

手賀沼における底泥及び SS からのリン溶出過程に関する基礎的検討

東京理科大学 学生員 ○本間 孝幸
 東京都 非会員 早川 学
 東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄

1. 序論

手賀沼は 2000 年まで水質汚濁度全国ワースト 1 であったが、北千葉導水事業が本格稼働し始めた 2001 年以降では水質環境が劇的に改善された。このように手賀沼では水質環境は大きく変化したものの、内部生産 COD や底質からのリン溶出量は北千葉導水事業稼働前の結果と同程度であり、北千葉導水事業稼働前後では底質環境はほとんど変化していないことが指摘されている（本間・二瓶¹⁾、以下前報と呼ぶ）。このうちリン溶出過程には、底質からの溶出のみならず、最近では水中を浮遊する懸濁物質（SS）からの溶出²⁾が注目されているが、現段階では、定量的な知見は多くない。本研究では、手賀沼におけるリン溶出過程を明らかにするために、現地観測と数値計算、室内実験を試みる。ここでは、前報に引き続き、手賀沼における水質縦断調査とボックスモデルによる数値計算により沼内のリン溶出量を算定する。次に、現地にて底質を採取し、上述した底泥及び SS からの溶出過程に関する室内実験を実施し、得られた結果と現地観測・数値計算により算出されたリン溶出量を比較・検討する。

2. 研究方法

(1) 現地観測と数値計算

前報と同じ手順に基づいて、手賀沼及び流入河川（大堀川、大津川、染井入落）と流出河川（手賀川）における水質調査を夏季（2005 年 6 月 14 日～9 月 29 日の計 16 回）と冬季（2006 年 1 月 11 日～2 月 3 日の計 4 回）において実施した。また、観測結果とボックスモデルにより沼内におけるリン収支解析を行い、底質からのリン溶出量を求めた。

(2) 採泥及び室内実験

リン溶出実験に必要となる採泥は沼西側において行われ、直径 4.0cm のアクリルパイプを用いて厚さ 10cm のコアサンプルを乱さないように採取した。底質採取日は、2005 年 8 月 3、10、17、24 日、2006 年 1 月 17 日である。底質からの溶出実験（実験 1、図 - 1 (a)）としては、底泥が入っているアクリルパイプに沼水をろ過したサンプル水 200ml を注ぎ、一定水温及び暗条件下で、底質を浮遊させない程度で速度で攪拌した状態を作る。3 本の採泥サンプルに対して同じ状況を作り、実験開始前と開始後 1、2、5 日目にそれぞれサンプル水を採取し、その後、水質分析（T-P、T-N、D-P、D-N、PO₄-P）を行った。次に、SS からの溶出実験（実験 2）を行う際には、底質浮遊状態を作成するために、500ml ビーカー中のサンプル水（沼水をろ過したもの）に底質の一部を投入しスターラーにより攪拌した（図 - 1 (b)）。ここでは、2006 年 1 月 17 日に採取された底質のみを対象とし、表層 1cm の底質を用いて合計 5 ケースの SS 条件で実験を行った。水質分析項目は溶出実験と同じとする。

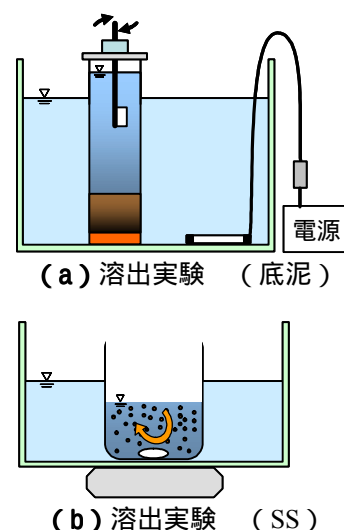


図 - 1 室内実験の概要

3. 結果と考察

(1) 外部流入負荷量と底質からの溶出量の比較

底質からのリン溶出量の大きさを見るために、現地観測と数値計算より得られた沼内のリン溶出量及び主要流入河川（大堀川、大津川）と北千葉導水路からの外部流入負荷量の時間変化を図 - 2 に示す。ここでは、2005 年夏季の観測期間を対象とする。これより、洪水時には一時的に外部流入負荷が増大するものの、平常時には溶出量は流

キーワード：手賀沼，溶出，リン，底泥，SS

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501（内線 4031）FAX：04-7123-9766

入負荷量の 31～119%と変化し、平均的には 40～60%となった。全負荷に対するリン溶出量の寄与は、6月よりも9月の方が大きい。このように手賀沼におけるリンの高濃度化には、外部負荷とともに沼内の溶出も多大な影響を与えている。

(2) リンの溶出実験結果

このような底質からのリン溶出の素過程を調べる。まず、溶出実験におけるリン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$ の時間変化を図-3に示す。これは夏季観測結果であり、リン酸態リンを P として表示する。これより、実験開始から時間が経つにつれてリン酸態リン P が増加しており、底泥からのリン溶出が生じていることが分かる。この実験結果について、観測日毎に近似直線を当てはめて、得られた直線の傾きから底泥による単位体積あたりのリン溶出速度 w_p を求める。

次に、溶出実験においても実験中のリン酸態リン P は時間とともに増加することが確認された。そこで算出されたリン酸態リン P の時間変化率を単位体積あたりのリン溶出速度 w_p とし、それと SS の相関関係より(図-4)、両者には、

$$w_p = 0.00013SS \quad (1)$$

という相関式が得られた。上式中の単位に関しては、 w_p は $\text{g/m}^3/\text{day}$ 、SS は g/m^3 である。これより、SS が与えられると SS からのリン溶出速度 w_p が算出される。

(3) 溶出量の寄与

溶出実験、及び水質計算により求められた w_p を図-5に示す。ここで、SS からの溶出における w_p は、観測日当日の SS を式(1)に当てはめて与える。また、図中には、各観測日における水質計算による w_p を 100 としたときの底泥、SS からの溶出量の割合を各々表示している。これより、底泥による溶出の割合に関して、夏季では 48～67%と顕著であるものの、冬季では 10%と低い寄与率となっている。これは、冬季における水温の低下に伴い、底質中の微生物によるリン分解速度が低下するためであると考えられる。一方、SS からの溶出の割合は夏季では 19～36%、冬季では 43%と有意な大きさとなっている。このことから、リン溶出量を見積もる際には、従来取り扱っている底泥による溶出のみならず、水中を浮遊する SS からの溶出の影響を考慮することの重要性が定量的に示された。

4. 結論

手賀沼における水質調査とボックスモデルによる数値計算を行った結果、平常時においては沼内におけるリン溶出量は外部流入負荷の 40～60%程度となった。また、リン溶出の素過程を調べるために、底泥と SS からのリン溶出過程に関する実験を行ったところ、SS からの溶出量は全溶出量の約 20～40%となり、沼内におけるリン溶出量評価には SS からのリン溶出の影響を考慮することの重要性が示唆された。

参考文献

- 1) 本間・二瓶：水工学論文集，Vol.50，pp.1327-1332，2006。
- 2) 手塚ら：土木学会論文集，No.804 / -37，pp.101-111，2005。

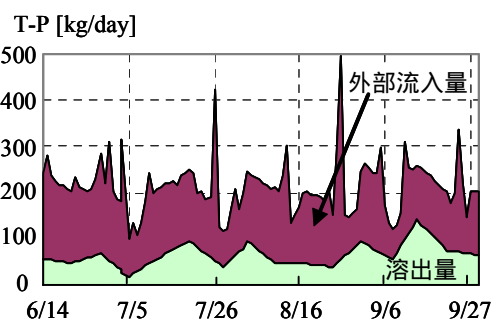


図-2 外部流入負荷量と溶出量の比較 (2005 年夏季)

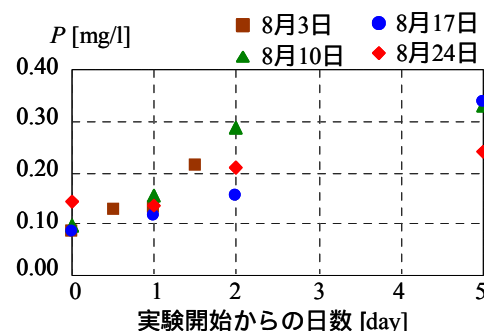


図-3 溶出実験における $\text{PO}_4\text{-P}$ の時間変化

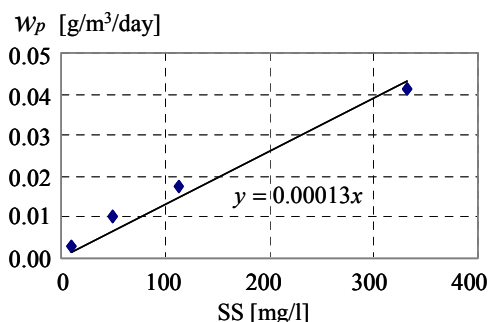


図-4 SS と $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶出量との比較 (実験)

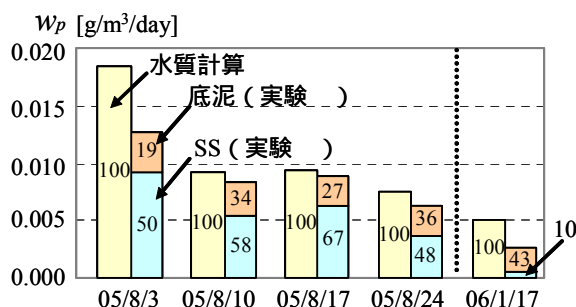


図-5 各方法により算出されたリン溶出速度 w_p (図中の数字は水質計算の値を 100 としたときの底泥、SS による溶出の割合を示す)