

揚水発電の上池を模した単一口を持つ浅い水槽における流入・流出の時系列変化 Time-series changes in flow in a shallow single-opening tank representing the upper reservoir of a pumped storage power plant

○庄内 結南・小柴 孝太・Christian AUDEL・川池 健司・和田 桂子
○Yuna SHONAI, Takahiro KOSHIBA, Christian AUDEL, Kenji KAWAIKE, Keiko WADA

Sedimentation in the upper reservoir of pumped storage power plants has become a serious issue, as it reduces operational efficiency. In particular, the sedimentation mechanism in shallow and wide upper reservoirs with a single opening for both inflow and outflow has not yet been fully clarified. Therefore, this study aims to elucidate the sedimentation mechanism in such reservoirs. Laboratory experiments were conducted using a shallow rectangular tank with a single opening that allows both inflow and outflow. Time-series variations of the surface flow were investigated using PIV. In the inflow process, two flow patterns were observed in the initial stage: a deflected pattern and a straight pattern. In contrast, in the outflow process, only one characteristic flow pattern was identified, in which a single clockwise vortex developed. These findings provide fundamental insights into the flow characteristics of the upper reservoirs.

1. はじめに

近年、再生可能エネルギーの一つとして揚水発電が注目を集めている。揚水発電は、上池と下池の2つの貯水池を利用して電力を貯蔵・供給する水力発電である。しかし、揚水発電所の上池では、堆砂量の増加が顕在化しており、堆砂の進行により効率的な運用が妨げられるおそれがあるため、早急な対策が求められている。

上池が狭くて深いダム型構造を有する混合揚水式発電所においては、これまでに堆砂に関する水槽実験¹⁾や数値解析モデルの構築²⁾が行われてきた。一方、上池が広くて浅い人工池である純揚水式発電所については、水槽実験や数値解析に関する研究がほとんどなく、堆砂の発生メカニズム自体が十分に解明されていない。

そこで純揚水式発電所の上池における堆砂メカニズムを解明およびその対策の検討に焦点を当てる。本研究では、水槽実験により堆砂に影響を与える水の流れパターンについて検討する。純揚水式発電所の上池は浅く広い構造を持ち、表面流が貯水池内の流れを代表すると考えられるため、本研究では上池における表面流の流動特性に着目する。具体的には、揚水発電所の上池をモデル化した流入・流出口が同一位置に配置された浅い長方形水槽を用いて、さまざまな流入流量および流出流量条件の下で実験を行う。これにより、上池に

おける表面流の特性を詳細に解析し、堆砂の発生メカニズム解明に向けた基礎データの取得を目指す。

2. 方法

実験に使用した水槽は、長辺 300 cm、短辺 200 cm、深さ 33 cm の長方形水槽である。流入・流出口は幅 11 cm、高さ 5 cm とし、その底面が水槽の底面と一致するように短辺中央部に設置されている。この水槽は、Froude 則に基づき、ドイツに位置する三つの揚水発電所の上池をモデル化したものである(図-1)。

流入段階では、ポンプを用いて水を流入させ、水深が 2 cm に達した時点で、粒径が 1.0–3.0 mm のコルクをトレーサーとして水面に播種した。その後、水深が 3 cm に達した時点で表面 PIV 解析用動画の撮影を開始し、水深が 9 cm に達した時点で流入を停止した。ポンプ運転終了後には、水

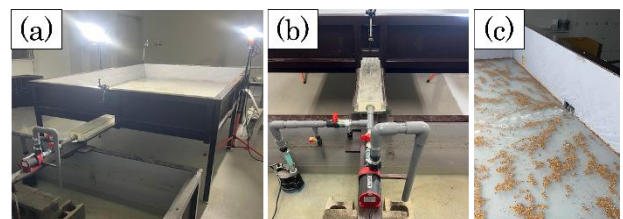


図-1 実験水槽

(a)全体, (b)流入・流出口, (c)トレーサー

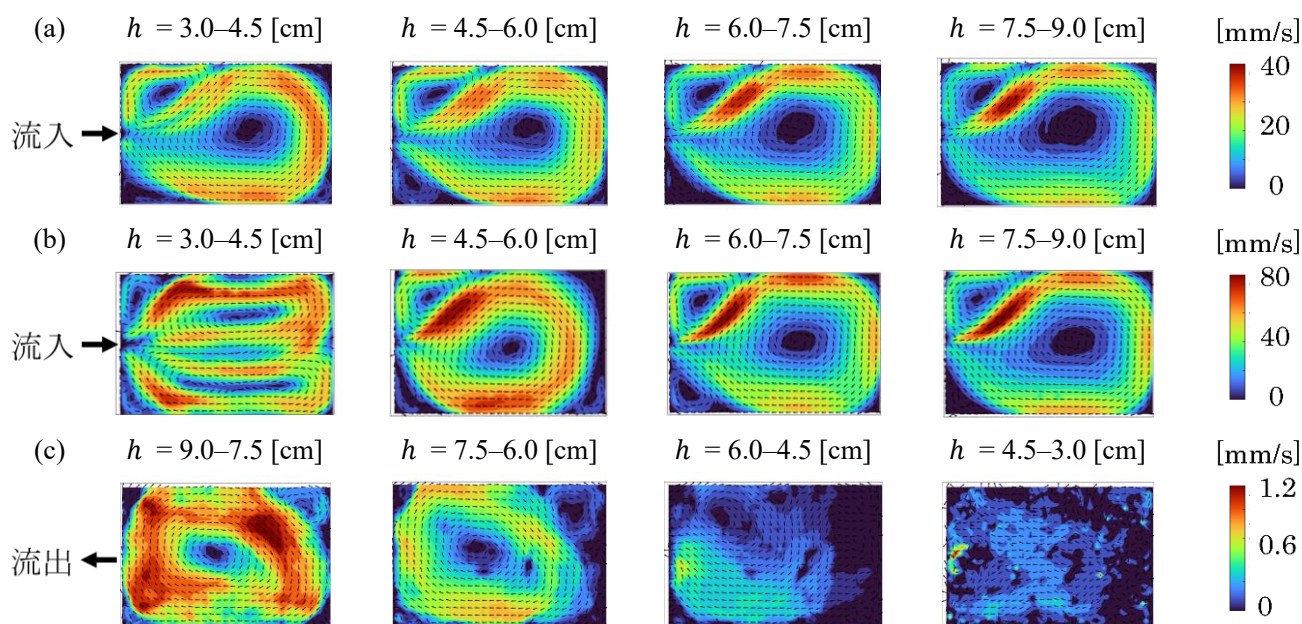


図-2 表面流の流れ (a)流入過程 偏向パターン, (b)流入過程 直進パターン, (c)流出過程

の流れを十分に静止させるための中間時間を設けた。流れが静止したことを確認した後、流出段階に移行し、排出バルブを開き、ポンプを用いて水を流出させた。水深が 3 cm に達した時点で撮影を停止し、実験を終了した。なお、流入過程および流出過程は、それぞれ独立に評価した。

本実験では、流入および流出の流量を「強」、「中」、「弱」の 3 つのパターンに分類し、それぞれの条件において 4 回ずつ実験を実施した。

3. 結果

流入過程では、流入開始直後に左方向に偏向するパターンと直進するパターンの二つの流動パターンがみられた。偏向パターンでは、流入水は左に偏向し、上から見て反時計回りの小さな渦と時計回りの大きな渦が形成された (図-2(a))。直進パターンでは、流入水は直進した後、左右に分岐して水槽壁面に沿って循環する流れを示した。水深が大きくなるにつれて、流れは次第に左方向へ偏向した (図-2(b))。いずれの場合においても、水槽の隅部に小さな渦が発生し、水深が大きくなるにつれて、表面流速の分散が小さくなり、水槽内全面において表面流速が均一な状態に近づく傾向がみられた。

流出過程では、流出開始直後に時計回りの一つの大きな渦が形成され、隅部に小さな渦が発生した。水深が大きくなるにつれて、表面流速の分散が小さくなり、水槽内全面で表面流速が均一な状態に近づいた。さらに、水深が流入口の高さであ

る 5 cm に達すると、渦は衰弱し、水は流出口に向かって流れ込んだ (図-2(c))。

4. まとめ

土砂粒子は、流速が小さく滞留時間が長い領域で沈殿しやすいことから、流入および流出の流動パターンの組み合わせによって、土砂の堆積傾向を評価できると考えられる。本研究で得られた知見は、堆砂の発生メカニズムの解明に資する有用な知見となるだろう。

一方、本研究では表面流のみを対象としており、底部における流速分布を十分に把握するには至っていない。そのため、三次元流速計測および解析手法の導入が望まれる。また、本実験で確認された水槽隅部の渦は、長方形水槽特有の現象であると考えられる。今後は、楕円形水槽を用いた実験を行うとともに、得られた流動パターンに基づく数値解析を行う予定である。さらに、土砂を投入した場合の水槽実験および数値解析を実施することで、より現実に即した貯水池内の堆砂分布を把握し、堆砂対策の検討につなげる。

REFERENCES

- 1) Matthieu Dufresne et al. : Classification of flow patterns in rectangular shallow reservoirs. Journal of Hydraulic Research, Vol.48, No2, pp.197-204, 2010.
- 2) 芦田和男 : ダム堆砂に関する研究, 京都大学防災研究所年報, Vol.10, B, pp.109-119, 1967.