

潮汐残差流のパターンと海水交換の関係性についての一考察

九州大学工学部 正会員○矢野 真一郎・小松 利光

1. まえがき 水深の浅い閉鎖性内湾における外海との海水交換は、一般的に潮汐残差流に強く支配されると言われている。事実、村上ら(1993)は潮汐残差流の循環値が大きいほど海水交換が活発になることを平面水槽を用いた水理実験により明らかにしている。一方、Imasato(1983, 1987)は潮流の非線形性が強い場合には潮汐残差流は物理的に意味がなくなることを指摘しており、それまでの潮汐残差流の理論(発生メカニズムに関する研究など、例えば、Yanagi(1976)など)や潮汐残差流による物質輸送・海水交換などのメカニズムの説明を否定している。これらの矛盾する説はそれぞれに説得力のある部分があり、一概にどちらかを否定するのは難しい。そこで、潮流の非線形性を变化させた場合の潮汐残差流の強さと海水交換の関係、並びに潮汐残差流のパターンと海水粒子のLagrange 的な移動パターンとの関連性について数値実験による検討を試みた。

2. 潮流シミュレーションと粒子追跡計算による海水交換率の評価 図-1に示したモデル湾においてADI法による平面2次元潮流シミュレーションを行った。計算条件は、格子間隔： $\Delta x = \Delta y = 500$ (m), 時間間隔： $\Delta t = 15$ (sec.), 渦動粘性係数： $\nu_t = 100.0$ (m²/sec.), コリオリ係数： $f = 0$ とした。境界条件は、開境界 B-C で振幅： $a = 1.0$ (m), 周期： $T = 12\text{hr. } 25\text{min.}$ の正弦波を与え、開境界 A-B, C-D で $U = 0, dV/dx = 0$ を、壁面境界上では no-slip 条件を与えている。今回は、湾口部に設置された防波堤の長さ L を変化させて湾口の開口度を変えることにより潮流の非線形性を調整した。各CASE における L の値を表-1に示す。

また、潮汐残差流が海水交換へ及ぼす影響について調べるために、各CASE について得られた1周期分の流速データを元に粒子追跡計算を行った。なお、今回の計算では乱流拡散・移流分散による効果は取り入れなかった。海水交換率を評価する境界線は図-1に示す湾口部のライン a-b とする。標識粒子をラインより湾内全域に1メッシュ当たり25個、計10,000個を等間隔に配置し、下げ潮最強時から始まる1潮汐間にわたって各粒子の軌跡を計算し、海水交換率を算出した。海水交換率 EX は今里(1993)により定義された評価法を採用した。また、湾内水の長期的な移動パターンについて比較するために、粒子追跡計算を60周期(約1ヶ月)にわたって行った。紙幅の都合上、粒子追跡計算の詳細については小松ら(1997)に譲る。

3. 計算結果 CASE-1, 3, 5の潮汐残差流の計算結果(流線図)を図-2に、表-1 各CASEの L, EX の値
粒子追跡計算における15周期後と60周期後の粒子の分布を図-3に示す。また、各CASE における海水交換率 EX を表-1に示す。これらより、湾口が狭まるにつれ潮汐残差流が強くなり、海水交換率も大きくなることが分かる。これは、今回検討した潮流の非線形性の範囲内では、潮汐残差流の強さと海水交換の間には定性的には関連性があるということを示唆している。また、図-3より非線形性が弱いCASE-1から非線形性が強いCASE-5までを比較しても、湾口から外海へ流出した粒子の移動パターンは潮汐残差流に乗って移動しており、長い時間スケールに対する海水の移動は潮汐残差流のパターンに支配されているようである。

4. 終わりに 今回の検討では潮流の非線形性を定量的には評価していないために、Imasatoの議論における潮汐残差流が物理的に意味のなくなる領域まで対象にしていたかどうかは不明である。今後は、Euler 数による非線形性の定量的評価 [Imasato(1987)] も含めた、より詳細な検討を行いたい。

【参考文献】 1). 村上他(1993): 水工学論文集, 37, pp. 411-418., 2). Imasato(1983): J. Phys. Oceanogr., 13, pp. 1307-1317., 3). Imasato(1987): J. Oceanogr. Soc. Japan, 43, pp. 319-331., 4). Yanagi(1976): J. Oceanogr. Soc. Japan, 32, pp. 199-208., 5). 小松・矢野・鞠・小橋(1997): 水工学論文集, 41, (印刷中) ., 6). 今里(1993): 沿岸海洋研究ノート 30周年記念特別号, pp. 111-123.

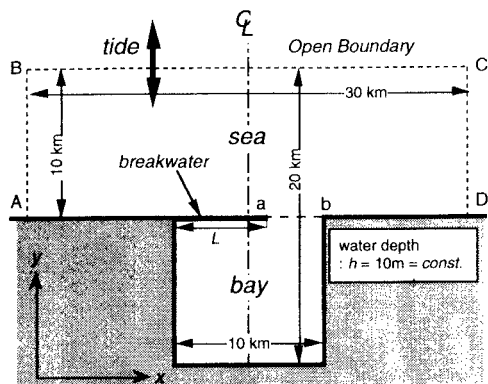


図-1 モデル湾の概略図

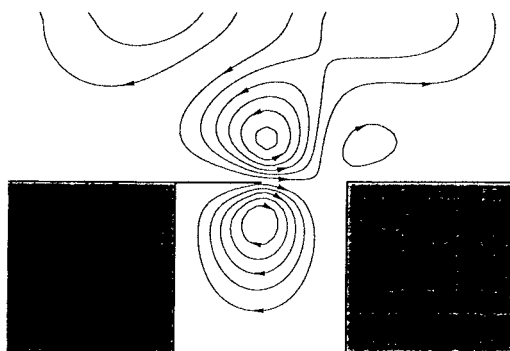


図-2 (a) 潮汐残差流の計算結果 (CASE-1、流線図)

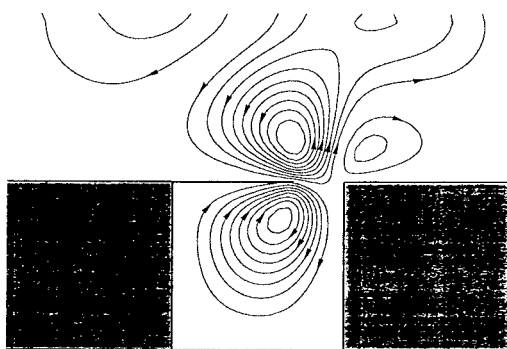


図-2 (b) 潮汐残差流の計算結果 (CASE-3、流線図)

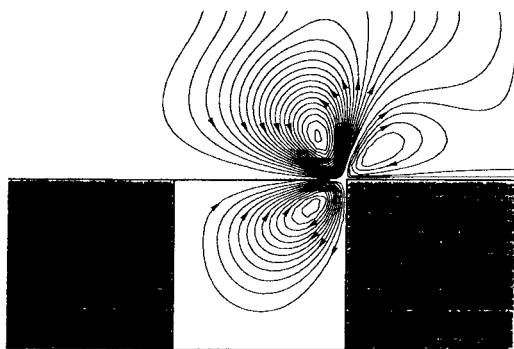


図-2 (c) 潮汐残差流の計算結果 (CASE-5、流線図)

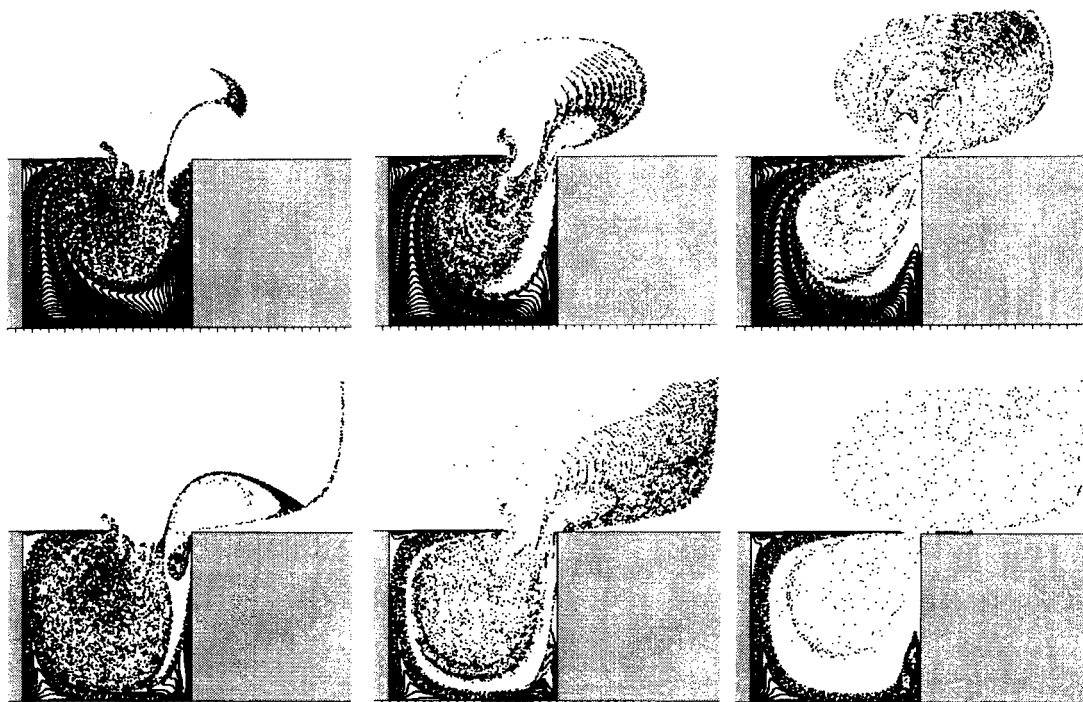


図-3 1.5周期後(上段)と6.0周期後(下段)の粒子追跡計算の計算結果(左:CASE-1、中央:CASE-3、右:CASE-5)