

|         |                                   |    |         |
|---------|-----------------------------------|----|---------|
| 氏名      | 秦 聰                               |    |         |
| 学位の種類   | 博士(工学)                            |    |         |
| 学位記番号   | 生工博甲第47号                          |    |         |
| 学位授与の日付 | 平成19年3月23日                        |    |         |
| 学位授与の条件 | 学位規則第4条第1項該当                      |    |         |
| 学位論文題目  | 蒸気タービンの長寿命化のための付着物洗浄法と表面改質法に関する研究 |    |         |
| 論文審査委員  | 主査                                | 教授 | 西尾 一 政  |
|         |                                   | ”  | 金 藤 敬 一 |
|         |                                   | ”  | 尾 川 博 昭 |
|         |                                   | ”  | 横 井 博 一 |
|         |                                   | ”  | 岡 元 孝 二 |

## 学位論文内容の要旨

石油化学プラントの大規模化に伴い、生産効率の向上と消費エネルギー削減の観点から、プロセスガス圧縮機駆動用蒸気タービンの長期連続運転と高性能維持の要求が強くなっている。この要求に応えるには、蒸気中不純物の翼素への析出付着による性能低下を軽減しつつ連続運転できる技術が不可欠であり、腐食性物質の濃縮による動翼疲労損傷を防止する必要がある。既往の研究では、蒸気条件と析出物を特定することに主眼が置かれ、析出物付着による翼素性能低下を回避するための方策に関しては十分な研究が行われていない。また、実使用環境において腐食疲労に対し十分な寿命を有するタービンの設計指針と腐食疲労を防止する長寿命化技術に関する有用な研究は少ない。

本研究では、翼素への不純物付着現象と性能低下を実際の運転結果から評価することによって、付着物質の洗浄方法と洗浄効率化の条件を明らかにし、効率的な新しい洗浄方法を提示している。また、付着を緩和し高い洗浄性を有すると同時に、腐食環境における疲労強度低下を防止しうる新しい表面改質方法についても研究を行っている。さらに、腐食性物質の濃縮による腐食環境での動翼疲労寿命の影響を評価し、タービンの長寿命化を図るための蒸気管理条件と設計指針についても検討している。

第1章は「序論」であり、上述の研究背景、既往の研究について述べ、研究の目的と意義を明示している。

第2章「翼素への不純物付着現象が性能に及ぼす影響」では、蒸気条件と蒸気中の不純物析出の関係を整理し、付着部位と付着量が翼流路内圧力分布と効率に与える影響を定量的に明らかにし、基本的な付着特性を把握している。

第3章「翼素付着物の洗浄」では、不純物付着による性能低下を解決する手段として、蒸気タービン内部を洗浄し性能回復を図る浄化方法について、従来の洗浄条件と洗浄効果を定量評価している。その結果に基づき、タービン停止や出力低下の下で実施される従来洗浄方を新たに提案している。解析と試験による評価の結果、提案された新洗浄方法では、熱平衡計算に基づいて最適条件を設定できると共に、定常運転での洗浄が可能となった。

第4章「付着防止と洗浄向上を図る表面改質法に関する研究」では、物質の表面エネルギーと付着現象に着目した新しいコーティング材の選定と評価試験を実施し、適正コーティング材の実機適用を検討している。耐付着性、洗浄性と耐腐食性、耐壊食製の多機能性膜である複合コーティング膜として、PTFE 粒子複合 Ni-P めっき皮膜を選定し、実機使用条件を模擬した付着性および洗浄性に関する独自の評価試験、腐食疲労強度、壊食に関する評価試験を行い、十分実機に適用可能なことを示している。

第5章「腐食性物質濃縮と動翼腐食疲労寿命」では、腐食性物質の濃縮と腐食環境での動翼疲労寿命への影響について、設計データと運転実績に基づいて評価を行い、応力レベルと翼腐食疲労破壊におけるき裂進展に関して考察している。蒸気中の塩素が極低濃度の場合でも厳しい腐食環境が起これ

得ることを示し、高濃度腐食環境においては、腐食ピットそのものが応力集中源となる形状作用も加わることを明らかにした。さらに、発生応力の低減と濃縮を避ける動翼形状及び結合方法の改良を行い、耐腐食性を向上するため構造改良したテノンレス全周綴り方式のISB動翼（インテグラル・シュラウド動翼）を提示している。新しいISB動翼について、振動強度解析、試作の実機への適用により長期運転に耐えうる疲労強度を有することを示している。

第6章「結論」では、本研究の成果を整理すると共に、今後に残された課題について述べている。

本研究の成果を複合的な技術として適用することにより、蒸気タービン長期運転中の性能劣化防止や翼素性能維持によるエネルギー損失の低減と機器の長寿命化が可能になると考えられる。

## 学位論文審査の結果の要旨

以上述べたように、著者の研究は、蒸気タービン技術の高度化に大きく貢献すると共に、有用な資料を提供している。よって、著者は、博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

なお、本論文に対して調査委員から、独創性・独自性の所在、特性評価方法の妥当性、計算結果と実験結果の差異などについての質問があったが、著者によって、適切な回答がなされた。また、公聴会においても、学内外から多数の出席者があり、特性評価方法の妥当性や軸受寿命など、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。