

II-49

鵠川における洪水時の栄養塩類の挙動

北海道開発局開発土木研究所 ○正会員 新目 竜一

正会員 渡邊 康玄

正会員 齋藤 大作

はじめに

従来、河川水質は高度経済成長期の公害問題に端を発するいわゆる「典型7公害」(騒音・振動・地盤沈下・大気汚染・土壌汚染・悪臭・水質汚濁)のひとつとして利水安全度の面などからどちらかと言えば水質汚濁の問題に主眼が置かれてきた。水質汚濁の問題も今なお非常に重要な問題ではあるが、河川法改正により内部目的化された「河川環境の保全と創造」を考えていく上では、「エジプトはナイルの賜物」の言葉ではないが、河川水質を水質汚濁の観点からだけでなく、河川の物質輸送を表す指標として把握し、河川を介して輸送される種々の物質が河川生態系に及ぼす影響や海域環境に及ぼす影響等について山から海まで水系一貫の視点でその質と量を議論していく必要がある。しかし、これまで河川水質については水質汚濁問題に重点が置かれていたため公共用水域の水質測定計画にしても低水時観測がほとんどであり、大量の物質輸送が行われている洪水時の水質の連続観測がなされた事例は少ない。

本報告では鵠川において生じた平成9年8月10日及び平成10年4月13日、8月28日洪水時の現地水質連続観測から河川環境を考える上で特に重要と考えられる窒素、リン、SSに着目して洪水時の物質輸送について調査した結果を報告するものである。現地観測の結果、以下の事項が確認された。

①栄養塩類である窒素・リンの輸送形態に関して、洪水時は粒子性窒素・リンが卓越している。②洪水時に輸送されるSSの大半は粒径約0.1mm以下の微細砂及びシルトで構成されている。③窒素・リンを含むSS供給源のひとつとして河岸堆積物が強く関係している可能性がある。④河岸堆積物に占めるリンのうち有機態リンは粒径が小さいほど(同じ重量であれば表面積の総和は大きくなる)濃度が高い傾向を示しており、表面に吸着していることが推定される。一方、オルトリン酸態リンは粒径の違いによる大きな濃度変化は見られずほぼ一定であった。⑤河岸堆積物に占める有機態窒素についても、有機態リン同様に粒径が小さいほど濃度が高くなる傾向を示した。

1. 現地観測

1.1 河川概要

鵠川は日高山脈トマム山に源を発し、穂別町市街地を経由して鵠川町において太平洋に注ぐ幹川流路延長135km、流域面積1,270km²の1級河川である。川の特徴は、勾配が急で蛇行しているため砂州が形成されやすく、河道の安定維持の難しい河川である。また流域の土地利用は森林が91%、水田が5%、畑が3%、市街地が1%となっており、流域の大部分を森林域が占めている。流域の地質は堆積性地質が80%を占めている。また平常時の鵠川の水質は、BOD75%値での評価ではあるが平成9年度全国清流ベスト10の第2位の清流河川である。(注BODは本来有機汚濁指標として

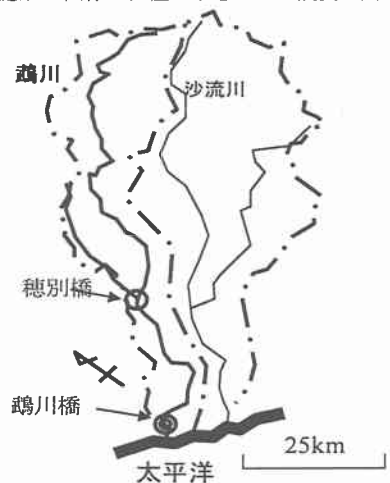


図1 調査箇所図

Behavior of nutrients in suspended solids and sediments during the floods in the Mukawa river: by Ryuichi SHIMME, Yasuharu WATANABE, Daisaku SAITO

開発されたものであり、清流の評価に適するかという問題はある)

1. 2 洪水時観測

表1に記した平成9年8月10日洪水(既往第5位)、平成10年4月13日洪水、平成10年8月28日洪水(既往第3位)の3洪水について、鶴川橋(河口から2.55km、集水面積1,228km²)及び穂別橋(河口から41.5km、集水面積949.5km²)において流量観測及び河道流心の表層でバケツによる採水分析を実施した。

また平成10年4月13日及び平成10年8月28日洪水時における鶴川橋地点での洪水時の河床材料を写真1に示す河床材料採取器(重量14kg、全長60cm、容量175cm³)を用いて採取し粒度分析を行った。

1. 3 平常時観測

平常時観測として洪水時の水質負荷供給源のひとつと考えられる河岸堆積物及び河床材料を平成10年8月28日洪水前の8月26日・27日と洪水後の9月7日・9日・10日に採取し、粒径分析及び成分分析を実施した。また平常時水質と洪水時水質を比較するため、平常時水質として定期観測データを用いた。

2. 洪水時の栄養塩類の水質変化

栄養塩類は生物の生産活動を規定する重要な成分であるとともに、一方でその過剰生産活動により富栄養化などの水質悪化をもたらす藻類増殖の制限物質である。こうした窒素・リンの洪水時の供給ポテンシャルを把握するだけならば総窒素や総リンの定量だけでも十分であろう。しかし、その供給源や物質循環と生態系との関わりを把握していくうえでは形態別(無機態・有機態及び溶解性・粒子性)の調査は必要不可欠である。洪水時水質の時間変化特性を述べる前、に窒素及びリンの形態別区分についての本報告での取り扱いを述べる。

窒素及びリンの化学的組成区分としては、無機態及び有機態があり、無機態窒素(アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素)は主に山林、田畑から供給され、有機態窒素は主に畜産排水や家庭下水から供給されている。無機態リンのオルトリン酸態リンは土壌、岩石からの溶出や、生物体の分解によって生じるほか、農地からのリン酸アンモニウム肥料の流出、家庭排水(食品添加物等に多く使用)等が供給源として考えられる。また有機態リンはバクテリアやプランクトン等の生体あるいはその死骸の構成成分として存在している。

粒径区分としては溶解性(溶存態)及び粒子性(懸濁態)がある。無機態窒素については、河川水中ではほとんど溶解性であるため、粒子性無機態窒素については除外している。なお本報告での溶解性とは粒子の径が0.001mm未満の成分である。

また、無機態リンについては、オルトリン酸のほかメタリン酸、ピロリン酸、ポリリン酸等があるが、著しく汚濁した河川でなければ合成洗剤等に由来するこれらの重合リン酸は少ないので、無機態リンはオルトリン酸態リンのみとした¹⁾。

平常時水質の形態別データがないため、洪水初期(9/8/13 18:00)の総窒素・総リンと平常時(定期観測)の総窒素・総リンの比較を行い(図2)、ほぼ同程度であると見なせることから洪水初期データを平常時データとして洪水時データとの形態別の比較を行った。各洪水時の窒素・リンの洪水初期データ及び濃度ピーク時の形態別比率を示したものが図3であり、形態別変化と流量変化を示したものが図4である。

洪水初期(≒平常時)の窒素の構成は溶解性成分が87%と優占的に存在している。

また無機態と有機態の比率は53%と47%でほぼ同割合となっている。

写真1 河床材料採取器

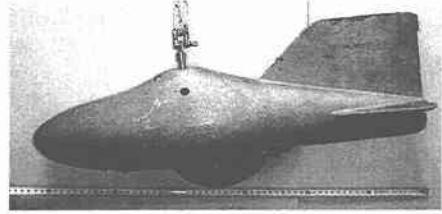


表1 観測洪水の概要

観測洪水	総雨量 (mm)	鶴川橋		穂別橋	
		ピーク流量 (m ³ /S)	同左生起時刻	ピーク流量 (m ³ /S)	同左生起時刻
H9.8.10	220 (135)	1,089	8/10 18:00	1,207	8/10 12:00
H10.4.13	52	594	4/14 4:00	582	4/14 0:00
H10.8.28	195	1,781	8/28 23:00	1,425	8/28 18:00

注)8/10の総雨量括弧書は2山降雨の1雨量

洪水時には流量の増加とともに総窒素は大きく増加しているが、平常時に優占していた溶解性総窒素の濃度はほとんど変化しておらず、その増加は粒子性有機態窒素によってもたらされ、その比率は約90%を占めている。

図5に示したSS-T-Nの相関を見ても、溶解性成分が卓越している平常時の相関は極めて低いが、洪水時の相関はかなり高くなっているのがわかる。

リンの場合は窒素と異なり洪水初期（≒平常時）も粒子性成分が約80%と優占しており、無機態と有機態の比率は51%と49%でほぼ同割合であった。洪水時の総リンの増加のほとんどを粒子性リンで占めており、窒素同様に溶解性成分はほとんど変化していない。図4においては粒子性総リンに占める無機態と有機態の構成比が97/8/10洪水と98/4/13洪水で逆転現象が見られるが原因は不明である。また図5に示したSS-T-Pの相関を見ると、リンは平常時も粒子性成分が優占しているためその相関は高いが、洪水時には粒子性成分の比率が更なる高くなるため、SSと極めて高い相関を示している。

以上のように、洪水時の窒素及びリンの輸送形態は粒子性成分が支配的に増加しており、SSが大きく関与していることが確認された。

これらのうち有機態の窒素・リンは、ただちに生物に取り込まれ利用されることは少ないが、自然の分解作用を受けて無機態へと変化する過程の中で取り込まれることになる。

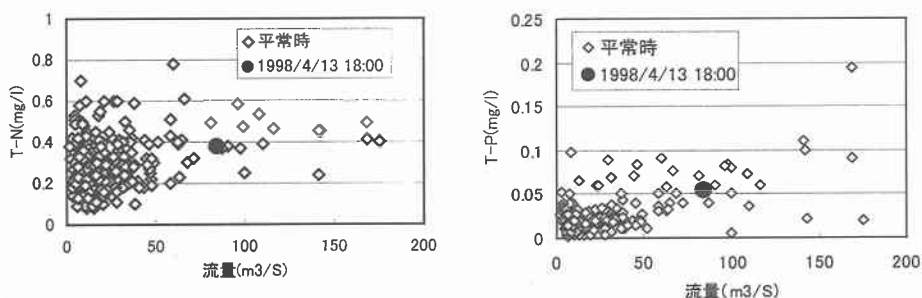


図2 洪水初期と平常時の T-N・T-P の比較

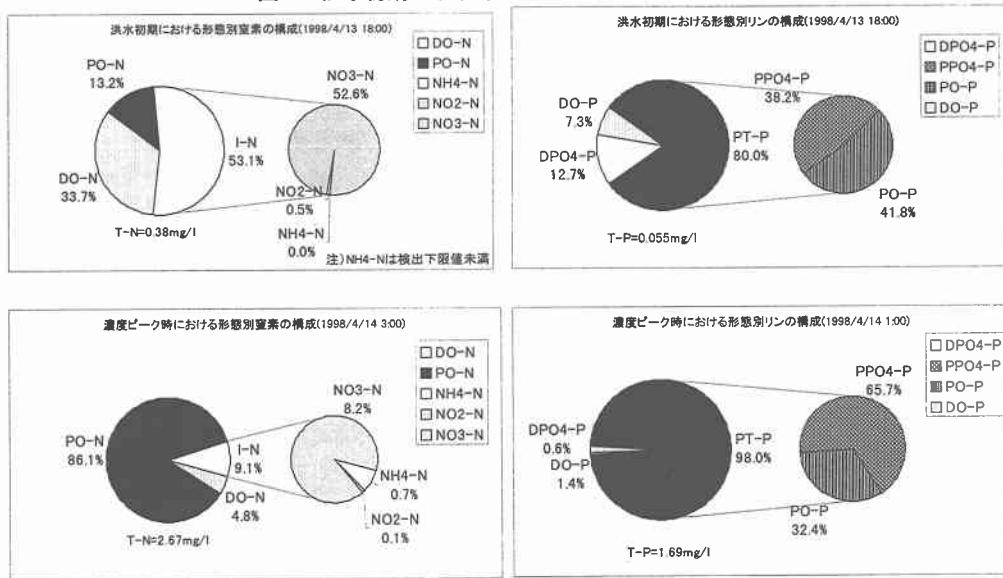


図3 洪水初期及び濃度ピーク時における窒素・リンの形態別構成

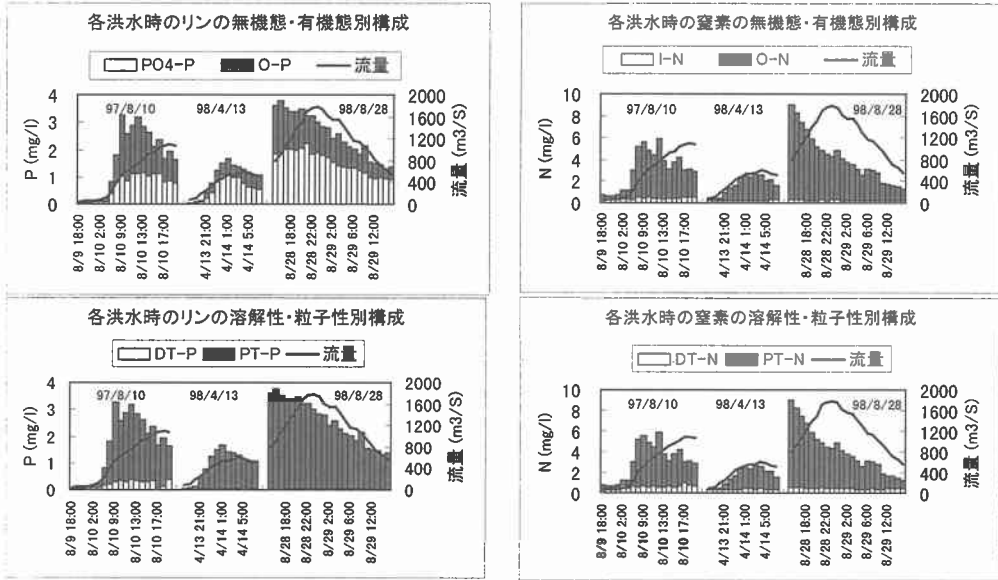


図4 窒素・リンの形態別構成

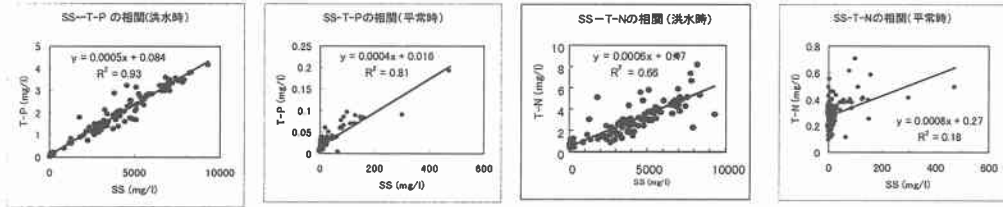


図5 窒素・リンとSSの相関

3. 窒素・リン・SS供給源に関する考察

3.1 平常時の河岸堆積物及び河床材料の粒径分布

洪水時に供給される浮遊物質の一部はその減水期に河岸・高水敷等に沈降堆積している。これらの河岸堆積物が次回洪水時の重要な窒素・リン・SSの供給源となっていると考えられるので、縦断的に河岸堆積物及び河床材料を採取し粒径分析を行い、SS粒径との比較を行った。

図6及び7に示した平常時（洪水直前の8/26）の河岸堆積物・河床材料の粒径分布とSSの粒径を比較すると、SSの粒径成分は河床材料の粒径成分にはほとんど含まれていない。したがって河床材料は少なくとも河川表層部のSS供給にはほとんど寄与していないことがわかる。一方、河岸堆積物の細粒分はSSの粒径分布との重複部を有しており、河岸堆積物のうちの細粒分がSS供給源のひとつと考えられる。このように洪水時のSSは護岸や高水敷上の堆積物あるいは河岸侵食等により供

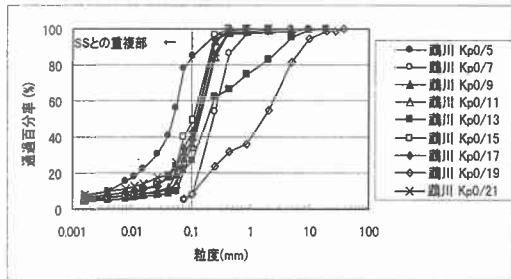


図6 河岸堆積物の粒径分布

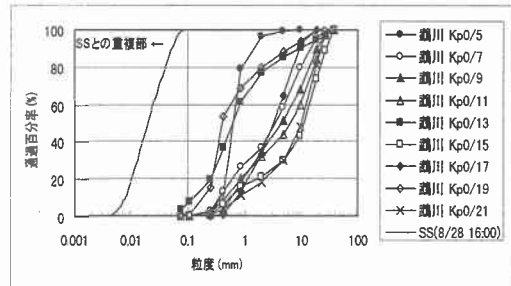


図7 河床材料の粒径分布

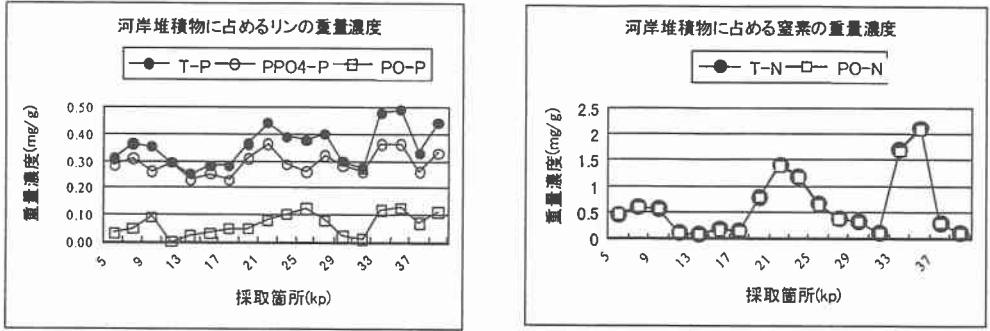


図8 河岸堆積物に占める窒素・リン

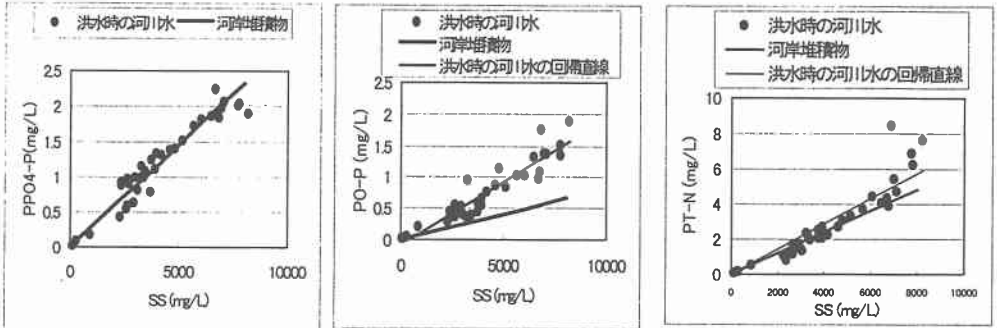


図9 洪水時のSS及び河岸堆積物に占める形態別リン・窒素の比較

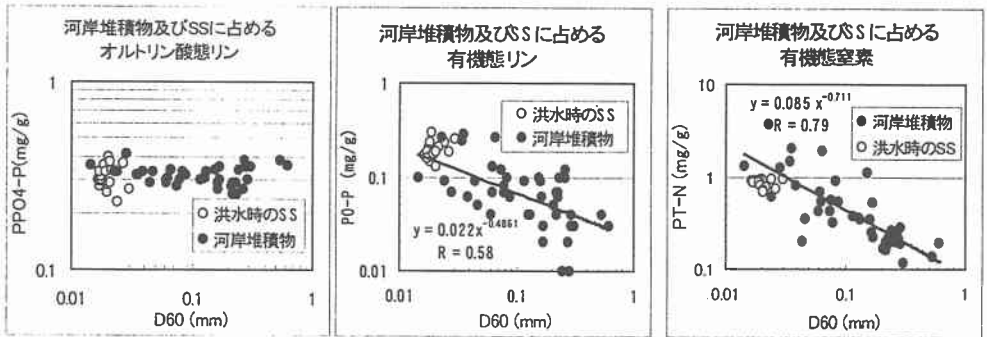


図10 SS及び河岸堆積物のD60粒径と形態別リン・窒素

給されているものと思われる。

河道内堆積物が窒素・リンを含むSSの供給に及ぼす影響の把握や河道内堆積物が河川生態系に果たす役割などについても今後は調査を行う必要がある。

3. 2 平常時の河岸堆積物の成分分析

洪水直前 (H10.8.26・8.27)に縦断的に河岸堆積物を採取し、窒素・リンの含有量を分析した結果を図示したものが図8である。

河岸堆積物に占める総リンの重量濃度は縦断的にほぼ一様で0.4mg/g前後で推移しており、そのうちの約80%以上をオルトリン酸態リンが占めている。この比率は洪水水中の総リンに占めるオルトリン酸態リンの比率に比べて高く、これは河岸堆積後に有機態リンが分解されオルトリン酸態リンに変化したためと思われる。

一方、河岸堆積物に占める窒素はその99%が有機態窒素で縦断的に見ると0.1mg/gから2.1mg/gと場所によって

大きく変化している。

洪水中のSS及び河岸堆積物に占める形態別リン及び窒素の関係を示したものが図9であり、オルトリン酸態リン及び有機態窒素についてSSと河岸堆積物の両者は極めてよく一致しており、これもまた河岸堆積物が窒素・リン・SS供給源のひとつとして強く関与していることを示唆するものである。

しかし、図9に示すように洪水中のSSに占める粒子性有機態リンの比率は、河岸堆積物に占める粒子性有機態リンの比率に比べて約2倍と高く、有機態リンに関してはSSと河岸堆積物の相関は低くなっている。

図10に示した河岸堆積物の粒径とリン及び窒素の重量濃度の関係を見るとオルトリン酸態リンは粒径に関係なくほぼ一定である。一方、有機態リン及び有機態窒素は粒径が小さくなるにつれて、つまり同じ重量であれば表面積の総和が大きくなるにつれて重量濃度が大きくなる傾向を示しており、有機態リン及び有機態窒素は土粒子表面に吸着していることが推定される。

おわりに

今回の観測で、洪水時の窒素、リンが平常時とは大きく異なり、粒径的にはその大半を粒子性の形態で、物的に窒素はその大半を有機態で、リンは有機態・無機態がほぼ同程度で輸送されていることが確認できた。

また、洪水時の窒素・リン・SSと河岸堆積物との類似性を粒径分布やオルトリン酸態リンの比率に見ることができ、河岸堆積物が窒素・リンをはじめとする土砂供給に大きく関与している可能性を見出した。

本報告は基礎データから洪水時の栄養塩類の特性について概略を述べたものであり、今後は現象の解明に向けてデータの詳細な解析とともに、流域の土地利用を考慮した農地域や山地からの流入や季節的な変化について、さらに洪水時の河岸堆積物の巻上げ・沈降の現地実験を通じてその供給機構や河道内堆積物のSSに対する寄与率を解明していきたい。

参考文献

- 1) 技報堂出版：河川水質試験方法（案）
- 2) 渡邊康玄、新目竜一、齋藤大作、玉川尊：鶴川1998年融雪出水時の物質輸送に関する現地調査、土木学会水工学論文集、第43巻 1999年
- 3) 新目竜一、渡邊康玄：鶴川における洪水時の物質輸送に関する現地調査、北海道開発局開発土木研究所月報第547号、1998年12月
- 4) 渡邊康玄、新目竜一、齋藤大作：鶴川における洪水時の河岸堆積に関する調査、土木学会北海道支部論文報告集 55号(B) 1999年2月