

II -270

底層部へ表層水を供給する水質改善手法の効果について

九州大学大学院工学研究科 学生会員○中島信一 フェロー 小松利光
運輸省港湾技術研究所 正会員 岡田知也 中村由行
九州大学大学院工学研究科 正会員 藤田和夫

1. 目的

ダム湖や貯水池などの閉鎖性水域では、富栄養化による水質悪化が問題になっている。その原因として、夏期に形成される水温成層による底層部の貧酸素化が挙げられる。この問題の解決方法の1つとして、越波構造物を設置し、越波により獲得した位置エネルギーによって溶存酸素 (DO) の豊富な表層水を貧酸素状態の底層部に送り込む水質改善技術が提案されている。供給量については、実際のダム湖における試験によって、横幅が 10 m の越波構造物 1 基当たり約 $172 \text{ m}^3/\text{day}$ の供給量が獲得されることが示されている。しかしながら、供給流量をどのぐらいに設定すれば水質改善効果が期待できるのかについては不明であった。従って、本研究では両者の定量的な関係を調べるため、隔離水界を設けポンプにより一定流量の表層水を底層部に送る実験を行った。

2. 内容

2.1 実験装置

実験は 1998 年 5 月から福岡県内の井牟田池において行われ (図-1)、その中央部に水深約 5 m、断面積 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ の不透水性シルトフェンスで囲

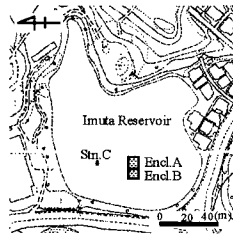


図-1 井牟田池における隔離水界設置地点

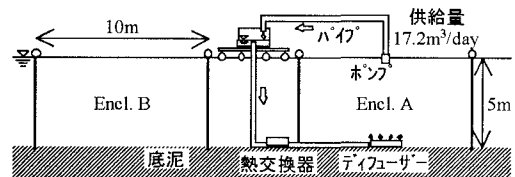


図-2 隔離水界実験の断面図

まれた隔離水界を2つ設置した。一方の隔離水界ではポンプにより $17.2 \text{ m}^3/\text{day}$ の流量で表層水を吸い上げ底層部に供給した (Encl. A)。なお、もう一方では比較対象用として何も行わなかった (Encl. B)。ポンプにより汲み上げられた表層水は一旦隔離水界の横に浮かぶ筏の上に設置された曝気層に移され、そこからパイプを通じて隔離水界の外側水底に設置した熱交換器に送られる。この熱交換器は長さ 2 m、直径 5 cm のアルミパイプ 48 本を格子状に繋いで造られており、水温成層した時期においても送り込む表層水と底層水の水温差を極力小さくできる。その後、パイプにより、隔離水界内に設置されたディフューザーに送られる。このディフューザーは水底から 20 cm 上部に設けられており、底層水と表層水を緩やかに混合する装置である。ディフューザーには直径 2 mm の穴が水平に無数に空けられており、表層水を約 10 cm/sec の流速で噴出する (図-2)。

2-2. 水質調査項目及び分析項目

水質測定は、週に一度、Encl. A, Encl. B の中心、及び隔離水界外部の固定点 (Stn. C) の3点において、水温、電気伝導度、DO 濃度、pH、濁度を水表面から水底に向かって 0.5 m おきに多項目水質計 (YSI MODEL3800) を使って行われた。さらに、Encl. A において供給水の水温をディフューザーの出口で測定した。

また、採水は、それぞれの測定点において、水底から 50 cm の高さにおいて行われた。分析項目は、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、D-Fe、D-Mn の6項目である。月に1度、それぞれの測定点において水表面から深さ 0.5 m、2.5 m の点でも採水を行った。その際の分析項目に関しては、前に述べた項目に SS, COD, Chl. a, T-P, T-N, T-Fe を加えた。さらに、Encl. A に関して底層水質の空間分布を見るために、水底から 50 cm の高さで隔離水界の中心より 1 m、2 m、4 m 地点における採水も行った。

2.3 結果及び考察

隔離水界は 1998 年 4 月 24 日に設置された。水循環装置の稼動及び測定は 5 月 1 日から行われた。

keyword: 水質改善, 閉鎖性水域, 溶存酸素, 栄養塩溶出, 越波

連絡先(住所)福岡市東区箱崎6-10-1, 電話・092-642-3282, FAX・092-642-3322)

図-3(a)に、最も水温成層が発達し、湖内水質が悪化した時の一例として、8月5日における水温、DO濃度の鉛直分布を示す。水温に関してEncl.Aの水底部以外ほどの測点もほぼ同じ値を示している。また、図-3(b)に同日のDO濃度の鉛直分布を示す。DO濃度について、Stn.Cの表層で高い値を示した。これは、有光層の植物プラン

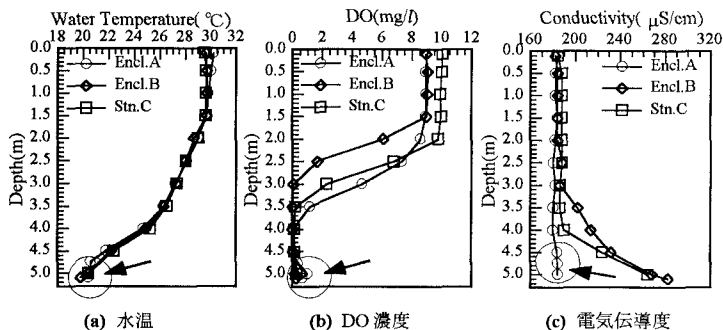


図-3 8月5日における水温、DO濃度及び電気伝導度の鉛直分布

クトンによる光合成に起因する。隔離水界内表層におけるDO濃度はStn.Cと比較して低い。これは、隔離された事により植物プランクトンの沈降が促進されたため、光合成が抑制された事に起因すると思われる。また、DO濃度はどの測点においても水深3.5 m以深で激減しており、Encl.B, Stn.Cの水底ではほぼ無酸素であるが、Encl.Aでは水底直上で1 mg/l程度に増加している。図-3(c)に同日の電気伝導度の鉛直分布を示す。Encl.Aの電気伝導度は水深方向に様に低い値を示しているが、Encl.B, Stn.CでのそれはDO濃度がほぼ涸渇した水深から、深度と共に増加している。これは、還元的環境下での堆積物からの栄養塩などの溶出のためであると考えられる。

図-4は水底から50 cmの高さにおける栄養塩($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)、金属(D-Fe)の濃度に関する経時変化を示す。この図より、夏期においてEncl.Aにおける $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、D-Feの濃度はEncl.Bにおけるそれらに比べて明らかに低いことが分かる。この結果より、Encl.Aにおいて堆積物からの栄養塩、金属の溶出が抑えられていると言える。

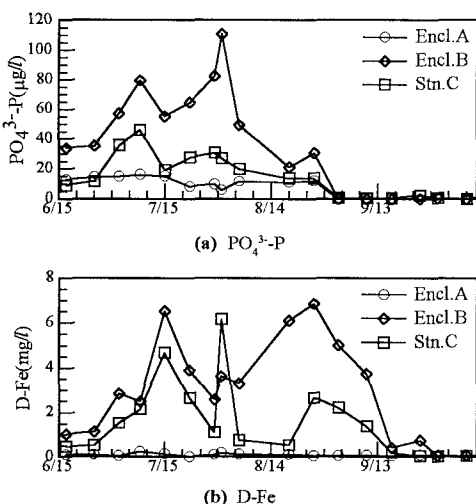


図-4 水底から50 cmの高さにおける栄養塩($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)、金属(D-Fe)の濃度に関する経時変化

図-5は8月5日におけるCOD、Chl.a濃度の鉛直分布を示す。各鉛直分布に共通して、Encl.Aにおける値が最も低く、Encl.Bにおける値が最も高いことが分かる。物理的に囲うことによって鉛直混合は抑制され、底層水の溶存酸素(DO)はより速く消費される。その結果、底層は無酸素状態になり、堆積物からの栄養塩の溶出が増加する(Encl.B)。しかしながら、この循環システムを用いることで、物理的に囲うマイナスの効果を上廻って水質が改善された(Encl.A)。その理由として、底層部への酸素供給により堆積物表面が好気条件に保たれ堆積物からの内部負荷が抑制された事、そのために内部生産が抑制された事が考えられる。

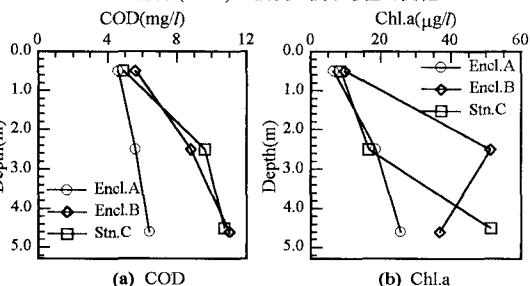


図-5 8月5日におけるCOD、Chl.a濃度の鉛直分布

3. 結論

10 m 四方の隔離水界内に、流量 $17.2 \text{ m}^3/\text{day}$ で表層水を底層部に供給すると、堆積物直上のDO濃度はわずかながら回復し、約 1 mg/l に維持された。このような低いDO濃度によっても、栄養塩の溶出はほぼ完全に抑制された。さらに、CODやChl.a等の指標でみても、明確な水質改善効果が認められた。

参考文献

1) 岡田ら、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、第42巻、1998.2.