

太田川放水路におけるSTD観測の解析

広島工業大学大学院
広島工業大学大学院
広島工業大学

学生員
学生員
正会員

○三浦 真一
門田 誠也
水野 信二郎

1. はじめに

1998 年 11～12 月の期間、広島湾にそそぐ太田川放水路において、ADCP 測器、STD 測器による同時縦断観測を行った。STD 観測では、河口域の塩分、水温、水深を川筋に沿って（上流 8km 付近迄）測定し、密度の水平及び鉛直分布が得られた。STD 観測で得られたデータを基に、太田川放水路内における淡水と海水間の混合、成層状態、塩水楔等の密度流に関する解析処理を行ったので、その結果を報告する。

2. 感潮河川の流動形態分類

太田川放水路は代表的な感潮河川で、潮汐の影響を受け、海水と河川水が共存する河川である。河川中に浸入する海水の流動形態は、表-1 のようになる。

表-1 感潮河川の密度流現象の流動形態²⁾

弱混合型	入退潮による混合が弱く、淡水と海水とが明瞭な二成層を成す。この場合を塩水楔と呼ぶ。	
強混合型	密度は鉛直方向に一律であり、流れの方向にのみ変化が存在する。	
緩混合型	これは、強、弱混合型の中間であり、流下方向にも鉛直方向にも濃度変化が存在する。	

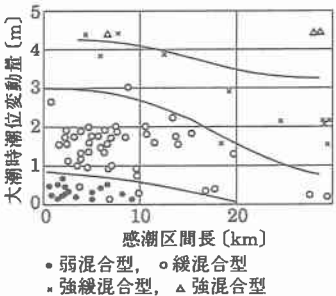


図-1 潮汐の強さによる分類¹⁾

河口部の密度流の流動形態を、大潮時潮位変動と感潮区間長をパラメータとして分類してみる。¹⁾ 図-1 に示すように大潮時潮位変動量が大きくなるほど、つまり潮汐の強さが強くなるほど、また、感潮区間が長くなるほど上下層の混合が強くなることがわかる。太田川放水路河口部においては、大潮時の潮位が約 4m で感潮区間が 10km 弱となることから、河口部ではほぼ強混合型であることが予想される。

3. 観測結果と考察

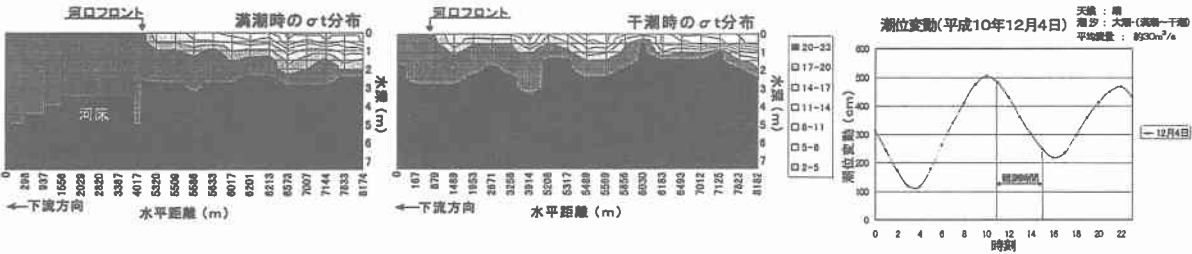


図-2 太田川放水路における σ_t 分布図と観測状況（水深-河床縦断面方向）

図-2 は、太田川放水路の河床縦断面と σ_t 分布（現場密度）の例を示したもので、12 月 4 日に行われた観測結果である。ただし、これらの図は鉛直方向と水平方向の縮尺が千倍も違うので、図上での等塩分線の傾きには十分注意しなければならない。当日の平均河川流量は約 30m³/s で、満潮時から干潮時にかけての観測となった。図では、濃い塩水（ $\sigma_t=20$ 以上）が楔状となり河川沿いに上流へ向かって潮上していることがわかる。満潮時では、河口フロントが河口から約 4 km 上流に確認された。また、河口から 4 km 上流付近まで、海水と淡水との鉛直混合が強く、密度分布がほぼ一様となることから、強混合型であることがわかる。そして、4km～8km 上流付近までは、海水と淡水の成層状態が強く現れ、塩水楔が確認されたことから、弱混合型であると判断される。このように満潮時では強混合型と弱混合型が共存することがわかるが、

強又は弱混合型の感潮河川は、厳密な意味では存在せず、ほとんどの感潮河川は緩混合型に属するといえる。

一方、干潮に差し掛かると、潮汐の後退に伴って河口フロントは河口方向に約 4km 弱移動し、塩水楔は河川流によって約 2 km 弱押し返される過程が観測された。そして、塩水楔の後退は、河口フロントの移動に比べ、比較的小さいことから、結果的に干潮時の塩水楔長は満潮時に比べ約 2.3km 程長くなり、6km 程となった。しかし、ここで取り上げた海水と淡水との成層状態は、鮮明な界面をもつ塩水楔とは異なり、淡水に希釈された $\sigma_t = 10 \sim 20$ 程度の濃度層が存在するため、あくまでも鉛直混合が弱いのか強いのかの傾向を相対的に示すに留まる。また、河床の影響を受け起伏の激しい部分（深い窪みなど）では、淡水に希釈されず、濃塩水を残したままの状態が見られた。その理由として、実測される塩水楔は突然に出現するものではなく、何日も潮汐による前後退を繰り返しながら溯上してきたものであり、その間に界面を通じて連行作用や風波による混合作用、河川流出量の増減などの影響を受け、このような塩分分布を呈すると考えられる。

4. 界面抵抗係数の評価

12 月 4 日満潮時の観測結果から河川水と海水の間の界面抵抗係数を評価する。河口から塩水楔の先端までの界面抵抗係数 f_i 、岩崎数 Ψ を求める式は、¹⁾

$$f_i = H \{ 0.2 F^{-2} - 2 + 3 F^{2/3} - 1.2 F^{4/3} \} / 2L \quad \text{.....①}$$

$$\Psi = Re \cdot F^2 \quad \text{.....②}$$

で与えられる。 f_i は二つの無次元数 H/L と F に依存する。以下の表-2 より

表-2 満潮時の観測データ

楔先端での水深 : $H=2.00\text{m}$	塩水楔の長さ : $L=3815.4\text{m}$
密度差比 : $\varepsilon=0.013$	淡水の平均流速 : $u=0.30\text{m/s}$
内部 Froude 数 : $F=u/(\varepsilon g H)^{1/2}=0.60$	Reynolds 数 : $Re=uH/\nu=6.0 \times 10^5$

界面抵抗係数は $f_i=0.21 \times 10^{-4}$ となり、岩崎数は $\Psi=2.20 \times 10^5$ となる。

経験則から f_i は一般に、 Re 、 F^2 の関数であるが、岩崎数でデータがうまくまとまることが知られている。図-3 は太田川放水路で得られた界面抵抗係数を他の河川や室内実験のデータとの比較を示す。²⁾ 図-3 に示すように計算値 (○) は、他のデータと比較するとかかなり小さい。理由として、塩水楔長が長く河川水の Reynolds 数が大きい為と考えられる。また、今回残念ながら干潮時の流量データ (ADCP) が得られず、評価するに至らなかったが、干潮時には $(H/L, F)$ が小さくなり、結果的に f_i は更に小さくなると推定される。

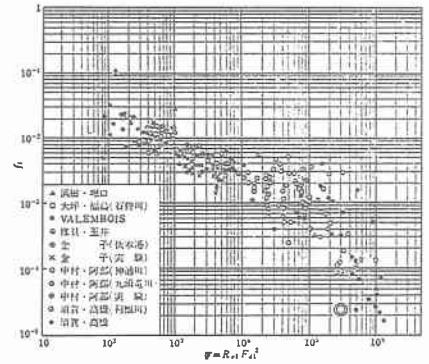


図-3 界面抵抗係数²⁾

5. まとめ

以上の結果、太田川放水路内における混合状態、塩水溯上は河川流量が一定の場合、潮汐変動に大きく起因し、変化することがわかった。相対的な見解ではあるが、満潮時には河口から 4 km 付近まで“強混合型”、更に上流部までは“弱混合型”であった。干潮時には河口から上流部まで“弱混合型”を示し、また弱混合域では、下層の海水が楔状に溯上する塩水楔の様子を視覚的につかむことができた。河口フロント及び塩水楔は、満潮時から干潮時に掛けての潮位低下により、河川水の影響を強く受け下流方向に移動し、結果的に塩水楔長さが長くなる傾向が見られた。また、界面抵抗係数の値がかなり小さいことから、裏付けられたと考えられる。

6. 参考文献

- 1) 有田正光 (1998) : 水圏の環境、東京電気大学出版局、pp189～191
- 2) 土木学会水理委員会水理公式集改訂委員会 (1985) : 水理公式集、博栄社、pp61、581