

夏季手賀沼におけるリン収支に関する検討

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生員 本間 孝幸
 東京理科大学理工学部土木工学科 正会員 二瓶 泰雄

1. 序論

富栄養化湖沼として有名な手賀沼では、北千葉導水事業における利根川からの浄化用水の注水により、CODの年平均値は18mg/l（1999）から8.4mg/l（2003）へと大幅に減少し、2001年度より水質汚濁度全国ワースト1を返上している。この北千葉導水事業が手賀沼の水質改善効果に及ぼす影響を定量化する必要があるが、本格的な検討例は少ない。そのため二瓶ら¹⁾（前報）は、2003年夏季において沼内の水質調査結果に基づき外部流入・内部生産COD負荷を算出し、内部生産COD負荷と浄化用水量や気象条件との関連性を検討しているものの、窒素やリンについては言及していない。そこで本論文では前報で行われた2003年調査に引き続いて、猛暑が観測された2004年夏季においても沼内や流入・流出河川における水質調査を実施し、沼内におけるリンや窒素、CODの空間分布を検討する。次に、リンに着目して、ボックスモデルを用いた水質シミュレーションを実施し、夏季手賀沼におけるリン収支特性を把握することを試みる。

2. 沼内及び流入・流出河川における水質調査

(1) 調査概要

手賀沼及び流入・流出河川における水理・水質環境を把握するために、2003年度調査と同じ方法に基づいて、2004年6月9日～10月19日まで週一回の間隔で計19回にわたり表層採水調査を行った。観測点は、図-1に示すように、沼内6地点と、流入河川（大堀川、大津川、染井入落）3地点と流出河川（手賀川）1地点、浄化用水注水口1地点である。得られたサンプル水を本学実験室に持ち帰り、COD、窒素、リンに関する分析を下水試験方法97年度版に準じて行った。この採水調査と同期する形で、自記式測器を用いた水位、水温等の水理・水質調査を沼内や流入河川にて、また、風速・日射量等の気象観測を手賀沼中央部にてそれぞれ実施した。

(2) 調査結果

夏季手賀沼における基本的な水質環境を調べるために、リンや窒素、CODの沼内縦断分布を図-2に示す。ここでは、2003年及び2004年の結果に関して、各観測点における平均値を表示している。横軸は大堀川河口からの距離である。これより、COD・全リンは縦断方向に概ね線形的に増加し、全窒素は減少する、という傾向が両年ともに見られる。北千葉導水事業開始前までは、縦断方向に対してCODは増加、全窒素・全リンは減少しており²⁾、全リンの縦断方向変化が事業開始前と後で大きく変化していることが分かる。また、両年の結果を比べると、2004年のCOD・リンは増加し、窒素は減少していることが分かる。特に、CODに関しては2004年の結果が約2倍増加している地点も見られる。このように両年の水質環境は大きく異なることから、3つの水質項目のうちリンに着目し、両年における沼内のリン収支特性を数値解析により詳細に検討する。

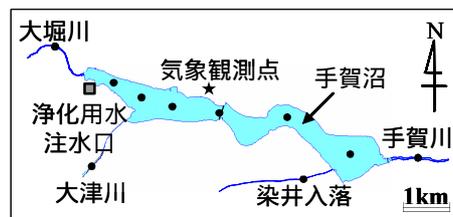


図-1 観測地点図

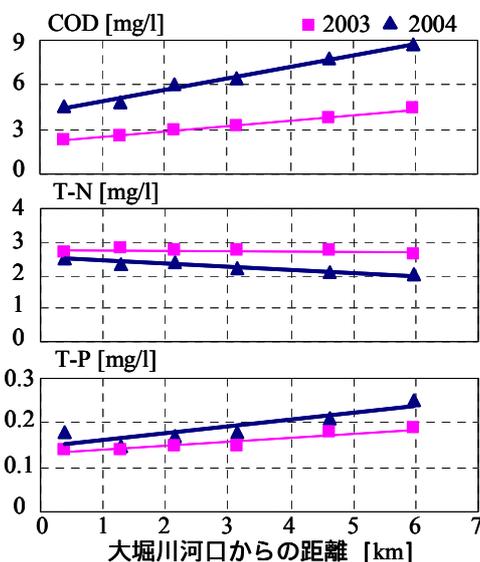


図-2 各水質項目の縦断方向変化

キーワード：手賀沼，水質，リン，水質計算

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501（内線 4072） FAX：04-7123-9766

3. ボックスモデルを用いた水質シミュレーション

(1) 水質モデル及び計算条件の概要

ここで用いる数値モデルは、リンの存在形態を無機態リン $PO_4\text{-P}$ 、非生物体有機態リン $Org\text{-P}$ 、植物プランクトン $Chl.a$ 、動物プランクトン Z の4つとし、沼内における移流・拡散効果を扱わないボックスモデルとする。ここで各形態間のやり取りに関しては、図-3に示すとおりであり、手賀沼の水質シミュレーションを実施している松梨ら²⁾と同じ数式や式中のパラメータを用いている。なお、底泥からの溶出速度 W_p に関しては、松梨らにおいて採用している底質モデルを用いず、ここでは一定値を与え、各計算条件において全リンの観測値と最も近い値を採用している。兩年における夏季の平均的な水質環境を抽出するため、2003、2004年の7月、8月の再現計算として、日射量や水温及び初期条件に実測値を与える。またこのときの平均流量を算出し、それから得られる沼の滞留時間（＝沼体積／流量）を計算時間とする。

(2) 解析結果

3つの溶出速度 W_p における全リンの時間変化を、2004年7月の再現計算を例にして、図-4に示す。これより、どの場合も直線的に全リンは増加し、 $W_p = 0.04 \text{ gP/m}^3\text{/day}$ のときに計算値が観測値と最も近くなる。この溶出速度を用いて得られた無機態リン $PO_4\text{-P}$ 、有機態リン $Org\text{-P}$ 、植物プランクトン $Chl.a$ の時系列変化を図-5に示す。なお、動物プランクトンは値が非常に小さいので表示していない。これを見ると、時間とともに植物プランクトンが増加し、摂取された無機態リンは減少しており、リンの存在形態の構成が数日で大きく変化している。

このようにして得られた2003年7月と2004年7月における沼内における全リンの収支構造を図-6に示す。これを見ると、流入量は2003年の方が2004年よりもやや大きいのに対して、流出量は逆の大小関係となる。図-2や図-6に示すように2004年の全リン濃度やその流出量が2003年よりも大きくなるのは、2004年における底泥からの溶出速度 W_p が2003年の値の約2倍となっているためである。このような溶出速度の違いは、5の平均水温差に起因して底泥のリン分解速度に大きな差が生じたためである。また、北千葉導水事業開始以前の夏季手賀沼におけるリンの溶出量は60～120 kg/dayであり²⁾、これは北千葉導水事業開始後の本結果と同程度となっている。このように、この事業開始前後では、底泥からの溶出量に大きな違いは見られないことが示唆された。

4. 結論

沼内における水質調査結果より、COD・全リンは縦断方向に増加し、全窒素は減少する傾向にあることが確認された。また、ボックスモデルに基づく水質シミュレーション結果から沼内のリン収支を算出したところ、2004年におけるリンの高濃度化には底泥からの溶出過程が大きく寄与していること、また、北千葉導水事業開始前と後では、底泥からのリンの溶出量はあまり変化していないことを定量的に明らかにした。

参考文献

- 1) 二瓶ら：水工学論文集，第49巻，pp.1237-1242，2005
- 2) 松梨ら：土木学会論文集，No.712/ -60，pp.161-173，2002

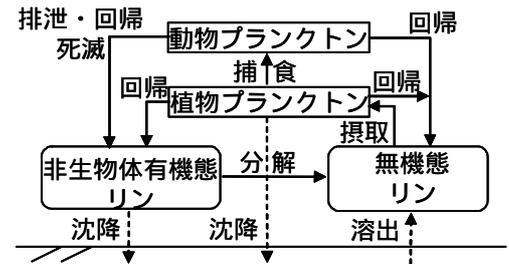


図-3 水質モデルの概念図

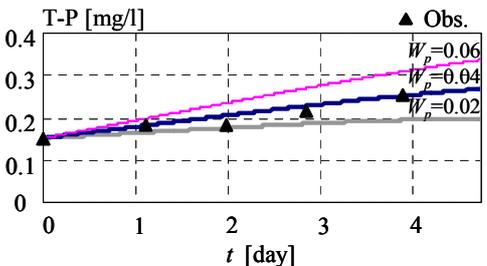


図-4 全リンの観測値と計算値の比較 (2004年7月, W_p の単位: $\text{gP/m}^3\text{/day}$)

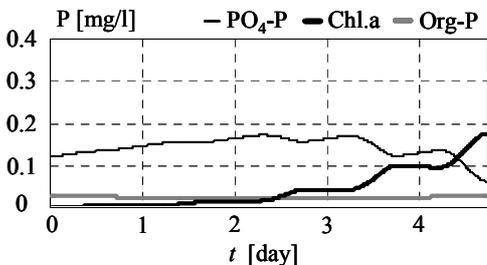
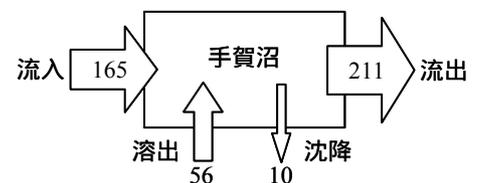
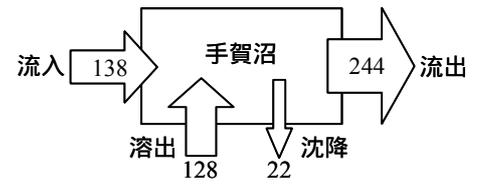


図-5 リンの存在形態の変化(2004年7月)



(a) 2003年7月



(b) 2004年7月

図-6 全リンの収支(単位: kg/day)