

潮位差が大きいデルタ派川内での淡水流動域の推定

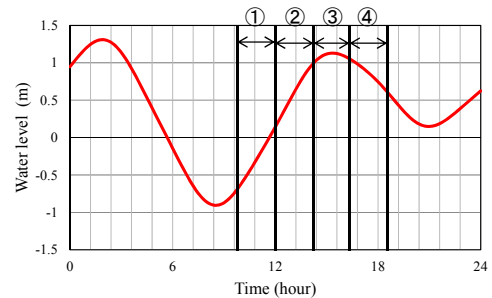
広島大学	大学院工学研究科	学生会員	○福井勝吾
広島大学	大学院工学研究院	正会員	日比野忠史
広島大学	大学院工学研究院	正会員	中下慎也

1. はじめに

広島湾奥東部に位置する海田湾に流入する水塊は太田川から流出する河川水の影響を強く受けている。秋季になると海水に比較して低塩分でありながら低水温のために高密度の河川水が海田湾方向に流れてくることがわかっている。海田湾に流入した河川水起源の水塊は海底層に貫入し、底質を浮遊させる等、海底層の水質を悪化させる要因となることがこれまでの観測から予想できている（日比野ら 2010）。低塩分でありながら密度の大きい水塊はデルタ派川内で形成されていることから、水質悪化に起因する流れ場を再現するためには、広島湾に太田川市内派川から流入する淡水の挙動を正しく境界条件として与える必要がある。太田川河口部には3つの流出口があり（図-1(a)）、潮位差が大きいため潮汐変動に伴って海域へ流入する淡水流出量が異なることが予想される。本研究では各河口で正確な淡水流量を与えることを目的として潮汐変動に伴う河道内の淡水の挙動を現地調査から明らかにし、その結果を用いて河道内の淡水の挙動を再現するモデルを構築する。



(a) 調査地点



(b) 4回の調査を行った期間の潮位

図-1 調査概要

2. 現地調査

調査は2010年8月17日（小潮期）に太田川市内派川において船上および橋上（天満川のみ）から淡水分布の調査を行った。図-1に調査概要を示す。調査日は河口からは淡水が流出しない潮汐変動の期間である。調査は上流から河口に向かって行い、一ヶ所を約10分間で全ての地点で塩分プロファイルを測定した。天満川においては流速も同時に測定した。測定間隔は2時間で計4回の測定を行った。測定はクロロテック（AAQ-1183, JFEアドバンテック社製）、電磁流速計（AEM-1D, JFEアドバンテック社製）を用いて行った。

3. 小潮期における太田川市内派川の淡水の流動特性

図-2に天満川の塩分分布(a)と流速分布(b)、図-3には旧太田川(a)と元安川(b)の塩分分布が示されている。流速は遡上方向を正としている。天満川の上げ潮初期（①）

を見ると、全期間で天満川河道内の塩分は低く、淡水が多く存在している。このときの流速は遡上方向であり、河口部と上流部での運動量を考えると河道内の力の向きは遡上方向を向いている。そのため、上流部から流下してきた淡水は遡上してきた海水に流出を制限されていると考えられる。天満川の上げ潮期（①、②）では上流部から2.0kまで塩分分布が5psu以下になっており、淡水が多く存在している。旧太田川と元安川では塩分分布が5psu以下になっている地点は見られないため、天満川は旧太田川、元安川と比較するとより淡水化しているといえる。しかし、下げ潮期（③～④）では旧太田川と元安川の表層で塩分は10psu程度減少しているが、天満川表層の塩分減少は5psu未満である。下げ潮期で旧太田川と

元安川は天満川より淡水化していることがわかる。上げ潮期に天満川がより淡水化しているのは、旧太田川の海水の遡上によって淡水の流下が制限され、天満川に優先的に流れているからであると考えられる。しかし、上げ潮期から転流期(③、④)には旧太田川と元安川の河道内の海水が流下し、海水による制限が無くなることによって、旧太田川と元安川に優先的に淡水が流れている。淡水の流下形態が各々の河川で異なるのは、図-4に示すように、各河川で河床高に数mの差があることによる河川形状の違いに起因していると考えられる。特に旧太田川は天満川より約1m河床高が低いために、天満川に比べて海水が遡上しやすく、淡水の流下形態に大きく影響する。また、図-3(b)より、元安川の上流部の底層では上げ潮期(①、②)に塩分が高い場所が確認できる。この滞留している底層水は上げ潮期に遡上してきた海水が、下げ潮期に流出せずに底層に残ったものと考えられる。元安川の河床は上流部が河口部よりも低くなっているが、天満川と旧太田川の河床は上流部が河口よりも高いため、この現象は天満川と旧太田川では見られない。これらのことから、各河川の淡水の流下形態の違いは河川形状に起因していると考えられる。

4. 鉛直2次元モデルによる天満川の流速の再現

市内派川の淡水流動域を推定するために、流速を測定している天満川において実測された塩分を用いて流速を再現するモデルを構築した。モデルの再現性は実測の流速と比較し、検討を行った。鉛直2次元で行うため、河道幅に応じた流速を等しく与えるために(3)式を用いて実測の流速を補正した。(1)と(2)を用いて鉛直渦拡散係数 K_z を算出し、それを(6)式に適用することで流速 u を算出する。初期条件は1回目の測定時の流速を与え、タイムステップは10分である。今回測定データは2時間間隔であるため、測定データを線形補間して10分間隔で与えた。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -g \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_z^\eta \rho' dz + K_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{B(z)}{B'} \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (4)$$

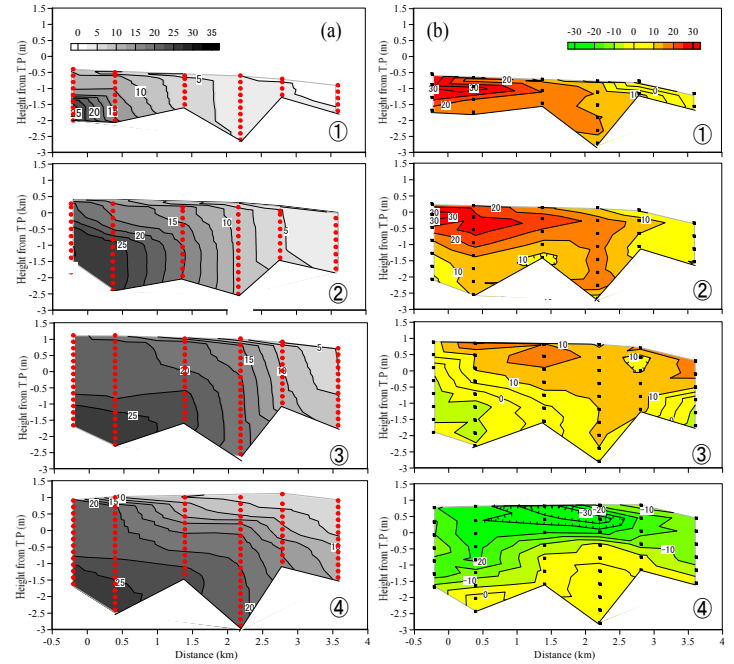


図-2 天満川の塩分分布(a)と流速分布(b)

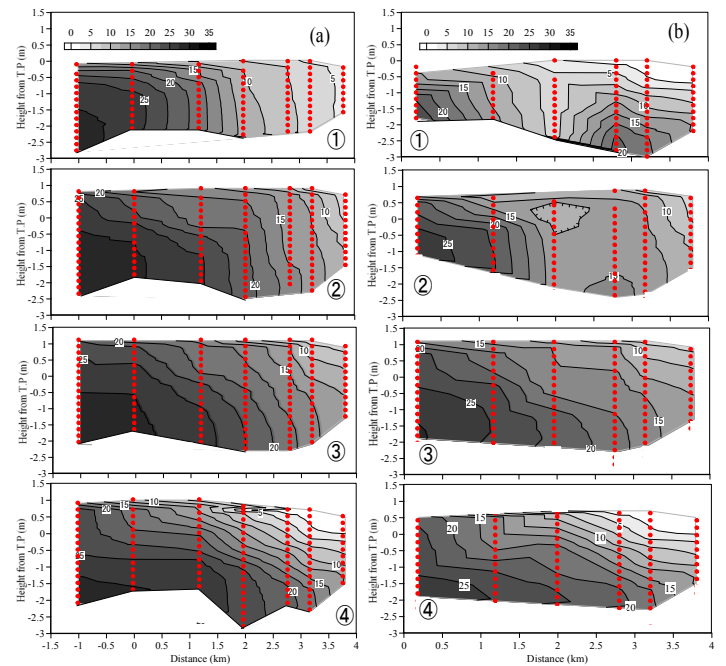


図-3 旧太田川(a)と元安川(b)の塩分分布

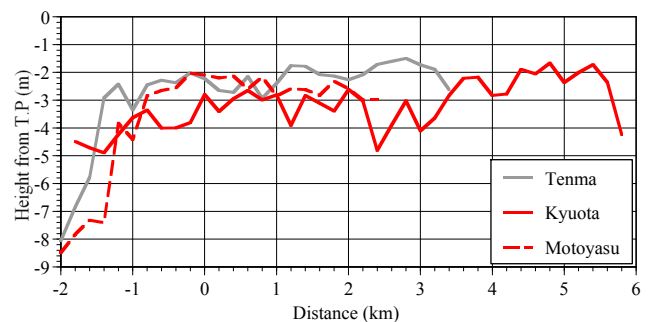


図-4 市内派川(天満川, 旧太田川, 元安川)の河床高さ

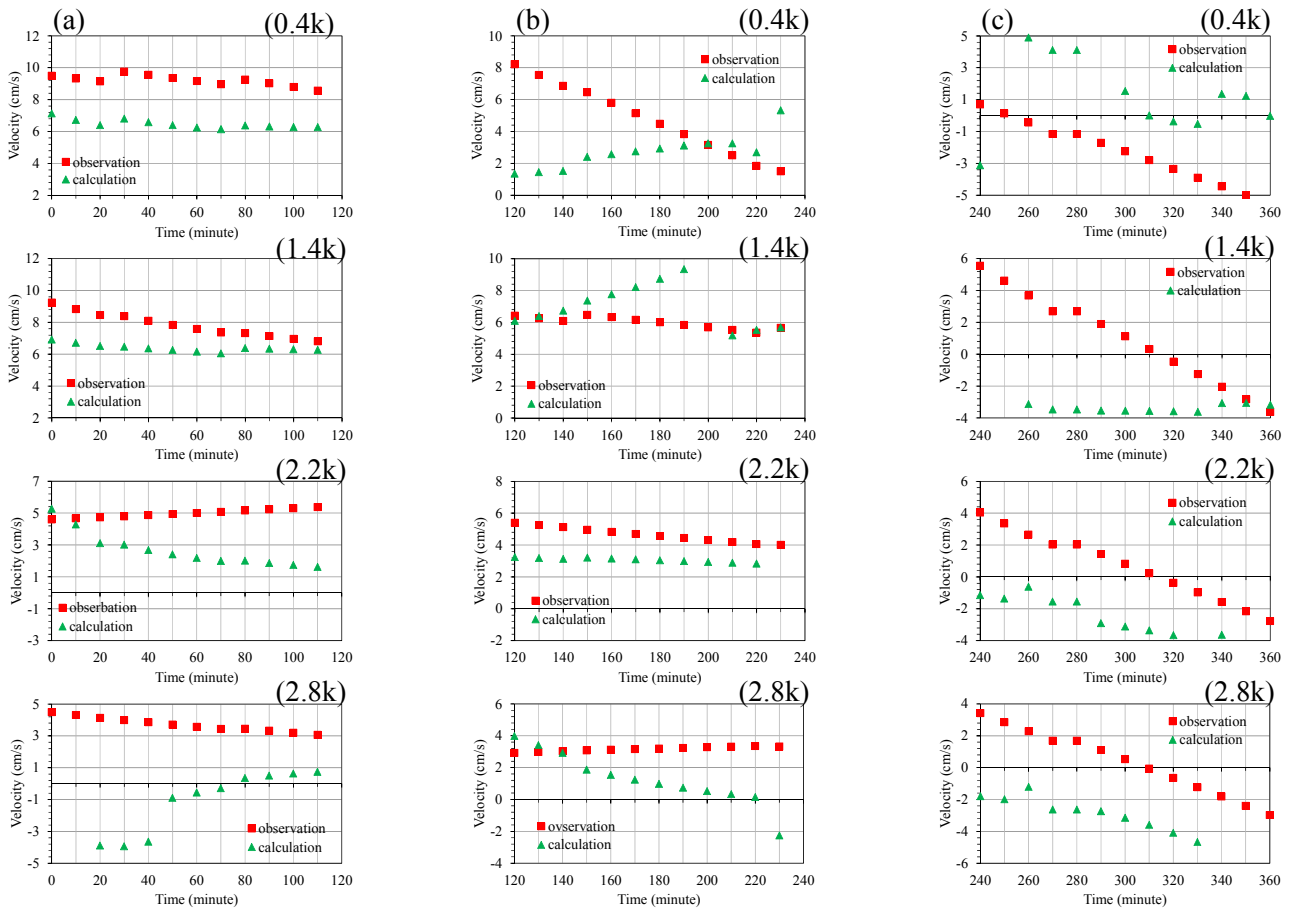


図-5 実測値と計算値の比較(a)①～②の期間, (b)②～③の期間, (c)③～④の期間

ここに, u , w : 流速の x , z 成分, ρ_0 : 基準海水密度, ρ' : 海水密度, g : 重力加速度, η : 基準水面, K_z : 鉛直渦拡散係数, C : 塩分, $B(z)$: 実際の河道幅, B' : 補正した河道幅, γ : 補正係数である. 鉛直方向の流速 w は連続式を満たすように求められる. 図-5 には実測値と観測値の断面平均流速の時系列変化の比較が示されている. 上げ潮期の流速の傾向はおおよそ再現できている. しかし, 転流期 (③～④) では流速の傾向の再現性が非常に低い. 上げ潮期 (①, ②) では潮位が上がることで上流方向の流速が増大し, それに伴い塩分も増大する. この流速と塩分の増加傾向が一致しているため上げ潮期の流速の再現性はあると考えられる. しかし, この期間においても図-2 (b) の④に示すように流速が表層と底層で向きが異なる場合においては再現性が低い. また, 転流期 (③～④) では潮位が下がることで下流方向の流速が大幅に増大しているが, 塩分の減少は少ない. このモデルでは潮汐変動による流速の変動を考慮していないため, 再現性が低い. 天満川では転流期において, 上流から流入してくる淡水

の流量が減少するため, 塩分の変動が小さくなり, 塩分と流速の変動が一致しないことが原因であると考えられる. 転流期を除くとおおよそ再現ができているため, 今回与えた鉛直渦拡散係数 K_z は正しいと思われる.

5. 潮汐変動による塩分変動の違い

図-5 に示す 14 日間の市内派川の 3 つの河口部である天満川河口 (天満川-0.2k : T.P. -1.1m), 旧太田川河口 (旧太田川 0.2k : T.P.-1.5m), 元安川河口 (元安川 -1.2k : T.P. -1.0m) での塩分変動が図-6, 図-7, 図-8 に示されている. いずれの期間でも先行降雨の影響はない. 太田川デルタ派川では大潮期には潮位差が約 4m, 小潮期では約 2m であり, 潮位差が朔望周期で大きく異なる. 天満川-0.2k, 旧太田川 0.2k, 元安川河-1.2k とともに中潮期から大潮期にかけての潮位差は大きく, それに伴って塩分変動は大きい. しかし, 図中の矢印で示した潮位差が小さい小潮期では各地点とも塩分変動が小さく, 日潮不等に対する塩分の応答は潮位と場所によって異なっていることがわかる. また, 図-9 に潮位

差と塩分変動の関係を示している。各地点の塩分変動は、潮位差が大きい場合に大きくなる傾向にあるが、塩分変動の大きさは各地点で異なる。河床が低い旧太田川 0.2k は塩分の変動が天満川-0.2k の塩分変動よりも大きいことから、塩分変動の地点による違いは潮位差だけではなく、河川形状にも起因していると考えられる。河道内の淡水の流下形態の違いが潮位差と河川形状によって異なることが定点観測データからもわかる。

6. 結論

本研究では太田川市内派川の淡水の流動特性を把握するため、流動特性が特異な小潮期において水質の現地調査を行い、この結果をもとにして流動特性を再現するモデルを構築し、モデルの流速の再現性を検討した。以下に本研究で得られた結論をまとめる。

- (1) 現地調査結果から太田川市内派川の各河川の河川形状の違いによる海水の遡上形態の違いによって太田川市内派川の淡水の流下形態は各河川で異なることがわかった。
- (2) 今回構築した鉛直 2 次元モデルでは上げ潮期においては実測値の傾向を計算値がおおよそ再現できている。しかし、2 層流れになっている場合や転流期に、潮汐変動による流速変化を考慮していないため、流速の再現性が低い。
- (3) 現地調査結果と定点調査の結果から、太田川市内派川の河道内の淡水の流下形態の違いは潮位差と河川形状に起因していることがわかった。

参考文献

- 駒井克昭, 日比野忠史, 水野雅光: 河川感潮域における淡水量の推定, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp.976-980, 2007.
- 日比野忠史, 今川昌孝, 阿部徹, 福岡捷二: 太田川デルタを流れる感潮派川での流れ特性, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.1393-1398, 2009.
- 日比野忠史, 三戸勇吾, 今川昌孝, 駒井克昭, 木村道夫: ヘドロ被覆設計のための海底有機泥挙動の把握, 海洋開発論文集, 第 26 巻, pp.141-146, 2010.

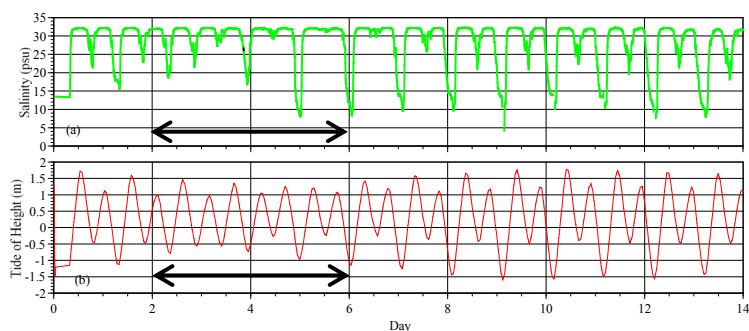


図-6 2009 年 12 月の中潮～大潮の天満川 (-0.2k) の塩分変動(a)と潮汐変動(b)

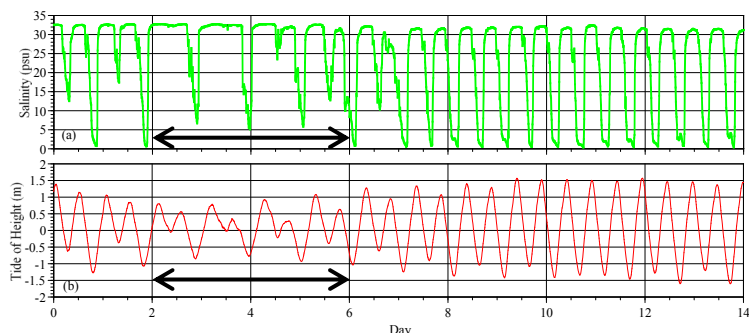


図-7 2010 年 3 月の中潮～大潮の旧太田川 (0.2k) の塩分変動(a)と潮汐変動(b)

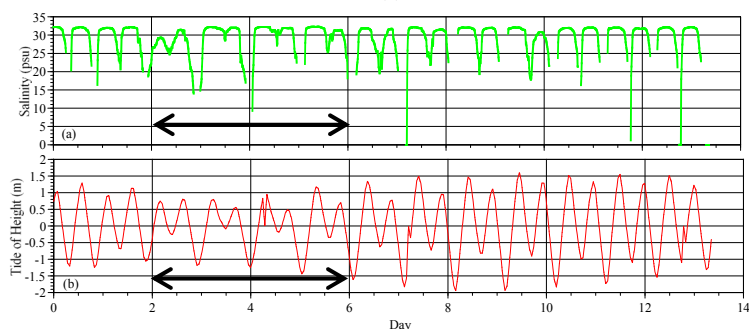


図-8 2007 年 12 月の中潮～大潮の元安川 (-1.2k) の塩分変動(a)と潮汐変動(b)

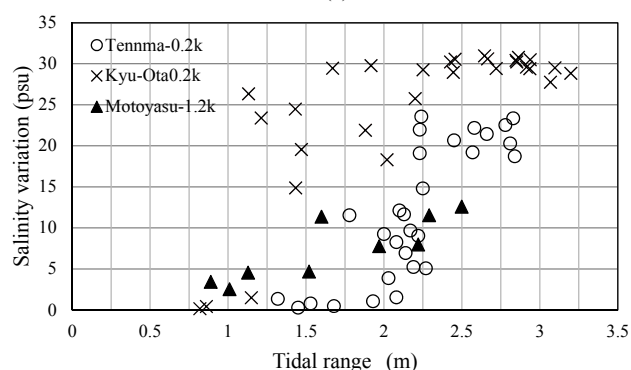


図-9 潮位差と塩分変動の関係