

感潮河川における塩分侵入について

学生会員 ○松澤 香
東洋大学 フェロー 荻原 国宏
宮川 隆史

1. はじめに

河川は古くから人間の生活環境を形成してきた。河川工学において環境問題に淡水と海水の接触である河川の塩分侵入の問題があげられる。この問題は河口部において海水が河川に侵入することから発生し、飲料水、農業用水などに使用する水に塩分が進入し、過去には深刻な塩害を及ぼす事例があった。河口部において複雑な流動が発生し、海水と淡水の層（混合）ができる区間が存在、いわゆる汽水域を形成している。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。また比重が高い海水は必然的に川底にまわり込む形になり、川底と海水との摩擦もエネルギーの損失とし混合型にも影響を与えと考えられる。ここでは、川底の摩擦が海水の流れ、また混合型にどのような影響を与えるかを考える。

2. 実験概要

本実験では、水路長 8 m・水路幅 25 cm・水路床勾配 1/100 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、潮汐発生装置の上下幅 5 cm、周期 43 s、塩水流量 $1080 \text{ cm}^3/\text{s}$ として行った。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。また塩水のみを使用し海水の流速を上流方向に 0.5 m 間隔、水路床から水面方向に 1 cm 間隔、水路幅等間隔 3 ヶ所を測定し川底と海水の摩擦力を比較検討した。

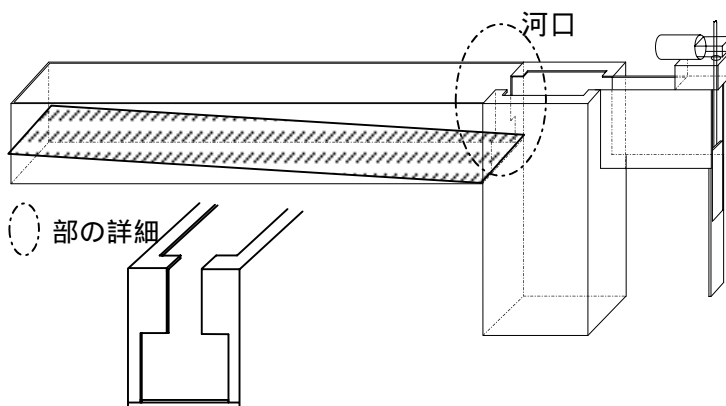
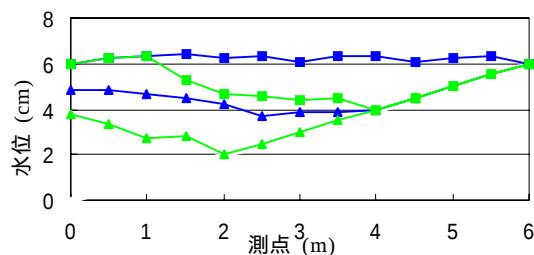
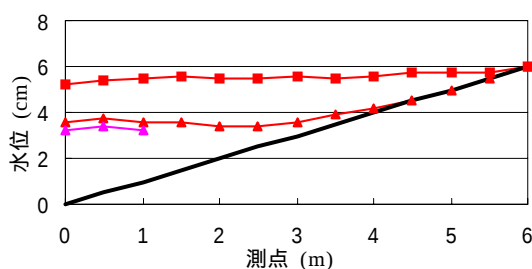


図 1: 使用水路

図 2: 淡水流量 $23.71 \text{ cm}^3/\text{s}$ における
水位変化 芝無図 3: 淡水流量 $26.19 \text{ cm}^3/\text{s}$ における
水位変化 芝有

3. 結果および考察

1) 水位変化

淡水流量 $5.75 \sim 348.68 \text{ cm}^3/\text{s}$ について芝有・無、計 16 ケース測定を行った。図 2, 3 は芝の有無による水位変化を比較したグラフである。ここでは淡水流量 $25 \text{ cm}^3/\text{s}$ 位の強混合型について示した。グラフより水面高潮位・低潮位ともに芝無が高くなっているが、ここでの注目すべき点は境界面の水位の違いである。芝無では全てのケースにおいて明瞭な境界面が発生していたが、芝有では淡水流量 $20 \text{ cm}^3/\text{s}$ 以下では

Keyword: 塩水楔、潮汐プリズム、流速、レイノルズ数

連絡先 〒355-0325 埼玉県比企郡小川町上古寺 10-2

tel 0493-74-0867

境界面が発生していない。それらの混合型は比より強混合型に分類された。導電率の値からは違いを見ることは出来なかったが可視化による結果が一致している事を考えると、水路床付近では特に海水と淡水の混合が激しい為、水路床に摩擦がある状態では形状が変化することがわかる。

2) 塩水のみ流速について

測定地点ごとに流速を表したものが図4である。潮汐発生装置による潮汐の発生はポンプからの流入やゲートの運動により、河口部付近では空気の混入が起こり、一定の流速を示さない。また、5.5m測定地点での流速の急激な変化は流速計のセンサーの反応不良である。多少のズレがあるものの、高潮位・低潮位とも一定な勾配を示していた。また図5で実測値と理論値の流速を比較したところ、高潮位での理論と実測の比較では0.0m、0.5mの地点を除いて理論値よりも低い値をとっている。この差を水路床に対する水の摩擦と仮定すると高潮位では実測値と理論値の摩擦の値は比例関係であるのではないかと考えられる。つまり高潮位のグラフより、流速が高くなるにつれて摩擦は低い値をとる。

3) 摩擦の強さ

Manning の粗度係数によって剪断摩擦応力 τ_0 をもとめた結果である。その結果、図を見ても分かるように実測値と流量、断面積からもとめた理論値はほぼ正確に一致した。よって摩擦力は潮汐の場合でも τ_0 の公式が適用されることを表している。

4) 水路における流速の勾配及び変化

図7は測定地点別に表したグラフである。グラフを見ると満ちの勾配と引きの勾配はx軸に対称な関係にある。1.7m地点では勾配が0に近いので満ち引きともに安定した値になる。満ち引きが終わった時点で流速の勾配がプラス 摩擦による抵抗が少なく、勾配がマイナス 摩擦による抵抗が少ないと言える。よって、満ち引きの際における流速の変化も摩擦抵抗に影響を与えるということがいえる。図8は水深の変化であり、グラフより低潮位の時の理論値と実測値は近い値であるが、高潮位の水深の理論値と実測値では差が大きい。よってこの差が水路床の摩擦作用によって生じたものであると仮定すると、引きの摩擦は一定であるのに対して満ちの摩擦は変化するということである。

4. 終わりに

本実験では河口部での水路床の摩擦による海水の流動について取り上げた。以上の結果より理論値と実測値により様々な河川河口部における摩擦を見ることができた。それにより摩擦が塩水と淡水の混合型に大きな影響を与えていることがわかる。特に水路床付近の混合型が芝の有無により大きな違いがみられるため、水路床の摩擦が混合型の分類に影響を与えている。

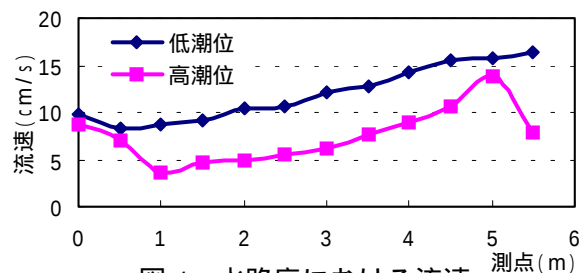


図4：水路床における流速

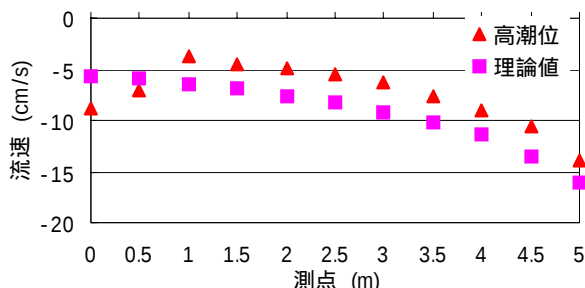


図5：実測値と理論値（高潮位）

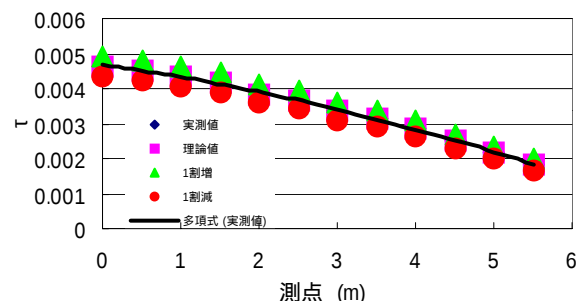


図6：各測点における摩擦の強さ

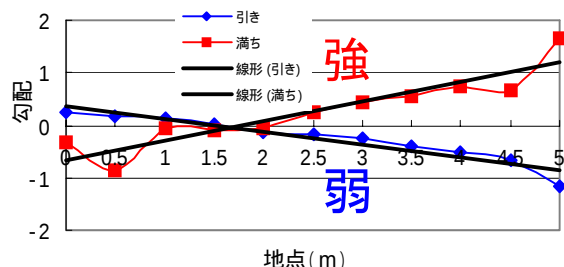


図7：水路床での流速の勾配

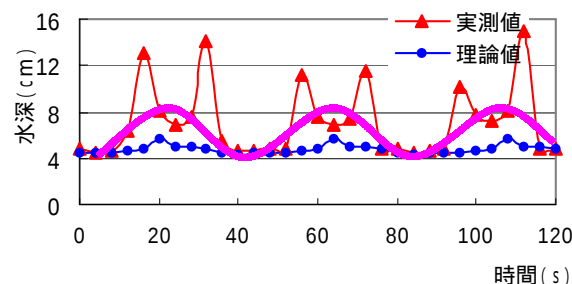


図8：測点2mにおける水深の変化