

貯水池底泥からの栄養塩溶出に関する調査および実験的研究

長崎大学工学部 学员○石村 寿夫 津川 智宏  
 長崎大学工学部 正員 古本 勝弘 孟 琳

1.はじめに

地元の町で水資源として期待している川原大池は、小規模な上に富栄養化がかなり進んだ湖であるため、利水の問題点の抽出とともにその浄化対策が求められている。ここでは、川原大池の水質変化、主に成層化に伴う底層水の貧酸素化と栄養塩の底泥からの溶出に注目した調査結果とともに、底泥からの栄養塩溶出に関する室内実験を行い、溶出能の検討を行った結果を報告する。

2.川原大池の概要

川原大池は野母半島の橋湾側に位置して、入江が砂嘴の成長で閉塞してできた海跡湖で、満水面積 0.127km<sup>2</sup>、最大水深 9m の比較的小さな湖(図-1)である。湖には池田川のみが注ぎ、湖水は末端の水門から越流し、水位はほぼ一定に保たれている。大潮満潮時には湖水位よりも潮位が高くなるため水門操作は欠かせない。流域は僅かの果樹栽培の他は森林であり、人工的な汚濁負荷は少ない。

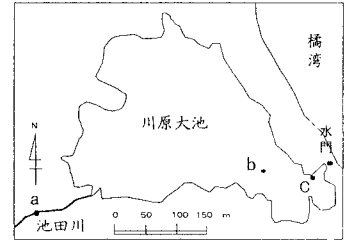


図-1 川原大池略図

3.水温成層と水質変化

①調査概要

流入河川の池田川 a 地点及び川原大池最深部 b 地点の表層(表面から 1m)と底層(底から 1m)で採水し、月一度の頻度で水質調査を行った。水質分析は、環境基準及び一部水道水質基準に定められた項目のうち 17 項目について行った。湖水温は b 地点に水温計を 1.5m 間隔で 6 点に垂下し 0.5 時間毎に自記させた。

②水温成層

水温成層は 3 月には始まり、10 月中旬に解消、以後湖沼は循環期となっている(図-2 a)。夏季には水温成層が最も顕著に表れ、8 月中旬には表層と底層での温度差は 15℃以上となる。

③水質変化

底層の DO は湖内が成層期に入ると直ぐにゼロに近い値を示し、循環期に入り全層がほぼ一様化するまで貧酸素状態が続く。表層の DO はほぼ飽和濃度で推移する。これは、湖内の成層が少しでも起こると表層から底層への酸素供給が抑制されることと底泥中と水中の酸素消費物質により酸素が使われることから貧酸素状態となるためである。全窒素と全リンは成層期には底層で高い濃度を示し、10 月の循環期に入ると全層ほぼ一様化するとともに一気に低濃度となる。底層のピーク時の濃度は循環期と比べ全窒素では約 6 倍、全リンでは 10 倍以上の濃度を示している。全リンはリン酸態リンがそのほとんどを占めるが、酸素存在下で底泥中の鉄やマンガンの水酸化物に吸着されているリン酸態リンは、貧酸素下では水酸化物が還元され吸着性を失うため、脱着し、底泥から溶出してくるものと考えられている。<sup>1)</sup>

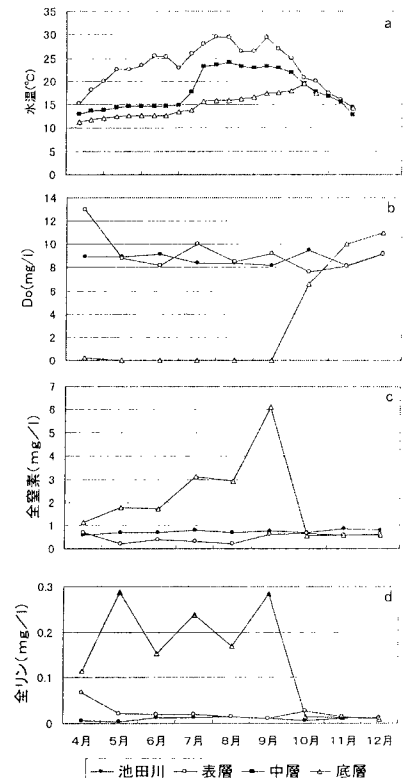


図-2 各層の水温・水質経時変化

#### 4. 栄養塩溶出に関する室内実験

底泥からの各種物質の溶出が湖水質に与える影響が非常に大きいことが分かったため、栄養塩に注目して、特に、底泥表層の溶出可能な物質濃度を求めるために、室内実験を行った。

##### ① 実験装置と方法

装置は底泥厚さの異なる実験をするため同一仕様の6槽を準備した。容積約6 lのプラスチック容器に長辺方向に流れを与えるためのポンプとホースを取り付け、水質検査用の採水口を設けた上蓋で密閉できるようにした(図-3)。底泥は現地最深处で採取したものを、平箱(15×21×6.5cm)に厚さ調整用の砂と平板を敷いた上部に所定の厚さ(0.25, 0.5, 1, 2, 4cmと底泥なし)敷き、それぞれの実験槽に入れる。これに現地表層で採取した水を底泥表面を乱さないように入れ、上蓋で密閉した後ポンプで循環流れ(断面平均流速0.63cm/s)を与えて、実験を開始した。6つの実験槽は15℃に制御された恒温水槽中に沈めており、常時は遮光した。実験底泥は、エックマン採泥器で採取し、その湖底表層部2~3cmのものを練り返して5槽に敷き詰めた。水質試験項目はDO, 全窒素, アンモニア性窒素, 全リン, リン酸態リンであり、水質の変化を考慮しながら適当な時間間隔で測定した。DOはセントラル科学社のDOメータ(UD-1型)、その他はHach社の多項目水質分析計を用いて測定した。

##### ② 実験結果と考察

底泥からの栄養塩溶出はアンモニア性窒素とリン酸態リンの形であるから、図-4にDOと両物質の経時変化を示す。底泥を入れないNo.1では、DOは他より少ないもののやはり低下しており、当初の水に酸素消費物質を含むことが分かる。底泥を入れたNo.2~6ではDO減少形態は似通っており、酸素消費量は底泥の量には依らない。アンモニア性窒素はDOの値に依らず、早い段階から溶出し、10日ほどではほぼ底泥厚さに応じた濃度に達して溶出が収まる。これに対し、リン酸態リンはDOが0.8mg/l程度では溶出せず、0.5mg/lまで低下して以後に溶出を始めることが分かる。溶出速度は窒素に比べて緩やかで、No.5,6では1200時間経過しても溶出が続くことが分かる。

窒素・リンとも時間に差はあるものの底泥の厚さに応じた終末濃度に達して溶出は収まる。物質の溶出は水と底泥間の濃度差による拡散現象であるから、終末濃度は両者間の濃度差が無くなったときの濃度である。 $t=0$ と終末状態で物質の保存式を考えると、 $t=0$ で底泥の間隙水に含まれた物質濃度 $C_{s0}$ は $C_{s0}=C_{\infty}+(C_{\infty}-C_0)V_w/nV_s$ で求められる。ここに、 $C_{\infty}, C_0$ : 終末濃度および上層水の初期濃度、 $V_w, V_s$ : 上層水および底泥の体積、 $n$ : 底泥の含水率である。実験結果から求められた底泥中の初期濃度は、アンモニア性窒素15.8mg/l、リン酸態リン14mg/lであった。窒素とリンで溶出速度に大きな差があるが、これは底泥中における両物質の脱着のし易さと分子拡散係数の大きさが異なるためと考えられる。溶出は底泥直上水の濃度にも律せられ、上層水の拡散速度によっても溶出速度は変化するので、現地の水質変化を溶出との関連で説明するには、鉛直方向の濃度分布も測る必要がある。

参考文献: 1) 中村由行ほか: 海岸工学論文集, 41巻, pp.1081-1085, 1994

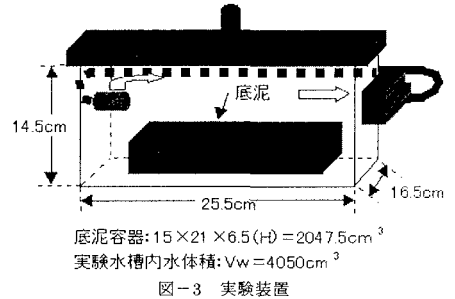


図-3 実験装置

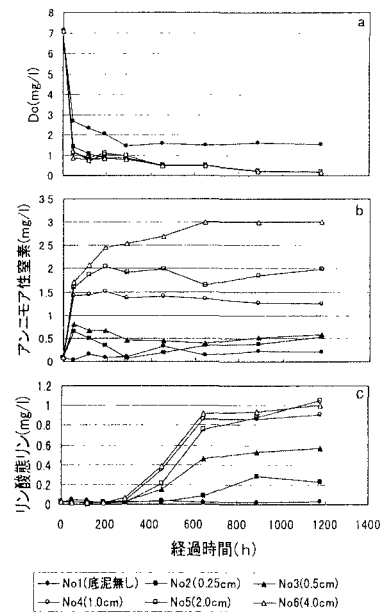


図-4 水質の経時変化