

2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No. H1-9

水素利用等先導研究開発事業 大規模水素利用技術の研究開発 水素専焼対応型Dry Low NOx高温ガスタービンの研究開発

齊藤 圭司郎
三菱日立パワーシステムズ株式会社
三菱重工業株式会社
2019年7月18日

連絡先

・三菱日立パワーシステムズ株式会社

URL: <https://www.mhps.com/jp>

・三菱重工業株式会社

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

事業概要

1. 期間

開始 : 平成28年6月

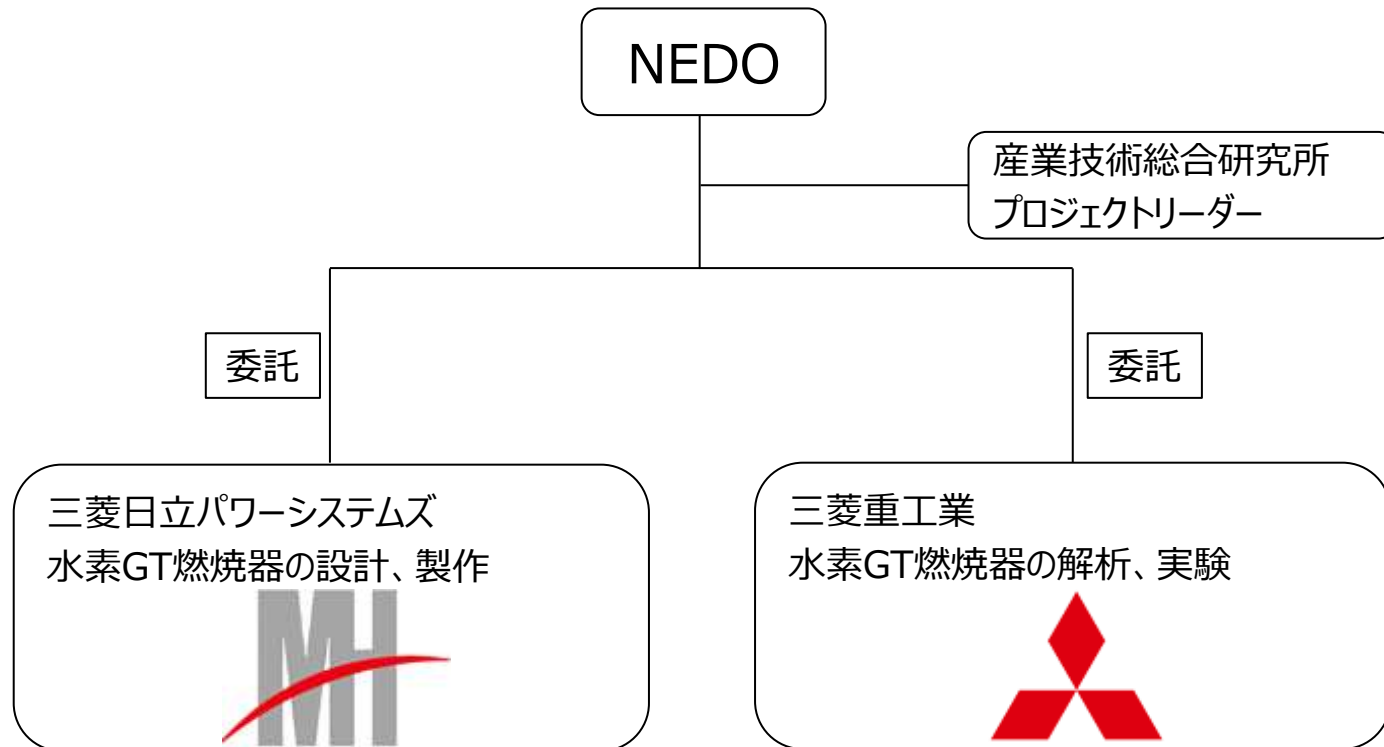
終了(予定): 令和2年2月

2. 最終目標

実施項目	最終目標 (2019年度)
①単孔ノズルの解析・検証	・フラッシュバックを生じない構造を設計する ・流速・燃料濃度が計画値に対し許容範囲内
②縮小モデルバーナの解析・検証	・CC効率60%条件でNOx50ppm以下 ・パージアウト性能の確認
③大型ガスタービンむけクラスタバーナの構造成立性検討	基礎設計の完了
④燃焼振動抑制の検討	燃焼安定形状の検討

3. 成果・進捗概要

水素専焼(100%)燃焼器の開発を目的に、開発・検証を実施中。
NOx計測が可能な燃焼試験装置を製作した上、縮小モデルバーナで水素専焼時の燃焼特性を確認し、火炎温度に対するNOx(15%O₂換算)特性を確認することが出来た。目標定格条件においてNOxは50ppm(15%O₂換算)を下回る見込みである。
一方で、抽出した課題に対して、更なるモデルバーナの改良を実施する。



水素・燃料電池ロードマップでは2030年時点**30万t/年**、将来的には**500～1000万t/年**の水素を発電利用する戦略が示されている。

アクションプランのポイント③<その他水素利用・グローバルな水素社会実現>

赤字は新規目標等

水素利用先の拡大のため、市場の開拓・深掘り／グローバルな水素社会実現のため、日本リードの国際連携

目指すべきターゲット		ターゲット達成に向けた取組	
水素利用	発電	<ul style="list-style-type: none">● 2030年頃の水素発電の商用化に向けた技術の確立<ul style="list-style-type: none">✓ 既設火力発電での水素混焼発電の導入条件明確化✓ 2020年までに水素専焼発電での発電効率向上（26%→27%） ※1MW級実証機	<ul style="list-style-type: none">● 限界混焼率、事業性等に関するFSS調査の実施● 高効率な燃焼器等の開発
	産業	<ul style="list-style-type: none">● 将来的なCO₂フリー水素の活用● 経済合理性の見通しが得られたプロセスから順次CO₂フリー水素の利用を検討	<ul style="list-style-type: none">● 各産業プロセスにおけるCO₂フリー水素の活用・供給ポテンシャル調査の実施● カーボンリサイクル技術の実用化に向けた検討
	定置用燃料電池	イネファーム <ul style="list-style-type: none">● 2020年頃の自立化、2030年までに530万台● 2020年頃までにPEFC型80万円、SOFC型100万円を実現● 2030年頃までに投資回収年数を5年とする 業務・産業用燃料電池 <ul style="list-style-type: none">● 2025年頃に排熱利用も含めたグリッドパリティの実現 （低圧：機器50万円/kW、発電コスト25円/kWh） （高圧：機器30万円/kW、発電コスト17円/kWh）● 発電効率、耐久性の向上 （2025年頃に55%超→将来的には65%超） （9万時間→2025年頃に13万時間）	<ul style="list-style-type: none">● 既築・集合住宅などの市場の開拓● 電気工事の簡素化に向けた規格整備の検討● セルスタックの高効率化・高出力密度化等の技術開発● セルスタック等の劣化原因の解消に向けた技術開発
	社会実現・国民理解等	<ul style="list-style-type: none">● 水素関係会議で発表した東京宣言の実現を図る✓ 基準や規制の標準化やハーモナイゼーションの促進✓ 国際的な共同研究開発の推進✓ 水素利用のポテンシャル調査✓ 水素受容性向上のための教育・広報活動の推進	<ul style="list-style-type: none">● 米・独・仏等との規制の比較、事故情報の共有● 日本のサプライチェーン実証の成果共有による直隷国の巻き込み● 2020年オリパラ、2025年大阪万博等のあらゆる機会を促し、最先端水素技術を発信● 革新的な技術開発の実施

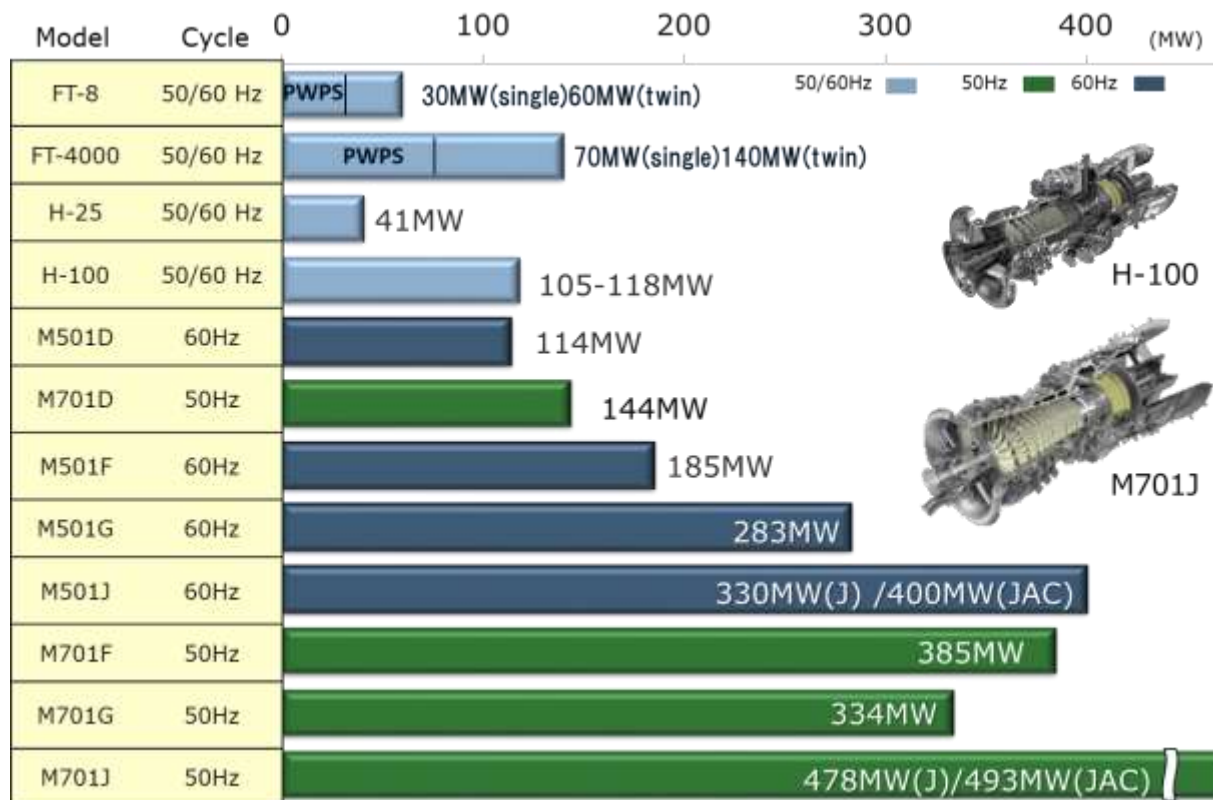
【水素基本戦略における記載（抄）】

- 実際の社会実装に当たっては、水素は天然ガス火力での混焼も可能であることから、導入初期は既設の天然ガス火力における混焼発電を中心に、小規模なコージェネレーションシステム等における水素混焼も含め、導入拡大を図っていく。
- また、特に水素の燃焼特性に応じた燃焼器の開発が不可欠である。拡散燃焼方式や予混合燃焼方式など、従来の火力発電で実績のある燃焼器を水素混焼発電に転用するための研究開発や技術実証については、既に一定の取組が進められている一方、NO_xの低減や発電効率の向上といった技術課題に対応していく。更に、将来的に水素専焼発電を実現するためには、NO_x値の低減、高い発電効率、高濃度な水素混焼などを同時に達成可能とする新たな燃焼技術の早期の実用化を目指す
- 水素発電については、国際的な水素サプライチェーンとともに、2030年頃の商用化を実現し、その段階で17円/kWhのコストを目指す。そのために必要となる水素調達量として、年間30万t程度を目安とする（発電容量で1GW程度に相当）。更に、将来的には環境価値も含め、既存のLNG火力発電と同等のコスト競争力の実現を目指す。そのために必要となる水素調達量として、年間500万～1,000万t程度を目安とする（発電容量で15～30GW程度に相当）。
- 水素発電の導入に当たっては、電力システム改革が進展中での経済性確立に向けた制度設計等の検討を進める。また、水素発電が有する環境価値を顕在化し、評価・認定、取引可能にしていくことが重要であり、他の制度設計に係る議論を注視しつつ、省エネ法における水素利用の位置づけを明確化する、あるいは高度化法における非化石電源として水素発電を位置づけるといったことを含め、実態も踏まえながら検討を進める。

出典：経済産業省、水素・燃料電池ロードマップ、2019年3月

国内の天然ガス焼き発電所の水素焼き**混焼**転換により、2030年時点の水素消費量目標を、更に水素サプライチェーンの構築に応じて**専焼**に転換していくことで将来目標の達成が可能。

MHPSガスタービン ラインナップ



M501J型 (60Hz) GTCC 580MW級の水素消費量での試算

水素20vol.%混焼	1.4t/時間	11,900t/年	×31台*	37万t/年 ≡ 2030年時点目標
水素100vol.%専焼	21.7t/時間	190,400t/年		590万t/年 ≡ 将来目標

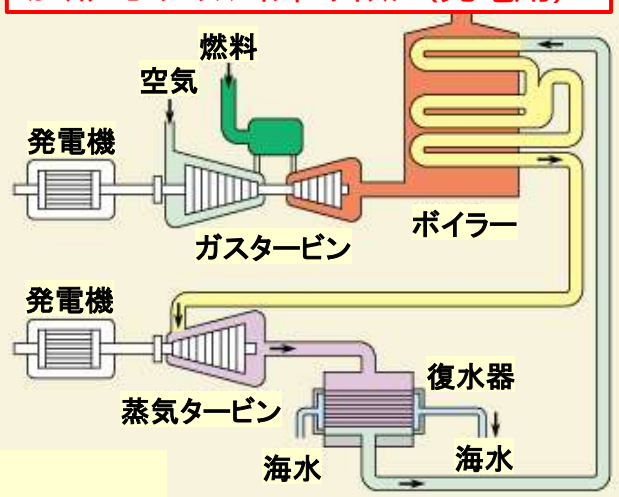
*MHPS 国内納入GTCC (G/J/F型, 効率60%級) 31台試算

水素発電の利点

①. 高効率・大量利用（需要喚起）

- 大型GTCCは水素を効率よく発電利用することが可能
- 大容量の需要を喚起することで、インフラ構築に貢献

ガスタービンコンバインドサイクル（発電用）



[GT]
 ・燃焼温度
 1600℃級主流
 ・出力
 500MWクラス

燃料エネルギーの
 60%を電気に変換

コジェネシステム（熱供給）



[GT]
 ・燃焼温度
 1200℃級主流
 ・出力
 1～20MWクラス

燃料エネルギーの
 30%を電気に変換
 (+50%を蒸気利用)

②. 低純度水素への適合

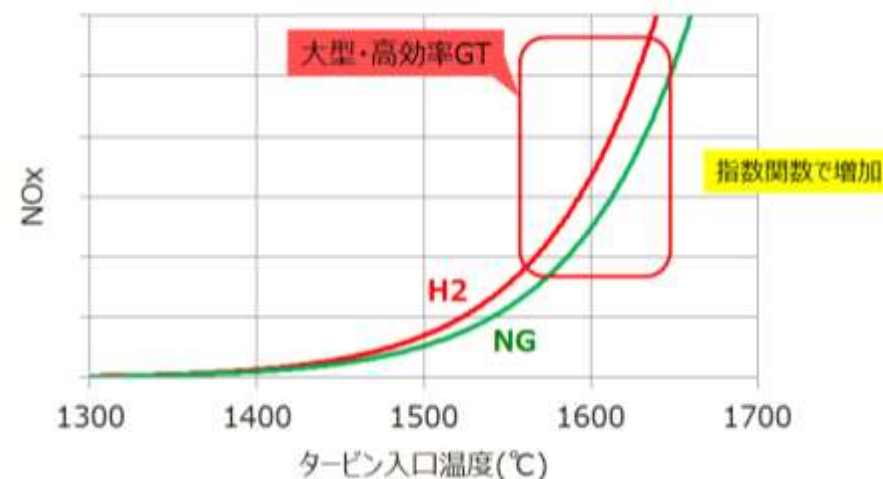
- GTは燃料電池車と比べ、低純度な水素（不純物）への適合性が高く燃料コスト低減に貢献可能

	当社GT燃料標準規格	水素燃料規格(ISO-14687-2より)
総HC	上限なし	2ppm
二酸化炭素	4%(40,000ppm)	2ppm
硫黄化合物	0.5%(5,000ppm)	0.004ppm
ホルムアルデヒド	規定なし ※	0.01ppm
ギ酸	規定なし ※	0.2ppm
アンモニア	規定なし ※	0.1ppm

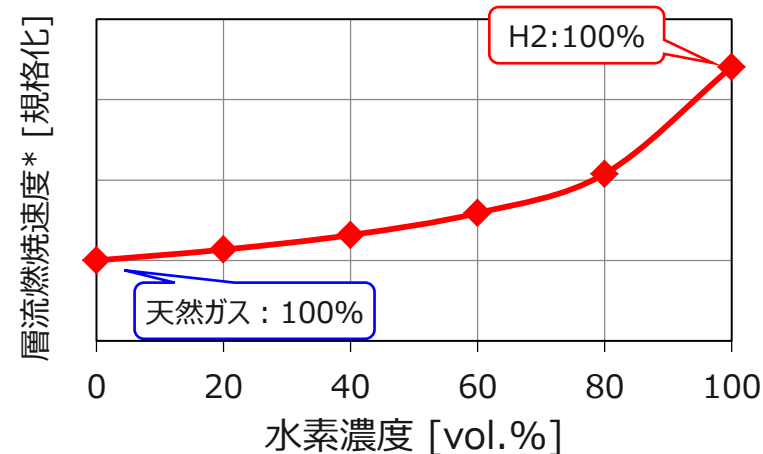


- トレードオフ関係にある多種性能を全て満足する技術開発が必要
- 水素は天然ガス（主成分：メタン）よりも燃焼速度が速い
- 水素は火炎伝播速度が速いため、**逆火（フラッシュバック）**のリスクが増大

技術課題への対応



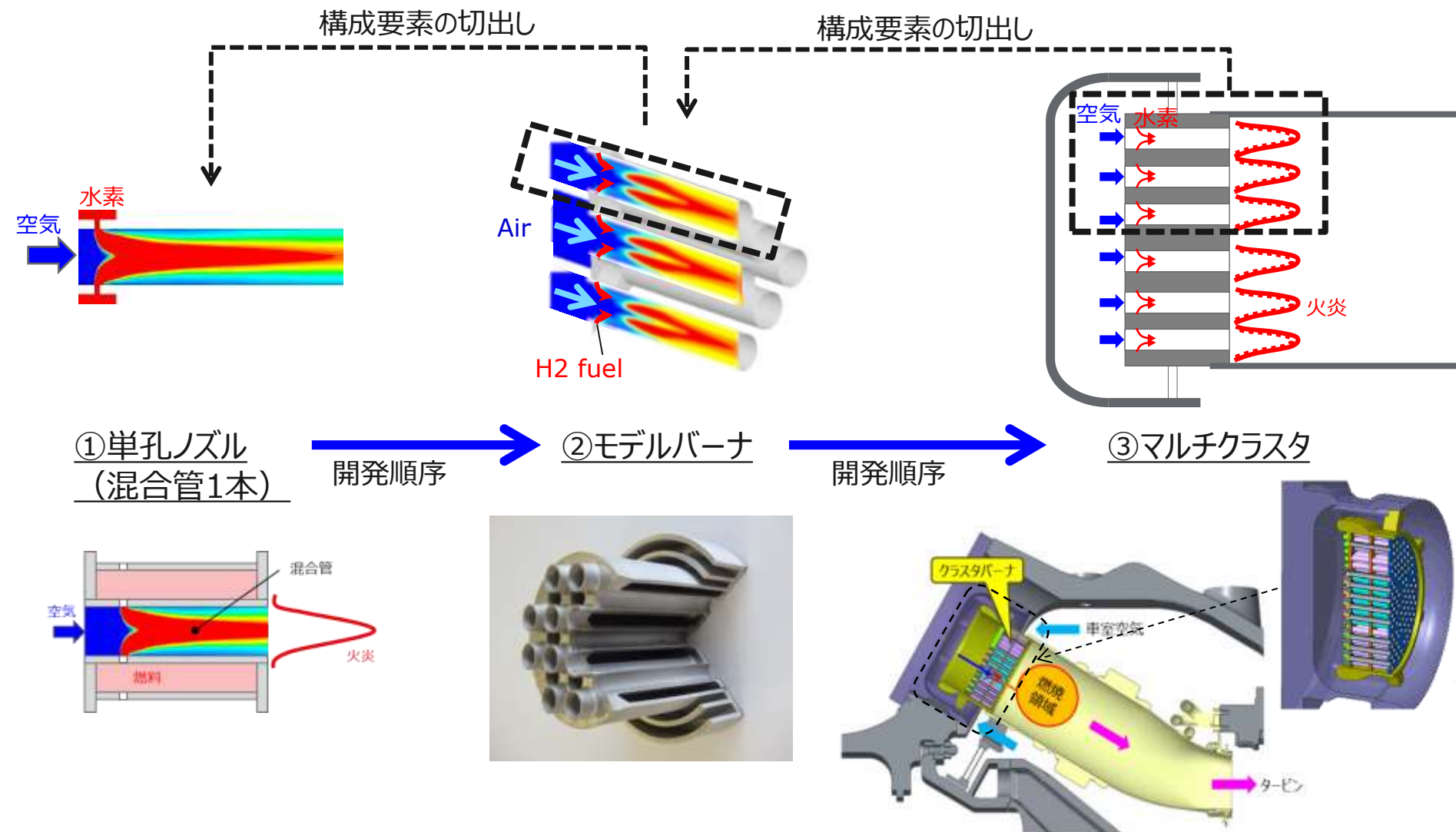
※冷却空気割合は一定、滞留時間10ms仮定、GRI3.0計算



*GRI3.0により計算

水素専焼燃焼器の開発

- 燃料と空気を分散して燃焼させる「クラスタバーナ」を採用
- クラスタバーナは切り出しモデルで設計や検証が可能



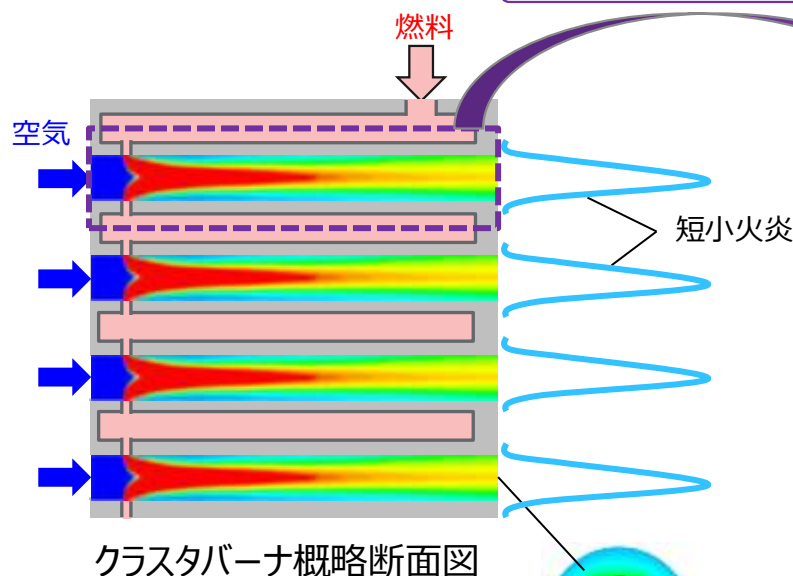
水素専焼クラスタバーナコンセプト（１）

- 低NO_x性能とフラッシュバック（FB）耐性を両立させる必要がある。
- 水素燃料濃度分布に対して次の指標で評価する。

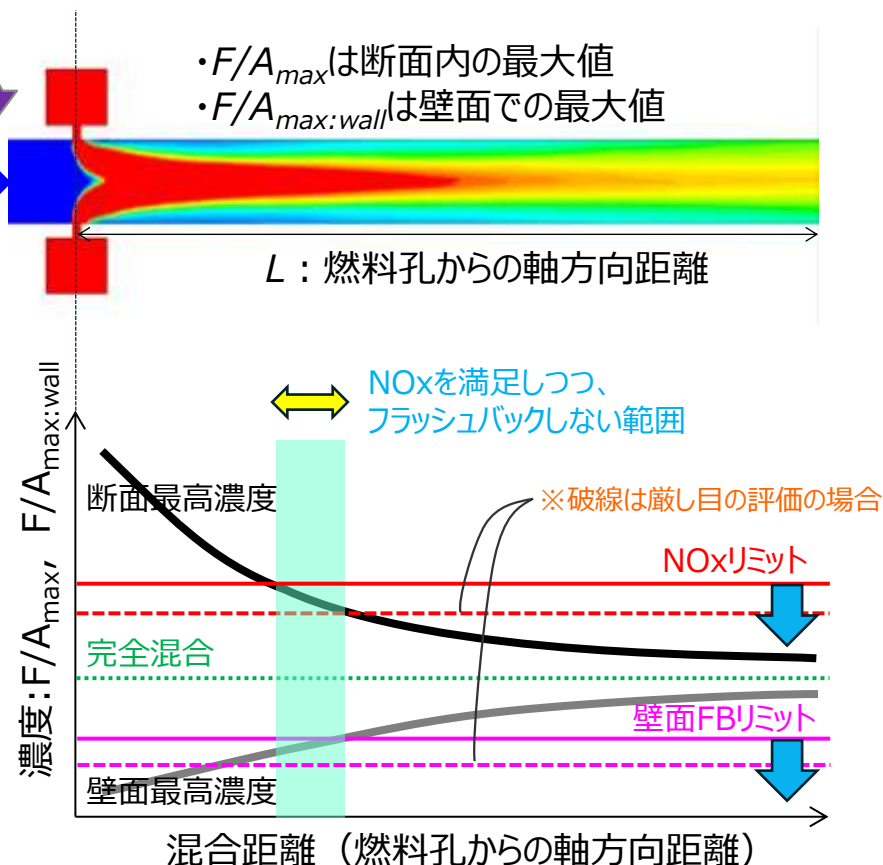
低NO_x性能・・・断面内濃度の最大値

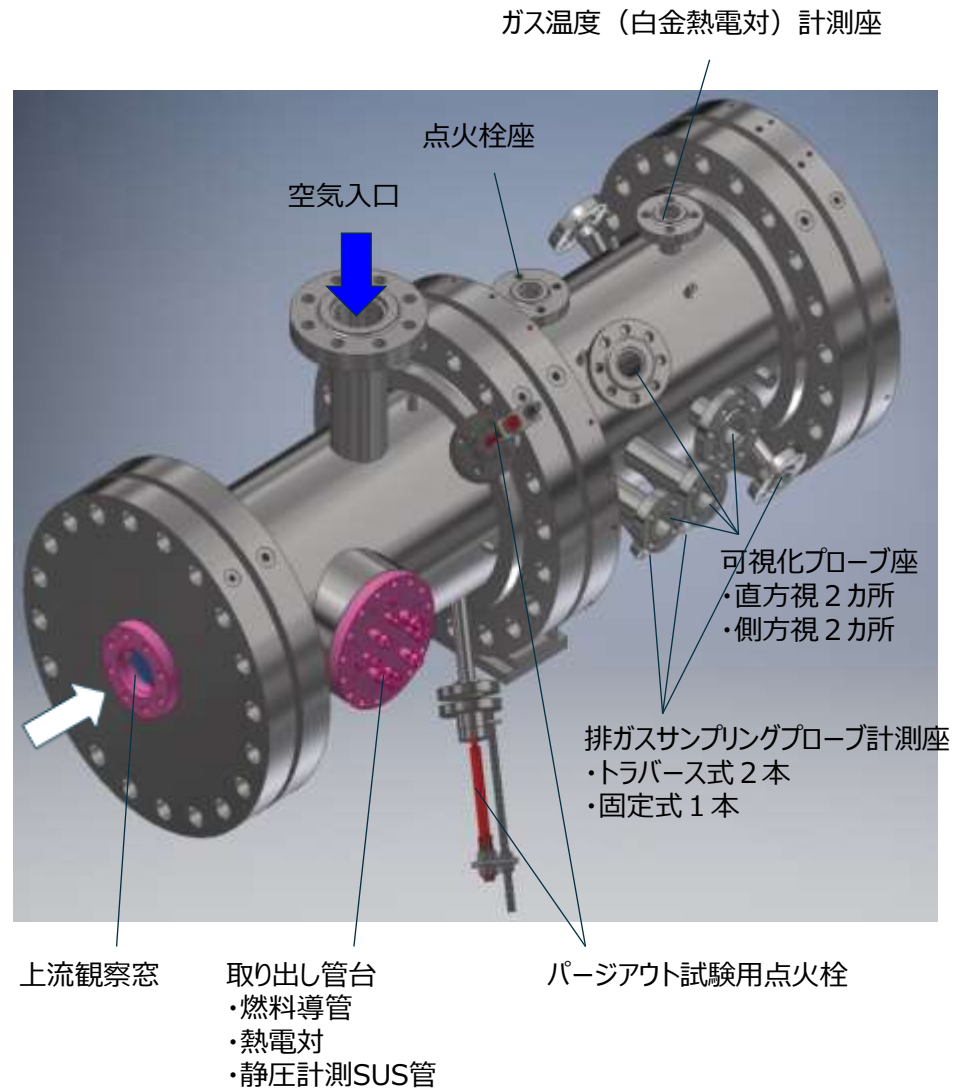
壁面FB耐性・・・壁面濃度の最大値

単孔ノズルから設計する



クラスタバーナは単孔ノズル（混合管）ごとに独立した短小火炎となるため、混合管の燃料濃度分布が燃烧特性（特にNO_x）に対して重要となる。





No.	実施項目	最終目標 (2019年度)	成果内容	自己 評価
①	単孔ノズルの解析・検証	<ul style="list-style-type: none"> ・フラッシュバックを生じない構造の設計 ・流速・燃料濃度が計画値に対し許容範囲内 	単孔ノズル形状を検討し、壁面フラッシュバック耐性に問題ないことを確認	○
②	縮小モデルバーナの解析・検証	<ul style="list-style-type: none"> ・CC効率60%条件でNOx50ppm(15%O2換算)以下 ・パーミアウト性能の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・フラッシュバックの発生無く、目標定格条件にてNOx50ppmを下回る見込み ・安定運用範囲を拡大するため、今後更なるモデルバーナを改良 	○ (継続中)
③	大型ガスタービンむけクラスタバーナの構造成立性検討	基礎設計の完了	クラスタバーナノズルの基礎設計を完了し、燃焼器ノズル部計画図、燃焼器全体の計画図を作成	○ (継続中)
④	燃焼振動抑制の検討	燃焼安定形状の検討	シングルクラスタバーナ適用時に発生しうる燃焼振動を対象に、数値解析等により形状パラメータの感度・安定燃焼可能なバーナ形状を検討	2019年度実施

◎：大幅達成、○：達成、△：一部達成、×：未達

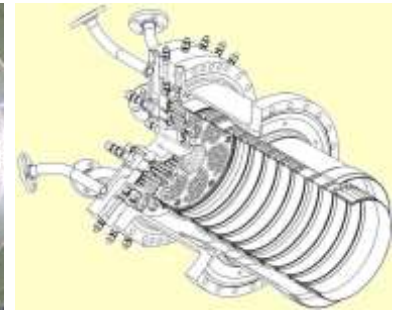
◆研究開発の進捗管理

	2016年度		2017年度		2018年度		2019年度	
	完了数	設定件数	完了数	設定件数	完了数	設定件数	完了見込数	設定件数
年度課題数	2	2	5	5	4	4	3	3
累計課題数	2	2	7	7	11	11	14	14
完了率(年度)(%)	100%		100%		100%			
完了率(累計)(%)	100%		100%		100%			

◆知的財産権の戦略

	出願日	出願番号	発明の名称	出願人
①	2017年4月28日	特願2017-090705	燃料噴射器及びガスタービン 概略：基板への強制冷却空気導入	三菱日立パワーシステムズ株式会社
②	2017年11月30日	特願2017-231143	燃料噴射器、燃焼器、及びガスタービン 概略：基板のMTフィン化	三菱日立パワーシステムズ株式会社
③	2018年3月26日	特願2018-058233	燃焼器及びそれを備えるガスタービン 概略：混合管上流から燃料噴射	三菱日立パワーシステムズ株式会社
④	2019年1月31日	特願2019-015574	バーナ及びこれを備えた燃焼器及びガスタービン 概略：旋回方向に燃料噴射	三菱日立パワーシステムズ株式会社

- ・ 当社は2024年の設計完了を目標に開発を進めていますが、オランダ/Magnum発電所での計画に見られるように海外ではより早い段階での技術ニーズがあり、最短での市場投入に向け、開発に取り組んでいます。



MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**