

大型発電用ガスタービンの最新技術動向 (1700℃級ガスタービンの要素技術開発状況)

1. はじめに

地球温暖化防止の観点から、国際的な排出ガスの規制について2005年2月に京都議定書が発効され、日本は2008年から2012年までに1990年のCO₂排出量の6%を削減することが必要になった。このような状況下、2004年度から4年間のスケジュールで1700℃級高効率ガスタービンの要素技術開発の国家プロジェクトが開始された。

本稿では、この要素技術開発研究の内容と成果、および今後の予定について紹介する。

2.1 700℃級ガスタービンによるCO₂削減効果

図1に、タービン入口温度とコンバインド熱効率の関係を示す。現状のF形(1400℃級)、G形(1500℃級)からさらに高温化した1700℃級ガスタービンでは、コンバインド熱効率が62~65%に達する。既設の重油焚き、石炭焚き火力発電の30%~50%の発電出力を1700℃級高効率コンバインドプラントに置き換えると、国内全体のCO₂総排出量の4~6%が削減可能となる。この効果は非常に大きく、1700℃級ガスタービンの開発成果は、地球温暖化防止に大いに貢献するものと期待されている。

3. 国家プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、1700℃級ガスタービンに必要な六つの要素技術(燃焼器、冷却、耐熱材料、熱遮蔽コーティング、タービン空力、圧縮機空力)、(図2)の開発を実施中である。開発にあたっては、従来とは異なる開発手法を採用して、既存の概念にとらわれない革新的な技術開発を目指している。

たとえば、低熱伝導率熱遮蔽コーティングについては、電子構造に基づく材料ナビゲーションシステムを適用することにより、従来の試行錯誤的な開発手法と異なり、理論的・解析的に候補材を探索することに成功した。候

補材を試作した結果、予測通り、従来比20%低熱伝導率であることが確認された。なお、熱遮蔽コーティングを実機に適用するためには、溶射プロセスの確立が必要である。このため、熱疲労試験に使用するテストピースを用いて、溶射中の粒子の速度分布や温度分布を計測することにより溶射プロセスの最適化を図った。最適なプロセスにより施工したコーティング材は、優れた熱遮蔽効果を保ちつつ、従来と同等の寿命が得られることを確認している。

つぎに、温度上昇に伴いNO_x値が指数関数的に増加するため、従来の予混合燃焼器では環境規制を満足できなくなる。このため、排ガス流量の一部をガスタービンの吸気に循環させてNO_xを低減させる排ガス再循環システムを計画している。また、最新の燃焼解析技術を駆使し、100万分の一秒程度の時間刻みで局所燃焼反応や、燃焼により発生する複雑な流れの解析を行い、燃焼現象を忠実に再現して新型燃焼器の開発を行っている(図3)。

現在、大気圧燃焼試験により、実圧換算で30ppm台のNO_x値を達成している。今後は、より高圧条件の燃焼試験を行う予定である。

いっぽう、1700℃条件下の運用は、高温部品の冷却技術が成否の鍵を握る。約10年間の1500℃級ガスタービンの運用実績に基づき、高性能冷却システムを検討中であるが、200℃の温度上昇を実現するためには、よりきめの細かい冷却構造が必要となる。このため、インピンジ冷却、対流冷却、フィルム冷却を組合わせた高性能微細冷却構造を考案し、伝熱基礎データの取得を行っている。

4. おわりに

本稿では、大型発電用ガスタービンの最新技術動向として1700℃級高効率ガスタービンの要素技術の開発状況を説明した。本プロジェクトは、国内の主要大学とも協力している産官学連

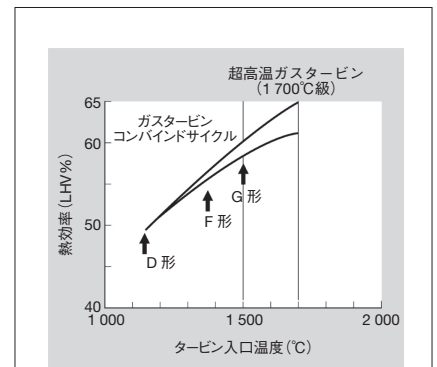


図1 コンバインド効率のトレンド

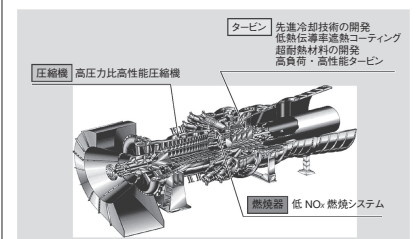


図2 1700℃級ガスタービンの要素技術開発

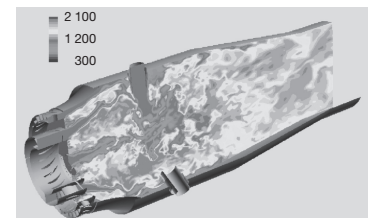


図3 1700℃級燃焼器の燃焼解析(ガス温度分布)

携プロジェクトであり、国内の総力を結集して、次世代の1700℃級ガスタービンの技術開発を進めていく所存である。

(原稿受付 2007年4月2日)

[塚越敬三・伊藤栄作・金子康智 三菱重工業(株)]

●文 献

- (1) 塚越敬三・ほか、1700℃級ガスタービンの要素技術の開発、三菱重工技報、44-1(2007)、2-5。