

II—26 河口近傍の流れに関する現地観測結果について

岩手大学工学部	(正)	堺 茂樹
北海道大学工学部		瀬尾暢宏
東海大学札幌校舎	(正)	泉 列
日本データサービス(株)	(正)	鈴木重信 桜庭幸彦
北海道大学工学部	(正)	小野敏行, 佐伯 浩

1. 緒言

河口閉塞機構を解明するには、河川からの流れと波の共存する場での砂の移動を把握することが不可欠である。また、その外力となる波浪も流れの影響を大きく受けるため、流れによる波の変形に因りて十分理解しておく必要がある。そのため、従来より流れによる波の変形、共存場での砂移動に関する理論的あるいは実験的研究が多く行なわれてきた。

河口から流出された河川水の拡がり方は、河川水と海水の混合の強弱によって異なるが、中小河川で、特に河口閉塞が問題となる場合での流量はかなり少なく、弱混合の状態であり、塩水上に淡水が拡がるいわゆる密度流になっていると考えられる。しかし、従来の実験では密度差を考慮したものはほとんどなく、等密度流体によるものであり、現実の河口では予想される密度流的な性質の効果が評価されていない。現実に近い状態で実験を行うには当然密度流として取扱わなければならないが、それには多くの実験的困難が生じる。また現実にはどの程度の密度差があり、その効果がどのようなものであるかに関しては未解明な部分が多く残されている。

今後、河口付近の流れの場での諸現象を研究する際に、密度流として扱う場合の実験的困難さにもかかわらず、密度流として扱う必要があるかどうか、また従来の研究のように等密度流として扱い得るのどのような場合であるのかを判断する一資料を得るため、河川水の海上への拡がりに関する現地調査を行ったので、ここにその結果を報告する。

2. 調査内容及び方法

本調査では、札幌市北面部を通り小樽市の海岸に流れる新川の河口を対象とした。新川河口を調査対象とした理由は、新川の流域面積が比較的狭く、流出水の多くは都市下水が占めており、年間を通じて流量の変化が小さいと考えられることである。調査項目は、河口部での流速と塩分濃度の横断分布、海域での塩分濃度、表面及び底面での流向・流速、表面での流跡線である。流速は東邦電探製 CM-25型 電気流速計を用い、30秒間の平均をとった。塩分濃度は東邦電探製 ECT-5型 塩分検出計を用い、水温と電導度を測定し、塩分濃度に換算した。流向は流速計の流向部が故障したため、目視で行った。流跡線は河口に投入した浮子を陸上の2台のトランシットによって追跡した。調査時期は1993年8月25日～27日、9月6日～7日である。

3. 調査結果

3-1. 河口部での流速分布、塩分濃度分布

河口での流速の横断分布を図-1に示す。流出流量は4.12 m^3/s である。図-2は石狩湾新港での潮位記録であるが、観測時(8月25日12:30～13:30)は上げ潮時に当たっており、その前後の潮差は約8 cm である。一般に、流量が少なく、潮差が小さい場合には弱混合の状態になり、塩水クワジが生じることが明らかにされているが、新川河口付近でも、流量・潮差とも小さく、塩水クワジが発生しており、さらに上げ潮時に当たっているため、塩水クワジが上流に発達している時期であり、そのため塩水が占めている下層では上流に何う流れが生じているのか認められる。また、上層では左右両岸近くに2つの主流線が見られ、また上層中央では下方が上方に比べ流速が遅くなっていることから、石岸側では時計回り、左岸側では反時計回りの渦が存在するようである。

これは縦渦が発生している場合の流速分布に似ている。しかし、縦渦では渦の水深方向と横断方向のスケールはほぼ同一であることから⁴⁾、これは一般に言われる縦渦ではなく、上流の地形の影響などによるせん断力の歪みによる渦であるものと思われる。

図-3は同断面での塩分濃度分布である。観測時期が流速分布の時期と異なるため、残念ながら流速分布と濃度分布との関連については検討できないが、水深方向に塩分濃度の変化が現われており、塩水クワジが生いていることが塩分濃度分布からもわかる。

3-2. 海域での流向・流速、塩分濃度分布、流跡線

図-4は河口を中心に汀線方向に200m、沖方向に220mの範囲での深浅図である。この範囲で縦・横20m間隔で塩分濃度の鉛直分布を測定した。この結果より、各水深での塩分濃度分布を示したのが図-5~12である。これらの図と比較すると、表面近くとそれ以下の部分で淡水の拡がり方にちがいがあることが認められる。すなわち、表面及び水深20cmでは河口から右岸寄りに河川水が拡がっているように見られる。図-13に示した表面の温度分布にも同様な傾向が現われている。それに対し、水深40cm~60cmでは、むしろ塩分濃度が低い部分が左岸寄りに多くなっており、この水深の範囲では河川水は直進せず、左右に分かれて拡散していることがわかる。この原因は図-1に示した河口での流速分布で左西岸近くにある主流部が海域に出てからも保存され、表面近くでは全体的に右岸寄りに拡がるにもかかわらず、中層では2つの主流部が左右に分かれて拡がっていることによるものではないかと考えられる。

図-4中の×印は砕波帯を示したものである。河口前面の砕波帯では、あまりほゞ、まじりない砕波が生じており、またその位置は比較的岸に近い。ところが、右岸側はかなり沖側に砕波帯があり、また左岸側も右岸側ほどではないものの、河口前面に比べ沖側に砕波帯がある。逆流の影響を受ける波浪の砕波水深は、流量が大きい程また周期が短かい程深くなることが実験的に明らかにされているが²⁾、本調査の場合中層の流水が左右に分かれているため、河口前面よりはむしろその両側に強い流れが生いているので、河口前面より両側の砕波帯の方が逆流の影響によって沖側へ移動していることが認められる。

表面及び底面での流向・流速を測定したのが図-14である。実線で示す表面の流向・流速は全体的に右岸寄りに大きな速度を持っている。これは図-5に示したように、表面の塩分濃度が右岸寄りになっているのに対応している。しかし、水底では必ずしも表面の流向と一致してはいなく、場所によっては逆向きの流れが生いている場合があり、海域・内部での流れがかなり複雑な様子であることがうかがえる。

図-14では海域での流跡線が明確でないので、浮子を用いてその流跡線と測定したのが図-15である。これは図-14の観測より約10日後(9月6日、7日)に観測したものであり、その同一日に数時間の降雨があったため、流量が多少異なることが考えられるが、降雨量が少なかったため、その程大きな差はないと思われる。流跡線の間隔の拡がりや図-16(n :川幅の半分、 n :流跡線間隔、 s :距離)に示したが、柏村・吉田の分類による流出パターンでは³⁾、タイプAあるいはタイプBに相当するようである。しかし、表面の流出が全体的に拡がっているのに対し、中層部では海域に入ってから左右両岸の主流部が保存され、強い流れが両側に分かれているわけであるから、表面の流出パターンだけではその内部の流れを予想するのが困難な場合があり得ることをこの調査は示している。

海域での塩分濃度を流跡線に沿って示したのが図-17~19である。図-17の左岸側の流跡線上では、0から15‰までの等濃度線は水面に対して比較的垂直に近く、水深方向にはほぼ一様な濃度分布となっている。20‰以上になると淡水が表層にうすい層になって拡がっている。特に注目されることは、濃度が水深方向に一樣になっている領域と淡水が表層に層状に存在している領域とが砕波帯を境に区別されることである。これは砕波による乱れにより砕波帯では上下方向の拡散が著しく、また砕波後の乱れた波によって中層と下層の混合が強く、濃度が水深方向にほぼ一様になっているものと考えられる。また砕波帯以深では進行波の持つ運動による上下方向

の拡散は砕波帯内及び砕波後の波に比べるとかなり小さいため、淡水が表層に拡がってゆく。図-4と図-15からわかるように、河口前面での流速線(S-5)では、ほゞまりとした砕波が認められ小なかつた。このような流速線に沿って(図-18)、海域に出てからも層状に拡がっており、水深方向の濃度差が常に存在している。また右岸側の流速線では(図-19)、汀線付近が深くなっているため底面付近では高い濃度であるが、表面から中層にかけては砕波帯以浅では、濃度差が小さく、左岸側程明らかではないが砕波帯と境に於て濃度分布に違いがある。これらの図と比較すると、海域に拡がる河川水を扱う場合には、砕波帯以深では密度変化を考慮したいわけであるが、また砕波帯以浅では水深方向にはほぼ一様で水深の増加に伴い濃度が高くなるようなモデルで考えることが妥当であることと示しているのではないかと考えられる。

最後に、本調査を行うにあたり全面的に協力していただいた北海道大学工学部土木工学科4年生押川定生、竹内貴弘、平田 亨、和泉恵之、奥村伸人、大学院生佐藤恵之諸氏に感謝の意を表します。また、調査期間中の気象・海象の資料をこころよく使用させていただいた北海道庁港湾局小樽港湾建設事務所の岡季各位に感謝の意を表します。

<参考文献> 1) 黒木幹男, 岸 力; 開水路に発生する縦渦の構造の研究, 土木学会論文報告集 No.312, 1981-3, 2) 堀 茂樹, 天塚勇彦, 佐伯 浩, 尾崎 晃; 斜面上での砕波に及ぼす流れの影響に関する基礎的研究, 才28回海講, 1981, 3) 例えば 吉田幹男; 河口密度流に及ぼす地形の影響, 才30回海講, 1983.

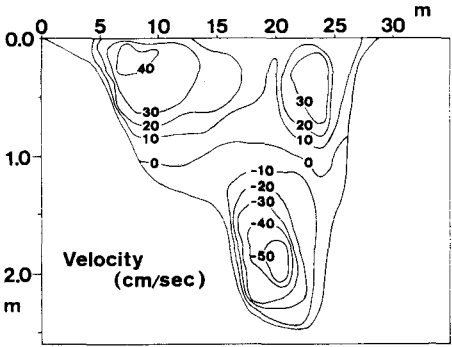


図-1 河口部での流速分布

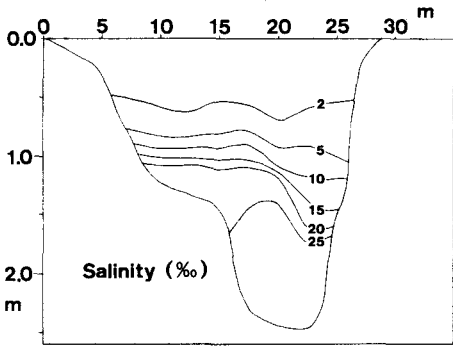


図-3 河口部での塩分濃度分布

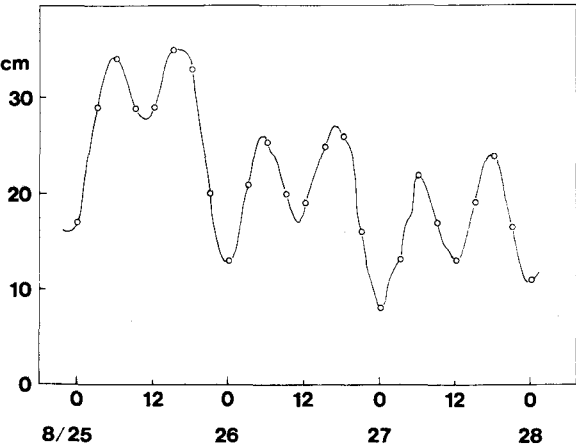


図-2 石狩湾新港での潮位記録

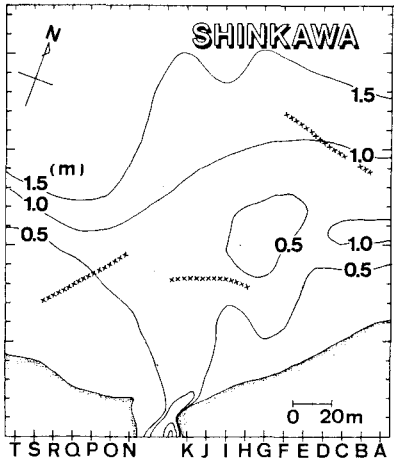


図-4 深浅図

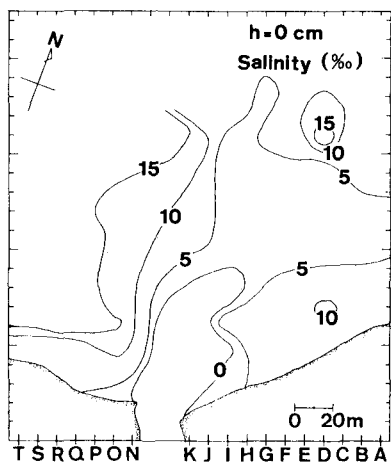


图-5 盐分浓度分布(表面)

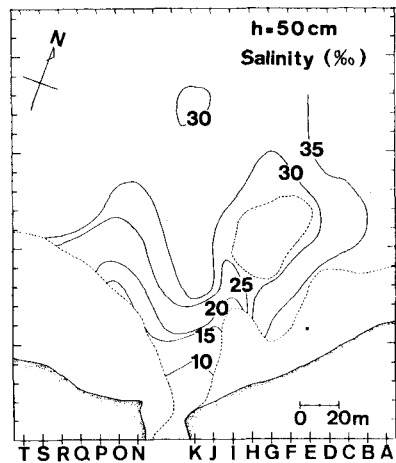


图-8 盐分浓度分布(h=50 cm)

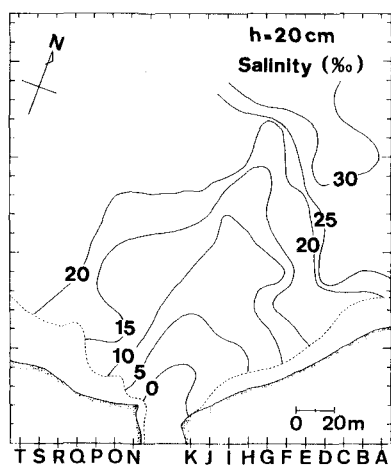


图-6 盐分浓度分布(h=20 cm)

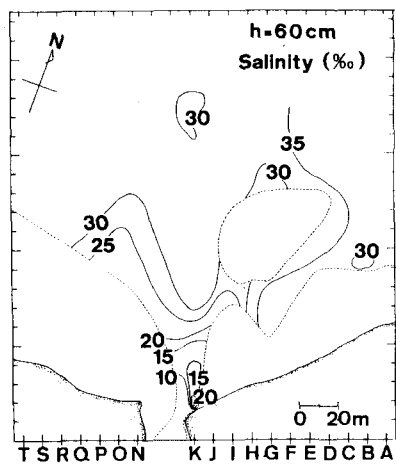


图-9 盐分浓度分布(h=60 cm)

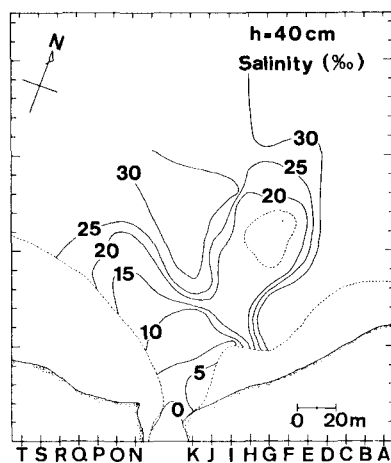


图-7 盐分浓度分布(h=40 cm)

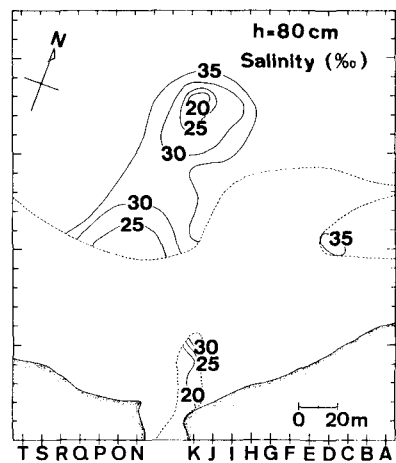


图-10 盐分浓度分布(h=80 cm)

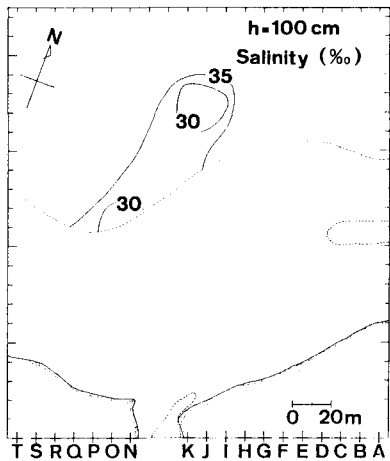


図-11 塩分濃度分布 ($h=100\text{ cm}$)

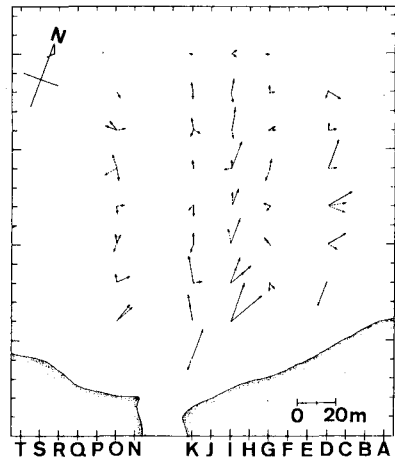


図-14 表面及び底面での流向・流速

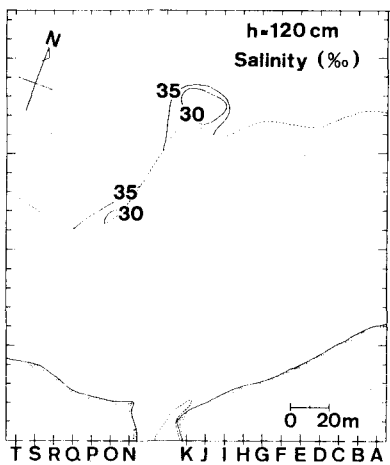


図-12 塩分濃度分布 ($h=120\text{ cm}$)

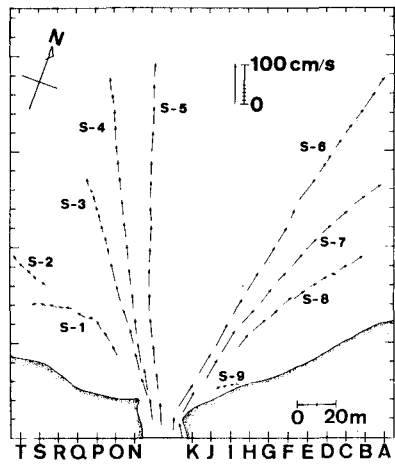


図-15 流跡線

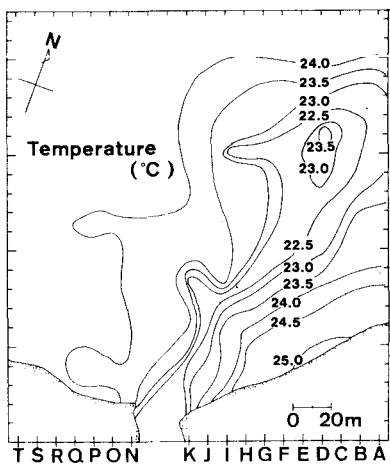


図-13 水温分布 (表面)

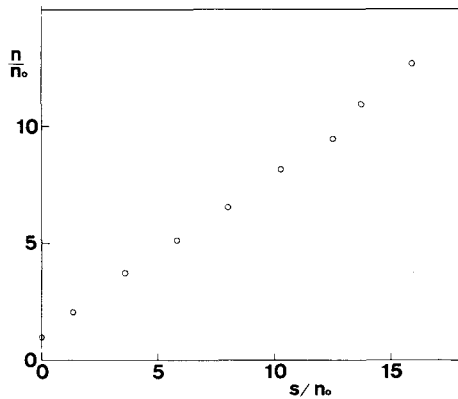


図-16 流跡線間隔の基がり

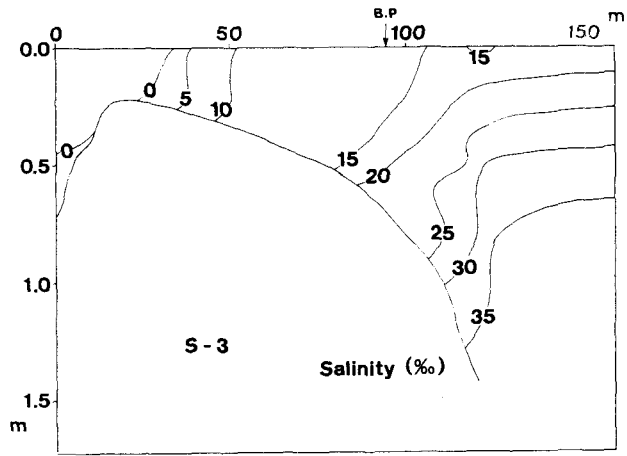


図-17 流跡線に沿った塩分濃度分布 (S-3)

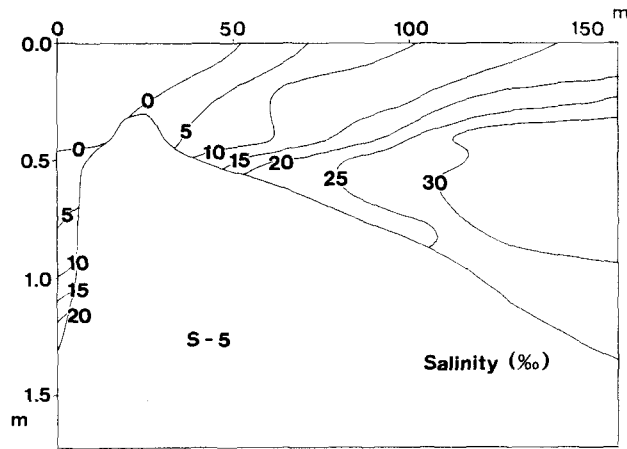


図-18 流跡線に沿った塩分濃度分布 (S-5)

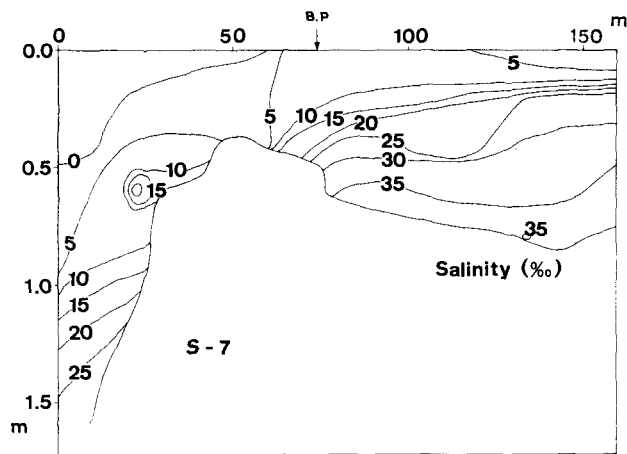


図-19 流跡線に沿った塩分濃度分布 (S-7)