

河川から供給された物質の河口沿岸域での挙動

山下俊彦*・宮下将典**・山崎真一***・渡邊康玄****

1. はじめに

流域に降った雨や雪は、地域特性によって種々の物質を含有し、河川に集まり、最後は海まで流れていく。このように、流域、河川、沿岸域は水を媒介とした物質循環の中で相互に影響を及ぼしている。また、河川や沿岸域の水質・生態系は、森林からの流出、農地からの流出、都市からの生活排水や工場排水など流域の土地利用特性と密接に関係しており、我々の生活や生物の生息に大きく関わっている。河川域と沿岸域とは今まで別々に研究されることが多いが、このような問題を解決するためには、両域を一体として捉え、その広域での水、土砂、栄養塩等の物質循環を明らかにすることが必要である。

河川での物質輸送に関しては、橘 (1993) は、洪水時に栄養塩は主に懸濁物質に吸着して流下することを報告している。渡邊ら (1999) は、鶴川の融雪洪水期の現地調査より、洪水時の栄養塩は懸濁物質に吸着された形で平水時と比べ大量に輸送され、かつ吸着されている物質は高水敷等の河道内堆積物と同等であること、堆積物の平均粒径と粒子性の水質成分とにより相関があるという結果を報告している。海域での河川流出物質の挙動については、船木・新目 (1998) が、鶴川河口海域で洪水時のトラップ内沈降物質量、物質特性を報告している。

そこで本研究では、両者の境界領域である鶴川河口部を挟んだ沿岸域と河川域を対象として、河川出水時に沿岸域で現地観測を行ない、河川から海域に供給された物質の量的・質的特性と沿岸域の拡散特性を把握する。次に、同時に河川域で現地観測された洪水時の物質移動特性等と比較検討し、河川流出物質の海域での拡散、堆積過程を明らかにする。

2. 調査方法

今回調査を実施した鶴川は、北海道日高山脈に源を発し、太平洋苫小牧沿岸に注ぐ流域面積 1270 km²、流路延

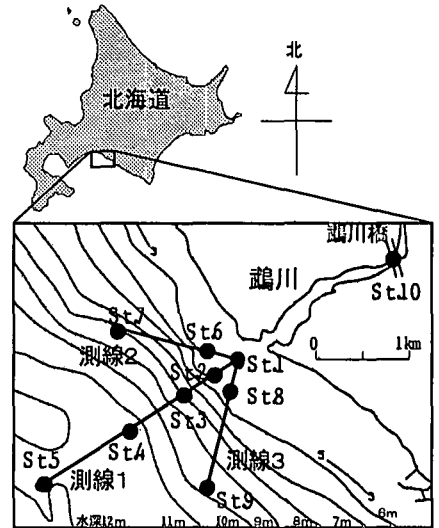


図-1 現地観測地点

長が 135 km の一級河川である。流域形状は細長く、流域面積の 91% が森林で占められ、沖積平地はほとんどなく河口付近はデルタを形成している。

1998 年融雪出水時と夏期出水時に、河川水由来の沈降物を捕捉するために、図-1 に示す鶴川河口部から沖合い方向に放射状に計 9 点 (河口からの距離約 300~2500 m) でセディメントトラップを水深の 1/2 層に設置し、沈降物の採取を行なった。図-2 に示すように、海域でのトラップ設置期間は融雪出水時では 4 月 28 日~6 月 2 日で約 10 日毎に 3 回、夏期洪水時では 8 月 30 日~9 月 11 日の 1 回である。分析項目は、沈降物量、窒素、リン、クロロフィル a、強熱減量、鉄、粒径、COD、BOD、シリカ、硫化物、マンガンである。

河川域での観測結果は渡邊ら (1999) に報告されており、ここではその分析結果を用い、沿岸域での沈降物等との比較検討を行なった。河川域での観測の概要は、St. 10 の鶴川橋付近にて、出水時 (図-2) に採水、採泥、出水時と非出水時に河岸堆積物の採取をそれぞれ行ない、海域とほぼ同様の分析を行っている。

なお、流量規模は融雪出水時は最大流量が 4 月 14 日 5

* 正 会 員 工 博 北海道大学助教授 大学院工学研究科環境資源工学専攻

** 学生会員 北海道大学大学院工学研究科

*** 正 会 員 工 修 北海道開発局 開発土木研究所

**** 正 会 員 工 博 北海道開発局 開発土木研究所

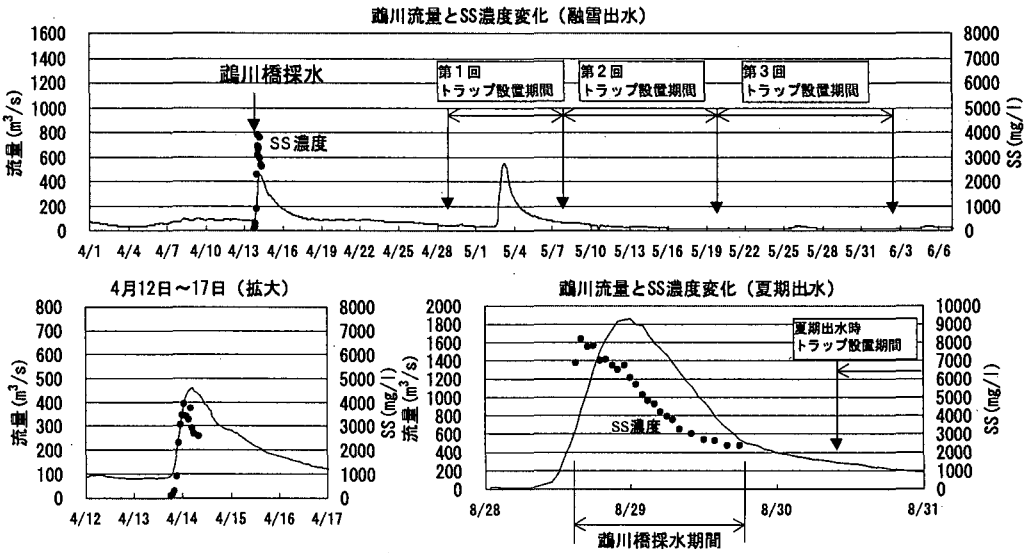


図-2 観測期間とTama川流量とSS濃度変化

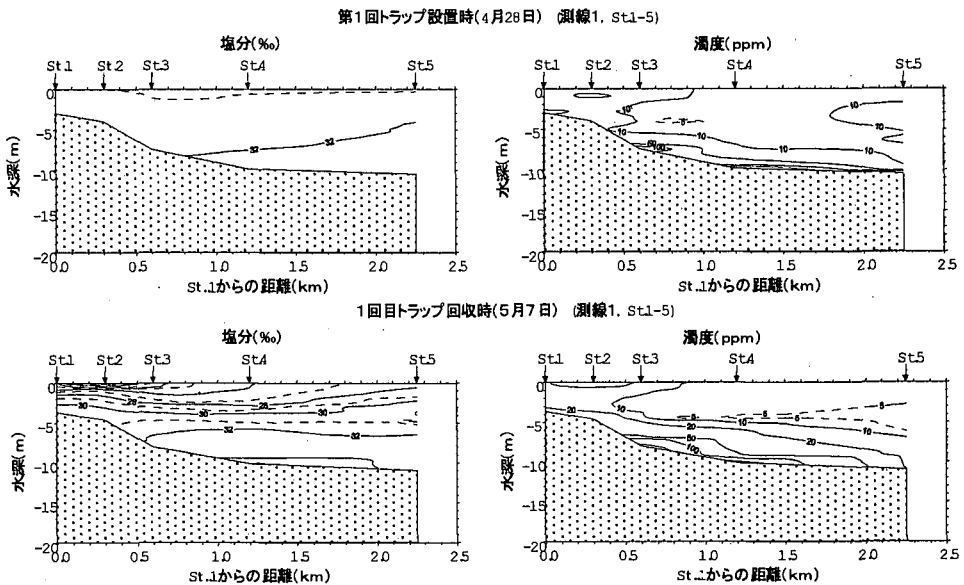


図-3 塩分濃度と濁度の鉛直分布

時に $458 \text{ m}^3/\text{s}$ 、5月3日4時に $552 \text{ m}^3/\text{s}$ の2回の大きな洪水があり、夏期出水時は8月29日0時にピーク流量 $1857 \text{ m}^3/\text{s}$ を記録する観測史上4番目の規模の洪水であった。

3. 海域での河川水の挙動と濁度の変化

図-3に、一例として5月3日の流量ピーク前の4月28日とピーク後の5月7日の測線1の塩分濃度と濁度の鉛直分布を示す。図-4にこの期間のTama川から近い苦小牧港湾建設事務所観測した苦小牧西港の風速、波高、

底面流速(水深24.5m)を示す。セディメントトラップ設置時の4月28日は流量が $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 程で、塩分濃度はあまり低下しておらず、濁度も底層付近まで低くなっている。28日は波高も0.5mと小さく波動流速による底質のまき上げも少ない。流量ピーク後のトラップ回収時の5月7日は流量が約 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ でピーク前と同程度であるが、St.1-5において、河口から約2.8kmのSt.5で表層の塩分濃度が28km以下に低下する等洪水時に流出した河川水が沖合い遠くまで拡散している状況がわかる。濁度は4月28日より底層で高くなっており、大量の河

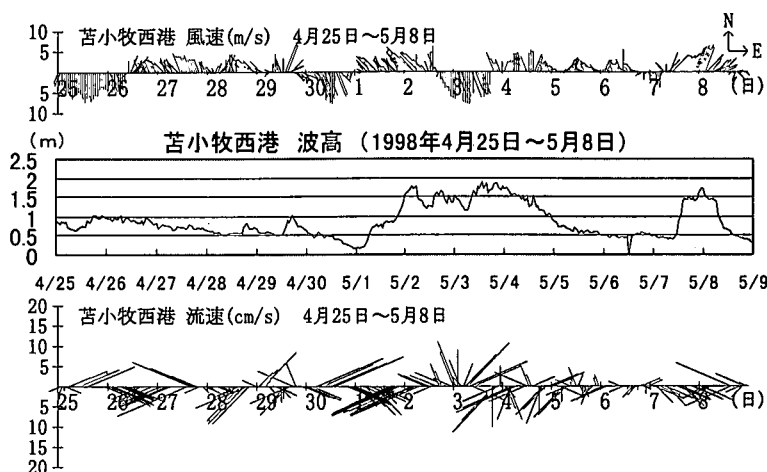


図-4 苫小牧西港の風速・波高・流速

川水により流出した懸濁物質が沈降して底層の濁度を高めていると考えられる。7日も波高は0.5mと小さく底層の濁度の上昇への波の影響は小さい。

4. 河川から海域への懸濁物質移動量

流量規模の異なる融雪出水時(4月)と夏期出水時(8月)に、鵜川橋(St. 10)にて観測された懸濁物質濃度の観測結果(図-2参照)から、流量 Q と懸濁物質(SS)負荷量 L との関係は図-5となる。増水期にSS負荷量が多く、減水期に少ないというヒステリシスが特に8月のデータにはとらえられているが、ここでは最も簡単にヒステリシスは無視して、最小二乗法により近似式を求めた。これより、 $L(t/s) = 3E-09 \cdot Q^{2.07}$ を用いて、第1回と第2回トラップ設置期間(4月28日～5月19日)に海域に供給された懸濁物質総量を推定した結果、約13.7万トンとなった。

一方、セディメントトラップに捕捉された単位面積当たりの沈降物質量を図-6に示す。河川から流出した物質のうち多くが河口周辺域で沈降し、4月28日～5月19日の苫小牧西港の流動をみると(図-4参照)、一日周期程度の流動が中心で卓越した長周期あるいは一方方向の流動はなかったため、測線1, 2, 3で沿岸域の流動などの影響による沈降物質量に大きな差は見られなかった。

今回の観測では測線による沈降物質量に大きな差はないことがわかったので、懸濁物質が河口からの距離に対して同心円状に図-6中の近似式の様に海域に拡散して沈降したと仮定し、空間積分により沈降物質の総量を推定した。なお、第1回トラップ設置期間のものは、St. 2(河口からの距離600m)より河口側区域ではSt. 2の沈

降量 29.4 kg/m^2 が一定に堆積するとした。同様に第2回トラップ設置期間ではSt. 3(900m)の沈降量 0.96 kg/m^2 を用いた。その結果、2期間合わせた推定沈降量は約5.4万トンとなり、これは河川から流出した推定懸濁物質総量13.7万トンの約40%に相当し、河口部から約5kmの範囲内に沈降したと考えられる。

5. 海域に供給される物質の特性

図-7にトラップ内の沈降物の分析結果を示す。沈降物質量をみると、前述のように河口に近いほど多くなっており、河口からの距離が約900mのSt. 3では沈降物質量が激減している。強熱減量は河口近傍よりむしろ沖合いで高く、有機物質含有量が沖合い域でより高くなっていることを意味している。総窒素と総リンの栄養塩類も沖合の方が高濃度となっている。一方、無機物である鉄は、幾分沖合いの方が高いが河口からの距離による差はほとんどなく、有機物や栄養塩類とは異なった傾向を示している。中央粒径 d_{50} は6月2日回収のSt. 1を除き沖合いほど d_{50} が小さくなっている。これは、粒径が大き

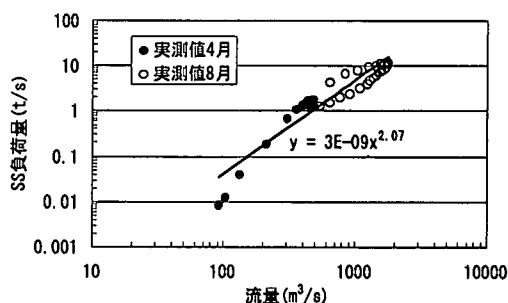


図-5 流量-懸濁物質(SS)の関係

く沈降速度が大きいものが早く沈降してしまい、粒径の小さいものが沈降せずに遠くまで運ばれたものと考えられる。

6. 海域と河川域の粒子性物質の比較

河川域においては、洪水時の窒素、リン等は主に浮遊物質に吸着された形で輸送されることが知られている。そこで、海域での栄養塩や有機物等の輸送形態を探るため、海域沈降物と洪水時 SS (融雪出水, 夏期出水), 河岸堆積物 (非出水時, 出水時) の粒子性物質濃度を中央粒径 d_{50} で整理し比較検討した。例として, 図-8(a), (b), (c) に粒子性総窒素 PT-N, 粒子性総リン PT-P, 懸濁物質の強熱減量の結果を示す。 d_{50} と PT-N の関係をみると粒径が小さい程 PT-N の濃度が高いが, これは小さい粒子程単位重量当たりの表面積が大きく表面吸着しやすいためと考えられる。PT-N ほど顕著ではないが, 同様の傾向が PT-P や強熱減量にも見られる。PT-N と PT-P の比率に着目すると $d_{50}=0.1$ mm の場合は 1:1 程度であるが d_{50} が 0.01 mm 程度に細かくなると藻類等の生物体自身の比率 10:1 に近くなり懸濁物質の中に生物体自身が多く含まれていると推察される。海域沈降物は粒径の小さいものが多いが, これは図-7 で示したように粒径の大きなものは河口部周辺に沈降し, 粒径が小さいものが沖合いまで運ばれるからである。また, 海域沈降物, 河川洪水時 SS, 河岸堆積物による粒子性物質特性の差は少ないことがわかる。

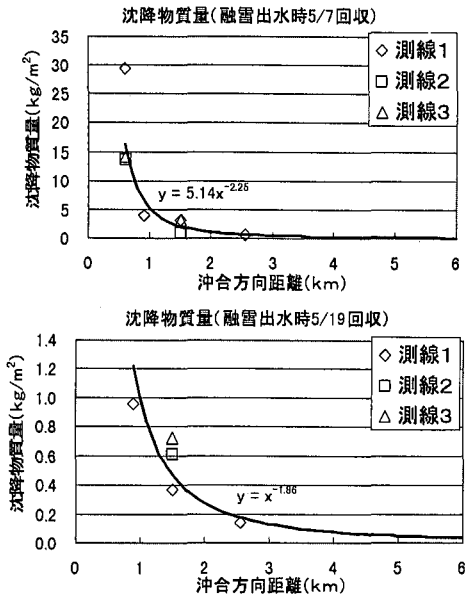


図-6 セディメントトラップの沈降物質量

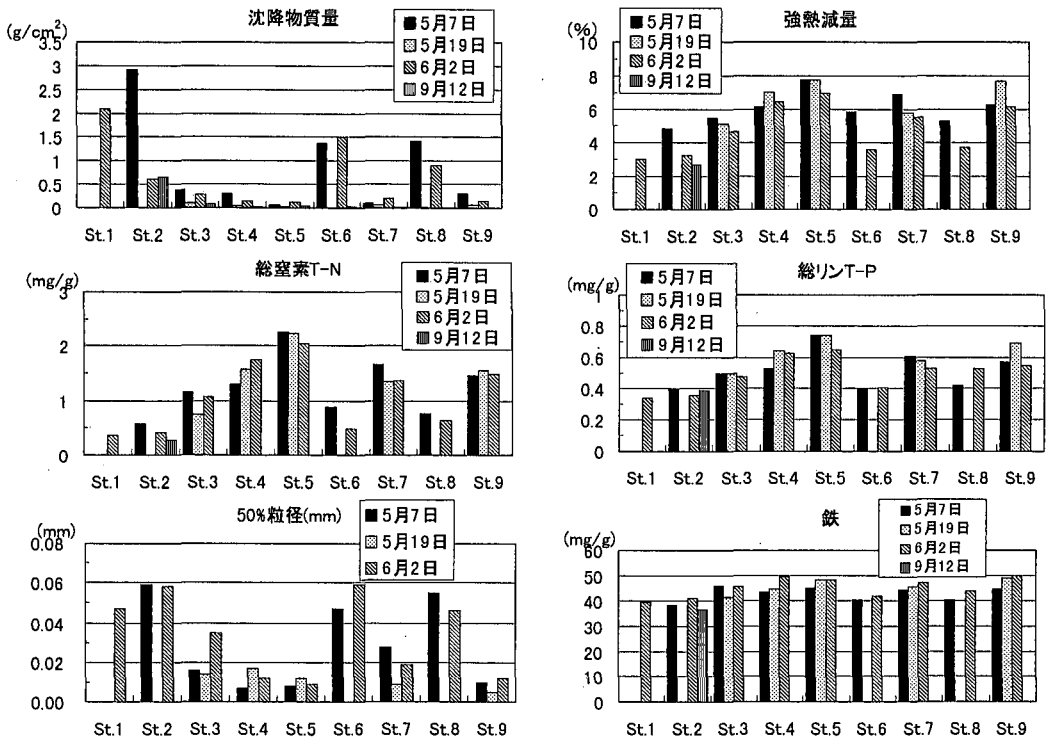


図-7 海域沈降物の分析結果

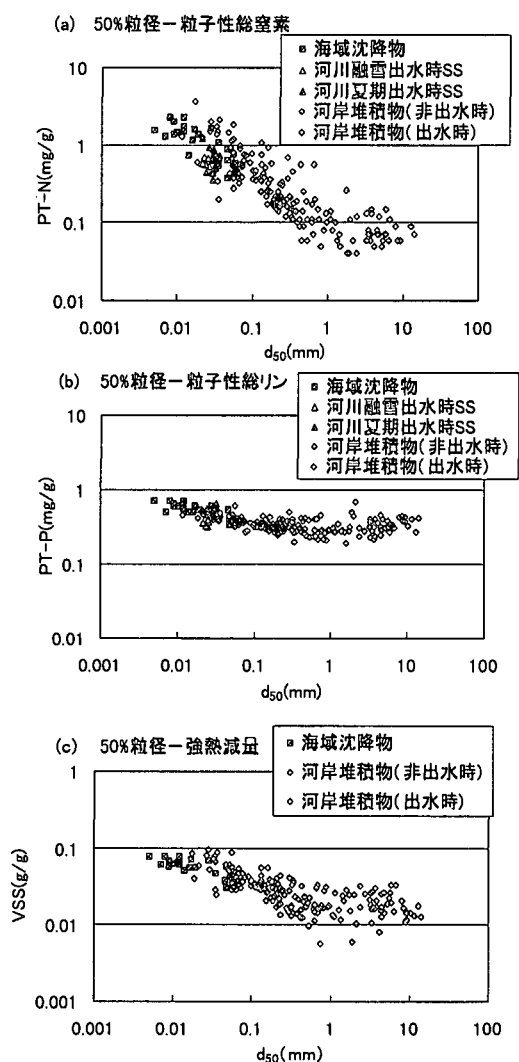


図8 50%粒径で整理した粒子性物質濃度

前述の様に、海域でトラップされた物質の T-N, T-P,

強熱減量が沖の方で濃度がより高くなっている。この理由の一つとして、洪水時の河川から、リン、有機物は懸濁物質に吸着された形で輸送され、粒径の大きなものに吸着しているものは沈降速度が大きいため河口部に堆積し、粒径の小さなものに吸着している高濃度のものは海域の沖合いまで運ばれることが考えられる。

7. おわりに

今回の調査により、河川出水時における河川から海域に供給された物質の量的・質的特性と沿岸域での拡散特性を把握できた。出水時の河川水中に含まれる大量の懸濁物質のうち粒径が大きく沈降速度の大きいものが速く沈降してしまい、懸濁物質総量の約 40% が河口部から約 5 km の範囲内に沈降することにより、河口周辺海域の濃度が高くなることがわかった。また、海域のトラップ内沈降物は、沖合い程、粒径が小さく、栄養塩濃度と強熱減量が大きくなることがわかった。さらに、懸濁物質の平均粒径と粒子性の栄養塩等の水質成分にほぼ一定の関係があり、河川域と沿岸域であり変わらないという興味深い結果が得られた。今後、流量の規模による流出する懸濁物質の質的・量的な違いや河川流出物質の沿岸域への影響など、さらに検討していく必要がある。

最後に、現地観測を実施した船木淳悟氏と新目竜一氏（前北海道開発局開発土木研究所）に感謝の意を表します。

参考文献

- 橋 治国 (1993): 森林河川における栄養塩の流出と懸濁物質の役割, 水環境学会誌, Vol. 16 No. 7, pp. 2-8.
- 船木淳悟・新目竜一 (1998): 河川から供給された物質の河口沿岸域でのふるまいについて, 第 53 回年次学術講演会概要集, II, pp. 788-789.
- 渡辺康玄・新目竜一・斎藤大作・玉川 尊 (1999): 鶴川 1998 年融雪出水時の物質輸送に関する現地調査, 水工学論文集, 第 43 巻, pp. 587-592.