

II-63

洪水時のSSの輸送過程

開発土木研究所環境研究室 ○正会員 齋藤大作
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 清水康行
 開発土木研究所環境研究室 正会員 渡邊康玄

はじめに

流域から発生する土砂は流域内、河口海域の生態系、河川環境に対し、様々な影響を与えている。流出土砂の多くは融雪洪水、夏期洪水時に大量に発生しており、出水時の流出土砂の質、量の推定は河川環境を考える上で重要な課題となっている。河川により輸送される土砂は掃流砂、浮遊砂の状態の下流に流れて行くが、浮遊砂の多くを占める Wash Load の流下については、不明な点が多く、流出量、発生源等についてはよく分かっていない。

また、流域内にダム等の貯水池が存在する場合、洪水にともなって上流より流下してきた濁水は、ダムにより質、量を変化させて、流下している。

本報告では北海道中央部に位置する沙流川流域を例として、1997,1998年に発生した洪水について、流域内の6地点におけるSSの観測データを基に、流出土砂量の推定、ダムによる質および量の変化について述べる。

1. 沙流川流域の概要

図-1に沙流川流域図を示す。沙流川は延長104km、流域面積1,350km²の一級河川で、河口より21km地点に1996年に完成した二風谷ダムがある。二風谷ダムの集水面積は1,215km²であり、流域面積の90%を占めている。また、ダム下流域には大きな支川が無く、ダムからの流量が概ね保存されて河口まで達していると言える。



図-1 沙流川流域図

2. 洪水および観測の概要

本研究で対象とした洪水は、1997年8月9～15日および1998年8月28～31日の洪水であり、それぞれの洪水のピーク流量は約1,900m³/sと800m³/s(ダム放流量)である。図-2はこれらの洪水のハイドログラフである。1997年の洪水は沙流川における既往3番目の洪水で、流量の立ち上がりからの調査が行われている。調査は各洪水のピーク付近について、二風谷ダム上流および下流の幌毛志、貫気別、貯砂ダム、ダム直下、平取、富川の6地点とダム湖内で行われている。本報告では6地点の観測結果について述べる。6

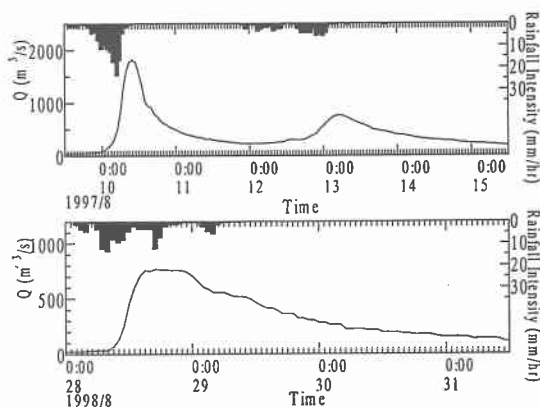


図-2 ダム放流地点におけるハイドログラフ

Transportation process of suspended load during floods.
 by Daisaku SAITO, Yasuyuki SHIMIZU and Yasuharu WATANABE

地点における観測は洪水のピーク前から始まり、約 2 時間毎に行われている。採水は橋の上からバケツによって行われており、採水された試料については SS および濁度の分析が行われている。さらに、1998 年 8 月の洪水については粒度分析も行っている。

3. 各地点の通過土砂量

図-3 は 1998 年の洪水時の幌毛志、貫気別、貯砂ダム、ダム直下、平取、富川地点における流量の時系列を示している。貯砂ダム上流部で支川の糠平川（貫気別）が本川（幌毛志）に合流しており、幌毛志および貫気別の流量の合計が約 700m³/s であり、概ね、流量が保存された状態で、貯砂ダムから河口まで流下している。貯砂ダムとダム放流地点の流量の時間変化をみると、ほぼ同様な変化をしている。これは、ダムの放流操作が、本出水では概ね流入=放流で行われていたことを示している。また、ダムから下流の平取、富川地点においても、流量の時間変化は同様の形状をしている。

次に、1997,1998 年の洪水時に各地点で観測された SS から、(1)式により SS の負荷量をを推定し、流量との比較を行った。

$$Q_s = \frac{Q \cdot SS}{w_s \cdot 1000^2} \quad (1)$$

ただし、 Q_s は流砂量 (m³/s)、 Q は流量(m³/s)、 SS は浮遊物質質量(mg/L)、 w_s は浮遊粒子の単位体積重量(2.65g/m³)である。図-4 は各観測地点における流量と SS の負荷量の関係を示したものであり、○が 1997 年 8 月洪水時、●が 1998 年洪水時を示している。図中の実線は両洪水時の観測地から求めた地点別の回帰曲線である。各地点とも 1997 および 1998 年の結果は概ね回帰曲線に載っている。今回の結果では洪水の規模が約 1,900 と 800 m³/s で大きく異なっていたのが、流量-SS 負荷量の関係は、概ね一致することを示している。

次に、図-4 に示した各地点での流量と SS 負荷量の回帰式を用い、図-3 に示した流量変化から 1998 年洪水における 8 月 28 日 0:00~9 月 1 日 0:00 の間に通過した土砂量を推定した。図-5(b)に結果を示す。また、1997 年の洪水時に推定された通過土砂量 Q_s を図-5(a)に示す。この図より、各地点における通過土砂量の変化が分かる。これらの結果を表-1 にまとめる。洪水のピーク流量および図-5 に示した洪水期間中の総流出量は 1997 年では約 1900m³/s および 2.5 億 m³ であり、1998 年では 800 m³/s および 1.2 億 m³ であつ

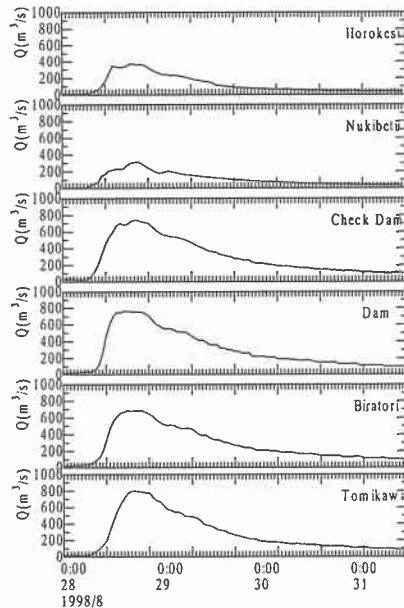


図-3 各観測地点における流量の時間

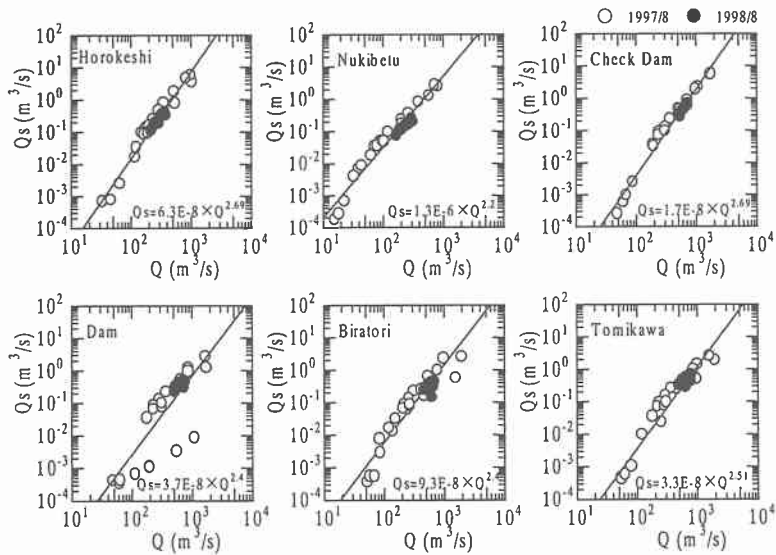
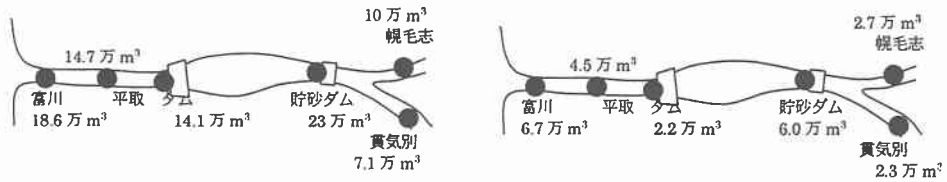


図-4 流量と浮遊砂量 (SS より推定) の関係



(a) 1997年8月洪水時(9日12:00~15日12:00) (b)1998年8月洪水時(28日0:00~31日0:00)
 図-5 洪水時の通過土砂量の比較

た。ピークの規模および洪水期間中の総流出量は1997年に比べ1998年の洪水は約4割強程度である。これに対し、表-1から分かるように、通過土砂量は、概ね2~3割程度であり、洪水規模が大きくなると流砂量も急激に大きくなっていると言える。特に、ダム放流口の流砂量についてみると、1997年に比べ16%と低い値を示している。これは、1998年の洪水の規模が小さいため、ダムへの流入土砂量に占めるだむちよすいちに沈降する土砂量の割合が大きいことに起因するものと考えられる。

表-1 土砂量の収支

	幌毛志+貫気別	貯砂ダム	ダム放流	平取	富川
通過土砂量1997年 流量規模1800m³/s	17.1	23	14.1	14.7	18.6
増加量	+5.9	-8.9	+0.6	+3.9	
通過土砂量1998年 流量規模800m³/s	5.0	6.0	2.2	4.5	6.7
増加量	+1.0	-3.8	+2.3	+2.2	
流砂量の比較1998/1997	0.29	0.26	0.16	0.31	0.36

数字の単位は(万m³/s)

表-2 粒径の分割

No.	粒径(μm)	No.	粒径(μm)
1	700.000	27	3.748
2	572.451	28	3.065
3	468.143	29	2.506
4	382.842	30	2.050
5	313.083	31	1.676
6	256.036	32	1.371
7	209.383	33	1.121
8	171.231	34	0.917
9	140.030	35	0.750
10	114.515	36	0.613
11	93.649	37	0.501
12	76.585	38	0.410
13	62.630	39	0.335
14	51.218	40	0.274
15	41.886	41	0.224
16	34.254	42	0.183
17	28.012	43	0.150
18	22.908	44	0.123
19	18.734	45	0.100
20	15.320	46	0.082
21	12.529	47	0.067
22	10.246	48	0.055
23	8.379	49	0.045
24	6.852	50	0.037
25	5.604	51	0.030
26	4.583		

4. 浮遊物質の粒径分布

二つの洪水の内、1998年8月の洪水については、各調査地点での採水試料について粒度分析を行っており、この結果について述べる。

図-6は富川地点の洪水ピーク前に観測された粒度分布を示したものであり、上図は重量百分率を示している。図-6の下図は表-2に示す粒径で分割したSSの単位時間当たりの通過質量(以下粒径別通過質量)=(SS×Q×頻度分布(重量加積曲線の差分値))を示したものである。これより、粒径分布が二山あることが分かる。この粒径分布からダム放流水に含まれるSSの粒径分布形(●)を差し引くと概ね○で示された粒径分布となり2つの粒径分布を合成したものと考えられる。

6つの観測地点の内、幌毛志、貫気別、ダム直下、平取及び富川の各観測地点で観測された粒径別通過質量を図-7に示す。なお、図は上から下にかけて時系列を示している。これらの図は、各地点を単位時間に通過する粒径別SSの絶対量を比較することが可能である。

ダム湖より、上流の幌毛志および支川の貫気別地点についてみると、全時系列とも粒度分布に山が二つあることが分かる。これは、図-6に示したものと同一であり、2つの粒径分布が重なったものと考えられ、発生源の異なる場所からの土砂供給があったものと思われる。次に、ダムの直下についてみると、0.3~50μmで形成される分布があり、時系列でみても分布形状は大きく変わっていない。これはダム上流より流入したSSの内、50μm以上の粒径のものが沈降し、残った0.3~50μmのものが流出したといえる。ダム下流の平取、富川地点での結果をみると、洪水のピーク前にはダム湖の上流と同様の二つの山をもつ分布が現れているが、時系列とともに、約50μm以上の質量が減少し、小粒径のものが増加していることが分かる。

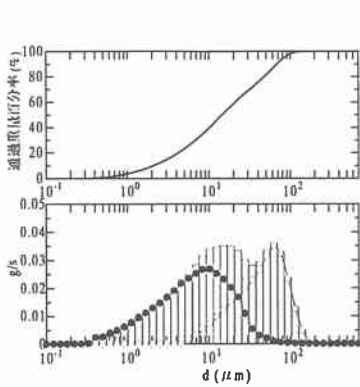


図-6 SS の粒度分布(富川地点)

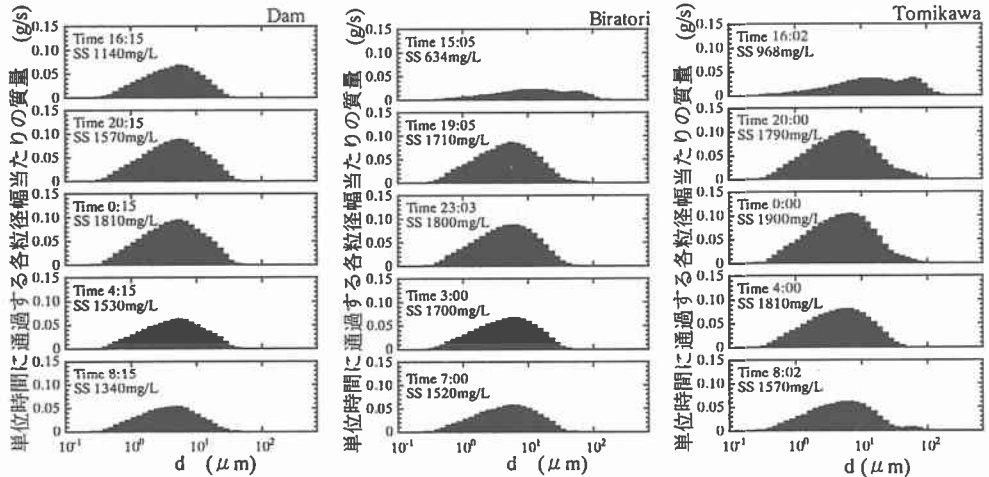
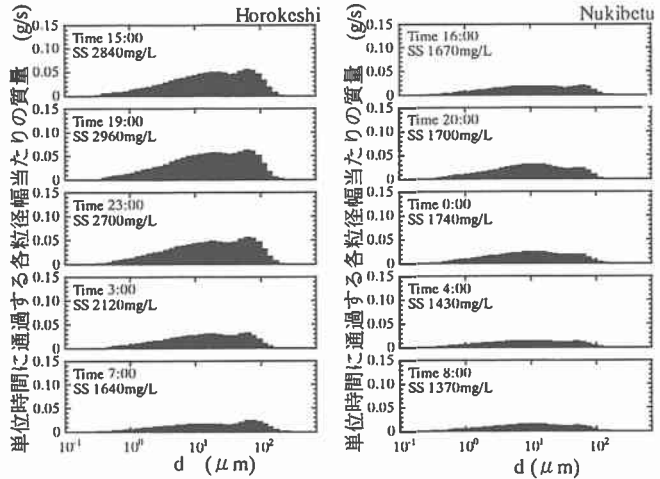


図-7 各調査地点におけるSSの粒径別質量の時間変化

50 μm 以上の粒子がダムからの放流水が到達する以前に出現しており、ダムから河口までの間に供給された物質と考えられる。しかし、1998年8月の洪水時にはダム下流の取水堰の撤去中に出水が発生しており残留していた土砂の多くが流出したとも考えられ、因果関係についてはさらに検討を要する。

おわりに

本研究により、1998年8月洪水時の流出土砂の内、数百 μm 以下の細かい成分について、ダムによる流出量および質の変化の概略が明らかとなった。また、1997年の既往最大規模の洪水と比較することにより流出土砂量の違いが定量的に把握できた。近年、河川流域から河口海域に至る土砂管理が注目されてきているが、流出土砂量の推定を行う一歩として報告する。

謝辞:本研究は北海道開発局室蘭開発建設部沙流川ダム建設事業所、二風谷ダム管理所、(株)北開水工コンサルタント、(株)福田水文センターなど非常に多くの方々のご協力を得て行われた。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 坊野聡子, 清水康行, 齋藤大作, 吉田義一, 黒木幹男: 水時のダム貯水池における濁質観測, 水工学論文集第42巻, pp.715-720
- 2) 齋藤大作, 清水康行, 坊野聡子, 伊藤丹: 洪水時のダム湖における濁水の観測と数値シミュレーション, 水工学論文集第42巻, pp.709-714