

内部静振の発生機構に関する考察

広島大学工学部 ○日比野忠史 福岡 捷二
建設省出雲工事事務所 池内 幸司

1. はじめに

閉鎖性汽水域では天文潮、風、隣接する水域との水位差によって密度界面が複雑な挙動を呈する¹⁾。本研究は空間スケールの小さい閉鎖性汽水域(米子湾)で観測された内部波の発生機構を明らかにすることを目的とするものである。米子湾は中海内に存在する幅1~3km、長さ約9kmの閉鎖性の内湾である(図-1)。中海入口から米子湾奥に向って水深7~15mの谷が走っており、米子湾中央で深く(約13m)、湾奥に行くにしたがって浅くなっている。米子湾入口は水深約7m、中海入口は水深約15mである。

2. 内部静振の挙動

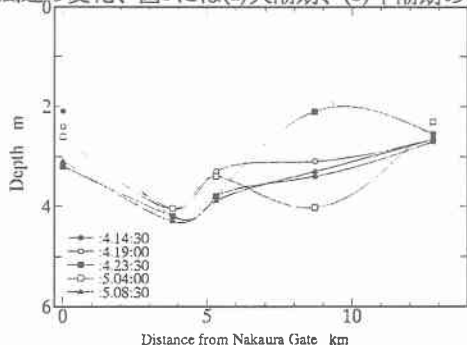
図2には中海入口から米子港までの5断面で実測された密度躍層の位置が示されている。図のx軸には中海入口からの距離を示しており、観測地点は図1に示すとおりである。(a)には大潮期、(b)には中潮期の観測結果が示されている。図2から大潮期、中潮期とも米子湾口(図1の5.3km地点)付近が節となる内部静振が観測されており、大潮期には2モード(周期12時間)、中潮期には基本モード(周期25時間)であることがわかる。なお、両期とも境界面の振幅は約2m、湖面水位の振幅は約0.2mである。流向は躍層の上下層で逆方向を向いており、境界面下層では波高の上昇期に流入、下降期に流出している¹⁾。図3は米子湾中央での密度(σ_t)の鉛直分布の時間変動を示したものである。観測地点の水深は横断方向に約6~10mであるが、ここでは1~5m区間の密度分布を示している。図の縦軸は水深、観測され横軸は観測時間(1.5時間毎に17回観測)を表わしている。(a)は2モード、(b)は基本モードの内部静振が発生した時の密度の変化が示されている。大潮期(図2(a))には水深方向の密度変化に時間的な位相が生じているが、中潮期(図2(b-2))では鉛直混合は起こらず、界面の密度勾配を変化させずに境界面の振動のみが起こっている。

3. 内部静振の発生機構

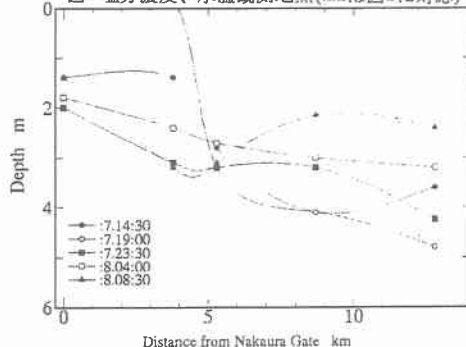
図4には両期の米子湾中央における水位、流速、風向・風速の変化、図5には(a)大潮期、(b)中潮期の界面



図1 塩分濃度、水温観測地点(kmは図2に対応)

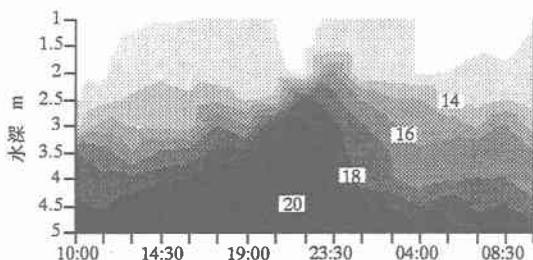


(a) 1994.11.4(10:00)-5(10:00)(大潮期)

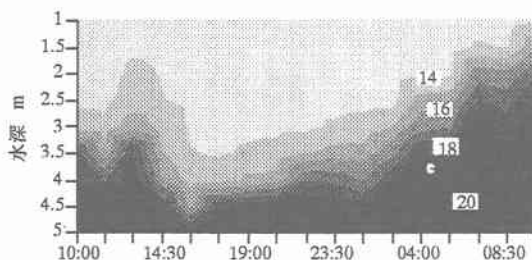


(b) 1994.11.7(10:00)-8(10:00)(中潮期)

図2 中海入口~米子湾口に至る密度界面の挙動

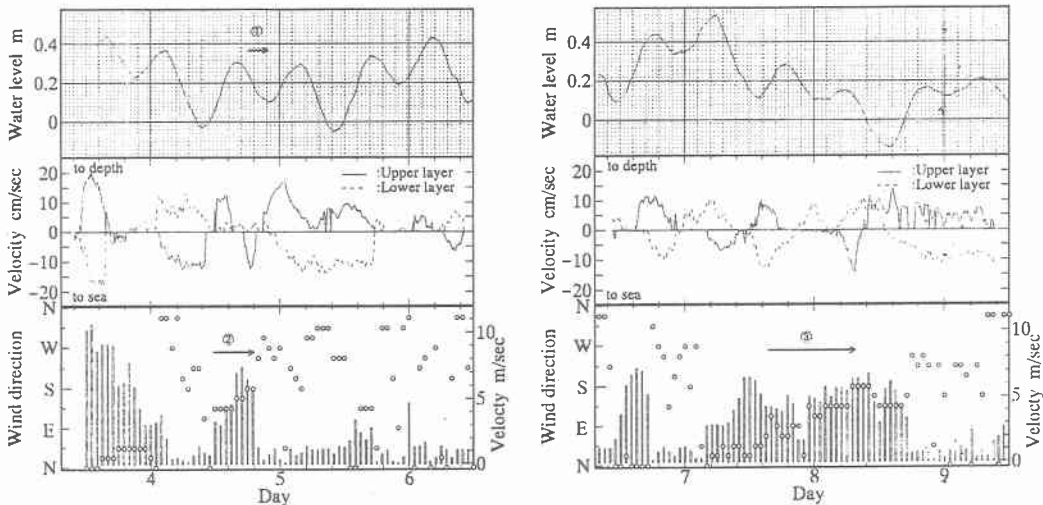


(a) 1994.11.4(10:00)-5(10:00)(大潮期)



(b) 1994.11.7(10:00)-8(10:00)(中潮期)

図3 米子湾に内部波が発生したときの米子湾中央における密度(σ_t ;kg/m³)分布の変化



(a) 1994.11.4(10:00)-5(10:00)(大潮期)

(b) 1994.11.7(10:00)-8(10:00)(中潮期)

図4 米子湾中央における水位、流速、風向・風速の変化

上昇時に図1の破線で示す測線でADCPによって観測された米子湾内流動状況が模式的に示されている。流速図での正值は湾奥方向、負値は湾外方向への流れを示している。風速図では風向を○、風速を白棒で表わしている。

(1) 基本モードの内部静振

躍層界面の上昇が始める7.17:00(中潮期)には南

東成分の風が吹き始めている(図4(b)③)。通常、内部静振の周期は地形と水深(躍層位置)によって決定され、この場合には25時間の周期が計算される。観測された基本モードの内部静振の周期も25時間であり、この内部静振は南風による吹送流によって生起していることがわかる。

(2) 2モードの内部静振

(a) 2モードの内部静振が現れた時は(b)基本モードの内部静振が現れた時に比較して流れが複雑である。図5(a)に示すように界面上昇期には米子湾中央と米子港口では流れが逆方向になっており、湾中央付近で流れの鉛直成分が生じていると予想できる。図3(a)で密度に時間的な位相差がでるのはこの鉛直成分の流れによって上層に濃い塩分が徐々に移流したものと考えられる。下層から上層への塩分の移流(大潮期19:00-21:00)は水面の下降(図4(a)①)とともに起こっており、この直前には8時間程度の湾奥から湾口へ向かう風(3→5m/sec)が吹いていた(図4(a)②)。風の無い状態で潮位が低下すると、米子湾上層では湾外に向かう流れ、下層では湾奥に向かう流れが生じる。しかし、この場合には直前まで8時間に亘って吹いていた風によって湾奥方向に界面が傾いて(押し上げられて)いる。湾奥下層では界面を下げるように湾口に向かう流れが生じている。これらの流れが米子湾中央付近で湧昇流を生起させ、2モードの内部静振が生じたと考えられる。

4.まとめ 米子湾における内部波の発生機構について以下のようにまとめられる。①M2潮や風等の数時間で変動する外力によって内部静振は発生する。②基本モードの内部静振はM2潮の周期ではなく、風による吹送流によって生起しており、その発生には基本周期の1/2程度の風の継続が必要である。③2モードの内部静振の発生には潮流と吹送流による界面勾配(潮流と逆勾配)が必要である。

参考文献 1) 日比野忠史, 池内幸司, 福岡捷二; 閉鎖性汽水域における流れ場の観測, 水工学論文集[40], pp.243-248, 1996., 2) 宇野木早苗著; 沿岸の海洋物理学, 東海大学出版会, 1993.

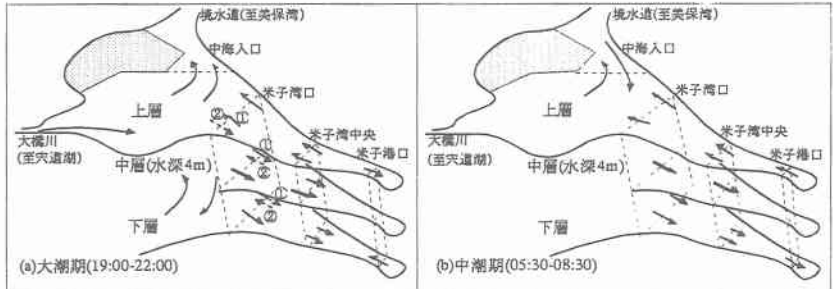


図5 界面上昇時の米子湾内流動(①は19:00-20:30, ②は22:00, 無印は全期間の流れ、破線は観測断面を表わしている。両期とも中層で流速が最大(太矢印; 20cm/sec)になっており、上層、下層では5~10cm/secの流速になっている。)