

II-11

1998年鶴川における春夏の洪水観測の報告

北海道大学 学生会員 ○高橋 真聡
 北海道大学大学院 正会員 長谷川和義
 開発土木研究所 正会員 馬場 仁志
 開発土木研究所 正会員 喜沢 一史

1. はじめに

洪水の観測はその発生の時期を見図ることが困難なうえに観測そのものの難しさもあって、これまで基本的な水量すら不明確なことが多かった。本研究は、1998年4月及び8月に鶴川で発生した洪水に際して行われた数種の観測の結果からこれらの洪水の特徴を見出すことを目的としたものである。後半では、両洪水期間中の総浮遊砂量の推定を行ない、観測結果を用いた検証を行っている。

2. 観測概要

鶴川は流域面積1,270 km²、全長135 kmの中規模河川で、観測地点は中流部の穂別橋地点(図-1)である。4月、8月の洪水(以下春洪水、夏洪水)の簡単な概要を表-1に、観測に用いられた機器を表-2に示す、ここでMTS(Multi Tubes Sampler)とは浮遊砂観測に用いる装置で、円筒形の容器を重錘でつるし自由な深度で採水することができる。ADCP(超音波多層式流速計)や浮子による流速計測の結果については喜沢ら¹⁾によって詳細が述べられている。

表-1

	春洪水 1998 4/13-14	夏洪水 1998 8/28-29
最高水位 (標高・m)	55.22	534.7
最大流量 (m ³ /sec)	56.77	1407.6
洪水発生の 要因	小規模な降 雨と融雪	停滞前線の 活性化による 降雨

(数字は穂別水位・流量観測所のもの)

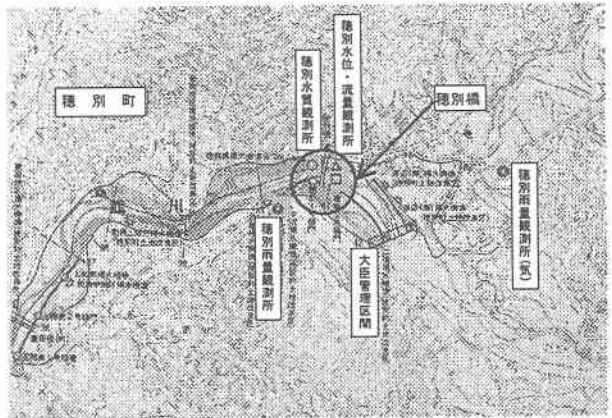


図-1 穂別橋付近箇所図

表-2

観測項目	春洪水	夏洪水
流速	ADCP 浮子(8測線)	ブロー式 浮子(10測線)
浮遊砂	MTS(1箇所) バケツ (左岸,中央, 右岸)	バケツ (左岸,中央, 右岸)
掃流砂	土研式掃流砂 採砂器	



図-2 位置図(春洪水)



図-3 位置図(夏洪水)

Flood observation of Mukawa-River in 1998 spring and summer
 Masato TAKAHASHI, Kazuyosi HASEGAWA, Hitoshi BABA and Kazufumi KIZAWA

3. 春洪水の特徴

春洪水の観測結果は時系列として取りまとめ、図-4に示す。13日13:00ごろから水位が上昇をはじめ14日0:00にはピークに達した。その後通常的水位に下がるのに3日を要し融雪期の洪水の特徴を良く表している。上段は、水位と主な観測の諸元を比較したものである。浮遊砂濃度のピークは水位のピークより約4時間先行して現れている。水面勾配は穂別橋をはさんで230mの区間で観測されたもので水面勾配は水位のピークの前に一度勾配が低下し疎度係数もそれに応じてわずかに低下している、その後短時間のうちに水面勾配が上昇している、水位の下降期にも流速がほとんど下がっていないのはこのためではないかと思われる。

左岸、流心、右岸の各

浮遊砂濃度の違いに注目してみると 左岸→流心→右岸 の順に遅れて濃度ピークを迎えている。MTS 表層の濃度はバケツ採水の値よりも高めの値を出しているこれは去年の報告²⁾と比較して逆の傾向であるがバケツと呼称している採水方法を新しい方式に切り替えたことに関係しているようである。図中の d75, d25 の値はMTSによる採取資料に対して、コールターカウンターによって分析し、得た値である。浮遊砂の粒度分布が全体として非常に細かいながらも時間的に変動していることがうかがえる。掃流砂量の時系列にも周期変動が認められおよそ3~4時間の周期をもって増減が繰り返されている。これは何らかの河床波の通過によるものと推察される。下段は浮き子による各流線流速を時系列で示したものである、全体として水位、流量が低減しているにもかかわらず流速の低減が起こっていない、このことはピーク後の水面勾配の関係しており、あるいは春洪水の特徴といえるかもしれない。3~5時間の周期変動がうかがえ、やはり河床波の通過と関係ありそうである。

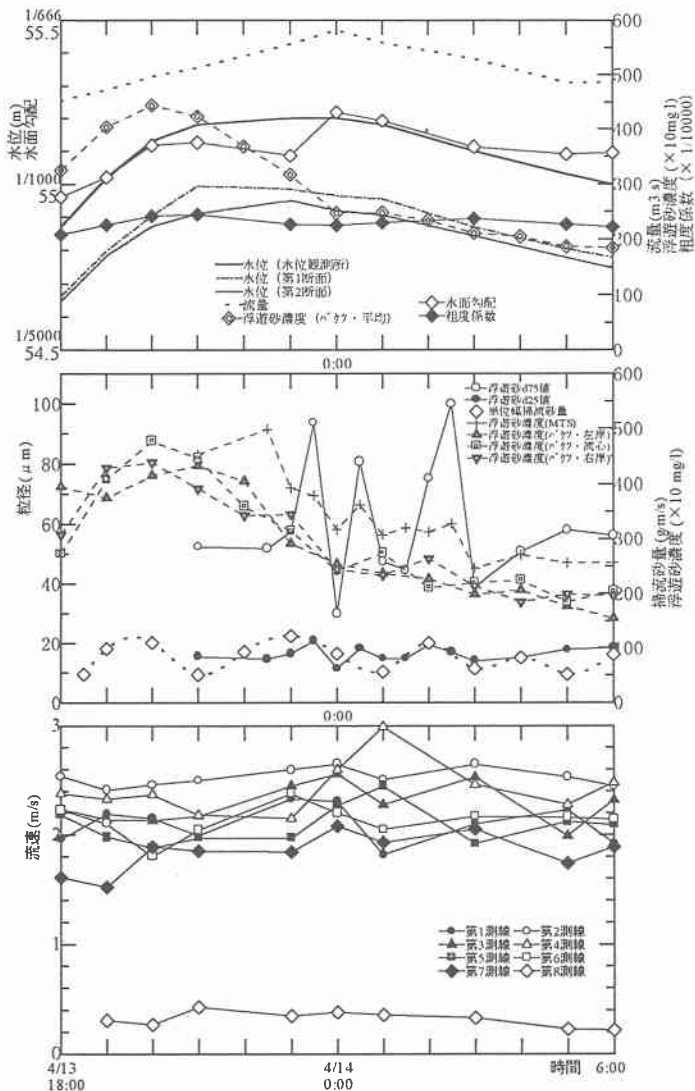


図-4 春洪水の時系列変化図

4. 夏洪水の水理的特徴

図-5は、夏洪水の観測結果を時計列としてまとめたものである。夏洪水は1998年8月28日～29日に生じた。28日未明から降り出した穂別雨量観測所で日雨量196mm、最大時間雨量38mmの前線に伴う出水で、近傍の穂別観測所では最高水位 $H=56.77\text{m}$ 、最大流量 $Q=1,407.6\text{m}^3/\text{s}$ を記録した。周辺の大部分の雨量観測所で時間雨量ピークをむかえた28日9:00頃から一気に水位が上昇を始め、同日18:00にピークに達して、洪水初めからの水位差3.5m、最大水位上昇83cm/hとなった。流量のピークはやや早く、17:00頃に現れている。なお、夏洪水では流速、流量が大きすぎMTS、掃流砂採砂器を降下させることができなかった。水面勾配（水位観測所一第2断面間）のピークがどの時点で生じたかは、水位ピーク前の観測値が不足していて明らかではない。しかし水位ピーク後から29日6:00頃まで全体として低下し、それ以降再び増加に転じている。これに反して粗度の変化はほとんど見られず、 $n=0.02$ 近傍の値を示している。春洪水に比較すると僅かに小さい。浮遊砂濃度のピークも特定できないが、図からもうかがえるように、水位・流量に

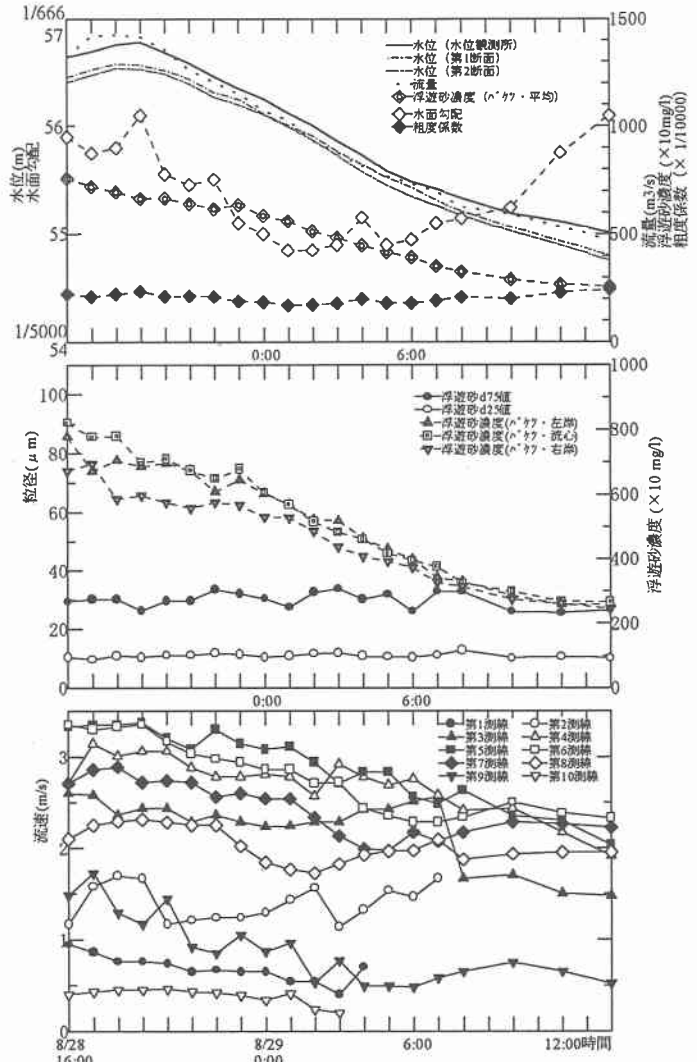


図-5 夏洪水の時系列変化図

先行して現れたものと考えられる。左岸、流心、右岸における濃度の時間変化に着目すると、春水と同様に右岸→流心→左岸の順に波が遅れて現れているようである。これらの傾向は後で述べる流速の横断分布の傾向、すなわち流速が流心→左岸→右岸の順に低くなることに対応していない。バケツ採水における浮遊砂粒度構成の代表として取り上げられた d_{75} 、 d_{25} の値を見ると、浮遊砂は全体として春水における値に比しても一段と細かい成分によって構成されていることがわかる。しかも時間を通じてほとんど変化が認められない。これらはウォッシュロードと見なすべきであろう。浮子による測線流速計測の結果では、左岸の低水路河岸近傍にある第3測線における値が、水位の高水敷下への低下に伴って急激に減少しているほかは、低水路内流速は周期変化を見せながらも水位低下に対応して減少している。顕著に認められる流速現象の波は6時間ほどの周期を示し、第8→第7→第6と遅れて現れている。

5. 流砂量の推定

5-1. 河床からラウス分布を当てはめた場合 (方法 A)

流砂量の推定は 2 種類の方法を用いて行った。はじめに鳥谷部²⁾らによって算出された平成 9 年 8 月洪水の浮遊砂分布との比較を行うために同じ手法を用いて解析を行った。これは Rouse³⁾による浮遊砂濃度分布式を用いるもので、粒度分布には平成 9 年の洪水後に穂別橋付近で行った河床材料調査の結果を使用した。採取時期は異なるが鶴川の浮遊砂の特徴として変わらないものとした。浮遊砂としての粒度の範囲は上限をによる $w_0 = u^*$ のときの浮遊限界粒径とし、下限を 0.05mm としてこれ以下の粒径のものは wash-load として洪水期間の早い時期に流れ出てすでに河床には存在しなかったと仮定した。

これによって導き出した各粒径の比率で Rouse 式を当てはめ、積算して各水深の濃度を導いた。観測され MTS の実測濃度をプロットしたものが図-7 である。次に Rouse 式から計算された水面の浮遊砂濃度とバケツ採水による実測浮遊砂濃度を比較した。実測値が理論値に一致すれば 45 度の線上にあることになるが、実際は実測値が大きくなってしまった結果となった (図-6)

5-2. バケツ採水の観測値から推定した場合 (方法 B)

ところで、実際に表面採水したサンプルの浮遊砂の平均粒径は 0.033mm (夏は 0.017mm) であり MTS で測った深度ごとの粒度分布も目立った差はなかったのでこれを代表粒径として表面の浮遊砂濃度 (バケツ採水の実測値) から Rouse 式を使って浮遊砂濃度分布の推定を試みた。図-7 がその結果である。粒径が小さいためほとんど垂直に近い分布となっている。

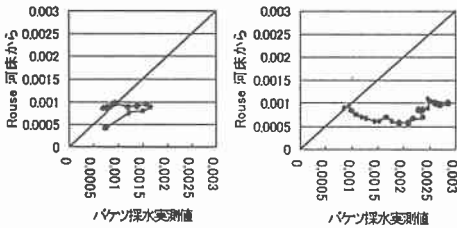


図-6

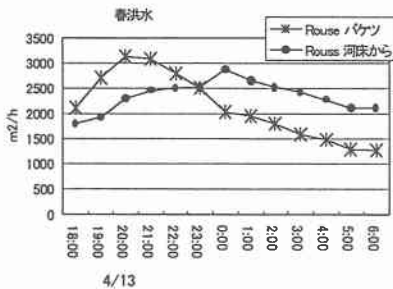


図-8

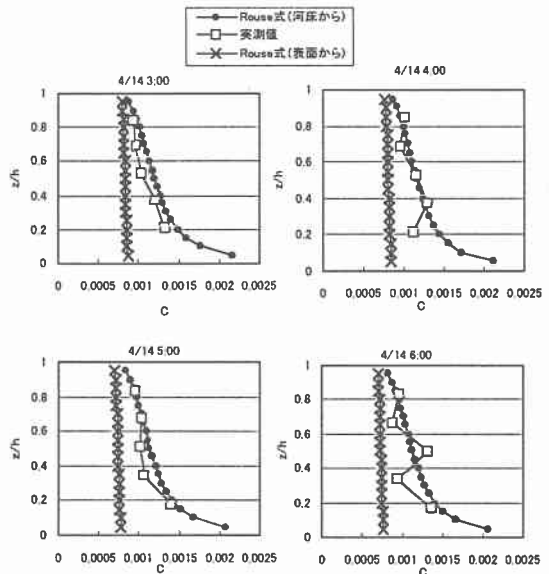


図-7

5-3. 結果の分析

以上の2種類の分析方法は仮定の立て方が明らかに矛盾しており、単純に結果を比較することはできないが、問題点を含めて列記すると以下ようになる。

表-3 問題点のとりまとめ

		河床濃度の推定・検証	濃度分布の検証	表面濃度の推定・検証	浮遊砂の粒度・代表径
春洪水	河床から (A)	MTS の実測分布とよく一致する	MTS の実測分布におおむね一致	MTS の実測分布と比較的よく一致する	実測値と合わない
	水面から (B)	実測値よりも低い濃度	分布が立ち上がり、実測と一致しない	バケツ採水の濃度を使用	実測値に一致
夏洪水	河床から (A)	春と同じ粒径分布を使用	実測値がないため不明	実測濃度が高い値を示す	実測値と不一致
	水面から (B)	実測値がないため不明	立ち上がった分布を示す	バケツ採水の濃度を使用	実測値に一致

5-4. 洪水期間中の総浮遊砂量の推定

浮遊砂量を求めるためには濃度分布に流速分布を乗じて水深全体にわたって積分する必要があり鳥谷部ら²⁾は流速分布に対数則を用いている。しかし、ここでは濃度の水深平均に流量を乗じて求めることにした。表-4は水面採水の行われた時間帯、及び洪水継続時間帯における浮遊砂総量を算定した結果である。ただし、洪水継続時間は洪水の立ち上がりから仮に27時間とし、観測時間帯以外の水流量は、水位-流量曲線から流量を求め、粗度係数を一定とみなして算出することとした。

表-4 浮遊砂推定総量一覧表

	比較時刻	浮遊砂量の推定値 (河床から)	浮遊砂量の推定値 (水面から)
春洪水	4/13 18:00~4/14 6:00	30434 m ³	27687 m ³
	4/13 8:00~4/14 23:00	67712 m ³	
夏洪水	8/28 16:00~8/29 18:00	95232 m ³	165626 m ³
	8/28 15:00~8/29 23:00	129591 m ³	

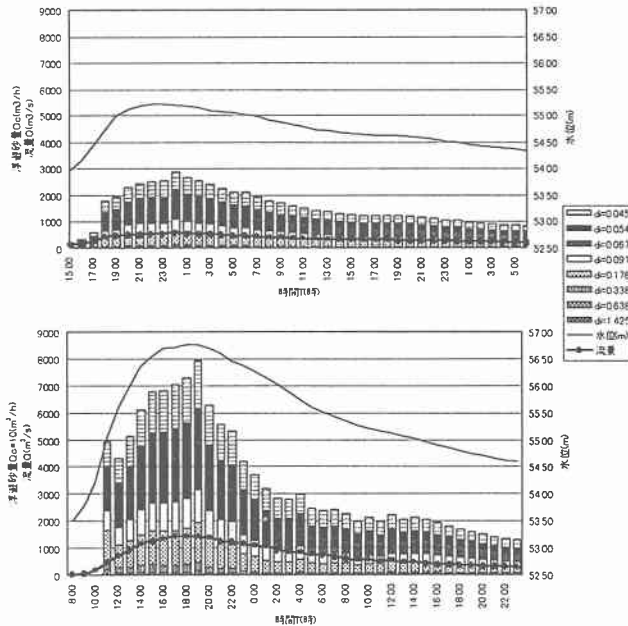


図-9

図-9はそれぞれ春洪水、夏洪水における方法(A)によって求めた時間流砂量の推移図である。凡例に示すような粒径ごとに区切り粒径別の流砂量に区分して描いてある。サンプリングされた浮遊砂の粒度がこれらの粒径よりはるかに小さいもので構成されているのであくまでも参考であるが、可能な浮遊量であると考えられる。流砂量ハイドログラフの形は春、夏ともに水位ピークの後にピークを持つ形となっていて通常見られる分布とは異なっている。この原因は摩擦速度 u_* の時間経過さらには水面勾配の時間経過、および $H-Q$ からの流量推定にある。

すなわち春洪水においては水面勾配ピークの水位ピークに対する先行現象が現れなかったことが原因になっており、夏洪水は洪水立ち上がり期の流量が実際より小さめに推定されたことによるものである。図-8は春洪水の時間ごとの流砂量の時間経過を(方法A)と(方法B)について比較したものである。表-4にも見られるようにこの時間帯の全体の浮遊量はほぼ等しい値になっているが、上述した理由によってハイドログラフの形は大きくずれる。以上から、春洪水の総量は(方法-A)によるものの方が実際に等しいと考えられるが、観測区間外の推定ができない。一方、夏洪水は評価の決め手にかけるが(方法B)の値が大きすぎるように判断される。

6. おわりに

鶴川穂別橋において、1998年4月(春洪水)及び8月(夏洪水)の2つの洪水の観測を行ない、以下の事柄を見出した。

- (1) 春洪水において、浮遊砂表面濃度ピークの水位ピークに対する先行現象が認められた。しかし、そのピークは右岸→流心→左岸の順に遅れて現れている。
- (2) 春洪水において、水面勾配の時間変動が観察され、これに伴う平均流速、濃度の変化が認められた。
- (3) 平均流速、浮遊砂濃度、掃流砂量の時間系列に、3～5時間程度の周期的変動が見られ、河床による影響が推定された。同様な現象は夏水洪水にもより強く観察された。
- (4) 夏洪水では、浮遊砂濃度ピークの先行が確認されなかったが、春水洪水と同様な場所ごとのピークの発生時刻のずれが認められた。
- (5) 夏洪水の水面勾配変化は、春洪水以上に大きかったが、平均流速、浮遊砂濃度に与える影響は顕著でなかった。
- (6) 採取された浮遊物の粒度試験の結果は、春洪水で平均粒径 33μ 、夏で 17μ と非常に小さな値を示した。この値は浮遊物がウォッシュロードであることを物語るが、春洪水で実施した濃度鉛直分布計測の結果は、底質材料をもとに推定したラウス式に合致した。
- (7) 浮遊物を底質起源の浮遊砂によるものとして算定する方法(A)と、ウォッシュロードと見て算定する方法(B)の二通りの方法にて浮遊砂総量を求め、春洪水で 6万m^3 、春洪水で $12\sim 16\text{万m}^3$ 程度の流出推定値を得た。

参考文献

- 1) 喜澤一史、馬場仁志、川邊和人、長谷川和義；水位変動の大きな洪水における水理構造の変化について、土木学会北海道支部 論文報告投稿中、1998年2月
- 2) 鳥谷部寿人、山下彰司、喜澤一史、長谷川和義；平成9年8月鶴川洪水における現地観測の結果とその解析、土木学会北海道支部 論文報告集、第54号、1998年2月
- 3) Rouse, H., : Modern Conceptions of the Mechanics of Turbulence, Trans. ASCE, Vol.102, 1937