

雄物川河口域を対象とした塩水遡上に関する検討

秋田大学	学生会員	○神田	智洋
秋田大学	学生会員	谷口	隼也
秋田大学	正会員	齋藤	憲寿
秋田大学	正会員	渡辺	一也

1. はじめに

河口部は河川や海岸からの外力による影響を大きく受けており、特に淡水と塩水の接触によりきわめて複雑な様相を呈している¹⁾。弱混合型河川で生じる塩水くさびは河川水の塩水化を引き起こし水資源利用の障害となっており、この性質を解明することは重要である。河川での塩水遡上については、全国で実測資料をもとに研究が行われており、秋田県でも米代川²⁾を始めとした河川で研究が行われている。しかし、2019年の洪水被害に伴い塩水遡上が確認された雄物川において、塩水遡上の要因は明らかとなっていない。

そこで本研究では、雄物川河口域を対象に現地観測と塩水遡上の数値シミュレーションを行い、雄物川の塩水遡上に影響をもたらす要因を検討した。

2. 研究対象

雄物川の流域図を図-1に示す。雄物川は秋田県を流れる一級河川であり、流域面積は4,710 km²、幹線流路延長は133 kmとなっている。

観測地点および計算領域を図-2に示す。観測地点においてAB間の距離は約50 mであり、CはAおよびBの上流約100 mに位置している。なお、Cは2019年に国土交通省³⁾が観測を実施した箇所である。また、観測地点の計算領域下流端からの距離は約800 mである。

3. 現地観測による検討

塩分観測には多項目水質計（クロロテック）を用いて、塩分濃度の鉛直分布を測定した。塩分観測の結果を図-3に示す。2021/6/17の観測では地点Aで塩水の遡上が認められなかったが、2021/8/4の観測では地点Aで最大31.510 psu、地点Bで31.416 psuを示した。そして、2019/8/9の観測では地点Cで16.300 psuを示した。ここで、地点AおよびBに対してCの塩分濃度は半分程度であったが、これはCがより上流側に位置していることが原因と考えられる。

塩水遡上が確認できた場合は、いずれも明瞭に塩分の躍層が見られた。また、河床側で塩分濃度が大きく観測されたことから、塩水が河床を這うように遡上したことが推測される。このことから、塩水遡上が確認される場合は、塩水くさびが発生するのではないかと考えられる。

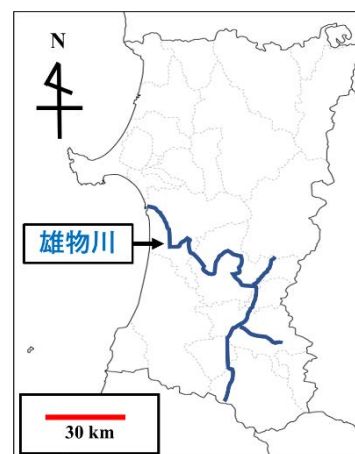


図-1 雄物川流域図

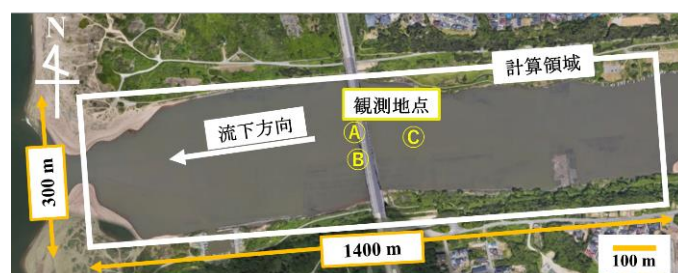


図-2 観測地点および計算領域 (google map より引用)

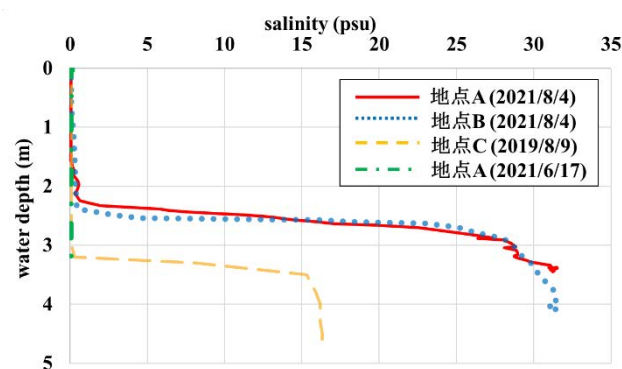


図-3 塩分観測結果

4. 数値シミュレーション

河口域における諸条件を検討するため、数値シミュレーションを行った。数値計算に使用した基礎方程式は非圧縮とブシネスク近似を使用した3次元Navier-Stokes式である。

また、計算に使用したパラメータを表-1に示す。な

キーワード：現地観測、数値計算、塩水遡上、河口

連絡先：〒010-8502 秋田市手形学園町1-1 TEL 018-889-2884)

お、本研究では実際の地形を考慮せず、シンプルな矩形モデルで検討した。

周期を固定して波高 H および河川流量 Q を変化させ、塩水が遡上する距離を計算した。初期条件として、計算領域下流端から 300 m 地点まで塩水が浸入している。波高と塩水遡上距離の関係を図-4 に示す。流量に関わらず、波高が大きいほど遡上距離が長くなっていた。また、流量が大きいほど塩水遡上距離は短くなっていたが、差は最大で 30 m 程度であった。このことから、塩水遡上における流量の影響は波高に比べると小さいと考えられる。

次に、時間による塩分濃度の推移を検証した。塩水の経時変化の様子を図-5 に示す。なお、設定は流量 $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、波高 $H=1 \text{ m}$ である。計算開始直後の 0 s 時点では 300 m まで矩形状に塩水が配置されているが、時間変化とともに河床および上流側へ塩水が遡上していく様子を確認できた。また、950 s 時点の様子から塩水くさびが生じていると考えられる。

塩分濃度の鉛直分布の経時変化を図-6 に示す。なお、鉛直分布は計算領域下流端から 800 m 地点の中央から出力した。計算開始から 1000 s 程度で塩分濃度が最大となったが、その後は緩やかに低下しており、この傾向は水面側よりも河床側の方がより顕著に見られた。また、現地観測では淡水と塩水が明瞭に分かれていたが、数値シミュレーションは異なり、水面側から河床側へ徐々に塩分濃度の上昇が見られた。そして、河床付近の塩分濃度は現地観測よりも小さな値を示した。

5. おわりに

本研究では、雄物川河口域において現地観測および数値シミュレーションを行い、塩水遡上の要因を検討した。現地観測では他の弱混合河川²⁾と同様に塩水の躍層が明瞭に見られた。また、数値シミュレーションからは波高および流量が要因の一部であることが明らかとなったが、塩水遡上が確認された観測結果は少ないため、今後も観測を継続し、より詳細な条件を検討する。

謝辞

本研究の実施にあたり、国土交通省よりデータの提供を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 福岡祐介, 守屋祥一, 新庄高久: 河口密度流の流動機構と塩水くさびの河口条件, 土木学会論文報告集, 第 327 号, pp. 61-71, 1982.
- 2) 名倉華子, 田中 仁, 梅田 信: 米代川における冬季 wave set-up と塩水遡上に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp. 316-320, 2010.
- 3) 有限会社大曲設計事務所: 雄物川下流水文観測等業務 (雄物川水系) 塩水遡上調査報告書, pp. 1-33, 2020.

表-1 計算パラメータ

物理量	入力値
流路長 (m)	1400
川幅 (m)	300
水深 (m)	6
主流路部勾配	1/5000
計算間隔(s)	0.5
計算格子 (m)	$20 \times 20 \times 1$ ($x \times y \times z$)
周期 (s)	6
波高 H (m)	0.22, 1, 2, 3, 5
流量 Q (m^3/s)	0, 100

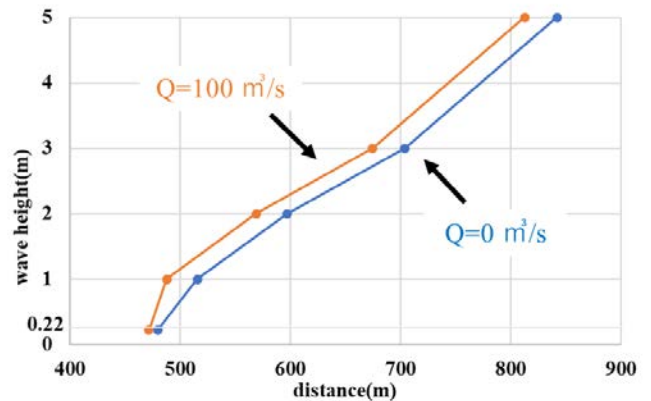


図-4 波高と塩水遡上距離の関係

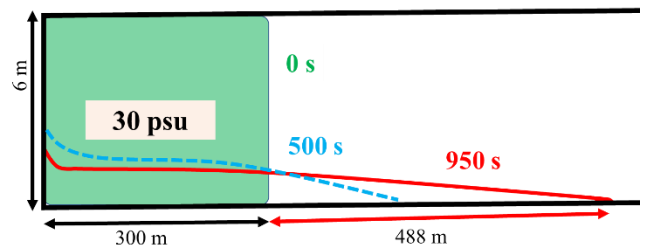


図-5 塩水の経時変化の様子

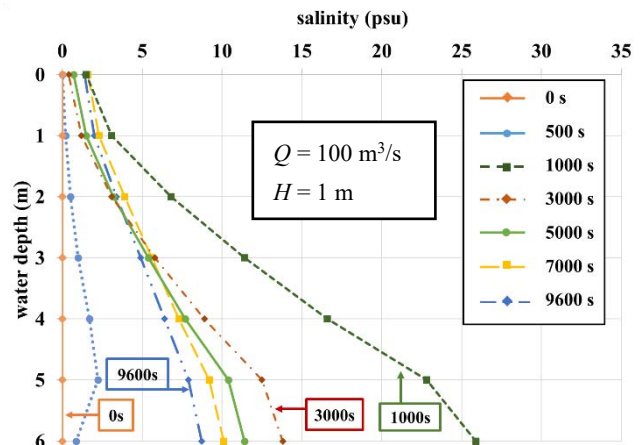


図-6 塩分の鉛直分布の経時変化