

発表No.B3-11

水素社会構築技術開発事業/ 水素エネルギーシステム技術開発/ 再エネ利用水素システムの事業モデル構築と 大規模実証に係る技術開発

発表者名 東芝エネルギーシステムズ 上滝 直樹

団体名 東芝エネルギーシステムズ株式会社

東北電力株式会社

岩谷産業株式会社

発表日 2025年7月17日

連絡先：東芝エネルギーシステムズ株式会社

エネルギーアグリゲーション事業部 水素エネルギー技術部

E-mail : naoki.koutaki@toshiba.co.jp

事業概要

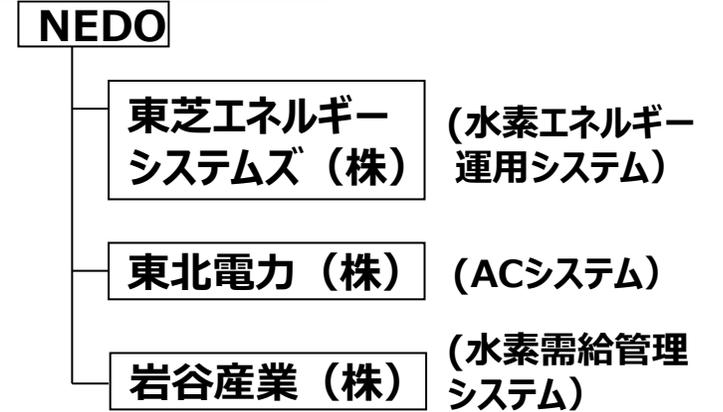
1. 期間

開始 : 2016年9月
 終了 (予定) : 2026年3月

2. 最終目標

実施項目	最終目標
①	水素需給対応（製造・貯蔵・供給）及び電力系統の需給バランス調整対応（ディマンドリスポンス：上げ・下げDR）の二つの用途に対応可能な制御システムの開発と、その制御システムを備えた大規模再エネ水素プラントの実現
②	再エネの利用拡大を見据えた電力系統の需給バランス調整のための水素活用／販売事業モデルの検討と構築

●実施体制および分担等



3. 成果・進捗概要

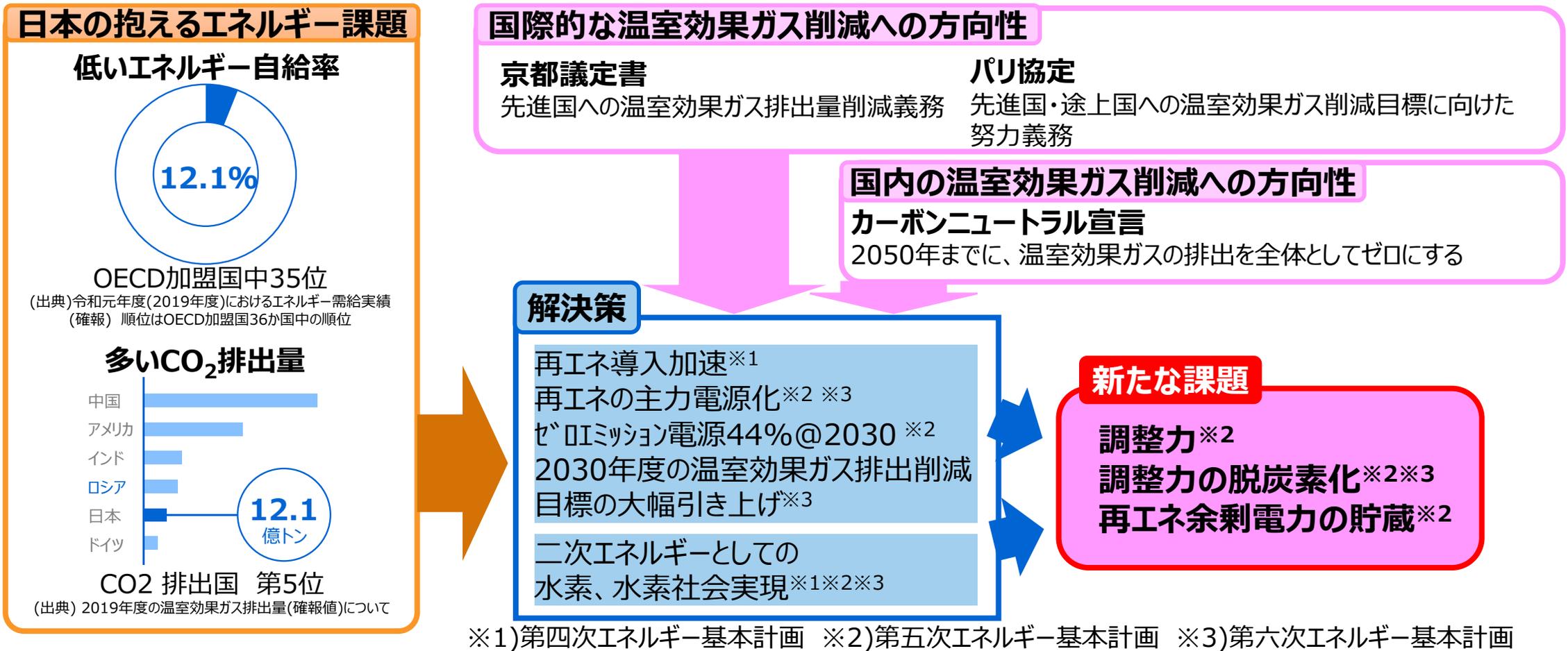
実施項目	成果内容	進捗状況
①	FH2Rシステムにおいて、水素需要家を含めた水素サプライチェーン全体システム、ACシステムの複数リソース対応、系統最大受電電力制約対応などに関して、詳細仕様の立案、システムへの実装を完了。	○
②	実プラントの実証運用にむけて、実装した各種機能に必要なデータの取得を行い、FH2Rシステムの試運転を実施し、実証運用の準備を実施した。	○

◎ : 大幅達成、
 ○ : 達成、
 △ : 一部達成、
 × : 未達

1. 事業の位置付け・必要性
2. 研究開発マネジメントについて
3. 研究開発成果について
4. 今後の見通しについて

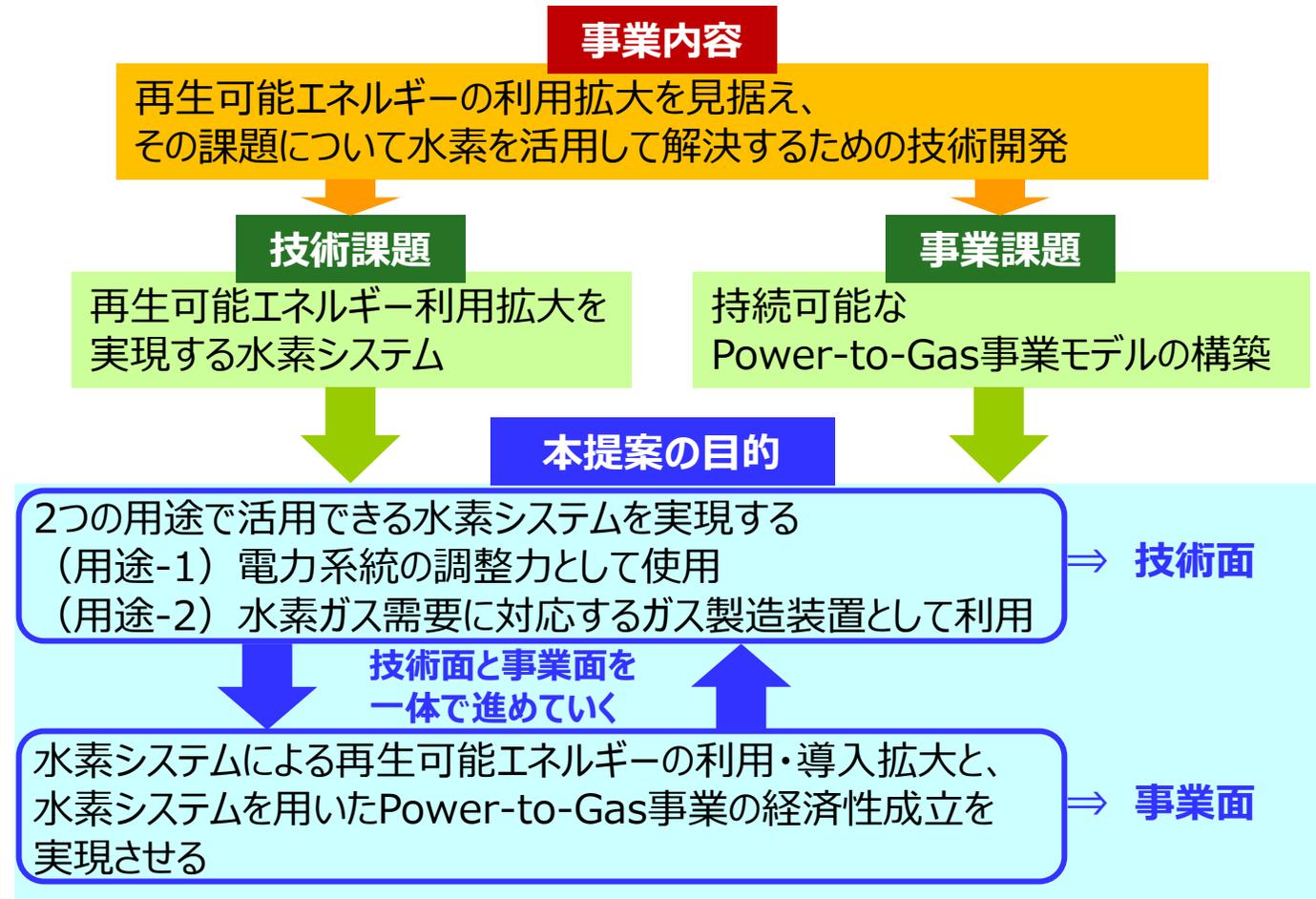
事業の位置付け・必要性

1. 事業の位置付け・必要性 / 本事業を実施する背景



日本のエネルギー課題解決に向けた再エネ導入加速／水素社会実現において、「調整力」としての水素利用が新たな課題

1. 事業の位置付け・必要性 / 本事業の目的



**「調整力」「水素製造」の両立、及び、
将来的な経済性成立に結び付く、水素システム実現が目的**

1. 事業の位置付け・必要性 / 本事業の位置付け

エネルギー基本計画（第7次）

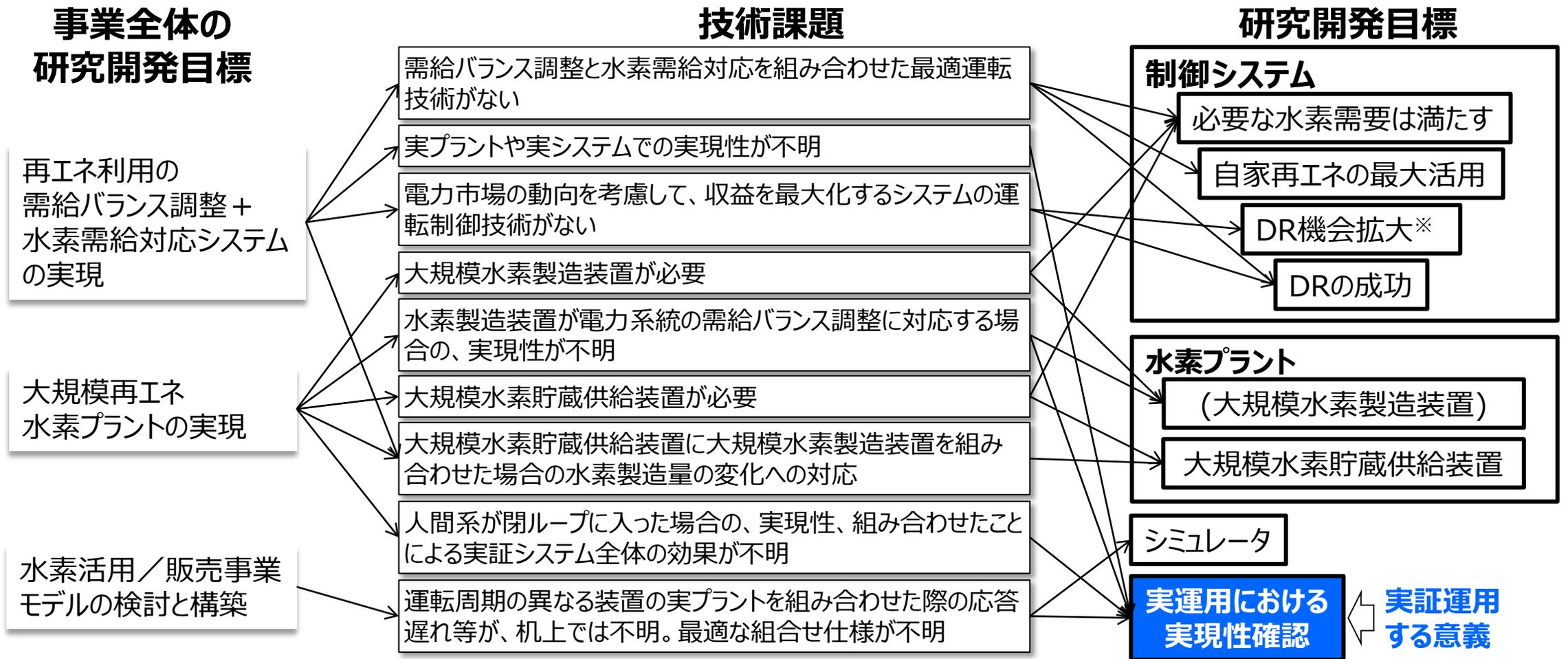
次世代エネルギーの確保／供給体制（2）水素

- 水素社会推進法に基づく低炭素水素等のサプライチェーン構築
- 国内外を含めた更なる低炭素水素等の大規模な供給と利用にむけて、規制・支援一体的な政策を引き続き講じ、コストの低減と利用の拡大を両輪で進めていく
- 国産技術等を活用して製造され、かつ大量に供給が可能な水素等の輸入
- 水電解装置や燃料電池、これらの部素材における製造能力拡大に向けた投資や、将来的にコスト競争力のある水素の製造可能性を有する高温ガス炉の技術開発を促進
- 水素等の利用拡大
 - 運輸部門：燃料電池商用車や大規模水素ステーションの普及拡大に向けた支援を実施
 - 電力分野：燃焼器の技術開発や発電の実機実証を着実に進めていく
 - 産業分野：水素還元製鉄などの製造プロセスの大規模転換や、水素バーナー・ボイラー等の技術開発・実証を引き続き進めていく
- 地域の脱炭素化やエネルギー自給率向上、地方創生にもつながる、地域の再生可能エネルギーや資源等を活用した水素の供給と輸送、面的な利用に向けた取組

FH2R実証の位置づけ

研究開発マネジメントについて

2. 研究開発マネジメントについて / 技術課題・目標、及び、実証運用の意義



※) 市場動向の考慮については、本システムが水素需給対応と電力系統の需給バランス調整対応に活用できることを実証した後、市場や制度の動向を踏まえ検討する必要があるため、本実証では実施しない。今回は、市場やり取りを模擬した信号で実証を実施する。

事業全体の研究開発目標から、技術課題、研究開発目標を導出

2. 研究開発マネジメントについて / 研究開発目標の具体化 -制御システム-

再エネ利用の、需給バランス調整 + 水素需給対応システムの実現

- DR機会拡大
- DRの成功
- 自家再エネの最大活用
- 必要な水素需要は満たす

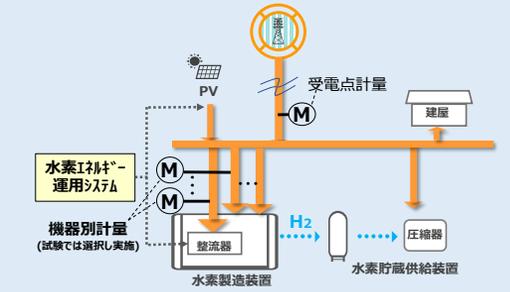
具体的目標

再エネ有効利用率86%※1

1日終了時点の水素貯蔵不足0Nm³

- DRを予測し、DR可能な量を自ら探索（水素DR、需給調整DR）
- DR時の計画と制御の系統受電電力量誤差±3%（水素DR）
- DR時の計画と制御の機器別計量※2電力誤差±3%（需給調整DR）
- DR指令と実績との系統受電電力量誤差±20%（水素DR）
- PV出力制御指令と実績の逆潮流電力誤差±5%（PV出力制御）
- DR指令と実績との逆潮流電力量誤差±20%（経済DR）
- DR指令と実績との機器別計量※2電力誤差±10%（需給調整DR）

需給調整DRの計量箇所

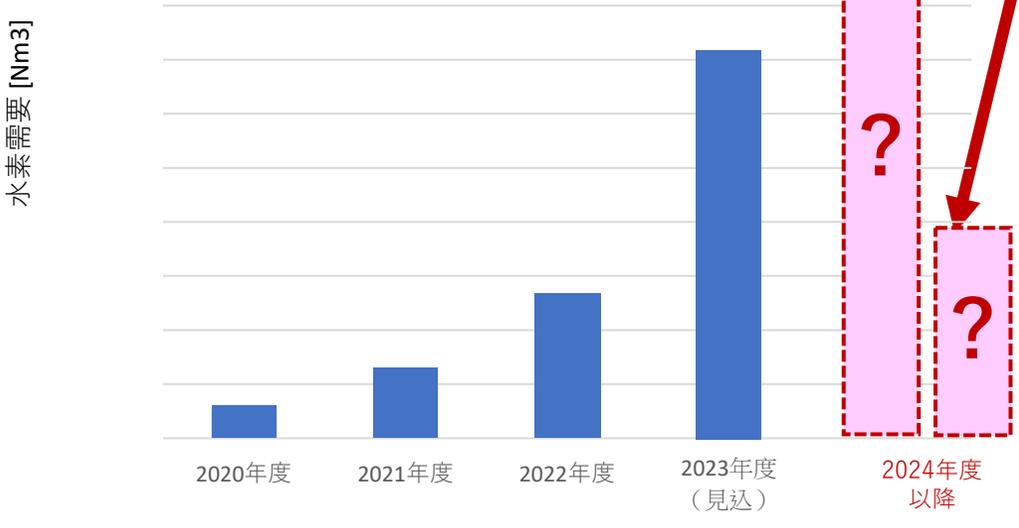


※1) 逆潮流不可・売電不可のP2G構成を想定。逆潮流可・売電可のP2G構成では、売電計画と実績との誤差評価を実施予定。
 ※2) 機器別計量は、現行市場ルールには無く、将来または再エネの無いP2Gを見据えた目標。

**「需給バランス調整 + 水素需給対応システム」を実現するため、
 具体的な研究開発目標を設定**

2. 研究開発マネジメントについて / 制御システムの高度化に向けた目標の具体化

FH2Rにおける水素需要推移



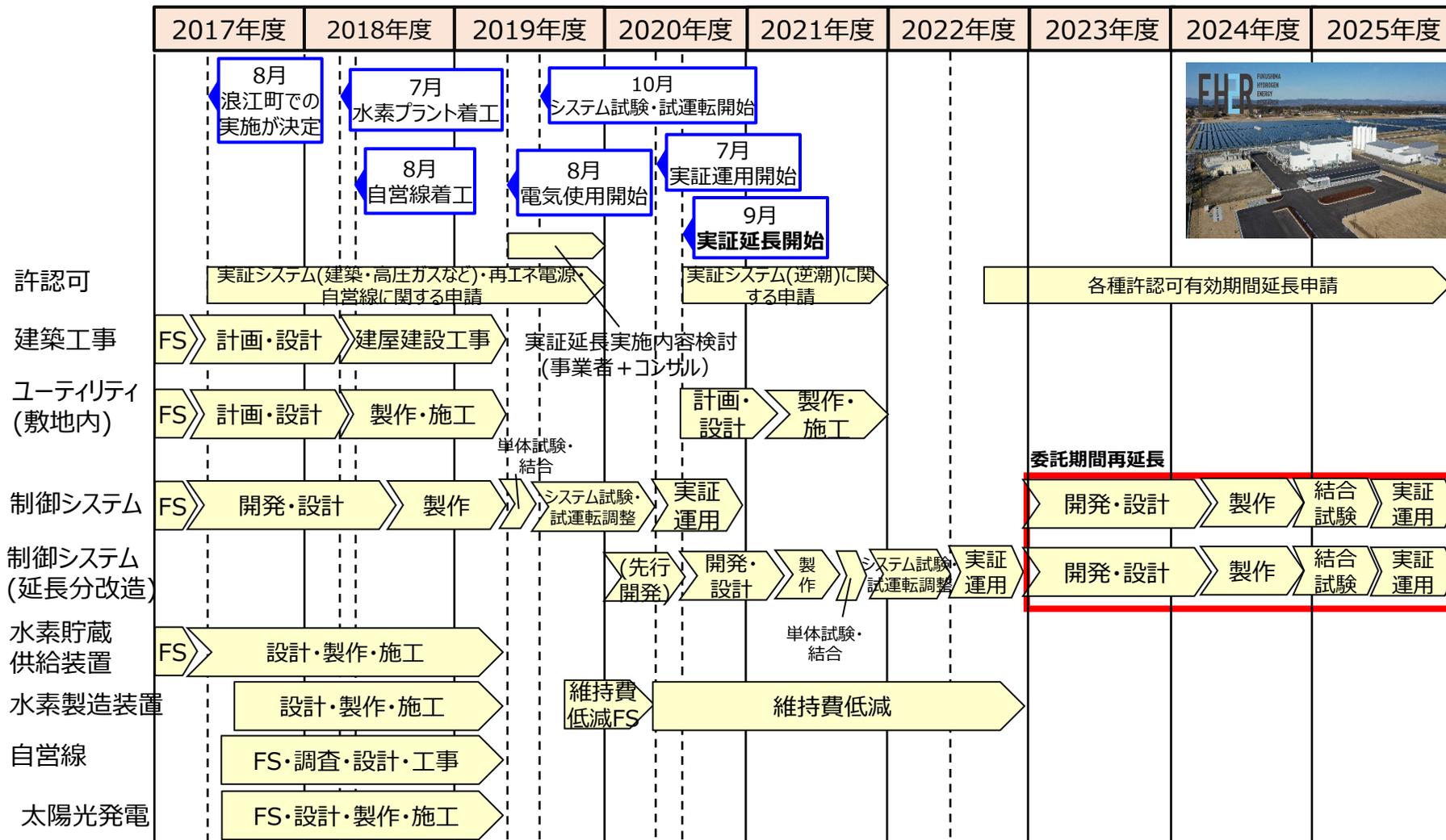
水素需要が不確実な状況で、P2G事業者は実装した設備を活用して、事業を行う(水素供給と水素製造コストの低減)必要がある

- 事業化に向けて必要な取組
- 効率的な設備形成・運用と応需を両立する制御が必要
- 水素需要の不確実性を制御する必要
- 再エネ余剰を最大限活用しつつ調整力の価値向上が必要

- ### 具体的目標
- 水素需給調整の結果、最終的に確定した需要量に対する水素不足量 0[Nm³]
 - ACシステムにおいて複数リソース組合せの条件下で、制御性能が劣るリソースをカバーし、需給調整市場の商品要件であるDR指令と実績の電力誤差±10%

水素供給と水素製造コスト低減の両立を実現するため、具体的な研究開発目標を設定

2. 研究開発マネジメントについて / スケジュール



2025年度の実証試験に向けて予定通りに進捗中

2. 研究開発マネジメントについて / 実施体制

実施内容	主な実施項目	東芝 ESS	岩谷 産業	東北 電力
水素製造コストの 低減	最適運用計画策定機能、系統最大受電電力制約対応機能等の仕様検討・設計・実装・試験	◎		
	開発した機能の実証試験による検証	◎		
水素需給の 調整	需要先ごとの水素供給量・タイミング・価格設定機能等の仕様検討・設計・実装・試験	◎	○	
	水素需給 調整・管理 機能の仕様検討・設計・実装・試験	○	◎	
	開発した機能の実証試験による検証	◎	◎	
調整力としての活 用	複数リソースでの最適制御（リソース間での補完）機能等の仕様検討・設計・実装・試験	○		◎
	開発した機能の実証試験による検証	◎		◎

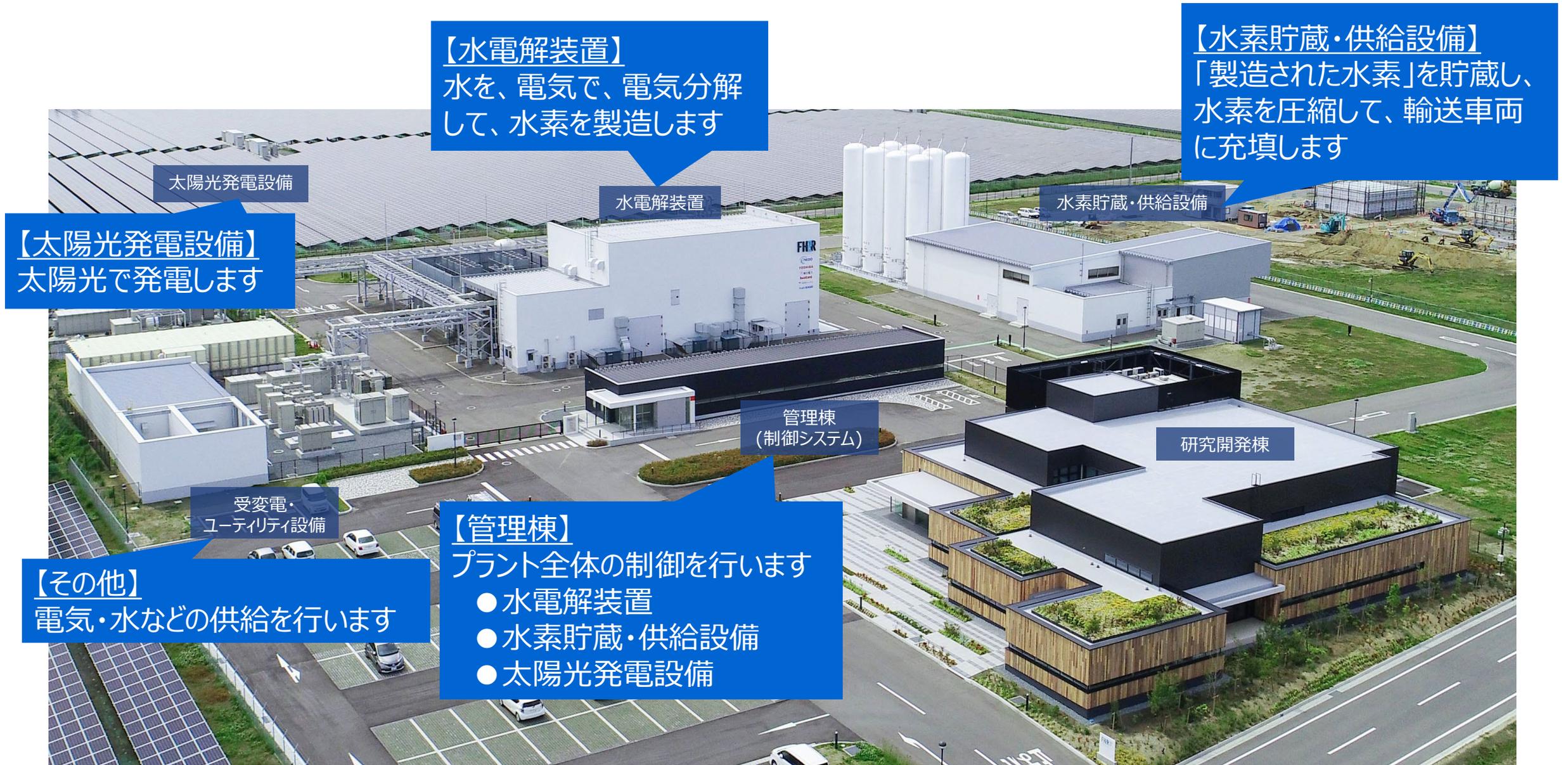
◎：主担当 ○：協力企業

研究開発成果について

3. 研究開発成果について / 福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R) 全景写真



3. 研究開発成果について / 福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R) 各設備の機能



3. 研究開発成果について / 実証コンセプト(2023～2025年度)

主たる課題

- 「水素製造原価の低減」による水素価格の競争力向上
 - 水素の製造量(=供給量・需要量)について調整出来ないため、
製造コストが高い状況での水素製造を実施せざる得ない
- 「CO2排出量ランクに応じた水素の製造と販売の実現」による水素価値の競争力向上
 - CO2排出総量管理と、マスマランスを使用したCO2割当を考慮した水素の製造が出来ないため、
水素のCO2排出量も考慮する必要があるほとんど全ての顧客に対応出来ない

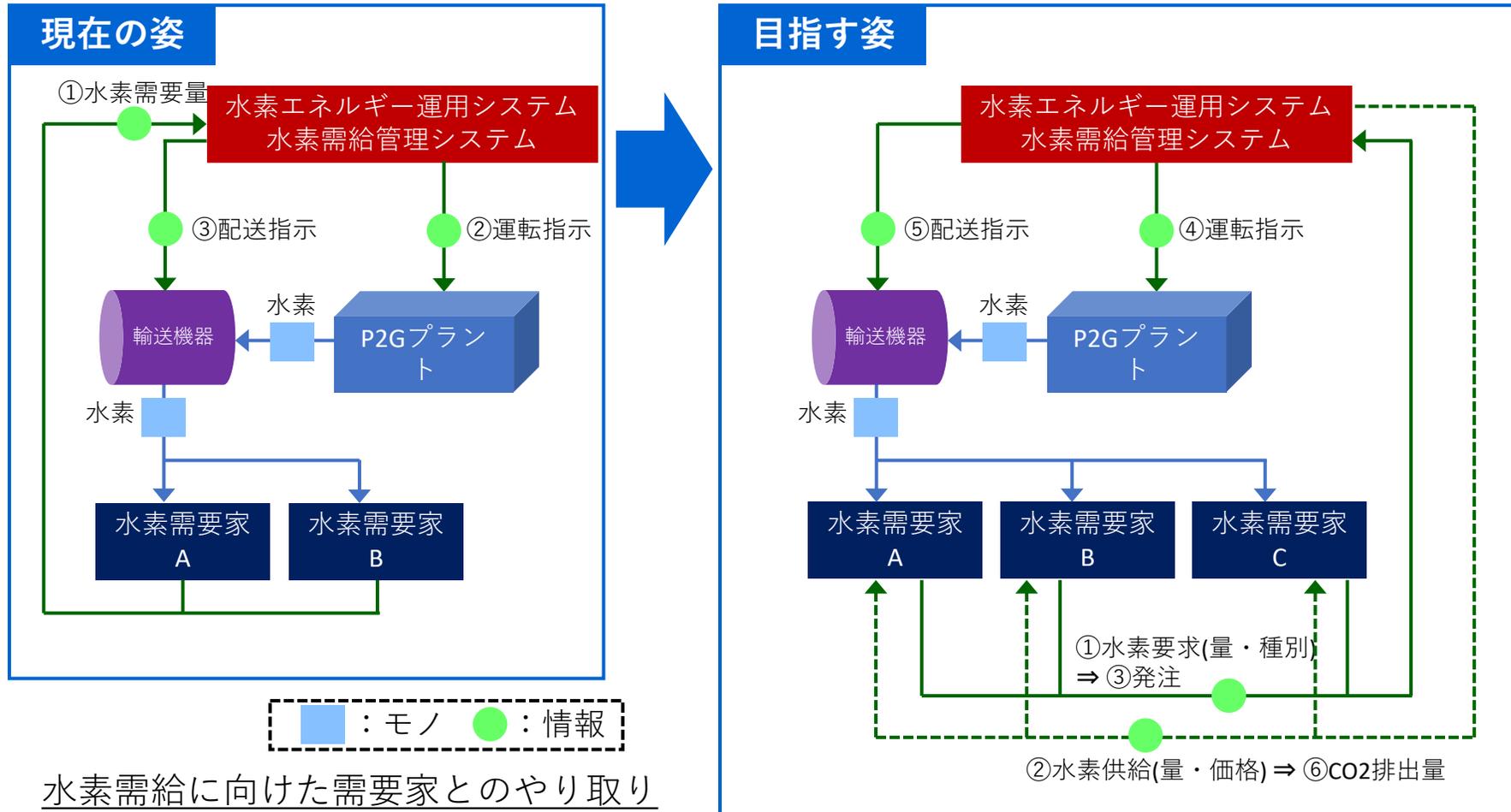


対処方法

- 技術による対処
 - 需要家と直接、CO2排出量ランクに応じた水素販売価格・販売量をやり取りし、
CO2排出量・販売価格・販売量を調整出来る技術を開発し、実需要家との間で運用することにより、実運用におけるノウハウを獲得する

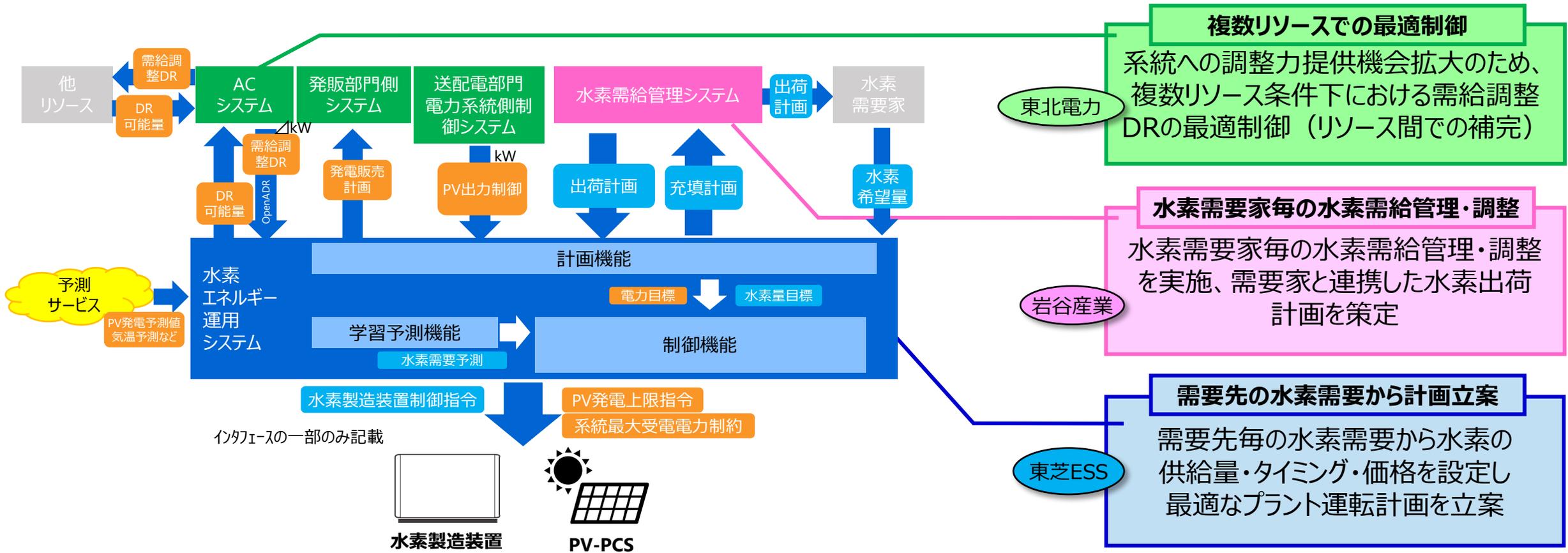
**水素需給制御 + CO2排出量管理の技術構築と
ノウハウ獲得(需要家行動)の実証により、
水素製造コスト低減 + 水素供給価格制御による収益向上を目指す**

3. 研究開発成果について / 実証コンセプト(2023~2025年度)



水素単価と供給可能量を需要家に提示し、需要家との連携を行いながら水素供給計画を作成。FH2RよりPV予測をもとにした水素製造量・価格を提示し、需要家から希望を募ることで、需要家を含めたシステム全体のコスト低減を目指す

3. 研究開発成果について / 制御システム(2023~2025年度)

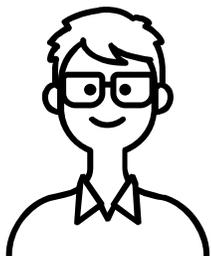


2023~2025年度は、複数リソース条件下の需給調整市場対応と水素需要家と連携したプラント運転計画の立案が可能なシステムを開発中

3. 研究開発成果について / 水素エネルギー運用システム (1 / 4)

- 需要家と連携するため、水素エネルギー運用システムの一部にクラウドシステムを構築

水素需要家



水素希望量を登録



水素エネルギー運用システム

システム管理仕様 P2G連携モニターシステム FHR 水素出荷希望量入力画面 ※すべての数値は水素ガス価格を含め試験用数値です。 2025年04月08日(火) ログアウト

2025/04/08 水素ガス使用実績を入力してください

登録可能時間 08:00~21:00

水素ガス使用実績を入力する

日曜日	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日	土曜日
30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9 水素出荷予約済み	10	11	12
13	14	15	16 水素出荷予約済み	17	18	19
20	21	22	23 水素出荷予約済み	24		
27	28	29	30 水素出荷予約済み	1		

出荷量
Rank S: トレーラ 1台
水素ガス価格: 205.8(円/Nm3)
暫定CO2排出量: 0.10(kgco2/Nm3)

出荷量
Rank S: トレーラ 1台
水素ガス価格: 212.4(円/Nm3)
暫定CO2排出量: 0.10(kgco2/Nm3)

出荷量
Rank S: トレーラ 1台
水素ガス価格: 202.8(円/Nm3)
暫定CO2排出量: 0.10(kgco2/Nm3)

登録された水素希望量をもとに、水素製造・充填計画を立案

クラウド上に、各需要家の予約システムを構築
PV発電量の情報より、約1か月先までの供給可能量などを表示

<CO2排出量ランクの定義>
Sランク ≒ 0 kg-CO2/kg-H2
Aランク ≒ ≤ 3.4 kg-CO2/kg-H2
→ 低炭素水素の要件を満たす水素
Bランク > 3.4 kg-CO2/kg-H2
→ 低炭素水素の要件を満たさない水素

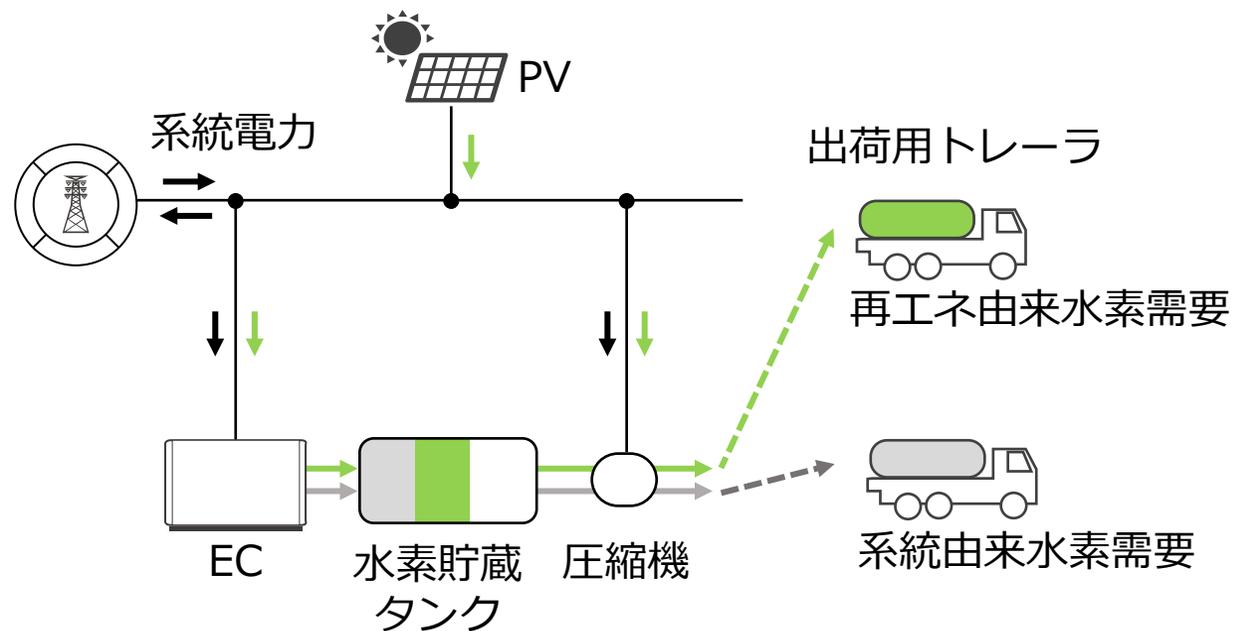
※記載の単価は実証を進める上での仮単価として設定

需要家自身がカレンダー上の情報を確認し、CO2排出量別の水素希望量を登録

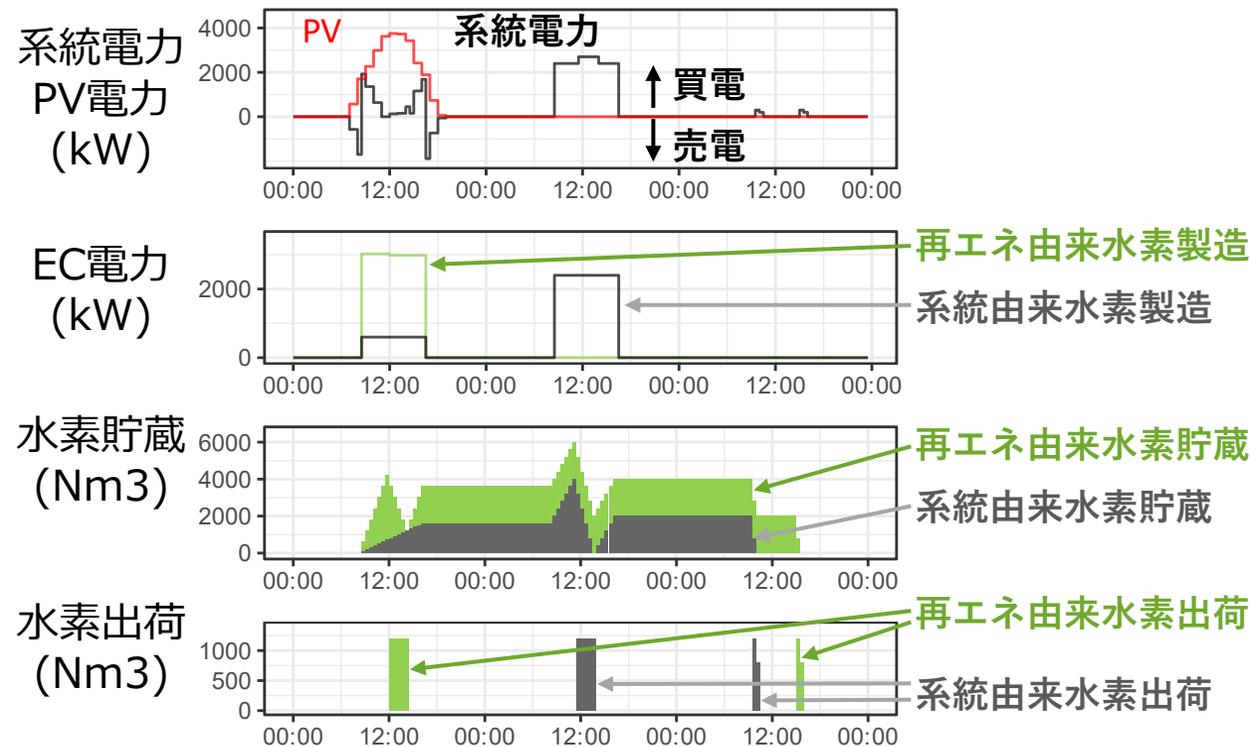
3. 研究開発成果について / 水素エネルギー運用システム (2 / 4)

- 需要家の希望する種別 (炭素強度) の水素を作り分ける機能を開発

系統電力とPVから製造した水素を個別に管理して出荷



1日目のPV電力で、1日目と3日目の再エネ由来水素を製造して出荷

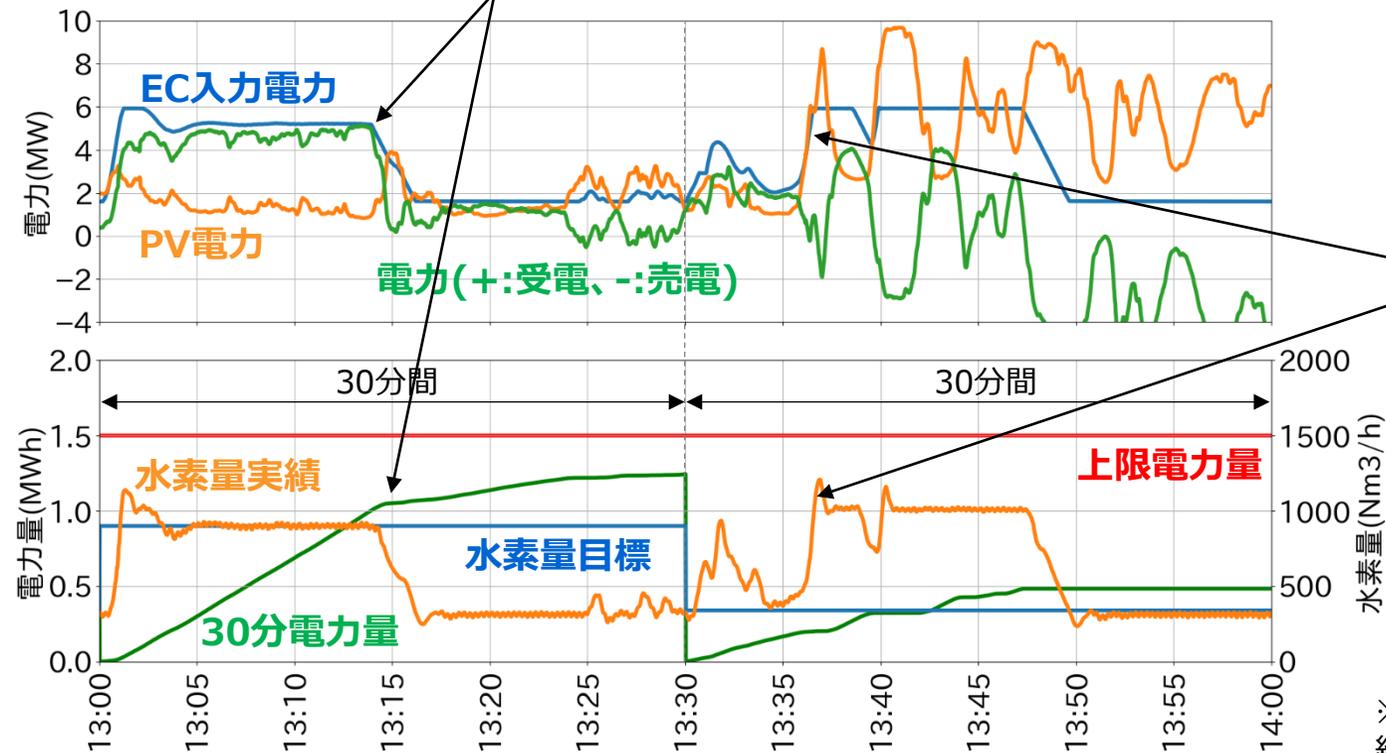


供給量、種別の異なる水素需要に対して製造コストを最小化する運転計画を立案

3. 研究開発成果について / 水素エネルギー運用システム (3 / 4)

- 契約電力低減に向けた系統最大受電電力制約対応機能の検証を実施

30分電力量が上限電力量を超過しないよう、EC入力電力を減少させて30分電力量を上限以下に抑制



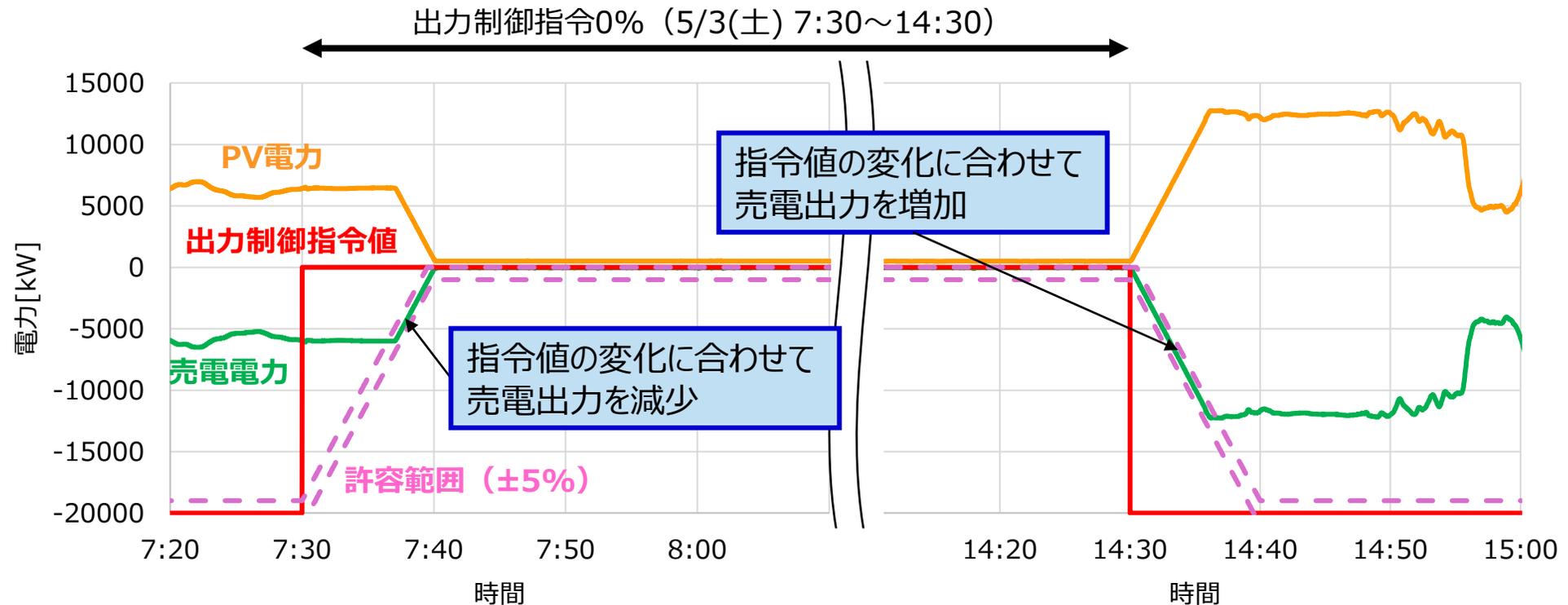
直前のコマの水素不足量を挽回するため、PV電力に合わせて製造する水素量を増加

※試験の都合でECの入力電力の最大値は約6MW (最大約1000Nm³/h) に設定

30分間の受電電力量を上限以下に抑えつつ、目標水素量を満たすことを確認

3. 研究開発成果について / 水素エネルギー運用システム (4 / 4)

- 4月以降、FH2Rに対して出力制御の指令回数が増加 (4月～5月中旬まで計10回)
- 指令値に応じてPV電力を制御し、売電電力の瞬時値を出力制御指令値に制御

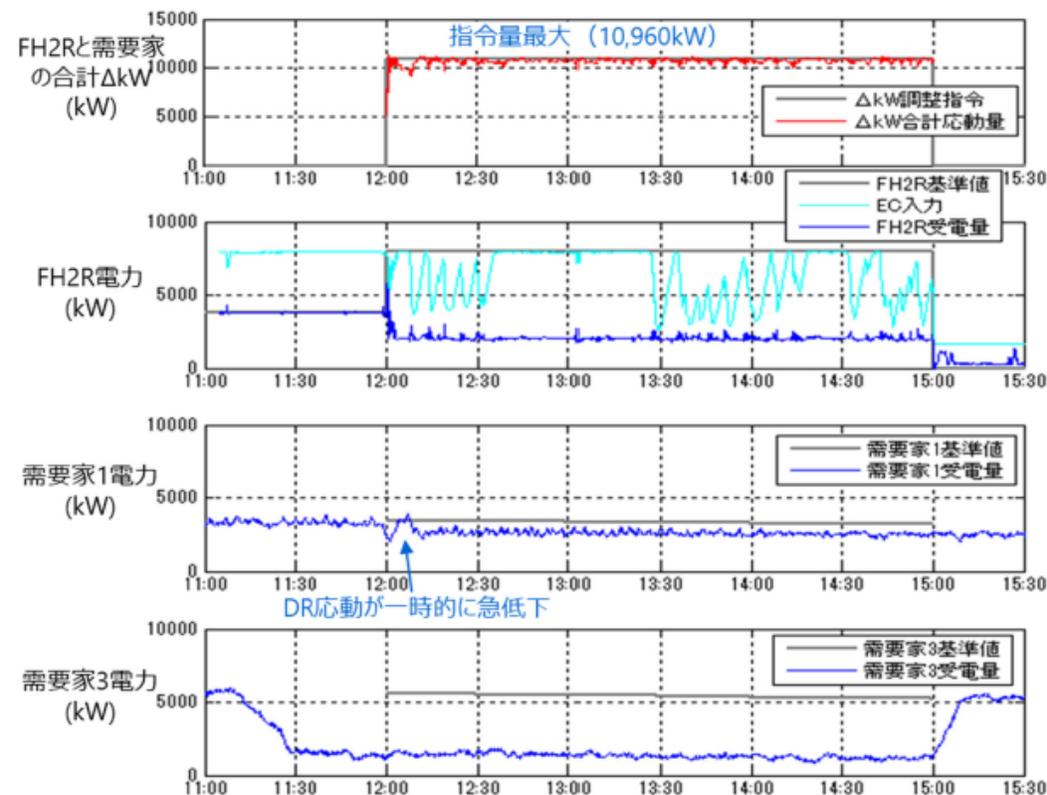
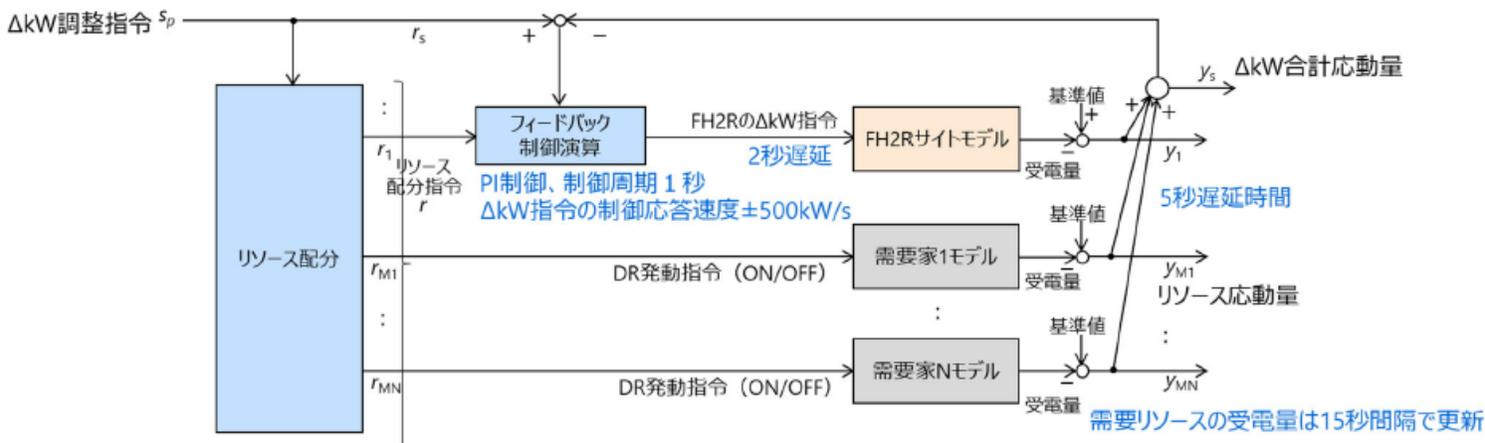


※5/3(土)は休日のため水素製造装置は停止中

休日においても自動で出力制御に対応できることを確認

3. 研究開発成果について / ACシステム

- 複数リソースDRに対応したAC/RAシステムのモデルを構築
- 複数の需要家（リソース）を束ねて需給調整シミュレーションを実施

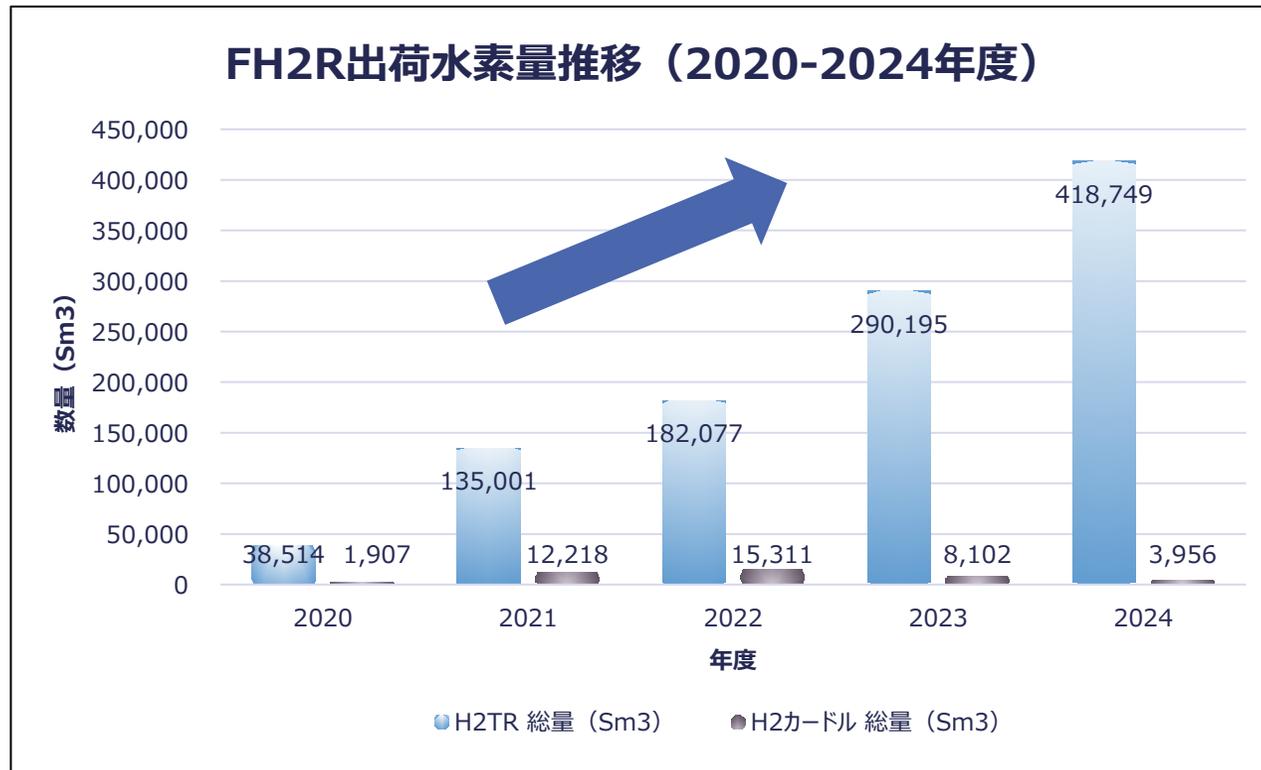


一定の条件下において需給調整市場（二次②）の要件を満たせることを確認

制御システム開発のまとめ

- 2024年度は製作、実装、試運転を実施し、開発したシステムの動作を確認した。
- 2025年度に実証運用を行い、評価を行う予定。

3. 研究開発成果について / 水素出荷実績



FH2Rの水素出荷量は着実に増加。



トレーラー（水素貯蔵量：3,000 m3）

		2020	2021	2022	2023	2024
H2トレーラ	配送回数（回）	18	77	94	134	216
	総量（Sm3）	38,514	135,001	182,077	290,195	418,749
H2カードル	配送回数（回）	16	92	99	64	48
	総量（Sm3）	1,907	12,218	15,311	8,102	3,956



カードル（水素貯蔵量：300 m3）

3. 研究開発成果について / 水素出荷実績

FH2R H2トレーラ出荷実績（24年度）

【H2ステーション用途】

①福島浪江水素ステーション（伊達重機）	浪江町
②ふくしま hidro サプライ 水素ステーション（アポロガス）	浪江町
③仙台空港水素ステーション（岩谷産業）	仙台市
④本宮水素ステーション（日本エア・リキード）	本宮市
⑤Dr.Drive福島北幹線店水素ステーション（ENEOS）	福島市
⑥いわき鹿島水素ステーション（根本通商）	いわき市
⑦新砂水素ステーション（巴商会）	東京都

【燃料電池用途 ※公共施設】

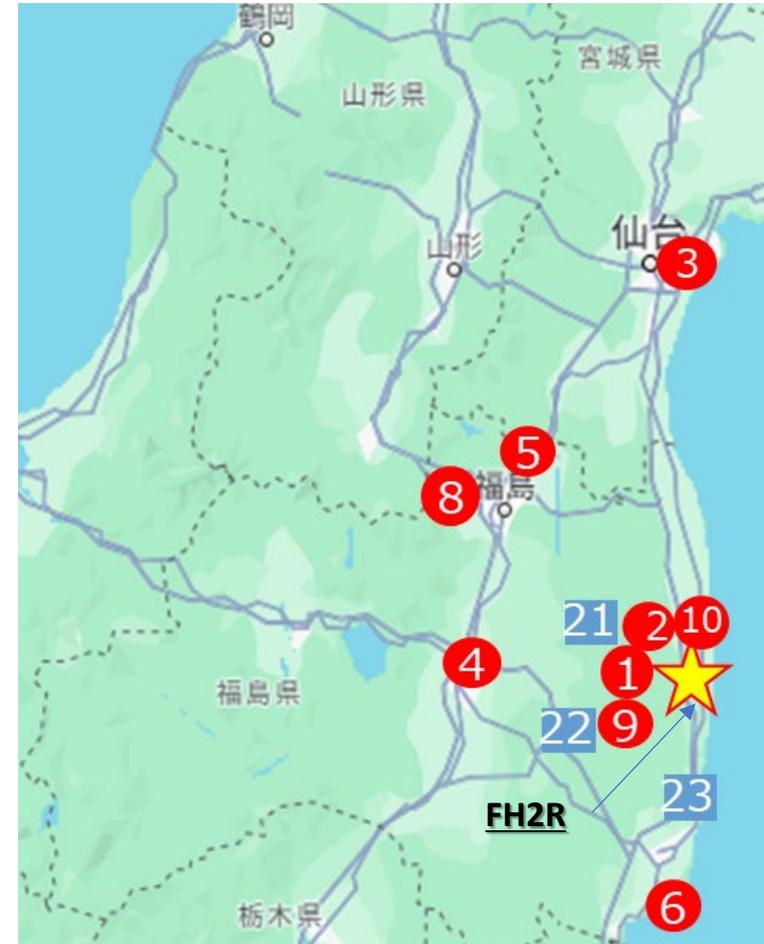
⑧あづま総合運動公園	福島市
⑨いこいの村なみえ	浪江町

【実証試験用途】

⑩福島水素充填技術研究センター	浪江町
-----------------	-----

FH2R H2カードル出荷実績（24年度）

名称	場所	用途
①道の駅なみえ	浪江町	燃料電池
②いこいの村なみえ	浪江町	大林組実証協力
③Jヴィレッジ	広野町	燃料電池



※その他東京都内向けに出荷実績有
（新砂水素ステーション等）

※出荷先については、NEDOと協議の上で選定

3. 研究開発成果について / 特許

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
特許出願[登録分] (うち外国出願)	4 (0)	2 (0)	2 (0)	1 (6)	1 (2)	0 (2)	0 (0)	10 (10)

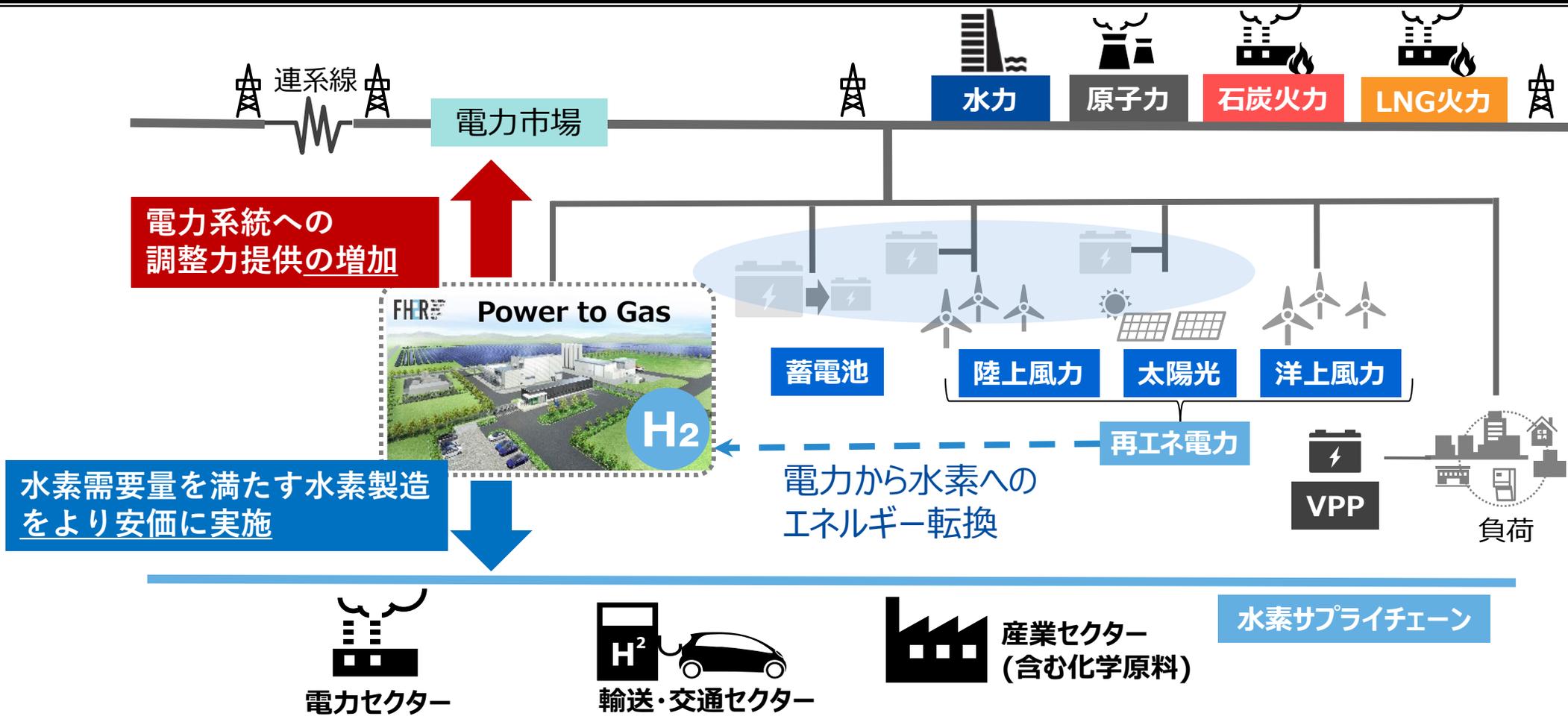
※2025年3月31日現在

(※)
2021年度の外国出願は2018年度のPCT出願を移行したもので、
今後も同様に移行する予定。

(※)
PCT出願とは
<https://www.jpo.go.jp/system/patent/pct/seido/kokusai1.html>

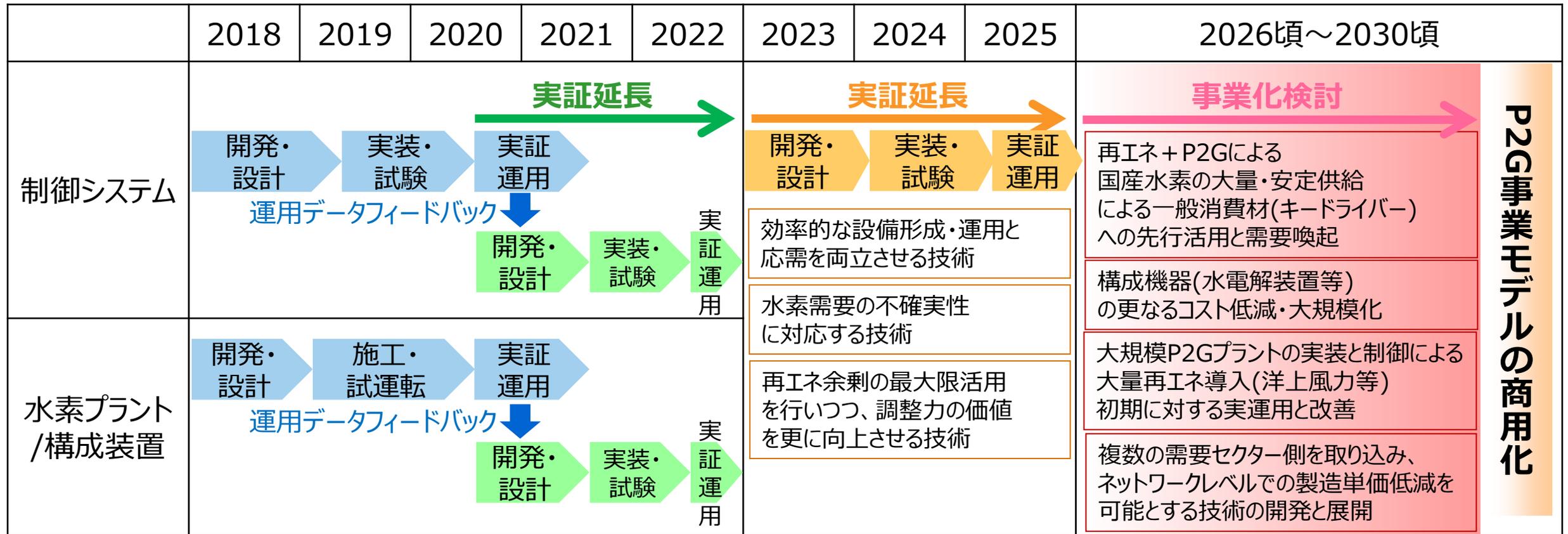
今後の見通しについて

4. 今後の見通しについて / 実用化・事業化のイメージ



最適稼働条件で無い場合においても、「電力系統への調整力提供の増加」と「水素需要量を満たす水素製造をより安価に実施」の両立を実現する

4. 今後の見通しについて / 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み



水素基本戦略
エネルギー基本計画目標

FH2Rを軸に研究開発を行い、Power to Gas実用化を達成し、
多面的・多層的にCNに大きな貢献が出来るように進めていく