

大阪大学大学院 学生員○白井正興
 仁 済 大 学 校 正 員 尹 鍾 星
 大阪大学工学部 正 員 中辻啓二
 大阪大学工学部 正 員 村岡浩爾

1. はじめに 東京湾は平均水深約15mと湾奥部が浅い閉鎖性水域である。よって、湾奥部は潮流の影響よりも、河川流入による密度流、風外力による吹送流の影響が主要なものであることが知られている。東京湾では、夏季の気象条件、河川水流入により成層化した水域で、沿岸ジェット、内部ケルビン波の伝播、北よりの強い風などを要因として、湾奥部で湧昇現象（青潮）が発生する。本研究では、3次元バロクリニック流れのモデルにより、東京湾の夏季の成層場を再現し、卓越するといわれている南西風、時折強く吹く北東風の2ケースの数値実験を行い、循環流とともに湾奥部の水塊の風外力による応答特性を調べる。

2. 数値実験の概要 数値モデルは中辻ら¹⁾による大阪湾で用いられたものであり、基礎方程式は水平・鉛直方向運動方程式、連続式、水温・塩分の拡散方程式を用いた。計算領域（図-1）は、三浦半島の城ヶ島以北の全域で格子間隔0.8kmで南北に81、東西に58メッシュ、鉛直方向には不等間隔で10層（水表面から2, 2, 2, 4, 4, 6, 6, 8, 12m）に分割した。また、計算ステップはC.F.L条件を考慮して30秒とした。初期条件として、海域では、水温20℃、塩分33‰、 $\sigma_t = 23.27$ とし、河口では水温25℃、塩分14‰、 $\sigma_t = 7.58$ とした。水表面での熱収支も考慮に入れた。開境界において、振幅0.38m、遅角146°（M2分潮）の水位変動を強制的に与えた。河川境界においては、江戸川、旧江戸川、荒川、隅田川、多摩川、鶴見川の主要6河川の平成5年の7, 8, 9月の平均流量512m³/sを与えた。渦動粘性・拡散係数は水平方向には一定値40m²/s、鉛直方向には密度成層による乱れの抑制を考慮するために、中立状態を0.0005m²/sとしたリチャードソン数を用いた成層化関数を導入している。対象とする風外力は、南西風、北東風それぞれ6m/sの風速を、水表面におけるシアーとして与えた。

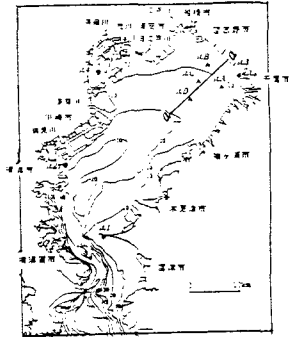


図-1 計算領域

3. 残差流・成層場の再現性

50潮汐目の残差流、断面密度分布を図-2(a), (b), (c)、図-3に示す。バロクリニックな残差流は湾奥で時計廻りの循環を示しており、東京湾においても、大阪湾あるいは伊勢湾でみられる高気圧性渦が基本的に励起していることが分かる。図-2(a), (c)を見ると、上層と下層でそれぞれ強い流出・流入傾向が見られる。上層の境界下縁にあたる水

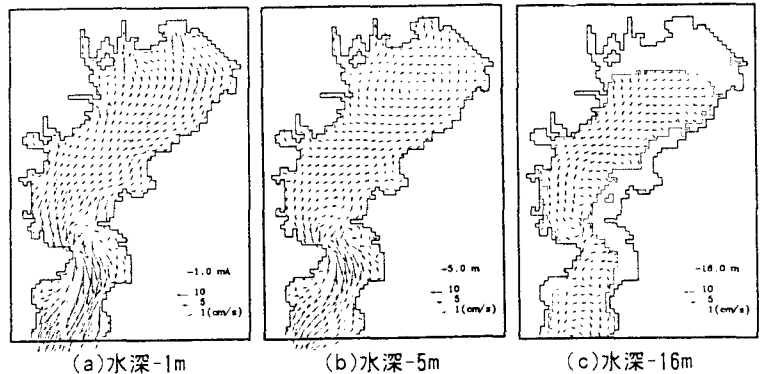


図-2 水平残差流分布

Masaaki SHIRAI, Jong Seong YOON, Keiji NAKATSUJI, Kohji MURAOKA

深 -5m (図-2(b)) では時計廻りの循環流が見られる。図-1の a-a断面の密度構造を示したのが図-3である。太線が $\sigma_t=20$ で、湾奥部での上下層の σ_t の差は約 1.5~3.0である。同図より成層化が発達していることが分かる。以上の結果を初期状態として北西風、南西風による風外力を水表面において与える。

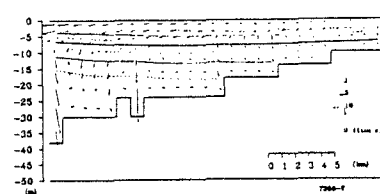
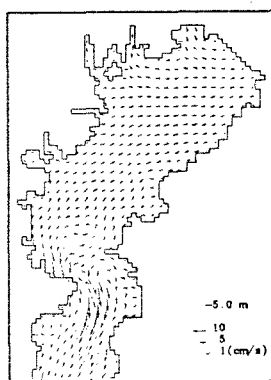


図-3 鉛直断面分布

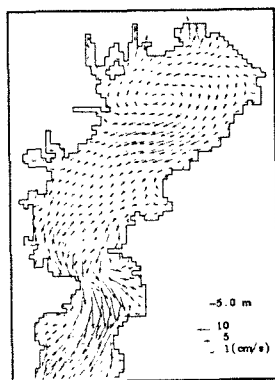
4. 南西風の場合 (図-4(a)) 夏季における気象の特徴は南西風が卓越していることである。夏場の流動はこの影響を大きく受けて複雑な流動状況になる。つまり、夏場の成層化によって生じている時計廻りの循環流は南よりの風のために消失する。その機構は、密度流に起因して上層に生じる高気圧性の渦は水平的な発散を促しているが、風向 (湾奥方向) が低密度水の流出方向 (湾口方向) と逆になるため、密度が小さい水塊の広がりが制限される。そのために低密度水が上層に停滞し渦の運動を抑制していると推察できる。

5. 北東風の場合 (図-4(b))

北東風のために時計廻りの循環流が強化され、層別に見ても渦は表層以外にも広がっている。図には示していないが、その時の水表面の等密度線は、風の向きとほぼ並行になっており、東岸側の密度が大きくなっている。



(a)南西風の場合 (-5m)



(b)北東風の場合 (-5m)

図-4 送風後 (5日後) の残差流

6. 内部運動について 夏季の成層状態では上層と下層との流動が異なることは図-2に示した。東京湾における内部モードについては松山ら²⁾はレイヤーモデルによる数値実験で、北東風を連吹させた場合の湧昇域の移動速度として内部ケルビン波の速度 $C=0.35\text{m}\cdot\text{s}$ を得ている。我々が用いたレベルモデルでは、南西風を停止させた後の等密度線の挙動を調べることで内部モードの存在を調べた。この数値実験の結果 (図-5) より得られた等密度線の移動速度は0~56時間までの平均速度は 反時計廻りに約 $0.31\text{m}\cdot\text{s}$ であった。しかし、湾奥部を 180° 移動した後は内部モードの移動速度は急激に遅くなる。

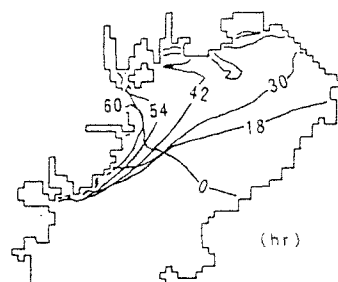


図-5 $\sigma_t=18$ の等値線の経時変化 (-5m)

7. まとめ 東京湾において、密度流によって生起した時計廻りの循環流は、北東風により強められ、南西風によりその存在が消失する。さらに、北東風により湾奥部で湧昇と見られる上下混合が生じる。また、南東風停止後には内部ケルビン波と見られる内部運動が生じることが分かった。

参考文献 1) 中辻 他(1992):海岸工学論文集、第39巻、pp.906-910. 2) 松山 他(1990):沿岸海洋研究ノート、第28巻、pp.63-74.