

感潮河川における塩分侵入について

正会員 九州大学応用力学研究所 篠原 謹爾
同 九州大学 工学部 椿 東一郎
同 九州大学応用力学研究所 遠藤 治郎
○ 学生員 九州大学大学院工学研究科 浦 勝

河川感潮部においては、河水と海水の密度差によって海水塩分が河口から上流まで遡上し農業用水や工場取水に各種の被害を与えることが多い。

塩分の遡上については、水理学的には潮汐と河川固有流量とによりその侵入型式が著しく異なり Stommel により次の3つの型に大別されている。すなわち

①侵入塩水が淡水との間にかなり明瞭な境界面を形成してほぼ定常な塩水楔を形成する場合。

②海水と淡水との混合が良く行なわれて、塩分濃度が垂直方向にはほぼ等しく、河川の延長方向に変化したから遡上する強混合型。 および

③兩者の中間である緩混合型である。

このうち塩水楔については多くの理論的、実験的研究が行なわれ、また大塚教授等による石狩川についての詳しい調査も発表されてその水理学的性質は次第に明らかにされ、緩混合型の河川についても伊藤・佐藤博士等により塩水楔に準じた取扱いが可能なことが示されている。しかしながら強混合型の河川については、塩分実測資料も少なく塩分拡散の機構についても未知の点が多い。

川内川は河床勾配が極めて緩やかな上に潮差が大きく感潮範囲が極めて大きい典型的な強混合型河川であり、河口より10.8 Km の中越パルプK.K.取水口において Cl^- の連続観測が行なわれている。我々はこれらの資料から塩分侵入に関与する諸因子について検討し、さらに最近実施された詳しい塩分調査から塩分拡散の水理特性について若干の考察を行なった。

(1) 塩分と潮汐および河川固有流量との相関

Cl^- 観測資料から、各潮ごとの最高塩素イオン濃度、河川流量 Q_{*} 、潮位と(長崎深掘)の月間変化を示したものが図-1である。

これから $Q_{*} \approx 43 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合には大潮時に高い塩素イオン濃度が検出され、 Cl^- と潮位との間には高い相関が認められる。

また3月22日の大潮においては出水による Q_{*} の増加により海水による Cl^- は認められず河川流量も Cl^- の遡上におよぼす重要な要素であることが知れる。

また Q_{*} の変化が Q_c^{-} に及ぼす履歴現象は数回の潮汐によつて消失する程度と考えられ、各潮における最大塩素イオン濃度はほぼその時の潮位と河川流量に關係するのみなしてよさうである。

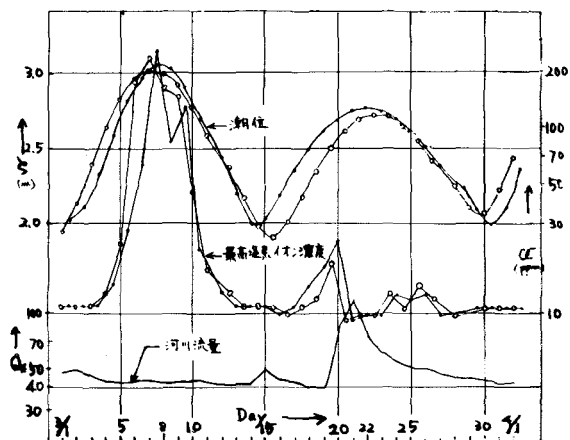


図 — 1

図-2 は昭和36年から38年までの3年間の記録より、潮位をパラメーターとして各潮最大の塩素イオン濃度と河川流量との相関を示したものである。

実測ではかなり大きく散らばっているが、

- ① 潮位に応じて塩分の侵入が全く認められないような河川流量 Q_{*c} が存在し、その値は潮位の減少と共に小さくなること。
- ② 大潮および中潮においては流量が Q_{*c} をより減少すると Q_c^{-} の値がわずかに増加するが、潮位に応じて決められる流量 Q_{*d} より小さい流量では Q_c^{-} の増加が極めて著しい。
- ③ 小潮時には低流量においても顕著な Q_c^{-} の侵入は認められないことがわかる。

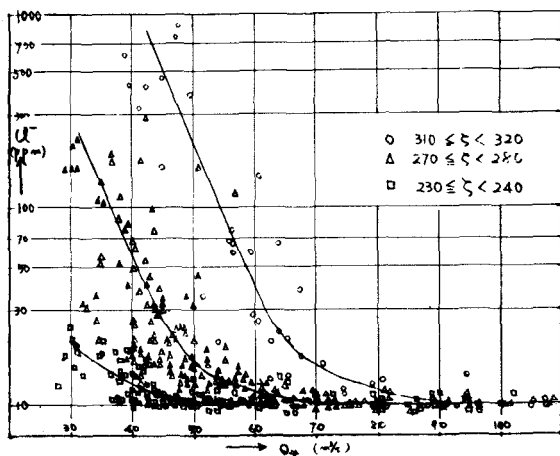


図 - 2

(2) 入退潮量

建設省川内川工事事務所により測定された大潮時の水位記録及び河川断面図から、連続の式

$$\frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

を差分式に代りて、各地点の流量を求める。

その際、流量 Q が潮汐による Q_t と固有流量 Q_* に分離されるものとして($Q = Q_t + Q_*$) Q_t の時間的变化を示した一例が図-3である。

河口より上流に行くにつれて上げ潮最大流量は急速に減少し、上げ潮の時間も河口より順次遅れたがらわずかに減少していくことがわかる。

上げ潮の最大流量 Q_{tmax}/Q_{t0max} の距離的变化を示したものが図-4である。

(Q_{t0max} は河口における最大上げ潮流量で潮位差2.2mの時の Q_{t0max} は Q_* には無関係で

$Q_{t0max} \div 750 \text{ m}^3/\text{s}$ である。)

この図から大潮時における逆流限界が推定され、海水塩分 γ に河川に投棄された汚染物質の遡上限界を求めるのに利用される。

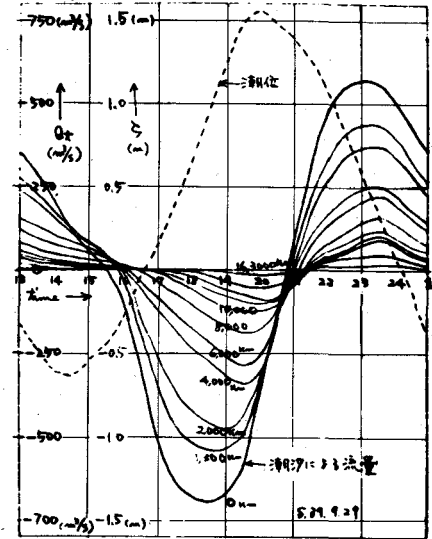


図 - 3

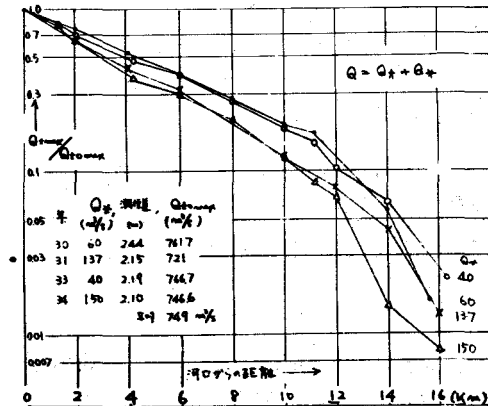


図 - 4

(3) 塩分濃度の時間的・距離的变化

図-5は満潮1時間前から干潮停留時にわたって、河川によって1 Km おきに測定された塩分濃度の変化を示したものである。

満潮時には河口より6 Km までにはほぼ海水に近い水塊が侵入し、6~7 Km より上流では塩分濃度は急激に減少して河水塩分に収斂する。上げ潮によって侵入した塩分は落潮によって排除されていくが、干潮停留時においても塩分の残留がある。

これらの曲線は多数の潮汐のくり返しによって形成された limit cycle を示すもので、取水口で検出された Cl^- は干潮停留時における残留塩分が逆流にのって運ばれ、かう流れによる拡散作用を受けて到着したものと考えてよいであろう。

さて次元の塩分の拡散方程式

$$\frac{\partial S}{\partial t} + V \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AD \frac{\partial S}{\partial x})$$

に於て流速 V は V_{tide} と固有流速 $-u_0$ に合け

られ $V = V_{*} - u_0$

とする。

また塩分分布の Pattern が多数の潮汐のくり返しによって決められるものとするとき、

S の分布式は上式の平均値

$$-u_0 \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{1}{A_0} \frac{\partial}{\partial x} (A_0 D_0 \frac{\partial S}{\partial x})$$

即ち

$$\log \frac{S}{S_0} = - \int_0^x \frac{Q_*}{A_0 D_0} dx$$

によって決められるであろう。

干潮停留時の S の分布から逆算された拡散係数 D_0 は $200 \text{ m}^2/\text{s}$ の order であり、普通の河川流の拡散係数 $\frac{1}{2} K u_* h$ に比べて極端に大きい。このことは塩分分布を規定する拡散係数は1潮汐を乱れとみなした大規模な Scale および密度差による攪乱によるものであることを示している。

この調査にあたっては中越ハルブ K.K., 建設省, 鹿児島大学等より多大の援助を与えられた。また川内川の入退潮量(昭和39年5月: 川内川工事事務所)より資料を借用したことを付記し謝意を表する。

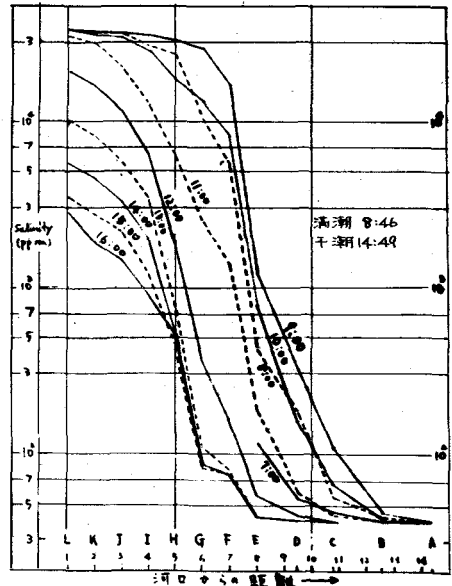


図 - 5