

湖沼におけるリンの挙動に関する現地観測

茨城大学大学院	学生員	○小林	正明
茨城大学	正会員	三村	信男
茨城大学	正会員	信岡	尚道
茨城大学大学院		鈴木	学

1.背景・目的

汽水湖である洄沼は富栄養化が進み、1997 年には全国ワースト 4 位の水質となっている。洄沼における水質悪化は、流入する河川流域の人口増加と同じ傾向で進んでおり生活排水に含まれる栄養塩の増加が富栄養化の加速因子となっている。水質回復には流入対策・湖水からのリン除去などがあり、最も効果が大きい対策を考える上で洄沼におけるリンの挙動実態の把握が、必要になると考える。既往の研究では、リンの挙動に関して多くの研究機関が調査しており、中でも茨城県公害技術センター（以下公害研）によって主なリンの挙動である河川流入、湖底からの溶出、湖水中から底質への沈降を洄沼内の数箇所 で測定しており、リンの一日の動きが調査されている。この調査結果から洄沼の主要なリンの挙動としては河川流入、湖底からの溶出、湖水中から底質への沈降であり中でも底質への沈降量が非常に高いと推定される。

そこで、本研究では洄沼における湖水中の沈降を中心とした懸濁物の挙動を明らかにすることで、懸濁物に含まれる高濃度のリンの挙動を捉えることを目的とする。さらに現地観測に既往の研究を加え、河川流入や湖底からの溶出などの主な挙動の中で最も割合の大きい挙動を明らかにする。

2. 潤沼の概要

湖沼の位置は出口から 8km で那珂川と合流し、さらに 500m で海につながり、潮汐の影響で満潮時には海水が逆流し入り込み、淡水と海水が混じりあう汽水湖となっている。霞ヶ浦・北浦が淡水化され、現在では茨城県最後の汽水湖である。湖水面積は 9.35km^2 、周囲 20km で最大水深 6.5m、平均水深 2.1m で非常に浅く、お皿のような湖である。

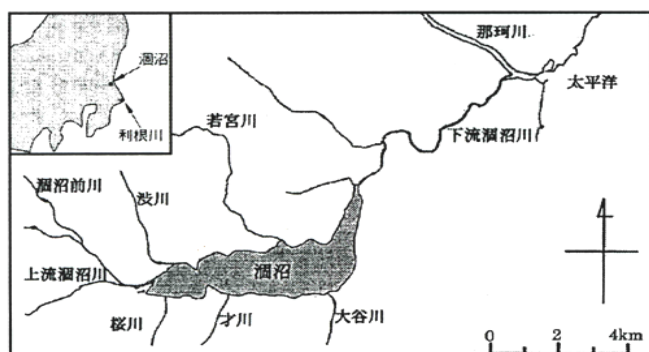


図 1: 潤沼の位置関係

3. 現地観測

3.1 現地観測のねらい

湖水からの沈降物としては植物プランクトンの死

骸・糞があるが、公害研によって測定された沈降物の値から、沈降量の中には沈降した懸濁物が再浮上したものを捕らえたと考えた。そこで現地観測では濁度計を用いて懸濁物に含まれるリンの挙動を推定する。また、既往の研究より、洄沼では塩水浸入時に湖底付近で貧酸素化が発生することが確認されている。貧酸素化した湖底では、底泥からリンが活発に溶出することが実験で明らかになっているので、現地観測ではクロロフィル計を用いて植物プランクトンの変化を捉え、リン溶出の挙動を推定することにした。時間変化でリンを測定することは難しいことから、現地観測では濁度計やクロロフィル計によってリンの挙動を推定する。

3.2 観測の方法

涸沼の中心に位置する箕輪沖の定点連続自動観測と多項目水質計(以下 MIWM)による多地点観測で行った。測定項目は表1に記す。

測定期間は、連続自動観測は10月28日から11月21日、多地点観測は11月3日と17日の2回である。

さらに、解析では茨城環境監視センターより入手した風速データを使用した。

表1: 測定機器と設置高度

測定機器	湖底からの測定高度 (m)
濁度計	0.5, 1, 2
クロロフィル計	0.5, 1, 2
照度計	0.5, 1, 2
流速計	0.5, 1, 2
波高計	0.5
DO計	0.5
塩分計	0.5
MIWI (塩分・Chl・濁度)	湖沼断面測定

3.3 沈降物の実態と挙動

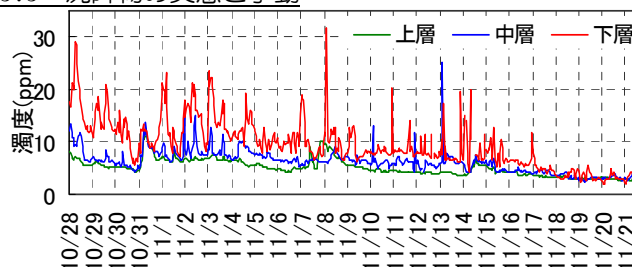


図 2: 濁度の時系列変化

図2は、連続自動観測の全水深における濁度変化を示している。観測期間全体でみると、下層（湖底から50cm）の濁度が常に高いことが確認された。さらに、何度か濁度が全層で一様（図中の円）になることが確認され、その期間の詳細をみると、下層で最初に濁度が上昇し、次に中層（湖底から1m）、上層（湖底から2m）の順に上昇

Key word : リン, 沈降量, 塩水浸入, リン溶出

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4丁目12-1

TEL0294-38-5004

FAX0294-38-5255

する特徴が見られた。これらのことから、湖底から 50cm の水深では、湖底付近で浮泥が巻き上がり、沈降を小さい幅で繰り返しており、時に上層にまで達すると思われる。

以上のことから、懸濁物は湖底の極表層に沈降し堆積するが、直ちに再浮上していると考えられ、公害研の沈降量調査は再浮上した懸濁物を含んでいると言える。

3.4 懸濁物の挙動解析

観測結果から沈降した懸濁物は沈降と再浮上を繰り返している可能性が高い。そこで、さらに懸濁物（リン）の挙動を正確に捉えることを目的として、巻き上がり（再浮上）の要因を分析した。

①単相関分析

濁度変化に影響を与えている因子を探るため、現地観測の濁度とその他の測定項目で単相関分析を行った。結果、湖底の塩分と濁度に負の相関性がみられ、塩水浸入時は懸濁物の巻き上がりが抑えられていることがわかった。MIWM による 11 月 3 日と 17 日の 2 回の測定結果でも湖沼全体で湖底塩分が極めて少ない 3 日と高い 17 日の濁度変動にはっきりとした違いがみられ、塩水による密度成層が浮泥の巻き上がりを抑制する効果があると言える。しかし、巻き上がりに直接影響を与えている因子は特定できなかった。

②重回帰分析

重回帰式とは濁度を他の測定項目によって再現することのできる式であり、それにより再現に用いた各測定項目が濁度変化にどれだけ寄与しているかを求めることができる。説明

変数として風速、潮汐によって変動する水深、塩分の 3 つにして計算した結果、水深変化が 30% の寄与率を図 3 で示した。しかし、その他の要因が 50% を占めていることから、巻き上がりの要因としては的確ではない。

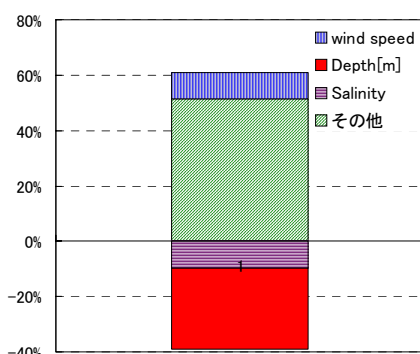


図 3: 寄与率

③要因分析のまとめ

その他の分析としてリチャードソン数、ウェダバーン数、相互相関分析、スペクトル分析をおこなったが、明確な要因と言える結果はでなかった。巻き上がりの要因をその他の観測項目で分析した結果、要因として明らかなものが見つからなかったため、測定器の位置で巻き上がりが起きているとは言い切れない。

4.4 塩水浸入時の湖水変化

図 4 に溶存酸素（以下 DO）・塩分・クロロフィルの時系列変化を示す。この図の 11/4（図 4 の点線）からの各データの變動に着目すると、塩分が増加すると DO が低下しており、また、クロロフィル（植物プランクトン

の量を表す指標）は増加する傾向であるのが見てとれる。MIWM による多地点観測の結果でも塩水浸入後の湖沼全体で植物プランクトンの増加が確認できた。

このことから、塩水浸入後、湖底の貧酸素化がおりリンの溶出が加速されたことにより、植物プランクトンが増加したと予測できる。

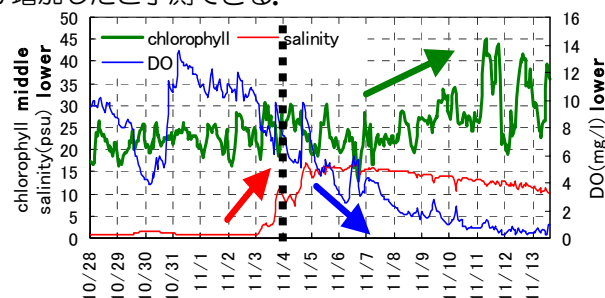


図 4: DO・塩分・クロロフィルの変動

5. リン挙動の考察

湖沼における既往の研究からリンの挙動として沈降量が多いことが推定されたが、沈降する懸濁物は沈降と再浮上を繰り返している事が現地観測から示唆される結果となった。また、流速や風速が濁度の変化に関係がないことから、水深の浅い湖岸付近で巻き上がりが発生し、移流によって測定器の位置まで移動した可能性も考えられる。しかし、懸濁物は沈降と再浮上を繰り返していることから、リンの挙動としては湖水中を浮遊し漂っていると言える。

また、湖底からの溶出は、現地観測の結果から塩水浸入時に底質表層の湖水が貧酸素状態になることによって加速されることが示唆される結果となった。吉野（2004）により湖沼における DO の分布が図 6 のようになることが分かっている。

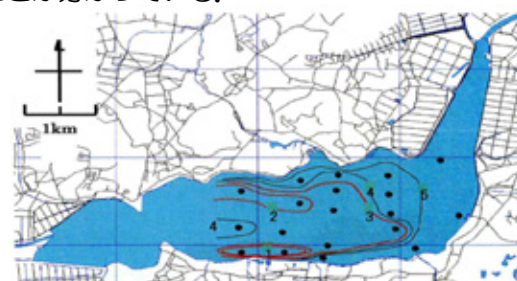


図 5: 湖沼における DO 等濃度分布 (mg/l)

これは湖沼の湖底地形の窪んだ部分に比重の関係で塩水が停滞することが密接に関係している。このことから湖沼でのリン溶出は水深の深い部分で最も発生する頻度が高いと思われる。

6. まとめ

湖沼のリンの挙動は現地観測により次のように考えられる。

- ・ 懸濁物に含まれるリンは、湖水中を沈降・再浮上を繰り返している
- ・ 湖底からのリン溶出は湖沼の水深が深い中心部分で塩分成層が形成され貧酸素化発生し溶出が活発化していることが示唆される

参考文献

茨城県公害技術センター（1999）「湖沼水質浄化法に関する研究報告書」