OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	数値流体解析を用いた蒸気タービン高性能化の研究
Author(s)	阪井, 直人
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/54274
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【159】

氏名	阪井直人（さかいなおと）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第　23877　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 基礎工学研究科機能創成専攻
学位論文名	数値流体解析を用いた蒸気タービン高性能化の研究
論文審査委員	（主査） 教授　辻本　良信 （副査） 教授　河原　源太　　教授　川野　聡恭

論文内容の要旨

本研究では、蒸気タービンの性能改善の中でも特に内部流れの改善による性能向上を研究対象とする。蒸気タービンが、他の軸流タービンと異なる点は、

- 作動流体の実在気体効果が大きく湿り領域で作動する
- 膨張比が大きく、高圧部と低圧部で流路形状が大きく異なる（部分流入段の採用、長大翼の採用）

の２点であり、これら２点に着目した研究成果についてまとめた。

まず、蒸気タービンの数値流体解析評価において、実在気体である蒸気の物性がどのような影響を与えるかを検証した。単翼列評価では、理想気体として扱いにくい湿り蒸気の領域においても適切に理想気体近似を行えば、必要とされる翼列性能評価の精度が得られることを示した。また、平衡状態解析以外に単純なラバールノズル解析に対して非平衡状態の解析例を示した。この結果により、解析によって得られる解の精度とモデル化の関係が定量的に把握され、流体解析のモデル化の指針が構築できるようになった。

次に、蒸気タービン最終段翼開発について述べている。耐遠心力設計、耐振動強度設計、空力設計など相反する設計項目を満足するように行った開発についてまとめた。この開発翼に対して、実物大動翼によるオーバースピード試験を行いその信頼性を確認している。本翼の開発により蒸気タービンの大容量化、高効率化が可能になるとともに、単位出力あたりの低コスト化も可能となる。

論文後半部では、部分流入段についての研究をまとめている。なお、これらの成果は全周流入タービンにおいても、部分負荷時の部分噴射状態において適用可能である。まず、部分流入段の基本的な研究として、実験的研究と数値的研究を行い、準3次元非定常全周解析が部分流入段の流れ場の現象解明に妥当な解を与えることを示した。この手法を用いて、部分流入段の開口部周方向位置の最適化を行った。次に、流れ場の3次元性を考慮し、ディスクキャビティ、翼先端漏洩までモデル化した部分流入段解析を行い、同一条件での全周流入段解析との比較により、部分流入段の効率低下が翼先端漏洩流量に依存する可能性があることを示した。この知見により部分流入段の損失メカニズムに即した対策が可能になった。

論文審査の結果の要旨

コンピュータの高速化、大容量化並びに数値流体解析技術の進展に伴い、数値流体解析は有効な設計ツールの一つとして実用化されつつある。しかし、実現象をそのままの形で解析することは計算機負荷の観点からいまだ現実的でない。本研究は、蒸気タービンの性能向上・信頼性確保を最終目的として、個別の問題に応じて簡単化を行った流体解析を利用し、問題解決を行った成果をまとめたものである。

第１章では蒸気タービン技術と研究の状況を概観し、必要とされる問題点を明らかにしている。

第２章では蒸気タービンの流体解析における蒸気物性の影響に着目している。まず単翼列に対する解析と実験を行い、熱落差の小さな単翼列段に対しては内部での物性変化は小さく、従来の理想気体に対する解析や空気実験が有効であることを明らかにした。次に、第２段で飽和蒸気線を横切るような条件のもとで、（１）段落入口の蒸気状態に対するガス物性を用いた理想気体としての解析、（２）段落出口の蒸気状態に対するガス物性を用いた理想気体としての解析、（３）解析コードに用意した蒸気表を用いた解析、を行い結果を比較することにより、定性的な議論に対しては局所的な物性値を把握したうえで理想気体としての解析が利用できるが、飽和線を横切るような大きな変化を伴う段においては蒸気物性を考慮した解析が必要であることを確認した。翼先端の漏えいがある場合のように、単段においても乾き蒸気と湿り蒸気が混在するような場合には、蒸気物性を正確に考慮する必要があることを明らかにした。また、ラバールノズルに対する非平衡解析を行い、より正確な解析のためには非平衡解析が必要とされるが、これを蒸気タービン設計に利用するためにはこれを検証するための実験データの整備が必要であることを明らかにした。

第３章では第２章の結果に基づき流体解析には蒸気物性を用いた理想流体解析を用いて最終段に用いる長大翼の開発を行った。長大翼に対しては翼根部に大きな遠心力が作用する上に翼振動が問題となるため、ＦＥＭを用いた応力解析、振動解析、フラッタ解析に基づきこれを開発し、静止打撃試験・回転試験によってその信頼性を確認している。

第４章－第６章では部分流入段の問題を扱っている。部分流入段では本来翼すべてを含む全周に対する非定常解析が必要で、非常に大規模な計算が必要となる。第４章ではまず一段翼列について平均半径に対する二次元非定常解析（論文中では慣用的に使われる“準三次元解析”と称している）として計算負荷を減らして計算し、実験と比較することにより、二次元非定常解析が部分流入の問題の定性的な議論には利用可能であることを明らかにした。また、部分流入開口開始端には高圧領域が、終了端には低圧領域が現れることを明らかにしている。第５章では第４章の結果を踏まえて二次元非定常解析を２段の翼列に適用し、部分流入段の開口部の位置の影響を検討している。開口部位置の違いにより静圧の周方向分布が異なり、これによってタービン段落効率が変化することが明らかにし、タービン効率を最大にする最適開口部位置を見出した。さらに第６章では全周に対して三次元非定常の大規模計算を行い、定量的な結果が必要な場合にはテイップクリアランスやデイスクキャビテイも含めた大規模計算が必要なことを示した。

以上のように数値流体解析技術は、現在においては蒸気タービン内の複雑な流れを正確に再現できる能力を有する

が、計算負荷を考慮すると目的に応じて簡単化した解析を利用することが実際の問題の解決に有効であることを具体例を持って示した。このように本論文は蒸気タービンの高性能化に対する数値流体解析技術の適用方に関し貴重な示唆を与えるものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。