

感潮河川における塩分侵入と分散係数

長崎大学工学部 学生員 ○清水 憲
布田 久雄
正 員 古本 勝弘

1. まえがき

感潮河川における塩分の侵入形態は、河川流量、潮位差、水深、河幅、淡塩密度差などに規定されて、河川ごとに、又同一河川でも水理条件により異なる。強混合タイプの塩分侵入は1次元の移流分散方程式により解析されるが、感潮域の分散係数の評価式は、まだ確立されていない。

ここでは、六角川における塩分調査資料¹⁾をもとに、河道内水量を独立変数とする移動座標を用いた解析手法を用いて分散係数を求め、筑後川、川内川の資料²⁾と合わせて感潮域における分散係数の評価式を検討する。

2. 基礎式

断面平均塩分濃度の保存則は、感潮域最上流点を原点として下流向きにとったx地点までの水量Vを独立変数とすると、次の1次元移流分散方程式で表される。²⁾

$$\frac{\partial C}{\partial t} + Q_F \frac{\partial C}{\partial V} = \frac{\partial}{\partial V} \left(A^2 D \frac{\partial C}{\partial V} \right) \dots\dots\dots(1)$$

ここで C: 断面平均塩分濃度、 Q_F : 淡水流入量、A: 流水断面積、D: 分散係数である。ある値のVの位置は潮汐とともに河道を移動する。このように水塊とともに移動する座標の上ではCは時間によらず、Vのみの関数になることが期待される。六角川において観測された塩分分布を距離座標上にプロットすると図-1となるが、これをV座標上にプロットすると図-2のようにCの潮時による変化は非常に小さくなる。ただし、C、Vは海水塩分 C_0 、満潮時の河口貯留量 V_H により基準化している。これより、 Q_F の時間変化が小さいならば、(1)式の非定常項は省略できて、 $v = V/V_H$ 、 $c = C/C_0$ とすると、

$$Q_F c = \frac{A^2 D}{V_H} \frac{dc}{dv} \dots\dots\dots(2)$$

A、DをVの関数で表すことができれば、(2)式を解いてcの分布を求めることができる。また、塩分の観測値をV座標上にプロットし、図-2のようにc~vの平均曲線を描くと、(2)式からDを求め得る。

3. 六角川への適用

六角川の水位観測資料と1km毎の断面測量図を用いてV~x, t関係を求め、3地点で観測された塩分をV座標上にプロットして図-2を得た。また、A、W (河幅)、U (rms流速) をVで表し、1潮時平均して図-3を求め、図-2と(2)式からDを求めた。

表-1 六角川の要目

RIVER No. (DATE)	Q_F m ³ /s	A_c m ²	W_c m	U m/s	V_H *10 ⁴ m ³	Riv *10 ⁻³	K	記号
大潮 R-1 1988.11.23	1.39	970	317	0.95	10.9	4.8	22.4	●
小潮 R-2 1988.11.30	0.98	756	292	0.82	7.64	6.5	650	●
等潮 R-3 1988.12.7	1.07	854	305	0.93	9.45	4.0	380	■

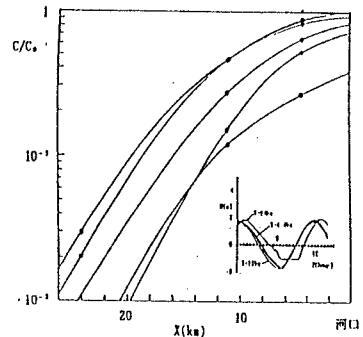


図-1 塩分分布 (R-3)

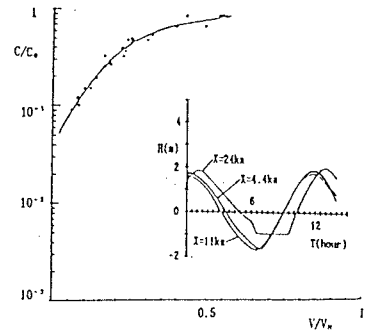


図-2 無次元の貯留水量V/VHに対する塩分分布 (R-3)

このようにして求めた六角川の分散係数の値は $2.0 \sim 5.0 \text{ m}^2/\text{s}$ の値である。上流付近で値が大きく、下流で値が小さくなる。感潮域のような河幅の広い開水路往復流の分散係数を求めた理論では $D/(W^2U/d)$ は $(U_F/U)^2$ に関係づけられるので²⁾ 六角川で求めた両者の関係を両対数紙にプロットして、図-4を得る。ここに、 U_F は淡水流速、 d は (A/W) である。図において各観測を勾配2の直線で近似できるとすると、分散係数は

$$D = K \frac{W^2 U_F^2}{d U} \quad \dots\dots (3) \quad \text{なる式で表される。}$$

このKの値は同一の河川においても水理条件によりかなり変化することから、感潮部の成層度に関係すると考えられるので、密度流効果を表す無次元パラメータとして、次式で定義するリチャードソン数を導入し、Kと

$$R_{iv} = \frac{Q_F T (\Delta \rho / \rho) g d_e}{(V_H - V_L) U_e^2} \quad \dots\dots (4)$$

ここに、 T は潮汐周期、 $V_H \cdot V_L$ は満・干潮時における河口のV、 $\Delta \rho$ は海水と淡水の密度差、添字eは河口における1潮時平均値を表す。

六角川における各観測のKと R_{iv} の関係を、既に同様の解析法で求められている筑後川、川内川の資料と共に図-5に示す。Kは R_{iv} の増加にともない減少し、ほぼ直線で近似される。すなわち、リチャードソン数を知ると、図-5と(3)式で分散係数を評価できることになり、(2)式を解いて、 $c \sim v$ を求めると、 $v \sim (x, t)$ 関係から $c \sim (x, t)$ 関係を得ることができるようになる。

4. あとがき

実河川の感潮部における塩分侵入を貯留水量Vを用いて解析する手法を述べるとともに六角川の塩分観測資料から分散係数を求め、筑後川、川内川の資料も加えて感潮部における分散係数の定式化を図ろうとした。まだ3つの河川の資料のみであるから普遍性のある分散係数の表示とは言いがたいが、かなりのまとまりのある表現が得られた。

感潮部における流れ方向の塩分濃度分布は、独立変数Vに対して潮時による変化は非常に小さく、つまりVに対応する位置が潮汐とともに移動することから、ほぼVのみの関数とみなされる。従って、Vのみの擬定常の一次元移流分散方程式となる。その結果、実際の感潮部の分散係数の値を容易に求めることが出来る。またC-Vの関係からV-X関係を用いてC-X関係に変換して各潮時毎の物理平面上の塩分濃度分布が求められる。この方法の精度を高めるために、もっと多くの河川において詳細な塩分観測を実施することが望まれる。

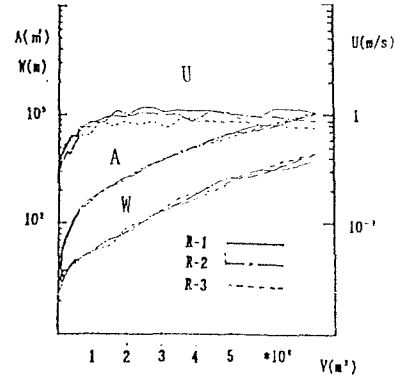


図-3 A, W, Uと貯留水量Vの関係

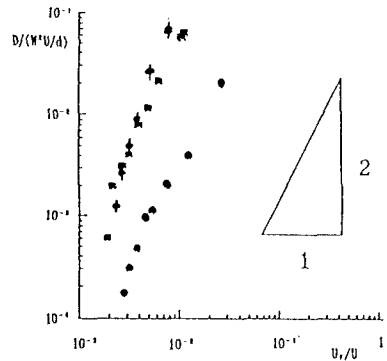


図-4 $D/(W^2U/d)$ と U_F/U の関係

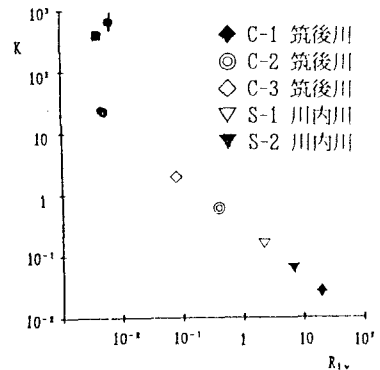


図-5 Kと R_{iv} の関係

【参考文献】

- 1) 建設省武雄工事事務所：六角川ガタ土堆積機構調査解析業務報告書
- 2) 古本・粟谷：JHHE, Vol.5, No.2, pp.39-52, 1988.