

旭川の河口密度流に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 名 合 宏 之

岡山大学環境理工学部 正会員 大久保 賢 治

福山コンサルタント(株) 正会員 〇戸 根 智 弘

1. 研究目的

岡山県旭川下流部の河口域で水温や塩分濃度、溶存酸素などの項目について毎月数点における鉛直分布の測定を行った結果、河口域の水環境に対して支配的な流れは河口密度流、この場合、塩水楔であることがわかった。本研究ではこれを静止塩水楔とみて、その1次元解析により塩水侵入長と河川流量の関係、界面抵抗係数や連行量を検討し、本河口が弱混合状態を維持する理由並びに水温や溶存酸素の縦断分布に及ぼす影響について考察している。

2. 静止塩水楔の計算

河川流量に支配される塩水侵入長と塩水楔の形状は界面方程式で求めた。ただし、水平河床かつ潮位は一定としたが、河幅の変化は考慮した。また前半の解析で連行を無視し下層流速は生じないと仮定した。界面抵抗係数は内部滑面の抵抗則を与えた。こうして塩水楔の形状を求めた後、上層の密度フルード数から連行係数を求め、楔の先端部から下流向きに上層への塩分混入量を計算したが、その際、各断面での密度差減少による密度フルード数の変化は河口のごく近傍以外は問題にならなかった。さらに、実測値があれば水温と溶存酸素についても同様の連行計算によって上層内における縦断変化を計算できる。最後に潮位を0.5 m下げて楔形状を計算し、潮汐による楔の後退長をチェックした。

旭川の流況と出水を考慮した流量範囲で上記の方法により静止塩水楔の計算を行い、図-2のような結果を得た。計算区間は10 kmにとっているが、実際に水平河床とみなせるのは河口から8 km付近までであってまた平均河床が平均潮位に等しくなるのは9 km付近である。上流牧山地点の平水流量に近い40 m³/sの条件で計算した侵入長が約10 km、50 m³/sで6 km強であり、取水の影響など考慮すると豊水（65 m³/s）以下の流況では塩水楔が安定に存在するといえる。一方、150 m³/s程度の出水で塩水楔は排除されることがわかった。

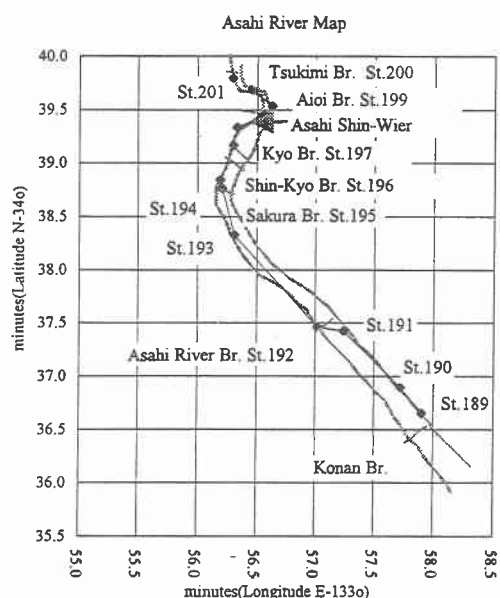


図-1 旭川河口部

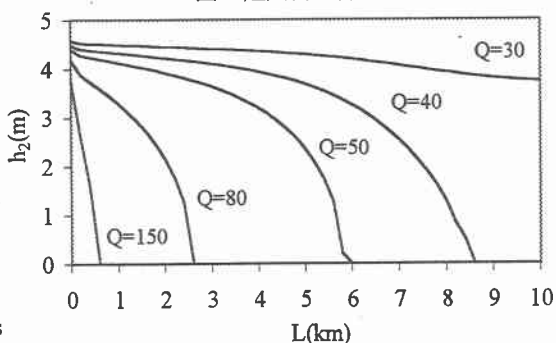


図-2 流量による楔形状の変化

3. 旭川における塩水楔の観測

(1) 水温分布の季節変化

旭川河幅は河口で 500 m、上流向きに減少し、5 km 付近で狭まり、8.5 km 地点の月見橋で約 100 m となる。月見橋の下流に水深 8 m の淵があり、直下流の新堰を閉じる 7～9 月を除いてはこの淵まで塩水侵入がある。岡南大橋、月見橋の水温（図-3）は類似した季節変化を示し、水温勾配最大の深度は岡南大橋 0.5 m、月見橋で 1.5～2 m で、これが塩分躍層と考えられる。水温差が岡南大橋で小さいのは連行現象が原因と考えられる。

(2) 連行による上層水温、塩分、DO の遷移

図-4 は 1997 年 12 月 9 日の塩水楔の縦断観測結果であり（測点番号は図-1 参照）、冬の楔は水温逆転を伴う。塩水が楔として停滞するため、下層 DO は 4～5 mg/l と低めである。上層塩分・水温は下流向きに増加、DO は減少しているが、河川水が高温で貧酸素の塩水を連行するためと考えられる。

4. 塩水楔の滞留特性

(1) 淵の塩水侵入

堰が開いた後、月見橋の淵の塩分濃度は 18.9、22.3、22.5‰と増加（図-5）し淵の塩分は潮汐毎に濃縮する。淵の下層水は時間的に古く、貧酸素化の傾向がある。流量が増えると停滞した塩水がフラッシュされるが、それ以外では連行による巻上げのみ行われる。

(2) 滞留時間（塩水）

連行流量、下層流速は楔先端部では 0 に近づくが、河口から楔中流部では 50～200m/day 程度である。連行が活発であるのは拡幅部で楔先端部は潮汐で侵入した塩水が停滞し連行量も小さい。塩水楔のフラッシュは降雨に依存しており、雨が少ないときには塩水層で DO が消費される。

(3) 二重拡散対流

塩水楔の二重成層は上層が淡水のため塩分濃度差が汽水湖より大きく安定である。ただし、連行によって冬季は下層温水を上層に巻上げて水温的には安定化し夏季は冷水を巻上げて不安定化する。塩分に比べると水温の密度に対する影響は微弱であり、対流そのものの影響も小さいが、混合型が弱混合から緩混合に移行する要因にはなり得る。

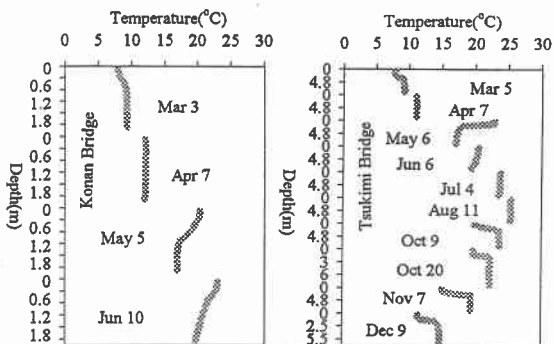


図-3 河口水温の季節変化

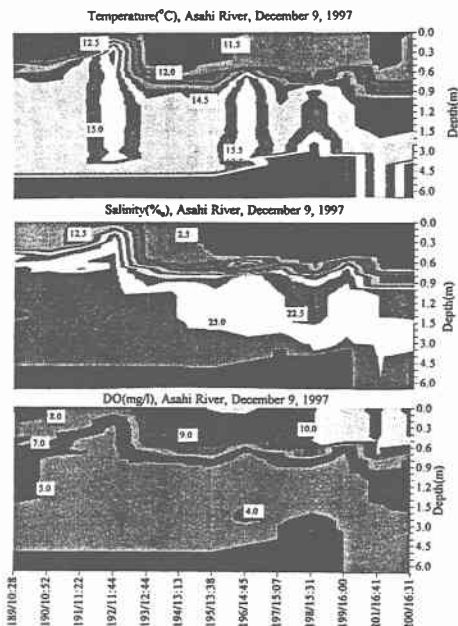


図-4 塩水楔の縦断観測

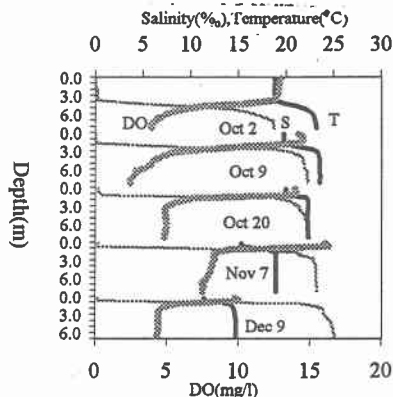


図-5 淵への塩水侵入