

プロペラ式湖水浄化装置による貧酸素水域の改善効果について

ゼニヤ海洋サービス株式会社 水環境研究部 正会員 ○西田秀紀 川本靖行 稲田精一
鳥取大学 黒岩正光
一般財団法人水源地環境センター 高橋定雄 木村文宣
株式会社海洋開発技術研究所 城野清治 井手裕樹

1. はじめに

ダム貯水池や湖沼などの閉鎖性水域では、富栄養化による水質悪化や浄水障害等が大きな問題となっている。これらの要因の一つとして、夏期の深水層における貧酸素化によって、栄養塩やマンガン・鉄などの金属類がダム湖底から大量に溶出することが挙げられる¹⁾。また近年、底層の貧酸素化による水生生物への影響も懸念され始め、平成28年3月環境省は底層の水生生物の維持を目的に『底層溶存酸素量』を環境基準に追加した。

このような背景のもと、著者らは溶存酸素(DO)の豊富な表層水を貧酸素状態の底層に送り込むプロペラ式湖水浄化装置(以下、「プロペラ装置」)を開発し、ダム湖における実証実験にて貧酸素水域の改善効果に関する有用な知見を得たので報告する。

2. プロペラ装置の概要と流動現象

プロペラ装置は、プロペラで表層水を吸引し、送水管を通して表層水を底層部に放出することによって、底層の貧酸素水域の水質改善を図るものである。本装置は、駆動部本体(プロペラ、モーター)、送水管・吐出口および操作制御盤(陸上施設)から構成されるシンプルな構造であり、曝気装置に比べるとイニシャルおよびランニングコスト面で大幅な縮減が図れる(写真-1、図-1)。

また、プロペラ装置による流動現象は、図-2に示すとおりである。底層部に吐出された低密度の表層水は周辺の水塊を連行しつつ上昇し、自らと同程度の密度の層に達した時点で水平方向に向きを変えて密度流として周囲へ広がる²⁾。一方、底層部ではこの連行した水塊を補う形で底層の水塊が装置の吐出口に向かって流れ込む。

3. 実証実験の概要

プロペラ装置による貧酸素水域の改善状況を確認するため、Aダム(総貯水容量3,080万 m^3 、湛水面積109ha、昭和63年完成)にて実証実験を行った。本装置は貯水池中流部(ダムサイトから約3.6km上流)に設置し、送水管は本装置から水深26m(標高EL74m)の水底まで配管した(図-3)。また、装置の上下流700mの区間を対象に稼働前後の水質調査(DO、水温)を行い(図-4)、DOの鉛直分布から貧酸素水域の改善状況を把握した。実証実験の概要は以下のとおりである。

- ・実験期間：平成29年5/1～6/30(調査中は連続稼働)
- ・装置能力：吐水量3,000 m^3/hr 、モーター出力7.5kw、管径1m
- ・調査地点：装置および装置上下流50m, 100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 600m, 700m(17地点)(図-4)
- ・調査項目：DO、水温(JFEアドバンテック社 RINKO-Profiler ASTD102を使用、水深0.1m毎に計測)

4. 実験結果および考察

(1) DOと水温分布の関係

図-5は、プロペラ装置稼働前後の水温(上図)およびDO(下図)の鉛直分布を示したものであり、本装置の設置位置を中心に上下流方向100mおよび300mを図示したものである。図-5(1)から、稼働開始直前(5/10)と稼働開始3日後の水温鉛直分布を比較するとEL.78m～EL.85mの範囲(赤帯部)で稼働開始後の水温が上昇していることが分かる。これは、低密度の表層水が底層部で吐出された後、同程度の密度層まで上昇し密度流となってクサビ状に水平



写真-1 プロペラ装置の外観

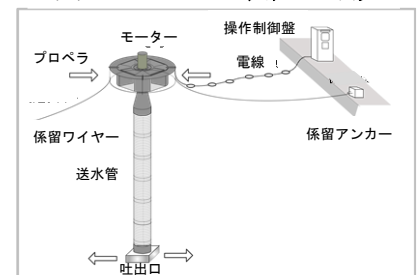


図-1 プロペラ装置の構造

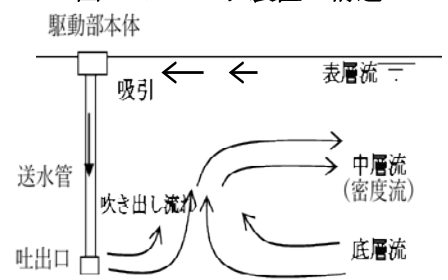


図-2 プロペラ装置による流動現象

キーワード：貧酸素対策、湖水循環装置、低コスト

連絡先：ゼニヤ海洋サービス(株) 東京都中央区八重洲2-7-12 TEL. 03-3510-2631 FAX. 03-3510-2632

貫入したためである。一方、図-5(2)の D0 鉛直分布から、EL. 75m (底層部) ~EL. 85m の範囲(青帯部)の稼働後の D0 が大きく上昇し、且つこの D0 の上昇範囲は水温鉛直分布の上昇範囲(EL. 78m~EL. 85m)より下方まで及んでいることが分かる。これは、上述の流動現象で述べたとおり、低密度、且つ D0 の豊富な表層水によって生じる底層流に起因するものと考えられる。

(2) D0 改善効果

図-6(1)および(2)は、それぞれ吐出口標高および底層の D0 改善効果を示したものであり、装置稼働直前 (5/10)、稼働開始 3 日後、13 日後および約 1 ヶ月後の D0 濃度をプロペラ装置を中心に図示したものである。図-6(1)から、装置稼働 3 日後には吐出口標高の D0 が大きく改善され、その効果は装置の上下流方向約 700m に及ぶことが分かる。これは、上述の流動現象で述べた密度流の挙動と一致

しており、底層で吐出された D0 の豊富な水塊が同程度の密度層に水平方向に貫入したためである (図-6(3))。なお、上流側で D0 改善効果が低下している原因は、ダム湖の水深が浅くなることによる水底の影響と考えられる。同様に、図-6(2)は底層(底上 1.0m)における D0 改善効果を示したものであるが、その改善効果は装置近傍(装置上下流方向 200m 程度)においてより顕著である。この現象も上述の流動現象から説明でき、底層流がプロペラ装置の吐出部に向かって流れたためと考えられる (図-6(3))。

5. おわりに

本稿により得られた結論を以下に示す。

- 1) プロペラ装置により発生する流動によって、貧酸素水域の D0 改善が可能である。
- 2) プロペラ装置による流動現象と D0 改善効果の関係性について一定の解釈がなされた。

6. 課題・展望

本研究結果からプロペラ装置による一定の D0 改善効果が明らかにされた。今後は、本装置の設置位置や吐出水量等と D0 改善効果との関係を把握・検討する予定である。

参考文献:

- 1) 矢島啓: 三瓶ダムにおいて WE P システムから供給された高濃度酸素水の流動解析と数値シミュレーション
- 2) 城野清治他: 密度流を利用した底層貧酸素対策装置の効果とその再現計算

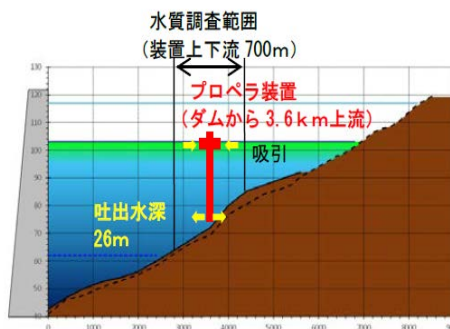


図-3 プロペラ装置の設置位置



図-4 水質調査地点

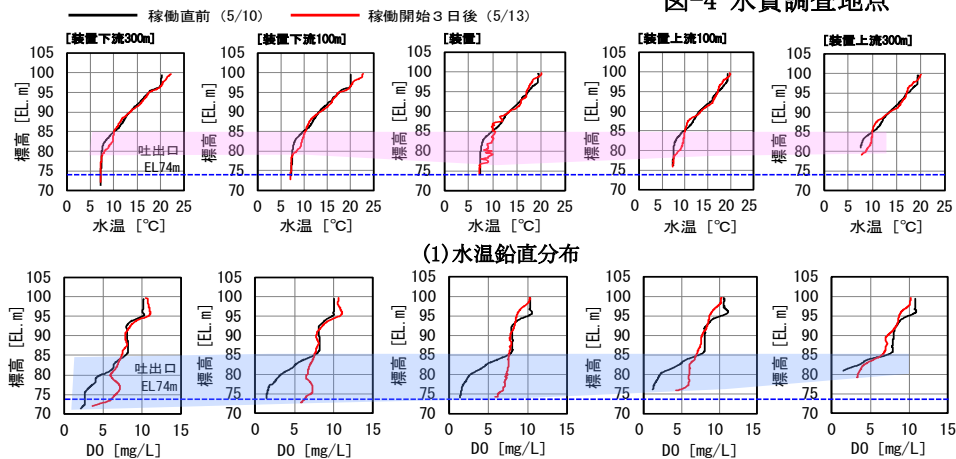
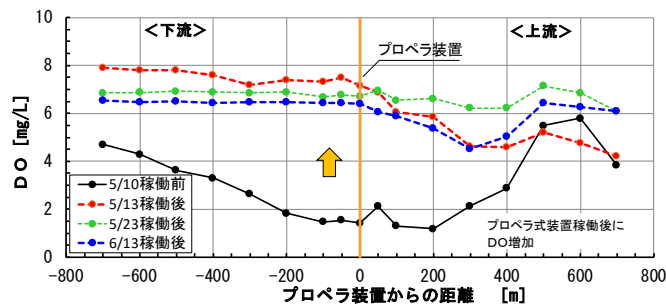
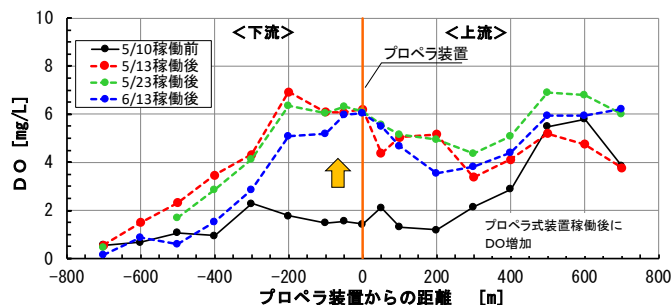


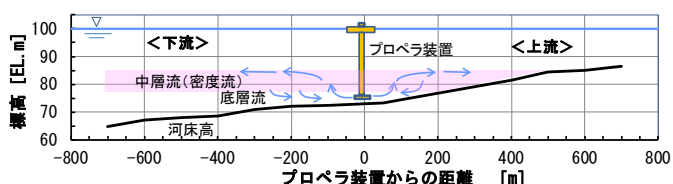
図-5 水温および D0 鉛直分布



(1) 吐出口標高 EL. 74m の D0 変化



(2) 底層の D0 変化 (底上 1.0m)



(3) 装置近傍の貯水池縦断図

図-6 D0 の改善効果