

塩水潮上の調査法の開発 ～江の川を例として～

建設省浜田工事事務所
建設省浜田工事事務所

宮本 孝二
○岩西 裕寿

河口域での塩水潮上は気象的な原因（渇水や潮位・風・気圧の変化）や人為的な原因（利水や河口域の浚渫など）でその挙動は大きく変化することがあり河川管理上で問題が生じることがある。これまで塩水楔については多くの観測例が報告されているが、良い気象条件の時に限って主に各地点ごとの鉛直方向の水質（とくに塩分）を測定するという方法によっているために、塩水楔の実際の挙動を把握しようとしても、限界がある。このような方法に対して、江の川においては、淡塩境界をまず音波探査によって連続的に捉え、各種機器を使用して観測するシステムを試験的に採用してきた。江の川は中国山地を越えて日本海に注ぐ先行性河川で、下流部では豊富な水量と、日本海側に位置していることから潮位差が小さく、弱混合型（塩水楔型）の感潮河川の日本における代表例として知られている。塩水は通常は河口から4～7kmの範囲で、渇水期には8kmを越えて潮上することがある。江の川の塩水潮上域には、潮上を妨げる構造物がなく、自然状態がよく保存されていることから、観測には好適であり塩水楔の実態把握にはもっとも良い条件が備わっている。

平成9、10年度の観測結果をもとに報告する。観測には（1）曳航式塩水楔探査システム、（2）塩水楔音響探査システム（オンライン式）、（3）同（オフライン式）、（4）光ファイバ式温度分布計測システム（5）多点型CT（電気伝導度・温度）センサケーブル、（6）流向流速計、（7）水温計を使用し、図1の範囲で観測を行った。機器（1）によって塩水潮上域の淡塩境界の状況は、川床に沿って潮上する塩水と流下する淡水との密度差から、音響的に容易に把握される（図2）。平成9年度の観測は、河口より5.5kmの川底に機器（2）～（7）を設置して行った。機器（2）は機器（1）をもとに川床に設置して淡塩境界を連続観測するために開発されたものである。本機上を河川流量が減少していく際に塩水楔が潮上し、淡塩境界の高さが変化していく記録を図3に示す。

平成10年度には塩水潮上がどのように始まるのか、また渇水期にはどこまで潮上するのかを知るために、河口から3.8km、7.6km地点を起点として観測を行った。機器（4）は川床に光ファイバ（この場合は約700m長）を設置し、1mごとの温度を時系列で測定するもので、このような光ファイバの利用は初めての試みである（図4）。機器（5）は電気伝導度（塩分に換算）と温度のセンサをケーブルでつなぎ、地点ごとの時系列変化を測定するように開発されたものである（図5）。さらに既存の機器（6）、（7）を併用して塩水楔の動態観測システムとして、総合的な観測を行った、これらの観測から、塩水潮上と河川流量（河口から9.5kmの川平観測所）との関係、潮上や降下の速度などを詳細に明らかにすることができた。結果の一例を以下に示す。河川流量が200m³/sより減少すると、河口から4km辺りにあった塩水楔の先端は潮上を開始し、流量50m³/sで河口からの距離7.0kmに達する。さらに流量が50m³/s以下に下がると7.8km地点を越え、8.2kmの赤栗の瀬に至る。大渇水以外ではこれを越えることはない。潮上・降下の速度は河川流量によるが、1999年1月6日の川床に設置した光ファイバのデータによると、流量が43m³/sに低下した際に塩水楔の先端は7.0kmから7.6kmまで潮上し、この間に2時間半から3時間を要したので、およそ5m/sの速度で潮上していったことがわかる（図4）。一方、この区間内に設置した流向流速計の結果から、この時間帯には5cm/sの上流に向かう流れ（川床から70cm上位）が測定されており、両者の速度はほぼ一致する。機器（5）によっても速度が計算できる（図5）

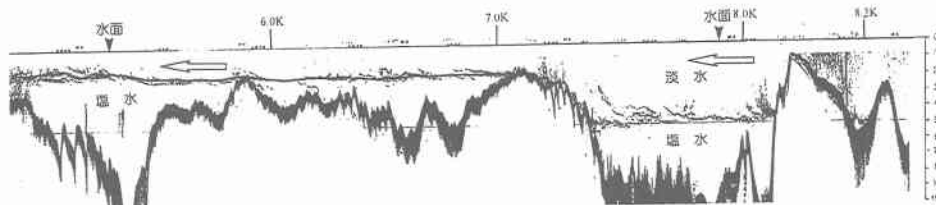
本観測システムは（1）の機器によって塩水潮上の先端の位置を容易に、しかも正確に捉えられる。また機器（2）～（5）を川床に設置することによって全天候下での長期連続観測が可能となり、従来の地点ごとの水質測定をもとにした塩水潮上調査では不可能であった塩水潮上・降下の動態を知ることができる。この観測システムは、感潮河川の管理上でも有効であろう。

図 1



(図1) 江の川における塩水遡上の長期動態観測区域網かけ部は各観測機器の設置範囲を示す。川を横断する線につけた数字は河口からの距離。

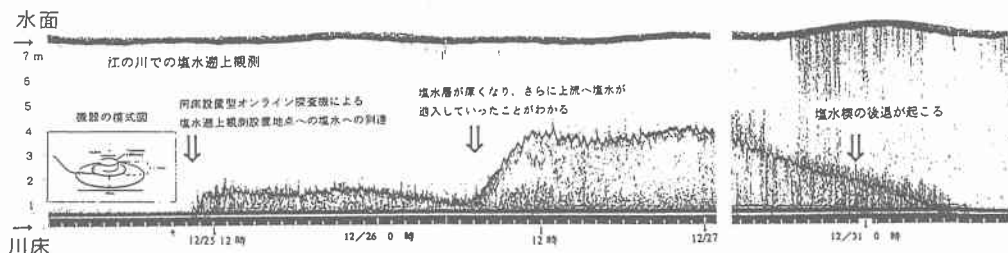
図 2



(図2) 曳航式塩水遡上システムによる淡水境界の観測例

河口から4.8～8.2km区間で、遡上している塩水とその上を流下する淡水の境界が明瞭に識別される。観測は1998年12月23日。

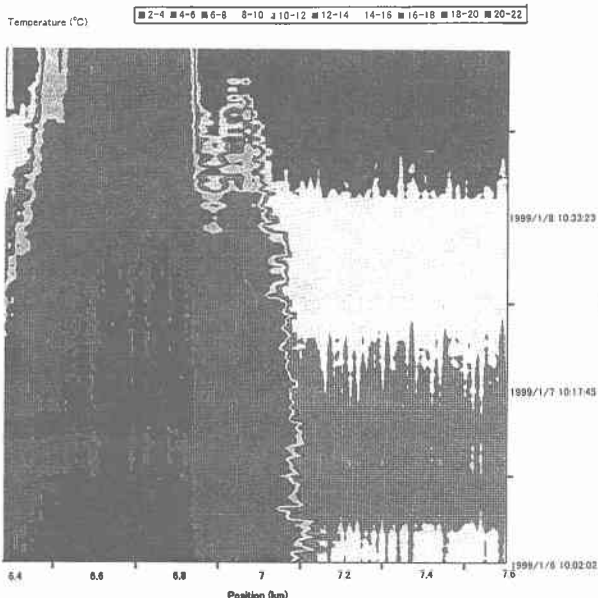
図 3



(図3) 河床設置型塩水遡上システム (オンライン式) による塩水遡の観測例

河口から5.5km地点で、遡上を開始した塩水が設置地点を越えてゆき、その後降下してくる様子が淡水境界の変化として示されている。1997年12月25日～12月31日の記録。

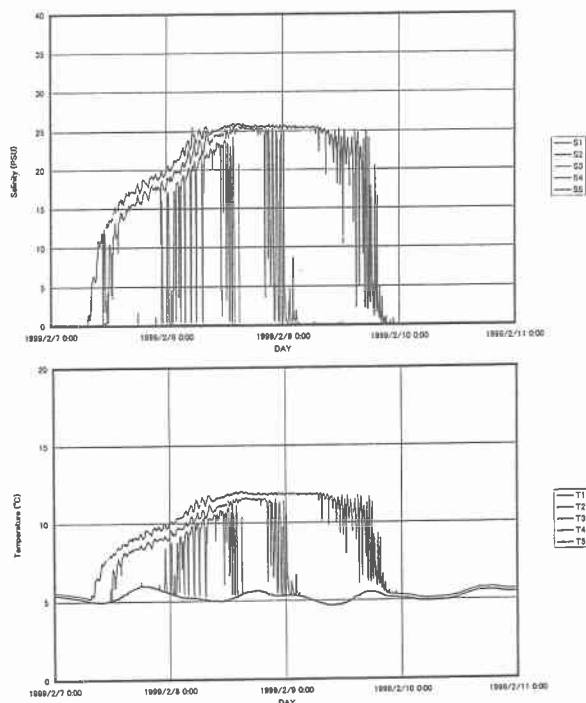
図 4



(図4) 光ファイバ式温度分布計測システムによる川床温度の時系列変化

河口から6.4km～7.6km間の深みに沿って敷設した光ファイバケーブルによる観測。水温の変化が2℃ごとで原図ではカラー表示されている。データは10mごと、30分に一回の取り込み。原データは1mごと、6分に1回、0.3℃の精度で測定されている。河口からの距離7km辺りまで侵入していた高温度(塩水)の底層水が1999年1月7日から8日にかけて遡上降下したことがわかる。

図 5



(図5) 多点型CTセンサケーブルによる電気伝導度(塩分に換算)と温度の各地点ごとの時系列変化

5つのセンサは各100mごとにケーブルで繋がれ、川床に設置されている。塩分・温度の変化が一致することから、塩水遡の移動がわかり、センサ間の距離から移動速度を算出できる。1999年2月7日～11日の記録。