

1300℃級ガスタービン高温部品温度推定手法の開発

背景

現在、電力各社ではコスト低減の観点からガスタービン（以下GT）高温部品の寿命延伸に向けた取り組みを行っているが、合理的な保守実現に必要なGT高温部品寿命を定量的に評価する手法は未だ確立されておらず、その実現のためには、寿命評価の基礎となるGT高温部品の温度推定手法の確立が不可欠となっている。当所では、GT高温部品の温度推定に向け、GT高温部品に施工される遮熱コーティング（以下TBC）の遮熱性能非破壊評価・劣化特性評価に関する研究およびCFD（計算流体力学）によるGT内部の熱流動状態を推定する解析技術の開発を進め、これまでにTBC遮熱性能非破壊評価手法の開発^{*1*2}、1100℃級GT初段動翼を対象としたGT運転時の翼温度解析^{*3}および解析的寿命評価^{*4}を実施してきている。

目的

1300℃級GT燃焼器および初段動翼を対象に、運転時の温度分布推定手法を開発し、実機部品との比較・対照により、同手法の妥当性を確認する。

主な成果

1. TBC施工燃焼器の非破壊的温度推定手法の開発

TBC遮熱性能評価手法^{*1}とTBC遮熱性能劣化予測手法^{*2}を活用し、運転期間中の平均的なTBC温度（以下運転時TBC温度）および基材温度を推定する手法（図-1）を開発した。同手法に基づき、当所開発のTBC遮熱性能非破壊検査装置による測定結果を用いて、約15,000時間使用した燃焼器主室全面の運転時TBC温度を推定した結果を図-2に示す。推定結果では、上流から下流に向かう温度上昇傾向やフィルム冷却孔近傍の局所的な低温度域等が明確に現れ、燃焼器内の伝熱現象と良く対応した結果が示されており、開発手法の有効性が確認された。更に燃焼器外面メタル温度および基材厚さを測定することにより基材温度推定が可能となる。

2. 初段動翼の解析的温度推定手法の開発

初段動翼まわりの燃焼ガスの熱流動解析、翼構造材における熱伝導解析、および翼内部からの冷却解析を連成させた3次元定常翼温度解析手法を開発した。解析手法には、冷却構造の特徴を反映し、冷却解析に高精度乱流解析^{*5}から導いた冷却特性関係式を適用した。その結果、GT定格運転時の解析による翼表面温度分布は、使用済み翼の材料組織観察から推定した温度^{*6}と良好な一致を示す（図-3）とともに、その高温領域は典型的な使用済み翼に現れる損傷部位によく対応する（図-4）ことが確認された。これにより、寿命評価に不可欠な翼の解析的温度推定手法の妥当性が検証できた。

今後の展開

TBC施工燃焼器の非破壊的温度推定手法に関しては、実機燃焼器測定結果を蓄積し、信頼性の向上を図る。初段動翼の解析的温度推定については、GT起動/停止時における翼温度分布を推定し、寿命評価に反映する。

主担当者 エネルギー技術研究所 システム熱工学領域 主任研究員 森永 雅彦
エネルギー技術研究所 高温発電工学領域 主任研究員 高橋 俊彦

関連報告書 「GT燃焼器の運転時温度推定手法の開発」電力中央研究所報告：W03041（2004年4月）
「ガスタービン高温部品を対象とした伝熱流動数値解析－第5報 1300℃級初段動翼温度の3次元連成解析－」電力中央研究所報告：W03011（2004年3月）

※翼表面に施工される、コーティングと基材の界面に成長するアルミ拡散層厚さにより推定。

*1：森永ほか、TBC遮熱性能非破壊評価法の開発－第4報 実機適用性評価－、電中研報告W01036（2002）

*2：藤井ほか、ガスタービン用コーティング層の熱特性 第4報 実機想定条件におけるTBCの遮熱性能変化と実機運転温度の推算、電中研報告W00016（2001）

*3：高橋ほか、ガスタービン高温場を対象とした伝熱流動数値解析 第3報、電中研報告 W98006（1999）

*4：酒井ほか、3次元有限要素解析による1100℃級ガスタービン初段動翼の損傷評価、電中研報告 T01046（2002）

*5：高橋ほか、1300℃級ガスタービン初段動翼内部冷却の熱流動解析 第2報、電中研報告 W02005（2003）

*6：岡田ほか、ガスタービンコーティングの温度推定手法およびアルミニウム含有量予測手法についての検討、電中研報告W01022（2002）

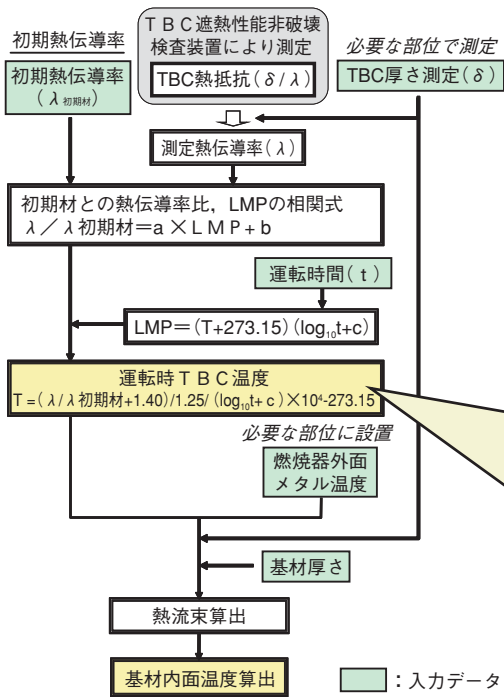


図-1 実機運転時TBC・基材温度推定手順

TBC遮熱性能非破壊評価手法およびTBC遮熱性能劣化予測手法に基づき、運転時のTBC・基材温度を推定する手法を開発した。

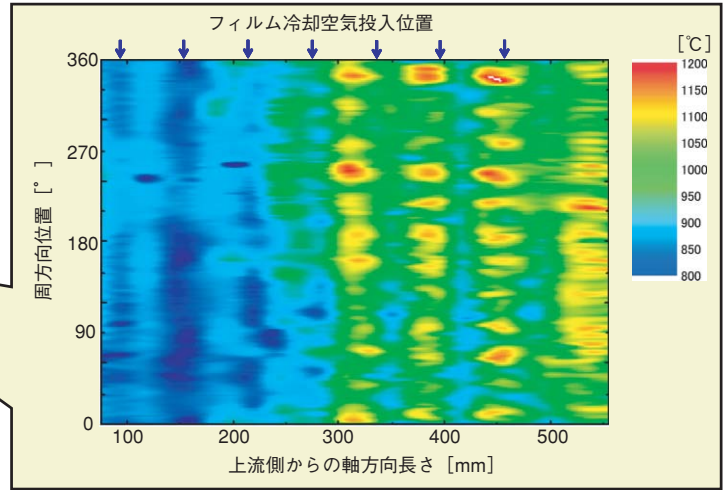


図-2 運転時TBC温度推定結果の一例 (1300°C級GT燃焼器内面展開図)

上流から下流に向かう温度上昇傾向やフィルム冷却孔近傍の局所的な低温領域等が明確に示された。

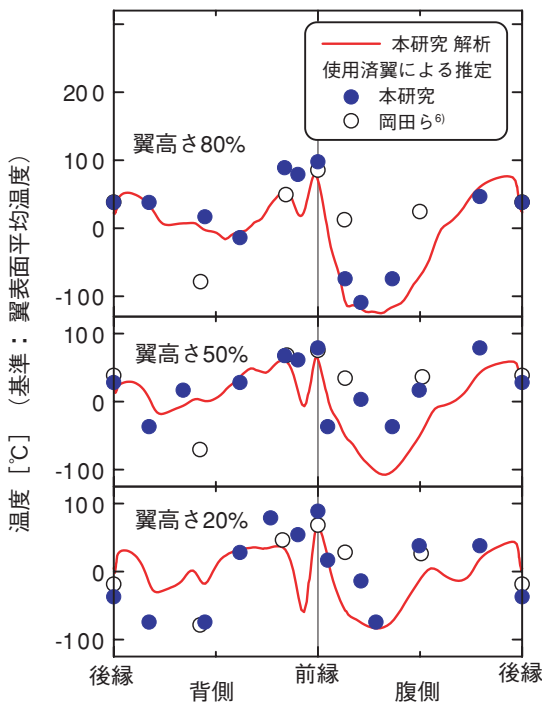
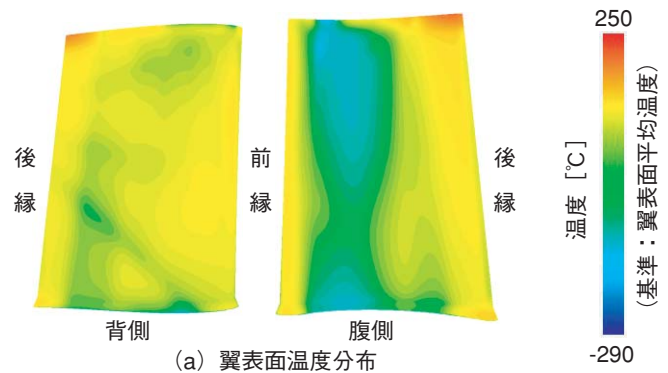
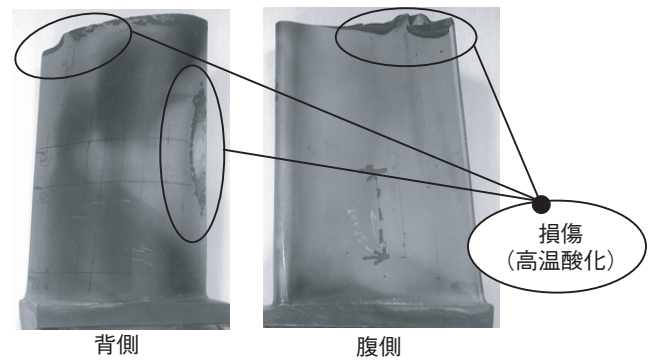


図-3 翼表面温度の解析結果と使用済み翼による推定結果の比較

翼温度分布の解析結果は、使用済み翼の材料組織観察より推定される温度分布に良好な一致を示した。



(a) 翼表面温度分布



(b) 使用済み翼 (米国にて使用) の外観

図-4 翼表面温度の解析結果と使用済み翼の外観

翼温度分布の解析結果における高温領域は、使用済み翼に現れる損傷(高温酸化)部位によく対応した。