

大規模調整電源となる水素ガスエンジンの技術開発

**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：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

発表者名	宮本 世界
団体名	川崎重工業(株) 、 (学) 五島育英会 東京都市大学、 (国) 千葉大学
問い合わせ先	川崎重工業(株) 技術開発本部 技術研究所 エネルギーシステム研究 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詳細設計が完了し、製造に着手。
- ・上記噴射弁仕様と、実施項目⑤の成果に基づき、エンジン長納期部品の詳細設計が完了し、製造に着手。

【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

- ・エンジン直近を除く主要な水素供給系統の詳細設計が完了し、計装品発注や製造に着手。

【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

- ・ポート噴射方式にて、水素直噴方式のベースデータとなる定格負荷／水素混焼比変更試験を完了

【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4Q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

- ・燃焼室形状や運転条件の最適化により、高出力と低NOx排出量を両立できる事を確認完了。
- ・大型エンジンの燃焼部品設計にも本成果を反映.

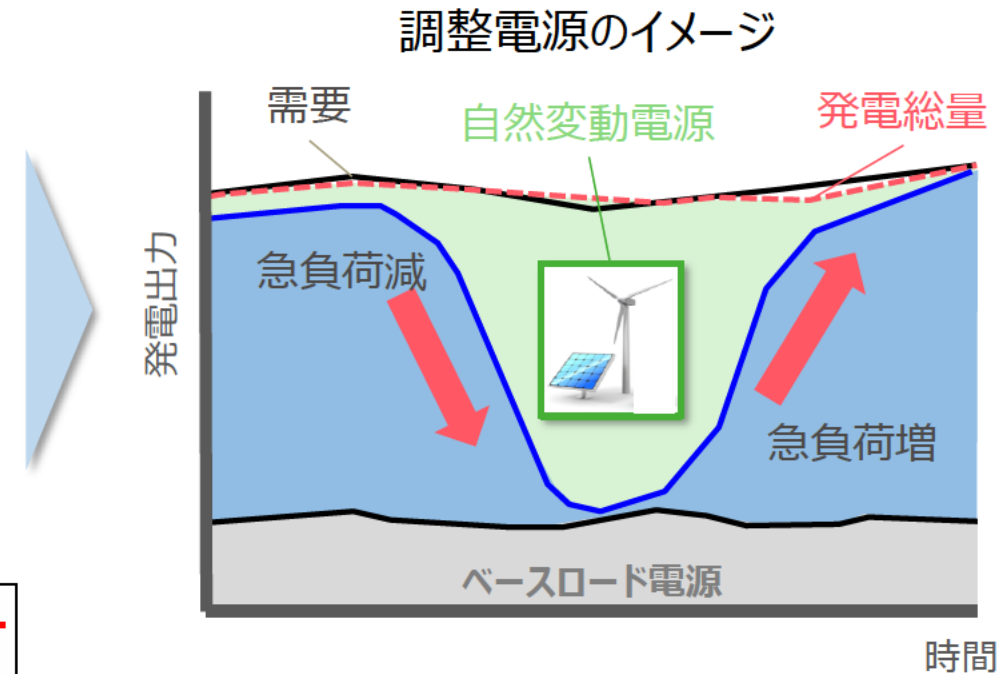
【実施項目⑥】水素自着火を抑制可能な潤滑油の研究

- ・試験設備の構築を完了し、成分の異なる複数の潤滑油で自着火特性の比較評価試験を実施中。

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
自然変動電源		
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%



- 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。

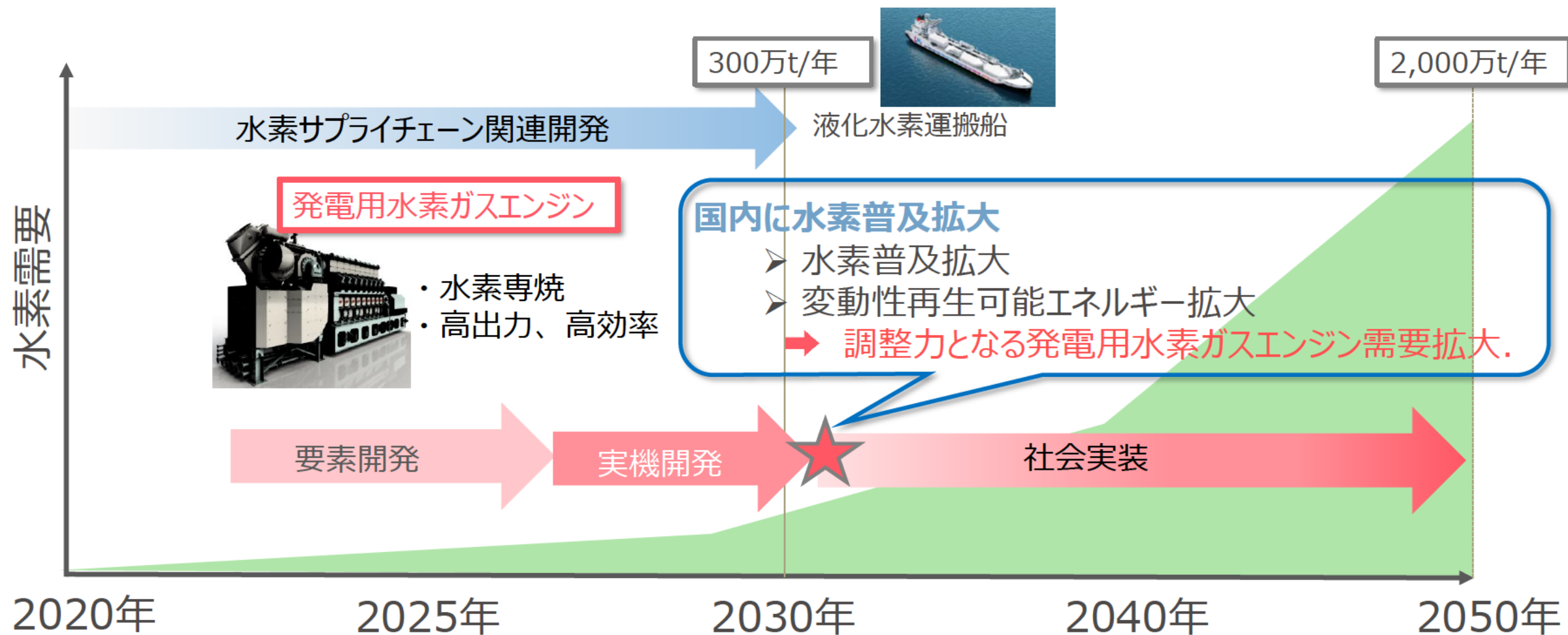
* CCUS : Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage (二酸化炭素回収・有効利用・貯留)

※「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。



1. 事業の位置付け・必要性

- 陸上発電用として、クラス世界最高の効率と優れた負荷追従性能を兼ね備えた天然ガスエンジン。

➡ 天然ガスエンジン開発で培った高度な燃焼技術をベースに、水素ガスエンジンを開発する。



エンジンモデル		KG-18-T
ボア x ストローク[mm]		300 x 480
シリンダ数		V型18気筒
発電出力 (kWe)	50Hz/750rpm	7,800
	60Hz/720rpm	7,500
過給方式		2段過給方式
発電端効率(%)※都市ガス13A		51.0
図示熱効(%)		> 54.0
NOx(ppm)@0% O ₂		200
運転可能範囲		30 – 100 %LD
起動から定格負荷到達まで		5min

Over
240
Units

Until 2024



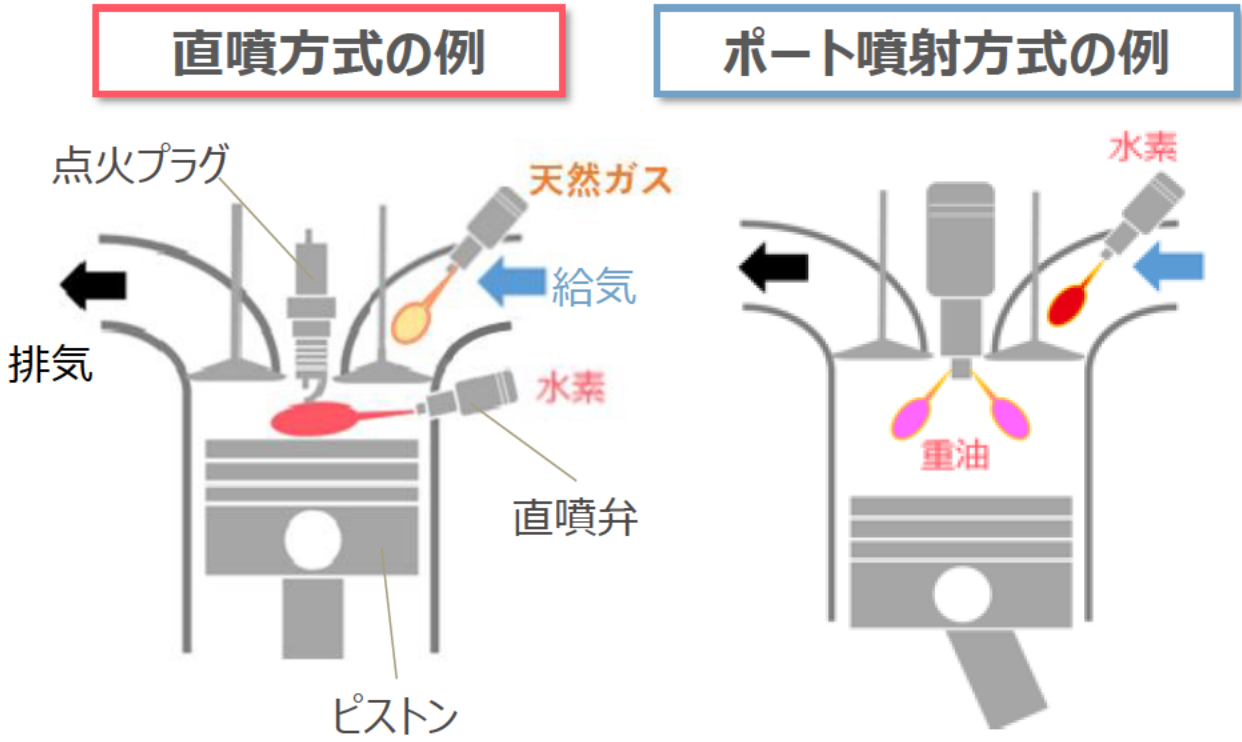
110MW 発電プラント@袖ヶ浦



シンガポールLNGプロジェクト

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。

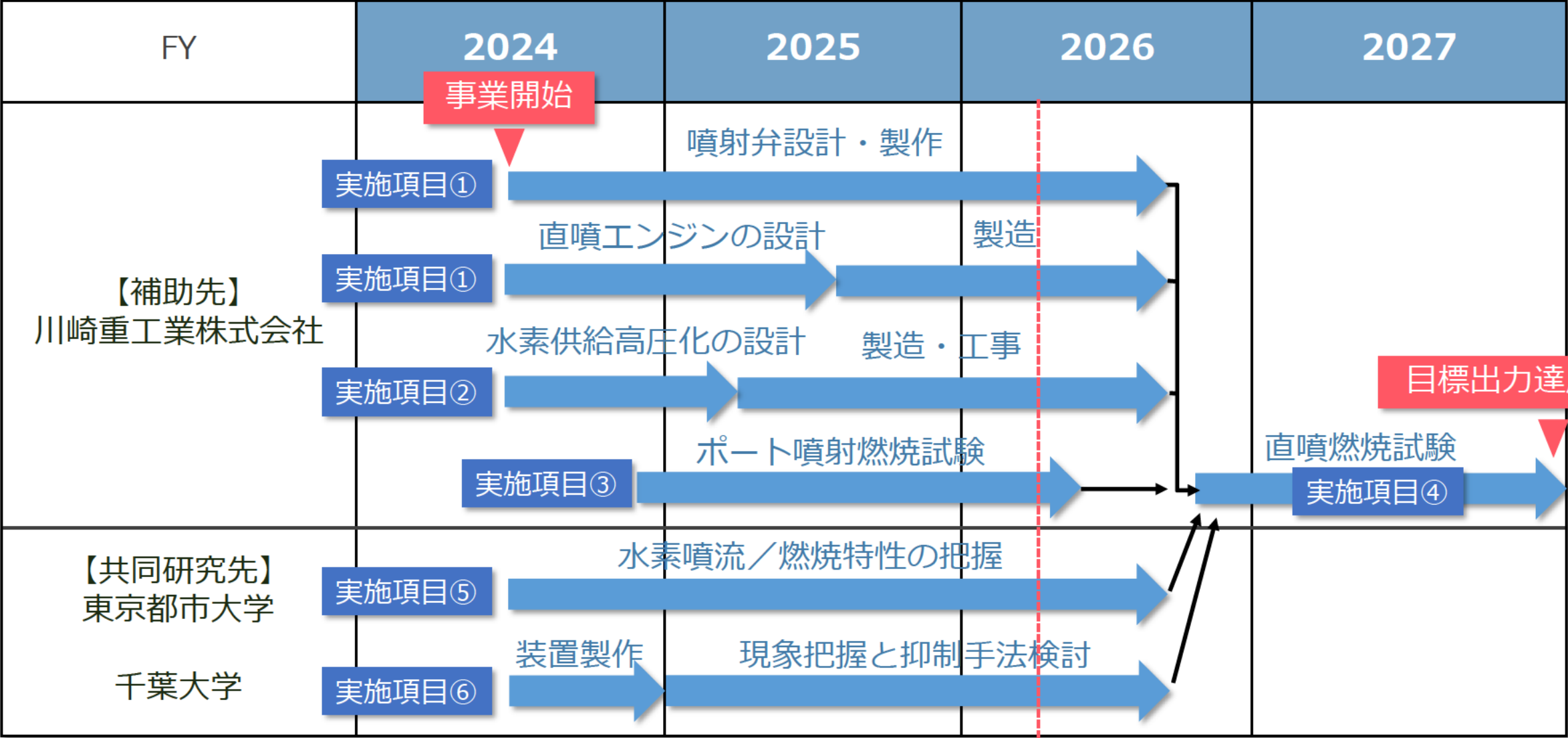


	目標
図示有効平均圧力 (出力の指標)	2.3MPa以上 (18シリンダ機で出力7.8MW相当)
燃料	水素100%（主目標） ／水素・天然ガス併用 ／天然ガス100%
着火方式	火花点火方式
燃料供給方式	直噴方式とポート噴射方式の併用
発電効率 (実機換算)	45%以上

【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

【補助先】



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

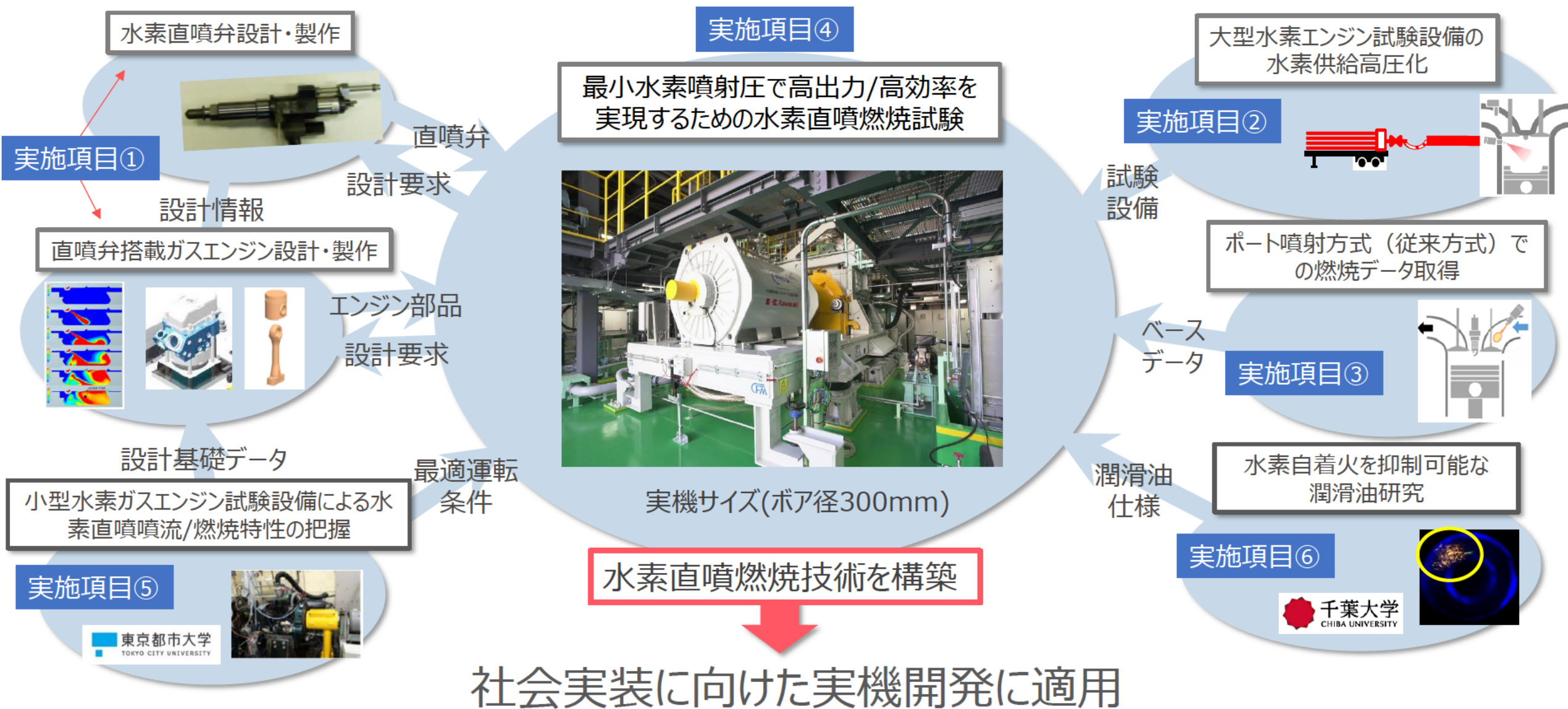
基礎データ



- 水素自着火を抑制可能な潤滑油の研究

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

- 本補助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

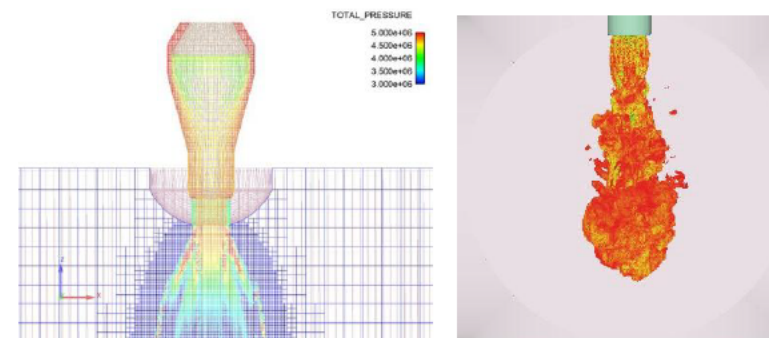
実施項目①：水素直噴弁/直噴弁搭載エンジンの設計・製作

- ✓ 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詳細設計が完了し製造に着手。
- ✓ 上記噴射弁仕様と、実施項目⑤の成果に基づき、エンジン長納期部品の詳細設計が完了。

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
エンジン搭載性	△	○
水素噴射率	△	○
応答性	○	△
制御性	○	△

数値流体解析による水素噴流解析



エンジンの設計検討

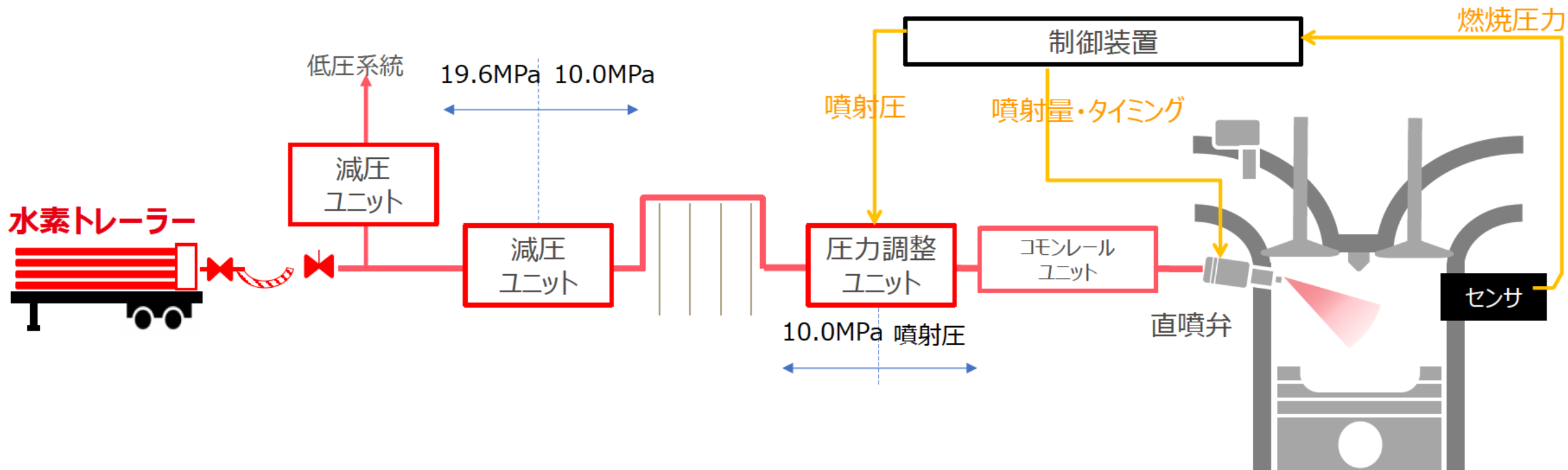


3. 研究開発成果について：大型水素エンジン試験設備の水素供給高圧化

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

- ✓ エンジン直近を除く主要な水素供給系統の詳細設計が完了し、計装品発注や製造に着手。

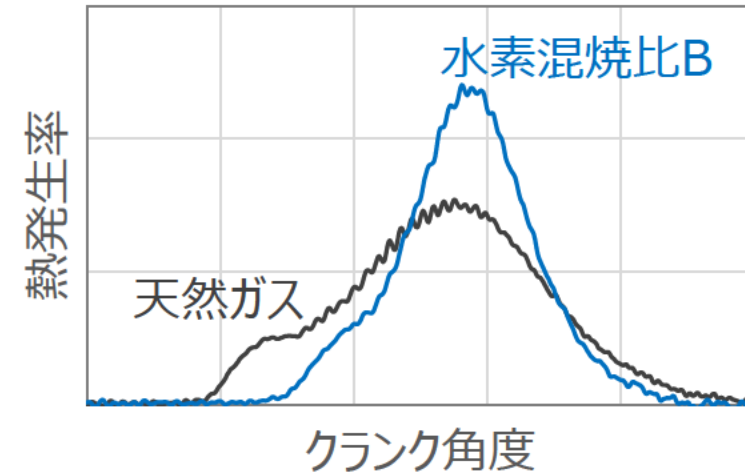
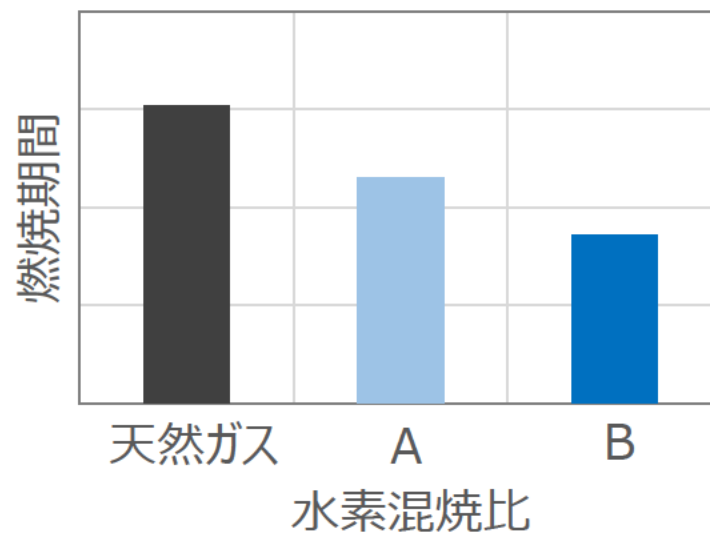
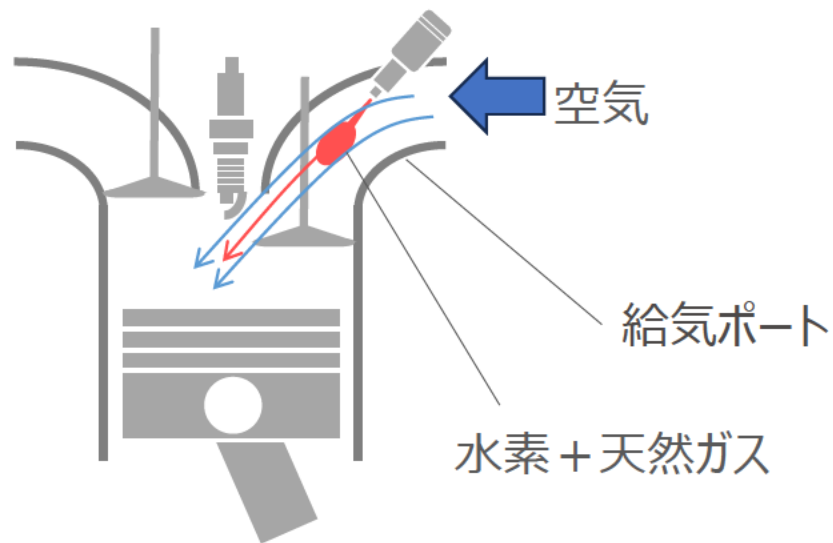
高圧水素供給系統の構築



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

- ✓ ポート噴射方式にて、水素直噴方式のベースデータとなる定格負荷／水素混焼比拡大試験を完了。



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）

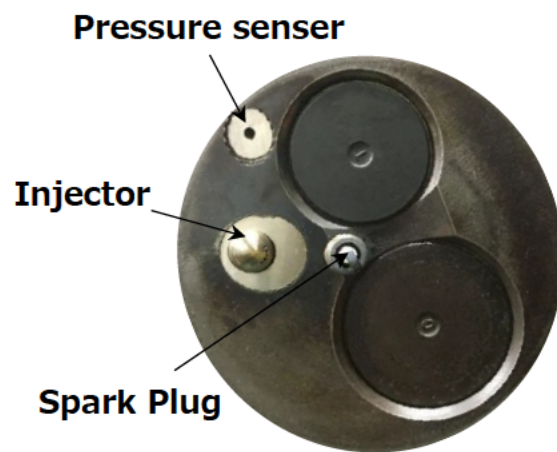
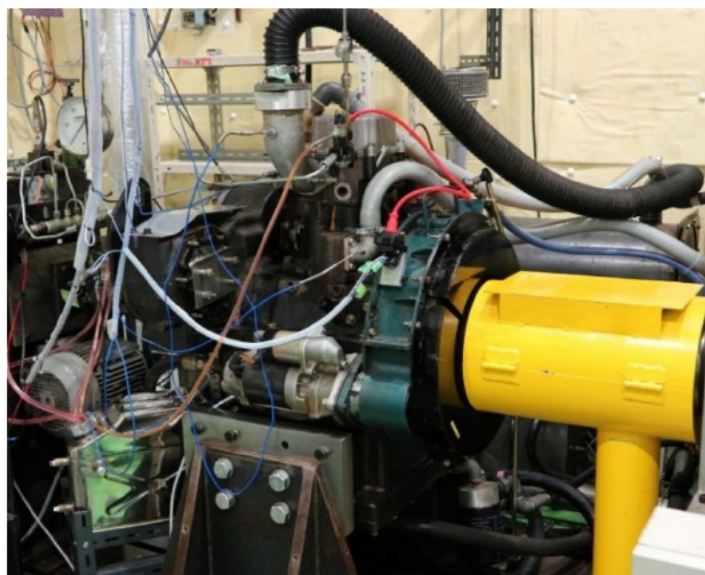
実施項目⑤：小型水素直噴ガスエンジン試験

大型エンジン試験設備での燃焼試験に先行し、小型水素ガスエンジン試験設備で効率的に知見を獲得。



- ・ 燃焼室形状や水素直噴弁仕様などが燃焼特性に与える影響を把握。
- ・ その定性的傾向をエンジン設計や大型水素ガスエンジン試験設備での試験計画に反映。

小型水素ガスエンジン試験設備による水素噴流/燃焼特性の把握



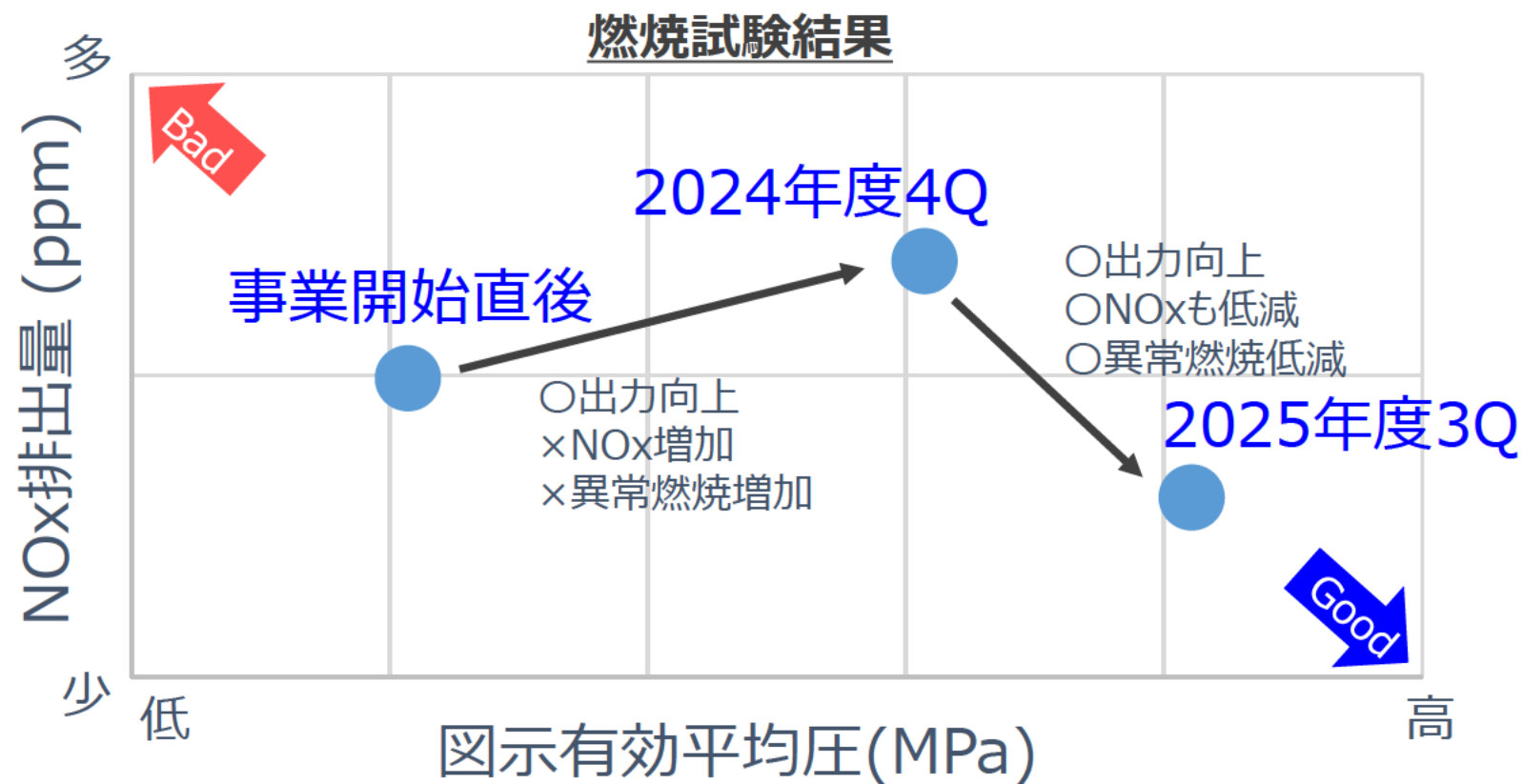
Item	Specification
Engine Displacement (ml)	1054
Bore × Stroke (mm)	108 × 115
Swirl Ratio (-)	2.2
Number of Valves	2
Cooling System	Water Cooled
Ignition System	Spark Ignition

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）

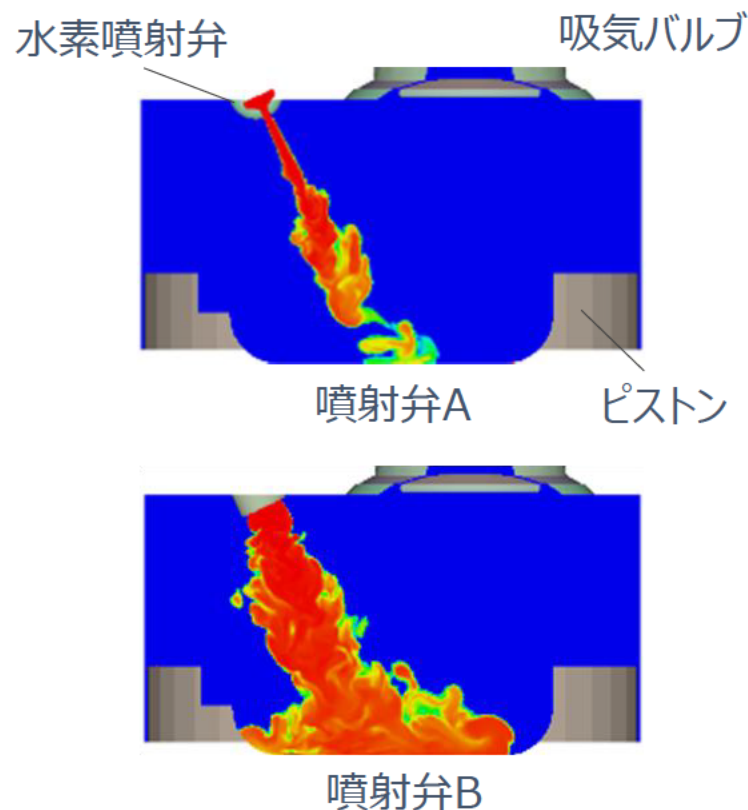
実施項目⑤：小型水素直噴ガスエンジン試験

- ✓ 燃焼室形状や運転条件の最適化により、高出力と低NOx排出量を両立できる事を確認完了。
- ✓ 大型エンジンの燃焼部品設計にも本成果を反映。

小型水素ガスエンジン試験設備による水素噴流/燃焼特性の把握



CFD解析の一例

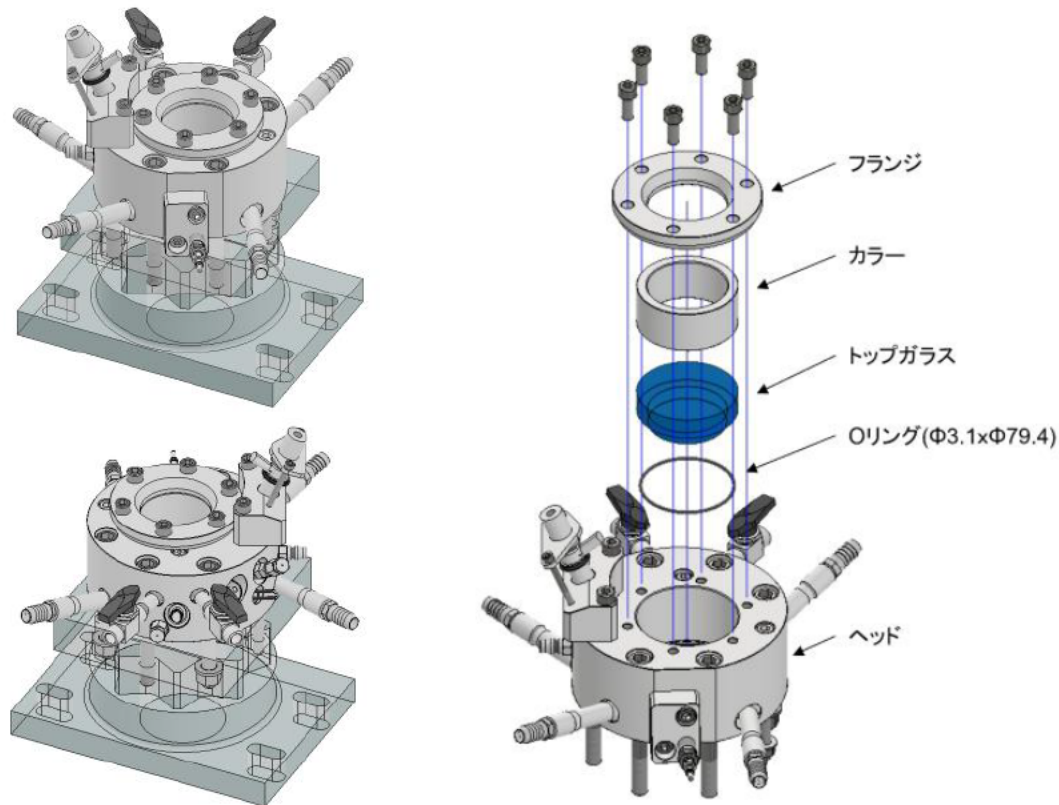
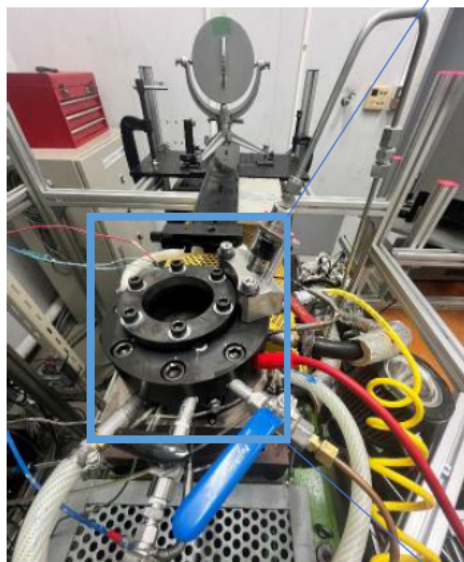


3. 研究開発成果について：水素自着火を抑制可能な潤滑油研究（千葉大学との共同研究）

実施項目⑥：水素自着火を抑制可能な潤滑油研究

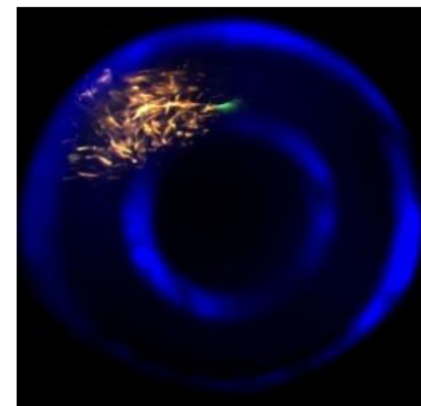
潤滑油起因の水素自着火現象解明と潤滑油仕様検討

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

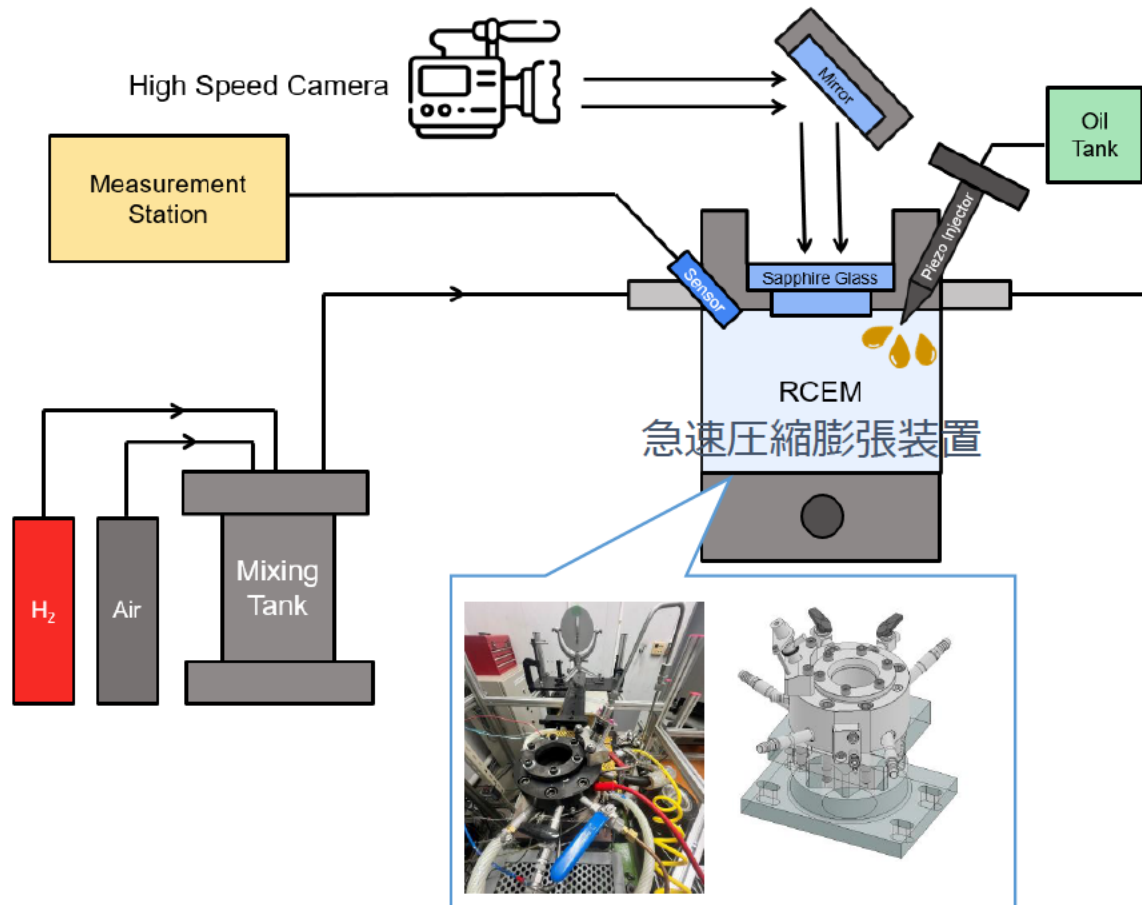
3. 研究開発成果について：水素自着火を抑制可能な潤滑油研究（千葉大学との共同研究）

実施項目⑥：水素自着火を抑制可能な潤滑油研究

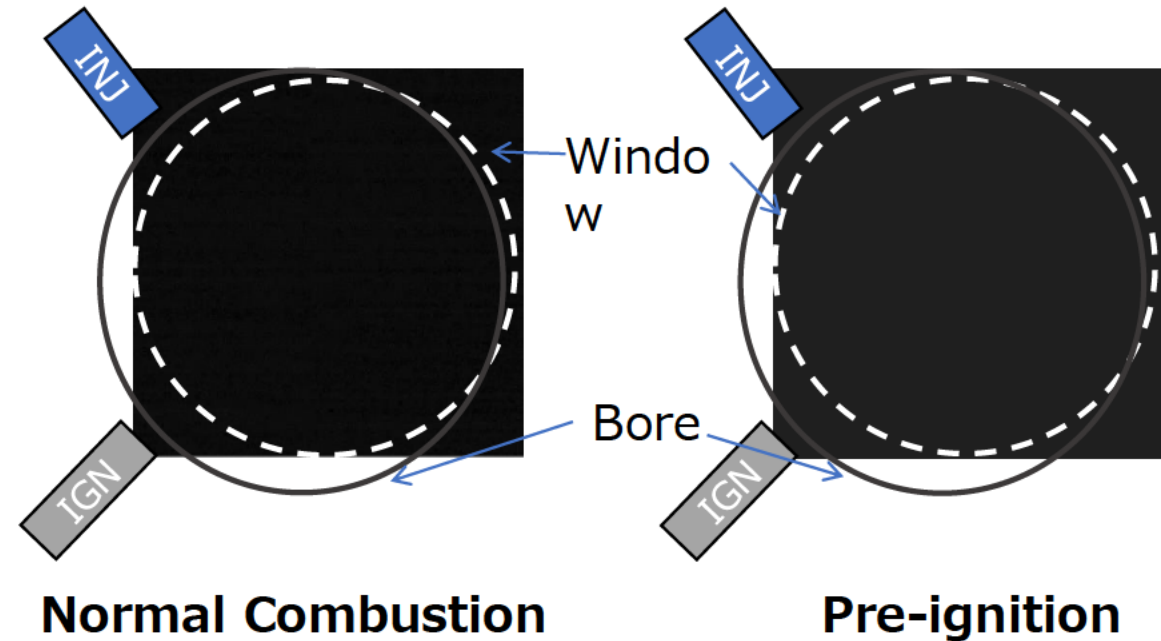
- ✓ 試験設備の構築を完了し、成分の異なる複数の潤滑油で自着火特性の比較評価試験を実施中。

潤滑油起因の水素自着火現象解明と潤滑油仕様検討

潤滑油による自着火試験装置



潤滑油自着火の可視化結果の一例



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・設備の選定や詳細設計は完了し、製造に着手.
- 2025年度計画していたベースデータ取得は予定通り完了.

【今後の見通し】

- 直噴弁、エンジン部品の製造を完了し、2026年度4Qに部品集結予定.
- 2026年度4Qに水素直噴による燃焼試験開始予定.
- 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.

【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.