

沙流川流域における2003年8月洪水の調査観測

FIELD OBSERVATIONS OF THE AUGUST 2003 FLOOD IN THE SARU RIVER BASIN

小川長宏¹・渡邊康玄²

Takehiro OGAWA and Yasuharu WATANABE

¹正会員 北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²正会員 工博 北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

Recent problems facing river management include a decrease in the water storage capacity of dam reservoirs due to sedimentation and a lack of continuity in sediment moment from the upper to lower reaches. To clarify the characteristics of substance transported during flooding, we made observations of and collected samples from the Saru River in Hokkaido, which has a reservoir in its middle reaches. In this area, a massive flood occurred between August 9 and 11, 2003. We also observed this particular flood. Since the scale of this flood was very large, we were unable to make observations throughout the duration of the flood. We were, however, able to conduct observations during the first half of the flood and at the end of the flood end. Here we report our observation results.

Key Words : field observation, suspended solid, Saru river, sediment transport, unsteady flow

1. はじめに

近年河道内における土砂の侵食・堆積作用に伴う洪水流下能力の変化, 上・下流における土砂収支のアンバランス等の課題が指摘され, 河川管理において流域一貫した土砂管理の重要性が指摘されている。河川において土粒子の移動は特に増水時に顕著に生じ下流域へと供給されることから, 各地において洪水時の物質輸送に関する現地調査が実施されてきている。

北海道開発土木研究所では, 図-1に示す中流域にダム湖の存在する北海道の一級河川である沙流川において洪水時の調査を実施し, 中下流域のSSや栄養塩類の挙動について把握を行ってきている^{1,2)}。その中で2003年8月9日深夜から10日未明にかけて, 台風10号の接近に伴う豪雨により洪水ピーク時の水位が計画高水位を上回る既往最大の洪水が発生した。この洪水についても, 観測途中において水位上昇等の理由により観測続行不可能な状況となり全洪水期間にわたっての観測はできなかったものの, 洪水の立上り部および洪水減衰期後半について, 流量観測, 採水, 採水された試料についての水質分析および洪水前後での河岸の侵食・堆積状況を把握する河岸堆積物調査を行った。本報告はこの2003年8月9日から8月11日

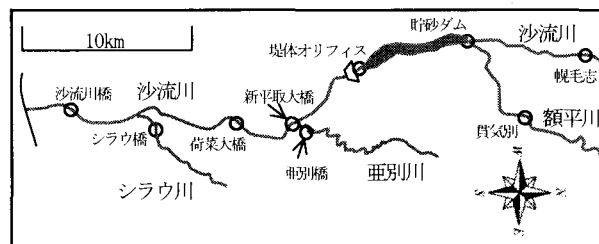


図-1 流域の模式図と観測箇所

の洪水期間中に観測された洪水について, すでに結果の整理されている流量・SS濃度の観測結果および, 河岸堆積物調査結果を用いて検討を行った結果を報告するものである。

2. 出水の概要

沙流川は, 流域面積1,350km², 幹川流路延長104kmで河口から上流約21kmに二風谷ダムが位置する。二風谷ダムの集水面積および湛水面積は, それぞれ1,215km²および4.3km²である。ダム湖直上流で比較的大きな支川である額平川が合流し, ダム堤体約5km下流で亜別川および約15km下流でシラウ川が合流している。なお, 亜別川の

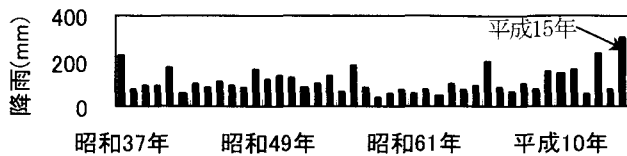


図-2 年最大48時間雨量

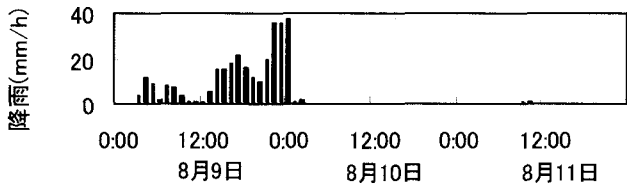


図-3 沙流川流域平均時間雨量

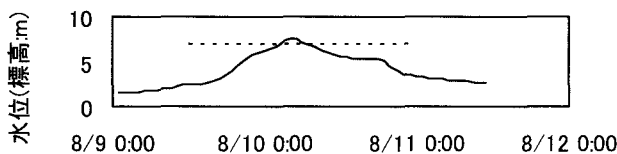


図-4 富川自動水位観測所水位（速報値）

流域面積および流路延長は、24.0km²および7.0kmであり、シラウ川はそれぞれ11.4km²および6.3kmである。

観測を行った8月9日から8月11日にかけて発生した洪水は、沙流川流域における既往最大の出水であったが、流域への降雨は図-2に示すように、昭和37年から平成15年まで各年の48時間最大雨量の中でも最大のものであった。図-3に示すように沙流川流域の時間雨量が8月9日22:00から3時間連続で30mm/hを越える北海道においては記録的な豪雨となり、最大時間雨量は37mm/hに達した。図-4に示すダム下流の沙流川本川の河口付近にある富川水位観測所では、計画高水位7.06mを上回る最高水位7.7mを記録しているほか、各水位観測所においても計画高水位を超える水位を記録している⁴⁾。

3. 観測概要および観測値

観測は図-1に示す9地点において行った。なお、支川からの土砂、物質流入の影響を把握するため、ダム下流において比較的大きな流域を持つ亜別川とシラウ川についても本川との合流点近傍で観測を行っている。

流量観測は可搬式流速計による流量観測及び浮子による流量観測を併用し、可搬式流速計は流速が比較的緩い洪水立上り時に使用した。浮子による流量観測の断面割は20mを原則として実施した。可搬式流速計による流量観測の流速測定は2点法、測定時間は20秒で行っている。採水はステンレス製バケツを用い、堤体オリフィス個所を除く個所では河川横断方向に左岸、中央、右岸より表面採取し、オリフィス地点においては放流水の採水を実施した。シラウ川のシラウ橋および亜別川の亜別橋では他の観測地点より川幅が狭いことから河道中央のみの採

表-1 流量観測データ

採水時刻	新平取橋 (m ³ /s)	荷葉大橋 (m ³ /s)	沙流川橋 (m ³ /s)	亜別橋 (m ³ /s)	シラウ橋 (m ³ /s)
8/9 2:00				0.8	0.3
5:00				14.2	8.7
7:00				13.0	3.2
9:00	247.1	236.2	150.9	12.5	1.9
10:00	256.7	250.1	245.3	13.0	1.2
12:00	254.2	258.3	284.2	11.6	1.4
14:00	312.4	295.3	293.9	13.1	2.4
16:00				37.0	8.3
17:00	651.3	536.1	483.5		
19:00				57.2	18.1
20:00	1738.5	1519.5	1541.1	57.6	12.3
21:00	1854.4		1909.2	73.0	15.8
22:00	1987.9		2146.3	119.8	27.8
8/10 0:00	3015.4		2744.3	222.5	
1:00	3864.5		3081.1	191.5	9.6
2:00			3550.1		
	欠				測
15:00					4.4
16:00				9.0	
21:00					3.3
22:00				6.0	
8/11 9:00			460.2		
10:00					2.1
11:00		389.5			
12:00	442.9			3.5	
13:00			390.4		
14:00					2.0
15:00		309.6			
16:00	356.9			3.0	

水を行った。採水された試料についてSS濃度等の分析を行っている。

観測は、降雨から流出までの時間が早い支川については8月9日2:00から、その他の観測地点では8月9日9:00より開始している。その後ほぼ2時間ピッチで観測を行い、洪水立上りから毎時間観測へと移行している。しかしながら、豪雨による河川の急激な水位上昇により、8月10日0:00から2:00以降各観測地点で観測続行不可能となり、観測を12時間以上中断している。その後各観測地点での水位低下にあわせ観測を再開した。よって得られた観測データは洪水立上り部と洪水減衰部後半のものとなっている。

現在データの整理が終了している、2003年8月9日から8月11日までの流量観測データを表-1に、SS濃度観測データを表-2に示す。また、河岸堆積物調査として、河道内の低水路水際線、低水路内の砂州、高水敷法尻に堆積する堆積物の変動量を確認するため各観測地点左岸側で、ダム上流域については2002年11月29日から12月2日にかけて、ダム下流域については2003年6月10日、11日にビニールテープを細切れにした標識を土砂に混合し径0.5m、深さ0.5m以上で埋設し、同日に同地点の横断測量を実施、洪水後の9月2日から5日にかけて埋設地点の調査と横断測量を行い堆積、侵食状況を確認する調査を行っている。

表-2 SS濃度観測データ

採水時刻	幌毛志 (mg/l)	貫気別 (mg/l)	ダム流入 (mg/l)	ダム放流 (mg/l)	新平取橋 (mg/l)	荷菜大橋 (mg/l)	沙流川橋 (mg/l)	亜別橋 (mg/l)	シラウ橋 (mg/l)
8/9 2:00								320.0	26.0
5:00								11700.0	3230.0
6:00								6400.0	
7:00									1460.0
8:00	1433.3	4926.7							
9:00	1796.7	4200.0			276.0	567.3	1606.7	3490.0	597.0
10:00	1566.7	3576.7	3023.3	14.0	277.3	400.0	1086.0	3820.0	403.0
12:00	1656.7	2550.0	2316.7	47.0	231.3	290.7	455.3	3080.0	314.0
14:00	902.7	2320.0	1630.0	75.0	486.0	471.7	359.7	2830.0	410.0
16:00								10600.0	2310.0
17:00	7176.7	10066.7	7800.0	371.0	1433.3	2893.3	1056.7		
19:00								10600.0	2820.0
20:00	8093.3	8906.7	8953.3	4000.0	6423.3	4486.7	2340.0	9110.0	3060.0
21:00	8566.7	9023.3	9153.3	4780.0	8346.7	7680.0	3876.7	8860.0	1920.0
22:00	11473.3	9233.3	9440.0	5060.0	7256.7	8610.0	6816.7	14600.0	4000.0
23:00						8603.3			
8/10 0:00	24433.3	24900.0	23766.7	6110.0	12766.7	10400.0	9953.3	29100.0	
1:00					15900.0		10300.0	28400.0	3800.0
2:00							12700.0	28700.0	3720.0
			欠		測				
14:00							14766.7		546.0
15:00			9843.3	5670.0					
16:00	8366.7					8270.0		2060.0	
17:00		12700.0			8643.3				
18:00			8113.3	5930.0					
20:00							13800.0		
21:00									398.0
22:00						8456.7		2850.0	
23:00					6446.7				
8/11 9:00	4063.3		4913.3	2570.0			3373.3		219.0
10:00		6603.3				2903.3			
12:00					2516.7			1250.0	
13:00	3623.3		4460.0	2140.0			2756.7		
14:00		6593.3							156.0
15:00					2160.0	2213.3			
16:00								3260.0	

4. 二風谷ダム上流域での流量、SS濃度観測

8月9日から11日までの幌毛志、貫気別およびダム湖上流端に位置する貯砂ダム地点の二風谷ダム流入量の北海道開発局テレメーター流量を図-5に図示する。幌毛志と貫気別を加算した流量はダム流入量にほぼ一致する。次に幌毛志、貫気別、ダム流入のSS濃度観測値を図-6に、SS負荷量の値を図-7に図示する。SS濃度は両観測地点ともほぼ同じ値を示している。SS負荷量については、流量と同様に幌毛志、貫気別の2地点を加算した負荷量と、ダム流入SS負荷量はほぼ一致している。

幌毛志、貫気別、ダム流入地点における変動調査としての河岸堆積物調査結果及び、調査地点をそれぞれ図-8及び図-9に図示する。ここで図中の標識分とは洪水前に埋設した標識が洪水後に確認できた部分を示しており、変動分とは洪水後に標識埋設部を掘削し、標識を確認できなかった部分を示している。標識分が確認されなかった地点は、標識埋設深より深く洗掘を受けたものと考えられる。なお、洪水直後の調査で人力による掘削確認と

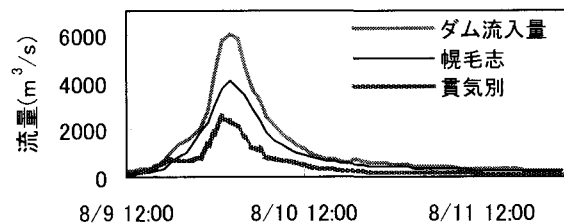


図-5 二風谷ダム上流域流量

いうこともあり、水位、地盤の問題で洪水前の河床高以下の確認ができていない箇所もある。変動調査と横断測量結果より、幌毛志、貯砂ダム調査地点では堆積傾向、貫気別調査地点では侵食傾向となっている。図-9より幌毛志の標識埋設地点は河道屈曲部の内側にあたり、貯砂ダムでは堤体部直上流に埋設部が設定されているため堆積傾向となっていることが考えられる。貫気別の標識埋設地点も幌毛志と同様に河道屈曲部の内側に設けられている。ここで、図-8より貫気別の調査地点では河道中央側で堆積傾向を示しており、河道内流路が変化した一方、侵食傾向となったことも考えられる。これについては今後、洪水後の河川測量結果を整理し検討する必要がある。

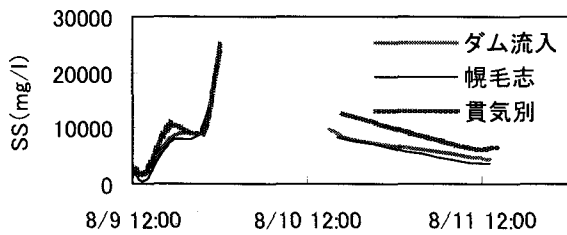


図-6 二風谷ダム上流域SS濃度

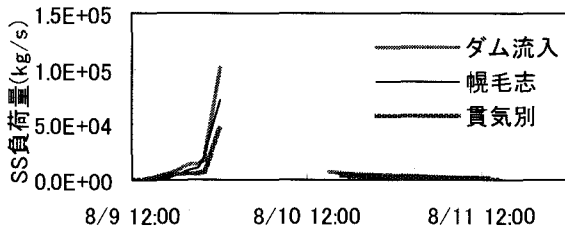


図-7 二風谷ダム上流域SS負荷量

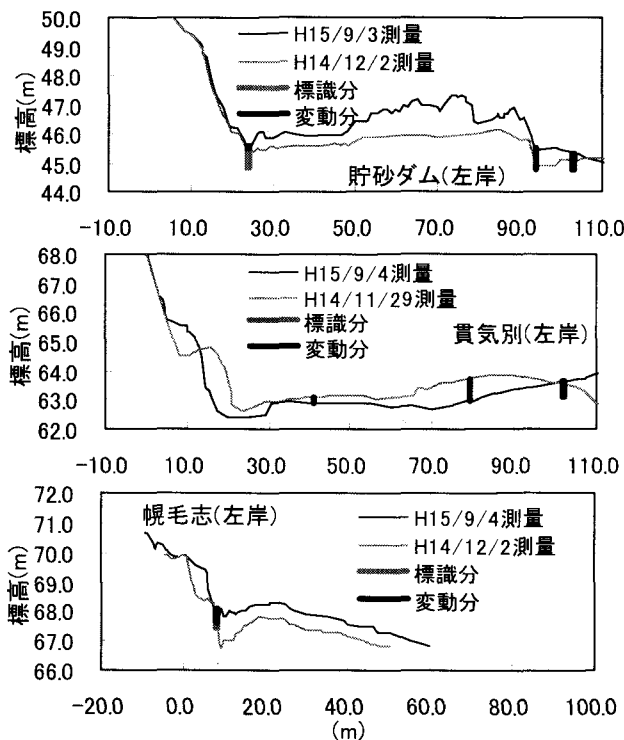


図-8 二風谷ダム上流域河岸堆積物調査結果

5. 二風谷ダムでの流量、SS濃度観測

洪水期間中のダムからの放流箇所であるオリフィス地点のダム放流量及び、ダム流入量の北海道開発局テレメーター流量¹⁾と、ダム流入量に対するダム放流量の割合について図示したものを図-10に示す。観測期間の総流入量と総放流量はほぼ一致する。

図-11は二風谷ダムの流入および放流水のSS濃度の挙動を図示している。ダム流入および放流SS濃度の挙動は各々の流量と傾向は同じである。しかしながら流量とは異なり、観測された期間においてはダム放流水の濃度に

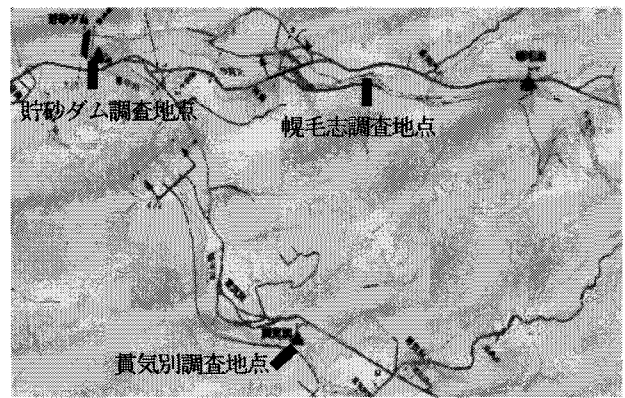


図-9 二風谷ダム上流域河岸堆積物調査地点

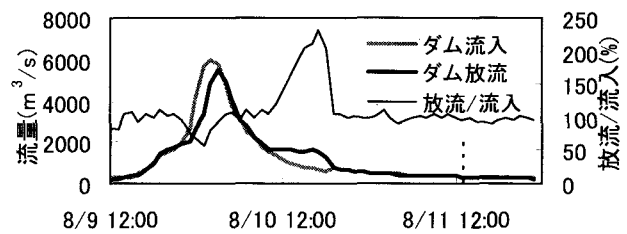


図-10 二風谷ダム流入、放流流量¹⁾

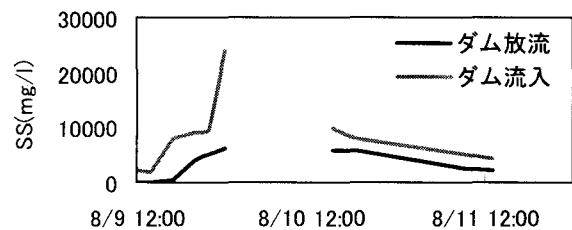


図-11 二風谷ダム流入、放流SS濃度

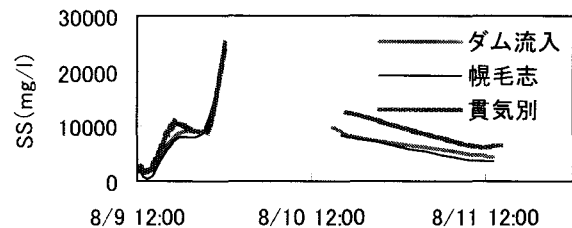


図-12 二風谷ダム流入、放流SS負荷量

比べダム流入水の濃度が高い値を示している。ダム湖内でのSS貯留量を把握するため、図-12に8月9日から8月11日までの、ダム流入およびダム放流SS負荷量の時間変化を図示する。観測を行った期間内では、洪水立上り部における流入に対する放流SS負荷量の割合の時間平均は22.6%、減水部後半では91.9%である。放流されていない流入SS負荷量がダム湖内に貯留すると考えると、立上り部では80%弱、減衰部後半では10%弱のSS負荷量がダム湖内で貯留されたことになる。しかしながら観測欠落時間を含めた観測期間のSS負荷量収支については不明である。なお、二風谷ダム湖内の2003年6月から2003年8月までの速報値として算出されている堆砂量は1,785,000m³である。1996年1月から2003年6月までの年平均の堆砂量は

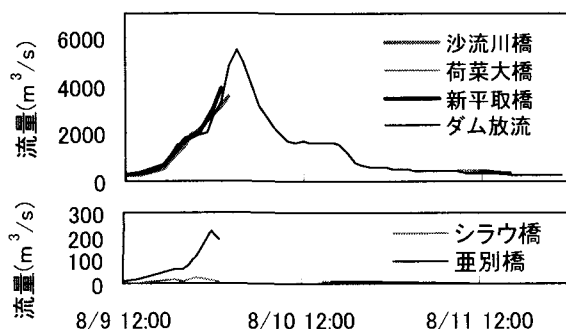


図-13 二風谷ダム下流域流量

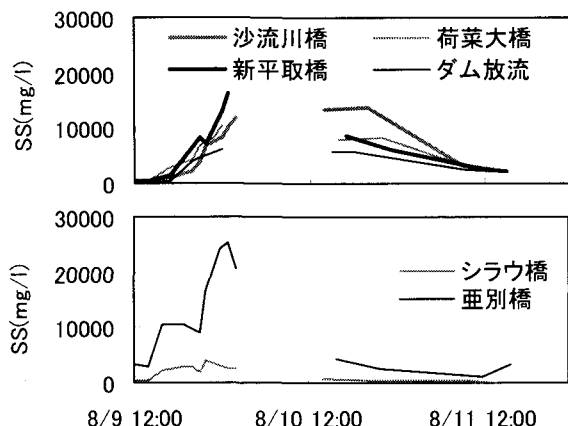


図-14 二風谷ダム下流域SS濃度

706,000m³であるから、2003年6月から2003年8月までの堆砂量は年平均に比べ2.5倍となる。出水規模の大きさから、2ヶ月間の堆砂量のほとんどが本洪水でダム湖内へ流送された土砂と考えられる。洪水期間中のダム湖内に貯留されたSS負荷量を検討するため、この堆砂量と堆砂量中のSS成分比率について、ダム湖底質粒度分布調査結果を整理し精査する必要がある。なお村上³⁾は過去のダム湖内堆積土砂の資料を整理してL-Q式より2003年7月から8月の堆砂量を821,000m³と推定している。

6. ダム下流の流量、SS濃度観測

今回観測された2003年8月洪水のダム下流における流量観測値を図-13、SS濃度観測値を図-14、SS負荷量を図-15に図示する。過去の出水と本洪水とを比較するため、2001年9月に同流域で観測された出水のダム下流各観測地点での流量を図-16、SS負荷量を図-17に図示する。2001年9月出水では本川流量が支川からの流入の影響を受け、下流へ流下するにつれ増加しており、過去に観測された他の出水についても同様の傾向を示す¹⁾。しかしながら今回観測された洪水において、沙流川本川各地点における観測流量はダム放流量とほぼ同値となっており、支川からの流入による本川への流量増加の影響は相対的に小さいものとなっている。これは、降雨が上流域中心であったためである。本洪水での沙流川本川における各

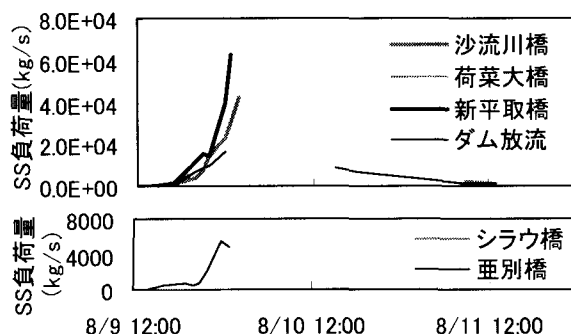


図-15 二風谷ダム下流域SS負荷量

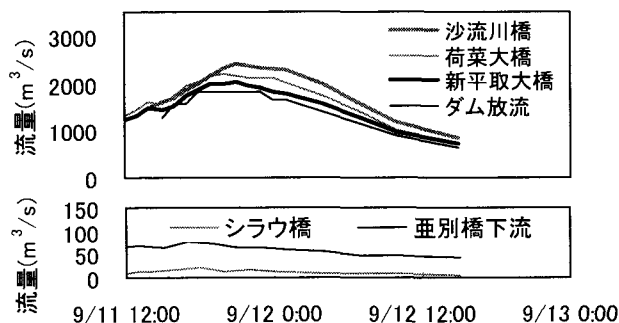


図-16 2001年9月二風谷ダム下流域流量

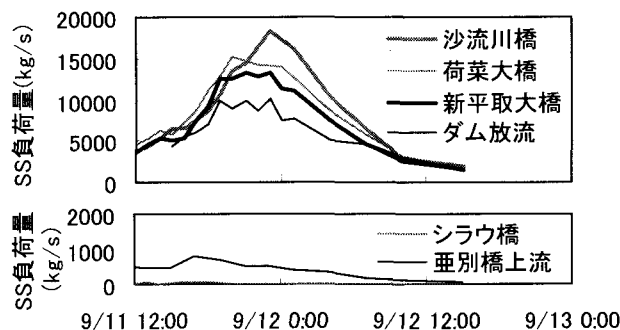


図-17 2001年9月二風谷ダム下流域SS負荷量

観測地点SS濃度は、流量とは異なり上昇期および減衰期とも、同時刻のダム放流地点SS濃度よりも高い。このためSS負荷量についても上昇期では本川各観測所の値がダムから放流された負荷量よりも大きな値を示している。図-17に示される2001年9月のSS負荷量についても同様の挙動を示しており、この傾向は過去に観測された他の出水とも一致している。過去の出水におけるSS負荷量増加の原因としては、支川および残流域から本川への土砂流入による影響が挙げられている¹⁾。しかし、今回の洪水では支川および残流域からの土砂流入による影響は小さく、SS負荷量増加の原因としては考えられない。図-18に各調査地点における河岸堆積物調査結果を図示する。各調査地点で河岸横断形状が大きく変化している。標識埋設部については洪水期間中に一度大きく侵食され、その後上流から輸送された土砂が堆積したことを示す箇所が多数存在する。このことから本洪水では、水位の上昇期に河岸が侵食され土砂が巻き上がり、河川水へ供給さ

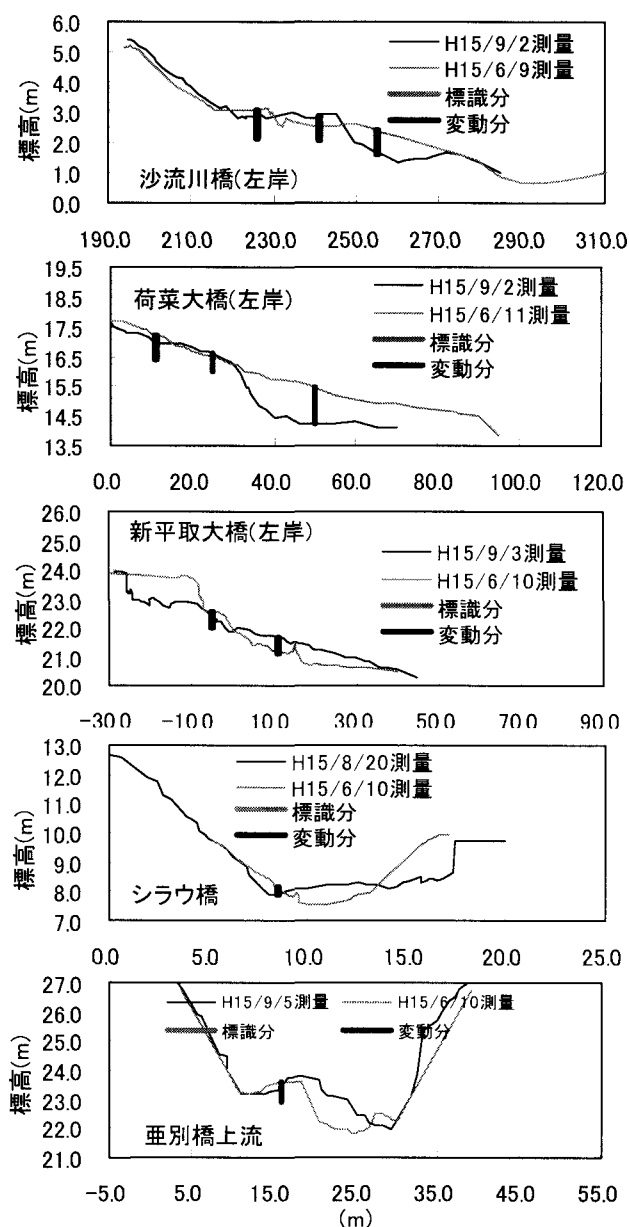


図-18 二風谷ダム下流域河岸堆積物調査結果

されダム下流においてダム放流地点より高いSS濃度が観測されたと考えられる。図-19は本洪水と2001年9月出水の沙流川橋における、流量に対するSS濃度の挙動を図示したものである。本洪水を除くこれまでの同流域における観測で、流量とSS濃度の関係は2001年9月出水とほぼ同様のループを描く。本洪水では流量上昇期に2000m³/sを超えてから、流量に対するSS濃度が2001年9月出水に比べ高くなっている。欠測期間においても減衰時に観測されたSS成分が、立上り時における同流量のSS成分に比べ高い値となっているという観測結果と、2001年の出水でループを描いていることをふまえると、2001年に比べSS濃度が大きなループを描いていたことが想定される。

ダム下流域全体としての土砂輸送収支については、現在整理中である洪水前後の河川測量結果、河岸堆積物調査地点における粒度試験の比較をふまえ精査する必要がある。2002年10月に同流域で発生した最大流量150m³/s

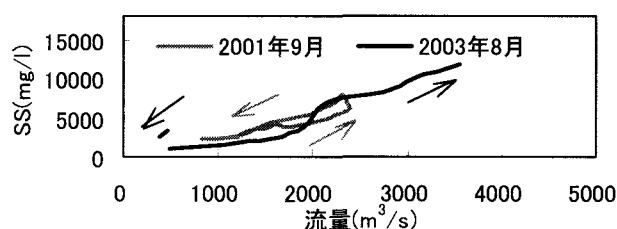


図-19 沙流川橋流量、SS相関図

の小出水を対象とした、小川ら²⁾が行った再現計算では河道形状の変化はほとんどなく、実測でも変化は見られなかったが、2001年8月に発生した最大流量600m³/s程度の出水¹⁾では河道形状の変動が確認されている。本洪水での出水流量はこれらを大きく越えており、河道内の土砂の挙動がダム下流域における土砂輸送収支に大きく影響を与えたものと考えられる。

7. おわりに

沙流川流域における過去最大規模の洪水についての観測結果報告を行った。出水規模が大きかったため、洪水期間全体にわたっての観測を行うことはできなかった。

しかしながら、ダム下流域の観測地点では流量、SSともピーク時付近まで観測データを得ており、これらのデータは大出水時における、ダムが存在する河川での流況、SS濃度の挙動を知るうえでの貴重な一例であると考ええる。

また、北海道開発土木研究所では本報告で記した流量観測およびSS分析結果の他に現在洪水前にダム湖底に設置した超音波流速計のデータ解析等を進めており、本報告のデータを含めた解析、検討結果を今後報告していく予定である。

謝辞：洪水観測における現地での作業は福田水文センター、北開水工コンサルタント、野外科学の方々によって行われた。危険を伴う大規模洪水中の作業に対し記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 渡邊康玄，小川長宏：沙流川2001年夏季出水時のSS輸送特性，土木学会北海道支部論文，2002。
- 2) 小川長宏，渡邊康玄：中流域にダム湖が存在する河川における土砂・物質輸送の観測，河川技術論文集，vol. 9，pp.347-352，2003。
- 3) 村上泰啓，高田賢一，中津川誠：流域条件と土砂・水質成分の流出特性について，水工学論文集，第48巻 投稿中
- 4) 国土交通省：川の防災情報，<http://www.river.go.jp/>

(2003. 9. 30受付)