

鳥屋野潟底泥の性状 (第2報)

—— 栄養塩類の垂直分布 ——

渋谷 信雄・森山 登・田海 直樹

金子 正史・大関 正春

1 はじめに

鳥屋野潟の表層底泥中には窒素(N), リン(P)等の栄養塩が高濃度に含まれており, 特にP濃度が極めて高いことが判明している¹⁾。これは, 排水路を通じて多量に流入する生活排水や農業排水中の懸濁物が湖内に沈降堆積したためであり, 湖内でN, Pの沈澱分離が行われているために, 近年鳥屋野潟の湖内水質がほぼ横ばい状態で推移しているものと考えられる。

新潟県ではこうした現状から昭和52年度より堆積汚泥の浚渫を行っており, 昭和59年度までの実績は160,120 m^3 であるものの, 新たな堆積物も年々増加しているものと考えられる²⁾。このため著者らは, 昭和60年度に汚泥の堆積状況及び堆積量と鳥屋野潟底泥の性状を把握することにより浚渫事業のための基礎資料を得ることを目的として調査を行った。

2 調査方法

2.1 試料の採取

調査は図-1に示す湖内32地点と流入排水路5地点の計37地点で実施し, 各地点では内径40mm, 長さ1mのアクリルパイプを装着した自重式採泥器(RYGOSHA製)による柱状採泥を行い, 外観性状を記録した後, 表層から5cmずつ分割してそれぞれ試料とした。

2.2 調査期間

湖内については, 昭和60年7月19日及び11月25日, 流入排水路は8月5日に試料採取を行った。

2.3 分析方法

水分率及び強熱減量は底質調査方法(昭和50年10月28日環水管第120号)により分析し, 湿潤密度, 乾燥密度, 含水比は次式³⁾により算出した。

$$\text{湿潤密度: } \rho_t = m/V \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{乾燥密度: } \rho_t = \rho_t / (1 + w/100) \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{含水比: } w = m_w/m_s \times 100 \text{ (\%)}$$

m: 供試体質量 (g)

V: 供試体体積 (cm³)

m_w: 湿潤土中の水の質量 (g)

m_s: 炉乾燥土質量 (g)

全炭素(T-C), 全窒素(T-N), 全りん(T-P)については試料を室温で風乾後粉碎して分析試料とした。また, 分析方法はT-C及びT-N濃度については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。

Pの分画定量は, 図-2に示す細見らの方法⁴⁾に準拠して行い, 抽出した各態Pの定量は全てオートアナライザーで行った。

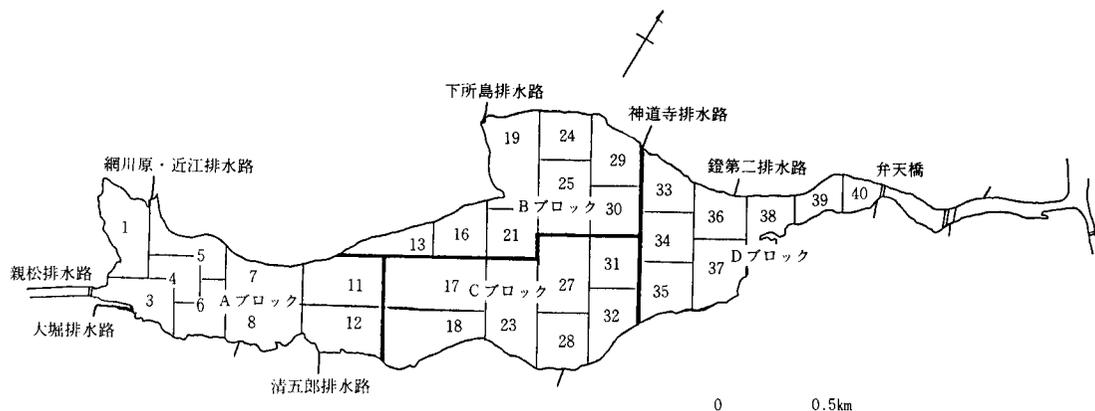


図-1 底泥採取地点

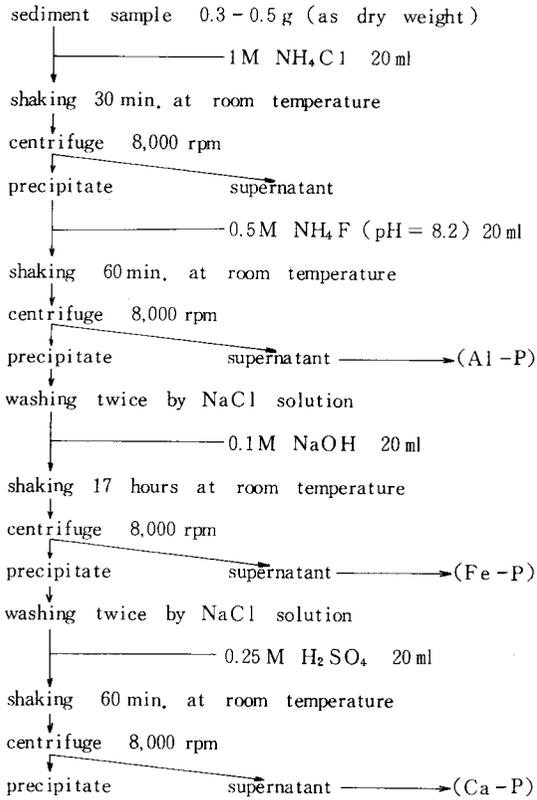


図-2 底泥中 P の分画方法⁴⁾

3 結果及び考察

3.1 底泥の垂直分布

採取した底泥の外観性状を柱状模式図(図-3, 4)に示した。湖内では一部の地点(No12, No25, No30, No36, No40)を除き、概ね表層部に軟質の黒色泥土層があり、その下部に灰色の砂質粘土, 砂, 未分解の植物片を含む茶褐色の腐植土が存在しており、図-6, 7の例に示すとおり地点により各層の厚さが異なる。

3.2 黒色泥土の性状

湿潤密度は土の基本的性質を示す指標の一つであり、その値の大きいこと($\rho_t = 1.6 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$)はよく締まった硬い土質を意味し、逆に小さいこと($\rho_t = 1.2 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$)

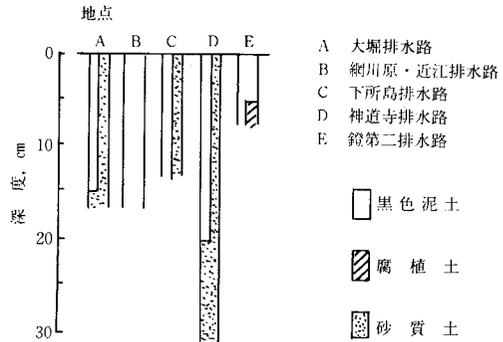


図-4 底泥の柱状模式図(排水路)

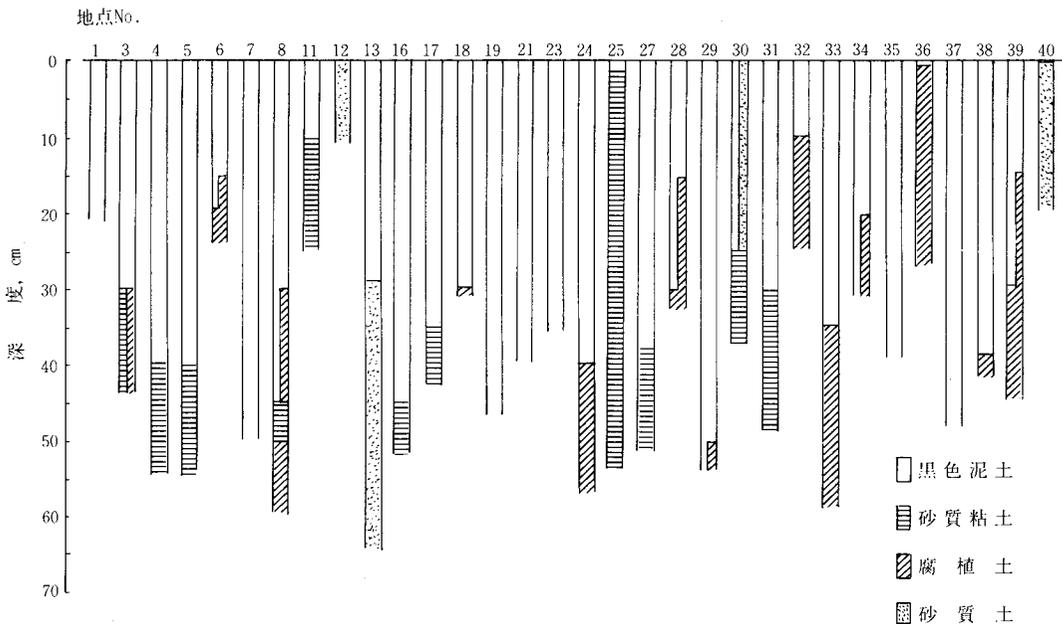


図-3 底泥の柱状模式図(湖内)

cm)は緩い軟弱な土質であることを示している。また、極めて小さい場合($\rho_t = 1.2 \text{ g/cm}^3$ 以下)は有機物を多量に含む土質であると判断することができる。³⁾

鳥屋野潟は、信濃川と阿賀野川及び小阿賀野川に囲まれた三角州上の湿地帯が湖として残存したものであり、湖内の底泥は地質的には沖積土からなる。しかし、各地点で採取された黒色泥土層の湿潤密度は 1.2 g/cm^3 より低く、有機物量の指標となる T-C が5%、T-N も0.5%前後と高値であることから推察すると、これらの泥土層は近年、新潟市街地の都市化による人為的な汚染の影響を強く受け沈降堆積したものと判断される。

3.3 黒色泥土堆積量

NやPを高濃度を含む黒色泥土は、湖内の各地点でその層厚が異なっている。また、その堆積量は湖流や風による底泥の舞い上がり等の影響を受けており、湖流の速い弁天橋付近や清五郎排水路出口付近では、黒色泥

土層は認められない。

しかし、他の調査地点では平均約30cm程度の層厚があり、No.7, No.19, No.29, No.37では約50cmにも達していた。ここでは、黒色泥土層のうち湿潤密度が 1.2 g/cm^3 以下、T-C 5%、T-N 0.5%、T-P 0.1%以上のものを近年の都市化による人為汚染底泥と仮定し、図-1に示した採泥地点を含むメッシュ区分で湖内を分割し、さらにメッシュ区分をほぼ等面積の4ブロックにまとめて汚染底泥の堆積量を推定した。黒色泥土層の層厚を図-5に示した。

表-1に各ブロックの面積と、層厚ごとに堆積量を算出した結果を示した。堆積量はAブロック10.3万 m^3 、Bブロック10.8万 m^3 、Cブロック10.6万 m^3 、Dブロック8.4万 m^3 であり、湖全体で約40万 m^3 と算出された。

3.4 柱状試料における T-C, T-N, T-P の濃度分布

表-1 黒色泥土堆積量 (万 m^3)

ブロック (面積, 万 m^2)	A (40.80)	B (36.88)	C (41.08)	D (27.72)	A + B + C + D (146.48)
深度 (cm)					
0 - 5	1.77	1.34	2.05	1.30	6.46
5 - 10	1.77	1.34	1.84	1.11	6.06
10 - 15	1.47	1.34	1.84	1.11	5.76
15 - 20	1.20	1.34	1.62	1.11	5.27
20 - 25	1.02	1.34	1.42	1.03	4.81
25 - 30	1.02	1.19	1.42	0.83	4.46
30 - 35	0.81	1.19	0.36	0.83	3.19
35 - 40	0.47	1.00	0.07	0.63	2.17
40 - 45	0.47	0.59	0	0.24	1.30
45 - 50	0.25	0.14	0	0.15	0.54
計	10.25	10.81	10.62	8.34	40.02

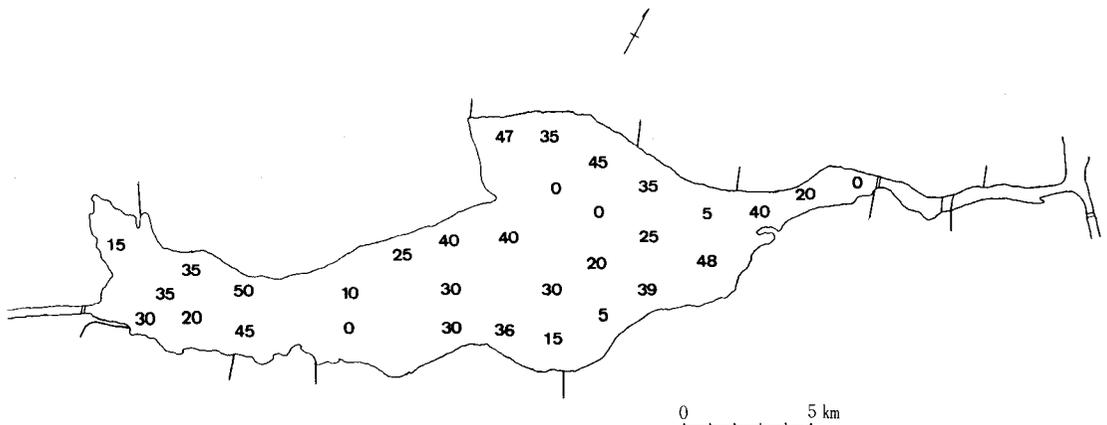


図-5 黒色泥土層厚分布 (cm)

湖内32地点及び排水路5地点における T-C, T-N, T-P の垂直濃度分布の一例を図-6, 7に示した。これらの濃度は先に示した図-3, 4の柱状模式図の深度別外觀性状と比較的よく一致している。

3.4.1 バックグラウンド値

No.25で得られた灰色の砂質粘土からなる柱状試料は図-6のとおり表層から下層55cmまで内容がほぼ均一でしかも深度別平均値が T-C 1.4%, T-N 0.11%, T-P 0.087%と低濃度である。この地点は通常、濁水時には陸地化しているため表層部に黒色泥土層がなく、近年まで

人為的な汚染を受けていない土質と考えられる。湿潤密度(ρ_t)も1.5~1.6g/cm³と沖積世の粘性土の文献値³⁾($\rho_t=1.2\sim1.8\text{g/cm}^3$)にも合致しており、鳥屋野瀉底質のバックグラウンドを表わしているものと考えられる。

同様にNo.12では表層10cmまでの T-C, T-N, T-P-濃度は No.25 よりさらに低値であり、その土質は砂質層からなる。表層部から下層部まで均一な柱状分布はNo.30及びNo.40でも観察されるが、両地点の上質はともに砂質層により形成されており、栄養塩を含む微細な土壌粒子がほとんど含まれないために T-C, T-N, T-P も

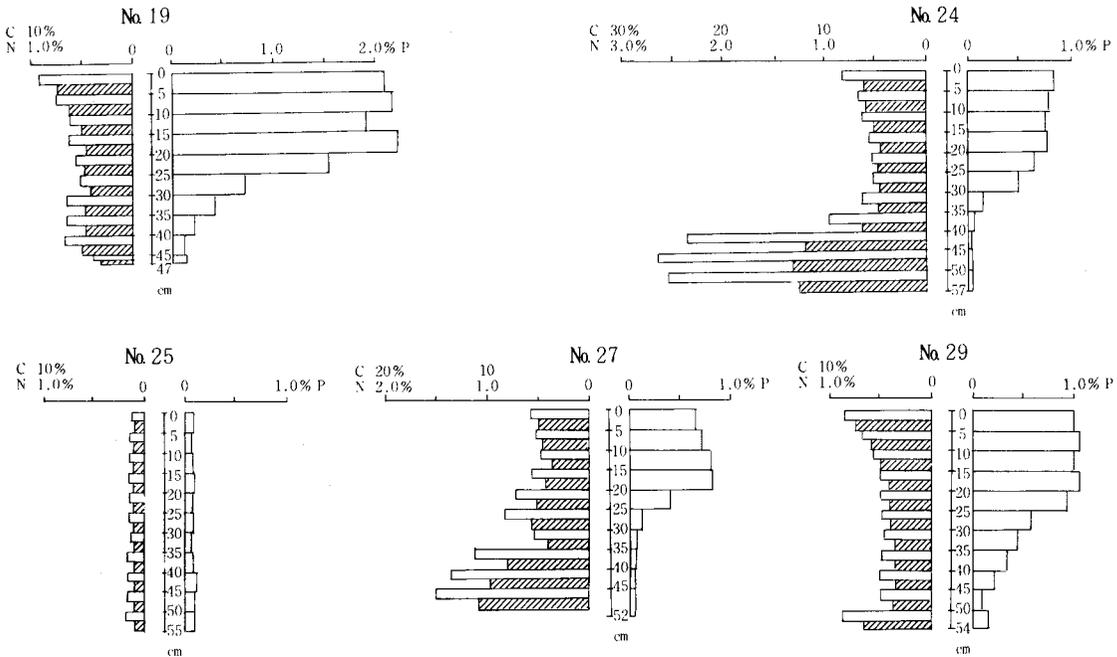


図-6 T-C, T-N, T-P の垂直濃度分布 (湖内)

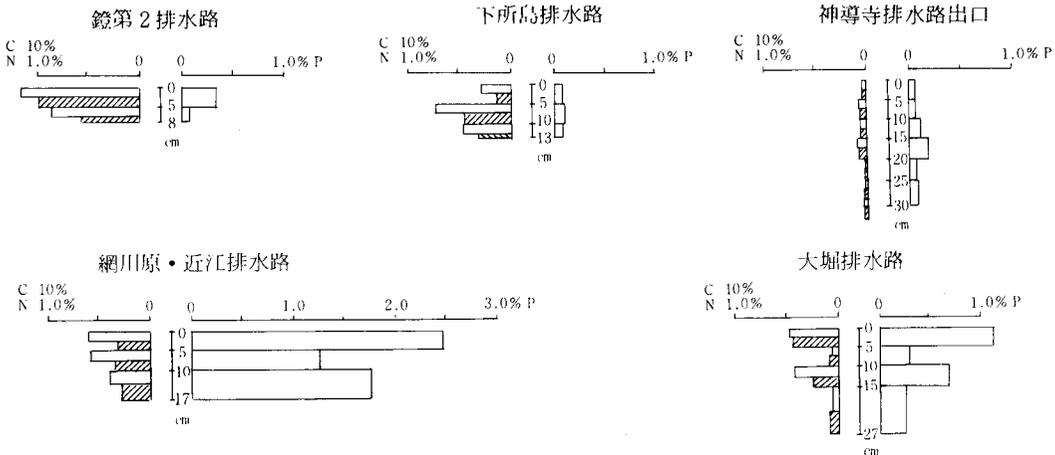


図-7 T-C, T-N, T-P の垂直濃度分布 (排水路)

比較的低濃度で垂直分布しているものと考えられる。

3.4.2 底泥中 T-C 及び T-N の垂直濃度分布

表層部の黒色泥土層では、ほぼ T-C 5%, T-N 0.5% と均一な分布をしており、砂質層部分では濃度が低い傾向にある。しかし、No.6, No.18, No.24, No.27, No.28, No.31, No.38, No.39 等では下層部で T-C が 10% 程度、T-N で 1% 以上と高値となっており、これは枯死した未分解の植物体によるものと考えられる。

3.4.3 底泥中 T-P の垂直濃度分布

T-P 濃度はほぼ全地点において表層の黒色泥土層で高く、下層の砂質粘度、腐植土、砂質層で低値である。鳥屋野潟は都市排水が年間を通じて多量に流入するため、P の負荷量も大きく、また P は鉄等の金属と難溶性塩を形成して沈澱しやすく、粘土粒子に対する吸着係数も大であるため、湖底に堆積しやすい状態にある。

また、鳥屋野潟は水深が非常に浅いため非かんがい期の濁水時には、藻類等の増殖により生物中に取り込まれた水中の溶解性 P が、藻類の死滅後に沈降堆積するため、底泥中の P が蓄積がさらに促進される。このような底泥中の P の蓄積は No.19 と No.29 の柱状試料で顕著であり、それぞれ下所島と神道寺排水路の排出水の影響を受け、No.19 では 2.0%, No.29 では 1% と極めて高濃度のりんが表層部に存在している。各地点の N/P 比は黒色泥土層で概ね 1 以下であり、下層部に進むに従い P 濃度が減少するため大きくなる。このように黒色泥土の T-

P 濃度が T-N 濃度よりも高いことが鳥屋野潟底泥の大きな特徴であり、底泥中の N 成分は経済的に分解して水中へ移行するが、P はそのまま金属等との結合状態を保ち続けるためであると推察される。

3.4.4 排水路底泥における T-C, T-N,

T-P の濃度分布

鳥屋野潟へ直接流入する 16 排水路のうち、柱状試料の得られた排水路について T-C, T-N, T-P の分析を行った。下所島排水路と神道寺排水路出口の柱状試料は主に砂質層から成るため P 濃度が低く、大堀排水路では砂質層に細かい土壌粒子が含まれる部分で P 濃度が高値であった。

一方、網川原・近江排水路では湖内の黒色泥土と性状がほぼ等しく、T-C, T-N, T-P 濃度も同レベルの分布状態であった。従って、網川原・近江排水路を除き、他 4 排水路では高濃度の N, P 成分を含む土壌粒子の大部分が排水路内で堆積せず湖内へ直接流入しているものと考えられる。

3.5 底泥中 P の分画定量

底泥中からの P の溶出に大きく寄与している無機態の P (I-P) は、一般にカルシウム (Ca), アルミニウム (Al), 鉄 (Fe) 等と結合し沈澱しているとされており、このうち Fe と結合した P が溶出に大きく関係しているといわれている⁹⁾。このため、本調査で採取された湖内及び排水路のいくつかの底泥柱状試料について、深度別に P の

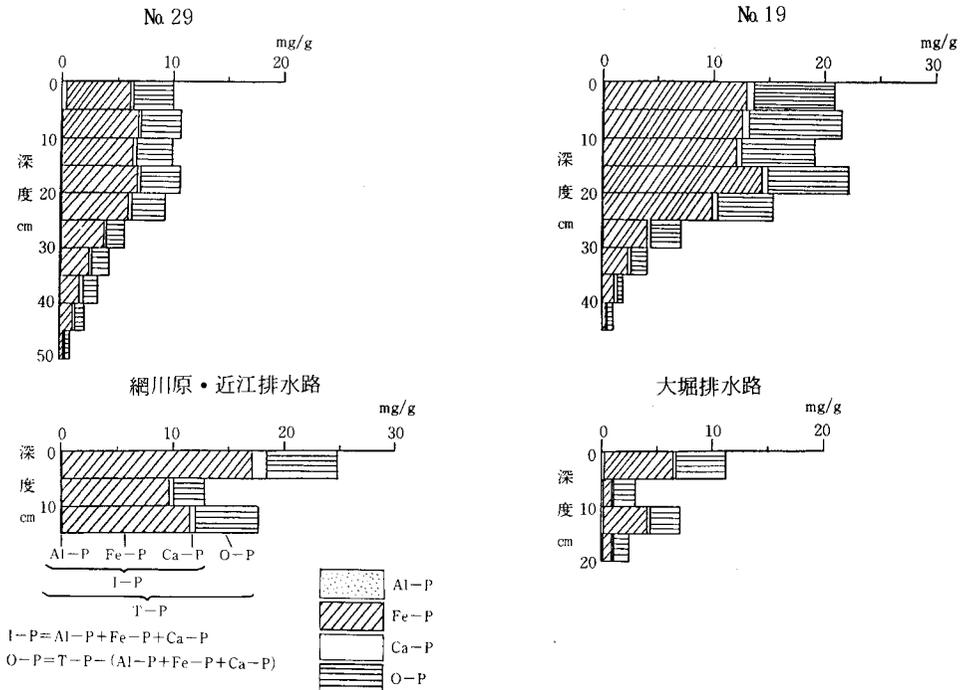


図-8 底泥中の P の分画定量

表-2 底泥中りんの分画定量

地 点	T-P (mgP/g)	I-P (mgP/g)	Al-P (mgP/g)	Fe-P (mgP/g)	Ca-P (mgP/g)	O-P (mgP/g)
鳥屋野潟No.19 (0~5cm)	20.9	13.6	0.2	12.7	0.6	7.2
鳥屋野潟No.29 (0~5cm)	10.0	6.4	0.4	5.7	0.3	3.5
網川原・近江排水路(0~5cm)	24.7	18.3	0.1	17.0	1.1	6.4
大堀排水路(0~5cm)	11.2	6.7	0.2	6.1	0.2	4.4
霞ヶ浦 ⁽²⁾ (0~3cm)	1.1	0.6	0.1	0.3	0.2	0.4
琵琶湖 ⁽²⁾ アカノイワシ(0~4cm)	2.7	2.3	0.09	1.9	0.2	0.3
琵琶湖 ⁽²⁾ クサツヤマダオキ(0~2.5cm)	0.7	0.4	0.04	0.2	0.2	0.2

分画定量を行った。図-8に示すように T-P は深くなるにつれて徐々に減少しており、I-P も同様の傾向を示し、T-P のうち I-P の占める割合は表層部(0~5cm)で湖内底泥が約65%、流入排水路が60~70%であり、湖内底泥は約40cmまで60%程度であった。また、ほとんど全ての層で I-P のうち Fe-P が約90%と大部を占めた。

鳥屋野潟の底泥中の P は表-2 に示すように、他の湖沼⁹⁾と比較してもかなり高濃度であり、また I-P のうち Fe-P の割合が約90%と非常に高いことが特徴的である。これらのことから、鳥屋野潟の底泥は P の潜在的補給能力が高いと考えられる。

4 ま と め

1) 鳥屋野潟の底泥の表層部には、人為汚染の影響を強く受けた黒色泥土層が湖内に広く分布しており、その堆積量は湖全体で約40万 m³と推定された。

2) 黒色泥土上の分布は平均層厚約30cm、最大50cm以上

であり各地点で分布層厚が異なっており、流入排水路及び湖流の影響を強く受けているものと考えられた。

3) 黒色泥土は湿潤密度 1.0g/cm³程度の土質的に軟らかい性状であり、T-C 5%、T-N 0.5%程度、T-P 0.1%以上と多量の有機物や栄養塩を含んでいた。また、これらの層では N/P 地が概ね 0.5~0.8 と P 濃度が N より高いことが特徴であり、P 成分の分解流出により見かけ上、P が蓄積されている状況にあるものと考えられた。

参 考 文 献

- 1) 田海直樹, 森山 登, 渋谷信雄, 金子正史, 大関正春: 新潟県衛生公害研究所年報, 1, 105 (1986).
- 2) 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).
- 3) 土質工学会編: 土質試験法, 土質学会 (1979).
- 4) 細見正明, 須藤隆一: 水質汚濁研究, 2, 3 (1979).
- 5) 小林節子, 楠山 隆: 用水と廃水, 27, 2 (1985).