

石狩川・鶴川・沙流川の SS 及び栄養塩特性

Characteristics of SS and nutrient salts in Ishikari river, Mu river and Saru river

北海道大学公共政策院 正員 山下 俊彦 (Toshihiko Yamashita)
 北海道大学大学院工学院院 ○学生員 中嶋 亮太 (Ryota Nakajima)

1. はじめに

SS とは水中に存在する微細な懸濁物質のことで、洪水時に河川を通じて河口沿岸域に大量に流出する。一般に、SS は栄養塩や放射性セシウム等と吸脱着することや、濁水による生物の呼吸や光合成を阻害する等、水質や生物への影響がある。このように、SS は河川および河口沿岸域での水環境を考える際に重要である。

これまで定期的な SS 測定は長年実施されているが、SS が大量に流出する洪水時の測定は未だに多くない。また、洪水時の各態の栄養塩の測定データも非常に少ない。さらに、複数の河川を対象として、SS・栄養塩の特性について検討したものはほとんど無い。

そこで本研究では、比較的、洪水時の SS 観測事例の蓄積が進んでいる北海道内の3河川を対象とし、既往のデータを基に SS・栄養塩特性について比較検討した。

2. 対象河川と洪水

今回対象とした河川は、石狩川・鶴川・沙流川の3つである。SS や栄養塩の濃度は、流量と比較的よい相関が見られることから、流量の関数(CQ 式)として扱われることが多い。各河川 SS・栄養塩の特性を比較検討するために、各態の栄養塩濃度が測定されている洪水規模の大きい(過去40年程度で2~6位)データを含んだものを対象とした。石狩川は山下ら¹⁾、鶴川は山崎ら²⁾、沙流川は村上ら⁴⁾、吉川ら⁵⁾の結果を用いた。沙流川は、沙流川橋、二風谷ダム上流の貫気別、幌毛志の3地点のデータを用いた。

3. SS 特性

3-1 SS 濃度

図-1 に各河川の CQ 式を示す。実線の両端は流量の最大と最少を示す。河川によって洪水時の SS 濃度に大きな違いがあることが分かる。鶴川・沙流川で SS 濃度が高く、石狩川は低い。例えば、 $Q=1000\text{m}^3/\text{s}$ において石狩川と鶴川では 20 倍以上の濃度差がある。貫気別、幌毛志は共に二風谷ダムよりも上流に位置するため、二風谷ダムで SS が捕えられて、ダム下流の観測点である沙流川橋では上流側と比べて SS 濃度が小さくなっている。SS 濃度の違いを生み出す原因は、土地利用や地質、河川の形状など様々な要因が考えられるが、ここで図-2 に各河川の縦断勾配を示す。勾配が急なほど、SS 濃度が高くなっていることが確認された。

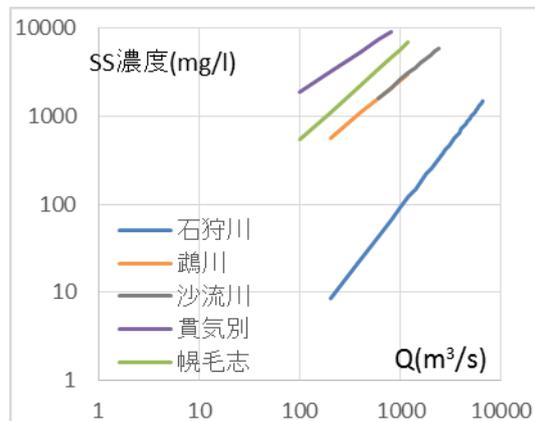


図-1. 各河川の流量と SS 濃度の関係

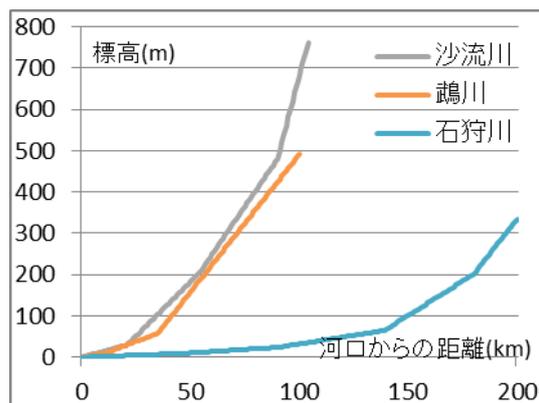


図-2. 各河川の縦断勾配

3-2 SS 流出量

各河川で過去に発生した洪水において、どの程度 SS が流出したのかを推定した。対象とした洪水は、1980年から2012年までの過去32年間に発生したもので、流量規模が大きなものから3つ採用した。これらの洪水に図-1 で用いた CQ 式を適用し積分することによって、1つの洪水での SS 流出量を求めた。採用した洪水の最大日流量を表-1 に、計算された SS 流出量を図-3 に示す。

表-1. 過去32年間の年間最大日流量

	石狩川(石狩大橋)	鶴川(鶴川橋)	沙流川(富川)
1位	9736 m^3/s	1634 m^3/s	2377 m^3/s
2位	6021 m^3/s	1573 m^3/s	1876 m^3/s
3位	5534 m^3/s	1540 m^3/s	1265 m^3/s

図-3 を見ると、過去 32 年間で最大規模の洪水においては石狩川の流出量が約 400 万 t で、鶴川・沙流川よりもおよそ 300 万 t 多い結果となった。図-1 で、石狩川の SS 濃度が小さいことが示されたが洪水の規模と期間が大きかったため、規模 1 位の石狩川は突出した流出量になったと考えられる。

しかし、それ以降の 2 位 3 位の規模では、石狩川と鶴川・沙流川の SS 流出量に先ほどのような大きな差は見られない。2 番目の規模の洪水では、鶴川が石狩川より約 50 万 t 少なく、沙流川が石狩川より約 18 万 t 少ない。3 番目の規模では、鶴川沙流川は石狩川より約 70 万 t 小さい流出量であった。石狩川において、2 位より 3 位の方が流出量が大きくなっているが、これは、最大日流量は 2 位の方が大きかったが、3 位の方が洪水期間が長かった為である。

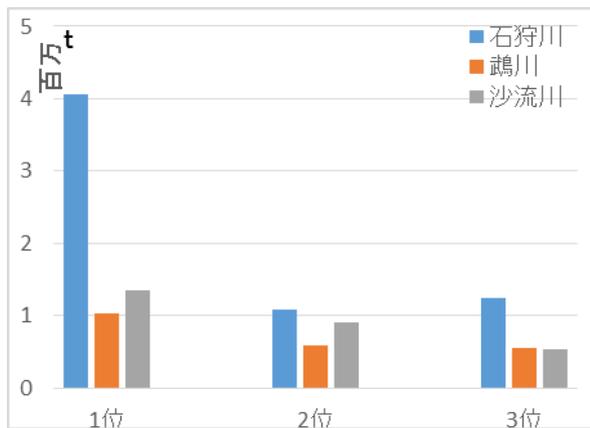


図-3. 洪水規模上位三位までの SS 流出量

4. 栄養塩特性

4-1 栄養塩濃度

同じ栄養塩でも、SS に吸着している粒子性のものは溶存性のものより長く河口沿岸域に留まり、水環境に大きな影響を及ぼすことが知られている。その為、河川からの SS 流出による河口沿岸域の水環境を検討する際、これらを分けて考慮する必要がある。形態別栄養塩濃度の CQ 式を図-4 に示す。なお、溶存性のリンはほとんど存在しないので対象外とした。

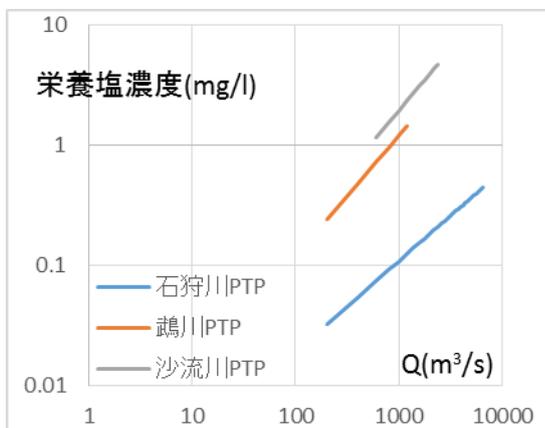


図-4a. 粒子性リン濃度と流量の関係

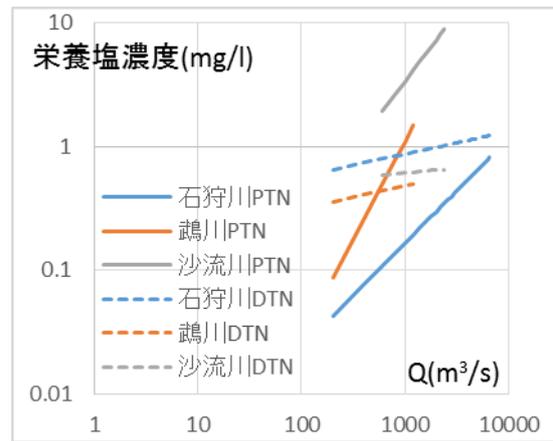


図-4b. 形態別窒素濃度と流量の関係

図-4a、図-4b より、粒子性のリンと窒素の濃度は、SS 濃度が高い鶴川・沙流川で高い値となっていて、SS の粒径が小さい沙流川の方が高くなっている。溶存性の窒素の濃度は石狩川が大きい。

4-2 栄養塩流出量

SS と同様に、過去 32 年間に起こった洪水に対して各栄養塩がどの程度流出したのかを計算した。結果を図-5a と図-5b に示す。前者は PTP 流出量を、後者は形態別窒素の流出量を表している。

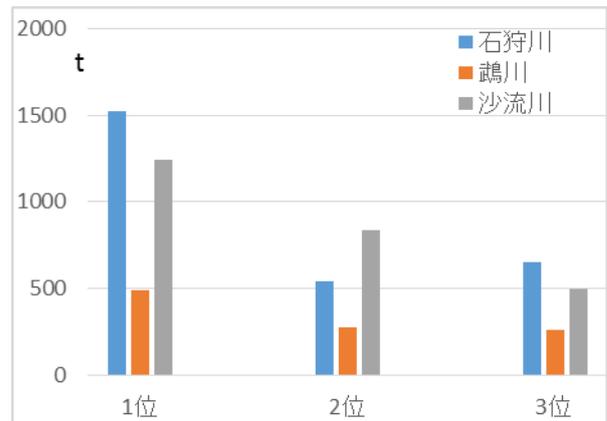


図-5a. 洪水規模第三位までの PTP 流出量

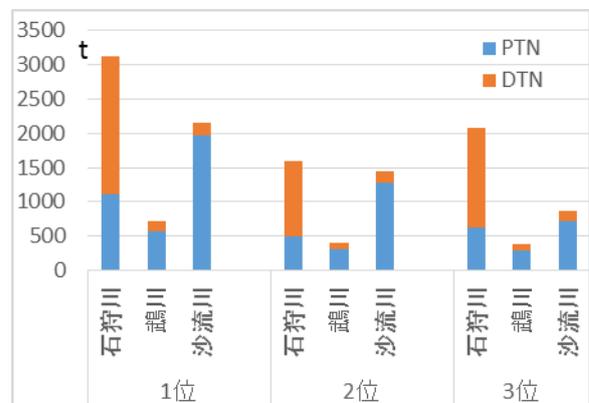


図-5b. 洪水規模第三位までの形態別窒素流出量

図-5b.を見ると、石狩川は窒素の流出量が大きく、鶴川は小さいことが分かる。形態別に見ると、石狩川では、

窒素流出量において溶存性のものが卓越しており、総窒素流出量の約 60~70%を占めている。反対に鶴川・沙流川では粒子性のものが卓越していて、80%前後を占めている。鶴川と沙流川を比較すると、SS の粒径が小さい沙流川の方が PTP、PTN とともに大きくなっている。石狩川の窒素量が多いが、これは流域の約 17%が農地として利用されていて、他の2河川よりもこの割合が高いためではないかと推察される。

5. おわりに

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

- (1)各河川において SS 濃度と流量の関係を把握し、30年程度の上位3つの洪水において流出量を推定した。最大規模の洪水においては石狩川の流出量が多いが、2・3位の規模では、1位の流出量ほどの差が無かった。
- (2)栄養塩濃度(P,N)と流量の関係を、石狩川と鶴川と沙流川で把握し、粒子性の P,N の濃度は SS 濃度の高い鶴川・沙流川で高く、沙流川では石狩川の10倍以上大きいこと、溶存性窒素の濃度は石狩川が大きいことを確認した。
- (3)沙流川と鶴川を比較すると、沙流川の方が SS の粒径が小さいため、SS 濃度については同程度 CQ 曲線であるが、PTP、PTN とともに濃度が高く、流出量も多くなっている。
- (4)石狩川では総窒素流出量のうち、60~70%が溶存性であること、反対に、鶴川・沙流川では、80%以上が粒子性であることが分かった。

(参考文献)

- 1) 山下俊彦, 菅沼剛, 橘治国, 斎藤大作, 山崎真一: 融雪期の石狩川の物質輸送特性と流出物質の河口沿岸域での挙動、海岸工学論文集、第48巻(2001)、pp1266-1270
- 2) 山崎真一、渡邊康玄、宮下将典、森田真郷、山下俊彦: 融雪期に鶴川から供給された物質と河川沿岸域への影響、海岸工学論文集、第49巻(2002)、pp165-169
- 3) 山崎真一、渡邊康玄、宮下将典、森田真郷、山下俊彦: 融雪期に鶴川から供給された物質の河口沿岸域での挙動、第17回、寒地技術シンポジウム(2001)、pp347-353
- 4) 村上泰啓、中津川誠、高田賢一: 沙流川における洪水時負荷量観測とダムへの水環境の影響について、河川技術論文集 Vol.9(2003)、pp111-114
- 5) 吉川泰弘、渡邊康玄、安田浩保: 洪水規模による栄養塩類輸送の変化、河川技術論文集、第11巻(2005)、pp47-52