

渤海の流動構造と海水交換に及ぼす風の影響

大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻 学生会員 山中亮一
 大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻 正会員 西田修三
 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

渤海は中華人民共和国の北東部に位置し、図-1 に示すように、外海とは東方の黄海と幅約 90km の渤海海峡を介して繋がっているのみである。水平方向のスケールは、東西方向と南北方向にそれぞれ 400km を超え、我が国の閉鎖性内湾と空間スケールが大きく異なる。平均水深は 18m、最大水深も中央部で 30m と非常に浅く、海底勾配も小さい。ただし、黄海との接続部の渤海海峡北岸付近では水深が 70m まで変化する。現在、渤海は海洋汚染が深刻化しており、水交換能の低さから改善の兆しはみられない。

本研究では、渤海の水環境と密接に関係している流動構造と海水交換機構、および、それらに及ぼす季節風の影響を明らかにすることを目的に数値シミュレーションを実施した。

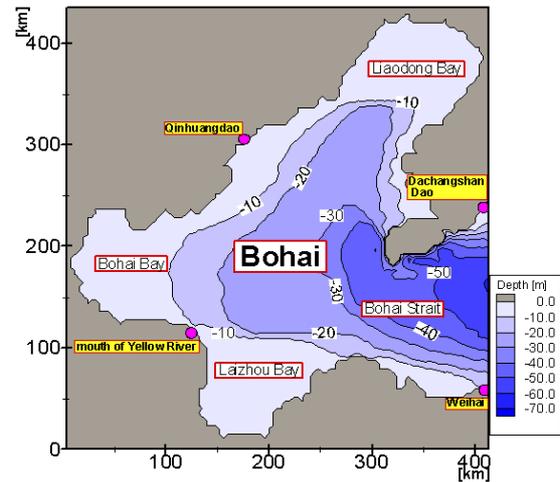


図-1 渤海（図中の数値：水深(m)）

2. 数値計算の概要

計算は図-1 に示す領域で実施し、水平方向に 4km 間隔、鉛直方向に不等厚の格子を設定した。鉛直方向の層厚は密度構造の再現性を考慮し、海面から順に 3m×1 層位、2m×4 層位、3m×3 層位、4m×3 層位、5m×2 層位、6m×2 層位の合計 17 層に分割した。流動モデルは 3 次元パロクリニック流れを計算できる ODEM(中辻, 1994)を用いた。差分時間間隔は計算の安定性を考慮し 30 秒とした。初期密度は米国 Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO)の GDEM データを基に計算点に空間補間して与えた。使用したデータは夏季(8月)のものである。気温と日射条件は大連の夏季(8月)の典型的な日変化を与え、雲量は大連の8月の値を一定値として与えた。開境界上の水位は主要 4 分潮(M₂分潮, S₂分潮, K₁分潮, O₁分潮)を考慮した境界値を設定した。調和定数は英国 Hydrographic Office より得た Weihai と Dachangshan Dao の値を使用した。コリオリパラメータは北緯 40 度の値を使用した。計算手順は、はじめに初期流れ場作成のためにバロトロピック流れの計算を 5 日分行い、継続してパロクリニック流れの計算を 25 日分行なった。計算はこの地域の風向特性を考慮して、無風の場合、北風が連吹する場合、南風が連吹する場合の 3 ケース実施した。風速は 10m/s とした。

3. 残差流

図-2 に無風時、図-3 に南風時、図-4 に北風時の表層における残差流の計算結果を示す。残差流は計算終了までの 15 日間の平均流速として算出した。ベクトルは流向を、等値線は流速コンターを表わしており、図中の数値(流速)の単位は m/s である。

無風時の流速は、渤海海峡の北岸では約 0.3m/s 前後であるが、湾内全域では 0.1m/s 以下と小さい。流向は渤海海峡では北岸付近から渤海に流入方向(西向き)、南岸付近では流出方向(東向き)であった。湾内では流向は複雑に変化しているものの、遼東湾と渤海湾で反時計回りの循環がみられる。

キーワード：渤海，残差流，水交換，吹送流，数値シミュレーション

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2 - 1 Tel:06-6879-7605 Fax:06-6879-7607

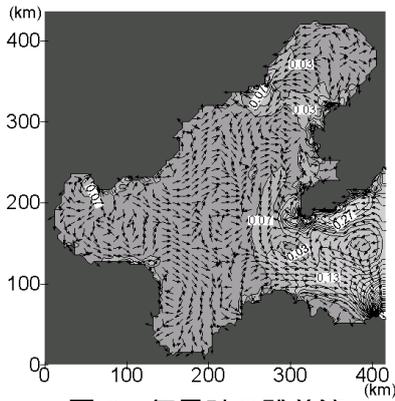


図-2 無風時の残差流

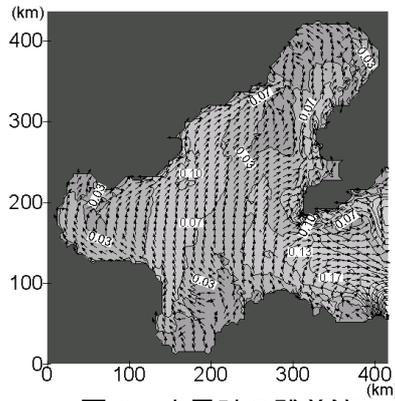


図-3 南風時の残差流

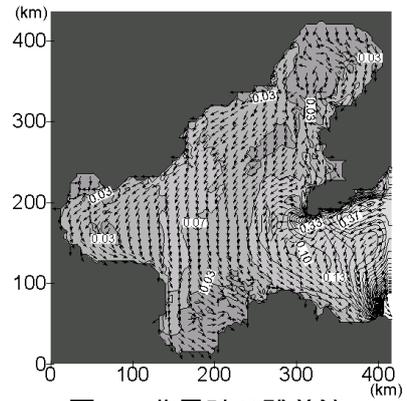


図-4 北風時の残差流

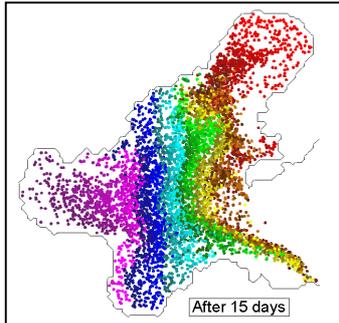


図-5 無風時の粒子分布

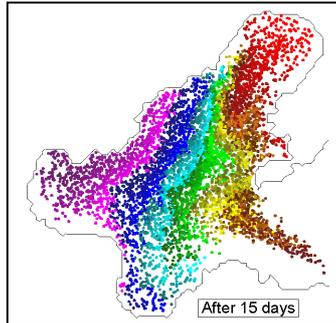


図-6 南風時の粒子分布

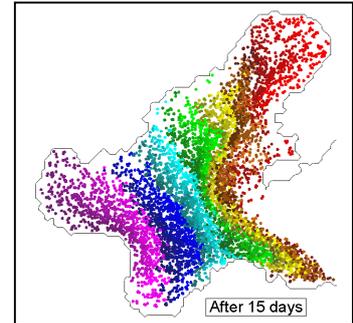


図-7 北風時の粒子分布

南風時の残差流は風の影響を大きく受け、表層で北向きの流れが生起し、流速も無風時にはみられなかった 0.1m/s 以上の分布がみられる。

北風時も風の影響を大きく受け、海表面で風向に対応した南流が生起している。渤海海峡では南風時に比して流出成分が卓越しており、無風時にみられた渤海海峡の南岸付近での流出成分は北風によって強化され、海水交換を促進させる効果があることが推測される。

4. 風の海水交換に及ぼす影響

風が渤海と黄海の海水交換に及ぼす影響を把握するため、粒子追跡シミュレーションを実施した。数値モデルは中辻ら(1994)が大阪湾の流動構造と海水交換の解明のために開発したモデルを使用した。粒子は計算開始時に湾内一様に、水平方向 8km 間隔、鉛直方向 3m 間隔に配置した。総粒子数は 6565 個である。計算の際に必要な流速データは、前述のシミュレーションによる 1 時間毎の計算結果を用いた。計算は 15 日分実施し、粒子の分布と粒子の残留率を求めた。

計算開始から 15 日後の粒子の分布を示す。図-5 に示す無風時は、湾内全体に配置された粒子は 15 日後も湾内にほぼ一様に留まり、僅かに渤海海峡の南岸付近から粒子が湾外に流出しているのがわかる。残留率は約 93% であった。図-6 に示す南風時には、15 日後の粒子分布は無風時の結果と比較して渤海の南岸付近での粒子が少ない。この原因は、南風の影響で流動構造が変化し、渤海北部の表層での北流と底層での南流が循環流が形成され、渤海北側から南下する流れを抑制したためと考えられる。残留率は約 96% であり、無風時に比して海水交換が抑制されていると言える。一方、図-7 に示す北風時には、これまでの計算結果と同様に湾内に広く粒子が分布しているが、渤海海峡付近では、粒子が南岸沿いに密集しているのが分かる。これは、北風による吹き寄せの影響で残留した粒子の多くが南岸に集中したためと考えられる。残留率は約 91% を示し、夏季において北風は海水交換を促進すると言える。ただし、いずれのケースも 15 日後においても残留率は 90% を超え、渤海の湾内水の海水交換には長時間を要することがわかる。

5. おわりに

数値実験により、渤海の流動構造と海水交換機構は風向に依存して大きく変化し、南風は海水交換を抑制し、北風は促進することが明らかとなった。また、渤海の海水交換には長時間を要することが示唆された。

[参考文献] 中辻啓二 (1994): 大阪湾における残差流系と物質輸送, 水工学シリーズ 94-A-9, 土木学会水理委員会, pp. A9.1-28

中辻啓二・末吉寿明・山根伸之・藤原建紀 (1994): 三次元粒子追跡による流動構造の解明, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 326-330.