

鳥屋野潟底泥の性状 (第1報)

—— 栄養塩類の表層濃度分布と底泥からの回帰 ——

田海 直樹・森山 登・渋谷 信雄
金子 正史・大関 正春

1 はじめに

閉鎖性水域では、流域から流入した懸濁物が湖底に沈降堆積して底泥となる。また、流入水中の窒素(N)、りん(P)などの栄養塩類を利用して植物プランクトンが増殖し、やがてそれらが死滅すると湖底に堆積する。堆積したN、Pの一部は分解され再び水中に溶出してくるため、底泥からのN、Pの溶出は水域の富栄養化に大きな関係があり、多くの調査が行われている^{1),2)}。鳥屋野潟においても近年、水質汚濁が著しく、水質、底泥中のN、P濃度も高値である^{3),4)}。

そこで著者らは、今まで試みられていなかった鳥屋野潟底泥中の全炭素(T-C)、全窒素(T-N)、全りん(T-P)の表層濃度分布調査と、底泥と水質の関係を調べるために室内実験による底泥から水中への回帰調査を行い、鳥屋野潟底泥中の栄養塩の挙動について検討を行った。

2 鳥屋野潟の概況

鳥屋野潟は新潟市の市街地の南に位置し、新潟市、亀田町、横越村の3市町村を流域とする水域面積1.62km²、湖容積約145万m³、平均水深0.9m、最大水深1.4m(TP-2.1m時)の天然湖沼である。

鳥屋野潟の水質汚濁は、昭和40年代頃より始まった新潟市近郊の市街地化に伴う生活排水等の流入増加により

昭和40~50年代に急速に進行し、昭和58年度に行われた調査でも、カールソン指数による汚濁評価で富栄養湖と判定されている⁵⁾。しかし、湖水の滞留時間が短いことや、近年種々の水質汚濁対策が講じられているために、アオコ等の発生など最悪な状態は免れているものの、湖内の水質はほぼ横ばいで推移している。

3 調査方法

3.1 表層濃度分布調査

3.1.1 試料の採取及び調整

図-1に示した湖内32地点で内径40mm、長さ1mの亚克力パイプを装着した自重式採泥器(RYGOSHA製)を用いて柱状採泥を行い、表層から5cmまでの底泥を試料とした。また、これらを室温で風乾し乳ばちで粉碎してT-C、T-N、T-Pの分析用試料とした。

3.1.2 調査期間

昭和60年7月19日及び11月25日に採泥を行った。

3.1.3 分析方法

水分率と強熱減量(I, L)は底質調査方法(昭和50年10月28日環水管第120号)により、T-CとT-NについてはCHNコーダー(柳本製MT-3型)により測定し、T-Pは硝酸一過塩素酸分解を行った後オートアナライザー(テクニコン製)により分析した。

3.2 回帰調査

3.2.1 試料の採取及び調整

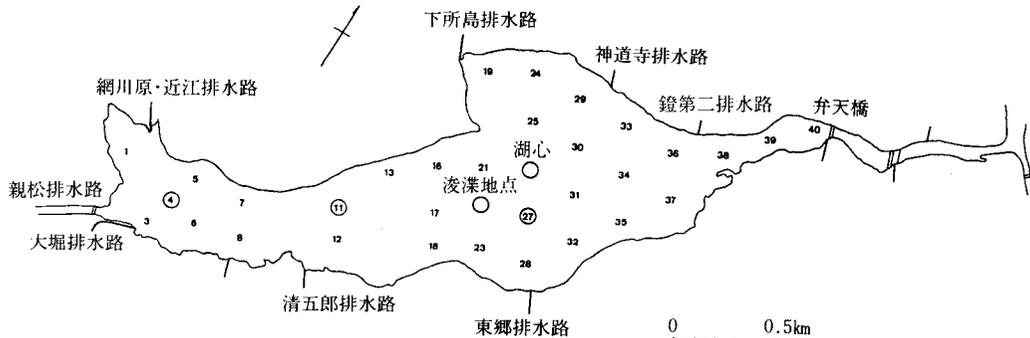


図-1 底泥採取地点
(○印：回帰調査)

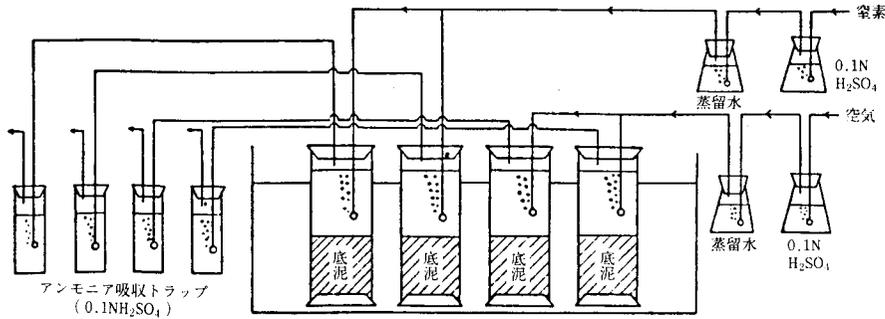


図-2 溶出実験装置

表-1 溶出実験条件

項目	年度	昭和59年度	昭和60年度
試水量 (ml)		200	20
恒温水槽温度(°C)		20	15, 20, 30
条件	好気性	空気を通気 (30~40 ml/分)	—
	嫌気性	窒素ガスを (30~40ml/分) 通気	

(n ≥ 2)

図-1 に示す湖心、浚渫地点、No.4、No.11及びNo.27の地点でアクリル樹脂製円筒容器 (内径10cm, 長さ50cm) を用い、潜水して表面を乱すことなく深度25cm程度のコアサンプルを直接採取し、直ちに実験室に搬入した。同時に湖水を採取し、ワットマンGF/Cろ紙でろ過して補給水とした。

3.2.2 調査期間

昭和59年9月18日~9月21日及び昭和60年11月28日~12月23日。

3.2.3 N、Pの溶出実験装置及び条件

溶出実験装置を図-2に示した。採取した底泥試料は直上水を抜き取り、補給水を表面を乱すことなく添加した。円筒容器をしゃ光して恒温水槽内に入れ、円筒容器内を嫌気性状態にするため、窒素ガスを通気し、実験を開始した。以後、定期的ガラス製注射器により試水を抜き取り、同量の補給水を添加し、円筒容器内の直上水量を一定とした。同時にアンモニア(NH₄)吸収トラップ内の吸収液(0.1規定硫酸50ml)を交換した。また、抜き取った試水はワットマンGF/Cでろ過し、分析試料とした。なお、好気性条件については空気を通気し、同様に実験を行った。実験条件を表-1に示した。

溶出量は測定区間の濃度変化から次の計算式により算出し、溶出速度は測定区間の溶出量から次の計算式⁹⁾により平均をとった。

$$M_1 = (C_1 - C_0) \times V \quad (n=1)$$

$$M_n = (C_n - C_{n-1}) \times V + (C_{n-1} - C_{Bn-1}) \times U_{n-1}$$

M_i = 溶出量(mg), i = 1, 2, 3 …… n

n = 測定回数

C_n = 測定 n 回目時の直上水の濃度(mg/l)

C_{Bn} = 測定 n 回目時の補給水の濃度(mg/l)

V = 直上水の容量(l)

V_n = 分析試料用に採取した水量(l)

溶出速度(mg/m²・日) = Σ { (M_n/A × 24/t) } / n

A = 同筒容器の表面積(m²)

t = 溶出時間(時)

3.2.4 分析方法

アンモニア態窒素(NH₄-N)とりん酸態りん(PO₄-P)は試料を直接、T-NとT-Pはペルオキソニ硫酸カリウムで分解後、いずれもオートアナライザーで分析した。

4 結果及び考察

4.1 表層濃度分布調査

鳥屋野潟底泥の表層部(0~5cm)は一部 (No.12, No.25, No.30, No.36, No.40)を除き、湖内のほぼ全域が黒色の泥土で覆われている。表層部における T-C, T-N, T-Pの濃度は各々平均5.6% (範囲0.3~13.4%), 0.45% (0.03~0.75%), 0.61% (0.07~2.09%) といずれも高値であり、人為活動による汚濁の結果を反映しているものと考えられた。他の湖沼での底泥中のN及びP含有量の分析例⁹⁾ではNよりPの濃度が低く、N/P比が1より大きいことが通例であるが、鳥屋野潟ではT-Pの濃度が高くN/P比が1より小さいのが特徴である。

I.L, T-C, T-N及びT-Pの調査結果を図-3~6に、各項目間の相関係数行列を表-3に示した。

I.LとT-Cは相関係数は0.907と高値であり、両者の分布もほぼ類似したパターンを示しており、特に神道寺、下所島、釜第二排水路及び東郷排水路付近で高濃度である。T-Nは各地点の濃度間にあまり差がないが、I.LやT-Cとよく似た分布型をしており湖中央下部及び上部で高値となっており、T-Nで0.1%以下の地点はT

表-2 各項日間相関係数

	T-C	I. L	T-N	T-P
T-C	—	—	—	—
I. L	0.907**	—	—	—
T-N	0.907**	0.745**	—	—
T-P	0.503**	0.237	0.661**	—

** : 1%水準有意

-Cも2%以下と低濃度でかつ砂質のものであり両者はほぼ同じ挙動をしているものと考えられる。T-C (I. L)とT-Nの分布状態は流入排水路の影響を直接的に受けており、浮遊物質中の有機成分と未分解の窒素成分が堆積したものと考えられる。

T-Pの分布状態はT-C, T-Nとやや異なっており、神道寺、下所島排水路、東郷排水路及び親松排水路寄り付近では高値であるものの清五郎排水路付近では低くなっている。

湖水中の溶解性Pは鉄、アルミニウム、カルシウムなどの金属と容易に結合して固定され沈降することが知られている^{9,7)}。神道寺、下所島、第二排水路等では、主に生活排水が流入するために水中のP濃度が高く、その水量が少ないうえ、湖流入後も湖流が小さく湖水が淀んでいる状態であるため、Pの沈降堆積が起りやすい

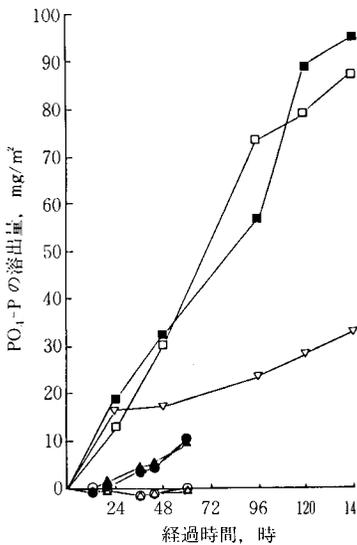


図-7 PO₄-Pの溶出曲線

- 湖心(好気性) (20°C)
- 湖心(嫌気性) (20°C)
- △ 湖心(好気性) (15°C)
- ▲ 湖心(嫌気性) (15°C)
- No. 4(嫌気性) (15°C)
- ▽ No. 11(嫌気性) (15°C)
- ◇ No. 27(嫌気性) (15°C)

ものと考えられる。一方、清五郎排水路付近では湖に流入する農業排水の流量が大きいために、溶解性Pの沈降は出口付近からかなり離れた湖内中央部で起っているものと思われる。また、親松排水路付近には生活系排水が多量に流入する網川原・近江排水路があり、湖内に流入してからも浮遊物が沈降しやすい状態であるため、高濃度のPが底泥中に存在しているものと考えられる。

4.2 回帰調査

湖沼環境調査指針⁹⁾に従い、鳥屋野潟の湖心及び浚渫地点の2地点の底泥について好気性及び嫌気性条件によるN, Pの溶出を調べた。その結果をふまえてNo. 4, No. 11及びNo. 27の3地点の底泥について、温度条件(15°C, 20°C, 30°C)の違いによるN, Pの溶出実験を行った。

4.2.1 Pの溶出について

PO₄-Pの溶出曲線を図-7に、溶出速度を表-3に示す。好気性条件下では、底泥からの溶出はほとんどなく、嫌気性条件下において溶出が認められ、溶出したP

表-3 NH₄-N, PO₄-Pの溶出速度

地点	溶出速度 (mg/m ² ・日)				温度(°C)	
	NH ₄ -N		PO ₄ -P			
	好気性	嫌気性	好気性	嫌気性		
鳥屋野潟	湖心	55.8	60.9	0.0	3.5	20
	浚渫地点	42.44	68.4	-0.1	3.6	20
No. 4	—	65.3	—	13.0	15	
	—	131.4	—	17.3	20	
	—	202.9	—	45.4	30	
No. 11	—	28.8	—	16.4	15	
	—	44.8	—	33.3	20	
	—	68.2	—	70.4	30	
No. 27	—	91.3	—	5.9	15	
	—	121.5	—	9.3	20	
	—	282.7	—	40.9	30	
諏訪湖 ⁹⁾	78~322	—	0~6.3	—	9~27	
	—	45~199	—	6.3~36.5	17~22	
湯ノ湖 ⁷⁾	50	—	3.3~5.6	—	—	

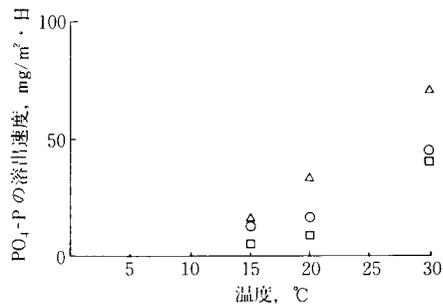


図-8 PO₄-Pの溶出速度と温度の関係

- No. 4 (y = 2.2464x - 23.3793, r = 0.9779)
- △ No. 11 (y = 3.6163x - 38.2628, r = 0.9997)
- No. 27 (y = 2.4477x - 34.2671, r = 0.9701)

が湖内で長時間継続されるとは考えられないため、 PO_4 -Pの溶出量は短期間では少ないが、長期的にみれば少量の溶出も見過ごせないと考えられる。また、 NH_4 -Nは年間を通して相当な溶出量があると予測されるため、烏屋野潟の富栄養化を考える場合には重要な課題である。

参 考 文 献

- 1) 福原晴夫, 田中哲治郎, 中島光敏: 文部省「環境科学」特別研究, 諏訪湖集水域生態系研究報告第7号, 17(1981).
- 2) 細見正明, 岡田光正, 矢木修身, 山根敦子, 須藤隆一: 国立公害研究所研究報告第57号, 118(1984).
- 3) 新潟県: 主要湖沼実態調査報告書(昭和59年8月).
- 4) 新潟県: 昭和59年度環境庁委託業務結果報告書(モデル湖沼水質保全計画策定調査)(昭和60年2月).
- 5) 稲本信隆, 川島月夫, 福田大三郎, 郡山宗晏, 目原克彦, 楨孝雄: 鹿児島県環境センター所報, 1, 1(1984).
- 6) 亀田泰武, 木下正明: 公害と対策, 14, 32(1978).
- 7) 細見正明, 須藤隆一: 水質汚濁研究, 2, 3(1979).
- 8) 日本水質汚濁研究協会編: 湖沼環境調査指針, 公害対策技術同友会(1982).