

玖波湾における3次元流動構造

広島大学工学部	学会員	○ 東 堃	泰二郎
広島大学工学部	正会員	川 西	澄
広島大学工学部	正会員	余 越	正一郎

1. はじめに

沿岸域は古来より、人々にとって最も恵まれた生活と生産活動が営まれた海域であった。しかし高度経済成長期に符合して、沿岸海域に高度の重化学工業地帯が建設され、都市化の波は住民の生活環境を変えて、内海環境を著しく変貌させた。中でも、赤潮問題は1960年代以降、瀬戸内海沿岸域において多大な被害をもたらしている¹⁾。

我々は、海洋環境を保全し、災害を防ぎ、今後も海洋からの恵みをうけなければならない。環境の保全や、赤潮被害等の問題を乗り越えるためには、まずその海域について理解を深め、そこに起こる現象を明らかにすることが重要である。中でも、すべての物質の輸送・拡散を担っている海水の流動について把握することは、最も重要であろうと思われる。そこで、3地点での現地観測を実施し、3次元流動構造の解明を試みた。

2. 現地観測

現地観測は、広島湾北西部に位置する玖波湾内の St.A(1996年9月13日)、St.B(同10月16日)、St.C(同10月30日)にて、船を観測地点にアンカー固定して行なった(Fig.1参照)。観測日は大潮または中潮で、満潮前から干潮時あたりまで観測を行なった。

流速の測定には ADCP(超音波ドップラー流速プロファイラー)を用いた。ADCPは一台で海流の詳細な鉛直構造を瞬時に計測することができる。ADCPは専用のフレームに取り付け海底に固定し、2分間隔で測定を行なった。同時に塩分濃度・水温の測定を海底から上方へ1m間隔で行なった。なお、St.Oは1995年8月29日に現地観測を行なった地点である。

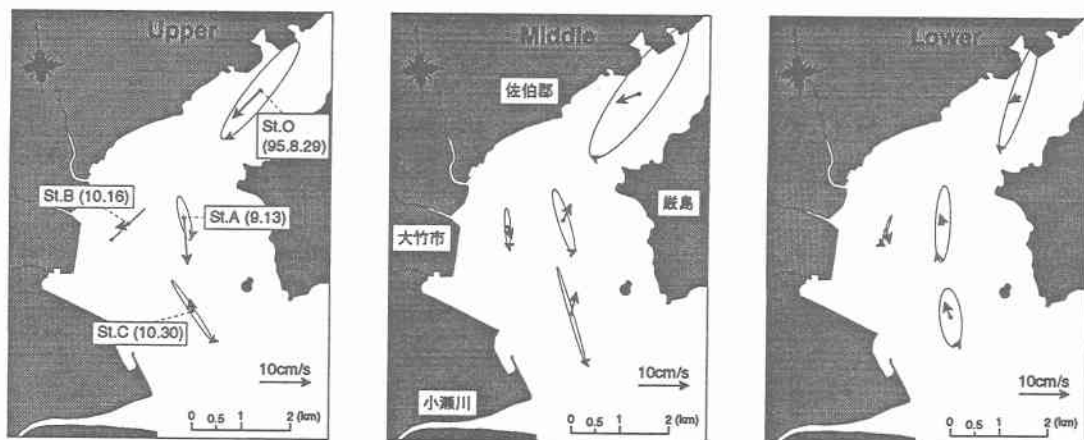


Fig. 1 観測地点と潮流楕円

3. 結果と考察

Fig.1に現地観測を行なった4地点(St.A, St.B, St.C, St.O)の相対高さ0.8(Upper), 0.4(Middle), 及び海底上1m(Lower)の潮流楕円を示す。ここでこの潮流楕円は、観測時間が短いことから調和分解ができなかったため、流速の北方・東方成分をそれぞれ半日周期成分と残差流成分に、最小二乗法を用いて近似したものである。図中の楕円上の矢印は、標準時子午線に月が南中した時刻の潮流ベクトルの位置と楕円の回転方向を表わし、原点からの矢印は残差流成分のベクトルを表わしている。

まず残差流成分を見てみると、St.Oでは南西方向、St.Bではほぼ南向きの流向となっているのに対して、St.A及びSt.Cではほぼ北向きの流向となっている。つまり大野瀬戸から流れてくる残差流は、湾全体に拡がり南下するのではなく本土側に沿って流れ、逆に宮島側では北向きに流れるのである。このことから、玖波湾内の残差流は反時計回りの水平循環流になっていると予想される。また、St.Aの上層では南向きの残差流が発生しているが、これは観測4日前の9月9日に降った大雨により太田川流出量が増大したことが原因と考えられる。

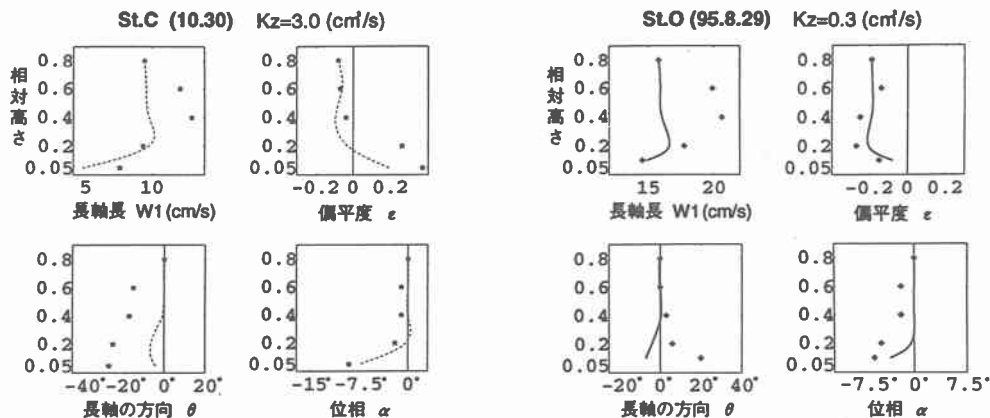


Fig. 2 潮流楕円要素

続いて楕円成分を見てみると、上層から下層へ向けて楕円の長軸の方向が南北方向に回転していくことがわかる。下層では海底摩擦の効果が強いので、他の外的要因の影響が抑えられることを考えると、潮汐はほぼ南北方向に進行していると推定される。また、上層では地形変化の影響が最も強くなり、長軸の方向がほぼ地形に沿っていることがわかる。

ここで潮流楕円の鉛直構造を定量的に評価するため、St.Cでの潮流楕円要素（長軸長 $W1$ 、偏平度 $\varepsilon = W2/W1$ 、長軸の方向 θ 、位相 α ）の鉛直分布を Fig.2 に示す²⁾。図中の点は観測値、破線は理論値を表わしている。ここで理論値は、コリオリ力と渦動粘性を考慮した運動方程式に、相対高さ 0.8 の $W1$, $W2$ と、観測値と最も適合するように定めた鉛直渦動粘性係数 K_z を代入して算出した ($K_z = 0.7(\text{St.A}), 1.0(\text{St.B}), 3.0(\text{St.C}), 0.3(\text{St.O})$)。偏平度 ε と位相 α は観測値と理論値との間に大きな差異はないが、長軸長 $W1$ と長軸の方向 θ は大きくずれている。このことから、地形変化の影響が長軸長 $W1$ と長軸の方向 θ に大きく寄与していることがわかる。なお、他の 3 地点についてもほぼ同様の傾向が見られる。

また観測値と理論値を一致させるためには、鉛直渦動粘性係数として $K_z = 0.3 \sim 3.0 \text{ cm}^2/\text{s}$ とかなり大きな異なる値を仮定せざるを得なかった。この違いには観測地点の違いの他に、密度の鉛直分布の違いによる影響があると推定される (Fig.3)。つまり、成層が発達すると鉛直方向の運動量 flux が抑えられて、鉛直渦動粘性係数の値が小さくなるのである。

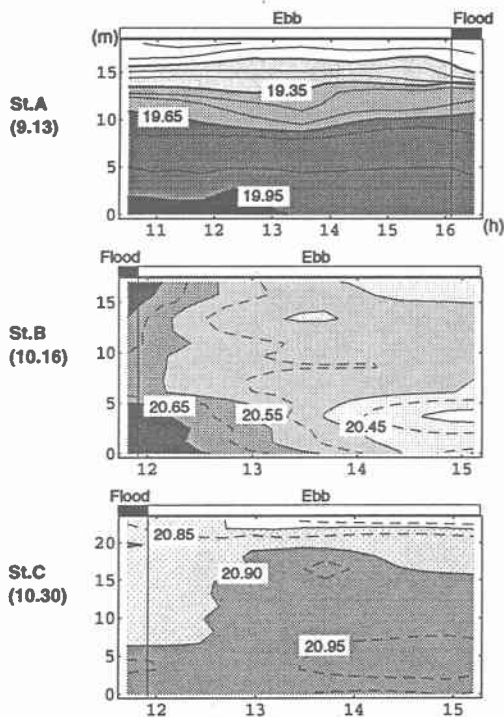


Fig. 3 密度の鉛直分布

4. 結論

潮汐によって引き起こされる海水流動に影響する外的要因の中でも、下層で海底摩擦、上層で地形変化の影響が卓越し、中層はコリオリ力と上下層の影響を受ける。また太田川流出水の影響も大きく、流出量増加の数日後には上層に南下する流れが発生する。残差流は大野瀬戸から流入し、玖波湾の本土側に沿って南下し宮島側を北上する反時計回りの水平循環流となっている。また密度成層の有無は密度流の発生のみならず、鉛直渦動粘性係数に影響を与え、それにより流動構造にも影響を及ぼしている。

参考文献

- 1) 宇野木 早苗：沿岸の海洋物理学，東海大学出版会，1993
- 2) 柳 哲雄ら：沿岸海域の物質拡散 (4) — 潮流楕円の鉛直構造 —，京都大学防災研究所年報，第 26 号，1983