

1,300℃級ガスタービン動翼の劣化評価

使用期間延長による保守費用低減を目指して

Damage evaluation of 1,300℃-class gas turbine blades

Aimed at reducing the maintenance costs by extending the remaining life

(電力技術研究所 材料技術G 材料T)

1,300℃級ガスタービンでは、従来とは構造や材質などが改良された動翼が使用されており、劣化の進行が従来よりも軽減している可能性がある。そこで、現在実機で使用する動翼を対象に破壊調査等を実施し、劣化を評価した。その結果、調査した動翼の運転に伴う劣化は軽微であることが分かり、継続使用できる可能性を見出した。

(Materials Technology Team, Materials Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

Compared to the blades used previously in the 1,300℃-class gas turbines, the new blades with improved structure and material composition have shown the promise of a lesser degree of damage. To evaluate the degree of damage of the blades currently used in the actual turbines, destructive inspection and other tests were conducted. The results showed that damage due to the operation of the investigated blades was insignificant and thus a possibility of continued operation was confirmed.

1 背景および目的

ガスタービン高温部品（動翼、静翼、燃焼器等）は使用環境が厳しく、き裂や酸化減肉などの損傷や強度低下などの劣化が発生することから、定期的な修理や取替が必要となっている。このことから、部品の劣化を的確に評価し、余寿命を高精度で予測できれば、部品の信頼性向上および取替時期の合理化などによる保守費用削減が期待できる。そこで、当社では、ガスタービン高温部品の劣化評価技術や余寿命評価技術の開発に取り組んできた。（技術開発ニュースNo.143等）

1,300℃級ガスタービンでは、プラント運転開始時に使用されてきた従来型から冷却機能の強化を目的とした改良型（第1図参照）へ動翼が変更されている。改良型動翼は、冷却構造、母材およびコーティングの材質などが従来型動翼から変更されており、運転中の損傷の発生や劣化の進行が従来よりも軽減していると考えられる。

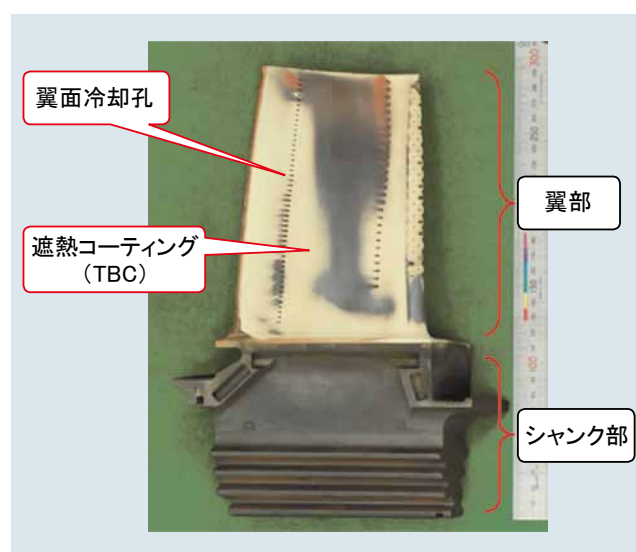
そこで、改良型動翼を対象に破壊調査等を実施し、運転に伴う劣化を評価した。

2 研究の概要

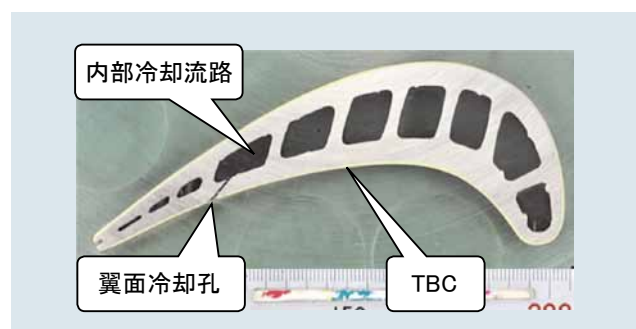
研究で調査した改良型動翼（約8年間運転後）の外観を第1図に示す。翼中央部において黒色への変色、翼先端部や翼前縁部において遮熱コーティング（TBC）の剥離が観察されたが、顕著なき裂、減肉および変形は認められず、外観上損傷は軽微であった。

第1図に示す動翼を各部で切断し、翼部など動翼の内部を調査した。翼部の50%高さ断面を第2図に示す。内部冷却流路や翼面冷却孔にはき裂などの損傷や欠陥等の異常は認められなかった。

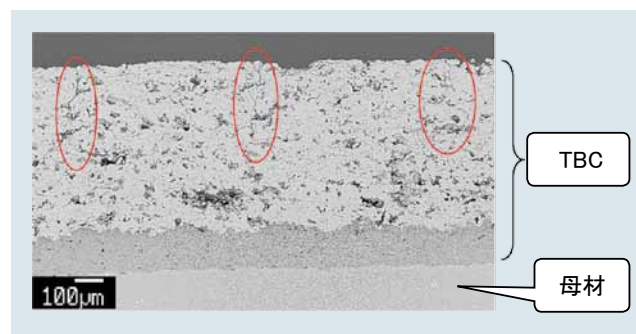
翼部TBCの断面組織を第3図に示す。TBC表層のセラミックス層でき裂が観察されたが、観察されたき裂はすべてセラミックス層内で停止しており、母材への進展は認められなかった。



第1図 研究で調査した動翼の外観



第2図 翼部(50%高さ) 断面



第3図 翼部TBCの断面組織（○：き裂部）

第3図近傍において翼部母材の断面を電子顕微鏡で観察した結果を第4図に示す。シャंक部（非加熱部）と比べて、翼部の組織では微細析出物（ γ' 相）が僅かに連結・粗大化するなど、運転に伴う組織の軽微な変化が認められた。また、 γ' 相は母材の高温強度に寄与する析出物であることから、改良型動翼の方が従来型動翼よりも析出密度（体積分率）が高く、改良型動翼は高温強度の向上が図られていることが分かった。

高温強度を調査するため、翼部（50%高さ、75%高さ）およびシャंक部から試験片を切り出し、クリープ破断試験（980℃ × 180MPa）等を実施した。翼部のクリープ強度をシャंक部のクリープ強度（平均値）に対する比で整理した結果を第5図に示す。試験片切り出し位置の違いにより翼部の強度にはばらつきが認められるものの、非加熱部で劣化しないシャंक部と比べて、翼部はいずれの位置でも同等以上の強度を有することが分かった。このように、運転に伴うクリープ強度などの強度低下は、調査した改良型動翼では認められなかった。

母材中の γ' 相およびTBC中の変質層（熱成長酸化物、Al濃度低下層）は温度と時間に依存して変化することから、第4図の γ' 相の粒径および変質層の厚さを調査し、動翼が運転中に曝される温度（メタル温度）を推定した。これらのメタル温度推定値に基づき、有限要素法（FEM）解析を用い運転中の温度・応力分布を計算した。温度分布の計算結果を第6図に示す。翼高さ50%前後において比較的運転中の温度が高い部位が認められるが、翼部のメタル温度は最高でも750℃程度と推定され、従来型動翼と比べて改良型動翼のメタル温度は低下していることが分かった。

以上の結果より、母材の材質変更による強度向上に加えて、冷却構造の変更やTBCの適用によるメタル温度低下効果により、運転中も動翼の強度が維持され、運転後に翼部の強度低下が認められなかったと考えられる。

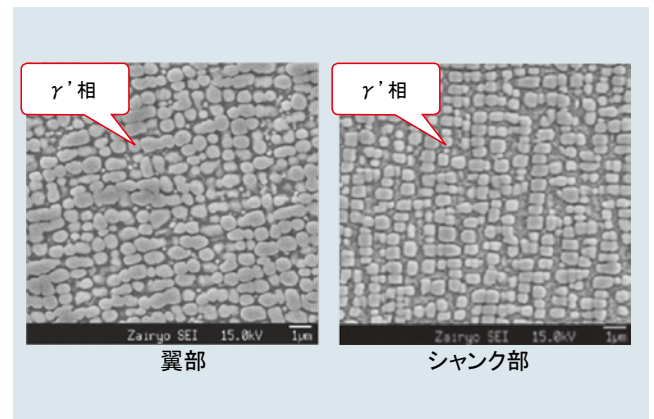
3 研究成果

運転後の1,300℃級ガスタービン動翼を対象に、運転に伴う劣化を評価した。その結果、翼部の損傷や組織変化は軽微で、強度低下は認められなかったことなどから、調査した動翼の運転に伴う劣化は軽微と評価できた。

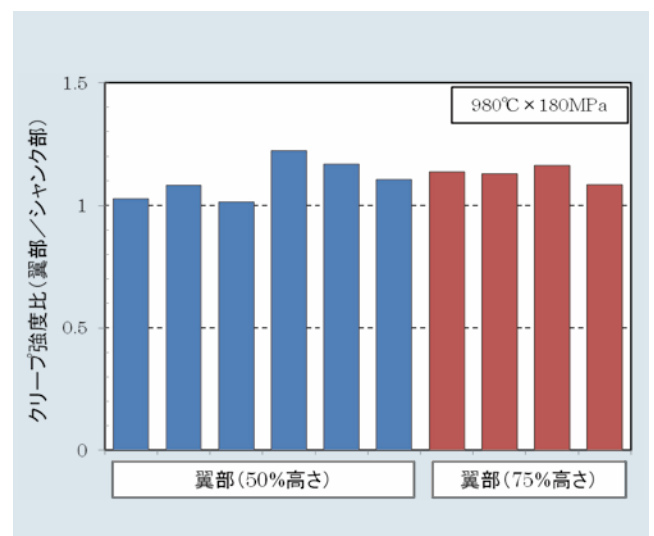
以上の結果より、改良型動翼は調査時点では十分な余寿命を有すると考えられ、継続使用（取替寿命延長）できる可能性を見出した。

4 今後の展開

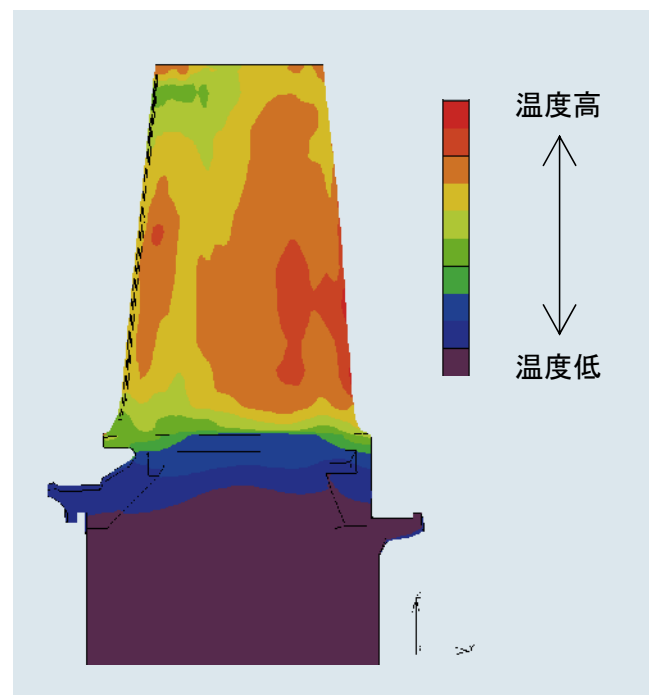
本研究成果は、当該動翼の保守管理に活用される計画である。



第4図 翼部母材の断面組織



第5図 翼部とシャंक部のクリープ強度比



第6図 運転中の動翼の温度分布



執筆者／伊藤明洋