

融雪期に鵡川から供給された物質の河口沿岸域環境への影響

山崎 真一* ・ 渡邊 康玄** ・ 宮下 将典***
森田 真郷**** ・ 山下 俊彦*****

積雪寒冷地の特徴である融雪洪水期に、開放性沿岸域に流出する鵡川の下流域と沿岸域の両域を対象として現地観測を行い、河川洪水中の物質輸送特性と流出物質の沿岸域での挙動を調べた。河川では流量増加に伴い SS 濃度が高くなり、栄養塩は SS に吸着された形で大部分が輸送される。河川流出物質の海域水質への影響を考察した。融雪洪水により供給された栄養塩により、海域での植物プランクトンが増殖している可能性を示した。河川から栄養塩の大部分が SS に吸着された形で流出され、海域で沈降、拡散、再移動を繰り返し、河口から 10 km 以上の広い海域の底質環境に大きな影響を与えていると考えられる。

1. はじめに

流域に降った雨や雪は、地域の特性によって様々な物質を含有し、河川に集まり最後は海まで流れて行く。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あっている。また、河川や沿岸域の水質・生態系等は、森林や農地からの流出、都市からの生活排水や工場排水等、その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。今まで、河川域と沿岸域は、別々に研究されることが多かったが、このように問題を解決するためには、両域を一体として捉え、水系一貫の栄養塩や土砂の動態を明らかにする必要がある。

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 (SS) に吸着して流下することを報告している。渡邊ら (1999) は、鵡川の融雪洪水期の現地調査により、洪水時の栄養塩は SS に吸着された形で平水期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、堆積物の中央粒径と粒子性物質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。沿岸での河川流出物質の挙動については、船木・新目 (1998)、山下ら (2000) は、鵡川河口沿岸域で河川洪水時にトラップを設置し、トラップ内沈降物質量、物質特性を報告している。また、山下ら (2001) は石狩川沿岸域で融雪期に現地観測を行い、河川流出物特性と流出物質の沿岸域での拡散・堆積特性を把握し、河川流出物質の海域環境への影響を考察している。河川流出物質特性や、その河口沿岸域への影響は地域特性によって異なる結果となっている。

そこで本研究では、両者の境界域である鵡川河口部を挟んだ沿岸域と河川域を対象として、融雪洪水期に両域で同時に現地観測を行った。まず、河川洪水中の物質輸

送特性と、沿岸域での海水中と底質中の物質の変動特性を定量的に把握する。次に、両者を比較検討することにより、河川流出物質の河口沿岸域環境への影響を考察する。

2. 調査方法

今回調査を実施した鵡川は、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 1,270 km²、流路延長 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。

観測期間は、融雪出水期を含む 2000 年 4/10~6/1 であり、図-1 に観測地点を示す。河川域では鵡川橋、海域では河口から放射状に 16 地点 (距離にして約 0.3~12 km) で観測した。鵡川橋では期間中 2 回の洪水の中に計 57 回の表層採水を行った。海域では期間中 9 回の採水 (水深 1 m, 5 m)、4 回のセディメントトラップ (1/2 水深層)、6 回の採泥、蛍光砂を用いた海底への河川流出物質の沈降、移動調査を行った。尚、セディメントトラップを設置している測線は Line-A のみである。

分析項目は、SS、粒径、各態の窒素とリン、クロロフィル a、フェオフィチン、TOC、強熱減量、COD、鉄、マンガン、トラップ沈降物質量等である。

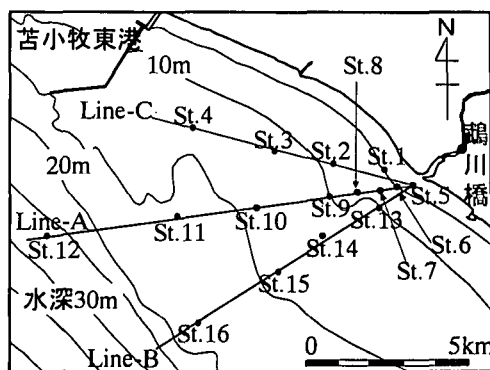


図-1 観測地点

* 正会員 工修 (独法)北海道開発土木研究所河川研究室
** 正会員 工博 (独法)北海道開発土木研究所河川研究室
*** 正会員 工修 北海道電力(株)
**** 北海道大学大学院工学研究科
***** 正会員 工博 北海道大学助教授 大学院工学研究科

3. 河川流出物質特性

鵜川橋で観測された流量とSS濃度、粒子性と溶解性の窒素とリンの濃度を図-2に示す。流量規模は4/11に $959 \text{ m}^3/\text{s}$ 、また5/13、15に $764 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1192 \text{ m}^3/\text{s}$ と融雪出水としてはかなり大きな規模であった。

流量の増加に伴いSS濃度は高くなり、SS濃度のピー

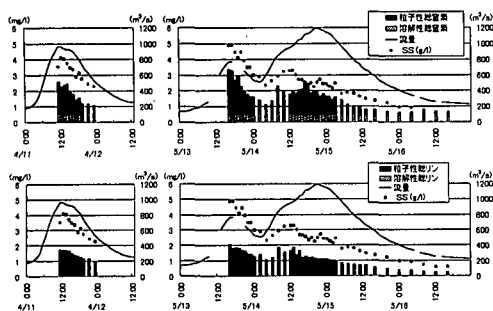


図-2 鵜川橋採水

クは流量のピークより少し早いことがわかる。粒子性総窒素 (PT-N)、粒子性総リン (PT-P) の濃度はSS濃度の増加に伴って高くなり、流量ピーク時には総窒素の8割以上、総リンのほとんどを占め、洪水時に栄養塩は主にSSに吸着された形で輸送されていることがわかる。これらの結果は、橋 (1993)、渡邊ら (1999) に報告されたものと同様の傾向である。また、溶解性総窒素 (DT-N) の濃度は 0.4 mg/l とほぼ一定、溶解性総リン (DT-P) の濃度は $0.012 \sim 0.04 \text{ mg/l}$ とかなり低い値であった。

4. 海域採水特性

図-3に、ST. 5, 7, 12での水面下1mのSS濃度、PT-N、DT-N濃度、PT-P、DT-P濃度、クロロフィルa濃度の時系列変化を示す。河口付近のST. 5では、出水時の河川での粒子性物質の増加とともに、海域採水中のSS濃度、PT-N濃度、PT-P濃度が高くなり、河川出水の影響が顕著に見られる。出水時における河川域 (4/13の鵜川橋) と海域 (4/13のST. 5) の採水中のSS濃度を比較してみると、河川域では約 4000 mg/l 、海域では約80

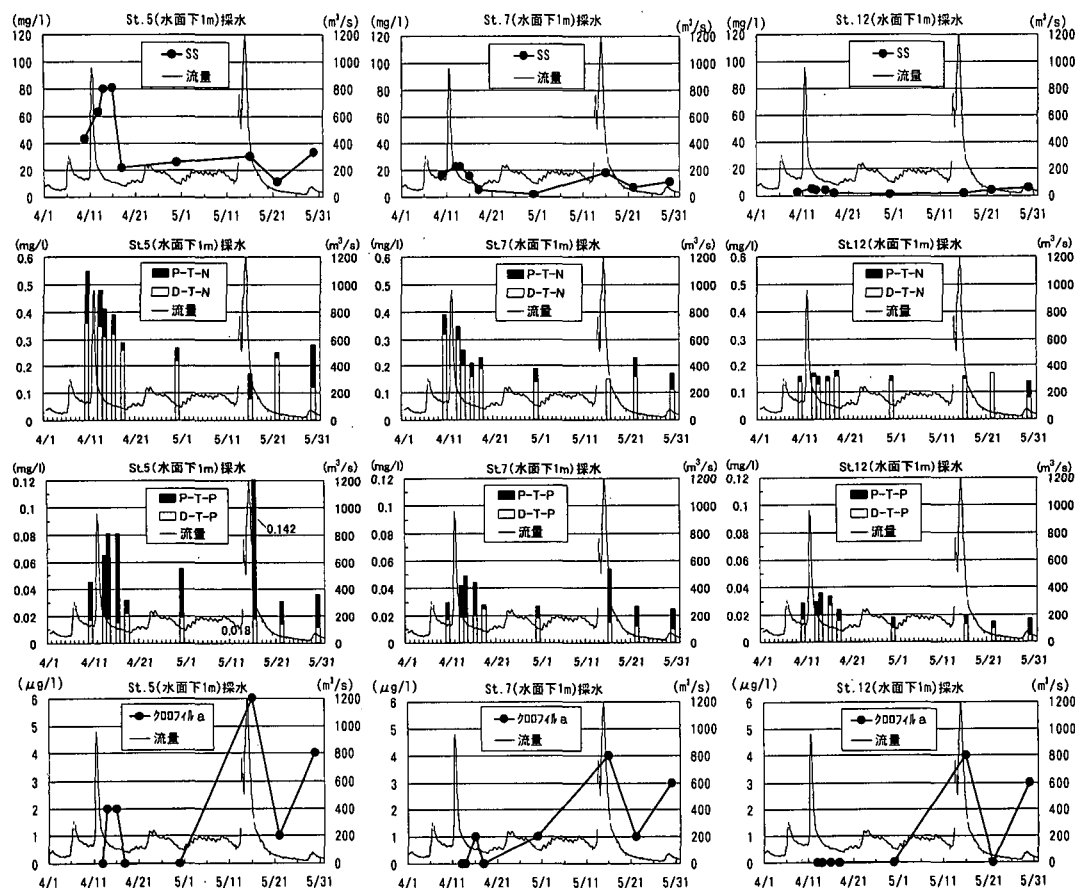


図-3 海域採水

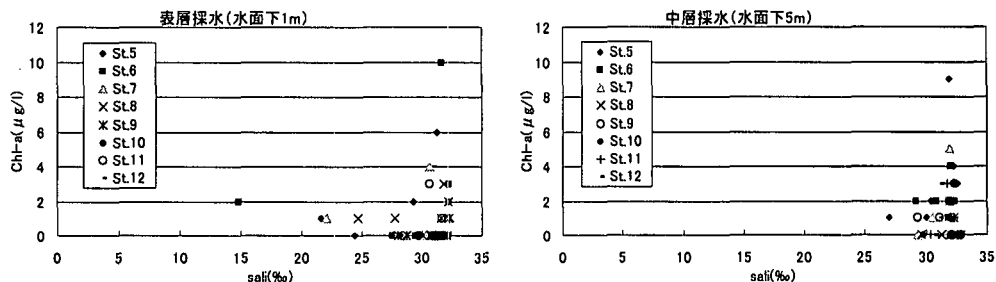


図-4 塩分濃度-クロロフィル a 濃度

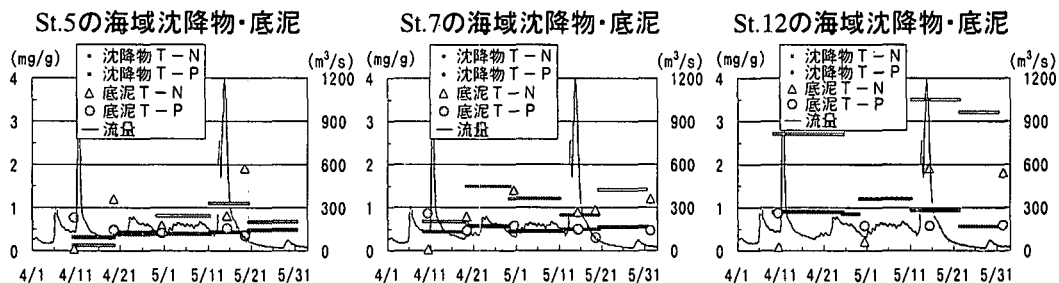


図-5 海域沈降物・底泥

mg/l と海域は河川域の約 1/50 となっていて、SS の大部分が河口付近で希釈、拡散、沈降していると考えられる。また、図-3 を見てわかるように沖に向かうにつれ河川の影響は弱まり、河口から最も遠い ST. 12 では、SS、PT-N、PT-P とも出水による河川の影響は、はっきりとは見られない。

DT-N 濃度は海域採水中における総窒素濃度の大部分を占め、出水時には河口付近で高い傾向がある。DT-P 濃度は地点間ではあまり変化が無く、5/16 までは 0.02 mg/l 程度で、融雪後期の 5/23 以降では 0.01 mg/l 程度に低下している。図には示していないが、 $PO_4\text{-P}$ について見てみると、融雪洪水前の 4/10、洪水期後期の 5/16 以降は 0.01 mg/l 以下と低いですが、融雪洪水直後の 4/13~18、5/22 に 0.015~0.02 mg/l 程度と高くなっている。しかし、出水後の 5/16 はどの地点も DT-N 濃度は低い値を示している。これは、この地点に卓越していた南東方向の強い流れにより河川水が観測地点以外の範囲に移流した事が考えられる。

海域でのクロロフィル a 濃度は洪水の後に増加している。そこで、河川水が植物プランクトンの増殖に与える影響を検討するため、海域採水の塩分濃度とクロロフィル a 濃度を比較してみた (図-4)。表層、中層採水とも塩分濃度の高いほうが、クロロフィル a の濃度が高い場合が多い。よって、海域のクロロフィル a の濃度は、河川水に含まれる植物プランクトンが海域で海水との混合希釈したものではなく、栄養塩が供給された洪水後に

増殖したことが要因の一つとして考えられる。今後、流動を考慮した生態系シミュレーションを行い検討していく必要がある。

5. 海域沈降物・底泥特性

図-5 に一例として ST. 5, 7, 12 のセディメントトラップと採泥で得られた沈降物質中と底質中の総窒素 (T-N)、総リン (T-P) の含有量を示す。

沈降物質中の T-N、T-P 含有量は、沖に行くほど高くなり、各 ST. 毎の時系列変化は小さい。沖ほど高含有量になる理由として、まず沈降物の粒径が小さく、単位重量当りの表面積が大きく、栄養塩を吸着しやすいこと、次に粒径が小さいものには生物体自身が多く含まれていることが考えられる (7. 参照)。

ST. 5 の表層採泥中の T-N 含有量は、出水前 (4/10) は、約 0.05 mg/g と低い値だが、出水後 1 mg/g 以上の高い値になっている。ST. 7, 12 も同様の傾向であるが、ST. 12 は出水の影響が少ないためか 5/1 でも 0.2 mg/g と小さい値となっている。4/10 は出水の前であり、新生堆積物が供給されない状況にあり、窒素が分解・消失したものと考えられる。その後、河川からの出水により、新生堆積物が供給されたため (地点間での沈降・堆積過程による時間差はあるものの)、T-N 含有量が 1 mg/g 以上の高い値を示したと考えられる。一方、総リンについては約 0.5 mg/g で時間的、空間的も、ほぼ一定である。

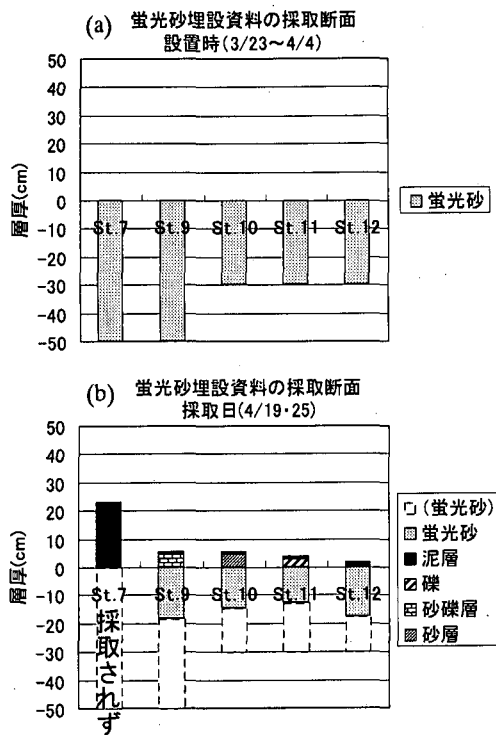
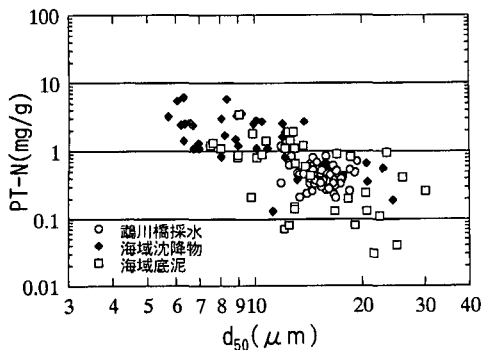
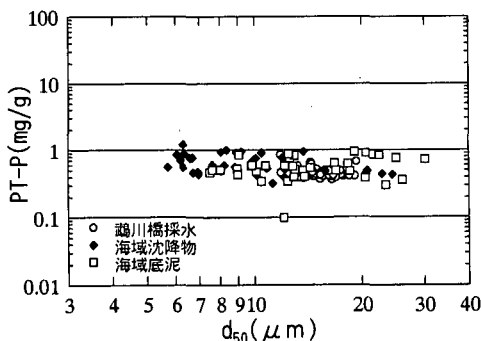


図-6 螢光砂置換採泥

50%粒径-粒子性総窒素含有量



50%粒径-粒子性総リン含有量

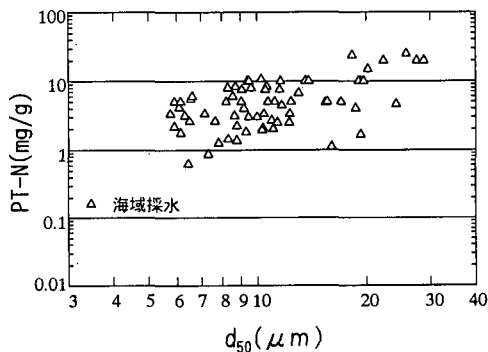
図-7 d_{50} -粒子性物質含有量 (鵜川橋採水・海域沈降物・海域底泥)

6. 螢光砂埋設による底質堆積・移動調査

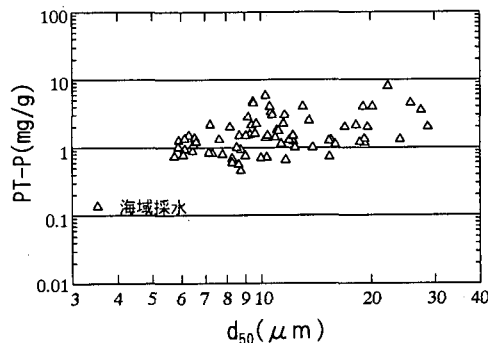
海底における土砂の移動・堆積状況を把握するため、融雪出水前の3/23~4/4にST. 7, 9, 10, 11, 12の地点の海底面に、図-6(a)に表す厚さで、その場所の粒径にあわせた螢光砂を埋設した。その後、融雪出水後の4/19・25, 5/19, 6/17に螢光砂埋設層を含む海底土砂の柱状採泥を行い、螢光砂を基準層として、土砂の移動・堆積を調べた。

柱状採泥結果の例を図-6(b)示す。海域採水でも河川出水の影響が見られた河口から1.5 kmほどのST. 7 (水深10 m)では、泥が20 cm以上堆積しており、また、海域採水では河川からの顕著な影響が見られなかった河口から12 km沖合のST. 12 (水深27 m)においても、中央粒径 $d_{50}=0.19 \mu\text{m}$ 程度の河川由来と思われる粒径の細かい土砂が0.3 cm以上の厚さで堆積していることが確認された。一方、ST. 11 (水深16 m)では粒径10 mm以上の大粒径のものも、海底で移動していることが確認された。このことから、河川から供給された土砂が海底に堆積し、移動・沈降・堆積を繰り返しながら、広域に影響を及ぼしていることが確認できた。

50%粒径-粒子性総窒素含有量



50%粒径-粒子性総リン含有量

図-8 d_{50} -粒子性物質含有量 (海域採水)

7. 海域と河川域の粒子性物質の比較

前述したように、河川出水時には栄養塩はSSに吸着された形で輸送される。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、鵠川橋採水、海域沈降物、海域底泥の粒子性物質含有量を中央粒径 d_{50} で整理したものを図-7に示す。

鵠川橋採水、海域沈降物、海域底泥において、PT-N、PT-Pの含有量とも中央粒径 d_{50} に対し、ある一定の関係にある。洪水時SSの d_{50} は約 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ とほぼ同じの粒径であることもわかる。各含有量の粒径に対する減少率は、PT-PよりPT-Nのほうが大きい。一般的に、リンは浮遊物質に表面吸着しやすいことが知られており、粒径が小さな粒子ほど単位重量当たりの表面積が大きく、PT-P含有量の中央粒径 d_{50} に対する減少率が大きくなることが予想されたが、実際には減少率がPT-Nより小さいものとなった。今後この理由を明らかにする必要がある。また、N:P比に着目すると、洪水時SS(○印)では1:1程度であるが、粒径が細かくなるに従ってN:P比が大きくなり、生物体自身の比率16:1(レッドフィールド比)に近くなることから、海域に存在する微細藻類などの生物体自身が海域沈降物(◆印)としてトラップされていると考えられる。

海域採水(△印)の粒子性物質含有量を中央粒径 d_{50} で整理したものを図-8に示す。海域採水ではPT-N、PT-P含有量とも図-7と比較して含有量が高くなっている。特に d_{50} が $10 \mu\text{m}$ 以上ではN:P比が大きくなり、生物体自身の比率16:1(レッドフィールド比)に近いものとなっている。これは、海域に存在する藻類などの生物体自身が海域採水中に含まれていることが考えられる。

8. 結 論

洪水時、河川では流量増加に伴いSS濃度が高くなる。窒素やリンの栄養塩は、SSに吸着された形で粒子性物質として大部分が輸送され、洪水時のSS濃度の増加と共に高濃度となる。

海域採水では、河川の顕著な影響は比較的河口付近に限られるが(海域表層(水面下1m)では河口から3km程度)、河川出水時にPT-N、PT-P、DT-N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の増加が見られた。また、洪水により供給された栄養塩により、海域で植物プランクトンが増殖している可能性があることも分かった。

融雪洪水時に、河川から窒素、リン等の栄養塩の大部分がSSに吸着された形で流出され、そのSSが海域で凝集、沈降、拡散、再移動を繰り返し、広い海域に堆積することにより、河口から10km以上の広い海域の底質環境へ大きな影響を与えていると考えられる。今後、粒子性物質の移動特性、生物への影響等を更に検討していく必要がある。

参 考 文 献

- 橘 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.
- 山崎真一・奈良俊介・宮下将典・新山雅紀・山下俊彦 (2000): 鵠川河口海域における流動と底質の堆積・移動特性, 海岸工学論文集, 第47巻(1), pp. 646-650.
- 山下俊彦・菅沼 剛・橘 治国・斎藤大作・山崎真一 (2001): 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(2), 1266-1270.
- 渡邊康玄・新目竜一・斎藤大作・玉川 尊 (1999): 鵠川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.