

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.602-3-03

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／

低炭素社会実現に向けた 水素30_{vol}%超混焼ガスタービン発電設備の研究開発

発表： 2026年7月23日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

松本 照弘

三菱重工業（株）

<https://www.mhi.com/>

1. 期間

開始：2023年 8月 ～ 終了（予定）：2027年 3月

2. 最終目標

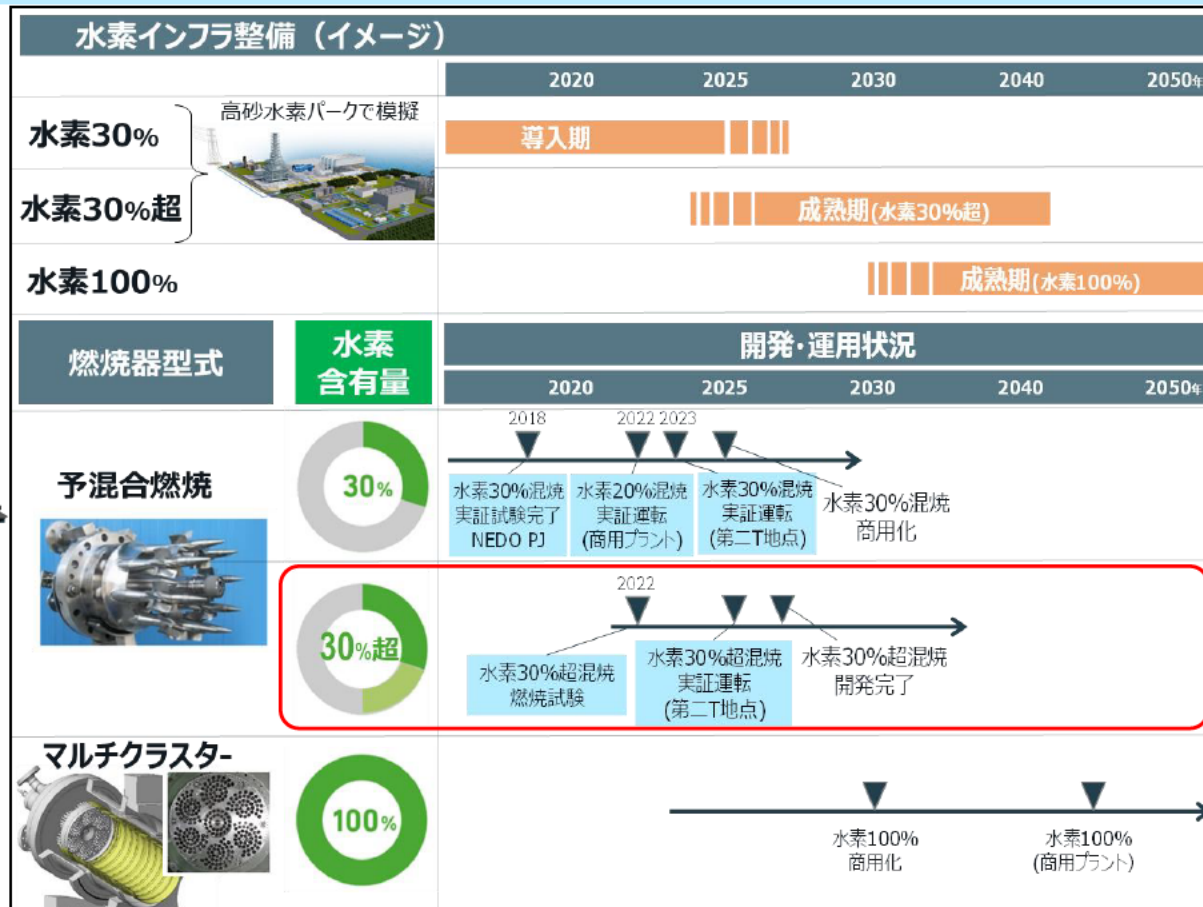
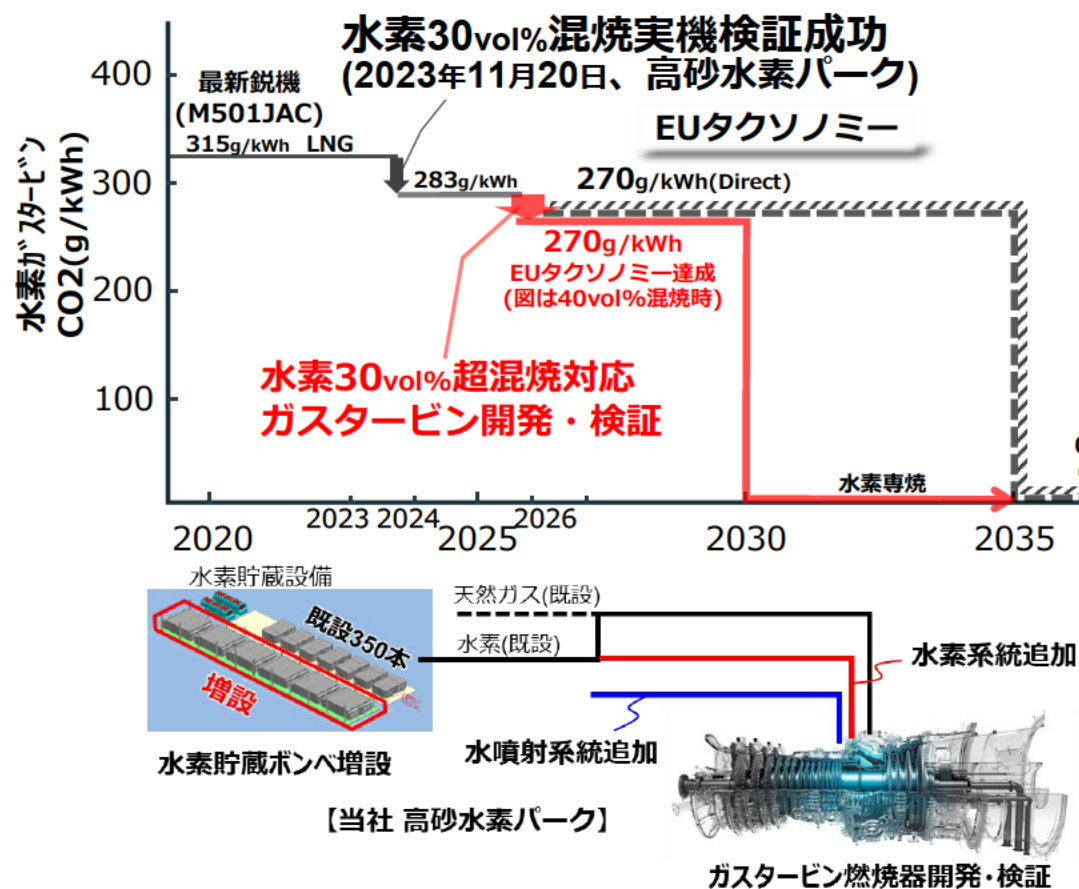
- A) 既存の予混合燃焼器の改良により逆火を抑制し、**水素30vol%超混焼における安定運転を可能とするガスタービン燃焼器を開発**、当社高砂水素パーク内の実証発電設備にて検証、安定運転を確認し**EUタクソミーのCO2排出基準：270g/kWhを達成**する（当社大型高効率GTCCの場合は**水素40vol%レベル**）
- B) 開発した燃焼器の実機適用を迅速に行うために、既存天然ガス焚きプラントでの改造範囲をミニマムとする系統設計を行い、また、高砂水素パークにおける実機実証を実現するため、**水素貯蔵設備、水素供給系統の設計・敷設および運用・制御の開発を完了**する

3. 成果・進捗概要

- A) 逆火を抑制しながら水素混焼率を増加させる 打ち手①～③ を開発中
 - 打ち手① 拡散燃焼方式のパイロットノズルから多くの水素を投入、NOx低減水噴射**：単缶燃焼試験にて水素50vol%に到達、**当社実証発電設備にて水素43vol%混焼運転に成功、EUタクソミー達成目途を得た**
 - 打ち手② 逆火耐性向上**：逆火しうる低流速域を特定、低流速域を排除する構造を検討。実証発電設備にて水素30vol%検証中に一部ガス温度上昇を確認、壁面へのフィルム空気が不安定であったと推定
 - 打ち手③ 燃焼器下流から高濃度水素投入**：単缶燃焼試験にて水素混焼率40vol%を確認。当社実証発電設備にてまずは水素29vol%まで確認、引き続き40vol%検証予定。また、更なる水素混焼率増加を検討中。
- B) 当社高砂水素パークでの実機検証に向けて、水素供給量の大容量化のため蓄圧器全700本の据付(計1050本)、水素燃料系統・水噴射系統の改造工事を完了し、開発した運用・制御を用いた運転に問題なく成功した。

1. 事業の位置付け・必要性 ◆事業概要と社会実装イメージ

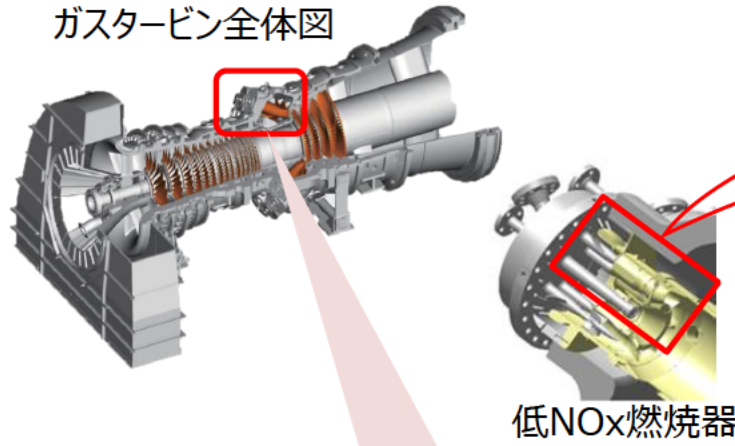
- NEDO事業にて水素30vol%混焼燃焼器の開発完了 ➡ 新設・既設改造の両面で複数の商談あり
- EUはCO₂排出基準“EUタクソミー”を定め、この基準を満たすためには更なる水素混焼率の拡大が必要。
当社は、水素専焼燃焼器を開発中だが、一足飛びに水素専焼とはならず、30vol%と100vol%の間をつなぐものが必要。
- ➡ 水素インフラ導入期での実用化を目指して、水素30vol%超混焼を可能とするガスタービン燃焼器の開発を行い、EUタクソミーのCO₂排出基準270g/kWhを達成し、国内外の火力発電所へ適用、カーボンニュートラル社会実現に貢献する



水素は“燃えやすい”燃料であり、燃焼速度の上昇による逆火*(フラッシュバック)発生リスクの増加が課題

*逆火とは、燃焼速度が燃焼器内空気流速より早い時、火炎面が上流側へ移動することを指し、逆火によりノズル等が高温に晒されるため、損傷が発生する

ガスタービン全体図



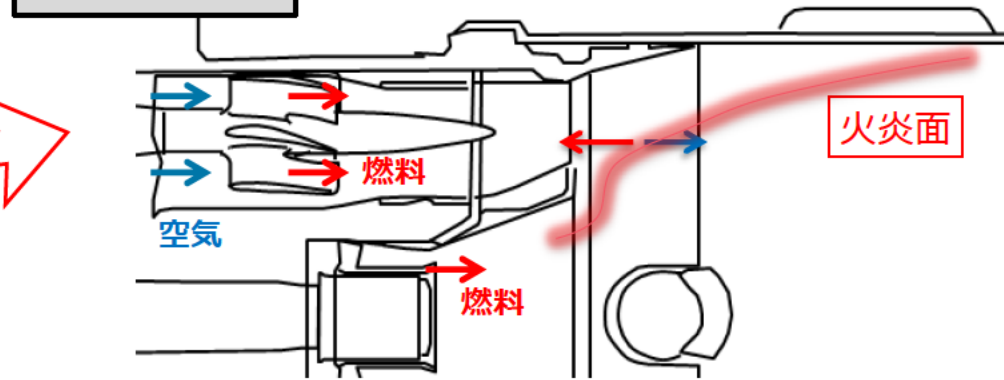
低NOx燃焼器

燃焼器

空気と燃料を混合、燃焼することで、タービンを作動する為の高温/高圧ガスを生成する

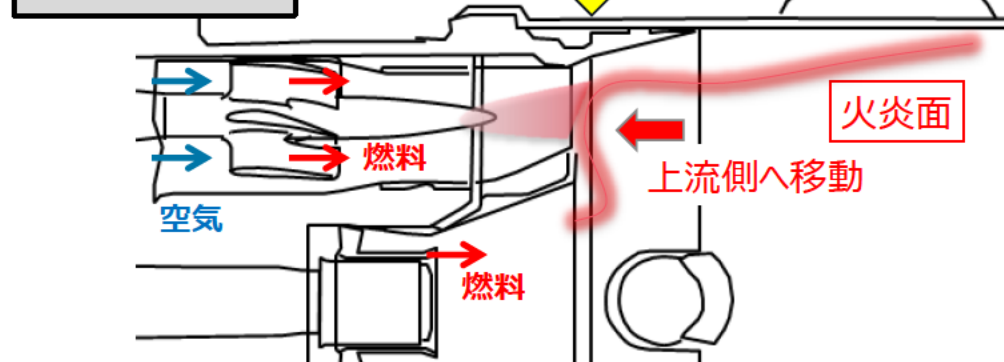


安定燃焼時

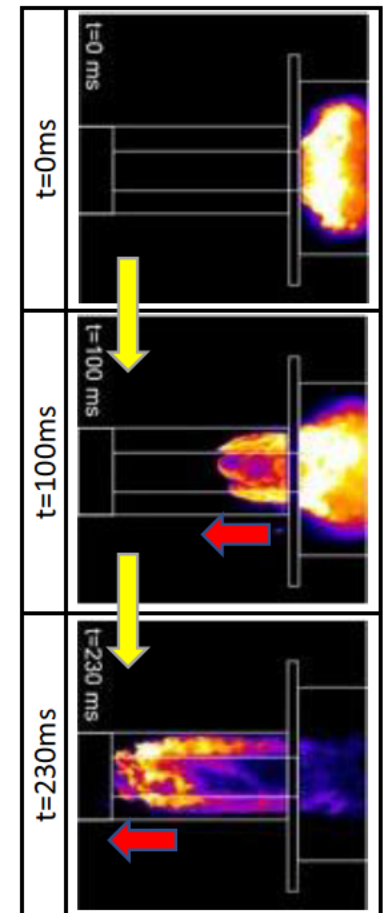


空気流速 < 燃焼速度

逆火発生時



逆火発生時の様子



出典：University of Michigan at the 2014 University Turbine Systems Research Workshop

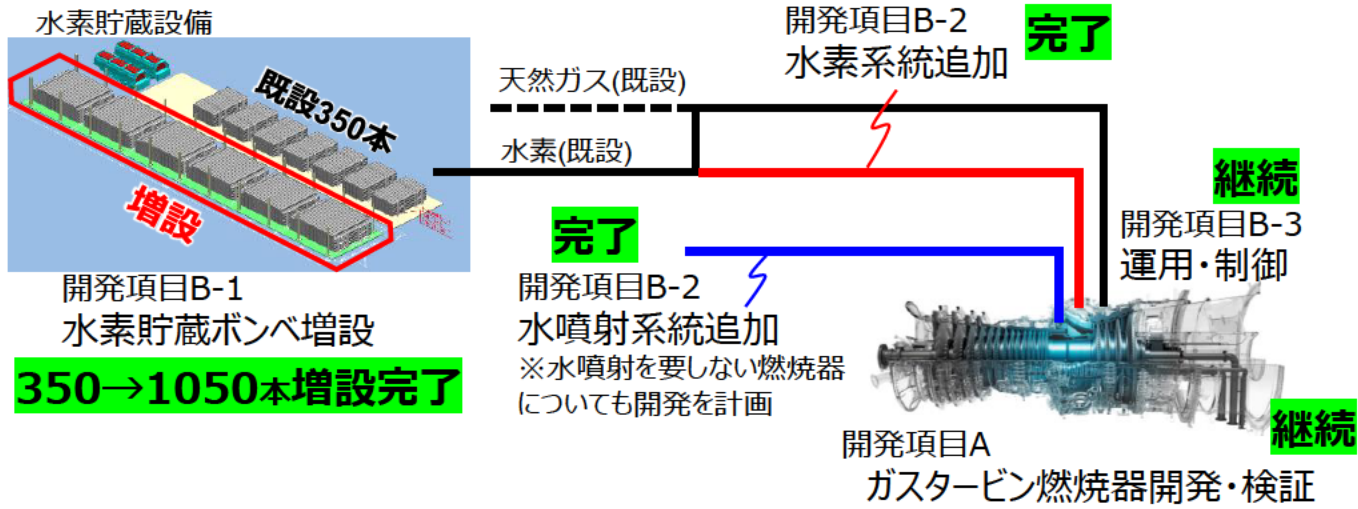
2. 研究開発マネジメントについて ◆研究概要・スケジュール

➤ 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燃焼器を開発し、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	現在	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				
	A-2:単缶燃焼器による実機圧力燃焼試験	単缶燃焼試験				
	A-3:当社実証発電設備での実機検証	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				



3. 研究開発成果について

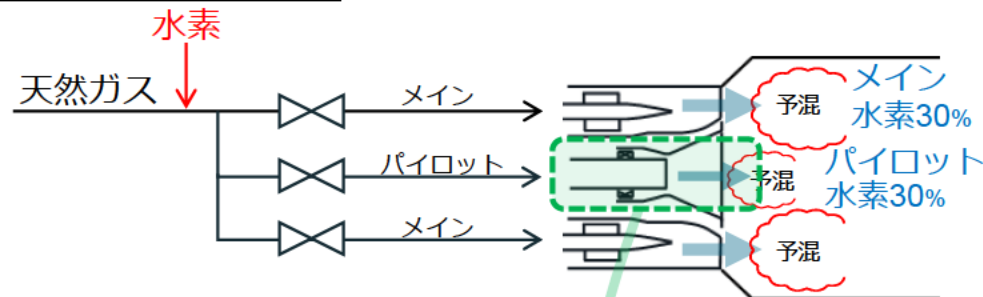
◆ A. 燃焼器開発：打ち手①

コンセプト：逆火リスクを伴わない拡散燃焼方式をパイロット側に用い、水素混焼率を増加させる。

進捗・成果：単缶実圧燃焼試験にて逆火の発生なく水素混焼率50vol%に到達、EUタクソニ達成の実現可能性があることを確認

水素混焼30vol%

(過去のNEDO事業にて燃焼器開発)



逆火リスクから
水素30%以上が困難

*当初開発目標は20%

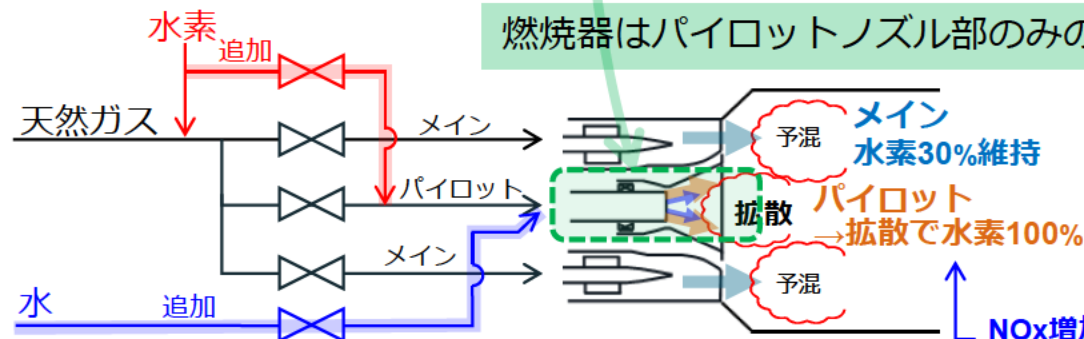
水素混焼30vol%～

打ち手①

パイロットを逆火リスクを伴わない拡散燃焼方式(*)にしてパイロット側で多くの水素を消費し、Total水素混焼率を増加させる。なお窒素酸化物(NOx)は増加するのでDe-NOx水噴射(拡散燃焼器と比較すると少量)が必要となる。

(*拡散パイロット系統も標準的に搭載済み)

燃焼器はパイロットノズル部のみのミニマムの改造で対応

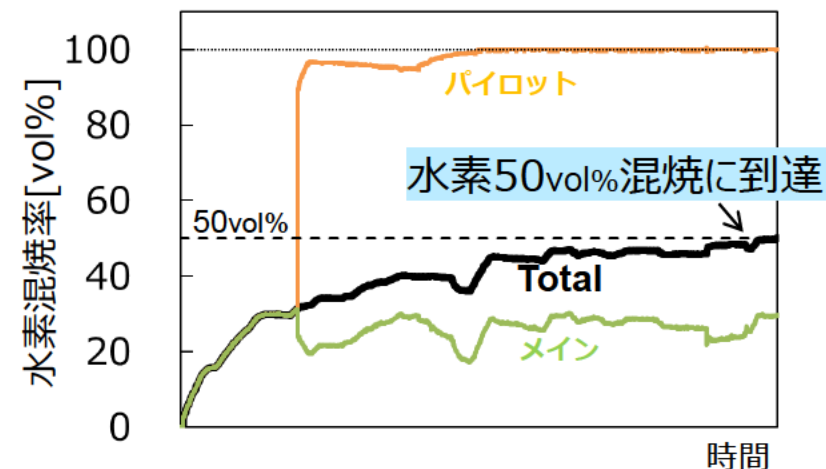


Totalで水素30%超
の達成を目指す

NOx増加するので少量の水噴射実施



単缶実圧燃焼試験設備



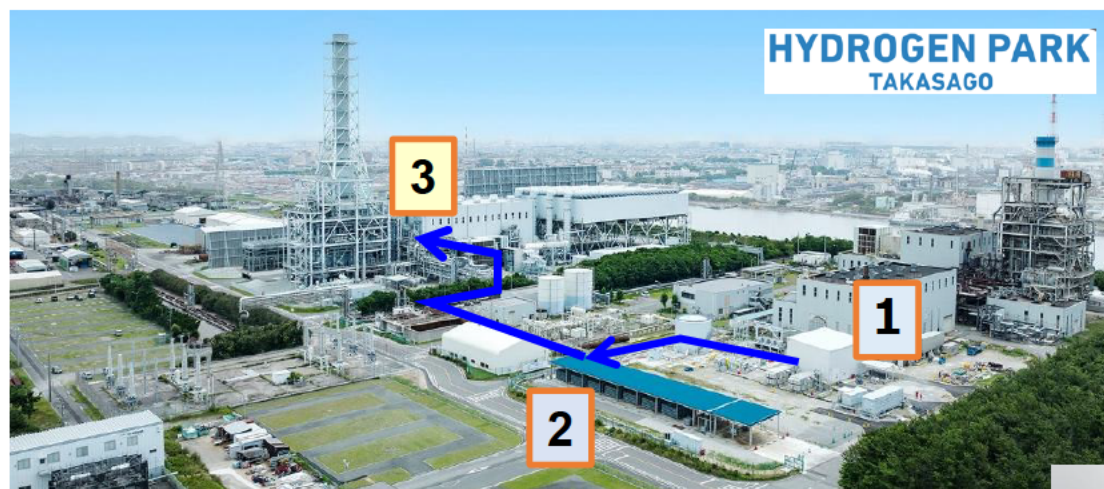
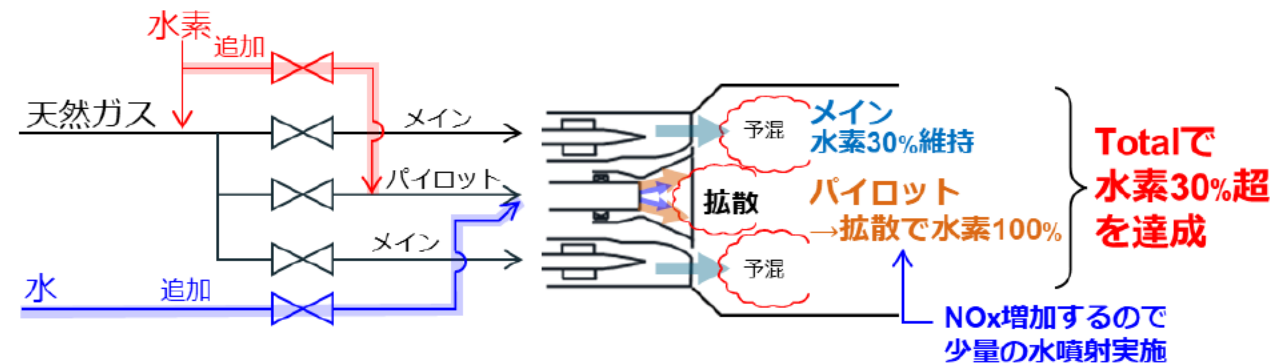
単缶実圧燃焼試験結果

3. 研究開発成果について

◆ A. 燃焼器開発：打ち手①

2026年6月、高砂水素パーク内のGTCC実証発電設備において水素43vol%混焼運転に成功、EUタクソミー達成目途を得た

- ❑ 最新鋭M501JAC形ガスタービンで、部分負荷と定格負荷条件において水素43vol%混焼を達成
- ❑ 天然ガス焚きNOx排出量以下を維持
- ❑ 高砂水素パークの活用により、水素の製造、貯蔵、発電利用まで一貫しての実証



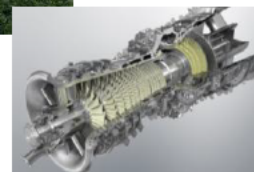
1 水素製造
アルカリ
水電解装置



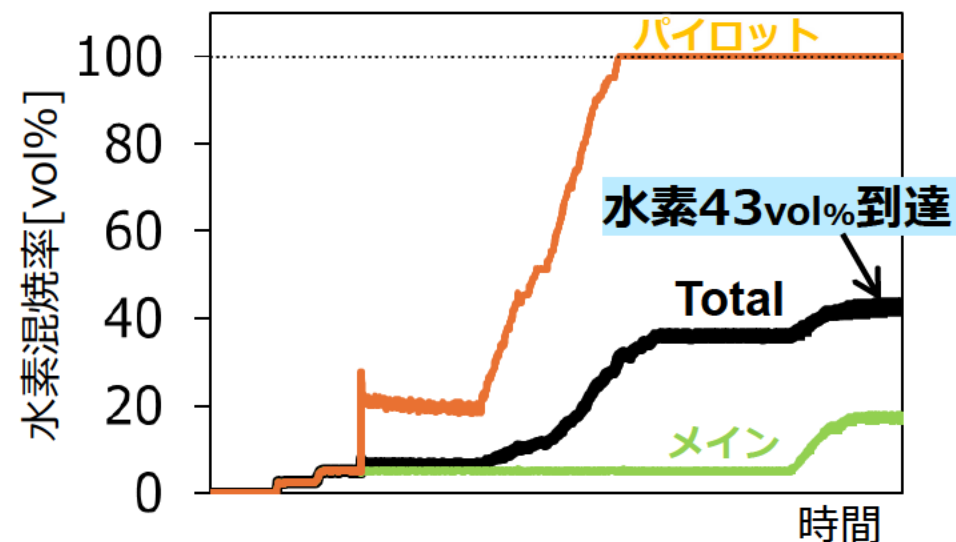
2 水素貯蔵
(2025年
増設完了)



3 発電



M501JACガスタービン



実証発電設備での実機検証結果

3. 研究開発成果について

◆ A. 燃焼器開発：打ち手②

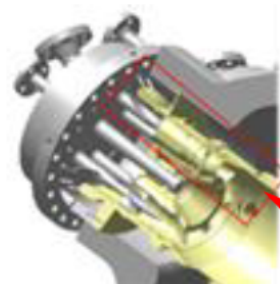
コンセプト：メイン(予混合)のフローパスにおける低流速域を排除して逆火耐性を向上

進捗・成果：数値解析・非燃焼気流試験にて逆火が生じる可能性がある低流速域を確認、低流速域を排除する構造を検討。

実証発電設備での水素30%検証中に一部ガス温度の上昇が認められた。壁面へのフィルム空気が不安定であったと推定。

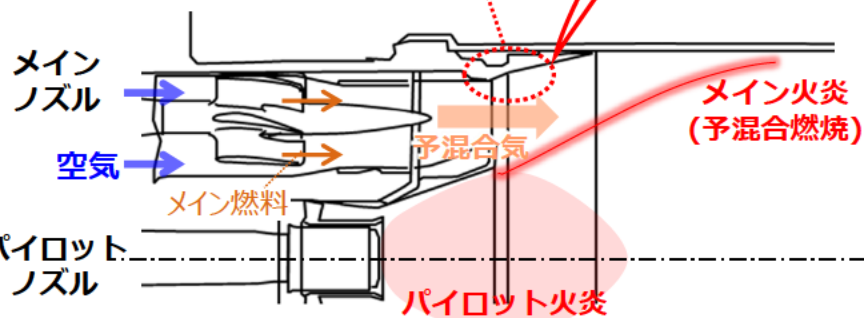
打ち手② メインの逆火耐性向上

メインフローパスの低速域を排除して
逆火耐性を向上する

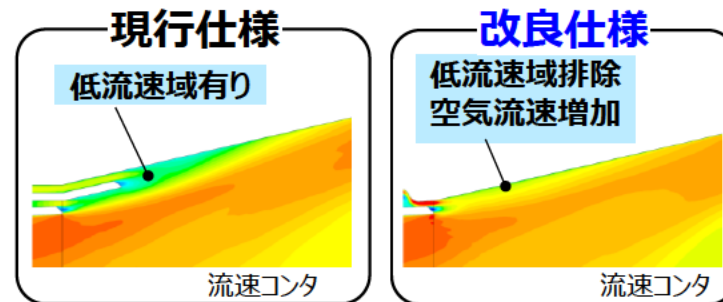


低NO_x燃焼器

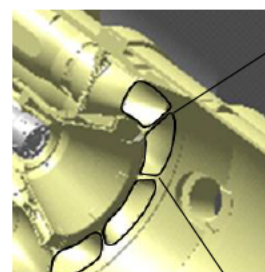
メインフローパスの低流速域



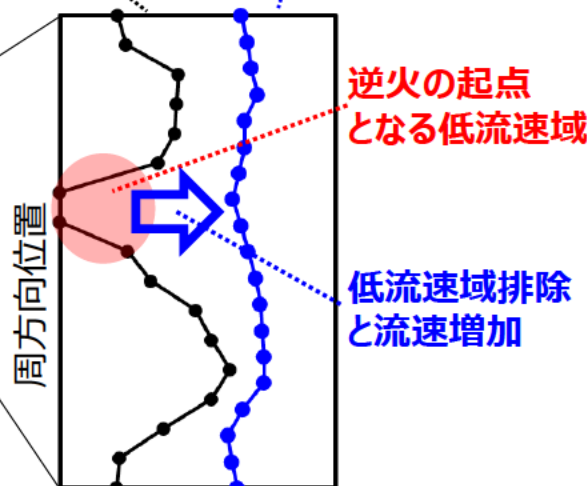
CFD解析



気流試験



試験装置

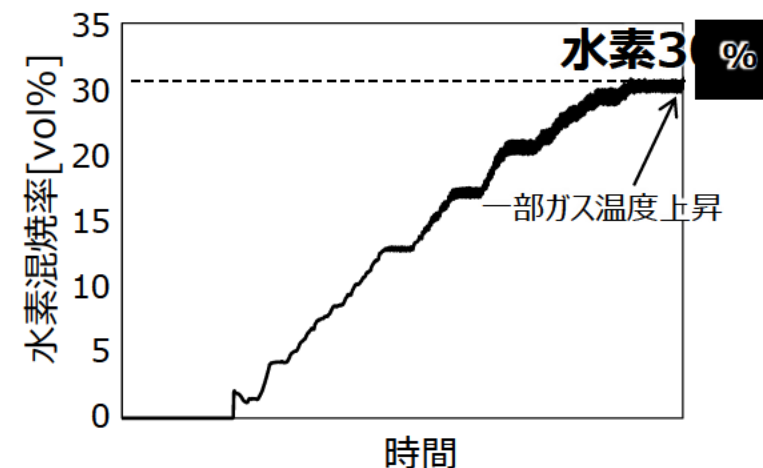


壁面近傍流速
非燃焼気流試験結果

実機検証



実証発電試験設備

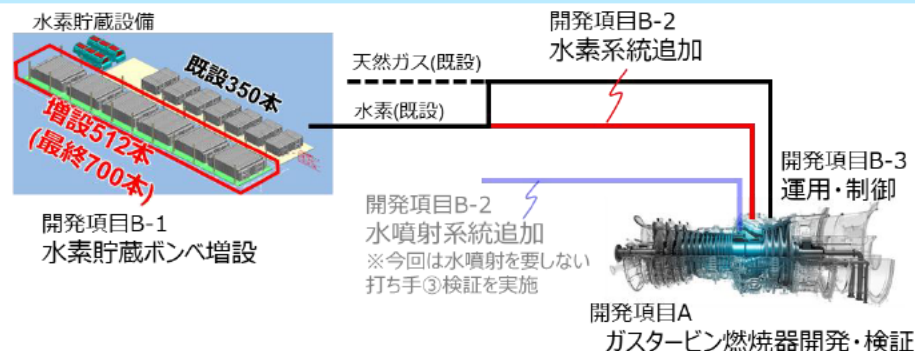
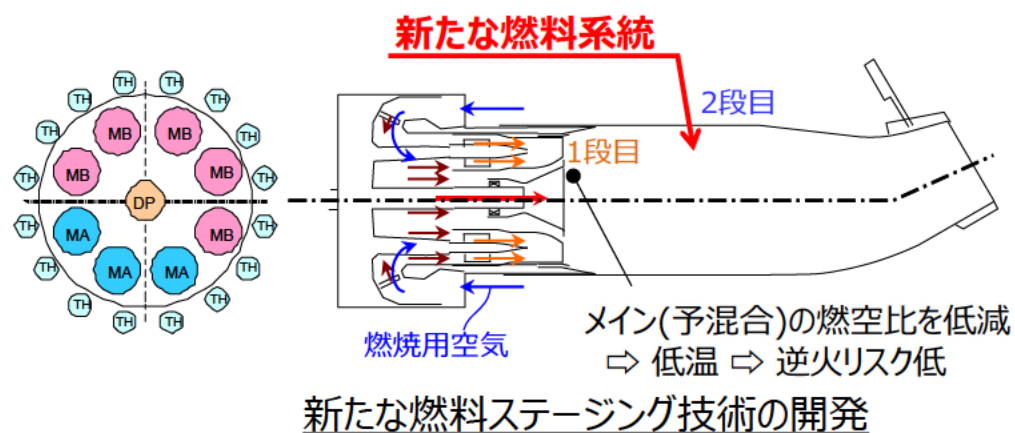
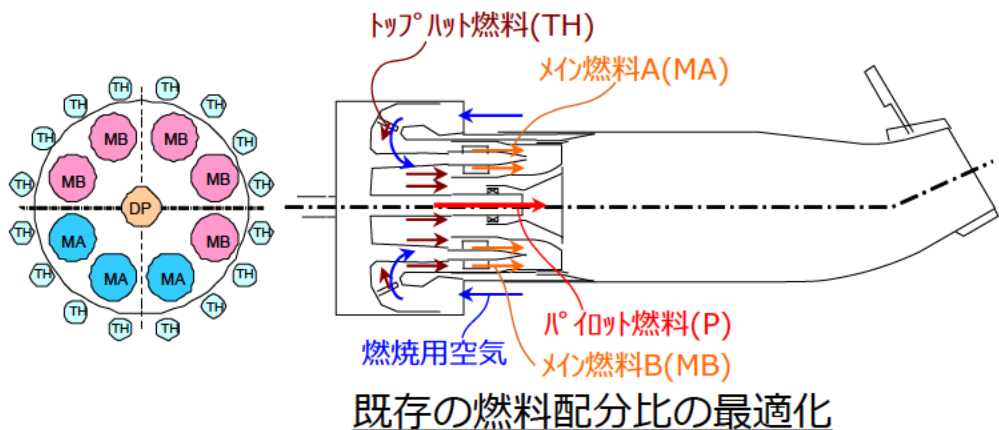


実証発電設備での実機検証結果

コンセプト : 燃料配分比の最適化 および 新たな燃料系統追加によりメイン(予混合)の燃空比を下げ逆火耐性を向上

進捗・成果：・単缶燃焼試験にて水素混焼率40%を確認、EUタクソニ達成の実現可能性があることを確認した
・当社実証発電設備にてまずは水素29%まで確認、引き続き水素混焼率増加の検討・検証を進める

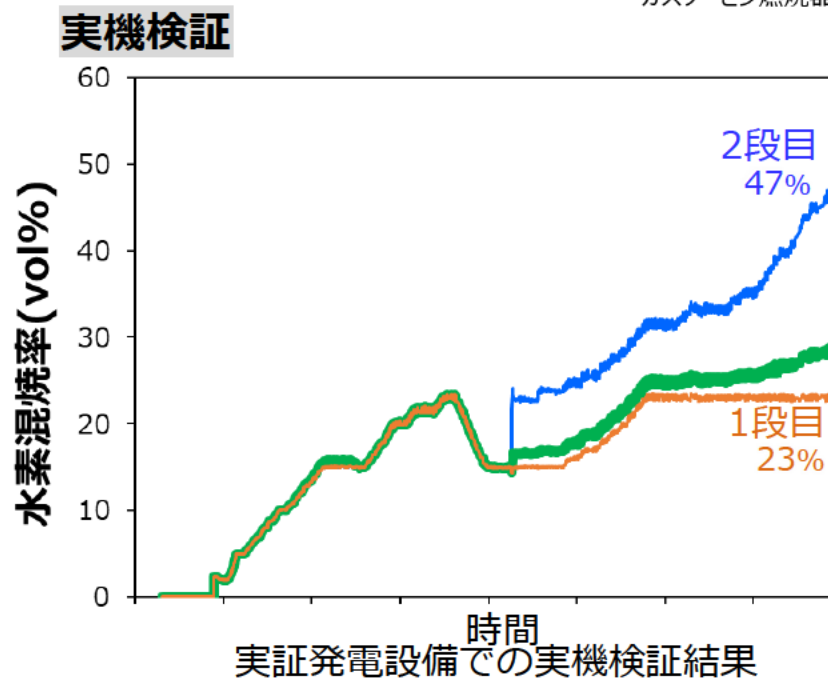
打ち手③ 燃料ステージングによる逆火耐性向上



単缶燃焼試験設備



・ 単缶燃焼試験で
水素40%まで確認



Total
29%

実証発電設備



3. 研究開発成果について ◆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
- ・ 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

発電

水素製造設備

水素貯蔵設備

水素貯蔵設備

既設350本

増設700本

水素貯蔵ボンベ増設

開発項目B-1

完了

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

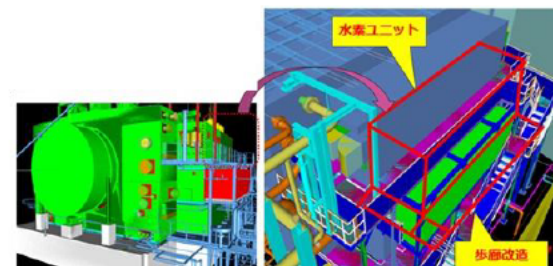
検討事項：入手性の高い水素ボンベを少ないスペースにより多く配置する検証を行う

開発項目B-2

完了

課題：天然ガス焚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焚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



GTパッケージ 水素ユニット

水素系統増設

水噴射系統増設

開発項目B-3

継続

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

3. 研究開発成果について

◆B-1. 水素供給量の更なる大容量化

- 目標：水素蓄圧器1基当たりのポンペ本数を増やすことで配置を効率化し、時間当たりの供給量を増加する
- 成果：ポンペ本数を増やした水素貯蔵設備 6基、計700本の据付完了
- 成果の意義：2基の蓄圧器を設置出来た事で既設と同等のエリアに既設の2倍の水素ポンペを配置する目途を得た

<水素貯蔵設備の増強>

	現状設備	設備増強後
水素ポンペ	350本	1050本
水素貯蔵量	約39 kNm ³	約120 kNm ³

5基×128本+1基(60本)
=計700本増設

既設：50本/基
横10本×5段積み



(参考)既設350本：全7基中、4基を据付時点



増設：128本/基
横22本×5段積み
+18本



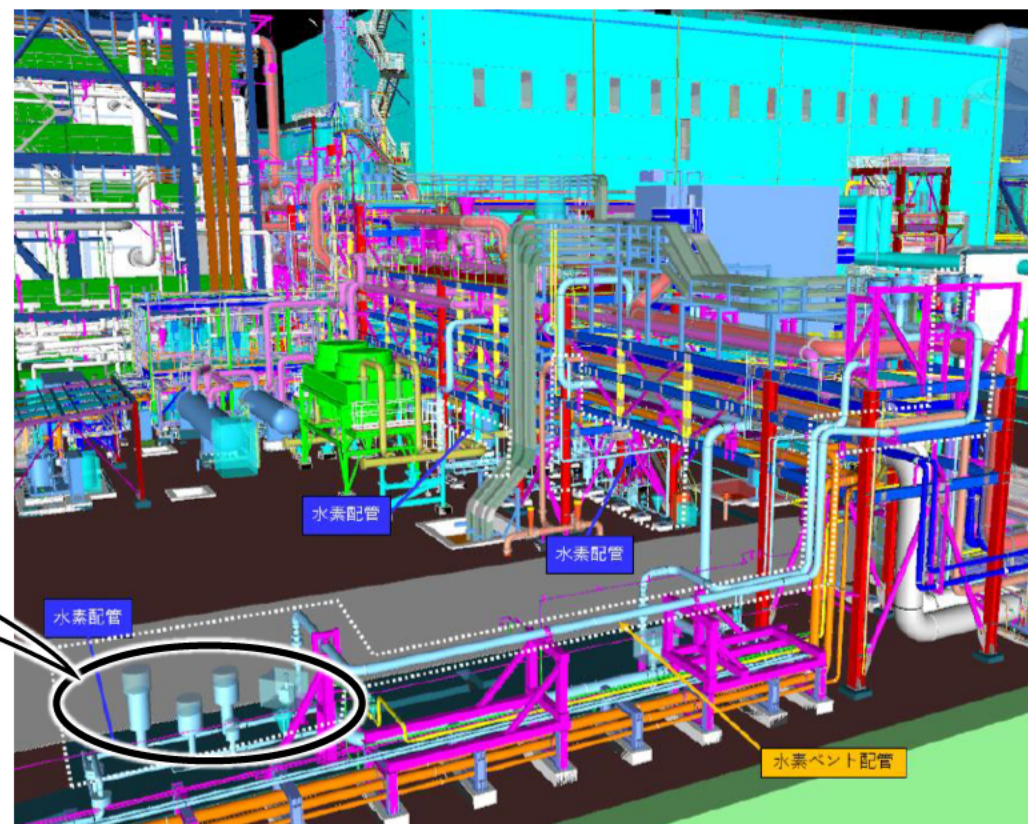
全6基の蓄圧器据付完了

- 目標：天然ガス焚き設備の水素30%超混焼化する際の改造項目と内容の決定
- 成果：天然ガス焚き設備を水素混焼化する際の改造項目洗い出し、改造計画、改造工事を完了した
- 成果の意義：商用機を水素混焼機へ改造する際の計画期間短縮、及び、信頼性の向上

< 改造項目 >

水素系統追加、水噴射系統追加、窒素系統追加、防爆仕様変更

水素系統追加（屋外）

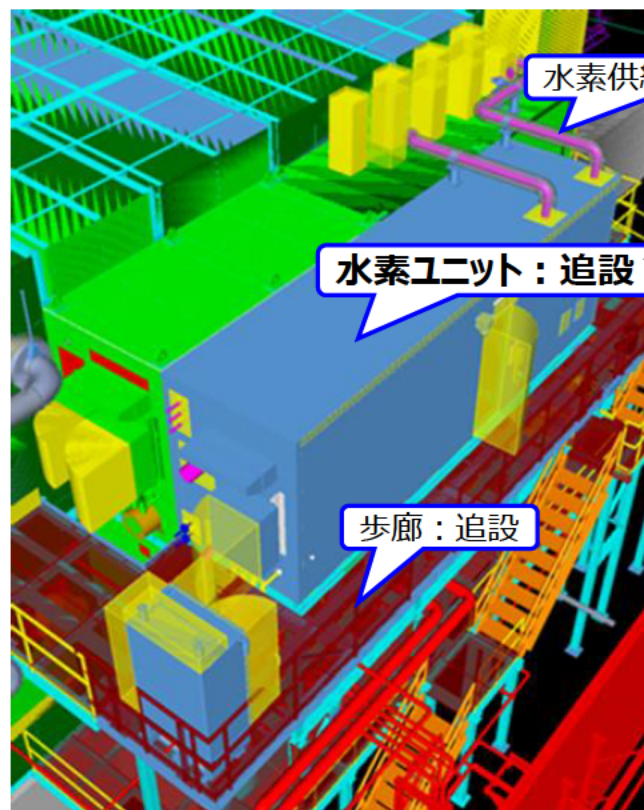


- 目標：天然ガス焚き設備の水素30%超混焼化する際の改造項目と内容の決定
- 成果：天然ガス焚き設備を水素混焼化する際の改造項目洗出し、改造計画、改造工事を完了した
- 成果の意義：商用機を水素混焼機へ改造する際の計画期間短縮、及び、信頼性の向上

< 改造項目 >

水素系統追加、水噴射系統追加、窒素系統追加、防爆仕様変更

水素系統追加（GT廻り）



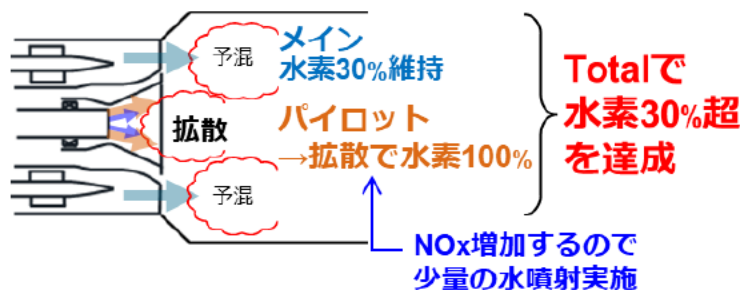
水素流量調節弁



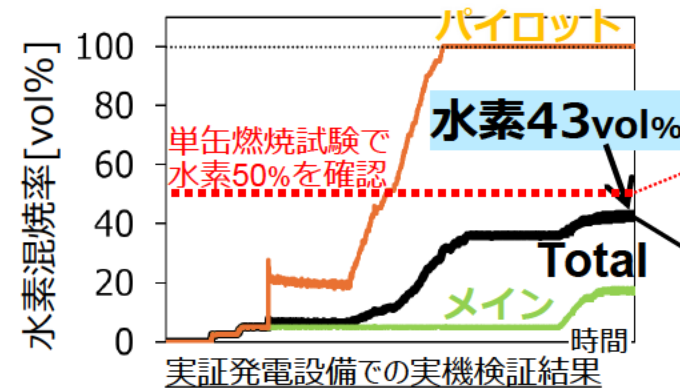
3. 研究開発成果について ◆ A. 燃焼器開発 まとめ

水素30vol%超は、既存の燃焼器では逆火リスクが増加 ➡ 打ち手①～③により水素30vol%超を達成する

打ち手① 拡散燃焼方式のパイロットノズルから多くの水素を投入



- ・単缶燃焼試験にて逆火の発生なく、水素混焼率50vol%に到達
- ・実証発電設備での実機検証にて水素混焼率43vol%運転に成功、EUタクソミー達成目途を得た



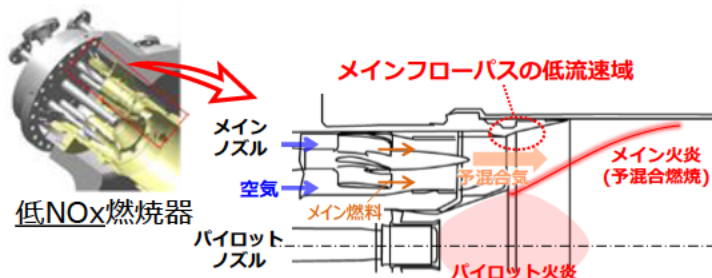
単缶燃焼試験設備



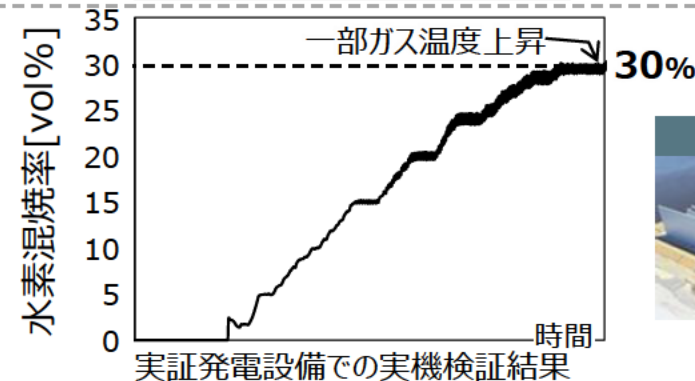
実証発電設備



打ち手② メインフローパスの逆火耐性向上



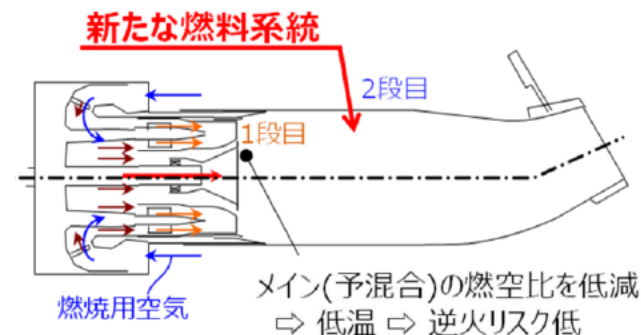
- ・CFD, 気流試験にて低流速域の特定と、低流速域を排除する構造を検討
- ・実証発電設備にて、水素30vol%検証中に一部ガス温度の上昇を確認、壁面へのフィルム空気が不安定であったと推定



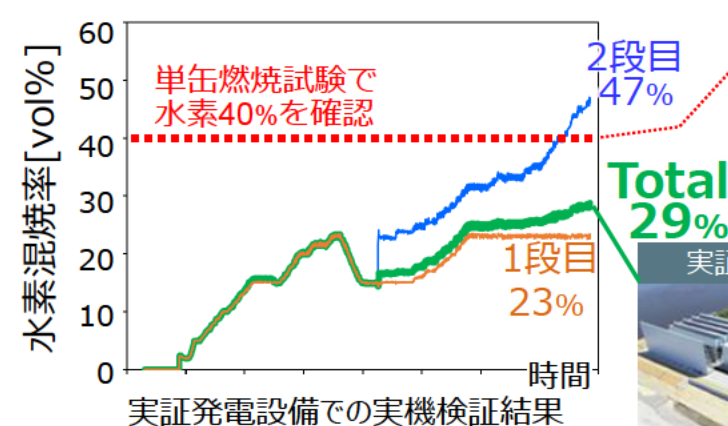
実証発電設備



打ち手③ 燃料ステージングによる逆火耐性向上



- ・単缶燃焼試験にて水素混焼率40vol%と、EUタクソミー達成の実現可能性を確認
- ・実証発電設備にてまずは水素29vol%まで確認、引続き40vol%の検証を行う。また、更なる水素混焼率増加を検討中



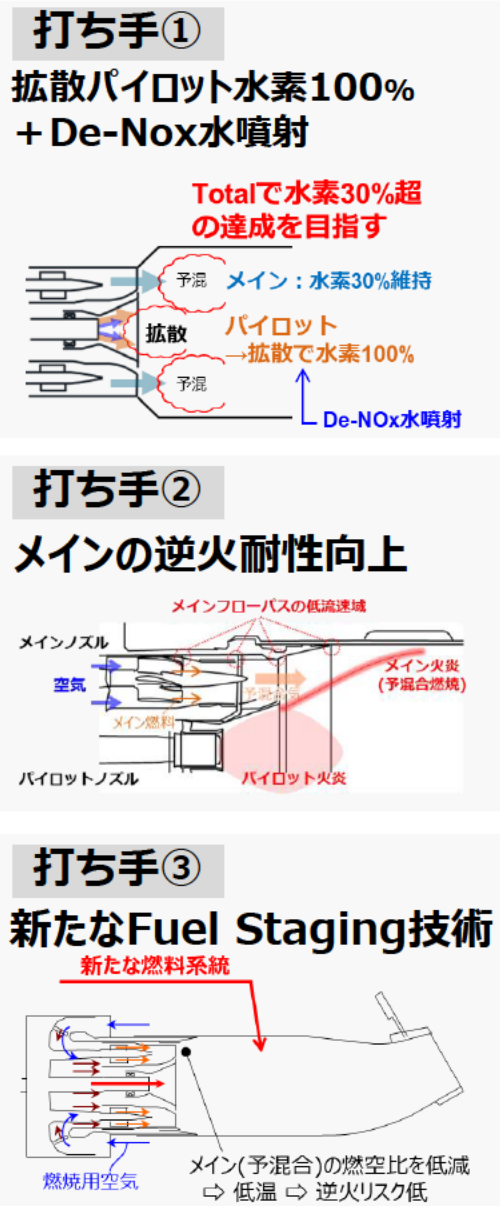
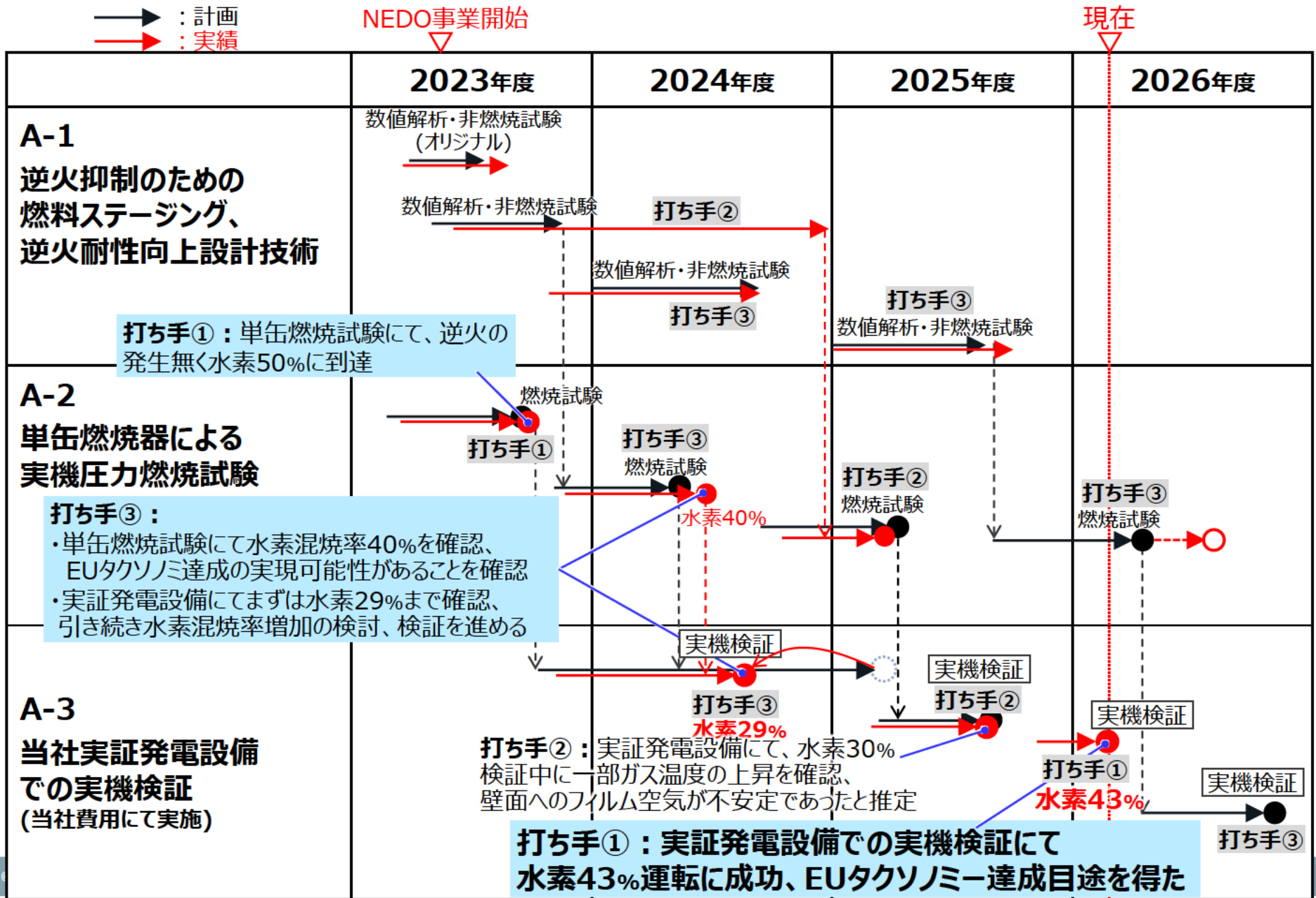
単缶燃焼試験設備



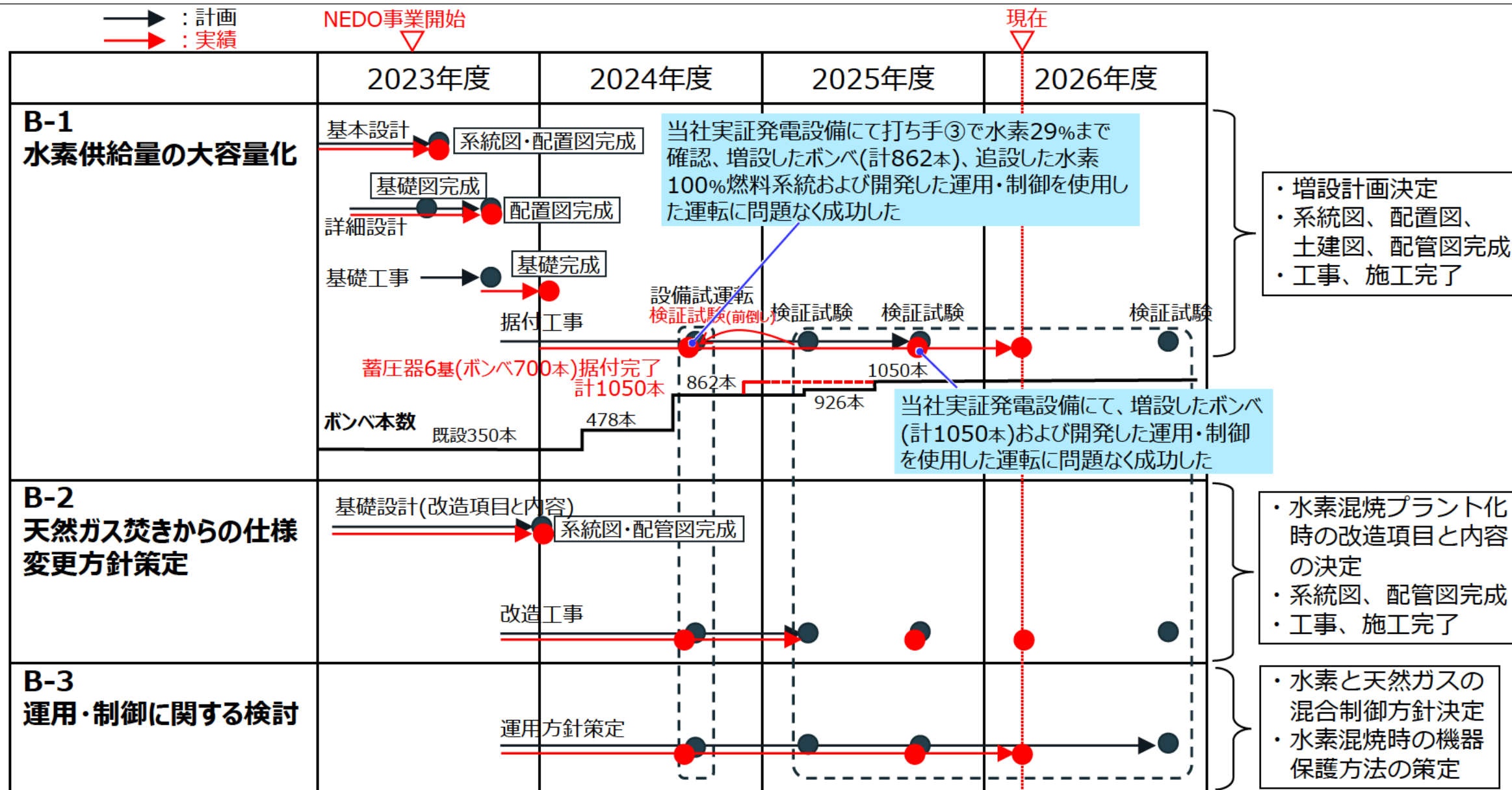
実証発電設備



3. 研究開発成果について ◆ A. 燃焼器開発 スケジュール



3. 研究開発成果について ◆Bプラント設計 スケジュール

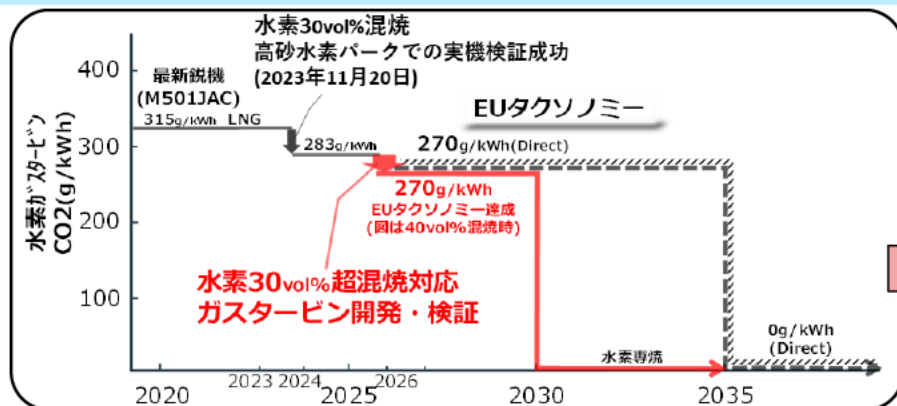


4. 今後の見通しについて

◆成果の実用化・事業化の見通し

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CO2排出量削減に加えて、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。

➡ 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します

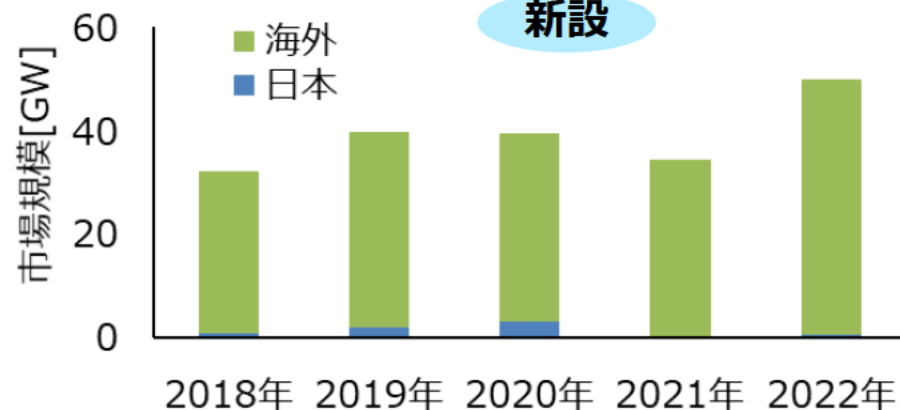


年度	2020	2025	2030	2035
水素供給	インフラ導入期	インフラ成熟期 (水素30%超)		インフラ成熟期 (水素100%)
開発フェイズ	設計・試験・実機実証		本格的な実機展開	

海外他社に先駆けてEUタクソミーを達成し、世界各国の新設・既設GT市場でのプロジェクト開拓

【新設ガスタービン市場規模】

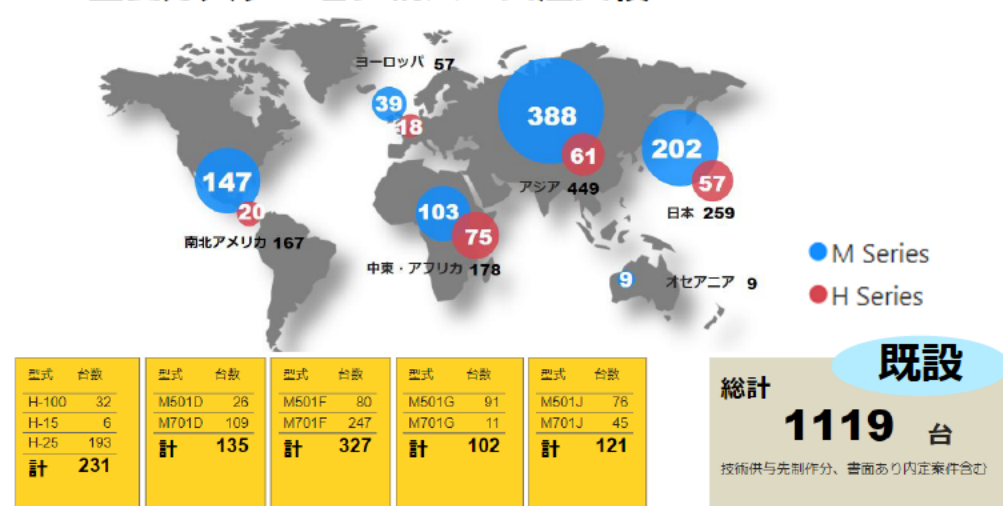
年平均40GW ⇨ GTCC
80台/年相当
新設



出典：McCoyレポート(2022)

【既設ガスタービン改造市場】

三菱ガスタービン納入・受注実績



他、中小型GT：203



三菱重工