

II-71

河口砂州フラッシュ前後における流況特性について

北見工業大学工学部 正会員 内島邦秀
 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 早川 博

1. はじめに

河口付近では、河川流の他に潮位変動に伴う入退潮流が加わったり、海水の侵入で密度流的な流れが生じ河口砂州などが発生し複雑な形態をとる。さらに、河川の upstream からの土砂の流送と、海岸の漂砂が河口に侵入するなど河口部独特の運動形態をとる。また、河川が蛇行しているところでは、二次流（螺旋流）が生じ、河道の外岸寄りの河床が洗掘して、河道・河岸に大きな影響を与える。このような現象を把握することは河川工学上重要な問題である。従来、河口付近、河道湾曲部それぞれについての研究は行われているが、これら2つの要素が絡んだ研究は数少ない。そこで、本研究ではこれらの要素が絡んでいる河川を対象とし、河道が湾曲している河口部の砂州フラッシュ前後における流況特性を現地観測の結果に基づいて考察する。

2. 観測地の概要及び観測方法

2.1 観測地の概要

観測地は、図-1に示したオホーツク海に注ぐ渚滑川の河口部である¹⁾。河口部の特徴としては、河道は右岸側が外岸の蛇行形状を呈している。現地観測は1998年8月12日～13日、9月10日、10月1日、10月11日の計4回行った。観測期間中の9月17日に台風5号による出水で最大約2200m³/s（観測所：渚滑橋）の流量が発生して河口砂州は完全にフラッシュされ、河床形態も大きく変化した。

2.2 観測方法

図-1に示すように河口から河道上流側400mまで20m間隔で横断測線を設け、その距離に応じてSP0～SP400と表示した。ただし、SP220は樋門水路があるため設けてない。また、今回の実測はSP240までとした。河床の横断測量では、各測線上にワイヤーを張り、船外機付ゴムボートで移動し、水深はスタッフを用いて約5m間隔で、水位は測定開始と終了時の2回測定した。

流速観測に際しては主流にほぼ直角である、SP240（右岸）-200（左岸）、SP160（右岸）-120（左岸）、SP120（右岸）-80（左岸）の3測線を新たに設けた（図-1の破線）。流速測定には、2次元電磁流向流速計（ACM210-D、アレック電子）を用い、横断方向に10m間隔で設置し、1地点において河床から約50cm間隔（ただし、ACM210-Dによる測定は河床から18cmまで不可）で、さらに1つの測点につき60秒間（サンプリング1秒）測定した。水位は左右両岸で観測開始から15～30分間隔で測定し、各測線ごとの観測日の水位変化を図-2に示す。ただし、8月13日は、観測開始と終了時のみで直線で図示した。また、観測4回目（10月11日）には、流速測定と同時に塩水の遡上状況を把握するため、

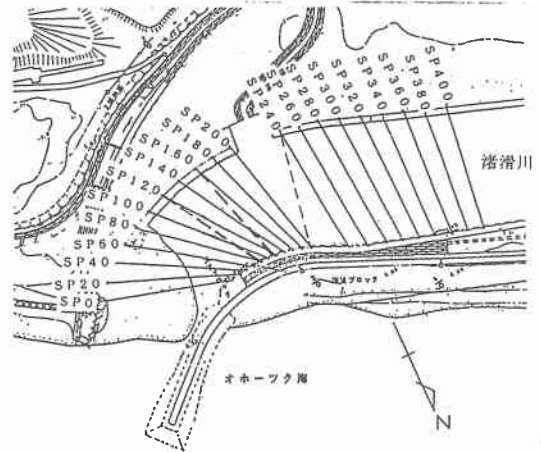
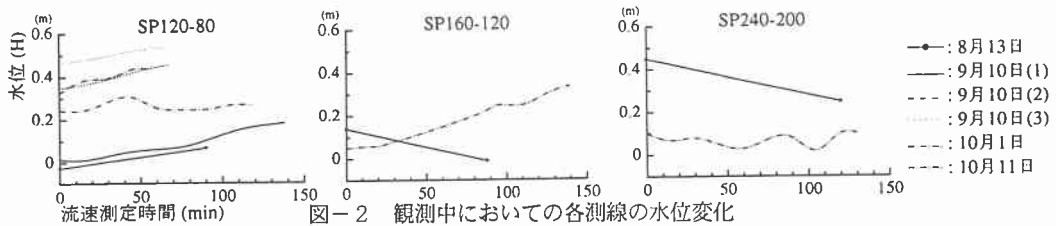


図-1 渚滑川河口部全景



水質チェッカ (WQC-22A, 東亜電波工業) を用いて、塩分濃度、水温などを測定した。

3. 洪水前後の河床形状の比較

図-3は各測線の河床横断面図である。先述のように9月17日に洪水が発生している。測線SP200, 160及び120において、洪水前では上に凸の河床形状をなしていたが、洪水後は全体的に河床低下が見られ、右岸(外岸)側の河床低下が下流に向かうに従い著しい。SP80より下流側は、洪水前(8月12日の実測時水位は+0.2~0.4m)では、右岸側に河口砂州が存在していたことが図-3から明らかである。また、河道の左岸(内岸)側は洪水前後で大きな変化はないが、右岸側河口砂州は洪水によって完全にフラッシュされたことが分かる。洪水後の右岸寄り河床は河道湾曲の影響により海側に近いほど深掘れが目立つ。SP0~80の河床横断面図に基づいて概算した流失土砂量は $12,000\text{m}^3$ である。SP0, 20では、洪水後の左岸側で河床の上昇が見られる。これは、海からの碎波とその侵入角度の影響と推察できる。次に、SP240-200の河床形状は、洪水後で上に凸の部分がなくなり全体的に河床低下が見られる。SP160-120, 120-80の河床形状は、洪水後で河床が低下し、右岸側の河床低下が目立つ。またSP120-80の左岸寄り河床の上昇が見られる。

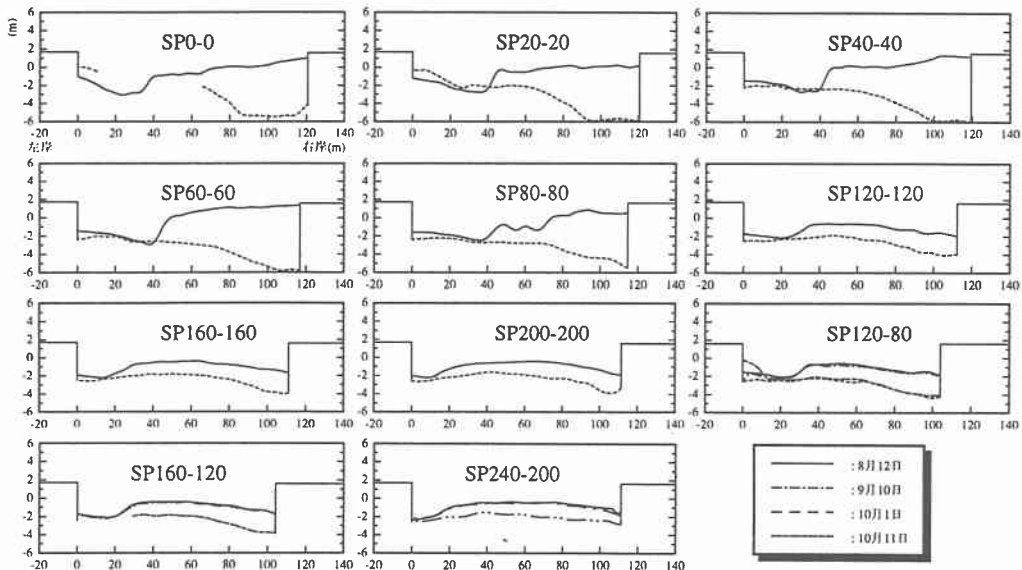
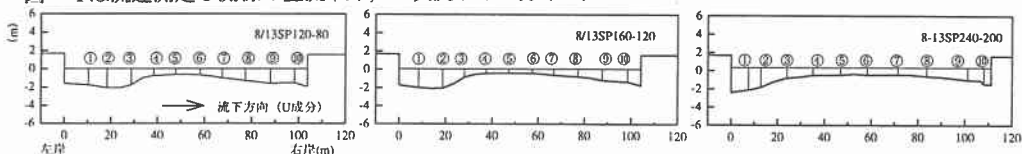


図-3 各測線の河床形状

4. 河口砂州フラッシュ前後の流況

図-4は流速測定3測線の主流(U), 二次流(V)の分布を、図-5は河床形と流速ベクトルを示す。



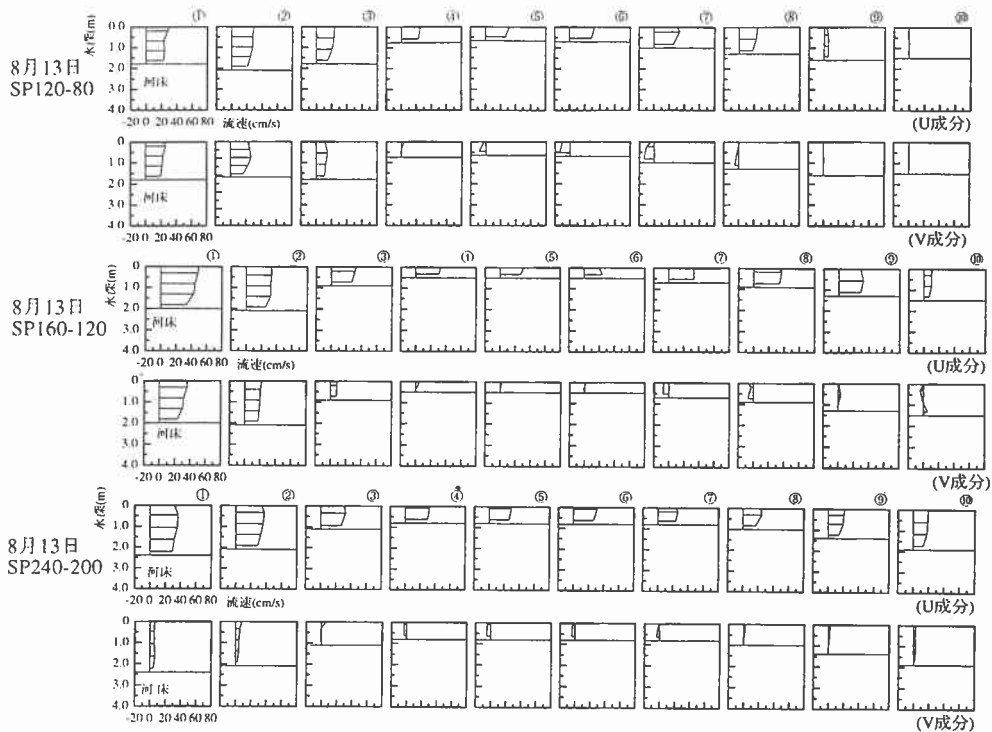
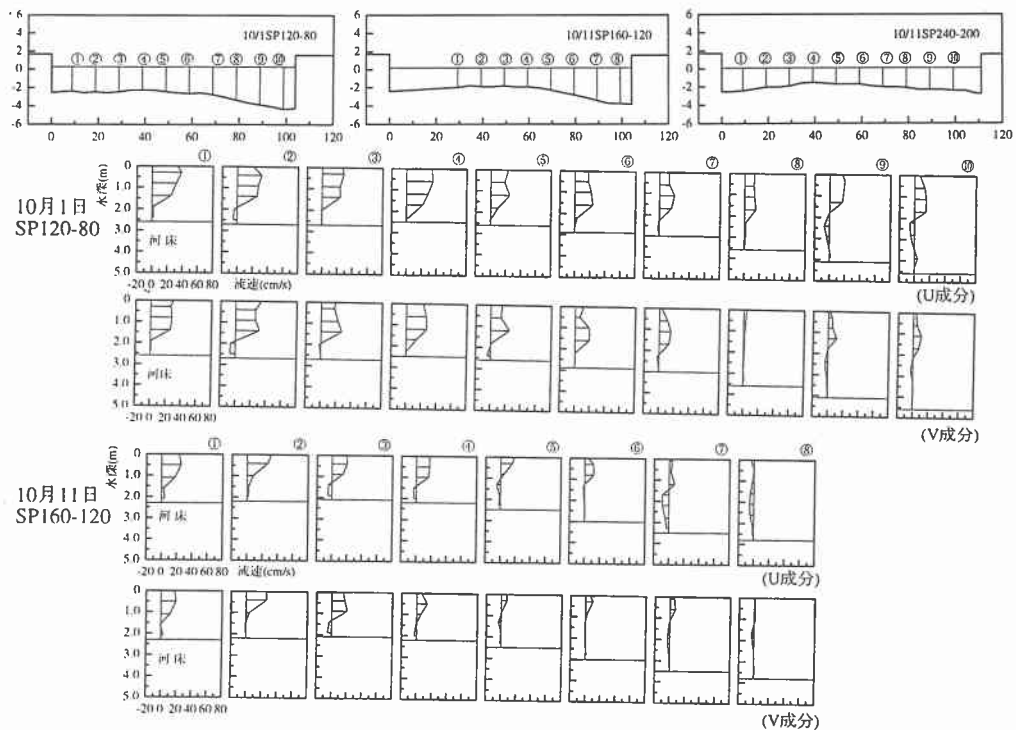


図-4 (a) 河口砂州フラッシュ前の流況



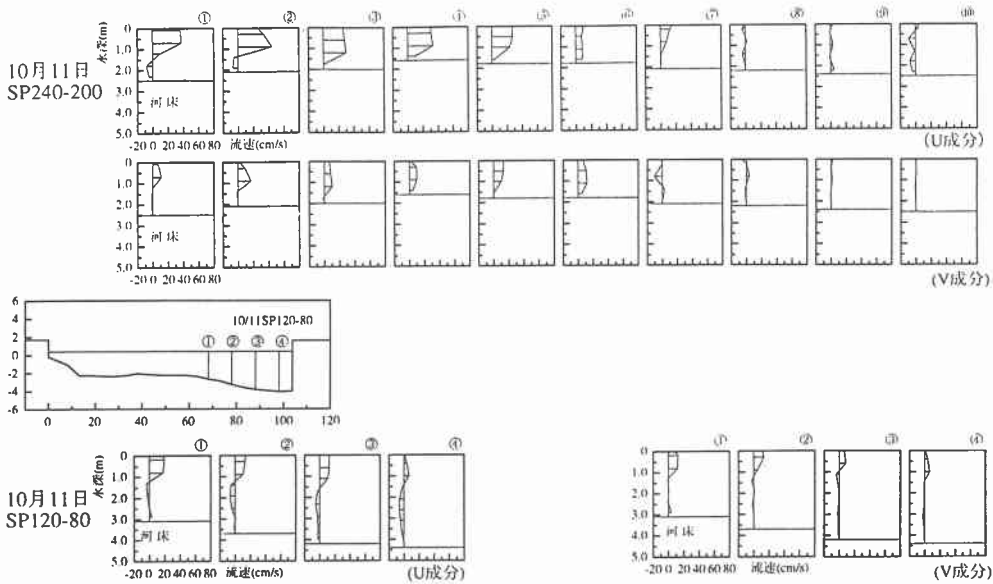


図-4 (b) 河口砂州フラッシュ後の流況

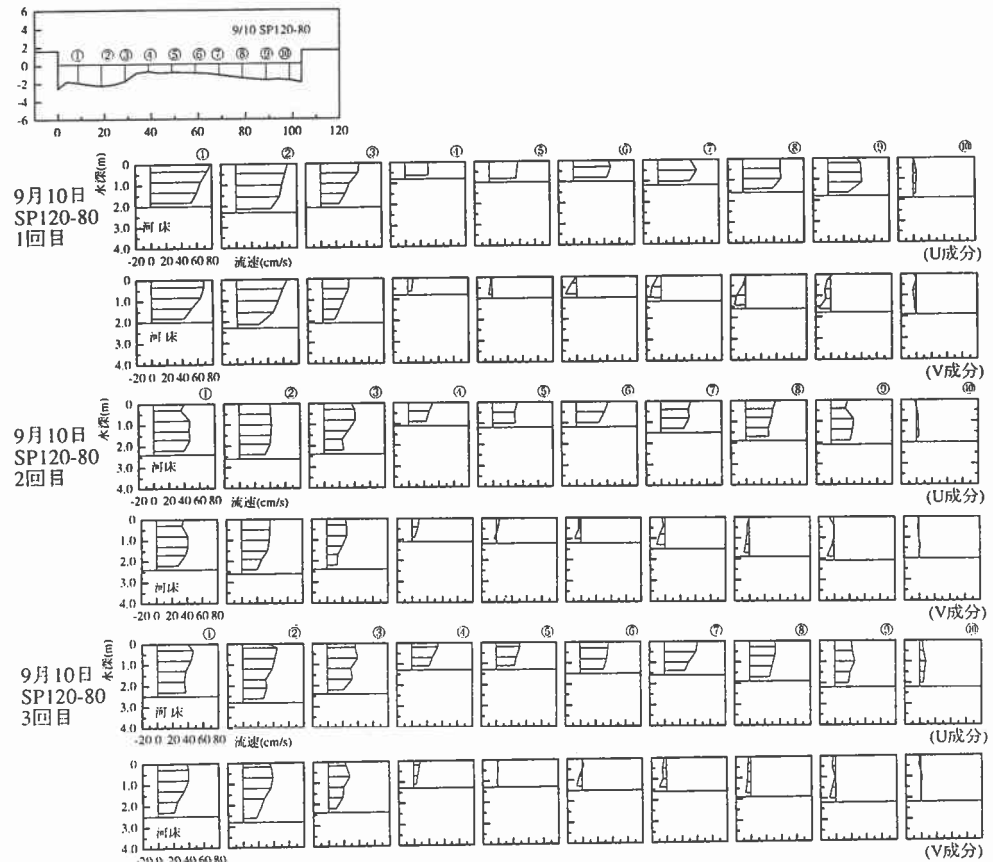


図-4 (c) 河口砂州フラッシュ前の連続観測流況

4.1 河口砂州フラッシュ前後における3測線の流況（観測日8月13日と10月11日との比較）

3測線を比較すると全体的には、ほぼ同じ流況を示すが、各測線について詳細に検討する。

測線SP120-80：この測線の10月11日の観測数が少ないため、10月11日の観測値と比較する。水位は8月13日と比較すると10月11日の方が高い（図-2）主流の方向は河口砂州フラッシュ前では順流方向を示し、砂州フラッシュ後については①④⑤⑥では順流であるが、右岸側（⑦～⑩）では水深約2.0m測点を境に水面側で順流、それ以深では逆流もしくは小さい流速である。右岸側については、図-4（b）に補足的に挿入した10月11日の観測結果においても顕著である。この逆流層は、塩分濃度の測定から海水の遡上によって発生していることがわかった。フラッシュ前後とも主流の平均流速は左岸側で大きく、右岸側に近づくに従って小さい。一方、二次流はフラッシュ前では左岸側で右岸方向を示し、その大きさは主流との比でほぼ1:1となる。右岸に近づくに従って二次流は小さい。砂州フラッシュ後の順流部分（①～⑥）では右岸方向を示し、逆流部分（⑦～⑩）では螺旋状となり、フラッシュ前と同様に二次流は小さい。これは、海水の遡上と河川流で流速が互いに逆向き弱混合型2成層密度流が発生しているためと考えられる。また、図-5より流速ベクトルはフラッシュ前では、左岸側に流路が形成されているため、平均、表面、河床流速共に左岸側の河床低下部の方向を示し、フラッシュ後は各測点とも流速ベクトルは絶対的に小さく逆流もしくは右岸側の河床低下部の方向を示す。

測線SP160-120：砂州フラッシュ後の左岸付近は測定できなかった。主流の流速分布から海水の遡上は③～⑧で確認できる。図-5よりフラッシュ前の流速ベクトルは三流速共左岸側の流路方向または、流下方向を示す。砂州フラッシュ後の流速ベクトルは小さく、右岸側の河床低下部の方向を示す。

測線SP240-200：砂州フラッシュ後は、下流2測線と同様に主流の流速分布より海水の遡上で測点①②③と⑧⑨⑩で認められる。二次流についてはフラッシュ前後とも下流の2測線と比較すると小さい。図-5よりフラッシュ前で三流速とも流下方向を示しフラッシュ後は右岸側で逆流を示す。

4.2 同測線での連続流速測定結果（測線SP120-80、観測日9月10日）
3回の測定で、測定中は水位が上昇している（図-2）。図-4（c）に示す通り主流方向は、1～3回まで共に順流である。主流の流速は、左岸側の河床低下部分で大きく、右岸側に近づくに従

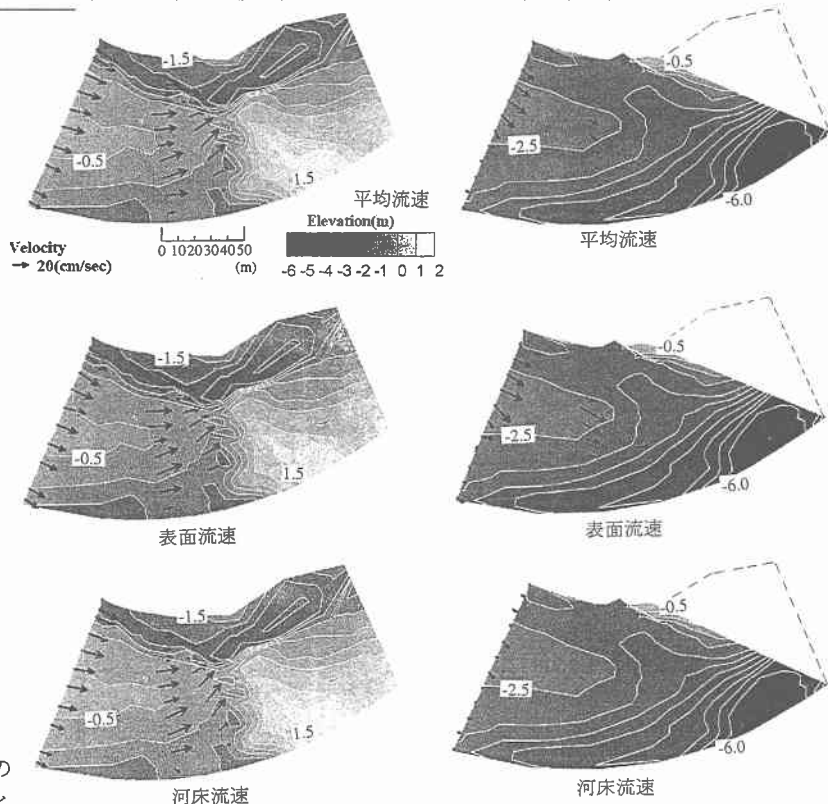


図-5 砂州フラッシュ前(左)と後(右)の河床形と流速ベクトル

い小さくなる。二次流は、1～3回まで共に左岸の河床低下部分では右岸方向を示し、また、主流速との比が1:1となる大きな二次流が発生している。右岸側に近づくに従い左岸方向あるいは螺旋状を示し、二次流の大きさは小さい。今回の測定では、水位変動が最大50cmであったにもかかわらず流況に大きな変化がなく、砂州はほぼ平衡状態であったと言える。

5. 二次流強度

観測の各測線で二次流の存在が確認された。二次流の発達には河床の横断方向の形状と関連している²⁾。そこで各測線毎に二次流強度 (I) を算出した。二次流強度とは、各測点毎の二次流 v の絶対値を水深 h で平均しさらに主流速 U の平均値で除して無次元化したものである。

(下式)。各測線で比較すると、砂州フラッシュ前では左岸寄り流路の河床低下部で二次流強度が大きく、河道中央の凸形状の部分では小さい。左岸側では、1前後である。また、フラッシュ後は、フラッシュ前に比べる大きな値を示す。右岸側の深掘れの地点では二次流に対する主流には逆流も伴っているため、その平均値は小さく、二次流強度は極端に大きくなる。このような二次流強度は直接河床形状に関与せず、河口部特有の特異値とみなすべきであろう。

$$I = \left[\frac{1}{h} \int_0^h |v| \cdot dz \right] / U$$

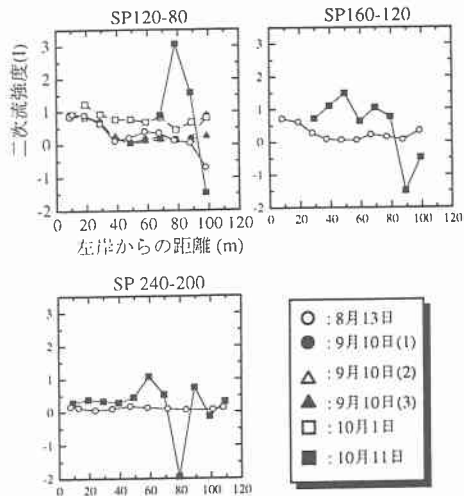


図-6 各測線の二次流強度

6. まとめ

渚滑川河口部の現地観測の成果についてまとめると以下ようになる。

- (1) 1998年9月中旬の台風5号の大出水で、右岸から左岸方向に張り出していた河口砂州は完全フラッシュされ、河床は全体的に低下し、砂州を含む汀線から80mまでの流失土砂量は、約12,000m³であった。
- (2) 砂州高位部の右岸側は、河道湾曲の外岸に相当し、出水により右岸寄り河床高は+2mから-6mまで低下した。
- (3) 主流は河口砂州フラッシュ前では順流方向を示し、フラッシュ後では水深約1.5m～2.0mより水面側では順流方向で、河床側では逆流を示す。主流速は、砂州フラッシュ前後共に左岸側で大きく、右岸側では小さい。
- (4) 流速ベクトルは、砂州フラッシュ前で左岸側の流路方向で、フラッシュ後は右岸の河床が低下した方向を示す。
- (5) 二次流は、砂州フラッシュ前後共に左岸側で大きく、その方向は右岸向きで、右岸側に近づくに従い小さくなる。河道湾曲部の頂点に近いSP120-80における二次流強度はフラッシュ前後とも左岸側が大きい。

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。

参考文献

- 1) 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
- 2) 山田正・池永均・内島邦秀・竹野顕・志村光一：河川湾曲部における二次流の分布に関する現地観測，第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集，pp29-34，1998