

II-29

渚滑川河口部における河床形状変化と流況特性

北見工業大学大学院 ○学生員 高木一嘉 北見工業大学工学部 正会員 内島邦秀
 北見工業大学工学部 正会員 早川 博 北見工業大学大学院 学生員 魏 炳乾

1. はじめに

著者らは、昨年度に引き続き渚滑川河口部において流況と河床形状の現地観測を行った。河口部付近は河道が湾曲している。そのため河口付近、河道湾曲部それぞれで発生する水理現象が重なり合い複雑な現象が発生している。特に渚滑川河口部では、河口砂州が発生し河口閉塞の問題を引き起こしている。しかし、1998年9月中旬に発生した洪水により砂州は完全にフラッシュされ、河床形状も大きく変化した。そこで本論文では、1998年の洪水後の河床形状変化と、昨年の現地観測で得られた流況及び水質の特性をさらに明確にするために今年度観測した結果について報告する。また、昨年度までの報告で、砂州の発生は海からの漂砂によるものだという推測を明らかにするため、現在まで測定してきた河床横断の測定結果と、波のデータの2つを使用して、青田・首藤の数値モデルを用いて、河口幅の経時の変化と実測値の比較検討の結果も同時に報告する。

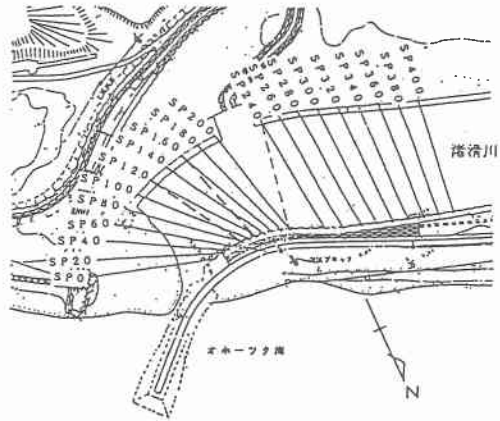


図-1 渚滑川河口部の全景

2. 観測方法とその結果

2.1 観測方法

現地観測は、1999年7月22日～23日、8月4日、9月29日、10月27日の計4回行なったが、後半2回は波浪が激しく、観察と写真撮影のみで、本論文では前半2回の観測結果を報告する。観測方法については、概ね昨年と同様の測点・方法で行なった。観測項目の追加、変更点としては、まず河床横断測量では、図-1のSP240(右岸)－SP200

(左岸)より上流側に新たに100m間隔でSP600まで測線を設けて行なった。流速・水質測定は、7月22日～23日の測定は昨年と同様の測線で行い、8月4日は海水がどの形態・どこまで上流に遡上するのかを把握するためSP0からSP600の地点まで観測した。測点は、右岸から横断方向約10mの、SP0, 40, 80, 120, 160, 240, 300の計7点、左岸から約10mの、SP400, 500, 600の計3点である。昨年の測定では、河床から約50cm間隔で測定していたが、より正確に塩淡境界を把握するため、約25cm間隔で測定した。さらに河床縦断形と塩淡境界の縦断変化を調べるため、魚群探知機(HE-5702F, 本多電子株式会社)を用いて測定した。測定方法は、船外機付ゴムボートを使用して一定速度を保ちながら、沖合水深約5m地点から河道上流に向かって移動した。測定場所は沖合からSP400までは右岸から横断方向約10m地点、SP200からSP600までは左岸から約10m地点で行なった。

2.2 河床横断形状

図-2は各測線の河床横断図である。測線SP0～SP80については、98年の観測では洪水の影響で右岸側に発生していた河口砂州は完全にフラッシュされ河床の低下が目立つ¹⁾。99年の観測では、右岸側では河床が約3～3.5m上昇しているが、例年だと砂州が形成されているが、今年はそれほどまでには至っていない。こ

Bed topographies and Flow Characteristics at the River Mouth in the Shokotsu River
 by Kazuyoshi TAKAGI, Kunihide UCHIJIMA, Hiroshi HAYAKAWA, Bing Qian WEI

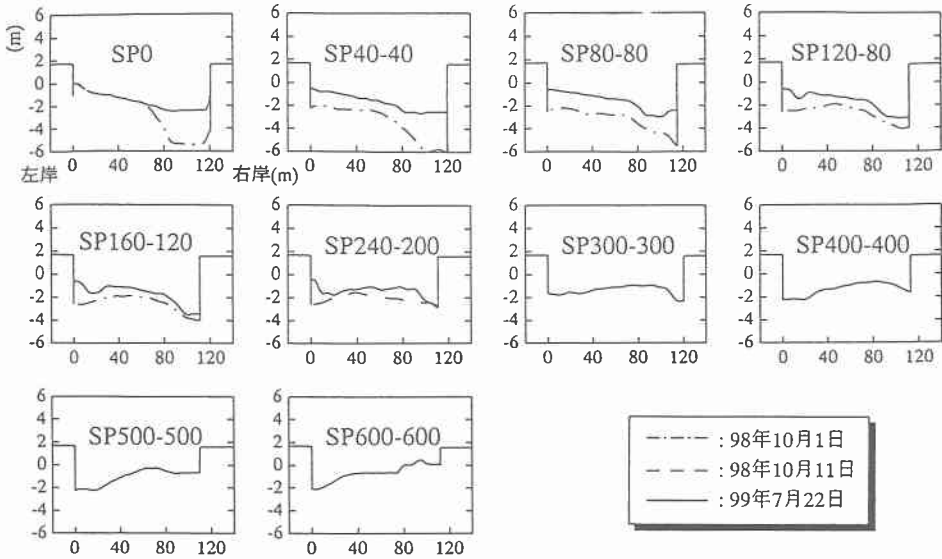


図-2 各測線の河床横断面

れについては、洪水による出水の影響が大きかったものと思われる。一方、99年度の観測での左岸側は河床の上昇が見られる。次に、流速測定測線であるSP120—80, SP160—120, SP240—200では、SP0～SP80の測線程の河床上昇はないものの、全体的に河床の上昇が見られる。下流2測線では左岸側の河床が高くなっている。上流側のSP240—200では、左岸側の一部を除いて全体としては、上に凸の河床形状をなしている。またSP300から上流の測線では、上流側に向かうに従い右岸側の河床が高くなっていることが分かる。特に、SP600の右岸側は緩い湾曲部凸岸に位置し、寄州が発生していた。

2.3 流況及び水質特性.

図-4(a), (b)それぞれは、流速測定測線で測定した主流速(U成分)、二次流(V成分)の分布図である。ここでは、代表例として一番下流側の測線であるSP120—80を載せておく。また図-5では、同時に測定した水質計による塩分濃度、水温の分布を示している。図-3では、測定時における水位の変化を示し、表-1は紋別港で測定している潮汐を表している。測定時間は、16:53～19:32であり、測定中は満潮に向かっているため水位が上昇している。図-4(a)から主流速は水深約0.5m付近を境にして水面側では順流、底面側では逆流を示している。一方(b)の二次流の分布図からは、水深約0.5m付近を境にして水面側では右岸方向、底面側では左岸方向を示している。また螺旋状の分布を示している地点も見られる。図-5でもほぼ同様に水深約0.5mで変化している。塩分濃度は水面側では低く、底面側では高くなっている。水温は水面側では高く、底面側では低くなっている。以上のことから昨年同様弱混合型2成層密度流を形成しながら海水は侵入することが判る。

表-1 観測日の潮位の変化(紋別港)

1999年7月22日(平均潮位:71.0cm)

干潮	満潮	干潮	満潮
04:09	09:00	11:38	21:20
58cm	71cm	69cm	103cm

1999年8月4日(平均潮位:71.0cm)

干潮	満潮	干潮	満潮
00:51	06:53	12:47	19:06
60cm	92cm	57cm	100cm

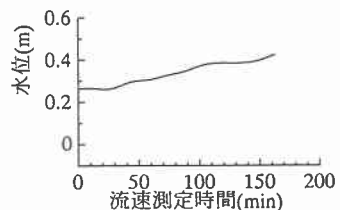


図-3 水位変化

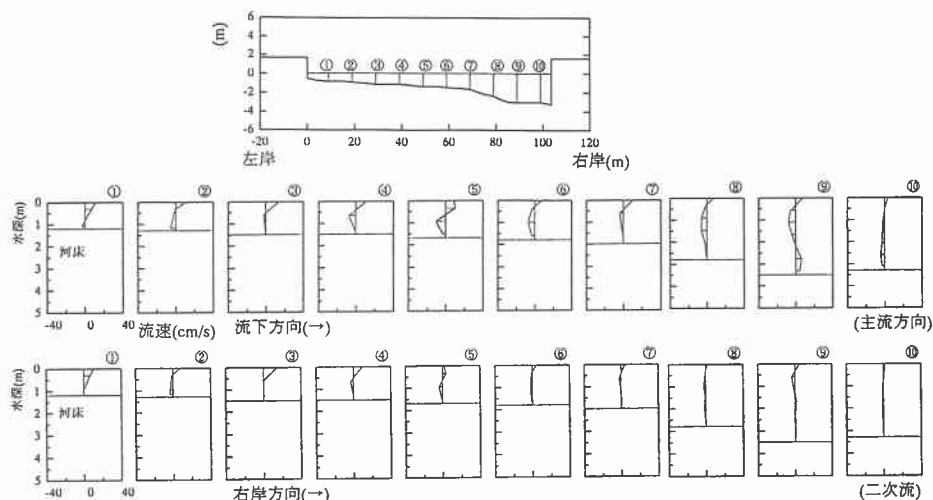


図-4 SP120-80 での (a)主流速(上)と(b)二次流(下)の分布図

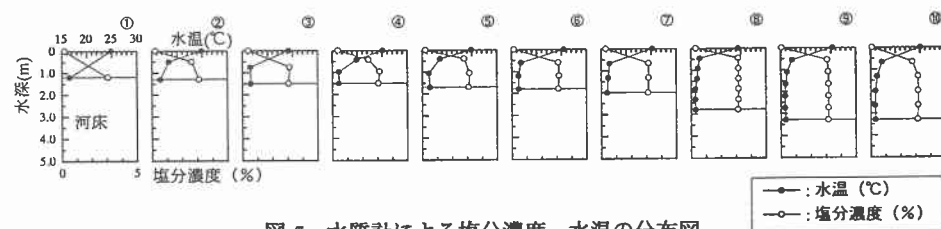


図-5 水質計による塩分濃度, 水温の分布図

2.4 河床縦断形と海水の遡上状況

図-6(a), 図-7(b)は8月4日に右岸側, 左岸側それぞれの地点で魚群探知機を使用して測定した河床縦断と塩淡水境界の図である。周波数は107kHz(塩淡水境界測定), 400kHz(河床形状測定)の2周波を使用した。測定結果はノートパソコンに取り込んだ。測定時間は右岸側が10:21~10:28, 左岸側は10:39~10:44である。なお, 各SP間の間隔でずれがあるのは, 一定速度で観測できなかったためである。測定時間帯での潮汐(紋別港)は表-1のとおりである。右岸側の測定では, 河床形状はSP0付近を境に海側, 上流側とも河床が低下し, SP200付近を境にして河道上流に向かうに従い河床が上昇している。またSP0~SP200の間では, 水深約1.0~1.5m付近で塩淡水境界の層が見られる。そこで右岸側約10m地点の流速測定(図-6(b))と水質測定(図-6(c))を行なった。測定時間は, 11:42~15:23である。図-6(b)から主流速はSP0では順流を示し, SP40~SP300では水深約1.0~1.5mを境にして水面側では順流, 底面側では逆流もしくは小さい流速になっている。また, 塩分濃度, 水温の測定結果(図-6(c))からもこの地点を境にして変化している。この現象は先述したように弱混合型2成層密度流が発生しているためである。二次流(図-6(b))は上流に向かうに従い小さくなり, 順流の地点では右岸方向を示し, 逆流もしくは小さい流速の地点では, 大きさは小さい。一方, 左岸沿い河床形状は右岸沿いほど大きな起伏は見られない。また, 右岸側で見られた塩淡水境界はこの区間では見られなかった。ただ, SP200~300では, ほんのわずかではあるが河川水と海水が混合しているように思われる。右岸側の測定同様SP400~SP600の間で流速測定(図-7(b))と, 水質測定(図-7(c))を行なった。測定時間は16:16~17:06である。図-7(b)より主流速は順流を示し, 塩分濃度, 水温の測定結果(図-7(c))からも各測点とも変化していない。従って渚滑川河口部では満潮位約100cmの時, 海水は弱混合型で侵入しおおよそSP300付近ま

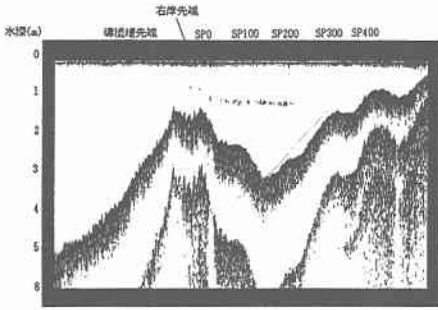


図-6(a) 右岸側河床縦断面図

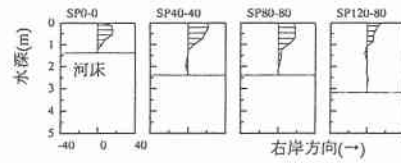


図-6(b) 右岸側各測点の二次流

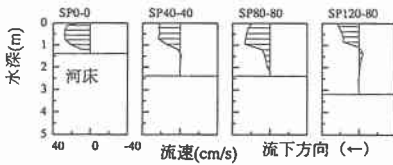


図-6(b) 右岸側各測点の主流速

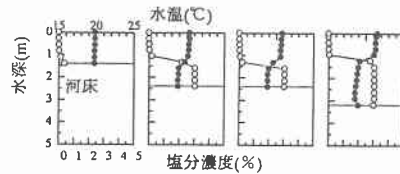


図-6(c) 右岸側各測点の水質測定結果

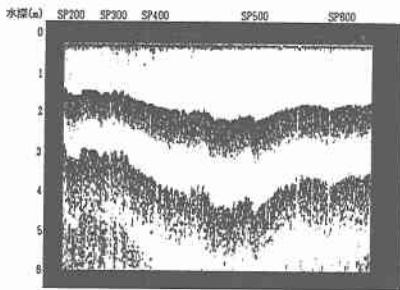
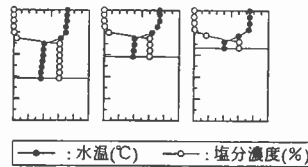
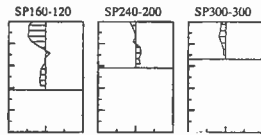


図-7(a) 左岸側河床縦断面図

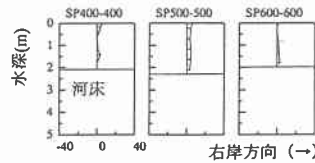


図-7(b) 左岸側各測点の二次流

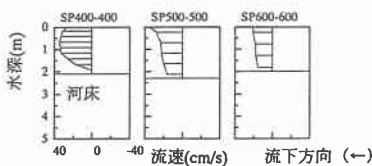


図-7(b) 左岸側各測点の主流速

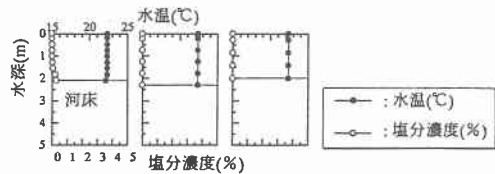


図-7(c) 左岸側各測点の水質測定結果

で遡上すると思われる。

3. 河口幅変化に関する数値モデルの適用

青田・首藤⁴⁾は、河口部断面の変化を、河川流と潮汐流による河口部からの排除と波浪による漂砂の河口

部流入からなるものとした数値モデルを提案した。数値モデルの概要は以下のとおりである。まず、砂量の連続式を考えると、

$$(\text{河口部変化量}) = (\text{河口流入漂砂量}) - (\text{河川・潮汐掃流砂量})$$

$$(1-\lambda)\frac{dV}{dt} = Q * B - q_B * B \quad (1)$$

である。水深 h 、砂州幅 L を一定とし、 q_B を Brown 型、 Q を Caldwell 型それぞれの公式を用いて変形すると、

$$(1-\lambda)Lh\frac{dB}{dt} = -K_1 * |H_0^2 T_0 \sin 2\theta|^n * B + K_2 \left(\frac{Q}{B}\right)^{2m+1} * B \quad (2)$$

または、

$$\frac{dB}{dt} = -a * |H_0^2 T_0 \sin 2\theta|^n * B + b \left(\frac{B}{Q}\right)^{2m+1} * B \quad (3)$$

ここで、

$$K_1 = \alpha \left(\frac{\rho g^2}{64\pi}\right)^n \quad K_2 = \frac{Kd}{(sgd)^m} \left(\frac{n\sqrt{g}}{h\%}\right)^{2m+1} \quad a = \frac{K_1}{(1-\lambda)Lh} \quad b = \frac{K_2}{(1-\lambda)Lh^{2(m+1)}}$$

となる。これより河口幅の変化を波エネルギーの沿岸成分と河川流量から表すことができる。(3)式=0とくと安定河口幅 B_e を求めることができる。また波エネルギー、流量を一定と仮定すると、

$$\frac{dB}{dt} = C_1 * B + C_2 * \frac{1}{B^{2m}} \quad (4)$$

ここで、

$$C_1 = -a * |H_0^2 T_0 \sin 2\theta|^n \quad C_2 = b * Q^{2m+1}$$

であり、 $t=0$ のとき、下式が求まる。この式は波エネルギーに関係しながら次第に安定河口幅 B_e に近づくことを示している。

$$B = \left\{ \left(B_0^{2m+1} + \frac{C_2}{C_1} \right) e^{(2m+1)C_1 t} - \frac{C_2}{C_1} \right\}^{\frac{1}{2m+1}} \quad (5)$$

今回式(5)による計算は、著者³⁾らが1996年6月27日～10月31日に河床横断測量の測定を行なった期間とした。流量データは渚滑橋で観測されている値を使い、波エネルギー沿岸成分 $|H_0^2 T_0 \sin 2\theta|$ は紋別港で観測されているデータを用いた。波エネルギーの指数 n は Caldwell 型漂砂量公式の 0.8 を用いて、指数 m を変化させ、係数 a 、 b を求めた。これらの係数を決定するのにあたっては河口幅が小さくなっている 10月9

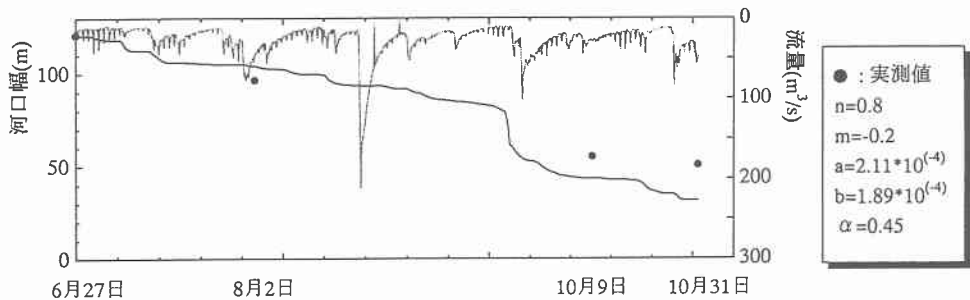


図-8 河口幅の実測値と計算値

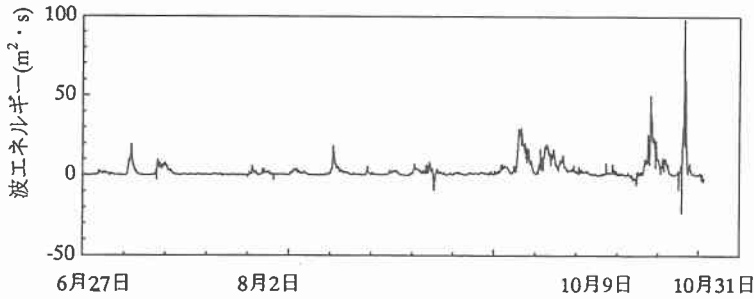


図-9 計算区間での波エネルギーの変化（沿岸方向成分）

日の結果を用いた。図-8 は実測値と計算値の比較である。また図-9 は波エネルギー（沿岸成分）の分布を示している。図-8 の計算結果を見ると概ね実測値と似た値を示している。また計算値で河口幅が急に縮小しているところは、波エネルギーが大きくなっているためだと思われる。また、流量が大きく出ているのにも拘わらず、計算値では河口幅の拡大が見られないのには、問題が残った。これは、係数を決めるのに当たってデータが少なかったため、係数の精度が下がったためだと思われる。これらのことについては今後の課題としたい。

4. まとめ

現地観測及び数値計算の結果についてまとめると以下のようになる。

(1)1998年の洪水でSP0～SP80右岸側の河床低下が目立っていたが、1999年には約3～3.5m上昇している。しかし砂州が形成されるまでには至っていない。また、左岸側では河床の上昇が見られる。(2) SP300から上流の測線では上流に向かうに従い右岸側の河床上昇が見られる。特にSP600の右岸側は緩い湾曲部凸岸に位置し、寄州が発生していた。(3) SP120-80での流速・水質測定では、前報同様の特性を示した。(4) 魚群探知機、縦断方向での流速・水質測定より、塩淡境界は水深約1.0～1.5m前後で見られ、SP300付近で河川水と混合している。(5) (3)、(4)より渚滑川河口部では、海水は弱混合型2成層密度流を形成しながら侵入することが明確になった。(6) 河口幅の数値モデルでは、1996年の観測値を用いて計算を試みたが、概ね実測と似た値を示した。しかし、各々の係数を決めるのにあたっては、検討の余地が残された。

謝辞：本研究の一部は文部省平成10年度科学研究費補助金・基盤研究(A)(1)（代表者：田中仁）の補助を受けて遂行された。また、渚滑川の現地観測に際しては、北海道開発局網走開発建設部治水課の各位にお世話になった。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 内島邦秀・高木一嘉・早川博：河口砂州フラッシュ前後における流況特性について，土木学会北海道支部論文報告集，第55号(B)，pp330-335，1999
- 2) 高木一嘉・内島邦秀・早川博：河口砂州フラッシュ前後の流況特性，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，第2部，pp478-479，1999
- 3) 内島邦秀・早川博・田村圭司・矢部浩規・山内賢太郎：渚滑川河口砂州形成の要因に関する調査研究，土木学会北海道支部論文報告集，第53号(B)，pp298-303，1997
- 4) 青田茂雄・首藤伸夫：河口断面積変化過程の数値モデル：第24回水理講演会論文集，pp203-208，1980
- 5) 網走開発建設部治水課：渚滑橋時刻流量表
- 6) 網走開発建設部治水課：紋別港時刻潮汐表