

II-472

浅い湖沼における栄養塩の循環

北海道大学 学生員 行木美弥
北海道大学 学生員 吉田邦伸
北海道大学 正会員 橘 治国

1. はじめに 水域の富栄養化とそれに伴う藻類の増殖を防止・抑制するためには、栄養塩を中心とした物質の循環機構を明らかにしておくことが重要である。停滞性水域では栄養塩の多くが懸濁態として湖中や底泥に蓄積され循環している。本研究は水質底質調査、沈降捕集実験、一次生産量測定実験、底泥巻き上げ実験等を行い、懸濁態栄養塩を中心に栄養塩循環の経路と速度を明らかにし、それらの影響因子について考察した。

2. 調査・実験方法 1) 調査水域と調査方法について 対象水域は札幌市近郊北部に位置する茨戸湖上部湖盆（水面積0.61Km²、平均水深5m）とした（図1）。茨戸湖は周辺を農地で囲まれた河跡湖であり、流入河川は通常0.01m³/s程度の用水路があるだけの閉鎖的な湖である。調査は1994年3月から11月の間に実施した。

2) 底泥巻き上げ実験について 底泥からの湖水への栄養塩供給のメカニズムを明らかにするため底泥巻き上げ実験を行った。本実験は二次流の影響を抑えるため中央に円筒をおいた11のピーカーに湖心の表層泥を200g・茨戸湖湖水を遠心分離ろ過した上層水を800ml入れて装置とした（図2）。水温は20℃とし、上層水のジャーゲスターによる攪拌強度を①静置（0rpm）、②20rpm（底泥表面流速：2.2cm/s）、③40rpm（5.3cm/s）とした。上層水の水質変化は0、3、6、12、24時間後に測定した。底泥表面流速2.2cm/sは上部湖盆で観測された底層での平均流速にほぼ一致する。

3. 実験結果および考察 1) 沈降捕集物の内容分 図3に底泥、水中懸濁物、沈降捕集物の単位重量当たりの各元素の割合を示す。組成分析の結果、IL、P、Chl-a、N、Cの各成分（以下Aグループとする）は含量が水中懸濁物>沈降捕集物>底泥となり、逆にFe、Al、Ti、K（Bグループ）は含量が底泥>沈降捕集物>水中懸濁物となった。BグループのうちAl、Ti、Kは湖端の泥に多く含まれており、この成分を多く含む懸濁物質は、周辺土壌の影響をうけていると考えられる。Aグループを多く含む物質は湖内で生成されたと考えられる。またAグループは沈降堆積量と各成分の含量の対数に負の相関がみられ（図4）常時沈降量が一定に近い物質（湖内生成物）と考えられる。Chl-a、N、Cを分離指標物質として湖中の自生性懸濁物の沈降速度Daは全沈殿物中に占める自生性の沈殿物の割合をγaとして次式より計算される^{1) 2)}。

$$\gamma a = (C_d - C_m) / (C_s - C_m)$$

Cd：沈降捕集物中の分離指標物質の含量

Cm：底泥の分離指標物質の含量

Cs：水中懸濁物の分離指標物質の含量

$$Da = \gamma a \cdot Ds \quad Ds：沈降捕集物の沈降速度$$

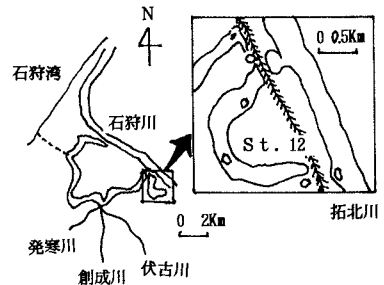


図1 調査対象水域

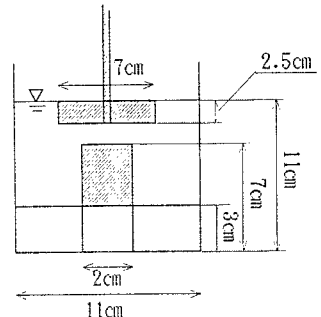


図2 実験装置

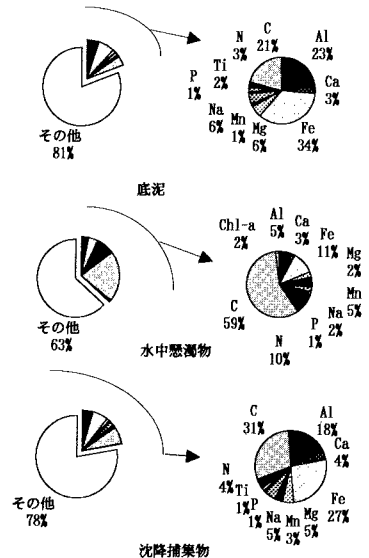


図3 単位重量当たり元素の割合

以上より水中懸濁物の沈降速度は、 $27.5\text{g/m}^2/\text{day}$ 、窒素は $59\text{mg/m}^2/\text{day}$ 、リンは $67\text{mg/m}^2/\text{day}$ と求められる。よって底泥由来の懸濁物の沈降速度は窒素 $774\text{mg/m}^2/\text{day}$ ・リン $254\text{mg/m}^2/\text{day}$ となる。

2)底泥巻き上げ実験結果 栄養塩濃度の経時変化を図5に示す。静置条件（0rpm）でも濃度は上昇し、底泥からの溶出が認められる。攪拌強度が大きくなると溶出量（溶存態栄養塩濃度）、巻き上げ量が増える。窒素は攪拌強度が大きい方でより高濃度となり、どの条件でも溶存態（内90％はアンモニウム態窒素）が多くを占めた。リンは溶存態より懸濁態が多くを占め、20rpmより40rpmではかたに濃度が高くなった。窒素、リンともに溶出量は攪拌強度に伴って大きくなっており、巻き上げは懸濁態栄養塩の負荷となるだけでなく溶存態栄養塩の供給要因ともなることが示された。

3)栄養塩の循環経路と速度 以上の結果から1994年夏期の茨戸湖上部湖盆において藻類増殖と密接な関わりを持つ栄養塩の挙動について検討した。藻類の分解速度は過去のデータ（井上・橘、1984）を使用した。底部での流速を平均値とした模式図を図6に示した。底泥由来の懸濁物の沈降速度に比べて底泥巻き上げ速度は非常に小さく、底泥の巻き上げは短期の強い流れに支配されていることがわかる。底泥の巻き上げは底部にかかるせん断応力の3乗に比例するとして³⁾試算すると、底部流速が 9cm/s に達すると底泥由来の懸濁物の沈降速度と巻き上げ速度がほぼ等しくなる。さらに大きい流速も観測されており、また底泥には微細な粒子を含むことから実際底泥の巻き上げの湖水への影響はかなり大きいといえる。

4.おわりに 浅い湖沼は風波によって容易に混合し底泥の巻き上げの湖水に懸濁物への寄与は大きい。室内実験の結果から底泥の巻き上げは湖水に懸濁態栄養塩のみならず溶存態栄養塩の大きな供給源ともなることもわかった。栄養塩は水と底泥の間を様々な形態をとりながらかなりの速度で移動している。

参考文献 1)福島武彦：浅い湖沼の水質変化特性と水質管理方法に関する研究、1984

2)Gasith, A.: Tripton sedimentation in eutrophic lakes. Ver h. Internat. Ver ein. Limnol., 19, 116-122, 1975

3)大坪国順、相崎守弘、福島武彦：底泥の限界掃流力と巻き上げ量について、国立公害研究所調査報告、16、1981

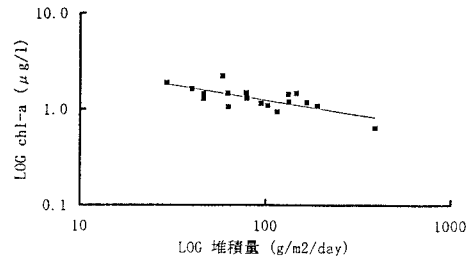


図4 沈降捕集物の含量と堆積量の関係

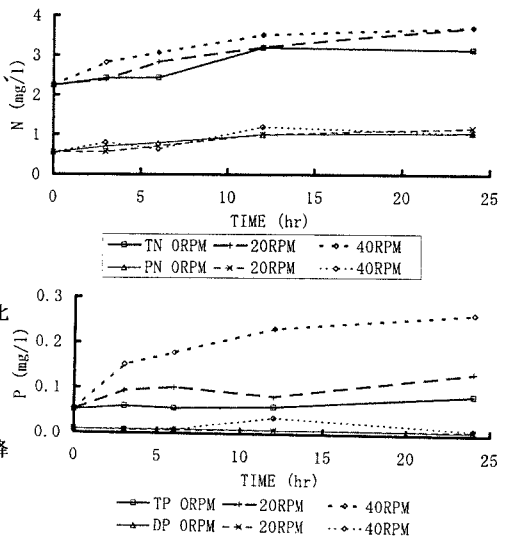
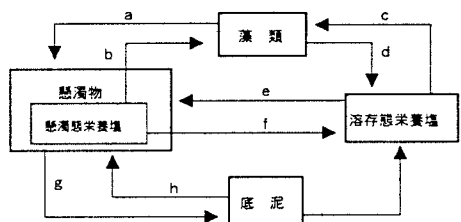


図5 栄養塩濃度の時間変化



	a	b+c	d	e	f	g	h	i
窒素	259	212	63	280	220	774	5	60
リン	67	29	9	20	20	254	5	0

mg/m²/day
h:室内実験による平均沈降時の値

栄養塩の現存量	
溶存態	懸濁態
窒素	6500
リン	74
	6200
	1200

mg/m²

図6 栄養塩の循環と収支