

水塊の攪拌混合及び曝気による水質浄化装置



所属名：広島県建設工業協会
株式会社 共立
発表者：篠原 剛

1 はじめに

当水質浄化装置は、貧酸素化・富栄養化が進行した湖沼等の閉鎖性水域の水質を浄化する装置であり、基本的な浄化原理は、噴流による水域の上下層水塊の攪拌混合及び水域底層への曝気である。

これらの浄化手法は従来から広く活用されており、各種の水質浄化装置が開発されているが、近年の傾向を見ると概ね装置は大型化・複雑化し、それに伴いイニシャルコスト・ランニングコストも高くなりつつあるように感じる。

そこで当社は『シンプルな機器構成で、確実な浄化効果』をコンセプトとし、当浄化装置を開発した。

2 水質汚濁の現況

湖沼等の閉鎖性水域において水質が悪化する要因はさまざまであるが、その一つに水温成層による底層の貧酸素化がある。

夏季の気温が高い時期になると、気温の上昇と共に水域の表層水温が上昇し、密度が低くなる。しかし、底層水は熱伝播が遅れるため表層水よりも水温上昇の速度は遅く、その結果表層水と底層水との間に大きな水温差が生じ（水温成層）、その密度差によりお互いが混じり合わなくなる。

表層水は、大気との接触により自然状態で溶存酸素量が豊富であり、秋から春にかけて比較的気温が低い時期には、その酸素が上下層の自然対流により底層へ供給される。しかし、夏の高水温期では上記の水温成層により表層水に含まれた酸素が底層へ供給されず、有機物の分解等による酸素消費とあいまって底層で貧酸素化が進行する。底層が貧酸素化すると、還元状態におかれた底泥から栄養塩類が溶出し、それを栄養源にプランクトンが大量発生し、その死骸が新たな栄養源となり、水質悪化の悪循環が生まれる。

このように、夏季の湖沼における底層の好気性の維持は水質保全に有効であり、多くの湖沼で曝気装置や水塊混合装置が導入されている。

3 従来の技術

現在、さまざまな曝気装置及び水塊混合装置、またはこれらを組み合わせた装置が開発され運用されている。曝気技術に関しては、空気を送り込むものや酸素を使用するもの、また微細気泡や高濃度の酸素を溶解させる技術などがある。また、これらの気泡が浮上する力を利用して、上下層の水塊を混合させたり、また噴流や密度流を利用した水塊混合技術等もある。

これらの技術は実績も蓄積され、水質浄化効果も確認されており、実水域で実用されている。しかし、特殊な技術を用いることによる浄化装置の複雑化や、装置自体の大型化により、イニシャルコスト・ランニングコストが肥大している傾向にある。

そこで、当社はシンプルな機器構成によりコストを抑え、なおかつ確かな浄化効果をあげることが

できる水質浄化装置の開発に着手した。

4 当浄化装置の特徴

当浄化装置の特徴を、図-1及び図-2を基に以下に示す。

構成

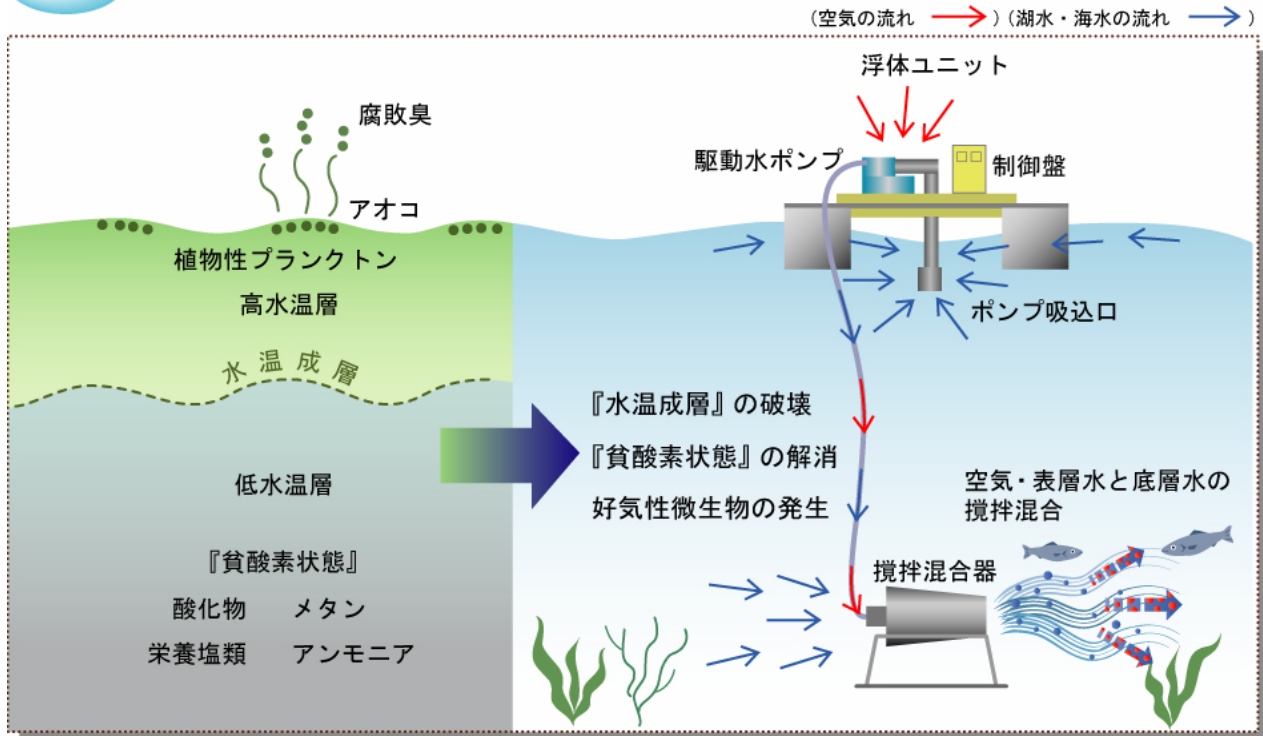


図-1 浄化イメージ



図-2 右：浮体ユニット 左：攪拌混合器

4.1 上下層水塊混合における特徴

当浄化装置の上下層水塊混合の機構は以下の通りであり、表層水を底層へ送水することにより、上下層の水温の均一化を図り、水温成層を緩和するものである。

- 1) 水面に浮かべた浮体ユニット上の駆動水ポンプで、表層水を吸い込む。
- 2) 駆動水ポンプ圧力により、底層へ設置した攪拌混合器へ表層水を送水する。

- 3) 攪拌混合器内部で表層水を吐出する際に、攪拌混合器後方に負圧を発生させ、吐出する表層水の約 1.5 倍量の攪拌混合器後方の底層水を吸引する。
- 4) 攪拌混合器内部で、駆動水ポンプから送水されてきた表層水と、吸引された底層水を混合させる。
- 5) 表層水と底層水が混合された状態で、攪拌混合器前方から水平方向へ吐出する。
- 6) この連続的な働きにより鉛直方向の水循環を形成し、表層水と底層水を攪拌混合することで水温成層を緩和する。

表層水を攪拌混合器内部から吐出する際に、数本の筒に分岐させ、シャワー状の噴流として吐出する。そのため、吐出水と攪拌混合器内部の水との間に摩擦が生じ、攪拌混合器後方に負圧が発生し、底層水を吸引する。表層水の 1.5 倍量の底層水を吸引し混合することにより、結果的に吐出される水温は底層水温に近いものとなる。そのため、吐出水と底層水との密度差が少なくなり、吐出水が急激に浮上せず、水平方向へ拡散する。また、攪拌混合器の筒内前方にも抵抗を設け、それから発生する乱流により吐出水と前方底層水とが効果的に攪拌混合される構造としている。

吐出水が急浮上しないため、溶存酸素を豊富に含んだ水を長時間底層へ留め、また水平到達距離も長くなるため、底層の広範囲にわたって酸素を供給することができる。また、水塊の急浮上による底質の巻き上げも発生しにくい。

このような一連の作用を、当浄化装置では駆動水ポンプと攪拌混合器の形状のみで行っており、水中に駆動部品がないため、メンテナンス性及び耐久性が向上した。

4. 2 曝気における特徴

従来の曝気装置では、空気または酸素を水中へ送り込む際に、コンプレッサーあるいはポンプ等を使用しているが、当浄化装置では、表層水を吸い上げる水ポンプのエダクター効果を利用して行っている。そのため、水ポンプと運転制御盤のみを搭載した浮体と攪拌混合器だけで水質浄化を行えるというシンプルな機器構成が可能となり、低価格化が実現できた。

また、コンプレッサーを使用しないので、陸上でのコンプレッサー施設や受電設備、またそれらの設備設置に伴う用地造成や上屋建設等も不要になり、トータルでのイニシャルコストを低減できることが、大きな利点の一つである。

4. 3 水塊混合と曝気を水ポンプのみで行う

当浄化装置は、上に示した一連の働き、すなわち①表層水の底層への送り込み、②底層水との攪拌混合、③水流の発生、④底層への曝気、これらを水ポンプのみで行っている。従来の水質浄化装置が、これらのうち一つないしは二つの働きしか行っておらず、なおかつ大規模で高価な装置を必要としている点を考えると、当浄化装置のメリットは大きいと考える。

5 浄化実施例

水質浄化の実施例を、図-3に示す。

この実施例は、貯水容量約 11 万 m^2 の水源地で 2003 年に行った実験の結果である。

上段グラフは、浄化装置設置前の水温と溶存酸素量の状態を示しており、中段は浄化装置稼動から 10 日目の状況、下段は 23 日目の状態を示している。

装置設置前は、水深 3~5m 付近で急激に水温が変化しており、水温成層が形成された。溶存酸素量も、表層では 10 mg/L 程度であるが、底層では 6.3 mg/L だった。装置稼動 10 日後では、表層水温と底層水温との差が小さくなり、水温成層が緩和されていた。また、溶存酸素量も表層程度まで上昇し、上下層の水が交換されたことを示している。この上下層の水塊の均一化は、装置稼動 23 日後

でも継続して確認された。

測定位置：装置前方30m

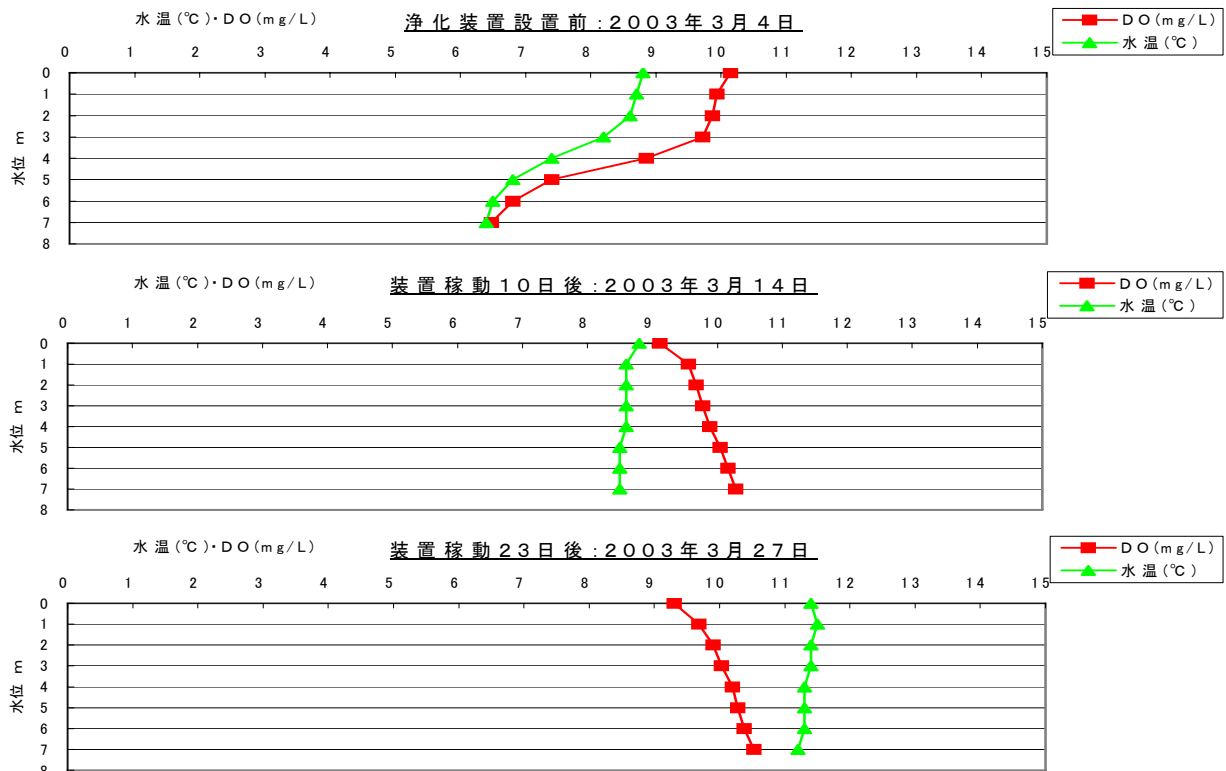


図-3 水質浄化実施例

6 今後の課題

当装置による水質浄化は、上記の通り一定の効果が確認できた。しかし、昨年度のように夏季の異常高温や降雨量が少ない場合での実験では、底層の好気性は維持できたが、大型魚類等の生息にはやや不十分であるという結果に終わった。詳細には、最も溶存酸素量が減った時で1~2mg/L、比較対象点で0.2~0.4mg/Lであり、効果は認められるものの絶対的な酸素供給量は不足していたものと思われる。

水ポンプによる空気の入取りには限界量があり、取込み空気量を増やすと、送水量の減少や水ポンプの破壊などの問題が懸念される。今後の課題として、空気取込み方式の改良、水ポンプ送水量に対する最適な空気取込量を検討し、いかなる過酷な環境下においても確かな浄化効果を発揮できる装置の開発が課題である。また、湖沼の各種条件を勘案した詳細な水質浄化シミュレーションを行い、最適な装置の規模・設置台数・設置方法の検討も必要であると考えられる。