

東京理科大学 工木工学科 正員 大西 外明
リモートセンシング技術センター 正員 〇 田中 総太郎
東京理科大学 工木工学科 正員 西村 司

① はじめに 河川水の汚濁が海域の環境に及ぼす影響を評価する場合等において、河川水の拡散範囲を適切に予知することはきわめて重要であり、筆者らはこれまで、庄川、黒野川、天龍川、吉野川などの河口拡散について、リモートセンシングの手法を用いて調査を行ってきている。本講演では、石狩川河口拡散の実体を3回の異なる時期に撮影された Landsat 映像を用いて示し、河口拡散について検討した結果を報告する。

本題における筆者らの興味は、① 河川水の拡散が影響する最大の到達範囲、すなわち、石狩川のような水量の多い河川の拡散の影響の到達する河口よりの最大の距離 ② 拡散パラメータ（例えば水温、濁度）の選択の違いによる拡散範囲の相異、の二点である。

従来、“沿岸水域”（沿岸海）の根拠は明らかでは無く、広辞苑によれば、“（沿岸海）； 湾や内海と異なり、常流に、ある国家の海岸線に沿う特定の範囲の海洋の部分”と記されているが、その根拠はきわめてあいまいである。本題で検討している河川水の拡散の最大到達範囲は、水理環境学的に於て“沿岸水域”の定義の一つの根拠になるという見方もある。

② 石狩川の概要と Landsat 映像に見られる拡散範囲

石狩川は、流域面積 $14,327 \text{ km}^2$ を有し、全国でも利根川に次ぐ着目の大河川であり、年平均流量 $497 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、最大流量は $4,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ に及ぶ。従って、河口拡散も大規模で、日本海側では信濃川河口拡散とともに、Landsat 映像にしばしば顕著にみることが出来る。これらの河口拡散映像は河口において特に輝度が高いが、これは河川水の中に土砂あるいはシルト分を含んでいるためであると思われる。

a. 1973 年 8 月 6 日の 1/100万 MSS-5 映像より 写真-1

本映像の拡散状況は、濁水が写真-1に示すように、扇状に沖合に向かって放出されている。確認できる拡散範囲を描いたものが図-1であり、河口からの到達距離は 20 km 、拡散範囲は 62 km^2 である。

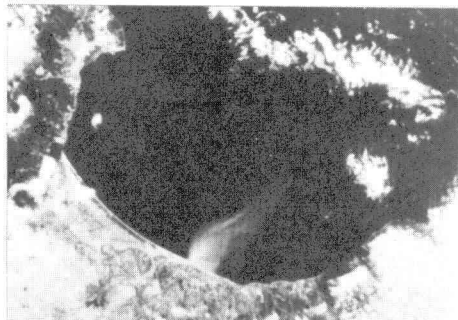
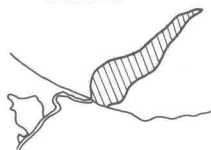


図-1

0 5 10 km



b. 1978 年 8 月 25 日の 1/100万 MSS-5 映像より 写真-2

本映像では、河口からの濁水がややふくらみを帯びた羽毛状をなして拡散している。図-2は拡散範囲であり、河口からの到達距離 13 km 、拡散範囲は 130 km^2 である。

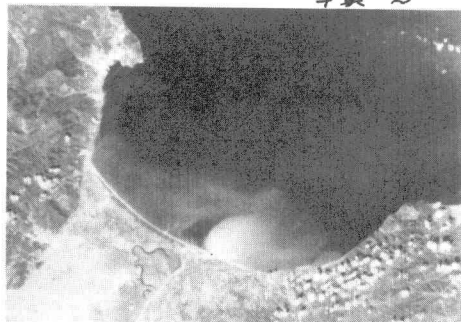
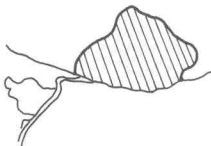


図-2



C. 1978年6月23日の1/50万 RBV映像より

写真-3

本映像は Landsat 3号機の RBV カメラによって撮られたもので、観測スワッチ領域は 2505 ~ 2750 m、また、処理画像の画素の大きさは約 19 mであり、筆者らは縮尺 50 万分の 1 に伸ばした写真より判読した。図-3 に拡散範囲を示すが、拡散到達距離は 13 km、拡散範囲は 104 km² である。

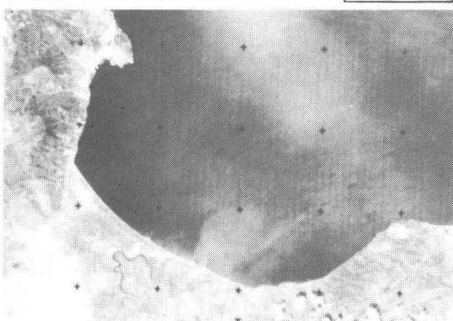
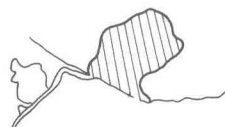


図-3



上記 3 例は、互いに拡散状況は異なるが、これらは、流量、潮流および吹送流などに原因するものと考えられ、現在、これらの ground truth を考慮に入れた解析を進めつつある。

③ 拡散パラメータ(濁度または温度)による拡散範囲の相異

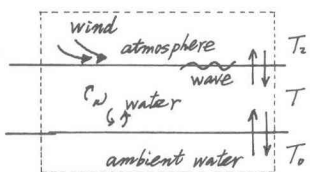
a. 小矢部川・庄川および黒野川河口の熱映像との比較

熱映像が示す拡散範囲は、濁度を拡散パラメータとした拡散範囲よりも狭く観測されるようである。例えば小矢部川では流量 $Q = 41.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して、拡散面積は 5.46 km² であり、拡散到達距離は約 2 km であった。黒野川についても、フロントはナイフ状の明瞭なものであったが、到達距離は 3 km 程度に過ぎなかった。一方、石狩川の場合、年平均流量は、小矢部川・庄川の約 5 倍であるにも拘らず、拡散範囲は河口より 20 km に及ぶ、拡散面積は 130 km² に達する。また、神通川においては航空機による熱映像から求めた拡散範囲よりも、Landsat 映像による方が大きい拡散範囲を持っていた。このような例は、観測日や水域が異なるので厳密な比較にはならないが、筆者らはこれらにより、前記の推測を行なった。

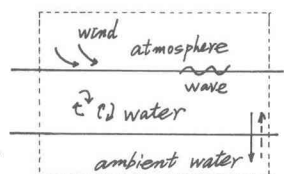
図-4

b. 拡散パラメータによる拡散範囲の相異についての物理的解釈

拡散の過程において、濁度が温度よりも永く保存されるとすれば、それは何故であろうか？ 拡散が進行して流入水が環境水と一致してゆく過程のモデルを、図-4 に示す。図-4 a は流入水の熱(内部エネルギー)が環境水や大気の中にどの様に移動するかを示したものであるが、この過程は、熱(内部エネルギー)という状態量の移動であり、大気との接触面および環境水との接触面において、その系のエントロピーが最大になるまで、主として温度差に依存して確実に進行する。一方、図-4 b は濁度の移動を示すが、濁度は水中に存続する質量であり、水面から大気へ移動することができず、もっぱら重力の作用により環境水の中へと移動する。しかしながら、通常、流入水は風波により絶えず攪拌されており、細かい粒子の沈降は著しく阻害される。このような理由により、濁度は温度よりも永く水中に保存されるものと考えられる。



(a) 温度の場合(状態の移動)



(b) 濁度の場合(質量の移動)

④ まとめ ① 本論にあげた例によれば、石狩川河口拡散の最大到達距離は 20 km、最大影響範囲は 130 km² である。② 拡散状況は各映像により異なるが、流量、潮流、吹送流の影響によるものと考えられる。③ 拡散パラメータとして濁度を採った場合の拡散範囲は、水温をパラメータとしたときのそれよりも大きくなる。④ この理由としては、濁度の拡散がいわば“質量の移動”であるのに対し、温度の拡散は“状態の移動”であることによると考えられる。⑤ 本報告は、写真上で拡散範囲を追跡したに過ぎないので、さらに、digital を解析および ground truth の解析により詳しい解析が期待できる。⑥ 条件により拡散状況が異なるため、今後、多くの観測事例の蓄積が望まれる。