

ガスタービン燃焼器燃料配管の劣化評価

Damage Analysis of Fuel Pipes for Gas Turbine Combustors

ガスタービンの起動回数増加が部品に与える影響を解明

火力発電所における最新型1100℃級ガスタービンの燃焼器燃料ガス配管は、メーカー推奨に基づき定期的に取り替えられている。そこで、実機で使用した当該配管を調査することにより、発生する劣化・損傷を明らかにするとともに、その発生メカニズムを解明できた。加えて、当該配管の合理的な管理方法を提案できた。



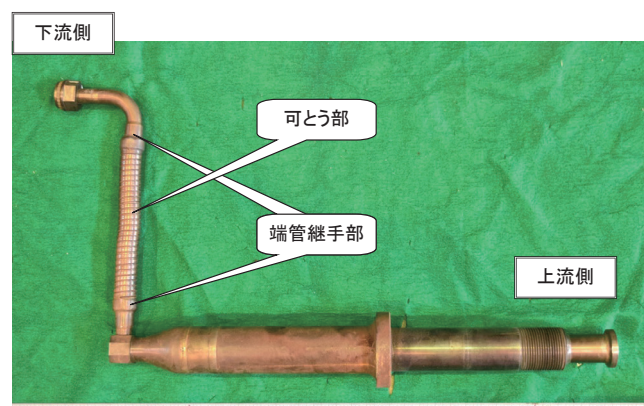
執筆者
電力技術研究所
材料化学グループ
伊藤 明洋

1 背景および目的

火力発電設備のうちガスタービン（GT）の高温部品（動翼、静翼、燃焼器等）は、使用環境が厳しく、き裂や酸化・減肉などの損傷が発生する。加えて、近年の再生可能エネルギー大量導入により、GTの起動回数が増加しており、これら損傷の増加が懸念される。

最新型1100℃級GTの燃焼器は、NO_x低減を目的にした二段燃焼方式を採用しており、第1図に示す二段燃焼用燃料ガス配管（LLI配管）により燃料を供給する構造になっている。当該配管は高温の圧縮空気環境下で使用され、メーカー推奨に基づき高温部品として管理されるとともに運転時間で定期的に取り替えられている。

そこで、実機で使用した当該配管を調査し、発生する劣化・損傷を明確にするとともに、その発生メカニズムを検討した。加えて、合理的な管理方法を検討した。



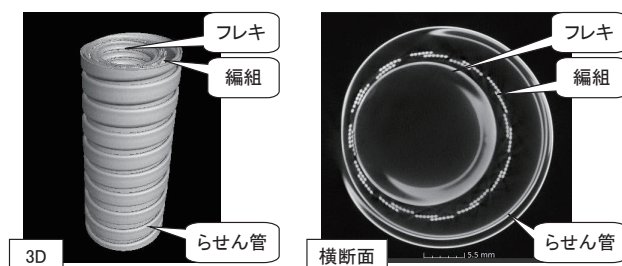
第1図 供試材（燃料配管）の外観

2 実機配管調査

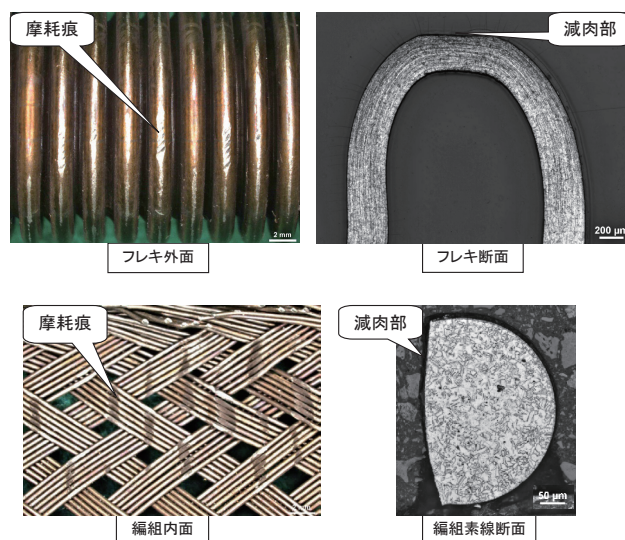
研究では、使用履歴の異なる3グループの燃料配管を供試材とし、各グループ5～10点を調査した。当該配管にはSUS304等のステンレス鋼等が使用され、配管に加わる熱伸びや振動を配管下流側の可とう部にて吸収する構造になっていることから、可とう部を中心に調査した。供試材の調査には、非破壊調査として外観・マクロ観察およびX線CT検査を行い、破壊調査として断面組織観察等を実施

した。

調査した供試材は、いずれも可とう部で軽微な変形が認められ、一部の供試材では、端管継手部近傍の可とう部外面において微小き裂が観察された。可とう部は外側から、インターロック（らせん管）、ブレード（編組）およびフレキシブルチューブ（フレキ）から成る構造で、内側のフレキおよび編組はいずれも可とう部中央周辺で部分的に片側に偏心し、外側のらせん管と接触している様相が認められた。（第2図）



第2図 可とう部中央周辺のX線CT画像



第3図 フレキ／編組の外観マクロ・断面組織

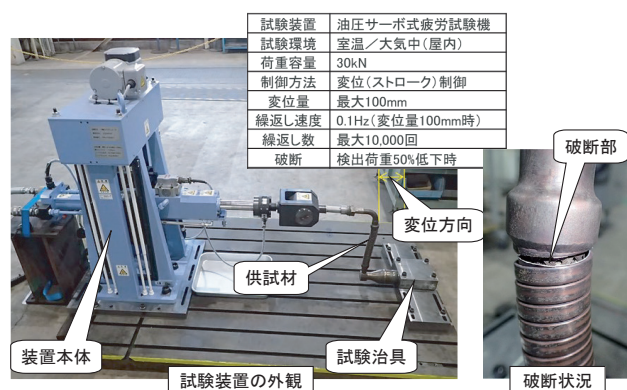
破壊調査の結果、いずれの供試材でも断面組織は通常のステンレス鋼の組織で、また、酸化および腐食などの高温環境に起因する劣化・損傷は認められなかった。端管継手部内面には、製造時の熱影響に起因すると思われる変色や肌荒れが部分的に観察されたが、フレキ内面には腐食、減

肉およびき裂等の損傷は観察されなかった。一方、フレキ外面および編組内面には、帯状・線状の変色や摩耗痕が観察され、フレキの山部および相対する編組の素線が平坦に減肉していることが分かった。(第3図) このことから、減肉のメカニズムとして、フレキ山部／編組素線間の接触・摩耗による擦過(銭 志雄ら、配管技術、2025.2)に起因すると推定される。

以上より、可とう部における外側らせん管のき裂に伴う内側フレキの損傷や擦過によるフレキ山部の減肉により、フレキから燃料ガスが漏洩するリスクが想定された。

3 劣化加速試験および劣化評価

前述の調査結果に基づき、当該配管を継続使用した場合の劣化・損傷の進展を予想するため、第4図に示す試験装置および条件にて、変形の繰返しが可とう部に与える影響を調査した。



第4図 実体疲労試験

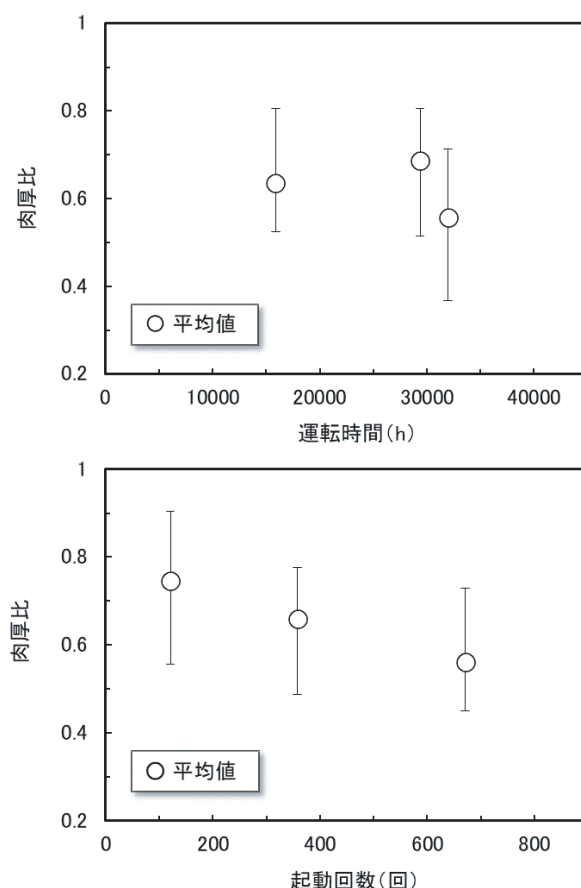
試験では、供試材可とう部に負荷する繰返し変位量を実機で推定される変位量より大きくし、試験中に検出される荷重を計測して荷重変化から供試材の破断を検知する劣化加速試験(実体疲労試験)を実施した。

その結果、変位量100mm条件では繰返し数1,334回で検出荷重が急減するとともにらせん管が破断するなど(第4図参照)、10,000回までの繰返し変位を与えると端管継手部近傍のらせん管でき裂などの損傷が発生した。

上記試験結果および端管継手部近傍らせん管で認められたき裂の破面には疲労の痕跡(ストライエーション)が観察されたことから、当該き裂は疲労き裂であることが分かった。当該き裂の起点近傍は、他の供試材と異なり溶接金属に起因する応力集中形状を呈していたことから、当該配管のみに疲労き裂が発生したと考えられる。試験結果より、らせん管の損傷発生の有無にかかわらず、いずれの供試材にもフレキ山部の減肉の加速やき裂発生は認められなかったことから、らせん管にき裂が発生してもフレキへの影響は小さいと推定され、フレキ山部の減肉に着目して劣化を評価した。

各供試材断面におけるフレキ山部の肉厚比(最小肉厚測定

値/設計値)と各供試材の運転時間/起動回数の関係を第5図に示す。肉厚比の分布および平均値は運転時間との間に明瞭な相関は認められないのに対し、起動回数の増加に伴い減少する傾向が認められた。



第5図 フレキ肉厚比と運転時間/起動回数の関係

4 研究成果

実機で経年使用した燃料ガス配管を調査するとともに当該配管を用い劣化加速試験を実施した。その結果、当該配管には運転時間に依存する組織変化や酸化は認められない一方、起動回数増加に伴い擦過によるフレキ山部の減肉が進展する傾向が認められた。

以上の結果より、GT起動回数の増加に伴って燃料ガスの漏洩リスクの高まりが懸念されることから、従来、基本であった運転時間管理では十分でなく、当該配管には起動回数を重視した寿命管理が推奨される。このように、電源構成の変化によって発電設備の損傷形態や速度が変わる可能性があることから、運用変化に応じて劣化評価が必要と思われる。

5 今後の展開

本研究成果は、当該燃料配管の保守管理に活用される計画である。