

河川感潮域における水温・塩分の変動特性と淡水流入量の推定

広島大学大学院工学研究科 ○学生会員 小島 佑允

広島大学大学院工学研究科 正会員 駒井 克昭 日比野 忠史

1. はじめに

河川感潮域では、潮汐や気象変化に伴う河口からの海水の遡上と河川上流からの淡水流入により、水温・塩分の変動が起きている。感潮域において塩分・水温の変動は河口干潟の生物生息環境や物質循環に影響を与えているため、河川環境にとって流量の管理・制御は重要な人為的制限要因となる。

本研究では太田川感潮域における水温・塩分の季節変動特性を現地調査から明らかにし、長期にわたる淡水流入量および海水遡上量の推定が可能なモニタリング手法と解析の考案および検証を行う。

2. 太田川感潮域における現地調査

図-1 に太田川感潮域の河道平面形および調査地点を示す。感潮域上流において水門（太田川放水路側：祇園水門，市内派川側：大芝水門）が設置されている。平常時には市内派川側に約9割，放水路側に約1割分流するようゲートの開度が太芝水門 2.45m，祇園水門 0.30m（第一ゲート）のように決められている。2003 年 4 月以降，放水路の上流(St. 1)，中流(St. 2)，河口(St. 3)，並びに市内派川（天満川）の中流(Te5.5km) (2003 年 7 月～10 月，2004 年 6 月～)にメモリ式塩分・水温計および水深・水温計を設置し，サンプリング間隔は 10 分として水温・塩分を測定している。

3. 太田川感潮域における水温・塩分の変動特性

図-2 に太田川放水路(St. 1, St. 2, St. 3)における塩分濃度の経時変化および St. 3 における水位の経時変化，水門上流部における矢口第一水位・流量観測所における河川流量の経時変化を示す。太田川感潮域における水温・塩分変動特性は，出水時・平常時において異なる。図-2 の St. 1 の塩分および水位の経時変化から，平常時の放水路上流(St. 1)において大潮期と比較して小潮期の方が塩分の遡上傾向が強く，塩水楔状に海水が浸入している。また，平常時の河口(St. 3)において干潮時に表層塩分の低下が見られることから淡水の流下が起きていることが予測される。平常時，市内派川においては，河川流量が放水路に比べ多いことから河口からの距離が St. 2 と同じ地点(Te5.5km)における塩分の遡上は St. 2 と比べて少ない。出水時においては淡水の流出期間の違い(梅

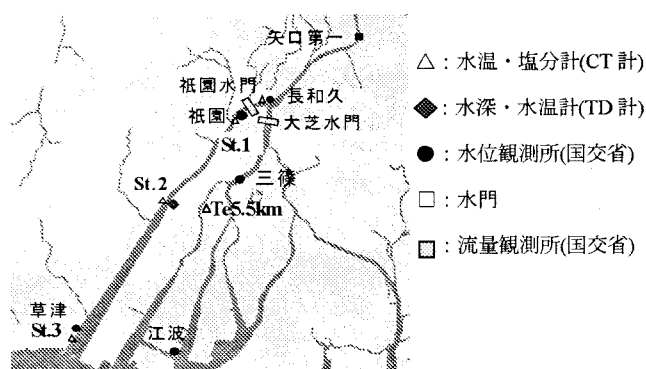


図-1 太田川感潮域における河道平面形および調査地点

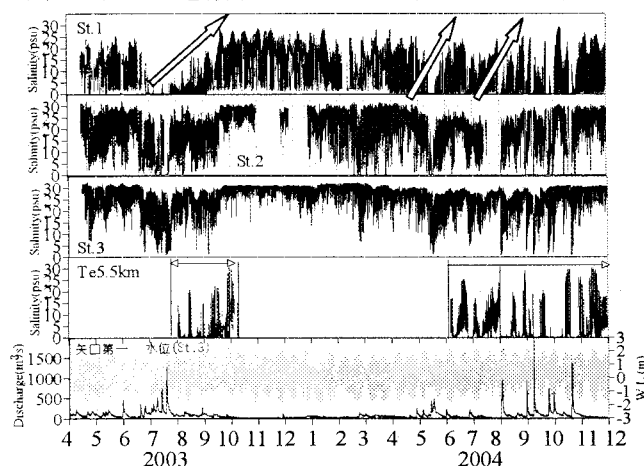


図-2 塩分濃度の経時変化(St.1, St.2, St.3, Te5.5km)

上流部河川流量：矢口第一，水位(St.3)の経時変化

雨：2003/6～9，台風：2004/7～10)により上流において海水遡上の回復の傾向が異なり，2003 年の継続的な出水では回復は遅く(2 ヶ月超)，2004 年の短期間の出水では早い(約 1 ヶ月)(図-2：St. 1 の矢印)。

4. 現地固定式データを用いた淡水流入量・海水遡上量の推定

4.1 淡水流入・海水遡上量推定法

淡水流入量および海水遡上量(塩分フラックス)の推定には連続的な断面流速分布および塩分分布を測定する方法が考えられる。しかし，長期にわたる連続的な観測は困難であることから，本研究では放水路での体積変化，塩分変化が河川流入量および海水遡上量によるとして，連続式(1)，塩分

保存式(2)を適用している。図-3 に太田川放水路のボックスモデル図および推定式を示す。

この推定式を Q_1 , Q_3 について解くことで河川流入量, 海水遡上量を試みた。ここに, St. 2 の塩分プロファイルがボックス内の塩分プロファイルを表すと仮定している。また, モデルⅠでは中流(St. 2)の断面形状, モデルⅡでは干潟や低水路地形を考慮するために1kmごとの縦断方向の断面形状を考慮し, モデルⅢでは更に St. 1~St. 3 までの塩分を河幅で荷重平均し, 縦断方向の塩分分布を考慮することで精度の向上を試みている。

4.2 塩分プロファイルの推定

放水路における混合形態は上げ潮時に強混合型, 出水時の上げ潮時に弱混合と大別され, 塩分成層を考慮してボックス内の塩分を見積もる必要がある。そこで, 河口, 中流, 上流に設置された固定式水温・塩分計と潮汐変動を用いて, 時間的に測定している水塊の違いから半潮汐で1つの塩分プロファイルを作成する手法を考案した。すなわち, 図-4 のように塩分・水温計と水温・水深計を異なる高さ(1m)に設置することにより, 潮位変化に伴い異なる水深を計測することから塩分プロファイルを推定している。ここでは, 高密度の水塊は下層から進入し, 軽い低塩分水はそのまま上に持ち上げられると仮定している。これにより, 連続的な塩分プロファイル, 断面平均塩分の推定が可能となった。また, 横断方向に塩分分布がほぼ一様であると仮定している。また, 低層はほぼ塩分一様になることが多いが表層は塩分変化が大きい。そこで, センサーは表層の塩分変化を捉えられるように干潮時には干出する浅場に設置している。ただし, 小潮時には潮差が小さいために表層塩分を捉えられないことがある。

4.3 淡水流入量と海水遡上量の推定結果

図-5 に(a)推定された淡水流入量の移動平均値(Q_1^I (モデルⅠ)と Q_1^{II} (モデルⅡ), Q_1^{III} (モデルⅢ))とおよび祇園水門の上・下流域での水位データから流量公式を適用することにより求めた流入量 Q_{gate} の移動平均値の比較および(b)河口での遡上推定量 Q_3 (モデルⅡ)および移動平均値 Q_3' を示す。 Q_{gate} が $20\text{m}^3/\text{s}$ 未満の期間において推定値は比較的妥当な値を示している。また, 縦断方向に断面を考慮するモデルⅠ, Ⅱにより精度の向上が見られる。モデルⅢでは塩分変化が過少評価されたために流量は小さくなったと考えられる。出水時には3つのモデルによる推定値は出水を捉えられていない。これは, 放水路全体と広島湾北部全域が低塩分で満たされ淡水流入量が著しいため, その期間においては塩分変化

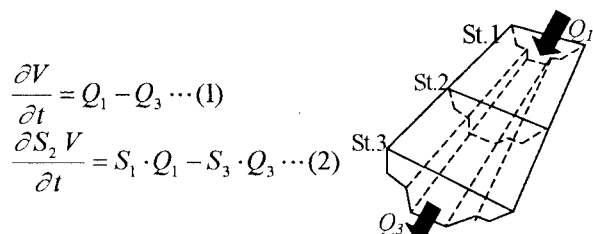


図-3 ボックスモデル図および推定式

Q_1 : St. 1 における流量 Q_3 : St. 3 における流量(Q_1 , Q_3 は流下方向が正) S_k : St. k における断面平均塩分(添字 k は St. 番号), V : ボックスの体積

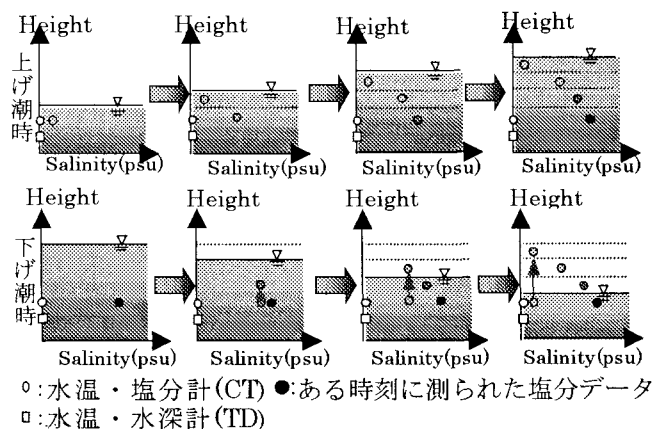


図-4 固定式センサーによる塩分プロファイルの作成方法

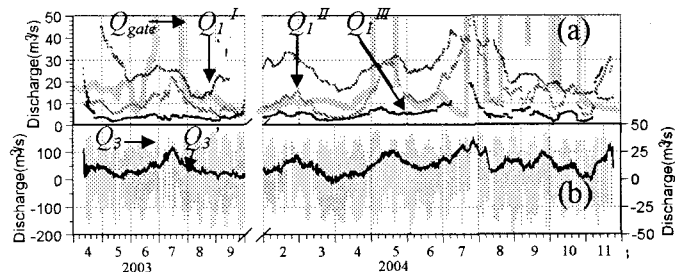


図-5 (a) 推定された淡水流入量の移動平均値(モデルⅠ: Q_1^I とモデルⅡ: Q_1^{II} モデルⅢ: Q_1^{III})と検証のために祇園水門での流量公式を適用し求めた流入量: Q_{gate} の移動平均値の比較および(b) 河口での遡上推定量: Q_3 , 移動平均値: Q_3'

が生じないことが原因と考えられる。また, 移動平均値はほぼ Q_1^{II} に近い変動を示しており上流部の河川流入量の変動が河口に影響を与えることが確認された。

5. 本研究の結果

河川感潮域において淡水流入量および海水遡上量が推定できる手法を構築した。河川流入量が $20\text{m}^3/\text{s}$ 以下の期間においては妥当な推定が可能であることが確かめられた。海水遡上量については, 大潮時に $150\text{m}^3/\text{s}$, 小潮時に $100\text{m}^3/\text{s}$ ほどの流入出が確認された。また, 縦断方向の断面形状を考慮することにより精度の向上が出来た。感潮域では, 塩分プロファイルに加えて干潟や低水路河岸などの地形を考慮することでボックスモデルの適用性が向上する。