

米子湾内水の流動に及ぼす潮汐と風的作用

広島大学大学院 学生員 ○上原 浩 清水建設(株) 正会員 中村 剛 広島大学大学院 学生員 黒川 岳司
 広島大学工学部 フェロー会員 福岡 捷二 建設省出雲工事事務所 正会員 鈴木 篤

1. 序論

汽水湖中海の南東部に位置する米子湾は閉鎖性が強く、水交換されにくい水域である。特に湾奥部は地形的特徴から停滞性が強く、水質が悪化している。水域の水質悪化を改善するためには密度躍層により上下2層に分かれている湖内部の流れの機構を明らかにすることが必要である。このことから米子湾奥部で流動観測を実施し、この観測結果から米子湾の流れ場と及ぼす潮汐による水位変動と風的作用を明らかにすることを目的とする。

2. 現地観測

図-1に示す中海の米子湾奥部において1997/10/03-04の大潮期に昼夜連続で流動観測を行った。観測には停滞水域の水塊の移動を把握するため昨年度開発したトラックポイントシステムを用いている。発信器であるトランスポンダを図-1に示すLine C付近に湖面下1mの上層に1基、密度躍層下約1mの下層に3基放流し追跡した。また、図-1、図-4に示す各観測線・観測点においてSTDを用いて水温・塩分濃度の鉛直分布を測定し、同時に水位、気象、断面流況、水質の観測も行った。

3. 米子湾奥における風的作用

図-2に図-1に示す中海湖心で測定された観測期の風向・風速、気圧の経時変化を示す。観測期における最大風速は約6 m/sであった。この時(1997/10/3 13:00-17:00)と風速9 m/s時(1996年観測)の米子湾奥における上層・下層の流れを図-3に示す。これは、図-1に示すLine Cに設置した流向流速計によって観測したもので、湾口方向に流れている時を正とする。中海のように成層化した水域では一定風速(この場合、風速9 m/s)以上の風が作用すると、上層水の吹き寄せのため生じる水位差に起因して上下層で逆方向の流れ、吹送密度流が生じる。一方、風速6 m/sでは風は上層のみに作用し、その影響は下層に伝わっていない。米子湾奥では風速7~8 m/sが下層流に風の影響が伝わる境界であると考えられる。この機に今回の観測期間及びその前後では風速が小さい(6 m/s以下)こと、気圧変化が緩やかであること(図-2)から、流れ場に及ぼす気象要因の影響は小さく、潮汐による水位変動の影響が卓越していると考えられる。

4. 米子湾奥の地形効果による流れ

同じ時間帯に放流し追跡した4基のトランスポンダの移動軌跡を図-4に示す。図-4の各点は得られたデータの1時間移動平均値を表している。上層のトランスポンダは湾奥へ北岸側に寄りながら弧を描くように移動しており、放流毎にこの様な動きが観測されている。これは湾に突出した半島の影響と湾奥という先の閉じた地形条件のため、湾奥上層には水平循環流が生じていると考えられる。一方、下層3基のトランスポンダはいずれも水深6m以上の谷地形に沿って移動している。特に下層No.2とNo.3の2基はほぼ同じ動きをしている。これらから湾奥下層では谷地形に沿う流れが卓越しており、そこを通過して下層水の出入りがあることが分かる。

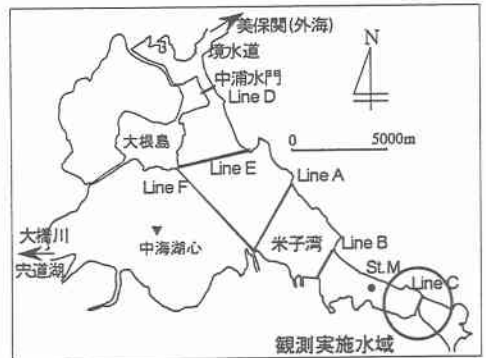


図-1. 中海内の観測線と観測実施水域

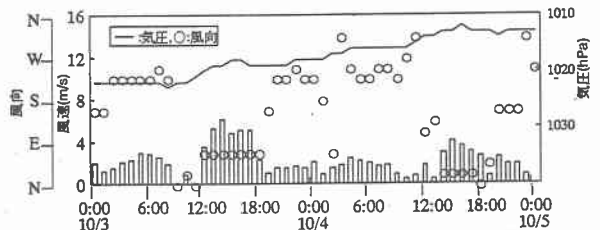


図-2. 観測期前後の中海湖心における風向・風速、気圧

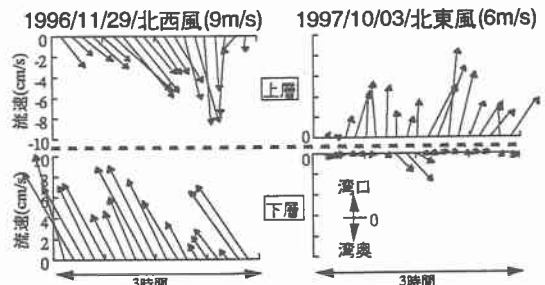


図-3. 風速の違いによる米子湾奥の上下層の流れ

5. トランスポンダの動きと水位変化の関係

図-5は1996年の米子湾中央Line B付近で観測した下層トランスポンダ移動速度と米子湾水位の経時変化と、1997年のLine Cでの上層及び下層における同様な観測結果を比較して示したものである。移動速度は湾口へ動いた時を正とする。1996年は日潮不等が小さく、11/29/12:00~18:00と11/30/05:00~12:00の水位変動量が ± 20 cmと大規模である時に流向は変化し、11/29/18:00~23:00の水位変動量が数cmと小さい時には流向は変化しない。湾中央下層の流向は水位変化によっていると考えられる。一方、1997年は日潮不等が小さく、10/3/17:00~23:00の水位変動量が16cmの規模で流向は変化しているが、これと同程度の水位変動量であった10/3/23:00~10/4/04:00には流向は変化せず一定方向に流れ続けている。また上層では上げ潮時に湾奥へ流入、下げ潮時に流出しており、水位変化とよく対応している。以上のことから、米子湾奥下層の流向は水位変化だけでなく、以下に述べる米子湾奥部の密度界面振動に関係があるものと考えられる。

6. 米子湾奥部で観測された密度界面振動

図-6は観測期の上・下層の密度($\sigma_t = 22\text{kg/m}^3$, 22kg/m^3)の平均値 $\sigma_t = 12\text{kg/m}^3$ を密度界面とし、中浦水門~米子湾奥間の各観測線・観測点(図-1, 図-4)の密度界面位置を縦断的に、また時間毎に表したものである。図-6から図-1と図-4に示すLine E~A付近を節、St.M~FC付近を腹とする基本モードの内部セイシュが見られる。その振幅は約70cm、周期は約12時間であった。この内部セイシュは観測期の気象の影響が小さかったため、潮汐に起因して生じたと考えられる。また、図-6からSt.FCより湾奥部に前述の内部セイシュとは別の界面振動が生じていることが分かる。これは、St.FC~Line C付近にある2つの島と半島によって湾幅が急激に狭められており(図-4)、この付近を境界として米子湾は湾口部と湾奥部に2分されているとすると、湾奥部は1つの独立した水域として界面振動を起こしていると考えられる。そこで米子湾口側Line A~St.FC間で基本モードの内部セイシュの周期を計算すると12.4時間となり、上述の観測値とほぼ一致する。このことからSt.M~FCを境界として湾奥側では別の形態の界面振動が発生していることが考えられる。

7. 結論

今回の観測により米子湾奥の停滞性の流れ場を明らかにすることができた。下層流れに影響を及ぼす風速の境界は約7~8m/sである。流れ場に及ぼす気象要因の影響が小さい時、米子湾奥では湾口側の内部セイシュと別の形態の界面振動が生じており、その結果下層の流向は水位変化に関わらず湾口へ流れ続ける現象が見られた。

参考文献 1) 日比野忠史、福岡捷二、池内幸司：季節および日々の気圧配置に伴う閉鎖性汽水湖内部での流れ場の特性、土木学会論文、No.579、II-41、93-103、1997.11

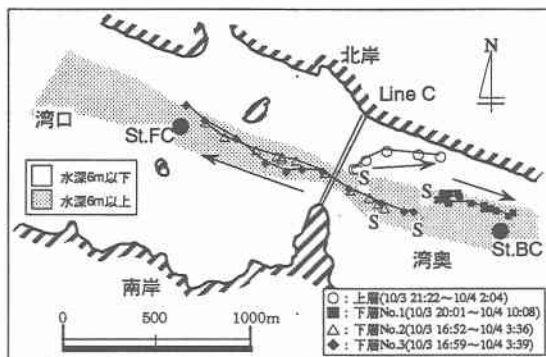


図-4. トランスポンダの移動軌跡

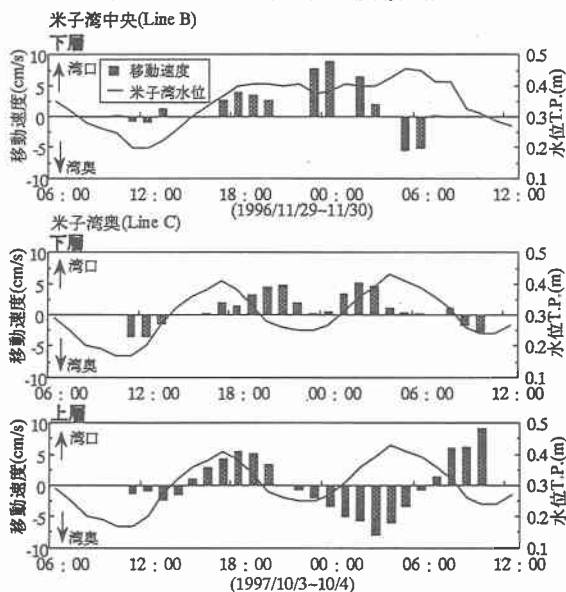


図-5. トランスポンダの移動速度と米子湾水位の経時変化

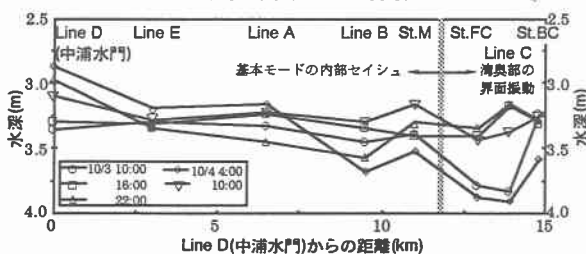


図-6. 密度界面縦断変化