

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／
燃料電池・水素技術開発ロードマップに関する検討（水電解技術開発ロードマップ）

団体名：みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社
発表日：2025年7月15日

■ 背景と目的

- 【背景】
- 水電解装置は、再生可能エネルギー（以下、再エネ）を利用して水素を製造し、Power to X（熱需要や基礎化学品の製造も含む）という形で余すことなく活用することができ、再エネの導入促進への貢献が期待される。一方、水電解による水素製造コストは依然として高く、さらなる低コスト化に向けた評価・実証や技術開発の推進が必要。
- ・ 系統を介した再エネ利用において系統混雑緩和、調整力提供などの付加価値の創出が鍵、カーボンニュートラル実現を目指した電力システムへの移行が重要。
 - ・ 電力を最大限活用するため、起動停止や変動運転への対応が求められる。加速耐久プロトコルの確立と評価・実証を踏まえ、水電解装置の耐久性を向上していくことが必要。
 - ・ 電解装置については量産化の技術仕様を確立した上で装置規模や量産の程度を見据えた装置コスト低減、電解槽・部材の技術進展への取り組みが必要不可欠。
 - ・ 投入電力や水素利用ケースに応じて、バリューチェーン全体を見通した電解システム構成の最適化が求められる。
 - ・ 水電解装置のコストの大半を占める付帯設備のコスト低減や設置コスト等の低減も重要。
- 【目的】
- ・ 電解の政策・市場・技術動向に基づく取り組むべき方向性や、欧米中を中心に水電解を取り巻く状況（市場・政策・技術開発）を見据え、日本の取り組むべき方向性について論点を整理。
 - ・ 水電解装置の競争力獲得に向けたシナリオとして、2030年頃までの「実証の場」の形成、および2040年頃に向けた技術開発の方向性を議論。

■ 成果

【競争力獲得に向けたシナリオ】

水電解装置を取り巻く状況：2030年までにグローバルで500GWを超える導入計画、一方でFIDに至るプロジェクトは4%と限定的。戦略的な技術開発に加え、産業保護・育成の観点での制度設計が各国で進行。プロジェクトの峻別とスケールアップが進む見通し。

日本が取り組むべき方向性：海外での再エネ水素製造向け水電解市場の獲得が期待される一方、国内のエネルギー自給の観点から、国内での一定の水電解市場の創出が必要。国内で2030年に向けて制度設計と連動した水電解装置の実証の計画・推進（「実証の場」の構築）を行い、その後技術を蓄積したうえで競争力を強化することが重要。

投入電力対応：再エネを利用したCNの実現に向けて、エネルギーとしての水素の製造・貯蔵・輸送・利用と、系統混雑緩和や調整力提供といった系統への付加価値を含めた全体最適化の検討が重要。制度設計と合わせた技術実証を通じて、システムの在り方の議論を産官学で連携して進める。

量産仕様対応：投入する電源（上流）と水素利用ケース（下流）を含めた技術実証を踏まえ、全体として最適な要求仕様を明らかにし、量産化に対応した仕様を検討する。加えて製造技術の高スループット化による生産性向上も重要。技術開発とビジネスの両面で勝つ産業戦略を目指す。

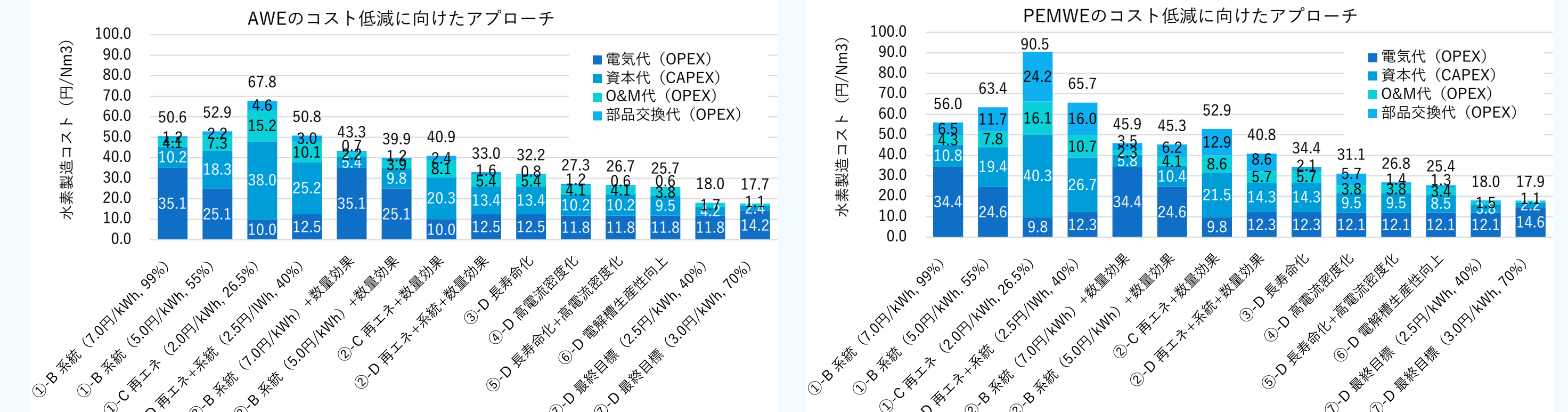
水素利用対応：国内の再エネ主力電源化への課題として、短中期的には分散P2G（1～10MW級）の実証から初期市場の形成を目指し、化学プラントとしての水電解装置のスケールアップに求められる技術課題の解決を段階的に進める。さらに将来的には再エネ資源国の大規模水素製造をターゲットとしたスケールアップを進め、市場獲得を目指す。

評価解析の基盤確立・運用：材料開発や電解槽の設計、システム評価・運用最適化を加速するための産学官連携による評価・解析技術の基盤確立と有効活用によるプレーヤーの裾野拡大、競争力強化を推進。

中長期での競争力獲得：2040年頃に向け、安価なクリーン電力の確保を前提に、革新的な技術開発や数量効果、付帯設備を含めたシステム全体のコスト低減により、従来の延長に留まらない水準の水素製造コストを目指す。

【AWEおよびPEMWEのコスト低減シナリオと技術開発目標】

複数のアプローチを組み合わせ水素製造コスト目標18円/Nm³を満たすシナリオを検討（★水素コスト（CIF）30円/Nm³、水素製造～海上輸送コスト12円/Nm³を想定）



★国が定める2030年の海外輸入水素の目標値30円/Nm³（※1）を前提とし、海外での製造地から国内入着までのコスト11.9円/Nm³（※2）を差し引いた約18円/Nm³と設定※1：水素基本戦略（2023年6月改訂）にて水素供給コスト（CIFコスト）の目標として2030年30円/Nm³と示されているもの。2017年の基本戦略から目標値に変更はなく、当時のエネルギー価格等と異なりうることに留意※2：NEDO「水素利用等先端研究開発事業/エネルギーキャリアシステムの経済性評価と特性解析（2016.2）」における将来の技術進展を想定した最大導入シナリオを引用し、製造から国内入着までのコスト11.9円/Nm³と仮定、ただし、最新の前提条件と異なりうることに留意

AWE・PEMWEそれぞれについて、右図の「現在値」の電解システム仕様に対し、一つの例として以下のコスト低減シナリオを検討（投入電力形態や水素利用形態、および実際の製造地域によって種々の条件が異なることに留意が必要）

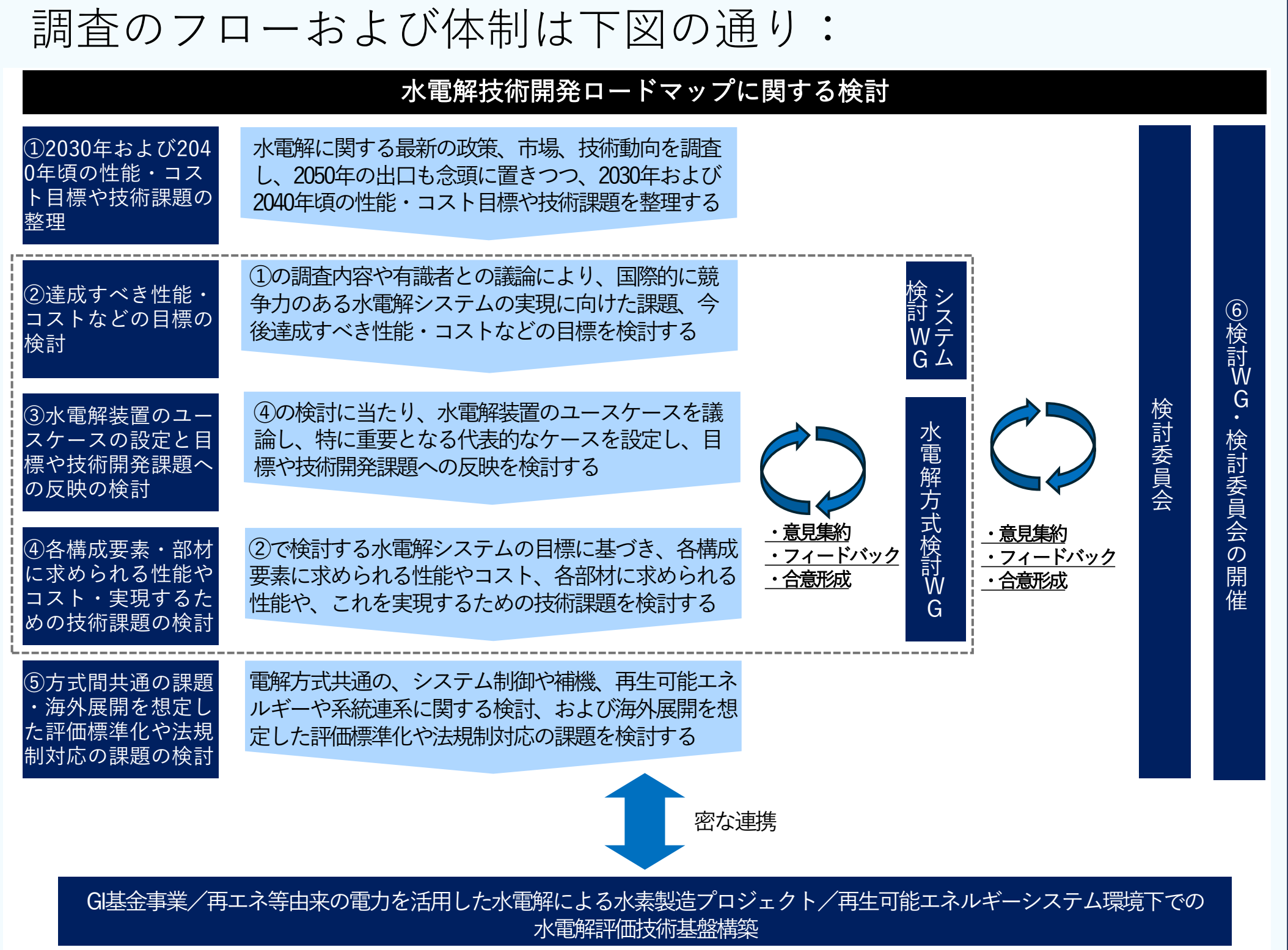
- ①：投入電力の影響（電力コスト・設備利用率の組み合わせ）の効果比較
- ②：数量効果（習熟率9%と仮定した場合の電解槽・付帯設備の製造コスト47%減）
→以降、豪州の実データを参考に、電力価格2.5円/kWh・設備利用率40%（PV+系統）と設定
- ③：長寿命化（AWE：寿命90,000h、動作点1.8V@0.6A/cm²/PEMWE：寿命90,000h、動作点1.82V@2.0A/cm²）
- ④：高電流密度化（AWE：寿命60,000h、動作点1.7V@1.0A/cm²/PEMWE：寿命40,000h、動作点1.8V@4.0A/cm²）
- ⑤：長寿命+高電流密度化（AWE：寿命90,000h、動作点1.7V@1.0A/cm²/PEMWE：寿命90,000h、動作点1.8V@4.0A/cm²）
- ⑥：電解槽生産性向上（電解槽の製造コスト70%減）
- ⑦：設置コスト、間接費の低減（未設置コストの100%から40%）
→最終的には3.0円/kWh・設備利用率70%においても水素製造コスト18円/Nm³を満たす

【AEMWEおよびSOECに関する技術開発の方向性】

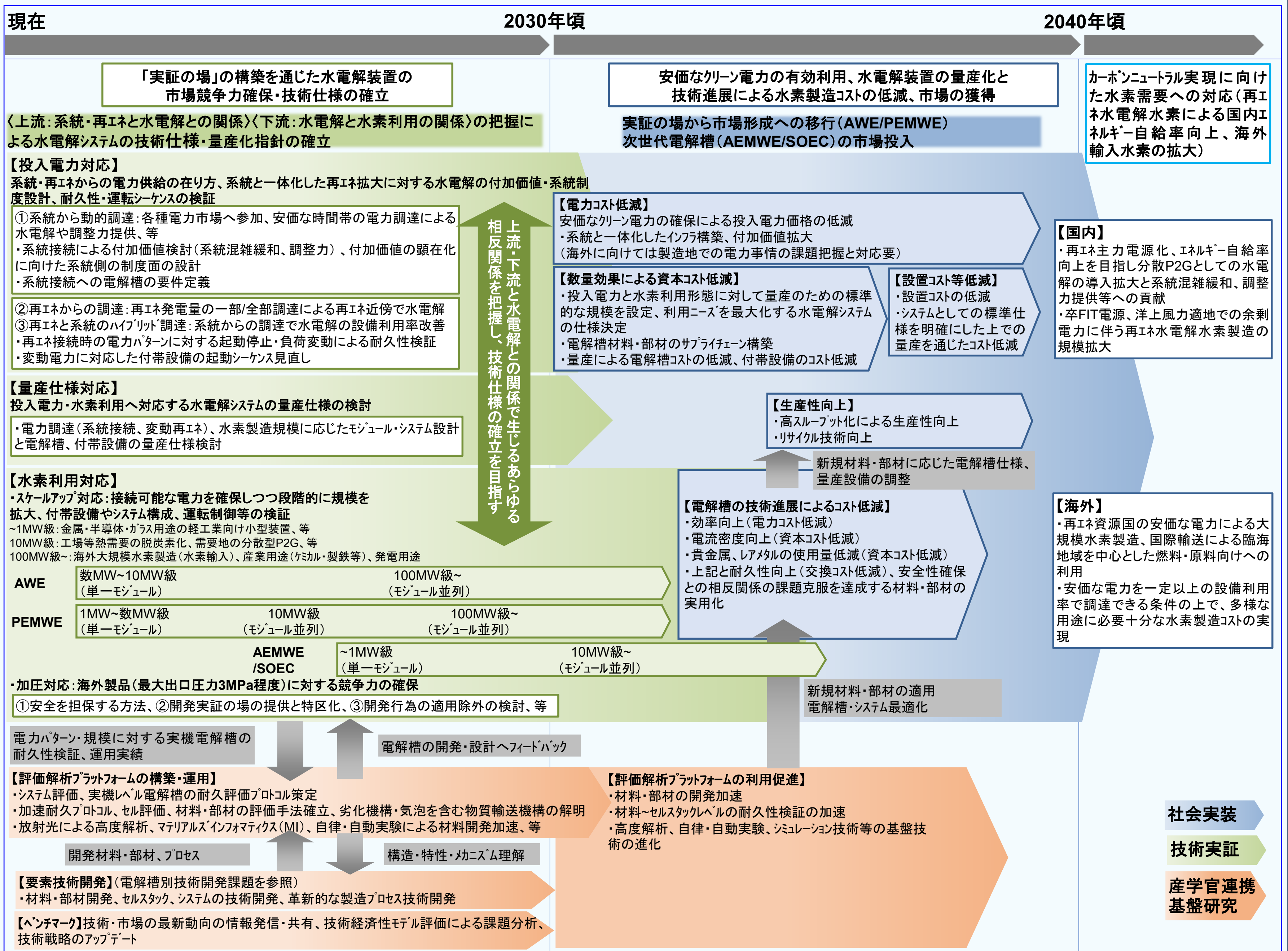
- ・ 装置コストの低コスト化が期待される「アニオン交換膜水電解（AEMWE）」、高温作動で電解効率が高い「固体酸化物形電解（SOEC）」の次世代形電解の技術開発も進めていくことが必要。
- ・ 現在の技術成熟度から、実証フェーズでの装置の規模感としては2020年後半に1MWクラスを想定し、2030年以降に10MW以上へとスケールアップするシナリオを仮定。

	現在	2030年頃	2040年頃
AEM水電解システムの 技術開発シナリオ	・①ゼロギャップAWEの隔膜代替としての活用 ・②PEMWEの低コスト代替としての活用 ・2030年頃までに～1MW級の技術実証開始、2040年頃にはAWE、PEMWE に対して競争力を持っているレベルへ発展		
	技術実証		社会実装
	～1MW級 (単一モジュール)		10MW級～ (モジュール並列)
	希薄アルカリおよび純水タイプの技術確立は アルカリタイプの5年後を目指す		

■ 体制



水電解装置の競争力獲得に向けたシナリオ（電解種共通）



➡ AWE・PEMWEのセル・スタックおよび材料・部材を中心とした技術開発課題を整理

- ・ 海外適地の再エネを主とした水素製造、国内の再エネ主電源化に伴う系統電力を利用した水素製造をターゲットとし、投入電力・水素利用形態に対応したシステムの技術仕様や量産仕様の確立、段階的なスケールアップを踏まえた水素利用ケースにも対応していく。
- ・ 水素製造コスト低減に向けては、再エネおよび系統からの電力を安価に調達することを前提に、電解槽の技術進展、電解槽・付帯設備のコスト低減、生産性向上、設置コストや間接費も含む総資本コストの低減を進める。

	現在	2030年頃	2040年頃
AWE	【現在値】 総資本コスト 37.0万円/kW エネルギー消費量 4.77 kWh/Nm ³ システム耐用年数 20年 スタック性能 1.8V@0.6A/cm ² 部品交換時間 60,000h(定常運転) 電荷移動過電圧 0.36V @ 0.6A/cm ² (0.39V @ 1.0A/cm ²) 物質移動過電圧 0.27V @ 0.6A/cm ² (0.45V @ 1.0A/cm ²) (物質移動抵抗) 0.45Ωcm ²	【変動電力への対応】 停止時の逆電圧による電極触媒劣化、低負荷運転時のクロスオーバー、変動電力に対する電極・隔膜の劣化、付帯設備への影響などの緩和・対策 【耐久性向上・性能向上】 電荷移動過電圧・物質移動過電圧の低減、高電流密度化に伴う電極・隔膜の劣化対策、部材の機械的強度・耐久性、化学的耐久性の向上、加圧型電解槽でのシール対応・クロスオーバーの低減 【量産化・生産性向上・システムコスト低減】 ・スケールアップや量産化技術の開発・適用によるコスト低減 ・部品・セルスタックの製造・検査の自動化 ・付帯設備のコストや設置コスト・間接費の低減	【2040年目標値】 6.6万円/kW 4.51 kWh/Nm ³ 20年 1.70V@1.0A/cm ² 90,000h(変動運転) 0.27V @ 1.0A/cm ² — 0.26V @ 1.0A/cm ² — 0.26Ωcm ²
	総資本コスト 40.0万円/kW エネルギー消費量 4.68kWh/Nm ³ システム耐用年数 20年 スタック性能 1.82V @ 2.0A/cm ² スタック交換時間 40,000h(定常運転) Ir目付量(触媒層) 0.4mg/cm ² Pt目付量(触媒層) 0.4-1.0mg/cm ² Pt目付量(PTL) 1.0-2.0mg/cm ² 質量活性 1,350A/g @ 1.5V 抵抗 0.137Ωcm ² 運転温度 50℃ 運転圧力 ～0.8MPa	電力・利用形態を含めた水電解システムの技術仕様と量産仕様の確立 変動運転や高温化・加圧運転を考慮した性能評価・耐久評価プロトコルの策定、劣化メカニズム等明等 変動運転下での耐久性向上 Ir目付量低減と活性向上・耐久性向上の両立・Irリサイクル技術の開発 高効率化による高電流密度化と耐久性の両立 高温化・加圧運転と耐久性の両立	生産性向上、付帯設備、設置コスト等の低減 評価解析技術活用・改善による技術開発促進 水電解システムの実用化・市場獲得に向けた研究開発の加速
	【要素技術開発】（電解槽別技術開発課題を参照） ・材料・部材開発、セルスタック、システムの技術開発、革新的な製造プロセス技術開発 【ベンチマーク】技術・市場の最新動向の情報発信・共有、技術経済性モデル評価による課題分析、技術戦略のアップデート	【評価解析プラットフォームの活用促進】 ・材料・部材の開発加速 ・材料・セルスタックレベルの耐久性検証の加速 ・高度解析、自律・自動実験、シミュレーション技術等の基盤技術の進化	【2040年目標値】 5.7万円/kW 4.62kWh/Nm ³ 20年 1.8V @ 4.0A/cm ² 90,000h(含 変動運転) <0.10mg/cm ² <0.1mg/cm ² <0.1mg/cm ² 32,000A/g @ 1.5V 0.07Ωcm ² 80℃ 最大3MPa
	【2030年頃】 ・100kW級のモジュール化や数MW級のコンテナ化とスケールアップ ・高効率特長を活かした高効率なP2Gシステムの実現 ・海外再生可能エネルギー適地での大規模水素製造市場での競争力確保のための低コスト化	【2040年頃】 ・100kW級のモジュール化や数MW級のコンテナ化とスケールアップ ・高効率特長を活かした高効率なP2Gシステムの実現 ・海外再生可能エネルギー適地での大規模水素製造市場での競争力確保のための低コスト化	【2040年頃】 ・100kW級のモジュール化や数MW級のコンテナ化とスケールアップ ・高効率特長を活かした高効率なP2Gシステムの実現 ・海外再生可能エネルギー適地での大規模水素製造市場での競争力確保のための低コスト化
	水素製造設備あたりの出力規模（大規模集中製造設備想定）	MWクラス	数十MWクラス