

補助事業番号 2021M-234

補助事業名 2021年度 ポンプや水車の流体軸受けに生じる土砂摩耗のメカニズム解明と抑止法開発 補助事業

補助事業者名 京都工芸繊維大学 機械工学系 渡村友昭

1 研究の概要

土砂摩耗による水車やポンプのローター損傷に対し、現在は摩耗箇所を経験的に特定するに留まり、そのメカニズムである「流動」に関する知見は乏しい。本研究では流れの可視化により、流れと摩耗の関係性を調査した。また、砂スラリーを用いて摩耗加速試験を実施した。摩耗と流動の関連を議論し、流れの制御技術を活用し、摩耗抑制の方策を提案する。

2 研究の目的と背景

水力・揚水発電設備の水車ローターは高速で回転する巨大構造物であるため、ローターとハウジング間には数ミリメートルの隙間が存在し、僅かに漏れを許容した状態で運転されている。大雨や洪水により水車への導水へ砂や泥が混入すると、土砂摩耗により水車構造物は損傷する。特にローターとハウジング間の隙間の拡大は漏れ流量を増大させ、発電効率が低下する。カーボンニュートラル社会の実現には、自然エネルギーを用いた発電の更なる効率向上と長寿命化が必至であり、土砂摩耗のメカニズム解明と防止・抑制技術の構築が望まれている。

3 研究内容

(1) ポンプや水車の流体軸受けに生じる土砂摩耗のメカニズム解明の研究

(<http://www.cis.kit.ac.jp/~watamura/research.html>)

実際の使用済み発電用水車ローターを用い、土砂摩耗により損傷した実験用ロータモデルを作成した。実験装置の概略図を図1(a)に示す。上段と下段の半径方向隙間は5mmの微小隙間でであり、長距離顕微鏡レンズと高速度ビデオカメラを用いて撮影を行った。なお、トレーサ粒子を明瞭に撮像するため、光学フィルタにより蛍光トレーサ粒子像のみ分光撮影した。流体の運動に追従する粒子を高速度ビデオカメラで撮影し、粒子の移動距離から速度の空間分布を計測した。図2に計測結果の一例を示す。ローターの段部において渦が生じ、軸流速度の増加と共に渦の回転速度が増加することが分かった。また、縮流箇所においてローターに向かう流れが生じ、ケーシング側では剥離が生じる。ローターの損傷により流路が拡大するが、ケーシング側の剥離は大きくなる。軸流速度が小さい時、2段目隙間において上下方向の規則的な速度変動構造が定在している。これは、トーラス状の渦が定在していることを意味する。また、軸流速度の増加により上昇流のみが存在するようになる。これは、トーラス構造の渦が流れ方向に移流するため、あるいは、渦がトーラス構造からスパイラル構造に変化するためと考えられる。なお、これらの特徴は摩耗によりローターの形状が変化した場合でも見られるため、損傷は継続的に進行すると考えられる。

摩耗を再現するために加速試験を実施した。砂スラリーを装置に循環させ、隙間部においてローターが摩耗する。ローターは黒色アルマイト処理してあり（図1(b)）、摩耗により地金の色が見える（図1(c)）。摩耗の形状から、摩耗が激しい位置はケーシング段部であることが分かった。これは、可視化実験で得られた流動観察の結果と一致する。斜め段付きケースや旋回止め着きのケーシングを用いることで、摩耗が大きく変化した。これは、ローターに衝突する流速が変化したためと考えられる。これらの結果から、段部に生じる渦の強度と、衝突の流速を制御により、摩耗の進行速度が低下すると言える。

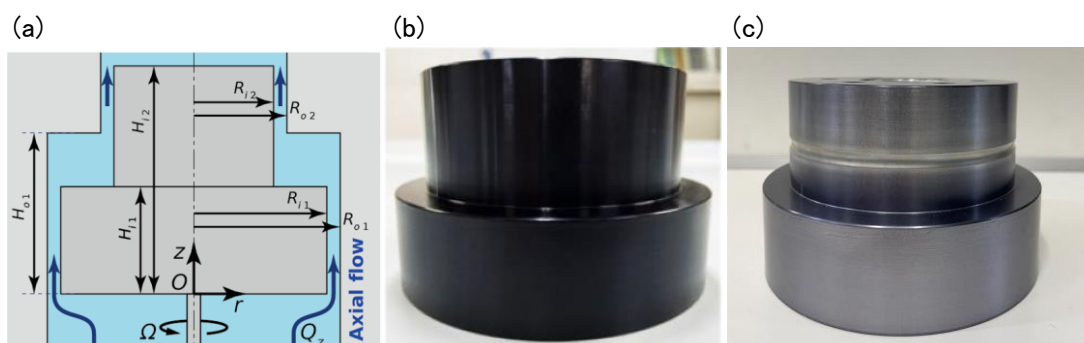


図1 (a) 実験装置の概略図。摩耗試験のローター(b) 摩耗前, (c) 摩耗後

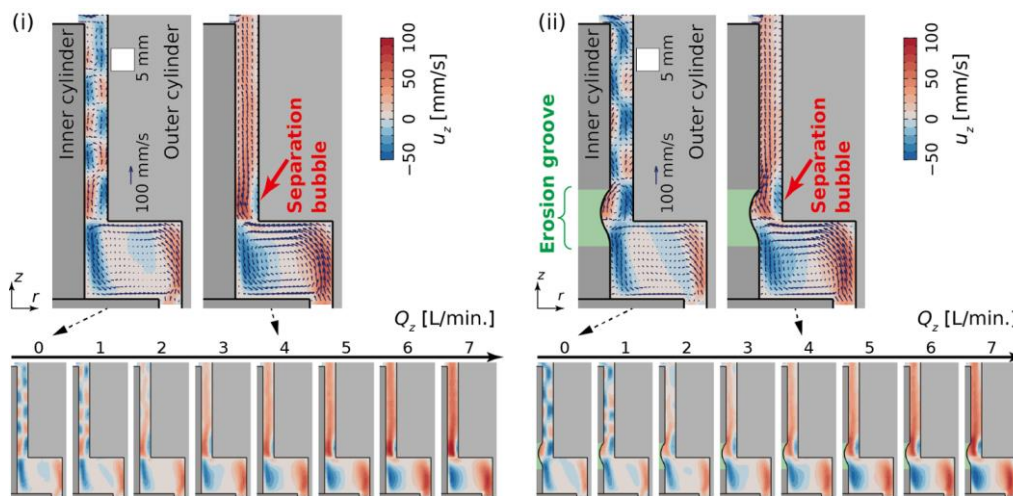


図2 (i) 摩耗前の流動, (ii) 摩耗後の流動.

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

ラビリンスシールの形状や漏れ流量に応じた流れ場の状態から、損傷位置の特定が可能となることが分かった。実験による流れ場の可視化では、複雑な形状に対応しきれなく。そのため、数値シミュレーションによる流動状態の把握から、損傷の評価を行うことが望まれる。本研究結果はシミュレーション結果を評価する基礎データとなるほか、水車の土砂損傷が更に発展する基盤研究である。カーボンニュートラル社会の実現に向け、発電事業の一層の効率化に繋がる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

現在までに実施した研究で使用した小型水力発電ローター模擬試験機を改良し、可視化装置ならびに摩耗加速装置を作成した。その結果、摩耗のメカニズムが解明し、摩耗を抑制するデバイスの設計方策の理解に至った。研究内容が発展し、社会問題解決に直結する基礎研究を実施できたため、非常に有意義であった。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

該当なし

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

ポンプや水車の流体軸受けに生じる土砂摩耗のメカニズム解明と抑止法開発

(<http://www.cis.kit.ac.jp/~watamura/jka2021rep.pdf>)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 京都工芸繊維大学 機械工学系

(キョウトコウゲイセンイダイガク キカイコウガクケイ)

住 所： 〒606-8585

京都市左京区松ヶ崎橋上町 1

担 当 者： 助教 渡村友昭(ワタムラトモアキ)

担 当 部 署： 物理情報科学研究室(ブツリジョウホウカガクケンキュウシツ)

E - m a i l: watamura@kit.ac.jp

U R L: <http://www.cis.kit.ac.jp/~watamura/index.html>