

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業  
大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発

MOVE THE WORLD FORWARD MITSUBISHI  
HEAVY  
INDUSTRIES  
GROUP

# 低炭素社会実現に向けた水素30vol%超混焼 ガスタービン発電設備の研究開発 [公開版]

2023年8月～2025年度 3年間  
(2025年度～2026年度 継続予定)

2023.12.13

三菱重工業株式会社

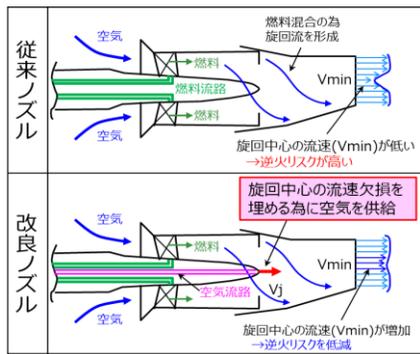


# 1. 先行NEDO事業の紹介 ~水素30vol%混焼燃焼器開発~

- NEDO事業にて水素30vol%混焼燃焼器の開発完了 ➡ 新設・既設改造の両面で複数の商談あり
- 2023年11月20日、当社 高砂水素パーク内のGTCC実証発電設備（第二T地点）において水素30%混焼運転に成功

## NEDO事業成果(2015~2018年度)

- ✓ 旋回中心の速度欠損部に空気を供給する事で、渦芯の速度を上昇させ、フラッシュバックに対する耐性を向上させた。
- ✓ 改良ノズルの実圧燃焼試験の結果、水素30vol%条件においてフラッシュバック発生の兆候無く、安定運用が可能なることを確認。



ノズル改良内容

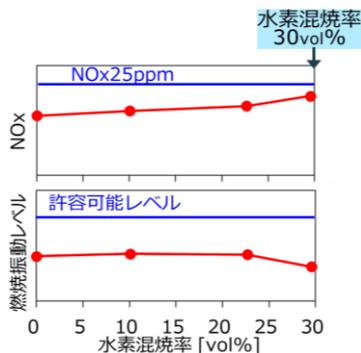
研究目標：  
水素20vol%混焼  
燃焼器の開発

↓  
水素30vol%混焼  
燃焼器の開発完了

2023年11月  
高砂水素パーク内の実証発  
電設備において、  
水素30vol%混焼運転に成功



実圧燃焼試験設備



実圧燃焼試験結果



2023年11月20日14時47分 水素30%混焼到達 (写真：中央制御室)

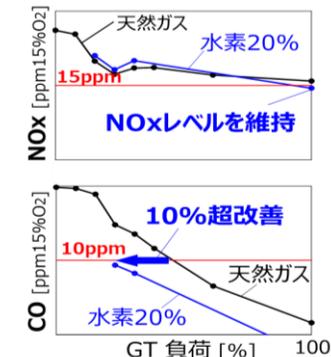


## 事業化事例

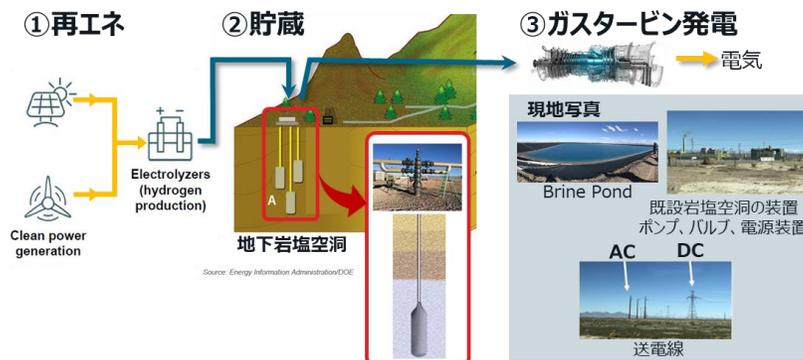
米国マクドノフ・アトキンソン発電所での実証試験 成功



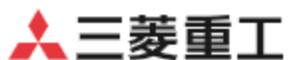
マクドノフ・アトキンソン発電所 (写真提供：ジョージア・パワー)



米国インターマウンテン電力が計画するGTCC PJ受注  
水素焼き501JAC形ガスタービン840MWを受注済  
2025年に水素30%混焼 / 2045年までに100%専焼を計画



## 最新状況 プレスリリース【2023年11月30日】



Q ニュース 採用情報 | in f t y | GLOBAL  
企業情報 製品・技術 サステナビリティ IR情報 INSIGHTS

HOME - ニュース - 最新鋭のJAC形ガスタービンによる水素燃料30%混焼運転に成功高砂水素パーク内のGTCC実証発電設備（第二T地点）において

### PRESS INFORMATION

## 最新鋭のJAC形ガスタービンによる水素燃料 30%混焼運転に成功 高砂水素パーク内のGTCC実証発電設備（第 二T地点）において

2023-11-30



- ◆ 最新鋭1,650°C級M501JAC形ガスタービンで、部分負荷から100%負荷まで水素混合燃料で実施
- ◆ 都市ガスに水素燃料を30%混合し、「ドライ式低NOx燃焼器」で低NOxかつ安定燃焼を確認
- ◆ 高砂水素パークの活用により、水素の製造から利用（発電）まで一貫しての実証が可能に



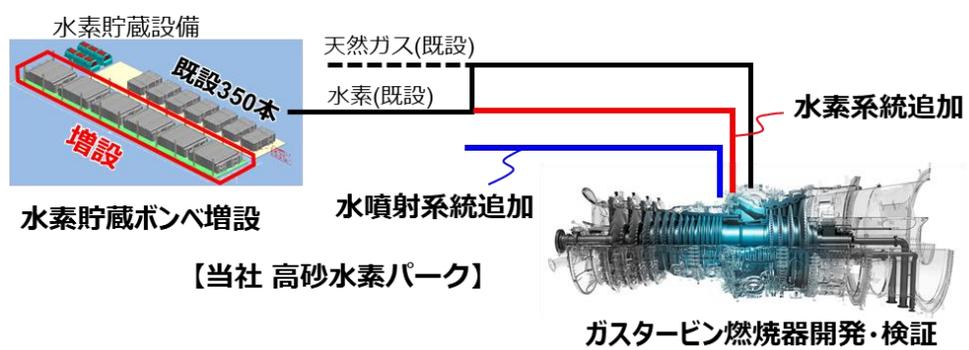
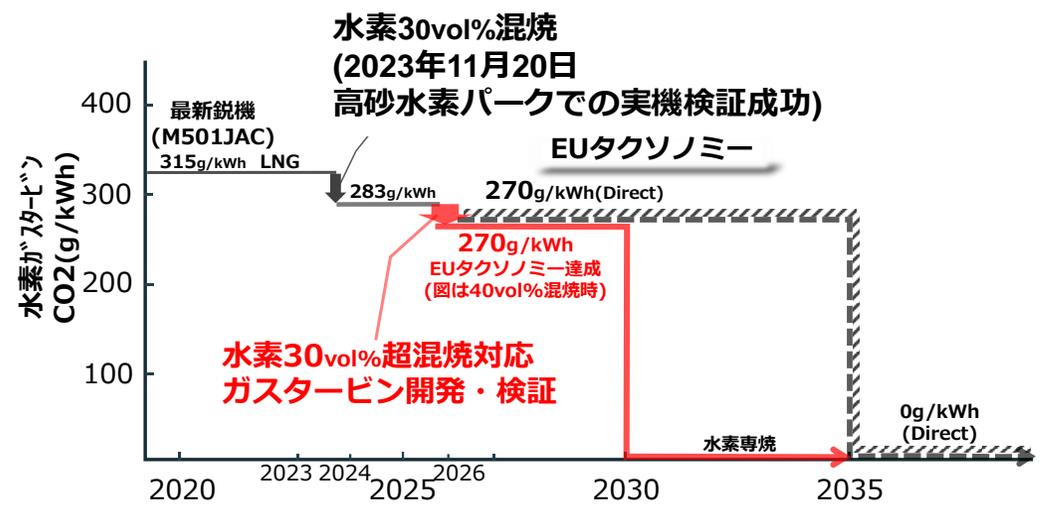
高砂水素パーク内の水素製造・貯蔵設備およびGTCC実証発電設備（第二T地点）

三菱重工業は、高砂製作所（兵庫県高砂市）構内に整備を進めてきた高砂水素パーク（注1）内に立地するガスタービン・コンバインドサイクル（GTCC）実証発電設備（通称：第二T地点、定格出力：56.6万kW）で、タービン入口温度1,650°C級の最新鋭JAC形ガスタービンを使い、部分負荷および100%負荷において、都市ガスに水素を30%（注2）混ぜた混合燃料による実証運転にこのほど成功しました。試験に用いられた水素は高砂水素パーク内の設備で製造されたもので、同一敷地内で製造・貯蔵された大量の水素を使用した、地域の電力網に接続された状態での、水素30%混合燃料による大型ガスタービンの発電実証運転は、世界初となります。今後、水素の製造から貯蔵、利用（発電）ま

<https://www.mhi.com/jp/news/23113001.html>

## 2. 水素30vol%超混焼 事業概要と社会実装イメージ

- NEDO事業にて水素30vol%混焼燃焼器の開発完了 ➔ 新設・既設改造の両面で複数の商談あり
- EUは新たなCO2排出基準"EUタクソミー"を定め、この基準を満たすためには更なる水素混焼率の拡大が必要。  
当社は、水素専焼燃焼器の開発を実施中だが、一足飛びに水素専焼とはならず、30vol%と100vol%の間をつなぐものが必要。
- ➔ 水素インフラ導入期での実用化を目指し、水素30vol%超混焼を可能とするガスタービン燃焼器の開発を行い、海外他社に先駆けてEUタクソミーのCO2排出基準270g/kWhの達成し、国内外の火力発電所へ適用、カーボンニュートラル社会実現に貢献する。



水素インフラ整備 (イメージ)			2020	2025	2030	2040	2050年
水素30%	高砂水素パークで模擬		導入期				
水素30%超			成熟期(水素30%超)				
水素100%			成熟期(水素100%)				
燃焼器型式			開発・運用状況				
燃焼器型式	低NO <sub>x</sub> 技術	水素含有量	2020	2025	2030	2040	2050年
予混合燃焼	ドライ式低NO <sub>x</sub>	30%	2018 水素30%混焼実証試験完了 (NEDO PJ)	2022 水素20%混焼実証運転 (商用プラント)	2023 水素30%混焼実証運転 (第二T地点)	水素30%混焼 商用化	
	ドライ式低NO <sub>x</sub>	30%超	2022 水素30%超混焼 燃焼試験		2022 水素30%超混焼 実証運転 (第二T地点)	水素30%超混焼 開発完了	
マルチクラスター	ドライ式低NO <sub>x</sub>	100%	水素100% 商用化 (商用プラント)				

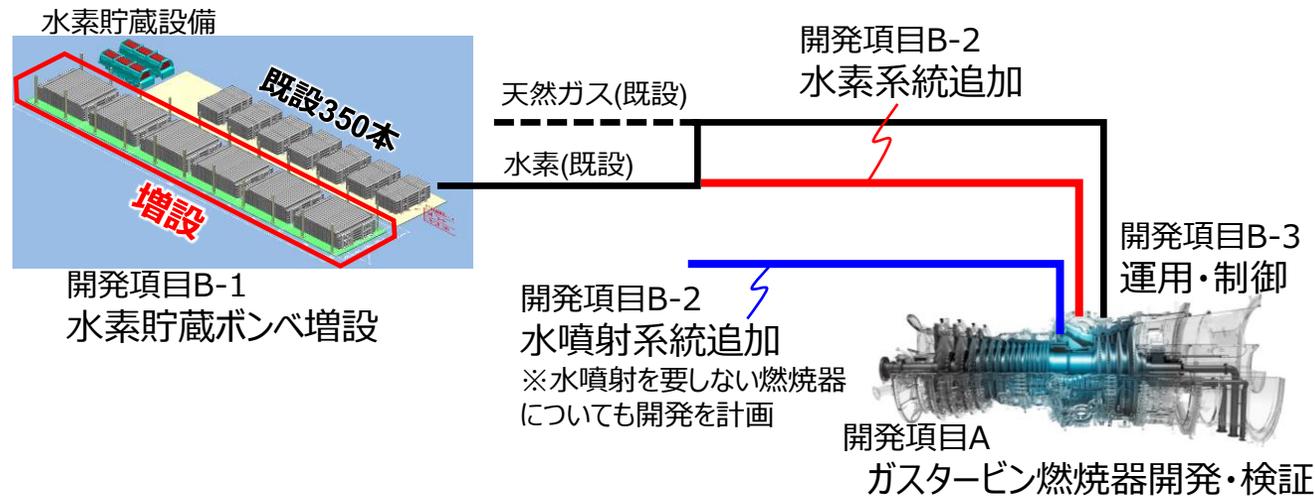
### 3. 目標達成に必要な要素技術

#### ➤ 研究開発項目A：ガスタービン燃焼器設計技術

水素混焼率の増加は 逆火(火炎の遡上)のリスクが高まる。既存の予混合燃焼器の改良により逆火を抑制し、水素30%超混焼における安定運転を可能とするガスタービン燃焼器の開発を行い、当社『高砂水素パーク』内の実証発電設備にて検証、安定運転を確認する。

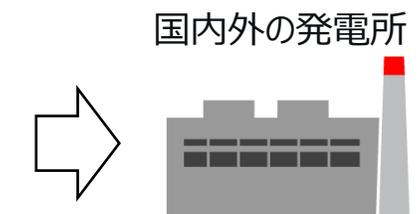
#### ➤ 研究開発項目B：プラント設計技術

開発した燃焼器の実機適用を迅速に行うために、既存天然ガス焚きプラントでの改造範囲をミニマムとする系統設計を行う。また、高砂水素パークにおける実機実証を実現するため、水素貯蔵設備、水素供給系統の設計・敷設および運用・制御の開発を行う。



水素30%超混焼燃焼器を国内外の発電所へ適用  
➡カーボンニュートラル社会実現に貢献

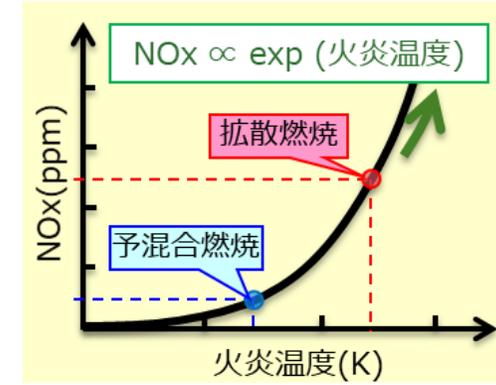
		2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
研究開発項目A	A-1: 逆火耐性向上設計技術		数値解析・非燃焼試験・要素試験による検証		
	A-2: 単缶燃焼器による実機圧力燃焼試験		単缶燃焼試験による検証		
	A-3: 当社実証発電設備での実機検証		燃焼器製作・実機検証		
研究開発項目B	B-1: 水素供給量の大容量化	設計・図面作成・据付工事・検証			
	B-2: 天然ガス焚きからの仕様変更方針策定	設計・図面作成・改造工事・検証			
	B-3: 運用・制御に関する検討	運用方針策定・検証			



# 4. 燃焼器構造と水素燃焼による課題

## 燃焼器低NOx化技術(拡散方式と予混合方式)

予混合方式 : 多くの大型プラントに適用、燃焼ガス温度を下げることによりNOx低減が可能  
 一方で、火炎の位置が不安定になる場合があり、**フラッシュバック(逆火)**リスクを伴う

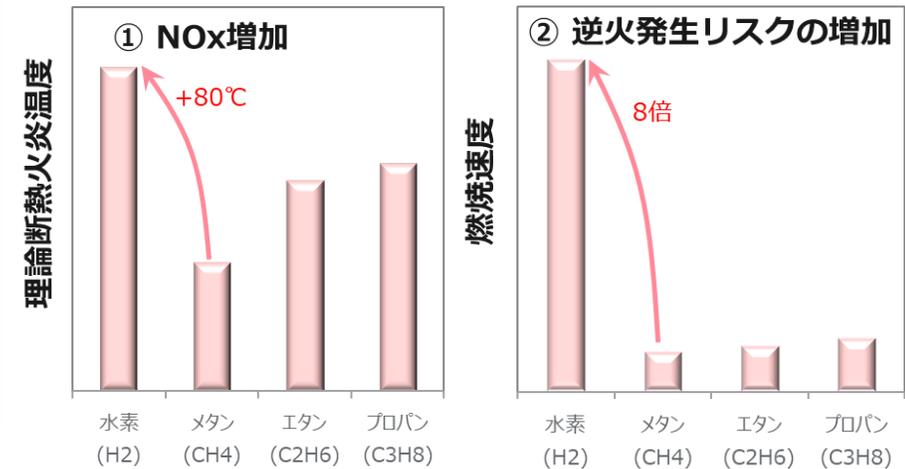


形式	拡散方式	予混合方式
構造		
燃焼特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料と燃焼用空気を別々に噴射</li> <li>高温スポットが生じやすい (NOx高)</li> <li>火炎が安定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料は空気と混合され噴射</li> <li>高温スポットが生じにくい (NOx低)</li> <li>火炎の位置が不安定 : <b>フラッシュバックリスク</b></li> </ul>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料性状変動への許容範囲が大きい</li> <li>燃料系統が簡素</li> <li>NOx対策(蒸気/水噴射)による性能低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO2削減(高効率)と低NOx化を両立</li> <li>燃料系統が複雑</li> </ul>

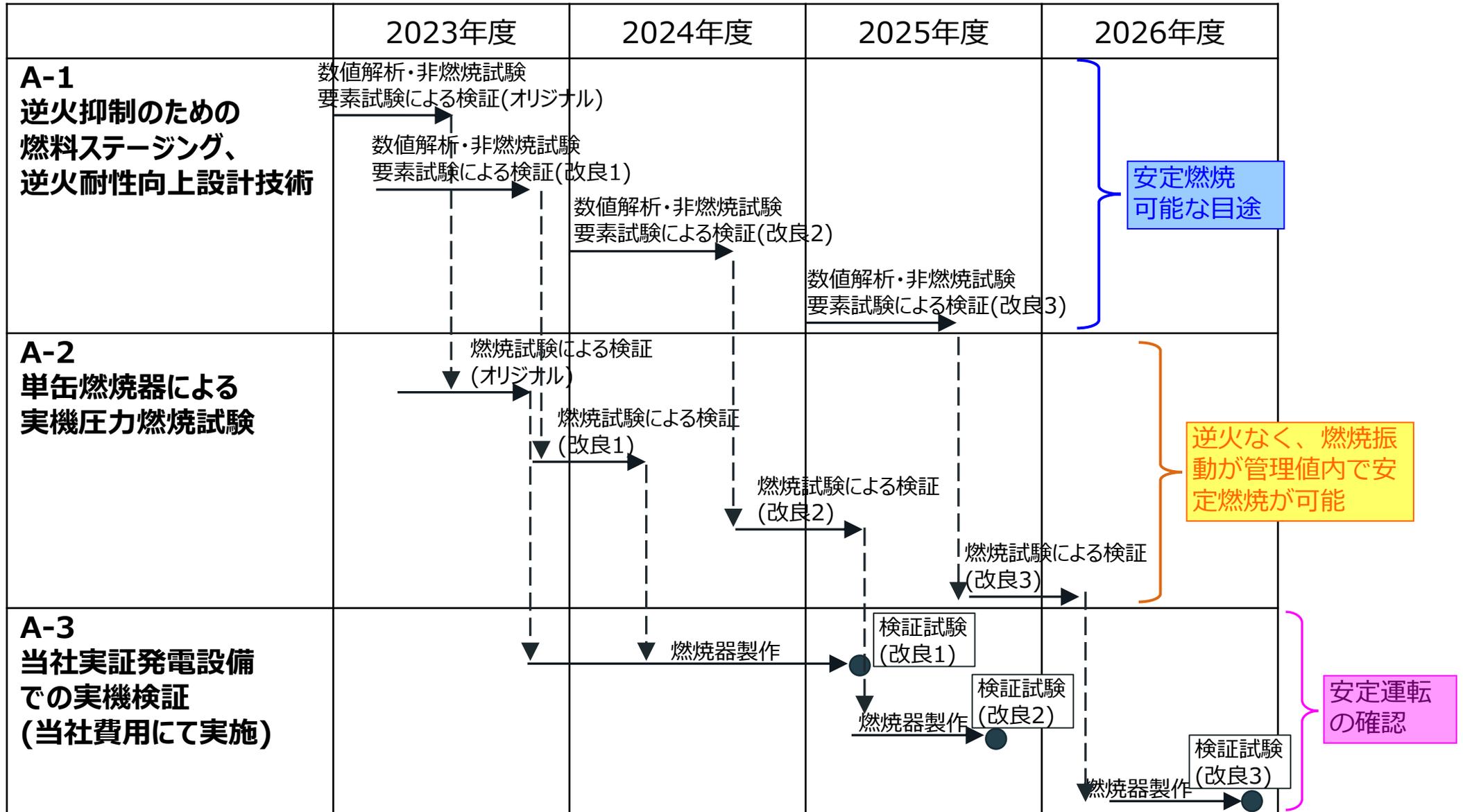
### 水素燃焼による課題

水素は"燃えやすい"燃料であり、以下リスクを伴う。

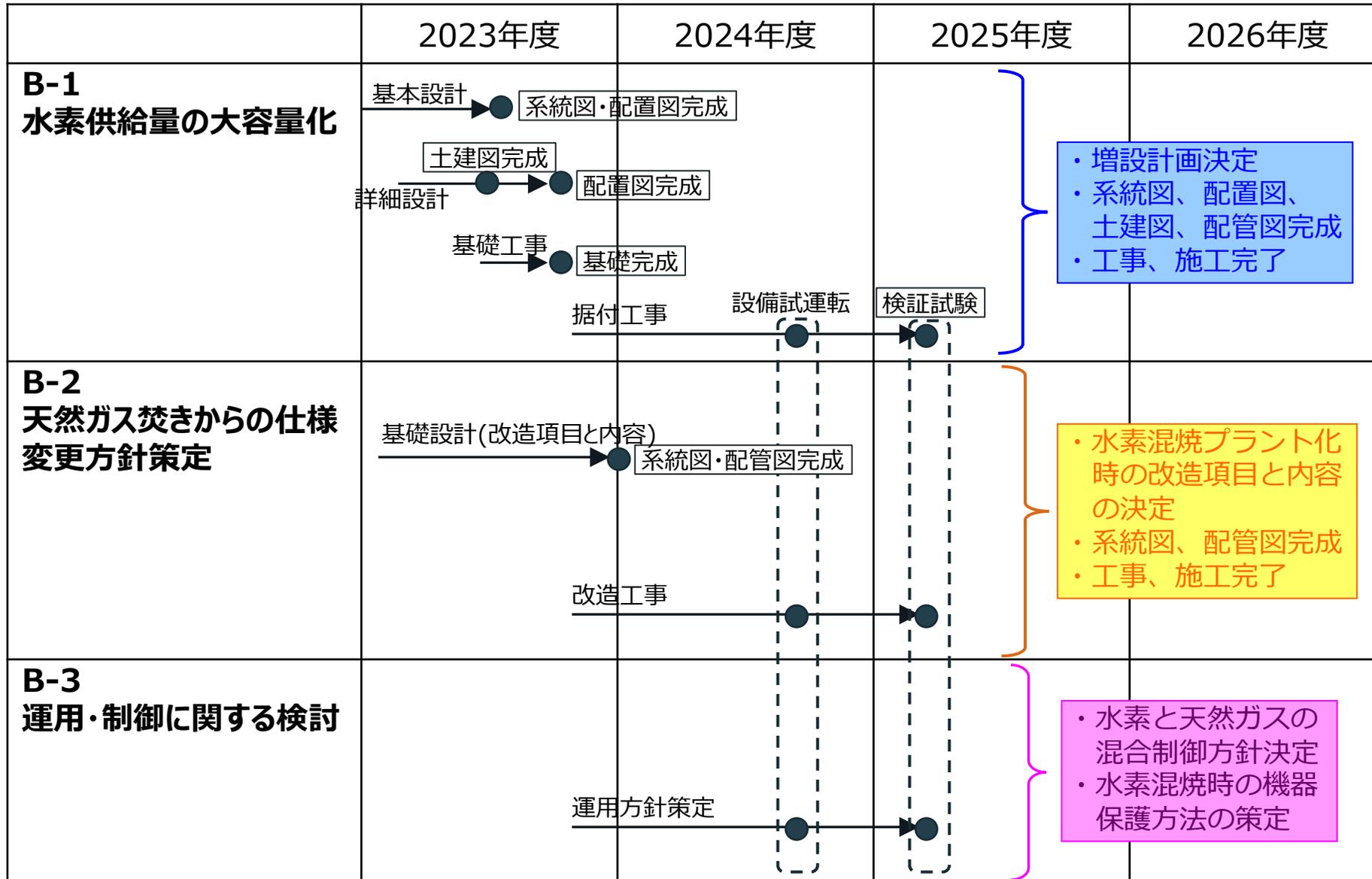
- ①火炎温度が上昇 ⇒ NOxの増加
- ②燃焼速度が上昇 ⇒ 逆火発生リスクの増加



# 5. 研究開発の実施計画 ～A. ガスタービン燃焼器開発～



# 5. 研究開発の実施計画 ～B. プラント設計技術～

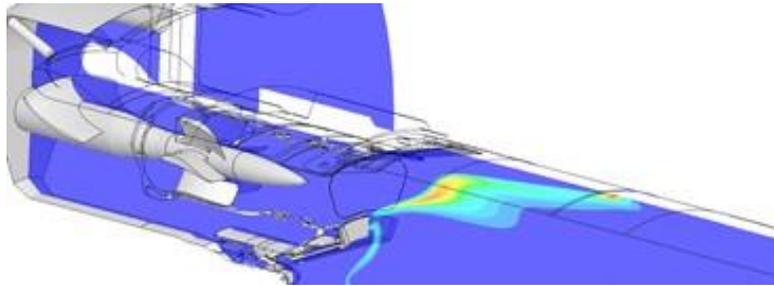


# 6. 研究開発の概要 ~A. ガスタービン燃焼器開発~

水素混焼率の増加は 逆火(火炎の遡上)のリスクが高まる。既存の予混合燃焼器の改良により逆火を抑制し、水素30%超混焼における安定運転を可能とするガスタービン燃焼器の開発を行い、単缶実圧燃焼試験および当社『高砂水素パーク』内の実証発電設備にて検証、安定運転を確認する。

開発項目A-1

## 数値解析



- ・燃料濃度分布の調整
- ・流速分布の調整

## 非燃焼試験



## 要素試験



開発項目A-2

## 実圧燃焼試験



開発項目A-3

## 実機検証



当社 高砂水素パーク



実証発電設備

# 6. 研究開発の概要 ~B. プラント設計技術~

開発した燃焼器の実機適用を迅速に行うために、既存天然ガス焼きプラントでの改造範囲をミニマムとする系統設計を行う。  
また、高砂水素パークにおける実機実証を実現するため、水素貯蔵設備、水素供給系統の設計・敷設および運用・制御の開発を行う。

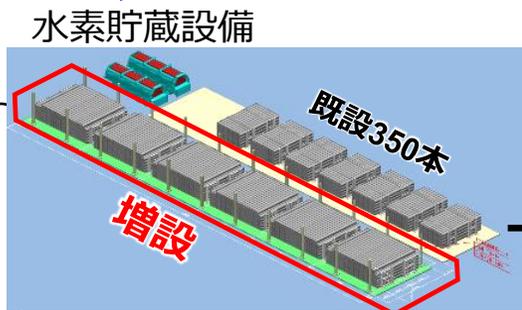


HYDROGEN PARK  
TAKASAGO

### 開発項目B-1

**課題：**水素製造流量とGT水素消費流量の差を吸収する大容量貯蔵設備が必要

**検討事項：**入手性の高い水素ポンペを少ないスペースにより多く配置する検証を行う



水素貯蔵設備

既設350本

増設

水素貯蔵ポンペ増設

天然ガス(既設)

水素(既設)

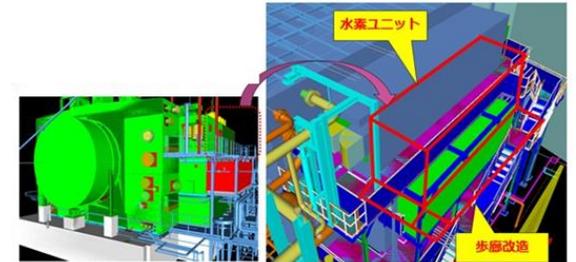
### 開発項目B-2

**課題：**天然ガス焼きからの仕様変更方針確定

**検討事項：**水素パーク内の実証発電設備における水素混焼化工事を通して天然ガス焼きからの仕様変更項目を洗い出し最低限の改造内容を決定する

水素系統増設

水噴射系統増設

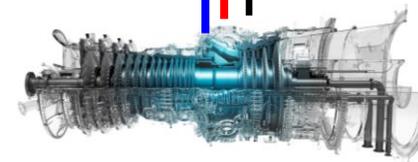


GTパッケージ 水素ユニット

### 開発項目B-3

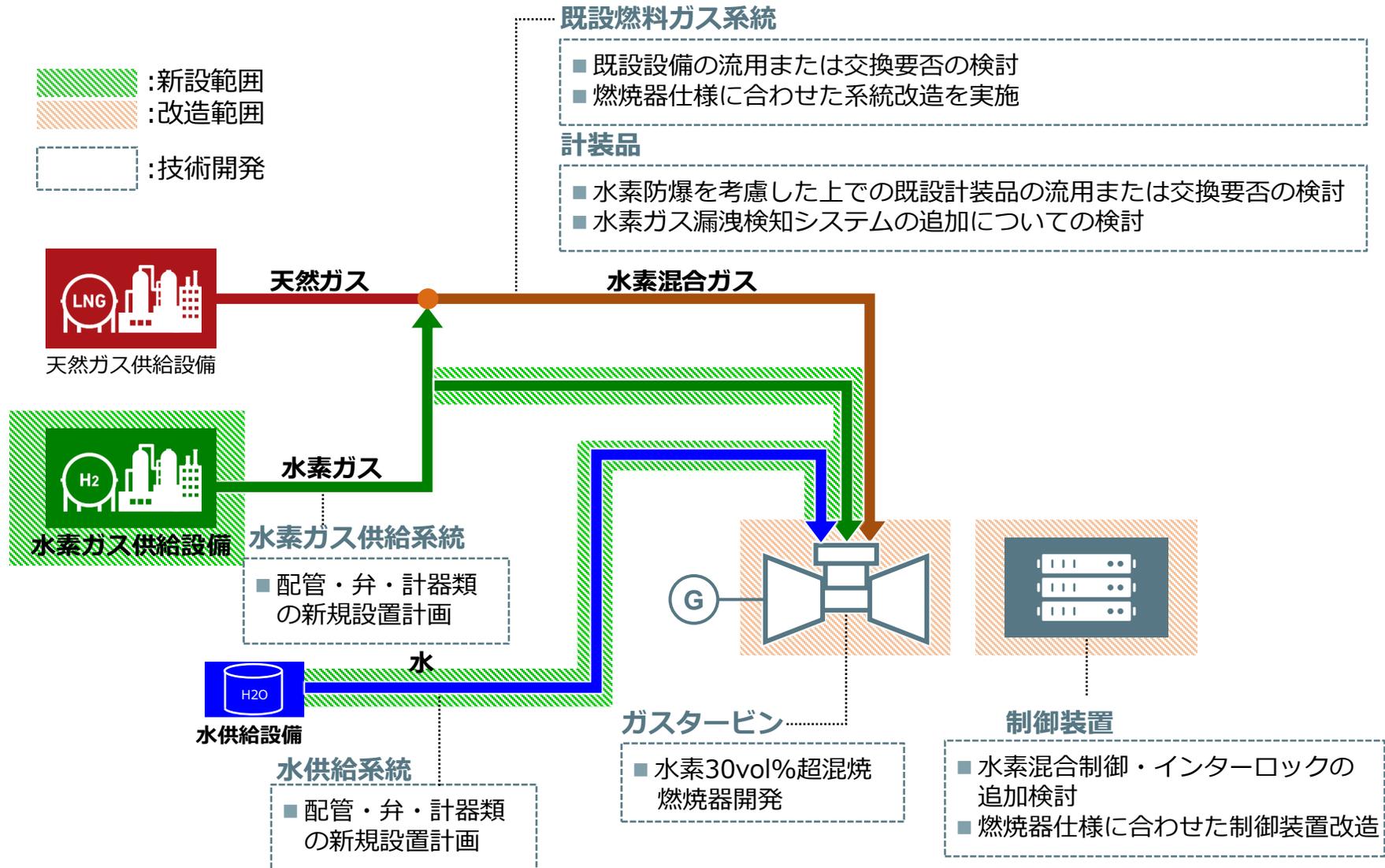
**課題：**運用・制御

**検討事項：**当社実証発電設備へ適用、運転検証を実施し、改善点をフィードバックすることで水素混合設備の運用・制御を確立する



# 6. 研究開発の概要 ~B. プラント設計技術~

改造範囲の最小化、仕様変更方針の明確化を行う



- 高効率ガスタービン発電設備における水素の利用は、大きなCO<sub>2</sub>削減効果に加えて、大規模水素需要の発生による水素インフラ拡充やコスト低減を促し、重要な役割を担います。
- 当社は過去にNEDO事業において水素30%混焼燃焼器を開発して事業化につなげていますが、EUの新たなCO<sub>2</sub>排出基準“EUタクソミー”を満たすためには更なる水素混焼率の拡大が必要です。当社は水素専焼燃焼器についても開発中ですが、一足飛びに水素専焼とはならず、水素30%と100%の間をつなぐ燃焼器が必要です。
- ➡ **水素インフラ導入期での実用化を目指して、水素30vol%超混焼を可能とするガスタービン燃焼器の開発を行い、海外他社に先駆けてEUタクソミーのCO<sub>2</sub>排出基準270g/kWhを達成して、国内外の火力発電所へ適用し、カーボンニュートラル社会実現に貢献します。**

