

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」
プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

令和3年5月18日

経済産業省

資源エネルギー庁

目次

1. 背景・目的.....	3
2. 目標.....	7
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援.....	10
4. 実施スケジュール.....	13
5. 予算.....	15

1. 背景・目的

- 水素産業の重要性と課題解決の方向性
 - 水素は、化石燃料や再エネなど様々なエネルギー源から製造することができ、利用先も発電・輸送・産業など多岐に渡ることが期待されるため、カーボンニュートラル達成には必要不可欠な二次エネルギーである。
 - また、世界的に水素及び関連市場が今後拡大していくことが見込まれており、こうした国内外の市場を獲得することは、我が国の経済成長、雇用維持や、世界の脱炭素化にも貢献することに繋がる。
 - ただし、水素の社会実装を促すためには、供給設備の大型化等を通じた供給コストの削減と両輪で、大規模な水素需要の創出を同時に行うことが求められる。
 - しかしながら、水素の黎明期においては、長期の水素需要量が不確実であるため、民間事業者が大規模なインフラ投資に踏み出しにくいという問題があり、この不確実性を下げるためにも既存のインフラを最大限活用し、供給量の増大と水素需要の創出を行うことを可能とする社会実装モデルを構築する必要がある¹。
 - 本プロジェクトについては、こうしたモデルを構築し、各要素の技術的な課題の解決を図るとともに、水素の需要側と供給側の取組を特定エリアで統合的に実証することで、技術的な知見を蓄積し、将来的なインフラ整備とともに効率良く水素の全国普及を達成することを目指す。

- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的方策
 - 社会実装モデルの一つの姿としては、国内での水素製造に向けた水電解装置の活用を中核とした、自家消費や周辺での水素利活用を行うものが考えられる。
 - 水電解装置は、余剰再エネを水素に変え、熱需要の脱炭素化や基礎化学品の製造なども含めて、Power to X²という形で余すことなく活用することを可能とし、再エネの最大限の導入を促進する。
 - 装置の種類については、「アルカリ型³」と「PEM型⁴」の2種類が商用化に近い技術水準にある（TRLレベル5相当）。
 - 日本では、アルカリ型は福島県（最大出力：10MW）、PEM型（最大出力：2.3MW）は山梨県でそれぞれ国の事業として、実証を実施している（詳細は既存事業の項目参照）。

¹ 本年開催された水素燃料電池戦略協議会中間整理においても、水素の社会実装を促すためのモデル構築の重要性が指摘されている。https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf

² 再生可能エネルギー由来の電力（Power）で水を電気分解し、製造された水素を化石燃料や原料等（X）の代替のために活用する技術。

³ アルカリ水溶液を用いた水電解であり、白金等の希少金属を使う必要がないため比較的低コストで製造でき、稼働時間が長いという特徴がある。

⁴ プロトンを移動させることができる固体高分子膜（Polymer Electrolyte Membrane）を用いた水電解であり、変動電力に対する柔軟性が高く、比較的コンパクト化が容易という特徴がある。

- しかしながら、装置コストを含む水素製造コストについては依然として高く、商用化のためには、一段のコスト削減が必要不可欠。
- 他方で、欧州は再エネと両輪で水電解装置の導入を積極的に推し進めており、日本よりも先行。欧州に留まらず、今後は再エネコストが安価な地域を中心に、世界的に大きな市場が形成されることが見込まれている（市場規模の試算については2. 目標にて後述）。
- このように拡大が見込まれる世界の市場獲得や、今後導入される国内再エネポテンシャルを最大限活用等すべく、水電解装置の競争力強化や国内市場形成に資する取組を強化する必要。
- 具体的には、水電解装置を用いた水素製造コストを削減し、製造された水素を有効活用し、目指すべき社会実装モデルを構築する観点から、少なくとも以下4つの取組が必要であるが、本プロジェクトでは①、②及び③を実施する。
 - ◇ ①大型化等、水電解装置のコスト削減等に資する研究開発⁵
 - ◇ ②海外市場も見据えた水電解装置の評価基盤の整備
 - ◇ ③熱需要の脱炭素化や、アンモニア等の基礎化学品の製造による、製造された水素の利活用実証（Power to X）
 - ◇ ④再エネ等の十分な導入に加え、余剰電力などの安価な電力の活用を促進する制度整備等
- こうした取組は、将来の再エネ価格の動向や、水素需要が不確実な中で民間企業が単独で実施することが困難であることから、国として積極的な支援を講じる必要がある。
- なお、水電解装置を用いた水素製造がコスト競争力を有するためには、水電解装置のコスト削減に資する技術開発から Power to X の事業実証までを一貫して行う本プロジェクトに加えて、ゼロエミ電源である再エネ等の十分な導入及びコスト削減、余剰電力などの安価な電力の活用を促進する制度整備が必要不可欠であるため、制度整備との両輪で、国内での社会実装を促していく。
- また、海外での社会実装を促進するためには、水電解装置の性能評価を国際的に調和する動きを進めるとともに、再エネコストが安価な中東諸国なども含む、海外での実証や公的金融機関の積極的な活用を促し、製品等の輸出を志向する日本企業の海外市場への参入障壁低下を図る。
- その他、本プロジェクトで得られた知見なども活用しながら、各種規制の合理化の検討なども進めていく。例えば、水電解装置を高圧で運転した場合、規制の対象となるため、高圧での運転が一定程度普及する欧州等の海外市場向けの水電解装置の開発を制約する可能性が懸念されている。そのため、こうした課題を確認し、安全性も加味した上で規制の合理化を検討する。

⁵ 海外市場の獲得を念頭においた要素機器、システム開発を行うことを徹底する。

- 関連基金プロジェクトと既存事業

- 関連基金プロジェクト

- 水素産業に関連するプロジェクトとして、基金事業において別途想定している「大規模水素サプライチェーンの構築」は、発電等による大規模な水素需要が想定される臨海部等のコンビナート地域において、より大規模な水素供給サプライチェーンを構築し、社会実装モデルを創出することを目指すものである。

- 既存事業

- 以下2つの予算事業を通じて、世界最大級の水電解装置を有する「福島水素エネルギー研究フィールド」を含む研究施設を、アルカリ型、PEM型とも建設。当該施設を利用し、電力需給等に応じ、水電解装置を用いて再エネ電力等から水素を製造するPower-to-Gasの技術開発を実施。電力市場と連動し、水素の製造・貯蔵を最適化する運用システムの確立を目指している。
- 本基金プロジェクトでは、これらの既存事業の成果も活用しつつ水電解技術を確立するとともに、その社会実装を図ることを目指し、水電解装置のコスト削減に必要な、更なる大型化等に必要追加的技術開発や実証等を行う。

- 【予算事業】

- 未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業（2016～2020年度（Power-to-Gas））
- 産業活動等の抜本的な脱炭素化に向けた水素社会モデル構築実証事業（2021年度～（Power-to-Gas）、2021年度予算額73.1億円の内数）：上記予算からPower-to-Gas実証事業を移行。
https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2021/pr/en/shoshin_taka_10.pdf

- グリーン成長戦略の実行計画における記載（抜粋）

- （3）水素産業

- ③ 水素の製造（水電解装置など）

- ＜現状と課題＞

- 水素製造で今後重要となるのは、水素を水の電気分解から作る水電解装置である。再エネや水電解装置のコスト低下に伴い、2050年には化石燃料+CCUSで製造する水素よりも安価に水素を製造することが可能となる地域が出てくる見込みである。こうした予想を受け、域内への再エネ導入に積極的な欧州などは、水電解装置の導入も併せて実施することを目指す。

- 日本は世界最大級の水電解装置を建設するとともに、要素技術でも世界最高水準の技

術を有している。しかし、更なる大型化を目指すための技術開発などでは欧州等、他国企業が一部先行する構図となっている。

<今後の取組>

水電解装置は、2050年までに毎年平均約88GW（約4.4兆円/年）の導入が世界で最大見込まれる。今後は、先行して市場が立ち上がる欧州等の市場獲得にまず注力するため、日本企業の大型化や優れた要素技術の装置への実装等を集中的に支援し、装置コストの一層の削減や、耐久性向上による国際競争力の維持・強化を目指す。加えて、欧州等と同じ環境で水電解装置の性能評価を行える環境を国内でも整備することで、国内で開発を行い、製品等を輸出することを志向する企業の海外市場への参入障壁を低下させることを目指す。

2. 目標

- アウトプット

- 研究開発の目標

1. 2030年までにアルカリ型水電解装置の設備コスト5.2万円/kW、PEM型水電解装置の設備コスト6.5万円/kWを見通せる技術の実現
2. 2025年までに水電解装置の性能評価基盤を整備

(目標設定の考え方)

1. 水電解装置のコスト目標については、アルカリ型、PEM型の長期的な設備コストは同等程度に収斂することが見込まれるが、2030年までの技術進展の度合いに応じて、それぞれについてコスト目標を設定。また長期的にも、安定的かつ大規模な水素製造を得意とするアルカリ型と、コンパクト化が容易で、出力変動に応じた柔軟な水素製造が可能なPEM型で用途の棲み分けが行われることも想定されるため、途中で技術方式の絞り込みを行うことは想定しない⁶。
2. 評価基盤に関する目標については、2030年の水電解装置についての高い目標を掲げる欧州市場等に、製品等の輸出を志向する企業が参入することを容易にする観点から、遅くとも2025年までにそうした評価基盤の整備を行うことを目指す。

(目標達成の評価方法)

提案者の柔軟性を確保する観点から、各目標の個別の評価方法については、現時点で特定せず、その方法についての考え方を示すのみに留め、今後案件の採択時により具体的に決定することとする。

- ① 水電解装置のコストについては、各実施者の事業終了年度が異なる可能性に鑑み、その時点での商用化時点で想定される生産設備で、複数のモジュールを連結させた水電解装置の製造を行う場合の単位容量当たりの設備コストを試算し、目標達成度を評価する。

なお、上記コスト目標には、装置本体に加えて、変圧器や整流器の費用を含み、水素圧縮機、精製装置、建屋等に係る費用は含まないものとする。

- ② 水電解装置の評価基盤整備については、水電解装置内を高圧化等する欧州等と同じ環境を再現し、統一的に水電解装置の性能を評価する手法が確立されたことを確認する。

⁶ ただし、用途や市場が一部重複する場合も想定され、そのような領域では競争が働くこととなる。

(目標の困難性)

- 先行して市場が立ち上がることが予想される欧州の公的機関（FCH-JU）の2030年時点における設備コスト目標⁷を参考に設定しており、海外と遜色ない数字と考える。
- ただし、アルカリ型、PEM型の日本企業の現行実証における設備コストは、それぞれ14.4万/kW、37.9万/kWと高く、2030年目標を達成するには最大約1/6とする必要があるが、これを達成するには、装置の大型化や、コストや性能の優れた要素技術の水電解装置への実装等の高いハードルが存在する（詳細は研究開発内容にて後述）。

● アウトカム

水電解装置の普及促進を受け、期待される世界のCO₂削減効果、及び予想される世界の市場規模について、以下の前提に基づき機械的に算出した。日本企業の国際競争力の状況も意識しつつ、世界市場の付加価値の相当程度の割合を我が国に還流させ、世界及び日本の脱炭素化に貢献することを目指す。

➤ CO₂削減効果（ポテンシャル推計）

◇ 約0.4億トン/年（2030年）

【算定の考え方】

水電解によって製造された水素の主な利用先を熱需要と想定し、輸入天然ガスの熱需要を水素が熱量等価で代替すると仮定。なお、輸入天然ガスは石油や石炭など他の化石燃料よりもCO₂排出量が低く、最も保守的な数字として算出する観点から採用した。水素の製造量については、2030年の水電解装置導入目標を掲げる主要国・地域の合算値が、独の国家水素戦略から算出される稼働率で稼働したと仮定し、試算した。

【利用したパラメータ】

①輸入天然ガス炭素排出係数：13.87g-C/MJ⁸

②水素標準発熱量：142MJ/kg(HHV)

③水電解装置導入容量：70GW⁹

④水電解装置稼働率：30%¹⁰

計算式：③×8760(時間)×④÷33(kwh/kg)×②×①×44/12(CO₂換算)

⁷ 「FCHJU Multi - Annual Work Plan 2014 - 2020」で目標を設定。

⁸ 総合エネルギー統計「標準発熱量・炭素排出係数」を採用。

⁹ EU、チリ、英国の導入容量を合算。

¹⁰ 独の国家水素戦略より試算。

◇ 約 15.2 億トン/年 (2050 年)

【算定の考え方】

水電解装置の導入容量についてのみ 30 年時点から考え方を変更し、2050 年までに平均 88GW/年の水電解装置が導入されたと仮定した¹¹。

【利用したパラメータ】

① 輸入天然ガス炭素排出係数：13.87g-C/MJ

② 水素標準発熱量：142MJ/kg(HHV)

③ 水電解装置導入容量：2640GW

④ 水電解装置稼働率：30%

計算式：③×8760(時間)×④÷33(kwh/kg)×②×①×44/12(CO2 換算)

➤ 経済波及効果 (世界市場規模推計)

◇ 約 0.4 兆円 (2030 年までの累計)

【算定の考え方】

2030 年までの 10 年間に世界で 70GW の水電解装置が導入された場合に、平均設備単価が 5.85 万円/kW¹²として推計。

◇ 約 4.4 兆円/年 (2050 年)

【算定の考え方】

2050 年までの 30 年間に世界で平均 88GW/年の水電解装置が導入された場合に、平均設備単価が 5 万円/kW として推計 (グリーン成長戦略と同一の仮定を設定)。

¹¹ IEA Energy Technology Perspectives 2020 Faster Innovation Case

¹² 「2. 目標」の「研究開発の目標」におけるアルカリ型と PEM 型の平均値を採用。

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

- 【研究開発項目 1】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証【補助】
 - 目標：2030年までにアルカリ型水電解装置の設備コスト5.2万円/kW、PEM型水電解装置の設備コスト6.5万円/kWを見通せる技術の実現
 - 研究開発内容：
 - ① 水電解装置の大型化・モジュール化技術開発
【(2/3→1/2補助) + (1/10インセンティブ)】

先行する欧州等のプレイヤーは、複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさない設計とすることで、①組み立て工程の簡素化や、②単位容量当たりに必要な設備量の減少を通じたコスト削減を実施。その削減ポテンシャルは大きく、例えばIEAのレポート¹³では、PEM型の水電解装置で0.7MWのスタックを6つ並べることで、約40%の装置コストの低減が見込まれている。しかしながら、1モジュールの大型化は水素の漏洩や生産工程による不均一性といった難題を克服する必要がある他、モジュールと補機の最適配置についても様々な工夫の余地がある。

このため、本プロジェクトでは、量産可能かつスケラブルな特徴を備えた水電解装置の大型化・モジュール化に係る技術を開発する。
 - ② 優れた新材の装置への実装技術開発
【(2/3→1/2補助) + (1/10インセンティブ)】

日本企業は、膜や触媒などの重要な部素材について、世界最高水準の要素技術を有しているが、大型の実機において基礎研究や小規模実証等と同程度の性能を発揮するためには、部素材メーカー及び水電解装置メーカー間等での摺り合わせも含めた、更なる技術開発を実施する必要がある。

例えば、より高価な触媒利用量が少ない電極や、薄膜化などは装置コストの低減に貢献しうるが、そうした部素材は単一では効果を発揮できず、膜への触媒の塗布の方法（PEM型の場合）や、スタッキングの手法なども最適化することではじめて、システムの中でその性能を発揮することが可能となる。

このため、本プロジェクトでは、膜や触媒などの重要な部素材を水電解装置に実装する技術を開発する。
 - ③ 熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証
【(2/3→1/2補助) + (1/10インセンティブ)】

電化が困難な熱需要や、基礎化学品の製造を含む化学分野等、脱炭素化のハードルが

¹³ IEA, The Future of Hydrogen

高い分野では、水素の利活用が見込まれる。しかしながら、再エネ等の変動電源と水電解装置を組み合わせる場合、その後工程の最適な運用方法（定格運転を行う代わりに、水素貯蔵タンクを設ける、水素製造工程に併せて出力を変動する等）については、解決すべき技術課題が残っている。

このため、本プロジェクトでは、水素の需要家と緊密に連携しながら、水電解装置を用いた、産業プロセス等における化石燃料・原料等を水素で代替する最も効率的なシステム運用方法を確立する。特に、水電解装置をオンサイトで直接需要家の工場等に設置し、当該施設内で製造した水素を消費する場合は、そのモデル性を重視し、熱の脱炭素化や基礎化学品等の製造過程で水素の過半を燃料・原料として活用するものを実証対象とする。

（委託・補助等の考え方）

- 研究開発内容①及び②については、既に要素技術は確立されている一方で、将来の再エネ価格の動向や、水素需要が不確実な中で民間企業が単独で実施することが困難であることから、国として積極的な支援を講じる必要があり、事業開始段階の補助率は 2/3 とする。他方、実証運転段階では、そのリスクに応じて、補助率を 1/2 へと逡減させる。
 - 研究開発内容③については、当初は最適なシステム設計や運用方法の確立を行うため、研究開発内容①及び②と同様開発リスクが伴うことから、実証運転開始から最大 2 年までは補助率を 2/3（補助額が水素コストと既存の化石燃料・原料等の差額を超えない範囲）に設定し、その後は補助率を 1/2 へと引き下げる。
 - 研究開発内容②で製造した新部材を①の水電解モジュールに実装して、そのモジュール化されたスタックを並べることで③の実証施設を建造するため、①、②及び③は同一の企業又はコンソーシアムが実施者となることを想定。ただし、採択後の相互協力が見込まれる場合、各内容に対して異なる事業者が別々に申請することも可能。
- 【研究開発項目 2】水電解装置の性能評価技術の確立★¹⁴
 - 目標：2025 年までに水電解装置の性能評価基盤を整備
 - 研究開発内容
 - 【委託（企業等の場合はインセンティブ 1/10）】
 - 水電解装置の導入気運が高まる欧州では、装置内の水素を高圧化するなど、日本とは異なる運転条件で水電解装置を運用。そのため、海外の機関等とも必要に応じて連携しつつ、こうした環境の違いにも対応した、統一的に性能評価を実現できれば、日本企業の海外市場への参入障壁を下げ、開発の方向性が明確化され、開発力が強化されると期待される。また、水電解装置の開発に取り組む国内企業は限られている状況であるが、成長が見込まれる海外市場への進出も見越し、国内での評価基盤を整備することで、本分野への日本企業の新規参入

¹⁴ ★マークがある研究開発項目については、大学・研究機関等が主たる実施者（支出が過半を占める実施者）となることが可能（★マークがない項目は、企業等の収益事業の担い手が主たる実施者となる必要）。

を促すことが期待される。

(委託・補助等の考え方)

- 様々な企業が利用可能なオープンなプラットフォームの基盤となる評価技術の開発であり、受託者自身の裨益が小さい協調領域の取組であるため、委託で事業を実施する。

4. 実施スケジュール

● プロジェクト期間

- 【研究開発項目 1】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証
研究開発内容①及び②で得られた成果を③の実証運転に活用し、一体的に 2030 年の設備コストの目標達成を図ることを想定しているため、一連の取組を確実に実施するための十分な時間を確保する観点から、2021 年度から 2030 年度までの最大 10 年間を想定。以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことを妨げない。
- 【研究開発項目 2】水電解装置の性能評価技術の確立
2030 年の水電解装置のコスト目標を達成するためには、共通の指標・目標に基づくグローバルな競争を促進することが重要であるため、研究開発項目 1 において大型化された装置の評価段階に入る 2025 年までに水電解装置の評価基盤を整備する。

● ステージゲート設定等

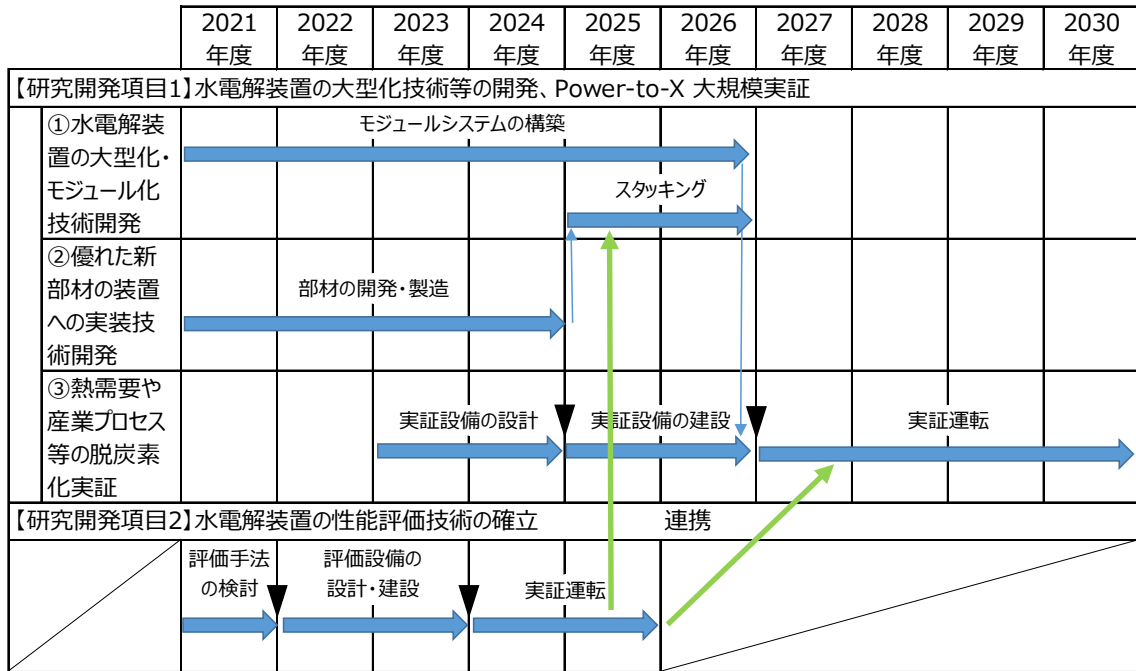
研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法・スケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下の通り、事業化段階の切れ目において、ステージゲートを設定し、事業の進捗を見て、継続可否を判断する¹⁵。いずれのタイミングにおいても、原則追加公募は想定していないが、その必要性が確認された場合には追加公募を行う。また、プロジェクトのモニタリング・評価等については、個別プロジェクト毎の取組（進捗状況を見える化するダッシュボードの構築等）に加えて、毎年経産省と NEDO が主催する水素閣僚会議（Hydrogen Energy Ministerial）¹⁶等も活用しながら、国内外の関係者に積極的な広報を行う。

- 【研究開発項目 1】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証
 - ◇ 水電解装置の建設開始（下表の例では 2025 年頃に事業継続判断）
 - ◇ 水電解装置の実証運転開始（下表の例では 2027 年頃に事業継続判断）
- 【研究開発項目 2】水電解装置の性能評価技術の確立
 - ◇ 評価設備の設計・建設開始（下表の例では 2022 年頃に事業継続判断）
 - ◇ 評価設備の実証運転開始（下表の例では 2024 年頃に事業継続判断）

¹⁵ 判断を行う際、双方の合意に基づき事業内容及び目標の柔軟な見直しを行うことも検討する。

¹⁶ 担当閣僚級が水素分野に特化して、そのグローバルでの利活用を促進する上での国際協力の在り方等を議論する唯一の国際会議。2020 年はコロナ禍であったため、特別プログラムとしてオンラインで開催。23 カ国の閣僚級及び 25 社の企業・国際機関等のリーダーが参加（ビデオ参加含）し、国内外から 2,800 名が参加。

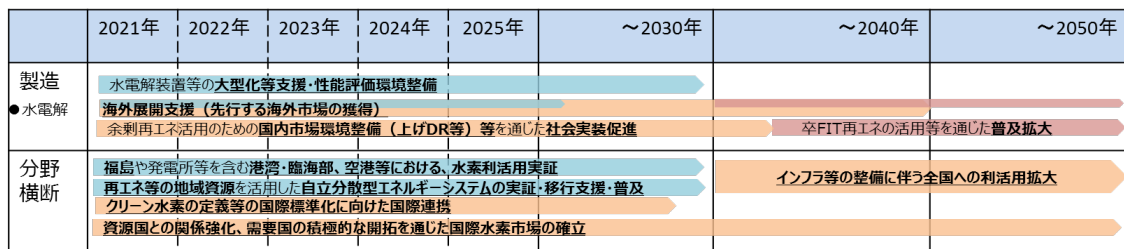
表1：プロジェクトの想定スケジュール（例）



▼ ステージゲート

表2：社会実装スケジュール

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ



5. 予算

- プロジェクト総額（国費負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：上限 700 億円
 - 【研究開発項目 1】水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証
 - 予算額：上限 670 億円
 - 予算根拠：既存事業（「未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業」及び「産業活動等の抜本的な脱炭素化に向けた水素社会モデル構築実証事業」）の Power-to-Gas 実証におけるアルカリ型及び PEM 型水電解装置の規模を 5 倍に大型化すると仮定し、大型化した場合のコスト低減効果¹⁷を考慮し試算。
 - 【研究開発項目 2】水電解装置の評価技術の確立
 - 予算額：上限 30 億円
 - 予算根拠：電源装置、分析設備及び水素貯蔵設備等の参考見積等に基づき試算。
- 取組状況が不十分な場合の国費負担額の返還率：返還が決定した時点における目標達成度を考慮し、WG において、「10%、30%、50%」の 3 段階で評価

（参考）改訂履歴

- ・2021 年 5 月 制定

¹⁷ IRENA, Green Hydrogen Cost Reduction における水電解装置の大型時のコスト低減見込みから推計。