

NEDO水素・アンモニア成果報告会2025

発表No.B1-10

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／
大規模調整電源となる水素ガスエンジンの技術開発

発表者名 宮本 世界

団体名 川崎重工業株式会社

学校法人五島育英会 東京都市大学

国立大学法人 千葉大学

発表日 令和7年7月15日

連絡先：

川崎重工業株式会社 技術開発本部 技術研究所 エネルギーシステム研究部 研究三課

宮本 世界 (E-mail: miyamoto_sekai@global.kawasaki.com)

事業概要

1. 期間
開始 : 2024年8月
終了（予定） : 2028年3月
2. 最終目標
水素の筒内直接噴射（直噴）技術を構築し、需給調整電源として高性能（高効率・高出力・高応答性）で、逆火などの異常燃焼なく安定運転が可能な、発電用水素ガスエンジンを開発する。
3. 成果・進捗概要
実施項目①：水素直噴弁/直噴弁搭載エンジンの設計・製作
 - ・エンジンへの搭載性や燃焼コンセプトに基づいた水素直噴弁の基本設計が完了.
 - ・上記噴射弁仕様と、実施項目⑤の成果に基づき、エンジン部品の基本設計が完了.実施項目②：大型水素エンジン試験設備の水素供給高圧化
 - ・設備要求仕様を確定し、HAZPO等に基づいた安全設計を経て基本設計が完了.実施項目③：ポート噴射方式(従来方式)での燃焼データ取得
 - ・取得すべきデータの試験条件、エンジン仕様等の検討が完了.実施項目④：最小水素噴射圧で高出力/高効率を実現するための水素直噴燃焼試験.
 - ・2026年度より燃焼試験開始予定.実施項目⑤：小型水素直噴ガスエンジン試験
 - ・駆動方式の異なる水素直噴弁の噴射特性、燃焼状態の比較評価が完了.
 - ・噴射弁制御と水素供給系統の設計要件や運用上の課題明確化が完了.実施項目⑥：水素自着火を抑制可能な潤滑油の研究
 - ・潤滑油による自着火現象把握のための試験装置の構築が完了.

1. 事業の位置付け・必要性

令和7年2月に第7次エネルギー基本計画が閣議決定。

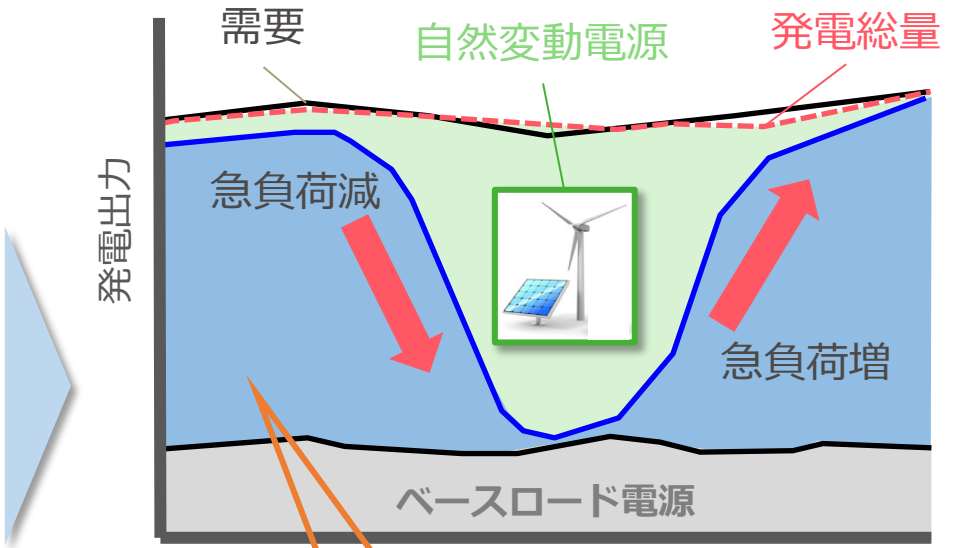
- 再エネの主力電源化、系統整備や調整力の確保により再エネの長期安定電源化に取り組む。
- 水素・アンモニア・CCUS等を活用した火力の脱炭素化を進める。

→ 再エネ拡大に伴い、脱炭素化された調整電源の確保が今後の課題となる。

		2023年度 (速報値)	2040年度 (見通し)
エネルギー自給率		15.2%	3～4割程度
発電電力量		9854億kWh	1.1～1.2兆kWh程度
電源構成	再エネ	22.9%	4～5割程度
	太陽光	9.8%	23～29%程度
	風力	1.1%	4～8%程度
	水力	7.6%	8～10%程度
	地熱	0.3%	1～2%程度
	バイオマス	4.1%	5～6%程度
	原子力	8.5%	2割程度
	火力	68.6%	3～4割程度
最終エネルギー消費量		3.0億kL	2.6～2.7億kL程度
温室効果ガス削減割合 (2013年度比)		22.9% ※2022年度実績	73%

自然変動電源

調整電源のイメージ



- 火力は、温室効果ガスを排出するという課題もある一方、足下の供給の7割を満たす供給力、再エネ等による出力変動等を補う調整力、系統の安定性を保つ慣性力・同期化力等として、重要な役割を担っている。
- 足下の電力需給も予断を許さない中、火力全体で安定供給に必要な発電容量（kW）を維持・確保しつつ、非効率な石炭火力を中心に発電量（kWh）を減らしていく。具体的には、トランジション手段としてのLNG火力の確保、水素・アンモニア、CCUS等を活用した火力の脱炭素化を進めるとともに、予備電源制度等の措置について 不断の検討を行う。

※ CCUS : Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage (二酸化炭素回収・有効利用・貯留)

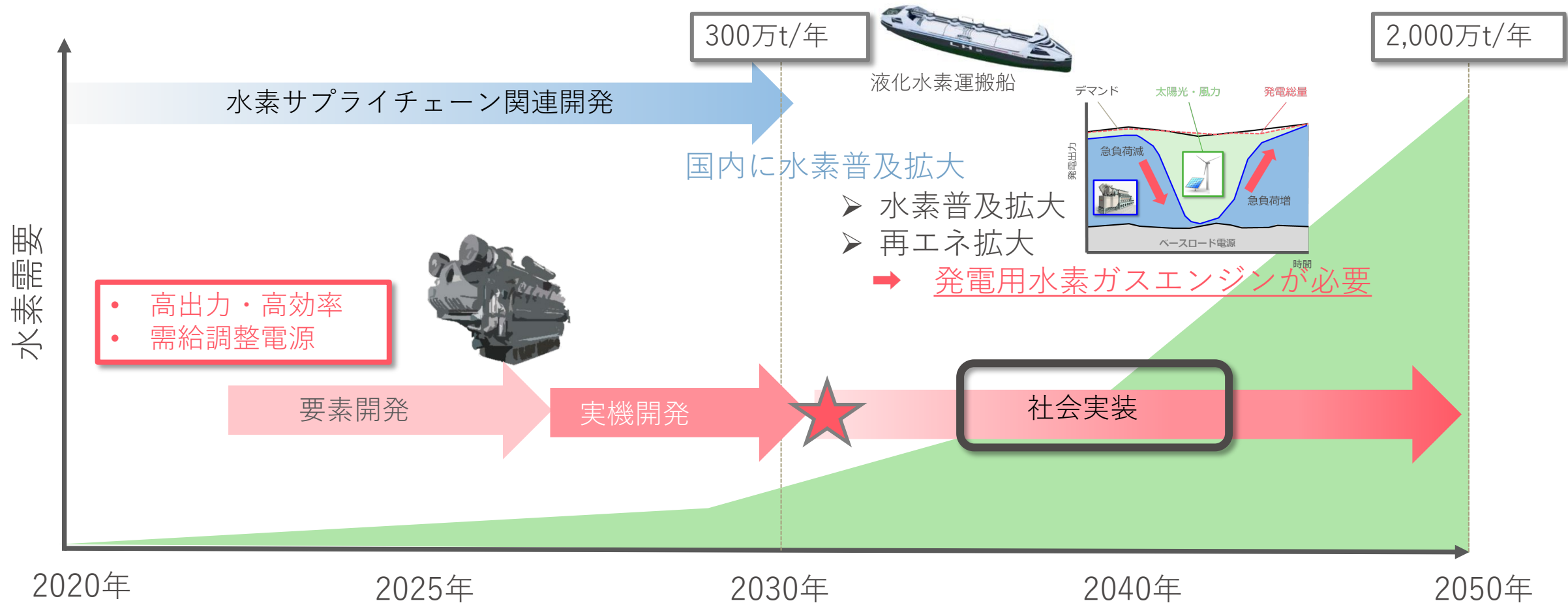
調整電源の一例（沖縄電力様）



※ 「エネルギー基本計画の概要」 令和7年2月 資源エネルギー庁 より抜粋

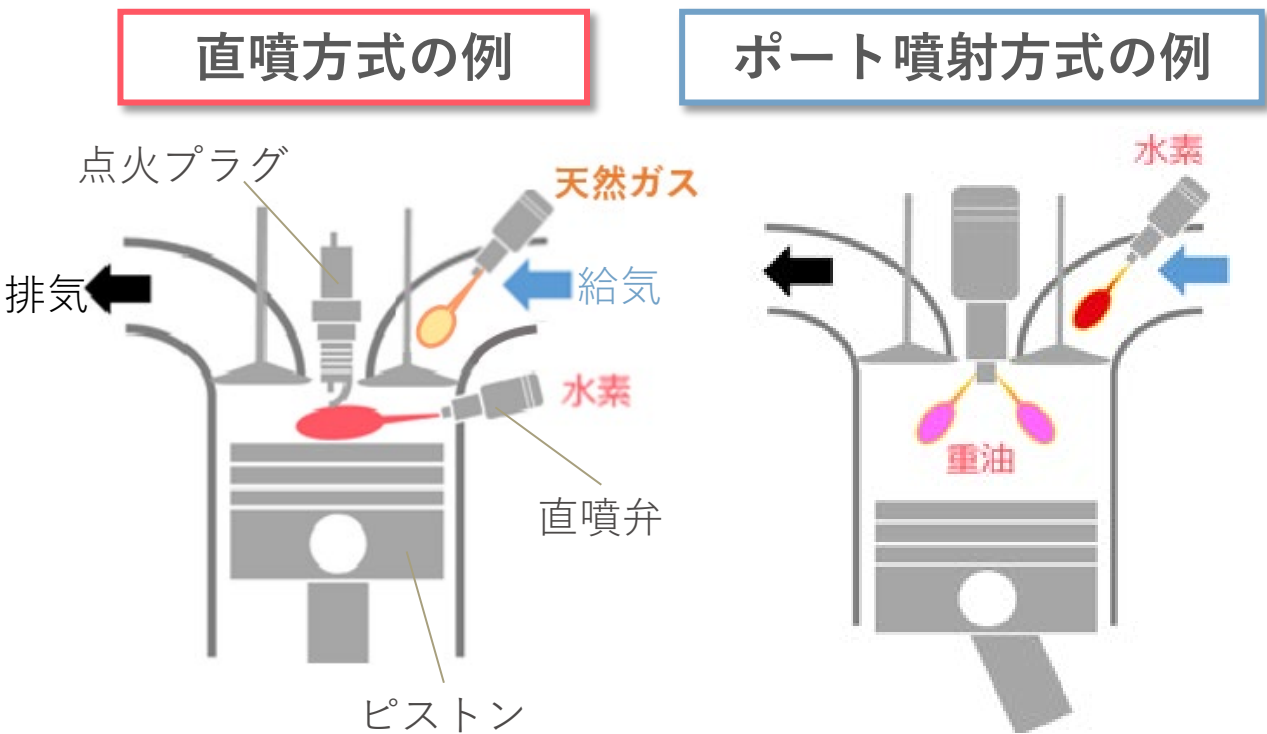
1. 事業の位置付け・必要性

- 前頁の通り、国内では再エネの需給調整となる脱炭素電源への需要が高まると予測。
 - 海外(特に欧州等)では大規模な水素パイプラインが計画されており、水素発電市場拡大の可能性。
- 発電用水素ガスエンジンを社会実装し、電源の脱炭素化と水素需要拡大に貢献



2 . 研究開発マネジメントについて：研究開発の目標と目標設定の考え方

■ 大規模調整電源として必要な性能を実現するため、水素の筒内直接噴射（直噴）技術の構築を目指す

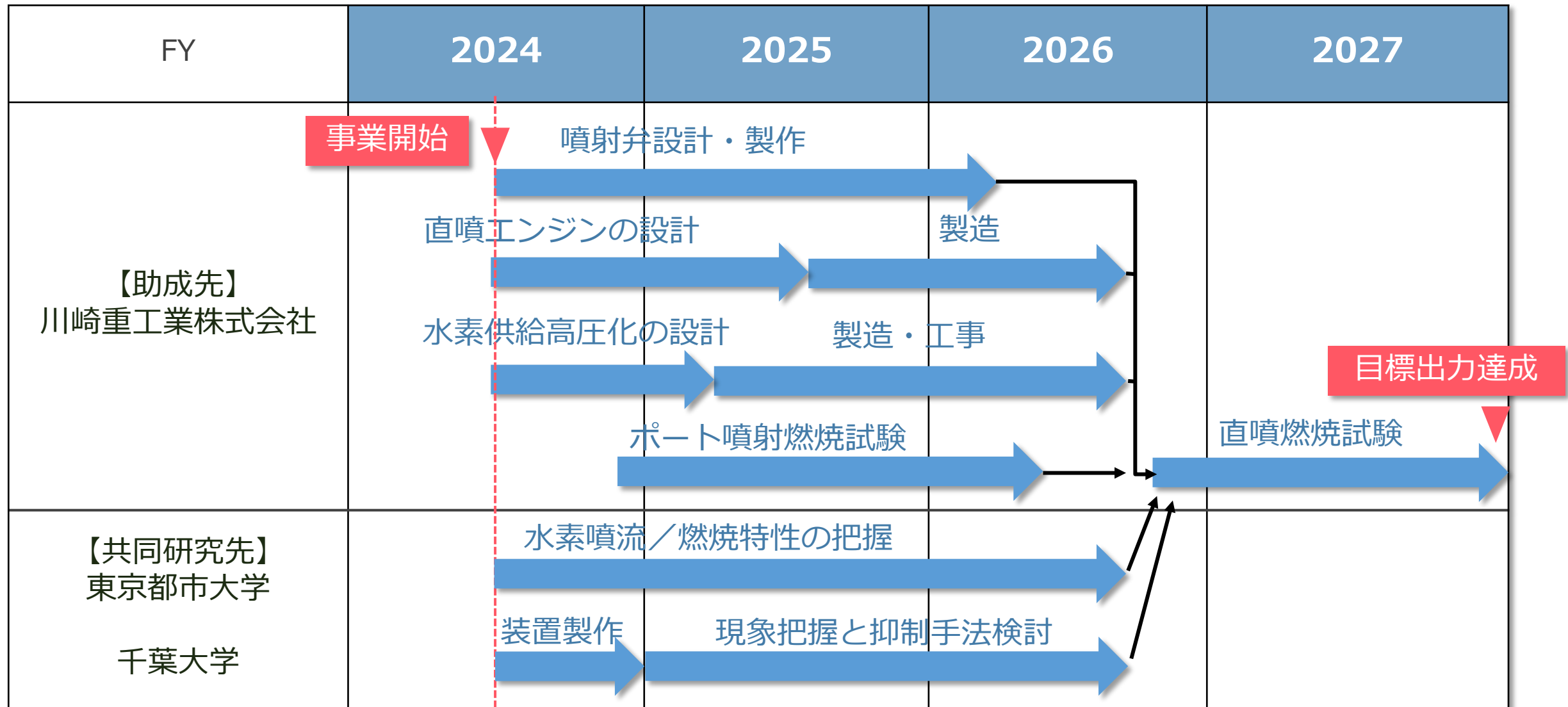


	目標
図示有効平均圧力 (出力の指標)	2.3MPa以上 (18シリンダ機で出力7.8MW相当)
燃料	水素100% (主目標) ／水素・天然ガス併用 ／天然ガス100%
着火方式	火花点火方式
燃料供給方式	直噴方式とポート噴射方式の併用
発電効率 (実機換算)	45%以上

【目標設定の考え方】

- ✓ 大規模調整力を担うため、水素専焼において当社天然ガスエンジン同等以上の出力とする。
- ✓ 水素レディを見据え、水素専焼だけでなく天然ガス専焼・混焼も可能とする。
- ✓ 水素による効率低下要因を考慮しつつも、水素専焼で45%以上の発電端効率を目標とする。

2. 研究開発マネジメントについて：研究開発スケジュール



2. 研究開発マネジメントについて：実施体制

【助成先】



開発

設計

- 水素試験設備の整備
- 直噴弁仕様、エンジン仕様の検討
- 制御システム構築
- 燃焼試験

【共同研究先】



- 小型水素直噴エンジン試験設備による水素噴流/燃焼特性の把握
- 予混合低圧直噴による高燃焼圧研究

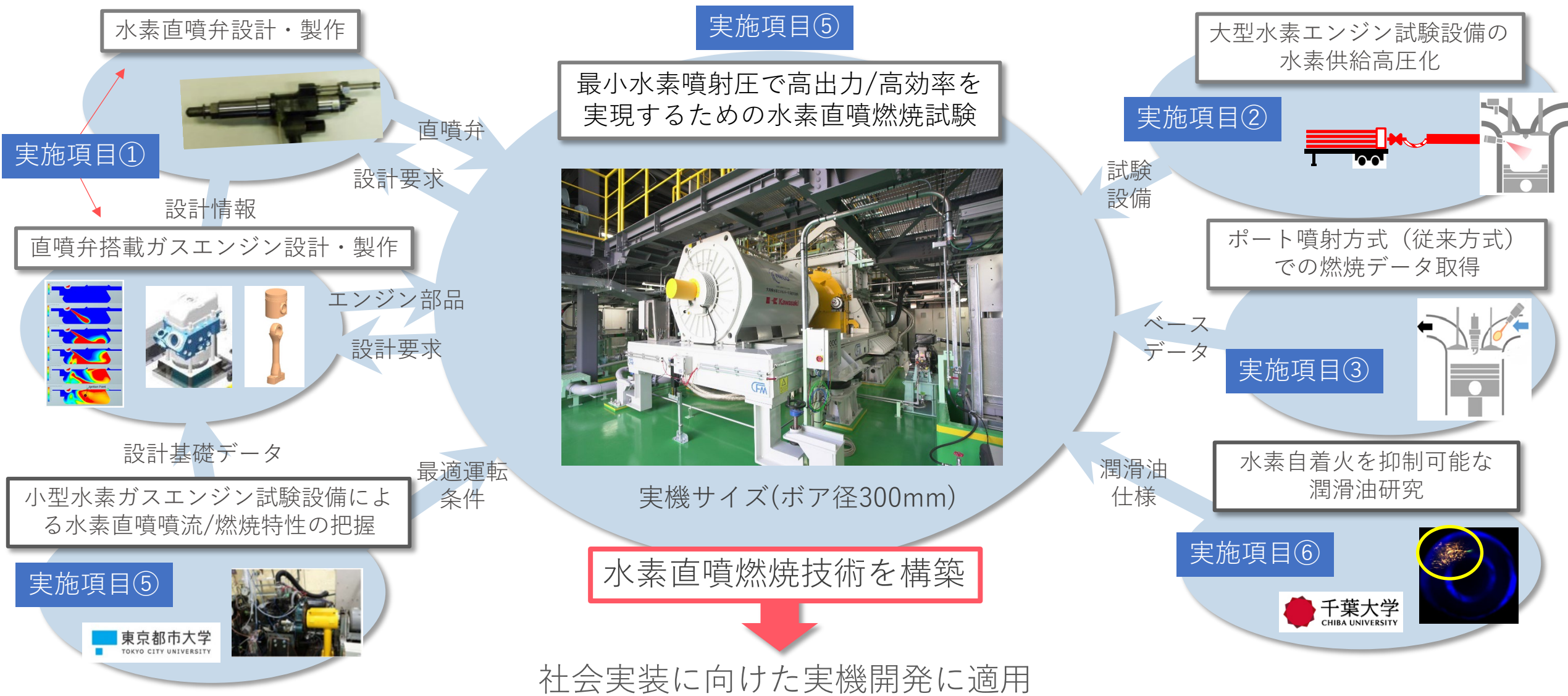


- 水素自着火を抑制可能な潤滑油の研究

基礎データ

3. 研究開発成果について：研究開発の目標/目標達成に向けたアプローチ

- 本助成事業を通じて目指すのは 大型水素直噴ガスエンジンを実現するための燃焼技術の構築



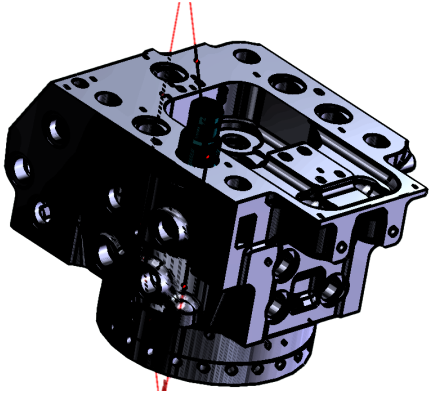
3. 研究開発成果について：水素直噴弁／直噴弁搭載エンジンの設計・製作

実施項目①：水素直噴弁／直噴弁搭載エンジンの設計・製作

大型直噴弁の仕様検討

駆動方式	電磁駆動方式	油圧式駆動方式
イメージ		
水素噴射圧	最大8MPa	最大8MPa
噴射弁直径	約80mm	約70mm
噴射弁全長	約600mm	約600mm

エンジンへの搭載性検討

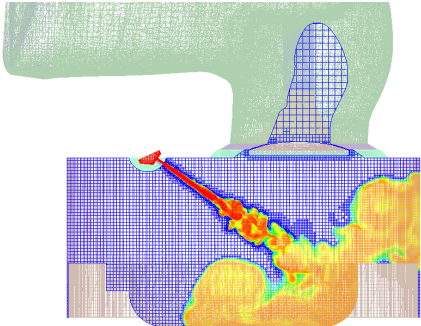


シリンダヘッドへの
搭載性

CFD解析等によるエンジン部品的设计検討



水素噴流解析

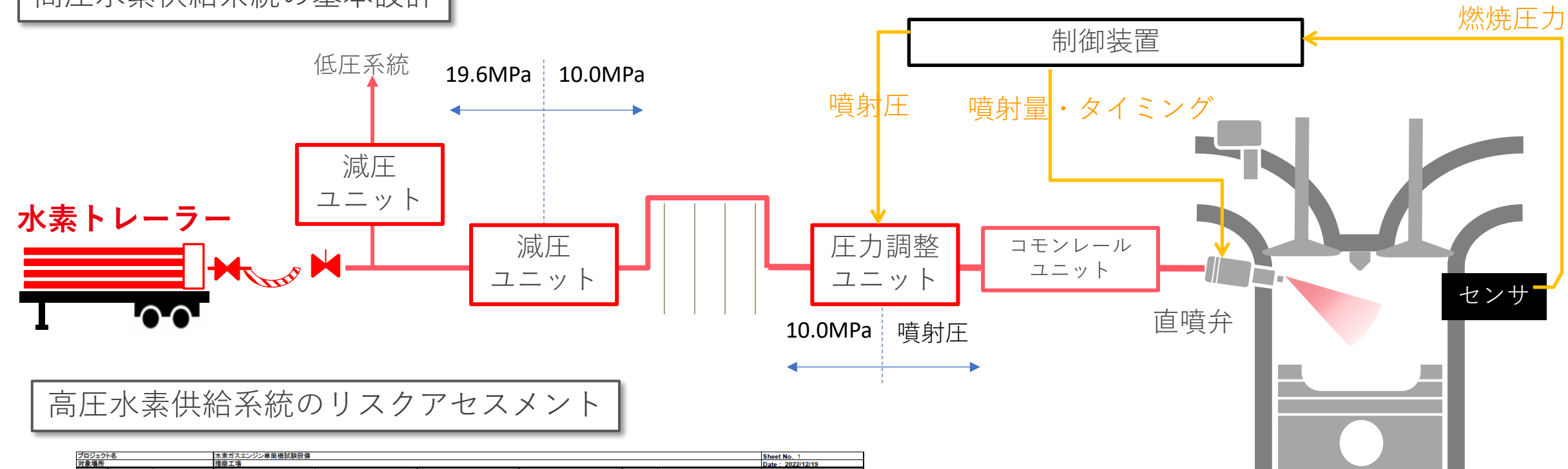


- エンジンへの搭載性や燃焼コンセプトに基づいた水素直噴弁の基本設計が完了。
- 上記噴射弁仕様と、東京都市大学との共同研究成果に基づき、エンジン部品の基本設計が完了。

3. 研究開発成果について：大型水素エンジン試験設備の水素供給高圧化

実施項目②： 大型水素エンジン試験設備の水素供給高圧化

高圧水素供給系統の基本設計



高圧水素供給系統のリスクアセスメント

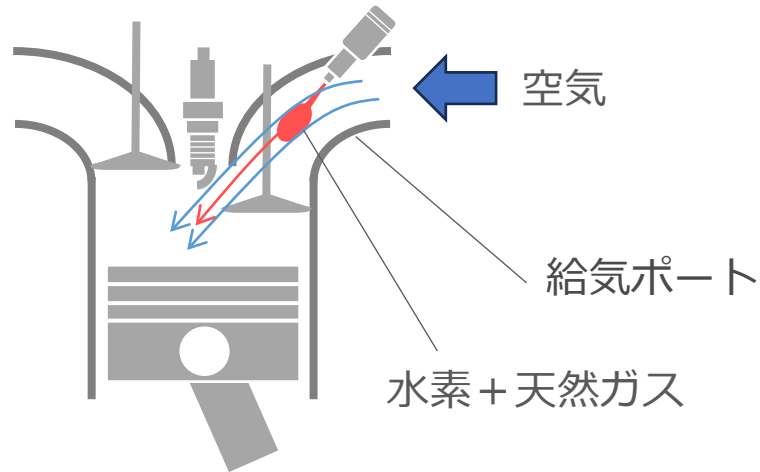
プロジェクト名		水素ガスエンジン単体試験設備							Sheet No. 1
実施場所		設備工事							Date : 2022/12/19
検討番号	パラメータ	ずれ	考えられる要因	起こりうるハザード・影響	考慮されている対策	追加対策/改善	実施部門	最終評価	追加対策反映エビデンス図書
Node11									
(1)	流量	流れなし	MV-A404 Full Close	投入燃料過少により過剰リッチ状態となりエンジン失火	失火でエンジントリップ	PIAZ-AH102で配管圧力を監視し、圧力LLでエンジントリップ	インテグ部	New	
(10)			PV-AH101 Full Open	(1)弁下流に19.6MPaの水素ガスが流入し、配管設計圧を超えると破壊する可能性がある (2)投入燃料過大により過剰リッチ状態となりエンジン失火 (3)投入燃料過大により過剰リッチ状態となりエンジン失火	(1)安全弁SV-AH201より燃料排出 (2)PIAZ-AH102で目標燃料ガス圧を監視し、圧力HHでエンジントリップ (3)PIAZ-AH102で目標燃料ガス圧を監視し、圧力HHでエンジントリップ	(1)PIAZ-AH101で配管圧力を監視し、圧力HHでエンジントリップ (2)PIAZ-AH102で目標燃料ガス圧を監視し、圧力HHでエンジントリップ (3)PIAZ-AH102で目標燃料ガス圧を監視し、圧力HHでエンジントリップ	インテグ部 エネシス研	New	
(11)		流量増	PV-AH102 Full Open	(1)弁下流に4~10MPaの水素ガスが流入し、配管設計圧を超えると破壊する可能性がある (2)投入燃料過大により過剰リッチ状態となりエンジン失火	(1)No Action	(1)PIAZ-AH103HHでエンジントリップ (2)SV-AH202をPCV-AH101の上流に設置する (3)PIAZ-AH102で目標燃料ガス圧を監視し、圧力HHでエンジントリップ	インテグ部	New	

➤ 設備要求仕様を確定し、HAZOP等に基づいた安全設計を経て基本設計が完了。

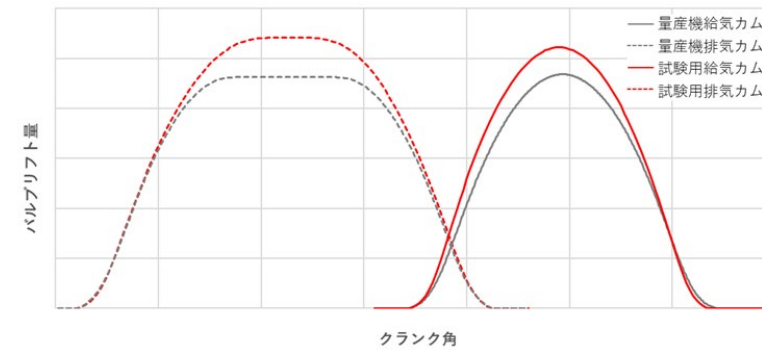
3. 研究開発成果について：ポート噴射方式での燃焼データ取得と、水素直噴燃焼試験

実施項目③：ポート噴射方式（従来方式）での燃焼データ取得

1次元エンジン性能解析を用いたポート噴射方式における試験仕様検討



検討の一例：給排気弁リフト／タイミングの検討



➤ 取得すべきデータの試験条件、エンジン仕様等の検討が完了。

実施項目④：最小水素噴射圧で高出力/高効率を実現するための水素直噴燃焼試験

2026年度後半より試験開始予定

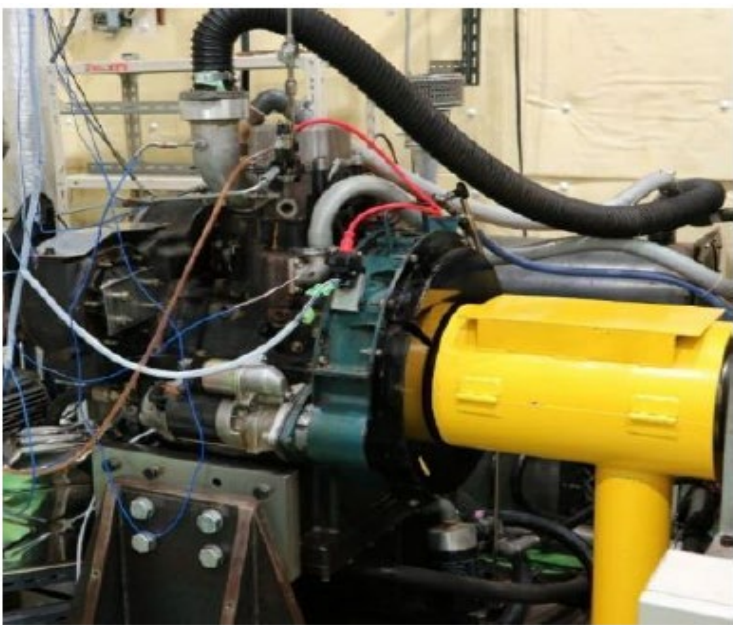


3. 研究開発成果について：小型水素直噴ガスエンジン試験（東京都市大学との共同研究）

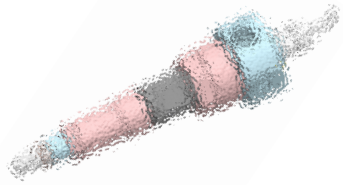
実施項目⑤：小型水素直噴ガスエンジン試験

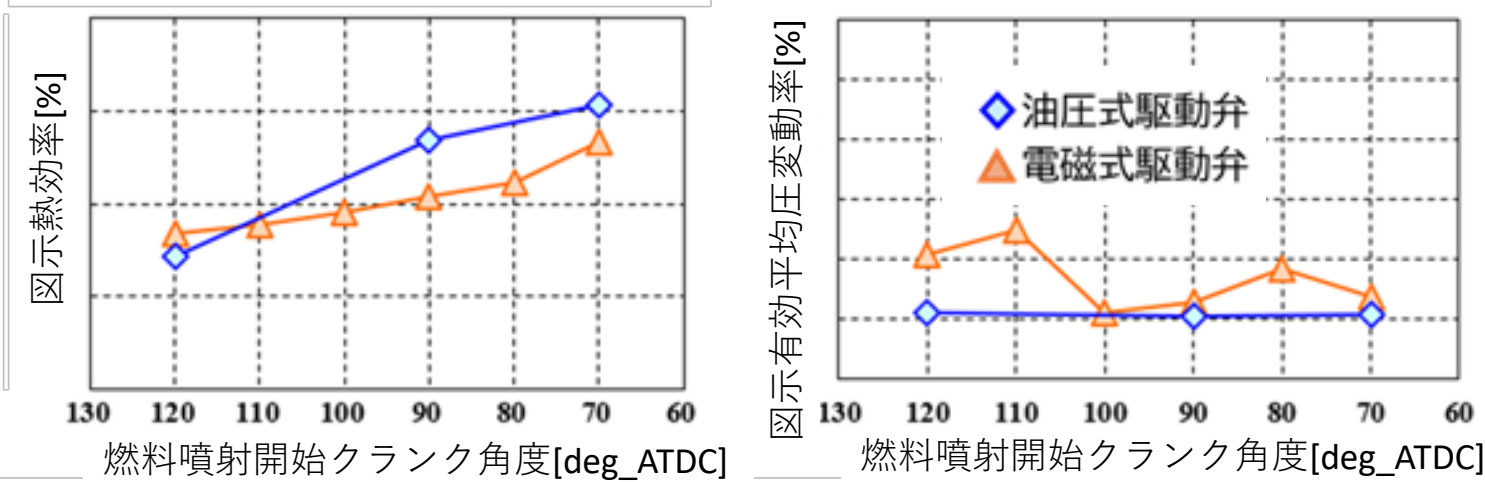


水素直噴弁駆動システムの評価/水素燃焼評価



小型水素エンジン試験装置

小型直噴弁仕様	電磁駆動式駆動弁	油圧式駆動弁
イメージ		
水素噴射圧	2.5MPa	3.0MPa



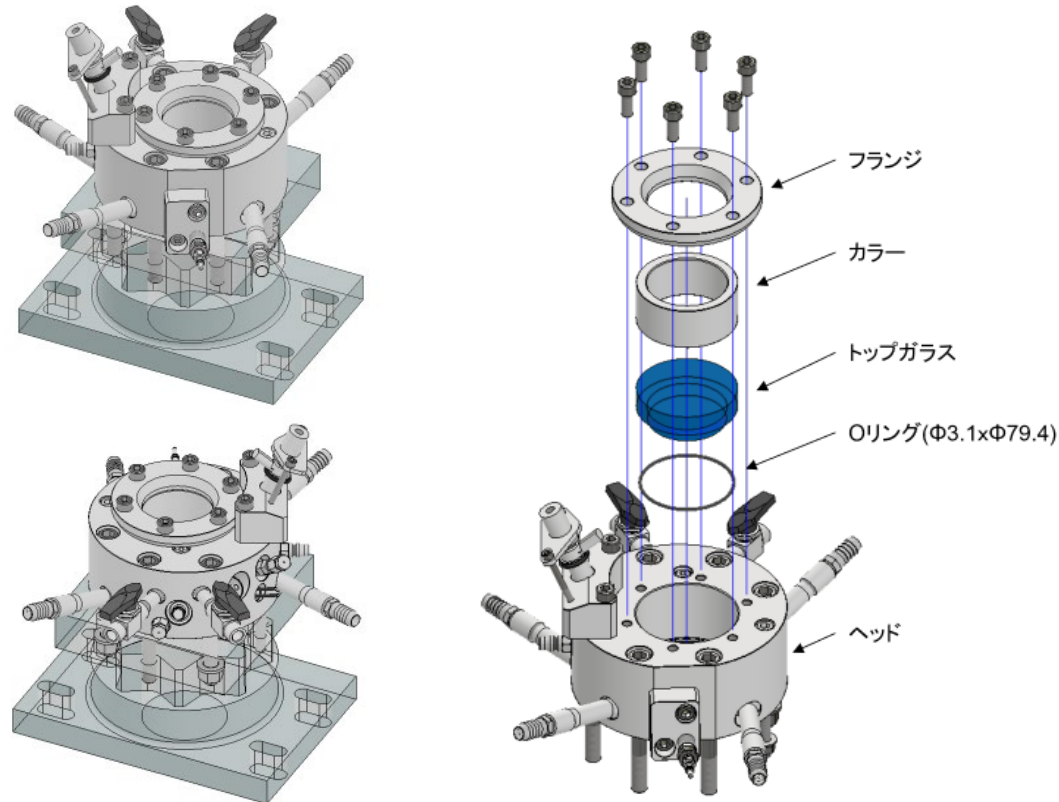
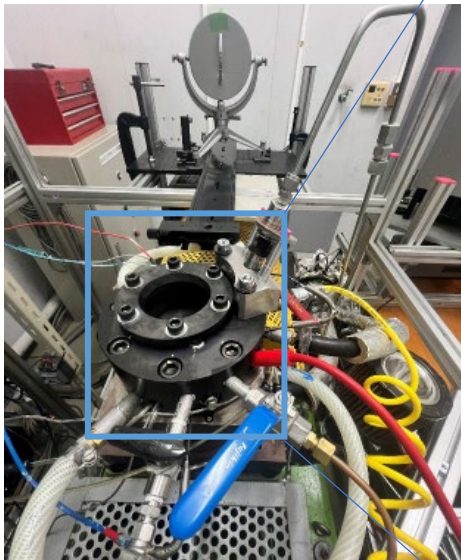
- 駆動方式の異なる水素直噴弁の噴射特性、燃焼状態の比較評価が完了。
- 噴射弁制御と水素供給システムの設計要件や運用上の課題明確が完了。

3. 研究開発成果について：水素自着火を抑制可能な潤滑油研究（千葉大学との共同研究）

実施項目⑥：水素自着火を抑制可能な潤滑油研究

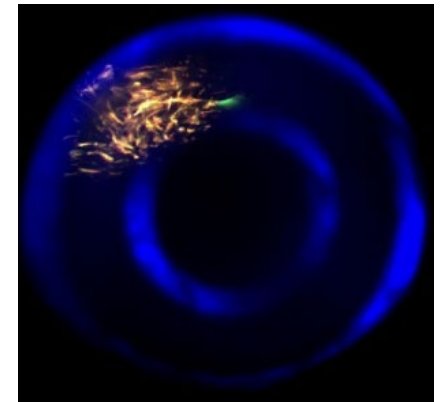
潤滑油起因の水素自着火現象解明と潤滑油仕様検討

急速圧縮膨張装置※



※燃焼室内を1回のみ急速に圧縮／膨張させる装置

潤滑油自着火を可視化計測



潤滑油による着火可視化の一例

➤ 潤滑油による自着火現象把握のための試験装置の構築が完了。

4. 進捗状況まとめと今後の見通しについて

【進捗状況まとめ】

- 各実施項目、検討はスケジュール通りに進捗中.
- 主要な機器・設備の選定や基本設計は概ね完了.
- 2025年度実施予定の各種試験準備は概ね完了.

【今後の見通し】

- 2025年度より機器・設備の詳細設計/発注に移行.
- 東京都市大学/千葉大学にて異常燃焼抑制に関するラボ試験を実施予定.
- ポート噴射方式（従来方式）での燃焼データ取得予定.

【実用化に向けた課題】

- 目標性能を達成し、安定運用可能なエンジン仕様や運転条件の把握.
- 水素直噴弁の長期耐久性の確認.
- 大流量高圧水素ガスの供給インフラの整備.