

II-339 海底傾斜を持つ長方形湾における潮汐残差流の実験

名古屋大学工学部 正員 高木 不折
 名古屋大学工学部 正員 ○ 和田 清

1. はじめに： 潮汐残差流の生成・維持機構を解明することは、湾内での汚濁物質の滞留および外海への輸送の物理過程を把握する上できわめて重要である。しかしながら、そのメカニズムは複雑で、模型実験で定量的に再現することは未だ困難なのが現状である。本研究では、一定勾配一様断面の単純化した海底地形を取り上げ、水理実験により湾内の潮汐残差流の形成過程を把握するとともに、従来の境界層理論に基づく解析解の妥当性について若干の検討を行なったので、その結果の一部を報告する。

2. 理論的基礎： Yasuda¹⁾は潮汐振動流が形成する海底境界層 (Stokes層) が、海底傾斜の作用によって水平循環流を引き起すことを理論的に解析している。すなわち、図-1に示す長方形湾に単一の潮汐波が進入すると、 $l/L = 0.2$ 、 $h_1^* = 5$ 、 $h_2^* = 20$ の場合には無次元化された残差流の湾口断面内分布および鉛直平均した流線関数は図-2、3のようになることを示した。ただし、 l ：湾長、 L ：摩擦がないと仮定した時の基本潮汐に共振する湾長、 $h_1 (= h_1^* \cdot d)$ ：浅水深、 $h_2 (= h_2^* \cdot d)$ ：深水深、 d ：境界層厚である。同図から、明らかに水平循環流を形成していることがうかがわれる。

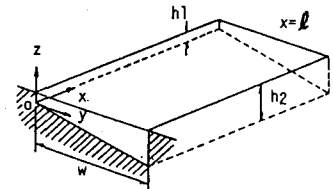


図-1 モデル湾

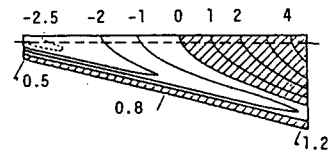


図-2 残差流の湾口断面内分布

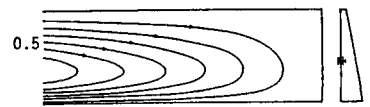


図-3 残差流の鉛直平均流線関数

3. 水理実験： 実験は両面アクリル製の水槽 (0.60 X 0.87 X 6.5 m) で、水平床の場合と幅方向に1/5.8および1/8.7の一樣勾配の底面条件に対して、三角形および台形断面となる平均水深 (5, 7.5, 12.5 cm) の3種類の場合を対象とした。ただし、底面粗度は一樣である。潮汐周期は2種類 (64, 112 s)、振幅は0.25 cmの規則波である。潮流および残差流の流速測定は、水面上約3 mの位置に固定した計測用ビデオで表面フロートを撮影して求め、さらに、染料の投下による水平・鉛直分布の測定も行なった。また、水位の時間変動はサーボ式水位計により計測した。

4. 実験結果および考察： (1) 潮流楕円の水平分布 周期的定常状態におけるフロートの追跡結果から求めた潮流楕円を図-4に示す。ただし、勾配1/5.8の場合である。全体では、湾奥に進むにつれてその振幅は減少し、平均水深が小さくなる (a, b 図) と、潮汐プリズムが同じ場合には、タイダルエクスカッションは大きくなる。また平均水深の大きい場合 (c, d 図) には、表面付近の流速は往復流的性格が強くなるものの、周期の変化による差異はあまり認められないが、平均水深が小さくなると、特に周期が短い場合には、湾口浅水域における顕著な水平シアが生じている。本実験では、底面粗度を滑面に近い状態で行なっており、特に、汀線が存在するような三角形断面では、湾口断面での流量バランスの結果浅水域で流速が大きくなっている。また、湾奥浅水域に向って潮流楕円の長軸が傾くことが認められた。さらに、染料による潮流の鉛直分布の可視化によれば、表面付近よりは内部領域でY方向成分が卓越することがうかがえた。これは、潮汐波の位相は、 \sqrt{gh} (g ：重力加速度、 h ：水深) の速さで進むので、深水域から浅水域へ向う流れが生じることが予想される。

(2) 潮汐残差流の形態 フロートによる満潮から一周期後の満潮までの Lagrange 的な残差流を図-5に示す。同図から、周期が長く傾斜が緩やかな場合(e図)には、残差環流の主軸が偏向するもの、理論解と同様に浅水域で湾内に入り込み、深水域で流出する形となっている。これは、図-2からもわかるように、破線より上の表面付近の流速をとらえているのであろう。ただし、理論モデルでは、湾口の近傍を除いて境界層厚は動粘性係数と振動数によって決まり、動粘性係数を一定とする限り湾内には一定の境界層厚を持つとしている。したがって、パラメーター $l/L < 1$ の時には、振動流成分はX方向に相似性を保つと考えられる。一方、平均水深が小さい三角形断面では、勾配が急になる(a, b図)と、上述の環流傾向は湾口付近に限られ、陸岸境界層内を陸岸沿いに湾奥から湾口へ向かう流れを除いて、湾中央より湾奥にかけて表面付近はすべて奥に向っている。さらに、平均水深が増加する(c, d図)とタイダルエクスカージョンの減少と往復流的性格の増大とともに、残差流の絶対値は小さくなり、湾奥へ向う傾向は見られるもの、特に、周期が短くなると微弱ながら深水域から浅水域へ向う残差流が生じている。

このように、残差流の形態は、特に平均水深によって変化し、水深の違いによる水平シアの影響は、境界層の効果に加味されるものと思われる。安田の解析解の場合、潮汐振動流の鉛直分布は、底面境界層付近を除いて一定値をとるのに対して、実験では、表面付近と内部領域では位相差がかなり顕著であり、その結果、深水域では、表面および底面付近で流入し、中間領域で流出する残差流の3層構造が確認された。したがって、残差流に直接関与する振動流成分の鉛直シアの構造を明らかにする必要がある。

5. おわりに： 以上、海底傾斜を持つ長方形湾を対象に諸条件と残差流の関係について述べたが、従来の解析解との比較より、 $l/L < 1$ の場合でも潮汐振動流はX方向に相似性を保っているとはいいがたく、特に湾奥付近では、周期が短いほどY方向成分が卓越することが確認された。今後詳細な流速測定とともに、Y方向流速成分の存在と潮流のシア分布を考慮した解析を進めたいと考えている。

(参考文献) 1.) Yasuda, H. : J. Oceanogr. Soc. Japan, vol. 40, pp 124~134, 1984.

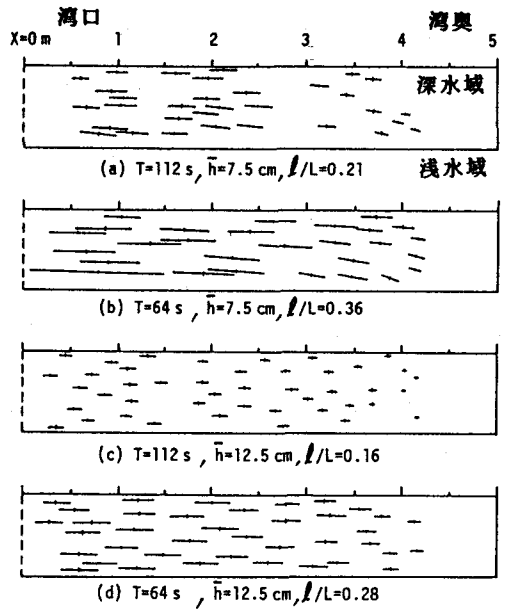


図-4 潮流槽円 1 cm/s

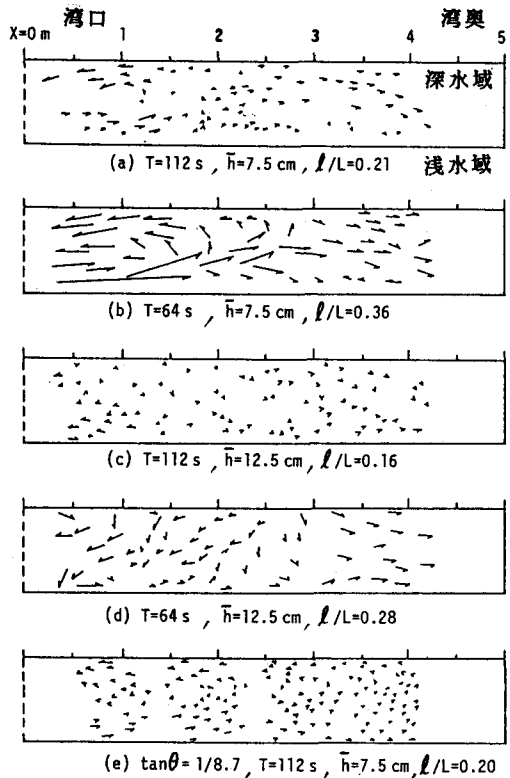


図-5 潮汐残差流 0.2 cm/s