

II-351

東京湾の湾奥で観測される時計廻りの循環流について

大阪大学大学院 学生員 白井正興
 大阪大学大学院 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 東京湾はおおよそ奥行 50km、幅 20kmの大きさで、6kmの湾口(富津岬-観音崎間の浦賀水道)を通して外湾に接する、典型的な閉鎖性水域である。近年、水質汚濁問題が非常に重要な問題となっている。それが象徴的に見られるのが、夏期に発生する青潮である。青潮は、底層の貧酸素水塊が風応力によって湧昇する現象である。夏期の成層した流動場に及ぼす風外力の影響を把握することは、青潮の発生機構を解明する上で重要である。そこで、本研究では東京湾の水質の予測・評価を行うための初段階として、東京湾の三次元密度流の数値実験を行い、本数値モデルの東京湾の流動場への再現性を検証した後に、東京湾の残差流や密度流、吹送流について考察を行った。

2. 数値実験の内容 計算領域は図-1のように三浦半島の南端である城ヶ島以北の東京湾全域とし、水平方向には800m×800mの正方格子に分割した。鉛直方向には不等間隔に8層(水表面から2, 2, 4, 4, 4, 6, 8, 15m)に分割した。数値モデルは、大阪湾で用いたもの³⁾である。三方向運動方程式、連続式、水温・塩分の拡散方程式、密度の状態方程式を用いた。境界条件として湾開口部において、城ヶ島の観測値のM₂分潮である振幅0.38m、遅角146°の正弦波を水位変動として与えた。河川水の流入は流域面積を考慮して、主要河川である江戸川、荒川、多摩川、鶴見川の夏期の1982~1991年の十年間の平均流量346.9m³/sを与えた。渦動粘性・拡散係数は水平方向には40m²/s、鉛直方向には 5×10^{-3} m²/sとした。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、リチャードソン数を用いた成層化関数を導入している。風外力は青潮の発生を想定して風速5m/sの北東風と南西風を対象とし、それぞれ流動場に及ぼす風向の影響を調べた。

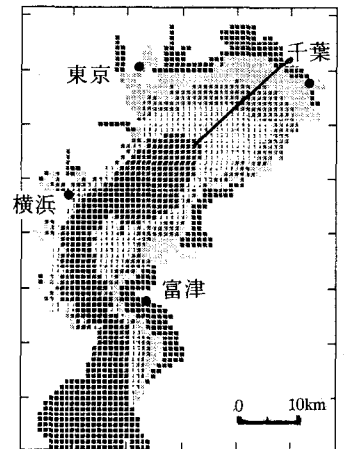


図-1 計算領域

3. 数値モデルの検証 本モデルの東京湾の流動場への再現性を検証する目的で潮位の振幅および遅角の実測値との比較を行った。対象地点は富津、横浜、千葉、東京の四地点を選んだ。実測結果によると、湾口部と湾奥部との位相差は約9°であり、湾内はほぼ同位相で満潮・干潮になっていることが特徴的に見られる。図には示さないが計算結果は振幅、遅角とも実測結果と良好に一致しており、湾奥部の振幅が湾口部の約1.3倍になるという特性も再現できた。

4. 東京湾の残差流特性 図-2は潮位変動と河川水流入を与えた場合の残差流の水平分布を示す。浦賀水道の海峡部において観音崎側で湾内水が流出しており、富津岬付近では地形の影響によって湾内に流入する傾向にある。これらは既往の観測結果^{1) 2)}とも合致している。その結果、富津岬の南側付近での循環流がみられる。また、湾奥部の上層において時計廻りの循環流が形成されているのが明瞭にわかる。これは潮位変動のみを与えた場合の計算では現れていなかったことから判断して、この循環流は河川水の流入による密度流の影響によるものと推測される。このような湾奥部にみられる時計廻りの循環流は大阪湾での実測やバロクリニック流れの数値計算³⁾、伊勢湾での実測においても明瞭に認められている。その成因は成層した上層に

地球の回転が作用し、時計廻りの循環を形成するといわれている。このような循環流は閉鎖性内湾に特有な現象であると理解できる。

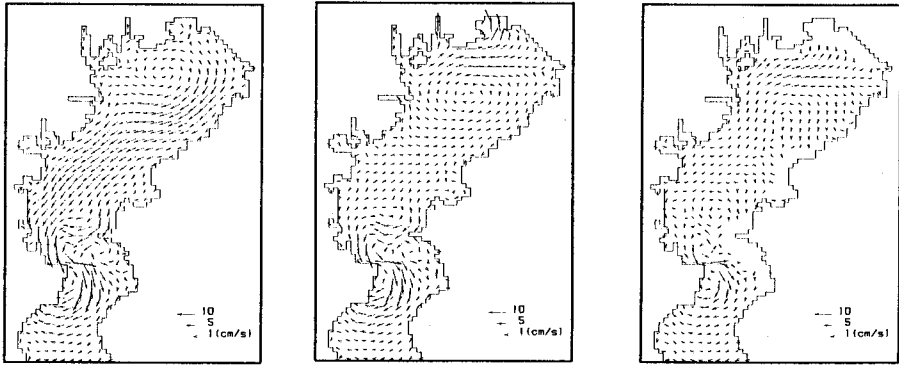


図-2 東京湾の残差流の計算結果(左図より水深 -3m, -6m, -19m)

5. 風外力に対する流動特性 図-3は、成層状態下において、南西風、または北東風を2日間吹かせた場合の1潮汐積分した残差流分布を示す。南西風の場合には、時計廻りの循環流は現れなく、複雑な流動(図-3(a))を示した。一方、北東風を吹かせた場合には時計廻りの循環流は強化される傾向にある(図-3(b))。また、湾口部においては、どちらの風を吹かせても流動には変化はないことから、湾口部では、風の影響をほとんど受けないことが分かる。図-4(a), (b)は図-1の実線に沿った断面の密度の鉛直方向分布で、それぞれ南西風と北東風を与えた36時間後の密度場を示す。図-4(a)では密度場は南西風によって成層状態が強化されていることが分かる。図-4(b)では、湾奥部で等密度線は海面にまで伸びてきていることから、底層の高密度の水塊が湧昇していることがうかがえる。

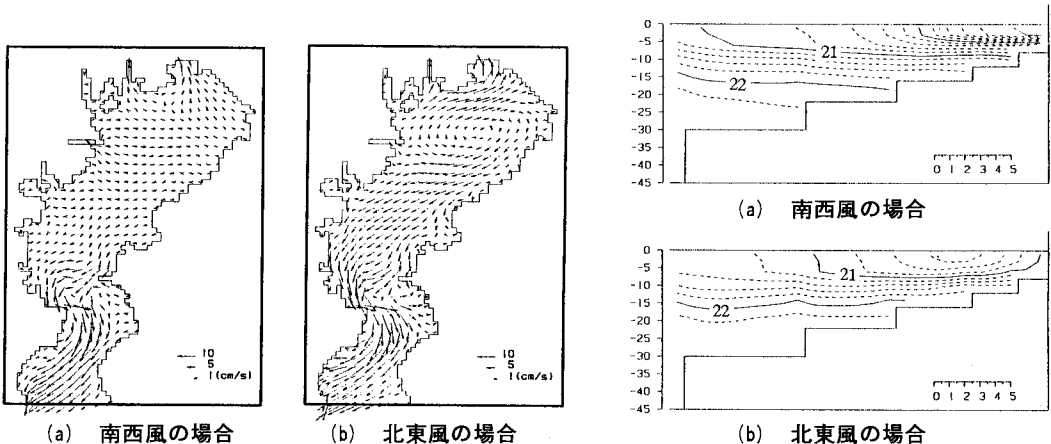


図-3 風外力を与えた場合の残差流の計算結果(水深 -6m) 図-4 図-3に対応する密度の鉛直分布

6. まとめ 三次元パロクリニック流れの数値モデルを用いて東京湾の流動特性について考察した。東京湾の湾奥に現れる時計廻りの恒流は閉鎖性海域の湾奥部でみられる循環流の一つであること、また、北東風は底層の貧酸素水塊の湧昇(青潮)を誘発させ、時計廻りの循環流を強化させることが分かった。

参考文献 1) 宇野木早苗(1993):沿岸の海洋物理学、東海大学出版会 2) 村上和男(1981):港湾技研資料、No. 404、pp. 22-29. 3) 中辻 他(1992):海岸工学論文集、第39巻、pp. 906-910.