

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 徳田 君代

本論文は論文題目「ボイラー用微粉炭焚き低 NO_x バーナーの開発とその応用に関する研究」と題して、微粉炭焚きボイラーから発生する窒素酸化物 (NO_x) 排出量の低減を目的とし、微粉炭燃焼過程の制御によって、安定着火と未燃分低減を両立させながら NO_x を低減する方法を提案している。すなわち石炭の燃焼特性に係わる基礎試験によって NO_x 発生特性を解明し、この結果に基づいて低 NO_x バーナーの基本構想を明らかにし、さらに容量の異なる微粉炭バーナーにおける NO_x 発生相似則を導き、実機での低 NO_x 性能の実現を実証することを主たる内容としている。これまで微粉炭燃焼で発生する NO_x の低減に関しては、燃焼用空気に再循環排ガスを混入する方法など燃焼場全体をマクロに考えた研究が行われてきたが、本論文の研究は、1 次燃焼域 (1 次空気と予混合された微粉炭の燃焼域、主に石炭中揮発分の燃焼域) と 2 次燃焼域 (燃え残りの微粉炭が 2 次空気と拡散混合して燃焼する領域、主にチャーの燃焼域) に分けて低 NO_x 燃焼法を検討した研究である。特に、本論文では、石炭粉砕機からバーナーへ送られてくる 1 次空気と微粉炭の混合流に着目し、これを石炭濃度の濃い混合流と石炭濃度の稀薄な混合流に分配器で分けて燃焼させる低 NO_x 燃焼方法を新たに考案すると共に、燃焼試験炉の小型バーナーを実機ボイラーの大型バーナーにスケールアップする際の NO_x 発生量を一致させるための相似則について論じ、実験的に検証して実用可能としている。これらの成果により実機ボイラーで画期的な低 NO_x 化を達成している。

第 1 章では、本研究の目的とその背景となっている大気汚染物質に関する法規制、NO_x 発生機構に関する従来の知見および NO_x 低減に関する研究動向が述べられている。ここで申請者は、石炭が油・ガス燃料に較べ数 10 倍の有機窒素分を含む事で、格段の NO_x 低減を実現するには基礎試験による微粉炭燃焼の NO_x 発生メカニズムの解明と新しい燃焼法の構想が必須である事を述べている。

第 2 章では、微粉炭焚き低 NO_x バーナー開発に関連するボイラーの技術開発動向が NO_x 低減問題以外の側面から述べられている。発電用ボイラーの大容量化と共にバーナーの大型化が進み、昼間と夜間の電力需要格差が大きくなるなど運転手法が変化したことで、バーナーに高度で複雑な要求が課せられることになった事を説明している。

第 3 章では、本論文に先だって開発された油焚き・ガス焚き低 NO_x バーナーの構造と NO_x 発生機構概要が述べられている。本論文での低 NO_x バーナー構想のヒントになった、燃料濃度の濃い予混合火炎と薄い予混合火炎を組み合わせる低 NO_x 燃焼法の考え方が示されている。

第 4 章では、はじめに微粉炭の燃焼モデルの提案とこれに基づく基礎燃焼試験結果が述べられている。微粉炭の低 NO_x 燃焼には、(1) 空気不足の揮発分燃焼域のガス温度を高く且つガス滞留時間を長く保持するバーナー構造、(2) 効果的なガス冷却でチャー燃焼域のガス温度を出来るだけ低く保持する火炉上部構造、(3) 石炭粉砕機からバーナーへ送られてくる 1 次空

気と微粉炭の混合流を、石炭濃度の濃い混合流と石炭濃度の稀薄な混合流に分配器で分けて燃焼させるバーナー構造が、効果的である事が説明されている。さらに、これらの要件を満たす低 NO_x バーナー (PM 型低 NO_x バーナーと呼称) の構想及びそれに基づき新たに考案した構造が提案されている。

第 5 章では、微粉炭燃焼試験設備および微粉炭焚き PM 型低 NO_x バーナーの試験結果について述べられている。PM 型低 NO_x バーナーの NO_x 発生量は、従来型バーナーの NO_x 発生量の約 1/3 という画期的な低 NO_x を達成し、従来バーナーに較べ格段に安定に着火できると共に、未燃分は低いレベルある事が示されている。

第 6 章は、燃焼試験設備の小型バーナーを実機ボイラーの大型バーナーに NO_x 発生量を一致させてスケールアップするための相似則について述べられている。数学モデルによる相似則の誘導とその燃焼試験設備や実機ボイラーでの検証結果が示されている。

第 7 章は、微粉炭焚き PM 型低 NO_x バーナー採用時のボイラー特性予測について述べられている。燃焼試験で得られた微粉炭焚き PM 型バーナーの火炎特性 (火炎軸方向の発熱率分布) データを用い、実機ボイラーでのガス流動解析、燃焼解析および伝熱解析を行って得られるボイラーの熱流動特性が説明されている。

第 8 章は、実機ボイラーでの微粉炭焚き PM 型低 NO_x バーナーの性能に関する実機での実証を行なった結果を示している。蒸発量が 250t/h の比較的小型の産業用ボイラー初号機で、目標通りの低 NO_x 性能やボイラー性能を達成した事が述べられている。

第 9 章は、一層の低 NO_x 化のニーズおよび設備の簡素化や運転保守性のニーズに対応した次段階の低 NO_x バーナー (A-PM 型と呼称) の開発と実機ボイラーへの応用に関して述べられている。炉内脱硝と低 NO_x バーナーの性能を相乗してより効果的に発揮させるための A-PM 型バーナーの構想及び構造と、実機 1000MWe ボイラーでの運転実績について述べられている。

最後の第 10 章では、全体の結論が述べられている。

以上を要約すると、微粉炭焚きボイラーから発生する NO_x の低減に関して、本研究において新たに提案された微粉炭燃焼モデルとそれに基づいた基礎試験のデータは、この分野の基礎研究と応用研究の両面に置いて有用な資料である。また、開発された微粉炭焚き PM 型 低 NO_x バーナーは従来型バーナーの NO_x 発生量の約 1/3 という画期的な低 NO_x を達成し、従来バーナーに較べ格段に安定に着火できると共に未燃分が低いレベルにあり、微粉炭焚きボイラーの安定・高効率運転に有用である。また本バーナーは、石油コークスや半無煙炭などの難着火性燃料焚きボイラーへの適用や、将来の難燃性燃料を対象とした石炭ガス化炉用バーナーへの適用など、産業上重要な技術となる事が期待される。

よって、本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格であると認められる。