

Title	ガスタービン翼エンドウォールの伝熱に関する研究
Author(s)	羽田, 哲
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/774">https://hdl.handle.net/11094/774</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ほ 田 哲 た きとし
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 23810 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	ガスタービン翼エンドウォールの伝熱に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 武石賢一郎 (副査) 教 授 片岡 勲 教 授 赤松 史光 准教授 小宮山正治

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は以下の全7章で構成されている。

第1章では、おもに電力用に用いられるガスタービンのさらなる高性能化、および環境負荷の低減のために必要な工学的技術について概括し、タービン翼のエンドウォールの伝熱設計の重要性とその課題について述べた。

第2章では、タービン翼のエンドウォールにおける複雑な流れ場を特徴づける馬蹄渦について、タービン翼前縁を模擬する2次元対称翼を用い、前縁直径が現象の支配パラメータであることを示すとともに、エンドウォール翼前縁付け根部における熱伝達率実験式を提案した。また翼前縁を主流順流方向に傾斜させること、および翼前縁とエンドウォール交差部にフィレットRを付加することにより、馬蹄渦の規模を小さくし、前縁付け根部の熱負荷を制御し低減できることを示した。

第3章では、エンドウォールの熱負荷低減を目的とした、より高性能なフィルム冷却手法の知見を得るために、シェイプトフィルム冷却における主流とフィルム空気の混合流動場を測定した結果につき述べた。シェイプトフィルム冷却孔形状として、ピッチ方向に出口面積を拡大した孔形状、および肉厚方向に出口面積を拡大した2種の形状、さらに基本となる円孔を用いて実験は行われた。円孔は吹き出し比を高くすると、フィルム冷却空気が壁面から剥離するが、シェイプトフィルム冷却は、この剥離を抑えることが可能である。またフィルム孔の出口面積を拡大すると、フィルム冷却空気の壁面からの剥離を抑えることが出来るが、主流ガスのシェイプト冷却孔への流入が認められることを示した。

第4章では、第2章で提案した翼前縁の主流順流方向への傾斜を実現する軸対称エンドウォールコンタリングを採用したタービン1段静翼のモデル翼列を用い、その伝熱特性について述べた。軸対称エンドウォールコンタリングを適用した場合、馬蹄渦の規模が小さくなることにより、エンドウォール面上の熱伝達率は低下する。一方、エンドウォールコンタリングの採用により、フィルム冷却空気が壁面から剥離する方向の速度成分が発生し、結果的にフィルム冷却効率が低下することを示した。

第5章では、タービン静翼と燃焼器の隙間、および隣接タービン翼間に存在する隙間からの漏れ空気のエンドウォール面上のフィルム冷却に及ぼす影響について、数値解析的手法により検討した結果につき述べた。いずれの漏れ空気も、タービン翼間に発生する二次流れの流れ場を変化させ、その結果として、エンドウォール面上のフィルム冷却効率の分布に影響を及ぼすとともに、漏れ空気はフィルム冷却用空気としてエンドウォールに作用することを示した。

第6章では、大型低速回転翼列試験装置を用いて、回転動翼の翼面およびエンドウォール面に施工したフィル

回転動翼エンドウォール面上のフィルム冷却効率が低下すること、およびエンドウォール面上を均一かつ広範囲に冷却することが困難であることを示した。また、シェイプトフィルム冷却孔を回転動翼に適用することは有用であり、円孔と比較して、より広範囲に均一に冷却出来ることを示した。

第7章では本研究の成果を総括した。この研究開発の成果は、筆者が担当する産業用大型ガスタービンの更なる高性能化のために、具体的に適用されており、ガスタービンの更なる高温化に大きく貢献できるものである。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、産業用高温ガスタービンの高性能化および高信頼化において、今後技術革新が最も重要であるタービン翼エンドウォールの伝熱問題に取り組み、実験的および数値解析的研究を実施したものである。本論文の主な新しい着眼点と結論は以下の通りである。

- (1) タービンエンドウォール部の翼前縁付け根部近傍に着目し、二次元対称翼を用いて、ナフトレン昇華法による伝熱実験および PIV を用いた流れ場の測定を実施し、前縁近傍の流れ場は、代表長さとして前縁直径で整理することが出来、従来経験則に依っていた前縁付け根部の熱伝達率が、前縁直径基準のレイノルズ数により整理出来ることを明らかにした。また、前縁を主流順流方向に傾斜させることにより、前縁近傍に発生する馬蹄渦の規模を弱小化し、熱負荷を制御低減できることを示した。
- (2) タービンエンドウォールに適用するフィルム冷却に関して、2種類のシェイプトフィルム孔形状を用いて平板面上吹き出しにおける PIV・LIF による主流とフィルム空気の混合流動場の実験的研究を行ない、フィルム冷却孔の形状の最適化により、従来の円孔に比べフィルム冷却効率の向上が図れることを明らかにした。また主流のフィルム冷却孔への巻き込み現象を解明し、今後のシェイプトフィルム冷却の高性能化を図る重要な知見を得た。
- (3) (1) で明らかにした前縁の傾斜による熱負荷低減をタービン翼列で実現する目的で、軸対称エンドウォールコンタリングを適用したタービン 1 段静翼翼列模型を用いて、静翼エンドウォール面上の熱伝達率、フィルム冷却効率を測定する実験的研究を実施することにより、エンドウォールコンタリングは前縁エンドウォール面上の熱伝達率を大きく低下させること、およびフィルム冷却効率を低下させることを明らかにした。一方、燃焼器と静翼間および隣接静翼間の流れ空気が、馬蹄渦の挙動に強く影響することおよび流路渦の発生を抑える作用があることを明らかにした。
- (4) 大型低速回転翼列試験装置を用いて、タービン動翼エンドウォール部のフィルム冷却効率分布を測定した結果、動翼エンドウォールにおけるフィルム冷却効率は、翼面、静翼エンドウォールに適用したフィルム冷却効率に比べ減衰が大きいことを明らかにした。また、(2) で提案したシェイプトフィルム孔形状の回転動翼のエンドウォールへの適用は有用であることを明らかにした。

以上のように、本論文で提案している、タービン翼内で予測が難しく、高熱負荷であるエンドウォールに対する伝熱予測手法と熱負荷低減技術は、産業用大型ガスタービンの更なる高温化を可能にし、ガスタービンの高効率化および高信頼性化に寄与することが大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。