

表層水の底層部への供給による水質改善効果に関する隔離水界実験 一その二—

九州大学大学院 学生員○中島信一 フェロー 小松利光 正会員 中村由行 藤田和夫
九州大学工学部 学生員 長谷部崇
運輸省港湾技術研究所 正会員 岡田知也 西日本技術開発株式会社 井芹寧

1. はじめに

著者らは夏期における貧酸素化や栄養塩の溶出を抑制する目的で、表層水を底層部に供給するシステムを提案している。前報²⁾において記述したように、富栄養化した貯水池で隔離水界を用いて本システムの効果を調べたところ、電気伝導度において最も明確な効果が生じていた。表層水を底層部に供給した隔離水界(Encl.A)は、供給しない隔離水界(Encl.B)と比較して、全層にわたって電気伝導度が低いことが見出された。そこで本稿では、電気伝導度に寄与する物質は何か、表層水を底層部に供給することでどのような水質改善効果が生じたのかについて考察し、本システムの有効性についてまとめた。

2. 水質調査項目

採水はEncl.A, Encl.Bの内部と隔離水界の外部の固定した測定点(Stn.C)で行われた。採水は週に1度の頻度で、それぞれの測定点において水底から50 cmの高さで採水した。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項目であった。また、鉛直分布を把握するために、月に1度それぞれの測定点において水表面から0.5 m, 2.5 mの深さでも採水を行った。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。

3. 結果および考察

図-1に水底から50 cmの高さにおける金属(D-Fe, D-Mn)の濃度に関する時系列変化を示す。この図より、Encl.Bに関して夏期においてD-Fe, D-Mnの濃度が非常に高いのに対して、Encl.Aにおいてはほとんど0 mg/lであることが分かる。図-2には同じ高さにおける栄養塩($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$)の濃度に関する時系列変化を示している。この図からも、夏期においてEncl.Aにおける $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 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。これらの結果より、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-3, 4はEncl.A, BおよびStn.Cの底層(水底から50 cmの高さ)における電気伝導度と $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度、またはD-Mn濃度の関係を示す。図-3より、電気伝導度が220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の場合について、電気伝導度と $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度の間に良い相関があることが分かる。一方、図-4から電気伝導度が220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の場合には、電気伝導度はD-Mn濃度と良い相関があることが分かる。このことから、電気伝導度が堆積物から溶出した還元的な化学

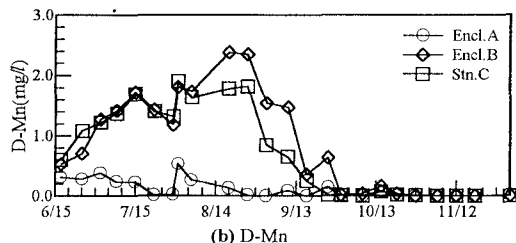
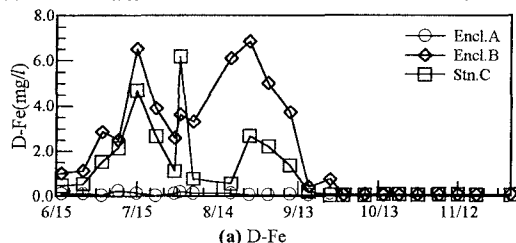
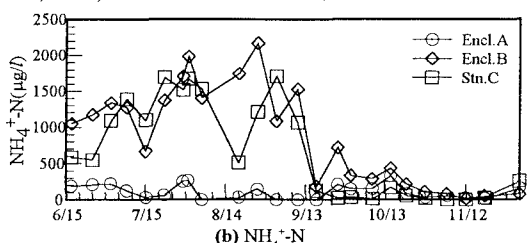
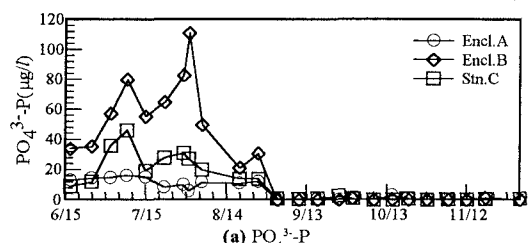


図-1 水底から50 cmの高さにおける金属(D-Fe, D-Mn)の濃度に関する時系列変化

図-2 水底から50 cmの高さにおける栄養塩($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$)の濃度に関する時系列変化

物質の濃度に依存していること、リン酸の溶出はマンガン溶出に追随するということが考えられる。このように、電気伝導度は栄養塩の溶出量を示す良い指標であり、また、前報²⁾に示されたEncl.A内の低い電気伝導度を考慮すると、表層水を底層部に供給するこのシステムはアンモニアやリン酸の溶出をうまく抑制していると言える。

図-5は7月10日におけるCOD、T-N、T-Pおよび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の強さは抑制され、底層水の溶存酸素(DO)はより速く消費される。その結果、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、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こと、そのために内部生産が抑制されたことが考えられる。

実水域に本システムを適用する場合に、その性能を評価するためには、まず目標となるDO濃度を定めなければならない。その上で底層部と堆積物の酸素消費の割合を考慮し、必要とされる単位面積当たりの供給流量を計算する必要がある。

そこで、実験結果から酸素消費速度の概算を行う。測定した水温およびDO濃度から判断すると、どちらもほぼ7月下旬には定常状態にあることが分かる。底層部に供給された水の温度は水深5.0mでの水温と一致していたこと、急な温度勾配が水深4.0～5.0mの間に存在していたことを考慮すると、供給された水は堆積物直上のごく薄い層内で滞留していたと考えられる。そのような薄い層での酸素消費は堆積物による酸素消費(SOD)と比較して無視できるので、底層部に供給されたほとんどのDOは堆積物によって消費されたと考えられる。したがって、次式によりSODが得られる。

$$Q \cdot (Cs - Cb) = A \cdot SOD \quad (1)$$

ここで、Qは流量、CsとCbはそれぞれ表層と底層部におけるDO濃度である。Aは堆積物の表面積で、SODは堆積物による酸素消費速度である。7月31日に観測された値を用いて、(1)式に代入すると($Q = 17.2 \text{ m}^3/\text{day}$, $Cs = 9.37 \text{ g/m}^3$, $Cb = 1.01 \text{ g/m}^3$, $A = 100 \text{ m}^2$)、 $1.44 \text{ g/m}^2/\text{day}$ というSOD値を得ることができる。この値は富栄養化した水域での堆積物に関して測定された典型的な値のオーダーと一致する。

岡田ら(1998)¹⁾は、松原ダム湖において10m幅の越波構造物の試験を行った。実験期間中、3～8cmの有義波高が約30%の頻度で発生し、平均して約 $172 \text{ m}^3/\text{day}$ (2 l/sec)の越波量が獲得された。もし越波構造物を30m四方の水域に1つの割合で設置すれば、同じ波の条件の下で今回と同様の結果が期待される。

4. 結論

10m四方の隔離水界内に、流量 $17.2 \text{ m}^3/\text{day}$ (0.2 l/sec)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、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.
- 2) 長谷部ら、表層水の底層部への供給による水質改善効果に関する隔離水界実験 - その1、土木学会西部支部講演概要集、1999.3.

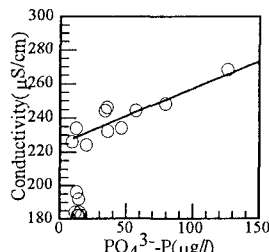


図-3 底層における電気伝導度と $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度の関係

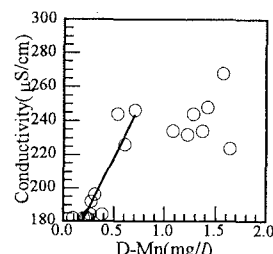
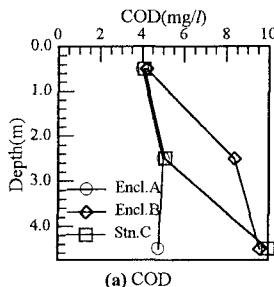
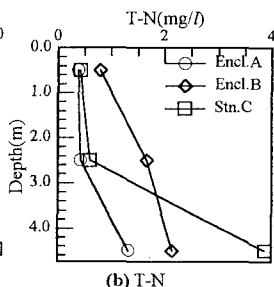


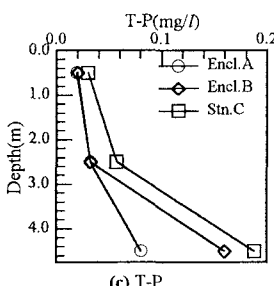
図-4 底層における電気伝導度とD-Mn濃度の関係



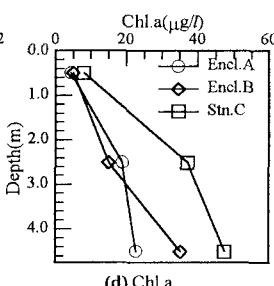
(a) COD



(b) T-N



(c) T-P



(d) Chl.a

図-5 7月10日におけるCOD、T-N、T-PおよびChl.a濃度の鉛直分布