

II-30

1999年鶴川における春夏洪水の水理特性について

北海道大学 学生会員 ○三宅浩一郎  
 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 井出 康郎  
 開発土木研究所 正会員 喜澤 一史

1. はじめに

洪水の観測はその発生時期を見図ることが困難な上に観測そのものの難しさもあって、これまで洪水時の水理構造については不明確なことが多かった。本論文は、1999年4月および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。

2. 洪水観測の概要

鶴川は流域面積1270km<sup>2</sup>、河道長が135kmの中規模河川であり、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)の観測に用いられた機器を表-1に観測位置図を図-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容量1リットルの円筒形の容器を重錘で吊りし、遠隔操作により出入口の蓋を瞬時に開閉できるので浮遊砂を含む河川水を攪乱しない自然状態で採水することができる。また採水深度を任意に設定してMTS本体をその位置まで降下させることで深度別採水が可能である。今回は1時間間隔で30cmおきに鉛直採水した。また、ADCP(Acoustic Doppler Current Profilers—超音波多層式流速計)はドップラー効果を利用した流速計で同時に多深度、他方向の流速を測ることができる。また河床からの反射波(Bottom Track)により河床位置を感知して水深を計測した。

表-1 観測概要

観測項目	春洪水	夏洪水
流速	ADCP プロベラ流速	ADCP 浮子
浮遊砂	MTS(1箇所) バケツ(左岸・流心・右岸)	
掃流砂	土研式掃流砂採砂器	

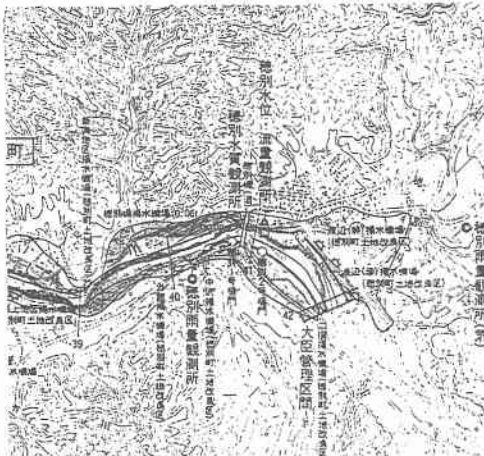


図-1 穂別橋周辺の地図

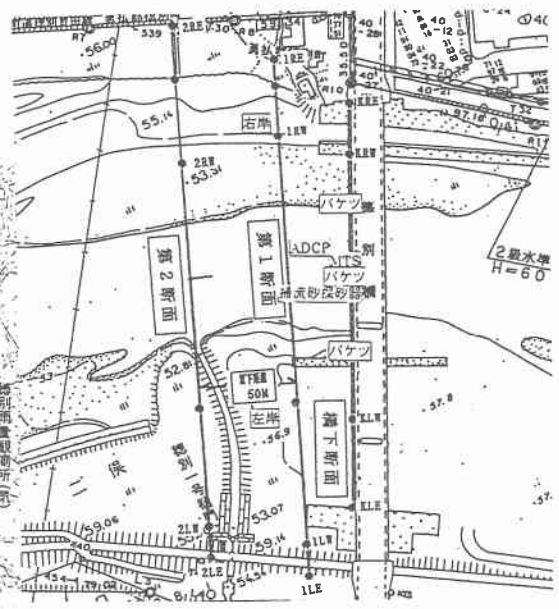


図-2 穂別橋観測所詳細図

Hydraulic properties of the two flood flows in the Mukawa River in 1999.  
 Koichiro Miyake, Kazuyoshi Hasegawa, Yasuou Ide 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-3に示す。観測期間は4月26日15:00～27日10:00であるが、この間まとまった降雨はなく、穂別雨量観測所では洪水前の4月14日に9mm、20日に7mm、22日に1mmの雨量しか観測されておらず、気温上昇に伴う融雪出水であった。穂別観測所の最高水位・流量は21:00にH=54.29m、Q=204.08m<sup>3</sup>/secを記録している。

上段は水位と主な観測の諸元を比較したものである。水面勾配は穂別橋をはさんで230mの間(水位観測所-第2断面間)で観測されたものである。水位、流量のピーク前後で、水面勾配にほとんど変化が生じていないのは、急激な水位上昇がなかったために洪水波の波長が大きく振幅が小さくなったことが原因と考えられる。従って掃流力は水位の変化のみに左右されることとなり、ss(浮遊物質)濃度のピークと水位のピークがほぼ同時刻(22:00ごろ)に現れている。

中段はバケツ採水による表面水の分析結果から、左岸、流心、右岸のss(浮遊物質)濃度の違いを比較したものである。昨年度の春洪水の結果とは異なり流心→右岸→左岸の順に遅れてピークを迎えている。これは観測地点上流右支川の穂別川の影響によるものと考えられる。

下段に示した単位幅掃流砂量、d60、d30の値は、掃流砂採砂器により採取した試料を分析して得た結果である。d30値、d60値、単位幅掃流砂量はともに3時間の周期を持って増減が繰り返されている。昨年度の観測<sup>(1)</sup>でも同じように3～4時間の周期変動が確認されており、何らかの河床波の通過によるものと推定される。

図-4は左岸から右岸に向かって横断面を7分割し、それぞれの測線中心点でプライス流速計により求めた流速の時間変動を示したものである。上述の掃流砂採砂器は第4測線近傍に設置されており、図-3下段における起伏と図-4の第4測線における起伏を時系列で比較すると、ちょうど逆位相をなしていることがわかる。

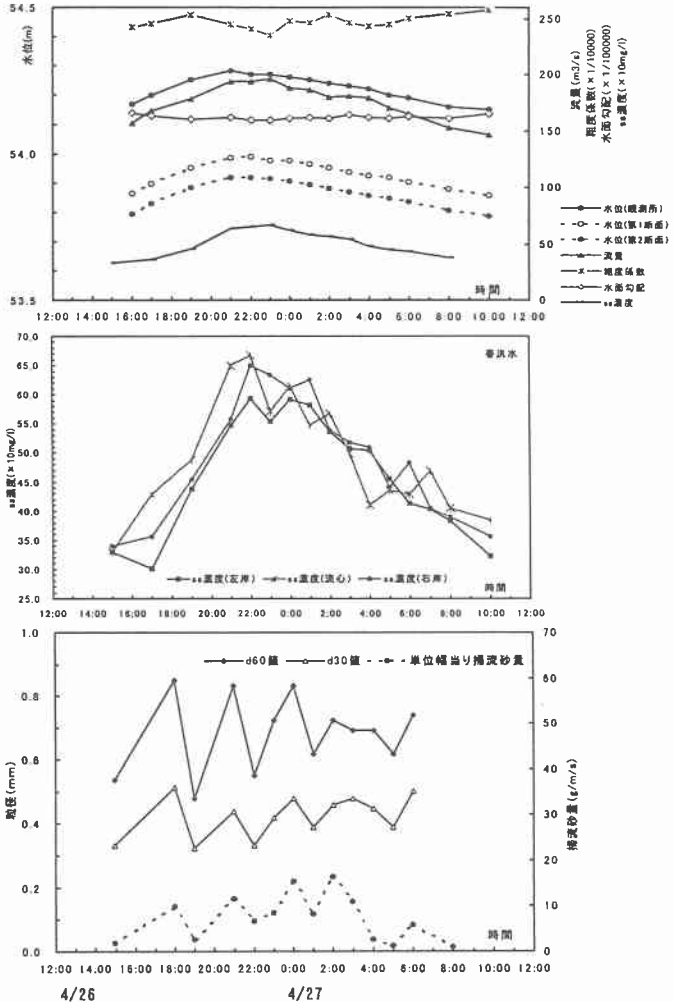


図-3 春洪水の時系列変化図

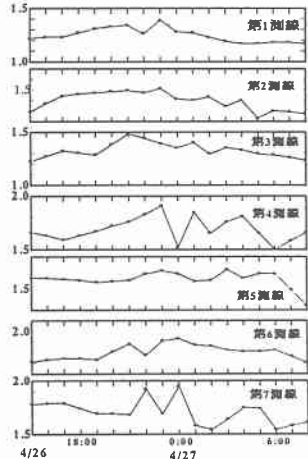


図-4 春洪水の各測線の流速時間変化

すなわち流速の大きな時間帯で掃流砂が減少し、流速の小さな時間帯で増加している。通常理解とは逆になるこの現象の原因は不明であるが、砂堆の先端部の通過と関係がありそうである。

#### 4. 夏洪水の特徴

図-5に夏洪水の観測結果を時系列で取りまとめたものを示す。観測期間は8月2日12:00～3日7:00であり、1日深夜からの雨量が40ミリ程度を記録している。穂別観測所では2日14:00に最高水位55.3m、最大流量606.43m<sup>3</sup>/sを記録した。

上段の水面勾配（水位観測所-第2断面間）と粗度係数を比較すると、同調して変動し16:00, 23:00に共に極大値をとっている。水位・流量の下降期において水面勾配が下降していないのは、春洪水と同様に洪水波の波長が大きく振幅が小さかったためと思われる。

中断の左岸・流心・右岸のss濃度を比較するとそのピークが左岸→流心→右岸の順に遅れて到達しているのが確認できる。これは春洪水の場合とは異なっておりやはり穂別川における濃度の違いが原因しているものと考えられる。

下段のd60値・d30値・単位幅掃流砂量値は掃流砂採砂器により測定した値であるが、共に同調して変動し、春洪水より長い5時間の周期をもって増減が繰

り返されている。d60・d30の値は春洪水より大きい粒径で構成されている。上段の水面勾配と比較するとd60値・d30値・掃流砂量の値が（16:00の掃流砂量値を除いて）同調しているのが確認でき、その周期は7時間、16:00, 23:00にピークを迎えている。これは長波長の河床波の通過によるものと考えることができ、後の考察で詳細を述べる。

図-6に示すのは、第1断面～第2断面間（50m）の浮子観測による流速の時系列である。観測は左岸から右岸に向かって横断面を8分割した各測線中心点で実施しており左岸から順に第1, 第2, …, 第8測線としている。第8測線は最右岸であり水位の低下に伴って浮子を流すことが難しくなったため図は

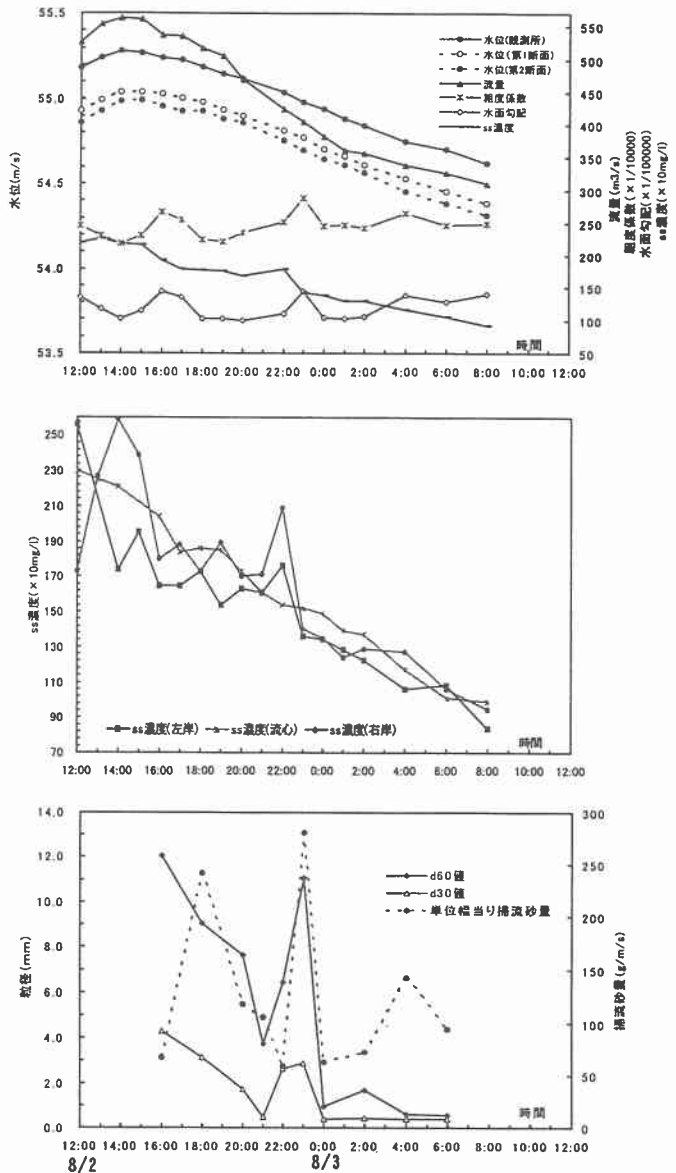


図-5 夏洪水の時系列変化図

割愛した。2日15:00～18:00ごろにかけて両岸から流心へ、22:00から3日1:00ごろにかけて流心から両岸へ流速値の波形が伝播していることが認められる。

またADCPにより計測した流速分布の10分間平均鉛直流速分布を示したものが図-7である。なおADCPの測定箇所は第5測線に位置する。昨年の報告<sup>(2)</sup>によれば、夏洪水においては鉛直流速分布が中膨らみ、もしくは直立となっている場合が多く見られている。分布の変形は水深変化図と重ねてみることにより、砂州または砂堆のクレストの通過によるものと判断された。クレストの通過後は砂州または砂堆の背面部が通過したことにより徐々に流速分布の変形がおさまっていったことが確認されている。本年夏洪水においては、流速分布の中膨らみ形状は見られず、中折れや直立分布の形状が多く見られた。これは流量が昨年夏洪水( $Q_{max}=1407.6\text{m}^3/\text{s}$ )と比して少ないためと考えられ、分布形状はむしろ昨年春洪水( $Q_{max}=534.7\text{m}^3/\text{s}$ )と似ている。19:10～19:40、23:00～23:30、4:10～4:30にかけて分布形状が一度変形し

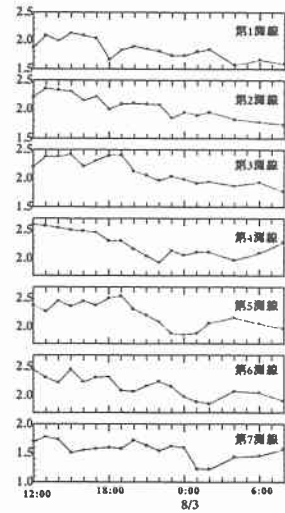


図-6 夏洪水の各測線の流速時間変化図

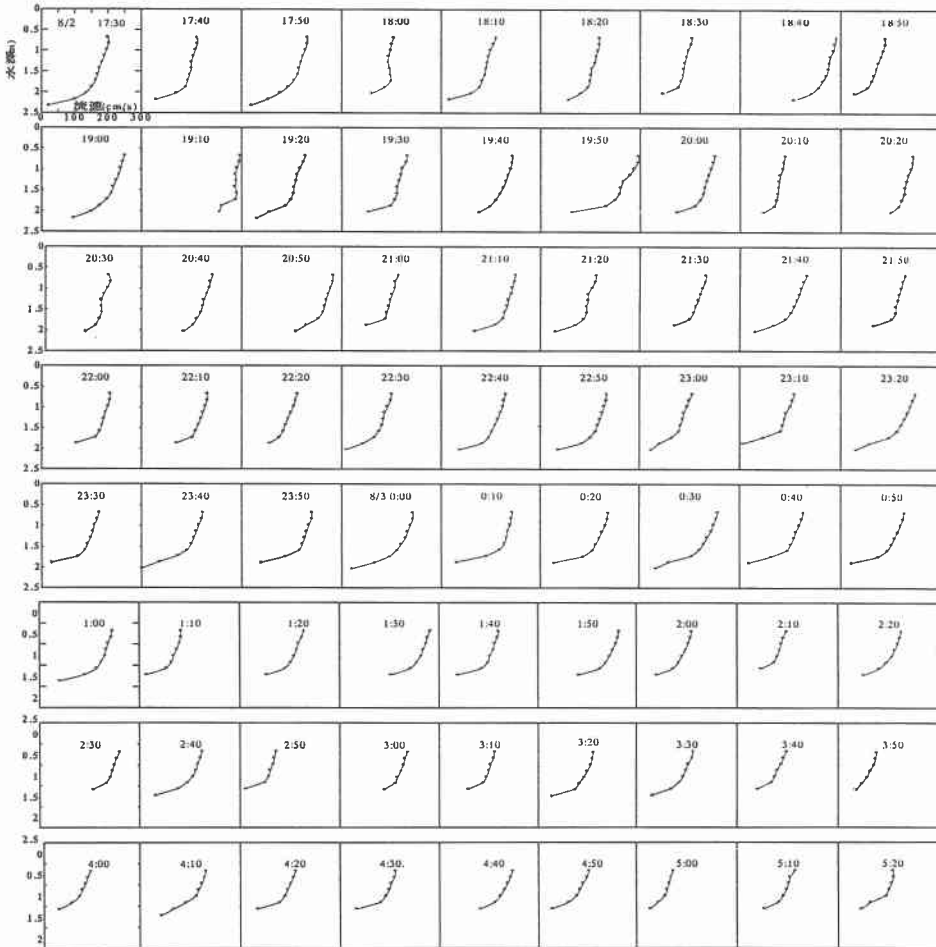


図-7 夏洪水の鉛直流速分布

た後、回復しているのが確認できる。これらの周期はいずれも30分ほどであることから小規模な砂堆の通過による影響と推察される。

## 5. 濃度と流量

図-8に過去3年間のss濃度-流量図を示す。

いずれもss濃度ピークが流量ピークに先行していることが確認され、濃度ピークを迎えた後、時計回りにループを描いて流量ピークを迎え、その後濃度、流量ともに減少していく傾向が認められる。1997年8月洪水ではss濃度、流量ピーク前のデータが得られた。洪水の立ち上がり期と減水期では同じような勾配で変化していることが確認できる。本年度の計測値は小洪水であったことを反映してループが小さく、上昇期、下降期のいずれの濃度も大洪水の下降期の線の延長上にある。

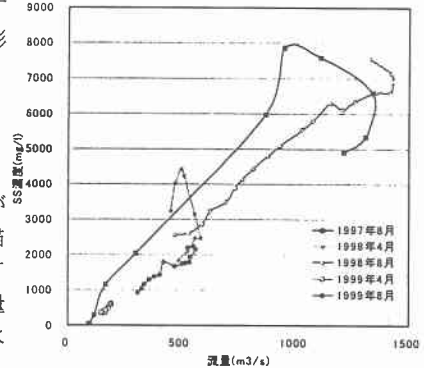


図-8 過去3年間のss濃度-流量図

## 6. 考察

本年夏洪水において図-5における水面勾配、単位幅掃流砂量、d60値、d30値がいずれも16:00、23:00において特に大きな値を示していることから、約7時間の周期をもって何らかの河床波が通過したと推察される。またADCPの分布形状に着目すると約30分の周期で分布形状の変形、回復が見られ砂堆の通過があったと推察される。ここではこれらの河床波の移動速度を次の2つの方法によって仮定し、ADCPにより求めた河床変化図(図-9)と合わせて河床波の規模を検討する。

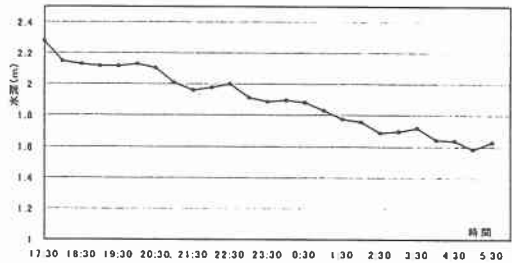


図-9 ADCP(夏洪水)による水深の時系列変化図

6-1. 流下に伴う単位幅当たり掃流砂量を(河床の波高)×(河床波の移動速度)×1/2として河床波の移動速度を算出する。すなわち、単位幅当たり掃流砂量を $q_B$ 、河床波の波高を $H$ 、河床移動速度を $C$ 、空隙率を $\lambda$ とすれば、 $C = 2q_B / \{H(1-\lambda)\}$ より河床波移動速度が算出される。

ここで23:00における単位幅掃流砂量が280(g/m/s)を示していることから、 $q_B = 280 \times 3600 / (2.65 \times 10^6) = 0.38 \text{ m}^2/\text{h}$ を用いることとし、波高を図-9から $H=0.15 \text{ m}$ と仮定すると、 $C=5.1 \text{ (m/h)}$ と算出される。大きな流砂量の観測された時期の河床波の移動速度は、約5m/hということになる。(以上の計算においては砂流の比重2.65、砂の空隙率0.5とした。)図-7において流速分布形状が約30分周期で変形、回復していることを合わせて考えれば、2.5m規模の河床波が存在したことになる。これは水深とほぼ同程度の波長であり小規模砂堆が通過したものと考えられる。

6-2. 1997年6月、7月に山形県・斐伊川に生じた洪水(ピーク流量はそれぞれ983.5m³/sec, 1168.8m³/sec)についての上野<sup>(3)</sup>による研究によれば砂堆の移動速度は5~10m/h、小規模砂州の移動速度は1.8~2.8m/hであり、砂堆の移動速度は小規模砂州の移動速度の3~4倍であることが見出されている。斐伊川と鶴川の洪水規模は異なるが、ここで仮に砂堆の移動速度を10m/hとすれば本年鶴川の夏洪水における砂堆の波長は約5mであると推察される。またADCPにより求めた河床波が2時間周期で変形していることから(図-9)砂堆と小規模砂州の中間規模の河床波が通過したとも推察される。さらに、水面勾配、単位幅掃流砂量、d60値、d30値が16:00、23:00にいずれも大きな値を示し、その周期が7時間で

あったことに注目すれば、これらを引き起こすより波長の大きな河床波の先端部が通過していた可能性も想定される。小規模砂州とすればその波長は14～20mである。

## 7. まとめ

鶴川穂別橋において1999年4月(春洪水)及び8月(夏洪水)の2つの洪水の観測を行った。ピーク前後の水利現象の特徴をまとめると次のようになる。

(春洪水)

- ① ss(浮遊物質)濃度のピークと水位のピークがほぼ同時刻に現れた。しかし、ss濃度のピークは流心→右岸→左岸の順に遅れて到達した。観測地点上流右支川の穂別川の影響によるものと考えられる。
- ② 単位幅当たり掃流砂量、d60値、d30値はともに3時間の周期をもって増減を繰り返した。
- ③ 流速の大きい時間帯で掃流砂量が減少し、流速の小さい時間帯で増加する現象が見られた。
- ④ 洪水波の波長が大きく振幅が小さいため、水位・流量の下降期においても水面勾配の変化がほとんど見られなかった。

(夏洪水)

- ① ss濃度のピークが左岸→流心→右岸の順に遅れて到達した。同じく穂別川の影響によるものと考えられる。
- ② 水位・流量の下降期において水面勾配が減少せず、むしろ掃流砂量、d60値、d30値と同調して変動していることが確認された。
- ③ またその周期は約7時間であり河床波の規模を検討すると、波長が15～20mであることから16:00、23:00ごろ、小規模砂州の先端部の通過があったと推察される。
- ④ ADCPによる鉛直方向流速分布図において、中折れや直立分布の形状が多く見られた。
- ⑤ また流速分布の変形・回復が30分程の周期をもっていることから検討すると、水深と同程度の波長をもつ砂堆が通過したものと推察される。
- ⑥ ADCPによる水深データからは約2時間周期の河床の上昇・下降変化が読みとれた。やはり砂堆ないしは小規模砂州の通過に対応しているものと考えられる。

しかし、いずれも十分な河床データが得られず、洪水時の水利構造や現象について解明するには至らなかった。今後は洪水時の河床観測を行い、河床データから洪水時の水利現象を解析することが重要となると考える。

## 参考文献

- (1) 高橋真聡、長谷川和義、馬場仁志、喜沢一史：1998年鶴川における春夏の洪水観測の報告、土木学会北海道支部 論文報告集、第55号、pp.50-55 1999.
- (2) 喜沢一史、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利構造の変化について、土木学会北海道支部 論文報告集、第55号、pp.308-313 1999.
- (3) 上野鉄男：洪水時の乱流構造の非正常特性に関する研究、平成7,8年度科学研究費研究成果報告書(代表 上野鉄男)、1999.