

表-1 水質分析結果の一例

採水地点	'87.11.2					'86.11.7 St.6
	St.1	St.3	St.6	St.41	St.51	
流量 (m³/S)	13.9	54.4	131.5	44.1	36.9	307.2
SS (mg/l)	2.9	5.0	13.7	71.2	12.1	26.4
PN (mg/l)	ND	0.052	ND	0.027	0.039	—
TN (mg/l)	0.368	0.891	0.588	0.428	0.917	—
PP (mg/l)	0.006	0.040	0.033	0.049	0.028	—
TP (mg/l)	0.009	0.055	0.038	0.049	0.036	—

採水地点	'87.11.12			'87.12.4		
	St.1	St.3	St.6	St.1	St.3	St.6
流量 (m³/S)	15.5	69.0	189.9	14.6	70.6	189.9
SS (mg/l)	8.3	12.4	24.0	5.0	10.2	8.6
PN (mg/l)	ND	0.105	0.094	ND	0.085	0.101
TN (mg/l)	0.444	1.338	0.881	0.461	1.465	1.077
PP (mg/l)	0.010	0.049	0.054	0.011	0.044	0.031
TP (mg/l)	0.019	0.082	0.061	0.018	0.064	0.039

表-2 $\phi - \mu$

ϕ	μ	ϕ	μ
0	1000	6.0	15.6
0.5	707	6.5	11.0
1.0	500	7.0	7.81
1.5	354	7.5	5.52
2.0	250	8.0	3.91
2.5	177	8.5	2.76
3.0	125	9.0	1.95
3.5	88.4	9.5	1.38
4.0	62.5	10.0	0.997
4.5	44.2	10.5	0.691
5.0	31.3	11.0	0.488
5.5	22.1	11.5	0.345

表-3 粒径区分と名称

2.0	1/4	1/16	1/251	(mm)
粗砂	細砂	シルト	粘土	
-1.0	1.0	4.0	8.0	(ϕ)

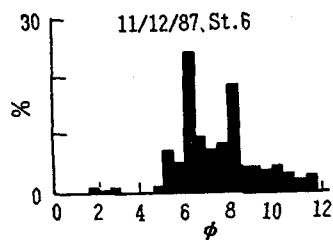


図-2 平水時 (1987.11.12, St.6) の粒度分布

3. 結果および考察

3.1 懸濁物質の粒度分布

図-2に、石狩川平水時(1987.11.12, St.6)における粒度分布の測定例を示した。粒径から組成を分類すると、シルト(49%)、粘土(49%)、細砂(3%)の3種類が混在しており、粘土質のみが優占することはないことがわかる。他の結果とあわせても、平水時の平均粒径は $\phi = 6-7$ と懸濁物質のほとんどがシルト、粘土であることがわかった。粒径 $\phi = 1-4$ の細砂はほとんど存在しない。このことは流程変化による大きな差がなく、河川に流入する時点で均質に近い状態になっているということになる。流況との対応をみるために、図-3に平水時と増水時の粒度分布を St.6 を例に示した。増水時の粒度分布は、平水時に比較すると大きく左にシフトし、砂質の部分が増えるパターンとなる。図の増水時における懸濁物質の組成は、シルト(52%)、細砂(44%)、粘土(4%)となり、かなり粗い粒子が優占している。

一般に堆積物の粒度分布は、正規分布に近いものとされている。³⁾しかし今回対象としたような汚濁河川の懸濁物質は、必ずしもこの傾向は認められず、特に増水時など流況の影響を受け複雑なものとなる。

3.2 比表面積分布について

水質分析(表-1)から、栄養塩、特にリンについては大部分が懸濁態で存在していることが明らかである。したがって藻類増殖時の栄養塩の摂取を考えた場合、懸濁物質の持つ表面積を検討することは重要であ

る。今回は粒度分布のデータをもとに比表面積を求めた。粒子を球形、比重を 2.5 と仮定して計算した。図-4 に懸濁物質の比表面積分布の例 (St.6、1986. 11.7、1987.11.2) を示した。図中には流量とSS濃度を併せて記した。平水時 (11.2) においてはそのほとんどが粘土領域で占められ、比表面積は $0.54 \text{ m}^2/\text{g}$ となる。他の調査地点の結果もあわせると、平水時における比表面積は $0.3\text{--}0.6 \text{ m}^2/\text{g}$ のとなった。増水時 (11.7) においては、シルト、細砂の割合が増えるために比表面積は $0.07 \text{ m}^2/\text{g}$ と大幅に減少した。またこの比表面積とSS濃度および流量から懸濁物質の表面積負荷を求めると、平水時は $973 \text{ m}^2/\text{s}$ 、増水時は $568 \text{ m}^2/\text{s}$ となり平水時の方が大きくなった。今回の増水時のSS濃度は 26.4 mg/l と若干低いが、増水後期のためである。したがって増水初・中期などは多量のシルト、細砂が流下するわけであるから、比表面積負荷は懸濁物質濃度に比較してかなり小さいものになるものと推測される。

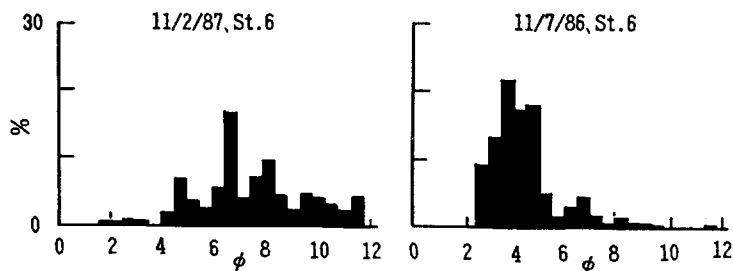


図-3 平水時 (1987.11.2, St.6) と増水時 (1986.11.7, St.6) の粒度分布

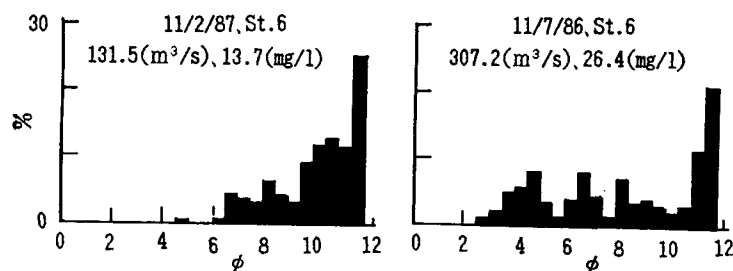


図-4 平水時 (1987.11.2, St.6) と増水時 (1986.11.7, St.6) の比面積分布

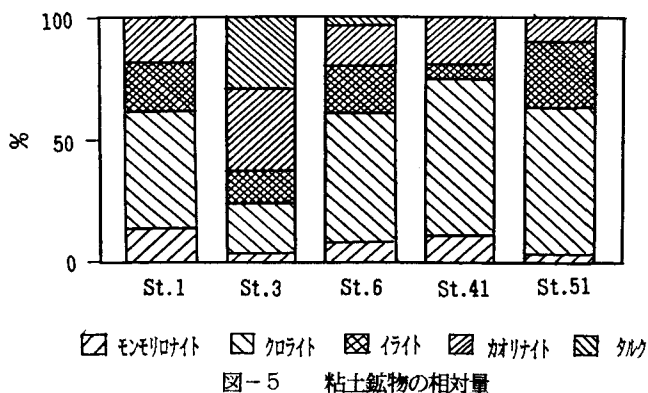


図-5 粘土鉱物の相対量

3.3 粘土鉱物の組成と栄養塩濃度

さらに懸濁物質を鉱物組成から検討するために、X線分析によって粘土鉱物種の同定し、その相対量を求めた。図-5には平水時調査 (1987.11.2) を例にその分析結果を示した。粘土鉱物として モネロナイト、クロライト、イライト、カリナイト、タルの5種類が認められ、St.3 以外の地点ではタルを除く4種類が優占した。

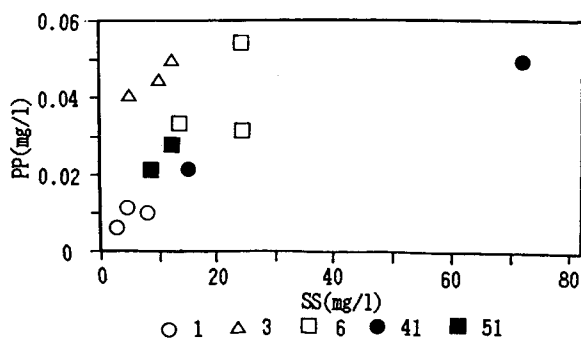


図-6 SSとPPの関係

例えば St.1 ではモンテリロイト(10%)、クワイト(35%)、イライト(20%)、カリアイト(35%)の割合である。支川の St.41、St.51 ではクワイトの割合が高く、このため下流の St.6 でもこの傾向が認められ、St.3 と異なるパターンを示すこともあった。懸濁物質の供給源の差異もこの組成分析から知ることができる。

つぎに粘土鉱物の組成と化学組成の関係について検討した。SS濃度と懸濁態リン (PP) 濃度の関係を図-6 に示した。両者に正の相関が認められる。懸濁態窒素 (PN) については相関係数が 0.08 と低く、両者の相関関係は認められなかった。これは量的に少ない生物体に含まれるためと考えられる。そこで PP と各粘土鉱物濃度 (SS濃度と各粘土鉱物の相対量から計算した。) との関係について検討した。図-7 は、モンテリロイトと PP、図-8 は、イライトと PP について示したものである。河川別にみるとモンテリロイトの方が相関性が高いようである。他の鉱物と比較してもモンテリロイトに高い相関性が認められ、その構造、吸着能などが PP の存在量に影響していることが推測された。

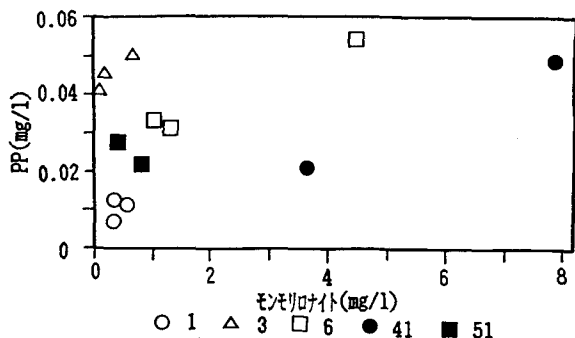


図-7 モンテリロイトと PP の関係

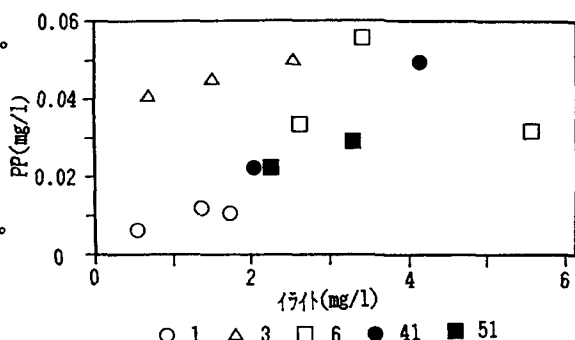


図-8 イライトと PP の関係

4. 結論

今回は石狩川流域を対象に、栄養塩の流出や粘土鉱物組成と関連して、懸濁物質の粒度分布と鉱物組成を調査し、若干の知見を得た。

- 河川水中の懸濁物質は、平時時にはシルトと粘土が 90% 以上を占め、増水時にはシルトと細砂が優占する傾向にある。
- 懸濁物質の比表面積としては、ほとんどが粘土で占められる。栄養塩の藻類への利用を考えた場合、粘土と関わり合いが大きいと考えられる。
- 石狩川本流の懸濁物質の粘土鉱物はモンテリロイト、クワイト、イライト、カリアイトの4種類で構成されており、St. 41、St.51 ではクワイトの優占が、St.3 ではタルクの存在が認められた。
- SSと懸濁態リンの濃度に相関が認められた。粘土鉱物のなかでは、モンテリロイトの相関性が高いようである。

現在、増水時の初期流出の懸濁物質を対象に調査しており、今後報告したい。

《謝辞》 本研究を行うに当たり、石井次郎先生(北海道東海大学)ならびに知北和久先生(北海道大学理学部)にご指導いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1)橋 治国他 衛生工学研究論文集、22、p151、1986
- 2)橋 治国他 陸水学会講演要旨集、51回、1C09、1986
- 3)井口昌夫：漂砂と流砂の水理学(古今書院)