

II -71 紀淡海峡における流動構造と海水交換に関する数値シミュレーション

大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻 学生会員 石塚正秀
 大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻 正会員 中辻啓二

1. はじめに

閉鎖性内湾において水質構造の解明が重要な研究課題となっている。陸域からの汚濁負荷が湾内に流れ込んでいることはよく知られているが、最近の現地観測で外洋からも窒素を多く含んだ水塊が湾内へ流入していることが明らかとなった。とくに、成層化の発達した内湾と鉛直混合した外洋を結ぶ海峡部では、流動や密度構造が往路と復路で異なる挙動を呈することから、海峡を通しての海水交換や物質輸送過程は重要である。例えば、大阪湾と紀伊水道を結ぶ紀淡海峡はその典型例といえる。最近では、ADCP や STD 等の開発により現地観測の精度が増したものの、紀淡海峡は流速が速く、また、開口部を3ヶ所も持つ複雑な断面形状(図1参照)を呈しているために現地観測から栄養塩の鉛直分布を調べることは困難である。

そこで、本研究では3次元パロクリック流れの数値実験を行い、紀淡海峡周辺海域の流動構造、海水交換、物質輸送過程を明らかにする。また、本数値シミュレーションの結果をもとに、現在、同海域で行っている現地観測の計画に有用な情報を提供することを目的とする。

2. 数値シミュレーションの概要

はじめに、紀淡海峡の現地観測が行われた1997年8月23日の流動・密度場を再現するために、大阪湾、紀伊水道、播磨灘を含む大領域において流動再現シミュレーション(Hind-Casting)を行った。計算条件は潮汐の調和定数(6分潮)、各府県水産試験場による水温・塩分の観測値、河川流量、風の時間変化を与えた。計算開始は水温・塩分の観測がほぼ同時期に行われた8月5日とした。

今回の数値実験では各瀬戸からの海水交換を詳細に議論する必要があるため、紀淡海峡を中心とする計算領域を新たに設け、水平方向の格子幅は大領域の4分の1(250m)とした。計算条件は大領域計算により得られた8月23日の結果のうち水温・塩分は空間補間し、大阪湾側境界では半日周期の流速変動、紀伊水道側では半日周期の水位変動を与えた。さらに、得られた流動場から中立粒子の追跡シミュレーションを行った。

3. 計算結果

図3, 4に紀淡海峡の北流から南流への転流時と南流から北流への転流時における流動ベクトルと塩分分布を示す。北流時に生成される友ヶ島反流は、北流最強後に沖ノ島の北側で発生した時計回りの地形性剥離渦がその規模を大き

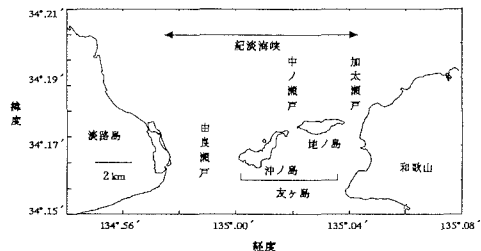


図1: 紀淡海峡の地形図

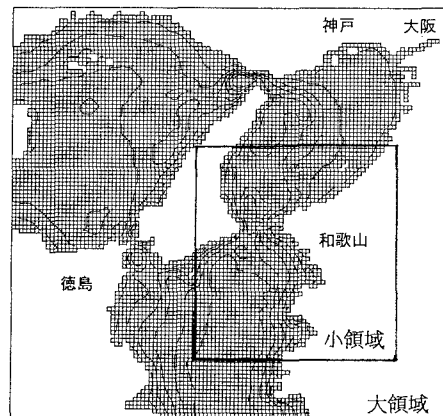


図2: 計算対象領域

紀淡海峡、友ヶ島反流、パロクリック数値計算、海水交換、潮流

〒565-0871 吹田市山田丘2-1, Tel: 06-6879-7605, Fax: 06-6879-7607

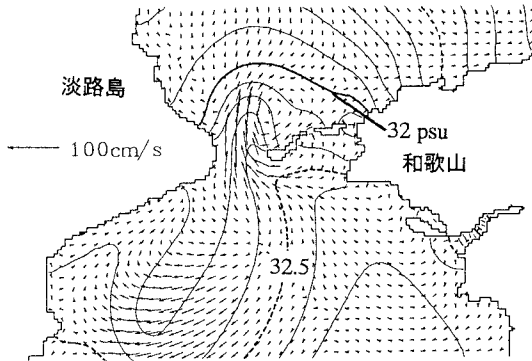


図 3：北流終了時の塩分分布と流動ベクトル

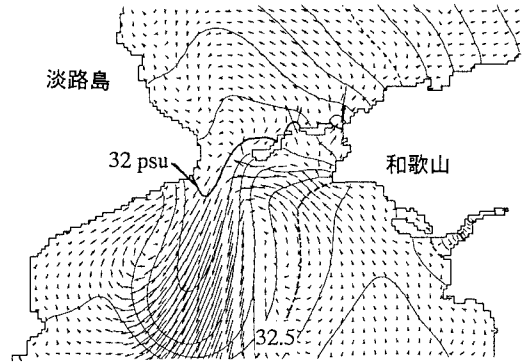


図 4：南流終了時の塩分分布と流動ベクトル

くさせながら、さらに北側へと移動し、転流時に最も明瞭な渦流となる。一方、南流時は南流最強後に淡路島の南側で時計回りの流れが発生し、この流れと対をなすように南流から北流への転流時に和歌山側で反時計回りの流れが生じる。また、現地観測で得られた由良瀬戸における北流時の流動の位相変化が沖ノ島側から始まる結果が再現された(図 3)。

また、紀淡海峡北流時と南流時における流動機構の非対称性が明らかとなった。北流時には、紀伊水道から水塊がまっすぐ北に向かって流れるために、大阪湾へ流入する水塊は最も広い由良瀬戸だけでなく、加太瀬戸や中ノ瀬戸からも輸送される。一方、南流時には大阪府側の東岸恒流帯が友ヶ島の北側で南西方向に流入してくるため、湾内水は加太・中ノ瀬戸を横切って由良瀬戸へと向かう。

このような流れの非対称性により密度分布も北流時と南流時で大きく異なる。北流時は沖ノ島を中心としてほぼ放射状に高塩分(32psu)の外洋性水塊が大阪湾内に分布する(図 3)。一方、南流時は淡路島の西岸に沿って湾内低塩水が由良瀬戸の西側を通り紀伊水道へと流出し、また、友ヶ島北側における南西流の影響により湾内水は由良瀬戸へ移動する(図 4)。つまり、北流時には三つの瀬戸を通じて高塩分水塊は大阪湾側へ流入し、南流時には由良瀬戸から流出する傾向がある。また、1 潮汐平均した残差塩分の大阪湾への拡がりには下層ほど大きくなっており、下層からの塩分流入が重要であることが分かった。

中立粒子の追跡シュミレーションから、北流時に由良瀬戸に投入した粒子は沖ノ島の北側約 10km 付近まで拡がり、由良瀬戸の東側に配置した粒子はほぼ友ヶ島反流に取り込まれる。また、全体として、一部の粒子は紀伊水道へ流出するが、ほとんどの粒子が湾内へ残留することが示された。また、8 月 23 日の各瀬戸における断面通過流量を比較すると、加太・中ノ瀬戸の流量はそれぞれ由良瀬戸の 5 % であり、由良瀬戸からの流入が支配的であるといえる。しかし、加太・中ノ瀬戸から大阪湾へ移動する水塊は高塩分であり、湾内水質を考える場合には加太・中ノ瀬戸における流動は無視できない。

4. まとめ

今回、紀淡海峡を中心とした領域を対象として 3 次元パロクリニック流動シミュレーションを実施した。その結果、北流時に発生する友ヶ島反流や南流時に紀伊水道側でみられる二つの渦対の生成過程が明らかとなった。また、紀淡海峡北流時と南流時における流動機構の非対称性がみられ、海峡部の特異な断面形状によって海水交換の過程が複雑に変化していることが明らかとなった。

以上のように、紀淡海峡における海水交換・物質輸送を議論する際には、加太・中ノ瀬戸を含めた 3 つの瀬戸の流動特性を把握することが必要であり、また、このシミュレーションの結果は今後の現地観測計画を考える上での重要な知見を提供するものと考えられる。