

次世代石炭火力発電向けガスタービンクリーン燃焼技術

1. はじめに

次世代石炭火力発電として期待される二酸化炭素 (CO₂) 回収・貯留機能 (CO₂ Capture and Storage : CCS) を備えた石炭ガス化複合発電 (Integrated coal Gasification Combined Cycle : IGCC) 向けに、ガスタービンのクリーン燃焼技術の開発を進めている。この技術は、希釈剤を使うことなく低 NO_x 燃焼 (NO_x : 窒素酸化物) できるため、高効率発電と環境低負荷を両立し、CCS-IGCC の技術課題であるプラント効率の向上に貢献する。本稿では、この技術の概要とプラント試験結果を紹介する。

2. CCS-IGCC の技術課題

CCS-IGCC は、ガス化炉で石炭をガス化したガスを CO₂ 回収設備に供給して、ガス中の一酸化炭素を水蒸気と反応させて水素と CO₂ に変換し、発生した CO₂ を回収する。CO₂ 回収後のガス (主成分が水素の水素リッチガス) は燃料としてガスタービンに供給され発電する。CCS-IGCC は CO₂ を回収し CO₂ 排出量を大幅に削減できるため、次世代石炭火力発電として期待されている。しかし、CO₂ 回収にさらにエネルギーが必要なため、プラント効率向上が技術課題となっている。

ガスタービン燃焼器に供給される水素リッチ燃料は燃焼速度が速く、着火エネルギーが低いため、火炎の逆流や自着火の恐れがあり、信頼性の低下が懸念される。現状の IGCC の燃焼器はその恐れが低い拡散燃焼方式を採用している。しかし、局所火炎温度が高く NO_x が増加するため、NO_x 低減に窒素や水、水蒸気などの希釈剤の投入が必要となり、それに必要なエネルギー消費によりプラント効率が低下する。

そこで、高効率 CCS-IGCC の実現には、希釈剤が不要 (ドライと称する) で、NO_x が低い「ドライ低 NO_x 燃焼器」が必要であり、それには水素リッチ燃料に対応した新たな燃焼方式を開発する必要があった。

3. ガスタービンクリーン燃焼技術「多孔同軸噴流バーナ」

本研究では、新たな燃焼方式として「多孔同軸噴流バーナ」を提案した。このバーナは、同軸に配置した燃料ノズル 1 本と空気孔 1 個を基本構成要素とし、この組合せを多数備える。図 1 にこのバーナを備えた燃焼器 (バーナ

拡大図) を示す。燃焼器は中央にパイロットバーナ 1 個、その周囲にメインバーナ 6 個を備える。各バーナは上記の基本構成要素を多数備える。空気孔は 1 枚の空気孔プレートに設置される。パイロットバーナは主に燃焼安定性の確保に寄与し、メインバーナは主に低 NO_x 燃焼に寄与する。

このバーナは、燃料と空気の急速混合による低 NO_x 燃焼、および火炎浮上による火炎の逆流防止の二つの技術から成る (図 2)。低 NO_x 燃焼のため、燃料と空気の同軸噴流により急速混合させる。同軸噴流では、空気流路の縮小・拡大に伴う乱流促進により燃料と空気が急速に混合し、低 NO_x 燃焼させる。また、火炎逆流防止のため、バーナ下流に縮小・拡大旋回流を形成し、火炎を浮上させる。縮小・拡大流は図に示す圧力分布を誘起する。拡大流中の再循環流は火炎を安定に保持し、縮小流中の順圧力勾配は上流への火炎の逆流を防止する。

4. 試験結果

構造最適化したバーナを備えた燃焼器を試作し、石炭ガス化燃料に相当する試験用燃料を用いた社内試験によりドライ低 NO_x 燃焼が可能なることを確認した⁽¹⁾。

次に、実プラントのガスタービンにて実ガスを用いて性能を評価するため、電源開発 (株) (J-POWER) 若松研究所内の多目的石炭ガス製造技術 (coal Energy Application for Gas, Liquid and Electricity : EAGLE) パイロット試験プラント (図 3) で試験した。その結果、希釈剤なしで NO_x 排出濃度 10 ppm (16%酸素濃度換算) 未満を達成し、ドライ低 NO_x 燃焼を実現した⁽²⁾。

5. おわりに

本稿では、CCS-IGCC 向けに開発中のガスタービンクリーン燃焼技術「多孔同軸噴流バーナ」の概要、およびそれを備えた燃焼器の実プラント試験でドライ低 NO_x 燃焼を実現した結果を紹介した。本技術は CCS-IGCC 実現のためのキー技術であり、今後、本技術の CCS-IGCC 実証機への展開に向け開発を進めていく予定である。

本研究のプロジェクト元である (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、およびプラント試験でご助力いただいた J-POWER 若松研究所

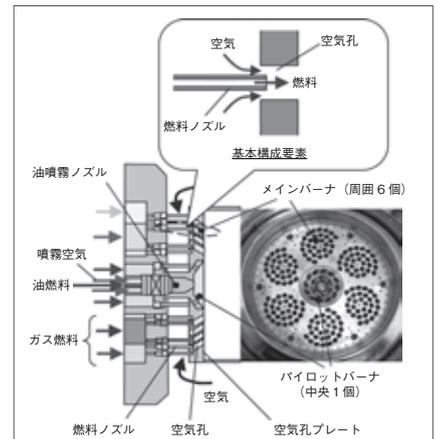


図 1 多孔同軸噴流バーナを備えた燃焼器 (バーナ拡大図)

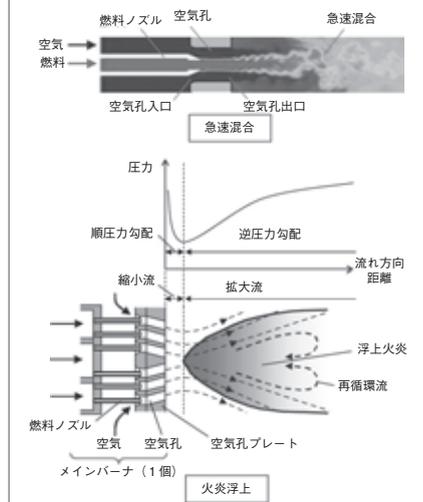


図 2 多孔同軸噴流バーナの原理



図 3 EAGLE パイロット試験プラント (電源開発 (株) 若松研究所)

に深く感謝の意を表す。

(原稿受付 2014年3月24日)

[浅井智広 三菱日立パワーシステムズ (株)]

●文献

- (1) Dodo, S., ほか., Performance of a Multiple-Injection Dry Low NO_x Combustor with Hydrogen-Rich Syngas Fuels, *J. Eng. Gas Turbines Power*, 135-1 (2013), 011501.
- (2) 日立ニューズリリース (研究開発), 次世代石炭火力発電向けガスタービンクリーン燃焼技術を開発, (2013-4).