

国立公害研究所 正会員 細見正明 須藤隆一

1. はじめに

湖沼における富栄養化機構を解明して効果的な富栄養化対策を講ずるためには、窒素やリンなどの物質収支を明らかにすることが必要不可欠となる。この物質収支を明らかにする過程においては、底泥からの窒素やリンの溶出による内部負荷が重要であるといわれている。特に霞ヶ浦では、底泥からの負荷を無視しては夏期の藻類の異常増殖に伴う水中の全リンの増加を説明できないとされている。一方、霞ヶ浦高浜入り奥部における底泥表層の炭素、窒素、リン含量には季節的な変動が認められなかった。底泥表層の各形態リンの変動は、夏期における水中の全リン濃度の上昇と対応しなかった。そこで本研究では、霞ヶ浦高浜入りの底泥からのリンの溶出による内部負荷を評価するために、まず水-底泥間の物質交換に大きく関与していると考えられる底泥間隙水中のリン濃度について、その水平および鉛直分布特性と季節変動特性を明らかにし、さらにコア-擬似現場法により底泥からのリン溶出速度の季節変化を明らかにした。

2. 実験方法

霞ヶ浦高浜入りを中心とした調査地点(図1)において、投げ込み型コアサンプラーを用いて底泥を採取し、1-2 cm毎に切断した底泥を遠沈ろ過管に入れ、水温に近い温度で3000 rpm, 15分間遠沈した。ろ過管底部にたまった試料を直上水と同様に水質分析に供した。コア-擬似現場法は、湖沼から採取した底泥コアを用いて、現場に近い環境条件下で直上水のリン濃度の経時変化から溶出速度を求めるものである。ここでは、暗所で温度とDO濃度を制御して細見(1982)の方法に準拠した。夏期(7/20-9/8)は、窒素90%、酸素10%の混合ガスを用いて直上水のDOを3-4 mg/lに制御したが、その他の時期はエアレーションを行なった。なお設定温度は現場の水温とし、St 1からSt 9まで同一条件とした。

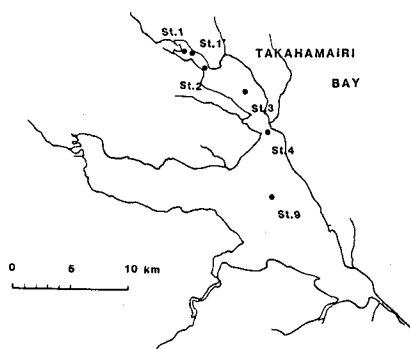


図1 霞ヶ浦高浜入りを中心とした調査地点

3. 実験結果および考察

(1) 底泥間隙水中のリン酸態リン濃度の分布と季節変化

St 1およびSt 2における底泥間隙水中のリン酸態リン(1981年4月-1982年12月)を図2に示す。各地点とも夏から秋の初めにかけて底泥表層(0-3 cm)でリン酸態リンが0.3-0.8 mg/lと高い濃度を示した。冬期では表層6 cmまでは0.1 mg/lを越えることが稀であった。また、夏期に採取した底泥コアの表層3 cm程度は黒色を呈する箇所が多く認められたが、冬期になると最表層の底泥が茶褐色を呈した。このような底泥の外観上の変化は底泥の酸化還元状態をあらわしていると考えられる。以上のように夏期に黒色部分が認められる層(すなわち、還元的になっていると考えられる)と間隙水中のリン酸態リンが高い層とがおおむね一致した。ただ各地点とも1982年の夏期の方が1981年より全般的に高くなっていたが、この理由は不明である。また、地点別に夏期の底泥表層のリン酸態リンをみると、St 1は0.3 mg/lを越えることが稀であったのに対し、St 2-St 9では0.5-0.8 mg/l程度であった。直上水中のリン濃度は各地点によって大きく異なることが少ないので、水-底泥海面におけるリン酸態リン濃度勾配は、St 1が最も小さく、St 2-St 9は大きな値を示した。さらに底泥表層部のリン酸態リンが0.2 mg/lを越える期間は、St 1が最も短く、St 2, St 4, St 9につれて長くなった。これはSt 1の水深が2 mと最も浅く、風波の影響を強く受け、底層水が好氣的に維持されやすいと考えられる。

(2) 底泥からのリン溶出速度

コアー擬似現場法によってもとめたリンの溶出速度の季節変化を表1に示す。6月下旬から9月上旬にかけては、バラツキはあるものの、リンの溶出速度は概ね $1-10\text{ mg/m}^2\text{d}$ の範囲にあった。しかし、他の時期のリン溶出速度はゼロに近い値となった。秋期にはマイナスの値、すなわち直上水から底泥への消失速度も認められたが、 $1\text{ mg/m}^2\text{d}$ 以下であった。霞ヶ浦高浜入りにおけるリン負荷量は、1978-1980年の年平均（主として晴天時）で、 $4.7\text{ mg/m}^2\text{d}$ であった。したがって夏期に於ける霞ヶ浦底泥からのリン溶出による内部負荷は、流入河川からの外部負荷と同程度の大きさであると考えられる。

またリンが底泥から溶出する時期は、実験条件で温度が 25°C 以上、DOが $3-4\text{ mg/l}$ の時である。先に底泥間隙水のリン酸態リン濃度を示したように、ちょうどこの時期は、底泥表層部にリン酸態リン濃度の高い時と一致する。またこの時期は底泥表層の酸化還元電位が最も低下する。底泥を均一にした好氣的条件下の溶出実験においては、 20°C ではほとんどリンが溶出しなかったにもかかわらず、 25°C 以上では $1-2\text{ mg/m}^2\text{d}$ の溶出が認められた。また直上水のDOを制御した実験では、DOの減少とともに溶出速度が著しく増大する結果が得られている。以上のように、霞ヶ浦高浜入りにおけるリンの溶出については、水温が 25°C 以上でしかも底泥近傍のDO濃度が低下する夏期にのみ注目すればよい。夏期にはDOが最も大きく関与していると考えられるので、今後更にリン溶出量を精度よく評価するためには、底層部のDO濃度の綿密な観測を行ない、各DOによるリン溶出速度を測定する必要がある。

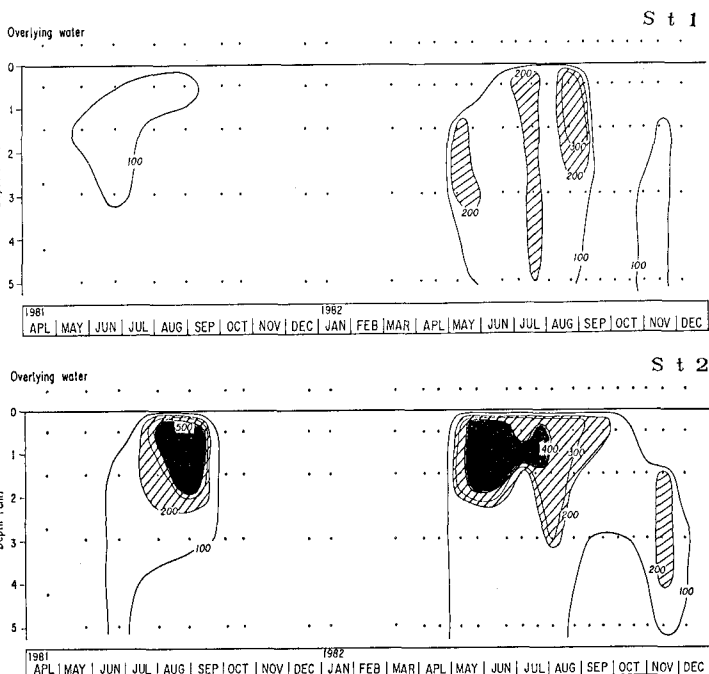


図2 St.1およびSt.2における底泥間隙水中のリン酸態リン濃度（1981年4月-1982年12月）

表1 コアー擬似現場法によるリンの溶出速度の季節変化

Date	Temp($^\circ\text{C}$)	DO	Phosphorus Release Flux ($\text{mg/m}^2\text{/day}$)				
			St.1	St.2	St.3	St.4	St.9
11, Jan.	5	aeration	0	0	0	0	0
8, March	5	aeration	0	0.2	0	0	0
7, April	15	aeration	0	0	0	0	0
12, May	23	aeration	2	0	0.5	0.6	0.2
25, May	21	aeration	0.9	0	0	0	0
22, June	25	aeration	0.2	5.3	-0.1	0	-0.3
6, July	25	aeration	1.3	1.6	0.4	1.5	1.0
20, July	26	3-4mg/l	0.7	1.4-5.5	1.3	4.9	0-1.3
4, Aug.	30	3-4mg/l	0-2.5	5.8-8.7	5.7-10	5.0-7.7	0
27, Aug.	27	3-4mg/l	0	2	4.5-10	5.9	0
8, Sep.	27	3-4mg/l	0.7	8.6	2.3	5.8	3.8
21, Sep.	23	aeration	-0.3	0	-0.2	-0.4	0
5, Oct.	20	aeration	0	0	-0.3	0	-0.2
1, Nov.	15	aeration	-0.1	0	0	-	-0.1
7, Dec.	10	aeration	-0.1	0	0	0	0

<参考文献> 1) Otuki, A. et al. Verh. Int. Verein. Limnol., 21, 634-639.

2) 相崎守弘ら(1979) 国立公害研究所研究報告、6, 105-114.

3) 細見・須藤(1981) 国立公害研究所研究報告、22, 45-54.

4) 細見(1982) 湖沼環境調査指針、日本水質汚濁研究協会編、公害対策技術同友会、161-166.

5) 海老瀬(1981) 国立公害研究所研究報告、21, 130pp.

6) 細見・須藤(1984) 国立公害研究所研究報告、57, (印刷中)。