

感潮河川における塩分侵入について

東洋大学 学生会員 ○松澤 香
東洋大学 フェロー 荻原 国宏

1. はじめに

地球は水の惑星といわれており、水は自然界の中で循環し、その過程で災害により幾多の被害をもたらす一方で、人間を含む地球上の生命を育み、生存を支え、汚染を浄化してきた。現代でも河川が我々の文化に貢献していることには変わりはなく、山間部の水力発電から始まって、農地の灌漑に、都市水道に、あるいは工業用水道に利用され、その間、川の流れが観光に、漁業に役立ち、または都市下水、田地からの排水などを流す排水路にもなってきた。

河口部においては、河川からの淡水の流出と海域からの海水の侵入、特に、潮汐の非定常な動きに伴って、複雑な流動形態が出現する。河口部における流れの形態は、乱れ、あるいは混合の強弱より、通常次の弱混合型、緩混合型、強混合型の3つの混合型に分類される。日本の河川では雨量が比較的多いので、淡水の流量が多く潮汐差が小さくなり、いわゆる弱混合型の塩水楔を形成している。今回の実験では河川の下流部において潮汐の影響を受ける区間（感潮域）の水位変化および淡水流量、流速、導電率の測定により、河川への塩分侵入について、発生条件を明確にする。

2. 実験概要

本実験では、水路長 8 m・水路幅 30 cm・水路床勾配 3 Case のアクリル製水路を用い、右端に潮汐発生装置を設置。図 1 の上流から淡水、河口部より塩水を流入させた。潮汐発生装置の上下幅 5 cm、周期 2 Case、塩水流量 3 Case、比重不定で 34 Case 行った。全てのケースにおいて水深を上層（淡水）・下層（塩水）それぞれの高潮位・低潮位を測定。更に、導電率（濃度変化）を測定した。各ケースにおける塩水平均流速・平均内部フルード数・レイノルズ数・平均抵抗係数・混合率を求め、塩分侵入の形状分類を行った。

3. 形状分類方法

淡水・塩水との混合の判別方法として、淡水流量と潮汐プリズムの比により分類を行った。

$$\frac{V}{V_s} < 0.1 : \text{強混合型}$$

$$0.2 < \frac{V}{V_s} < 0.5 : \text{緩混合型} \quad 0.7 < \frac{V}{V_s} :$$

$$\text{弱混合型} \quad V = Q_r \times T, \quad V_s = \frac{LHB}{2}$$

(Q_r : 淡水流量, T : 周期, B : 水路幅, H : 塩水潮汐差, L : 楔長)

Keyword : 塩水楔、潮汐プリズム、内部フルード数、レイノルズ数

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 tel 0492-39-1391 内線 1742

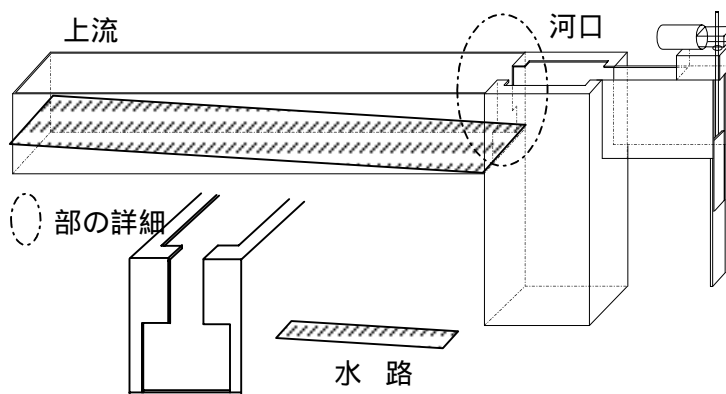


図1: 使用水路

表1: 水理条件

Case	塩水流量	周期	勾配
1~14	1080 cm ³ /s	43s	1/100
15~22	1250 cm ³ /s	25s	3/400
23~34	250 cm ³ /s	43s	3/200

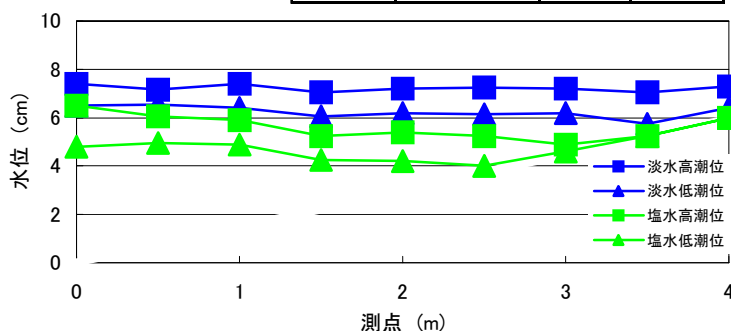


図2: 淡水流量50.56 cm³/sにおける水面形

4. 結果および考察

1) 水位変化

淡水流量 $5.75 \sim 348.68 \text{ cm}^3/\text{s}$ について 34 ケース測定を行った。淡水・塩水それぞれ高潮位・低潮位水位を測定し、楔長を求めた。ここでは Case 26 について図 2 に示した。楔長 325cm、塩水平平均潮汐差 1.1cm から淡水流量と潮汐プリズムの比より緩混合型と弱混合型との間に分類される。これは、潮の満ち引きにより誤差が生じると思われる。塩分侵入距離はかなり長く、高潮位では明瞭な層を形成していた。

Case 20～22 では、境界面を確認することが出来ず、明らかに淡水、塩水の両者は混合していた。よって、強混合型であることが明確である。その他 31 ケースでの形状分類では、弱・緩・強混合型のすべてに判別された。

2) Case 1～22 における導電率

各測点での水路床および境界面における導電率を測定し、塩水と淡水とが完全に混合し目視から読み取れなかった塩分の侵入距離が、データ上から明確にする事ができ、目視誤差についても明確になる。グラフで導電率変化の傾きが急激なほど強混合型、緩やかなほど弱混合型に近いと予測される。

このことから、淡水流量 Q_r と導電率最大勾配との関係は図 3 で示される。以上のことから、淡水流量が大きいほど導電率変化の傾きが大きい。つまり、塩分減少率が大きい。更に、淡水流量が大きいと楔長は短い傾向にある。

3) 境界面における抵抗係数

Case 1～34 について図 4 のように抵抗係数と形状から考えてみると、境界面での抵抗係数が大きいと強混合型という事が明解である。次に、図 5 の淡水流速との関係では淡水流速が増すにつれ抵抗は小さくなっている。よって、両者が混合しにくい弱混合型になる。つまり、抵抗係数が増加するに従い塩水は遡上しにくくなる事がわかる。

4) 塩水楔の形状分類

図 6 より淡水流量が増加すると形状は強混合型から弱混合型へと変化し、淡水流量が減少するとレイノルズ数の値も減少し、より一層乱れの少ない状態になる。表 2 は、実験全 34 Case での塩水楔の形状分類の合計である。多少の偏りはあるが全ての形状を把握することができた。淡水流量を大きく変化させているため、潮汐差、塩水流量を変化させたがそれによる影響をほとんど受けることはないと言える。

5. 終わりに

本実験では、感潮河川における河口部の塩分侵入を取り上げた。以上の結果より、境界面における抵抗係数・塩水楔の形状は淡水流量が大きな影響を与えている。今後より確実性を増すためには、模型規模を拡大し、水路床に大きな抵抗を設ける必要がある。

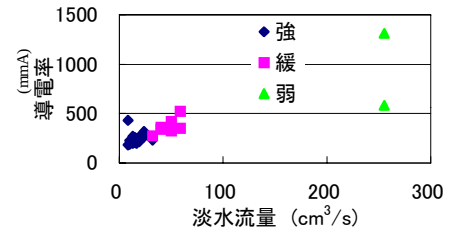


図 3：淡水流量 - 導電率最大勾配

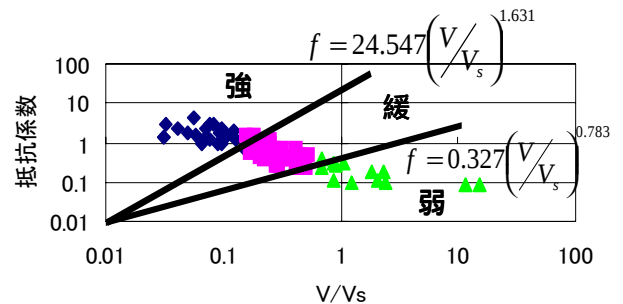


図 4: V/V_s - 抵抗係数

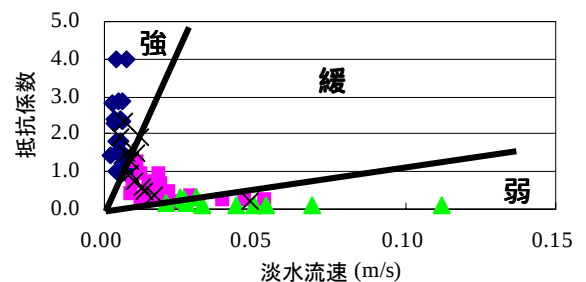


図 5 淡水流速-抵抗係数

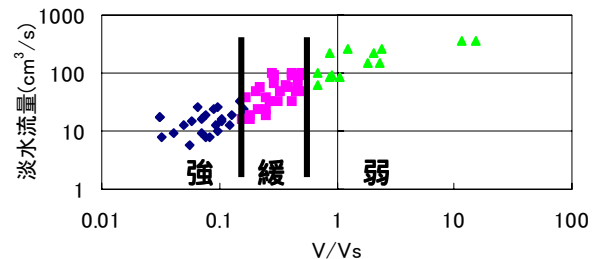


図 6: V/V_s - 淡水流量

表 2: まとめ

混合型	分類数
弱	5
緩	13
強	16