

底層への表層水供給による水質改善効果 一大規模水域における現場実験一

九州大学大学院工学府海洋システム工学専攻 学生会員○堺 貴臣 学生会員 高木太志
九州大学大学院工学研究院 フェロー 小松利光 正会員 藤田和夫
港湾空港技術研究所海洋・水工部 正会員 井上徹教 久留米工業高等専門学校制御情報工学科教授 松永 崇
株式会社電業社機械製作所 技術研究所 稲垣 晃 国土交通省北上川ダム統合管理事務所 所長 佐々木充

1. はじめに

閉鎖性水域での富栄養化に対する解決手法の一つとして、DO 濃度の高い表層水を貧酸素状態の底層部に供給し底層の好酸化を計る水質改善技術が提案されている¹⁾。これまでの研究から、底層部の貧酸素化が進む夏期において、本システムの稼動により水質改善効果が現れることが確認されている。しかし、これまでの検討は小規模な水域に対するものであり、より大規模な水域における水質改善効果の検討は行われていない。この点を踏まえ、本研究では 2001 年及び 2002 年の夏期に北上川水系田瀬ダムにおいて水質改善装置を設置し、現場実験を行ってきた²⁾。本報告では、2002 年度の現場実験の結果を基に、本システムの大規模水域における水質改善効果について検討を行ったのでここに報告する。

2. 現場実験および装置概要

現場実験は岩手県和賀郡東和町に位置する北上川水系田瀬ダム内の図-1に示す面積約30haの入り江で行った。実験期間は2002年6月28日から7月11日までを試験運転期間、7月26日から9月13日までを本実験期間とした。実験装置の概略を図-2に示す。台船上に設置されたポンプにより表層水を獲得し2系統に分けて底層部の装置に送り込む。一方はラジエーター上部に設置された煙突状部分の内側から上向きに噴流状に吐出され、連行作用を利用してラジエーター内部の水交換を促進し冷却効果を高める機能に使用される。もう一方はラジエーター内部に設置されたアルミ管を通り周囲水との熱交換により冷却された後、ディフューザーから放出され底層に供給される³⁾。これらの工夫により水温成層下においても表層水を底層の温度と密度に近づけて底層に滞留させ、堆積物直上の好酸化を可能にする。観測点は台船の位置を Stn.1 とし、そこから水平方向に 10m 毎に離れた地点をそれぞれ Stn. 2, 3, 4, 5 とした。さらに、実験装置設置場所からダム本川側に約 100m 離れた測点を設け、これを Stn. 6 とした。また、装置の水質改善能を検証するため、多項目水質計 (HYDROLAB, DS-4a) を用いて DO, EC, pH, ORP, Chl. a について鉛直方向に 3m 毎の測定を、採水分析により Stn. 1, 3, 5 の表層・中層・底層の 3 点で $PO_4^{3-}-P$, NH_4^+-N , $NO_2^- -N$, $NO_3^- -N$ の測定を行った。さらに装置の冷却能を検証するための観測として、表層水温、底層水温、ラジエーターから放出される供給水温の測定を行った。

3. 実験結果および考察

図-3に2002年6月から9月までの Stn.1 における気温、表層水温、底層水温およびラジエーター出口での供給水温の平均を示す。底層水温とラジエーター出口での水温を比較すると、本実験開始からの約2週間は、供給水は底層水温にほぼ等しい値まで冷却されているが、その後は冷却能が低下したことが示唆される。図-4に2002年6月から9月までの Stn.1 における水温の経時変化を示す。7月中旬に台風の影響により鉛直混合が起り、水温成層が一度破壊されている。しかし、本実験開始直前(7月26日)には気温の上昇に伴い表層の水温が上昇し、水温成層が再び形成されている。本実験開始後約1ヶ月間は水位が低下する時期にも安定した水温成層が形成されている

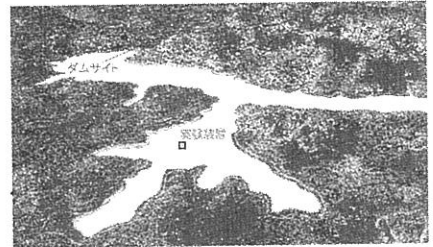


図-1 実験現場鳥瞰図

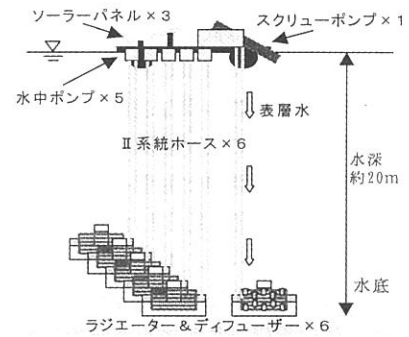


図-2 実験装置の概略図

のに対し、8月下旬には気温の急激な低下に伴い、水面冷却に起因する鉛直混合により水温成層が次第に弱まっていく様子がみられる。図-5に本実験開始直前(7月26日),連続供給してから約2週間後(8月9日)および実験終了直前(9月13日)のDO濃度の鉛直分布を示す。7月26日には表層3m付近でDO濃度の増加がみられるもののそれ以深では減少し、水深15m以下では約5mg/lであった。実験開始約2週間後では表層・中層付近において7月と同様の傾向を示すが、底層ではどの測点においても水深15m付近で約1mg/lの濃度増加がみられる。他の観測結果からはこの期間水塊構造に目立った変動がなかったことが示唆されているため、このDO濃度の増加は表層水供給によるものであり、実験装置設置場所から40m離れたStn.5まで水質改善効果が及んでいたものと考えられる。冷却能が低下した8月下旬以降は、供給水温とほぼ等しい水温を持つ水深10m付近で若干DO濃度が増加している。図-6に底層における $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度のStn.1, 3, 5での経時変化を示す。Stn.1とStn.3ではDO濃度が若干増加した期間に $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が減少し, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度が増加している。これはDO濃度の増加によって好気的な環境が形成され、硝化反応が進行した結果と考えられる。Stn.5ではStn.1, Stn.3と比較して約20日遅れで $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の減少がみられる。しかし、これに伴う $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度の増加は認められないため、実験装置設置場所から40mほど離れた位置での硝化反応の促進効果は確認されなかった。

4. 結論

本システムを用いて表層水を供給することにより、実験装置設置場所から少なくとも40m離れた地点までDO濃度を改善することができた。底層においてDO濃度が改善された期間には、Stn.1とStn.3では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は減少し, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度が増加していた。また、Stn.5においてもStn.1, Stn.3と比較すると、時間的に差はあるが、8月23日では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は減少していた。以上の結果から、本実験装置は約40m離れた地点まで有効であったことが確認された。また、田瀬ダムのような大規模な水域においても、表層水を底層の温度と密度に近づけて底層に滞留させることが可能であれば水質改善効果を得ることができ、継続的に表層水を供給することにより有効範囲を拡大できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1)小松ら:波浪エネルギーを利用したダム湖・貯水池における水質改善法に関する現地観測, 水工学論文集 vol. 42, pp99-138, 1998.
- 2)井上ら:底層への表層水供給による水質改善効果-北上川水系田瀬ダムにおける現場実験-, 河川技術論文集, vol. 8, pp505-510, 2002.
- 3)小松ら:表層水底層部連続供給による水質底泥改善技術, 海岸工学論文集 vol. 47, pp.1156-1160, 2000.

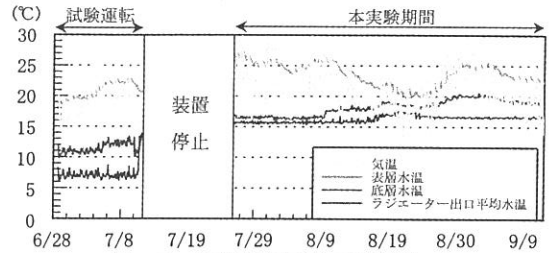


図-3 実験装置付近の温度データ

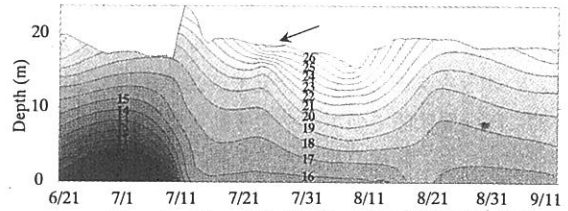


図-4 Stn.1における水温の経時変化(°C)

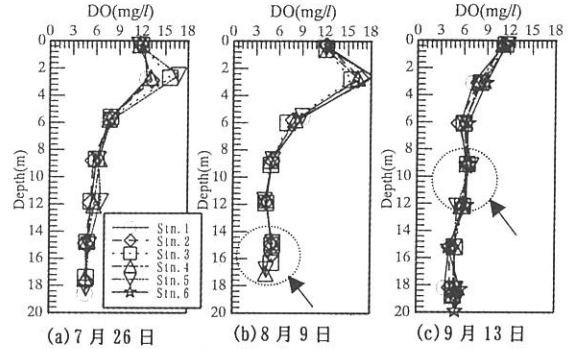


図-5 DO濃度の鉛直分布

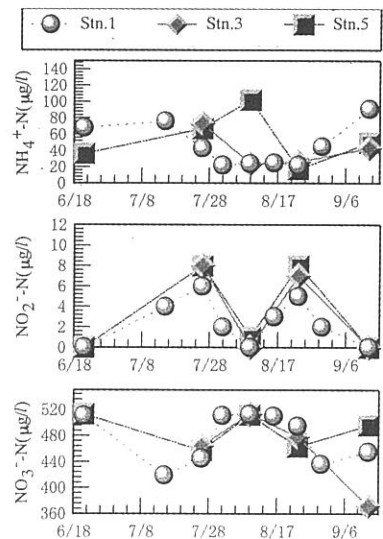


図-6 底層における栄養塩濃度