

表層水供給による底層水質改善効果

九州大学大学院工学研究科 学生員○長谷部崇 フェロー 小松利光
 学生員 中島信一 正会員 藤田和夫 井上徹教
 九州大学工学部 学生員 西元 誠
 西日本技術開発株式会社 正会員 井芹 寧

1. はじめに

閉鎖性水域の水質悪化の解決方法として、溶存酸素(DO)の豊富な表層水を貧酸素状態の底層部に供給する水質改善技術が提案されている¹⁾。これまでの隔離水界を用いた研究から、底層部が貧(無)酸素化する夏期における表層水供給による水質改善効果は証明されている²⁾。そこで本研究では、1年間を通じて表層水を底層部に供給したことによる水質改善効果を現場観測結果及びコア-パッチ系室内実験結果などをもとに検討を行った。

2. 実験方法

現地実験は1998年5月から1999年6月までの期間、福岡県糟屋郡久山町に位置する井牟田池において行われ、池中央部(水深方向に約5m)に不透水性シルトフェンスにより囲まれた表面積10m×10mの隔離水界を2つ設置した。一方の隔離水界には、ポンプにより0.2l/secの割合で表層水を底層部に供給し(Encl.A)、もう一方には比較対称用として何も行わなかった(Encl.B)。Encl.Aにおいて、ポンプにより獲得された表層水は隔離水界の外側水底に設置された熱交換器にパイプを通して送り込まれる。そこで供給水は熱を奪われた後、隔離水界内に設置された底層水と表層水を緩やかに混合するディフューザーにパイプを通して送り込まれる(Fig.1参照)。月に数回、Encl.A, Encl.Bの中心、隔離水界外部(Stn.C)の3地点において多項目水質計(YSI MODEL600,610およびハイドロラボ社データゾンデ4型)を用いて水温、電気伝導度、DO濃度、pH、濁度、水深の測定を鉛直方向に0.5mに行った。また、水質分析用に採水も行い栄養塩濃度およびChl.a濃度を測定した。本稿では特に電気伝導度、DO濃度に関して報告する。

さらに、この水質改善システムにより水質だけでなく底泥にも効果が表れていることが予想されるため、Encl.A, Encl.B, Stn.Cの3地点から採取した未攪乱底泥コアを用いてパッチ系室内実験を行い、底泥の酸素消費速度(SOD)を算出すると共に、底泥分析を行った。室内実験装置の概略をFig.2に示す。各地点毎に3コア用意し、それらのコアは循環式恒温装置によって水温が20℃に維持された水槽内に設置されている。また、コア内水の水質を攪拌棒を用いて均一にした後に、水底から約15cmの高さの地点で採水を行った。

3. 結果および考察

Fig.3(a)に1998年5月から1999年5月のEncl.A, Encl.B

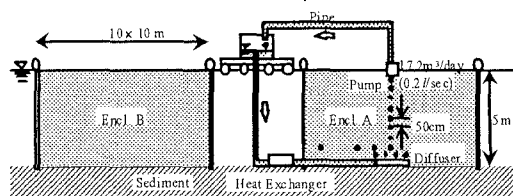


Fig.1 隔離水界概略図

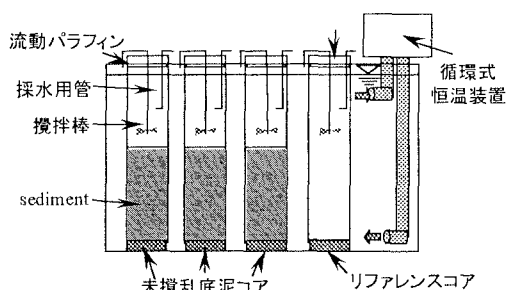
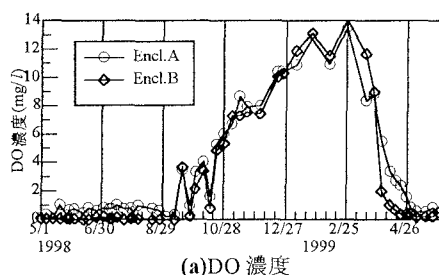
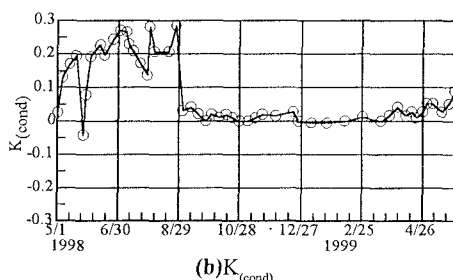


Fig.2 SOD 実験装置概略図



(a) DO 濃度

(b) $K_{(cond)}$ Fig.3 1998年5月から1999年5月における底層のDO濃度、 $K_{(cond)}$ の時系列変化

の水底から50cmにおけるDO濃度の時系列変化を示す。また、Fig.3(b)には同時期、同位置における電気伝導度に関する相対差分 ($K_{(cond)}$) の時系列変化を示す。ここで、 $K_{(cond)}$ は次式により与えられる。

$$K_{(cond)} = (condB - condA) / condB$$

ここで、condA, condB はそれぞれ Encl.A, Encl.B における電気伝導度の値である。すでに成層形成期に入っていた実験開始時から徐々に $K_{(cond)}$ は大きくなっていき、底層の DO 濃度が上昇し始める直前の1998年8月下旬まで0.2前後の値をとる。その後全層循環期に入ると0となる。この結果から、底層にDOがない成層形成期には本システムにおける水質改善効果が見られるため、成層形成期にのみ本システムを稼働させればよいと言える。

Fig.4に室内実験により求められた底泥による酸素消費速度 (SOD) とDO濃度の関係を示す。Fig.4(b),(c)より、Encl.BおよびStn.Cの底泥においては、DO濃度が約2mg/l以上の場合にはDO濃度に関係なくSOD値は一定である。DO濃度が2mg/l以下になるとDO濃度の減少に伴いSOD値も直線的に減少する。この結果から、Encl.B, Stn.C底泥による酸素消費速度とDO濃度との間にはミカエリス・メンテン型のような関係があり、生物反応が酸素消費の支配的な要因になっていると考えられる。これは、Encl.B, Stn.Cの底泥中では水温成層期間において好氣的な分解が起こっていないので比較的多くの有機物が存在するため、主に生物反応により酸素が消費されたためと考えられる (Table.1 参照)。Fig.4(a)よりEncl.Aにおいては、DO濃度の減少に伴いSOD値も減少しておりその変化は直線的であることがわかる。化学反応速度は反応する物質の濃度に比例することを考慮すると、ここでの酸素消費には主に鉄の酸化などの化学反応が支配的になっていると考えられる。これは、Encl.Aは水温成層期間も好氣的な有機物分解が起こっていたので、底泥内には生物に利用され得る有機物が少なかったためと考えられる。

Table.1にEncl.A, Encl.B, Stn.Cの底泥分析結果を示す。Encl.Bに対してEncl.Aは、強熱減量、全窒素濃度、全炭素の減少が認められる。これは、底泥表面に連続的に好氣的な環境が維持されるため生物的に有機物分解が効率的に進行しているためと考えられる。また、Encl.Bに対してEncl.Aの鉄、リン濃度は高濃度である。これは、溶出している鉄、リンがDO供給により再結合し底泥表面に沈積したためと考えられる。

4. 結論

現地実験結果からは水温成層形成期には本システムにおける水質改善効果が見られるが、全層循環期にはその有効性が認められないと言える。バッチ系室内実験結果から、Encl.AではDO濃度とSODの間に直線的な関係が見られ、Encl.B, Stn.Cではミカエリス・メンテン型の関係が見られた。Encl.Aの底泥に関しては底泥表面付近が表層水供給により常に好気条件であったために、Encl.B, Stn.Cに比べて有機物含有量が少なく、結果として化学反応が主たる酸素消費の要因だったと考えられる。また、底泥表面を連続的に好氣的な環境にすることは、生物的分解作用を促進させると共に、植物プランクトン増殖を引き起こす鉄、リンの溶出を抑制し、水域の富栄養化の防止に効果があると考えられる。

参考文献

1) 小松利光, 岡田知也, 丸井茂俊, 松永陽一郎, 藤田和夫, 柴田敏彦: 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, No. 42, pp. 727-732, 1998.
2) 小松利光, 岡田知也, 中村由行, 中島信一, 長谷部崇, 藤田和夫, 井芹寧: 閉鎖性水域底層への表層水供給による水質改善効果, 海岸工学論文集, No. 46, pp. 1111-1115, 1999.

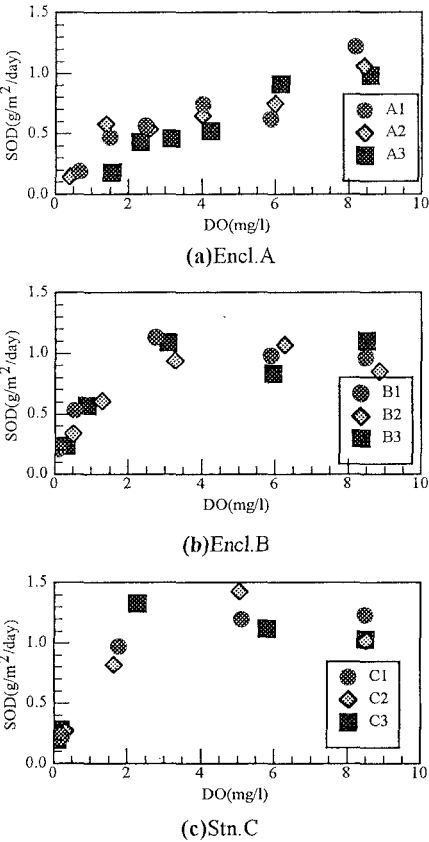


Fig.4 底泥による酸素消費速度 (SOD) と DO 濃度の関係

Table.1 底泥分析結果

項目	Unit	Encl.A	Encl.B	Stn.C
T-P	mg/g	0.790	0.711	0.575
T-N	mg/g	2.92	3.40	3.13
Ig-loss	%	9.5	10.3	9.5
T-Fe	mg/kg	49400	49000	31900
T-Mn	mg/kg	683	765	702
T-C	%	2.45	2.81	2.59
Fe/Mn		72	64	45
C/N		0.839	0.826	0.827
N/P		3.70	4.78	5.44