

1. はじめに 手賀沼(千葉県)は、全国一有機汚濁が進行した湖沼である。手賀沼のように極度に富栄養化が進行した湖沼の栄養塩動態については研究例が少ない。ここでは、昭和58年度~60年度における手賀沼の水質調査結果について、栄養塩の動態の点から検討する。

2. 手賀沼の概要 手賀沼が湖沼化したのは江戸時代初期の利根川の東遷によるとされている。以来、干拓が進み、昭和43年に現在のような状況になった。しかし、公表されている手賀沼の数値(水面積 6.50 km<sup>2</sup>、平均水深 0.86 m、湖体積 5.6 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)は、本手賀沼(手賀大橋以西を上沼、以東を下沼という)、南部手賀沼を含んだもので、各沼ごとの数値ではない。今回調査した本手賀沼については、平均水深が不変として単純に図面から読み取った。主たる流入河川は、大堀川、大津川(以上、上沼)、湖北集水路、染入落(以上、下沼)でその他に小排水路がある。流出口は手賀水門(曙橋)である。手賀沼は、灌漑期には農業用水として利用される。これは、水収支をとる上でも大きなインパクトと考えられるので、以降収支等を検討する際には、灌漑期(4月~9月)、非灌漑期(10月~3月)に分けて議論する。

3. 調査方法 調査頻度は、毎月1~2回、調査地点は、湖内の7地点ならびに大堀川、大津川、湖北集水路、染入落、宿幹線排水路の流入河川である(図

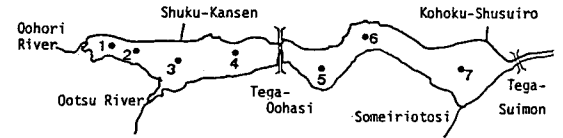


図1 調査地点

1)。測定項目は、水温、DO、T-N、DTN、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>x</sub>-N、P-N、T-P、DTP、PO<sub>4</sub>-P、P-P、Chl a、SSである。分析方法は、常法に従ったが、T-N、DTN、P-N、T-P、DTP、P-Pについては、過硫酸カリウムを用いた同時分解法によった。

4. 結果及び考察

(1) 季節変動特性 一例として、St. 3における窒素、リンの季節変化をそれぞれ、図2、図3に示す。T-Nは、3年間にわたって冬期に最大となり、夏期に最小となる季節変動を示した。P-Nは、明確な季節変動は認められなかったが、概ねChl aの変動傾向と一致していた。DONは、夏期にやや高くなる傾向があるが、明確ではない。T-Nのかなりの割合を占めるNH<sub>4</sub>-Nは、冬期に著しく増加し、夏期に減少する季節変動を示した。またNO<sub>x</sub>-Nは、らん藻類の水の華が発生する8月にはほぼゼロとなり、冬期に高くなる傾向が認められた。以上のような季節変動特性は、他の地点でも同様であった。

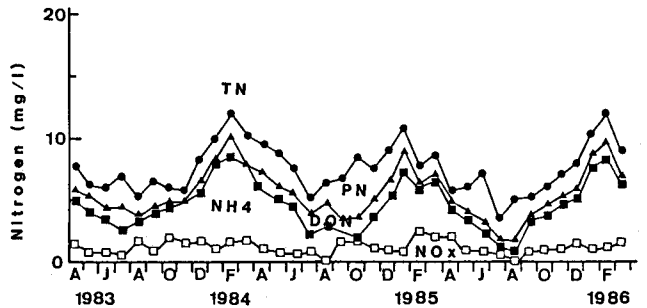


図2 窒素の季節変化

T-Pは、St. 3ではT-Nと同様に冬期に高くなる傾向が認められるが、他の地点では認められなかった。逆に夏期に高くなる地点もあった。PO<sub>4</sub>-Pは、1983年を除けば夏と冬にピークが認められた。T-Pが夏期に高くなる地点では、夏期のPO<sub>4</sub>-Pのピークの方が高くなる場合もあっ

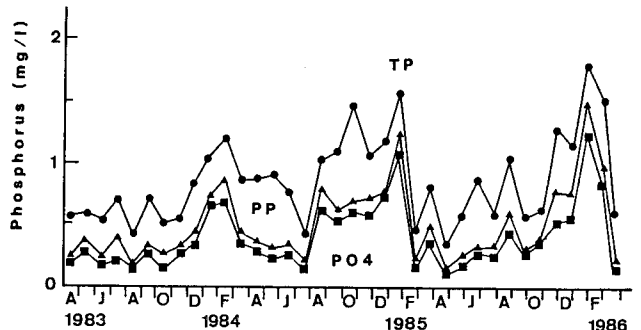


図3 リンの季節変化

た。このように、極度に富栄養化した手賀沼では、夏期の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を除けば無機態の窒素、リンがかなり残存していることや夏期には、窒素の方が藻類の増殖に対し、より制限的に作用することが注目される。

Chl a（図示していない）については、年によってその傾向が異なるが、ピークが認められるのは、3~5月、6~7月、11~12月である。藻類組成からみれば、春先は*Micractinium pusillum*、*Actinastrum hantzschii*、などの緑藻類、夏期は*Spirulina* sp. *Microcystis* spp. などのらん藻類、11~12月には*Cyclotella* sp.の珪藻類が3年間にわたって周期的に優占種となった。

(2) 水平分布特性 流れの方向、すなわちSt. 1（上流側）からSt. 7（下流側）について検討する。図4は灌漑期（3年間の平均）における窒素化合物の地点変化を示す。下流に向かって $\text{NH}_4\text{-N}$ が著しく減少した。夏期の $\text{NO}_x\text{-N}$ が冬期に比べ低下すること、硝化・脱窒活性が温度に依存し、霞ヶ浦よりも高いことなどから、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が硝化され、さらに脱窒されたと考えられる。現在、現場での硝化・脱窒速度を評価する手法について検討中であるので、この機構については今後の検討課題としたい。 $\text{NO}_x\text{-N}$ やP-Nなどは明確な減少傾向を示さなかった。またリン（図5）についても下流に向かうに従って $\text{PO}_4\text{-P}$ が著しく減少し、その分T-Pも減少した。底泥中のリン濃度も、St. 1（表層0-2 cmで、11.2 mg/g）からSt. 7（表層0-2 cmで、2.6 mg/g）に向かうに従って著しく減少していることから、沈殿が吸着により底泥に移行したと考えられる。

(3) 窒素、リン収支 大津川、大堀川以外のその他の流入水量ならびに流入負荷量は、昭和60年度の（その他）/（大津川+大堀川）の比を基準にして、昭和58,59年度に適用した。水収支、窒素、リン収支を図6に示す。灌漑期における上沼及び下沼の滞留時間は、非灌漑期の約60%に減少する。また窒素、リンの滞留時間も灌漑期には、非灌漑期の53-70%に減少する。滞留時間は、水>窒素>リンの関係がある。

消失量は、（流入負荷量）-（流出量）-（湖内現存量の変化量）から求めた。仮に、消失量/全流入負荷量を浄化率とすると、窒素については、35-39%、リンについては、45-56%となる。特に非灌漑期（浄化率が56%）においては、リンが沈殿等により水中から除去されやすいことがわかる。これは、図5の結果からも推定される。また窒素の消失量が灌漑期で大きくなるのはその一因として硝化・脱窒によると考えられる。現在、水-底泥間における栄養塩の挙動について現場実験や数値実験により検討中であり、これらの情報を基にして手賀沼における窒素、リン循環についてさらに検討していきたい。

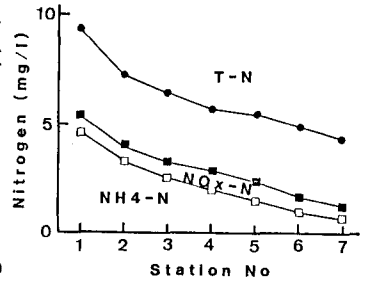


図4 灌漑期における窒素の地点変化

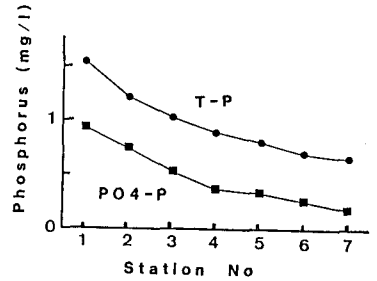


図5 非灌漑期におけるリンの地点変化

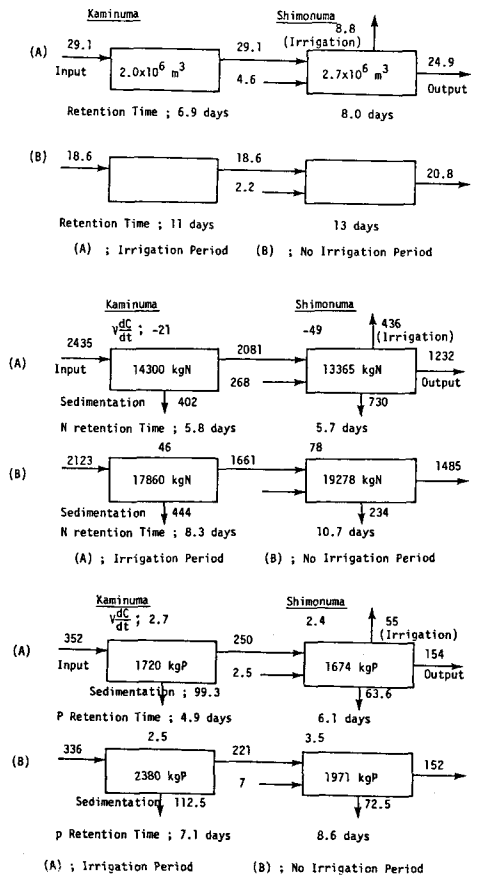


図6 手賀沼における水、窒素、リン収支