

河 口 流 の 実 態

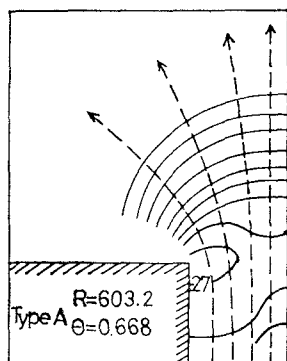
柏 村 正 和*・吉 田 静 男**

1. はじめに

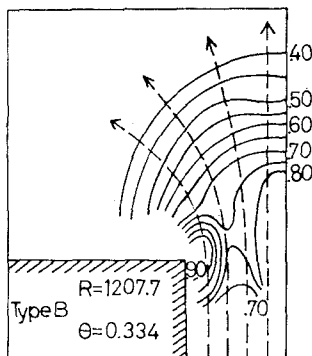
この数年間、河口流の状況をいろいろな角度から追求してきた。基本的な性質は主として室内実験をもととし、その検証は石狩川河口の実測によって行なってきた。その中で、河口を出る際の表面流の flow pattern の種類とか、それらがどのような水理条件で発生するかという問題については、すでに数回にわたって述べたとおりかなり明確なものになった^{1)~9)}。昨年度からは水面下の流れの状況や、密度流としての流れ方の特徴について研究が始められている。流心に沿って表面流が河口を出たところで一時加速されることが実験と実測とから検証され、これが密度流としての一つの特徴であることを述べた¹⁰⁾。これに対して河口での横断方向の流れの特徴を調べようとするのが本論文の主旨である。前年度の実験にも現われ一部はすでに述べたとおり、流心部で表層流が加速されることのほかに、河口の両端部でも加速され、しかもその流速値は流心部の値を凌駕する場合さえあった。このことはその後の石狩川での実測でも認められたので、これについてくわしく紹介したい。さらに過去の他の河川での実測にもこれと類似の結果があったことに気付いたのであわせて述べたい。そのほか、以上の現象を検証するために始めた室内実験の第一段階で得られた定性的な結果についても記述したい。

2. 石狩川河口の流速分布

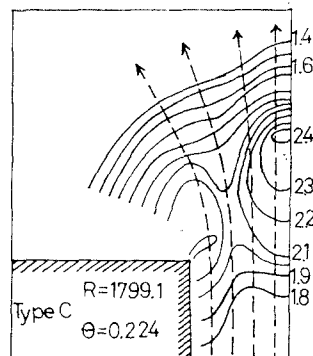
表面流の各種 pattern ごとに実験によって得られた流速の状況を示したのが図—1～図—3である。流速値の等しい線をもって平面的分布を示してある。これらの図の右の縦線は河口の流心線を示しており、したがって流れの左半分の流速分布を示したものである。昨年すでに指摘したように流心に沿って河口付近で表面流が一時的に加速されていることが認められるが、同時に左のかどの部分でもやはり加速されていることがわかる。しかもA型、B型の流れでは流心部の最大流速値よりも大きい値が出ている。しかしC型では流心部の方が速度が大きい。これらの状況から河口の流れが密度流的であるほど、河口両端における流速の一時加速現象が顕著であると推察される。この実験では水槽の規模が小さいためにまだはっきりしていないが、河口での淡水厚分布の状況が表面流の一時加速現象にかなり関連しているようである。しかし河口両端で加速される現象は密度差のない一種類の流体の場合でもそれがポテンシャル流であれば現われる。噴流では現われない。ただしポテンシャル流の場合は流心が加速される現象はもちろんない。このように密度流として行なった実験ではあるが、河口両端での加速現象は密度流の特性であるとは必ずしも断じ難く、あるいはポテンシャル流に類似した性質があって現われ



図—1 表面流の等流速線 A 型の場合
横の数値は流速値 (cm/s)



図—2 表面流の等流速線 B 型の場合



図—3 表面流の等流速線 C 型の場合

* 正会員 理博 北海道大学教授 工学部

** 北海道大学助手 工学部

るものかもしれぬ。

以上のような新しい実験事実を確かめるために石狩川で現地観測を行なった。河口の地形は図-4のとおりである。石狩川はななめに海へ流入しているの直角に出る場合とは若干条件が異なるが定性的な性質を知る程度ならこれでもよいであろう。右岸にはミオ筋安定化の目的で導流堤が年々延長されている。左岸は先端砂洲からるか沖にまでのびた海底の砂堆があり、その中間の比較的深い海域が航路となっている。

昭和44年8月2日に行なった実測の結果を図-5～図-9に示す。これらは水面から、0.5 m ほどの深さの流速、電気比抵抗、および水温の分布を示している。比抵抗は塩水濃度の状況を見るためのもので、値が小さいほど濃度が高い。図-5の表面水の状況を見ると、航路筋に沿って淡水の主流がある。河口を出るにしたがって次第に塩分濃度が上がるが、それよりも左右両岸に向かっての塩分濃度増加が著しい。左岸の方ではその傾向が極端で、左岸先端部付近では河口内にまで表層に海水が侵入している。例年には導流堤先端付近から表層が次第に放射状に広がっていくことが観測されているが、この図では測点が少なく明らかなでない。水温は沿岸で高温なのが常であり、水温分布から直接淡水と海水の交流の状況を知るには多少不便ではあるが、やはり左岸先端から海水が河口内に入りこんでいることがうかがわれる。右岸導流堤基部の透過堤から右岸側の海水が川の中へ入りこんでいることもわかる。

以上の淡塩水の配置はごく常識的なものと考えられるが表層の流速については注目すべきものがある。すなわち河口内で横断方向に塩分がかなり違っているにもか

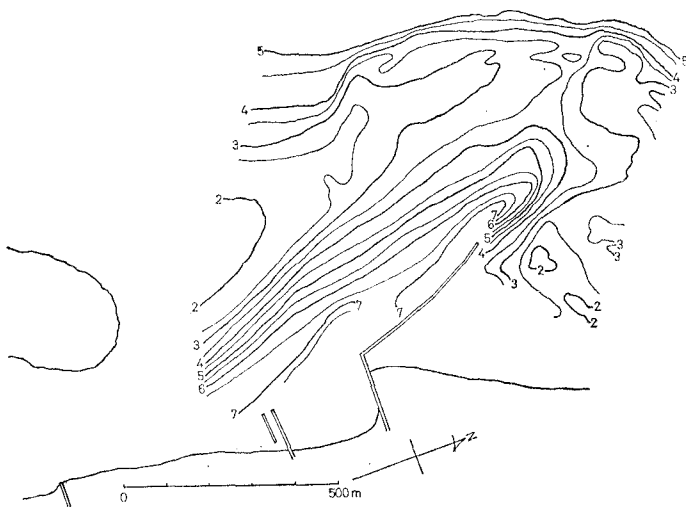


図-4 石狩川河口深浅図(昭和44年8月)

わらず、流速は両岸のごく近くを除いてはほぼ一様である。それが河口右岸の突堤および導流堤付近に達すると、淡水の主流部よりも左岸先端近くの塩水を多く含んだ部分の方が流速が大きい。このことはさきに述べた河口端における一時加速現象に相当するものであり、現地でも同様のことがおこっていることを知ることができる。念のため数年間の資料を調べてみると今まで見逃していたがやはり同様の現象が認められた。

流心主流の一時加速は、導流堤先端をすぎた、かなり沖で生じている。導流堤の延長工事が進行して年々加速点が沖へ移動しており、これは河口の実効的な位置が沖へ動いていることを示唆するものである。

図-6は0.5mの深度における分布である。傾向は表面とほぼ同じであるが、左岸先端部はすでにまったく海水に浸されている。注意すべきことは、左岸先端で表面

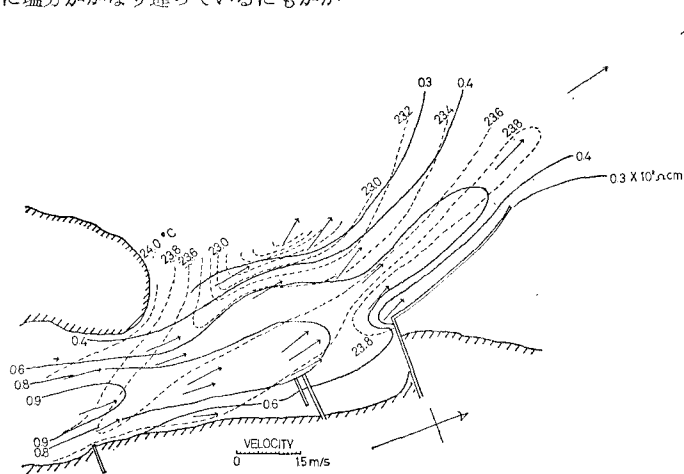
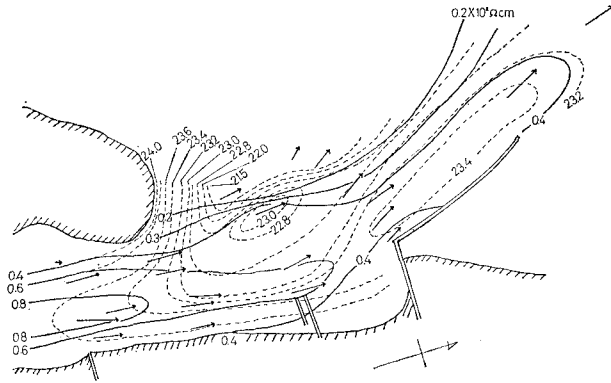


図-5 石狩川河口表面流速、水温(点線)、電気比抵抗(実線)分布



図—6 深度 0.5m の分布

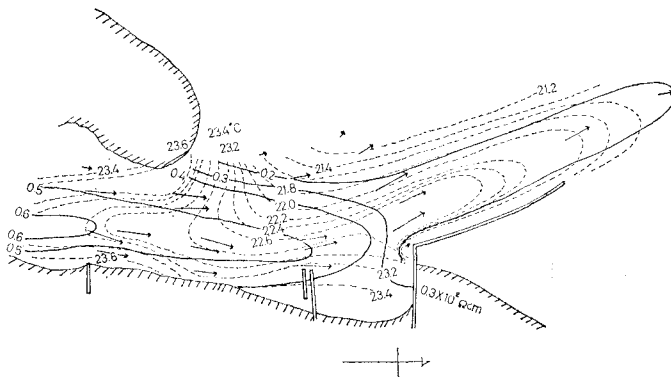
流に見られた一時加速現象はこの深度ではもう見られず、流速の最大値は淡水主流に移っていることである。左岸側は淡水層がうすく、したがって左岸沿いに流下してきた淡水は下層の海水にいちはやく押し上げられ表層の加速現象をおこすのではないかと考えられる。同時に淡水塩水の混合が著しく促進され表層の高塩分をもたらすものと思われる。

1 m の深度も 図—7 のように大体似ているが左岸の方

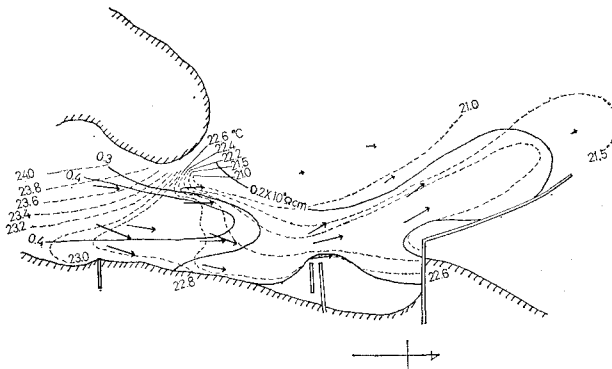
からさらに海水の侵入が進行している状況が見られる。

図—8 の 1.5m 深度では、左岸先端部の海水の圧迫により、その付近から淡水が右岸の方へ押しやられる状況がよくわかる。

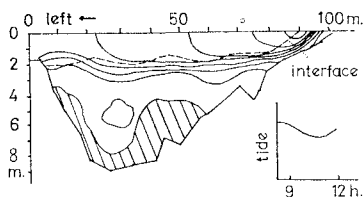
図—9 の 2m 深度ではいま述べたあたりを境に上流側には淡水が存在しかなりの流速を持っているが、この点の下流側ではもうほとんど淡水はなく、したがって流速もない。このことは淡水がその付近から海水の上部へ浮



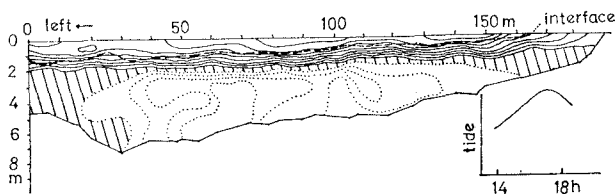
図—7 深度 1m の分布



図—8 深度 1.5m の分布



図—12 b 断面の流速分布, 昭和27年
8月8日, 0830~1130



図—13 c 断面の流速分布, 昭和27年8月8日, 1430~1840

のは注目すべきことである。

他の年の観測にも二、三の例があるが、それらも同様の傾向を持っている。これらの諸観測を総括して要約すれば次のようになる。

天塩川河口は右に弯曲して海に注いでおり、淡水層は左岸に厚く右岸は薄い。ときには右岸側は海水が露出することもある。それにもかかわらず流速の極大部は左岸ではなく中央か右岸寄りに存在し、ことに干潮時では極端に右偏する。

前節に述べた石狩川の場合は河道がゆるく左へ弯曲していて天塩川と逆であるが、以上述べた諸現象もまた逆の配置になっているのであり、これはやはり河口密度流の一つの特徴ではないかと思われる。天塩川では石狩川と同じく河口の河道弯曲部の内側に沿って海水が侵入するため淡水層が急激に小さくなり、表面の一時加速現象がおこって流心の右偏をもたらすのであろう。一方左岸寄りの厚い淡水層は河口を出て四方へひろがると同時にやはりそこで一時加速の現象を呈しているのであろうと想像される。

天塩川も石狩川もともに河口部は河道が弯曲しているが、もし直線的に直角に海へ注ぐ場合を実験結果と現地観測の結果とから推定するならば次のようになると想定される。つまり河口では中央部が淡水が厚く両岸に向かって次第に薄くなり、かつ表面流速は河口両岸に近いところがまず一時加速現象により早くなり、中央流心部の表面流は河口を出てしばらくしてから一時加速されて最大の流速値を示すというような形態をとるであろう。もちろん、河口両端で流速が早いのは海水の侵入が作用していると思われるので、密度流的流れで顕著であり、逆に流出が噴流形式になると消滅するであろうと考えられる。

以上の現地観測に基づいた河道弯曲による流れの特徴

を実験室で検証すべく、実験を開始した。河道幅 8 cm, 河道中心部の曲率半径約 50 cm の水路を塩水をたたえた大水槽に連結して流速、淡水層、表層塩分分布を調べている。実験は開始されたばかりで、まだ諸量を数値的に示すことはできないが、石狩川、天塩川の実測とまったく同じ傾向が生じている。密度流的な A 型、B 型の流れでは表面の流心が河口で曲率中心の方へ偏するが、流量を次第に増して、C 型、D 型、E 型というように噴流的な流れにしていくと流心は曲率中心から遠ざかる方へ偏していく現象がとらえられている。定量的な詳細については次の機会にゆずりたい。

参 考 文 献

- 1) 柏村・吉田：密度流の研究（第1報），北大工学部研究報告，第41号，昭41年8月
- 2) 柏村・吉田：河口を出る淡水の流れ，第13回海岸工学講演会講演集，昭41年12月
- 3) 柏村・吉田：密度流の研究（第2報），北大工学部研究報告，第43号，昭42年5月
- 4) 柏村・吉田：河口密度流の解析，第14回海岸工学講演会講演集，昭42年10月
- 5) 柏村・吉田：Outflow pattern of fresh water issued from a river mouth, Coast. Eng. in Japan, Vol. 10, 1967
- 6) 柏村・吉田：河口の flow pattern について，第12回水理講演会講演集，昭43年2月
- 7) 柏村・吉田：河口の流れの構造（1），第15回海岸工学講演会講演集，昭43年12月
- 8) 柏村・吉田：密度流の研究（第3報），北大工学部研究報告，第53号，昭44年3月
- 9) 柏村・吉田：Flow pattern of density current at a river mouth, 13th Congr. IAHR, Proc., Vol. 3, (Subject C), 昭44年9月
- 10) 柏村・吉田：河口の流れの構造（2），第16回海岸工学講演会講演集，昭44年11月
- 11) 柏村：天塩川河口の二重水層，天塩港調査報告，昭34年6月