

底層環境改善のためのモニタリング技術と活用

○佐々木稔¹、田中宏明¹、李建華¹、和田順之輔¹
中村圭吾¹、柴田省三²、田中克知²、福井真司³

¹独立行政法人土木研究所水循環研究グループ

²横河電機株式会社、³松江土建株式会社

概要：夏期において比較的水深が深い湖沼において水温躍層が生じ、底層において溶存酸素量が低い値を示す事例が報告されている。本研究は、底層のDO低下に伴うリン等の汚濁物質の底質からの溶出を防ぎ、底層環境を改善するための酸素供給装置を用いたダム貯水池のDO制御技術とモニタリングシステムの開発を目的としている。実験に用いたシステムは、水温及びDOの自動測定により貯水池水の成層化の状況をモニタリングしながら、高濃度酸素水の底層への供給によって底層水のDOを制御、嫌気状態の底層環境の改善を試みたものである。水温躍層を保持したまま底層に限定して酸素を供給することによって底層環境の改善を図る手法について、現地実験を行った。

キーワード：DO、底層環境、水温躍層、底質、高濃度酸素水

1 はじめに

比較的水深が深い湖沼や貯水池などでは、夏期において表層部の水が暖められ、底層との間に水温躍層を生じる事例が多数確認されている。水温躍層が形成されている状態では、表層と底層の湖水の混合がほぼ起こらないため底層の低温水塊は貧酸素状態となり、生物の生存環境に影響を与えるだけでなく底質からのリン溶出を増大させるなど、湖沼環境に様々な悪影響を与えることが知られている。このため、貧酸素状態を改善する目的で、深層曝気や躍層コントロールといわれる湖水を強制循環するような対策が採用されている事例もある。これらの手法は、十分な量の酸素を供給するために湖水を大規模かつ強制的に循環させることになり、底層の貧酸素状況は改善されるものの、結果として下層部から上層部へ栄養塩を供給してしまう可能性がある等、湖沼環境を改善する方向だけに働いているとは判断できない面がある。

本研究では、水温躍層を破壊することなく底層部だけに酸素を供給することを目標とし、水温躍層や貧酸素水塊の状況を水温やDOセンサ等によってモニタリングを行いながら底層への高濃度酸素水供給を制御するシステムを用いた。底層だけに酸素を供給し底層環境の改善を図るシステムの実用性とその効果について、実証実験により検討を行ったものである。

2 モニタリング/酸素供給システム

福島県三春ダム牛絵川前貯水池に設置し、実証実験を行ったシステムを図-1、2に示す。牛絵前貯水池は、汚濁物質を沈殿させることで本ダムへの流入負荷削減を目的に設けられたものである。前貯水池提体から30mの地点(以下30m地点)の底部から低温の水を汲み上げ、PSA酸素発生装置によって発生させた90%以上の濃度の酸素を圧力容器中で溶解させることでDOを50mg/L以上の高濃度酸素水としたものを、提体から70mの地点(以下70m地点)の底層部で静かに吐出させることによって、水温躍層より上の高温水塊に影響を与えずに酸素を供給することを狙った。モニタリングには、底層水吸込部と吐出部の中間にあたる提体よ

り50mの地点（以下50m地点）と、吐出部より上流の110m（以下110m地点）の2地点に水温センサ及びDOセンサを設置した。センサ底部はアンカーで固定し、水面のフロートからケーブルを展張、水温センサは水深0.5cm、1.5m、及び2.5m以深は0.5m間隔で、DO及びORPセンサは湖底面より約1m上となる位置にそれぞれ設置した。吸込、吐出部にはそれぞれ水質分析用のサンプリング目標点とするためのブイを設置した。酸素発生装置は地上に設置したが、圧力容器を含む溶解装置は堤体付近のフロート上に設置した。

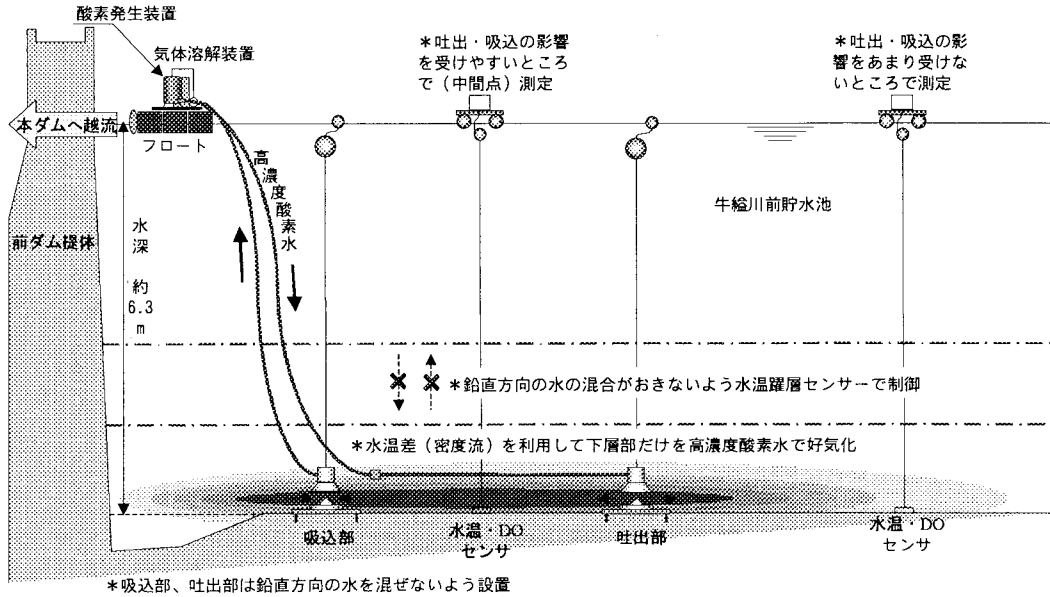


図-1 システムの概念図

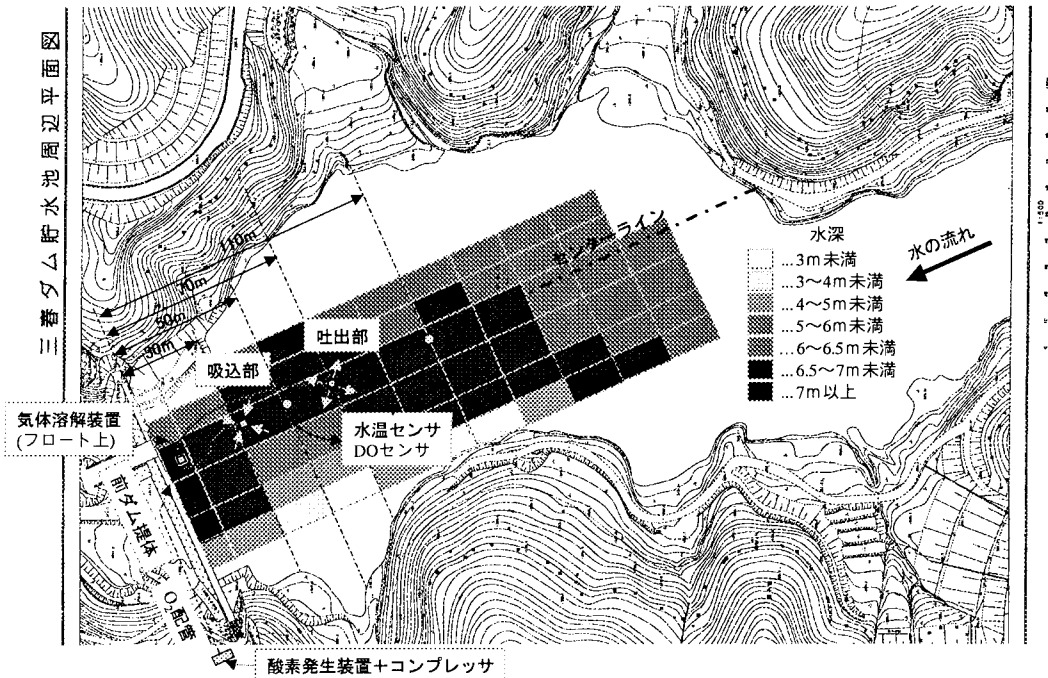


図-2 設置平面図

3. 実証実験の結果

運転開始の前日の、提体から50m地点の水温とDOの状況を図-3に示す。両地点とも水深はおよそ6.3mとなっていた。この前週の台風の影響によって水温の勾配はなだらかになってしまったため、水温躍層はあまり明確ではないが、湖面付近と底層では10°C以上の水温差が生じていた。また、DOは4.5m以深では完全に消費されている状況となっていた。

この翌日からRUN-1として、酸素を溶解させずに20時間、6時間30分ほど停止した後さらに42時間あまりの合計約3日間、90m³/hrの流量で30m地点から底層水を汲み上げ70m地点で吐出させる運転を行った。図-4はRUN-1の前日、運転開始後1日、同3日、及び運転停止3日後の水温の状況を示している。

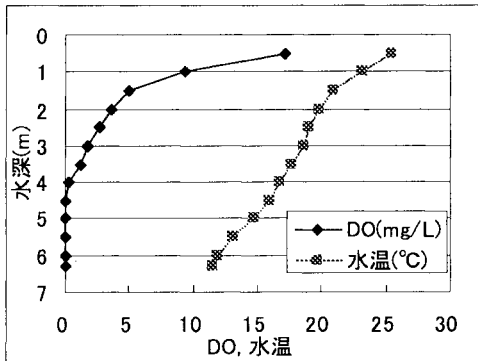


図-3 実験開始前のDOと水温(50m地点)

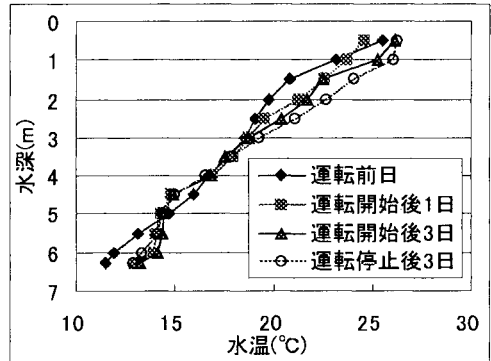


図-4 RUN-1及び前後の水温(50m地点)

水温変化の状況から、RUN-1によって4m以深の底層水が攪拌混合されているものと推測された。表層付近の水温上昇は好天が続いた影響と考えられた。図-5に示した110m地点の水温状況も50m地点とほぼ同様の結果を示しており、4m以深の水温の推移に、上流方向にも吐出水が拡散し湖底から約2mの高さまでの底層水が攪拌されている様子が顕れていた。終了後3日間の運転停止期間では、RUN-1によって攪拌混合した湖底から2mまでの底層水の水温は、深さ方向にむかってなだらかに低下していたRUN-1前日のような状況までは戻らなかった。

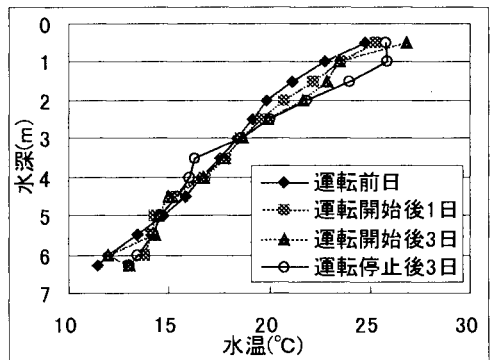


図-5 RUN-1及び前後の水温(110m地点)

RUN-1終了の4日後から、酸素を溶解させた水を底層に戻すRUN-2を開始した。吸込み及び吐出流量はRUN-1と同じ90m³/hrで、溶解装置出口で測定した吐出水のDOは運転開始から約5時間で50mg/Lに達し、その後の装置連続稼働中は50~60mg/L台で推移していた。50m地点のDO上昇が確認された運転開始後35時間経過以降は、水温の状況等を勘案し間欠運転とした。図-6にRUN-2の前日から開始5日後までの50m地点のDO状況を示している。吐出口の開口部が水深でおよそ5.5mから6mにかけて位置していることから、同地点で吐出位置より1.0~1.5m程度上方まで酸素供給が行われており、また、池底付近では底質によって酸素が消費されていると考えられた。

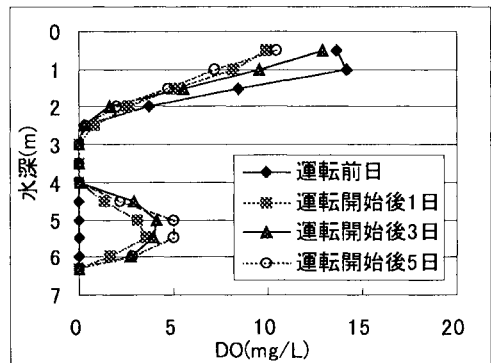


図-6 RUN-2におけるDO状況(50m地点)

吸入部と吐出部の中間である50m地点だけでなく、図-2で牛絵川貯水池の堤体と垂直方向に引いたセンターラインに沿って、RUN-2開始1日後のDOを測定した結果を図-7にまとめた。約1日間の底層への高濃度酸素水の供給によって、吸込部(30m地点)と吐出部(70m地点)間だけでなく、上流方向にも酸素の供給ができていたことが確認できた。水温に関しても、酸素供給開始後3日目以降、概ね50%以下の稼働率での間欠運転により表層部と底層部で10°C以上の温度差が保たれており、実験に用いたシステムによって、水温躍層を破壊せずに底層のみへの酸素供給ができる可能性があると考えられた。

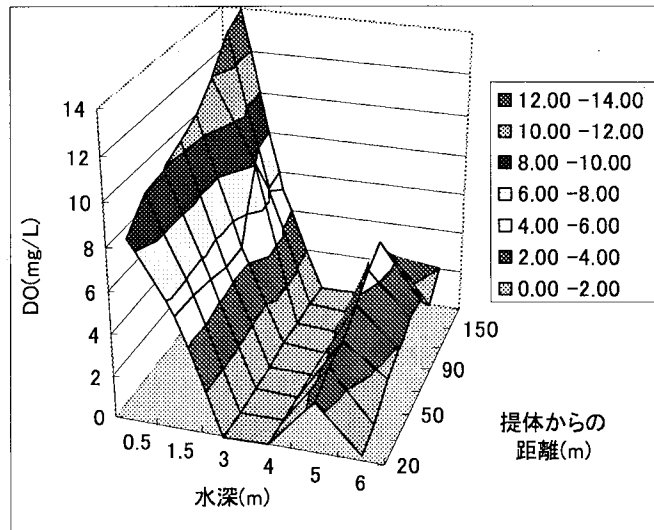


図-7 RUN-2開始1日後のセンターライン上のDO分布

4. おわりに

酸素を溶解させた実証実験のRUN-2によって、夏期で高温となっていた貯水池上層水に影響を与えずに底層部のみへの酸素供給の実現可能性が確認ができた。栄養塩類を中心とした水質や底質に関する詳細なデータに関しては口頭発表時に報告するが、今後の解析によって酸素供給がどのような変化を与えたかを調べる予定である。

また、RUN-2の開始後わずか1日で吐出部から100m以上上流までの広い範囲への酸素供給ができていたことから、供給水量を絞った運転によるDO状況を調べることによって、より少ない電力消費での底層環境の改善を図る検討を行う。今後の実験では、底層水のDOだけでなく、ORPセンサを用いて底層水や底質そのものの酸化還元状態の改善が行われているかについての確認も行い、これらのセンサによるデータに、サンプリングによる水質及び底質の分析結果と併せ、酸素状況の改善による底質からの栄養塩類の溶出抑制等の効果についての検討も行う。

本研究は2002年より、独立行政法人土木研究所と横河電機株式会社、松江土建株式会社の共同研究によって実施しているものである。最後に、今回の実証実験に関して多大なご協力をいただいた、国土交通省東北地方整備局三春ダム管理所に謝意を表します。

参考文献

- 1) 天野邦彦、安田佳哉、李建華、鈴木宏幸、富栄養化した浅い貯水池における底泥と水柱間での栄養塩収支、第9回世界湖沼会議発表文集、Session3-1、pp.341-344、2001
- 2) 天野邦彦、李建華、水幡邦男、安田佳哉、鈴木宏幸、浅い貯水池における底泥からの栄養塩溶出の評価、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集、第7部、pp.236-237、2000
- 3) Jianhua Li, K. Amano and Y. Yasuda, An experimental study of sediment resuspention effects on the phosphate release from sediment into water column., The 4th International Symposium on Sediment Quality Assessment, pp.104-106、2000