

1,300°C級ガスタービン燃焼器の劣化評価

寿命延長による保守費用低減を目指して

Evaluation of degradation of 1,300°C -class gas turbine combustors

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)

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

1,300°C級ガスタービンでは、信頼性向上および損傷低減を目的に燃焼器の構造変更が行われており、材料劣化の軽減も期待される。そこで、構造変更前後の燃焼器を対象に破壊調査を実施し、経年劣化を比較・評価した。その結果、構造変更後の燃焼器は、変更前の燃焼器と比べて経年劣化は軽微で、さらに継続使用できる可能性を見出した。

Structural modifications were made to the combustors of 1,300°C-class gas turbines with the goals of improving reliability and mitigating damage, together with high expectations for reducing material degradation. To assess their results, destructive inspections were performed on combustors before and after these structural modifications, and their aging degradation was compared and evaluated. The findings showed that combustors after the modifications showed a negligible degree of aging degradation compared to combustors before them, and it was furthermore discovered that they were still suitable for continued use.

1 背景および目的

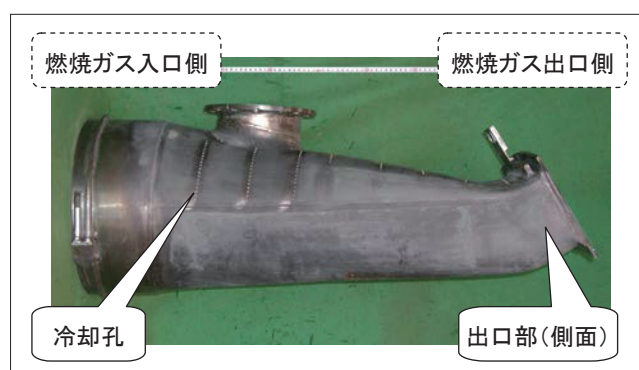
ガスタービン高温部品（動翼、静翼、燃焼器等）は使用環境が厳しく、き裂や酸化減肉などの損傷や強度低下などの劣化が発生し、定期的な修理や取替が必要となっている。このことから、部品の劣化を的確に評価し、余寿命を高精度で予測できれば、部品の健全性確認および修理・取替時期の最適化による保守費用削減が期待できる。そこで、当社では、ガスタービン高温部品の劣化診断技術や余寿命評価技術の開発に取り組んできた。（技術開発ニュースNo.151等）

1,300°C級ガスタービン燃焼器（尾筒）では、信頼性向上および損傷低減を目的に、プラント運転開始時に使用されていた構造変更前の燃焼器（第1図）から、遮熱コーティング（TBC）を施工した冷却構造部材の全面採用および厚肉化等の構造変更を行った燃焼器（第2図）へ変更されている。これらの構造変更により損傷や劣化の軽減が期待できるものの、経年使用後の燃焼器の特性は明らかになっていない。そこで、構造変更前後の燃焼器を対象に破壊調査を実施し、経年劣化を比較・評価した。

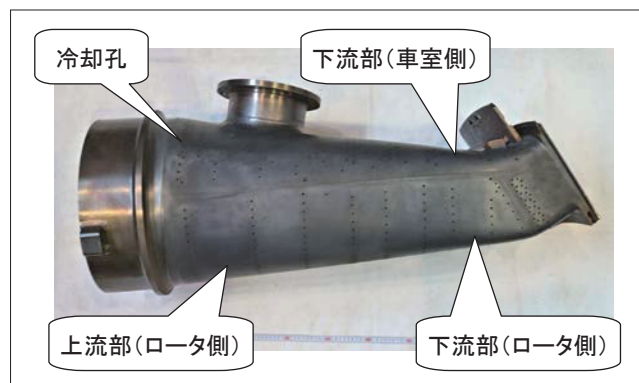
2 研究の概要

研究では、いずれも30,000h程度実機で使用した構造変更前の燃焼器（従来型）および構造変更後の燃焼器（改良型）を調査した。従来型では、出口部等において燃焼器材（母材）にき裂や内面（燃焼ガス）側TBCに剥離などの損傷が認められたが、改良型ではこれらの損傷は軽微であった。

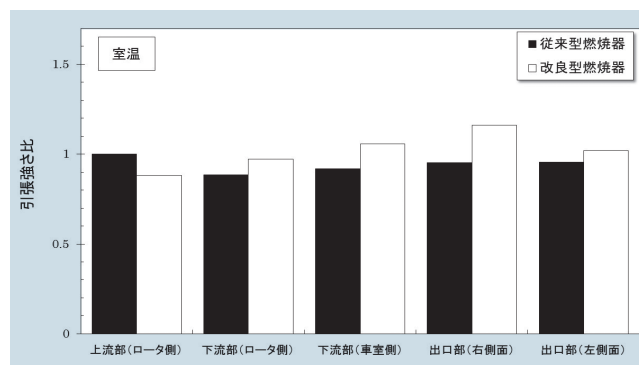
燃焼器の強度を調査・比較するため、燃焼器各部から燃焼器材（Ni基圧延材）を切り出し、長さ40mm、厚さ1.3mm程度の微小試験片を作製し、大気中で引張試験およびクリーブ破断試験を実施した。ここで、各燃焼器材の試験結果は、従来型の上流部（ロータ側）における結果との比で整理した。



第1図 構造変更前の従来型燃焼器



第2図 構造変更後の改良型燃焼器



第3図 各燃焼器材の引張強さの比較

室温における引張強さを第3図に示す。改良型の引張強さは、上流部から出口部に向かって僅かに上昇する傾向

向を示すとともに、各部位の強度は従来型に比べて概ね同等以上であることが分かった。

870℃×98MPa条件でのクリープ破断寿命を第4図に示す。改良型のクリープ破断寿命は、いずれの部位もほぼ同等で、従来型と比べると下流部では若干短寿命を示すものの、出口部では著しく長寿命になっていることが分かった。

燃焼器の硬さを調査・比較するため、各部のビッカース試験を実施した。各燃焼器材のビッカース硬さを第5図に示す。ここで、各燃焼器材の硬さ値は、未使用材の硬さ値との比で整理しており、いずれも未使用材以上の硬さであった。改良型の硬さは、上流部から出口部に向かって僅かに上昇する傾向を示し、出口部では従来型よりも著しく硬化していることが分かった。

燃焼器の組織を調査・比較するため、各部の断面組織観察を行った。各燃焼器における出口部（側面）の断面組織を第6、7図に示す。従来型では、TBCの剥離やTBC中に横方向き裂が観察され、熱成長酸化物（TGO）、TBC／母材界面部の析出物および拡散層の形成が顕著であった。改良型では、TBCの剥離やTBC中に横方向き裂は観察されず、従来型で認められた組織変化はいずれも軽微であった。また、TBCおよび燃焼器材における組織変化に基づき従来型のメタル温度を算出した結果、冷却部は非冷却部に比べて約250℃温度が低いと推定されたことから、出口部（側面）を冷却構造に変更した改良型では、非冷却構造の従来型よりも当該部のメタル温度が同様に低下し、組織変化が軽微になったと考えられる。

以上の結果より、従来型の出口部（側面）において特に顕著であった燃焼器材の強度・硬さの低下および組織変化が、改良型ではいずれも抑制されている理由として、燃焼器材の厚肉化による応力低減効果だけでなく、冷却強化による当該部のメタル温度低減効果が大きな要因と考えられる。

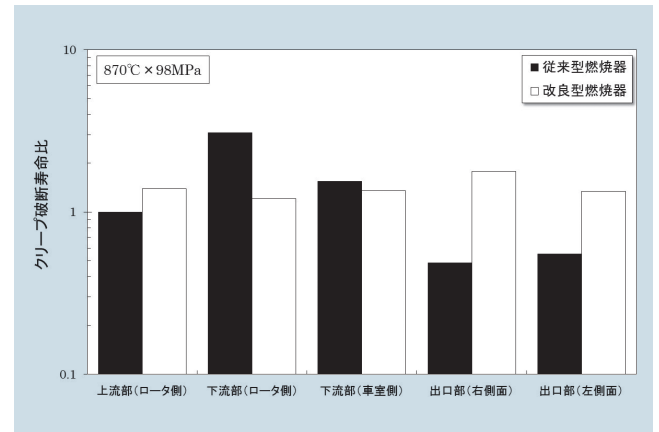
3 研究成果

実機で経年使用した構造変更前後の燃焼器を破壊調査し、燃焼器材およびTBCの劣化を比較・評価した。その結果、構造変更後の燃焼器は、構造変更前の燃焼器に比べて経年劣化は低減されていることが分かった。

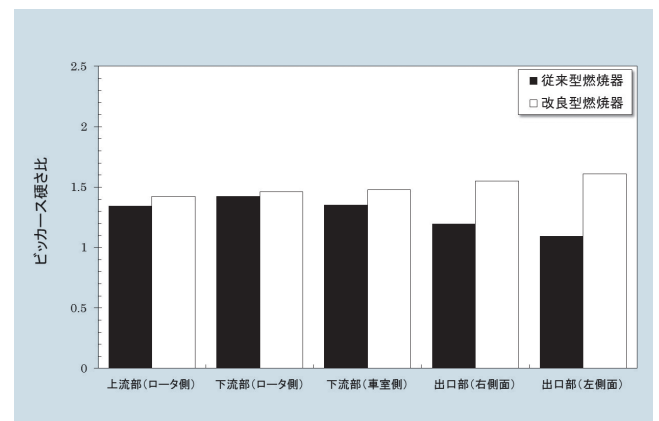
以上の結果より、改良型燃焼器は調査時点では十分な余寿命を有すると考えられ、継続使用（取替寿命延長）できる可能性を見出した。

4 今後の展開

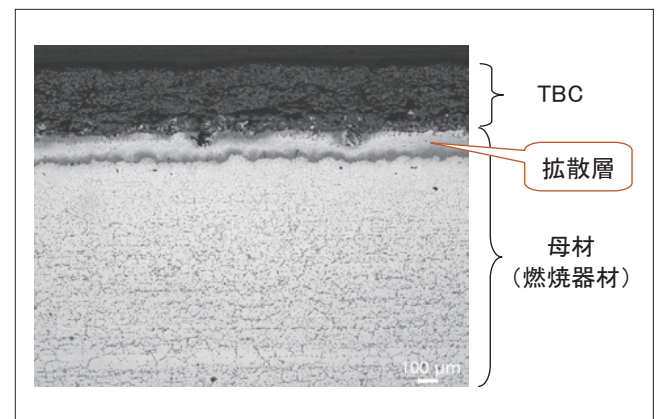
本研究成果は、当該燃焼器の保守管理に活用される計画である。



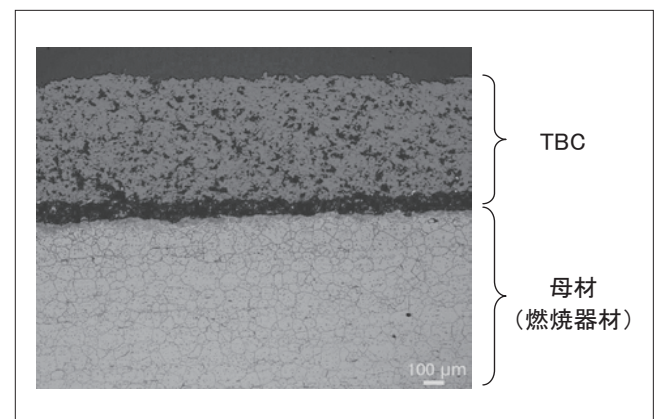
第4図 各燃焼器材のクリープ破断寿命の比較



第5図 各燃焼器材のビッカース硬さの比較



第6図 従来型燃焼器の断面組織(出口部)



第7図 改良型燃焼器の断面組織(出口部)



執筆者／伊藤明洋