

尻別川の粒径別流出土砂特性と河口沿岸域での土砂収支の試み

山下俊彦*・松本光矢**・伊東祐一郎**
清水康行*・古路一哉***

1. はじめに

河川からの供給土砂の粗粒成分の減少は沿岸の海岸侵食を引き起こし、栄養塩が多く吸着している細粒成分は沿岸域の生態環境に影響を与えており(橘, 1993; 山下ら, 2000), 水系一貫の粒径別土砂管理が求められている。河川から海域への粒径別流出土砂については, 清水ら(1998)が石狩川を対象に最近の20年間について, 20年平均の年間流出土砂量は約80万 m^3 , 粒径75 μm 以上の流出土砂は全体の約4割で年間30万 m^3 , 75 μm 以下の土砂成分は全体の約6割で約50万 m^3 と推定している。河川で浚渫等が行われると海域への流出土砂量に変化するが, 粒径別の流出土砂量の変化についてはほとんど研究が行われていないのが現状である。一方, 海域での漂砂は, 従来単一粒径砂の碎波帯等の比較的浅い海域を対象としてきたが, 総合的な土砂管理をするためには, 粒径別に深い海域も含めた漂砂現象や土砂収支を明らかにする必要がある。

そこで本研究では, 北海道尻別川及びその河口沿岸域を対象として, まず, 数値シミュレーションにより浚渫を考慮した粒径別の流出土砂量を算定する。次に, 河口沿岸域での現地観測及び既存資料解析により, 地形変化特性, 深い海域も含めた底質, 漂砂特性を明らかにする。更に, 両者を比較することにより, 土砂収支を検討する。

2. 粒径別流出土砂量

2.1 計算方法の概要

尻別川は, 羊蹄山麓を流れ日本海に注ぐ流域面積1,640 km^2 , 流路延長126 km の一級河川である。粒径別流出土砂量は, 基本的に清水ら(1998)の方法を用い, 河道浚渫の効果を追加して求めた。計算方法の概要を以下に示す。

清水ら(1998)は, 浮遊砂や掃流砂を含む混合粒径の1次元河床変動モデルを用いて, 河床の縦断形状についての再現計算と河口からの流出土砂量の推定を行っている。

る。

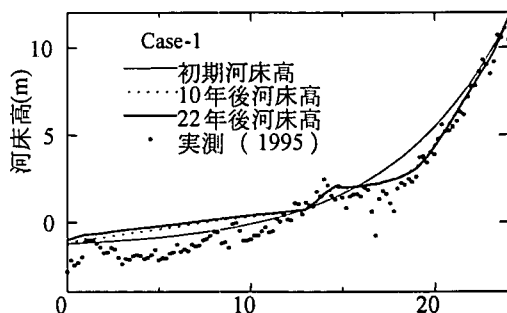
基礎式は, 1次元不等流, 芦田・道上(1972)の粒径別掃流砂量式, Itakura・Kishi(1980)の粒径別浮遊砂量式, 粒径別濃度連続式, 粒径別流砂連続式及び全流砂の連続式である。

計算区間は河口から24 km の区間とし, 境界条件は, 上流端での流砂の動的平衡状態(その場の掃流力から計算される流砂量を与える), 下流端水位は河口水位の実測値, 下流端の流砂量は自由流出条件とした。計算期間は1974年~1995年の22年間で, 河床材料の粒径は1972年の実測値より0.05~150 mm を15段階に分け, 名駒観測所の実測日流量(24 km 区間は比較的短いためこの区間で流量は一定とした)を用いて計算を行った。

計算は, 浚渫を考慮しないCase1と浚渫を考慮したCase2について行った。浚渫は1974年~1995年に約200万 m^3 実施されている(図-4参照)。浚渫の考慮は, 浚渫が実施された時期に, 浚渫区間の河床を浚渫量分だけ低下させることより行った。

2.2 河床変動

図-1にCase1の河床変動計算の結果を示す。初期河床高は1973年の平均河床高の実測値とした。計算結果はkp15河口からの距離が15 km の位置より上流で河床低下, 下流は堆積である。22年後は1995年の計算値と実測値を比較すると, kp15より上流では両者はほぼ一致しているが, 下流側では実測値が河床低下となっており,



河口からの距離 (km)

図-1 Case 1 の河床変動

* 正会員 工博 北海道大学大学院 工学研究科
** 学生会員 北海道大学大学院 工学研究科
*** 正会員 国土交通省北海道開発局小樽開発建設部

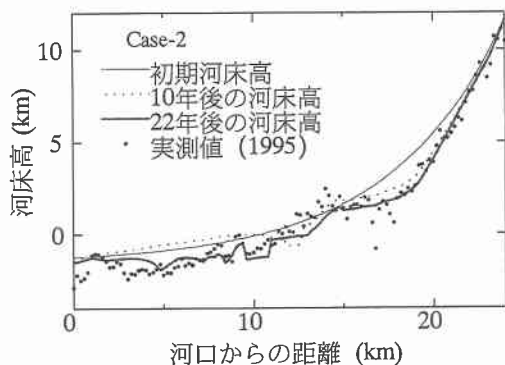


図-2 Case 2 の河床変動

計算値とはかなり異なっていることがわかる。これは、この期間に約 200 万 m^3 の河道浚渫が行われたためと考えられる。

図-2 に Case 2 の河床変動計算の結果を示す。1995 年の計算値と実測値は Case 1 と比較してかなりよく一致していることがわかる。河口では波浪などの影響を考慮していないために、計算値と実測値に少し差が生じている。

2.3 粒径別流出土砂量

図-3 に Case 2 の河口から海域への年間の流出土砂量を示す。棒グラフの薄い部分が掃流砂、濃い部分が浮遊砂として流出される成分である。大きい洪水が発生し全流出土砂量が多い年が掃流砂の成分が多くなっている。22 年間でみると掃流砂が 20.2%、浮遊砂が 79.8%で量的には浮遊砂の方が掃流砂に比べて約 4 倍である。

図-4 に Case 1 と Case 2 の河口から海域への年間の粒径別流出土砂量を示す。Case 2 のグラフには浚渫土砂量も示す。Case 1, 2 両方とも全流出土砂量が多い年に浅海底砂を構成している 0.15 mm 以上の粗粒成分が多くなっていることがわかる。計算期間中の総流出土砂量は、Case 1 で 265 万 m^3 、Case 2 で 230 万 m^3 であり、浚渫の影響により 35 万 m^3 流出土砂量が減少すると推定された。この 35 万 m^3 は浚渫量 200 万 m^3 の 17.5% である。

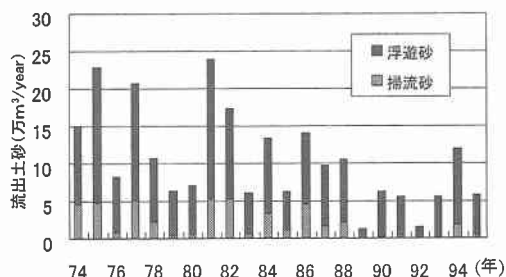


図-3 Case 2 の年間流出土砂量

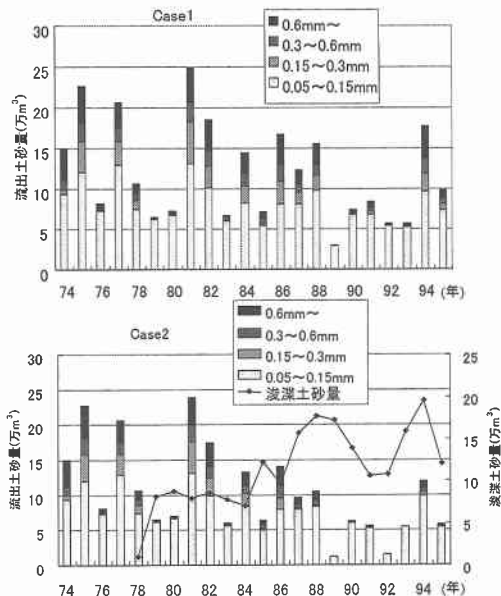


図-4 粒径別年間流出土砂量

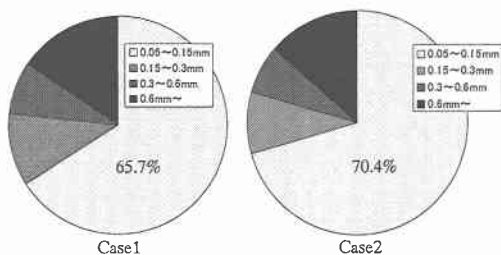


図-5 流出土砂の粒径別割合

粒径別にみると、Case 2 では粗い粒径成分の流出土砂量の減少が大きいことがわかる。

Case 1, 2 の年平均流出土砂量は各々 12.0 万 m^3 と 10.5 万 m^3 であるが、その粒径別割合を図-5 に示す。Case 2 では、浅海底砂を構成する 0.15 mm 以上の土砂の割合は約 30% で年間約 3.1 万 m^3 の流出土砂である。前述のように Case 2 では Case 1 と比べて粗い粒径成分の流出量の減少が大きい、22 年平均で 0.15 mm 以下は 92%、0.15 mm 以上はどの粒径についてもほぼ 75% に減少すると推定された。

3. 海域底質と漂砂

3.1 現地観測の概要

図-6 に現地観測地点を示す。図中の St. 1 (水深 30 m) では Wave-Hunter, ADCP, 砂面計, 濁度計 4 台, St. 2 (水深 10 m) では Wave-Hunter, ADCP, 砂面計, 濁度計 3 台, St. 3 (水深 7 m) では Wave-Hunter, ACM-8M 2 台,

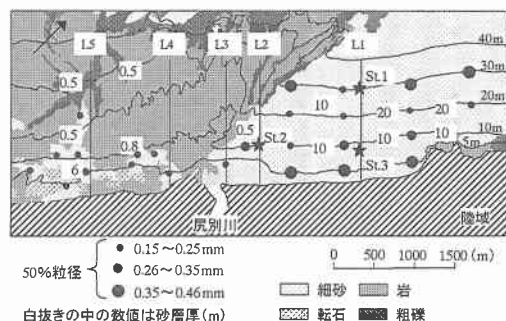


図-6 広域底質、海底地形、砂層厚

砂面計を用いて、2000年12月～2001年1月の約2ヶ月間、流動と漂砂の観測を行った。また、2000年8月に図中の26地点で底質粒径、水深40mまでの深浅測量と地層探査機(SP-3)による砂層厚調査を実施した。既存資料として、昭和52年から平成10年までの16回の尻別川河口周辺の深浅データと漁場図を使用した。

3.2 広域底質・海底地形・砂層厚

図-6に広域底質・海底地形・砂層厚の結果を示す。尻別川河口域は、海に向かって右側は砂浜域、左側は砂底質が点在する海底地形が複雑な岩礁域である。底質の中央粒径 d_{50} は●の大きさに図中に示す。砂浜域の水深5m程度の浅海域と水深30m付近は、 $d_{50}=0.45$ mm程度の粗砂で、その他の地点では $d_{50}=0.2$ mm程度である。岩礁域に点在する砂は、砂浜域から浮遊状態で運ばれたためか、砂浜域の細かい底質と同じ $d_{50}=0.2$ mm程度である。これらの海底の底質粒径は、図-5の河川流出土砂の粗粒成分である0.15mm以上の粒径と対応していると考えられる。

図-7に図-6に示す測線L1～L5の海底断面地形と砂層厚を示す。図-6中にも代表地点での砂層厚を示す。岩礁域のL4, L5を見ると、岩礁の凹部に数mの砂が堆積した場所や、砂層厚1m以下で薄く岩礁上に砂が存在している場所があることがわかる。河口近くのL2, L3は、河口沖に水深の浅い岩礁域があり、その間に砂が測線L1側へ行くほど厚く堆積していることがわかる。砂浜域の中央のL1は、基線からの距離 $X=500$ m以上で岩盤上面の勾配が約1/15と急で、海底面は、 $X=500$ m(水深約5m)以上で、海底勾配は約1/30の急勾配で、その勾配が水深70mまで続き、沖へ行くほど砂層厚は厚くなっている。 $X<500$ mでは、岩盤上に厚さ1～4mの砂が堆積している状態で、海底面の形状は岩盤面の影響を受けており、冬期高波浪時には岩盤面が露出する場所もあるのではないかと考えられる。

以上から尻別川から出た土砂の内、海浜砂を構成する粗粒成分は、一度河口付近に堆積した後、波・流れによ

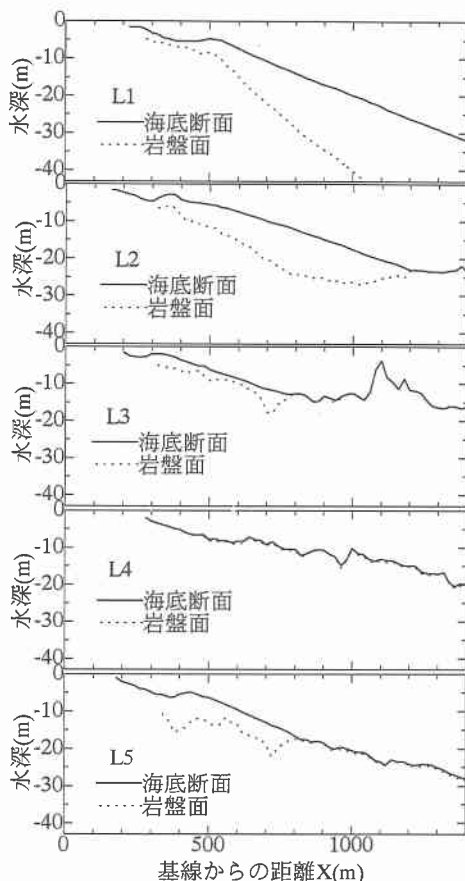


図-7 海底断面地形と砂層厚

り砂浜域や岩礁域に再移動・堆積し、砂浜域の約1/30の急勾配斜面でかなりの土砂がより深い所へ移動していることが推察される。水深30m付近で粒径が粗くなっているが、この付近には強い流動が発生していることも推察される。

3.3 流動と漂砂

図-8に、St.1とSt.2での観測結果の1例を示す。2001年2月2日には強い冬期季節風により観測期間中最大の有義波高 $H_{1/3}=5$ mの暴浪が発生している。St.2(水深10m)では、全水深ほぼ一様に最大90cm/sの北東方向の流れが発生している。この時、濁度は最大で海底上0.5mで35ppm、3mで23ppm、6mで15ppmとなっている。砂面計は欠測であった。St.1(水深30m)では、主に吹送流により、上層(水面下2m)は風向きに近い東方向の流れであるが、水面下5m以下はほぼ一様で最大40cm/sの北東方向の流れが発生している。濁度は最大で海底上0.5mで23ppm、3mで16ppm、15mで5ppmである。この時、地形は水深30mにもかかわらず、最大約10cm侵食されていることがわかった。この

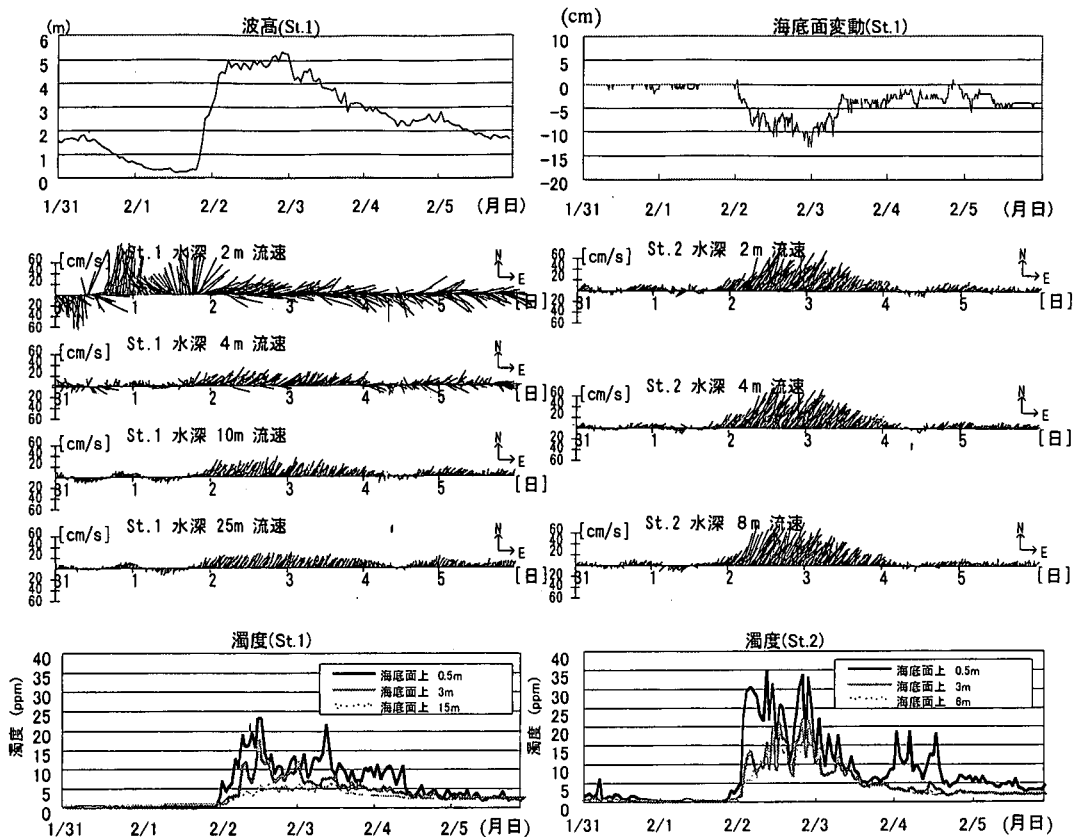


図-8 流動と漂砂の観測結果

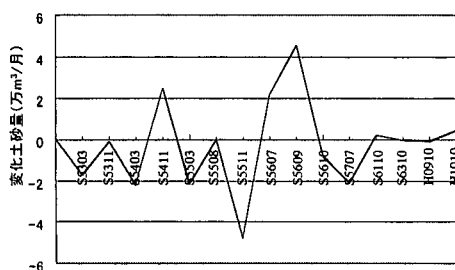


図-9 尻別川河口前面の変化土砂量

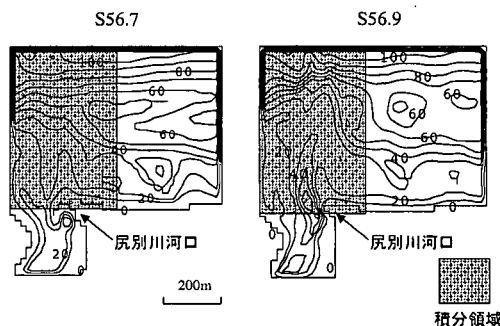


図-10 洪水前後の海底地形

海域は底質粒径が $0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$ と粗いため、ここで示したカオリン換算の濁度は小さいが、水深 30 m でも水深 10 m の $2/3$ 程度の濁度を示しており、水深 30 m 程度までは強い砂移動が発生していることがわかる。また観測期間中のSt.1の底層付近での最大流速は 60 cm/s であった。このような強い流れと砂移動により前述のような地形・底質になっていると推定される。

3.4 土砂収支

航空写真による長期の汀線変化と過去の深淺図による海底断面地形変化から、沿岸域に堆積する土砂量を求め、河川流出土砂量との比較を試みた。しかし、この海域は

前述のように岩礁域があること、砂浜域の浅海域には海底面に下から岩盤がせまっていること等、地形が複雑なため定量的な評価は困難であった。そこで、既往の深淺測量結果より、河川流出土砂が堆積すると推定される河口前面の $500 \text{ m} \times 750 \text{ m}$ の範囲(図-10 参照)の土砂量の変化(前の深淺データとの差)を図-9に示す。測量時期が一定ではないので、1月当りの変化量を示している。昭和56年8月には $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ の大洪水があり、その前後の7月と9月に深淺測量が行われており、 9.1 万 m^3 の土

砂がこの洪水で流出したと推定できる。

図一10に昭和56年7月と9月の深浅測量結果を示す。網掛けの部分が図一9の積分領域である。河口では深掘れが発生し、その前面にテラス状に流出土砂が堆積していることがわかる。その堆積域は、ほぼ網掛けの積分領域内であることがわかる。

この洪水の土砂収支を考えてみる。前述の流出土砂量の計算より、この一洪水あたりの流出土砂量のうち、海浜砂を構成している $d_{50}=0.15\text{ mm}$ 以上の成分は約10万 m^3 と推定され、深浅測量から得られた値9.1万 m^3 とほぼ一致することがわかった。

4. おわりに

本研究で得られた主な結果は次の様である。

- (1) 浚渫を考慮した粒径別流出土砂量の数値計算により、尻別川では最近22年間の平均で、年間約10.5万 m^3 の流出、海浜砂を構成している 0.15 mm 以上の土砂は年間約3.1万 m^3 の流出と推定した。
- (2) 総浚渫量約200万 m^3 に対して、流出土砂量の減少はその17.5%に相当する35万 m^3 で、 0.15 mm 以上の粗粒成分のほうが増減率が多いことが推定された。
- (3) 尻別川河口周辺海域の底質、海底地形、砂層厚を

把握し、尻別川流出土砂の一部は砂浜域の1/30の急勾配斜面をより深い方へ流出していると推察された。

- (4) 水深30mの地点においても、吹送流による底層付近で最大60 cm/s に達する流れが発生し、底面上15mまで達する多量の砂移動が発生し、地形も10 cm 侵食されることがわかった。
- (5) 56年8月の2500 m^3/s の大洪水に対して、河川流出土砂は $d_{50}=0.15\text{ mm}$ 以上の成分が10万 m^3 と推定され、洪水前後の7月と9月の深浅測量から推定される河口前面海域での堆積量9.1万 m^3 とほぼ一致した。

参考文献

- 芦田和男・道上正規 (1972): 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp. 59-69.
- 沼水康行・磯城 浩・早川 博・品川 守 (1998): 石狩川の土砂流出に関する研究, 水工学論文集, 第42巻, pp. 1039-1044.
- 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.
- 山下俊彦・宮下将典・山崎真一・渡辺康玄 (2000): 河川から供給された物質の河口沿岸域での挙動, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1026-1030.
- Itakura, T. and Kishi, T. (1980): Open channel flow with suspended sediments. Proc. of ASCE, HY8, pp. 1325-1343.