

川原大池における水質変動特性と底泥からの栄養塩溶出について

長崎大学大学院工学研究科 学生会員○竹 本 陽 一

長崎大学工学部 正 会 員 古 本 勝 弘、非 会 員 牧 島 拓 也、孟 琳

1. はじめに

川原大池は、地元の町では水道水源として期待しているが、小規模な上に富栄養化がかなり進んだ湖であるために、その浄化法とともに利水するにあたっての問題点を明らかにすることが求められている。ここでは、川原大池の水質変動の調査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の溶出を現地試験によって調べた結果を併せて示し、酸素移動係数及び栄養塩溶出 Flux について検討した。

2. 川原大池の概要

川原大池(図-1)は、砂嘴の成長で入江が閉塞してできた海跡湖で、比較的小さな湖である。湖には池田川のみが注ぎ、湖水は末端の水門(敷高 TP 1.47m)から越流し、水位は一定に保たれている。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。

3. 水温成層と水質変化

図-2 は、湖沼最深部(水深 9m) c 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(a 地点)における水質の年間の経時変化である。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、省略する。図-2 より、夏期の水温成層は 10 月中旬には解消し、水温成層の始まる 2 月中旬まで湖内は循環期にある。その後、8 月中旬で表層と底層の温度差は 15℃以上となり、10 月中旬で成層は終わる。この成層と密接に関係して、4 月～8 月にかけて底層の全窒素は D0 の減少に伴って増加し、湖沼の環境基準 V 類型よりも悪化する。ピーク時の濃度は循環期と比べ約 4 倍の濃度である。これは、水温成層が発達し表層水から底層水への酸素供給が抑制されて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。表層においても 3 月以降全窒素に増加がみられるが、これは表層におけるクロロフィル a の変化と対応していることから、底泥からの溶出による影響でなく、植物プランクトンの消長によると考えられる。

4. 現地試験

酸素消費過程と栄養塩の溶出過程を調べるため、1998 年 8 月から 9 月にかけてチャンバーを用いた現地試験(図-3)を行った。水質検査項目は全 9 項目であるが、ここでは紙面の関係上、D0 及び全窒素のみを掲載する。試験方法は、水面に達するホースとポンプで中の水を循環できるチャンバー(容量: 34.3ℓ、底泥接地面積: 1270cm²)を b 地点の底泥上に下ろし、フロートで水表面近くに垂下させ、採水口より表層水をチャンバーに送り、ポンプ(流量: 6.4 ℓ/min)によりチャンバー内の水を排出する。その後ポンプと採水口を接続し密閉された循環系とした上で、ポンプで 20 分間循環させて試験装置内の水質を一様にし、採水する。ポンプ循環は採水時のみ行う。また、底泥に接していない水の酸素消費量を調べるため、チャンバー内と同じ表層水を入

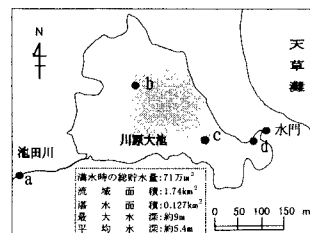


図-1 川原大池略図

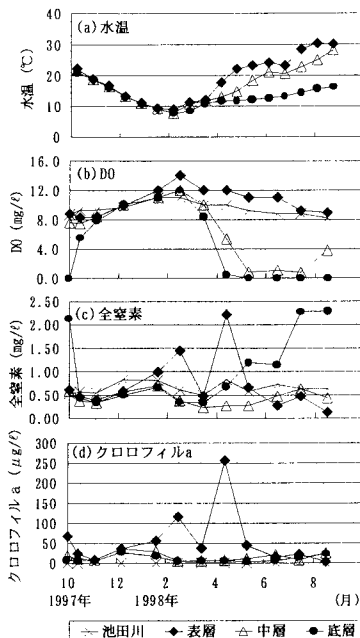


図-2 各層の経時変化

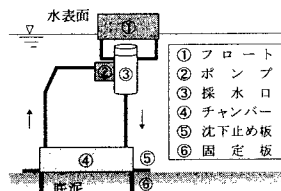


図-3 現地試験装置

れた密閉容器を底泥上に垂下した(図-4 中には“Ref”と表記)。底泥の栄養塩溶出能の低下の有無を調べるため、同じ底泥で連続2回試験を行った。図-4より、Field Run1・2ともに、D0の減少に伴い全窒素は増加し、その後、D0が約1mg/lで横這いとなってからも増加し、濃度がある一定値に達するまで溶出する。Field Run2は、Field Run1である程度の溶出が終わった後であるから、溶出速度や溶出量は減少するとの予想で実施したがField Run1と殆ど同様の結果であった。よって、底泥中に溶出物質は十分に存在し、飽和濃度に達すると溶出が止まるといえる。また、底泥に接していないRefにおいても遅くはあるがD0は減少しておりSSによる酸素消費がみられる。

5. 酸素移動係数の算定

底泥及びSSにより一次反応で酸素消費が表されるとすると、溶存酸素濃度Cは、 $VdC/dt = -KAC - kVSC \cdots (1)$ と表せる。¹⁾ここに、V:水量、t:経過時間、K:底泥単位面積当たりの酸素移動係数、A:水と接している底泥表面積、S:SS、k:単位SS当たりの酸素消費速度定数である。現地試験では、チャンパー内におけるD0の消費において、底泥に接していないRefの酸素消費がすべてSSによるものと考えたことでkを評価し、(1)式よりKを求めた。また、現地調査のc地点のD0鉛直分布(図-5)より、少々粗いが、4m以深の範囲のD0が底泥およびSSで消費されたと仮定して、(1)式よりKを求めた。ここで、SSによる影響は現地試験によって求めた底泥とSSの寄与率 $(KA/V)/kS$ を用いて評価した。Kの算定結果を水温で整理して図-6(左図:図中のRun1~3のデータは、文献2)の室内実験結果)に示す。プロットの散らばりはあるが、水温の上昇でKは増加しており、酸素消費に水温が深く関係している。実際の現地における酸素消費をもとに算定したKと室内実験及び現地試験で求めた値はほぼ近似しており、実験的算定がある程度有効であるといえる。

6. 溶出Fluxの算定

栄養塩の保存式は次式で表される。 $VdC/dt = \text{Flux} \cdot A \cdots (2)$ ここに、V:水量、Flux:底泥からの溶出Flux、A:水と接している底泥表面積、C:栄養塩濃度である。栄養塩の水質検査はD0に比べて密に検査していないため、溶出濃度がピークに達するまでの平均Fluxで算定した。Kと同様に水深4mから湖底までの範囲で増加した栄養塩量が底泥からの溶出であると仮定して、(2)式より溶出Fluxを求めた。溶出Fluxの算定結果は水温によって整理して図-6(右図)に示した。溶存酸素の消費と同じく、栄養塩の溶出も生物化学的活性による現象であり、水温が深く関係している。D0の減少速度が速いことと水質検査を密に行っていないため、D0濃度が溶出Fluxに与える影響は明らかにできなかった。室内実験及び現地試験より求めたFluxは、実際の湖内の栄養塩の変化から求められる値と近似しており実験の有効性は評価できる。

7. まとめ

川原大池は現地調査の結果、初期の富栄養段階にあることが分かった。また、現地試験により、湖水の栄養塩濃度は底泥からの溶出が大きく関与していることが明らかとなり、求めた酸素移動係数や溶出Fluxから、成層が始まる時期の湖内底層のD0及び栄養塩濃度変化をある程度説明できることが分かった。

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ます。

【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 No456/II-21, pp.83-92, 1992.

2)竹本陽一他:川原大池における水質変化とそれに与える底泥の影響、平成9年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 其の2, 1998.

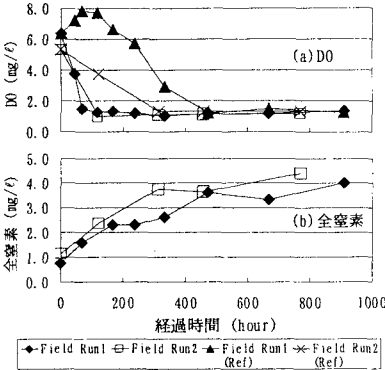


図-4 D0(a)、全窒素(b)経時変化

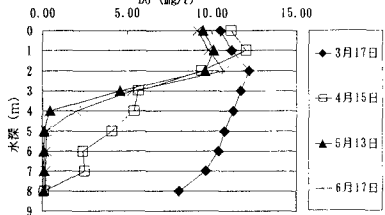


図-5 D0の鉛直分布(c地点)

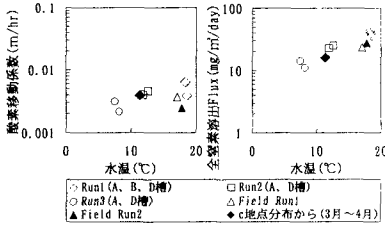


図-6 酸素移動係数(左図)及び全窒素溶出Flux(右図)と水温の関係