

コージェネ大賞技術開発部門 理事長賞



コージェネ大賞
2023
理事長賞

ドライ・水素専焼 高効率1.8MW級 ガスタービンコージェネレーションの製品化

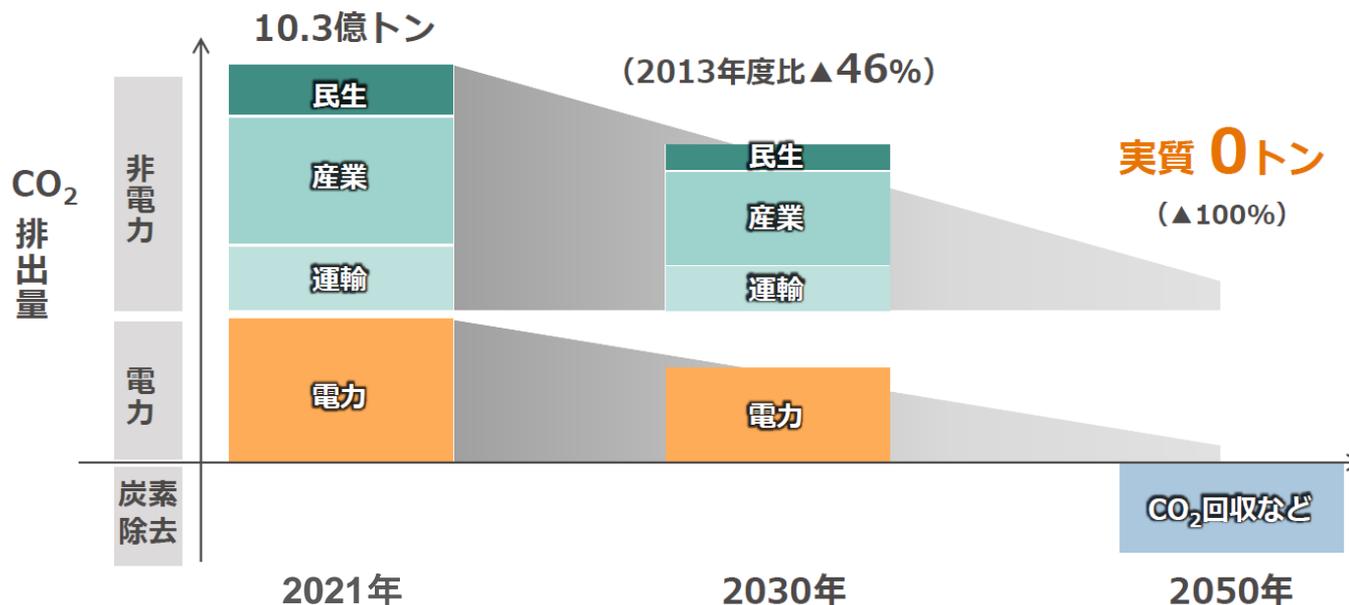
2024年2月2日

川崎重工業株式会社

エネルギーソリューション & マリンカンパニー

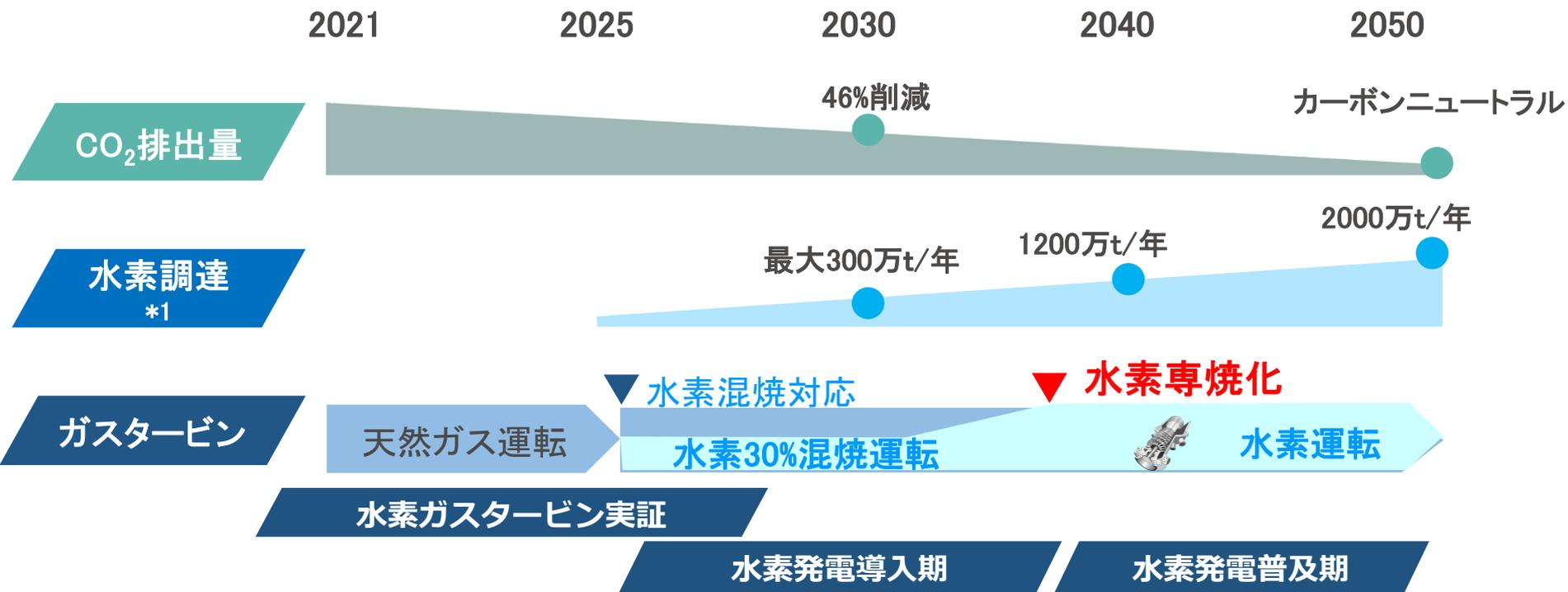
開発背景 『カーボンニュートラル実現に向けて』

- 2050年カーボンニュートラルに向け、2030年CO₂排出量46%削減
- 最終エネルギー消費量の50%は熱エネルギー
 - ⇒熱エネルギーの脱炭素化に水素燃料は必須 (国際エネルギー機関)
 - ⇒CO₂フリーの熱と電力が供給可能な水素コージェネ普及はカーボンニュートラル実現のため重要



出典 経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 2021年6月」を基に当社で作成

開発目的 『水素専焼ガスタービン早期普及によるCO₂削減』



出典 *1 経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 2021年6月」

水素専焼ガスタービンを早期に普及し、
エネルギーtransitionにおけるCO₂排出量削減に貢献

開発背景 『CO₂フリー水素チェーンの構築』

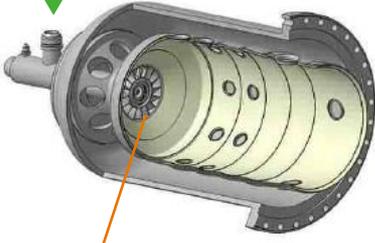
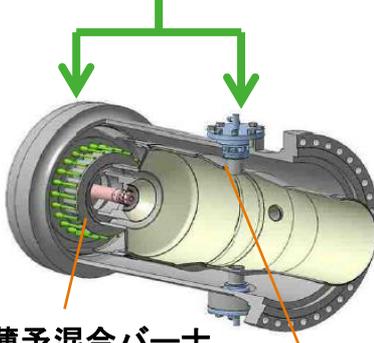
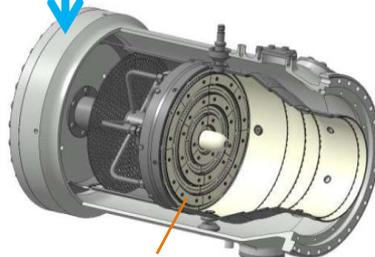


当社は世界に先駆けてCO₂フリー水素チェーン構築に挑戦
⇒水素普及のため水素ガスタービン、ガスエンジンを早期製品化

製品の特長

項目	水素専焼・ドライ PUC17
水素専焼	水素燃焼に特化した自社技術のマイクロミックス燃焼にてドライ運転を実現
水素混焼率	水素100～50%volの任意割合で混焼可能
運用負荷範囲	負荷率0～100%で運用可能
CO ₂ 削減量	商用電源＋ガスボイラに比べ、 水素専焼時は年間12,900ton削減、 水素50%vol混焼時は年間4,300ton削減
既設機への 水素燃焼器適用	ガスタービン本体はそのまま流用 燃焼器交換のみで対応可 但し、発電装置は水素用に改造が必要
NO _x 値	大気汚染防止法を満足 70ppm(O ₂ :16%換算)

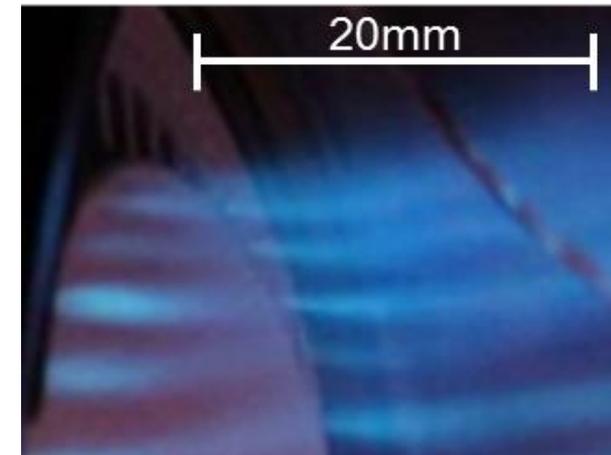
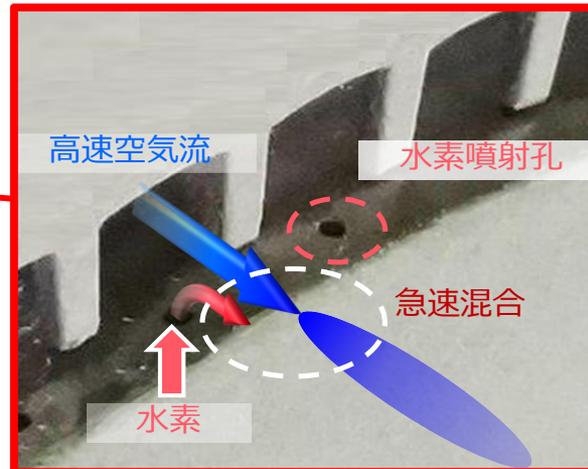
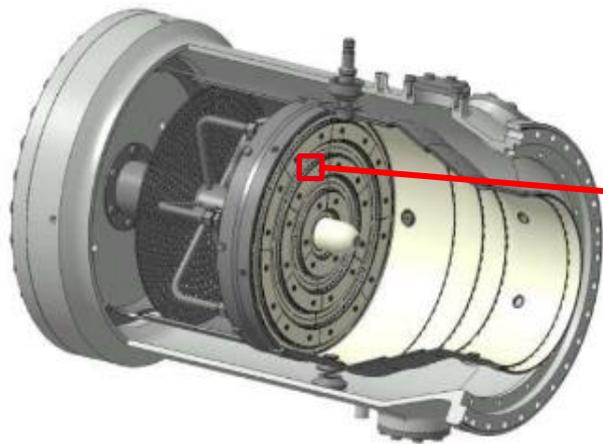
カワサキガスタービン燃焼器の種類

	拡散	DLE	マイクロミックス
燃焼器	<p>水素/都市ガス</p>  <p>水素焼き拡散バーナ</p>	<p>水素/都市ガス</p>  <p>希薄予混合バーナ 追焼きバーナ</p>	<p>水素</p>  <p>マイクロミックスバーナ</p>
水素割合 %vol	0~100	0~30	50~100
NOx 低減方法	水噴射/蒸気噴射 (ウェット方式)	希薄予混合燃焼 追焼き燃焼 (ドライ方式)	微小火炎 (ドライ方式)

マイクロミックス燃烧とは

微小な水素火炎を用いた低NOx燃烧技術：マイクロミックス

- ✓ NOxの発生源：火炎中のホットスポットを抑制
- ✓ 高温ガス中の滞留時間を低減
- ✓ 予混合通路を持たないため逆火リスクが低い



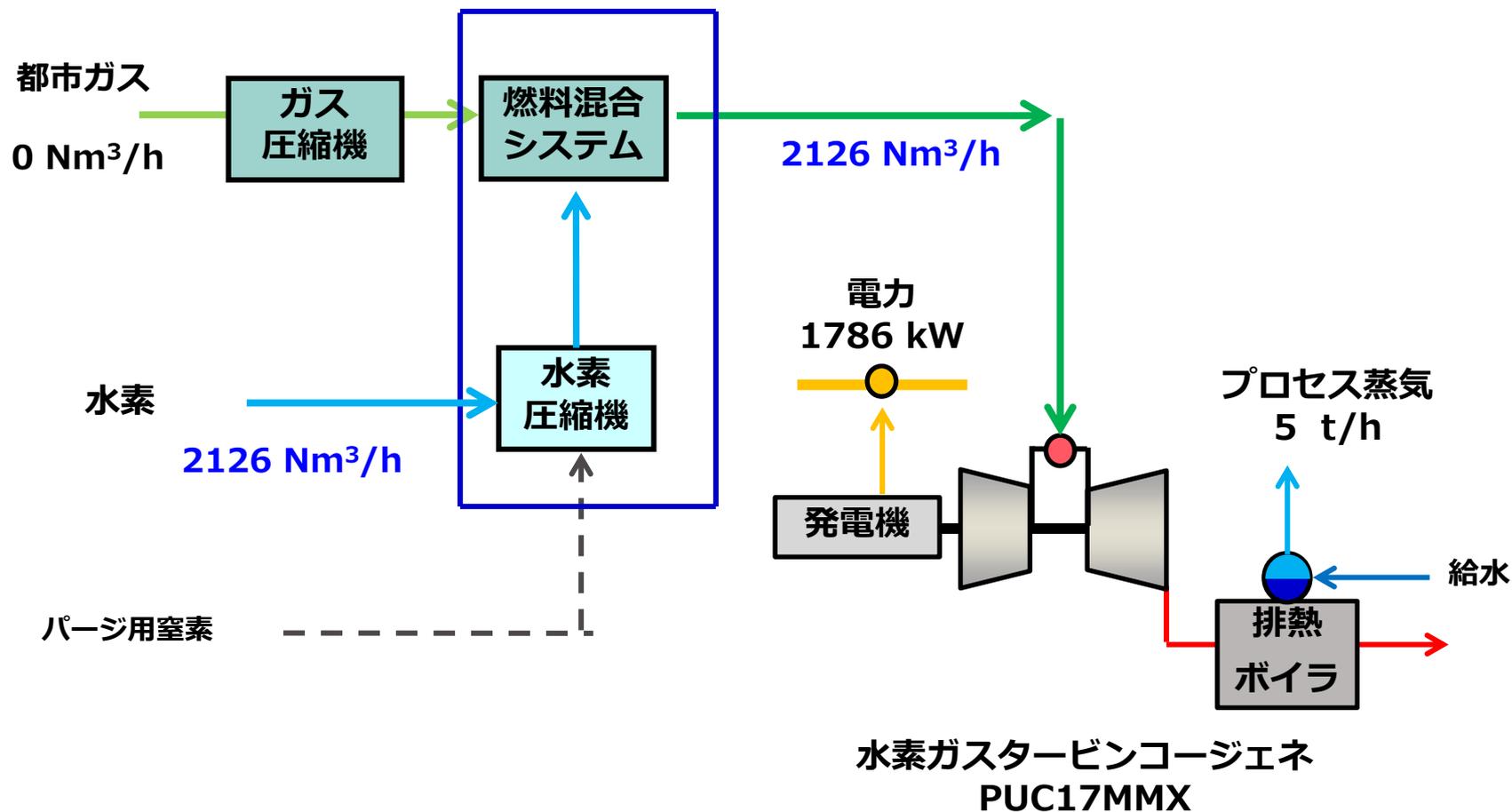
水素ガスタービンコージェネ 性能比較

マイクロミックス燃焼器

PUC17コージェネ	水素専焼 ドライ	水素50%混焼 ドライ	水素専焼 拡散水噴射
発電出力 (kW)	1786	1744	1863
天然ガス量 (Nm ³ /h)	0	440	0
水素流量 (Nm ³ /h)	2126	440	2256
蒸気発生量 (t/h)	5.0	5.0	5.1
発電効率 (%)	28.0	27.7	27.6
総合効率 (%)	83.4	83.2	80.7

水素ガスタービンコージェネ フロー

水素燃焼時の追加範囲



水素燃焼 燃焼器への影響

- ・ 天然ガスに比べ燃焼速度が速い
- ・ 消炎距離が小さい
- ・ 天然ガスに比べ燃焼温度が高い
(燃焼器内の局所的な温度)



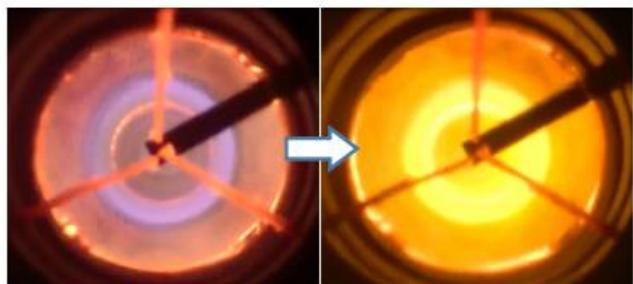
燃焼器部品の高温化, 逆火



水素燃焼時



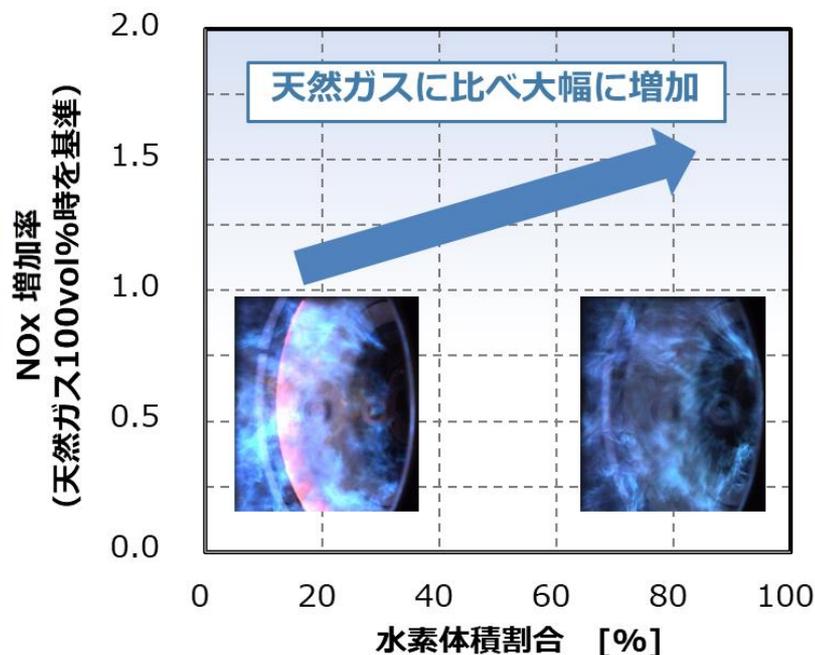
試験後の燃料噴射弁



DLE燃焼器での逆火 (天然ガス・水素混焼時)



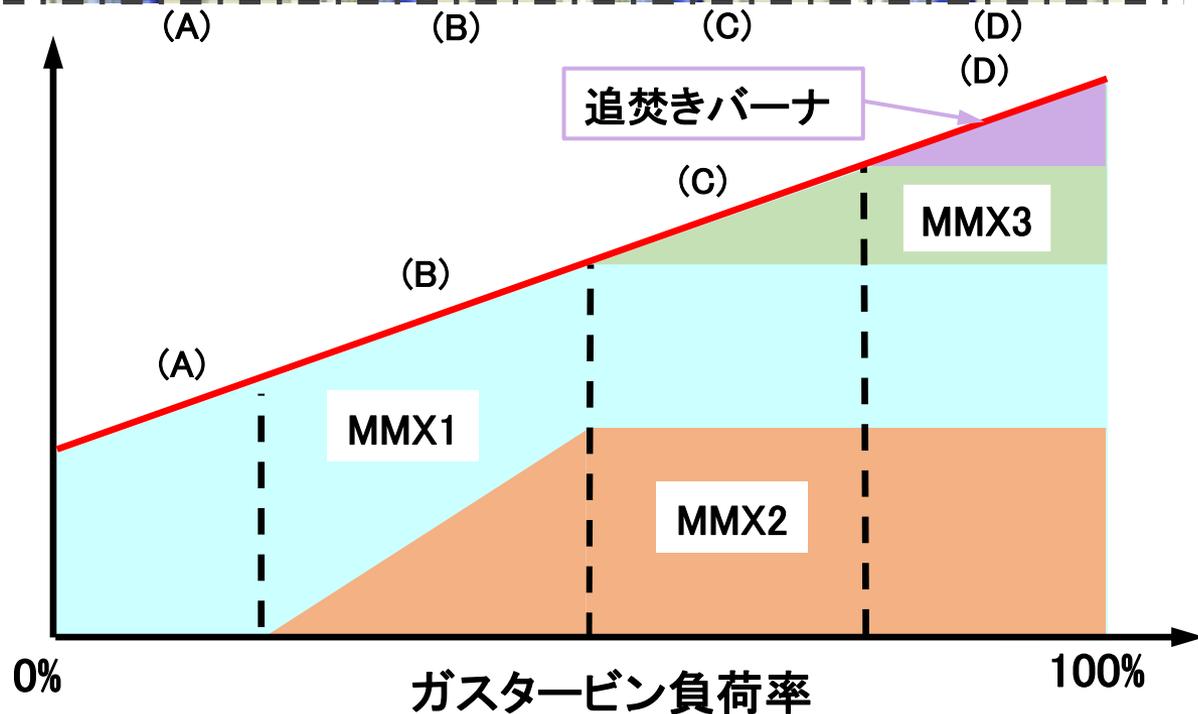
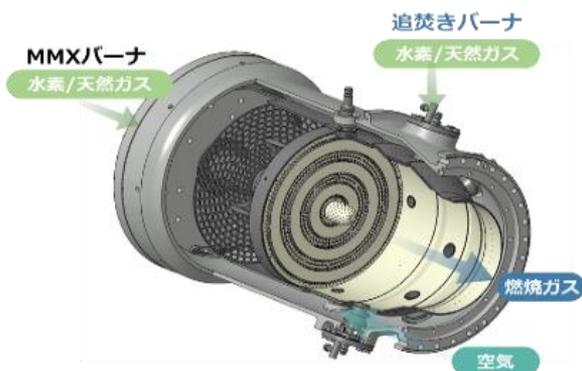
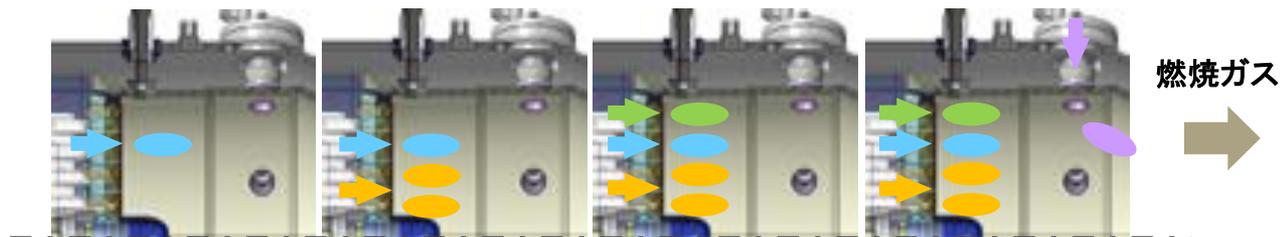
NOx増加 (NOx排出が温度の指数関数)



水素燃料を用いたエンジン試験を行い
部品温度、エミッション等を確認・評価し製品化

マイクロミックス燃焼器 燃焼制御

- MMX1火炎
- MMX2火炎
- MMX3火炎
- 追焼き火炎



ガスタービン負荷及び水素混焼率に応じて、
各バーナに対してステージング制御を実施

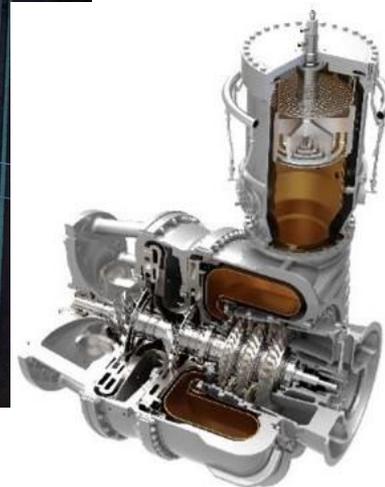
マイクロミックス燃焼器 運転設備



神戸市ポート
アイランド



水素CGS発電
プラント全体

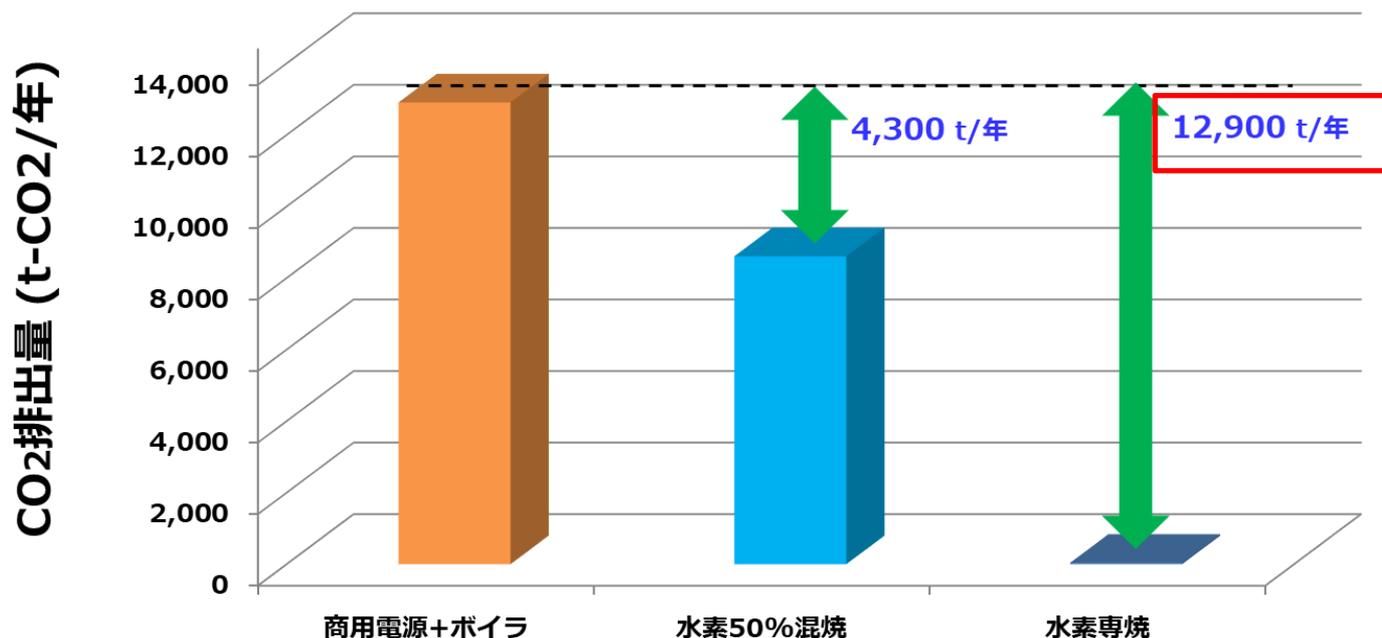


水素専焼ガスタービン

NEDO(*)助成事業にて開発・実証され、2022年にドライ方式水素
コージェネとして市街地への熱電併給を世界で初めて達成
現在も水素専焼・水素混焼にて順調に運用継続中

(※) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

水素コージェネ CO₂削減効果



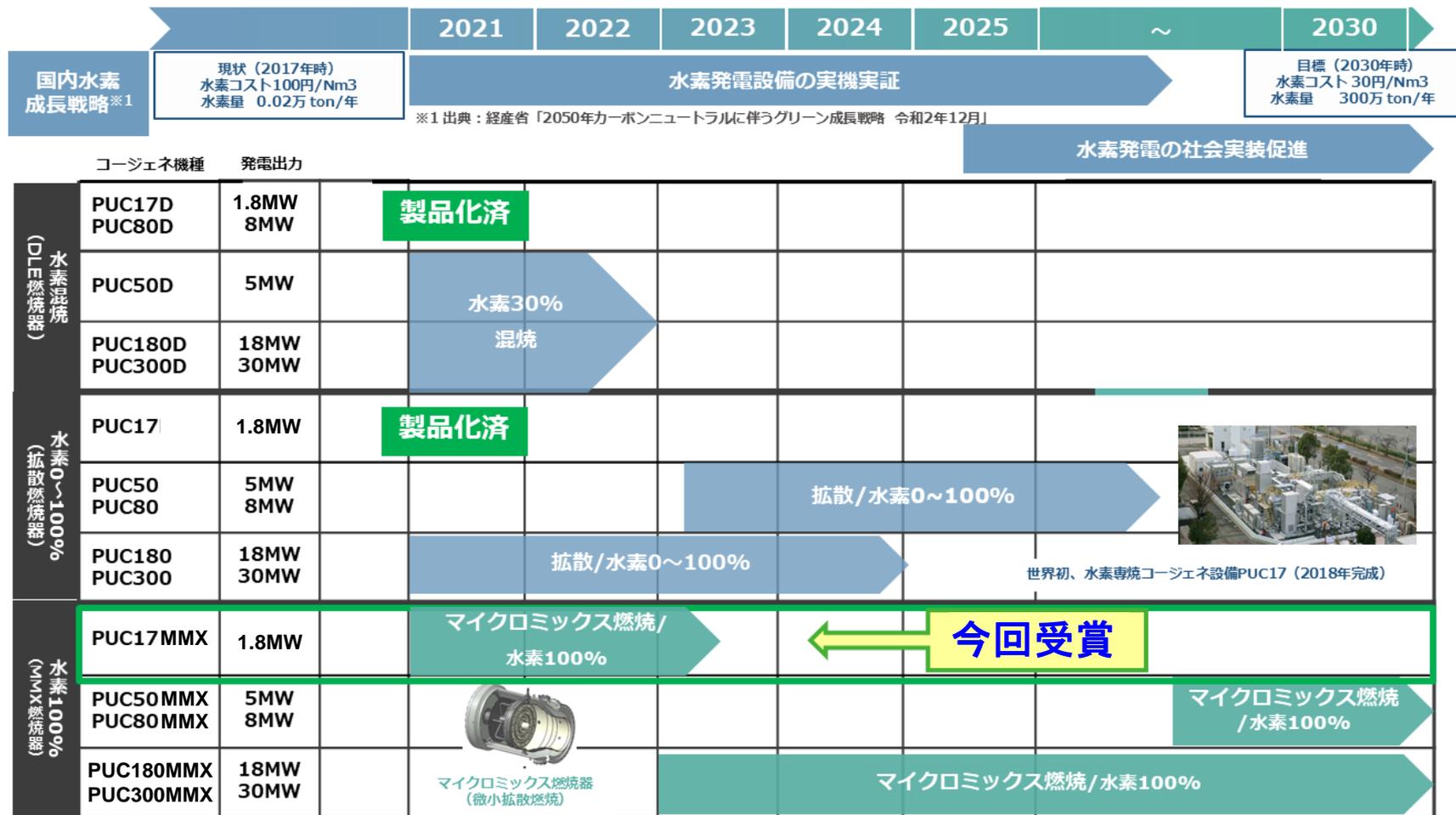
※1 比較対象 商用電力+ガス焼きボイラ (ボイラ効率94%)

※2 条件

- ・ 負荷条件 電力負荷1666kW、蒸気負荷5t/h
- ・ GT運転条件 吸気15℃、100%負荷、運転時間8500時間/年、蒸気圧力0.78MPaG
- ・ 燃料供給圧力 都市ガス0.5MPaG、水素0.8MPaG
- ・ CO₂排出係数 都市ガス2.29 t-CO₂/MWh、購入電力0.451 t-CO₂/MWh、水素0 t-CO₂/MWh

水素専焼では、商用電源+ボイラに比べ、
水素コージェネでのCO₂削減効果は年間12,900ton

ガスタービン開発ロードマップ



2022年度 DLE水素混焼を全機種製品化達成
 2020年代後半 水素専焼(MMX燃焼)を全機種製品化予定

まとめ

カーボンニュートラル実現に向けて

熱エネルギーの脱炭素化に水素燃料は必須

⇒CO₂フリーの熱電併給可能な水素コージェネは重要な役割

エネルギーtransitionへの対応

水素専焼ガスタービンを早期に普及しCO₂排出量削減に貢献

水素混焼から専焼へ

2022年度 水素混焼ガスタービンを全機種製品化

2023年度 水素専焼(ドライ燃焼)PUC17MMXを製品化

2020年代中盤 水素専焼(拡散燃焼)を全機種製品化

2020年代後半 水素専焼(ドライ燃焼)を全機種製品化

世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する
“Global Kawasaki”