

塩水遡上の数値解析モデルによる河床凹凸が都市河川の水質に及ぼす影響評価

芝浦工業大学

中石 裕太

芝浦工業大学

正会員

○宮本 仁志

首都大学東京

正会員

新谷 哲也

芝浦工業大学

正会員

守田 優

1. はじめに

大都市を流れる中小河川では、流域の生産活動が活発で汚濁負荷量も大きいため、近年法規制などで改善されているものの、未だに水質悪化に伴う周辺住環境への影響や親水性の低下が問題視される場合がある。本報では、東京の中心部を貫流する感潮河川の古川を対象として塩水遡上の数値解析モデルを構築し、感潮域における現況の河川水質の動態を再現する。さらに、古川では河床の深掘れ部などに河川水や海水が滞留することで生物・水環境に悪影響を与えていると考えられている。これを解消する河床整形の効果を構築したモデルを用いて検討する。

2. 対象流域

図-1 に対象とする古川の河道を示す。図にはモデル検証データの観測地点および河床整形の検討区間も併示した。古川は東京都港区を流れる二級河川であり、天現寺橋を上流境界として東京湾までの4.4km区間をさす。流域面積は上流の渋谷川をあわせて22.8km²である。

古川の現在の主な汚濁原因は洪水時の雨水吐きからの未処理下水の流入である。また、河床勾配が小さく感潮河川であることと、流量が少なく下流への流送能力が低いことがあわさって汚濁物質が滞留しやすい。さらに、河床での連続した凹凸や深掘れが干満による海水の満ち引きと河川水塊の流下を妨げている¹⁾。

3. 解析モデルと計算条件

古川における塩水遡上の解析モデルを構築するにあたってオブジェクト指向型流体解析コードFantom Refined²⁾を利用した。解析はWindows上のUNIX環境(MSYS2)で行い、3次元的なデータの可視化にはParaviewを用いた。

古川の河道形状は既往の測量断面図³⁾より手作業で作成した。水平方向の格子幅は8m(河道)から32m(海域)へと変化させ、鉛直方向の格子幅は1.0~0.125mの不等間隔で48層とした。計算の水理条件は上流端で0.3m³/sの流量を与え、下流端では東京湾の潮汐の水位データ⁴⁾と塩分濃度30パーミルを与えた。図-2に計算領域を示す。なお、下流端にある東京湾は実際の地形ではなく、平均水深15mの広大な直方体プールとして擬似的にモデル化した。



図-1 古川の河道と観測地点、河床整形の検討区間

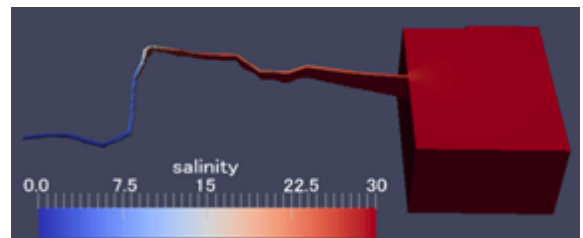


図-2 ParaViewによる計算領域の可視化

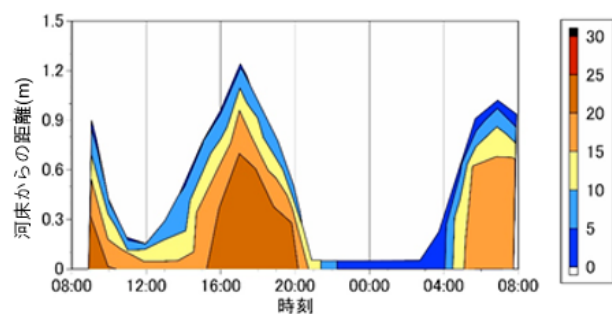
4. 結果と考察

4-1 検証データとの比較

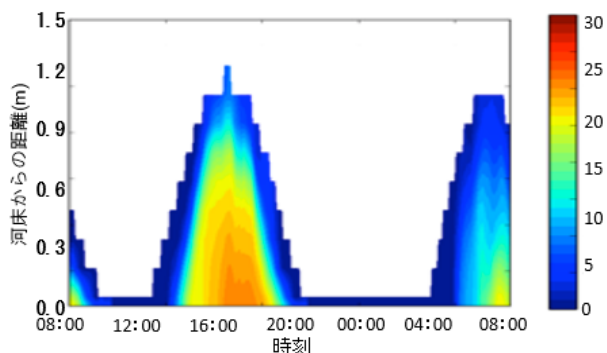
本報では、図-1の2地点で行われた既往の水質調査⁵⁾における塩分濃度を検証データとして用いた。図-3に三之橋の塩分濃度鉛直分布の時間変化を、図-4に小山橋のものをそれぞれ示す。図-3に示す上流側の三之橋では、塩分濃度の計算値は観測値と同様に塩淡水境界が明確となる緩混合型の塩水遡上を示した。また、満潮・干潮どちらにおいても計算値は観測値によく一致していることがわかる。図-4に示す下流側の小山橋でも、干潮時21時以降において計算値は観測データを非常によく再現しているのが確認できる。一方、小山橋での観測開始後まもなくの17~18時においては、水面近くの計算値は観測値よりも若干低い値を示した。また、三之橋、小山橋どちらの観測点でも観測開始から初めの干潮までの4時間程度は、水位が観測値より低い値で算出された。これらは、モデルの性質上

キーワード 都市河川, 感潮区間, 水質, 河床微地形, 数値解析, 現地観測

連絡先 〒135-8362 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 宮本仁志 miyamo@shibaura-it.ac.jp

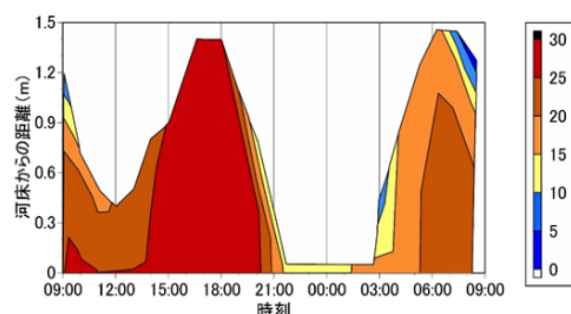


(a) 観測値

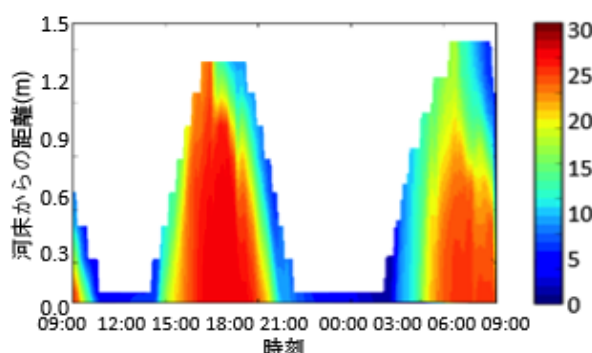


(b) 計算値

図-3 塩分濃度鉛直分布の時系列 (三之橋)



(a) 観測値



(b) 計算値

図-4 塩分濃度鉛直分布の時系列 (小山橋)

膨大な計算時間を短縮するために助走計算を減らした影響が解析結果のごく初期に現れたと推察される。

4-2 河床の凹凸の影響評価

現況の河床勾配は 1/1400 程度であり、特に、将監橋から一之橋までの区間は河床が連続して凹凸形状となり、一之橋付近で深掘れ部がある⁹⁾。本報では、この河床形状を大小の正弦関数で近似的に表現して河道を作成しているが、ここでは、それに加えて凹凸を無くしたモデル計算を実施し、河床整形の水質に及ぼす影響を検討した。河床整形の対象範囲は、図-1 に示す将監橋から一之橋の約 1.5km 区間である。

図-5(a)に現状の河床凹凸の計算結果を、図-5(b)に河床整形ありの計算結果をそれぞれ示す。ここでは、河口 1.1-3.0km の区間を示した。これより、現況河床の河川において、満潮から干潮時にかけて一之橋付近の深掘れ部で顕著な海水の滞留がおきることが確認できる(図-5(a)の中央の窪み部)。その滞留が図-5(b)の河床整形を行った場合では解消され、水交換がスムーズに行われることがわかる。

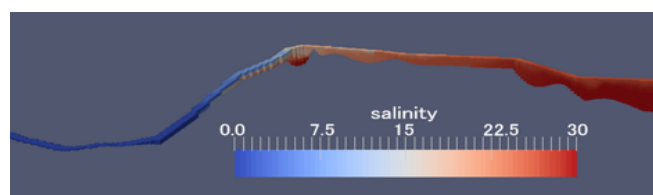
以上より、河床の連続的な凹凸や深掘れ部が感潮域の水質に相当程度の影響を与えることがモデル解析によって定量的に示された。特に、一之橋の深掘れ部は水の滞留が顕著なため、水質悪化に影響することが示唆される。

5. まとめ

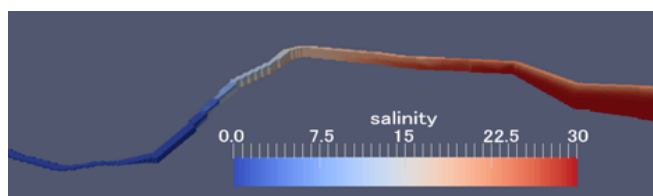
本報では、都市河川の古川を対象として塩水遡上の数値解析モデルを構築し、河床の凹凸が水質に及ぼす影響を検討した。構築した塩水遡上モデルは古川の任意の地点で塩分濃度の経時変化をよく再現できた。また、モデル計算により現況河川の深掘れ部の有無が水質に大きく影響を与えることが示唆された。

謝辞：本研究を遂行するにあたり東京都および港区の関係部局には関連データを提供いただきました。記して謝意を表します。

参考文献：1) 後藤(2013): 感潮河川・古川の水質変動に関する実証的研究, 芝浦工業大学卒業論文, 2) 新谷(2017) 柔軟な局所高解像度化を実現する非構造メッシュ格子シミュレーターの構築, 土木学会水工学論文集 3) 東京都第二建設事務所(2003): 代表断面図, 古川整備工事(その 5), 4) 平成 27 年東京港潮位表(接続確認, 2017/03/28) <http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/yakuwari/yakuwari/chouui/h27chouui2.pdf>, 5) 宇田川・清棲(2015): 多項目水質計を用いた鬼怒川および古川における河川水質の観測研究, 芝浦工業大学卒業論文, 6) 東京都港区役所(2015): 古川水環境改善検討支援業務委託報告書。



(a) 現状の河床凹凸



(b) 河床整形あり

図-5 塩分濃度の三次元分布