

川原大池における水質の変化とそれに与える底泥の影響

長崎大学 学生員○竹本 陽一, 正員 古本 勝弘, 一ノ瀬和雄

1. はじめに

川原大池は、入江が砂嘴の成長で締め切られた海跡湖で、過去にポンプ除塩され淡水湖化している。地元の町では水道水源として期待しているが、水量・水質の両面から水源池として利用するにあたり問題点を十分調査しておくことが必要である。ここでは、川原大池の水質調査の結果と水質悪化の要因と考えられる貧酸素状態での底泥からの栄養塩類などの溶出を室内実験によって調べた結果を報告する。

2. 川原大池の概要

川原大池(図-1)、満水時の貯水量 71 万 m^3 、水面積 0.127 km^2 、最大水深 9m の比較的小さな湖で、流域面積 1.74 km^2 をもつ。湖には池田川のみが注ぎ、湖末端の水門(敷高 TP 1.47m)により流出量の調整が行われている。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。

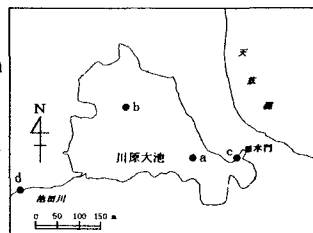


図-1 川原大池略図

3. 水温成層と水質変化

図-2 は、a 地点において自記させた各層の水温変化である。

図-3、4 は、a 地点の表層(水面から 1m)、中層(水面から 4.5m)、底層(底から 1m)及び池田川(d 地点)において採水し検査した DO と全窒素の変化である。水質検査は b 地点でも行い、検査項目は全 19 項目であるが、ここでは紙面の関係上、a、d 地点における全窒素の水質検査結果のみを掲載する。また、DO については採水検査の他に DO メータにより鉛直分布を密に求めている。

図-2 より、水温成層は 2 月下旬から始まり、8 月下旬で表層と底層の温度差は 10℃以上となり、その後温度差は小さくなり、10 月中旬で成層は終わる。この成層と密接に関係しているのが、図-3、4 に示した DO と全窒素である。5 月～9 月にかけて、底層はほぼ無酸素状態となり、それに伴って底層の全窒素濃度も増加し 2.0 mg/l を超え、湖沼の環境基準 V 類型よりも悪化する。水温成層が解消されている時期と比べ約 4 倍の濃度である。これは水温成層が発達し湖水の鉛直循環すなわち水表面からの酸素供給がなくなると、底泥中および浮遊の有機物分解に底層の溶存酸素が消費され、貧酸素状態となると、嫌気性微生物の働きによって、底泥中の栄養塩物質が溶出してくるためと考えられる。

4. 貧酸素状態における底泥からの溶出実験

水温成層が解消されて間もない 10、11 月に、a 地点の底泥と底層水を採取し、図-5 に示す水槽を用いて、酸素消費過程と底泥からの溶出物質を調べた。水質検査した項目は、全窒素、全リン、リン酸、溶解性鉄・マンガン、pH の 6 項目である。ここでは紙面の関係上、全窒素だけを掲載する。実験は表-1 に示す容量と流速の異なる 4 つの水槽を用いて、水槽温度設定が異なる Run1(18℃)、Run2(12℃)の 2 回行った。

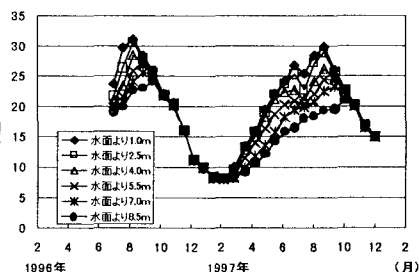


図-2 各層の水温変化

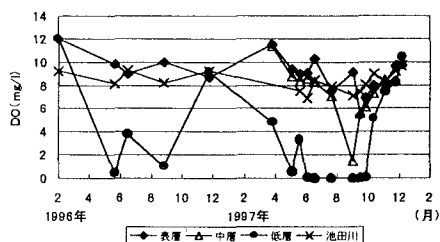


図-3 各層の DO 変化

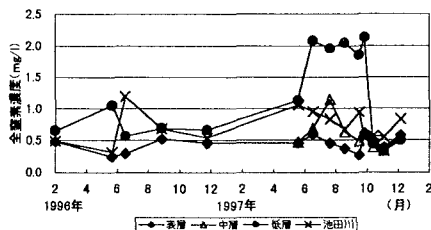


図-4 各層の全窒素変化

実験は、底泥を水槽に入れ、曝気して飽和状態にした現場水をその中に注ぎ、水槽中に酸素が入らないよう完全密閉し、ポンプで一定の流速を与えて循環させた。この2回の実験から、底泥上の流速の差は、D₀ 及び全窒素の変化にほとんど影響を与えないことが分かった。文献 1)とは異なる結果であるが、底泥を全く巻き上げない遅い流速では差がでにくいといえる。底泥を入れない水槽Cでは全窒素がほとんど変化していないことから、全窒素の供給源は底泥といえ、D₀の減少とともに全窒素濃度が増加し、D₀が0mg/lになった後も増加し続ける。また、水槽温度が異なる2回の実験比較では、水温が低いとD₀の減少速度も全窒素の増加速度も遅くなるが、長時間経過後にはほぼ同一濃度となる。これは、微生物の活性が温度に影響されることを示している。

5. 酸素移動係数の算定

実験において、浮遊泥(SS)による酸素消費は無視でき、底泥のみにより一次反応で酸素消費が表されるとすると、酸素濃度Cは $VdC/dt = -KAC$ …(1) すなわち $C = C_0 \exp(-KAt/V)$ …(2)ここに V：水量、A：水と接している底泥表面積、t：経過時間、K：底泥単位面積当たりの酸素移動係数である。

実験におけるD₀の減少を(2)式により近似し、Kを求めると、Run1で $K=6.7 \times 10^{-3}$ (m/hr)、Run2で $K=5.8 \times 10^{-3}$ (m/hr) となり、水温が高いRun1の方が大きな値をとる。

川原大池における1997年5月21日と6月4日のD₀の鉛直分布より、水面から4m以上の深いで貧酸素化が進んでおり、この範囲のD₀が底泥で消費されたと仮定して、(1)式でKを求めると、 $K=4.0 \times 10^{-3}$ (m/h)となる。この計算では、4m以深の1mごとの水体容積とD₀減少量の積から躍層下部の全酸素消費量を求め、Aとして躍層以深の湖底面積、Cはその間の平均D₀濃度を用いて計算した。実験と現地のKを比較すると、実験が現地のそれより1.5倍ほど大きく求められるが、オーダーでは差がないことから、室内実験により酸素消費と水質変化を捉えることがある程度可能であるといえる。

6. あとがき

川原大池は流域が大部分森林であるにも拘わらず、富栄養湖であることが分かった。水質悪化の要因は、長年月の間に底泥として蓄積した種々の物質、とくに栄養塩が貧酸素状態において溶出することが大きいといえる。今後、実験を重ね、得られるデータをもとに水質変化のメカニズムを解明し、水質浄化の有効な手段を検討していきたい。

本調査は、三和町及び長崎県食品環境検査センターと共同で実施しており、関係者各位に感謝申し上げる。

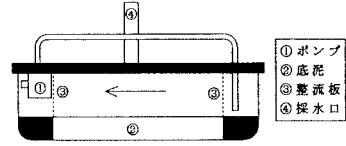


図-5 実験水槽断面図

表-1 実験水槽容量

	水の体積 (ml)	底泥の表面積 (cm ²)	流速 (cm/s)
水槽A	6300	320	1.27
水槽B	5400	240	1.70
水槽C	8100	底泥なし	1.02
水槽D	17600	880	0.46

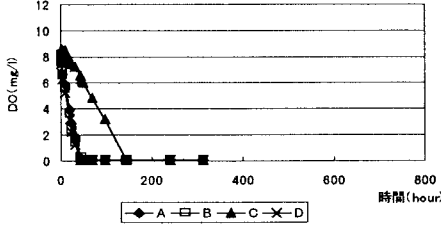


図-6 D₀ 経時変化(Run1)

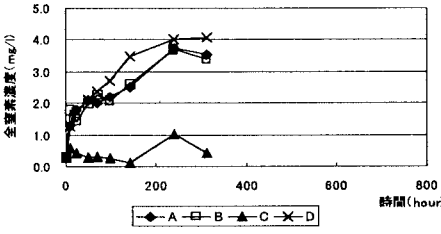


図-7 全窒素経時変化(Run1)

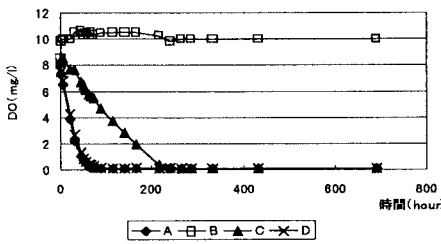


図-8 D₀ 経時変化(Run2)

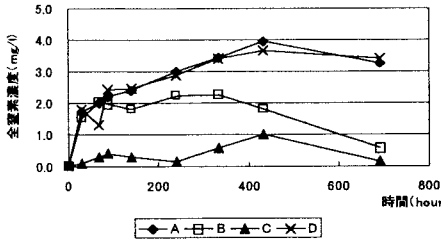


図-9 全窒素経時変化(Run2)

【参考文献】 1) 細井由彦他：底泥による酸素消費に関する研究、土木学会論文集No.456/II-21、1992年
2) 中村由行他：未攪乱底泥コアを用いた連続培養系での酸素消費・溶出実験、海岸工学論文集 第43巻、1996年