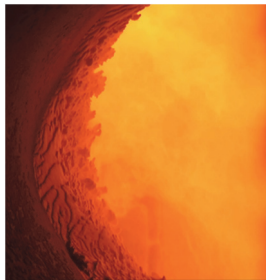


カーボンニュートラルの実現に向けた石炭焚ボイラにおけるアンモニアバーナの開発

Development of Ammonia Burner at Coal-fired Boilers for the Decarbonized Society



山下 登敏*1
Takatoshi Yamashita

甘利 猛*1
Takeshi Amari

浦方 悠一郎*2
Yuichiro Urakata

松本 啓吾*3
Keigo Matsumoto

嶺 聡彦*4
Toshihiko Mine

高山 明正*5
Akimasa Takayama

2050年カーボンニュートラルに向けた日本政府のグリーン成長戦略では、燃料アンモニア産業の成長戦略“工程表”が示され、今後の取組みの一つとして石炭火力へのアンモニア混焼の普及、混焼率向上・専焼化が示されている。三菱重工業株式会社（以下、当社）では、国内外の様々なお客様のカーボンニュートラルに向けたアンモニア燃料利用への取組みに対応できるように、旋回燃焼方式、対向燃焼方式の両方式の石炭焚ボイラにおいて、アンモニアを混焼可能とする技術開発を進めている。本報では、アンモニアバーナの開発状況について報告する。

1. はじめに

当社は2040年カーボンニュートラルの達成を宣言(MISSION NET ZERO)し、その中で既存インフラのカーボンニュートラル化の推進を掲げている。CO₂発生量の多い火力発電のカーボンニュートラル化を実現する上で、石炭焚ボイラからのCO₂排出量の削減が重要であり、燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアの高混焼化を可能とする技術開発を進めている。本報では、旋回燃焼方式、対向燃焼方式、それぞれの方式に対応するアンモニアバーナの開発状況を紹介します。

2. アンモニア燃焼コンセプト

2.1 アンモニア高混焼化に向けた考え方

石炭火力にてアンモニアを燃焼させると大量のNO_xが発生することが課題とされている。このNO_x発生は、燃料と空気の比率である空気比がNO_xに対し感度が高いため、バーナから投入する空気量の設定が重要である。アンモニアの混焼率を高めていくには、NO_xのコントロールに加えて、石炭の燃焼性を維持し、未燃分増加を抑制することが求められるため、石炭とアンモニアそれぞれが必要とする燃焼条件を同時に維持する必要がある。これに対し、石炭・アンモニアそれぞれ独立(専焼)のバーナで燃焼させてボイラ内で混焼させれば、各々の空気比制御が容易で、高混焼時にも、NO_x抑制が可能である。また運用バーナ本数及びバーナ負荷の調整で、任意に混焼率を変更可能である。

小型バーナ炉での燃焼試験により、石炭バーナとアンモニアバーナを単独のバーナとしてそれぞれに最適な燃焼条件を設定することで、混焼率を増加させた場合も、NO_x生成が抑制可能であり、火炉出口の未燃アンモニアは検出されなかった⁽¹⁾。これよりアンモニア混焼への改造は、既存のバーナをアンモニア専焼バーナに置き換える形で設置することで、アンモニア混焼を行うコンセプトを選定している。

*1 エナジードメイン SPMI 事業部 技術部 主席技師 技術士(機械部門)

*2 エナジードメイン SPMI 事業部 技術部

*3 総合研究所 燃焼研究部 次長 博士(環境学)

*4 総合研究所 燃焼研究部 主席研究員

*5 総合研究所 燃焼研究部

2.2 燃焼解析によるアンモニアバーナ構造案の選定

既存のバーナをアンモニア専焼バーナに改造するにあたり、アンモニア専焼に切替えが可能となることを前提に、複数のバーナ構造案を立案した。0.5t/h 炉での燃焼試験に先立ち、燃焼解析によって供試バーナを選定した。図1にアンモニア専焼バーナの解析結果を示す。これまでに蓄積した基礎試験結果を基に石炭-アンモニア混焼向けの燃焼性能予測精度向上を図ったシミュレーションモデルにより、着火状況、NO_x、未燃アンモニア等の予測を行い、燃焼試験に供するバーナ構造を決定した。

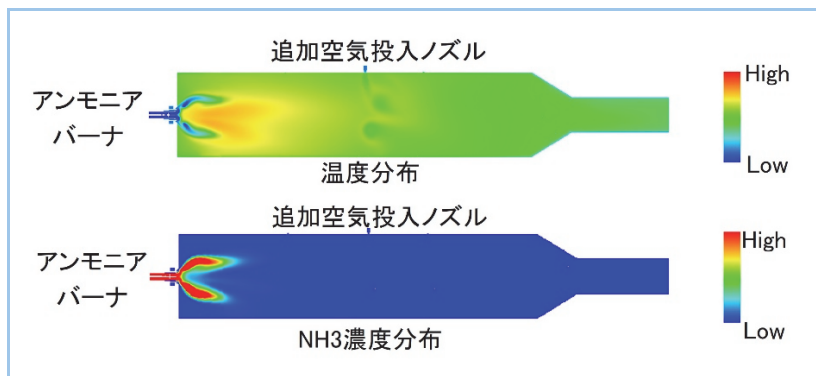


図1 燃焼解析によるバーナ改造案の選定

次章以降では、バーナ構造の決定に向けた大規模のバーナ燃焼試験による性能検証に向けた取組みについて説明する。

3. 燃焼試験設備と燃焼試験計画

3.1 燃焼試験設備

石炭-アンモニア混焼やアンモニア専焼時における燃焼安定性や排ガス性能評価に向けて、当社が保有する 0.5t/h 炉にて燃焼試験を行う(図2)。本設備では、旋回、対向両燃焼方式向けのバーナ開発が可能である。図3に示す両方式のバーナ配置特性に合わせて、旋回燃焼方式では二段の石炭バーナとその間に配置される油バーナ部、対向燃焼方式では単一のアンモニアバーナを取り付けた形で試験を行う。また、お客様の様々なニーズに対応可能とするよう、アンモニア気焚き/液焚きのどちらの方式でも試験をすることが可能である。NO_x、未燃アンモニア、亜酸化窒素(N₂O)等、アンモニア混焼において懸念される各種排ガス濃度の他、火炉側部のアクセスポートより火炎温度や炉内各種ガス濃度を取得することで、燃焼 CFD の高精度化に活用することができる。



図2 0.5t/h 炉外観

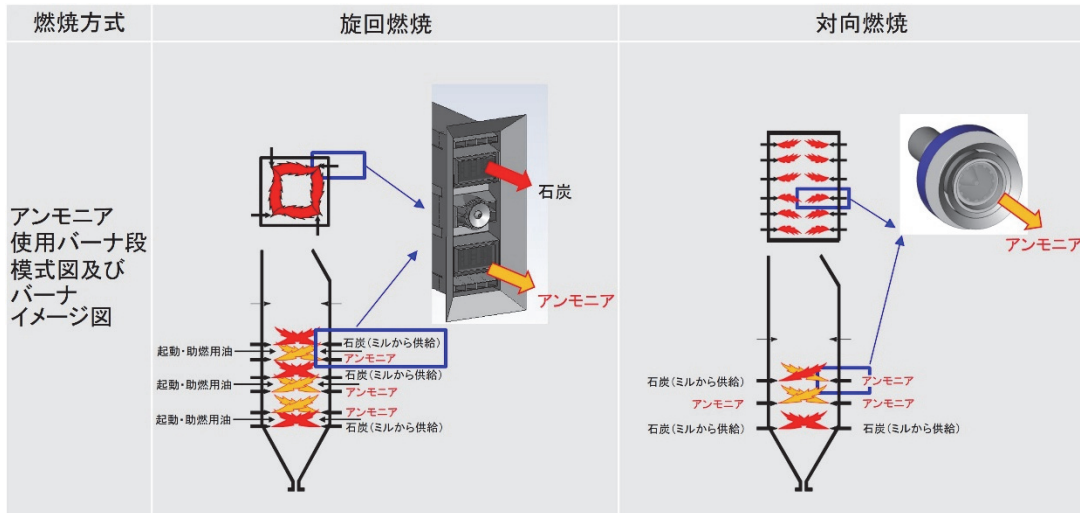


図3 旋回, 対向燃焼方式ボイラにおける専焼バーナ配置コンセプト

3.2 アンモニア供給・貯蔵設備

アンモニア混焼・専焼試験に向けて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)委託事業にて導入したアンモニア供給設備を示す。設備の外観を図4に示す。主な機器としては、液化アンモニアタンク、受入れコンプレッサ、液相ポンプ、気化器、系統パージ時のアンモニアの除害槽などで構成されている。タンク内のアンモニアは常温飽和状態であり、液相ポンプにて昇圧させ供試バーナまで液相で供給可能となっている。気化器も併設しており、気相での供給も可能である。アンモニアタンクの容量は40tonである。0.5t/h 炉では24時間以上の連続供給が可能であり、4t/h 炉では最大約8時間程度の連続試験が可能ないように容量を選定した。



図4 アンモニア供給設備外観

3.3 燃焼試験計画

本 0.5t/h 炉にて燃焼試験を開始しており、旋回, 対向両方式でのアンモニアバーナにおいて、コンセプトの評価やバーナ形状の絞り込みを進めている。これにより、安定的な着火と NOx, 灰中未燃分とも石炭専焼時と同等のレベルを目指して、バーナ基本構造を選定する。

その後に実機同等スケールのバーナ燃焼試験が行える 4t/h 炉にて、燃焼安定性, 排ガス性能の最終確認を進めていく計画である。

4. 実用化に向けたスケジュール

本開発は、アンモニア高混焼化を目指し、NEDO の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プロジェクトにおける、石炭焚ボイラにおけるアンモニア高混焼技術の開発・実証において取り組んでいるものである⁽²⁾。図5に示すとおり、2024 年度までに、実

機同等スケールバーナでの燃焼試験により、アンモニア専焼バーナを開発する。併せて、株式会社 JERA と共同でアンモニア混焼ボイラとしての実機実証に向けた設備の基本計画、フィージビリティ・スタディにも取り組んでおり、実機での実証運転で旋回燃焼方式と対向燃焼方式の2つのユニットにおいて 50%以上のアンモニア混焼の検証を目指している。

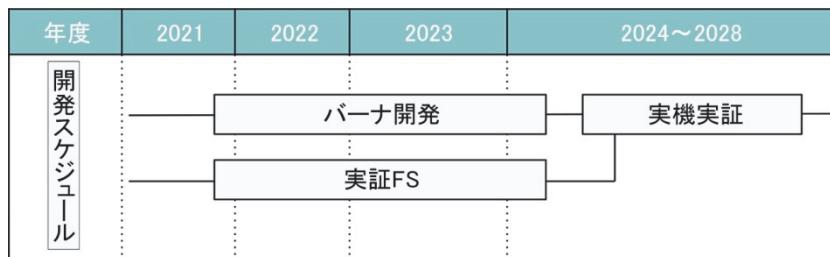


図5 実用化に向けたスケジュール

5. まとめ

石炭焚きボイラのカーボンニュートラル化に向けて実施している、既設ボイラの改造を想定したアンモニアバーナの開発状況を示した。高混焼化を実現するためにアンモニア専焼バーナの開発を進めており、0.5t/h 炉燃焼試験設備の概要を示した。現在試験を開始しており、本試験で安定的な着火と NO_x、灰中未燃分とも石炭専焼時と同等のレベルとなるバーナコンセプトを確認し、基本構造を選定する。その後、実機同等スケールのバーナ燃焼試験が行える 4t/h 炉にて、燃焼安定性、排ガス性能の最終確認を進めていく計画である。また、今後の実用化に向けた取り組みを示した。

なお、本開発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ある。

参考文献

- (1) 山下登敏ほか, カーボンニュートラル社会に向けた石炭焚きボイラにおけるアンモニア混焼技術の開発, 三菱重工技報 Vol.59 No.4 (2022)
- (2) 三菱重工業株式会社プレスリリース, 石炭ボイラにおけるアンモニア高混焼技術の開発・実証について(2022)
<https://www.mhi.com/jp/news/22010702.html>