

石狩川の濁度解析

北海学園大学 学生員 口 澤 寿
正 員 山 口 甲

1. まえがき

流水が移送する物質は掃流形態と浮遊形態で輸送されている。その移送物質を代表する土砂については掃流砂、浮遊砂として多くの研究が行われているものの、Wash loadの研究は多くない。

洪水時に河川に発生する濁り（濁度）は、流れが移送する浮遊物質の輸送量を表す指標として便利である。それは、濁度が容易に観測できるから、その濁度を用いて物質輸送量を多岐にわたり分析できるからである。

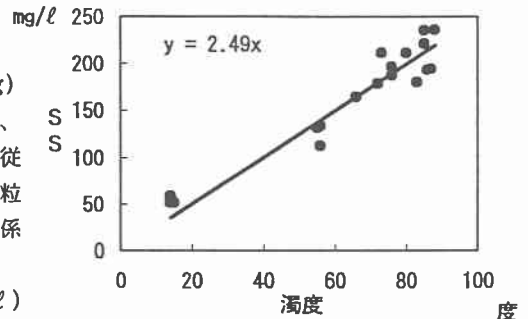
石狩川における連続観測値によれば、融雪出水（春水）と降雨出水（夏水）、河川流量の大小、洪水の増水期と減水期により濁度は異なった値を示すことが明らかにされている。

本研究では、水質自動監視装置で実測されている時間濁度（河岸で採水）について流量 Hydrograph を主体現象とした時の従属現象と考え濁度関数を検討したものであり、濁度Dは流量Qと時間変動量 $\Delta Q / \Delta t$ で表されまた春水と夏水は異なった関数で示される。

2. 濁りの観測

河川水の濁度は純水1ℓ中に溶解したカオリン量(mg)によって自濁した色度と同一の色度値をもって表わし、その色度は濁水中の到達光量を測定して求めている。従って、その光の透過量は濁水を構成する物質の色彩や粒径などの影響を受けるので、濁度と物質輸送量との関係は河川によって異なっている。

石狩川におけるその濁度(度)と物質輸送量 S S (mg/ℓ) は図-1 に例示するような関係が得られているので、以下に述べる濁度計算法が確立できれば S S 及び物質輸送量が求められることができる。



平成9年 実測値(伊納大橋)

図-1 濁度と S S の関係

表-1 解析対象洪水

観測地点	No	春水			夏水			
		解析期間	最大流量 (m ³ /s)	最大濁度 (度)	No	解析期間	最大流量 (m ³ /s)	最大濁度 (度)
伊納大橋	1	平成元年4月11~19日	642.31	54	1	平成元年8月23~25日	1362.50	170
	2	平成2年4月23~25日	654.28	172	2	平成元年9月3~6日	543.49	78
	3	平成5年4月27~29日	363.27	54	3	平成2年9月3~5日	2118.21	172
奈井江大橋	1	昭和63年4月11~17日	1871.08	319	1	平成元年8月23~25日	1975.46	481
	2	平成5年4月24~25日	1213.36	114	2	平成元年9月3~6日	2002.11	468
	3	平成5年4月27~29日	1279.00	104	3	平成4年7月31~8月2日	1792.41	154
石狩大橋	1	昭和63年4月11~17日	2183.59	361	1	昭和54年10月19~25日	3138.69	442
	2	昭和63年4月27~5月6日	3102.93	465	2	平成元年8月23~25日	1443.20	480
	3	平成元年4月11~19日	1955.43	326	3	平成元年9月3~6日	2568.53	479

Analysis on The Turbidity of The Ishikari River
by Hisashi KUCHIZAWA and Hajime YAMAGUCHI

石狩川では水質自動監視装置が伊納大橋、奈井江大橋、石狩大橋の3ヶ所に設置されて通年1時間毎に採水しその濁度が自動計測されている¹⁾。その採水地点は河岸であり、また洪水時の採水を可能とするため濁水位より低い高さに設置されたパイプを通じて濁水を汲み上げ計測している。

洪水時など濁度の垂直分布及び河道横断方向の分布は様でないので、水質自動監視装置による濁度と河道全体の平均濁度との関係は今後解明しなければ総輸送量は論ずることはできないものの、ここでは水質自動監視装置による洪水時の1時間測定値を用いて河川流量と濁度の関係を分析する。

洪水時の濁りの発生現象を①河川上下流の比較、②春水と夏水の違い²⁾を検討するため表-1に示す3地点の洪水を検討対象とする。

図-2は洪水時の1時間毎の観測値で濁度D、流量Q、流量変動量 $\Delta Q / \Delta t$ ($\Delta t : 1$ 時間)の1例を示す。濁度Dは流量Qが大きくなると大きな値を示すものの、最大流量が起こる時刻の前に最大値が起きている。また、減水期の濁度は増水期の同一流量で発生した濁度よりも小さな値となる。

また、濁度Dと $\Delta Q / \Delta t$ の関係では、Dの最大値が生ずる時刻は $\Delta Q / \Delta t$ が最大となる時刻と符合しており、このことからDはQと $\Delta Q / \Delta t$ で表わされることが推定できる。

また、その関係を明らかにするため図-3に流量Qと濁度Dのヒステリシスを示す。図-3に示すように石狩川3地点共時計廻りのループを描いており、DはQの2価関数で表わされる。

なお貯水容量が十分に大きいダム貯水池に流入する流量Qとダム放流点の濁度Dとの関係では反時計廻りのループ状のヒステリシスを描く事例もあり³⁾、このヒステリシスは河川又は貯水容量等の条件に左右されるものと考えられる必要がある。

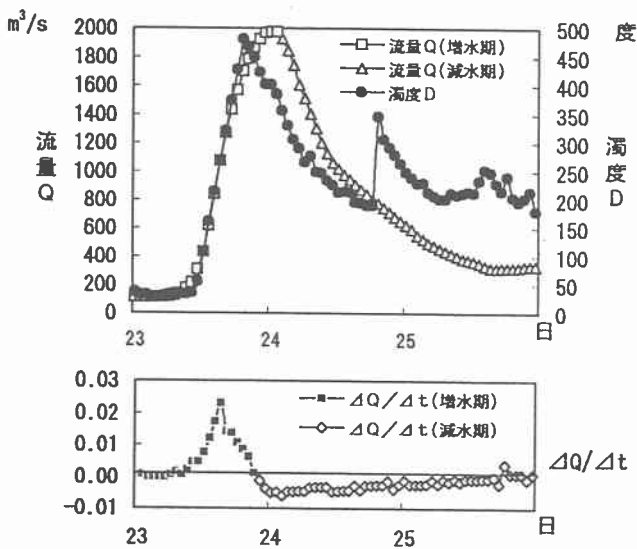
3. 濁度関数

今濁度発生現象を現象論的に次のように表わす。これまでに述べた現象について流量 Hydrograph を主体現象とした場合、発生している濁度をその従属現象と考え濁度関数の成立条件として次の仮定をする。

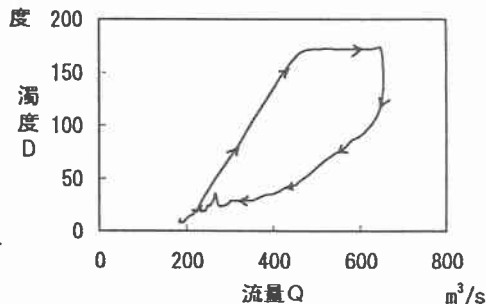
1. 濁度は流量Qに関係する。
2. 濁度はさらに $\Delta Q / \Delta t$ に関係する。
3. 上記の2つの関係は加法現象である。

この現象は流出問題における滞留関数法にいう流出現象に類似しており、また図-3に示したループを描くQ~Dのヒステリシスからも明らかである。

ループを描くヒステリシスはDがQの2価関数となるが、そのループの中間値を表わす1価関数として



平成2年4月23~25日 実測値(伊納大橋)
図-2 流量Q、濁度D、 $\Delta Q / \Delta t \sim t$ 図



平成2年4月23~25日 実測値(伊納大橋)
図-3 流量Q~濁度D 図

次式で表わす。

$$D = K_1 Q^{P_1} \quad (1)$$

式(1)と実測値であるループ上との差を次式で表わす。

$$\left. \begin{aligned} P &\equiv D - K_1 Q^{P_1} = \pm K_2 \left| \Delta Q / \Delta t \right|^{P_2} \\ \text{又は} \\ D &= K_1 Q^{P_1} \pm K_2 \left| \Delta Q / \Delta t \right|^{P_2} \end{aligned} \right\} (2)$$

式(1)、(2)において

Q : 流量(m³/s) 、 D : 濁度(度)

ΔQ : Δt 時間に対応する流量変化量 (増水(+), 減水(-))

\pm : 右廻りの場合(+), 左廻りの場合(-)

K₁、K₂、P₁、P₂ : 定数

式(1)及び式(2)の第1式を実測データに基づき観測所毎にまとめて図示すると図-4のとおりである。各観測所の春水、夏水について解析洪水個々について検討するとK₁、P₁共に洪水事例によって固有の値を示す。しかし、同一観測所において異なった値を示す原因は未だ明らかでない。本研究では洪水例全てを図-4に示し平均値として表わし、その濁度関数を表-2に示した。その濁度関数は3観測間において、春水、夏水共にK₁は上流の伊納大橋で小さく、下流の奈井江大橋、石狩大橋になるほど大きくなる。また、P₁は逆に上流ほど大きく、下流地点になるにつれて小さくなる。

その濁度関数を春水と夏水に分けて図-5に示しており、夏水の濁度は春水に比べて大きく、1.5~2倍の値となり、春水と夏水の濁度の違いが明らかである。

また式(2)の第1式にて上記で求めたK₁、P₁を用いてK₂、P₂を同定し、その結果は表-2に示す。

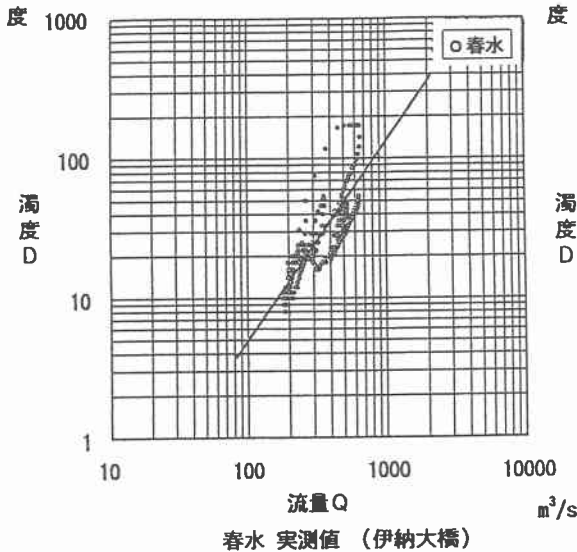


図-4 流量Qと濁度の関係

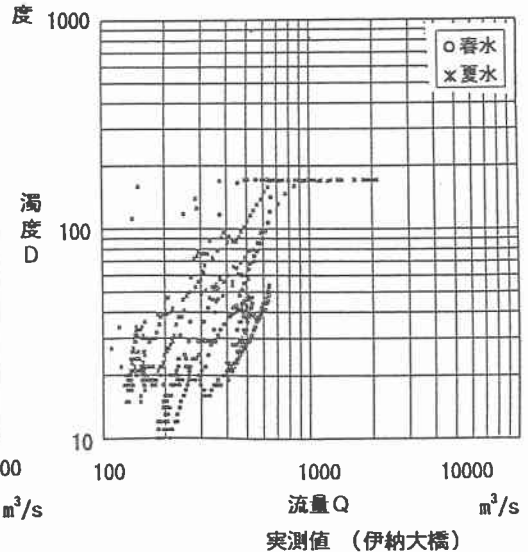


図-5 春水と夏水の濁度の関係

表-2 濁度関数表

観測地点	春水洪水	夏水洪水
伊納大橋	$0.0066 Q^{1.44} + 5 \times 10^3 (\Delta Q / \Delta t)$	$0.0360 Q^{1.29} + 5 \times 10^3 (\Delta Q / \Delta t)$
奈井江大橋	$0.0124 Q^{1.30} + 5 \times 10^3 (\Delta Q / \Delta t)$	$0.0380 Q^{1.18} + 5 \times 10^3 (\Delta Q / \Delta t)$
石狩大橋	$0.0340 Q^{1.17} + 5 \times 10^3 (\Delta Q / \Delta t)$	$0.0950 Q^{1.07} + 5 \times 10^3 (\Delta Q / \Delta t)$

4. 濁度の計算

濁度のシミュレーションを2つの方法で行なう。計算(1)は式(1)によるものであり、流量 Q の関数で表わしている。計算(2)は式(2)によるものであって Q と $\Delta Q/\Delta t$ を用いて計算している。シミュレーション結果を図-6に示しており、計算(2)が実測に近い結果が得られており、 D の変化を良く表わしている。

また解析対象外の洪水平成9年春水について水質自動監視装置で測定された河岸濁度と計算濁度を図-7に示す。この結果は任意の洪水に対する再現精度を表わすものと考えてよい。

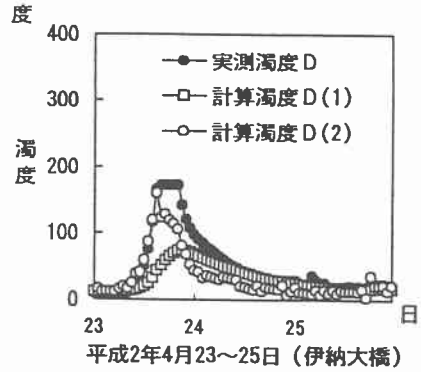
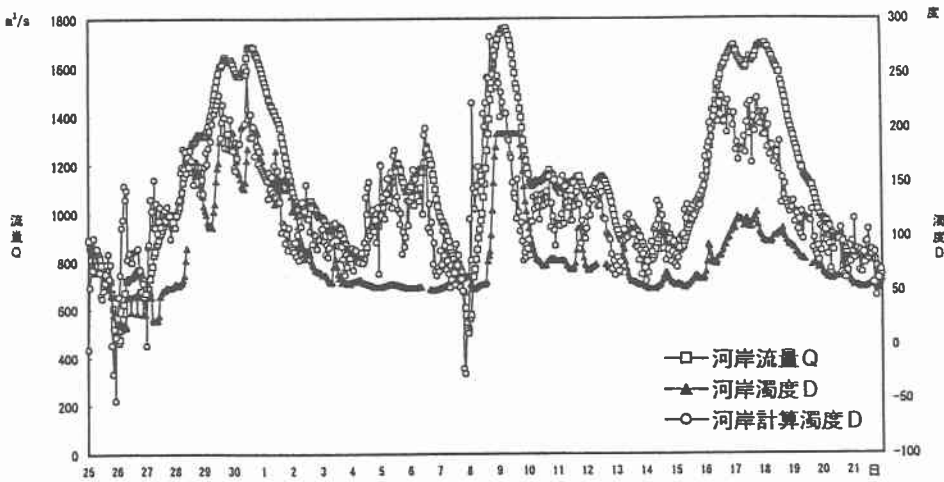


図-6 濁度予測



平成9年4月25～5月21日 河岸(石狩大橋)

図-7 河岸濁度と計算濁度の関係

5. まとめ

濁りは河川の物質輸送量の重要な指標と考えられているものの研究事例は多くない。ここに濁度関数を1つのモデルとして提唱した。なお、さらに検討すべき課題を列記しておく。

- (1) 2つの洪水が発生日において接近した場合の発生濁度に違いが見られ、後発洪水の方が濁度が小さい。
- (2) 濁度と移送物質量の関係は移送されている物質の粒径等によって異なった関係を示している。
- (3) 河道断面内の濁りの分布を検討すれば総輸送量は把握できる。

【参考文献】

- 1)石狩川開発建設部：時間濁度について
- 2)D.E.Walling, B.W.Webb: Sediment Availability and the Prediction of Storm-Period Sediment Yields Symposium, July 1982, IAHS no 137.
- 3)E.A.L.Bequio, W.C.Lou, M.A.Siciliano, O.V.Silveira: Interpretation of the Sedimentological Behaviour of the Tocantins Araquaiá Basin Symposium, Aug 1983, IAHS no 140.