

長良川の塩水侵入と混合形態分類

東京電機大学 学生員 ○南澤公太郎

東京電機大学 正会員 橋本彰博

東京電機大学 正会員 有田正光

1. はじめに

河口部より上流に遡上する塩水の混合形態分類は環境水理学上重要である。しかし現在までに、全ての河川において適用可能で、取り扱いが容易な分類指標は提案されていない。また、混合形態分類には塩水侵入の全体像を弱混合、緩混合、強混合のように分類する場合と局所的に上下層混合の程度を分類する場合（以下、局所的混合形態分類と称す）がある。そこで本研究では長良川モニタリング委員会により、データが蓄積されている長良川を対象として局所的混合形態分類法について検討する。

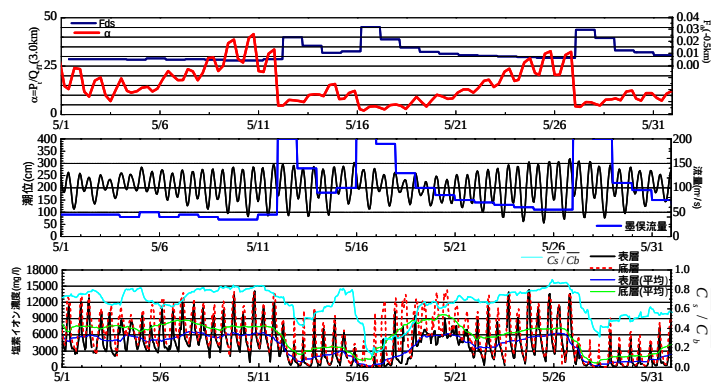
2. 局所的混合形態分類に使用するパラメータ

長良川では河口堰の運用に伴い水質変化を監視する目的として水質自動監視装置が設置されており、1994年5月から5年間にわたり1時間毎に水質測定が行われている。今回は河口域の塩水侵入を対象として調べるため、Ina(3.0km地点)とJyo(-0.5km地点)の表層(2割水深)と底層(河床から50cm)の塩素イオン濃度のデータを使用した。また、河川流量は河口より39.0km地点の墨俣で測定されたデータを用いた。

次に混合形態を分類するため以下に新たなパラメータ α , F_{ds} を提案する。

$$\alpha = P_T / Q_{FT} \quad F_{ds} = (Q_f / B) / \sqrt{g' h_s^3}$$

ここで、 α はタイダルプリズム(干潮時～満潮時に河川内に侵入する総海水量) P_T と墨俣における6時間の合計流量 Q_{FT} との比で、 α が大きくなると往復流としての潮汐流の効果が強くなり、上下層間の混合が促進されることを意味する。 F_{ds} は河口における密度フルード数であり、塩水侵入長を支配するパラメータである。 Q_f : 墨俣の河川流量, B : -0.5km地点の河道幅, $g' = \Delta\rho g / \rho_b$, $\Delta\rho = \rho_b - \rho_f$ で、 ρ_b : -0.5km地点の底層密度, ρ_f : 淡水の密度, g : 重力加速度, h_s : -0.5km地点の水深である。また、 P_T は長良川および

図-1 1994年5月の α , F_{ds} , 潮位, 流量, 25時間移動平均

CL 濃度の経時変化(3.0km 地点)

揖斐川の感潮域面積に河口での干満差を乗じることによって算出した。一方、上下層の混合状態を示すパラメータとしては、表層および底層の塩素イオン濃度の25時間移動平均値を求め、その比 $\beta = \overline{C_s} / \overline{C_b}$ を採用した。以下では $\beta < 0.3$ で弱混合, $0.3 < \beta < 0.7$ で緩混合, $0.7 > \beta$ で強混合と定義して混合形態の分類を行う。

3. α , F_{ds} および β の関係

まず一例として1994年5月の時系列を図-1に示す。河川流量が安定している期間では α は潮汐変動に対応して変化し、 F_{ds} はほぼ一定値をとる。河川流量が増大すると F_{ds} は大きく、 α は潮汐の大きさに依存せず小さくなり、これらに対応して β も変動していることが分かる。そこで、パラメータ α , F_{ds} および β の関係を調べた。1994年5月(堰運用前)および1996年5月(堰運用後)の河口より3.0km上流地点におけるデータを用い、 α と β の関係について F_{ds} で分類した結果を図-2に示す。なお β の値は河川流量の変動の影響を受けて変化するため、ここでは1日後の値を採用している。図-2の堰運用前を見るとばらつきはあるものの、 α : 大かつ F_{ds} : 小の時には $\beta \rightarrow 1$ となり強混合型に、 α : 小かつ F_{ds} : 大の時は $\beta \rightarrow 0$ となり弱混合型に分類されることが分かる。また、堰運用後は運用前に見られる β と α の強い相関関係は顕著ではなく、混合形態の潮汐に対する依存性が

キーワード: 塩水侵入, 混合形態

連絡先: 350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 049-296-2911 FAX 049-296-6501

小さくなっていることが分かる．次に1994年5月1～1995年6月まで(堰運用前)と1995年7月～1999年12月まで(堰運用後)の河口より3.0km上流地点における α と β の関係について F_{ds} で分類した結果を図-3に示す．この図から，堰運用前に比べて運用後ではプロットが全て左下方に集まっていることが分かる．これは堰運用によって P_T が小さくなった結果 α が小さくなり，これを反映して β が小さな値をとったと考えられる． P_T の減少は潮汐流速の減少を意味することから，上記の結果は堰運用によって上下層間の混合が弱くなり，長良川の塩水侵入が成層しやすくなったことを意味している．また，図-3のプロットは図中の曲線より下にはほとんど存在していないことが分かる．これはこの曲線が塩水の侵入限界を示す線であることを意味すると考えられる．以上の結果から，長良川の塩水侵入の局所的混合形態分類は提案されたパラメータ α ， F_{ds} および β により可能であることが分かった．

4. パラメータ α ， F_{ds} および β を用いた混合形態分類の概念図

前章の結果から，本研究で提案されたパラメータ α ， F_{ds} および β を用いることで混合形態の分類が可能となることが示唆された．そこで， α ， F_{ds} および β を用い混合形態分類の概念図を作成した(図-4)．図に示すように， α の増加に伴い潮汐流が強くなると上下層間の混合が促進される結果， β も大きくなる．また， β は α の他に F_{ds} にも依存しており， F_{ds} の値が大きくなると塩水侵入は弱混合化して β の値は小さくなり， $F_{ds}=1$ を超えると河川水により塩水が河道内から完全にフラッシュされる．

このダイアグラムを作成することにより，任意の河川において α ， β および F_{ds} を算出すれば，混合形態を予測することが可能となる．

5. まとめ

今回新たなパラメータ α ， F_{ds} を提案して長良川河口域の局所混合形態分類を行った．その結果，堰運用による堰下流の成層化のメカニズムを明らかにするなど，導入されたパラメータが有意なものであることを示した．ただし，データの詳細な分析によると，さらに追加的なパラメータの導入が必要であることを判明している．この点については今後検討を行っていきたい．

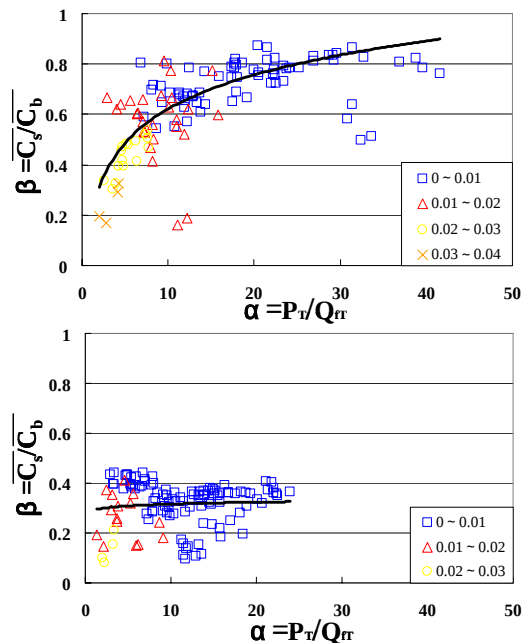


図-2 1994年5月(上)と1996年5月(下)の α ， F_{ds} および β の関係

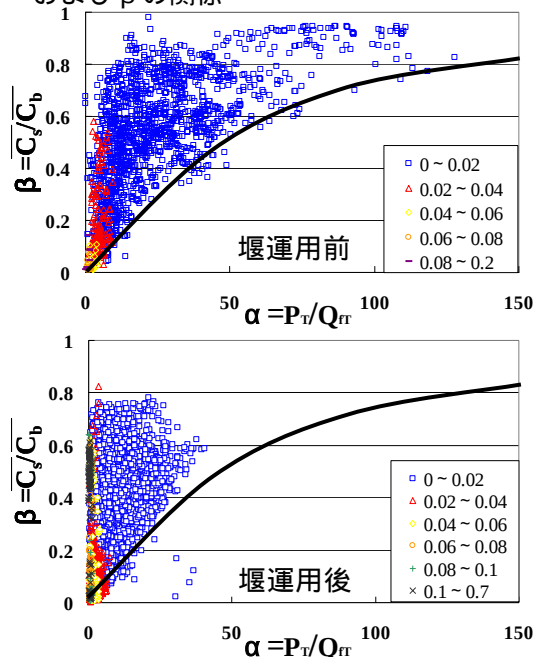


図-3 α ， F_{ds} および β の関係

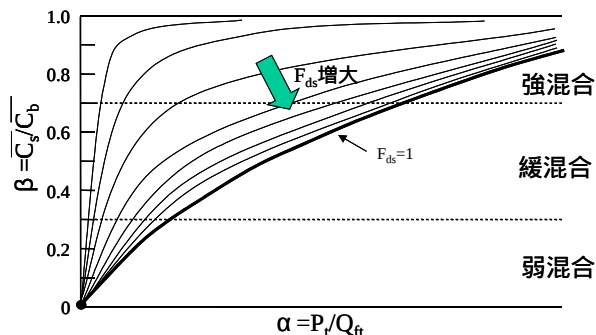


図-4 α ， F_{ds} および β を用いた混合形態分類の概念

参考文献

- 1) 建設省中部地方建設局，水資源開発公団中部支社：長良川河口堰モニタリング年報，1994-1999．