

2024年9月時点

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：既設火力発電所を活用した水素混焼/専焼発電実証

実施者名：関西電力株式会社

代表名：代表執行役社長 森 望

# 目次

## 1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

## 2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

## 3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

# 1. 事業戦略・事業計画

# 1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

## カーボンニュートラル社会の実現に向けて、水素産業が急拡大すると予想

### カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

#### （社会面）

- 地球温暖化防止に向けたカーボンニュートラルの推進
- 欧州にてEUタクソノミーの適用が開始

#### （経済面）

- グリーンボンドの普及拡大、ESG投資の推進による市場活性化

#### （政策面）

- グリーン成長戦略における、新技術の需要を創出するような政策支援
- カーボンフリー電源としての水素を評価し、水素を活用すればインセンティブを受け取れる電力市場の整備

#### （技術面）

- CO<sub>2</sub>を資源として有効活用するカーボンリサイクル技術の開発
- 水素発電等カーボンフリー電源の技術開発

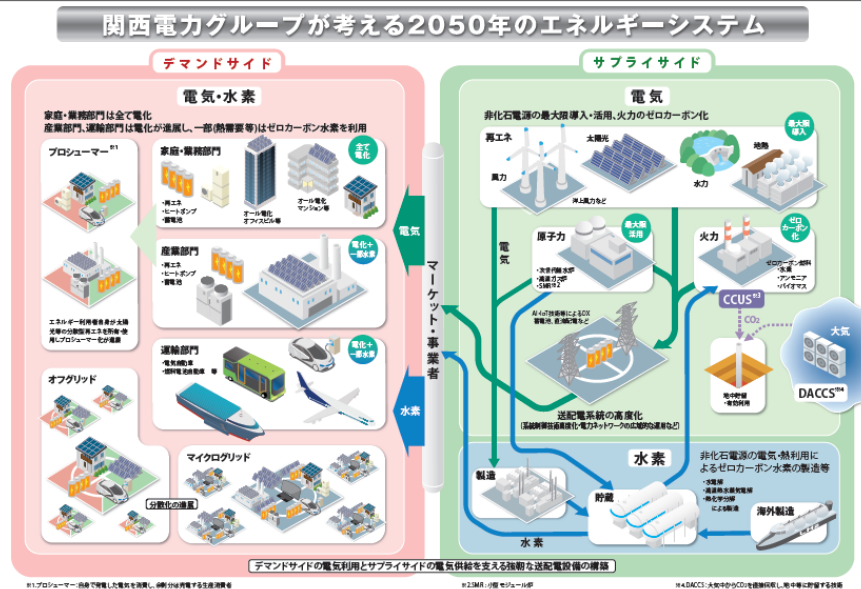
#### ● 市場機会：

- カーボンニュートラル社会において、水素発電は系統の安定化に寄与（グリーン成長戦略において、2050年に水素・アンモニアで発電量の約10%程度を賄うことを、議論を深めて行くにあたっての参考値として記載）
- 世界情勢の変化により、電力の安全安定供給の観点から燃料の安定調達が求められており、今後水素需要が高まると想定
- 水素発電は大規模な需要を創出し、国内水素市場の本格的な立ち上がりを下支えするとされており、今後水素発電が活発化すると想定

#### ● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- 家庭・業務部門は全て電化し、産業部門、運輸部門は電化が進展し、一部（熱需要等）はゼロカーボン水素が利用されると想定
- 電化領域においても、ゼロカーボン電気が利用されると想定

### カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ



関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」より抜粋<sup>\*1</sup>

#### ● 当該変化に対する経営ビジョン：

#### 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」<sup>\*1</sup>

- サプライサイドのゼロカーボン化：  
ゼロカーボン燃料（水素・アンモニア等）を使用した発電への移行
- 水素社会への挑戦：  
火力における発電用燃料としての水素の使用

# 1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

## 水素発電市場のうち高効率なガスタービン複合発電(GTCC)を用いた水素発電をターゲットとして想定

### セグメント分析

- 電力の脱炭素が実現できる水素発電のうち、規模が大きく高効率な発電が可能なGTCCおよびその主要設備であるガスタービン(GT)が対象
- なお、水素輸送方法については現時点で限定せず、技術開発や発電所周辺の環境等を踏まえ、今後検討

(水素発電市場のセグメンテーション)			
発電方式	コンベンショナル (ボイラ)		
	GTCC (GT)		
	燃料電池		
	水素エンジン		
		液化水素	MCH
			水素輸送方法 (キャリア)

### ターゲットの概要

**市場概要と目標とするシェア・時期**  
概要：事業規模のGTCCおよびガスタービンを用いた水素発電でゼロカーボン電気を販売  
想定市場：グリーン成長戦略等では、2050年に発電電力量の約1割が水素・アンモニア  
事業化予定時期：2030年度以降（水素価格、政策支援などを踏まえ決定）

需要家	主なプレイヤー	水素取扱量（目標）	課題	想定ニーズ
一般家庭・産業等	関西電力	(2020年代) 既設GT発電利用（水素混焼） 約0.1~1万トン/年	● 技術開発 （発電技術、水素の輸送・貯蔵・供給）	エネルギー消費における脱炭素化を実現するために、水素由来電力の需要が増加
		(2030年代) 既設GT発電利用（水素混焼、専焼） 約10万トン～	● 水素価格の低減 ● 安定的な水素調達 ● 水素発電に対する政策支援	
		(2050年) 既設発電所リプレイスによる発電利用		

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

## ゼロカーボン燃料である水素を活用した発電事業を創出/拡大

### 社会・顧客に対する提供価値

#### エネルギー消費での脱炭素化：

ゼロカーボン電源である水素発電により、クリーンな電力を提供することで、需要家のエネルギー消費における脱炭素化に貢献

【目標】

2050年までにCO<sub>2</sub>排出実質ゼロ

#### 水素発電用燃焼器の世界的な技術優位性の維持：

早期に実機による水素発電実証を行うことで、日本が技術的に世界をリードしている水素発電用燃焼器の技術優位性の維持に貢献  
⇒今後も世界的に大きな市場の伸びが期待

### ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

**製品：** 水素由来のゼロカーボン電力

1.（1）産業構造変化に対する認識で示した産業アーキテクチャのうち、水素発電による電力供給に収益機会を見出して想定するビジネスモデル

#### 収益化の方法：

##### 水素発電の導入初期

- ・ 既設インフラを最大限活用することで追加でのインフラ投資を最小化しつつ、水素発電の実証
- ・ 足元で調達可能な水素量を考慮した水素発電実証

##### 当該ビジネスモデルの実現に必要な研究開発項目

- ・ 事業規模で水素発電を実証することで、水素混焼発電の運用技術確立する
- ・ 水素価格が既存燃料に比べて高額であることから、政策支援を活用して事業化（社会実装）を促進

##### 水素発電技術の確立後

##### 自社だけでなく、取引先を含めたサプライチェーン全体への波及効果

- ・ 水素需要の創出により、オフテイクとして水素供給プレーヤーと協調することで大規模サプライチェーンを構築し、安価な水素調達を実現
- ・ 将来的な水素利用拡大に伴い、水素の高混焼率化や専焼可能な高効率機へのリプレースを行うことも検討
- ・ 付加価値の高い電力として水素由来のゼロカーボン電力を販売
- ・ 技術開発の進展や水素価格の低下により、既存燃料と同等の競争力を有するようになれば、政策支援は不要

#### ビジネスモデルの特徴：

独自性： 既設インフラの活用

新規性： 事業規模での水素発電

有効性： 調達可能な水素量を考慮した事業規模での水素発電

実現可能性・継続性： 水素価格・技術開発に加え、政策支援にも依存

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

## 水素発電の運用技術を確立し、水素発電に関する運用および保守の標準化を目指すとともに、それらを根子にした国内外水素供給事業の拡大を志向

### 標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- 当社の強みとしては、長年に亘る火力発電所の運営により培った運用および保守（O&M）に関するノウハウを保有していることである
- 一方で、本実証を通して水素発電に関するO&M技術を早期に確立すると同時に、標準化に繋げていく必要がある
- 他の化石燃料と比較して燃料費が高い水素発電に関して特に供給安定性、熱効率マネジメントといったO&M技術は重要であり、国内外の需要が高まると考えている
- まずは、当社火力発電設備へ水素発電技術を横展開し、O&M技術を早期に標準化することで事業拡大を図る。また、当社が参画している海外の火力発電プロジェクトにおける水素発電への移行、水素発電に関するO&Mの導入を目指す
- 加えて諸外国に比べて、高い経済成長が期待できるアジア地域は、今後も火力電源を含め市場規模は拡大する見込みである。これらアジア地域を新規のターゲットの一つとし、新規水素発電事業（参画後の水素化を含む）への参画および水素発電に関するエンジニアリングサービスの展開を目指していくことで、収益の拡大および世界の脱炭素化に貢献する

### 国内外の動向・自社の取組状況

#### （国内外の標準化や規制の動向）

- 欧州ではEUタクソミーが適用されている。また、米国ではインフレ抑制法が成立し、支援対象となる低炭素（グリーン）水素の定義も定めている。
- 日本においては、水素サプライチェーンにおける国際的プレゼンス向上、市場獲得を目的として各種機器や基盤整備等の国際標準化に向けた国際連携に取り組んでいる。また低炭素水素等の定義について、国としても重要性を認識しており、水素バリューチェーン推進協議会（JH2A）では業界団体として意見を提出するなど、議論が進んでいる。
- インフラシステム海外展開戦略2025を策定し、質の高いO&Mの普及、国際標準化、ルール形成に取り組んでいる
- 規制に関しても、水素保安戦略の策定に係る検討会にて検討が進められている
- JH2Aや神戸・関西圏水素利活用協議会など産官が連携して水素の社会実装、標準化に向けた取り組みが進められている

#### （これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- これまで当社はK-VaCS（※1）として火力発電所の運用実績をもとにエンジニアリングサービスを国内外に展開してきた
- 火力発電所の運営により得られたノウハウについて、可能なものを知財化（特許化事例：天然ガスの希釈熱量調整方法（特許第5229752号）※2他）
- 第1回水素保安戦略の策定に係る検討会においては、保安規制に対する要望として意見提起を実施した

### 本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容

- 今後も水素関連技術の開発状況や海外を含む政策動向等を踏まえつつ適宜事業戦略に反映していく
- 水素発電に係るO&Mノウハウを獲得し、当社の国内外事業拡大を目指していくとともに、海外展開に必要な国際標準化の早期確立に貢献していく  
（考えられる要素例）〔標準化〕供給安定性、信頼性、環境、LCC（熱効率マネジメント他）等 〔特許化〕O&M関連

※1 K-VaCS [https://www.kepco.co.jp/energy\\_supply/energy/thermal\\_power/kvacs/index.html](https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/thermal_power/kvacs/index.html)

※2 関西電力（株）とJFEエンジニアリング(株)との共同特許

# 1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

既設火力インフラの運用ノウハウおよび長年水素事業に取り組んでいる強みを活かして、社会・顧客に対して早期に水素由来電力という価値を提供

## 自社の強み、弱み（経営資源）

### ターゲットに対する提供価値

- ・ 当社が保有する発電設備を最大限活用して、必要最低限の費用で水素発電の技術を確認し、Ready状態を構築
- ・ 水素発電の導入初期は上記既設インフラを活用して、より安価で競争力のある水素由来の電力を提供
- ・ 国内での大口水素需要の創出によりサプライチェーン構築に貢献
- ・ 2025年大阪・関西万博では、グリーン水素を活用した水素発電を2050年カーボンニュートラル社会にむけた象徴的取り組みの一つとして国から世界に広く発信すること貢献

### 自社の強み

- ・ 70年以上に亘り発電設備の運用保守を実施しており、発電設備に関するノウハウを豊富に保有<sup>\*2</sup>
- ・ 他社との協業による水素製造拠点の運用実績<sup>\*3</sup>
- ・ 既設の発電設備などインフラを所有しており、安価かつ早いタイミングで水素発電が実現可能
- ・ 既設火力設備を活用した水素混焼発電の実現可能性調査等<sup>\*4</sup>により、水素発電に関するノウハウを保有

### 自社の弱み及び対応

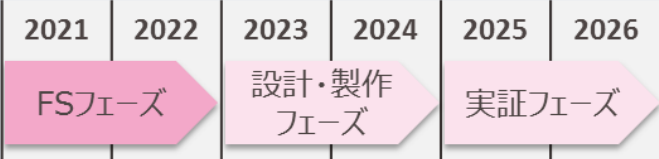
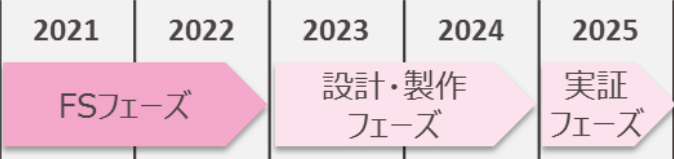
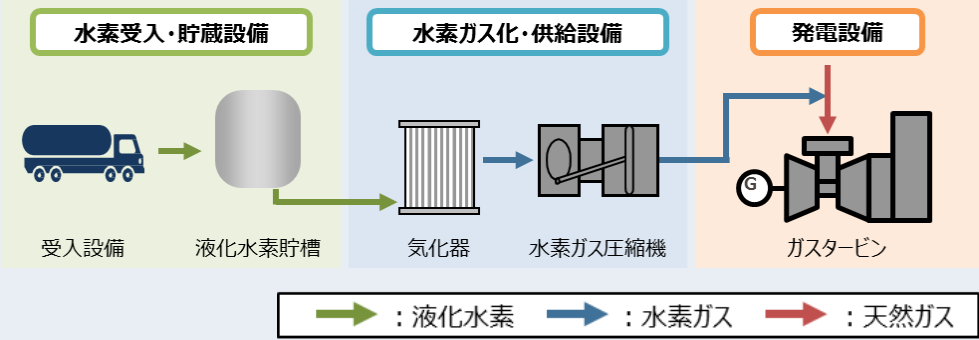
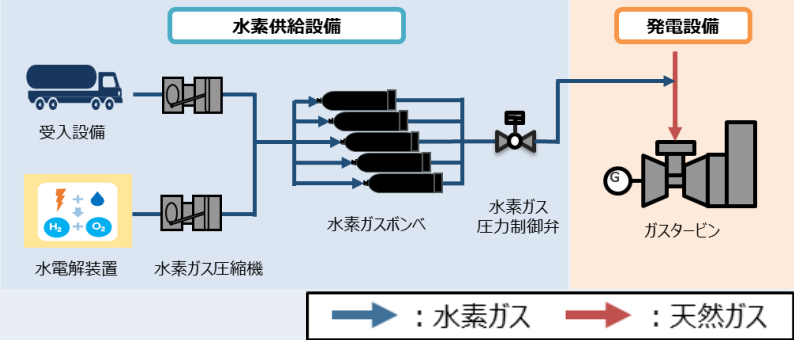
- ・ 当社はメーカーではないため、水素発電設備に関する知見は有していない  
⇒（対応）知見を持つメーカー等と連携し、事業に取り組む

## 他社に対する比較優位性

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
関西電力	(現在) ・ 事業用発電設備の運用保守 ・ 既設火力設備を活用した水素混焼発電に関する知見 <sup>*4</sup>	(現在) 関西を中心とした一般家庭および産業	(現在) 他社との協業による水素製造拠点の運用 <sup>*3</sup>	(現在) 既設火力発電設備
	(将来) 水素受入・貯蔵から発電利用に至るまでの一連の水素発電システムに関する運用保守	(将来) ゼロカーボン電力を必要とする一般家庭および産業	(将来) 水素発電による大口水素需要創出により日本国内での水素市場構築に貢献	(将来) ・ 水素発電設備 ・ 水素発電技術 ・ 関西圏の水素発電プレーヤーとしてのポジション確立
他電力	事業用発電設備の運用保守	一般家庭、産業	—	既設火力発電設備
石油化学他	・ 自家用発電設備の運用保守 ・ 副生水素を利用した発電技術	・ 基本は自社電力で消費 ・ 一般家庭、産業（一部）	製造プロセスで発生する副生水素を自社活用	既設火力発電設備

# 計画変更概要

❑ FSフェーズでの検討結果に加え、国主導で議論が進められている制度設計を踏まえた社会実装の観点から、中型ガスタービンを用いた水素専焼から大型ガスタービンを用いた水素混焼への計画変更を実施し、2023年3月28日に計画変更承認いただき、補助金交付決定通知を受領。

	計画変更前	計画変更後
実証対象	中型ガスタービンによる水素専焼	大型ガスタービンによる水素混焼 (最大30 vol%)
事業期間	2021年度～2026年度（6年間） 	2021年度～2025年度（5年間） 
水素キャリア	液化水素（車両による受入）	圧縮水素ガス（オンサイト水素製造）
システム概要		

# 1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

5年間の事業規模でのGT水素発電に係る研究開発・実証の後、2030年頃水素発電事業化、2041年頃の投資回収を想定

## 投資計画(水素発電に係るキャッシュフロー)

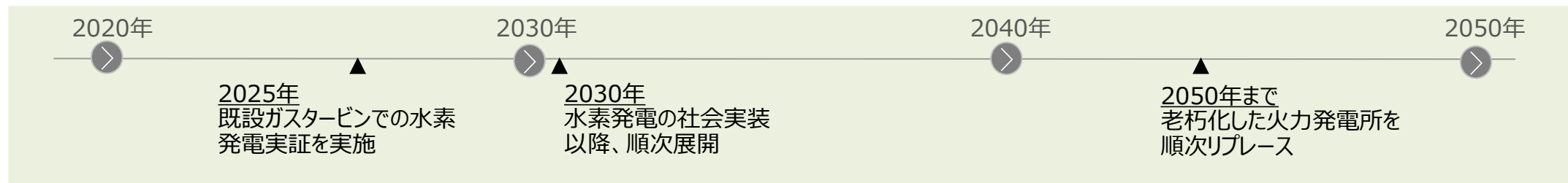
- 事業規模でのGT水素発電については本応募での水素発電実証完了後、水素価格の低下、政策支援等を前提に2030年度頃からの事業化可否を検討
- 事業化に伴う他発電設備への展開については水素価格の低下、大規模の水素調達可能性、政策支援等を前提に2030年度頃からの事業化可否を検討



※ インセンティブ（10%）を考慮

# 1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進



### 研究開発・実証

### 設備投資

### マーケティング

#### 取組方針

- 既設インフラを最大限活用することで追加でのインフラ投資を最小化しつつ、導入初期に足元で調達可能な水素量を考慮した既設ガスタービンでの水素発電を実証
- 関西圏は世界に先駆けて水素に取り組んでいる地域<sup>\*5</sup>であるため、既設インフラを最大限活用した早期の実証が期待できる液化水素を活用
- 過去のNEDO事業等で得た既設火力設備を活用した水素混焼発電に関する知見<sup>\*4</sup>を活用しつつ、水素発電技術を確立
- 2025年の大阪・関西万博開催期間中に水素発電実証を実現することで、2050年カーボンニュートラル社会にむけた象徴的取り組みの一つとして国から世界に広く発信することに貢献

- 研究開発（実証含む）で得られた知見等を活用しつつ、まずは既設火力発電設備を活用した水素発電を推進することで、追加でのインフラ投資を最小化
- 併せて、2050年のカーボンニュートラルに向けて高効率な水素専焼機へのリプレイスも検討・推進
- 発電利用に伴う水素供給設備の課題解決策となり得る液化水素ポンプを用いた昇圧技術について検討
- 2030年代には液化水素受入基地としての拠点化を推進

- 水素発電の導入初期は水素価格が既存燃料に比べて高額であることから、政策支援を活用して事業化（社会実装）を促進
- 将来的に技術開発が進展し、水素価格が低下するなどして、既存燃料と同等の競争力を有するようになれば、政策支援は不要
- 水素発電システムの運用ノウハウを外販することで事業化を促進

#### 進捗状況

- 事業規模での水素混焼・専焼技術についてFSを実施
- 2023年4月から設計・製作フェーズを開始し、詳細設計を進めるとともに、順次主要機器を発注
- 2024年2月より現地工事着工

- 水素供給設備の消費動力削減が期待できる液化水素ポンプの採用が社会実装に向けて必要であるため、その開発状況について確認

- 水素サプライチェーン構築に向け、上下流一体の取り組みを展開中
- 海外からの水素調達、製造事業への参画も含め検討中
- 液化水素受入基地整備に向け、検討中

#### 国際競争上の優位性

- 関西圏において世界初の液化水素運搬船や液化水素荷役ターミナルを有する技術研究組合CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーン推進機構（HySTRA）<sup>\*6</sup>との連携により、世界に先駆けて建設されたこれらの実証設備を活用できる可能性
- 世界的に先行した水素ガスタービンの燃焼技術と、当社の火力発電システムの運用ノウハウを組み合わせ、早期に水素発電システムを確立
- メーカーと連携し、運営・維持管理技術や人材育成も含めた水素発電システムを質の高いインフラとして輸出できる可能性

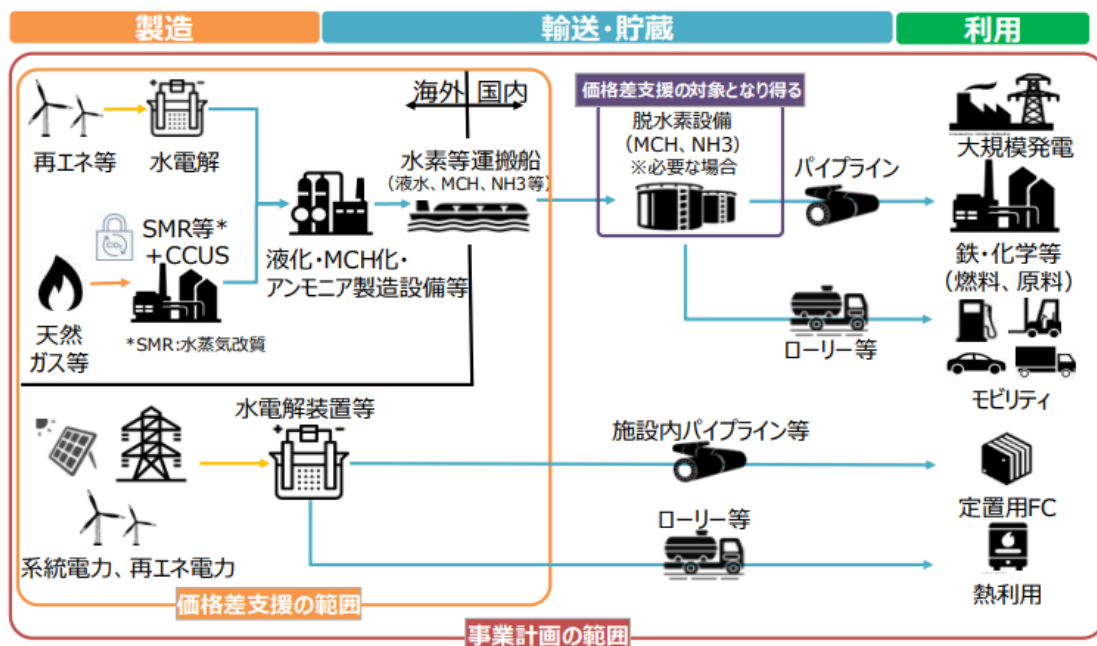
# 1. 事業戦略・事業計画

## (参考資料) 政策動向に関する補足資料

水素アンモニア社会の実装に向け、以下 3 つの政策支援の制度設計議論が活発化。

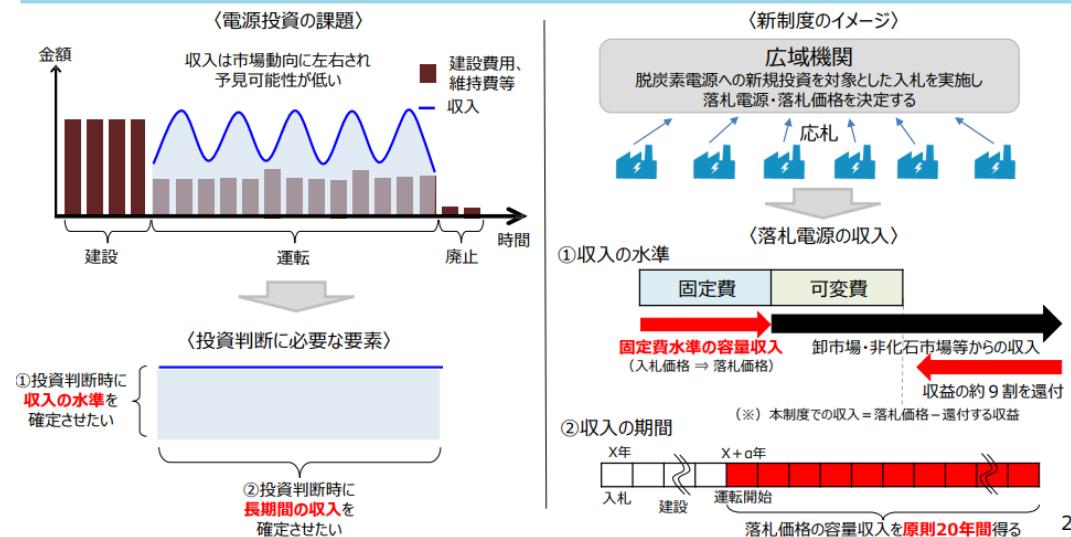
- ・既存エネルギーとの値差を踏まえた措置（価格差に着目した支援）
- ・大規模な需要拠点整備の共通インフラ等を整備するための措置（拠点整備支援）
- ・脱炭素電源への投資を対象に容量収入を複数年間にわたって得られる措置（長期脱炭素電源オークション）

図 1. 価格差に着目した支援制度の支援範囲イメージ



### (参考) 長期脱炭素電源オークションの概要

- ・近年、既存電源の退出・新規投資の停滞により供給力が低下し、電力需給の逼迫や卸市場価格の高騰が発生。
- ・このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく、**脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度（名称「長期脱炭素電源オークション」）を、2023年度から開始予定（初回の応札を2024年1月に実施）。**
- ・具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、**固定費水準の容量収入を原則20年間得られる**こととすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する。



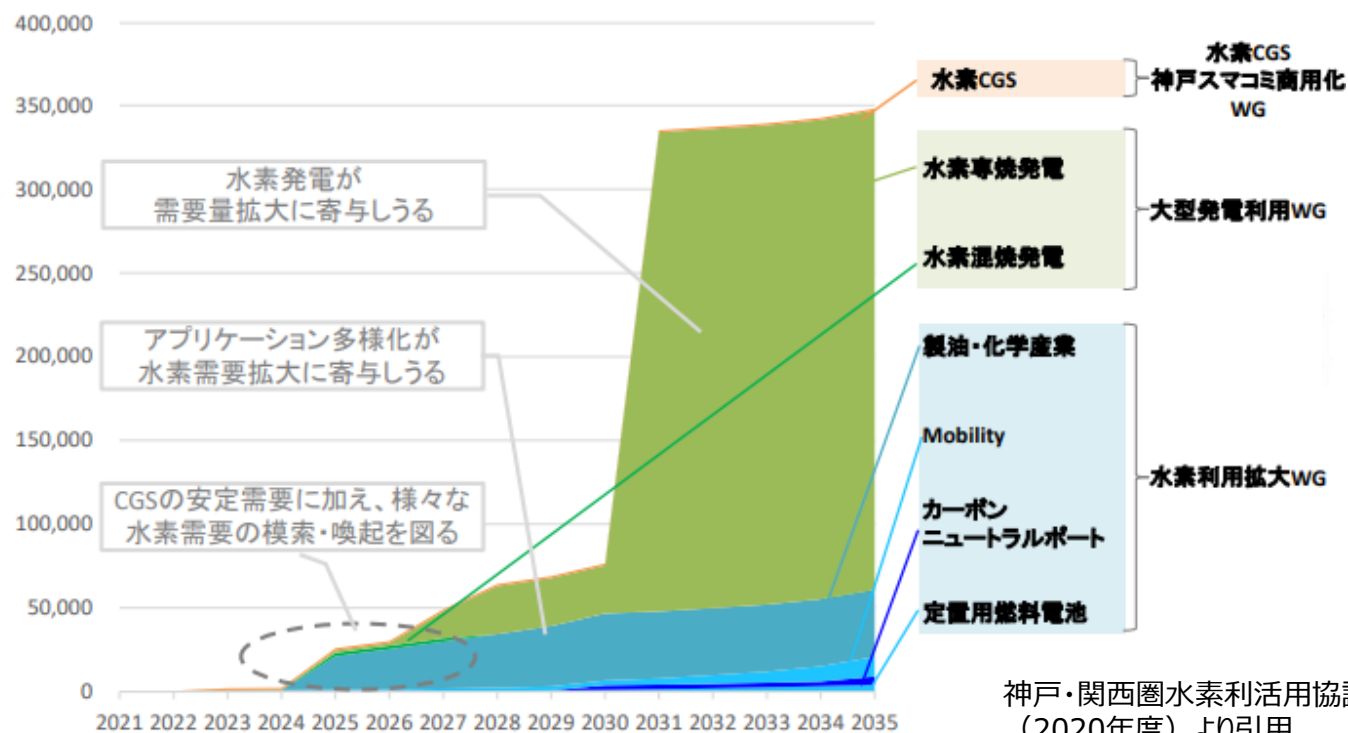
# 1. 事業戦略・事業計画

## (参考資料) 関西エリアにおける実施意義

- 関西圏において水素に関する利活用協議会が設立され、当該エリアにおける水素需要の拡大が期待されている。水素発電以外にも製油・化学産業等で水素需要の拡大が見込まれる地域である。
- また、2025年には大阪・関西万博が開催され、関西エリアからカーボンニュートラルに向けた取り組みを発信していく必要がある。

### 需要ポテンシャル量

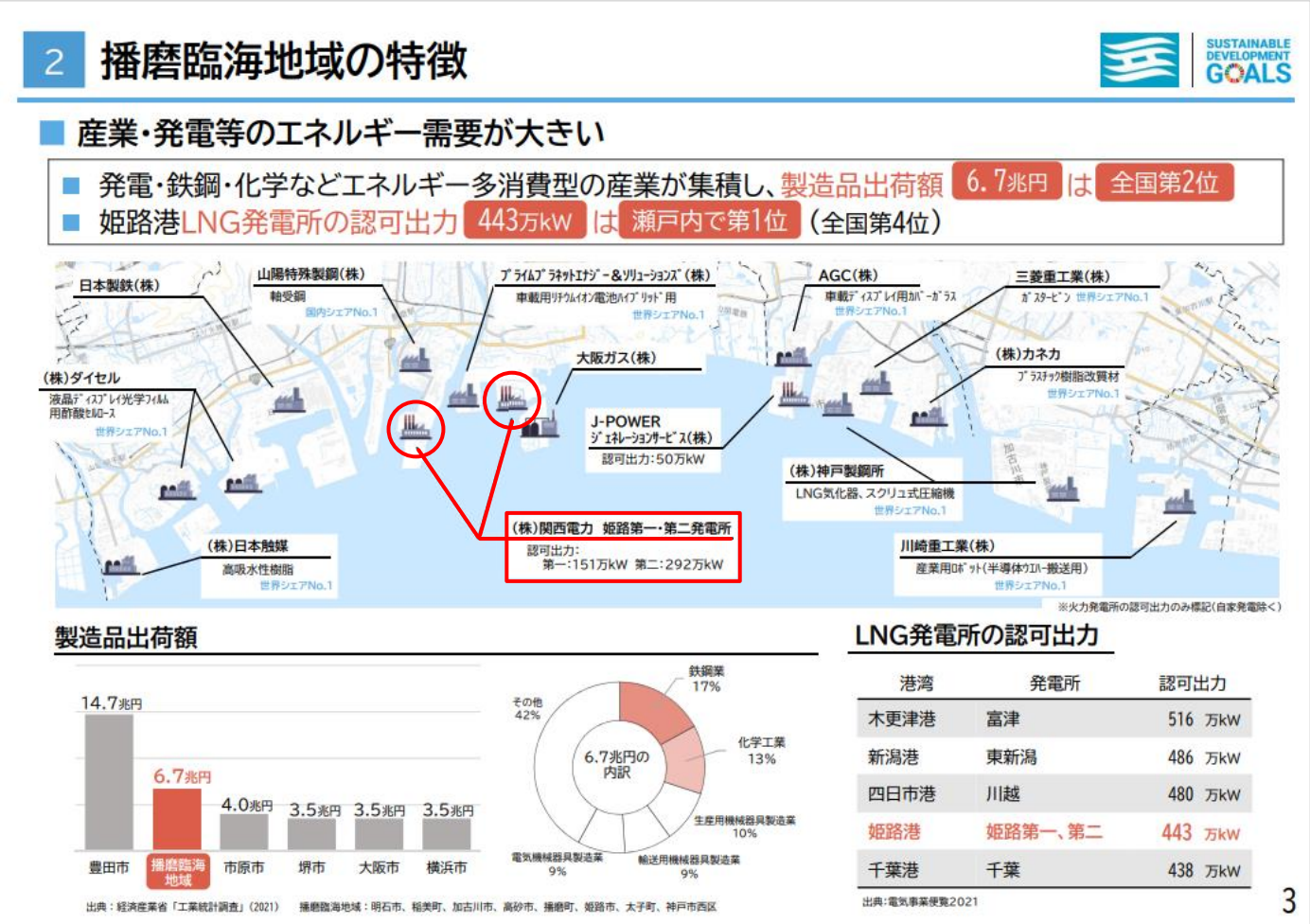
各WGの需要ポテンシャル量を積算した場合、2031年断面では330,000トン規模となる



1. 事業戦略・事業計画

(参考資料) 関西エリアにおける実施意義

例えば、兵庫県姫路を中心とした播磨臨海地域では、発電所を始めとした多様な産業が集積しており、水素サプライチェーン構築に向けて有望なエリアである。



# 1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

## 国の支援による水素発電実証完了後、大型GTCC水素発電の事業化に係る設備投資を検討

### 資金調達方針

- 2021～2025年の資金需要については、本応募（GT水素発電実証）に係る研究開発投資を想定
- 2028～2029年の資金需要については、水素価格低下、大規模の水素調達可能性、政策支援等を前提とした大型GTCC水素発電の事業化に係る設備投資を想定

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
	N1年度	N2年度	N3年度	N4年度	N5年度	N6年度	N7年度	N8年度	N9年度	N10年度	N11年度	N12年度	N13年度	N14年度	N15年度
事業全体の資金需要	約130億円規模					水素発電技術開発、水素価格低下、大規模の水素調達可能性、政策支援等を前提として、 大型GTCC水素発電の事業化に係る設備投資を検討									
うち研究開発投資	約130億円規模														
国費負担 (補助)	80億円※規模														
自己負担 (A+B)	54億円規模														

※ インセンティブ（10%）および実証に伴う売電収入を考慮

## 2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標【2021年10月22日～2023年3月31日】

水素発電システムの運用技術確立というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
水素発電システムの運用技術確立		社会実装計画における2030年のアウトプット目標「大規模需要を創出する水素ガスタービン発電技術(混焼、専焼)を実現するための技術の確立」に先立ち、中型ガスタービンを用いた水素混焼/専焼発電実証により、2025～2026年頃に水素発電システムの運用技術を確立	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
1	発電設備の運用技術確立	【FSフェーズ】 実証における検証項目の確定（技術課題とその解決方法など）  【設計・製作フェーズ以降】 技術開発・政策動向の変化に伴い後述の通り計画を変更する	<ul style="list-style-type: none"><li>水素発電の実現に向け、水素発電特有の課題である逆火、燃焼振動、NOx値上昇への対策を行いつつ、既存の天然ガス火力発電と同等の発電効率を実現</li><li>本実証にて取扱うことができる水素量の範囲内で、起動停止および、出力の変動を行いながらの連続運転により信頼性を検証 また、GT性能は、吸気温度に大きく影響を受けるため、四季を通じた運転により、その影響を確認</li></ul>
2	水素受入・貯蔵設備の運用技術確立	【FSフェーズ】 実証における検証項目の確定（技術課題とその解決方法など） 燃料調達スキームの確定  【設計・製作フェーズ以降】 技術開発・政策動向の変化に伴い後述の通り計画を変更する	<ul style="list-style-type: none"><li>発電設備の運転状態に影響なく 受入・貯蔵できることを検証 パターンとして、払出と同時に受入が有る場合、無い場合それぞれを検証</li><li>液化水素は天然ガスより潜熱が小さくBOG発生量が多い*4 また、タンク内に残存する水素量や外気温によりBOG発生量が変化する可能性があるため、四季を通じて、BOGを適切に処理できることを確認</li></ul>
3	水素ガス化・供給設備の運用技術確立	【FSフェーズ】 実証における検証項目の確定（技術課題とその解決方法など）  【設計・製作フェーズ以降】 技術開発・政策動向の変化に伴い後述の通り計画を変更する	<ul style="list-style-type: none"><li>水素発電の実現のため、発電出力に応じた水素のガス化・供給できることを検証 発電設備へ水素を供給する際、液体水素は極低温のため気化器等の設備が凍結する可能性や、発電設備の出力変化への追従性が課題になると考えられるため、四季を通じた運転により、その影響を確認</li></ul>

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（全体像）【2021年10月22日～2023年3月31日】

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）[根拠]
1  発電設備の 運用技術確立	【FSフェーズ】 実証における検証項目の確定  【設計・製作フェーズ以降】 技術開発・政策動向の変化に伴い後述の通り計画を変更する	<b>TRL 4相当</b> ・水素混焼発電の要素技術は開発済だが、実証による検証は未実施*4 ・水素専焼発電は未着手	<b>TRL 8相当</b> 発電事業向けGT発電設備において水素発電の運用技術を実証にて確認	・実機による実証運転 - 足元での水素調達量と既設インフラの活用を含めた事業の経済性を考慮し中型GTを用いた水素混焼、専焼発電の実証を行う  - 燃焼安定性の検証を行い、出力の変動を行いつつ連続運転を達成することで、GT発電設備の運用技術を確立	必要設備は技術開発状況に依存 ・水素発電設備 - 混焼用燃焼器（75%） [要素技術は確立済*4] - 専焼用燃焼器（50%） [要素技術開発中]
2  水素受入・貯蔵 設備の運用技術確立	【FSフェーズ】 実証における検証項目の確定 燃料調達スキームの確定  【設計・製作フェーズ以降】 技術開発・政策動向の変化に伴い後述の通り計画を変更する	<b>TRL 6相当</b> パイロットプラント（神戸空港島）で実証中*7	<b>TRL 9相当</b> 商用レベルで発電設備の運転状況に関わらず安定的に運用が可能であることを実証にて確認	・実機による実証運転 - 発電設備の運転状況に関わらず安定的に運用できることを検証・確認することで、水素受入貯蔵設備の運用技術を確立 ・大容量化・高圧化技術の採用 - 大量の液化水素を効率よく貯蔵及び利用するため、大容量化技術の採用を検討 - BOG回収ラインの高圧化 技術的には問題ないものの、コスト面で課題が残る	必要設備は技術開発状況に依存 ・陸上受入（90%） [発電の大量消費に合わせた受入が課題] ・液化水素貯蔵タンク（90%） （既存タンク） ・BOG回収方法（75%） [液化水素ポンプ採用に伴う回収方法が課題]
3  水素ガス化・供給設備の運用 技術確立	【FSフェーズ】 実証における検証項目の確定  【設計・製作フェーズ以降】 技術開発・政策動向の変化に伴い後述の通り計画を変更する	<b>TRL 7相当</b> ・中小容量向け液化水素ポンプは開発済 ・事業規模での水素混焼について実証による検証は未実施	<b>TRL 8相当</b> 発電出力の変化に応じた負荷追従が可能であることを実証にて確認	・実機による実証運転 - 発電設備の運転状況に応じた運用を検証・確認することで、水素ガス化・供給設備の運用技術を確立  ・大容量化技術や新技術の採用 - 大量の液化水素を効率よく供給するため、大容量化技術や新技術の採用を検討	必要設備は技術開発状況に依存 ・気化器（50～60%） [発電の大量消費に合わせた気化が課題。2021年度よりNEDO事業研究開発中※22]  ・液化水素ポンプ（70%） （往復動式（中小容量向け）） [開発済だが複数台接続が必要]

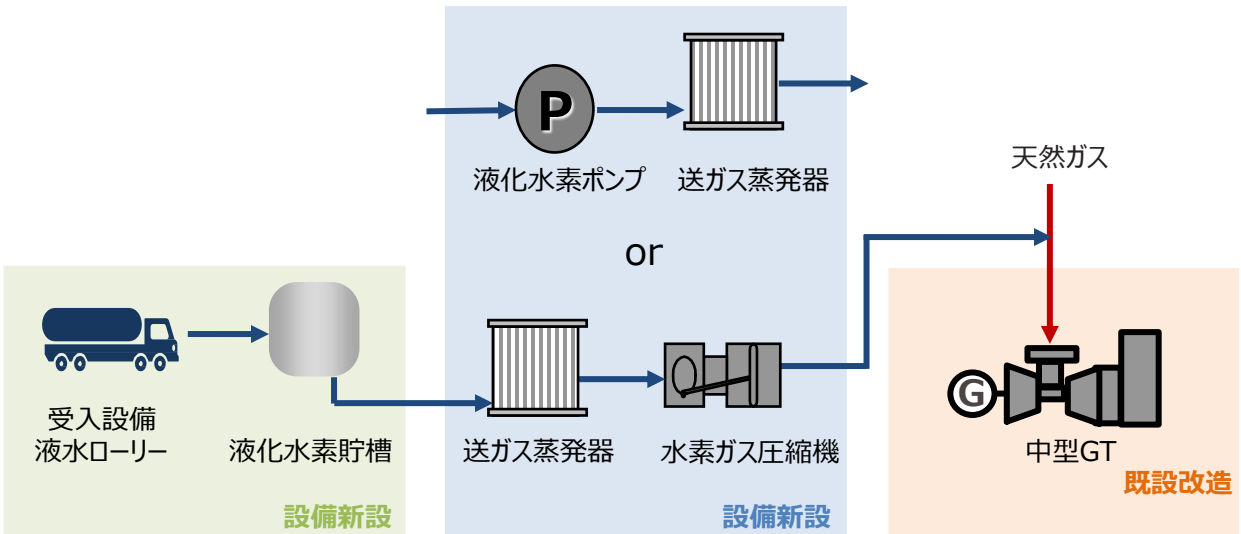
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）【2021年10月22日～2023年3月31日】

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度	課題解決目途： ◎ / ○ / △ / ×
1  発電設備の 運用技術確立	<ul style="list-style-type: none"><li>検証項目</li><li>事業費</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素専焼用燃焼器の技術開発の進捗を確認し、実証フェーズで実現が見込める水素混焼率、実証開始時期、既設改造範囲を確認した</li></ul>	<p>△燃焼器の開発状況</p> <p>専焼技術は2023年度中に開発完了予定。その後、同燃焼器による混焼技術の検証予定であるため、現時点で性能面の確認が困難</p> <ul style="list-style-type: none"><li>運用面については、現状の技術開発レベルでは、起動停止プロセス中に水素注入開始・停止を行う必要があるため、天然ガス専焼時に比べ起動停止時間が長くなることが予想され、発電コストへの影響が懸念される</li></ul>	
2  水素受入・貯蔵 設備の運用技 術確立	<ul style="list-style-type: none"><li>検証項目</li><li>事業費</li><li>水素調達スキーム</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>受入・貯蔵設備の技術開発状況の確認し、既存技術の延長で対応可能なことを確認した</li><li>2025年度の実証開始時点では、海外からの大規模水素サプライチェーンが構築されていないため、国内での調達をキャリア問わず確認</li></ul>	<p>○</p> <ul style="list-style-type: none"><li>技術開発については概ね目途が立つ見込み</li><li>陸上受入の規模での水素を取扱う場合に生じるBOGは、発生量は大きな問題にならない。また、それらのBOGを回収する場合は費用対効果が見込めない</li><li>受入時の発生BOGについては、受入方法・時間により変わるため、詳細設計時に確認が必要</li><li>実証に最低限必要な液化水素は国内で確保できる見込み</li></ul>	
3  水素ガス化・供 給設備の運用 技術確立	<ul style="list-style-type: none"><li>検証項目</li><li>事業費</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>2025年までに実現可能な既存技術を確認した</li><li>国内で開発が進められている液化水素関連技術を確認した</li></ul>	<p>△</p> <ul style="list-style-type: none"><li>技術確立済の水素ガス圧縮機や空温式気化器であれば実装可能なものの、過大な動力や連続運転制約が課題</li><li>技術確立済の液化水素ポンプ（中小容量向けの往復動式）であれば実装可能なものの、起動準備時間の制約等が課題（国内で開発が進められている遠心式は開発スケジュールを考慮すると実証フェーズでの適用が困難）</li></ul>	

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 【2021年10月22日～2023年3月31日】 （参考資料）申請時での水素発電システムに係る技術課題

### 水素発電システム（イメージ）



研究開発内容②：  
水素受入・貯蔵設備  
の運用技術確立

研究開発内容③：  
水素ガス化・供給設備  
の運用技術確立

研究開発内容①：  
発電設備の  
運用技術確立

### 他技術に対する優位性

- 足元で調達可能な水素価格・量と既設インフラの活用を含めた事業の経済性を考慮し、中型GTを用いることで水素混焼発電だけでなく、水素専焼発電までを早期に検証可能

評価結果△  
➡ 2020年代後半以降には、大型での高混焼率発電や専焼の技術開発が進められるため、中型専焼の優位性が限定的

### 独自性・新規性

課題解決目途：◎ / ○ / △ / ×

- 事業規模における水素混焼から専焼までのシームレスな検証
- 2030年に先立ち2025～2026年頃に、水素受入・貯蔵から発電利用に至る一連の水素発電システムを検証
- 発電効率の改善（所内動力の削減）に資する技術として、現在技術開発中である液化水素ポンプの採用も視野に入れたシステムを検討

評価結果△  
➡ 水素専焼用燃烧器：中型GT向けの専焼技術は2023年度中に開発目途の予定。その後、同燃烧器による混焼技術の検証予定  
液化水素ポンプ：中小容量向けの往復動式であれば採用が見込めるものの、クールダウン時間や起動準備時間に制約

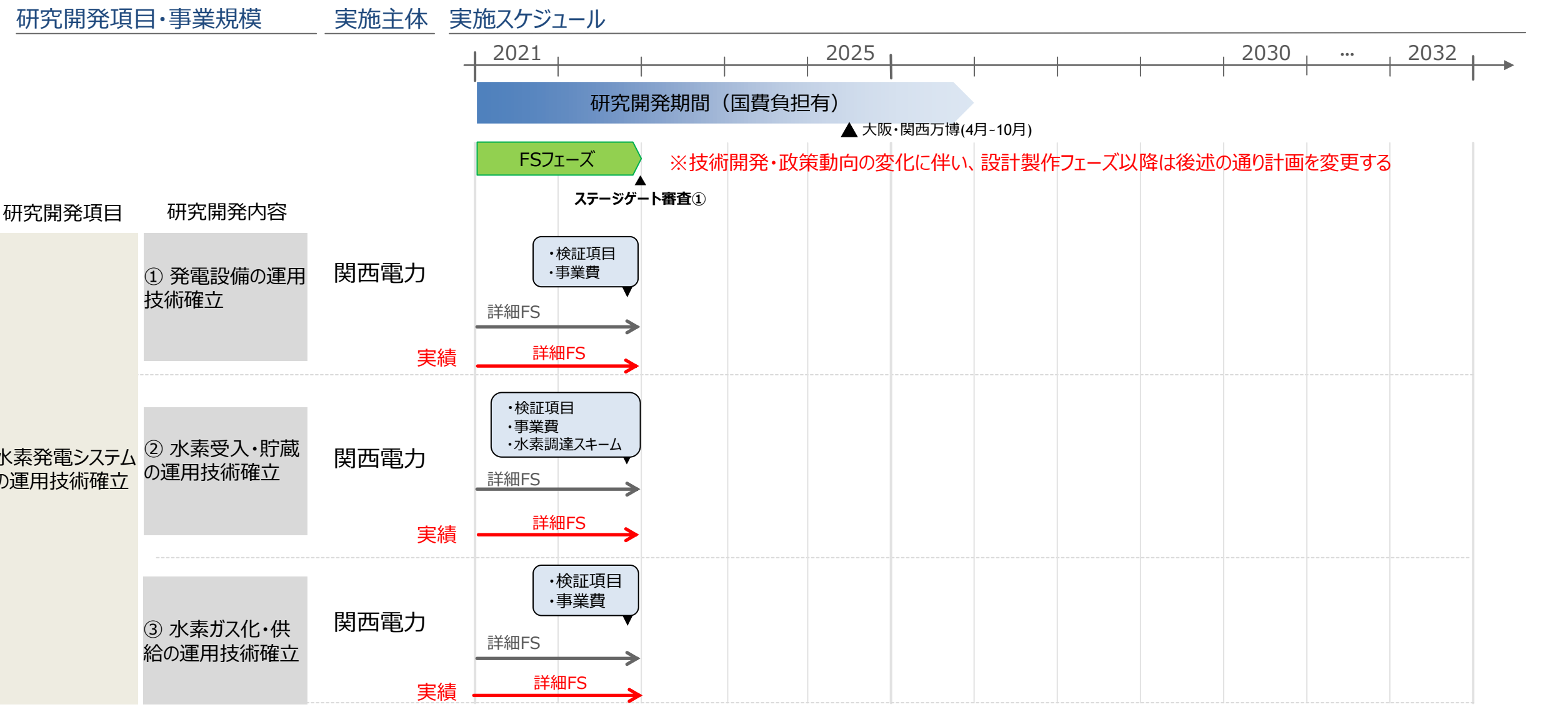
### 実現可能性・残された技術課題の解決の見通し

- 研究開発内容①：水素専焼用燃烧器の技術開発
- 最新の水素専焼用燃烧器の技術開発状況を踏まえて実証開始時期等を判断
- 研究開発内容②：水素調達
- HySTRAとの連携による液化水素運搬船や液化水素荷役ターミナルの活用も視野に検討（供給元から水素基地まで海上輸送）
- 研究開発内容③：液化水素ポンプ等の技術開発
- 最新の技術開発状況（液化水素ポンプ\*8等）を踏まえて設備構成を決定

評価結果△  
➡ ①：実証開始時期は2025年11月以降となる見込み  
②：2025年頃の大規模水素サプライチェーンが構築されていないため、国内での陸上輸送による水素調達にて計画  
③：液化水素ポンプ採用にあたっては、複数台による昇圧や容量確保が必要（遠心式：直列接続、往復動式：並列接続）

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール【2021年10月22日～2023年3月31日】

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標【2023年4月1日～】

水素混焼発電の運用技術確立というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
水素混焼発電の運用技術確立		社会実装計画における2030年のアウトプット目標「大規模需要を創出する水素ガスタービン発電(混焼、高混焼、専焼)を実現するための技術の確立」を目指し、既設ガスタービンを用いた実証により水素混焼発電の運用技術を確立する	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
1  既設改造範囲の決定	【設計・製作フェーズ】 既設発電設備を活用する場合の改造範囲を2023年度第4Qまでに決定	<ul style="list-style-type: none"><li>水素発電導入に伴う追加投資を最小化するため、既設インフラを最大限活用した上で発電設備の改造範囲を明らかにする</li><li>既設改造は2024年度第3Q予定の定期点検に合わせて実施するべく、製作納期を考慮し2023年度第4Qまでに改造範囲を決定</li><li>水素混焼実証の2025年度実施に向け、必要水素量に加え、製作期間を踏まえた水素ガス供給方法を2023年第2Qまでに明らかにする</li><li>なお、改造範囲や水素ガス供給方法については、2022年度に自社取組で検討したFS結果を踏まえて決定</li><li>2025年度の実機での運転を通じて、水素ガスを発電設備に供給しつつ、水素混焼発電が問題なくできることを確認する</li></ul>	
	【実証フェーズ】 2025年度の実証で水素混焼発電が計画通り30%水素混焼ができること		
2  据付・試運転工程の決定	【設計・製作フェーズ】 発電設備： ・既設改造工程を2023年度中に決定 ・試運転工程を2024年度第3Qまでに決定	<ul style="list-style-type: none"><li>確保可能な水素量ならびに設計製作期間を踏まえた据付工程、試運転工程を明らかにし、万博期間中（2025年4～10月）の試運転開始および2025年度中の試運転完了を目指す</li><li>発電設備については、2024年度第3Q予定の定期点検に合わせて既設改造を実施するべく2023年度中に既設改造工程を決定し、2024年度第3Qまでに試運転工程を決定する</li><li>供給設備については、発電所構内空き地に設置することとし、2024年度中に据付・試運転を完了すべく、2023年度第4Qまでに据付工程を決定し、2024年度中に試運転工程を決定する</li><li>なお、工程については、2022年度に自社取組で検討した発電設備に関する30%混焼に必要な改造範囲および発電設備への供給方法をもとに決定する</li></ul>	
	供給設備： ・据付工程を2023年第4Qまでに決定 ・試運転工程を2024年度中に決定		

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標【2023年4月1日～】

水素混焼発電の運用技術確立というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
水素混焼発電の運用技術確立		社会実装計画における2030年のアウトプット目標「大規模需要を創出する水素ガスタービン発電(混焼、高混焼、専焼)を実現するための技術の確立」を目指し、既設ガスタービンを用いた実証により水素混焼発電の運用技術を確立する	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
3 水素発電時の安全対策の決定	<div>【設計・製作フェーズ】 2023年度末までに水素防爆方法、範囲の明確化</div> <div>【実証フェーズ】 実証を通じて水素を安全かつ安定的に運用できること</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素は燃焼速度が速く、可燃範囲が広い燃えやすい性状である一方、国内での水素防爆については現時点で規格化されていない。そのため、実証時に水素を安全に運用するため、2023年度中に水素防爆方法・範囲を明確にし、水素の製造・充填を開始する2024年度第4Qまでに安全対策方針を決定する</li><li>安全対策方針の決定にあたっては、FSフェーズで整理した中型G Tに関する防爆範囲・方法をもとに、G T仕様や混焼率に応じた違いによる対策の変更有無等を確認する</li><li>2025年度の実証を通じて、水素を安全かつ安定的に運用できることを示す</li></ul>	

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標【2023年4月1日～】

水素混焼発電の運用技術確立というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
水素混焼発電の運用技術確立		社会実装計画における2030年のアウトプット目標「大規模需要を創出する水素ガスタービン発電(混焼、高混焼、専焼)を実現するための技術の確立」を目指し、既設ガスタービンを用いた実証により水素混焼発電の運用技術を確立する	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
4 運用方法の確定	<div>【設計・製作フェーズ】</div> <ul style="list-style-type: none"><li>水素発電における起動停止スケジュールの確定</li><li>2024年度第3Qに改造前と同等の天然ガス専焼ができることを確認</li></ul> <div>【実証フェーズ】</div> <ul style="list-style-type: none"><li>運転状態に異常がなく安全に30%水素混焼発電ができることを確認</li><li>温室効果ガス削減効果および水素発電の社会実装に向けた課題の整理</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>現状の技術開発レベルでは水素混合状態でのガスタービン（GT）起動・停止が困難であり、起動停止プロセス中に水素注入開始・停止を行う必要がある</li><li>そのため、起動停止時間が天然ガス専焼時に比べて長くなること（準備に要するロスの増加）が予想され、発電コストへの影響が懸念されることから、水素混焼発電に係る起動停止スケジュールを本取組で確認する</li><li>既設改造後も従来通り天然ガス専焼ができること、改造前と変わらず起動停止時間・負荷変化スピードを保てることを実機にて確認する</li><li>なお、天然ガス専焼の確認は、運用性を鑑みて水素混焼発電実装後も天然ガス専焼が必要となること、加えて、2025年度（実証期間中）においては供給力確保の観点から実証試験以外では天然ガス専焼にて商用運用を行う可能性があるため確認を行うもの</li><li>2025年度の実証を通じて運転状態に異常がなく、かつ計画通り水素混焼発電ができることを確認する</li><li>実証で得られた結果を踏まえ、温室効果ガス削減効果および水素発電の社会実装に向けた課題を明らかにする</li></ul>	
5 水素要求品質の明確化	<div>【設計・製作フェーズ】</div> 発電時に使用する水素について性状・要求値を2024年度第3Qまでに明確化 <div>【実証フェーズ】</div> 運転状態に異常がなく安全に運転継続できること	<ul style="list-style-type: none"><li>水素発電の運用性を踏まえ、長期運用を想定した発電燃料としての水素に求められる性状・要求値等をFSフェーズで得られたGTメーカーの要求値を踏まえて、ユーザーの立場で明らかにする</li><li>なお、GTメーカーは、発電設備に供給する水素に対して、油分・水分が含まれないこと、圧力変動がないこと等を求めている</li><li>2025年度の実証を通じて、水素ガスが発電設備に問題なく供給されつつ、水素混焼発電ができることを確認する</li></ul>	

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（全体像）【2023年4月1日～】

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）[根拠]
1	既設改造範囲の決定	<p>【設計・製作フェーズ】 既設発電設備を活用する場合の改造範囲を2023年度第4Qまでに決定</p> <p>【実証フェーズ】 2025年度の実証で水素混焼発電が計画通り30%水素混焼ができること</p>	<p>TRL 6相当 工場での実機規模での検証が開始</p> <p>TRL 8相当 必要な既設改造範囲を決定後、実機による実証</p>	<p>水素混焼発電に関する開発状況および実機の機器配置などを考慮した改造範囲の詳細設計</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>発電設備（80%） 水素混焼用燃烧器は30%まで要素技術開発済み 工程については最新の技術開発進捗および実機の機器配置などを考慮して詳細確認が必要</li><li>水素供給設備（80%） 技術については、圧縮ガスを用いた水素供給を想定しているため、既存技術の延長で対応可能な見込み 工程については、製作納期を踏まえて、2025年の大阪・関西万博期間中に実証開始が可能となる設備構成の詳細検討が必要</li></ul>
2	据付・試運転工程の決定	<p>【設計・製作フェーズ】 発電設備： ・既設改造工程を2023年度中に決定 ・試運転工程を2024年度第3Qまでに決定 供給設備： ・据付工程を2023年第4Qまでに決定 ・試運転工程を2024年度中に決定</p>	<p>TRL 5相当 実機での水素混焼発電に関する実証運転の実績なし</p> <p>TRL 7相当 既設改造工程・試運転工程の決定</p>	<p>発電設備： ・既設改造範囲を踏まえた工事工程および水素混焼発電技術の開発進捗に合わせた試運転工程の検討</p> <p>供給設備： ・製作納期を踏まえ、設備構成の検討や海外規格の適用可否を含めた工事・試運転工程の検討</p>	
3	水素発電時の安全対策の決定	<p>【設計・製作フェーズ】 2023年度末までに水素防爆方法、範囲の明確化</p> <p>【実証フェーズ】 実証を通じて水素を安全かつ安定的に運用できること</p>	<p>TRL 6相当 圧縮水素ガスの取り扱いが確立されているが、大規模発電利用の実績なし</p> <p>TRL 8相当 実証中の安全かつ安定的な水素取扱いの決定</p>	<p>既設改造範囲および実機の機器配置などを考慮した水素発電時の防爆方法、範囲の明確化</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>防爆方法、範囲の明確化（90%） FSフェーズで整理した中型GTに関する防爆範囲・方法をもとに、GT仕様や混焼率に応じた違いによる対策の変更有無等を確認</li></ul>

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（全体像）【2023年4月1日～】

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）[根拠]
4 運用方法の確定	<p>【設計・製作フェーズ】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>水素発電における起動停止スケジュールの確定</li><li>2024年第3Qに改造前と同等の天然ガス専焼ができることを確認</li></ul> <p>【実証フェーズ】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>運転状態に異常がなく安全に30%水素混焼発電ができることを確認</li><li>温室効果ガス削減効果および水素発電の社会実装に向けた課題の整理</li></ul>	<p><b>TRL 5相当</b> 水素混焼発電の要素技術は開発済だが、実機での実証運転の実績なし</p>	<p><b>TRL 8相当</b> 発電事業向け大型GTでの実証により水素混焼発電の運用方法を確立</p>	<p>・実機による水素混焼用燃焼器での天然ガス専焼運転の確認</p> <p>・実証による水素混焼発電時の起動停止・運転状態の確認</p>	<p>・天然ガス専焼（90%） 水素混焼用燃焼器での天然ガス専焼運転の実績はないものの、天然ガスは水素に比べて燃焼安定性・制御性が高い</p> <p>・水素30%混焼（75%） 水素混焼用燃焼器は、実機による運転実績が無いものの、30%水素混焼まで要素技術開発済み</p>
5 水素要求品質の明確化	<p>【設計・製作フェーズ】</p> <p>発電時に使用する水素について性状・要求値を2024年度第3Qまでに明確化</p> <p>【実証フェーズ】</p> <p>運転状態に異常がなく安全に運転継続できること</p>	<p><b>TRL 5相当</b> 大型GTでの水素発電実績がないため、燃料として必要な水素品質が明確になっていない</p>	<p><b>TRL 8相当</b> 発電事業向け大型GTでの実証により水素要求品質を明確化</p>	<p>・発電設備への水素ガス供給プロセスでの不純物混入可能性の確認</p> <p>・ガスタービンに悪影響を与えるパラメータを明確化</p> <p>・実機実証による水素混焼発電を行い、運転状態を確認</p>	<p>・水素ガス製造および供給システム（90%） 実証試験に用いる水素の殆どは水電解水素製造装置により確保予定であり、水素正常は安定かつ異物混入の可能性は低い また、水素供給設備は不純物混入に配慮してシステム構成を検討</p>

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）【2023年4月1日～】

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 既設改造範囲の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>既設改造時期（既設発電設備の定期点検）</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>FSの結果をもとに既設改造範囲を決定</li><li>既設発電設備の定期点検に合わせて改造するよう検討</li><li>製作納期を考慮し、主要部品を手配済み</li></ul>	◎ （理由）予定通り進捗したため
2 据付・試運転工程の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>試運転工程の決定</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素供給設備および発電設備に関して据付工程決定</li><li>試運転工程に関しては必要試験項目を整理中（予定通り進捗）</li></ul>	◎ （理由）予定通り進捗したため
3 水素発電時の安全対策の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>既設改造範囲、水素供給システムの確定</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>FSの結果をもとに既設改造範囲および実機の機器配置などを考慮した水素発電時の防爆方法、範囲を明確化</li><li>発電設備は電気事業法、水素供給設備は高圧ガス保安法に基づき設計、必要となる安全対策について決定</li></ul>	◎ （理由）予定通り進捗したため
4 運用方法の確定		<ul style="list-style-type: none"><li>2024年第4Q完了に向けて、検討中</li></ul>	◎ （理由）予定通り進捗したため
5 水素要求品質の明確化		<ul style="list-style-type: none"><li>2024年度第3Q完了に向けて、検討中</li></ul>	◎ （理由）予定通り進捗したため

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）【2023年4月1日～】

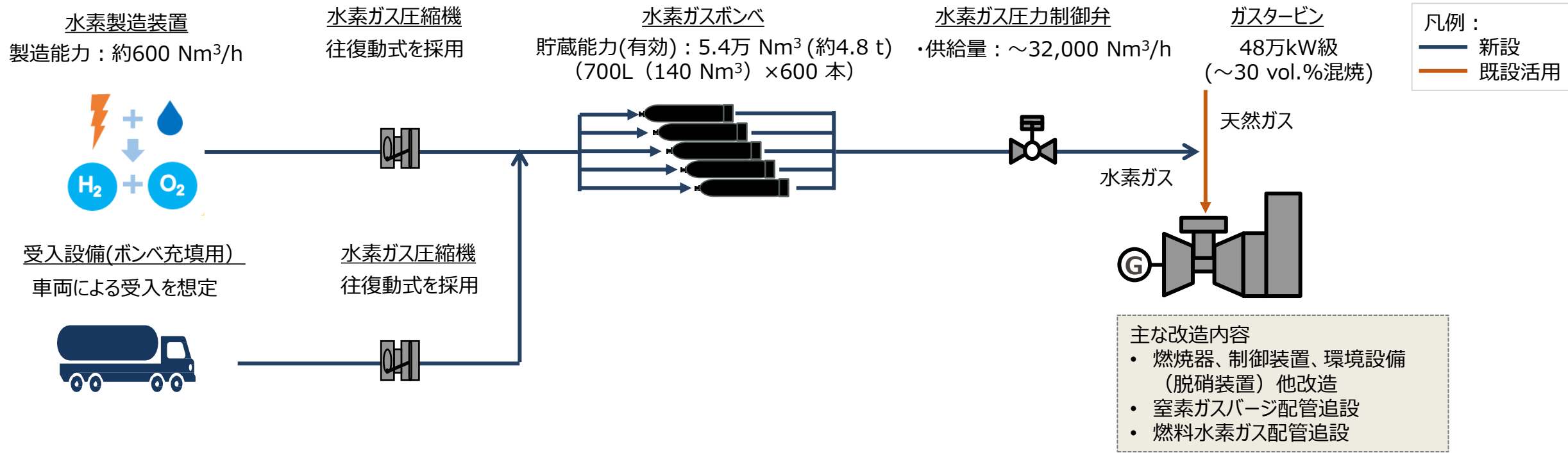
### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 既設改造範囲 の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>既設改造時期 (既設発電設備の定期 点検)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>既設改造に係る工事工程 (定期点検中に計画通り完工できる か)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>既設改造を実証試験に必要な最低限の範囲とするとともに、 定期点検中では当該時期しか実施できない作業を優先する ことで、全体スケジュールへの影響を回避</li></ul>
2 据付・試運転 工程の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>試運転工程の決定</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素製造・貯蔵能力を踏まえた試運 転工程</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素供給設備については、圧縮ガスボンベによる貯蔵（蓄 圧）・供給を行うことで、長納期となり得る機器を省略</li><li>設備健全性の確認および社会実装を念頭に置いた試験項 目の整理・試験項目ごとの必要水素量を考慮した実証スケ ジュールの検討</li></ul>
3 水素発電時の 安全対策の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>安全対策の実施</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素発電時の防爆方法、範囲</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>既設改造範囲および実機の機器配置などを考慮し 明確化することで解決できる見通しを得た</li></ul>
4 運用方法 の確定	<ul style="list-style-type: none"><li>起動停止スケジュール の確定</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素混焼発電に伴う起動停止スケ ジュール</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素混焼発電に関する技術開発状況を踏まえ、ガ スタービン起動・停止中に水素注入の開始・停止プ ロセスを組み込む</li></ul>
5 水素要求品質 の明確化	<ul style="list-style-type: none"><li>水素性状・要求値の 明確化</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素ガス供給プロセスでガスタービンに 悪影響を与えるパラメータの明確化</li><li>発電設備への水素ガス供給プロセス での不純物混入可能性</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>実証試験に用いる水素を水電解水素製造装置によ り確保することで水素性状の安定を図るとともに、不 純物混入に配慮して水素供給システム構成とする</li></ul>

## 2. 研究開発計画

### (参考資料) 水素混焼発電システムの構成・設備概要

- 水素混焼実証は、下図のシステム構成により、2025年の大阪・関西万博開催にあわせて実証を開始、2025年度中の実証完了を目指す。
- 実証に必要な水素は、概ね水電解によるオンサイト製造により確保予定。
- 実証では、水素製造能力や水素ガスボンベ容量を踏まえ、次の運用を繰り返し実証試験を遂行。
  - ✓ オンサイト水素製造によるボンベ充填は、約5日間要する見込み。
  - ✓ ボンベ充填後、実証に伴う各試験を実施。（連続運転可能時間：約1.5時間@30%混焼定格時）



## 2. 研究開発計画

### (参考資料) 水素混焼発電の技術課題について

#### 水素ガス（燃料）の供給条件

発電設備への水素供給条件（圧力変動・水分・油分など）を満たす機器選定や設備対策等を行う

[2023-2024年度設計・製作時の対応]

- 供給圧力の変動等を考慮して圧縮ガス（ボンベ充填圧）による水素供給方式を採用
- 油分混入防止のため、ボンベ充填ガス圧縮機に往復動式を採用

[2025年度実証時の対応]

- 水素供給状況の確認

#### ガスタービン燃焼器の技術開発

水素混焼に対応したガスタービン燃焼器の改造（現時点で30%水素混焼まで開発目途）

[2023-2024年度設計・製作時の対応]

- 2024年度に実施予定の既設発電設備定期点検に合わせて燃焼器を改造
- 天然ガス専焼による燃焼状態の確認

[2025年度実証時の対応]

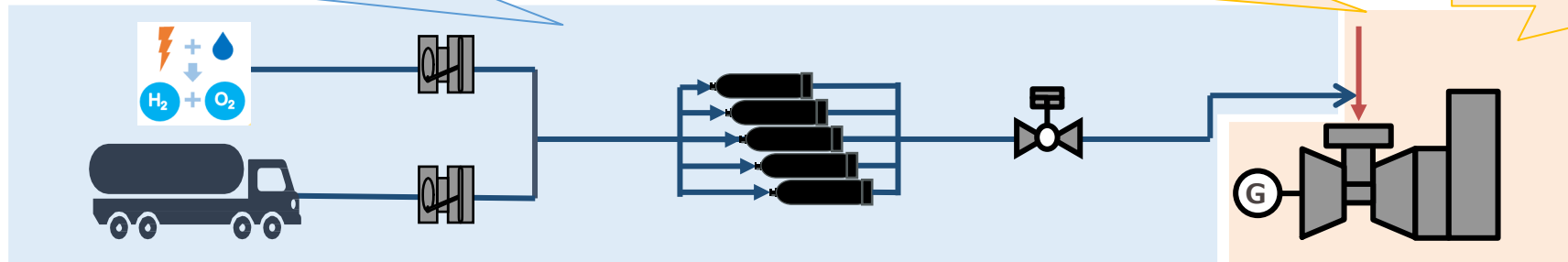
- 水素混焼による燃焼状態の確認

#### 発電設備の運用性

従来の起動停止工程に加え、発電設備への水素ガス注入・停止の時間が必要

[2025年度実証時の対応]

- 実証時にその他制約事項の有無（制約が生じる場合は許容できるか）を確認



液化水素を用いた水素供給設備の技術課題（FSフェーズでの検討結果再掲）

#### 液化水素ポンプの技術開発

往復動式（中小容量向け）：TRL8相当  
遠心式（大容量向け）：TRL4相当

※遠心式は、現在国プロで技術開発中  
（2027年頃の単機1MPa昇圧を目標）

#### 貯蔵設備のBOG処理

液化水素ポンプを採用する場合、水素ガス圧縮機と比べBOG回収に係る動力が増加

#### 気化器の技術開発

中間媒体式など：TRL5相当  
（空温式：TRL6相当）  
・ 中間媒体式は現在国プロにて技術開発中  
（2023年度中に開発目途の予定）  
・ なお、空温式採用の場合は連続運転時間に制約

#### 水素ガス化・供給設備の追従性

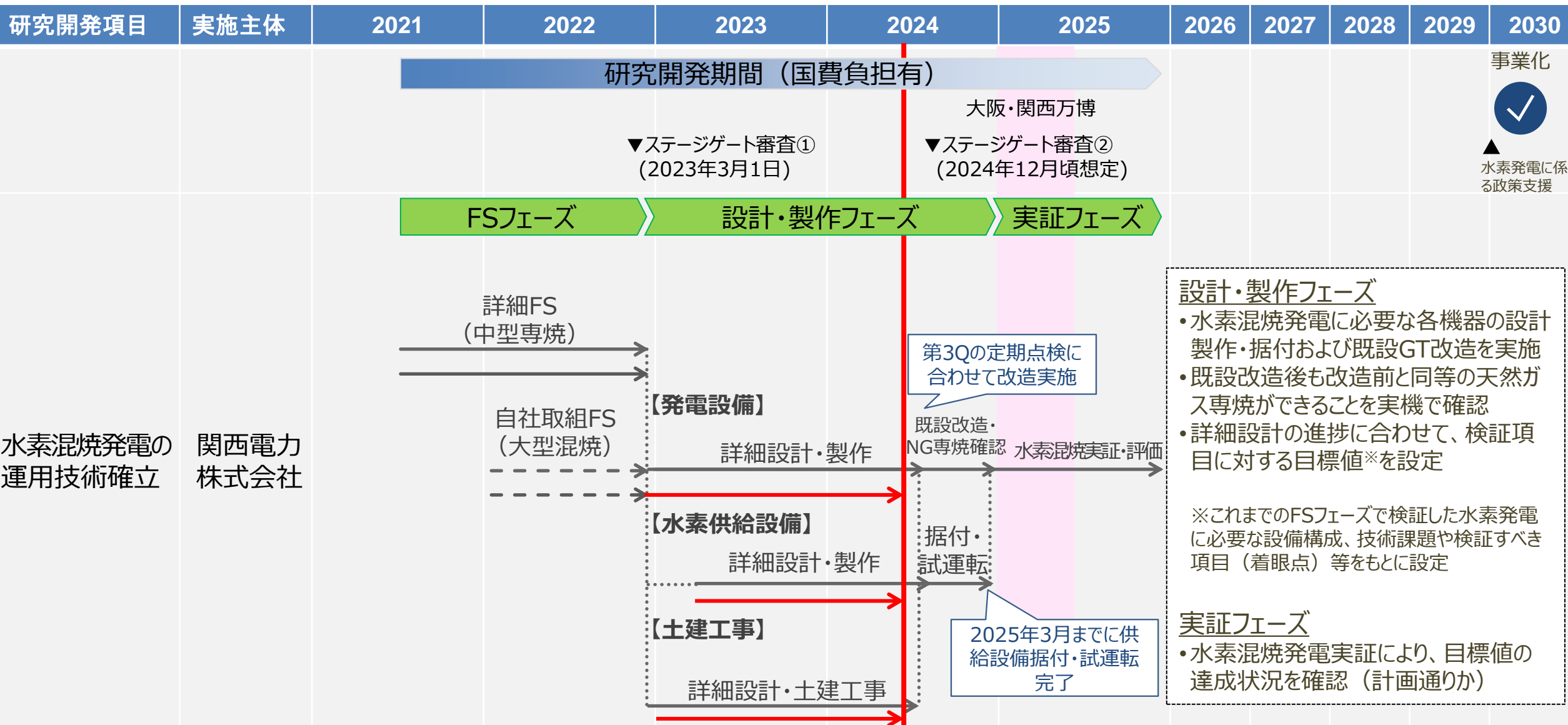
液化水素ポンプのクールダウン時間や気化器の温度変化速度により起動準備時間等に制約



2025年度の水素混焼発電実証では、液化水素を取り扱わない（圧縮ガス（ボンベ充填圧）による水素供給を採用予定）であるため、実証実現に向けた技術課題とはならない。ただし、将来の社会実装時や更なる高混焼率化に伴い液化水素を取り扱う場合は、改めて評価や検証が必要。

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール【2023年4月1日～】

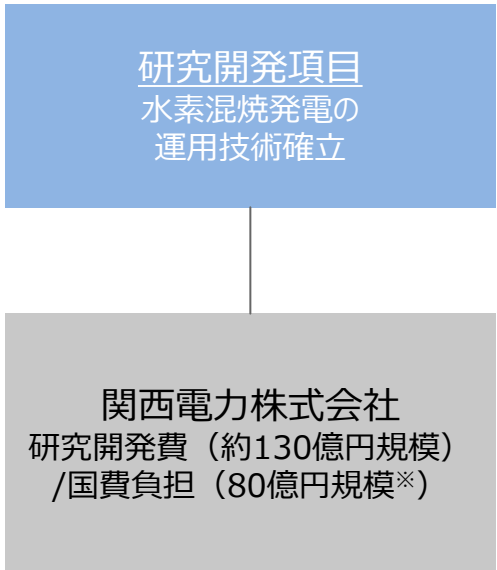
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



## 2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

### 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図（2023年4月時点）



※ インセンティブ（10%）を考慮

### 各主体の役割と連携方法

#### 各主体の役割

- 関西電力株式会社（実施主体）  
FSおよび実証を行い、水素発電の運用管理技術の確立を目指す

#### 研究開発における連携方法

- 必要に応じてミーティング（1～2か月に1回）
- 年度ごとの業務成果報告書

#### 中小・ベンチャー企業の参画

- なし

## 2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
水素混焼発電の運用技術確立	1 既設改造 範囲の決定	<ul style="list-style-type: none"><li>設備容量 約15GWの火力発電設備<sup>*2</sup></li><li>70年以上にわたる火力発電事業で培ったガスタービン設備に関するノウハウと保守運用技術<sup>*2</sup></li><li>既設火力を活用した水素混焼発電の実現可能性の調査等で得た水素発電に関する知見<sup>*4</sup></li></ul>	<p>[優位性]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>世界的に先行した水素ガスタービンの燃焼技術と、当社の火力発電システムの知見を組み合わせ、実機による水素発電実証を行うことで、2030年に先立ち、水素混焼発電システムの運用技術を確立</li></ul> <p>[リスク]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>関連設備については、メーカーの技術開発に依存</li></ul>
	2 据付・試運転 工程の決定		
	3 水素発電時の 安全対策の決定		
	4 運用方法 の確定		
	5 水素要求品質 の明確化		

## 2. 研究開発計画

### (参考資料) IEAによるTRL (Technical Readiness Level)

TRL		
1	Initial idea	基本原理の着想段階
2	Application formulated	適用概念の明確化段階
3	Concept needs validation	技術コンセプトを実際に証明する必要がある段階
4	Early prototype	実験環境下での技術コンセプト実証段階
5	Large prototype	現実的な環境下での要素技術の実証段階
6	Full prototype at scale	現実的な環境下で大規模な試作品の実証段階
7	Pre-commercial demonstration	商用化前の実証段階
8	First-of-a-kind commercial	初商用化段階
9	Commercial operation in relevant environment	競争力維持のために改善が必要な段階
10	Integration at scale	さらなる統合の試みが必要な段階
11	Proof of stability	成長が見込める段階

IEA HP (<https://www.iea.org/reports/innovation-gaps>) より

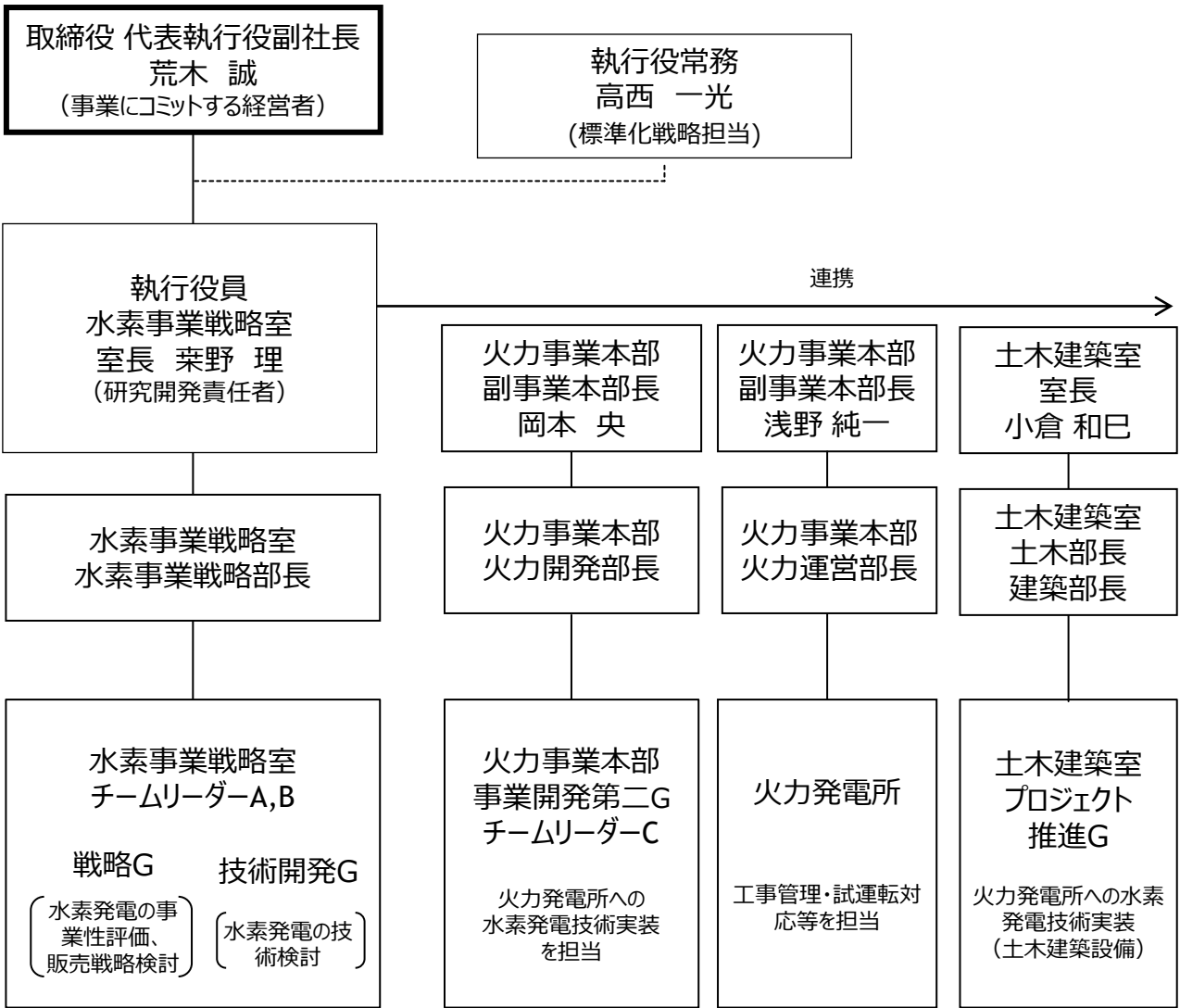
# 3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

### 3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

## 経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図（2024年9月時点）



### 組織内の役割分担

- <研究開発>
- 研究開発責任者
    - 水素事業戦略室 室長 栗野 理：プロジェクト統括を担当
  - 担当部門
    - 水素事業戦略室：水素発電の技術検討、水素発電の事業性評価、販売戦略検討を担当
    - 火力事業本部：火力発電所への水素発電技術実装（機械設備）、工事管理・試運転対応等を担当
    - 土木建築室：火力発電所への水素発電技術実装（土木建築設備）
  - チームリーダー
    - A：LNG液化プラント建設、運営管理等の実績
    - B：水素関連プロジェクトの立上げ、事業性評価等の実績
    - C：火力発電所の建設管理、電源開発計画等の実績
  - 部門間の連携方法
    - 定期的に部長レベルで相互の進捗報告を行う
- <標準化>
- 標準化戦略担当
    - 執行役常務
  - 連携部門
    - 火力事業本部、エネルギー環境企画室、国際事業本部、研究開発室
  - 会議体
    - ゼロカーボン委員会※11等にて各種周辺動向等を踏まえた水素事業戦略について定期的に議論、検討を行う。

### 3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

## 経営者等による水素発電事業への関与の方針

### 経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
  - 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の策定<sup>\*1</sup>  
当社グループは、ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニーとして、発電事業をはじめとする事業活動に伴うCO<sub>2</sub>排出を2050年までに全体としてゼロとする。
  - 「ゼロカーボンロードマップ」の策定<sup>\*19</sup>  
関西電力グループ ゼロカーボンビジョン2050の実現に向けた道筋を定め取り組みを着実に進捗させる。
  - 中期経営計画におけるゼロカーボンへの挑戦<sup>\*9</sup>  
当社グループは、中期経営計画の取組みの柱「KX（Kanden Transformation）」の一つに「ゼロカーボンへの挑戦（EX: Energy Transformation）」を掲げ、関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の実現に向けた取組みを推進する。
  - イノベーション推進への取り組み<sup>\*10</sup>  
当社グループはイノベーションを推進するための体制強化や仕組みの構築を行っている。
    - ・イノベーションをさらに加速するためのイノベーションハブとして経営企画室に「イノベーションラボ」を設置。
    - ・革新的な技術やビジネスモデルを有するベンチャー企業との連携を強化するために合同会社K4Venturesを投資主体とし、個別のベンチャー企業に対する直接投資とベンチャーキャピタルファンドに対する間接投資を行っている。
- 事業のモニタリング・管理
  - ゼロカーボン委員会の設置<sup>\*11</sup>
    - ・ゼロカーボンの取組みを推進するため、「ゼロカーボン委員会」を2021年4月1日に設置。
    - ・「ゼロカーボンビジョン2050」の実現に向けた基本方針や、それを踏まえたロードマップの策定に加え、取組みや進捗状況について、委員会で幅広く議論し、実行していくことで、当社グループのゼロカーボンに関する取組みを統括・推進する。
    - ・同委員会は、社長を委員長としているほか、委員は、エネルギー事業に関する関係役員と送配電、情報通信、生活・ビジネスソリューションそれぞれのグループ会社の社長で構成される。

### - 成長投資のマネジメント<sup>\*10</sup>

グループ事業・国際事業等への成長投資については、投資の妥当性の評価に加えて、投資後のモニタリングと撤退・再建策の検討・実施も含めた一連のマネジメントプロセスを構築・運用し、事業推進部門およびコーポレート部門の担当役員で構成される社内委員会（成長・投資部会）において、専門的知見に基づく審議・検討を行う。これにより、個別案件の意思決定における適切な判断を支援するとともに、リスク顕在化時にはタイムリーな対応を促し、投資リスクの適正な管理に努めている。

### 経営者等の評価・報酬への反映

#### ● 業績連動報酬制度の導入<sup>\*10</sup>

業務執行を伴う執行役の報酬については、企業業績と企業価値の持続的な向上に資するように、各執行役の地位等に応じて求められる職責などを勘案した基本報酬に加えて、短期インセンティブ報酬として業績連動報酬および中長期インセンティブ報酬としての株式報酬で構成している。

### 事業の継続性確保の取組

#### ● 指名委員会の設置<sup>\*10</sup>

当社のコーポレートガバナンスにおいては、経営の透明性・客観性を高めることを目的に、「指名委員会等設置会社」の機関設計を採用しており、指名委員会は、執行役社長の後継者計画の策定および運用を担っている。

#### ● 経営層へのトレーニング<sup>\*10</sup>

取締役や執行役に対して、その役割・責務を果たすうえで必要な知識を付与するため、就任の際、また就任後も定期的に研修をおこなうなど、適切なトレーニングの機会を設けている。社外取締役に対しては、その役割・責務を果たすうえで必要な知識を習得できるよう、就任の際、また就任後も継続的に、当社グループの事業・財務・組織等に関する説明をおこなっている。

#### ● ゼロカーボン委員会の設置<sup>\*11</sup>

同委員会は、社長を委員長としているほか、委員は、エネルギー事業に関する関係役員と送配電、情報通信、生活・ビジネスソリューションそれぞれのグループ会社の社長で構成される。

### 3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

## 経営戦略の中核において水素事業を位置づけ、広く情報発信

### 取締役会等コーポレート・ガバナンスとの関係

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の策定<sup>\*1</sup>

当社グループは、持続可能な社会の実現に向け、ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニーとして、安全確保を前提に安定供給を果たすべく、エネルギーの自給率向上に努めるとともに、地球温暖化を防止するため、発電事業をはじめとする事業活動に伴うCO<sub>2</sub>排出を2050年までに全体としてゼロとする。お客さまや社会のゼロカーボン化に向けて、当社グループのリソースを結集すべく、社長をトップとした推進体制を構築し、取り組む。
  - 「ゼロカーボンロードマップ」の策定<sup>\*19</sup>

関西電力グループ ゼロカーボンビジョン2050の実現に向けた道筋を定め取り組みを着実に進捗させるべく、2030年度を中間地点と位置づけ、その時点で達成すべき目標を掲げる。当社グループはあらゆるステークホルダーの皆さまと力を合わせて社会全体のゼロカーボン化に向けた取り組みを進める。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 中期経営計画の取組みの柱：ゼロカーボンへの挑戦<sup>\*9</sup>

当社は、中期経営計画（2021-2025）の取組みの柱の一つにゼロカーボンへの挑戦を掲げている。その取組みの中で、水素発電を火力のゼロカーボン化として位置づけている。
  - 執行役会議での審議・報告

当該事業に係る応募・取組状況については、執行役会議にて審議・報告を実施する。
  - 情報の周知・連携

当該事業について決議された内容は社内の関連部署に広く周知する。
- 決議事項と研究開発計画の関係
  - エネルギー事業の取組みの方向性<sup>\*9</sup>

中期経営計画（2021-2025）の取組みの中で、火力のゼロカーボン化として水素発電が位置づけられている。

### ステークホルダーとの対話、情報開示

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
  - 情報開示の充実<sup>\*12</sup>

有価証券報告書やコーポレートガバナンス報告書、統合報告書等にて会社の財務状態・経営成績等の財務情報や、経営戦略・経営課題、リスクやガバナンスにかかる非財務情報等について、積極的に開示を行う。その際、会社法等の法令で定められる内容のみならず、株主をはじめとするステークホルダーの皆様との対話に有用と考えられる情報については、正確かつ具体的な内容で開示する等、付加価値の高い説明となるよう努める。
  - TCFD提言<sup>\*10</sup>

2019年5月に「気候関連財務情報開示タスクフォース」提言への賛同署名。
  - 採択にかかるプレスリリース<sup>\*18</sup>

本事業の採択について、プレスリリースにより对外公表済。
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
  - 関西電力グループのマテリアリティ（重要課題）の一つとして「ゼロカーボンに向けた取組み推進」を特定<sup>\*10</sup>

当社が持続的な成長をとげるとともに、SDGs等のグローバルな社会課題の解決を通じて社会の持続的な発展に貢献することを目的とし、10個のマテリアリティ（重要課題）の一つとして「ゼロカーボンに向けた取組み推進」を特定。
  - 中期経営計画におけるゼロカーボンへの挑戦<sup>\*9</sup>

中期経営計画の取組みの柱の一つに「ゼロカーボンへの挑戦」を掲げており、中期経営計画の中でROE・ROA目標を設定・各年度での実績公表により企業価値向上に繋げる。
  - 株主・投資家との建設的な対話<sup>\*12</sup>

株主総会を初め、国内外の株主・投資家と直接対話する機会を設ける。

    - ・ 社長や執行役等による決算説明会等の実施
    - ・ 株主・投資家とのミーティングの実施
    - ・ 株主向け施設見学会などの適宜実施
    - ・ 当社ウェブサイトにおける株主・投資家へ向けた情報開示・情報提供

### 3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

### 経営資源の投入方針

- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性の確保
  - 事業環境に応じた組織改正<sup>\*13,14</sup>
    - (1)「脱炭素ソリューショングループ」の設置（2021年1月29日付）
    - (2)「水素事業戦略室」の新設（2021年5月1日付）
    - (3)「再生可能エネルギー事業本部」の再編（2021年7月1日付）
    - (4)「ソリューション本部」の新設（2021年7月1日付）
  - 合同会社K4 Ventures による投資<sup>\*10</sup>  
合同会社K4 Ventures のよる出資を通じて有望なベンチャー企業の成長を支援し、当社や当社グループとの協業を推進していく。
  - 事業計画への反映  
本事業における実証結果をフィードバックして、事業計画に反映する。
- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
  - 人材の投入方針  
水素事業に関しては専門部署を設置。2021年時点では2グループ・30人程度であったが、2023年12月時点では5グループ・70人程度の要員確保済み。今後の状況に応じて、社外人材の採用や社内公募を利用した更なる増員を行う。
  - 設備の投入方針  
2050年までのCO<sub>2</sub>排出実質ゼロに向けた事業を進める上で、必要な設備を投資。（既設火力発電所設備などの活用も含む。）
  - 資金の投入方針  
中期経営計画(2021-2025)において、EX（ゼロカーボンへの挑戦 Energy Transformation）に対して5年間で1兆500億円の投資をすることを掲げている。
  - 将来の成長に向けた投資<sup>\*9</sup>  
関西電力グループは、2050年のゼロカーボン社会実現に向けて「ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニー」としてグループのリソースを結集する。

### 専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
  - 「水素事業戦略室」の設置（2021年5月1日付）<sup>\*14</sup>  
各部門が個々に従事している水素関連業務を集約して、戦略の検討・立案や実証判断等を一元的に担い、効率的かつ効果的に事業化に取り組むための体制を新たに整備することで、「ゼロカーボンへの挑戦（EX:Energy Transformation）」を推進。
- 人材育成(含む標準化戦略人材)
  - 関電グループアカデミーの開校（2018年7月導入）<sup>\*15</sup>  
「グループ経営理念」、「基盤人材育成」、「事業人材育成」、「次世代リーダー育成」に関わる学部を置き、従業員が自らの成長に向けて受講することができる、様々な研修や育成制度を用意。
  - 社内公募制度の活用（2018年7月導入）<sup>\*13</sup>  
従業員自らが多様なキャリアや幅広いフィールドに自発的にチャレンジできる社内公募制のプログラムである「e-チャレンジ制度」を整備。
  - 技術開発機能の強化<sup>\*10</sup>  
ビジネス競争力の源泉となる技術や知的財産権に対する感度を高め、その獲得を強化するため、旧・研究開発室に配置していた技術開発機能や関連資本を集約。また、市場機会探索や事業創出に技術人材を投入し、事業の核を成す技術開発を強力に推進。加えて、今後、エネルギー関連システムをはじめとする技術標準化に積極的な役割を果たし、知的財産権を積極的に確保。

### 協議会への参画

- 「神戸・関西圏水素利活用協議会」への参画<sup>\*16</sup>  
本協議会において、様々な事業者と業界の垣根を越えて、将来の水素利活用に対する可能性を幅広く議論・検討するとともに、低炭素のリーディングカンパニーとして、様々な取組みを通じ、CO<sub>2</sub>排出削減ならびに「低炭素社会」の実現に貢献していく。
- 「水素バリューチェーン推進協議会」への参画<sup>\*17</sup>  
早期の水素社会実現に向けて、社会実装プロジェクトの提案・調整、ファンドの創設、基本的な管理・運営の検討、需要創出、規制緩和等の政策提言、国際的な活動、国内外の情報収集・分析・発信に取り組んでいく。

## 4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、応募時点では予測することのできない理由により、想定を上回る事業費が確認された場合などには事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
<ul style="list-style-type: none"><li>水素発電技術のリスク<ul style="list-style-type: none"><li>FSフェーズにて技術開発の進捗状況を適宜確認</li><li>設計・製作フェーズにて技術開発状況を踏まえて混焼率および試運転工程を決定</li><li>実証フェーズ以後についても、メーカーと協議を重ね、進捗状況を適宜共有し、進捗状況の管理を徹底</li><li>実証フェーズにて運用性を検証し、運用制約の有無を含めた運用方法の確立</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素価格によるリスク<ul style="list-style-type: none"><li>水素価格の低下や、政策支援の導入などにより、事業性が成り立つと判断できる断面で事業参画</li></ul></li><li>社会実装費用によるリスク<ul style="list-style-type: none"><li>社会実装に伴う政策支援等により、事業性が成り立つと判断できる断面で事業参画</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素調達によるリスク<ul style="list-style-type: none"><li>既設インフラの活用や国内外における水素調達案件の状況を踏まえ、安定した水素調達方法を検討</li></ul></li><li>自然災害による実証設備の損壊リスク<ul style="list-style-type: none"><li>損傷程度により復旧の是非を検討</li></ul></li></ul>



- 事業中止の判断基準：
  - 設計・製作フェーズ
    - 技術潮流や競争環境の著しい変化、研究開発期間中の著しい経済情勢の変化、又は研究開発開始時点で予測できない事由等によりプロジェクトの推進が困難な場合
    - 技術開発の遅延や水素調達不調等によりプロジェクトの推進が困難な場合
  - 実証フェーズ
    - 関連技術の開発遅延等の理由で、実証開始が困難な場合
  - 社会実装
    - 事業化に伴う前提条件（※）が成立しない場合（※水素価格の低下、政策支援等）

## 4. その他

### 参考資料 出典

\*1：関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」（2021/2/26公表）  
<https://www.kepco.co.jp/sustainability/environment/zerocarbon/index.html>

\*2：関西電力株式会社HP  
<https://www.kepco.co.jp/corporate/profile/outline.html>

\*3：ハイドロエッジHP  
<https://www.hydroedge.jp/>

\*4：2018～2019年度：NEDO委託研究事業「水素社会構築技術開発事業/総合調査研究/我が国における水素発電導入可能性に関する調査」

\*5：「神戸・関西圏水素利活用協議会 協議会レポート(2020年度)」

\*6：技術研究組合 CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーン推進機構(HySTRA) HP  
<http://www.hystra.or.jp/project/>

\*7：第21回 水素・燃料電池戦略協議会 資料より  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/suiso\\_nenryo/021.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/021.html)

\*8：水素社会構築技術開発事業 2021年度実施方針より  
<https://www.nedo.go.jp/content/100927965.pdf>

\*9：関西電力グループ中期経営計画  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/pdf/0326\\_1j\\_01.pdf](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/pdf/0326_1j_01.pdf)

\*10：関西電力グループ統合報告書2023  
[https://www.kepco.co.jp/share\\_corporate/pdf/2023/report2023.pdf](https://www.kepco.co.jp/share_corporate/pdf/2023/report2023.pdf)

\*11：「ゼロカーボン委員会」の設置について(2021/3/26プレス)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/0326\\_2j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/0326_2j.html)

\*12：コーポレートガバナンス・ガイドライン  
[https://www.kepco.co.jp/ir/policy/governance/images/pdf/corporate\\_governance\\_guideline.pdf](https://www.kepco.co.jp/ir/policy/governance/images/pdf/corporate_governance_guideline.pdf)

\*13：脱炭素社会の実現に向けたソリューション活動の強化について(2021/1/29プレス)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/0129\\_2j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/0129_2j.html)

\*14：中期経営計画を推進するための組織改正について(2021/4/28プレス)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/pdf/20210428\\_5j.pdf](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/pdf/20210428_5j.pdf)

\*15：「関西電力グループアカデミー」の開校について(2018/7/2)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2018/0702\\_1j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2018/0702_1j.html)

\*16：神戸・関西圏水素利活用協議会への参画について(2020/9/4プレス)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0904\\_1j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0904_1j.html)

\*17：水素バリューチェーン推進協議会への参画について(2020/12/7プレス)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/1207\\_1j.html](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/1207_1j.html)

\*18：水素発電の実現に向けた検討の開始について～グリーンイノベーション基金を活用～(2021/8/26プレス)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/pdf/20210826\\_1j.pdf](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2021/pdf/20210826_1j.pdf)

\*19：「関西電力グループ ゼロカーボンロードマップ」の策定(2022/3/25公表)  
[https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220325\\_3j.pdf](https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220325_3j.pdf)

\*20：欠番

\*21：大型高効率ガスタービンで水素30%混焼試験に成功 発電時のCO<sub>2</sub>排出削減に貢献(三菱重工業プレス)  
<https://power.mhi.com/jp/news/20180119.html>

\*22：「水素社会構築技術開発事業」に係る実施体制の決定について(2022/3/9NEDOプレス)  
[https://www.nedo.go.jp/koubo/SE3\\_100001\\_00011.html](https://www.nedo.go.jp/koubo/SE3_100001_00011.html)