

ガスタービン第1段動翼の劣化シミュレーション技術の開発

ガスタービン高温部品の信頼性確保とコストダウンの両立を目指して

Development of Deterioration Simulation Technology for First Stage Gas Turbine Blades

Aiming to secure reliability of high temperature gas turbine components and reduce maintenance costs

(電力技術研究所 原子力・材料G 材料T)

取替費用増大が問題となっているガスタービン第1段動翼に関して、長期使用による劣化傾向を把握できるシミュレーション技術を開発した。その結果、動翼のクリープ劣化がどのように分布し、進展するかを明らかにすることができ、高精度な寿命予測が可能となった。

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

While the increasing cost of blade replacement is becoming a problem, deterioration trend simulation technology for mechanical property of first stage blades over long-term use has been developed. Consequently, the level and distribution of creep damage in gas turbine blades have been able to be defined, thus enabling high-precision life assessment.

1 背景および目的

1300 級ガスタービンの第1段動翼（第1図～第3図）は、60回転/秒による遠心力や、融点に近い高温燃焼ガスに曝されるなど、ガスタービン高温部品の中でも最も厳しい使用条件となる。このため動翼の一部にき裂や酸化減肉などの損傷が発生し、定期的に補修を行っている。

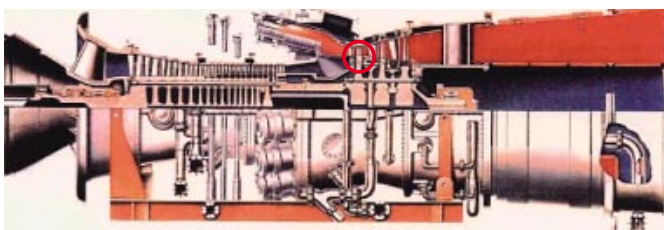
一方、動翼の寿命を左右するもう一つの要因として、クリープ強度の低下が挙げられる。これは高温状態で応力が作用し続けることによって生じるが、その進展度合いを正確に予測することは困難であった。そこで本研究では、これまでに得られた様々な調査結果を基に、ガスタービン第1段動翼のクリープ劣化シミュレーション技術の開発に取り組んだ。

2 研究の概要

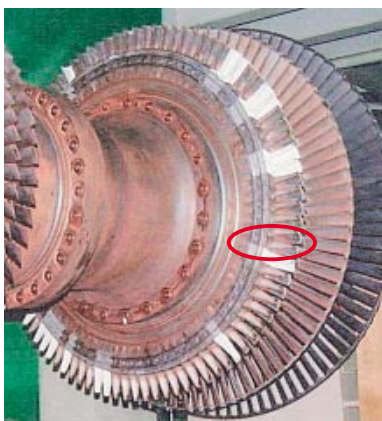
2.1 動翼の使用温度の推定

劣化傾向を把握するためには動翼の使用条件（動翼各部の応力、温度等）を正しく認識することが必要になる。応力は主に遠心応力と熱応力に分けられるが、遠心応力は動翼の重量や回転半径、速度等の設計条件が、また熱応力は運転中の動翼の温度分布が決まれば有限要素法により高精度に計算できる。

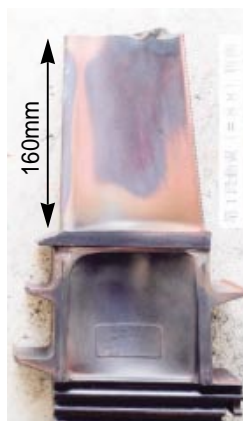
温度推定は使用後の動翼の断面金属組織から推定できる。温度推定法としては、第4図に示す、(a) 結晶粒内 相の粗大化に注目した方法と、(b) コーティング/母材界面の組織変化に注目した方法が提案されている。(a)の方法は基本的に母材であれば部位によらず推定できる反面、 相の初期値による影響を受



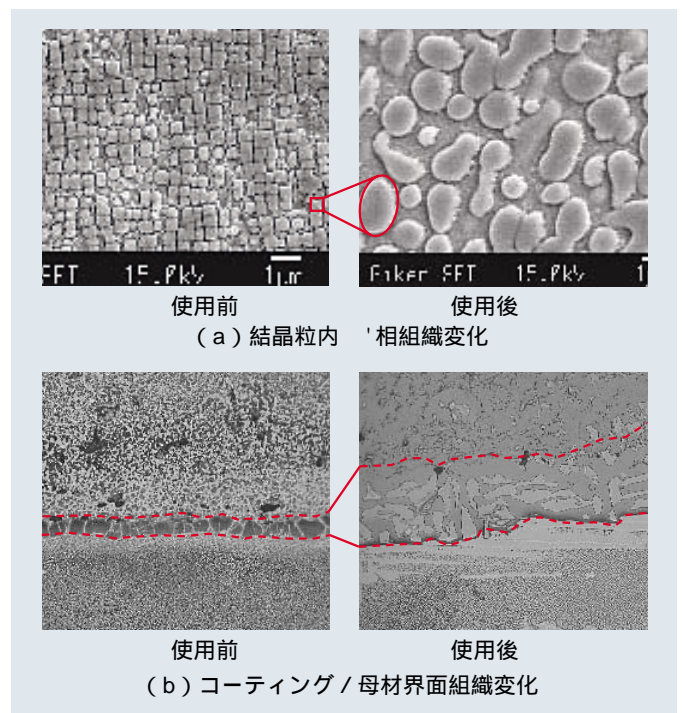
第1図 ガスタービン断面図



第2図 ガスタービンローター



第3図 第1段動翼



使用前 使用後
(a) 結晶粒内 相組織変化

使用前 使用後
(b) コーティング/母材界面組織変化

第4図 金属組織からの温度推定法

けやすいこと、(b)の方法はデータ取得が簡単で精度も高い反面、コーティングが施されている動翼の外表面のみにしか適用できないという特徴がある。今回はこれらの温度推定法を併用し、互いに補完することでこれまで以上に精度良く動翼の使用温度を推定した。なお、(b)の方法は(財)電力中央研究所の協力を得て実施した。

2.2 シミュレーションモデルの構築

動翼の精密形状計測を行い、モデル要素形状を工夫することで内部の複雑な冷却構造を反映した3次元動翼モデルを実現した。次に温度推定結果を基に燃焼ガス温度、熱伝達係数等の入力パラメータ、境界条件を検討し、第5図に示す運転中の動翼の温度分布を再現した。さらに各種材料定数、設計条件等を入力することで応力分布を解析した。

2.3 クリープ劣化予測

寿命支配因子の1つと考えられるクリープ劣化の長期的傾向を予測するため、クリープ試験結果からクリープ構成式を見出し、長期使用に伴う応力変化を反映したクリープ劣化シミュレーションを実現した。第6

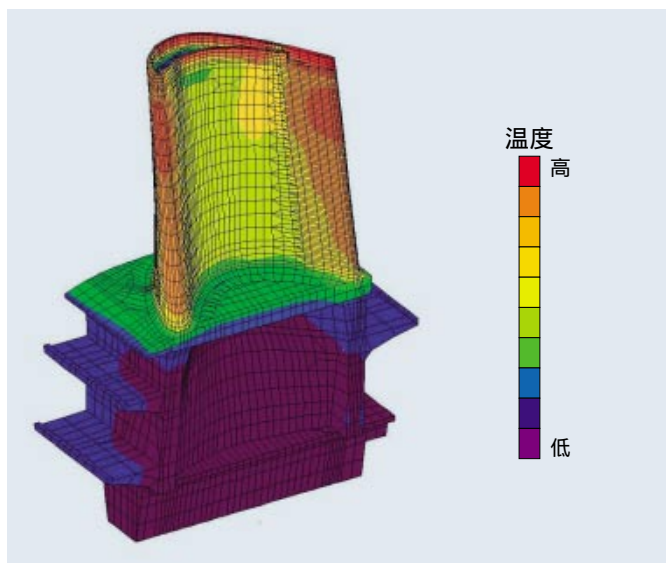
図に長期使用に伴う動翼各部の応力変化を示す。これより、時間とともに応力分布が大きく変化することがわかった。第7図に一例として後縁根元部冷却孔近傍のクリープ劣化度分布を示すが、冷却孔に起因する応力集中部で最も劣化度が高かった。

3 研究の成果

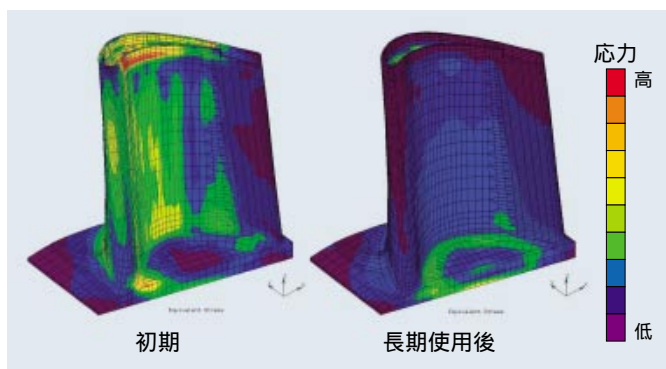
ガスタービン動翼の運転中の使用温度を高精度に推定する技術と、正確な計算モデルを用いたシミュレーション技術を開発することができた。これにより、複雑な3次元形状であるガスタービン動翼の長期使用によるクリープ劣化傾向を把握できた。

4 今後の展開

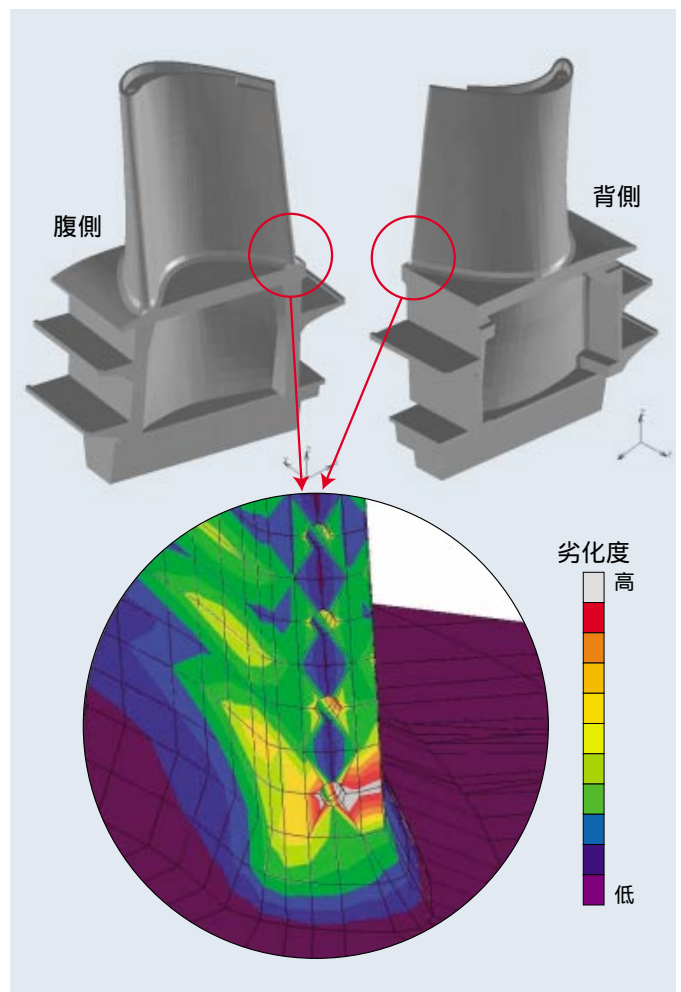
今回開発した技術はガスタービン動翼の寿命予測等に活用していく。また、疲労による劣化にもシミュレーション技術を展開し、さらなる機器信頼性の確保と補修費用のコストダウンに貢献していきたい。



第5図 運転中の動翼の温度分布



第6図 長期使用に伴う応力変化



第7図 クリープ劣化度分布



執筆者 / 小林大輔
Kobayashi.Daisuke@chuden.co.jp