

NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No.E-1

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 山根 史之
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
東北電力ネットワーク株式会社
岩谷産業株式会社
旭化成株式会社
発表日 2022年7月29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: fumiyuki.yamane@toshiba.co.jp

TEL: 050-3147-2701

事業概要

1. 期間

開始 : 2016年9月
 終了 (予定) : 2023年3月

2. 最終目標

実施項目	最終目標 (2022年度)
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

3. 成果・進捗概要

実施項目	成果内容	進捗状況
①	再エネ活用及び需給バランス調整対応の多様化・高度化を目指した制御システムの開発ならびに逆潮流に対応した受変電設備の設置を実施。情報発信機能を備えた研究開発棟の設置を完了。	○
②	運転後の部材の劣化状況から維持管理コスト低減に向けた課題を整理。デジタルツインを導入し、省人化検討に着手。 <small>※事業モデルの基礎検討は基礎検討 (FSフェーズ) にて実施済。</small>	○

● 実施体制および分担等

NEDO

東北電力 (株) (AC、販売部門)

東北電力
ネットワーク (株) (電力系統側
制御システム)

東芝エネルギー
システムズ (株) (水素エネルギー
運用システム)

岩谷産業 (株) (水素需要
予測システム)

旭化成 (株) (水電解装置
維持費低減のための
技術開発)

◎ : 大幅達成、○ : 達成、
△ : 一部達成、× : 未達

目次

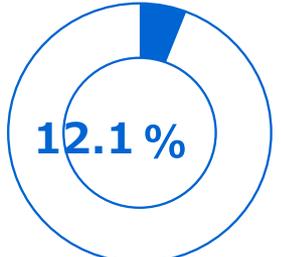
1. 事業の位置付け・必要性
2. 研究開発マネジメントについて
3. 研究開発成果－進捗状況－
4. 研究開発成果－水素プラント(FH₂R)－
5. 研究開発成果－制御システム－
6. 研究開発成果－特許・広報－
7. 今後の見通し

事業の位置付け・必要性

位置づけ・必要性 社会的な背景

日本の抱えるエネルギー課題

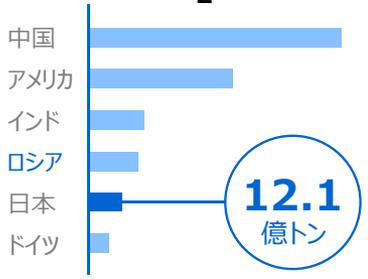
低いエネルギー自給率



OECD加盟国中35位

(出典)令和元年度(2019年度)におけるエネルギー需給実績(確報)
順位はOECD加盟国36か国中の順位

多いCO₂排出量



CO₂ 排出国 第5位

(出典) 2019年度の温室効果ガス排出量(確報値)について

国際的な温室効果ガス削減への方向性

京都議定書

先進国への温室効果ガス排出量削減義務

パリ協定

先進国・途上国への温室効果ガス削減目標に向けた努力義務

国内の温室効果ガス削減への方向性

カーボンニュートラル宣言

2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする

解決策

- 再エネ導入加速※¹
- 再エネの主力電源化※² ※³
- ゼロエミッション電源44%@2030 ※²
- 2030年度の温室効果ガス排出削減目標の大幅引き上げ※³
- 二次エネルギーとしての水素、水素社会実現※¹ ※² ※³

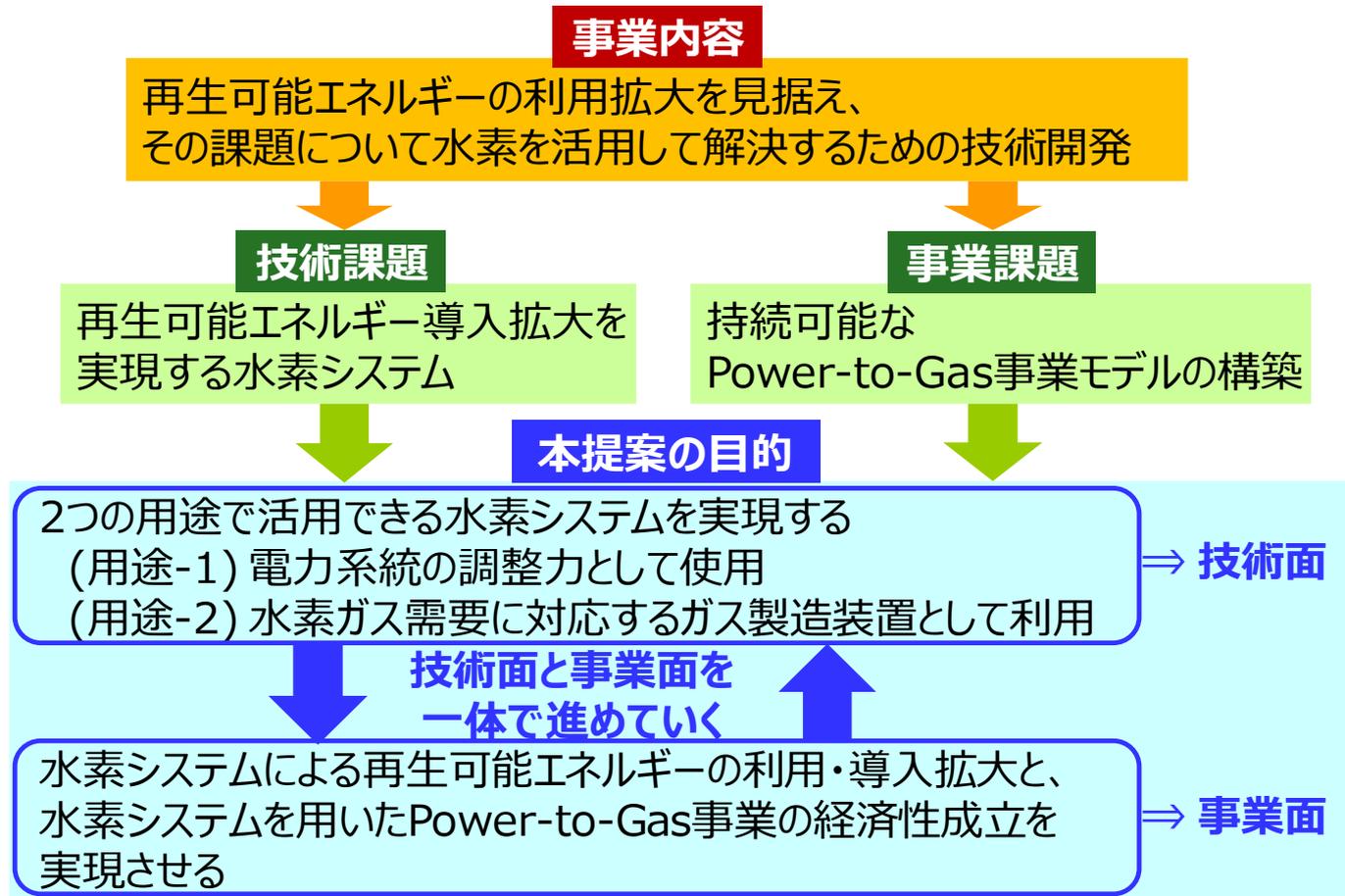
新たな課題

- 調整力※²
- 調整力の脱炭素化※² ※³
- 再エネ余剰電力の貯蔵※²

※¹)第四次エネルギー基本計画 ※²)第五次エネルギー基本計画 ※³)第六次エネルギー基本計画

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

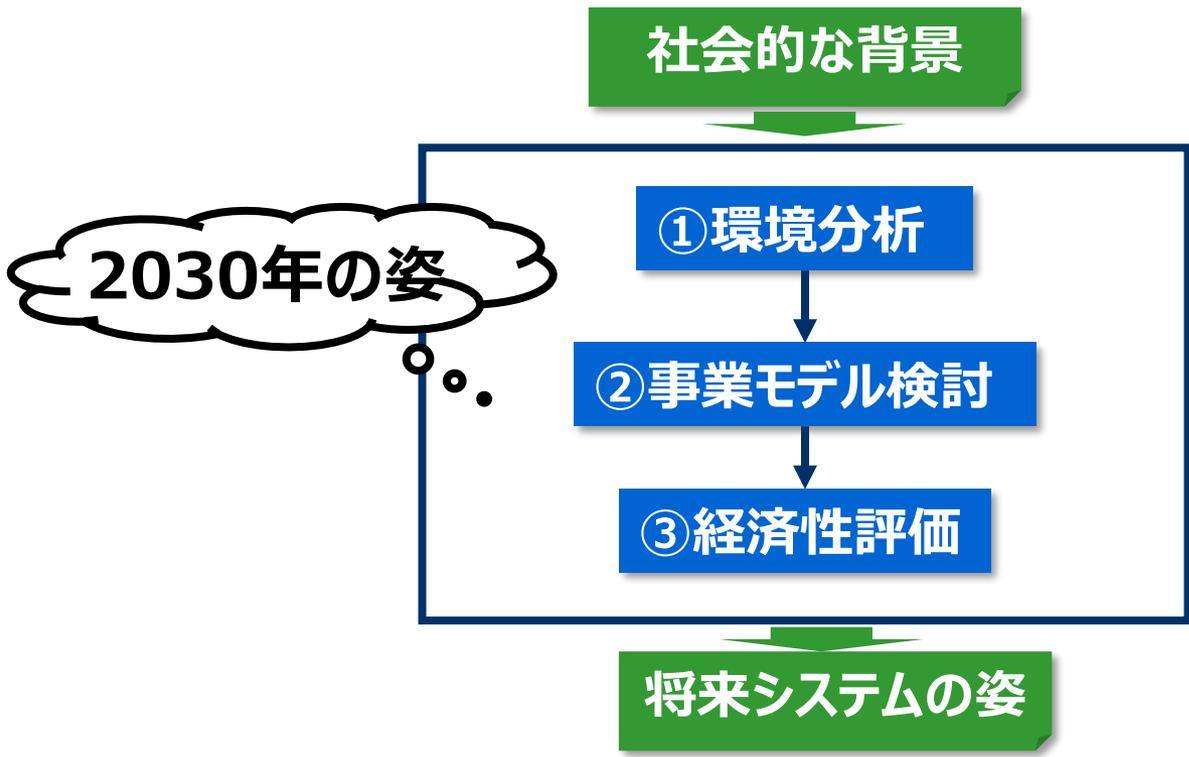
位置づけ・必要性 本事業の目的



**「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**

位置づけ・必要性 検討方針

- 社会的背景を念頭に、将来求められるシステムを検討する



2030年の姿に対する分析／検討／評価を行い
将来システムを導き出す

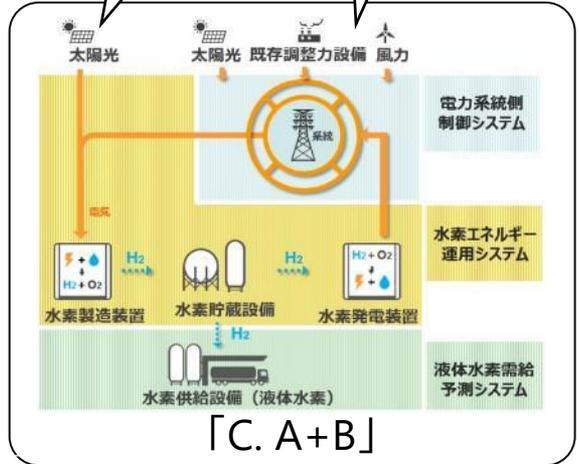
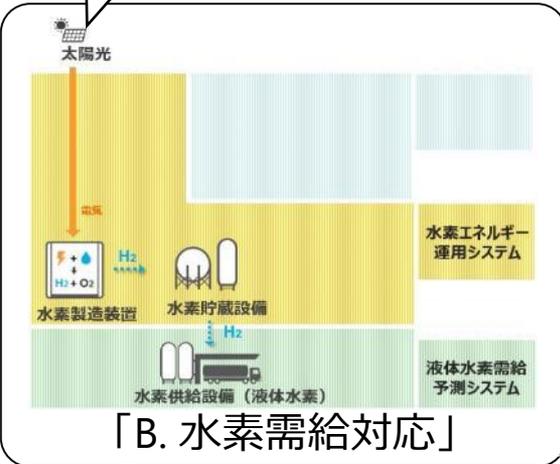
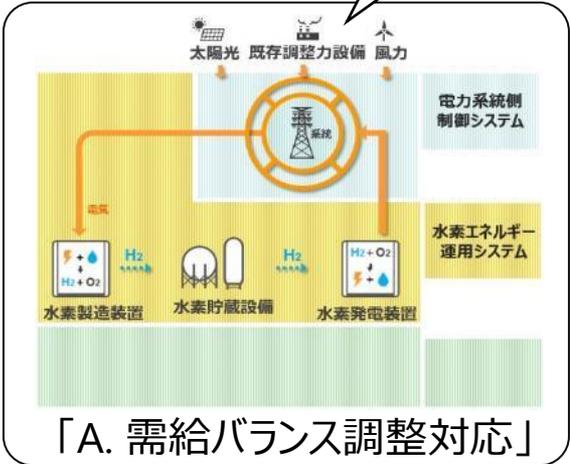
位置付け・必要性 事業モデル検討

事業モデル検討

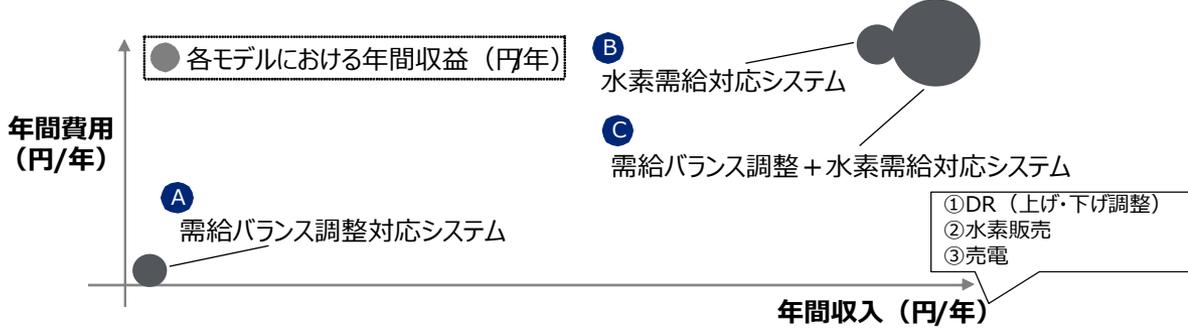
系統のみ

再エネのみ

再エネ + 系統



項目		A	B	C
構成装置	水素製造装置	有		有
	水素貯蔵設備		有	
	水素供給設備	無		
	水素発電装置	有	無	

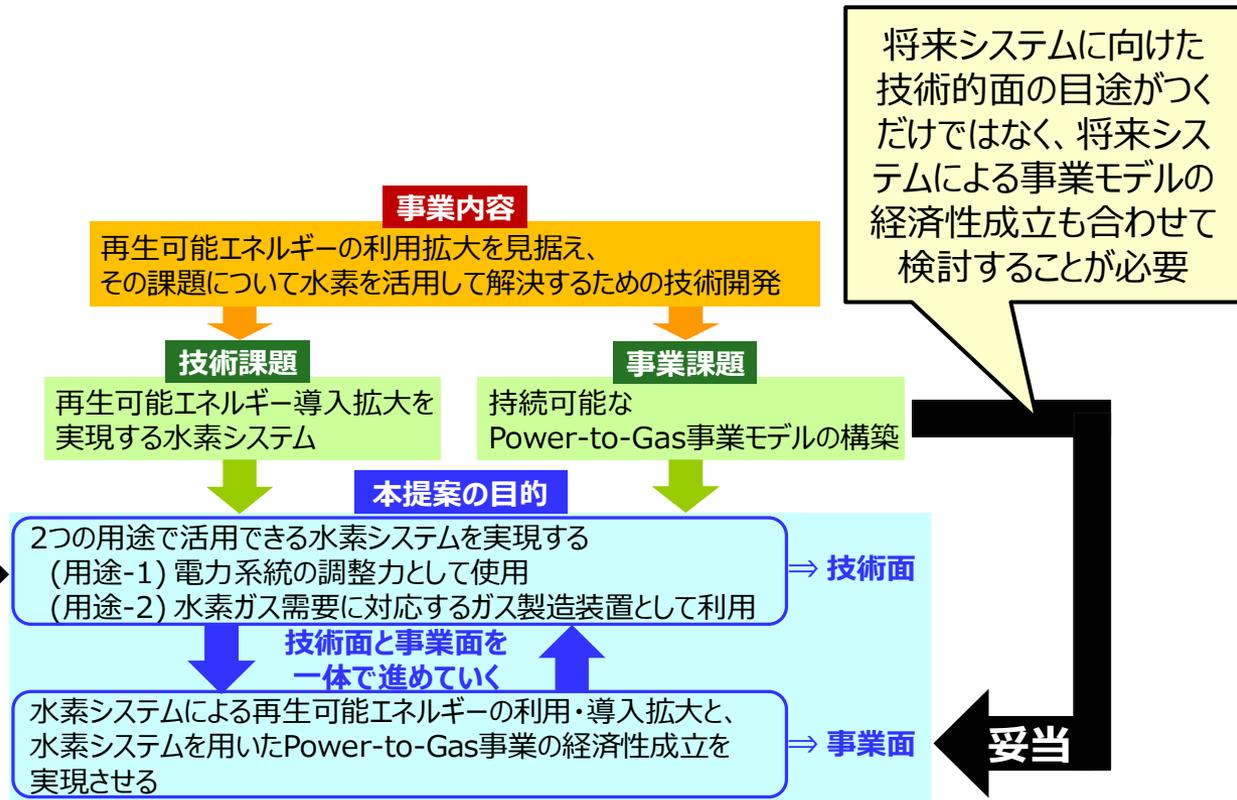


「2030年をとりまく環境」から、3種の事業モデルを想定。

位置付け・必要性 目的の妥当性



妥当



社会的背景を念頭にした将来システムの姿の検討結果より、本事業の目的は妥当である

位置付け・必要性 エネ基におけるFH2R実証の位置づけ

エネルギー基本計画（第6次）

“水素社会”実現に向けた取組の抜本強化

- （1）カーボンニュートラルを達成するための水素供給コスト削減と多様な分野における需要創出
- （2）海外で製造された安価な水素の活用と国内の資源を活用した水素の製造基盤の確立
- （3）国際水素サプライチェーン及び、余剰再生可能エネルギー等を活用した水電解装置による水素製造の商用化の実現

FH2R実証の位置づけ

（4）再生可能エネルギーを活用した大規模な水素製造の実証

⇒ P2Gシステムの事業化・社会実装に向けた取組を進め、2030年頃の商用化を目指す。

- （5）水素需要量の拡大を実現するための各部門における取組を加速化、地域レベルでの先進的な水素社会モデルの構築
- （6）国際水素サプライチェーン等による大量の水素供給と大規模な活用、既存インフラや需要と供給の隣接する地域特性を最大限活用した社会実装モデルを創出

目指す大規模水素社会

2030年の規模



100MW級

海外の実証規模

プロジェクト名	水電解	
	水電解方式	装置出力
Project Centurion at Runcorn(FS) (ITM Power)	PEM	100,000 kW
NEL Hythane at Normandy	アルカリ	100,000 kW

100MW級

現在の
国内最大規模

10MW

意義

将来目指す大規模水素社会への一歩として
国内最大規模の水素製造装置にて実証することに意義

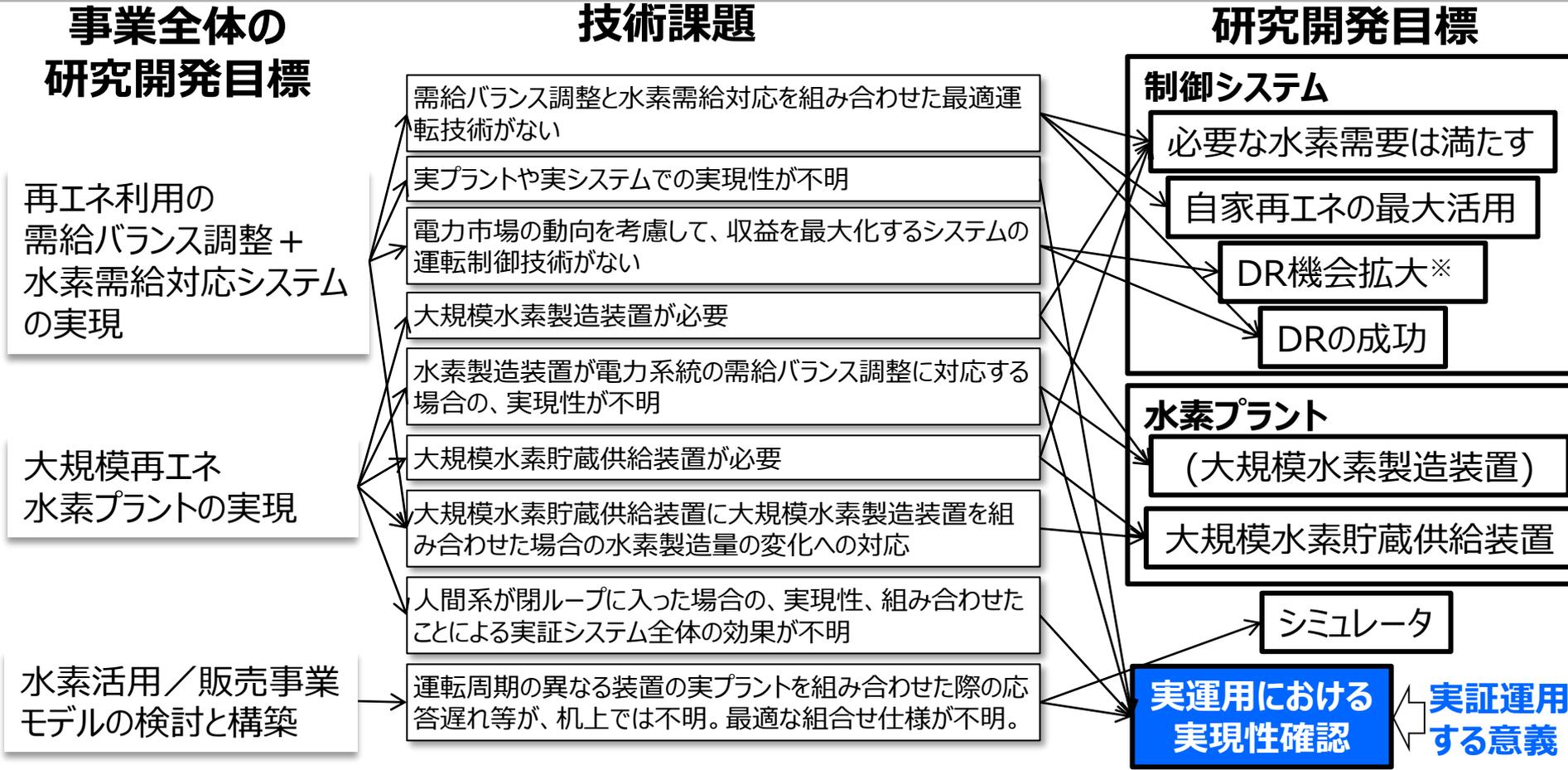
研究開発マネジメントについて

研究開発目標 事業全体の研究開発目標

事業全体の研究開発目標	根拠（妥当性）
<p data-bbox="19 235 743 364">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</p> <p data-bbox="19 385 705 464">大規模再エネ水素プラントの実現</p> <p data-bbox="19 535 898 778">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（デマンドレスポンス：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</p>	<p data-bbox="937 235 1903 478">社会的な背景を念頭に、①環境分析、②事業モデル検討、③経済性評価を実施し、将来システムの姿を導出した。その結果、「再エネ利用の、需給バランス調整＋水素需給対応システム」が最適と分かった。システム仕様としては、大規模なプラントが求められることも分かった</p>
<p data-bbox="19 806 859 878">水素活用／販売事業モデルの検討と構築</p> <p data-bbox="19 935 898 1092">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</p>	<p data-bbox="937 806 1903 949">将来システムの実現には、技術的面の目途がただけではなく、将来システムによる事業モデルの経済性成立も合わせて検討することが必要である。</p>

事業全体の研究開発目標と根拠を示す

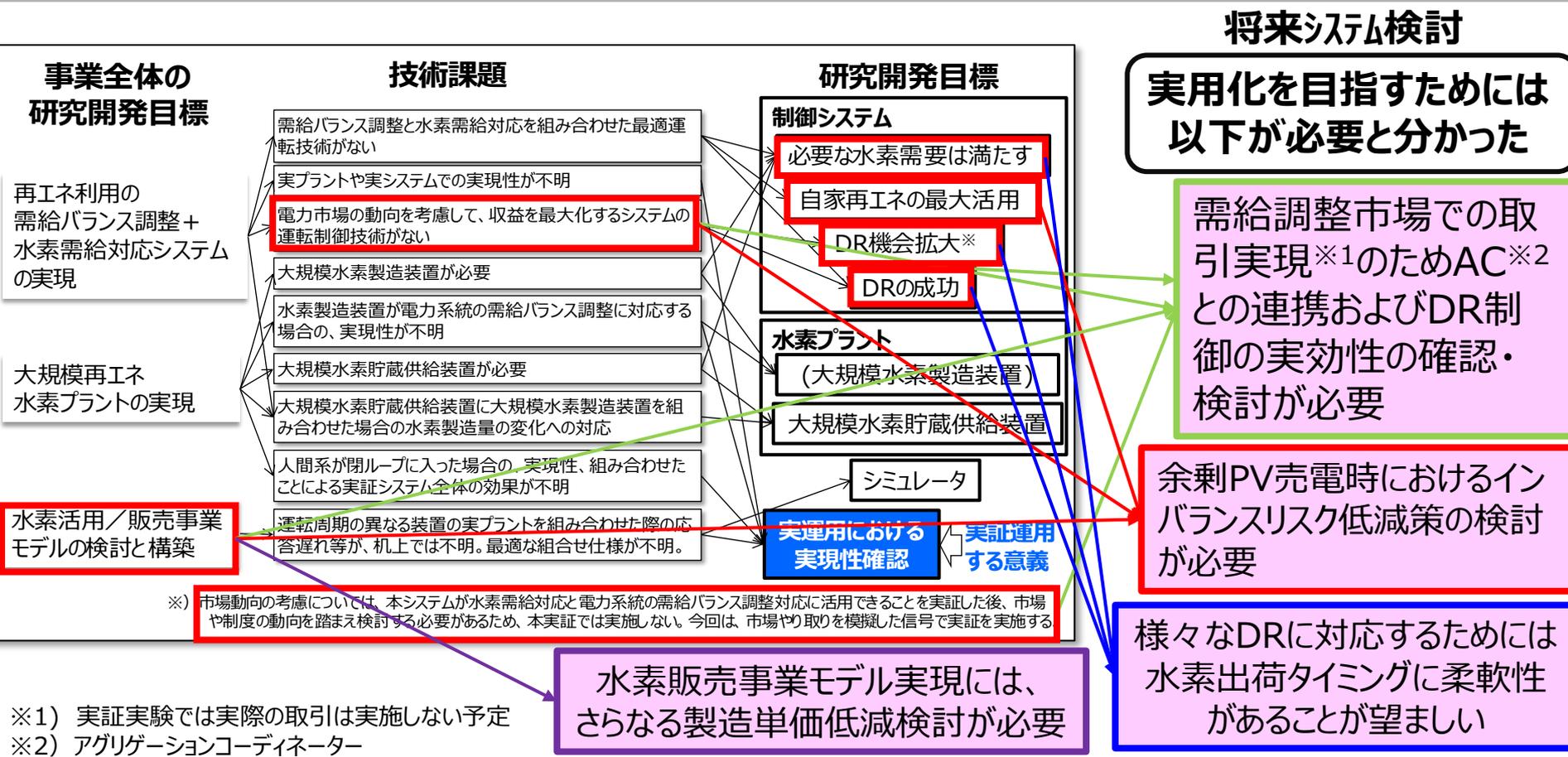
研究開発目標 技術課題・目標、及び、実証運用の意義



※) 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システム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

研究開発目標 技術課題・目標、及び、実証運用の意義



将来システム検討
実用化を目指すためには以下が必要と分かった

需給調整市場での取引実現※1のためAC※2との連携およびDR制御の実効性の確認・検討が必要

余剰PV売電時におけるインバランスリスク低減策の検討が必要

様々なDRに対応するためには水素出荷タイミングに柔軟性があることが望ましい

水素販売事業モデル実現には、さらなる製造単価低減検討が必要

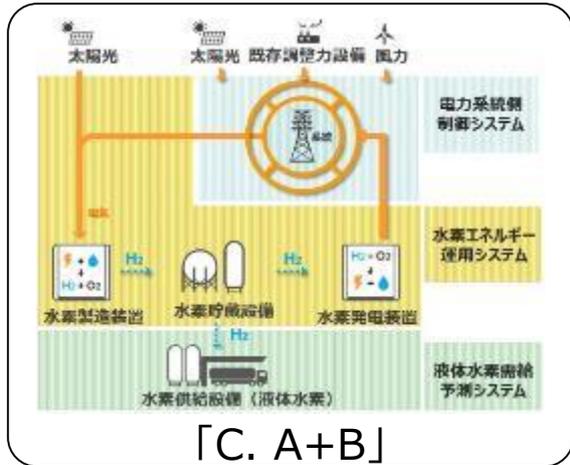
※1) 実証実験では実際の取引は実施しない予定
 ※2) アグリゲーションコーディネーター

※) 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、市場やり取りを模倣した信号で実証を実施する

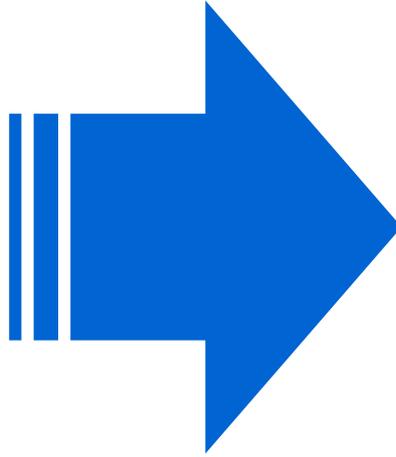
さらに将来システム検討を実施し、実用化を目指すために必要な追加要件を抽出

研究開発目標 研究開発目標の具体化

2030年の姿



実証時点の姿

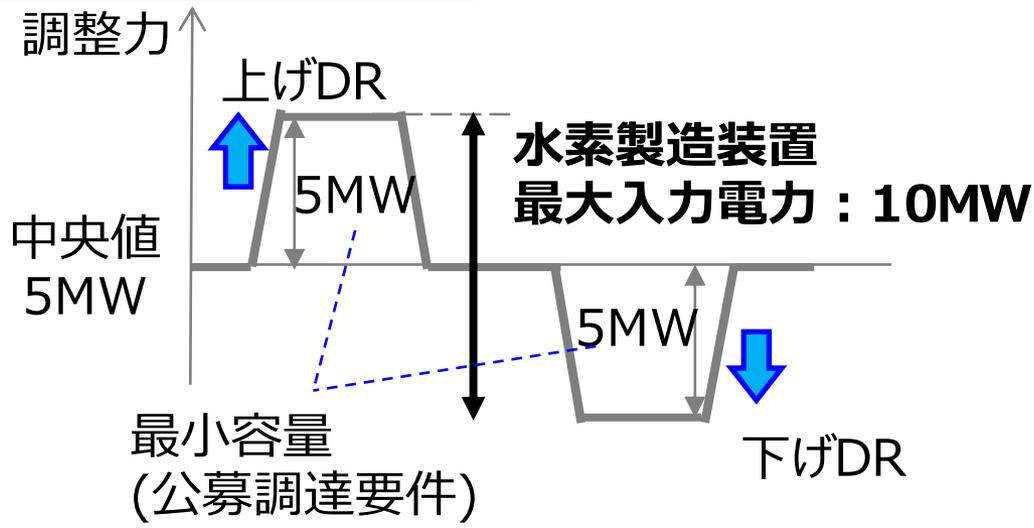


逆算

2030年の「再エネ利用の、需給バランス調整 + 水素需給対応システム」
を実現すべく、実証時点の具体的な目標を設定

研究開発目標 研究開発目標の具体化－水素プラント－

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
大規模再エネ水素プラントの実現



実証に必要な最小規模の仕様理由 (妥当性)
電力システムの調整力で必要とされる最小容量が電力・ガス取引監視等委員会の資料等を参考に5MWとなることから、実証時における需給バランス調整の上げ・下げDRは中央値5MWから±5MW程度変化させることとし、入力電力として最大10MWを水素製造装置の実証仕様とする。

**水素製造装置は最大10MWとすることで、
電源最小容量 (需給調整市場最低入札) 5MW※に対応**
※専用線の場合

研究開発目標 研究開発目標の具体化－水素プラント－

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

大規模再エネ水素プラントの実現

東京都水素需要@2020年想定



中央値5MWでの常時水素製造

実水素需要に基づいた実証が可能

実証に必要な最小規模の仕様理由（妥当性）
2020年に想定される東京都水素需要（FCバス+FCV）は約900t/年であり、水素製造装置で常時水素製造（入力電力5MW）を行った場合、約750t/年の水素供給が可能となり、実水素需要に基づいた実証が可能となる。

中央値5MWの水素製造により、
想定する実水素需要に基づいた実証が可能

研究開発目標 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

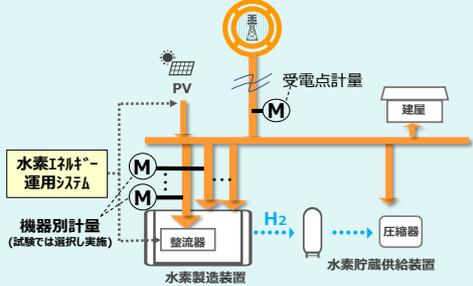
具体的目標

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

研究開発目標 研究開発目標の具体化－制御システム－

目標	設定根拠（妥当性）
水素DR時の計画と制御の系統受電電力量誤差：±3%以内	同時同量の誤差を参考にして設定。 実証において、実機で評価する。
需給調整DR時の計画と制御の機器個別計量対象電力誤差：±3%以内	
水素DR指令と実施値との差異：±20%以内	蓄電池等とは異なり実機評価経験度の低い水素システムであるため、一般的な±10%よりも余裕度を設けた。
PV出力制御指令値と実施値との差異：±5%以内	太陽光・風力発電所出力制御機能技術仕様書に準じて設定。ただし、PV発電可能量不足、装置異常等の状況の場合を除く。
経済DR指令と実績値との差：±20%以内	水素DRの目標値を参考にして設定。実証において、実機で評価する。
需給調整DR指令と実績値との差：±10%以内	需給調整市場取引規程を参考にして設定。
再エネ有効利用率 実証目標値：86%以上	日射量の推定値等を用いた机上計算より設定※。 ※) 2018年時点の机上評価より設定
1日終了時点の水素貯蔵不足：0Nm ³	1日終了時点での、運転計画に対する運転結果の、水素貯蔵不足量が無いことを目指す。 ただし、装置異常等、水素製造が困難な状況な場合を除く。

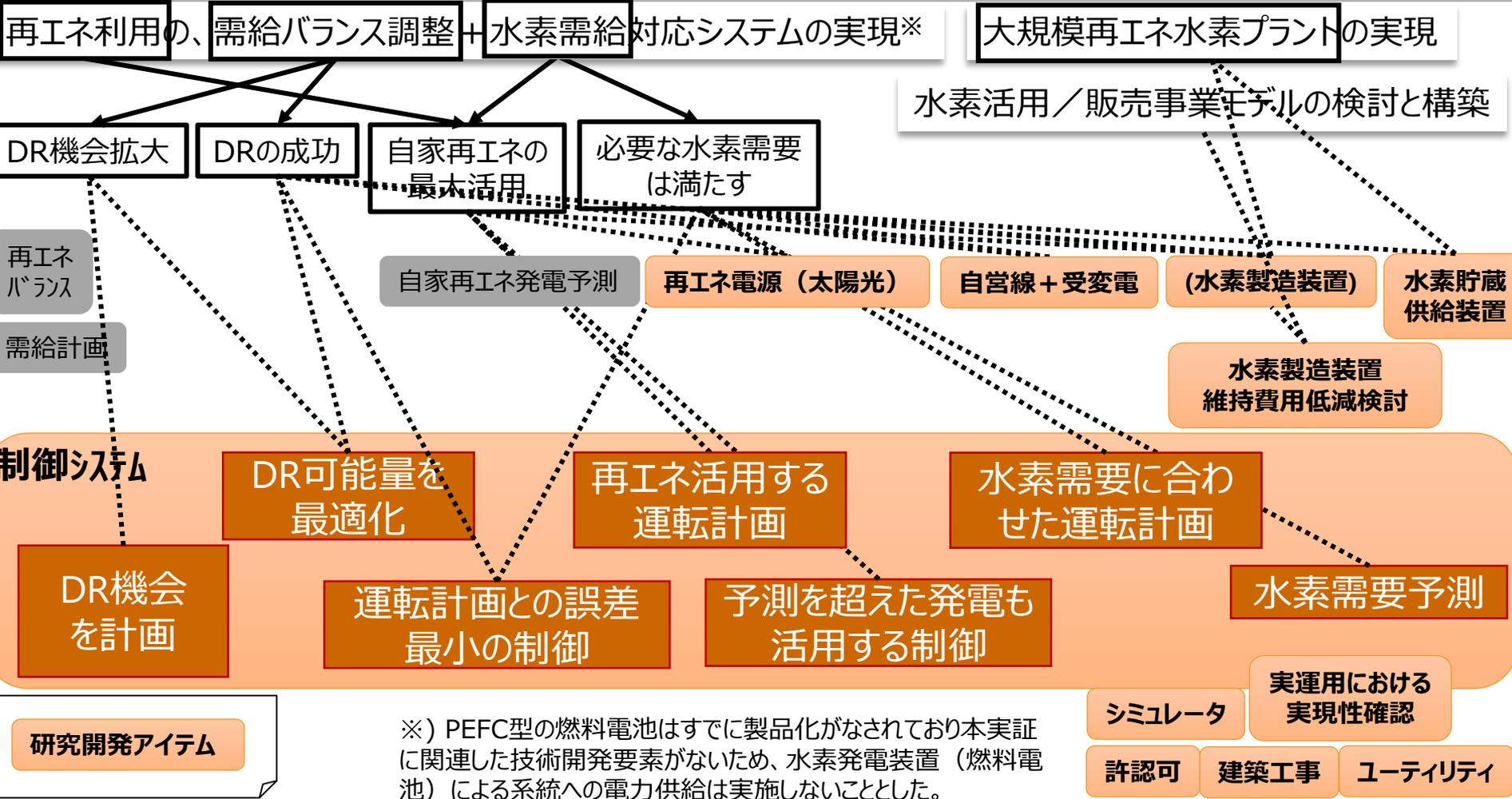
各研究開発目標の設定根拠／評価方法を示す

研究開発目標 研究開発目標の具体化 – 水電解装置 –

目標	設定根拠（妥当性）
維持費用の定量評価	大型アルカリ水電解装置の維持費用の現状と経産省ロードマップ目標値(4,500円/(Nm ³ /h)/年 at 2030年)との乖離の定量化
維持費用低減対策の立案	経産省ロードマップ目標値を見通すために実施すべき具体的施策の洗い出し
交換頻度の適正化	水電解装置維持費用の6割を占める部材交換費用について、実運用での劣化状況から適正な交換頻度を設定
低コスト化・易メンテナンス化	交換部材の低コスト化や水電解システムのメンテナンス容易化など、さらなる維持費用低減に資する追加対策の探索
大規模化した場合の維持費用試算	水電解システムを100MW規模へ大型化した場合のスケール効果の確認

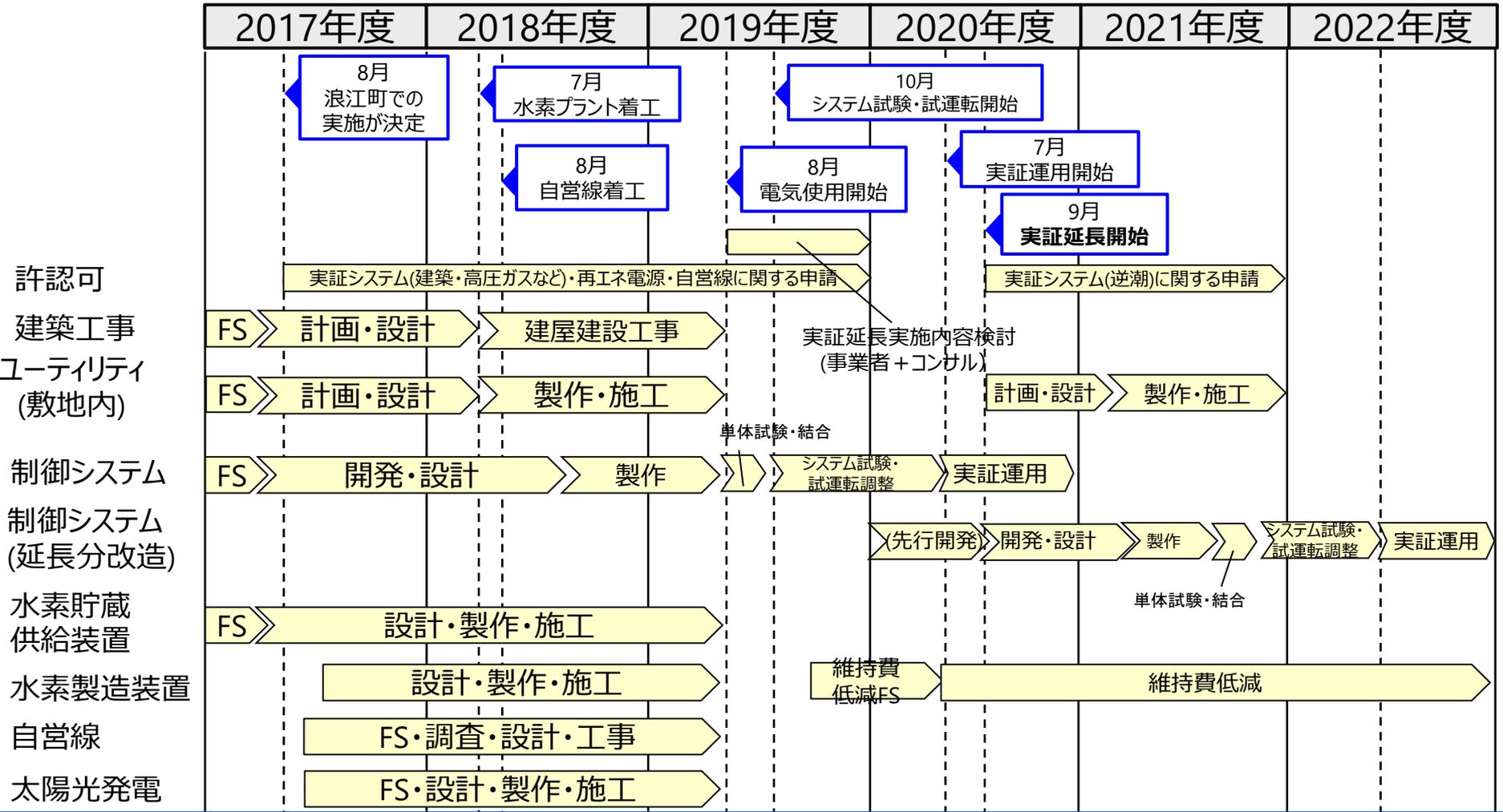
各研究開発目標の設定根拠／評価方法を示す

研究開発目標 研究開発アイテムの抽出



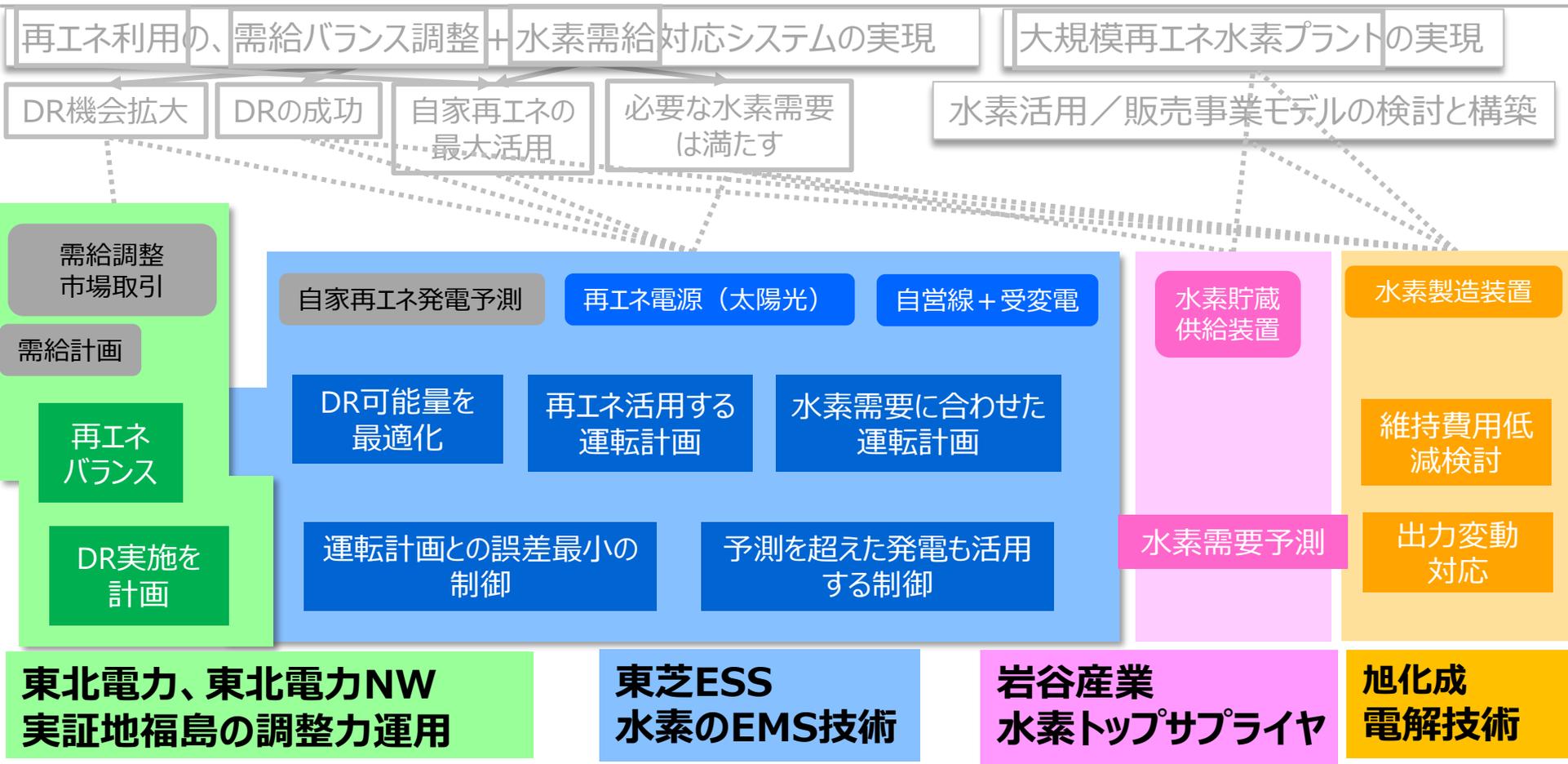
研究開発目標より研究開発アイテムを抽出

研究開発目標 研究開発スケジュール



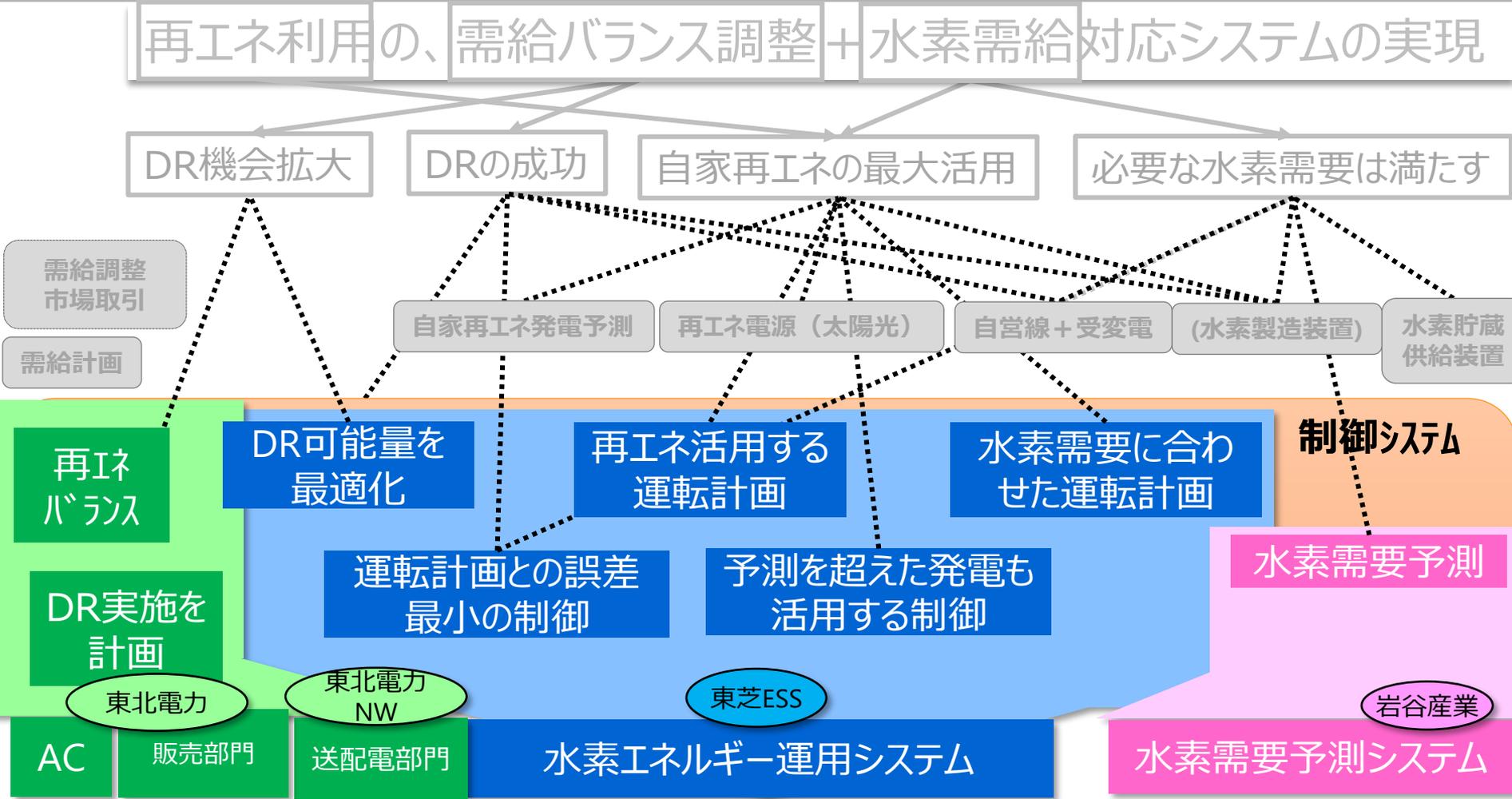
全ての要素を考慮したマスタースケジュールを基に推進中

研究開発目標 研究開発実施体制と担当機能



各研究開発アイテムの、技術/商用トップランナーが担当。
 妥当な研究開発実施体制を構築。

研究開発目標 制御システムにおける各社担当機能



制御システムの分担を示す

研究開発目標 水素製造装置の機能

出力変動運転に対応した世界最大規模のアルカリ水電解システム

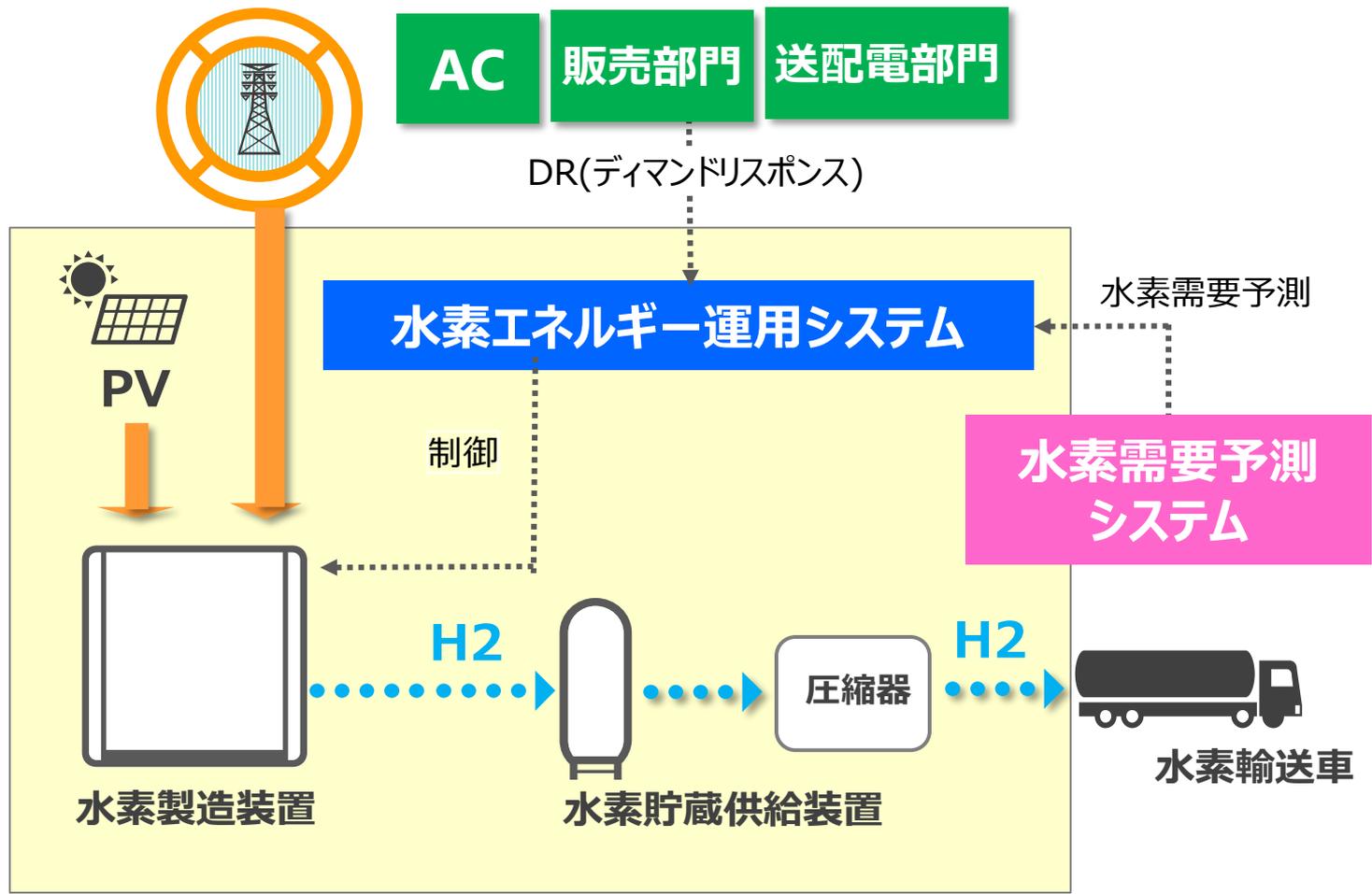
水素製造量	300~2000 Nm ³ /h
消費電力@2000Nm ³ /h	≤12 MW
電力変動レート	± 0.5 MW/s
水素圧力	≥ 0.8 MPaG
水素純度	≥ 99.97%

開発課題

- 大型アルカリ水電解システムの設計・製作・立ち上げ
- 出力変動に応答可能なプロセス・制御法の確立
- 水素中不純物の除去プロセスの確立

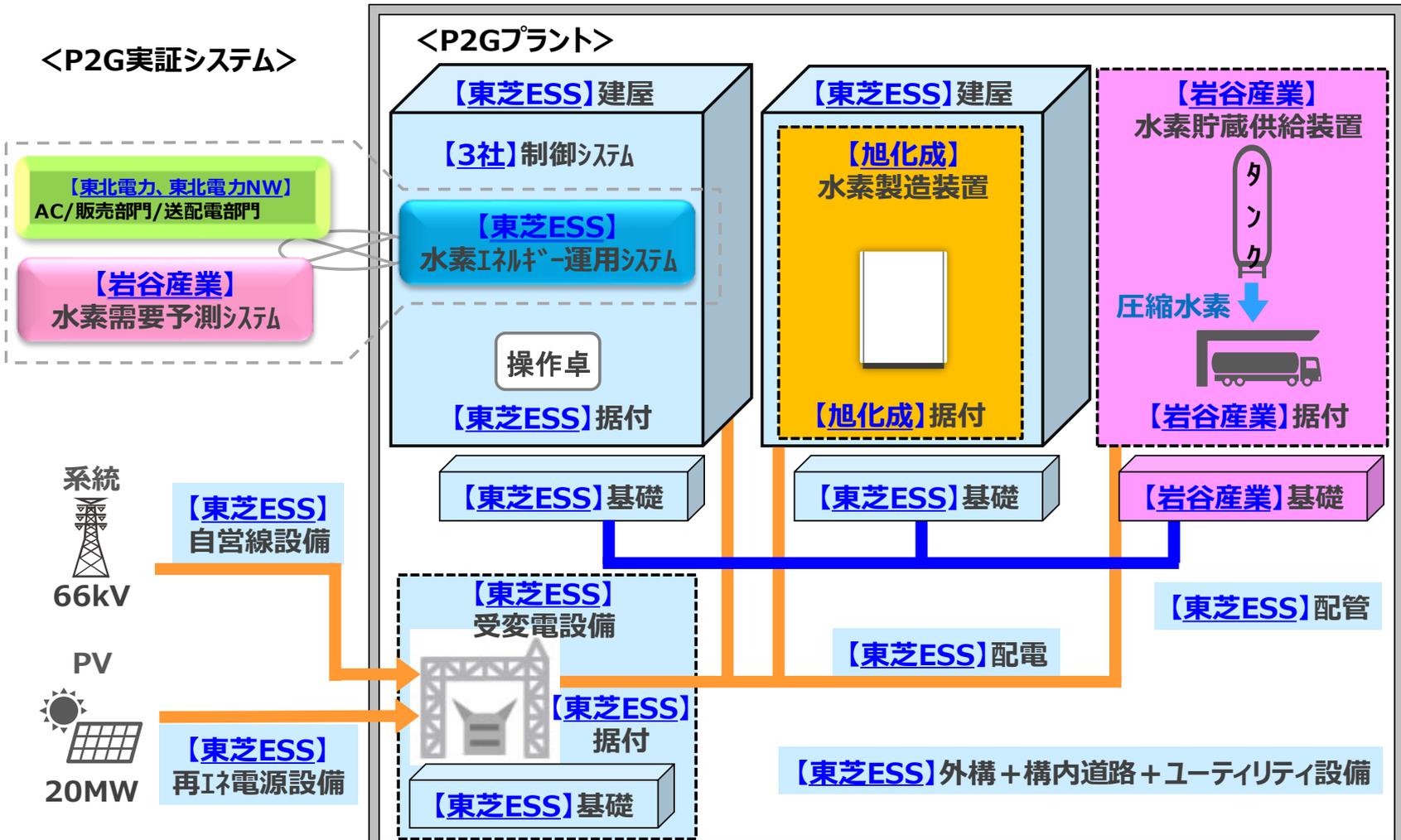
再エネ変動やDR指令に追従可能な
大規模水素製造システムの導入

研究開発目標 制御システムと装置・プラントの関係



制御システムと、装置・プラントの関係を示す

研究開発目標 装置・プラントにおける各社担当領域



装置・プラントに対する、5社の所掌を示す

研究開発成果

研究開発成果 —進捗状況—

研究開発成果 研究開発項目毎の工程目標と達成状況

◎ 大幅達成（目標工程を大幅に前倒し、目標性能を大幅に向上等）、○ 達成（予定通り）、△ 達成見込み、× 未達

開発項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
a.1 水素プラントの開発・設計	設計完了	設計完了	○	
a.2 構成装置の開発・設計				
水素製造装置	設計完了	—	—	
水素貯蔵供給装置	設計完了	—	—	
a.3 制御システムの開発・設計				
電力系統側制御システム	設計完了	一部実施	○	
水素需要予測システム	設計完了	出荷計画データ検討	○	
水素エネルギー運用システム	設計完了	インタフェース検討	○	
b.1 水素プラント工事	工事完了	工事完了	○	
b.2 構成装置の製作・施工				
水素製造装置	施工完了	施工完了	○	
水素貯蔵供給装置	施工完了	施工完了	○	
b.3 制御システムの実装				
電力系統側制御システム	検証完了	検証完了	○	
水素需要予測システム	検証完了	検証完了	○	
水素エネルギー運用システム	検証完了	検証完了	○	
b.4 試運転	検証完了	ほぼ完了	△（2022年8月達成予定）	
c. 太陽光発電設備の設置	20MW施工完了	—	—	
d. 実証運用	研究開発目標を参照	一部実施	△（2023年3月達成予定）	
e. 将来システムに向けた検討	水電解装置 維持費低減	一部実施	△（2023年3月達成予定）	運用中に確認された 課題への対策と検証
h. 研究開発棟の設置	施工完了	施工完了	○	

実証延長向けの開発に取組中

研究開発成果 目標達成に向けたアプローチ – 制御システム –

目標	アプローチ
水素DR時の計画と制御の系統受電電力量誤差：±3%以内	実証データを蓄積して実力値を評価した上で、課題を抽出し解決策を検討
需給調整DR時の計画と制御の機器個別計量対象電力誤差：±3%以内	補機含めた各機器の消費電力を評価し、機器個別計量対象のあるべき姿を検討
水素DR指令と実施値との差異：±20%以内	実証データを蓄積して実力値を評価した上で、課題を抽出し解決策を検討
PV出力制御指令値と実施値との差異：±5%以内	実証データを蓄積して実力値を評価した上で、課題を抽出し解決策を検討
経済DR指令と実績値との差：±20%以内	短期的なPV発電予測と、予測を利用する制御アルゴリズム開発
需給調整DR指令と実績値との差：±10%以内	水素需要の前倒し／遅延による裕度を利用
再エネ有効利用率 実証目標値：86%以上	詳細化したシミュレーションによる算出
1日終了時点の水素貯蔵不足：0Nm ³	水素需要の前倒し／遅延による裕度を利用

制御システムの目標に向けたアプローチを示す

研究開発成果 目標達成に向けたアプローチ – 水電解装置 –

目標	アプローチ
維持費用の定量評価	試運転実績を活用し試算
維持費用低減対策の立案	各費目の費用削減策について、具体的対策として提案
交換頻度の適正化	部材および機器の定期点検により、経年劣化の程度を評価。点検結果を基に、適切な交換周期を検討
低コスト化・易メンテナンス化	実機運用により見いだされた課題に対し、電解槽構造見直しにより改善を検討 DX技術活用などによる維持管理費用の低減検討
大規模化した場合の維持費用試算	100MW規模の水電解システムの維持費用の検討

水電解装置の目標に向けたアプローチを示す

研究開発成果 ー水素プラント(FH2R)ー





※出典「地理院地図」(国土地理院)
(<http://maps.gsi.go.jp/#10/37.865650/141.221008/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0l0u0t0z0r0f0>)
をもとに、東芝エネルギーシステムズ株式会社作成

福島県浪江町棚塩・請戸地区に実証プラントを建設

研究開発成果 プラントの状況 1/4

太陽光発電設備

水素貯蔵・供給設備

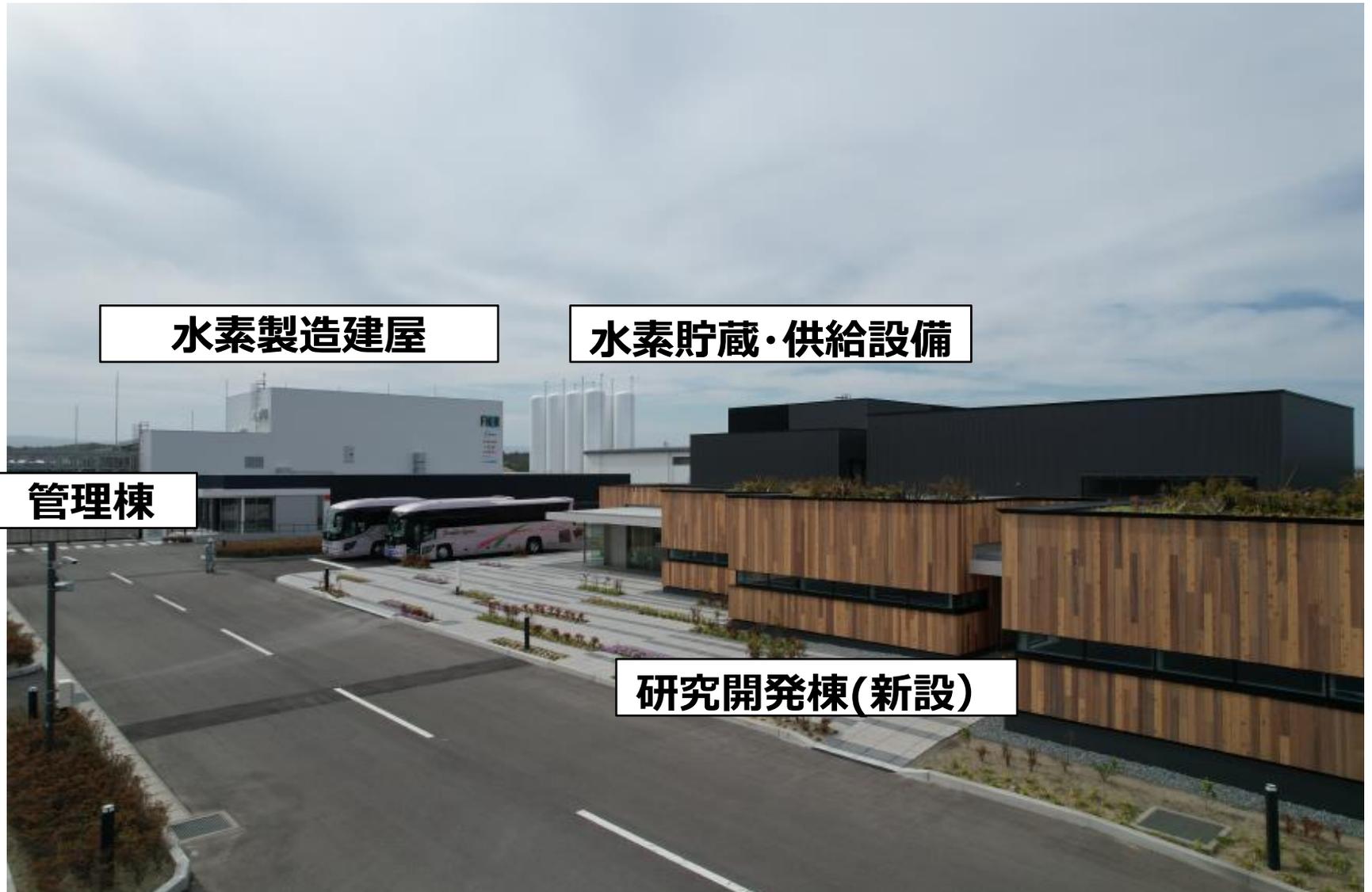
研究開発棟(新設)

水素製造設備

管理棟

ユーティリティ設備
ヤード

研究開発成果 プラントの状況 2/4



水素製造建屋

水素貯蔵・供給設備

管理棟

研究開発棟(新設)

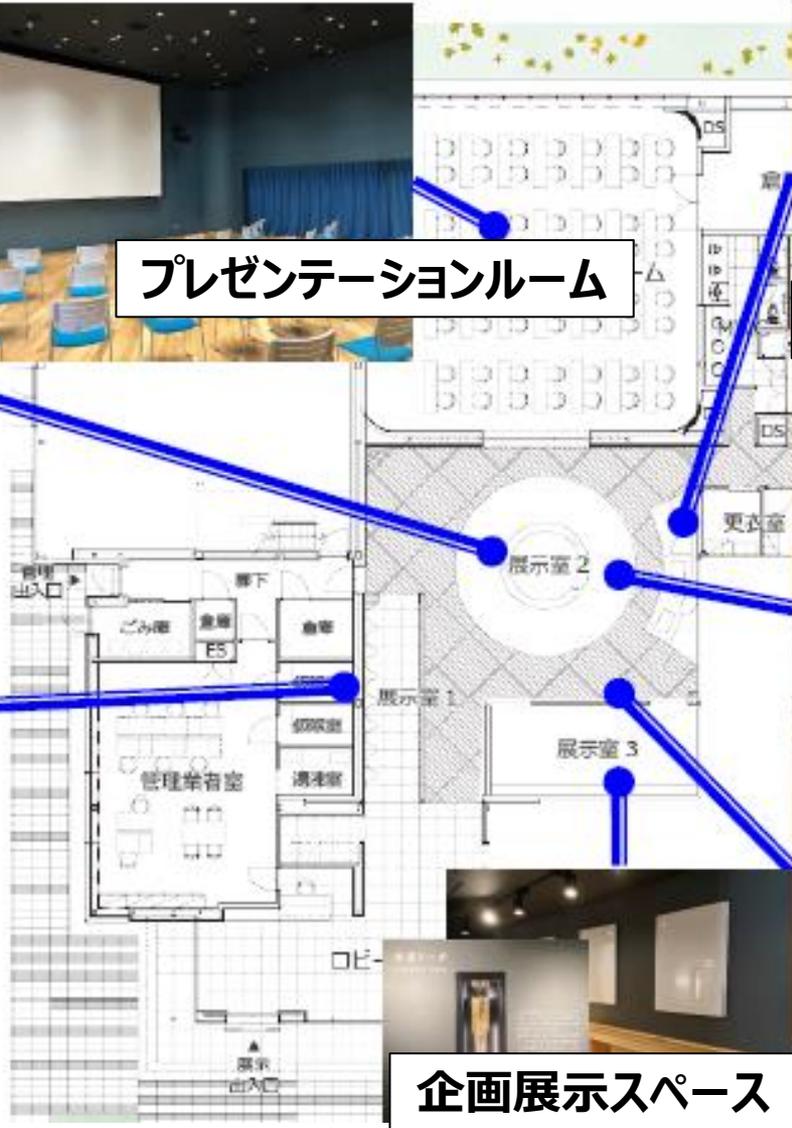
研究開発成果 プラントの状況 3/4

※南西より撮影



研究開発成果 プラントの状況 4/4

研究開発棟内 展示エリア

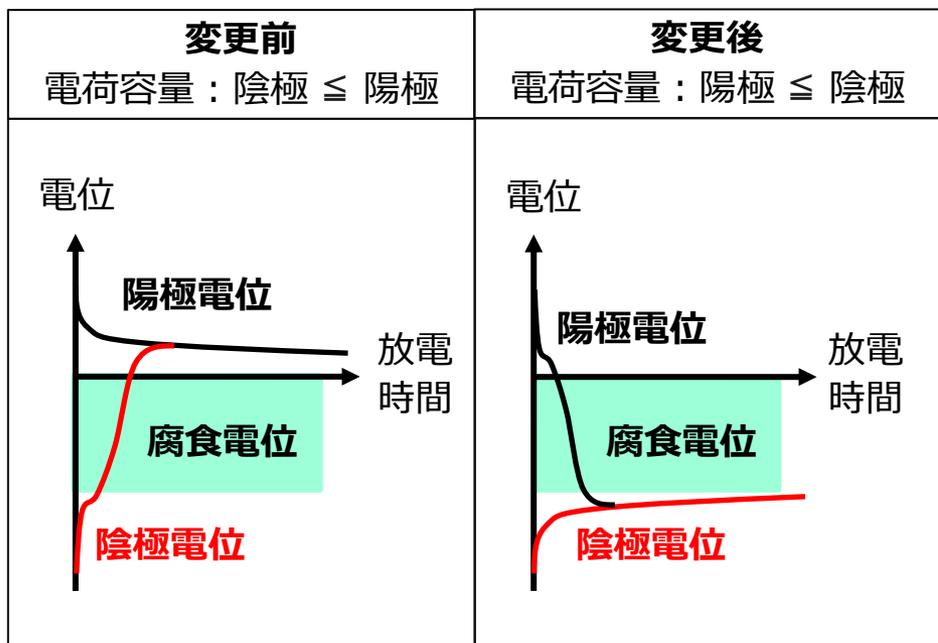


研究開発成果 —水電解装置—



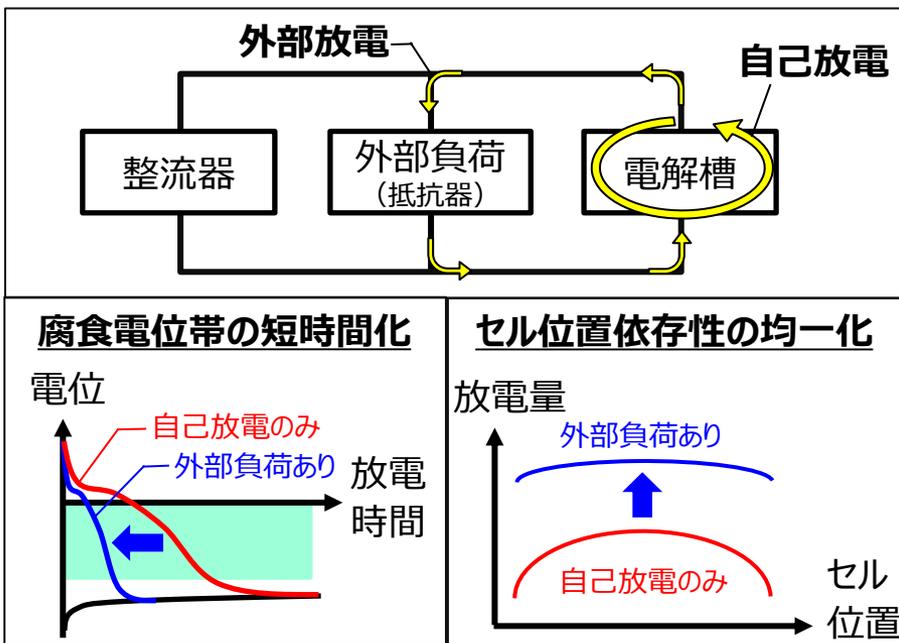
研究開発成果 アルカリ水電解装置 耐久性向上

①電極設計の変更



シャットダウン時に電極が通過する腐食電位から過電圧低減効果の大きい陰極側を保護

②外部負荷による放電挙動の制御

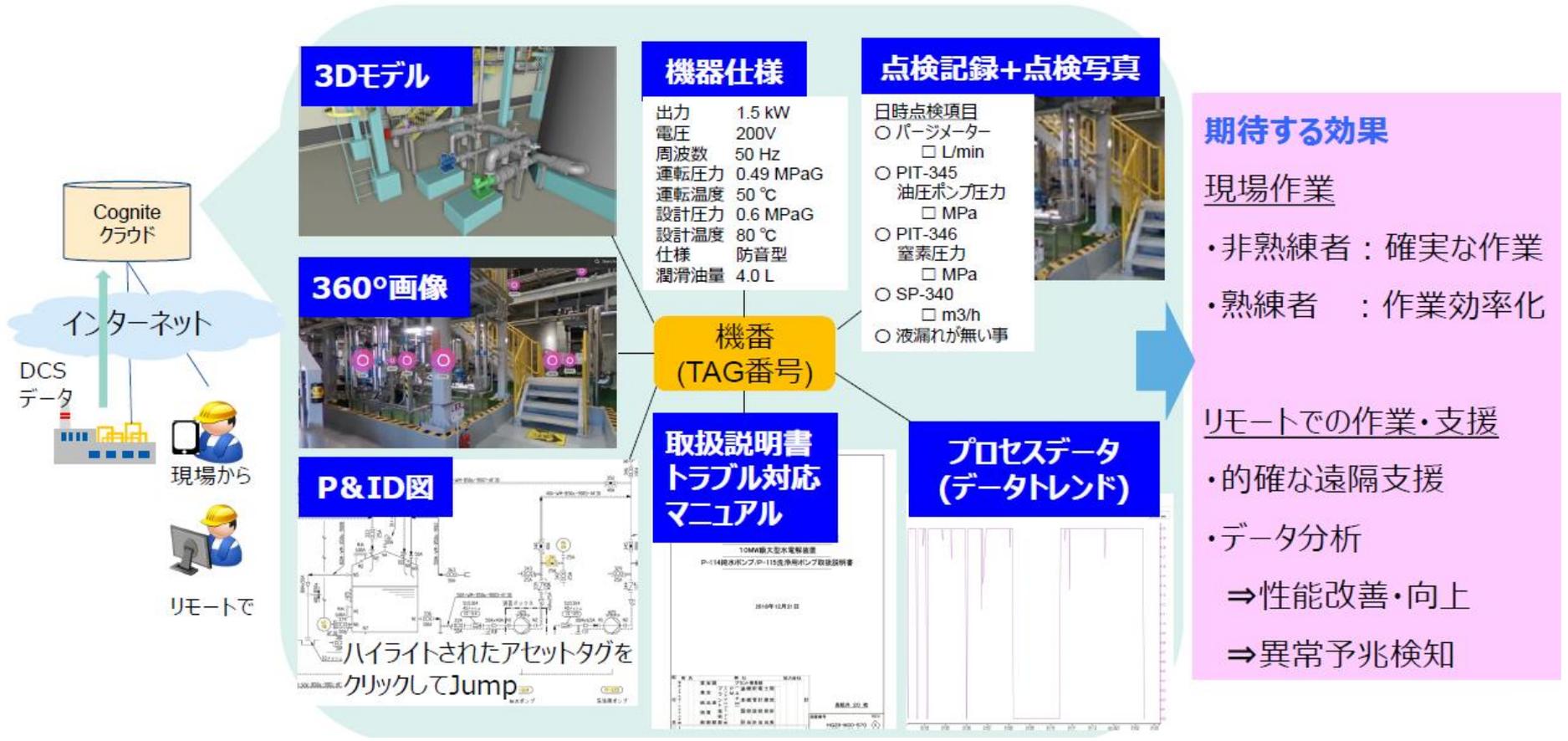


外部負荷により、電解停止中の放電を短時間化・均一化し、電極を長寿命化

シャットダウン耐性を向上し、長寿命化させる施策を立案

- ①電極設計を変更し、シャットダウン耐性を向上
- ②外部負荷を導入し、放電挙動を制御

研究開発成果 アルカリ水電解装置 運用管理省力化

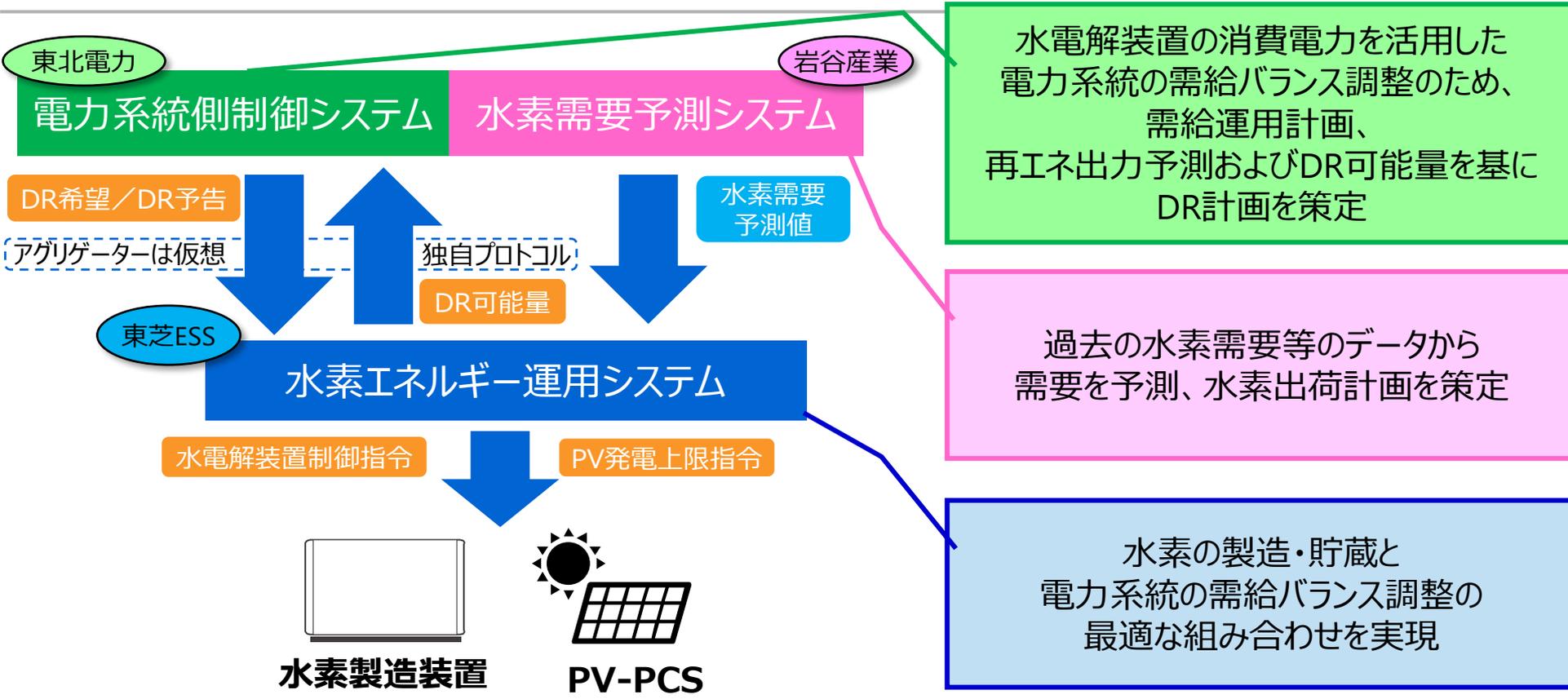


デジタルツインシステム“Cognite”を水電解システムに導入
水電解運用管理における現場リソースの省力化を目指す

本論文に掲載の商品の名称は、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

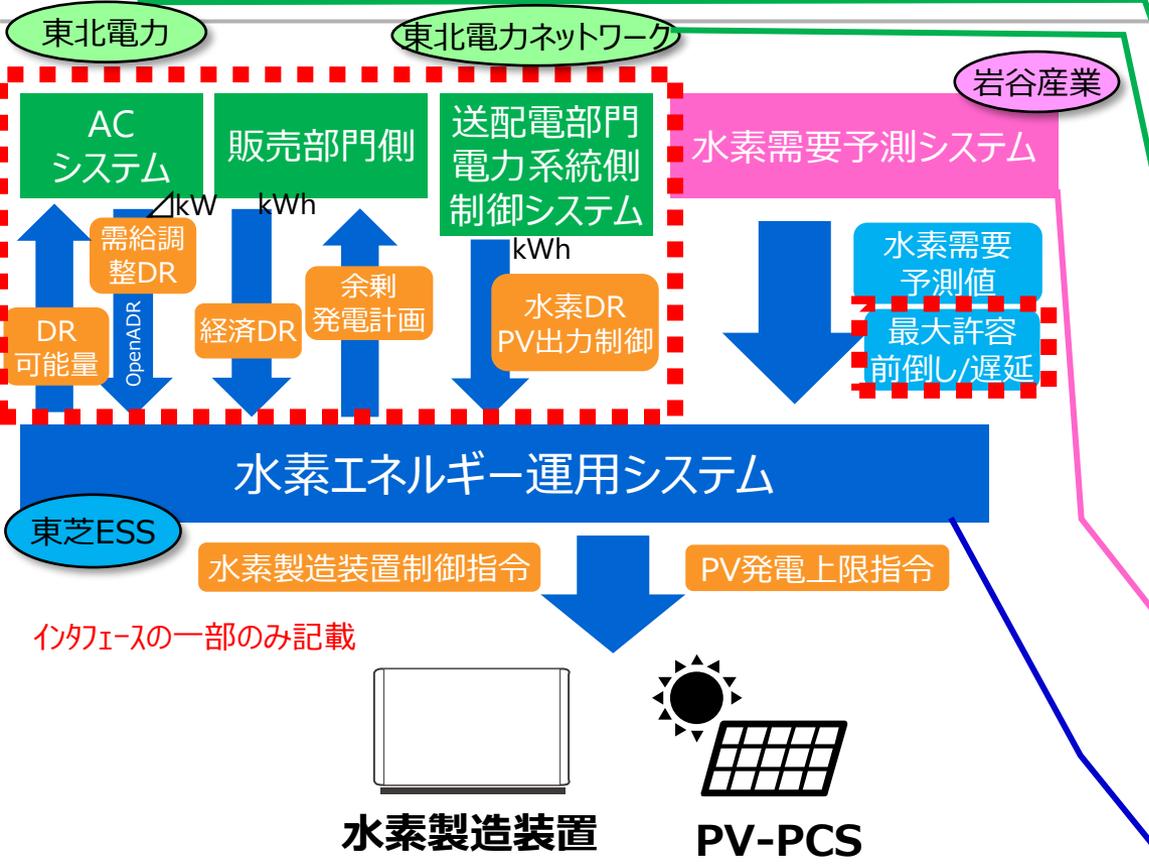
研究開発成果 —制御システム—

研究開発成果 制御システム全体（実証延長前）



P2Gシステムはプラント運用／系統側制御／水素需要予測からなる

研究開発成果 制御システム全体



水電解装置のDR可能量などを基に**需給調整DR**計画を策定
 水素プラントの逆潮流量の計画にもとづき**経済DR**計画を策定

水電解装置の消費電力を活用した電力系統の需給バランス調整のため、系統全体の需給運用計画、**再エネ出力予測**およびDR可能量をもとに水素DR計画を策定

水素供給の**前倒し/遅延を考慮した**水素出荷計画を策定することで、売電・kW需給調整との最適組み合わせの実現に貢献

水素の製造・貯蔵と**売電、複数種類の**需給バランス調整の最適な組み合わせを実現

↑↑↑↑↑の一部のみ記載

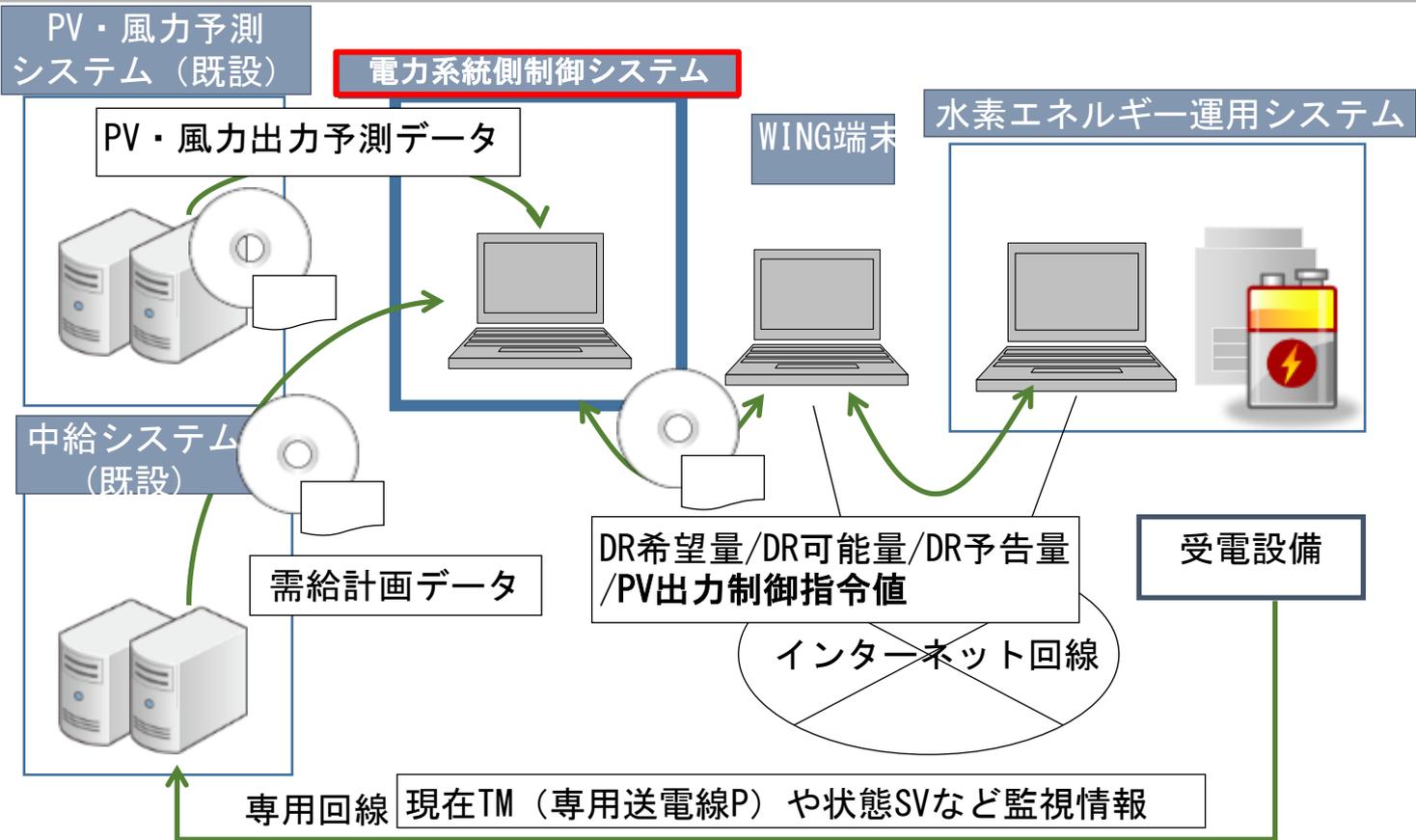
電力システム側への対応範囲を拡大

研究開発成果 制御システム全体 インタフェース補足

	主体	FH2Rへの 指令主体	目的※1	単位
水素DR	系統運用者	同左	電力系統の安定化等	kWh
経済DR	販売部門 (小売電気 事業者)	同左	経済メリット 電力調達（発電機出力調整、卸電力取引市場での取引など）よりも需要家に支払う報酬の方が経済メリットがある場合	kWh
需給調整 DR	アグリゲーター	AC	経済メリット 電力系統の安定化に必要な調整力を調達する需給調整市場に対し、ACが市場へ入札して経済メリットを得るために行う	ΔkW
PV出力制 御	系統運用者	同左	電力系統の安定化等	kW

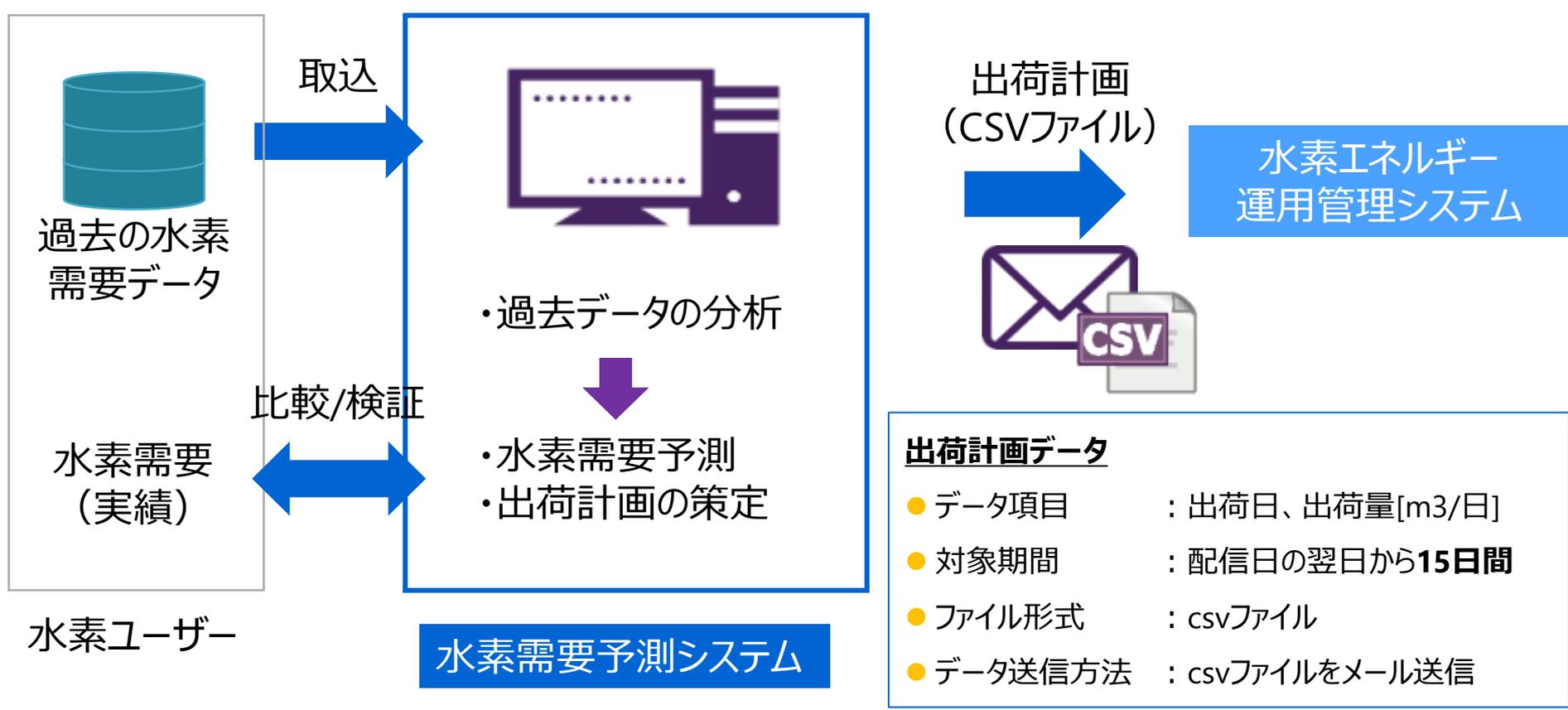
※1) 記載はあくまで一般的な目的であり、実証では一部もしくは簡略化し実施する予定

研究開発成果 **電力系統側制御システム** システム構成



翌日の需給運用計画，再エネ出力予測およびDR可能量からDR予告量・PV出力制御指令値を策定し，水素エネルギー運用システムへ送信

研究開発成果 **水素需要予測システム** システム概要



- ・過去の水素需要等のデータから需要を予測、水素出荷計画を策定し、水素エネルギー運用管理システムへ送信
- ・需要に対する最大許容前倒し／遅延を考慮した水素の出荷計画の立案に関する機能付加を検討

研究開発成果 水素需要予測システム

需要に対する最大許容前倒し／遅延を考慮した水素の出荷計画の立案に関する機能付加

顧客マスタ

得意先*

送り先*

出荷形態 トレーラー(3000)×1

出荷数量率 0 %

供給方式 トレーラー留置き供給

実績取込済月 表示月以降の取込となります (空白は全て取込)

休日設定 土曜 日曜 祝日 個別設定

算出方法 0 ヶ月

平均売上数量 Nm3/日

部課

最大許容前倒し 日数 日 最大許容遅延 日数 日

量 Nm3 量 Nm3

製造指示日	曜日	日付	合計製造量	製造数(枚数)	製造数(枚数)	製造数(枚数)
7月20日	水		6,000	0	6,000	0
7月21日	木		9,000	0	9,000	0
7月22日	金		9,000	0	9,000	0
7月23日	土		0	0	0	0
7月24日	日		0	0	0	0
7月25日	月		6,000	0	6,000	0
7月26日	火		6,000	0	6,000	0
7月27日	水		9,000	0	9,000	0
7月28日	木		9,000	0	9,000	0
7月29日	金		9,000	3,000	6,000	0
7月30日	土		0	0	0	0
7月31日	日		0	0	0	0
8月1日	月		3,000	0	3,000	0
8月2日	火		6,000	0	6,000	0
8月3日	水		9,000	0	9,000	0
8月4日	木		9,000	0	9,000	0
8月5日	金		9,000	0	9,000	0
8月6日	土		0	0	0	0
8月7日	日		0	0	0	0
8月8日	月		9,000	3,000	6,000	0
8月9日	火		9,000	0	9,000	0
8月10日	水		9,000	0	9,000	0
8月11日	木		0	0	0	0

別 押印指定入力

供給先

製造指示日 7月28日(木)

製造量 9,000 Nm3

出荷形態 トレーラー(3000)×1

変更後 (マスタ設定)

最大許容前倒し 日数 日 量 Nm3

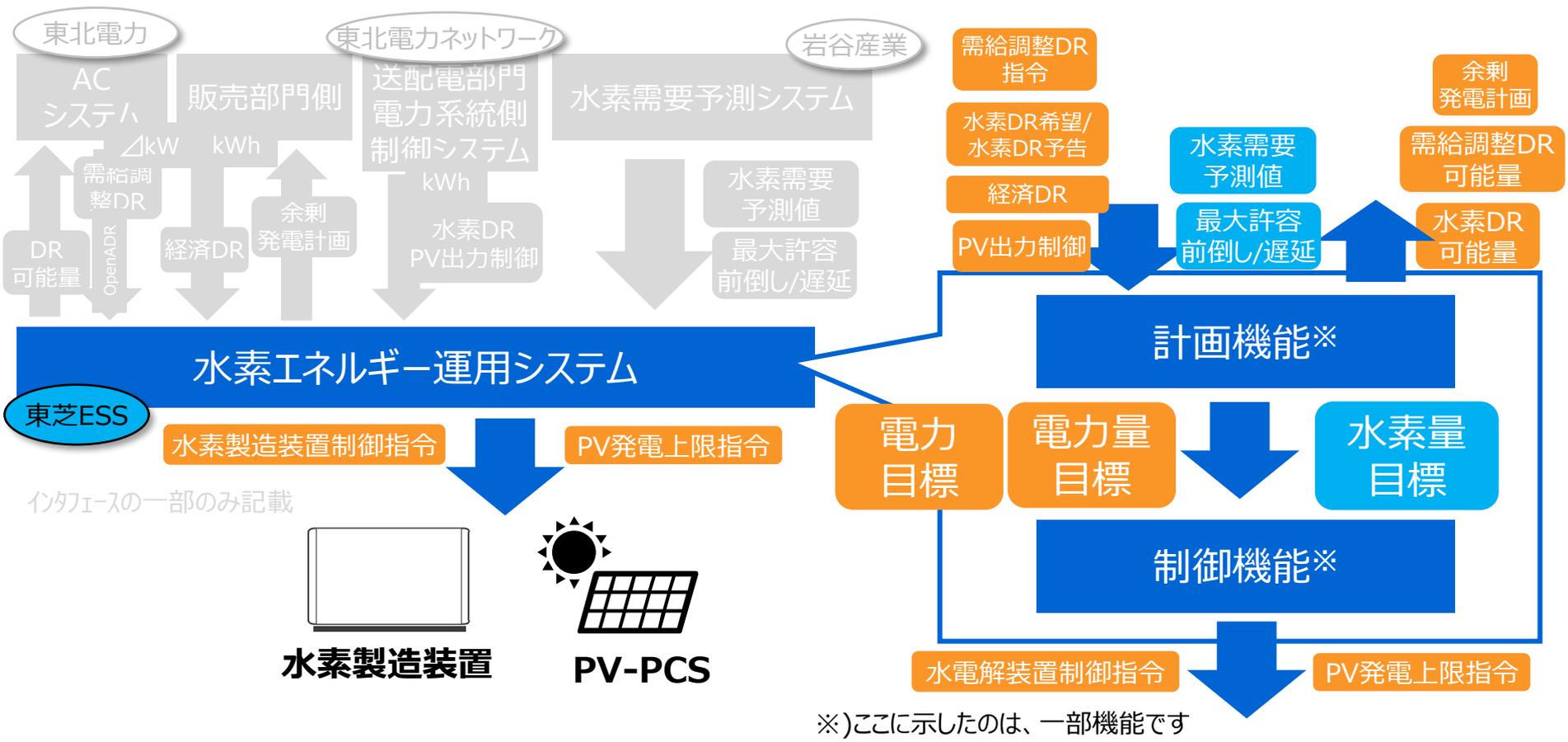
最大許容遅延 日数 日 量 Nm3

- 最大許容前倒し／遅延の機能を付加
- 需要先ごとに最大許容前倒し／遅延日数・量を設定

• 従来の需要先情報に加え、最大許容前倒し／遅延の設定値を加味して需要を予測し、出荷計画を作成。

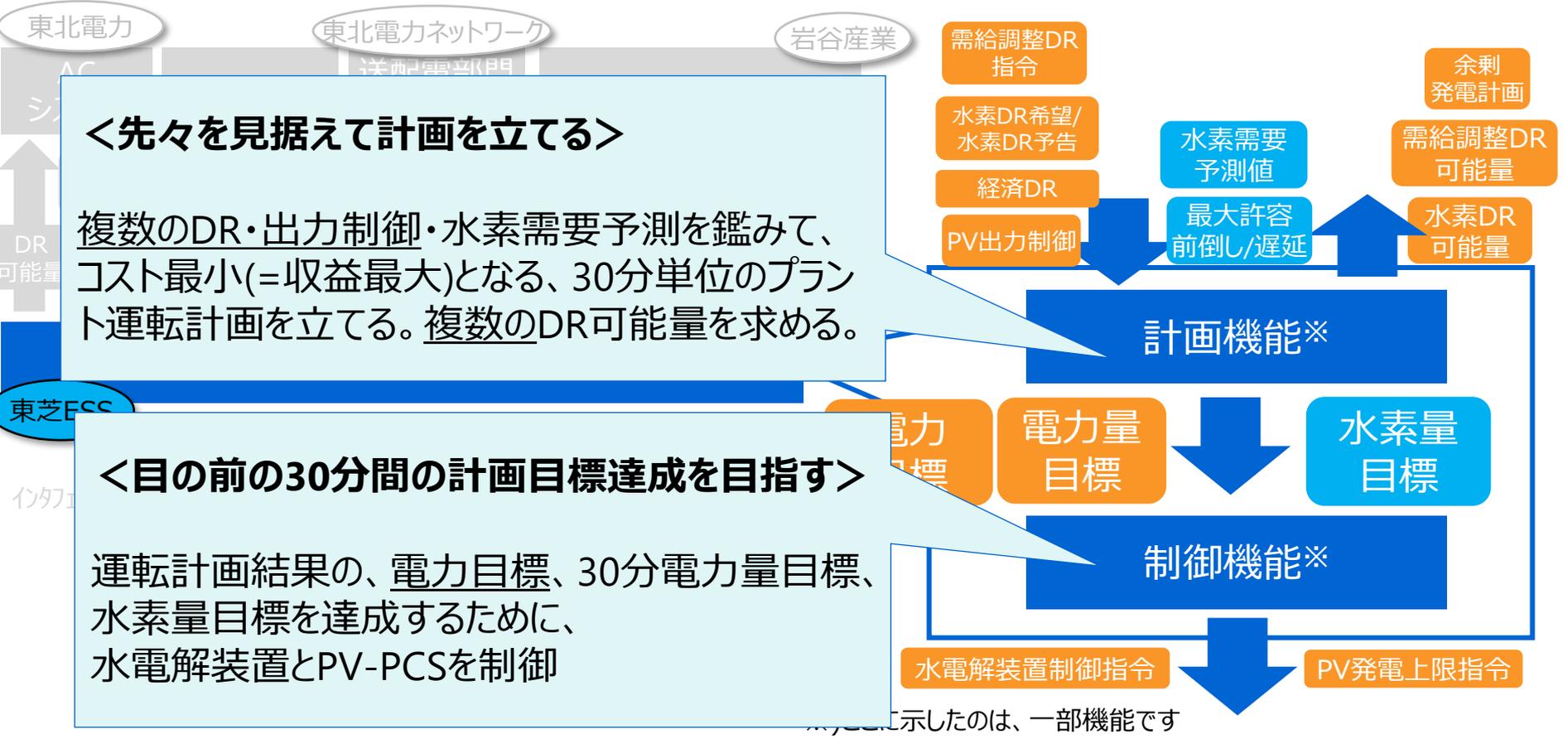
• 最大許容前倒し／遅延日数・量データを含む出荷計画 (CSVファイル) を水素エネルギー運用システムへメール送信

研究開発成果 **水素エネルギー運用システム** (全体)



**水素エネルギー運用システムは大きく
計画機能、制御機能からなる※その他保護機能等もある**

研究開発成果 **水素エネルギー運用システム** (全体)

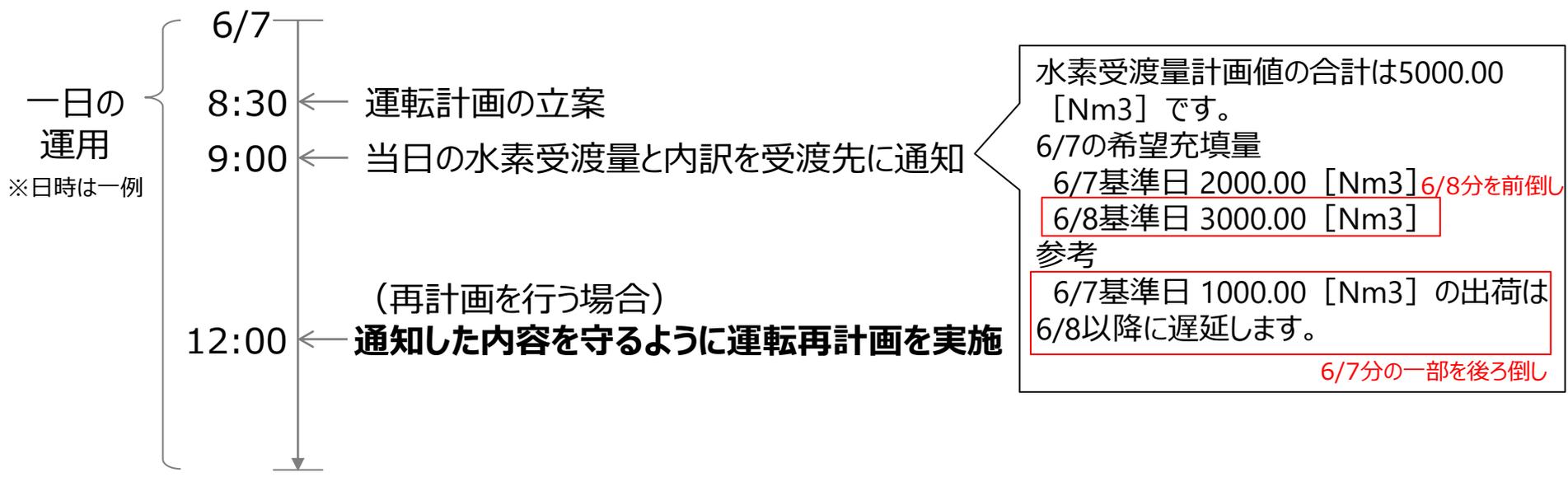


**水素エネルギー運用システムは大きく
 計画機能、制御機能からなる** ※その他保護機能等もある

研究開発成果 **水素エネルギー運用システム** (計画機能)

水素需要の最大許容前倒し／遅延の導入に伴い以下の機能を追加

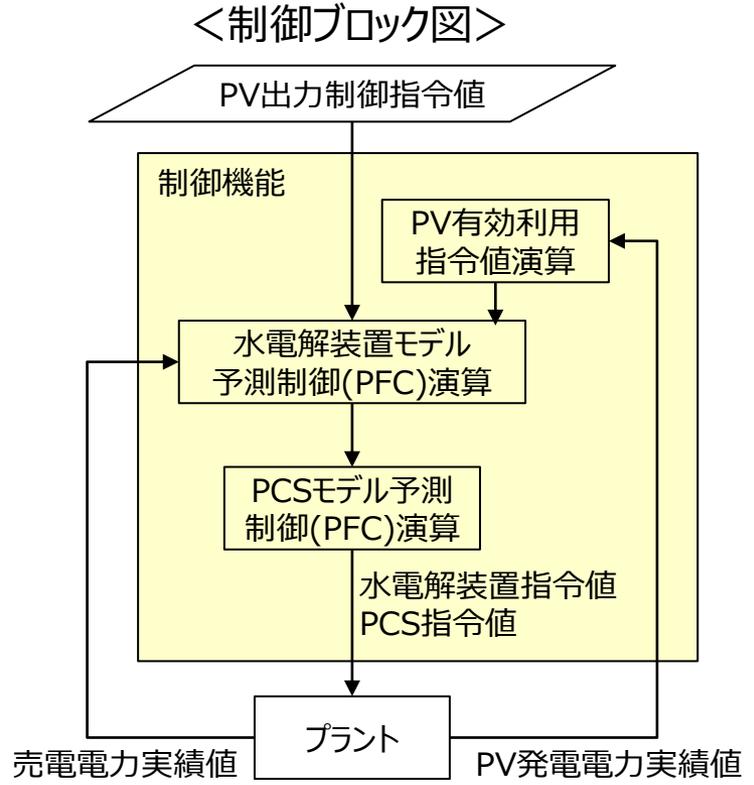
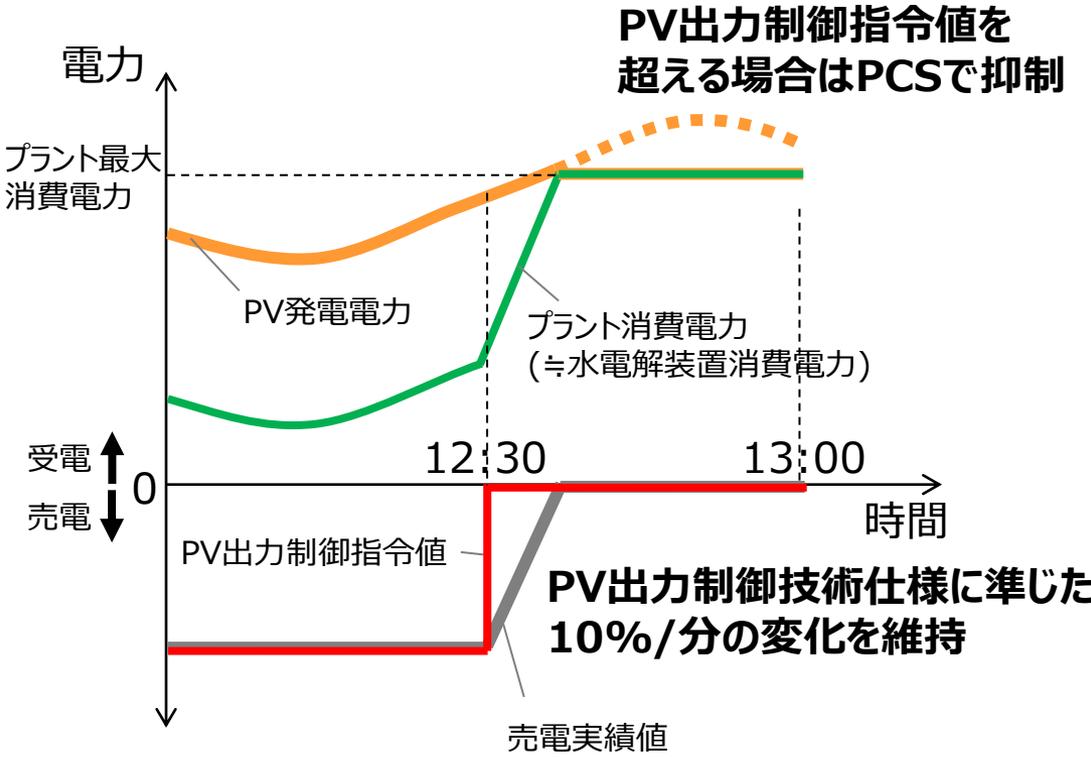
- (1) 当日に貯蔵装置へ受渡を行う水素量の通知に加えて、
内訳（前倒し分、当日分、遅延分の水素製造量）も充填員に通知
- (2) 水素量の通知後に運転計画を再計画した場合、
通知した量を内訳まで含めて遵守するよう計画アルゴリズムを改良



**水素需要の自由度増加に伴い、
実際の充填業務における齟齬が発生しないようにアルゴリズムを改良**

研究開発成果 **水素エネルギー-運用システム (制御機能)**

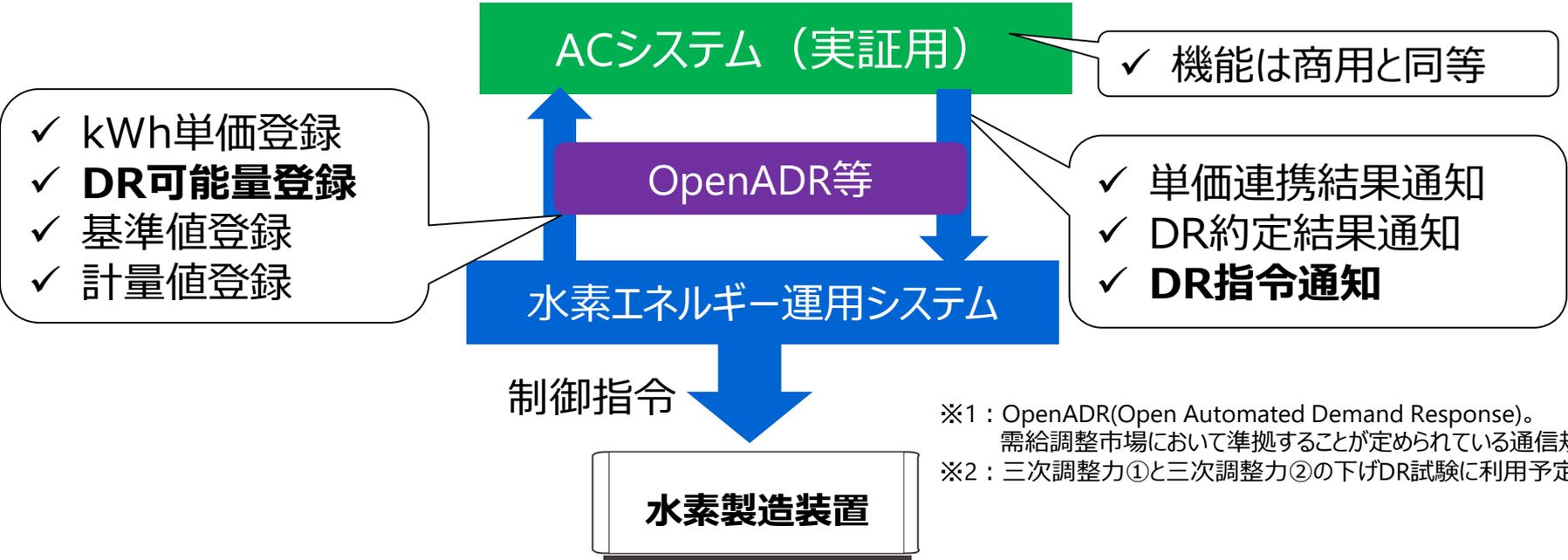
逆潮流（売電）実施に伴い、電力系統の安定化等を目的とした **PV出力制御に対応**



PV出力制御に対応した制御アルゴリズムを立案

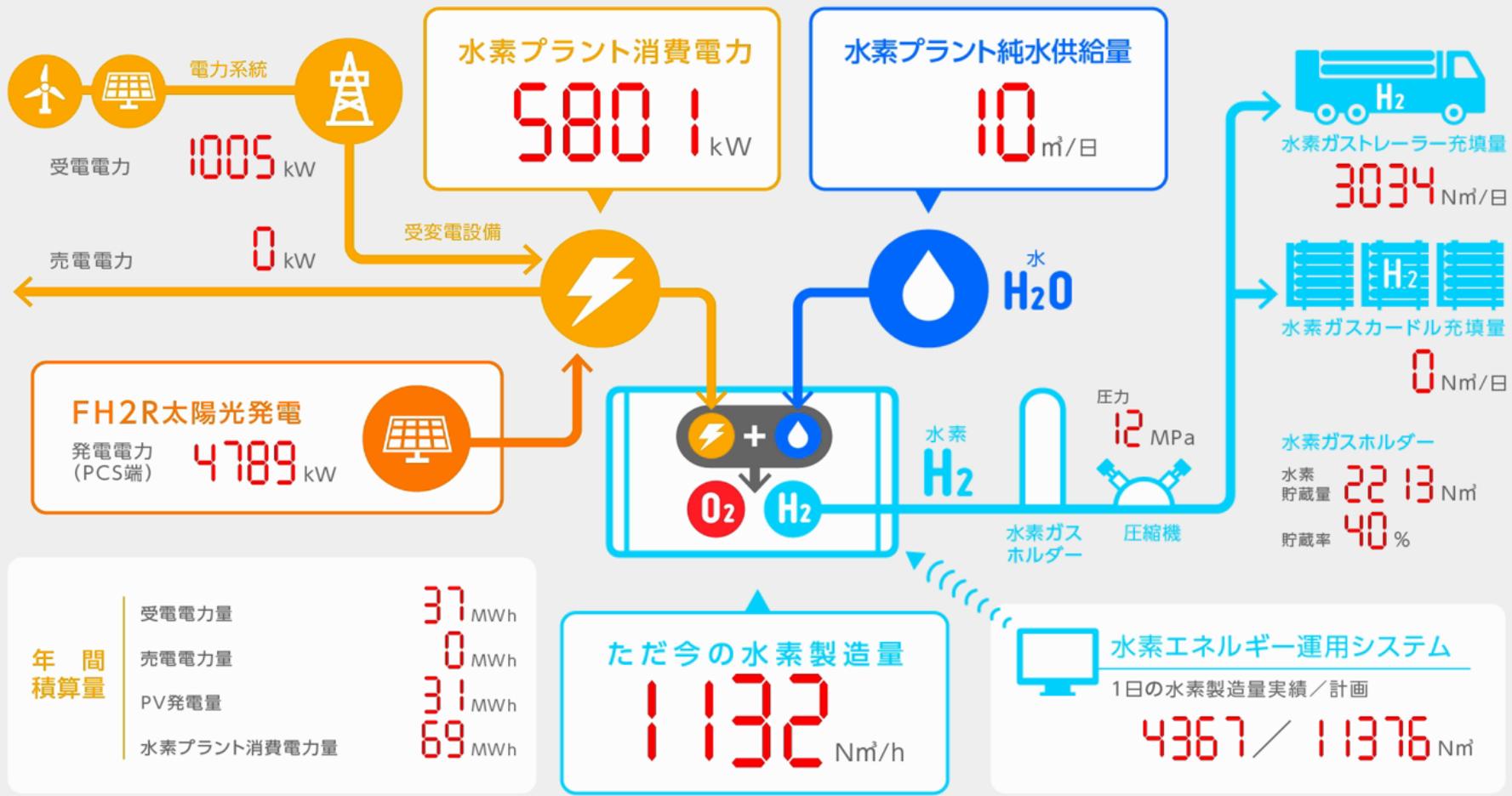
研究開発成果 **水素エネルギー運用システム（ACシステム連携）**

- ACシステムと水素エネルギー運用システムをOpenADR ※1等で連携※2
- 需給調整DRの、DR可能量やDR指令などの送受信を実現
- データの送受信確認試験を完了



ACシステムと連携し、需給調整DRの送受信を実現

研究開発成果 水素エネルギー運用システム (運用状況見える化)



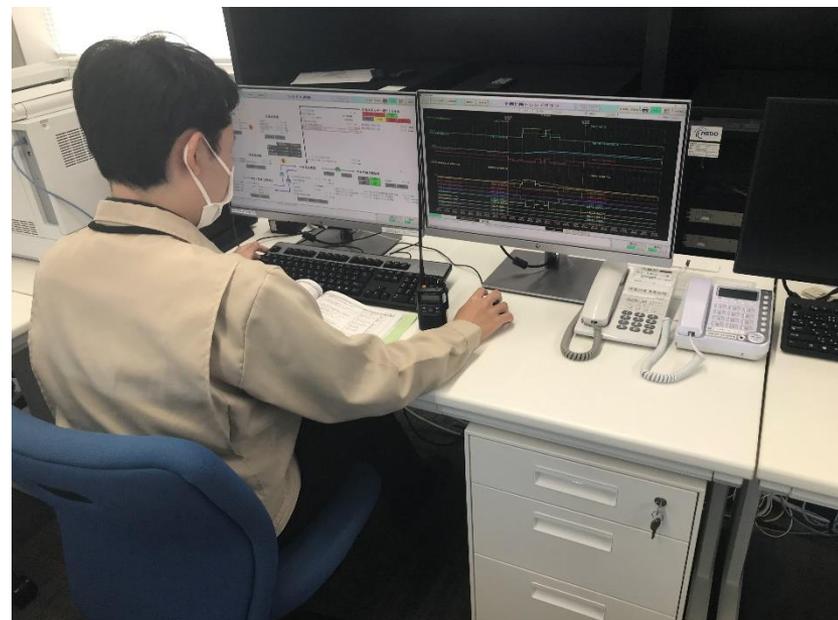
FH2Rの運用状況を分かりやすく見える化 (視認性向上)

● システム試験

- 水素DR、経済DR、需給調整DR機能確認試験
- PV出力制御機能確認試験
- 水素需要予測(前倒し/遅延)機能確認試験
- DRと水素需要予測(前倒し/遅延)機能の両立

● 実証運用

- 実証システムの予測・運転計画・制御の確認
各DR、水素需要機能確認
- 大型装置の運転制御の確認
応答性、需給バランス、全体試験
- 将来の実装システムにおける最適仕様の確認
DR、水素需給シナリオ試験
- 構成製装置の開発要素の確認
水素受入設備を含む水素貯蔵供給装置の応答性



プラント稼働、システム連携を行う試験

研究開発成果 実機試験で見つかった課題 1/2

スパイク波形の低減

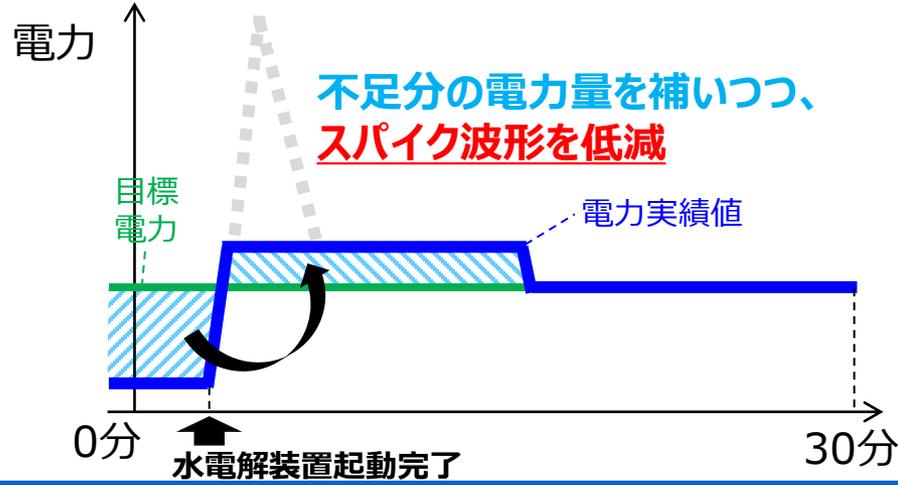
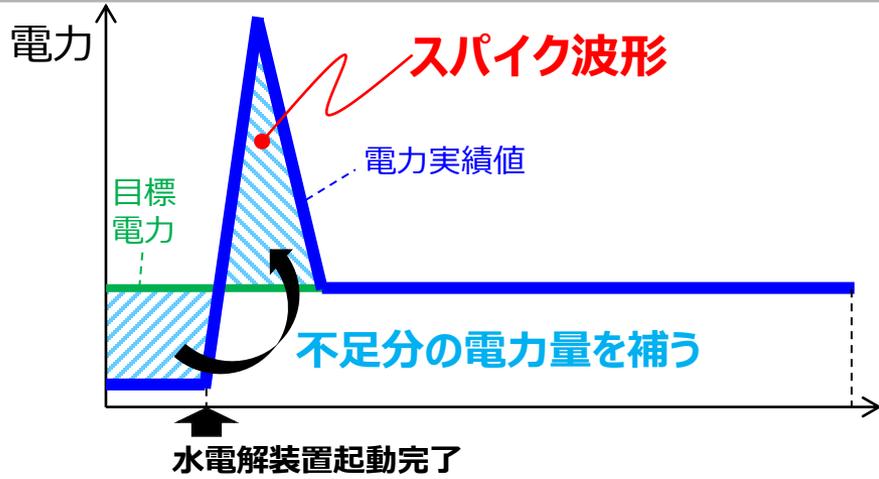
【課題】

DR開始時に水電解装置が停止していた場合、起動完了直後に、不足した電力量を補うため スパイク波形の動作をする可能性



【解決策】

水電解装置起動完了後に一定時間かけて不足分を補うように制御アルゴリズムを改良したことで、不足分の電力量を補いつつ、起動直後の スパイク波形を低減



制御機能のアルゴリズムを改良し、
水電解装置の起動完了直後のスパイク波形を低減

発電量推定と実績の誤差低減

【課題】

PVの発電量推定値と実績値の間に、
PV-PCS1台あたり**100kW以上の誤差が発生**



【解決策】

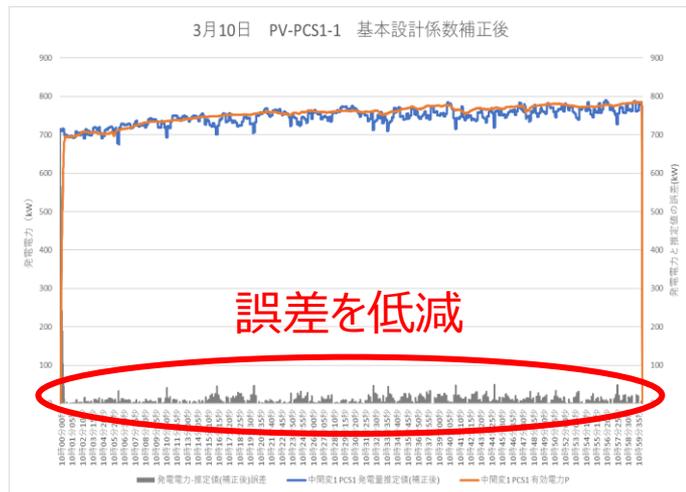
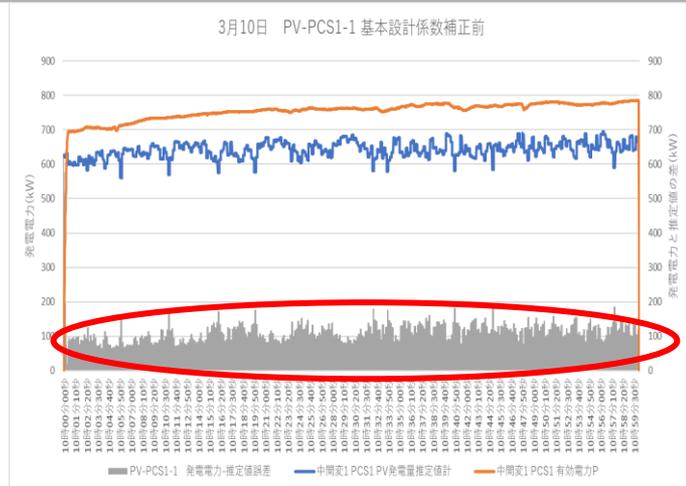
PVの発電量推定式には、もともと、JIS※推奨値や、
設備・機器の定格値を使用。 ※) JIS C8907 2005

実機から得た実績データを分析し、
パラメータ値にフィードバックすることで、**誤差が低減**

PV-PCS発電電力と発電量推定値 平均誤差(kW)

設定変更前(kW)	設定変更後(kW)
113.20	12.67

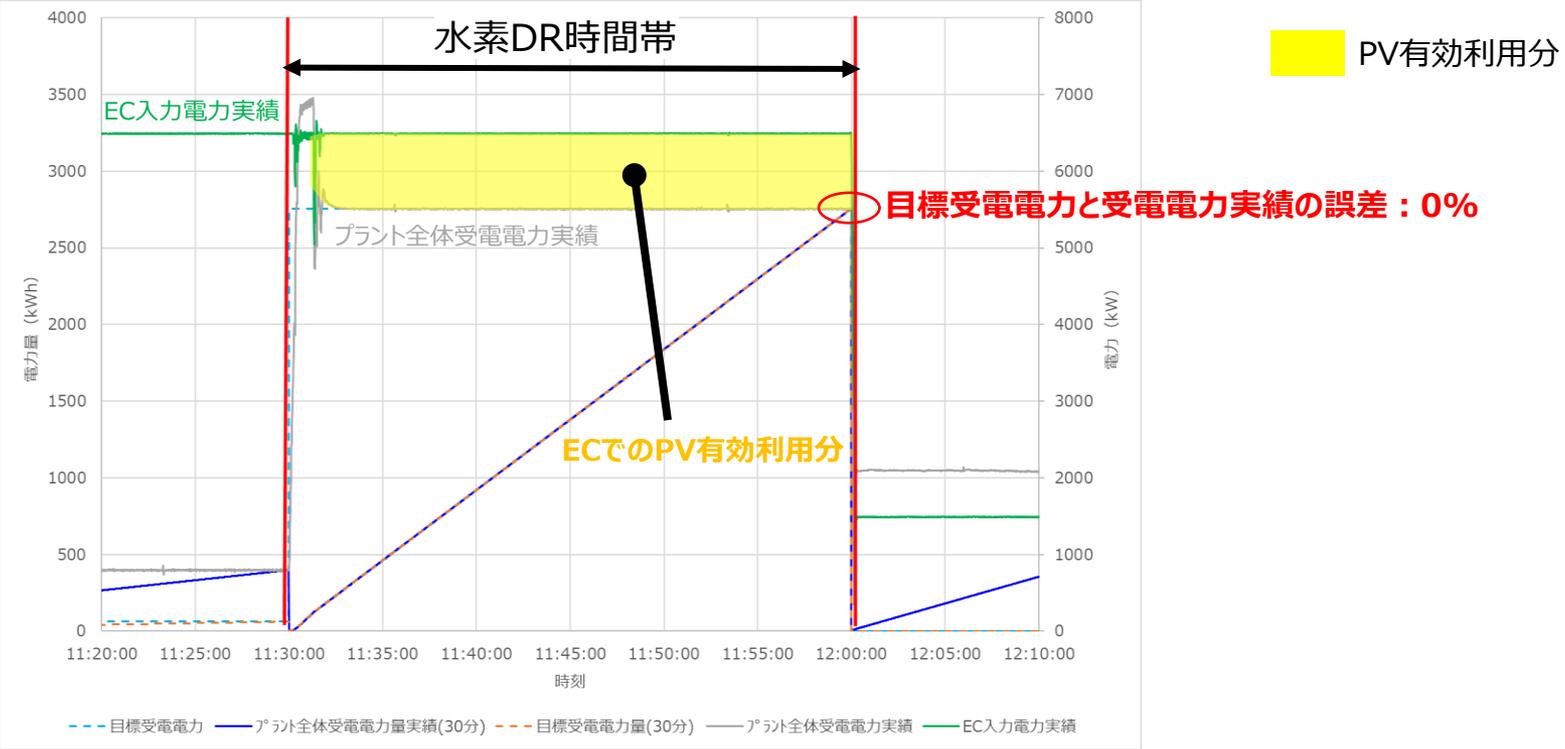
※データ計測開始30秒及び終了30秒間を除く



PV-PCSの発電量推定値と発電実績の誤差を低減

水素DR

- 水素DRの計画受電電力量と受電電力量実績の誤差±3%以内の達成を確認
- 水素DR指令と実績値との誤差±20%以内も達成
- 同時に、PV発電の有効利用も確認



PV発電を有効利用しながら、水素DRの目標を達成

※1) 将来市場ルールまたは再エネの無いP2Gを見据えた場合を想定
 ※2) 標準のHigh4of5ではなく、運転計画値を利用

需給調整DR (三次調整力②) 上げDR)

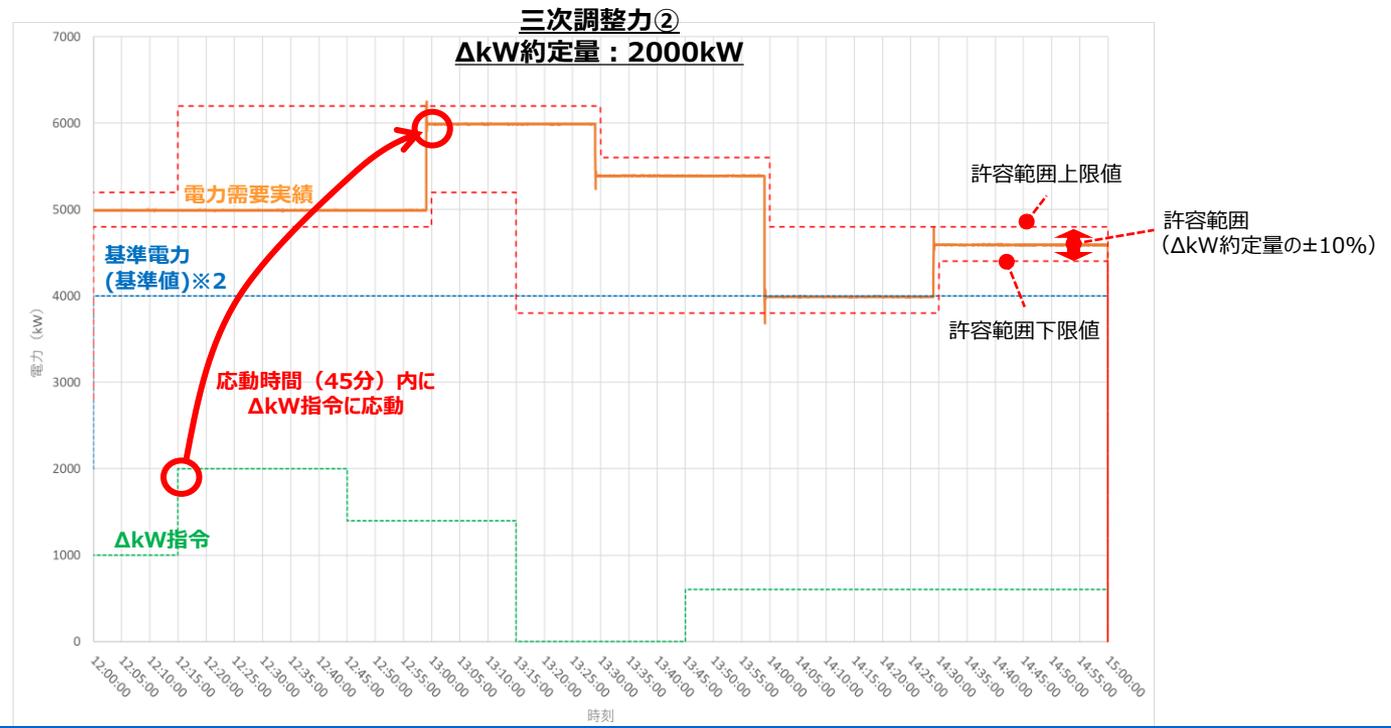
計量点：水電解装置整流器(機器別計量※1)

ブロック：12:00～15:00

評価：5分ごとの全計測点を30分コマ単位で評価

結果：電力需要実績が許容範囲 (ΔkW 約定量の $\pm 10\%$) 以内に入ることを確認

	回線	応動時間	継続時間	指令間隔
三次調整力②	専用線または簡易指令システム	45分以内	商品ブロック時間(3時間)	30分



需給調整DR (三次②) の動作を確認

需給調整DR (三次調整力①) 上げDR)

計量点：水電解装置整流器(機器別計量※1)

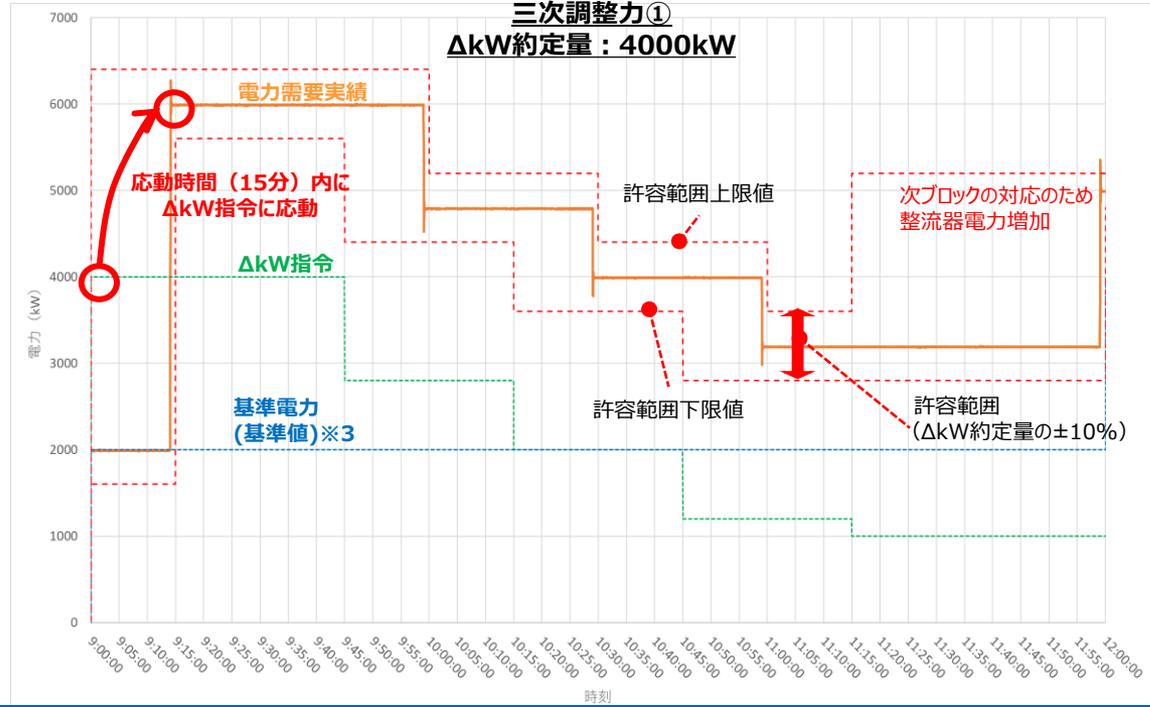
ブロック：9:00～12:00

評価：1分ごとの全計測点を30分コマ単位で評価※2

結果：電力需要実績が許容範囲 (ΔkW 約定量の $\pm 10\%$) 以内に入ることを確認

二次調整力の試験は今後予定

	回線	応動時間	継続時間	指令間隔
三次調整力①	専用線または簡易指令システム	15分以内	商品ブロック時間(3時間)	専用線：数秒～数分、簡易指令システム：15分



需給調整DR (三次①) の動作を確認

※1) ただしPV発電予測誤差の影響は加味されていない
 ※2) ただし貯蔵供給装置の変動は加味されていない
 ※3) 標準のHigh4of5ではなく、運転計画値を利用

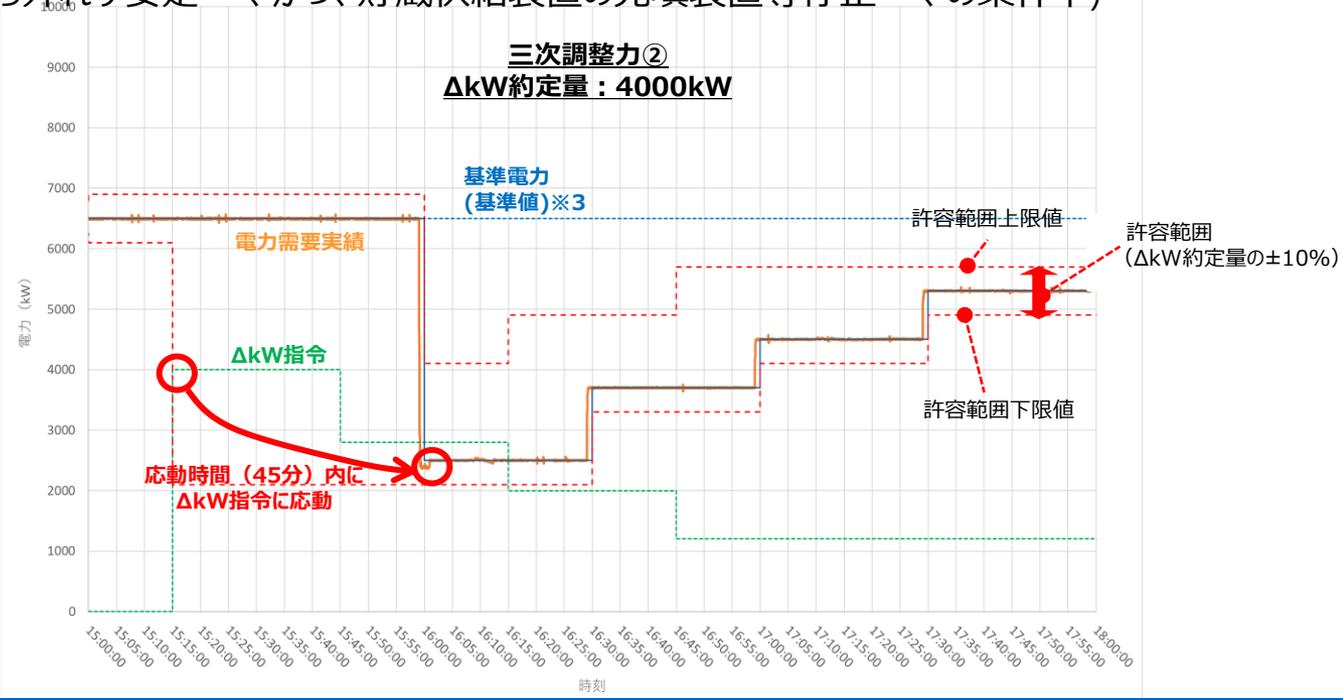
【参考】需給調整DR（三次調整力② 下げDR）

計量点：自営線からP2Gプラントへの受電点、PV：使用※1

ブロック：15:00～18:00

評価：5分ごとの全計測点を30分コマ単位で評価

結果：電力需要実績が許容範囲（ ΔkW 約定量の $\pm 10\%$ ）以内に入ることを確認※2
 (天候が予測から外れず安定※1、かつ、貯蔵供給装置の充填装置等停止※2、の条件下)



需給調整DR（三次②）のプラント受電点計量の動作を確認（参考）

※1) ただしPV発電予測誤差の影響は加味されていない
 ※2) 90% (27/30点) 以上であること
 ※3) ただし貯蔵供給装置の変動は加味されていない
 ※4) 標準のHigh4of5ではなく、運転計画値を利用

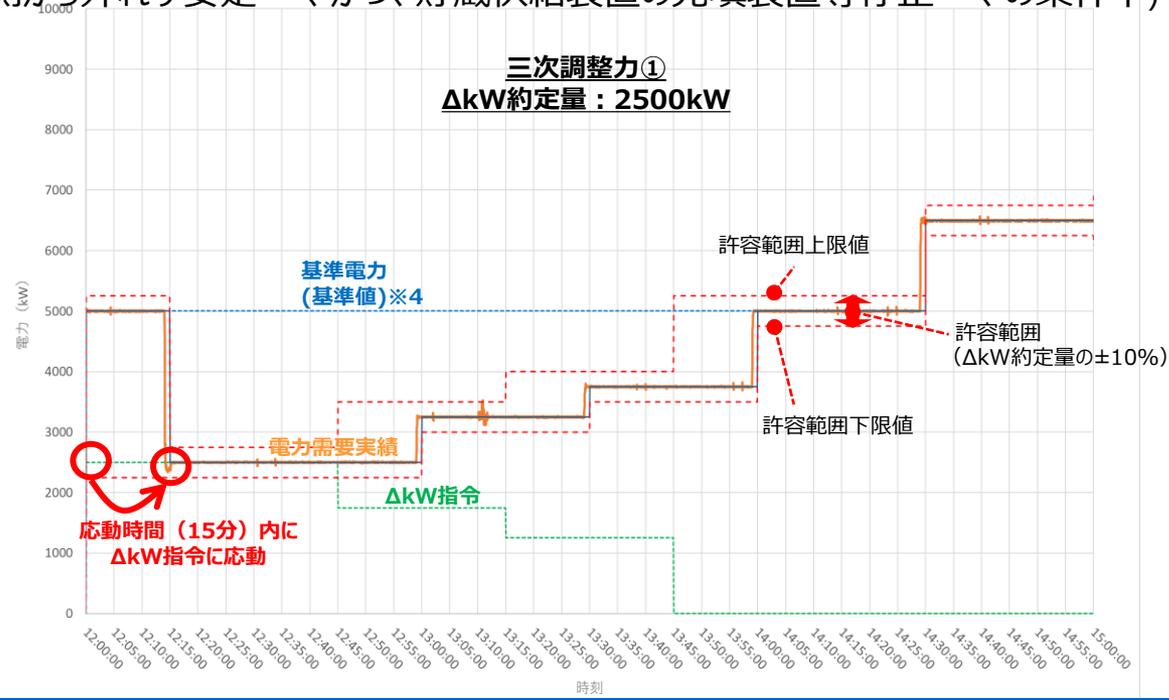
【参考】需給調整DR (三次調整力① 下げDR)

計量点：自営線からP2Gプラントへの受電点、PV：使用※1

ブロック：12:00～15:00

評価：1分ごとの全計測点を30分コマ単位で評価※2

結果：電力需要実績が許容範囲 (ΔkW約定量の±10%) 以内に入ることを確認※3
 (天候が予測から外れず安定※1、かつ、貯蔵供給装置の充填装置等停止※3、の条件下)



需給調整DR (三次①) のプラント受電点計量の動作を確認 (参考)

研究開発成果 運用

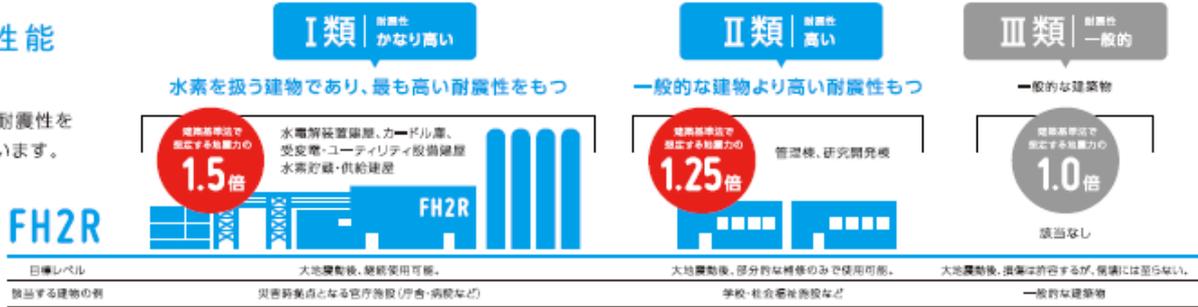
■ 地震後の復旧工事

- ・3.16の地震後、復旧に向けた工事計画を即座に立案
- ・FH2Rの主要設備は高い耐震等級に設計

FH2Rの耐震性能

水素を安全に扱うために、一般的な建物よりも高い耐震性を確保するよう設計されています。

※右の図は、「自治体等の総合耐震基準による耐震安全性の分類」に基づき作成しています。



地震が起きた時には

FH2Rは、大きな地震が発生しても安全な状態で自動的に停止します。万が一、地震の影響により水素配管の破損などが発生しても、建屋外へ速やかに排出し、安全な状態になるように設計しています。

水素は軽く拡散しやすい性質があり、無害ですので、建屋内に充満させるより屋外に放出し拡散してしまった方が安全です。

■ 維持管理業務と日々の測定データ分析

- ・各種点検（日常点検、定期点検、法定点検）等を実施
- ・毎日測定している各種データ(ユーティリティ等も)について分析

研究開発成果 —特許・広報—

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計
特許出願(うち外国出願)	4 (0)	2 (0)	2 (0)	1 (4)	9 (4)

※2022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の、
今後、2019年度・2020年度のもの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>

■ 代表例

- 一般向け情報発信
 - (2021/8/7・8/14)
ふくしまFM「First Maker～希望のストーリー」にて本PJの内容を説明
 - (2021/6/9)
政府国際広報事業記事(Financial Times)に本PJの内容紹介

- 水素活用情報発信
 - (2021/9/16)
トヨタ水素エンジン車でのFH2R水素活用
 - (2021/8/24)
東京都バスのラッピングFCバスでのFH2R水素活用

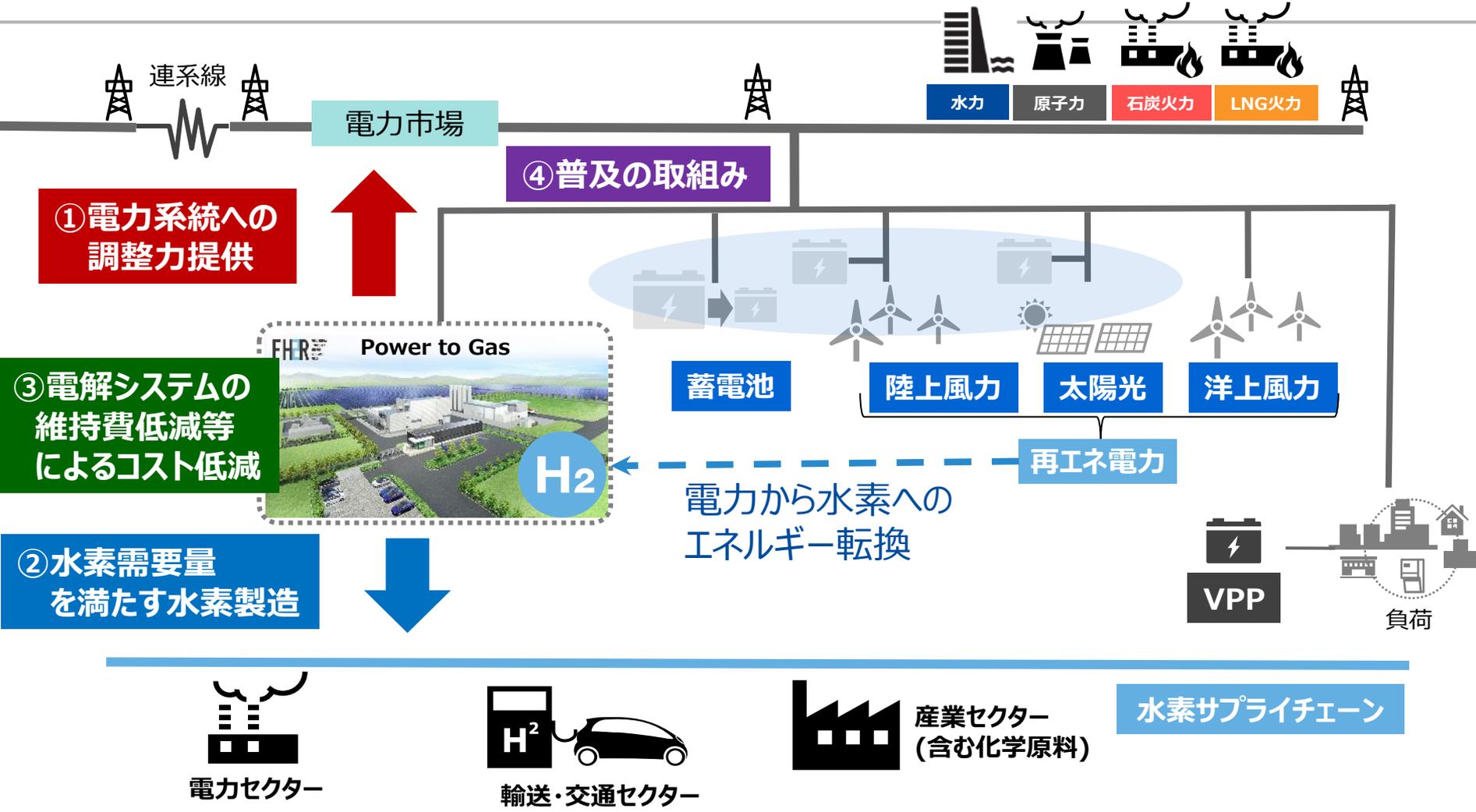
- 関連受賞
 - 2021年度 CM選奨 特別賞

■ 研究開発棟展示ルーム

今後、研究開発棟の展示ルームを通じて、水素及びFH2Rの理解を高める活動をしていく。

今後の見通し

今後の見通し 実用化・事業化のイメージ



「電力システムへの調整力」と「水素製造」の2つの価値(収入)を
1つのPower to Gasシステムで実現し、低コストの水素製造を実現する

今後の見通し 実用化・事業化に対する今後の課題と対応方針

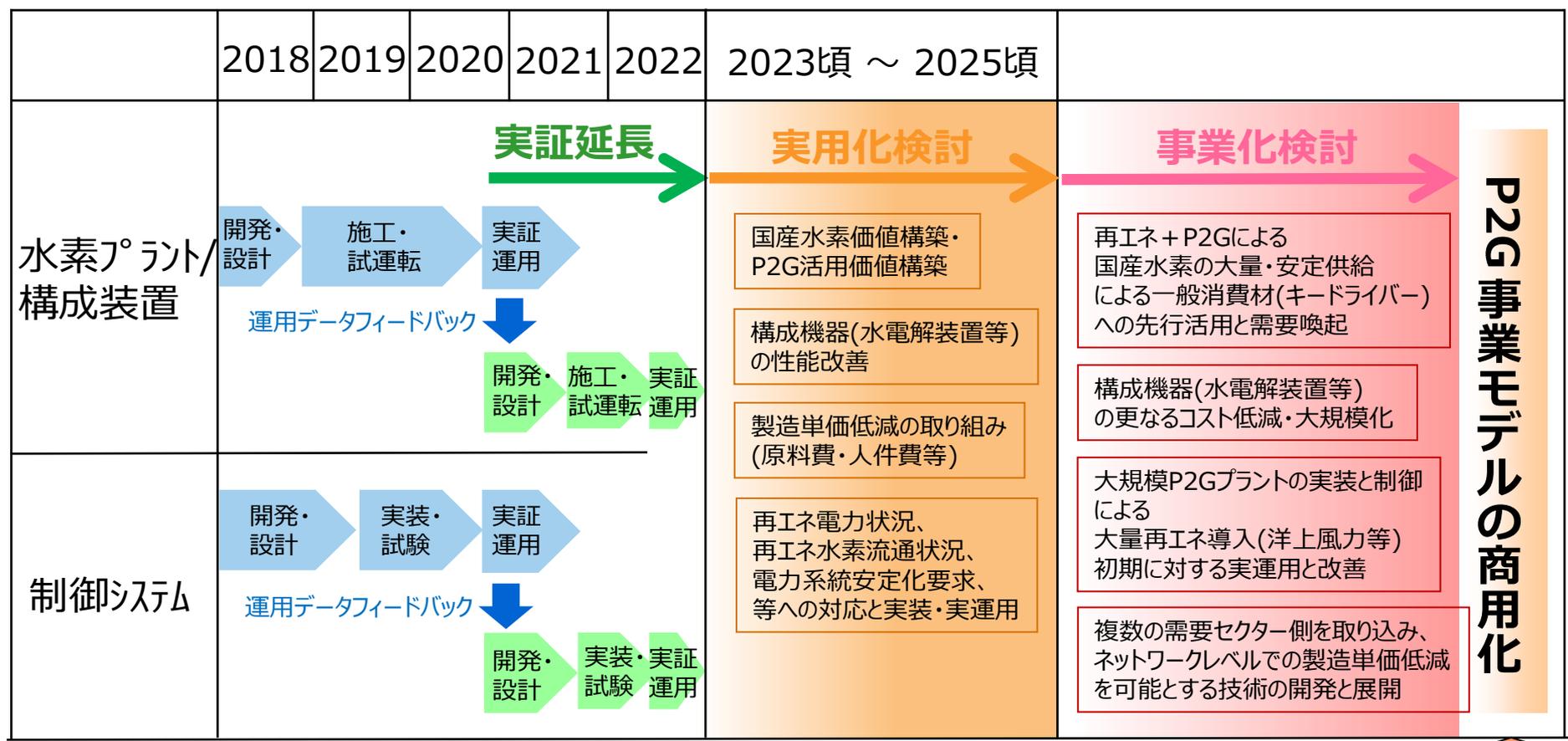
実用化に対する課題と対応方針、取組み

②水素製造	・水素利用先の発掘	→ 数件新規追加
①調整力提供	・需給調整市場の要件への技術的対応	→ DR試験にて適合性や課題等を確認
④普及取組	・研究フィールドとしての価値向上	→ 研究開発棟新設
②水素製造	・変動指令に対する水電解装置の限界性能確認	→ PV追従試験、DR試験にて実施
②水素製造	・水電解部材の耐久性	→ 部材改良・リプレース、外部負荷導入

事業化に対する課題と対応方針

③コスト低減	・製造コスト低減	→ 水素製造用の電力コスト、大規模化、等
④普及取組	・オフサイトの余剰再エネの爆発的な拡大	
④普及取組	・P2Gによるオフサイトの余剰再エネ利用の制度優遇措置	→ 先進的な欧州制度の利点の、国内制度への反映を後押しが必要
②水素製造	・膨大な水素需要	→ 安定供給が新たな課題へ
④普及取組	・国内産グリーン水素の価値向上	→ 先進的・急進的な欧州・米国の取組反映と国内事情両立化が必要

今後の見通し 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

まとめ

まとめ

- 本事業の目的：
 - ①「調整力」「水素製造」の両立、②将来的な経済性成立に結び付く、水素システム実現
- 2030年の姿に対する分析／検討／評価を行い将来システムを導出
→
経済性評価による最良解：再エネ利用の「需給バランス調整＋水素需給対応システム」
※実施中
- 実用化を目指すために、システム拡張と製造単価低減検討及びシステム試験※を実施
 - ACとの連携・DR制御の実効性の確認・検討→OpenADRでACと連携しDR動作確認
 - 余剰PV売電のためのシステム検討→売電のためのシステム構築、PV出力制御対応
 - DR対応のための水素出荷タイミングの柔軟性→水素需要の前倒し/遅延に対応
 - 水電解装置の維持費低減検討→シャットダウン耐性を向上し、長寿命化施策を立案
- 研究開発成果
 - 電力系統側制御システム：DRに加えPV出力制御による系統安定化のシステム構築
 - 水素需要予測システム：最大前倒し/許容遅延の機能追加
 - 水素I補給^①-運用システム：売電、複数種DR対応のI/F構築、制御構築など
 - 水電解装置：長寿命化施策の立案、管理省力化を目指しデジタルツインシステム導入