

数値計算による伊勢湾水平循環流に関する一考察

中部電力(株)電力技術研究所 ○ 杉山陽一

1 はじめに

湾内環境を考える上で物質の移動を支配する流れのプロポーシオンを明らかにすることは重要である。しかしながら、長期的な物質移動を論じるときに重要となる残差流については十分な知見が蓄積されていない。著者は伊勢湾の残差流を捉えることを主な目的として、音響ドップラー流速計を用いた現地観測により詳細な流動構造の調査を行ってきた。この結果、伊勢湾では一年を通じて上層流出、下層流入というエスチュアリー循環が発達しており、またこれによって上層は発散傾向になるため水平的にみると大きな時計回りの循環が形成されることなどが分かってきた。本研究ではこれまで現地観測で蓄えてきた知見の検証を行うため、数値計算を実施し伊勢湾の水平循環流の再現性を確認するとともに、物理的なメカニズムについて考察した。

2 現地観測結果の整理

観測は1994年秋季と1995年夏季に実施している。これまでに得られた主要な知見をまとめて以下に示す。

- 1) 本海域には四季を通じて時計回りの環流が存在する。
- 2) 時計回りの環流は淡水の影響を受けた上層中にみられる。このとき上層水は水平発散しており、この環流は発散に伴い時計回りの渦度の発生する高気圧性の循環であると考えられる。
- 3) 秋季(1994)には湾奥から湾奥にかけての上層の広い範囲で高気圧性の循環が形成されていた。
- 4) 渇水が続いた夏季(1995)の湾奥では密度成層に関係なく反時計回りの循環が全層にわたり形成されていた。
- 5) 淡水影響のある上層水と外洋系の高塩分水が接するフロント部では地衡流と判断される強い流れが生じていた。



図-1 秋季の観測結果

伊勢湾の残差流のプロポーシオンの特徴として湾奥から湾奥の上層での高気圧性循環と湾奥での地衡流が挙げられる。また、地衡流の発生する位置(密度フロントの形成される位置)によって湾内の残差流が大きく変化することが推測された。

3 潮流シミュレーション

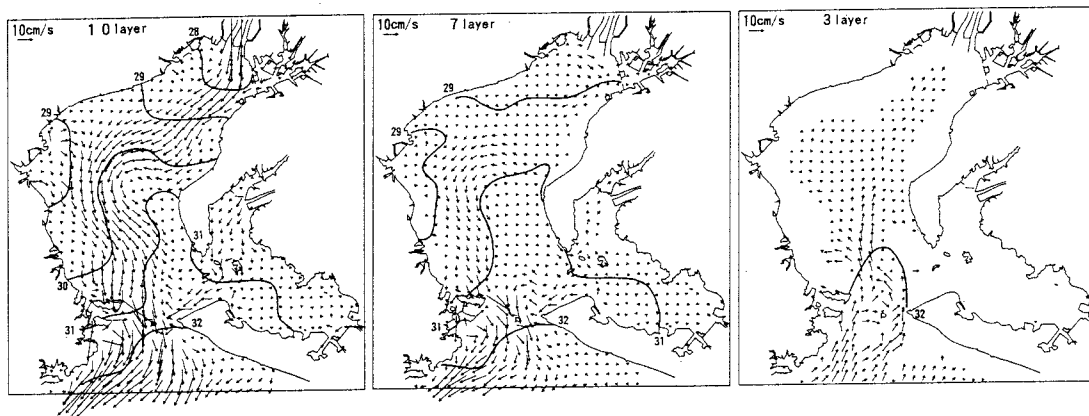
計算に用いた基礎方程式は連続式、地球自転効果を考慮した運動方程式(静水圧近似)、水温と塩分の輸送方程式である。なお状態方程式として Knudsen の式を用いた。また、鉛直方向の渦動粘性、拡散係数は、それぞれ密度の鉛直安定度と流速の鉛直シアを考慮した Webb の式および Munk-Anderson の式を使用した。水平方向の渦動粘性、拡散係数は A_h , K_h は $1.0 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ とした。

計算領域は、愛知県赤羽根町と三重県の矢を結ぶ線より北の三河湾を含む伊勢湾全域とし、水平方向に $1\text{km} \times 1\text{km}$ の正方格子に分割した。鉛直方向の格子は、10層(2, 2, 2, 2, 2, 5, 5, 5, 10, 15m)に分割した。

観測から伊勢湾の残差流のプロポーシオンが淡水成層に強く支配されると推察されたため、河川流量(建設省)は流量年表を参考に秋季に観測された比較的大きな流量与えることにした。潮汐流は M2 潮のみ与えることとし、調和定数表(海上保安庁)を参考に湾口の開境界で位相 171.00° , 振幅 44.0cm の潮位振動を与えた。また、湾口では水温 15°C 、塩分 33(-)の一定値を与えた。なお、計算は 60 潮汐連続で行った。

4 計算結果と考察

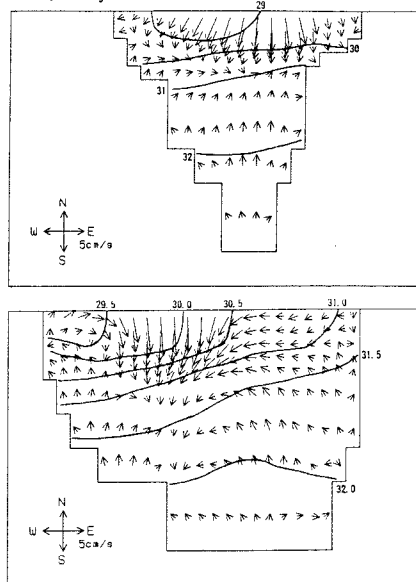
潮流楕円などの照合から潮汐流の計算はほぼ再現されたものと考えられる。図-2 に計算された残差流の



図—2 残差流の水平分布図 10layer=1m, 7layer=7m, 3layer=22.5m

(図中のコンター線は塩分濃度)

水平分布図、図—3に断面図を示す。断面位置はA断面が北緯 $34^{\circ} 55'$ B断面が北緯 $34^{\circ} 44'$ であり、観測された断面と同じである。まず平面図を見ると第7層（海面下7m層）の湾奥で時計回りの循環が明瞭に再現されている。また時計回りの流れが発生する海域では約 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ の湧昇流が広く発生しており、水塊が水平発散していることが伺われる。中部海域では塩分 31(-)のラインに沿うように流速が強くなっている。B断面をみると流速が強くなる地点では 30(-)を目安としたフロントが形成されており、この流れが地衡流であることが伺われる。これらはいずれも観測結果と類似した傾向である。ただし、今回の計算は河川水量が非常に多い条件下で行ったにもかかわらず、フロントの形成位置は湾中央よりやや三重県側となり、湾中央部に反時計回りの循環が形成されたため、流れのプロポーシオンは河川流量の少なかった夏季の観測結果にむしろ似ていた。この原因については今後の検討課題である。



図—3 残差流の断面図

(上図：A断面，下図：B断面)

5 おわりに

本計算から局所的なメカニズムについては現地観測と同様の傾向が再現されていることがわかった。しかし、湾全体の残差流のプロポーシオンは必ずしも正しく再現されたわけではない。現地観測から伊勢湾の残差流のプロポーシオンは密度フロントの位置が大きく影響すると推察されている。密度フロントの形成には、河川の流出過程や外海水が強く影響するものと考えられる。今後はこのフロント位置の再現に焦点を絞り、境界条件の取り扱いなどについて詳しく検討するとともに、伊勢湾における残差流の季節変化を数値モデル上での再現を行う予定である。

参考文献

- 1) 杉山陽一、藤原建紀、中辻啓二、水鳥雅文 (1994) : 伊勢湾北部海域の密度成層と残差流、海岸工学論文集、第41巻、pp.291-295.
- 2) 杉山陽一、藤原建紀、中辻啓二、福井真吾 (1995) : ADCP による伊勢湾の残差流構造調査、海岸工学論文集、第42巻、pp.1096-1100.