行期はブルー・ターコイズ・オレンジも促進。

ドイツの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
ドイツ	<u>国家水素戦略 （2023年7月改定）</u> 水素需要量（アンモニア等派生体含む）を現在の55TWhから2030年に95-130TWhまで拡大、産業分野では鉄、化学、代替手段のないプロセスで水素を利用 <u>水素輸入戦略 （2024年7月）</u> 上記の2030年時点の需要の5-7割を国外から輸入する必要ありと指摘、また、需要は2045年までに水素360～500 TWh、水素派生体約200 TWhに増加可能性ありとする。	—	<u>国家水素戦略 （2023年7月改定）</u> 2030年までに10GW	—

水電解10GW導入の手段

- ✓ IPCEIや再エネ指令の他、入札制度、リアルラボなどの政策を通じて導入



（出所）欧州委員会資料、各種公開情報をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 水電解導入や産業部門・電力部門での水素利用を支援。またガス火力やLNG基地に水素レディを要請。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
EU	<u>H2Global（2022年12月開始）</u> ■ Hint co.を介したダブルオークションの枠組みの中で水素および派生体（アンモニア、メタノール、SAF）を対象に、供給側への10年固定買取契約と需要側への1年契約を併用、売値と買値の差額を政府が補填するスキーム。2024年7月第1回入札結果発表。 <u>国家水素基本戦略（2023年7月）</u> ■ IPCEIの枠組みの中で2.5GWを2023年に付与。 ■ 2023年から2028年まで毎年0.5GWの電解装置の入札を実施。 ■ 再エネ指令の国内法での実施で、運輸部門脱炭素化（製油所水素のグリーン水素化、e-fuel）に向け少なくとも2GWの電解装置投資インセンティブ創出。 ■ NIPの一貫で水素ステーション向け60MWの電解装置プロジェクトを実施。2023年には40MWの追加容量を計画。2023年以降継続計画。 ■ 「水素加速法」制定による水素輸入基地建設加速（2024年5月）、開発加速にむけ、水素インフラや電解槽の承認手続き簡素化（5MW以下の小型装置は認可手続きが撤廃）が規定 ■ エネルギー集約型企业へCCfDによる温暖化防止技術導入時のCAPEX、OPEX支援の「気候保護契約」創設（2023年実施予定） ■ 気候配慮素材（鉄・セメント等）需要の喚起市場「グリーンリード市場」の整備。 ■ 水素スプリンター（水素・アンモニア火力4.4GW、2023年-2026年の入札）・ハイブリッド発電所（再エネ＋水素貯蔵4.4GW、2023年-2028年）の入札、その後2024年7月の発電戦略として12.5GWの発電所と500MWの長期貯蔵技術が入札いかけられる予定 <u>炭素差額決済制度（2023年6月）</u> ■ 年間1万トン超えのCO2排出企業を対象にオークション制度で支援。各社1tあたりCO2削減コストを入札、落札者に政府が15年間差額支援。	<u>年限付目標</u> ■ 2030年▲65%（1990年比）、2045年CN <u>カーボンプライシング</u> ■ 国内で運輸・建築物等熱利用を対象部門とする排出量取引制度を導入。 <u>水素レディの義務（発電関連）</u> ■ 水素対応ガス火力（10GW、うち6GWは新設）への入札。 ■ 水素輸入に向け、港湾に新設するLNG基地は水素・派生体への転換可能な必要がある。 <u>水素加速法案（2024年6月）</u> ■ 水素インフラ整備の加速とCCUSの促進に関する法案 ■ 水素インフラに関連する計画・承認・調達手続きを加速化、簡素化、デジタル化するため、環境法や公共調達法などの関連法を改正



- H2Globalではグリーンアンモニア、グリーンメタノール、E-SAFがオークションの対象。第1回のオークションはグリーンアンモニア、E-SAFを対象として2022年末に開催。
- **グリーンアンモニアでは22案件が参加し、最終的に1件がFIDに至る。**
- E-SAFでは3案件が参加、最終的にFIDには至らず。（入札者によるとe-SAFを製造する際のCO2に関するGHGアカウンティングルールが不確実性をはらみ、また契約額・期間の設定が過小で新設E-SAFプラント実現性に乏しい）
- **次回入札（2025/2026年）では予算35億3000万ユーロ（ドイツ、オランダは3億ユーロ）を通じて3億-11億ユーロ（約470億円～約1700億円）の購入単位の入札を予定。対象はグリーン水素、グリーンアンモニア、グリーンメタン、グリーンメタノール。**
- **その他、カナダとドイツは2024年H2Globalの枠組みでドイツへの水素輸出支援を行う計画。**

H2Global 入札者の動向

各入札者	契約量	水電解容量 平均値	追加再エネ容 量平均値
グリーン アンモニ ア	21万トン- 47.5万トン	145MW すべてアル カリ型	295MW

（出所） H2Global資料

H2Global 落札結果

項目	値
落札者	Fertiglobe（エジプト）
製品価格	811.30ユーロ/t （グリーン水素4.5ユーロ/kg相当）
契約価格	1000ユーロ/t
供給量 （オフテイカーのコ ミットメント	2027年19500t/年 2028年40000t/年 2033年までに総量259500t
電解装置	加圧型アルカリ 100MW（FIDは未済）
再エネ容量	陸上風力203MW＋ 太陽光70MW（新設）

※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円使用

- 2020年版の国家水素戦略では脱炭素水素生産60万トンによる産業部門排出量35%削減を2030年までに目指す。合わせて水電解6.5GWを導入。
- 2023年12月に国家水素戦略改訂のドラフトを発表。2030年の水電解6.5GWに加え、2035年までに水電解10GWを導入する目標。
- 電力調達手段は、フランスの低炭素電力ミックス、原子力発電や、再生可能電力としている。水素戦略改訂計画は、2024年6月30日までに提出予定。だが2024年8月末時点で公表なし。

フランスの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
フランス	<u>国家水素戦略（2020年9月）</u> 2030年までに脱炭素水素年間生産量60万トン（France 2030で70万トンに修正）	右図	<u>国家水素戦略（2020年9月）</u> 2030年までに6.5GW 2035年までに10GW	France 2030 2030年に水素価格1.6ドル/kg（約239円/kg）

2030年のフランスのクリーン水素導入目標

- ✓ 産業部門が大半（70%）を占め、モビリティ、エネルギー用途が次ぐ。



（出所）Ministere Charge De Lindustrie “Accélérer le déploiement de l’hydrogène, clé de voûte de la décarbonation de l’industrie”
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

■ IPCEI Hy2Techの枠組みで4件の水電解装置工場に投資。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
フランス	France 2030（2021年12月開始） ■ グリーン水素・低炭素水素の世界的なリーダーとなるべく、国家水素戦略（2020年9月）で充てられた70億ユーロ（約1兆1100億円）の予算に加え20億ユーロ（約3200億円）を追加投資。 ■ IPCEI Hy2TechにFrance 2030および経済復興策を通じて30億ユーロ（約4700億円）を投資、2022年9月の第1回入札では4件の水電解装置工場建設を含む10件のプロジェクトに21億ユーロ（約3300億円）が投じられた。（右下図） 水素地域エコシステム事業（2023年2月） ■ 国内14箇所の水素地域エコシステムを選定、総額1億2600万ユーロ（約200億円）の予算に加え2億ユーロ（約320億円）を追加投資。 水素製造支援制度（名称不明、2023年8月発表） ■ 40億ユーロ（約6300億円）により、合計1GW、150MW、250MW、600MWのトランシェの形で2024年以降に支援メカニズムに対する入札が行われる。 国家水素戦略改訂のドラフト（2023年12月発表） ■ 脱炭素水素の普及を支援するため、2030年までに約90億ユーロ（約1.4兆円）を拠出する計画。特に、石油精製、化学、肥料製造部門において、産業の効率的な脱炭素化を目指すとしている。さらに、生産者、利用者、貯蔵インフラを結ぶ500kmのパイプラインの配備を呼びかけ。	年限付目標 ■ 2030年▲65%（1990年比）、2050年CN ■ 産業部門のGHG排出量を10年で半減（2022年11月）、2050年までにCN カーボンプライシング・取引制度 ■ 国内で2014年に炭素税を導入、2023年4月時点でz税率44.6ユーロ（6735円）。 参考 IPCEI Hy2Tech採択企業・サイト ※25年2月25日レート 1ユーロ ≒ 157.2円使用

- 水電解で製造される再生可能水素または低炭素水素に対する財政支援を発表、競争入札手続きを開始した。これは2021年2月に設定されたエネルギー法に基づく支援である。
- 支援期間は15年間で、支援上限価格は4ユーロ/kg H2（約630円/kg 水素）である。新設かつ電解容量5MW以上、100MW未満のプロジェクトのみが対象である。
- 電力が再生可能または低炭素期限であることを示す電力供給計画、生産の少なくとも60%を産業直接利用すること、財政的保証とスケジュール管理など、多種類の選考基準がある。詳しくは下図に記載した。

プロジェクト支援基準

基準	詳細
電解容量	新設かつ電解容量5MW以上、100MW未満。
総使用量	総使用量の30%が覚書、意向書等の契約前条項で10年間確保されている。
電力供給計画	電力が再生可能または低炭素起源であることを示す必要がある。
利用法	少なくとも60%を産業直接利用、覚書、意向書等で水素購入契約が保護されている必要がある。
財政的保証	要求された支援の最大額の8%に相当する保証が必要で、これはGAPDまたはCDCによる保証金である。
スケジュール管理	援助契約の署名から30ヶ月以内にファイナンシャルクローズ、産業への委託は60ヶ月以内に行う。
サイバーセキュリティ基準	施設はEEA（欧州経済領域）内で運用され、データは域内で保存されている。
欧州への貢献	欧州の「ネットゼロ」戦略への貢献、EU以外の国で行われたセルスタックの供給をプロジェクトの電気分解能力（MW単位）の25%に制限する。
価格基準（7割） 非価格基準（3割）	上記記載基準は満たすことが前提で、補助金の要求額（価格基準）が評価の7割、計画のエネルギー、技術、環境への影響（非価格基準）が評価の3割を占める。

※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円
使用

- 2020年4月に国家水素戦略策定。ブルー水素も推進対象として認めているが、2023年に電解装置の目標を強化。
- 今後、再エネ指令目標達成のための入札制度を公開予定。
- その他、国土にまたがる天然ガスインフラを活用した、水素パイプライン整備に取り組む。

オランダの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
オランダ	<u>国家水素戦略 (2020年4月)</u> グリーン水素を最も望ましいとしながらもブルー水素も推進対象として認める	-	<u>国家水素戦略 (2020年4月)</u> 2025年までに0.5GW 2030年までに4GW 2032年までに8GW	-

オランダの水素パイプライン整備計画

- ✓ 天然ガスネットワークの水素への転換活用とで1200kmの水素パイプラインを構成。
- ✓ 2025年には地域・海外との接続が開始される計画。



（出所） Gasnie HP

■ 差額支援制度であるSDE++により低炭素プロジェクトを支援しており、水素もその対象。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
オランダ	<u>SDE++</u> ■ 差額支援制度であり、対象技術によるCO2削減費用と商品価格との差を補助する。期間は技術に応じて異なり12年または15年間。上限を€400/tCO2とし、これを下回る技術に補助がなされる。 ■ 例えばCCSはSDE++の対象なので、CCSによるブルー水素製造は補助を受けられる。電解では稼働時間を2000時間以下としている。 ■ 2022年はSDE++全体で1600プロジェクトが支援を受けた。2023年度も継続予定であり、予算規模は80億ユーロ（約1兆2800億円） <u>水素インフラ整備計画（2022年6月）</u> ■ 2031年までに7億5千万ユーロ（約1200億円）を投じて水素の需給をつなぐパイプラインを整備する。2026年からドイツ・ベルギーとの接続が一部で始まり、最終的には欧州水素バックボーンの一部となる。 <u>大規模グリーン水素プロジェクト補助への入札制度（2023年6月）</u> ■ 2024年に10億ユーロ（約1600億円）の入札を大規模なグリーン水素製造を対象に実施することを発表。 <u>FC車・水素インフラ補助金（2023年10月）</u> ■ 水素トラック、バン、バス、ガソリンスタンドに1億5,000万ユーロ（約240億円）の補助金を与える計画を発表、車両1台最大30万ユーロ（約4800万円）、ガソリンスタンド1台最大200万ユーロの（約3億2,000万円）資金提供を行う。 <u>水電解装置への補助金制度（OWE）（2023年10月）</u> ■ 全国で最大100MWのプロジェクト展開を支援するため2億5,000万ユーロ（約400億円）の設備補助金プログラムを開始。2023年10月の公募での対象は50MWまでのプロジェクト。2024年8月に上限をなくした新たなラウンドを10月に開始する旨が発表された。補助額はグリーン水素製造量にして最大で9ユーロ/kgの補助となる。（SDE++との併用は不可）	<u>年限付目標</u> ■ 2030年▲55%（1990年比、以下同様）、2035年▲70%、2040年▲80%、2050年CN <u>カーボンプライシング・取引制度</u> ■ 国内で2021年に炭素税を導入、2021年の30ユーロ/tCO2から段階的に税率上昇、2030年には125ユーロ/tCO2となるとの計画。

※25年2月25日レート 1ユーロ≒157.2円使用

- デンマークとオランダが協力関係を結ぶ。デンマークの水素生産とオランダの需要をパイプラインで繋ぐために、オフテイクコミットメントを実現させる。
- 両国はグリーン水素とその誘導体の生産から消費までのバリューチェーン全体の構築を目論む。また中央ヨーロッパに対しては、船舶とパイプラインによるグリーン水素輸入回廊を作ることができることも述べている。
- 次のような声明を発表している。

オランダとデンマーク の協力内容	■ パイプライン投資を可能にするオフテイクコミットメント（生産者がまだ作っていない商品の一部の事前売買を約束する契約）を実現することで、Hyperlink 1-3ネットワークを介して国同士を結ぶ一貫したデンマーク-ドイツ-オランダの陸上水素インフラの開発の支援する。デンマークとオランダのパートナー間の共同プロジェクトにより、大規模な水素貯蔵の必要性と開発を特定する。
	■ EUの規制、特にRED III業界目標の迅速な実施により、産業界がグリーン水素とその誘導品の引き取りを約束するインセンティブを与える。
	■ デンマークとオランダの企業間の共同プロジェクトについて、先発者の生産者とオフテイクカーを支援するために必要な資金を確保する。 特にグリーン水素と化石燃料ベースの水素との間の価格差を埋めるために用いられる。
	■ 2030年代半ばまでにデンマーク、ドイツ、オランダのオフショアエネルギーハブを接続するために必要な支援を実施する。また今後数年以内に実施される、オフショア水素インフラの主要な規制でも必要な支援を行う。
	■ 北海における大規模な洋上水素製造をセクター別の協力を通じて支援し、洋上風力のポテンシャルを活用してコスト競争力のある水素を生産する。

（出所） Offshore Energy” Denmark and the Netherlands press ahead with green hydrogen cluster plans”
などより、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- 欧州委員会の再エネ指令（REDⅢ）の更新に伴い、オランダでは「産業における非生物起源の再生可能燃料の年間義務に関する法律」が2025年中に施行される。この結果2026年1月1日から毎年、水素消費量の一部を RFNBO に置き換える必要がある。
- RED Ⅲは2030年までに、産業で使用される水素の少なくとも42%を非生物起源の再生可能燃料（RFNBO）から調達し、2035年までに60%に増やすことを義務付けている。規制詳細は下表のとおり。

規制	中身
RFNBOの基準	● RFNBOはバイオマス以外の再生可能資源に由来する液体および気体燃料と定義される。ここに再生可能な水素や、アンモニアやメタノールなどのキャリアが含まれる。
年次義務法の適用と報告要件	● 年次義務は年間0.1kt以上の水素利用がある産業施設の操業者に適用される。これは企業レベルでの規制ではなく、設置レベルでの規制である。 ● （hernieuwbare waterstofeenheid industrie）HWIと呼ばれる取引可能な単位が存在し、これに基づいて年間義務が達成できたか評価する。1HWI は、オランダの産業で使用されるRFNBO の1GJ相当である。自社利用のRFNBOを登録、または他社から購入することでHWIを獲得できる。年末には年間義務の達成を示すのに十分なHWIを保有している必要がある。
補正係数の利用	● 水素の利用法によって補正係数が適用され、獲得クレジットが変化する。 ● 具体例としては、グリーン水素を製油所で使用した場合の補正係数は0.4に設定される。したがって製油所での1キロのグリーン水素は0.4キロ相当とみなされるため、輸送部門で直接使用した場合と比べて獲得クレジットが約2.5倍少なくなる。輸送部門での水素利用がより有利になるように設定し、輸送部門での水素直接利用を促進する。

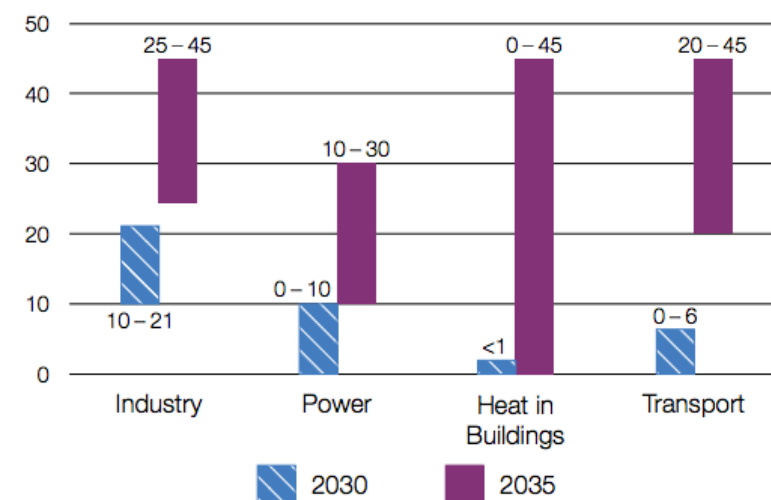
（出所）FCW.” Hydrogen’s Future: Navigating RED Ⅲ and RFNBOs in the Netherlands”などより、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 2021年8月に国家水素戦略策定。ブルー水素・グリーン水素双方に取り組む。
- 2022年に2030年の水素供給目標を10GWに倍増。うち半分を水電解水素で補うとする。
- 2023年8月には2025年目標を設定。

イギリスの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
イギリス	<u>国家水素戦略（2021年8月、2023年一部更新）</u> グリーン水素・ブルー水素共に推進対象として認める。 2025年までに1GWのCCUS水素を建設または運用する。 4箇所のCCUSクラスターを2030年までに整備する。	- （水素は産業、運輸、暖房で利用することを想定）	<u>国家水素戦略（2021年8月、2023年一部更新）</u> 2025年までに1GWの水素を建設または運用する。 2030年までに10GWの水素を導入、少なくとも半分は電解水素で補う。	-

イギリスの水素需要見通し



（出所） UK Hydrogen Strategy

- 差額支援制度により低炭素水素プロジェクトを支援する構想。
- また、設備コストに関してはネットゼロ水素基金で支援する構想。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標、カーボンプライシング・取引制度、導入義務
イギリス	<u>ネットゼロ水素基金（2022年7月）</u> ■ 2025年までに2億4000万ポンド（約440億円）の予算で主にFEED研究や開発支出、設備コストへの支援を実施、2025年に最初のプロジェクトが稼働開始をすることを目指して17プロジェクト、262MWを現在交渉に招待中。2023年度末に契約予定。 <u>ブルー水素規制ガイダンス（2023年2月）</u> ■ ブルー水素製造希望の事業者は環境・地域社会を保護するための厳しい要件を満たした上、環境庁許可を得る必要がある。 <u>Hydrogen business model（2023年3月）</u> ■ 差額支援制度であり、対象技術で参照価格と基準価格との差を補助する。 ■ 参照価格としては天然ガス価格と実現された売値の大きい方が選択される。 <u>第一回水素アロケーションラウンド（HAR1）（2023年12月14日発表）</u> ■ 11のグリーン水素プロジェクトに対して、2024～2026年にわたり合計約4億ポンド（約732億円）を投資し、125MWの水素生産能力の整備を目指す。 <u>ガス供給ネットワークへの水素の混合（2023年12月）</u> ■ 英国はGBガス供給ネットワークに最大20%の水素混合を指示する戦略的な政策決定を行った。 <u>水素建機・農機の公道利用許可（2024年3月）</u> ■ 水素燃料の建機・農機・フォークリフトの公道利用許可について審議 <u>水素発電（H2P）プラントに対する補助金制度（2025年春に詳細発表）</u> ■ CCUSで以前より利用されていたディスパッチャブル電力契約（DPA）を通じて、水素発電プラントへの補助金の付与と民間投資を促進する見込み。2025年春にビジネスモデルの詳細が公開される。	年限付目標 ■ 2050年CN <u>カーボンプライシング・取引制度</u> ■ 国内で2021年に排出権取引制度を導入。



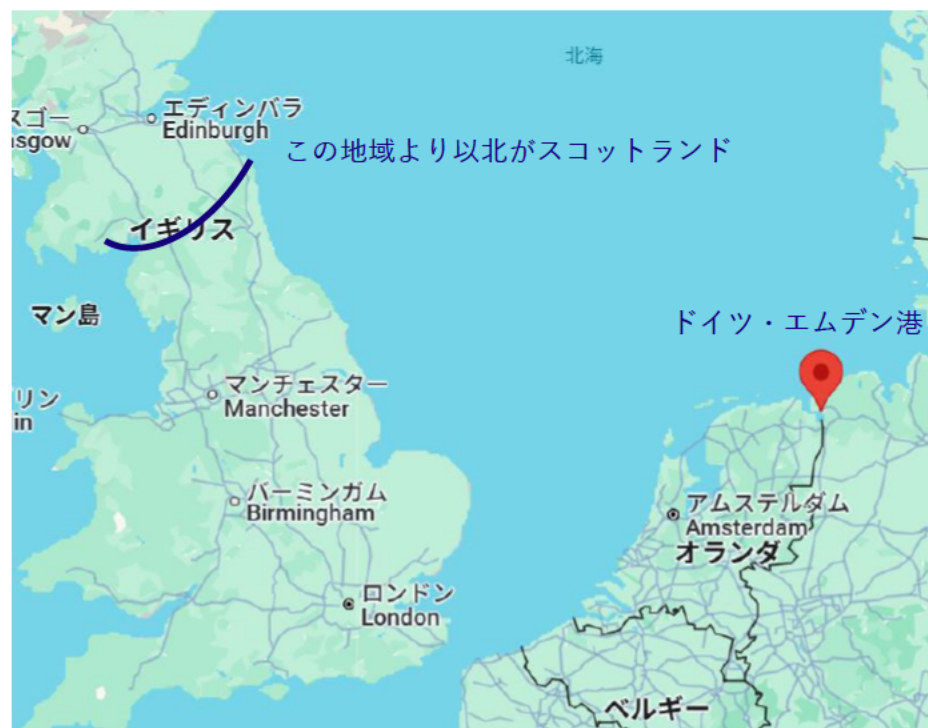
- 日系企業関連では、Storegga（三井物産出資）によるCromarty Hydrogen（10.6MW）や、丸紅ユーロパワーによるHyBont（5.2MW）が支援対象に採択。
- 青字のものが資金提供契約に正式に署名したもの。24年四半期に実施するはずの契約締結が、24年12月にずれ込んでいた。

プロジェクト名称	プロジェクト名称	地域	製造容量 (MW)
Barrow Green Hydrogen	Barrow Green Hydrogen	北西イングランド	21.0
Bradford Low Carbon Hydrogen	Bradford Low Carbon Hydrogen	ヨークシャー	24.5
Cromarty Hydrogen	Cromarty Hydrogen	スコットランド	10.6
Green Hydrogen 3	Green Hydrogen 3	南東イングランド	10.6
HyBont	HyBont	ウェールズ	5.2
HyMarnham	HyMarnham	イーストミッドランズ	9.3
Langage Green Hydrogen	Langage Green Hydrogen	南西イングランド	7.0
Tees Green Hydrogen	Tees Green Hydrogen	北東イングランド	5.2
Trafford Green Hydrogen	Trafford Green Hydrogen	北西イングランド	10.5
West Wales Hydrogen	West Wales Hydrogen	ウェールズ	14.2
Whitelee Green Hydrogen	Whitelee Green Hydrogen	スコットランド	7.1

（出所）英国政府HPをもとにみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- スコットランド政府はグリーン水素をドイツに輸出する計画を進めている。計画初期は船舶輸送を実施し、最終的には26億ポンド（約5034億円）相当のパイプラインが建設される可能性がある。パイプラインはスコットランドからイングランド北部を経由してドイツ北西部のエムデンまで続く予定である。
- この取り組みで、2030年までにドイツのエネルギー需要の3分の1を満たすことを目指している。またスコットランドで最大30万人の雇用を創出する可能性があるとしている。
- スコットランドの余剰再生可能エネルギーで輸出用のグリーン水素を生産する予定である。

輸送の位置関係（イギリス・スコットランドとドイツ・エムデン港）



(出所) FCW." Scotland Charts Course to Export Green Hydrogen to Germany ",Google mapより、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 2024年12月に国家水素戦略策定。連邦参事会が水素、電力を水素やその他のエネルギーにして貯めて使うPower-to-Xの指針と目的を定義した。
- 国内生産と貯蔵に加え、欧州の水素輸送ネットワークへの接続を確保し、国際協力とパートナーシップを通じて輸入を強化する必要があるとした。

スイスの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
スイス	<u>国家水素戦略（2024年12月）</u> 水素需要は2030年代半ばまで低いと想定。国内生産でほぼ賄われることを見込む。 2035年までに欧州の輸送・流通インフラが十分に整備され、スイスへの輸入が可能になると予測。 H2Uriは、ビュルグレンに新しい2MWのグリーン水素製造プラントを開設。	-	-	-

スイスの水素需要

➤ 上から順に交通、熱需要、ピークカット、航空の部門ごとに年代別に水素需要が見積もられている。

9 Annexe B : Demande d'hydrogène

Tableau 1 : Estimation de la demande d'hydrogène par secteur en Suisse

Demande d'hydrogène		2030		2040		2050	
Secteur	Unité	de	à	de	à	de	à
Transport routier ¹	GWh	110	380	400	1300	800	2700
Chaleur industrielle à haute température ²	GWh	250	1000	500	2000	2000	5000
Couverture des charges de pointe ³	GWh	-	-	-	660	750	2'200
Navigation ⁴	GWh	2	25	5	100	10	170
Total (énergétique)	GWh	362	1405	905	4060	3560	10 070
Utilisation comme matière première ⁵	GWh	430	430	220	220	50	50
Total	GWh	792	1835	1125	4280	3610	10 120

（出所）JETRO、スイス政府 "Wasserstoffstrategie für die Schweiz"をもとに
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 2023年1月に熱エネルギー戦略2050の中で、2050年CNを表明した。スイスのエネルギー供給システム、特に熱分野における脱炭素化対策のガイドラインとなるよう策定したもの。
- 水素については、気候イノベーション法による財政支援がある。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
スイス	<u>気候イノベーション法（KIG）</u> ■ 水素の製造と貯蔵は6年間財政支援を受けられる。	<u>年限付目標</u> ■ 2050年CN <u>カーボンプライシング・取引制度</u> ■ 炭素税を2008年より導入、国内ETS参加企業は減税

（出所）JETRO、スイス連邦エネルギー局”L’Office fédéral de l’énergie publie la Stratégie Chaleur 2050”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

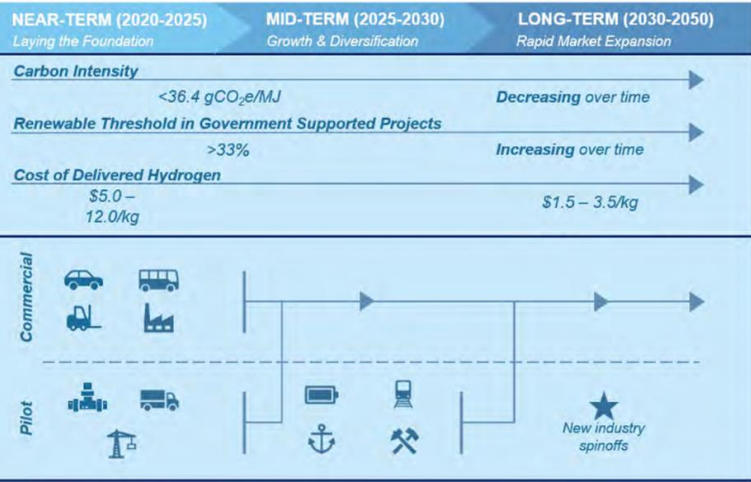


- カナダ天然資源省（NRCan）が「カナダのための水素戦略」を発表（2020年12月）。15億CAD（約1600億円）の低炭素・ゼロエミッション燃料ファンドを設立。
- 2050年に2000万トン/年の水素製造量を目標に掲げる。製造方法として、グリーン水素やブルー水素の他にも、原子力由来の熱や電力を利用した水素製造も視野に入れる。
- その他、国外への水素輸出にも積極的で、2024年7月にはドイツとのクリーン水素貿易の支援に最大3億CAD（約320億円）を投じると発表。

カナダの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
カナダ	<u>カナダのための水素戦略（2020年12月）</u> 水素製造量シナリオ ■ 2025年300万トン/年 ■ 2030年400万トン/年 ■ 2050年2,000万トン/年 水素使用量シナリオ ■ 2025年エネルギー使用量の1.6% ■ 2030年エネルギー使用量の6.2% ■ 2050年エネルギー使用量の30%	具体的な数値内訳の情報は無し。想定用途は、輸送用燃料や発電用燃料、熱源、産業用原料といった多岐にわたる。	—	<u>カナダのための水素戦略（2020年12月）</u> ■ 2025年5-12CAD/kg（540-1296円/kg） ■ 2050年1.50-3.50CAD/kg（162-378円/kg）

水素製造・利用に関する戦略



（出所）“Hydrogen Strategy for Canada”（2020/12）

※25年2月25日レート 1CAD ≒ 105.27円使用

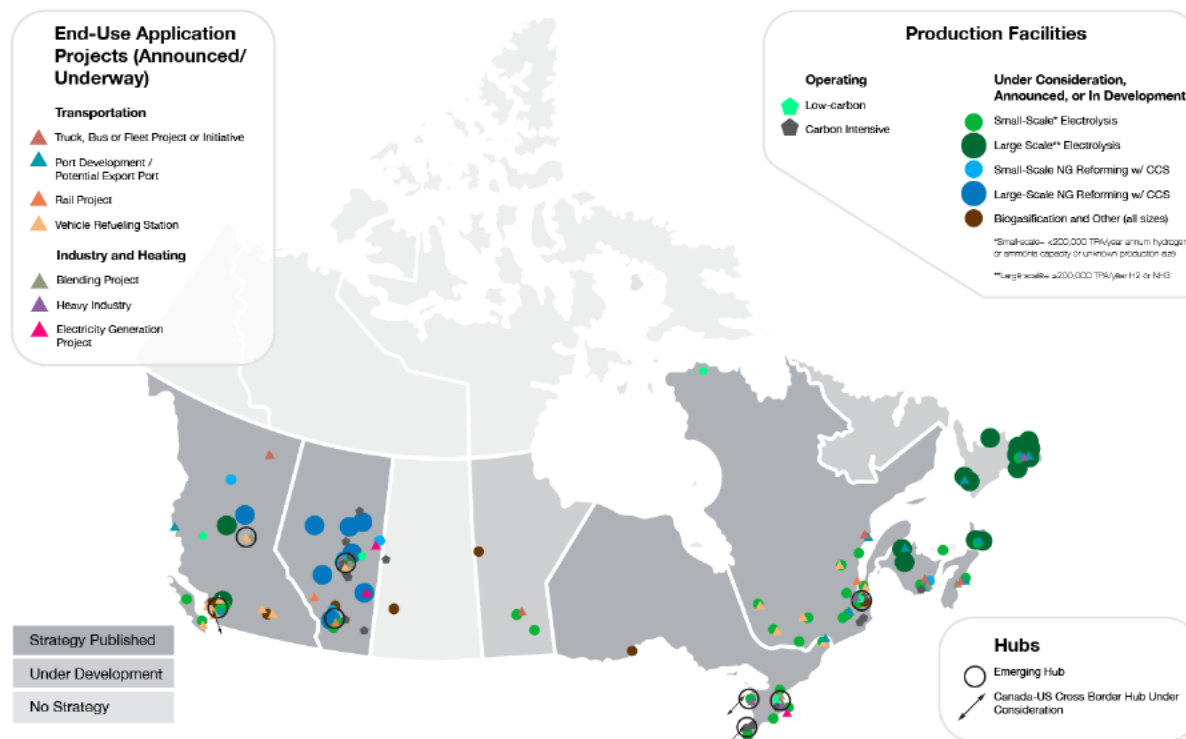
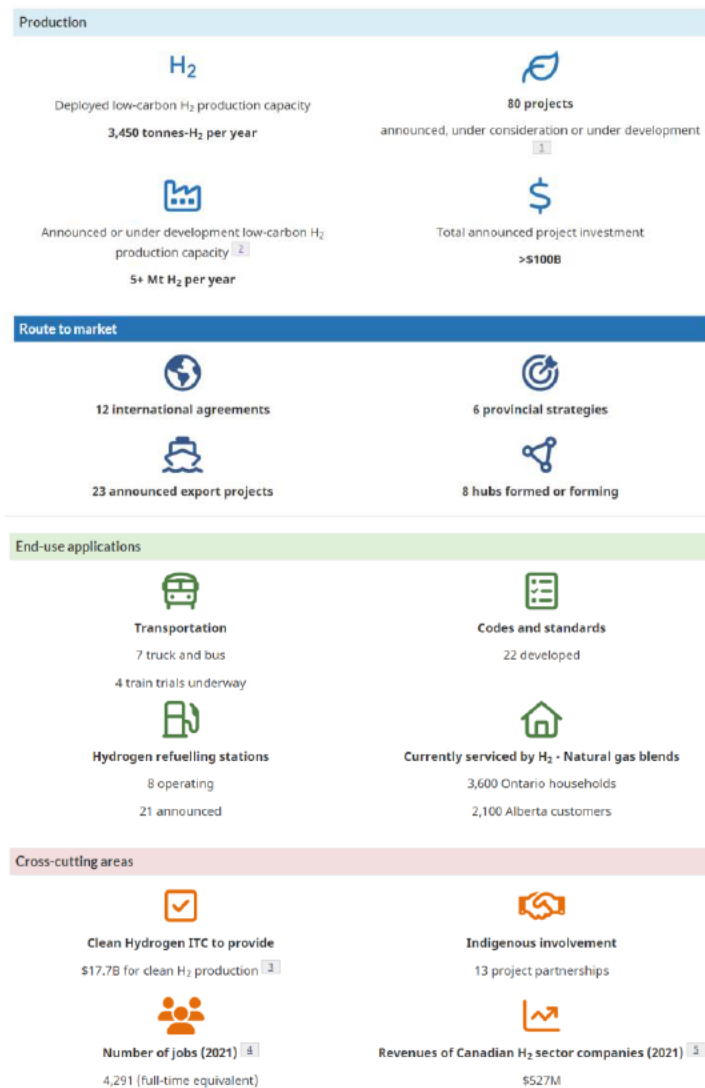
- 連邦レベルのみならず、州や準州、地域レベルでも戦略やロードマップ策定などの動きが進む。
- 6つの州（アルバータ、ブリティッシュコロンビア、ニューファンドランド・ラブラドル、ノバ・スコシア、オンタリオ、ケベック）で戦略、またはロードマップが策定されている。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
カナダ	<u>カナダのための水素戦略（2020年12月）</u> ■ 新たなクリーン燃料生産能力（水素を含む）の構築を支援する15億CAD（1620億円）の低炭素・ゼロエミッション燃料ファンドを設立 <u>Edmonton Hydrogen Hub（2021年4月）</u> ■ 地域の水素経済開発を開始するため、200万CAD（2.2億円）の政府共同出資を発表。戦略計画はまだ策定中（200万CADの資金援助の内訳は、カナダ西部経済多様化省120万CAD、アルバータ州産業ハートランド協会60万CAD、アルバータ州45万CAD） <u>アルバータ州水素ロードマップ（2021年11月）</u> ■ 2030年までに、300億CAD（約3.2兆円）以上の新規投資や世界市場へのクリーン水素の輸出、温室効果ガス（GHG）排出量の年間推定14メガトン（Mt）の削減を目指す。 <u>税控除（2023年3月28日以降）</u> ■ クリーン水素製造時のCO2排出度合いに応じて、製造費用の15-40%を税額控除できる制度を設けるほか、水素を輸送するために水素をアンモニアに変換する上で必要な設備に対しても15%の税額控除を適用する。	<u>年限付目標</u> ■ 2030年▲30%（2005年比）、2050年CN <u>カーボンプライシング・取引制度</u> ■ 炭素価格を2030年に170CAD/tCO₂eに引き上げることを決定（1.8万円/tCO₂e）

（出所）JETROより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1CAD≒105.27円使用

- 2024年度に「カナダのための水素戦略」の進捗報告が発表
- 水素製造や輸送、ハブに関する進捗情報を提示



（出所）” Hydrogen Strategy for Canada: Progress Report”より、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 「カナダのための水素戦略」では政府、業界、公益事業、学界、非政府組織、および開発組織のすべてのレベルを対象とした 32 の推奨事項を作成していた
- うち13件で目標を達成、16件が進行中、3件については限定的な進捗

主な推奨事項と達成状況

主要な達成事項①：複数の政府レベルと民間セクターを活用し、共同出資の機会を促進

- 実績：クリーン水素投資税額控除創設、3億1,500万ドル（約470億円）の戦略的イノベーション基金への投資、10件の水素製造プロジェクトに3億ドル（約450億円）のクリーン燃料基金を拠出、2029年までに6億8,000万ドル（約1000億円）の「ゼロエミッション車両インフラプログラム（ZEVIP）投資」で30カ所、9,600万ドルの「電気自動車及び代替燃料インフラ導入イニシアチブ（EVAFIDI）」で15カ所の水素ステーションを目標とする（現在までに選ばれたステーションに2,200万ドルの資金提供）など

主要な達成事項②：あらゆるレベルの政府が、新しい政策、プログラム、規制を策定する際に、カナダのエネルギーの将来における水素の重要な役割を考慮するようにする

- 実績：クリーン燃料基金（CFF）の設立、クリーン燃料規制（CFR）（化石燃料ベース輸送燃料の炭素強度を2030年までに2016年度比15%削減）を設定、6つの州で水素戦略発表、150億ドルのカナダ成長基金の主要ターゲットに水素が入る など

主要な進行中事項①：水素及び燃料電池技術におけるリーダーシップを維持できるように、持続的な研究開発のための専用資金を確保する

- 実績：カナダ天然資源省（NRCan）（1億5500万ドルのクリーン成長プログラム、3億1900万ドルのCCUS資金、5300万ドルのクリーン燃料と産業用燃料の切り替え、5000万ドルの連邦研究所資金）、アルバータ州“Hydrogen Centre of Excellence”より18のプロジェクトに2000万ドル など

主要な限定的達成事項①：初期水素市場向けのリソースやツール群を開発。エンドユーザーが自社の業務のための選択肢として、水素を定量的に評価できるようにする。リソースとツールは中央政府運営のWebサイトで主催

- 現状：統計局が再生可能燃料調査に水素を含める（2024～）、燃料LCAモデル（カナダ内で使用される燃料、エネルギー源のライフサイクル炭素強度を計算）による水素経路の炭素強度計算ツールの開発、IEA水素技術協力プログラムのサブリーダーで参加、H2 GO Canada Incが「クリーン水素製造評価ツール」を開発中 など

（出所）“Hydrogen Strategy for Canada: Progress Report”より、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1ドル≒150.24円使用

© 2025 Mizuho Research & Technologies, Ltd.



- 2024年9月に各国の動向等を踏まえて「国家水素戦略」を改訂。水素輸出が軸であった前回の戦略に加えて、水素由来のグリーンメタルやアンモニア、国内運輸業の脱炭素化にも言及し内需創出の視点が追加された。
- 水素生産量と輸出目標量が新規で設定された。2050年までに少なくとも年間1500万トンの水素生産を掲げる。また2030年までに年間20万トンのグリーン水素を輸出するとしている。
- 連邦政府のイニシアチブである脱炭素分野の産業支援を行うFuture made in Australia（支援予算総額227億AUD（約2兆2千億円））の主要産業の1つとなる。

オーストラリアの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
オーストラリア	国家水素戦略（2024年9月） ■ 少なくとも2050年までに年間1500万トンの水素を製造 ■ 2030年グリーン水素輸出目標20万トン	右図参照	2030年基本目標達成のために3GW 2050年基本目標達成のために150GW	H2 under 2 ■ 2030年までに水素製造コスト2AUD/kgが指標（190円/kg）

（出所）JETRO,オーストラリア政府"国家水素戦略2024" より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

オーストラリアの水素使用先（百万トン）

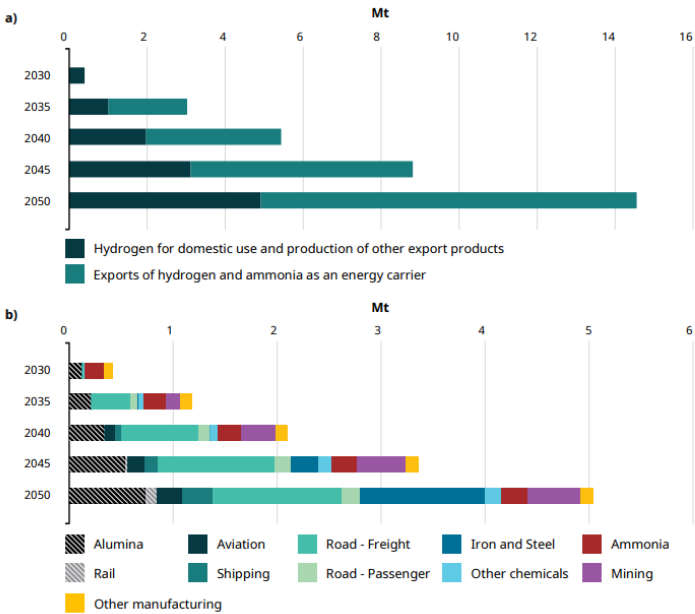


Figure 10 CSIRO-modelled hydrogen demand over time, showing (a) hydrogen production for exports vs domestic use (including for manufacturing), and (b) domestic hydrogen use by subsector

Source: CSIRO central scenario.

Note: CSIRO's modelling assumes around 10 million tonnes per year of hydrogen energy exports in 2050 in the central scenario. The balance between this and exports of hydrogen embedded in green metals and chemicals produced by new facilities could change, and will likely be determined by global market developments.

※25年2月25日レート 1AUD ≒ 95.25円使用

- 2024年9月に「国家水素戦略」を改訂。前回の輸出水素の視点とは異なり、国内グリーンメタルやアンモニア、トラックや飛行機などの運輸業まで議論に含む。国内産業の脱炭素化を進めつつ、水素需要を生み出すという視点を提示。
- 前回から更に「グリーン水素」に焦点を当てて議論、グリーン水素がFuture made in Australia（脱炭素産業を支援する施策）の主要産業の1つとなる見込み。
- 水素生産と輸出の数値目標を設定、5年ごとの目標に加えて、2050年までに少なくとも年間1,500万トンの水素を生産する目標を掲げた。
- 水素製造の進捗は基本目標と伸びしろ（Stretch potential）のマイルストーンに対して測定される。LowシナリオとCentral、Highシナリオの違いは、追加で輸出主導型の生産があったかどうかによる。

5年ごとの水素生産目標

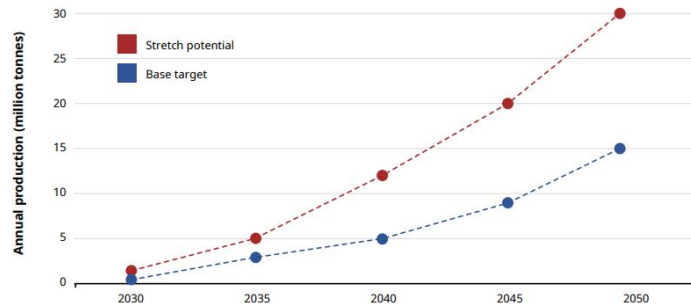


Figure 4: 5-yearly base and stretch production milestones

- 2030年: 50 ～ 150万トン
- 2035年: 300 ～ 500万トン
- 2040年: 500 ～ 1200万トン
- 2045年: 900 ～ 2000万トン
- 2050年: 1500万トン ～ 3000万トン

（出所）JETRO,オーストラリア政府"国家水素戦略2024" より、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

2050年までの水素製造シナリオと水素生産目標

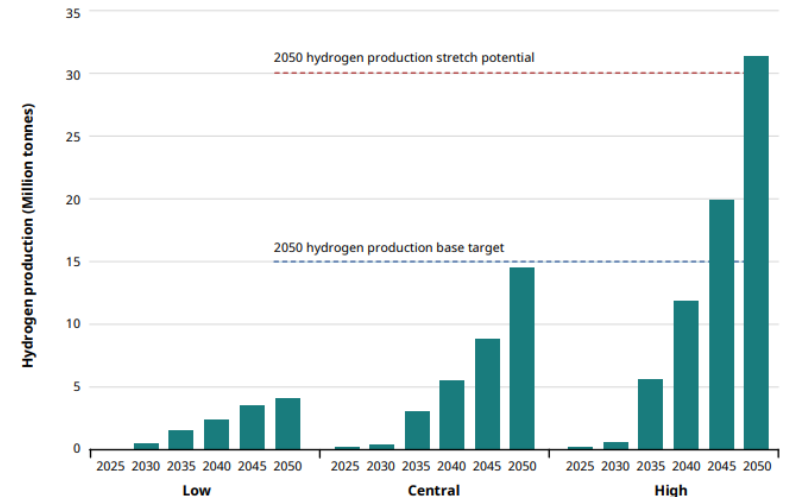


Figure 2 Modelled hydrogen production for 2025-2050

Showing Australia's base target and stretch potential for 2050, and associated production trajectory in 5-yearly increments under the 3 scenarios considered. The Low case is informed by the AEMO Step Change scenario; Central was also informed by the Step Change scenario but with additional export driven production; High was informed by the AEMO Green Energy Export scenario with additional export.

Source: CSIRO 2024 Scenario modelling of the production and consumption of hydrogen in Australia

- 水素輸出について、2030年までに年間20万トンのグリーン水素を輸出する基本目標を設定した。（他の年度に対して目標数値は設定されていない）
- 2030年までに、輸出用再生可能水素120万トンまたは同等の水素製品（グリーンメタル、低炭素液体燃料（SAF））の伸びしろ（stretch potential）をつくるとしている。
- この120万トンのポテンシャルは、ドイツ、日本、韓国等のパートナー国家との水素の商業貿易に対するオーストラリアの関心を反映させたものとしている。
- 水素市場形成に向けて、下表の取り組みを行う。

輸出目標と伸びしろ



2030 export target

A base export target of 0.2 million tonnes of renewable hydrogen per year with a stretch potential of 1.2 million tonnes per year.

Setting an early export target provides a strong signal of Australia's intention to continue supplying energy to the global market. This matches the ambition of some of our existing trade partners who already have 2030 hydrogen targets.

（出所）JETRO,オーストラリア政府”国家水素戦略2024”より、
みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

国内外市場形成に向けた取り組み

国内外市場 形成に向け た取り組み

- 共同出資を希望する他国からの投資を活用する機会を追求し、エンドツーエンドのグローバルサプライチェーンを構築するためのその他の努力を行う。
- 2025年に原産地保証制度を実施し、水素産業の拡大を支援するために制度の範囲を段階的に拡大する。
- 既存のパートナーシップを国際的な水素目標を推進するための手段として優先する。オーストラリアは、グローバル市場を成長させ、エンドツーエンドのサプライチェーンを構築する機会を模索している。

- 2050年までの水素製造コスト試算を実施。中・長期的に見てグリーン水素がブルー水素よりも安価になる見通しを立てる。
- コスト分析にオーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）2024シナリオを用いている。価格低下の根拠として、2050年までに再エネ価格の低下（40~60%減少）と電解槽コストの低下（88~94%減少）を挙げている。
- 2050年までで水素価格に幅を持たせた予測のうち、PEMで最低価格の場合で2米ドル/kgを下回ると予想している。

2050年までの水素価格分析

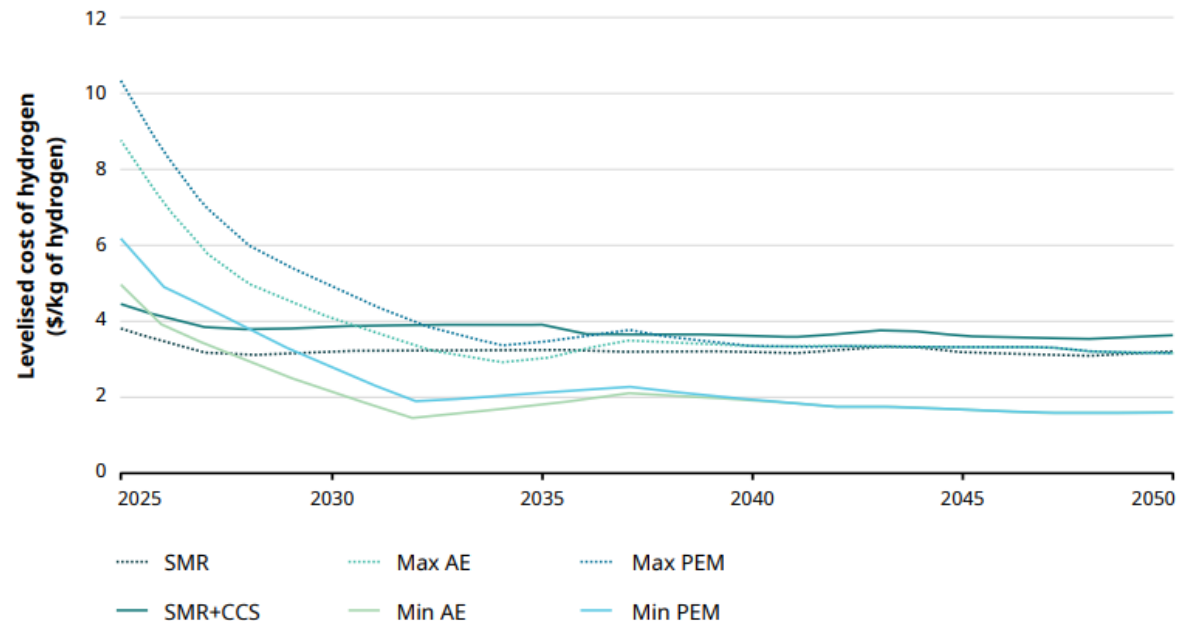


Figure 5 Levelised Cost of Hydrogen production by method over time

Source: CSIRO 2024 Scenario modelling of the production and consumption of hydrogen in Australia.
 Note: PEM = Proton exchange membrane electrolyser. AE = Alkaline electrolyser. SMR = Steam methane reforming.
 SMR + CCS = Steam methane reforming + Carbon Capture and Storage.

（出所）JETRO, オーストラリア政府”国家水素戦略2024”より、
 みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 世界の公表済みのクリーン水素にかかるプロジェクトのうち、約40%がオーストラリアにあるが、多くが小規模実証段階であり、今後は商業化が目指される。
- 7つの州政府が水素戦略や計画、ロードマップを発表している。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
オーストラリア	水素クラスターの構築（2021年2月） ■ オーストラリア全国エネルギー資源（NERA）は、水素に特化した新技術の開発、展開、商業化を推進すべく、すべての州に13拠点の「水素技術クラスター」を構築し、合計185万AUD（1.76億円）を投資すると発表。 ビクトリア州の再生可能水素産業発展計画（2021年2月） ■ パイロットプロジェクトや試験、実証を支援する「水素商業化パスウェイ基金（620万豪ドル（約5.9億円））」を設置 水素ハブ（2021年9月） ■ 初期段階の実証や計画を対象とした「水素ハブ開発・設計助成金」（1件当たり50万-300万AUD、約0.5億-2.9億円）の募集を開始し、より具体的な開発事業を想定した「水素ハブ開発実行助成金」（1件当たり3000万-7000万AUD、約28.5億-66.6億円）の募集を開始した。 Hydrogen Headstart program（2023年6月） ■ 2023/2024年度予算案において、新たに20億AUD（約1,900億円）のグリーン水素の大規模プロジェクト支援策を打ち出した。電解槽設備容量が最大1000MWのグリーン水素プロジェクト2-3件を選定し、市場価格とグリーン水素の生産コストの間に生じる価格差に対して資金支援。 ■ 2024/2025年予算に追加で13億AUD（約1240億円）が割り当てられた。	年限付目標 ■ 2030年▲43%（2005年比）、2050年CN カーボンプライシング・取引制度 ■ 2023年7月より大規模排出事業者を対象とした排出量取引の開始を決定。 天然ガス向けの規制改正に合意 ■ 既存のガスパイプラインに水素等の再生可能ガスを流した場合、現状の天然ガス向けの規制が適用される。

※25年2月25日レート 1AUD ≒ 95.25円使用

（出所）JETROより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 2024年に2027年からの10年間で、再生可能な水素の生産者にグリーン水素1kgあたり12AUD（約115円）の税控除を与える新しい水素製造税制優遇措置（HTPI）を発表。インフレ調整はしない。
- 2024~25年度より4年間、1710万AUD（約16.3億円）が国家水素戦略の実施（水素インフラ、社会的営業許可、業界の安全トレーニングと規制）に充てられる。
- オーストラリア再生可能エネルギー庁が管理する「Future Made in Australia Innovation Fund」で17億AUD（約1620億円）を確保。再生可能な水素、グリーンメタル（鉄、鉄鋼、アルミナ、アルミニウム）、低炭素液体燃料、およびバッテリーなどのクリーンエネルギー技術製造を支援。
- グリーンメタルと低炭素液体燃料の拡大支援に3230万AUD（約30.8億円）出資。「グリーンメタル生産の発展を支援するための基礎活動」に1540万AUD（約14.7億円）を出資。
- Hydrogen Headstart Program Round2の今年度水電解落札者が年内にも発表予定、昨年度は20億AUD（約1900億円）支援。

水素製造税制優遇措置（HTPI） 応募資格	その他制度との関連
■ 10MWの電解槽と同等の最小容量を持ち、最小容量を満たす生産を実証する対象施設を運営し、2030年6月30日までに金融投資決定を達成する。 ■ 施設をクリーンエネルギー規制当局に登録し、GO制度（水素と再生可能エネによる電力生産に伴う排出量を追跡・検証する制度）の生産プロフィールを使用して、原産地保証制度に基づく生産量と炭素排出係数を確認する。 ■ 各水素あたり、炭素強度が0.6kg以下の再生可能水素を製造。 ■ 地域社会やサプライチェーンへの投資を促進、多様な労働力を促進し、雇用を確保する。また納税義務を遵守するためのコミュニティベネフィット基準を満たす。	■ HPTIとHydrogen Headstart Programによる支援の両方の対象となる可能性はある。ただしHydrogen Headstart Programに基づく支払いは、HPTIも受け取っている企業では比例して減少する。

（出所）オーストラリア政府 “Future Made in Australia National Interest Framework”,
Hydrogen Insight “Australia unveils new green hydrogen subsidy for every kilo of H2 produced over a ten-year period”,
オーストラリア政府 “Hydrogen Production Tax Incentive Consultation paper”
などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1AUD ≒ 95.25円使用



- オーストラリアのクイーンズランド州、約3GWグリーン水素製造プロジェクト（CQ-H2）が先行き不透明となっている。
- クイーンズランド州はCQ-H2に対する財政支援を撤回した。2023年にCQ-H2は、計画初期段階の調査のためクイーンズランド州より1500万AUD（約14億円）を獲得していた。
- 20億AUD（約1900億円）の補助金が用意されているHydrogen Headstart 連邦資金調達プログラムは6プロジェクトを支援対象としていて、CQ-H2もその一つであった。ところが2024年後半に決まるはずだった、補助金授与に関する最終決定がまだ下っていない。5月の連邦選挙で野党の自由党・国民党連合が勝利すれば、このプログラムは完全に廃止される可能性がある。

CQ-H2の概要	支援撤回・撤退等
■ クイーンズランド州政府所有の電力会社スタンウェル、アンモニア生産者のインシテック・ピボット・リミテッド、日本の岩谷産業と丸紅、シンガポールのケッペルから成るコンソーシアムによって開発。完成後は2.88GWの電解槽容量を目指している。 ■ グリーン水素をアンモニアに転換、日本とシンガポールに輸出する計画がある。また現地の顧客にも提供する計画で、クイーンズランド州で計画されている35億AUDのグリーン鉄プロジェクトの水素供給源にも考えられている。 ■ 20 億豪ドルのHydrogen Headstart 連邦資金調達プログラムの最終選考に残ったプロジェクトの1つである。（選定されている計画は6つ存在。）	■ クイーンズランド州右派自由国民党（LNP）が、グリーンエネルギープロジェクトを犠牲にして電力価格を引き下げることに関心を当てたマニフェストを掲げ、州議会選挙で首相の座を獲得。クイーンズランド州はCQ-H2に対する財政支援を撤回した。 ■ 2024年11月、共同開発者であった関西電力が予想よりも高いコストを理由にコンソーシアムを離脱した。 ■ Hydrogen Headstart 連邦資金調達プログラムにて補助金を受け取るプロジェクトの最終決定は、2024年後半に予定されていたが下されていない。5月の連邦選挙で野党の自由党・国民党連合が勝利すれば、プログラムを完全に廃止する可能性がある。

（出所）Hydrogen Insight “Future of 3GW Australian green hydrogen project in doubt as state government pulls funding” などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1AUD≒95.25円使用



- 2025年2月、グリーン水素の生産を促進するための税額控除を可能にする「Future Made in Australia法案」が可決された。
- 1キログラムあたり最大2AUD（約190円）の補助金が導入される予定である。
- 再生電力と水素の炭素排出評価として、GOスキームと呼ばれるオーストラリア政府が支援する排出量会計フレームワークを設定した。オーストラリアのグリーン産業の発展を支援するものであり、今後は低炭素液体燃料とグリーンメタルにも評価を拡大する予定である。

Future Made in Australiaの概要	支援詳細
■ 水素製造者に対する税制優遇措置の実施。この優遇措置は2027年7月1日から2040年6月30日までの間「2030年までに最終的な投資決定に達するプロジェクト」に対して、プロジェクト毎に最大10年間利用できる。また早期事業を支援する「Hydrogen Headstart program」もFuture Made in Australiaの一部。 ■ グリーン水素でグリーンメタル（鉄、鉄鋼、アルミナ、アルミニウム）やSAFを製造、この際の実地保証を実施する。この制度では、サプライチェーンを通じてデジタル証明書が生成され、グリーン水素製品がどこで製造され、何から製造され、どのように輸送されたかに関するデータが収集される予定。 ■ グリーン産業への教育、人材育成の促進を図る。新エネルギーの研修プログラムやクリーンエネルギーコースの教員養成、研修のアップグレード、クリーンエネルギーや先進製造業などの主要産業への女性の参加を支援するために、女性のキャリア構築プログラムの設立を支援していく。	■ グリーン水素製造1kgあたりに2AUD（約192円）の補助金が出る。GOスキームと呼ばれるオーストラリア政府が支援する排出量会計フレームワークによる評価がある。 ■ 現時点でグリーンメタル評価のための排出量計算フレームワークはなし。今後追加される見込み。 ■ ビクトリア州と協力して「成長する国内の水素産業の熟練した労働力のニーズをサポートするため、水素労働力開発を促進する」ために、国立水素技術技能訓練センターを設立する。

（出所） オーストラリア政府“FUTURE MADE IN AUSTRALIA”, Hydrogen insight “ ‘Landmark moment’ | Key legislation enabling Australian green hydrogen production tax credit passed by Parliament”
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

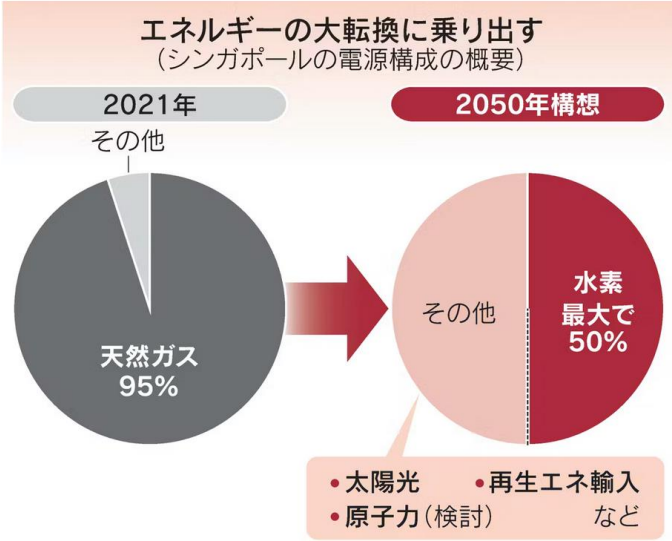
※25年2月25日レート 1AUD ≒ 95.25円使用

- 水素導入に向けたロードマップとして、「国家水素戦略」を発表（2022年10月）。水素が発電燃料の柱となる見通し。
- 国内での水素製造は想定がなく、100%輸入に依存する予定。
- 再エネが豊富な他国でグリーン水素を作成し輸入。ケッペルはインドネシアでの水素生産を検討。

シンガポールの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
シンガポール	<u>国家水素戦略（2022年10月）</u> ■ 2050年には水素発電により国内の電力需要の最大5割を賄うことができる可能性	—	国内で水素を製造するのではなく、100%輸入に依存する予定	—

シンガポールのエネルギー転換構想



(出所) 日経新聞「シンガポールが水素発電にカジ 2050年5割、企業呼ぶ」 (2023年1月30日)

(出所) “Singapore’s national hydrogen strategy”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 水素発電導入を支える支援制度を策定する予定。コンサルティングサービスの入札を開始した。
- 2050年のCNに向けて、ガス火力発電所の水素焚き対応に向けた動きが本格化。30%水素を含む燃料を用いた発電所（CCGTを持つ）が、2026年度に完成する見通し。他にも26年度、27年度、29年度、30年度完成予定の混焼発電所がある。シンガポールの電力会社YTL Power Seraya は27年度完成予定の50%混焼、600MWの水素対応コンバインドサイクルガスタービンユニットの着工式を実施。
- データセンターのグリーン化構想を2024年度に発表。エネルギー源としてバイオエネルギー、炭素回収型燃料電池、低炭素水素やアンモニア、壁面太陽光を検討。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
シンガポール	低炭素エネルギー研究（Low-carbon Energy Research：LCER）プログラム ■ 第一段階の研究では5500万SGD（約62億円）を拠出し、追加で第二段階では1.29億SGD（約145億円）を拠出。	年限付目標 ■ 2030年にCO2排出量を約6000万トンへ削減、2050年CN カーボンプライシング ■ 炭素税率を2030年までに50-80SGD/tCO2eに引き上げることを決定（5478-8765円/tCO2e） ■ EITE企業（エネルギー集約型で国際競争下にある企業、Energy-Intensive and Trade Exposed）に対する低炭素移行への枠組みの構築。 ■ 国際的なカーボンのクレジット（ICC）の枠組みの導入。 エネルギー市場庁（EMA）が規制の策定（2023年10月） ■ 2024年以降全ての新規および再エネの天然ガス発電所について、燃料の少なくとも30%まで水素との互換性がなければならないと発表。いずれは水素100%への移行も視野に入れる。

(出所) “Singapore’s national hydrogen strategy”、” SINGAPORE’S GREEN DATA CENTRE ROADMAP”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1SGD≒112.17円使用



- インドネシア国家水素戦略では2060年までに年間990万トンの水素製造を目指す。
- インドネシア国家研究イノベーション庁（BRIN）は水素ロードマップを策定する。
- 24年内にもエネルギー・鉱物資源省で、インドネシアの中・長期水素ロードマップを策定する予定である。

インドネシアの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
インドネシア	<u>インドネシア国家水素戦略</u> ■ 2060年までに年間990万トンの生産目標 <u>水素ロードマップ</u> ■ 2025~2030年に小規模グリーン水素製造の実証 <u>国家エネルギー計画（RUEN 2020）</u> ■ 水素製造について言及 <u>エネルギー・鉱物資源省（MEMR）策定のネット・ゼロロードマップ</u> ■ 水素製造に関する記述	2060年度は産業3.9Mtpa、運輸1.1Mtpa、電力4.6Mtpa、家庭0.28Mtpaで見積もり		—

（出所）インドネシア政府“INDONESIA HYDROGEN ROADMAP”より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

BRINによるインドネシアの水素ロードマップ

2025年~2030年	2031年~2035年	2036年~2040年
~10MWまで 小規模グリーン水素製造の実証 工業でのグレー水素のグリーン化 小規模な商業利用	~5GWまで グリーン水素の大規模導入と貯蔵 発電分野での利用 液体水素貯蔵技術の開発 助成金、関税等による経済的支援 アジアへの輸出準備 地熱利用での水素製造	~20GWまで 炭素排出を伴う水素製造の段階的廃止 海外への大規模輸出 水素インフラの整備 重量車両への利用
2041年~2050年		2051年~2060年
~30GWまで 既存の石炭/ガス発電所の水素・アンモニア転換 大型車両の10~20%が水素稼働		~40GWまで 水素製造のための原発開発



- 2060年にカーボンニュートラルを目指す。
- 2023年度にはカーボンプライシングが始まった。現状では石炭電力事業のみ参加。
- 炭素税導入は延期が続いている。2025年度の導入を目指しているものの、今後の政治状況で変化する可能性も。
- 環境省がインドネシア工業団地への水素輸送等を支援している。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
インドネシア	ー	年限付目標 ■ 2030年までに国際支援なしで29%、国際支援ありで41%の温室効果ガス削減目標。2060年にCN。 カーボンプライシング ■ 2023年9月に初の排出権取引市場（IDX carbon）が開業。参加には「気候変動のための国家登録システム（SPN-PPI）」での登録が必要。第1フェーズでは石炭火力事業のみの参加となっているが、他産業も参入予定。 炭素税 ■ 炭素1トンあたり3万ルピア（約280円）の炭素税が課される予定であったが導入が延期されている。経済担当調整相が2025年の導入を目指すとしている。 ※25年2月25日レート 1ルピア≒0.0092円使用

（出所）JETRO “インドネシアの脱炭素化に向けた貢献”
JETRO 地域分析レポート “徐々に進展するカーボンプライシング（インドネシア） | 新たなステージに入った世界のカーボンプライシング - 特集 - 地域・分析レポート- 海外ビジネス情報”などより、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成



- 産業通商資源部（MOTIE）が「水素経済活性化ロードマップ」を発表（2019年1月）し、2040年までの水素政策の全体像を定める。2040年に年間526万トンの水素供給量を目指す。

韓国の政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
韓国	<u>水素経済活性化ロードマップ（2019年1月）</u> ■ 2040年526万トン/年 <u>水素先導国家ビジョン（2021年10月）</u> <u>水素供給シナリオ</u> ■ 2030年国内194万トン 海外196万トン ■ 2050年国内500万トン 海外2290万トン <u>水素利用量</u> ■ 2030年390万トン、2050年2700万トンに拡大	—	「第1次水素経済履行基本計画」によると、韓国は2050年水素需要の約82%を海外から導入すると計画	<u>水素経済活性化ロードマップ（2019年1月）</u> ■ 2040年までに水素価格3000KRW/kg（約315円/kg）

（出所） 韓国政府“水素経済活性化ロードマップ”、“第一次水素経済履行基本計画”、JETROより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

主要サプライヤー（2021）

	Company	Capacity (Nm3/h)	Market Share (%)	Type of Hydrogen
1.	Deokyang	180,000	47.7	● ● ●
2.	SPG	98,000	26.0	● ●
3.	Air Liquide	75,000	19.9	●
4.	Linde	13,000	3.4	●
5.	SDG	7,000	1.8	●
6.	Changshin	3,000	0.8	● ●
7.	Daesung	1,000	0.2	● ●



※25年2月25日レート 1KRW ≒ 0.105円使用

（出所） デンマーク政府”Outlook on Hydrogen Economy & Roadmap REPUBLIC OF KOREA”



- 水素バリューチェーンを拡大するためのビジネス協議会「韓国H2ビジネスサミット」を発足（2021年9月）し、国内の水素エコノミーの拡大のみならず、新興国での市場シェア拡大を目指す。
- 水素発電義務化制度を導入し、水素燃料電池による発電を義務付け。（2022年10月15日）

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
韓国	水素発電義務化制度（HPS：Hydrogen Energy Portfolio Standard） ■ 太陽光、風力などを含む既存の「再生エネルギー供給義務化制度（RPS）」から水素発電を切り離し、安定した普及体制の構築を目指す。2040年までに8GWの水素発電普及量を達成し、25兆KRW（約2.8兆円）の投資を創出する目標 韓国H2ビジネスサミット（2021年9月） ■ 水素の生産、流通、消費を包括するバリューチェーンを構築し、水素技術の迅速な商業化を促進することを目的に、SKグループや現代自動車、ポスコなどの韓国企業15社が43兆4,000億KRW（約4.8兆円）を投資する方針を決定	年限付目標 ■ 2030年▲40%（2018年比）、2050年CN カーボンプライシング・取引制度 ■ 2015年1月より、排出量取引制度（K-ETS）を導入。2021年以降は排出量の5%を上限として、国内制度および韓国企業が実施したCDM（クリーン開発メカニズム）事業由来のカーボンのクレジットを利用可能 第二回水素経済委員会（2020年10月15日） ■ 水素経済の拡大を図るべく「水素発電義務化制度（HPS：Hydrogen Energy Portfolio Standard）」を2022年に導入すると発表。再エネを除外した500MW以上の発電設備を有する発電事業者25社に対して、水素燃料電池による発電を義務付け クリーン水素発電入札市場を開始（2024年5月24日） ■ クリーンな水素を利用して発電された電力を供給・購入する市場。国内のクリーン水素認証基準（水素1kgあたりGHG4kgCO2e以下）を満たす水素のみを使用した発電機を利用することができる。今年の年間入札量は6,500GWhで、契約期間は15年。

（出所） 韓国環境部プレスリリースより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 中央政府が2022年3月に水素エネルギー中長期発展計画を発表。2021年～2035年までの全体像を示した。
- FCVについてモデル都市群を選定し、FCVの基幹部材製造や水素供給の普及に対して、都市に報奨金を出す政策を発表。これまでに、北京、上海、広東など5か所のモデル都市群が選定。
- 2023年1～9月のグリーン水素プロジェクトの件数は57件、投資総額は約6兆円である。中国北部地域の工業分野で、水素を用いた脱炭素化が推進されている。

中国の政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
中国	水素エネルギー産業の中長期計画（2022年3月） ■ 2025年までにグリーン水素製造年間10～20万トン ■ 2025年までにFCV5万台 水素需要予測（2021年 IEA） ■ 2030年までに3,100万トン、2060年には9,000万トン	—	—	—

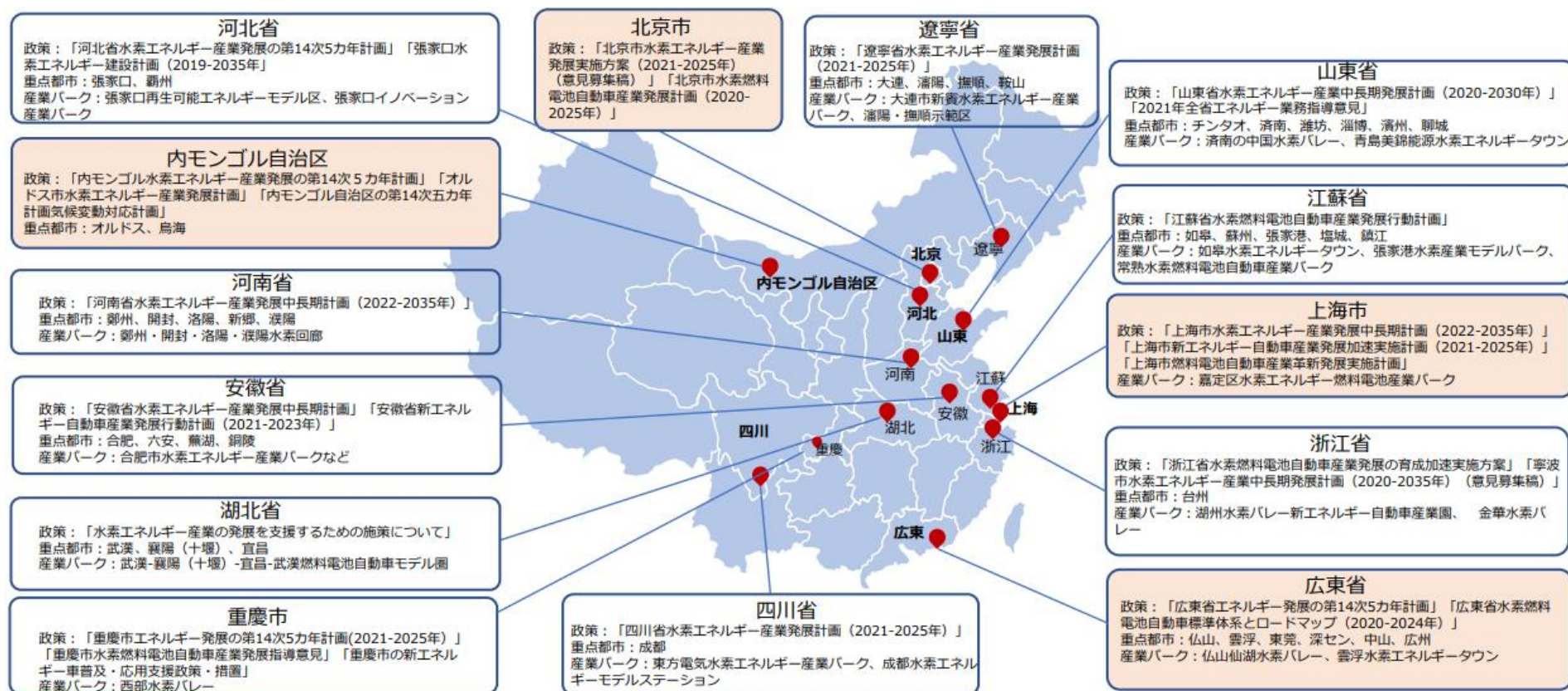
（出所）JETRO “中国、北部地域のグリーン水素で工業分野の脱炭素化を加速”より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

大型のグリーン水素製造プロジェクト一覧

エリア	プロジェクト名	投資元と投資額	再エネ種類	グリーンエネルギー生産量
西北 (新疆ウイグル自治区)	新疆準東グリーン水素モデルプロジェクト	中国石油化学 投資総額約30億元	太陽光発電	・グリーン水素 2万トン/年
西北 (甘粛省)	張掖水素エネルギー総合応用モデルプロジェクト	中国電力工程 投資総額44億元	太陽光発電	・グリーン水素 3,000トン/年 ・グリーンアンモニア 1万6,000トン/年
華北 (内モンゴル自治区)	内モンゴルオルドス市風力太陽光融合グリーン水素化エモデルプロジェクト	中国石油化学 投資総額57億元	太陽光・風力	・グリーン水素 3万トン/年 ・グリーン酸素 24万トン/年
華北 (内モンゴル自治区)	ウランチャブ興和風光発電水素製造合成アンモニア一体化プロジェクト	中国石油 投資総額41億3,900万元	太陽光・風力	・グリーン水素 2万5,700トン/年
東北 (吉林省)	大安風力・太陽光・グリーン水素製造・合成アンモニア一体化モデルプロジェクト	吉林電力など 投資総額63億3,200万元	風力・太陽光発電	・グリーン水素 3万2,000トン/年 ・グリーンアンモニア 18万トン/年
東北 (吉林省)	松原水素エネルギー産業園（グリーン水素・アンモニア・メタノール一体化）	中国能源建設 投資総額296億元	風力・太陽光発電	・グリーン水素 11万トン/年 ・グリーンアンモニア（メタノール） 60万トン/年
東北 (黒龍江省)	チチハル100万トン級グリーン水素エネルギー基地	国家電力投資 投資総額420億元	風力発電	・グリーンジェット燃料 40万トン/年 ・グリーンメタノール 40万トン/年

- 産業誘致の観点から、地方政府が水素産業に関する計画を相次いで発表している。

地方政府の動向



（出所）NEDO “中国の水素・カーボンニュートラルに関する動向”より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成



- モデル都市に対する支援策がある。FCVの導入割合や都市での水素価格に応じて、都市に助成がある。大都市での水素利用を促進している。
- カーボンインクルージョンと呼ばれる地方政府が定める方法論に沿って、脱炭素化行動を登録できる制度がある。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
中国	燃料電池車の試行応用の実施に関する通知 ■ モデル都市群を選定した上で、条件に基づき2025年までに都市に対して年間最大17億元（約340億円）を助成。 内訳：15億元（基幹部材への報奨）+2億元（供給事業への報奨）	年限付目標 ■ 2030年までの炭素排出ピークアウト、2060年CN カーボンプライシング・取引制度 ■ 2013年より、7省・市で展開されていた排出量取引制度（ETS）が2021年7月より全国導入。当初はCO2排出量2万6,000トン以上の発電事業者2,225社を対象に実施され、今後、石油化学、建材、鉄鋼などの他産業にも適用していく方針。取引価格は、おおむね40～60元（約800～1200円）／トンで推移。欧州ETSの取引価格の10分の1程度の水準。 カーボンインクルージョン ■ 広東省や深圳市などで取り扱われる。広東省のカーボンインクルージョンは、「分散型太陽光発電システムの設置」「高効率省エネルギー空調の使用」「廃棄衣料の再利用」などを対象としている。

（出所）JETROより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1人民元≒20.7円使用



- 湖北省は2027年に向け、武漢市を中核として湖北省の水素エネルギー産業のレイアウトを形成する。
- 電解槽、燃料電池などを核心とする全国水素エネルギー設備センターを創設し、国内の重要な水素エネルギー拠点となり、交通、工業などの分野の水素エネルギー応用推進のモデルとなる計画である。
- 2023年末時点の工業副生水素生産能力は年間94万5,000トン、建設中また建設予定のグリーン水素生産プロジェクトでは年間4万トン近くのグリーン水素生産能力があるとしている。
- 目標は下表のとおり。

目標 1	■ 湖北省内の水素エネルギー産業の規模を1,000億元（約2兆1,000億円）に到達させる。このうち水素生産が300億元、水素エネルギー応用設備と部品が400億元。 ■ 水素エネルギー産業クラスターが国家レベルの戦略的新興産業クラスターとなるよう努力する。 ■ 国内の水素エネルギー産業のトップ企業を10社以上、水素エネルギー産業の重点企業を100社以上育成する。
目標 2	■ 水素ステーションを100カ所建設。 ■ 水素生産能力は年間150万トンとなる。（約50万トン分の新規水素製造は、クリーン発電の設備容量3,300万キロワットの活用を見込むとしている。） ■ 燃料電池自動車の普及台数が7,000台を突破すること。 ■ 燃料電池の船舶、航空機への応用についても全国に先駆けて実施する。

（出所）JETRO “湖北省、水素エネルギー産業発展行動プラン発表” より、
みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1人民元≒20.7円使用



- 中国の工業情報化部（MIIT）、国家発展改革委員会（NDRC）、国家エネルギー局（NEA）は低炭素水素の開発と導入を加速するため、2025年以降に政策を強化する。
- 産業分野での低炭素水素活用の推進、グリーンメタノールとグリーンアンモニアの研究開発、水素燃料電池車の普及促進に取り組む。詳細は下表のとおりである。
- 法規制改革にも着手した。2025年1月に施行されたエネルギー法で、水素は「危険な化学製品」から「エネルギー資源」へと分類が変更された。この規制改革によって、水素の生産、応用、貯蔵に関する規制が緩和される可能性。

中国の低炭素水素普及、取り組み

取り組み	詳細
産業分野での低炭素水素活用の推進	製油会社や化学会社に対し、生産過程での水素の使用を増加させることを求めるもの。
グリーンメタノールとグリーンアンモニアの研究開発	二酸化炭素排出ゼロの燃料である「グリーンメタノール」や「グリーンアンモニア」の研究開発が推奨。発電および輸送分野での利用が期待されている。
水素燃料電池車の普及促進	水素燃料電池車（FCV）の展開を強化する。さらに水素駆動の船舶、航空機、鉄道車両の開発も推進する。

中国の水素規制緩和

区分	詳細
法律改正前：危険化学物質	■ 製造場所が化学工業団地内に制限 ■ 「危険貨物道路輸送管理規定」に則り、輸送方法、安全管理、輸送時間に関する厳格な規制が存在、輸送ルートについて交通管理当局の認可を得る必要 ■ 管理は应急管理部門
法律改正後：エネルギー資源	■ 水素エネルギーの法的地位をエネルギー資源として明確化 ■ スマートマイクログリッド、総合エネルギーサービスなどのエネルギー新技術、新業態、新モデルの発展を推奨

（出所）Hydrogen Central “Low-carbon hydrogen to get more support in 2025 from Beijing’s new policy push”
JETRO “「中華人民共和国エネルギー法」成立、2025年1月1日施行（中国） | ビジネス短信”
などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 河南省は2025年1月25日から12月31日まで、省の有料道路での水素駆動トラックの通行料を免除する。
- バッテリー式電気トラックは同時期に30%の通行料割引を受けており、クリーンエネルギー車の採用を促進する。

各省の水素自動車普及、取り組み

省名	支援策
山東省	2024年3月1日より、ETC装置を搭載した水素自動車の通行料が2年間免除される。
吉林省	2024年9月1日から2026年8月31日まで、ETC機器を搭載した水素自動車の通行料が無料になる。
陝西省	水素自動車の通行料は2027年9月1日まで免除される。
四川省	水素自動車の通行料免除と都市政策調整の調査に入った。

（出所）FCW.” Henan Province to Waive Toll Fees for Hydrogen Trucks in 2025”などより、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- 2023年10月に水素経済・技術ロードマップ（HETR）を発表した。
- 2023年度7～8月、経済省が発行した「エネルギー移行ロードマップ（NETR）」でも重要6分野の1つに定められている。
- サラワク州のグリーン水素ハブとしての確立を狙う。

マレーシアの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
マレーシア	<u>エネルギー移行ロードマップ（NETR）</u> ■ 2050年までにグレー水素の使用の廃止 ■ 2050年までに再生可能エネルギー源から2.5Mtpaのグリーン水素を生産 <u>マレーシア科学技術・イノベーション省</u> ■ 2030年までに水素生産量を年間2Mt、2050年には年間16Mt	—	—	科学技術イノベーション省（MOSTI）によれば、サラワク州では1USD/kgを目指している

（出所）マレーシア政府 “HETR 水素経済・技術ロードマップ”、“NETR エネルギー移行ロードマップ”、JETRO “サラワク州で水素国際展示会開催、グリーン水素ビジネスでの優位性をPR”より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

サラワク州での取り組み



サラワク州でのAsia Pacific Green Hydrogen 2024の開催
豊富な水力資源を元に、グリーン水素を製造する計画



- 水素経済・技術ロードマップ（HETR）で補助金内訳案が提示されている。
- サラワク州で水素関連の展示会「Asia Pacific Green Hydrogen 2024」が開催される。
- 「エネルギー移行ロードマップ」によれば、サラワク州クチンにある水素製造プラントは2025年までに建つ計画で国内向け、ビントゥルのプラントは2027年までに建つ計画で、国外向けとしている。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
マレーシア	水素経済・技術ロードマップ（HETR） ■ 現状は補助金内訳案の段階 ■ 補助金内訳案の詳細 1. 研究開発 3億マレーシアリングットのグラント（2025~2030年） 2. 燃料電池車の保有動機付け 道路税の免除など（2024~2025年） 3. 燃料電池車購入補助 1台あたり、1万マレーシアリングット（約34万円）の補助。最大1万台までとする。 個人所得税の減税、最大2500マレーシアリングット（約8万5千円）（2025~2030年） 4. グリーン技術 再エネ、グリーン水素生産と貯蔵などへの支援（2024~2030年） 5. 既存産業への補助廃止 旧式自動車など（2025~2030年） 6. 生産活動への動機付け 水素と燃料電池技術企業へのパイオニア・ステータス（法人所得税の免税を享受できるステータス。認められた企業は、生産開始日と認定された日から5年間法定所得の70％が免税）の適用、投資税額控除（2024~2030年）	年限付目標 ■ 2050年CN カーボンプライシング ■ 政府等による取引所の開設はない ■ 証券取引所ブルサ・マレーシアBCX（ブルサ・カーボン・エクスチェンジ）と呼ばれる自主的炭素市場（VCM）を立ち上げる ※25年2月25日レート 1マレーシアリングット≒34.03円使用

（出所）マレーシア政府”HETR 水素経済・技術ロードマップ”、”NETR エネルギー移行ロードマップ”より みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

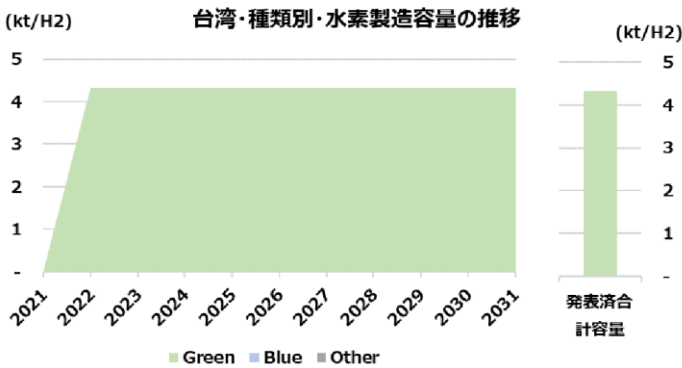
- 2022年3月30日、2050年ネットゼロ排出ロードマップを発表。水素エネルギーを12のキー戦略の一つとして位置付けている。水素導入目標や供給コスト目標などの定量目標は発表されていない。

台湾の政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
台湾	2050年ネットゼロ排出ロードマップ（2022年3月30日） 水素エネルギーは、産業用ゼロカーボン製造工程や、輸送およびゼロカーボン燃料発電などの分野で利用する。輸入グリーン水素エネルギーの台湾域内での分配や貯蔵などのインフラおよび利用システムを構築する。	—	—	—

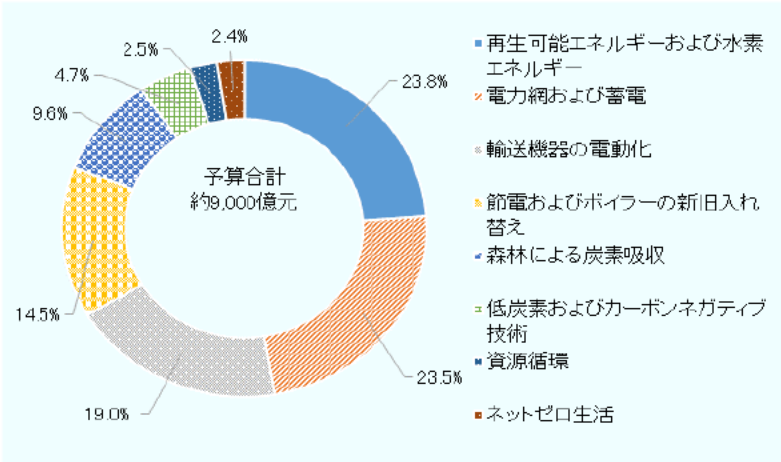
（出所）JETROより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

水素製造容量見通し



- 2050年ネットゼロ排出ロードマップの中で、再生可能エネルギーおよび水素エネルギーへ2042億TWD（約9400億円）を充てる計画。
- 大規模排出者などを対象に炭素税が導入された。2024年度の排出量を元に、2025年度から徴収。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
台湾	2050年ネットゼロ排出ロードマップ（2022年3月30日） ■ ロードマップの推進に向け、2022年から2030年に9000億TWD（約4.1兆円）を投じる計画。再生可能エネルギーおよび水素エネルギーには、その内野の23.8%に相当する2042億TWD（約9400億円）を充てる。	年限付目標 ■ 2050年CN カーボンプライシング ■ 2023年8月にTCX（台湾炭素ガス排出量取引所）での正式取引が開始 ■ 初期段階で取引されるのはアジアやアフリカ、南米の域外カーボנקレジット。国際カーボנקレジット認証機関「Gold Standard（GS）」などの認証を得ている ■ 取引量は8万8,520トンに達し、取引価格はCO2換算で1トン当たり3.9～12ドルで、取引総額は80万ドルを超える



※25年2月25日レート 1TWD ≒ 4.59円使用

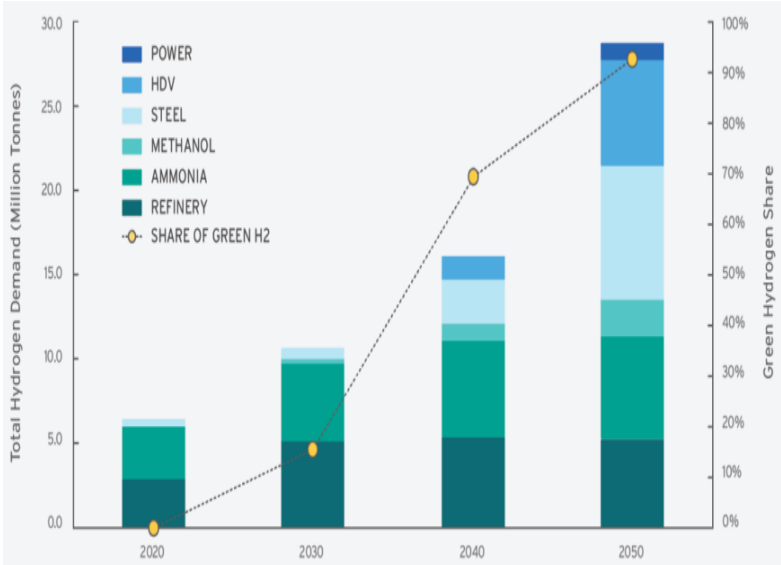
- 2023年1月5日、インド政府は2030年までに500万トンの水素を製造し、約1000億ドルの投資を促進する計画として、「国家水素ミッション」を閣議決定。
- インドがエネルギー面で自立し、産業、モビリティ、エネルギー等の主要部門で脱炭素化を目指す。

インドの政策目標

国・地域	水素導入量目標	内訳	水電解導入目標	水素供給コスト目標
インド	<u>国家水素ミッション</u> ■ 2030年に500万トン以上のグリーン水素を製造、国内消費と輸出に利用。 ■ 2030年時点でインドは160GWの水素製造装置の導入を目指している。合計110GW分は輸出用の容量と公算（うちアンモニアが69GW、その他の水素キャリアが41GW）	右図参照	—	<u>（ご参考） Harnessing Green Hydrogen（2022年6月）</u> インドの政府機関NITI Aayogは、水素価格を以下の通り試算 ■ グリーン水素 2030年1.7-2.4USD/kg（254-359円/kg） 2050年0.6-1.2USD/kg（90-179円/kg） ■ グレー水素 2030年1.8-2.7USD/kg（269-404円/kg） 2050年1.9-2.9USD/kg（284-434円/kg）

（出所） JETROより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

水素需要の見通しとグリーン水素の潜在シェア



（出所） “Harnessing Green Hydrogen Report”

- 大量の水素を必要とする製油所や肥料工場に対するグリーン水素の利用義務化が検討される。
- 今後発表される国家水素ミッションの第二弾の政策において、グリーン水素の使用に対する規制や義務付けが盛り込まれる予定。

国・地域	主な支援制度	年限付CN目標・カーボンプライシング・規制
インド	<u>National Hydrogen Mission（2023年6月）</u> ■ 水素振興の予算として約1974億ルピー（約3,350億円）を割り当てている。電解槽の国内製造とグリーン水素の製造支援を目的とした2つのインセンティブメカニズムを作成。1つ目は3年間の期間中に必要な財政的インセンティブ最小、2つ目は実施機関が集約した総需要に対して、前もって財政的インセンティブを定めたとうえで、最低コストで製造・供給できるところとしている。 ■ SIGHTプログラムに1,749億ルピー（約3000億円）、パイロットプロジェクト組成に147億ルピー（約250億円）、研究開発支援として40億ルピー（約70億円）が支出予定。 ■ 需要創出に対しては、インセンティブが割り当てられていない。 <u>クリーン水素導入を促す制度設計</u> ■ 肥料、石油等のエネルギー多消費産業でのクリーン水素利用状況をモニタリング、報告させる制度を検討中。 ■ 指定を受けた企業および公共部門は、定期的に報告書を提出する仕組みを作る。 ■ モニタリングに必要な技術導入の促進。 ■ グリーン水素の消費目標の強制力を確保するための法的な規定については、省エネ法を通じて確立される予定。	<u>年限付目標</u> ■ 2030年▲45%、2070年CN <u>国家水素ミッション（2023年1月）</u> ■ 水電解やグリーン水素製造に必要な装置については、「政府の承認」が必要になるとし、「モデルや製造事業者の承認リスト」を発表する可能性を示唆。 ■ 大量の水素を必要とする製油所や肥料工場に対するグリーン水素の利用義務化が検討されている。 <u>グリーン・クレジット・プログラム（GCP）（2023年10月）</u> ■ 「地球に優しい行動を推奨するメカニズム」として位置づけられ、8つの活動分野に対して与えられる。 ■ 植樹や持続可能な農業から、水の処理と保全、廃棄物の取り扱いなど、実質的な削減効果のないものも含まれる。 <u>炭素クレジット取引制度（CCTS）</u> ■ 2025年から2026年に導入が予定されている。

（出所）インド森林環境気候変動省” Press Information Bureau Government of India
 Ministry of Environment, Forest and Climate Change Year end Review- Ministry of Environment, Forest and Climate Change”,
 International Carbon Action Partnership “India adopts regulations for planned compliance carbon market”
 より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※25年2月25日レート 1インド
 ルピー≒1.73円使用

- SIGHTプログラムのオークションが現在までに二回実施されている。
- SIGHTプログラムにはコンポーネントⅠ（電解槽製造）とコンポーネントⅡの支援がある。コンポーネントⅡは更にモード2A（グリーンアンモニア製造）とモード2B（グリーン水素製造）に分かれる。
- 直近のSIGHTスキームに基づくグリーン水素製造の支援。支援期間は3年でkgあたり1年目50ルピー（約87円）、2年目40ルピー（約69円）、3年目30ルピー（約52円）である。
- 支援される水素製造企業の多くがアルカリ型を利用。他にPEM型とMembrane Less型が少数ある。

SIGHTスキームの落札結果

グリーン水素製造（モード2B）の選定結果（30MWまで）

RfS for Selection of Electrolyser Manufacturers (EM) for Setting up Manufacturing Capacities for Electrolysers in India under SIGHT Scheme (Tranche-II)																
RfS No. SEC/C&P/MI/00/0022/2023-24 dated 16.03.2024																
Snapshot of opening of Envelope-2 under the RfS																
Bucket 2B: Electrolyser manufacturing capacity based on indigenously developed stack technology-smaller units																
Maximum Capacity to be awarded= 100 MW																
S. No.	Name of Bidder	Capacity (MW)	Type of Electrolyser	Year-wise percentage of LVA					Year-wise Specific Energy Consumption (SEC)					Selection parameter	Allocated Capacity (MW)	
				Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5			
1	Adani Enterprises Limited	30	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	30	
2	Eastern Electrolyser Limited	30	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	30	
3	Newtrace Private Limited	30	Membrane Less Electrolyser	81	81	81	81	81	45.95	45.95	45.95	45.95	45.95	6	30	
4	Suryaashish KA1 Solar Park Private Limited	30	Proton Exchange Membrane	80.01	80.02	80.03	80.04	80.05	50.98	49.98	46.98	45.98	45.98	5.6	10	
5	Bharat Heavy Electricals Limited	10	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	52.99	48.99	47.99	45.99	45.99	5.52		
6	C. Doctor & Company Private Limited	20	Alkaline	81	91	91	91	91	49.95	49.95	47.95	46.95	46.95	5.312		
7	RRG Engineering Technologies Pvt Ltd	30	Alkaline	71	80	90	92	94	45.75	45.5	45.25	45	5.132			
8	LiveHy Energy Private Limited	10	Proton Exchange Membrane	70.55	70.55	70.55	80.1	80.5	49.95	48.95	47.95	46.95	46.95	4.912		
9	Pratishna Engineers Limited	30	Alkaline	85	85	90	92	92	52	50	48	46	46	4.72		
10	LiveHy Energy Private Limited	20	Alkaline	70.55	70.55	80.1	80.1	80.5	49.95	48.95	47.95	46.95	46.95	4.236		
11	IEC Fabchem Limited	10	Alkaline	90	90	90	90	90	54.9	54.1	53.6	52.2	50.9	3.584		
12	Greenzo Energy India Limited	20	Alkaline	60	70	80	80	80	50	51	52	54	55	3.32		
Total (MW)		270													100	

（出所）SECI “SIGHTスキーム（Tranche-II）に基づくインドでの電解装置の製造能力の設定に関するRfS:Envelope-2入札開始後のスナップショット”

JOGMEC “（短報）インドの需要サイドの水素支援策”

“National Green Hydrogen Mission: Transforming India’s Energy Landscape”などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

グリーン水素製造（モード2B）の選定結果（100~300MWまで）

Bucket 2A: Electrolyser manufacturing capacity based on indigenously developed stack technology																
Maximum Capacity to be awarded= 300 MW																
S. No.	Name of Bidder	Capacity (MW)	Type of Electrolyser	Year-wise percentage of LVA					Year-wise Specific Energy Consumption (SEC)					Selection parameter	Allocated Capacity (MW)	
				Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5			
1	Adani Enterprises Limited	101.5	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	71.5	
2	Newage Green Electro Private Limited	300	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	46.99	45.99	45.99	45.99	45.99	5.96	228.5	
3	Suryaashish KA1 Solar Park Private Limited	110	Proton Exchange Membrane	80.01	80.02	80.03	80.04	80.05	51.98	50.98	46.98	45.98	45.98	5.52		
Total (MW)		511.5													300	
Bucket 1: Electrolyser manufacturing capacity based on any stack technology																
Maximum Capacity to be awarded= 1100 MW																
S. No.	Name of Bidder	Capacity (MW)	Type of Electrolyser	Year-wise percentage of LVA					Year-wise Specific Energy Consumption (SEC)					Selection parameter	Allocated Capacity (MW)	
				Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5			
1	Adani Enterprises Limited	101.5	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	0	
2	Newage Green Electro Private Limited	300	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	71.5	
3	Waaree Energies Ltd	300	Alkaline	90.01	90.01	90.01	90.01	90.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	300	
4	Matrix Gas and Renewables Limited	237	Alkaline	90.01	90.02	90.03	90.04	90.05	45.99	45.98	45.97	45.96	45.95	6	237	
5	Advait Infratech Limited	200	Alkaline	90.01	90.02	90.03	90.04	90.05	45.99	45.99	45.85	45.8	45.79	6	200	
6	Ohmium Operations Private Limited	137	Proton Exchange Membrane	80.01	80.01	80.01	80.01	80.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	6	137	
7	GH2 Solar Private Limited	105	Alkaline	80.01	90.01	90.02	90.03	90.04	47.98	46.98	46.97	45.98	45.97	5.616	105	
8	Avaaada Electrolyser Private Limited	300	Alkaline	70.01	80.01	90.01	90.01	90.01	46.99	46.99	45.99	45.99	45.99	5.34	49.5	
9	Green H2 Network India Private Limited	100	Alkaline	80	80	90	100	100	46.9	46.9	46.9	46.5	46	5.104		
10	Thermax Limited	100	Solid Oxide Electrolyser	70.01	70.01	70.01	70.01	80.01	45.99	45.99	45.99	45.99	45.99	5.04		
11	Oriana Power Limited	100	Alkaline	70	70	80	80	90	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	3.496		
Total (MW)		1980.5													1100	

※25年2月25日レート 1インドルピー≒1.73円使用

- 2024年四半期は、SECI（Solar Energy Corporation of India Limited）がSIGHTスキーム(Mode-1 Tranche-II)の下で、グリーン水素製造施設の支援に関する大規模な入札を実施した。年間4,50,000 MTの生産総容量に対して、14企業から年間6,26,500 MTの生産総容量で入札があった。水素kgあたりのインセンティブは下表左図の通りである。
- またSIGHTスキーム(Tranche-II)にて、電解槽製造能力を確立するため支援を実施した。電解槽製造業者の選定は下表右図の通りである。

SIGHTスキームの落札結果

グリーン水素製造(モード1)の選定結果 生産能力と
kgあたりのインセンティブ

電解槽製造工場の製造容量と
最大割り当てインセンティブ

Snapshot of bids under Bucket-1 after opening of Envelope-2						
S. No.	Bidder Name	Production Capacity (MT/annum)	Bucket No.	Incentive quoted (Rs./kg of GH2)		
				Year 1	Year 2	Year 3
1	Oriana Power Limited	10000	Bucket 1	0.01	0.01	0.01
2	Suryadeep KA1 Project Private Limited	19000	Bucket 1	1	11	12
3	L&T Energy Green Tech Limited	90000	Bucket 1	1	9.33	23
4	GH2 Solar Private Limited	10500	Bucket 1	5	15	24.9
5	Green Infra Renewable Energy Farms Private Limited	90000	Bucket 1	1	40	7.6
6	Waaree Clean Energy Solutions Private Limited	90000	Bucket 1	1	27.85	27.85
7	AM Green Ammonia (India) Private Limited	90000	Bucket 1	7	40	10
8	ReNew E-Fuels Private Limited	55000	Bucket 1	50	10	0
9	Reliance Green Hydrogen and Green Chemicals Limited	90000	Bucket 1	4.96	40	30
10	Matrix Gas and Renewables Limited	10000	Bucket 1	15	39	29
11	Ocior Energy India Private Limited (in consortium with M/s First Element Private Limited)	20500	Bucket 1	14	40	30
12	Avaada GreenH2 Private Limited	45000	Bucket 1	29.9	29.9	29.9
Total		620000				

Snapshot of bids under Bucket-2 after opening of Envelope-2						
S. No.	Bidder Name	Production Capacity (MT/annum)	Bucket No.	Incentive quoted (Rs./kg of GH2)		
				Year 1	Year 2	Year 3
1	Matrix Gas and Renewables Limited	1500	Bucket 2	50	40	29
2	Nishal Enterprises Private Limited	1000	Bucket 2	50	40	30
Total		2500				

Successful Bidders after Envelope-2 Bid Opening dated 13.08.2024					
LoAs to the Successful Bidders issued on 16.10.2024, 13.12.2024 and 13.01.2025					
S. No.	Bidder's Name	Bucket	Quoted Annual Manufacturing Capacity	Awarded Annual Manufacturing Capacity (MW)	Maximum Allocated Incentive (Rs. Crores)
1	Advait Infotech Limited	Bucket-1	200	200.00	296.00
2	Matrix Gas and Renewables Limited	Bucket-1	237	237.00	350.76
3	Newage Green Electro Private Limited	Bucket-1	300	71.50	105.82
4	Ohmium Operations Private Limited	Bucket-1	137	137.00	202.76
5	Waaree Energies Ltd	Bucket-1	300	300.00	444.00
6	GH2 Solar Private Limited	Bucket-1	105	105.00	155.40
7	Avaada Electrolyser Private Limited	Bucket-1	300	49.50	73.26
8	Adani Enterprises Limited	Bucket-2A	101.5	71.50	105.82
9	Newage Green Electro Private Limited	Bucket-2A	300	228.50	338.18
10	Adani Enterprises Limited	Bucket-2B	30	30.00	44.40
11	Eastern Electrolyser Limited	Bucket-2B	30	30.00	44.40
12	Newtrace Private Limited	Bucket-2B	30	30.00	44.40
13	Suryaashish KA1 Solar Park Private Limited	Bucket-2B	30	10.00	14.80
Total				1500.00	2220.00

Successful Bidders selected based on Clause 33 of the RIS.

（出所）H2 VIEW “India steps up green hydrogen tenders and bids”, SECI” Result: RfS for setting up Manufacturing Capacities for Electrolysers in India under SIGHT scheme (Tranche-II)”, SECI” Snapshot after Envelope-2 opening: RfS for Setting up Production Facilities for Green Hydrogen in India under SIGHT Scheme (Mode-1-Tranche-II)”
より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

- インドはグリーン水素のプロジェクトと市場開発を促進するため、ドイツ連邦経済・気候行動省が資金提供する国際水素ランプアッププログラム（H2Uppp）にて、インドの水素取引市場を開発している。
- 欧州エネルギー取引所（EEX）とドイツ国際協力公社（GIZ）が、インドガス取引所（IGX）に協力している。IGXが持つインドでのエネルギー市場設立経験を活かしつつ、EEXやGIZと連携して水素関連の水素市場情報の収集と行動計画の作成に取り組む。また水素価格シグナルの提供と、水素取引市場の計画策定にも取り組む。

H2Upppによるドイツ-インド協力プロジェクトの実施内容

実施事項	具体例
水素市場情報の収集	水素市場の発展に必要なデータを収集、市場の現状と将来予測を立てる。
価格シグナルの提供	特にグリーン水素のインド国内価格指標を確立する。国内外の購入者（オフテイクカー）に価格シグナルを送り、市場透明性に貢献する。
水素取引市場の計画策定	水素市場の中期的な目標として、インドにおける水素価格指標（インデックス）や取引を開始するためのアクションプランを策定する。
行動計画を共同で構築	生産、取引、輸送、消費関係者に加えて、政策立案者や規制当局などのステークホルダーを結びつける。インドで水素価格指標と取引市場を提供するという中期目標を掲げた行動計画を共同で構築する。

（出所）EEXプレスリリース “EEX, IGX and GIZ to jointly develop hydrogen trading market in India”
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- ドイツの国際水素ランプアッププログラム（H2Uppp）は、ドイツ連邦・経済気候変動省（BMWK）が主導する資金提供プログラムでグリーン水素とPower-to-X（PtX）技術の市場形成を支援するもの。
- このプログラムの目的は、グリーン水素やPtXのプロジェクト支援、プロジェクト開発の知識移転、パートナー国と協力した持続可能な経済発展である。
- 特定の低・中所得国を対象にしている。現時点では支援対象国は下表のとおりである。
- 実施主体がドイツ国際協力公社（GIZ）である。また2022年に始まったこのプログラムは、2026年末まで延長されている。

H2Upppによる支援対象国

H2Upppによる支援内容

支援対象国
● アルジェリア ● ブラジル ● チリ ● コロンビア ● エジプト ● インド ● モロッコ ● ナミビア ● 南アフリカ ● タイ （※上記以外の他国でのプロジェクトパートナーシップも検討可能としている）

実施事項	具体例
プロジェクトの 特定	ドイツ企業と途上国企業を動員し、グリーン水素市場への参入を支援。市場分析の実施や、プロジェクト開発者、技術提供者、水素需要者とのネットワーク構築を推進。
プロジェクト開 発	グリーン水素やPtX関連のプロジェクトを民間企業と共同で実施。公私連携（PPP）形式でプロジェクトを進行し、まずアイデアコンペティションを通じて実現可能性を評価。
事業支援と貿易 振興	輸出ポテンシャルが高く、ドイツとの貿易に関心を持つ国々で、規制や貿易関連リスクの軽減を支援。市場環境の整備や事業リスクの緩和を目指した助言活動を実施。

（出所）ドイツ政府 “International Hydrogen Ramp-Up Programme（H2Uppp）” より、みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

①-4 国内外のアンモニア発電、ボイラ等に関する調査



全国の石炭火力

■ 全国の石炭火力は下表のとおり。

種別	発電所名	石炭火力発電量[kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導入計画	根拠	バーナーの配置	納入メーカー(タービン)	納入メーカー(ボイラー)
石炭火力	宮東厚真発電所1号機	350000	Sub-C	1980	北海道電力株式会社	×	旧型式		東芝	三菱重工
石炭火力	宮東厚真発電所2号機	600000	SC	1985	北海道電力株式会社	×	旧型式		三菱重工	IHI
石炭火力	宮東厚真発電所4号機	700000	USC	2002	北海道電力株式会社	○	長期脱炭素電源オークション「宮東厚真4号機の脱炭素化ロードマップ」		三菱重工	IHI
石炭火力	能代火力発電所1号機	600000	Sub-C	1993	東北電力株式会社	×	旧型式			
石炭火力	能代火力発電所2号機	600000	USC	1994	東北電力株式会社	—				
石炭火力	能代火力発電所3号機	600000	USC	2020	東北電力株式会社	—			東芝	
石炭火力	原町火力発電所1号機	1000000	USC	1997	東北電力株式会社	—			東芝	三菱重工
石炭火力	原町火力発電所2号機	1000000	USC	1998	東北電力株式会社	—			日立	三菱重工
石炭火力	広野火力発電所5号機	600000	USC	2004	株式会社JERA	—			三菱重工	三菱重工
石炭火力	広野火力発電所6号機	600000	USC	2013	株式会社JERA	—				
石炭火力・バイオマス	常陸那珂火力発電所1号機	1000000	USC	2003	株式会社JERA	○	化学工業日報「燃料アンモニア 30年国内需要 300万トン現実味」、アンモニアサプライチェーンの構築について「茨城県産業戦略部技術振興局科学技術振興課」		三菱重工	三菱重工
石炭火力・バイオマス	常陸那珂火力発電所2号機	1000000	USC	2013	株式会社JERA	○	アンモニアサプライチェーンの構築について「茨城県産業戦略部技術振興局科学技術振興課」第2回アンモニアサプライチェーン構築・利用ワーキンググループプレス配布用「茨城県産業戦略部技術振興局科学技術振興課」		三菱重工	三菱重工
石炭	横須賀火力発電所1号機	650000	USC	2023	株式会社JERA	—			三菱重工	三菱重工
石炭	横須賀火力発電所2号機	650000	USC	2024	株式会社JERA	—			三菱重工	三菱重工
石炭火力	碧南火力発電所1号機	700000	SCI/バイオマス	1991	株式会社JERA	—				
石炭火力	碧南火力発電所2号機	700000	SCI/バイオマス	1992	株式会社JERA	—				
石炭火力	碧南火力発電所3号機	700000	USC/バイオマス	1993	株式会社JERA	—				IHI
石炭火力	碧南火力発電所4号機	1000000	USC/バイオマス	2001	株式会社JERA	○	長期脱炭素電源オークション「碧南火力発電所4号機の脱炭素化ロードマップ」		東芝	IHI
石炭火力	碧南火力発電所5号機	1000000	USC/バイオマス	2002	株式会社JERA	○	長期脱炭素電源オークション「碧南火力発電所5号機の脱炭素化ロードマップ」		東芝	IHI
石炭・バイオマス	武豊火力発電所5号機	1070000	USC	2022	株式会社JERA	—				
石炭火力	富山新港火力発電所石炭1号機	250000	Sub-C	1971	北陸電力株式会社	×	旧型式			
石炭火力	富山新港火力発電所石炭2号機	250000	Sub-C	1972	北陸電力株式会社	×	旧型式			
石炭火力	七尾大田火力発電所1号機	500000	USC	1995	北陸電力株式会社	—				三菱重工
石炭・バイオマス	七尾大田火力発電所2号機	700000	USC/バイオマス	1998	北陸電力株式会社	—				
石炭火力	敦賀火力発電所1号機	500000	SC	1991	北陸電力株式会社	×	旧型式			
石炭・バイオマス	敦賀火力発電所2号機	700000	USC/バイオマス	2000	北陸電力株式会社	—				
石炭火力	舞鶴火力発電所1号機	900000	USC	2004	関西電力株式会社	—				
石炭火力	舞鶴火力発電所2号機	900000	USC	2010	関西電力株式会社	—			東芝	
石炭・バイオマス	三隅発電所1号機	1000000	USC	1998	中国電力株式会社	—				三菱重工
石炭・バイオマス	三隅発電所2号機	1000000	USC	2022	中国電力株式会社	—				
石炭	大崎発電所1-1号機	250000	IGCC	2017	中国電力株式会社	—				
石炭	新小野田発電所1号機	500000	SCI/バイオマス	1986	中国電力株式会社	—				
石炭	新小野田発電所2号機	500000	SCI/バイオマス	1987	中国電力株式会社	—				
石炭	橋湾発電所	700000	USC	2025	四国電力株式会社	—				
石炭・石油・木質バイオマス	西条発電所1号機	500000	USC	2023	四国電力株式会社	△	四国電力株式会社「よんでんグループ中期経営計画2025の取り組み状況」			
石炭・石油・木質バイオマス	西条発電所2号機	250000	Sub-C	1970	四国電力株式会社	×	旧型式			
石炭	刈田発電所新1号機	360000	PFBC	2001	九州電力株式会社	×	九州電力「豊前発電所2号機及び刈田発電所新1号機の廃止を決定しました」			
石炭	松浦発電所1号機	700000	SC	1989	九州電力株式会社	×	旧型式			
石炭	松浦発電所2号機	1000000	USC	2019	九州電力株式会社	△	九州電力「松浦発電所においてアンモニア混焼試験を実施します」			三菱重工
石炭	苅北発電所1号機	700000	USC	1995	九州電力株式会社	△	九州電力「苅北発電所においてアンモニア混焼試験を実施します」			
石炭	苅北発電所2号機	700000	USC	2003	九州電力株式会社	—				
石炭	金武火力発電所	440000	Sub-C/バイオマス	—	沖縄電力株式会社	—				
石炭	具志川火力発電所	312000	Sub-C/バイオマス	—	沖縄電力株式会社	—				

(出所) 各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

■ 全国の石炭火力は下表のとおり。

種別	発電所名	石炭火力発電量[kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導入計画	機関	バーナーの配置	納入メーカー(タービン)	納入メーカー(ボイラー)
石炭	石川石炭火力発電所	312000	Sub-C	—	電源開発株式会社	—	—			
石炭	新地火力発電所	2000000	SC	1994	相馬共同火力発電株式会社	×	旧型式		三菱重工	三菱重工
石炭	勿来火力発電所	1700000	Sub-C	1970	勿来IGCCパワー合同会社	×	旧型式			
石炭	竹原火力発電所3号機	700000	SC	1983	電源開発株式会社	×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電所5基を休廃止2030年度までに」		東芝	
石炭	竹原火力発電所新1号機	600000	USC	a	電源開発株式会社	—				
石炭	磯子火力発電所1,2号機	1200000	USC	2002	電源開発株式会社	—				
石炭	松浦火力発電所1号機	1000000	SC	1990	電源開発株式会社	×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電所5基を休廃止2030年度までに」			
石炭	松浦火力発電所2号機	1000000	USC	a	電源開発株式会社	—				
石炭	松島火力発電所1号機	500000	SC	1981	電源開発株式会社	×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電所5基を休廃止2030年度までに」			三菱重工
石炭	高砂火力発電所1,2号機	500000	—	1968	電源開発株式会社	×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電所5基を休廃止2030年度までに」			
石炭	松島火力発電所2号機	500000	SC	1982	電源開発株式会社	△	J-Powerグループ「中期経営計画 2024-2026」			
石炭	酒田火力発電所	700000	Sub-C	1977	酒田共同火力発電株式会社	×	旧型式			
石炭	神戸発電所1,2号機	1400000	SC	2002	株式会社コベルコパワー神戸	○	長期脱炭素電源オークション「神戸発電所1号機の脱炭素化ロードマップ」 長期脱炭素電源オークション「神戸発電所2号機の脱炭素化ロードマップ」	1号機：A-PM バーナ A-MACT法による旋回燃焼	三菱重工（1号機）、日立（2号機）	三菱重工（1号機）
石炭	神戸発電所3,4号機	1300000	USC	2022	株式会社コベルコパワー神戸第二	○	KOBELCO「KOBELCOグループ中期経営計画（2024～2026年度）」		富士電機	IHI
石炭	新居浜西火力発電所	300000	Sub-C/バイオマス	1959	住友共同電力株式会社	—				
石炭	壬生川火力発電所	250000	Sub-C/バイオマス	1975	住友共同電力株式会社	—				
石炭	宇都宮産発電所	361000	Sub-C/バイオマス	2004	UBE三葉セメント株式会社	—				
石炭	名古屋発電所	259000	Sub-C/バイオマス	2000	中山名古屋共同発電株式会社	—				
石炭	釜石火力発電所	149000	Sub-C/バイオマス	2000	日本製鉄株式会社	—				
石炭・バイオマス	糸魚川火力発電所	149000	Sub-C	2001	糸魚川発電株式会社	×	旧型式			
石炭	広畑火力発電所	149000	Sub-C	1989	広畑バイオマス発電株式会社	×	旧型式			
石炭	創路工場発電所	145000	Sub-C	2004	日本製紙株式会社	×	旧型式			
石炭	高知工場第一発電所	122500	Sub-C	1986	住友大阪セメント株式会社	×	旧型式			
石炭	三養レイヨン大竹発電所	147400	—	—	三養ケミカル株式会社	—				
石炭	新居浜東火力発電所	29600	Sub-C	1969	住友共同電力株式会社	×	旧型式			
石炭	三池火力発電所	175000	—	—	CEFH2株式会社	×	長期脱炭素電源オークション「三池発電所2・3号機の脱炭素化ロードマップ」			
石炭	南海発電所1号機（電源開発）	1050000	USC	2000	電源開発株式会社	△	J-Powerグループ「中期経営計画 2024-2026」		東芝	東芝
石炭	南海発電所2号機（電源開発）	1050000	USC	2000	電源開発株式会社	△	J-Powerグループ「中期経営計画 2024-2026」		三菱重工	三菱重工
石炭	鹿島火力（日本製鉄）	522000	SC	2007	日本製鉄株式会社	×	旧型式			
石炭	福島復興IGCC(広野)	543000	IGCC	2021	広野IGCCパワー合同会社	—			三菱重工	三菱重工
石炭	福島復興IGCC(勿来)	543000	IGCC	2020	勿来IGCCパワー合同会社	—			三菱重工	三菱重工
石炭	周南パワー	300000	IGCC	2022	周南パワー株式会社	○	出光「『周南コンビナートアンモニア供給拠点整備基本検討事業』が経済産業省・資源エネルギー庁の「非化石エネルギー等導入促進対策費補助金（コンビナートの水素、燃料アンモニア等供給拠点化に向けた支援事業）」に採択ー国内初・年間100万トン超のカーボンフリーアンモニアサプライチェーンの構築検討を開始しますー」 (株)日本格付け研究所「周南パワー株式会社のトランジション・ファイナンス・フレームワークにGreen1(T)(F)を付与」			
石炭	徳山製造所中央7,8,9号機	372000	Sub-C	1963	株式会社トクヤマ	×	旧型式			
石炭	徳山製造所東2号機	145000	Sub-C	1999	株式会社トクヤマ	×	旧型式			
合計		48905500								

（出所）各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



■ 石炭火力アンモニア導入の分類基準は下表のとおり。

2030年頃アンモニア導入計画区分
○：導入計画あり 脱炭素電源オークションでアンモニア混焼の計画発表がある設備、または輸入港近傍で個社からも導入が示唆された設備 (cf.脱炭素電源オークション記載炉、徳山港と茨城港近辺の発電所)
△：導入可能性あり 輸入港近傍ではない(または拠点を整備中である)が中期経営計画などで導入が示唆された設備、またはアンモニア混焼実証の実績がある設備 (cf.電源開発が中期経営計画でアンモニア混焼を実施するとした火力発電所、今治港整備中の西条発電所1号機、中期経営計画で2030年アンモニア20%混焼技術確立を謳う九電が実証時活用した石炭火力)
ー：導入不明 新型式または設備改修が見られる設備 (cf.USCまたはバイオマスなど)
×：導入困難 (旧型式のため廃止扱い) 旧型式のため廃止またはリプレイスが考えられる設備 (cf.Sub-CまたはSCなど)
××：導入なし(廃止または休止)、 水素への切り替え情報あり (cf.既に公式に廃止情報が出ている石炭火力、または水素リプレイス計画が発表されているもの)

(出所) 各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

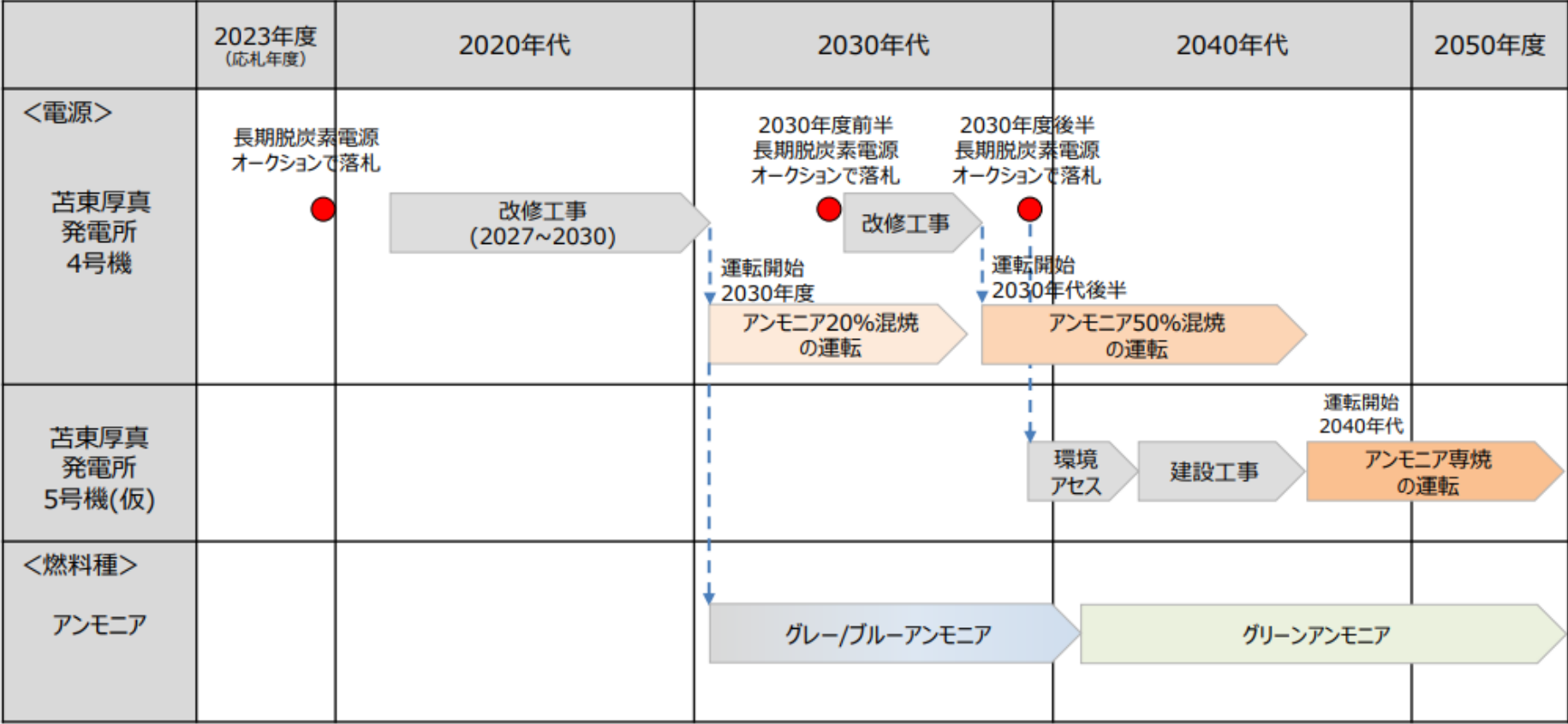


- 苫東厚真、碧南火力、神戸発電所1,2号機は脱炭素電源オークションにて、具体的なアンモニア導入計画が提示されている。神戸発電所3,4号機は神戸製鋼中期経営計画で導入見込みが提示されている。
- 常陸那珂火力はJERAが導入を目論む。茨城港周りのアンモニアサプライチェーン構築を加速させている。
- 周南パワーは既にバイオマス混焼に取り組む。2030年頃より、アンモニア混焼を狙う。

種別	発電所名	石炭火力発電量[kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導入計画	根拠	バーナーの配置	納入メーカー(タービン)	納入メーカー(ボイラー)
石炭火力	苫東厚真発電所4号機	700000	USC	2002	北海道電力株式会社	○	長期脱炭素電源オークション「苫東厚真4号機の脱炭素化ロードマップ」		三菱重工	IHI
石炭火力・バイオマス	常陸那珂火力発電所1号機	1000000	USC	2003	株式会社JERA	○	化学工業日報「燃料アンモニア30年国内需要300万トン現実味」、アンモニアサプライチェーンの構築について「茨城県産業戦略部技術振興局科学技術振興課」		三菱重工	三菱重工
石炭火力・バイオマス	常陸那珂火力発電所2号機	1000000	USC	2013	株式会社JERA	○			三菱重工	三菱重工
石炭火力	碧南火力発電所4号機	1000000	USC/バイオマス	2001	株式会社JERA	○	長期脱炭素電源オークション「碧南火力発電所4号機の脱炭素化ロードマップ」		東芝	IHI
石炭火力	碧南火力発電所5号機	1000000	USC/バイオマス	2002	株式会社JERA	○	長期脱炭素電源オークション「碧南火力発電所5号機の脱炭素化ロードマップ」		東芝	IHI
石炭	神鋼神戸発電所1,2号機	1400000	SC	2002	株式会社コベルコパワー神戸	○	長期脱炭素電源オークション「神戸発電所1号機の脱炭素化ロードマップ」 長期脱炭素電源オークション「神戸発電所2号機の脱炭素化ロードマップ」	1号機：A-PMバーナー A-MACT法による巡回燃焼	三菱重工（1号機）、日立（2号機）	三菱重工（1号機）
石炭	神鋼神戸発電所3,4号機	1300000	USC	2022	株式会社コベルコパワー神戸第二	○	KOBELCO「KOBELCOグループ中期経営計画（2024～2026年度）」		富士電機	IHI
石炭	周南パワー	300000	IGCC	2022	周南パワー株式会社	○	出光「『周南コンビナートアンモニア供給拠点整備基本検討事業』が経済産業省・資源エネルギー庁の「非化石エネルギー等導入促進対策費補助金（コンビナートの水素燃料アンモニア等供給拠点化に向けた支援事業）」に採択ー国内初・年間100万トン超のカーボンフリーアンモニアサプライチェーンの構築検討を開始しますー」 （株）日本格付け研究所「周南パワー株式会社のトランジション・ファイナンス・フレームワークにGreen1(T)(F)を付与」			
合計		7700000	(出所) 脱炭素電源オークション、アンモニアサプライチェーン構築・利用ワーキンググループ プレス配布用、神戸製鋼中期経営計画、JCR クライメート・トランジション・ファイナンス評価 などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成							



- 苫東厚真火力発電所4号機と5号機(仮)の脱炭素化ロードマップが以下の通り。
- 2030年代前半に4号機でアンモニア20%混焼、後半でアンモニア50%混焼で運転する見通し。
- 2030年代ではグレーまたはブルーアンモニアを利用、2040年代にグリーンアンモニアに切り替える。
- まだ建設されていない5号機(仮)では、2040年代にアンモニア専焼を計画している。



（出所）長期脱炭素電源オークション「苫東厚真4号機の脱炭素化ロードマップ」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

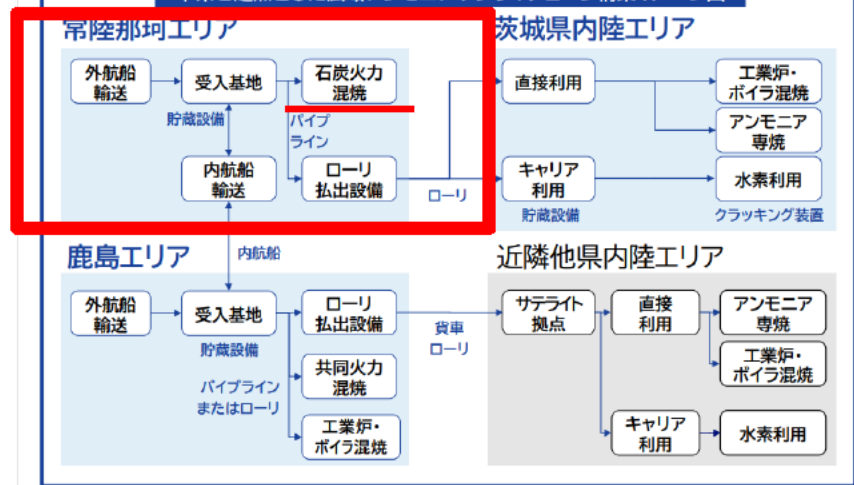
- JERAが茨城港で輸入拠点を整備している。
- 常陸那珂エリアでは石炭火力でのアンモニア混焼を計画。

茨城県 アンモニアサプライチェーンの構築

アンモニアサプライチェーン構築へのチャレンジ

- 常陸那珂及び鹿島エリアの石炭火力発電所等へのアンモニア混焼の実現のみならず、内陸部や近隣県も含めた広域サプライチェーン構築を目指す！

本県を起点とした広域アンモニアサプライチェーン構築イメージ図



（出所）アンモニアサプライチェーンの構築について「茨城県産業戦略部技術振興局科学技術振興課」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

JERAによる拠点整備

電力、水素供給網を先導

JERA、茨城で輸入拠点整備 他業種と調達、価格下げ

2024年10月17日 2:00 [会員限定記事]

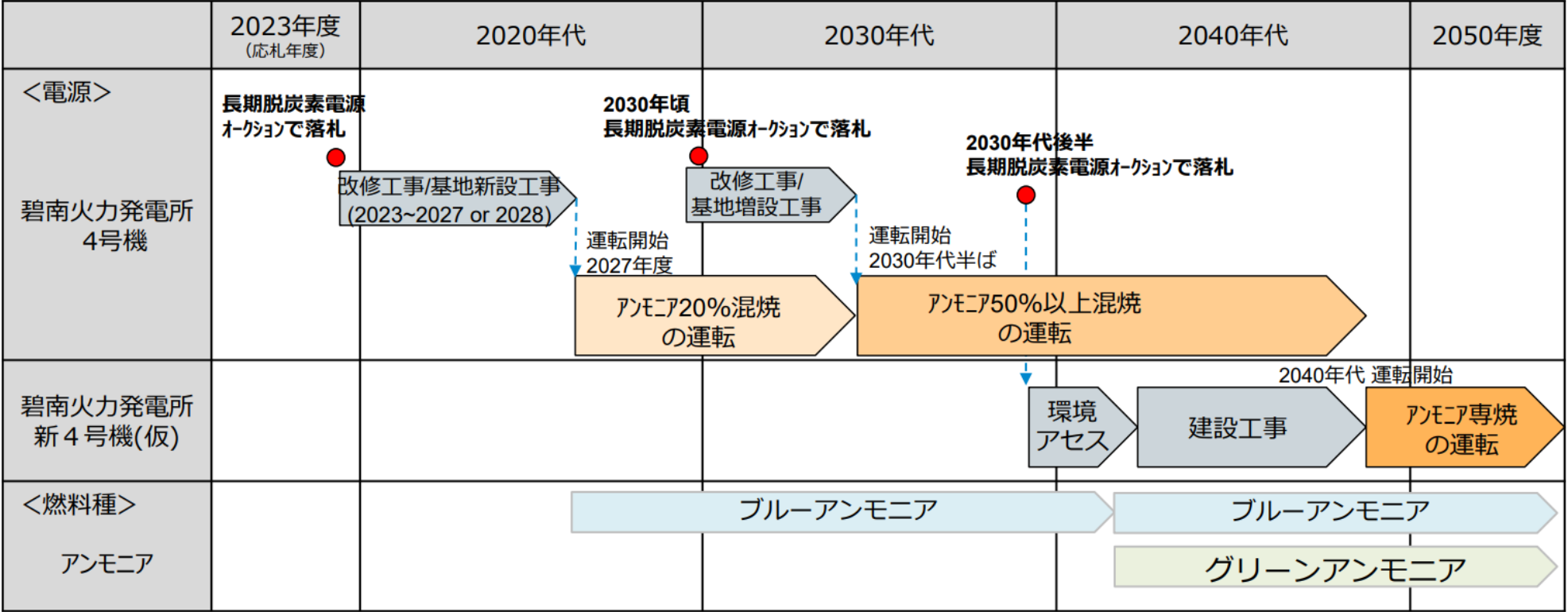


JERAなど電力大手が水素やアンモニアの調達・供給網の整備を急いでいる。輸入拠点の整備に加え周辺の企業にも供給網を広げ、大量調達で水素・アンモニアの価格を引き下げる。水素需要の3割は発電用になるとの試算もある。火力発電所の脱炭素化に加え、拠点周辺の企業を巻き込むことで国内の水素・アンモニアの普及をけん引する。

（出所）日本経済新聞「電力、水素供給網を先導 JERA、茨城で輸入拠点整備 他業種と調達、価格下げ」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



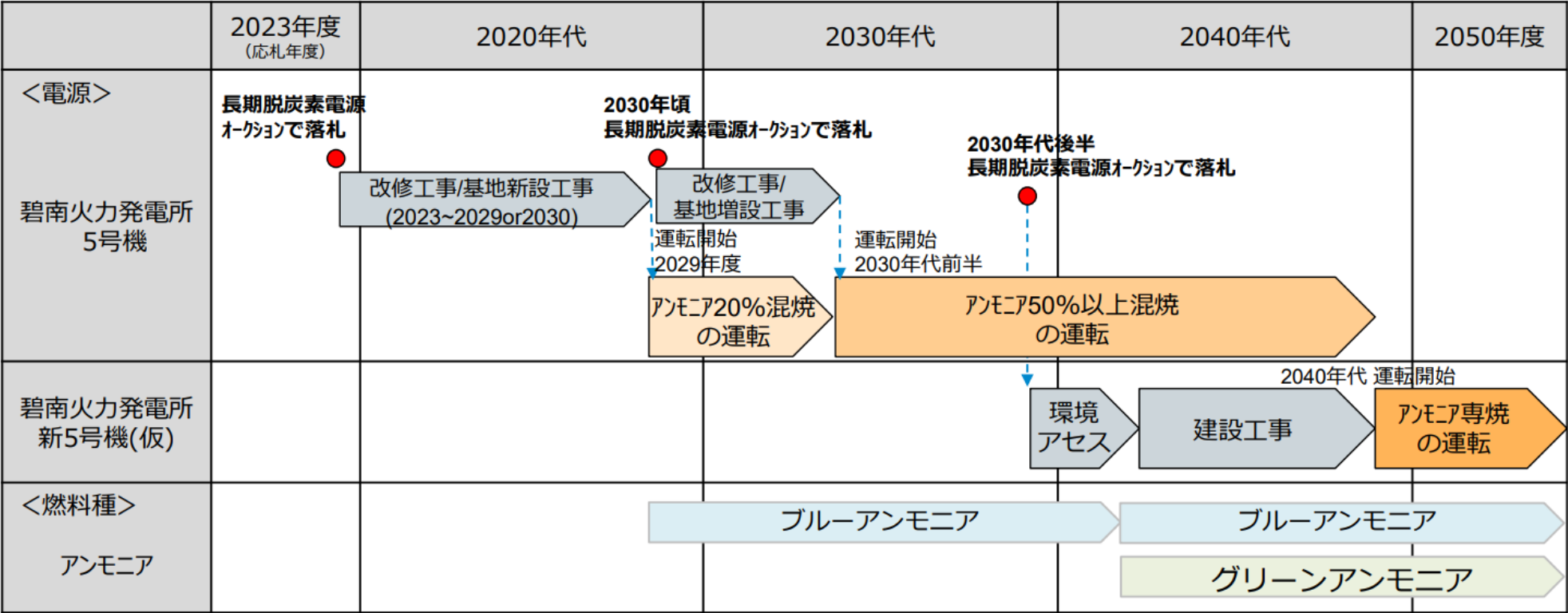
- 碧南火力発電所4号機の脱炭素化ロードマップは以下の通り。
- 2027年度にはアンモニア20%混焼で運転、2030年代半ばで50%以上混焼で運転する見通し。
- 2040年代前半までブルーアンモニアを利用、以降はブルーアンモニアとグリーンアンモニアを併用する計画。
- 2040年代に新4号機(仮)を建設、2040年代後半にはアンモニア専焼を計画している。



（出所）長期脱炭素電源オークション「碧南火力発電所4号機の脱炭素化ロードマップ」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



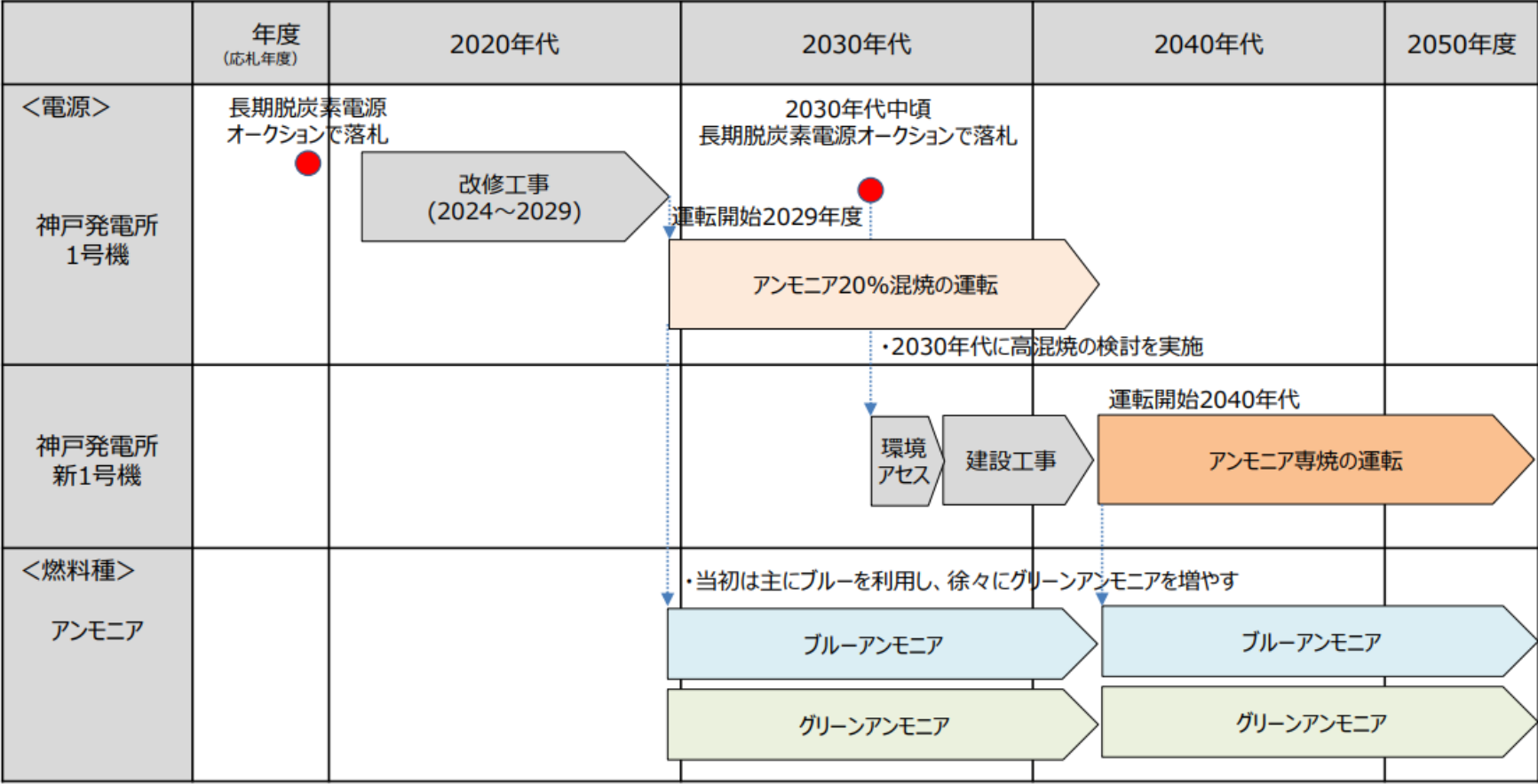
- 碧南火力発電所5号機の脱炭素化ロードマップは以下の通り。
- 2029年度には20%混焼で運転、2030年代前半でアンモニア50%以上混焼で運転する見通し。
- 2040年代前半までブルーアンモニアを利用、以降はブルーアンモニアとグリーンアンモニアを併用する計画。
- 2040年代に新5号機(仮)を建設、2040年代後半にはアンモニア専焼を計画している。



（出所）長期脱炭素電源オークション「碧南火力発電所5号機の脱炭素化ロードマップ」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



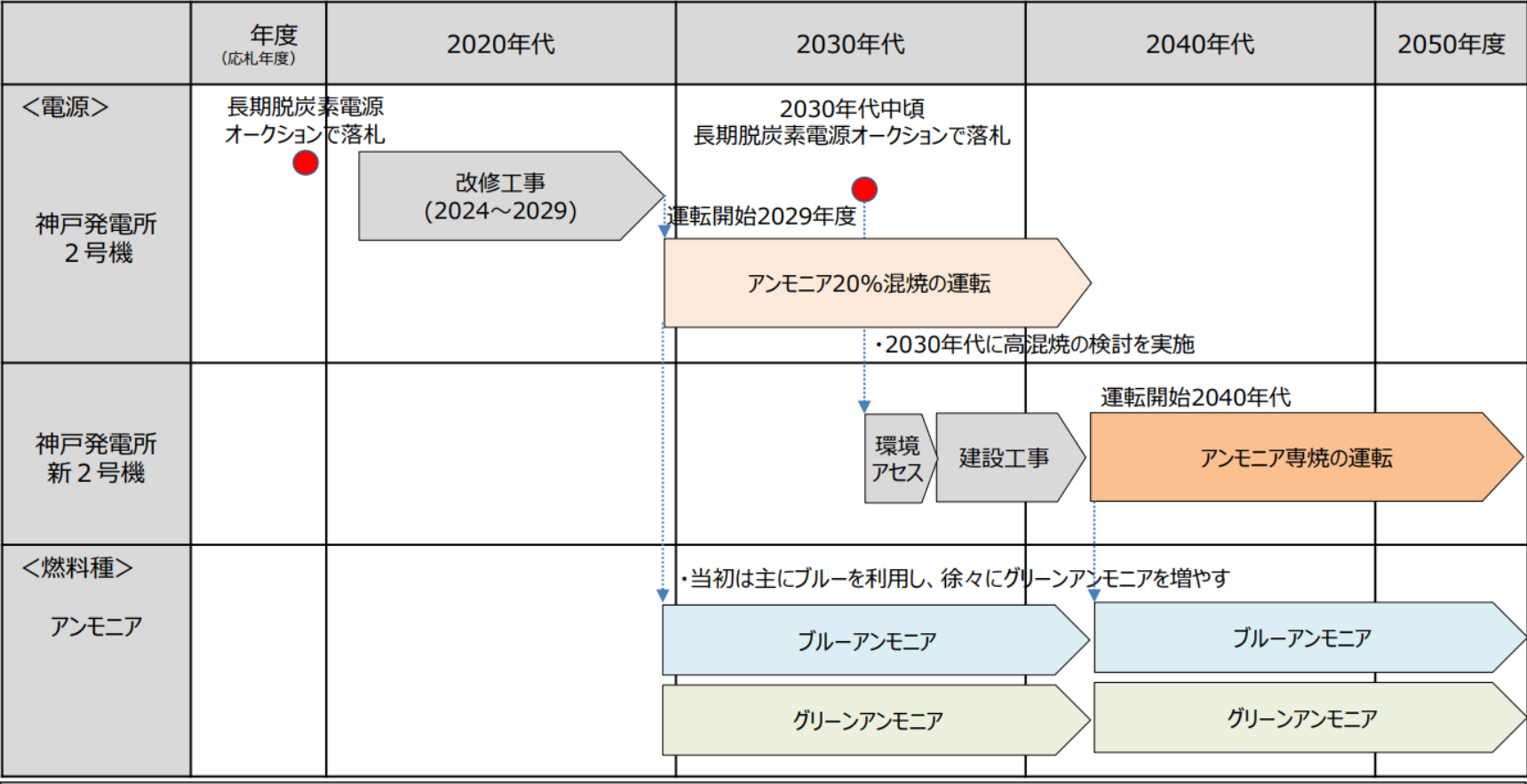
- 神戸製鋼 神戸発電所1号機の脱炭素化ロードマップは以下の通り。
- 2029年度には20%混焼で運転する見通し。
- 2029年度以降、ブルーアンモニアとグリーンアンモニアを併用する計画。徐々にグリーンアンモニアの量を増やす。
- 2040年代に新1号機を建設、アンモニア専焼を計画している。



（出所）長期脱炭素電源オークション「神戸発電所1号機の脱炭素化ロードマップ」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 神戸製鋼 神戸発電所2号機の脱炭素化ロードマップは以下の通り。
- 2029年度には20%混焼で運転する見通し。
- 2029年度以降、ブルーアンモニアとグリーンアンモニアを併用する計画。徐々にグリーンアンモニアの量を増やす。
- 2040年代に新2号機を建設、アンモニア専焼を計画している。



（出所）長期脱炭素電源オークション「神戸発電所2号機の脱炭素化ロードマップ」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 神戸製鋼 神戸発電所3,4号機の脱炭素化ロードマップは以下の通り。
- 2030年代にはアンモニア高混焼で運転する見通し。
- 2050年頃アンモニア専焼を計画している。



（出所）KOBELCO「KOBELCOグループ中期経営計画（2024~2026年度）」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 周南パワーの脱炭素化ロードマップは下表のとおり。
- 2030年頃にはアンモニア20%混焼、ブラックペレット50%混焼で運転する見通し。
- 2040年頃にはアンモニア50%混焼、ブラックペレット50%混焼で運転する計画。

主要な取り組み	排出係数推定	運転開始時と比較した削減率
運転開始時		
ホワイトペレット混焼率 20cal%	592gCO ₂ /kWh	—
（短期）2022～2023 年		
ホワイトペレット混焼率を 20cal%から 23cal%程度まで引き上げ バイオマス混焼率を FIT 制度対象上限の 29.3cal%まで引き上げ（ブラックペレット混焼率 6cal%程度を想定） ブラックペレット切り替えに向けた実証実験、調達計画の検討及び運転準備	525gCO ₂ /kWh	11%
（中期）2025 年		
ブラックペレット混焼率を 50cal%（又はホワイトペレット/ブラックペレットの混合による混焼率 50cal%）まで引き上げ アンモニア調達計画の検討、実証実験の準備	380～410gCO ₂ /kWh	～33%
（中長期）2030 年		
ブラックペレット混焼率 50cal%超かつアンモニア混焼率 20cal%超での運転（石炭炊き 30cal%上限とする想定） なお、ブラックペレット/アンモニア燃料比率は優位性によって調整することを前提とする。	<296gCO ₂ /kWh	50%>
（長期）2040 年		
ブラックペレット混焼率 50cal%かつアンモニア混焼率 50cal%での運転 なお、ブラックペレット/アンモニア燃料比率は優位性によって調整することを前提としている。	0gCO ₂ /kWh	100%

※ブラックペレット混焼率 50cal%+アンモニア混焼の CO₂ 排出原単位はバイオマス及びアンモニア混焼比率 1cal%引き上げ=排出量原単位 1%削減に該当することを前提に推定。

（出所）（株）日本格付け研究所「周南パワー株式会社のトランジション・ファイナンス・フレームワークにGreen1(T)(F)を付与」などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 橘湾発電所1,2号機と松島火力発電所2号機はJ-POWERグループ中期経営計画にて、2030年頃よりアンモニア導入計画が提示されている。
- 西条発電所は四国電力が導入を目論む。愛媛県今治市波方港周りのアンモニアサプライチェーン構築を加速させている。
- 九州電力は2030年頃のKPIでアンモニア20%混焼に向けた技術確立を目指している。松浦発電所2号機、苓北発電所1号機で実証に取り組む。

種別	発電所名	石炭火力発電量 [kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導入 計画	根拠	バーナー の配置	納入メーカー (タービン)	納入メーカー(ボイ ラー)
石炭	橘湾発電所1号機 (電源開発)	1050000	USC	2000	電源開発株式会社	△	J-Powerグループ「中期 経営計画 2024-2026」		東芝	東芝
石炭	橘湾発電所2号機 (電源開発)	1050000	USC	2000	電源開発株式会社	△	J-Powerグループ「中期 経営計画 2024-2026」		三菱重工	三菱重工
石炭	松島火力発電所2号機	500000	SC	1982	電源開発株式会社	△	J-Powerグループ「中期 経営計画 2024-2026」			
石炭・石油・木質バイオマス	西条発電所1号機	500000	USC	2023	四国電力株式会社	△	四国電力株式会社「よん でんグループ中期経営計 画2025の取り組み状況」			
石炭	松浦発電所2号機	1000000	USC	2019	九州電力株式会社	△	九州電力「松浦発電所に おいてアンモニア混焼試 験を実施します」			三菱重工
石炭	苓北発電所1号機	700000	USC	1995	九州電力株式会社	△	九州電力「苓北発電所に おいてアンモニア混焼試 験を実施します」			
合計		4800000								

(出所) 電源開発中期経営計画, 四国電力中期経営計画, 九州電力アンモニア混焼公開情報
などより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 電源開発の国内火力トランジションの方向性は以下の通り。
- 橘湾火力発電所1,2号機は2030年頃にアンモニア混焼、2035年度以降にアンモニア専焼予定である。
- 松浦火力2号機は2030年頃にアンモニアとCCSを導入する。
- 新規地点について、現時点では不明。

国内火力トランジションの方向性

本計画は、政府のGX政策(エネルギー基本計画・地球温暖化対策・NDC等)、電力需給状況、電力制度設計、産業発展の進捗等の前提条件に応じて随時更新・見直し・詳細化する

BLUE MISSION 2050 ロードマップに従い、非効率石炭火力をフェードアウトするとともに、高効率石炭火力も地点の特性を踏まえて最適な技術を選択し、電力安定供給に貢献しながら低炭素化・脱炭素化を図っていく



- 四国電力の脱炭素化の取り組みと、アンモニアサプライチェーンの構築方針は下表のとおり。
- 愛媛県今治市の波方ターミナルより水素を導入し、2030年頃のアンモニア混焼を目指す。

愛媛県 アンモニアサプライチェーンの構築

○ 火力電源は、供給力・調整力としての役割を担うことから、低炭素化・脱炭素化を図りながら活用してまいります。

■ 低炭素化の推進

- ・ 2030年頃のアンモニア混焼に向けて、設備改造や受入貯蔵設備等のフィージビリティスタディを進めています。また、アンモニアの受入拠点として立地条件に恵まれた愛媛県今治市の「波方ターミナル」を活用し、サプライチェーン構築を他事業者と検討しています。
- ・ このほか、LNG火力への水素混焼やCCS等についても導入の可能性を幅広く検討しており、技術・コスト面の課題解決に係る情報収集を実施しています。



波方ターミナルの立地



波方ターミナルの外観

三菱商事 今治市波方ターミナルの取り組み



三菱商事

Explore MC

会社情報

ニュース

サステナビリティ

投資家情報

採用情報

四国電力株式会社、太陽石油株式会社、太陽日酸株式会社、マツダ株式会社、三菱商事株式会社、波方ターミナル株式会社及び三菱商事クリーンエナジー株式会社は、愛媛県今治市所在の波方ターミナル^{*1}のクリーンエネルギー供給拠点化に向けた検討を行うべく、三菱商事株式会社と四国電力株式会社を共同事務局とする「波方ターミナルを拠点とした燃料アンモニア導入・利活用協議会」（以下、協議会）を設置することに合意しました。

なお、愛媛県、今治市、西条市、新居浜市、四国中央市にもオブザーバーとして協議会に参画頂きます。

協議会では、波方ターミナルの既存LPGタンクをアンモニアタンクに転換し2030年までに年間約100万トンのアンモニアを取り扱うハブターミナルにすることを想定の上、スケジュールや法規制上の課題の整理、効率的な波方ターミナルの活用、需要拡大策等について検討を行っていくこととしております。

日本政府による2050年カーボンニュートラル宣言以降、火力発電所におけるアンモニア混焼利用や、一般産業での熱電利用、水素ステーションでのアンモニアクラッキング技術^{*2}など、アンモニアに対する期待は高まっており、四国・中国地域においてこのようなアンモニアの利活用を進める上では、効率的なサプライチェーンの構築実現のため、ハブとなる供給拠点として波方ターミナルは重要な役割を担うことができると考えております。

波方ターミナルは、国内外から持ち込まれる年間約100万トンのLPG・石油製品を扱っており、40年間に亘りエネルギー拠点として活動してきた実績及び経験に加え、アンモニアタンクに転用可能な複数の大規模低温LPGタンク（45,000トン/基）や、大型船を着岸できるバース等、地域のアンモニア需要に早期に対応できるための設備を備えております。

（出所）四国電力株式会社「よんでんグループ中期経営計画2025の取り組み状況」、三菱商事「「波方ターミナルを拠点とした燃料アンモニア導入・利活用協議会」設置について」、四国電力株式会社「よんでんグループ 2050年カーボンニュートラルへの取り組みについて」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 九州電力でのアンモニア混焼試験は下表のとおり。
- 2030年頃にはアンモニア20%混焼に向けた技術確立を目指しており、その前段階として苓北発電所1号機での実証。



Press Release

2023 年 4 月 7 日
九州電力株式会社

苓北発電所においてアンモニア混焼試験を実施します — 石炭火力発電所における当社初のアンモニア混焼試験 —

当社は、苓北発電所 1 号機（石炭：70 万 kW）において 4 月 11 日より、当社初となるアンモニア^{※1}混焼試験を実施します。

当社は、2030 年 KPI^{※2}に「水素 1 %・アンモニア 20%の混焼に向けた検討・技術確立」を設定^{※3}しており、アンモニア混焼試験実施は上記 KPI 達成に向けた取組みの一つです。

この混焼試験は、燃料燃焼状態や設備への影響を確認するものであり、安全・安定運転に万全を期した上で実施します。

当社は、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、カーボンフリー燃料の混焼技術確立に向けた取組みを今後も積極的に進めてまいります。

（出所）九州電力「苓北発電所においてアンモニア混焼試験を実施します」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 九州電力でのアンモニア混焼試験は下表のとおり。
- 2030年頃にはアンモニア20%混焼に向けた技術確立を目指しており、その前段階として松浦発電所2号機での実証。



Press Release

2023 年 10 月 30 日

九州電力株式会社

松浦発電所においてアンモニア混焼試験を実施します

— 石炭火力発電所における当社2例目となるアンモニア混焼試験 —

当社は、11月2日から松浦発電所2号機（石炭：100万kW）において、燃焼時にCO₂を排出しないカーボンフリー燃料であるアンモニアを用いた当社2例目^{*1}となる混焼試験を実施します。

当社は、2030年KPI（Key Performance Indicator：重要業績評価指標）に「水素1%・アンモニア20%の混焼に向けた検討・技術確立」を設定^{*2}しており、アンモニア混焼試験の実施は、このKPI達成に向けた取組みの一つとしています。

この混焼試験においては、燃焼状態や設備への影響を確認することとしており、安全・安定運転に万全を期したうえで実施します。

当社は、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、今後もカーボンフリー燃料の混焼技術確立に向けた取組みを積極的に進めてまいります。

（出所）九州電力「松浦発電所においてアンモニア混焼試験を実施します」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 下表の発電所は発電型式が新型（USC,IGCC）またはバイオマス混焼に取り組んでいる。
- USCは高効率かつ比較的新しいため、今後アンモニア導入が検討される可能性。

種別	発電所名	石炭火力発電量 [kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導 入計画	根拠	バーナーの配 置	納入メーカー(ター ビン)	納入メーカー(ボイ ラー)
石炭火力	能代火力発電所2号機	600000	USC	1994	東北電力株式会社	—				
石炭火力	能代火力発電所3号機	600000	USC	2020	東北電力株式会社	—			東芝	
石炭火力	原町火力発電所1号機	1000000	USC	1997	東北電力株式会社	—			東芝	三菱重工
石炭火力	原町火力発電所2号機	1000000	USC	1998	東北電力株式会社	—			日立	三菱重工
石炭火力	広野火力発電所5号機	600000	USC	2004	株式会社JERA	—			三菱重工	三菱重工
石炭火力	広野火力発電所6号機	600000	USC	2013	株式会社JERA	—				
石炭	横須賀火力発電所1号機	650000	USC	2023	株式会社JERA	—			三菱重工	三菱重工
石炭	横須賀火力発電所2号機	650000	USC	2024	株式会社JERA	—			三菱重工	三菱重工
石炭火力	碧南火力発電所1号機	700000	SCI/バイオマス	1991	株式会社JERA	—				
石炭火力	碧南火力発電所2号機	700000	SCI/バイオマス	1992	株式会社JERA	—				
石炭火力	碧南火力発電所3号機	700000	USC/バイオマス	1993	株式会社JERA	—				IHI
石炭・バイオマス	武豊火力発電所5号機	1070000	USC	2022	株式会社JERA	—				
石炭火力	七尾大田火力発電所1号機	500000	USC	1995	北陸電力株式会社	—				三菱重工
石炭・バイオマス	七尾大田火力発電所2号機	700000	USC/バイオマス	1998	北陸電力株式会社	—				
石炭・バイオマス	敦賀火力発電所2号機	700000	USC/バイオマス	2000	北陸電力株式会社	—				
石炭火力	舞鶴火力発電所1号機	900000	USC	2004	関西電力株式会社	—				
石炭火力	舞鶴火力発電所2号機	900000	USC	2010	関西電力株式会社	—			東芝	
石炭・バイオマス	三隅発電所1号機	1000000	USC	1998	中国電力株式会社	—				三菱重工
石炭・バイオマス	三隅発電所2号機	1000000	USC	2022	中国電力株式会社	—				
石炭	大崎発電所1-1号	250000	IGCC	2017	中国電力株式会社	—				
石炭	新小野田発電所1号機	500000	SCI/バイオマス	1986	中国電力株式会社	—				
石炭	新小野田発電所2号機	500000	SCI/バイオマス	1987	中国電力株式会社	—				
石炭	橋湾発電所	700000	USC	2025	四国電力株式会社	—				
石炭	荻北発電所2号機	700000	USC	2003	九州電力株式会社	—				
石炭	金武火力発電所	440000	Sub-CI/バイオマス	2002	沖縄電力株式会社	—				
石炭	具志川火力発電所	312000	Sub-CI/バイオマス	1994	沖縄電力株式会社	—				
石炭	磯子火力発電所	1200000	USC	2002	電源開発株式会社	—				
石炭	新居浜西火力発電所	300000	Sub-CI/バイオマス	1959	住友共同電力株式会社	—				
石炭	壬生川火力発電所	250000	Sub-CI/バイオマス	1975	住友共同電力株式会社	—				
石炭	宇部興産発電所	361000	Sub-CI/バイオマス	2004	UBE三菱セメント株式 会社	—				
石炭	名古屋発電所	259000	Sub-CI/バイオマス	2000	中山名古屋共同発電株 式会社	—				
石炭	釜石火力発電所	149000	Sub-CI/バイオマス	2000	日本製鉄株式会社	—				
石炭	三菱レイヨン大竹発電所	147400	—	—	三菱ケミカル株式会社	—				
石炭	福島復興IGCC(広野)	543000	IGCC	2021	広野IGCCパワー合同会 社	—			三菱重工	三菱重工
石炭	福島復興IGCC(勿来)	543000	IGCC	2020	勿来IGCCパワー合同会 社	—			三菱重工	三菱重工
合計		21724400								

(出所) 各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 下表の発電所は発電型式が旧型（Sub-CまたはSC）で、リプレースまたは廃止の可能性が高いと史料。
- ただし四国電力・西条発電所2号機は愛媛県のアンモニアサプライチェーン計画範囲内、九州電力・松浦発電所1号機は付近の2号機でアンモニア混焼実証が実施されている。電源開発が1982年運転開始、松島火力2号機（型式SC）で混焼計画をたてていることから、今後の導入に関しては注視する必要がある。

種別	発電所名	石炭火力発電量 [kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導入計画	根拠	バーナーの配置	納入メーカー(タービン)	納入メーカー(ボイラー)
石炭火力	苫東厚真発電所1号機	350000	Sub-C	1980	北海道電力株式会社	×	旧型式		東芝	三菱重工
石炭火力	苫東厚真発電所2号機	600000	SC	1985	北海道電力株式会社	×	旧型式		三菱重工	IHI
石炭火力	能代火力発電所1号機	600000	Sub-C	1993	東北電力株式会社	×	旧型式			
石炭火力	富山新港火力発電所石炭1号機	250000	Sub-C	1971	北陸電力株式会社	×	旧型式			
石炭火力	富山新港火力発電所石炭2号機	250000	Sub-C	1972	北陸電力株式会社	×	旧型式			
石炭火力	敦賀火力発電所1号機	500000	SC	1991	北陸電力株式会社	×	旧型式			
石炭・石油・木質バイオマス	西条発電所2号機	250000	Sub-C	1970	四国電力株式会社	×	旧型式			
	松浦発電所1号機	700000	SC	1989	九州電力株式会社	×	旧型式			
石炭	石川石炭火力発電所	312000	Sub-C	1986	電源開発株式会社	×				
石炭	新地火力発電所	2000000	SC	1994	相馬共同火力発電株式会社	×	旧型式		三菱重工	三菱重工
石炭	勿来火力発電所	1700000	Sub-C	1970	勿来IGCCパワー合同会社	×	旧型式			
石炭	酒田火力発電所	700000	Sub-C	1977	酒田共同火力発電株式会社	×	旧型式			
石炭	糸魚川火力発電所	149000	Sub-C	2001	糸魚川発電株式会社	×	旧型式			
石炭・バイオマス	広畑火力発電所	149000	Sub-C	1989	広畑バイオマス発電株式会社	×	旧型式			
石炭	釧路工場発電所	145000	Sub-C	2004	日本製紙株式会社	×	旧型式			
石炭	高知工場第一発電所	122500	Sub-C	1986	住友大阪セメント株式会社	×	旧型式			
石炭	新居浜東火力発電所	29600	Sub-C	1969	住友共同電力株式会社	×	旧型式			
石炭	鹿島火力（日本製鉄）	522000	SC	2007	日本製鉄株式会社	×	旧型式			
石炭	徳山製造所中央7,8,9号機	372000	Sub-C	1963	株式会社トクヤマ	×	旧型式			
石炭	徳山製造所東2号機	145000	Sub-C	1999	株式会社トクヤマ	×	旧型式			
合計		9846100								

（出所）各種公開情報より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 九州電力の 苅田発電所新 1 号機は廃止が決定している。
- 電源開発は旧式火力の休廃止を積極的に推進。高砂火力1,2号機と松浦火力1号機を廃止する。竹原火力3号機と松浦火力1号機的一方を廃止、片方を休止としている。
- 三池火力発電所は、水素混焼リプレースを実施する計画。

種別	発電所名	石炭火力発電量 [kW]	型式	運転開始年	発電事業者	2030年頃アンモニア導 入計画	根拠	バーナーの配置	納入メーカー(タービ ン)	納入メーカー(ボイ ラー)
石炭	苅田発電所新1号機	360000	PFBC	2001	九州電力株式会社	× ×	九州電力「豊前発電所2号機及び苅田発 電所新1号機の廃止を決定しました」			
石炭	竹原火力発電所3号機	700000	SC	1983	電源開発株式会社	× ×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電 所5基を休廃止 2030年度までに」		東芝	
石炭	松島火力発電所1号機	500000	SC	1981	電源開発株式会社	× ×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電 所5基を休廃止 2030年度までに」			三菱重工
石炭	三池火力発電所	175000	—	—	CEF2株式会社	× ×	長期脱炭素電源オークション「三池発電 所 2・3号機の脱炭素化ロードマップ」			
石炭	松浦火力発電所1号機	1000000	SC	1990	電源開発株式会社	× ×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電 所5基を休廃止 2030年度までに」			
石炭	高砂火力発電所1,2号 機	500000	Sub-C	1968	電源開発株式会社	× ×	日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電 所5基を休廃止 2030年度までに」			
合計		3235000								

(出所) 電源開発中期経営計画、脱炭素電源オークションなどより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



■ 九州電力は出力を柔軟に変更できないとして、苅田発電所1号機を廃止する計画。

2024年9月27日
九州電力株式会社

豊前発電所2号機及び苅田発電所新1号機の廃止を決定しました

当社は、豊前発電所2号機（福岡県豊前市、50万kW、重原油）及び苅田発電所新1号機（福岡県京都郡苅田町、36万kW、石炭）の廃止を決定しましたのでお知らせします。

豊前発電所2号機については、設備の高経年化が進展していること、また、苅田発電所新1号機については、出力を柔軟に調整することができない設備であり、昨今の再エネ導入進展に伴い、調整電源としての役割を果たすことが難しくなったことから廃止します。

今後、必要な工事を実施し、豊前発電所2号機は2026年3月、苅田発電所新1号機は2026年6月に廃止する予定です。

これまで豊前発電所及び苅田発電所の運営にご理解・ご協力をいただきました地域の皆さま、関係者の皆さまには改めて深く感謝申し上げます。

九電グループは、カーボンニュートラルの実現に向けて、CO₂排出量の少ない最新鋭の高効率ガスコンバインドサイクル発電所の開発による火力電源の低炭素化や、洋上風力をはじめとした再エネ電源の開発等を積極的に進め、電力の安定供給と電源の低・脱炭素化の両立に努めて参ります。

（出所）九州電力「豊前発電所2号機及び苅田発電所新1号機の廃止を決定しました」
より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

- 電源開発の国内火力トランジションの方向性は以下の通り。
- 松島火力発電所1号機は2024年度に廃止、高砂火力発電所1,2号機は2030年以前に廃止予定である。
- 竹原火力3号機と、松浦火力1号機は2030年度頃休廃止か予備電源化する。

国内火力トランジションの方向性

本計画は、政府のGX政策(エネルギー基本計画・地球温暖化対策・NDC等)、電力需給状況、電力制度設計、産業発展の進捗等の前提条件に応じて随時更新・見直し・詳細化する

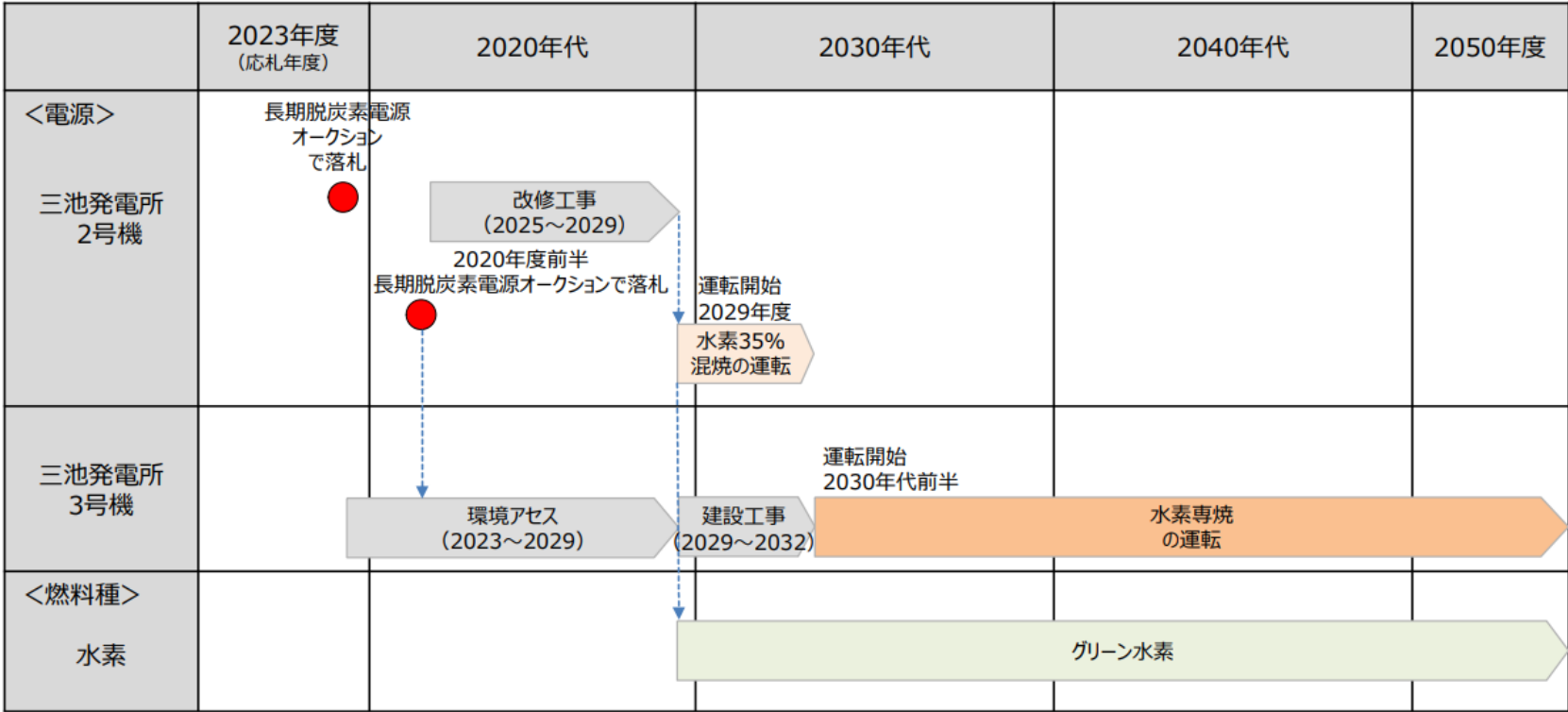
BLUE MISSION 2050 ロードマップに従い、非効率石炭火力をフェードアウトするとともに、高効率石炭火力も地点の特性を踏まえて最適な技術を選択し、電力安定供給に貢献しながら低炭素化・脱炭素化を図っていく



(出所) J-Powerグループ「中期経営計画 2024-2026」、日本経済新聞「Jパワー、石炭火力発電所5基を休廃止 2030年度までに」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



- 三池火力発電所の脱炭素化ロードマップは以下の通り。
- 2029年度には水素35%混焼で運転する見通し。
- 2030年台前半には水素専焼する計画。燃料にはグリーン水素を利用としている。



（出所）長期脱炭素電源オークション「三池発電所2・3号機の脱炭素化ロードマップ」より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成



②政策イベント、協議会等の運営

■ 本年度はモビリティ水素官民協議会を以下の日程で全2回開催した。

回数	開催日程	課題
第6回	2024年9月12日	● モビリティ分野における水素の普及 に向けた施策の検討について（事務局） ● 企業・自治体プレゼンテーション（CJPT、JHyM、東京都、愛知県） ● 委員ご意見伺い
第7回	2025年1月16日	● 燃料電池商用車普及拡大に向けた重点地域選定の進め方と支援の方向性について（事務局） ● 委員ご意見伺い

次ページ以降に協議会での主なご意見を記載

テーマ	主なご意見（一部抜粋）
FC車両に関するご意見	● 燃料電池はマルチパスウェイの一つ。車両のセグメントに応じて期待度も変わってくる。大型CN車両の選択肢は限られ、燃料電池への期待は高い。他方小型車両のCN化では大型化より選択肢が広いと認識。今後、世の中の変化に応じた柔軟迅速な対応がOEMとして必要と考えている。 ● グローバルなサプライチェーンが加速している中、水素を作る方には強力な支援があるが、末端までとの時間差が生じている中、各国では水素価格が高止まりしている。BEVの先行事例を考えても線形的に市場が形成されていくというよりも、あるタイミングで指数的に普及が加速すると予想。 ● 現在のシステムは元々、乗用車中心に開発したシステムだが、商用車は使われ方が違う。車両開発に沿ってより耐久性に優れ、低コスト・コンパクトなFCシステムの開発を目指す。 ● 約20台のFC小型トラックを利用している。車両は非常に使いやすく、エアコン等を使用しても車両の音がとても静かなため酷暑対策にもなると感じている。他方、充填時間やダウンタイム解消の課題など、負担増のみでは進めがたいというのが率直な意見である。 ● 幹線での脱炭素のため大型FCトラックを使っている。ディーゼル車と比べて乗務員の負担が少ないなど効果があり、有効と認識している。ユーザー側としては車両やスタンドの使い勝手、ダウンタイムなど物理的な側面や、コストを荷主であるお客様に転嫁できる状況ではないという課題がある。 ● 大型のFC車両を導入する計画の話をしているが、車両のスペックが高床トラックとなっていて、受入施設側の改築等が必要となり、展開にあたって拡張性に課題がある。

テーマ	主なご意見（一部抜粋）
水素ステーションに関するご意見	● 大型商用ステーションは、これまでのステーションよりも大きな設備が必要。また、安定供給するためには、設備の冗長性も必要である。コストについてはさらに厳しくなると想定される。水素ステーションの改善には技術が重要であるが、技術的な側面を運営事業者のみで解決することは非常に難しく、諸々のメーカー、工事会社の力が必要である。メーカー、工事会社も体制に入れた支援を検討頂けるとありがたい。 ● 水素ステーションは非常に厳しい。課題の一つはコストである。他には、都市部固有の課題として地価が高い東京などでは用地確保が難しい。ステークホルダー、物流事業者と協力して解決策を考えたい。
FC車両、水素ステーションの利用者側のご意見	● 福島県で移動販売車両を水素化、名古屋市熱田でシャトルバスの水素対応をしている。全国で移動販売車両、シャトルバスを展開しているので、今後、水素化が少しでも拡大できればよいと考える。 ● サスティナブルな輸送を念頭に、電気自動車を使用して顧客へ配送しているが、輸送における脱炭素化には水素も検討する必要がある。倉庫から店舗には大型車、コンテナを基本使っている中、大型車両に対しての導入、インフラ、コストが課題と考えている。今後、運送事業者とスタディをしながら、導入にあたりどこまでコスト面を抑えていけるかが課題。 ● 輸送の6割程度を小型車に頼っているが、大型車はFCVが解決策の軸と認識。課題は、ステーションの数とその前提となる生産性、水素コストである。特定地域でどこまで生産性を高められるのか、ステーションの利用時間平準化に協力しながら、生産性がどこまで上げられるか、パートナーと検討する。 ● 荷主に準じる立場としては、車両スペック、インフラ、コストの課題が有り、合意形成が進まないという事実がある。荷主の立場でパートナーと一緒にコース組み換えなどを工夫しつつ、FC小型トラック導入拡大にスピード感をもって対応していきたい。店舗が全国にあるので、重点地域で配送したく、自治体とも連携したい。 ● 車両価格、水素燃料価格の削減、配送会社に近い場所で新規ステーションの設立など加速をして頂けると、モビリティ水素社会に一步近づけるように思う。 ● 年次で予算を確保する中で、水素燃料は軽油のような相場変動ではないこと、ステーション事業者毎に燃料単価が異なること、期中に値上げがあること等に課題を抱えている。

テーマ	主なご意見（一部抜粋）
重点地域の選定の進め方へのご意見	● 長距離輸送車両では車両登録地と使用地が異なると想定され、重点地域の周辺地域への拡大に賛同したい。他方、連携により申請や運用が煩雑になることと予想され、逆に普及のハードルとならないような仕組みの検討が必要だと考える。 ● 重点地域について、地域連携の提案については非常に有効で前向きに捉えている。幹線物流では近隣との連携も必要と考えており動きが取りやすくなる。他方、近隣県同士でエリアを作る、目標管理の難しさなどもあるかと思うが、制度に落とす必要がある。 ● 重点地域の周辺地域への拡大は取組が重点地域だけに閉じ込めることなく、その後の展開を見据えた素晴らしい提案だと考える。 ● 重点地域の対象地域を周辺地域へ拡大するのは大変良い取り組みと思う。自治体の様々なご意見もぜひ吸い上げていただければと思う。 ● 重点地域を絞り込み、そこに手厚く補助を構えていただけるのは事業者として有り難い。広く地域をカバーすると需要が散逸してしまい、力の入れどころが難しいところがあるため、絞り込み自体に大きな意味があると感じる。 ● 重点地域に需要集中するモデルはステーション事業者として有り難い。需要平準化が非常に重要なので、需要が集中する形を取っていただけるのは有り難い。 ● 商用車普及に向けた重点地域への補助は非常に有り難い。特に昨年から24時間365日の商用ステーションを運営する中、今回の支援は運営費の上昇を一部カバーできるということで非常に有り難い。固まった需要を創出する意味では、都道府県をまたぐが同一エリアも国内にいくつかあり、広域で重点地域を考えられると非常に有り難い。 ● 重点地域については、いかに高稼働率の施設を作っていくか、自治体と言うよりは交通の要衝（ホットスポット）がどこなのかという点が実行においてのキーになると思う。各社時間単位の交通情報を統合して高稼働率を期待できるホットスポットを特定可能と思うので、そうした活動ができれば大変有り難い。

テーマ	主なご意見（一部抜粋）
重点地域の選定の進め方へのご意見	● 長距離輸送を考えると、例えば、神奈川-大阪で500kmを超える運行を考えた時に、現行のFCVでは途中で充填が必要かと思う。このような例も踏まえて、経路充填も考慮した自治体選定が必要と思う。 ● 重点地域に手厚くサポートいただき、非常に有り難い。集中的に注力できるのは大きなメリット。EVと比べてFCVは長距離輸送に強みと認識。都道府県、エリアをまたいでインフラ整備が必要かと思う。 ● 重点地域への補助、地域選定しやすく社内でも検討を進めやすく感じた。コストの部分が大きな課題と感じており、重点地域選定・集中支援でより使いやすい水素ステーションが整備され、トラックを導入しやすく考えていけると思う。 ● 重点地域の選定について、自治体の動きが活発になってきていると感じている。周辺エリア含めて、というのは非常に有り難い。 ● 隣接する都道府県にも広げての重点地域選定は良い取り組みである。水素ステーションへの支援も有り難く、商用車の普及が拡大されると期待。 ● 重点地域で成功事例を作るために、状況に応じた臨機応変な支援策変更や、インセンティブ導入検討いただけると導入も加速するのではないかと考える。

テーマ	主なご意見（一部抜粋）
支援策へのご意見	● FCシステムを供給する立場で申し上げると車両の燃費を上げることでディーゼルパリティに向けて貢献が可能と考える。台数、車両販売価格の記載があるが、車両燃費向上とセットで供給させていただきたい。 ● 重点地域での追加的支援も、商用車の課題はいかにTCOを下げ、物流事業者に既存車両同様に使っていただけるかであるので、大きな後押しになると思う。 ● 水素ステーションへの補助についても非常に有効と考えているが、物流事業者にインセンティブが行き渡るようなルールが必要と考える。 ● 水素ステーションへの補助を新たにご提案、物流事業者が水素トラックを導入していけるような方策を考えていただきありがたい。水素ステーションへの補助以外にも高速料金割引などのインセンティブがあるとより普及が加速するのではないかと思った。 ● ユーザー目線で現在の水素ステーションは充填能力が十分ではなく、能力増強が必要かと思う。それもメニューに入れていただけており、今あるステーションをパワーアップさせることも検討しやすくなる。 ● 水素の単価、水素1kgあたりどれぐらいの燃費か、この改善もご言及いただいたが、ユーザーも関心高いところと認識。 ● 車両価格、水素価格、これらコストの面が大きなネックと感じている中、補助金拡充は非常に有り難いが、車両開発される団体、水素ステーションの団体へも補助いただき、今後のコストダウンに繋がればと考える。

ともに挑む。ともに実る。

MIZUHO



二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和6年度エネルギー需給構造高度化対策調査等事業
(水素等の政策立案に係る調査・分析等事業) 報告書

委託事業名 令和6年度エネルギー需給構造高度化対策調査等事業
(水素等の政策立案に係る調査・分析等事業)

受注事業者名 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

頁	図表番号	タイトル
9		主要な電解槽メーカーの整理
25		共同声明「2025年までに水電解装置17.5GW/年の生産規模実現」の 発表機関
33		水電解装置の導入状況・発表済計画
34		水電解装置の生産能力
42		発表済の水電解導入計画
42		発表済の水電解生産計画
43		AEMへの注目
44		Verdagysの大型AEM水電解
44		Verdagysのセル
45		水電解水素製造のコスト低減の方向性
46		コスト低減に向けたR&Dの方向性（米国の例）
48		水素製造コストの見通し
49		コスト低減のために電解槽に求められる技術開発
49		1\$/kgに至るシナリオの例
50		Fraunhoferによる2020年⇒2030年のアルカリ形水電解コスト見通 し（スタック）
52		Fraunhoferによる2020年⇒2030年のPEM水電解コスト見通し（ス タック）
57		停止回数の分析例（風力発電直結）
60		発表済み導入計画（IEA）
63		PFAS規制検討の流れ
64		Nel HydrogenのPFAS規制のリスク評価
64		PFAS規制への東レの対応方針
65		最近の炭化水素系電解質膜の性能
66		東レの炭化水素膜の電解性能、耐久性
66		炭化水素膜の量産計画
69		AEM水電解の利点（EvolOHのNautilus）
69		AEM水電解のTRL
70		KOH濃度が電解性能におよぼす影響
70		アルカリ濃度低減時のアイオノマーへの影響
72		IEA Net Zeroシナリオでの水素利用量見通し
72		IEA Net Zeroシナリオでの水素供給量見通し
73		Thyssenkruppの水電解装置開発ロードマップ
76		アルカリ水電解のバリューチェーンとThyssenkrupp社の注力領域
77		アルカリ水電解のバリューチェーンとThyssenkrupp社の注力領域

(様式2)

78	旭化成のアルカリ水電解での取り組みと事業展開の計画
78	旭化成のアルカリ水電解での市場のセグメント・ターゲット
79	セルの状態分析や経済性評価アルゴリズム
79	ソフト導入による交換回数の低減
80	旭化成のアルカリ水電解事業戦略
81	Siemens Energyの水電解装置開発ロードマップ
84	Siemens EnergyのPEM水電解の開発ターゲット
85	東レのPEM水電解での取り組みとCCM生産の計画
86	カナデビア（旧 日立造船）のPEM水電解での取り組みとGI基金事業で開発の水電解性能
87	PEM水電解 主要企業の取り組み事例
90	Enapterの現状、将来見通し
90	Enapterの製品開発計画
91	Enapter社HP記載の図
91	Enapterの2.4kWモジュール
92	Verdagの大型AEM水電解
92	Verdagのセル
93	VerdagのAEM水電解の構造（Verdag特許より）
94	Cipher NeutronのAEM水電解
94	耐久運転事例
95	AEM水電解ロードマップ（三菱重工）
95	数百kWのセルスタック（kWクラス）の性能
97	アニオン交換膜の高耐久事例（Dioxide Materials）
98	アニオン交換膜の高耐久事例（Ionomr、Evonik）
99	DURAION（Evonik）の諸元、性能
101	100kWのテストシステムの運転実績（DOEプロジェクト）
101	グリーンアンモニア製造における排熱利用
102	SunfireのSOEC “HyLink”（現状、目標）
102	MultiPLHYプロジェクト概念図
103	プロジェクト概念図、電力調達方式
104	CSAスタック
104	CSAスタックを用いたアプリケーション
105	Ceres Powerの金属支持型セル
105	On/Offサイクル試験の結果
106	Ceres PowerのSOEC開発タイムライン
106	定常運転の結果
107	運転条件
107	試験結果
109	パワエレ機器の電流-力率の例
110	機器別の電圧-電流リップルの関係
110	電流リップルの電解槽への影響（PEM）
111	Plug Powerによる要望
115	EUにおける大型ZEVトラックの販売台数
115	EUにおけるZEVバスの販売台数
118	水素トラックの普及推進プロジェクトのパートナー各社
118	戦略的欧州横断輸送ネットワーク（TEN-T）回廊
133	グローバルでの水素ステーション導入状況
134	グローバルでの水素ステーション導入状況（2024年末時点）

(様式2)

138		パリ向け水素燃料プロジェクト (the Hydrogen Fuel for Paris project) の一環で設置される水素燃料補給ステーション
151		脱炭素化に向けた動向 (トラック)
153		脱炭素化に向けた動向 (乗用車)
157		クリーン水素需要ポテンシャル
160		Hydrogen Shot
160		インフラ投資法 (2021) における水素関連アクションプラン
162		水素製造におけるIRAのインセンティブ
166		米国の政策動向「米国への投資」アジェンダ、金額と支援団体
169		インフレ抑制法(IRA)とインフラ投資・雇用法(IIJA)の停止
171		クリーン水素需要ポテンシャル
179		General Innovation Fund Call支援予算配分表
182		水電解10GW導入の手段
185		2030年のフランスのクリーン水素導入目標
186		IPCEI HyTech採択企業・サイト
188		オランダの水素パイプライン整備計画
192		イギリスの水素需要見通し
195		輸送の位置関係 (イギリス・スコットランドとドイツ・エムデン港)
196		スイスの水素需要
198		水素製造・利用に関する戦略
200		2024年度に「カナダのための水素戦略」の進捗報告が発表
202		オーストラリアの水素使用先 (百万トン)
203		5年ごとの水素生産目標
203		2050年までの水素製造シナリオと水素生産目標
204		輸出目標と伸びしろ
205		2050年までの水素価格分析
210		シンガポールのエネルギー転換構想
214		主要サプライヤー (2021)
216		大型のグリーン水素製造プロジェクト一覧
217		地方政府の動向
222		サラワク州での取り組み
224		水素製造容量見通し
225		台湾の政策動向 予算内訳
226		水素需要の見通しとグリーン水素の潜在シェア
228		SIGHTスキームの落札結果
229		SIGHTスキームの落札結果
238		苫東厚真火力発電所4号機 (北海道電力) 脱炭素化ロードマップ
239		茨城県 アンモニアサプライチェーンの構築
239		JERAによる拠点整備
240		碧南火力発電所4号機 (JERA) 脱炭素化ロードマップ
241		碧南火力発電所5号機 (JERA) 脱炭素化ロードマップ
242		神戸発電所1号機 (コベルコパワー神戸) 脱炭素化ロードマップ
243		神戸発電所2号機 (コベルコパワー神戸) 脱炭素化ロードマップ

(様式2)

244		神戸発電所3, 4号機（コベルコパワー神戸第二）脱炭素化ロードマップ
245		周南パワーの脱炭素化ロードマップ
247		橘湾火力1, 2号機、松浦火力2号機（電源開発）トランジションのイメージ
248		愛媛県 アンモニアサプライチェーンの構築
248		三菱商事 今治市波方ターミナルの取り組み
249		苓北発電所1号機（九州電力）苓北発電所においてアンモニア混焼試験を実施します
250		松浦発電所2号機（九州電力）松浦発電所においてアンモニア混焼試験を実施します
254		苅田発電所1号機（九州電力）豊前発電所2号機及び苅田発電所1号機の廃止を決定しました
255		高砂火力, 松島火力1号機, 竹原火力3号機, 松浦火力1号機（電源開発）トランジションのイメージ
256		三池火力（CEFH2株式会社）脱炭素化ロードマップ