

2024年度 電気事業者向け NEDO火力発電技術開発 成果発表会

アンモニア専焼バーナを活用した火力発電所における 高混焼実機実証

2024年 12月 17日

エナジードメイン
SPMI事業部 技術部

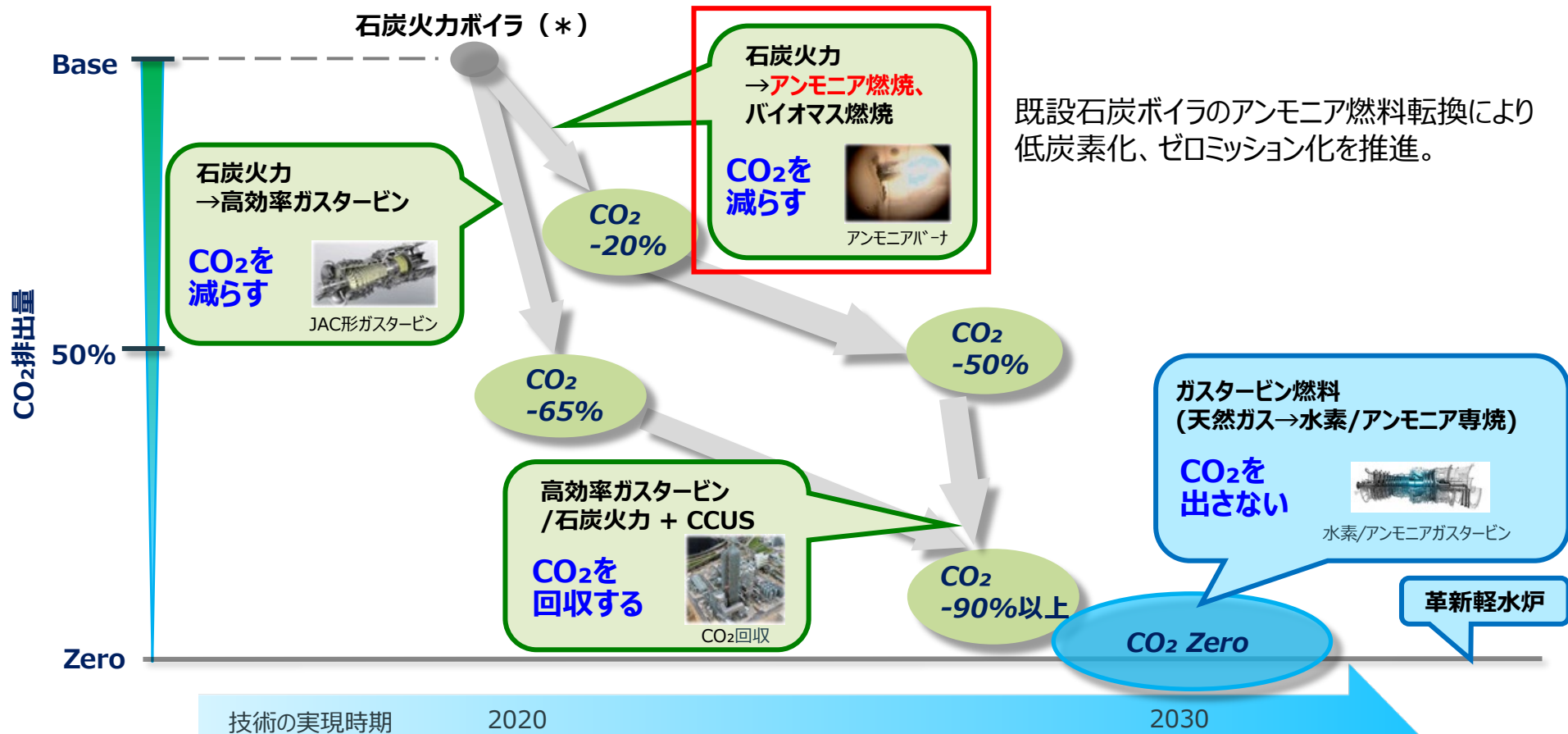
三菱重工業株式会社

1. ゼロエミッション発電ロードマップ
2. アンモニア専焼バーナ開発コンセプト
3. アンモニア専焼バーナ試験状況
4. まとめ

- 1. ゼロエミッション発電ロードマップ**
2. アンモニア専焼バーナ開発コンセプト
3. アンモニア専焼バーナ試験状況
4. まとめ

ゼロエミッション 発電

- 火力発電の脱炭素化を実現するには、CO₂を「減らす」・「回収する」・「出さない」の道筋がある。
- 国内では、非効率火力フェードアウト後も存続する既設石炭ボイラのアンモニア燃料転換により、低炭素化を推進。
- アジア諸国では、石炭火力に頼らざるを得ない国々もあり、低炭素化へ向けてアンモニア燃料転換ニーズあり。



(*) : 亜臨界圧石炭燃焼ボイラCO₂排出量を基準

1. ゼロエミッション発電ロードマップ
- 2. アンモニア専焼バーナ開発コンセプト**
3. アンモニア専焼バーナ試験状況
4. まとめ

燃料アンモニアの 特徴と 利用時の考慮点

【特徴】

- 燃焼時に二酸化炭素を排出しないカーボンフリー燃料。
- 直接燃焼あるいは水素化し、発電用燃料に使用可能。
- 水素含有率が高く、比較的容易に液化可(輸送に向いている)。
- 既存の製造、輸送、貯蔵のインフラ技術が利用可能。

【考慮点】

- N分が多く含まれており、燃焼時のNOx生成が懸念される。
- 発熱量が低くかつ燃焼速度が遅く、着火性、火炎安定性の確保が課題。
- 有毒性があるため法規、安全対応の考慮が必要。

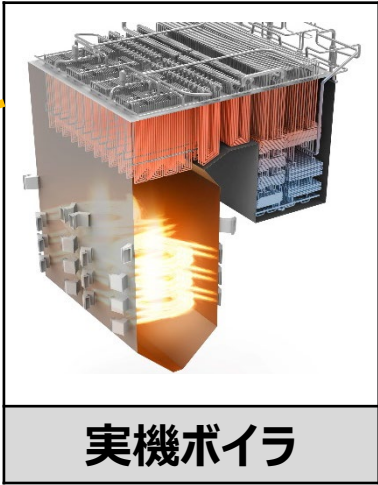
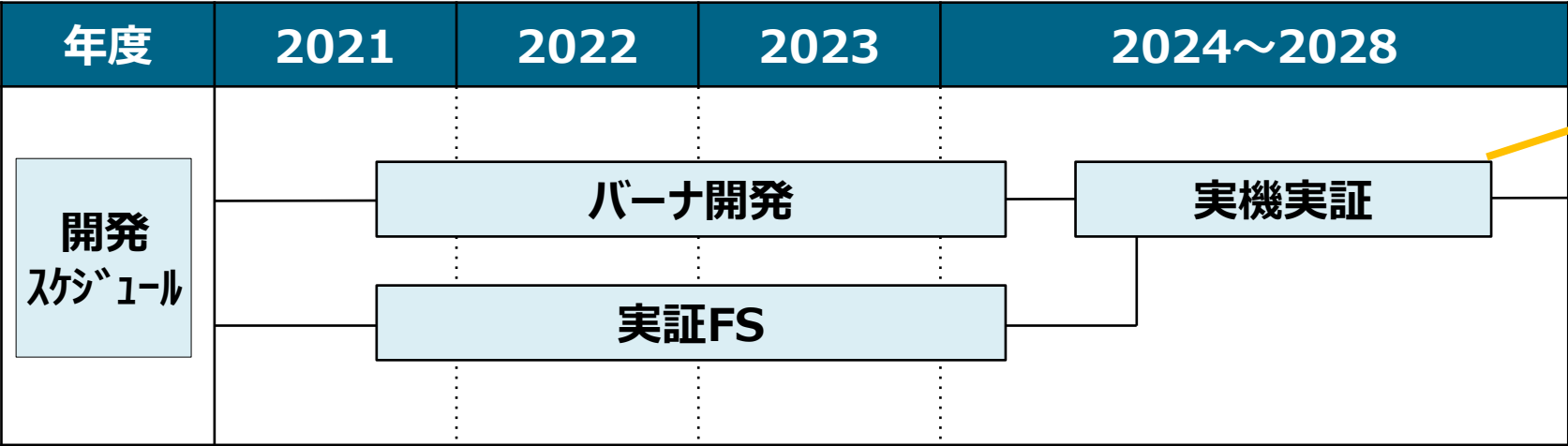


写真：液体アンモニア(25℃, 1MPa)

名 称	アンモニア	水素	LNG	瀝青炭	ボイラ燃料としての考慮点
組 成	NH ₃	H ₂	主にCH ₄	-	
飽和蒸気圧 (MPa@25℃)	0.85	-	24.9	-	容易に液化
沸点 (℃@0.101MPa)	-33	-253	-160	-	
高位発熱量 (MJ/kg)	22.5	142	54.4	26.0	
最大燃焼速度 (cm/sec)	7	291	37	-	安定着火の確保が課題
N分含有量(wt%,単位重量当り)	82.3	0	0	1.5	NOxの増加の懸念

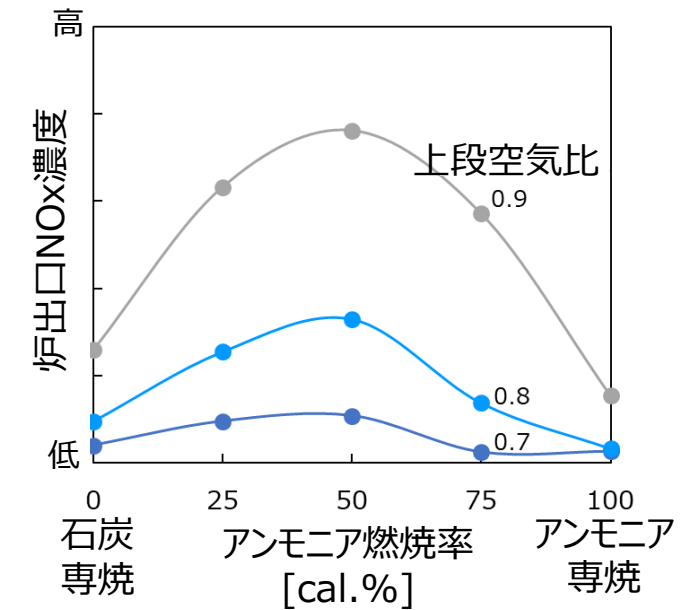
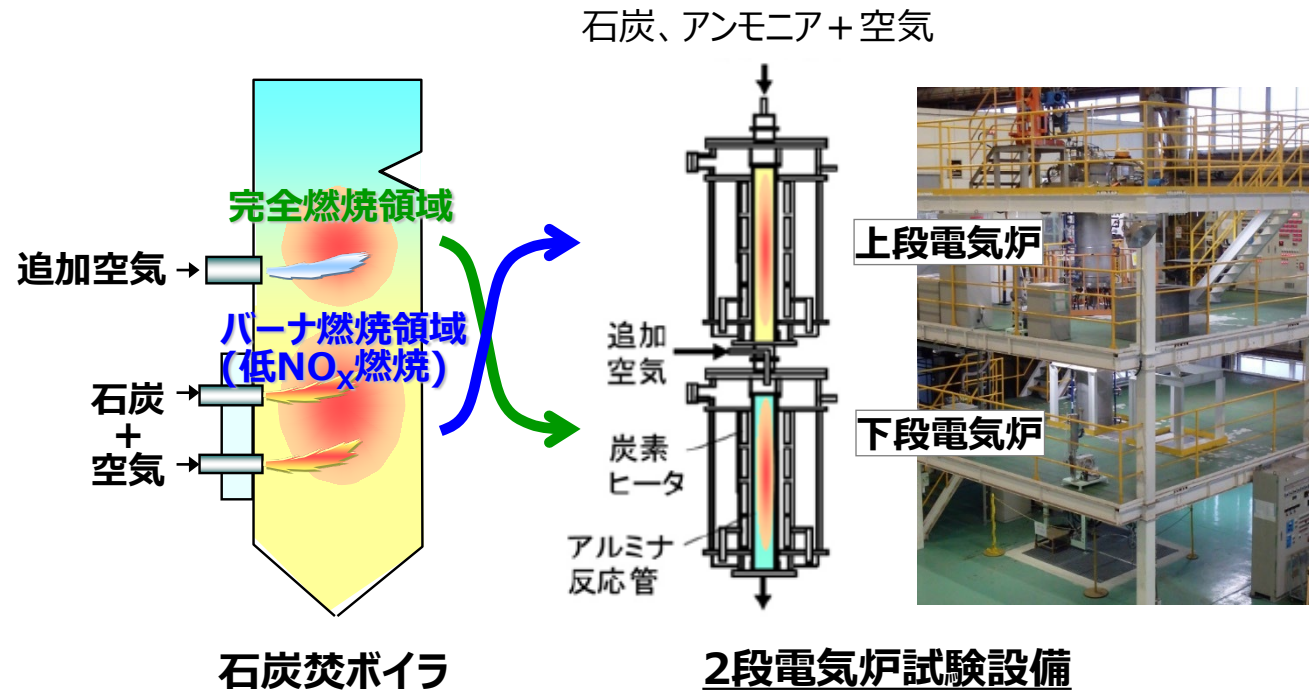
開発 スケジュール

- GI基金事業「燃料アンモニアサプライチェーンの構築プロジェクト」で、株式会社JERA様と共同で石炭焚ボイラにおけるアンモニア高混焼技術の開発・実証に取り組み中。
- 旋回と対向の二つの燃焼方式に対して、アンモニア燃焼バーナの開発を実施。
- 2021～2024年度：アンモニア専焼バーナの開発と50%以上混焼の実機実証FS
- 2024～2028年度：実機実証



基礎試験炉 燃焼試験

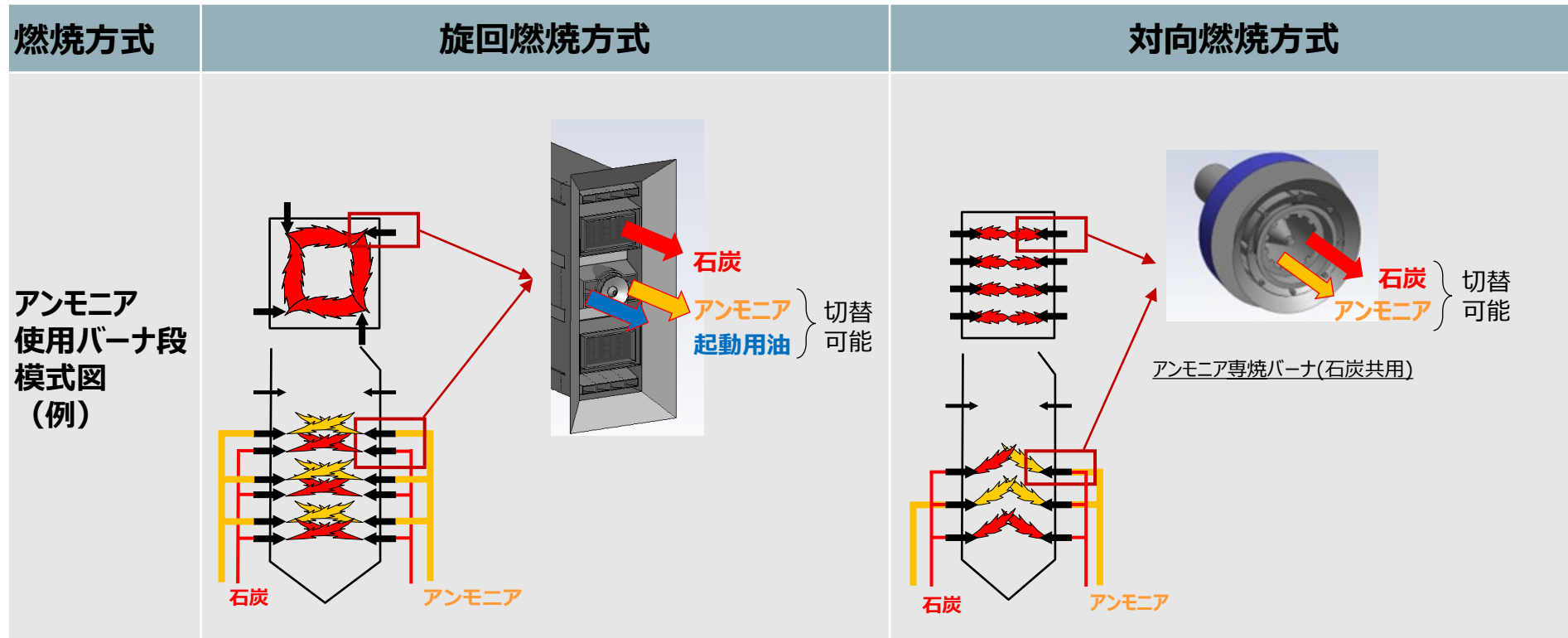
- 2 段電気炉 (DTF) 試験 (アンモニアと石炭と空気を完全混合) では、アンモニア燃焼率に応じて NO_x が大きく変化し、50% 燃焼付近で NO_x ピーク。
- 石炭・アンモニアをそれぞれ独立 (専焼) のバーナで燃焼させれば、それぞれの燃料に応じて空気比の適正化が容易であり、アンモニア燃焼割合を高めた場合にも NO_x 抑制が可能。



アンモニア燃焼率と NO_x 生成の関係

高比率燃焼 コンセプト

- 石炭専焼運転とアンモニア高比率燃焼の切替が可能。
- 50cal%以上の高比率燃焼を実現するために、アンモニアバーナと石炭バーナをそれぞれ独立(専焼)のバーナとし配置。専焼バーナの運用段数とバーナターンダウンを併せて、燃焼割合を変化させる方法を採用。



備考) アンモニア燃焼比率50cal%とする際のバーナ段配置例であり、全6段のうち3段分の石炭バーナをアンモニア専焼バーナに置き換えることを示している。

1. ゼロエミッション発電ロードマップ
2. アンモニア専焼バーナ開発コンセプト
- 3. アンモニア専焼バーナ試験状況**
4. まとめ

バーナ開発 ステップ

- 要素試験にて、アンモニアの基礎的な着火特性、排ガス特性データを取得し、バーナコンセプトを考案。
- 小スケールのバーナから段階的にスケールアップして、性能検証。
- 実機のマルチバーナ体系は、シミュレーションにて性能評価。実機改造案の性能検証と最適化を実施。

アンモニア着火
基礎特性把握



0.5t/h炉
バーナ燃焼試験



4t/h炉
バーナ燃焼試験



実機評価
(CFD)



噴流着火試験設備



2段電気炉

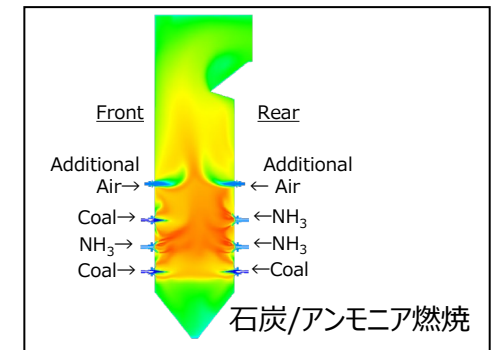
- 着火機構の詳細、燃焼特性データを取得。



- 小型でハンドリングの良い0.5t/h炉にて、バーナ形状を絞り込み。



- 大型の4t/h炉にて実機同等スケールバーナの性能確認。



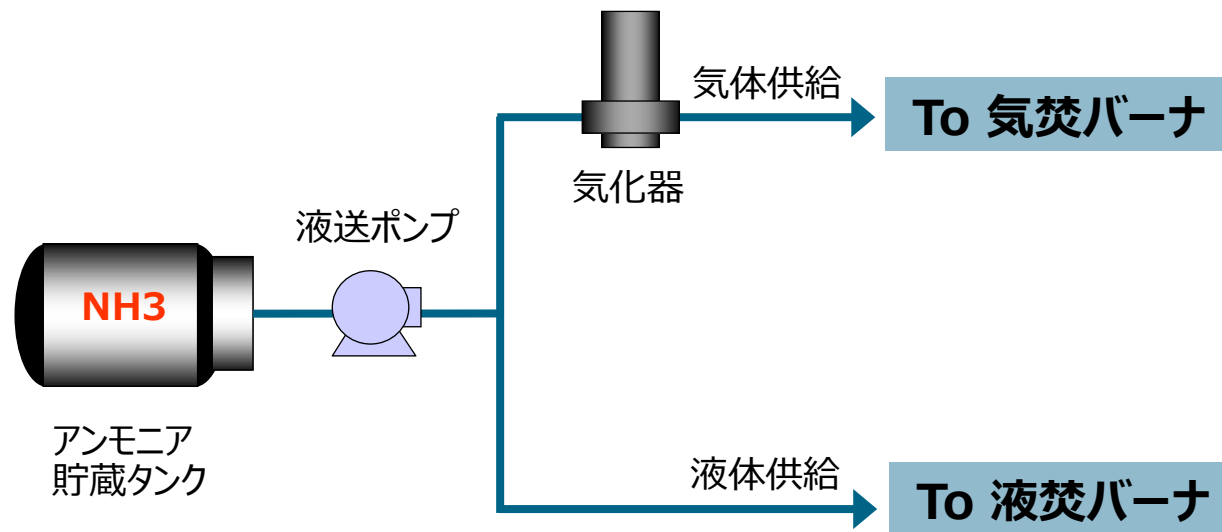
- CFDを利用し実機適用時のボイラ全体の特性を評価。

アンモニア 燃焼試験設備

- 当社保有する0.5t/h 炉及び4t/h 炉にて試験を実施。本設備では、旋回/対向両燃焼方式向けに、バーナ試験が可能。
- アンモニア混焼/専焼試験のために、燃料アンモニア貯蔵・供給設備を新規に導入。本設備は、0.5t/h炉、4t/h炉の共通設備。
- タンク内アンモニアは飽和状態であり、液送ポンプにて昇圧させ、試験炉まで液体供給が可能。また、気化器も併設しており、気相での供給も可能。



燃料アンモニア貯蔵・供給設備



※液焚と気焚の両方式のバーナ開発実施。

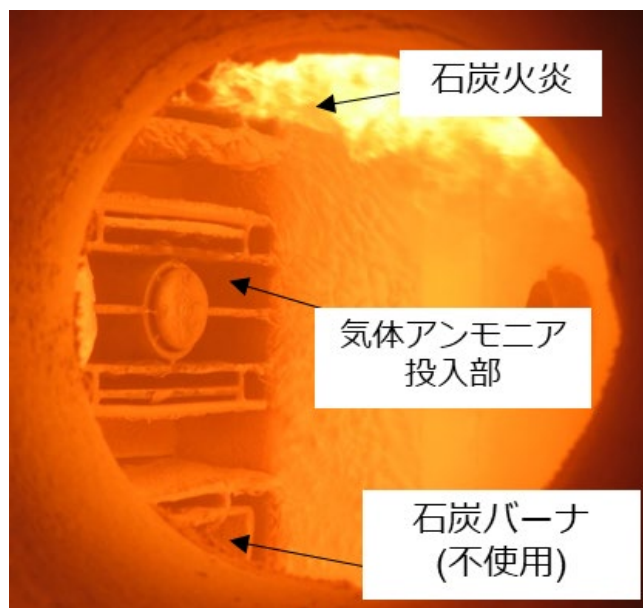
① 旋回・気焚 アンモニアバーナ燃焼試験 (0.5t/h炉)

旋回バーナ		対向バーナ	
気焚	液焚	気焚	液焚

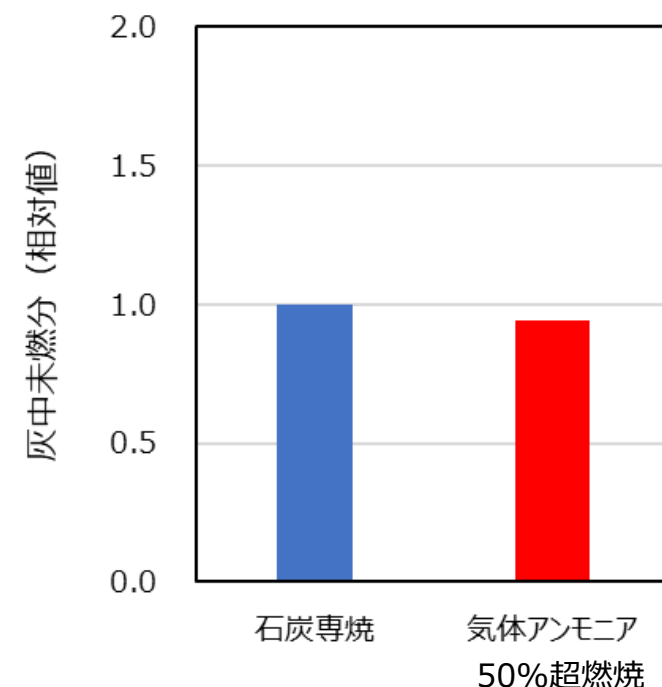
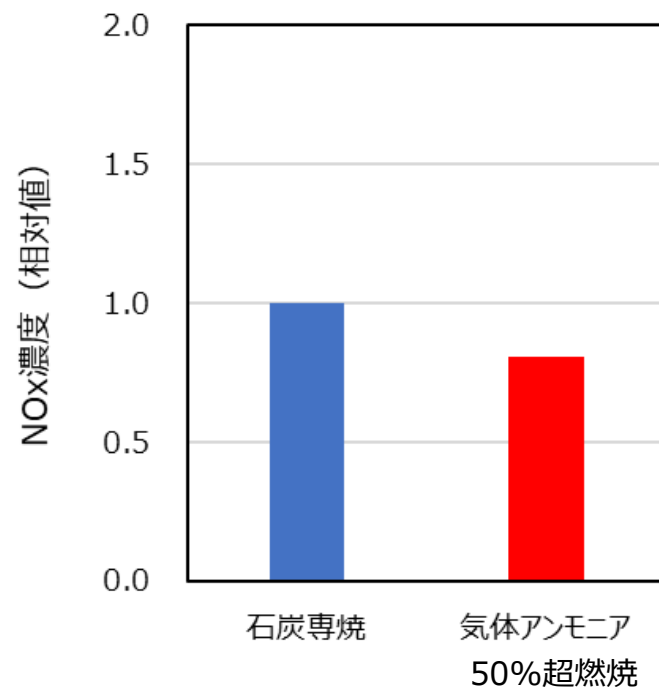


旋回・気焚 バーナ試験

- 気体アンモニアと石炭の混焼試験にて、未燃アンモニアなく安定着火、安定燃焼を確認。
- アンモニア燃焼(50cal%超)においても、石炭専焼時と同等以下の低NOx燃焼を確認。



アンモニア燃焼状況



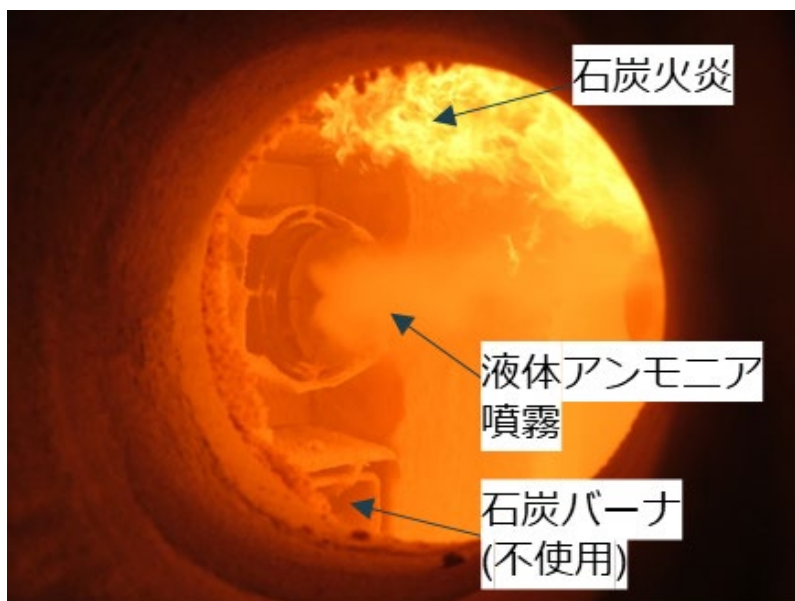
旋回燃焼バーナ 気体アンモニア燃焼試験結果 (アンモニア50cal%超燃焼)

② 旋回・液焚 アンモニアバーナ燃焼試験 (0.5t/h炉)

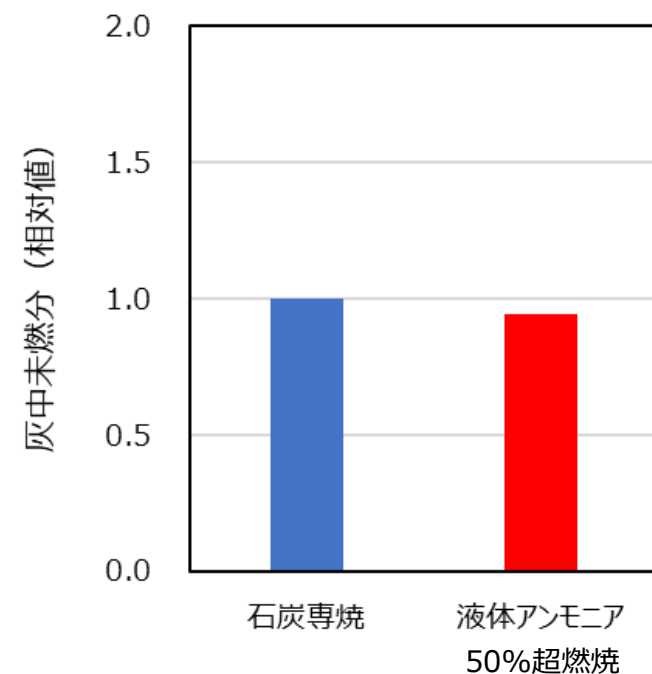
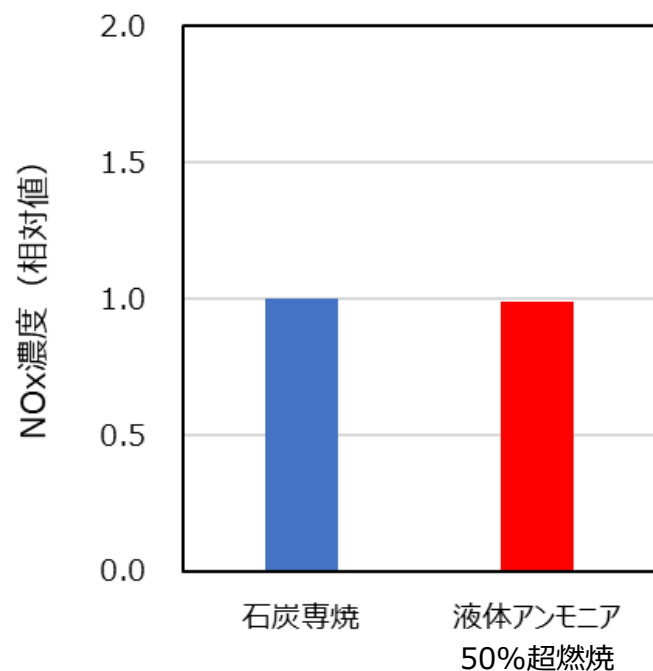
旋回バーナ		対向バーナ	
気焚	液焚	気焚	液焚

旋回・液焚 バーナ試験

- 液体アンモニアと石炭の混焼試験にて、未燃アンモニアなく安定着火、安定燃焼を確認。
- アンモニア燃焼(50cal%超)においても、石炭専焼時と同等以下の低NO_x燃焼を確認。



アンモニア燃焼状況



旋回燃焼バーナ 液体アンモニア燃焼試験結果 (アンモニア50cal%超燃焼)

③対向・気焚 ④対向・液焚 アンモニアバーナ燃焼試験 (0.5t/h炉)

旋回バーナ		対向バーナ	
気焚	液焚	気焚	液焚

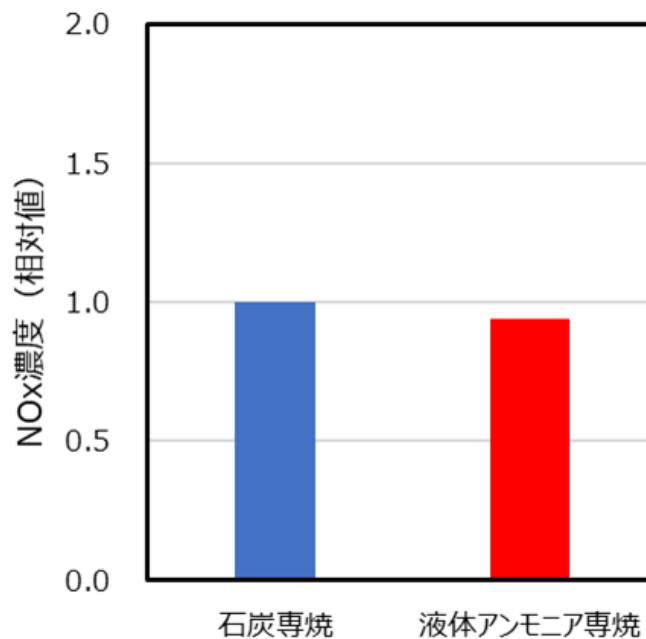


対向・気焚 /対向・液焚 バーナ試験

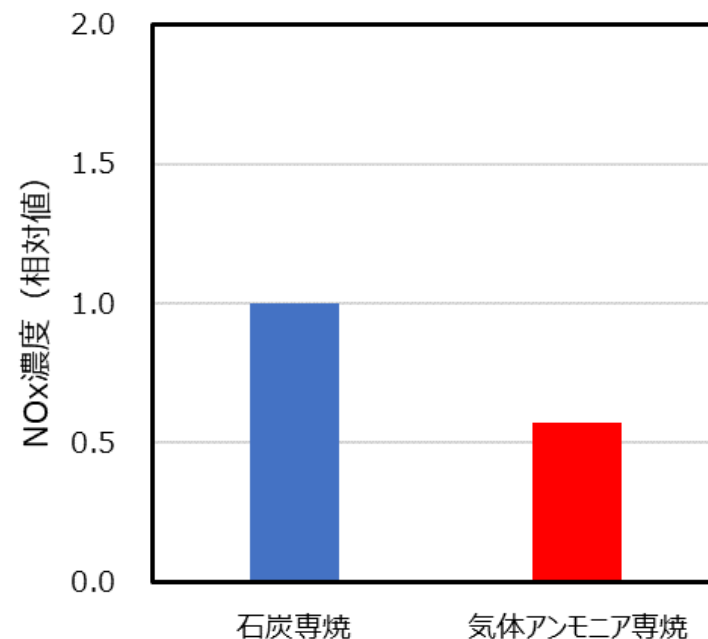
- 液体アンモニア専焼バーナおよび気体アンモニア専焼バーナ試験にて、未燃アンモニアなく安定着火、安定燃焼を確認。
- 各々アンモニア専焼時にて、石炭専焼時と同等以下の低NOx燃焼を確認。



気体アンモニア燃焼状況
(火炎は耐火材の発色と重なり
目視できない)



1) 液焚バーナ試験



2) 気焚バーナ試験

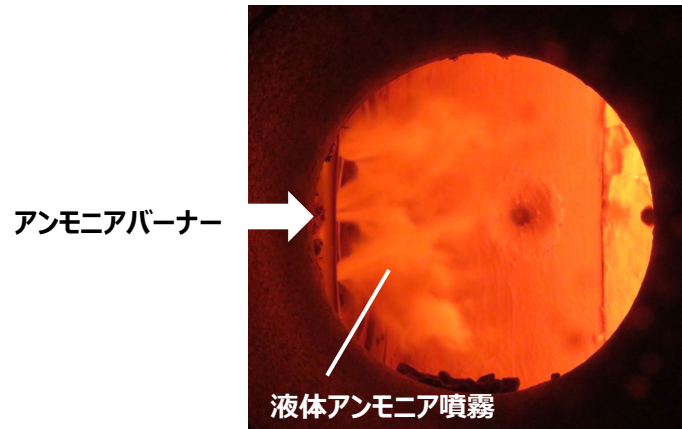
対向燃焼バーナ アンモニア燃焼試験結果 (アンモニア専焼)

④対向・液焚 アンモニアバーナ燃焼試験（4t/h炉）

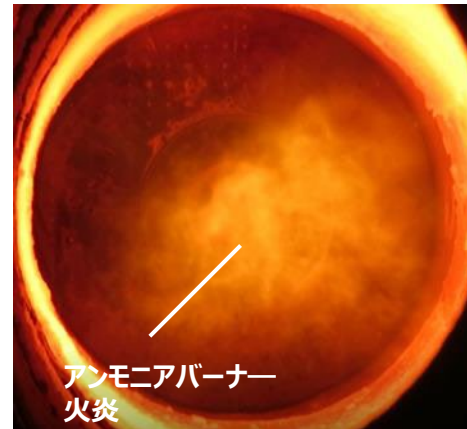
旋回バーナ		対向バーナ	
気焚	液焚	気焚	液焚

対向・液焚 バーナ試験

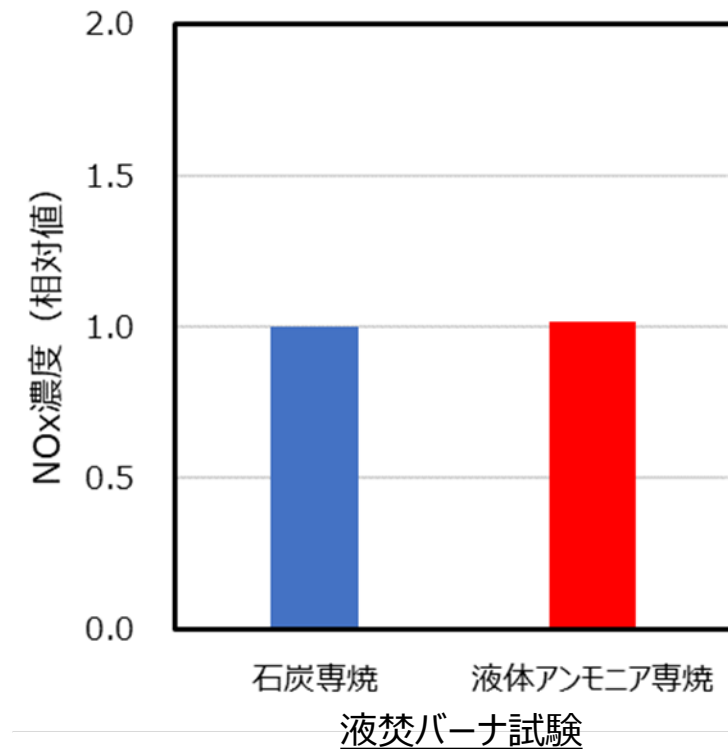
- 実機同等スケールバーナ試験での液体アンモニア専焼試験にて、未燃アンモニアなく安定着火、安定燃焼を確認。
- 石炭専焼時と同等の低NO_x燃焼を確認。



バーナ横からの火炎状況



炉後からの火炎状況



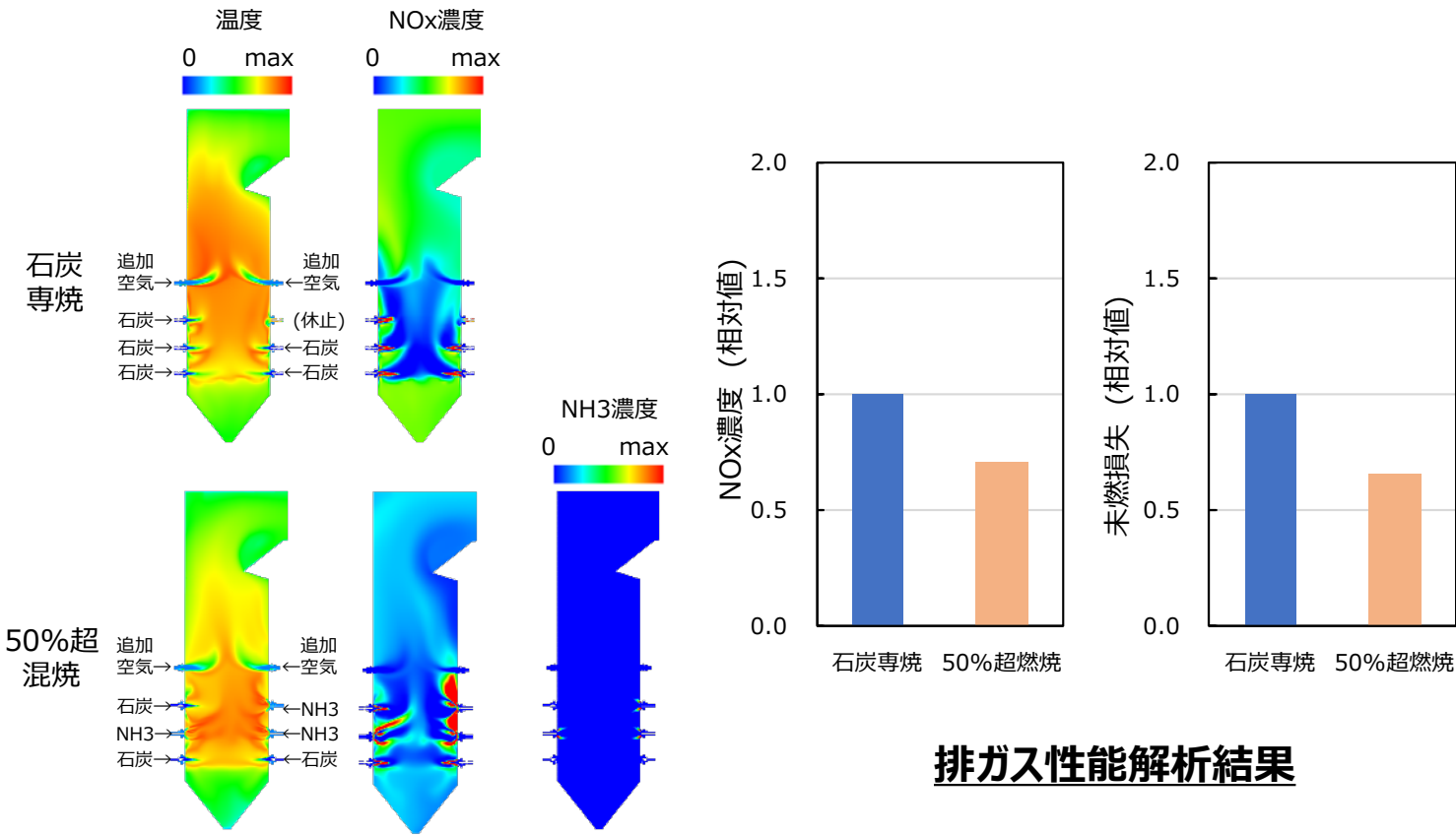
対向燃焼バーナ アンモニア燃焼試験結果（アンモニア専焼）

実機燃焼評価

- 実機適用時の性能評価のため、ボイラ火炉全体を対象とした燃焼解析を実施。
- ガスアンモニアは炉内で完全燃焼し、NOxは石炭専焼時より低下、また炉出口で未燃アンモニアもなく、未燃損失は石炭専焼よりも低減。
- 実機ボイラでも良好な燃焼性能を得ることができ、実機への適用目途を得た。

主要解析条件

項目	石炭専焼	石炭・アンモニア燃焼 (ガスNH3)
火炉負荷	1000MW	1000MW
石炭種	瀝青炭(燃料比1.8)	瀝青炭(燃料比1.8)
アンモニア燃焼割合 [HHVベース]	0	50cal%超
バーナパターン	<div>缶前 缶後</div> <div>○ 休止バーナ ● 石専バーナ ● NH3専焼バーナ</div> <div></div>	<div>缶前 缶後</div> <div>○ 休止バーナ ● 石専バーナ ● NH3専焼バーナ</div> <div></div>
火炉空気比	1.15	1.15



排ガス性能解析結果

1. ゼロエミッション発電ロードマップ
2. アンモニア専焼バーナ開発コンセプト
3. アンモニア専焼バーナ試験状況
- 4. まとめ**

- アンモニア燃焼は、石炭焚ボイラの脱炭素化に向けて、脱炭素と電力の安定供給を両立して進めるうえで重要な技術となります。
- 石炭焚ボイラにおけるアンモニア燃料転換に相応しいアンモニア専焼バーナの開発を進めており、専焼バーナ開発コンセプト、およびアンモニア燃焼割合に応じたバーナアレンジ対応を示しました。
- 様々なお客様ニーズに応えられるように、各燃焼方式(旋回/対向)および各アンモニア供給方式(気焚/液焚)に対応したバーナ開発を進めており、各々目標とするアンモニア燃焼性能を得たことを示しました。
- 50cal%超アンモニア燃焼時の実機ボイラ数値解析評価において、良好な燃焼性能を得ることができ、実機への適用目途を得たことを示しました。
- 開発したアンモニア燃焼技術を、実機ボイラに早期に適用し、お客様のカーボンニュートラル社会の実現に貢献する所存です。

謝辞

本資料に示す内容の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の“JPNP21020 グリーンイノベーション基金事業/燃料アンモニアサプライチェーンの構築/アンモニアの発電利用における高混焼化・専焼化/石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術（専焼技術含む）の開発・実証/アンモニア専焼バーナを活用した火力発電所における高混焼実機実証”にて実施しているものです。

