

II-232

閉鎖性内湾の湾奥で観察される高気圧性渦の生成機構

大阪大学工学部 正員 〇中辻啓二

日本道路公団 正員 末吉寿明

京都大学農学部 正員 藤原建紀

1. はじめに 現地実測から大阪湾北東海域の3~5 m層に時計方向廻りの恒流(西宮沖環流)が形成されていることが報告されている¹⁾。同様に、東京湾や伊勢湾の湾奥部、においても時計方向の回転を持つ循環が観測されている^{2), 3)}。閉鎖性内湾の湾奥で観測される恒流系はその生成機構に共通点を有しており、その流動は高気圧性循環流として説明することができる。すなわち、密度成層により形成された上層水塊が水平発散することによって時計方向廻りの渦度を獲得し、高気圧性の循環が形成される機構である。多くの湾奥では河川から栄養塩等を含む負荷を伴っており、閉鎖性内湾で形成される循環流の生成機構を明かにすることは内湾での物質輸送過程を解明する上で非常に重要である。そこで、本研究では大阪湾で観測される西宮沖環流の流動を対象に、三次元バロクリニック流れの数値モデルを用いて、その生成機構を考察する。

2. 数値実験の内容 三次元バロクリニック流れの数値モデルは連続式、三方向の運動方程式、水温・塩分の移流拡散方程式、密度の状態方程式で構成されており、静水圧近似とブーシネ近似を仮定する。数値モデルの差分化および解法は前報⁴⁾に基づいている。実験では大阪湾を中心とした64km四方の海域を対象とし、また空間分解能として水平方向には1 km、鉛直方向には不等間隔に10層に分割した。外力としては、開境界において平均潮の潮位変動を与えた。また、淀川河川水からの流入として平水流量(571 m³/s)、海表面からの熱収支として7、8月平均の熱収支を考慮した。乱流輸送項のモデル化では、水平方向には流れの空間的な乱れが評価できるようにSGS渦粘性モデルを、鉛直方向には密度成層による乱れの減衰を考慮できるようにリチャードソン数を用いた成層化関数の導入を図った。

3. 西宮沖環流の流動構造と生成機構 図-1は流動場を一潮汐平均することによって得られた大阪湾北東海域の恒流と残差渦度分布を示す。図では水深1、3、9 m層での分布を示している。残差渦度の等値線は $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 毎に表示しており、時計方向廻りの渦度を実線、反時計方向廻りの渦度を破線で示している。水深1 m層では、淀川ブルームの影響を受けて水表面に薄く拡がる様相を呈した恒流が形成されている。一方、水深3 m層で

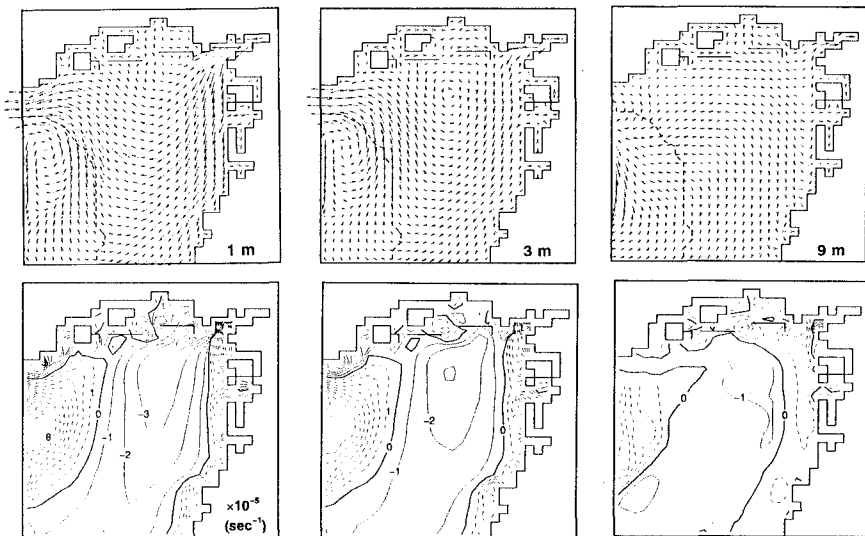


図-1 大阪湾北東海域における恒流場と残差渦度の分布(左図より水深1、3、9 m)

は西宮沖の10数kmを中心に時計方向廻りの渦の形態を持った循環が形成されている。この循環の渦度は最大値で $-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ である。藤原ら²⁾が現地実測から算定した渦度 $-3.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ と良く一致している。また、表層では淀川プルームの影響により流動ベクトル図から循環流を評価することは難しい。しかし、図-1の3m水深では時計方向廻りの循環が明瞭に現れている。この循環流が西宮沖環流であると考えられる。一方、水深7m以下では上層域で観測された循環流は観察されず、この流動は潮汐残差流系の流動と良く一致していることが確認できた。

つぎに、西宮沖環流を東西に横断した観測線A（図-3）に沿った水深3m層の断面でのx、y方向の運動方程式の一潮汐平均した各項のオーダーを比較したのが図-2である。図中の矢印は西宮沖環流の循環の中心を示している。同図より西宮沖に形成される恒流は、圧力場と地球の回転場が釣り合った、いわゆる地衡流平衡状態にあることが分かる。しかし、循環流の中心近傍では前述の二項に加えて鉛直粘性項の存在が支配的となる。これは水表面での河川プルームの流れの影響を受けているためである。

図-3は各時間における圧力偏差（場の圧力から基準圧力場を差し引いたもの）の分布を恒流分布と合わせて表示したものである。同図は水深1、3、9m層での分布を示しており、 $1 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$ 毎に等圧線を描いている。水深1m層では淀川からの淡水流入の影響を受けるために等圧線と恒流ベクトルの流向が交差している。これに対して西宮沖環流が明瞭に形成されている水深3m層の圧力偏差分布では、渦の中心領域に高压部を有しており、流れは等圧線に沿うように形成されている。つまり、この事実はこの層で形成される西宮沖環流が高気圧性渦の流動形態を有した特性を持つことを示唆している。また、水深9m層でも流れが等圧線と平行になる地衡流の流動が実現されている。しかし、この下層域では圧力偏差の絶対値が小さいために、渦が形成されなかったものと考えられる。

図-3は各時間における圧力偏差（場の圧力から基準圧力場を差し引いたもの）の分布を恒流分布と合わせて表示したものである。同図は水深1、3、9m層での分布を示しており、 $1 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$ 毎に等圧線を描いている。水深1m層では淀川からの淡水流入の影響を受けるために等圧線と恒流ベクトルの流向が交差している。これに対して西宮沖環流が明瞭に形成されている水深3m層の圧力偏差分布では、渦の中心領域に高压部を有しており、流れは等圧線に沿うように形成されている。つまり、この事実はこの層で形成される西宮沖環流が高気圧性渦の流動形態を有した特性を持つことを示唆している。また、水深9m層でも流れが等圧線と平行になる地衡流の流動が実現されている。しかし、この下層域では圧力偏差の絶対値が小さいために、渦が形成されなかったものと考えられる。

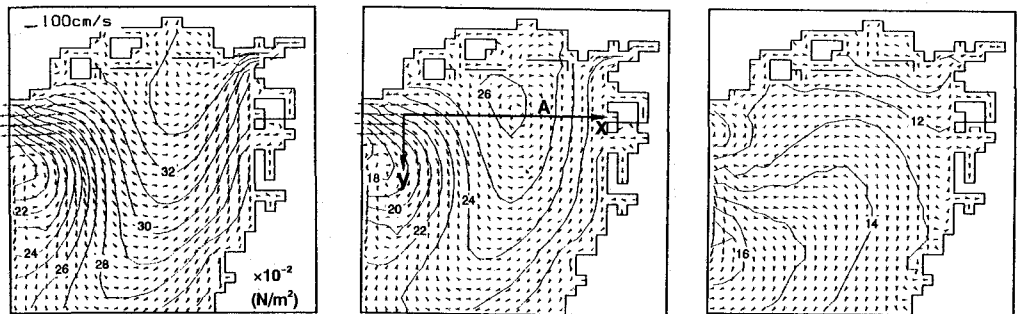


図-3 大阪湾北東海域における恒流場と圧力偏差の分布（左図より水深1、3、9m）

5. まとめ 三次元数値モデルを用いて大阪湾北東海域で形成される西宮沖環流の流動をとらえ、その生成機構について考察を加えた。その結果、西宮沖環流は大阪湾湾奥部の水深3m層において観測される。循環流と良好に一致していた。また、西宮沖環流はその循環の中心域に高压部を有した高気圧性循環流の流動特性を持っており、圧力場と地球回転場の地衡流状態にあることが分かった。

参考文献 1) 藤原建紀 他（1989）；海岸工学論文集，第36巻，pp. 209-213. 2) 藤原建紀 他（1994）；沿岸海洋研究ノート（投稿中） 3) 村上和男・森川雅行（1988）；沿岸海洋研究ノート，25，pp. 146-155. 4) 中辻啓二 他（1991）；海岸工学論文集，第38巻，pp. 186-190.