

河川感潮域における塩分，淡水通過量の連続観測

広島大学 正会員 駒井 克昭 日比野 忠史
 中国地方整備局太田川河川事務所 正会員 水野 雅光
 日本ミクニヤ株式会社 正会員 富田 智

1. はじめに

河川感潮域では潮汐の干満に伴って淡水と海水が流下，遡上，混合し，固有の塩分環境を形成・維持している．このため，水域の塩分環境を明らかにするには潮汐に伴って流入量変動する淡水フラックスのモニタリングが重要となる．したがって，連続して測定された塩分データと潮位，流速分布の関係が明らかになれば有用な情報となる．本研究ではいくつかの物理的な仮定の下で河川感潮域における流速と塩分プロファイルの関係を検討するとともに，連続的に測定された流速・塩分データから淡水フラックスの推定を試みる．

2. 流速・塩分プロファイルの近似式

主流方向 x と鉛直方向 z (水面が基準) の二次元流れを考える．運動方程式(1)と水深平均からの塩分偏差の輸送方程式(2)を基礎式として，塩分変動は潮汐による移流によるものが支配的であり，塩分勾配と渦動拡散係数は z, t と独立と仮定する．流速，塩分は潮汐・水深平均値と潮汐変動成分 (添え字 t)，および水深平均からの偏差成分 (添え字 1) に分解する．

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho N_z \frac{d^2 v_x}{dz^2}, \quad v_{x1} \frac{\partial s}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial s_1}{\partial z} \right) \quad (1, 2)$$

$$v_x = \langle \overline{v_x} \rangle + v_{xt} + v_{x1}, \quad s = \langle \overline{s} \rangle + s_t + s_1 \quad (3, 4)$$

ここに， p ：圧力， ρ ：密度， N_z ：渦動粘性係数， v_x ：流速， s ：塩分， K_z ：渦拡散係数である．圧力は静水圧近似する．河床面で流速ゼロ，水面で流速勾配ゼロ，河床面と水面からの塩分フラックスがゼロとした境界条件の下に式(1)と式(2)を解くと，それぞれ無次元座標 n を用いて以下のように定式化される．

$$v_x = \frac{1}{48} \frac{g \lambda h^3}{\rho N_z} (8n^3 - 9n^2 + 1) + \frac{3}{2} v_0 (1 - n^2) \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{\partial \rho}{\partial x}, \quad n = \frac{z}{h}, \quad v_0 = \frac{r}{h} \quad (6, 7, 8)$$

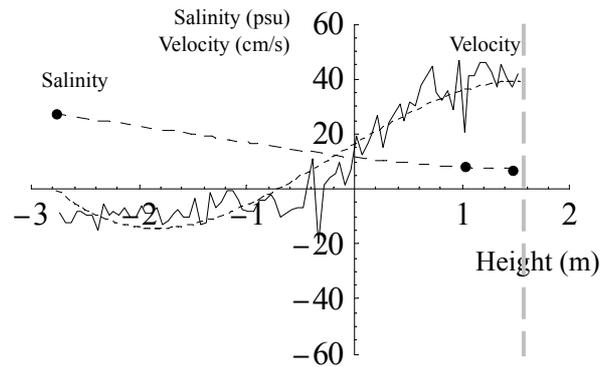
$$s = \frac{h^2}{K_z} \frac{\partial s}{\partial x} \frac{1}{48} \frac{g \lambda h^3}{\rho N_z} \left(\frac{2}{5} n^5 - \frac{3}{4} n^4 + \frac{n^2}{2} \right) + C \quad (9)$$

ここに， g ：重力加速度， h ：水深， v_s ：表面流速， r ：単位幅流量， C ：定数である．

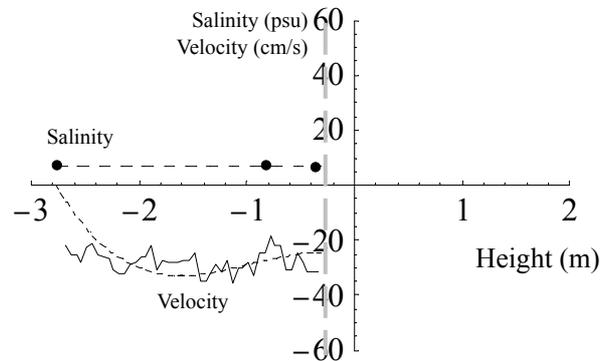
3. 流速と塩分プロファイルの関係

2007年1月～2月にかけて毎時に測定された太田川放水路澇筋部の河床，水面下50cm，水面下5cmの3点の塩分データを用いて，式(9)について最小2乗法によって近似関数の係数を求めた．**図-1**は実測データと近似関数の例を示している．ここに，塩分勾配は次のように仮定した．

$$\frac{\partial s}{\partial x} = \frac{s^{n-1} - s^n}{v^n \Delta t} \quad (10)$$



(a) 下げ潮開始時 (01/24/14)



(b) 上げ潮時 (01/24/22)

図-1 実測流速・塩分プロファイルと近似曲線 (破線)，(薄線：水面)，流下方向が正

キーワード 河川感潮域，淡水，塩分，フラックス

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL:082-424-7818

図-2 は図-1 のように求められた毎時プロファイルデータから求められた係数を用いて推定された表面流速と実測の表面流速を示している。ここでは、 K_z と実測流速に合わせて調整し、潮位変動は実測流速の潮汐成分を与えている。出水期に比べて平水時にはばらつきは小さい。このことから、潮位変動に伴う流量変化と適当な K_z を与えることができれば表面流速をモデル化できると考えられる。

4. 淡水フラックスの連続測定

淡水フラックスは以下の式を用いて塩分濃度から河川水に占める淡水の割合を各点での通過流速に乗じて断面積分することで淡水流量を推定した。

$$Q_{fresh} = \int_A \frac{c_{sea} - c}{c_{sea}} u dA$$

$$= Q - \int_A \frac{c}{c_{sea}} u dA \quad (11)$$

ここに、 Q_{fresh} ：淡水流量、 A ：河道断面面積、 c_{sea} ：海水の塩分、 c ：実測された塩分、 Q ：流量であり、感潮域への淡水流入の際には流入体積と同じ体積の海水が系外に流出し、系内での余分な体積増加（潮位上昇）はないと仮定している。なお、河口から十分離れた湾内（江田島市美能）における塩分測定結果をもとに海水塩分を定めている。図-3 は水位と断面平均流速、流量、淡水フラックス、および水深平均塩分を示している。連続測定された淡水フラックスと直接測定された淡水フラックスの相関は良く、 $R^2 = 0.93$ である。淡水フラックスと水位の関係は図-4 のとおりであり、全流量に比べて淡水量は干満のピークとの位相遅れが大きい。

参考文献

C. B. Officer (1976): Physical Oceanography on

Estuaries (and Associated Coastal Waters), John Wiley & Sons, 465pp
 K. R. Dyer (1973): Estuaries – A physical Introduction –, John Wiley & Sons, 195pp

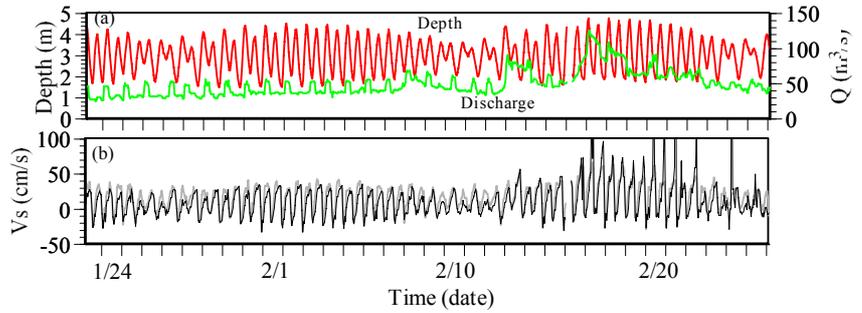


図-2 (a)水深，流量，(b)実測（濃実線）と推定表面流速（薄線）

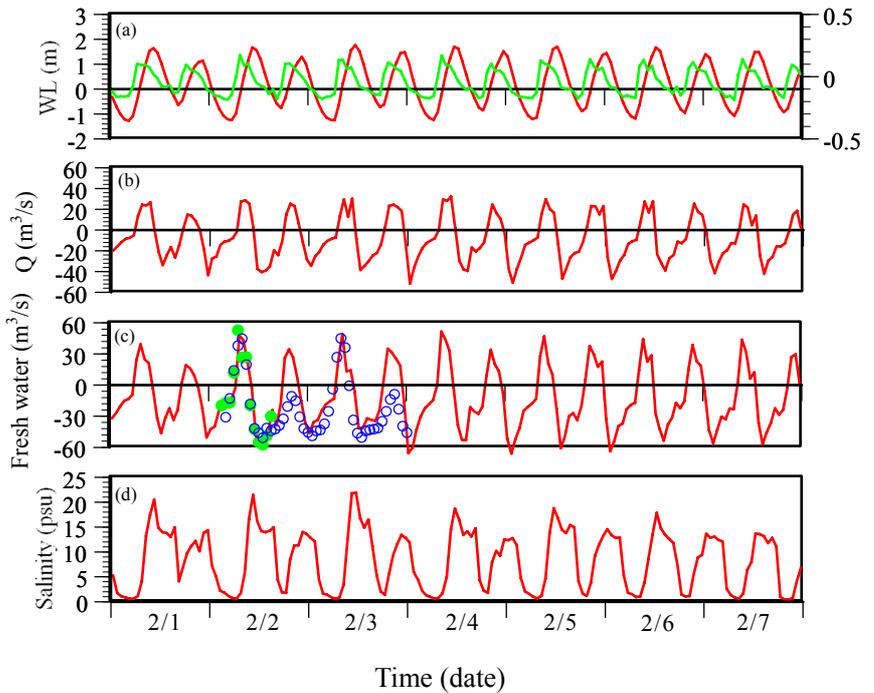


図-3 (a)水位と断面平均流速，(b)流量，(c)淡水フラックス（推定値），および(d)水深平均塩分。は流速・STD 測定による直接測定値

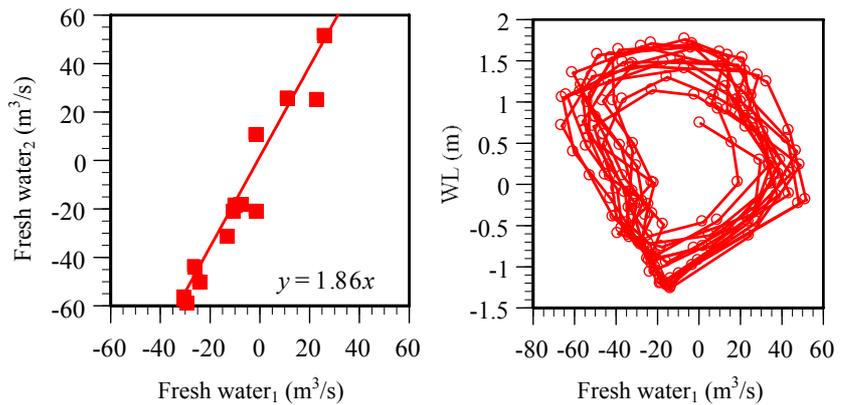


図-4 (a)連続観測(1)と直接測定(2)による淡水フラックスの関係。(b) 淡水フラックスと水位の関係