

中海における躍層の変動特性

広島大学工学部 〇日比野忠史
建設省出雲工事事務所 池内 幸司
広島大学工学部 福岡 捷二

1. はじめに

近年、湖沼や湾等の水交換の少ない汽水域でかつ閉鎖性水域では生活雑排水や産業排水等のため水の富栄養化が進み青潮、赤潮等の発生による水質汚濁が深刻な問題となっている。湖沼や湾での流況や水質の観測は行われているものの、汽水域でかつ閉鎖性水域における複雑な富栄養化現象を解明するには至っていない。このような水質問題は閉鎖された水域内部の現象を観測し解析することだけではその解明は困難であり、この現象を支配する流入河川や外海の流況、気象、海象をも考慮に入れて湖沼や湾の水理、水質を一体的に解析することが必要である。これらの複雑な問題を解決するためには、現象を支配する要素を精度良く観測し、総合的に解析することが必要となる。本研究は超音波ドップラー流速プロファイラー、流向・流速計、水温・塩分計を用いて米子湾及び中浦水門での詳細な流況を観測して、汽水域でかつ閉鎖性水域での流動と水質現象を解明するための基礎的な情報を提供するものである。

2. 中海の地形と水域の調査方法

(1) 中海の地形 図1に中海付近の概略地形を示している。中海は海跡湖であり、斐伊川から淡水、美保湾から塩水の流入を受ける汽水湖である。中海は宍道湖と美保湾の中央に位置し、大橋川及び境水道のみによって連結された閉鎖性の水域である。特に、米子湾は中海奥に位置しており、湖水の交換の悪い水域である。

(2) 観測方法 図1には本研究で行った中海(米子湾)での観測項目及び観測地点が示されている。米子湾入口から米子港までの3測線(lineA~C)及び中浦水門において三次元流速計(ADCP)、流向・流速計、水温・塩分計を用いて面的な観測及び5地点(lineA~C中央、米子港、中浦水門)で固定観測を行っている。なお、水位は米子湾内の3地点(イ、ロ、ハ)で連続観測(10'毎)を行った。ロ地点は、イ地点より約3km米子港側に離れており、両地点とも美保湾側の地点である。ハ地点はロ地点の対岸にあり、ロ地点から約1.5kmの地点である。観測期間は小潮期('95.11.22.10:00-23.10:00)と大潮期(11/30.10:00-12/1.10:00)である。

3. 躍層の混合特性

(1) 塩分躍層の変動 図2(a)と(b)はlineB(米子湾中央)の中央で観測された塩分濃度の鉛直分布の等値線(1%間隔)を経時的に示したものである。横軸は観測回次(1回の観測は1.5時間)、縦軸は水深(1目盛は50cm)、等値線図の間隔は1%である。小潮期には明瞭な躍層が観測されているが、大潮期には躍層が緩やかな勾配をもつ形に変化していることがわかる。この傾向は観測期間を通して観測されており、観測期間中の米子湾内での流れよりもスケールの長い変動に影響されていることが予想される。また、躍層下層の塩分濃度は小潮期、大潮期とも変化しておらず、本観測期間(約10日間)ではほぼ一定(30%程度)であることがわかる。

(2) 米子湾の水位変動 図3と4は小潮期及び大潮期の美保湾(美保関)の潮位と中海(図1に示すイ、ロ、ハ地点)での水位の経時変化を示したものである。大潮期の潮位(12/1)は小潮期(11/23)に比較し、平均で10cm程度水位が高く、変動量も20cm程大きいことがわかる。

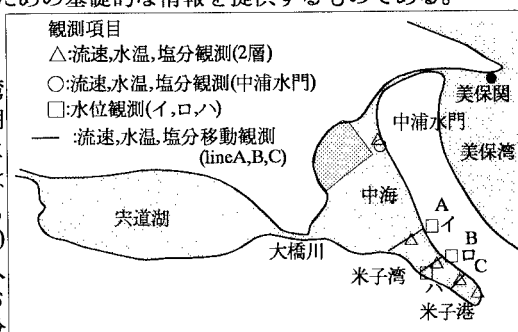


図1 中海付近の概略地形と観測項目

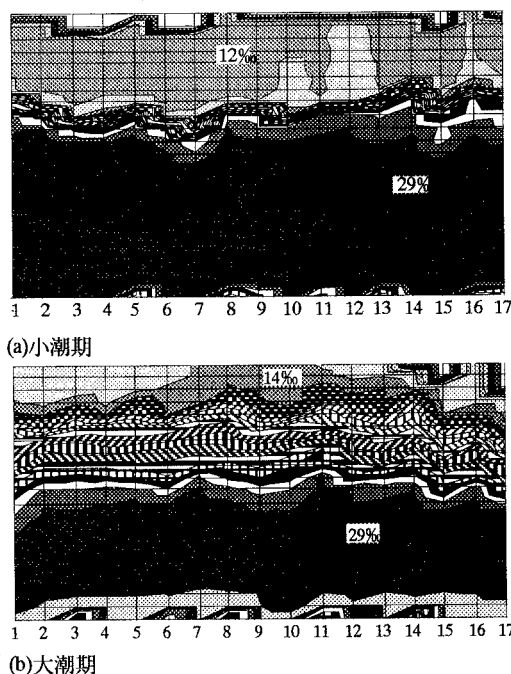


図2 米子湾(lineB中央)での塩分濃度分布(等値線図、1%間隔)の経時変化(横軸は観測回次(1回の観測間隔は1.5時間)、縦軸は水深(1目盛は50cm))

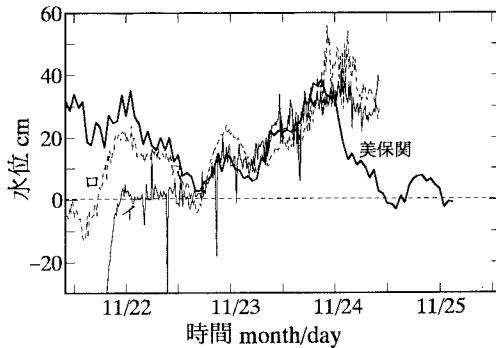


図3 小潮期の美保湾と中海(イ,ロ地点)の水位変化

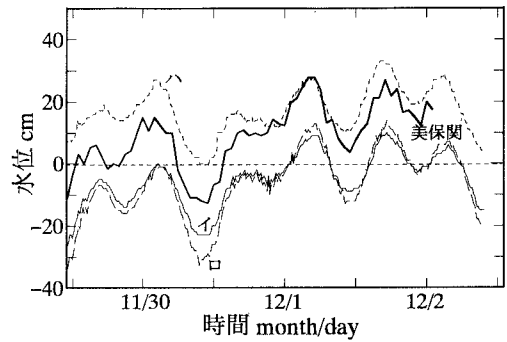


図4 大潮期の美保湾と中海(イ,ロ,ハ地点)の水位変化

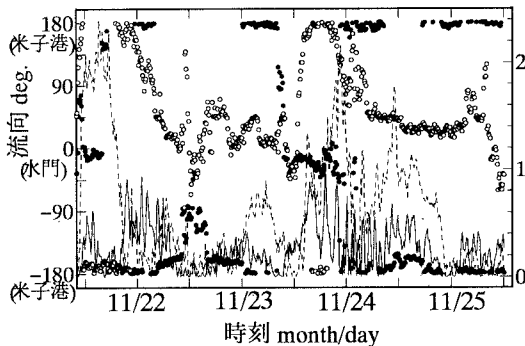


図5 小潮期の流向・流速の経時変化

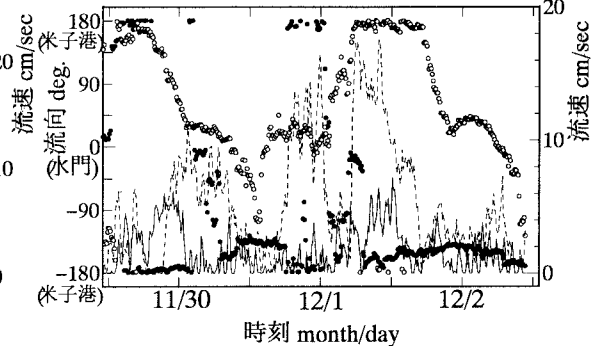


図6 大潮期の流向・流速の経時変化

(図5,6ともlineB中央、○,●は各々上層(水面下1m),下層(湖底上1m)での流向、破線実線は各々の流速)

潮位は大潮期に平均で10cm以上高くなっているにも関わらず、米子湾内では小潮期に約10cm水位が高くなっている。潮位の変化に対しては、米子湾内の水位は敏感に変化している。これらは、米子湾の水位変化は短期的な潮位の変化によっているが、平均的な水位は長期的な潮位変化に対応していることを示しており、米子湾内の水位変化には長期的な変動と短期的な変動が混在していることがわかる。図2に示した躍層厚が小潮期と大潮期で異なっているのは美保湾の長期的な潮位変化に依るものと考えられる。小潮期以前(11/22.00:00)の潮位は大潮期以前(11/30.12:00)の潮位に比較して40cm以上の差があり、このことが中海の水位や躍層の形状に影響を与えているものと考えられる。さらに、イ,ロ地点の水位を比較すると小潮期には美保湾の潮位とほぼ等しく、大潮期になると美保湾の潮位が高くなっていることがわかる。この現象が米子湾内の流動に影響を与え、これが躍層の変動の要因になっていることが予想される。

(3)米子湾(lineB中央部)内での流れの特性 図5と6には小潮期及び大潮期前後の米子湾(lineB中央)において固定観測した流向・流速の経時変化が示されている。図中のシンボル(●,○)は流向、直線は流速の変化を示している。なお、○と破線は上層(水面下1m)、●と実線は下層(湖底上1m)の観測結果を表わしている。水位の変化(図3,図4)と比較すると①米子湾内での上層の流れ(流向、流速)が潮位の変化に良く対応している。②下層の流れは米子港に向かう場合が多い。③潮位の変化によって米子湾内の流れの方向はほぼ決定されるが、流速は潮位の変動のみで決定されない。④上層と下層の流れは逆行している場合が多いことがわかる。

(4)躍層の変動と流動 大潮期の7回目(11/30.19:00)の観測から表層の塩分濃度が上昇し(図2(b))、11回目(12/1.01:00)の観測以降に低下し始めている。7回目の観測の時には美保湾方向への上層の流れ(14cm/sec)、11回目の観測では米子湾奥に向かう上層の流れ(16cm/sec)が生じている。また、小潮期では10回目(11/22.23:30)の観測以降に躍層の上昇が観測され(図2(a))、この時には、美保湾に向かう上層の流れ(7cm/sec)が観測されている。これらの現象から上層の流れによって下層の塩分が連行される現象や躍層位置の上昇が起こっていることがわかる。

4. まとめ 米子湾の流れの特性は以下のようにまとめられる。①美保湾、米子湾、中海南側の水位の関係によって美保湾⇌米子湾、美保湾⇌中海南側の流れが決定される。②米子湾の水位及び躍層の厚さは1日周期の干満差ではなく、長期的な潮位の変動によって変化する。③躍層厚は時間スケールの短い流れによっても影響を受ける。