

2003年8月洪水での沙流川におけるSSの挙動

Observations of suspended solids and discharge at Saru River basin in August 2003

独立行政法人北海道開発土木研究所河川研究室 小川長宏 (Takehiro Ogawa)
渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

1. はじめに

近年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浸食・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

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、昭和37年から平成15年までで最大のものであり、最大時間雨量は37mm/hに達した。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。

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垂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た。採水はステンレス製バケツを用い、堤体オリフィスを除く箇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垂別川の垂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

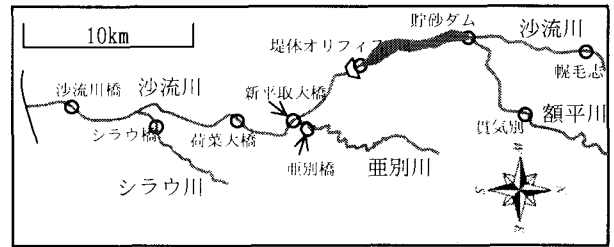


図-1 流域の模式図と観測箇所

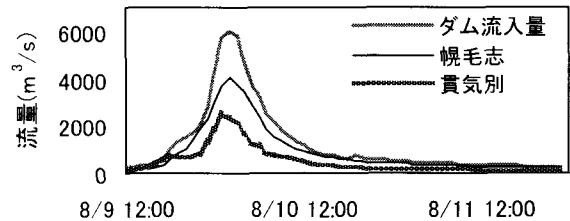


図-2 二風谷ダム上流域流量(速報値)

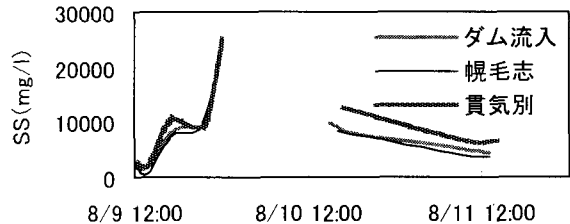


図-3 二風谷ダム上流域SS濃度

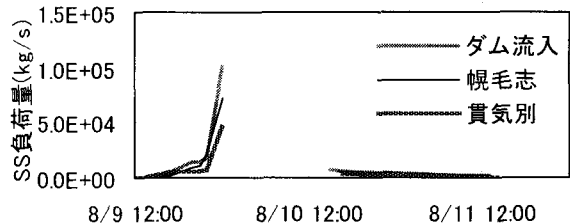


図-4 二風谷ダム上流域SS負荷量

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。

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-2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

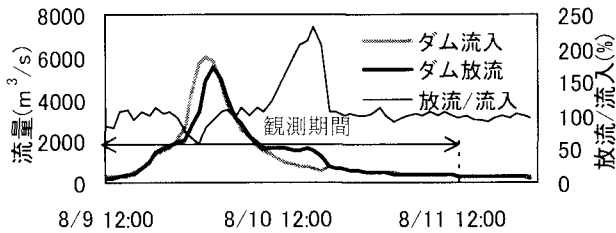


図-5 二風谷ダム流入，放流流量(速報値)⁴⁾

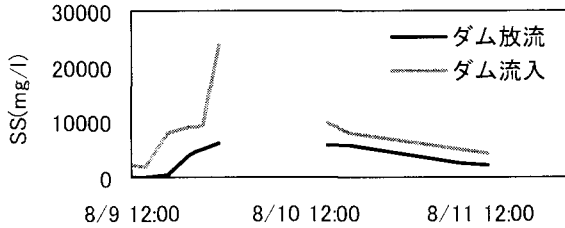


図-6 二風谷ダム流入，放流SS濃度

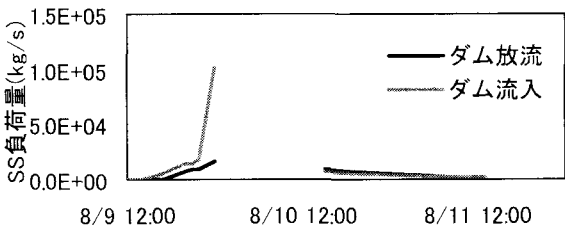


図-7 二風谷ダム流入，放流SS負荷量

に幌毛志、貫気別、ダム流入のSS濃度観測値を図-3に、テレメータ流量にSS濃度を乗じたSS負荷量の値を図-4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。

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-5に示す。観測期間の総流入量と総放流量は約250,000,000m³でほぼ一致する。図-6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比べダム流入水の濃度が高い値を示している。図-7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、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%、減衰部後半では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。

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-8、SS濃度観測値を図-9、SS負荷量を図-

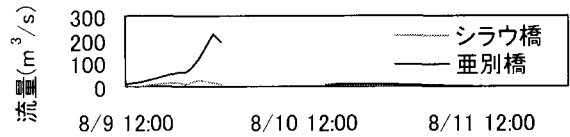
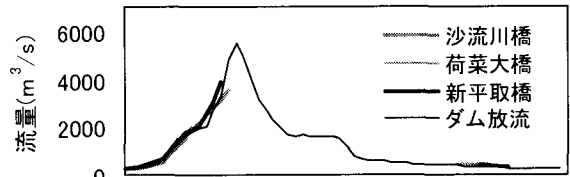


図-8 二風谷ダム下流域流量

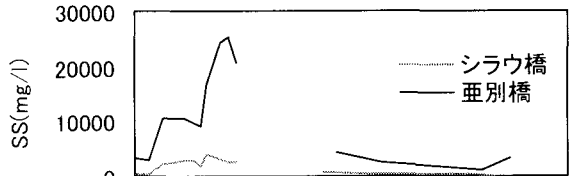
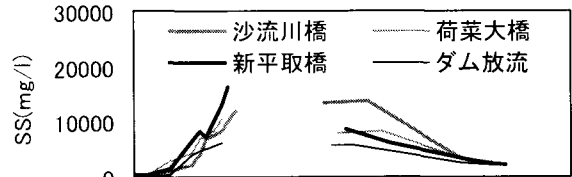


図-9 二風谷ダム下流域SS濃度

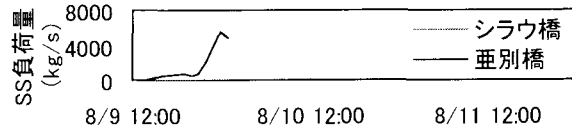
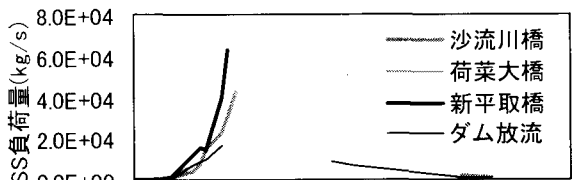


図-10 二風谷ダム下流域SS負荷量

10に図示する。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。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、洪水立上り時のSS負荷量増加の原因としては考えられない。また、観測は途中欠測しておりダム地点および下流で、洪水ピーク時を含む欠測期間中の流量およびSS成分がどのような挙動を示すのか不明である。

7. SS負荷量の挙動と推定

SS負荷量の推定方法としては、一般的に流量とSS負荷

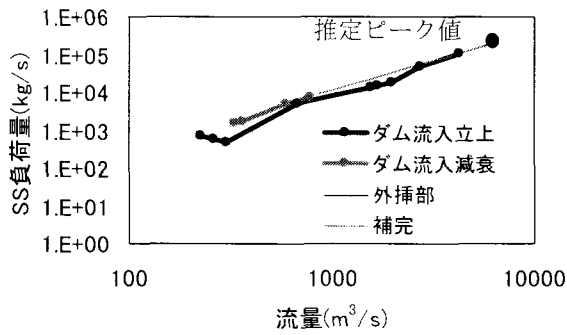


図-11 二風谷ダム流入地点 流量-SS負荷量相関図

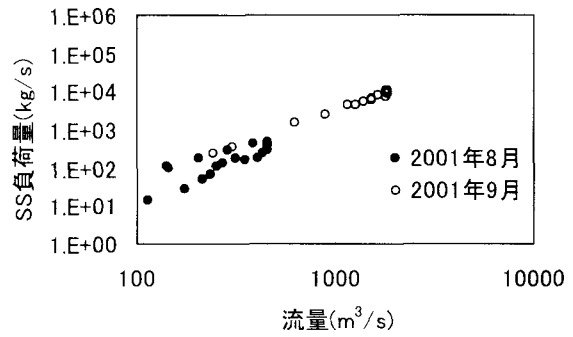


図-14 2001年出水 ダム放流地点 流量-SS相関図

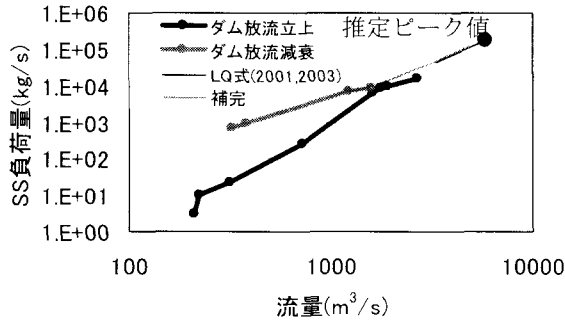


図-12 二風谷ダム放流地点 流量-SS負荷量相関図

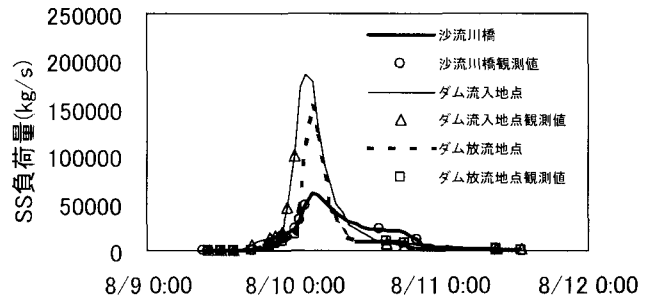


図-15 SS負荷量の時間変化

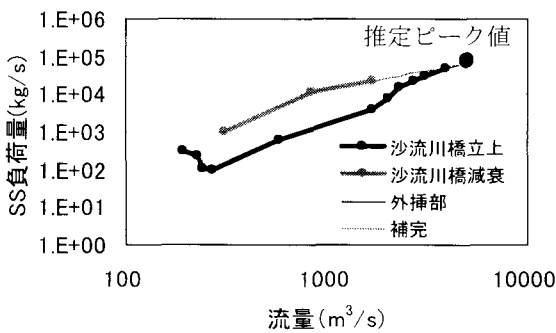


図-13 沙流川橋地点 流量-SS負荷量相関図

量の関係が一価関数になるとして、流量からSS負荷量を推定する方法(L-Q式)がある。しかし観測結果からSS負荷量と流量の間には2価性が示されていることより、欠測期間のSS負荷量を推定する際に仮定を設ける必要がある。今回の洪水におけるSS負荷量の洪水期間を通しての挙動について把握を行うため、今回はできうる限り本洪水の実測値により算出されたSS負荷量を尊重した方法により、推定を行うこととした。

7.1 流量に対するSS負荷量の挙動

洪水期間中のダムを含めた沙流川でのSS輸送について考察を行うため、ピーク時の流量が記録されている北海道開発局テレメータ流量の存在する、二風谷ダム流入・放流地点および沙流川河口部近傍に位置する沙流川橋(富川)地点について、テレメータ流量に観測SS濃度を乗じて求めたSS負荷量のテレメータ流量に対する挙動について検討する。図-11・12・13は各地点における流量に対するSS負荷量の挙動を示した流量-SS負荷量相関図である。ここで観測SS濃度データが先に記述した理由により欠測しているため、SS負荷量についてもピーク時付近が脱落したものとなっている。ダム流入地点においては

各流量に対するSS負荷量が、洪水立上りと減衰期においてほぼ同様の値となっている。ダム放流および沙流川橋地点においては、同流量で洪水立上り時よりも減衰時のSS負荷量値が大きいループを描いている。

7.2 欠測期間のSS負荷量推定

次に観測SS濃度により算出されたSS負荷量を用いて、本洪水全体としてのSS輸送量を把握するため、SS濃度欠測期間におけるSS負荷量を推定することとする。図-14は2001年に同流域で観測された出水について、流量とSS負荷量の関係を示している。図-14に示されるように2001年の出水において、流量ピークとSS負荷量ピークは同時であることから、今回の洪水の欠測期間の推定にあたり、SS負荷量とテレメータ流量のピーク時は同時であると仮定している。SS濃度の観測値はダム流入地点ではテレメータ流量ピーク時の2時間前まで、沙流川橋地点については1時間前までそれぞれ観測されており、洪水立上り時のピーク時付近SS負荷量の挙動がピーク時まで続くと仮定し、図-11、13の流量-SS負荷量相関図にテレメータ流量ピーク時まで、SS負荷量立上り時の欠測前2点より延長した外挿線を引き、これをSS負荷量ピーク値と推定した。この推定されたSS負荷量ピーク値と洪水減衰時のSS負荷量の間を流量-SS負荷量相関図上で補完して、これを欠測期間におけるSS負荷量推定値とした。ダム放流地点については、SS濃度はテレメータ流量ピーク時の3時間前まで観測されている。図-7よりSS負荷量の挙動について、ダム放流地点とダム流入地点を比較すると洪水立上り時において両者の増加傾向が異なっている。また図-5よりダム放流地点においてテレメータ流量がSS濃度の欠測期間で洪水立上りからピーク時まで急激な増加傾向となっている。したがって欠測期間に流量と連動し、SS負荷量が急激に増加していることが想定される。このことから、ダム流入・沙流川橋地点と同様に外挿し

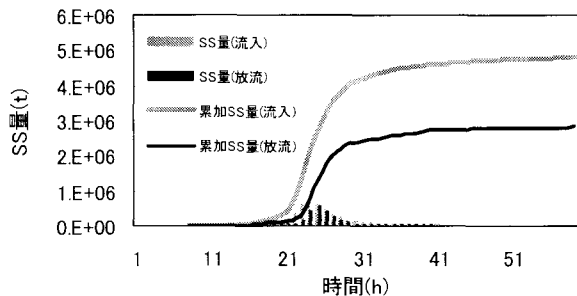


図-16 二風谷ダム流入・放流SS量

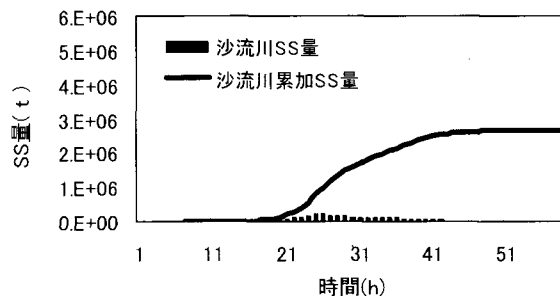


図-17 沙流川橋流入・放流SS量

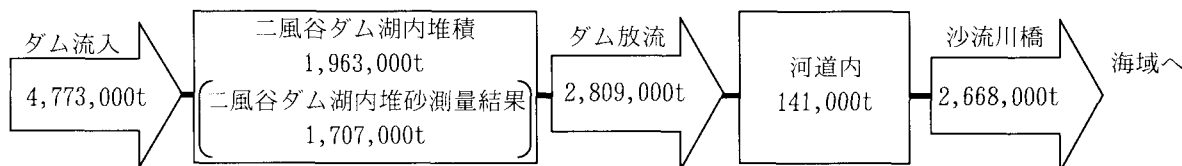


図-18 SS量収支模式図

SS負荷量ピーク値を推定することは不適であると考えられる。そこで、2001年に同流域において北海道開発土木研究所が実施した洪水観測データ¹⁾と本洪水のデータを用いてLQ式を作成し、本洪水のテレメータ流量ピーク時におけるSS負荷量を推定し、これをSS負荷量ピーク値とした。以上よりダム流入・沙流川橋地点と同様にして欠測期間におけるSS負荷量推定値を求めた。図-11、12、13に上記の方法で推定を行った欠測期間の流量-SS負荷量の関係も併せて示した。図-15は実測のSS負荷量と欠測期間を推定したSS負荷量推定値を用いて、各地点におけるSS負荷量の時間変化を示したものである。

7-3. SS負荷量収支の推定

前節で求めた今回の洪水における流量-SS負荷量の関係を用いて、各地点を通過したSS量の総量を求める。期間は、各地点でSS濃度観測期間が重複している8月9日10時から8月11日9時までの間とした。各地点を通過した累加SS量の時間変化を図-16、17に示した。また、各地点での累加SS量の差分より導かれる、各地点間の土砂収支の推定結果を模式的に図-18に示す。ダム湖内へ堆積したSS量を、村上³⁾が土砂体積計算に用いている、土の密度 $\rho_s=2.65$ 、含水比 $\lambda=0.6$ として、体積に換算すると $2,053,000\text{m}^3$ となる。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 $1,785,000\text{m}^3$ であり、出水規模の大きさから堆砂量のほとんどは本洪水によるものと思われる。SS量は浮遊形態でダム湖に流入した土砂量のみを考慮しているにも関わらず、ダム湖内に堆積したと推定されるSS量の体積は堆砂量速報値に比べ15%程度大きな値となっている。このことについては、現在調査中であるダム湖内の堆積土砂およびSS成分の粒度分布を含め精査する必要がある。

また図-15に示されるように、SS負荷量ピーク時近傍でダム放流地点でのSS負荷量推定値が沙流川橋地点でのSS負荷量推定値を80%上回っており、8月9日10時から8月11日9時までの期間中に、沙流川橋地点よりもダム放流地点を通過したSS量の総量が多く、ダム下流の河道内

でSS成分が堆積したこととなる。北海道開発土木研究所が過去に同河川で観測した出水^{1,2)}では、沙流川橋地点のSS負荷量がダム放流地点SS負荷量を上回るという傾向を示しており、本洪水の結果と異なっている。このことについては今後行われる予定である河道の縦横断測量結果をふまえ、河道内の土砂移動についてさらに検討する必要がある。

9. 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られる。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、SS成分粒度分布分析、ダム湖底に設置した超音波流速計のデータの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/>