

II-36 石狩川の河口特性に関する2, 3の実測例

北海道開発局土木試験所 正員 嶋上 雄三

〇高松 光幸

1 概説

石狩川から搬出する浮遊土砂量は $150 \sim 200$ 万 m^3 /年, 掃流土砂量は $1 \sim 3$ 万 m^3 /年と推定されている。掃流土砂は河口付近に沈殿, 堆積し河口変動の要因となっているが, 浮遊土砂は石狩湾に広く分布している。浮遊土砂がどこにどれだけ沈殿するか, どのように移動するかという問題は, 隣接港湾の機能あるいは海岸の保全などを考えるとき重要である。

しかし現在のところ, 浮遊土砂の挙動を量的にとらえることはきわめて困難で, ここでは浮遊土砂の挙動に関係する2, 3の特性値の実測結果と若干の考察について報告し, この種の問題解明の資料としたい。

2. 淡水層の拡がりと厚さ

石狩川から流出する淡水は, 海水とは全く色を異にし, 褐色に濁って海面に着色域を作っている。

図-1は着色域の外周を船とレーダーにより追跡したものである。観測日を含めて前の12日間の風向はほぼESEで, 瞬間的に $10 m/sec$ の記録もあるが,

風速はほぼ $5 m/sec$ 以下で海上は静穏であった。図で淡水の拡がりは大まかに右に偏っているが, これはコリオリの力を示すものであろう。図-2に座標の定義と合わせてフロート観測結果を示す。図は流線の拡がり

図-1 淡水域と海底の地質図

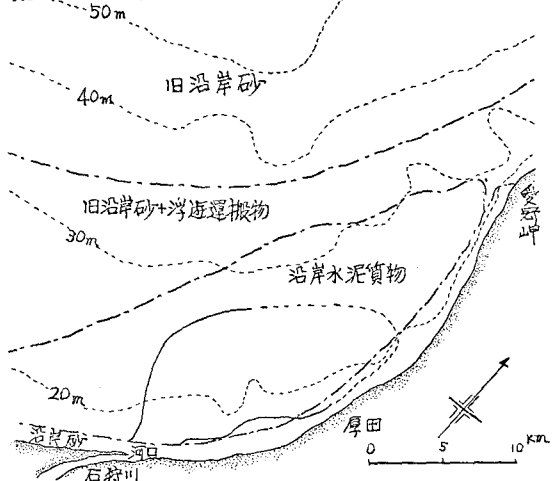
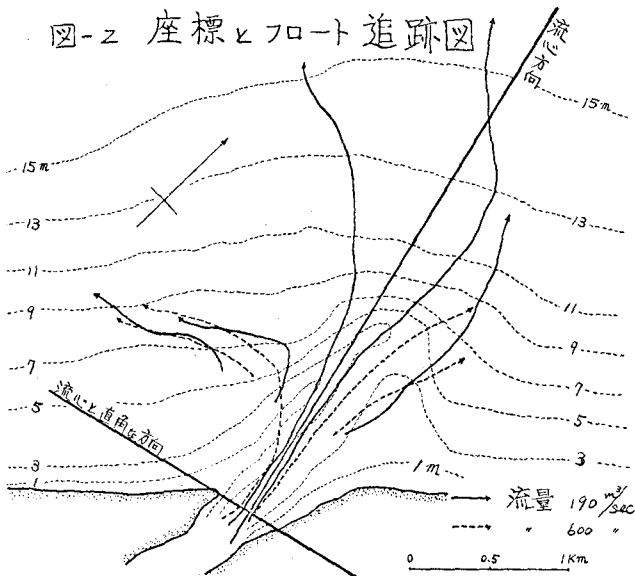
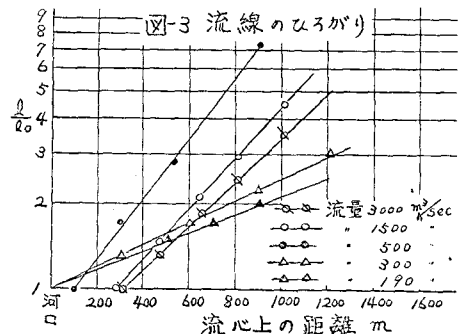


図-2 座標とフロート追跡図



の拡がり指紋関数的であり, また河口から2 km以上の沖合では, 海象の影響が大きいことを示している。図-3に流量をパラメーターとして流線の拡がり方を示す。図によれば流線の拡がり方は, 流量 $500 m^3/sec$ まではその割合が大きくなり, $500 m^3/sec$ 以



上になるとその割合が小さくなり、河口から300mくらいまでは流線の拡がりがなくなることを示している。石狩川の場合、流量500~600 m³/secが塩水くさびの河口内に入り込む限界流量とされているが、このことが流線の拡がり方に影響していることを示すものである。

図-4は淡水厚を塩素量濃度の不連続面までの厚さとして(注1)ほぼ流心に沿って測定したものである。図は河口付近の淡水厚と減少傾向が流況によって異なることを示し、また沖合ではほぼ10~50cmの厚さが緩やかに減少することを示す。いま河口付近の淡水厚の減少傾向を半対数グラフに表示すると図-5のようになり、河口付近の淡水厚の減少傾向が指数関数的であることを示している。

3. 流速分布と塩素量濃度の増加について.

いま河口付近の流線間隔の増加に $l = l_0 \exp(k \cdot x)$ 、淡水厚の減少に $d = d_0 \exp(-j \cdot x)$ を仮定すると

$$l \cdot d \cdot u = l_0 \cdot d_0 \cdot u_0 \dots\dots\dots (1)$$

ここで u ; 任意の距離における淡水層内の平均流速, l ; 流線間隔, d ; 淡水厚, k と j は常数, u_0 は河口における値を示す。(1)式から簡単に

$$u = u_0 \exp((j - k) \cdot x) \dots\dots\dots (2)$$

(2)式は $k > j$ なら流速が距離に関して指数関数的に減少することを示す。図-6に流量をパラメーターにして流心上の表面流速の実測結果を示す。図-6から河口にまわめて近い部分を除いて2~3 Kmまでの表面流速はほぼ指数関数的に減少する傾向が認められ、それより沖合では流速はほぼ30~40 cm/secから緩やかに減少していることがわかる。図-7は鉛直方向の流速分布の例で、河口付近では表層と下層の流向が不連続であるが、沖では淡水として流速を保ちながら

も流向はほぼ下層水と同じ向きであることを示している。また北の風が2日ほど吹いた後の海面の着色域は大きく南下するが、沖合で

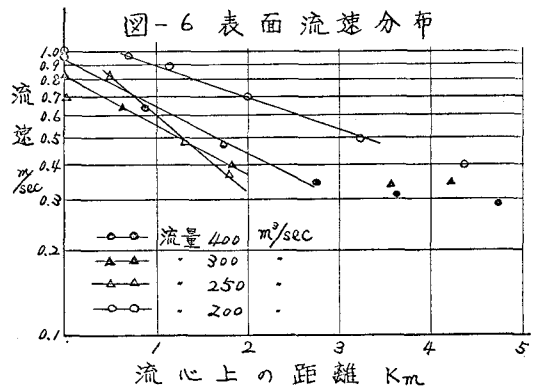
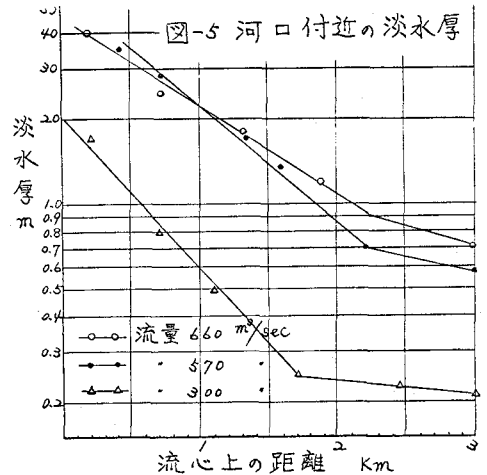
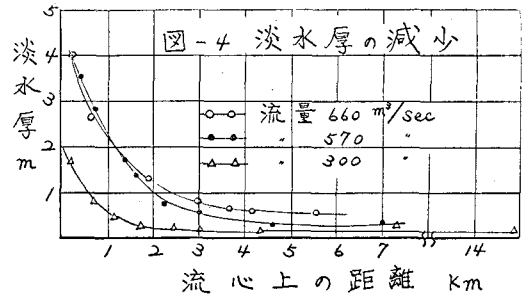
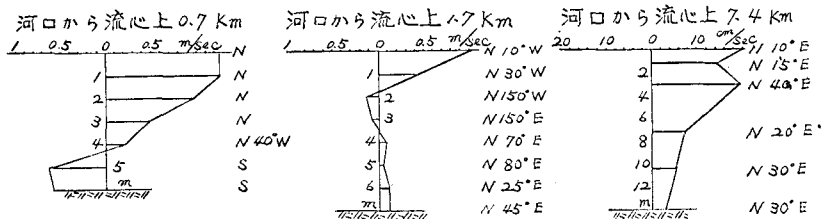


図-7 流速の鉛直分布



は表面流速が風によっても大きく影響されることを示している。図-8は表面塩素量濃度の増加傾向を示す。塩素量濃度の増減は淡水の海水による希釈を説明する重要な因子であり、浮遊土砂の濃度(以下濁度とする。)はそれに沈降現象と泥質物の自己変化現象、結合・離散現象を加えて説明されよう。図は流量が小さいときは河口近くで高塩素量になること、河口からはほぼ2 kmまでで急激に塩素量が増下し、沖合では緩慢に増加することを示している。河口付近の塩素量の増加が下層水加入によるものとして、すでに述べた流線の拡がり、淡水厚の減少、流速の減少を表わす関係式を考えて塩素量の増加を次のように表わしてみる。

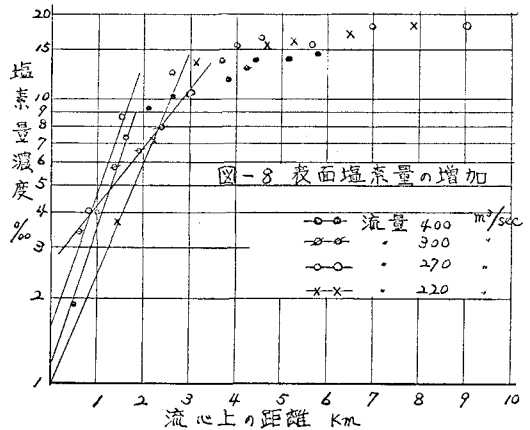


図-8 表面塩素量の増加

$$l \cdot d \cdot u \cdot S + l_m \cdot \Delta x \cdot l \cdot S_0 = (l + \frac{\partial l}{\partial x} \cdot \Delta x) \cdot (d + \frac{\partial d}{\partial x} \cdot \Delta x) \cdot (u + \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \Delta x) \cdot (S + \frac{\partial S}{\partial x} \cdot \Delta x) \quad (3)$$

ここに l , d , u はそれぞれ $l = l_0 \exp(k \cdot x)$, $d = d_0 \exp(-j \cdot x)$, $u = u_0 \exp((j - k) \cdot x)$, S は距離 x における淡水層の平均塩素量濃度, S_0 は海水の塩素量濃度, Δx は微小距離, l_m は下層塩分の上層中への混入速度 $= K \cdot (U - 1/5 U_0)$, (U ; 2層の相対速度, K ; 常数, U_0 ; 混合の始まる2層の相対速度)。(3)式において2次以上の高次の項を無視し, $l_m = K \cdot u$ において簡単にとると,

$$\frac{\partial S}{\partial x} = K \cdot S_0 / d$$

$$S = K \cdot S_0 / (d_0 \cdot j) \cdot \exp(j \cdot x) + \text{const} \quad (4)$$

(4)式は塩素量濃度が指数関数的に増加することを示している。塩素量濃度の断面分布、鉛直分布は濁度分布と合わせて、図-9、図-10、図-11に示してある。平面分布は流れの状態からほぼ判断できるものであり、流れの上流側に淡水の影響が及んでいないことから、沖合では流れの方向への拡散は小さいようである。鉛直方向に関しては河口に近づくにつれて上層の塩素量濃度に傾きがあるが、その他の場所ではほぼ同じであり、塩素量濃度の不連続層も薄いことがわかる。

4 濁度分布

すでに述べたように、濁度は塩素量濃度とかなりの相関性を期待できるが実際の測定結果にも必ずしも簡単でない。図-9はほぼ10日間静穏な海が続いた後のものであるが、塩素量濃度とは異なり局所的な分布を示し、沖合では河口付近の濁度の10数倍の所もある。また図-10は前々日に時化があった時のものであるが、図-9と比較するとかなりの塩素量濃度との相関性を予

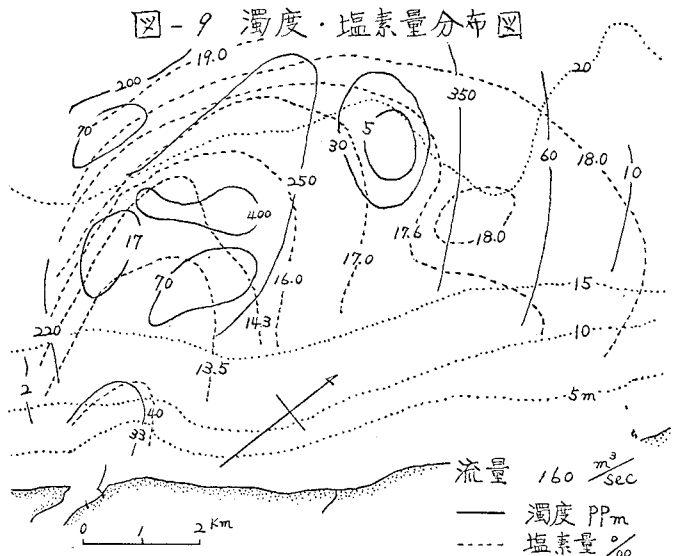


図-9 濁度・塩素量分布図

図-10 濁度・塩素量分布図

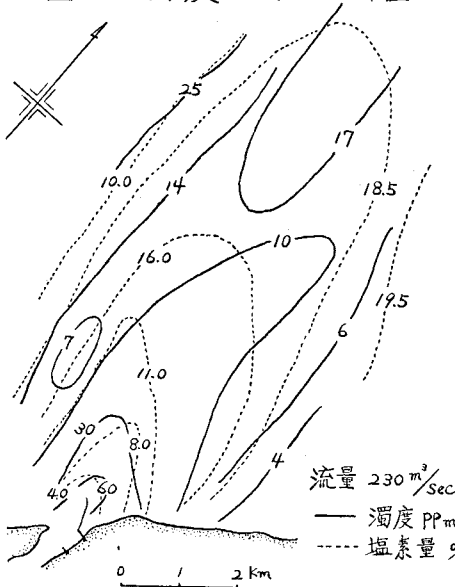
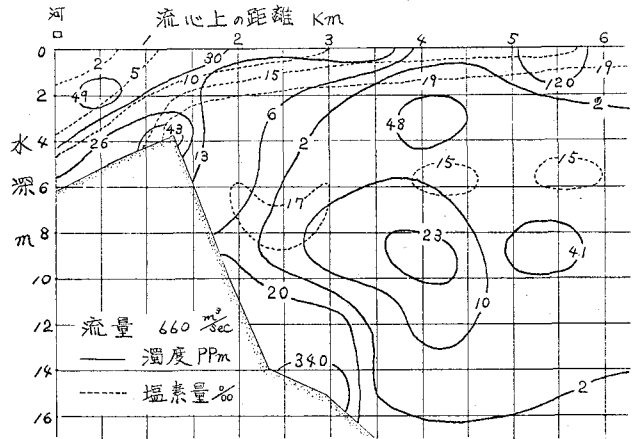


図-11 濁度塩素量分布図

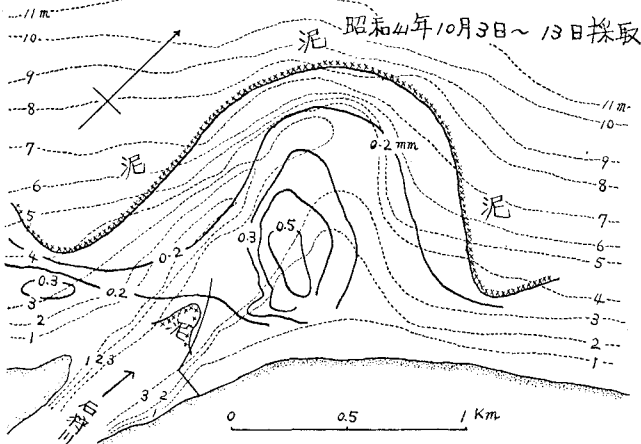


想させられる。採水した資料は攪拌して放置すると数秒のうちに綿網化現象を起こし、小さな砂粒を包みながら次第に沈降するが、このような浮泥は海が静穏ならなかなか希釈されずに移動し、局所的に集合して大きな濁度

になったり凝集して比重が大きくなると集団的に沈降したりするものようである。図-11は2日間静穏な海が続いた後のものであるが、河口から沖に向かって次第に濁度は減少する傾向を示しているが、表面や水中に局所的に高い濁度の所があることを示している。

図-12は濁度分布を補うものであるが、河口からほぼ1.5 km沖合の海底には泥溜物が堆積していて、流線、淡水厚、流速、塩素量などの増減傾向と深い関係があることを示すものである。

図-12 海底砂粒径分布図



謝 辞

本文の諸資料の収集については田中義一技官ら当港湾研究室の協力及び星藤男技官ら小樽開発建設部石狩波浪観測所の方々の援助による所が大であり、ここに記して感謝の意を表す。

注の説明

注1；淡水層と海水層の間には境界層があるが、この場合境界層の上端を指す。

参考文献及び資料

1. 水理公式集 土木学会
2. 石狩湾沿岸調査報告書 昭和41、42、43、44年度 北海道開発局土木試験所
3. 石狩湾の自然条件について 北海道開発局港湾部・土木試験所