

大阪大学工学部 学生員 ○志水 克成
横浜国立大学大学院環境情報研究院 正会員 山中 亮一
大阪大学大学院工学研究科 正会員 中辻 啓二

1.はじめに

渤海は中国北東部に位置し、遼東半島と山東半島の間
の渤海海峡によって黄海と隔てられる中国最大の閉鎖性
海域である。渤海は、図-1 に示すように北東の遼東湾、
西の渤海湾、南の來州湾で構成されている。海域面積は
約 77,000 km²であり、平均水深は 18m と浅い。近年、
中国はめざましい経済発展をとげており、日本における
高度経済成長期と同様に沿岸域の環境に大きな負荷がか
かっている。そのため、渤海においても水質汚濁が著しく、
赤潮が多発している。これは、渤海の海水交換が狭い
渤海海峡経由を通じてしか行われないため、渤海に河
川などから流入する汚濁物質の大半が沈積することが一
因であると推測される。このような状況にありながら、
渤海における汚濁物質の輸送・拡散現象を支配する流
動・密度構造は十分に明らかにされていない。そこで本
報では、河川からの淡水流入と気象擾乱を考慮した数値シミュレーションを実施し、渤海の流動・密度構造
の解明を試みる。

2.計算の概要

数値解析は3次元パロクリニック流動モデルの ODEM(Osaka Daigaku Estuary Model)を用いて行う。渤海
海峡の東側に設定した開境界における水位は、表-1 に示す 2 地点の調和定数を基に算出した。調和定数は
英国 Hydrographic Office の Admiralty tide table より得た。初期密度分布は米国 Naval Oceanographic
Office(NAVOCEANO)の GDEMV データを基に計算格子上に空間補間した値を用いた。計算領域および、潮
汐の観測地点、気圧・気温・雲量の観測地点、河口の位置は図-1 に示したとおりである。計算格子は水平
方向に 4km 間隔に設定し、格子数は東西方向に 105、南北方向に 110 である。鉛直方向には不等間隔に 20
層設定し、層厚は海表面から海底方向にそれぞれ 4m、1m
×6、3m×3、2m×3、3m×2、5m、8m、10m×3 とした。
計算期間の気温・気圧・雲量は図-1 に示した 5 地点にお
ける 6 時間毎の観測値を時空間補間し、境界条件として設
定した。これらは(財) 気象業務支援センターより得た。
風向・風速は米国 NASA が公開している QuickScat 衛星に
よる 1 日平均の風速・風向の平面分布(0.25°間隔)を時空間
補間した値を用いた。また、黄河の河川流量は図-2 のよ

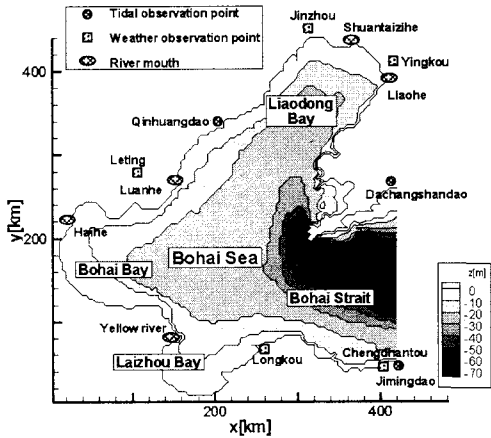


図-1 渤海地形図

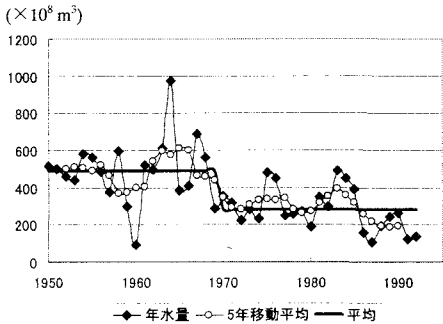


図-2 黄河の年流量の経年変化

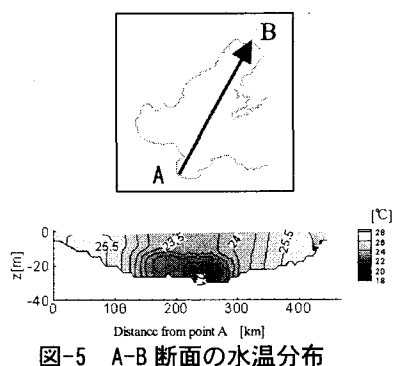
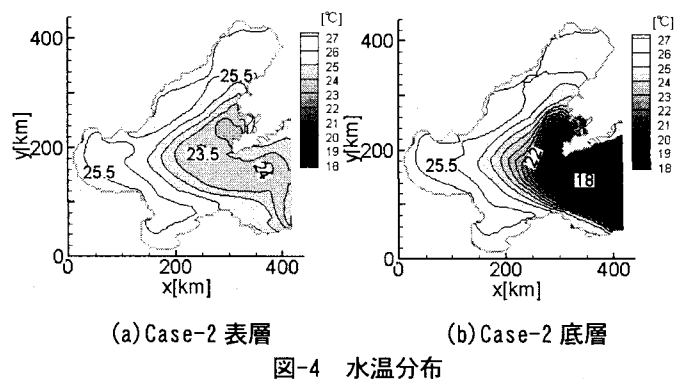
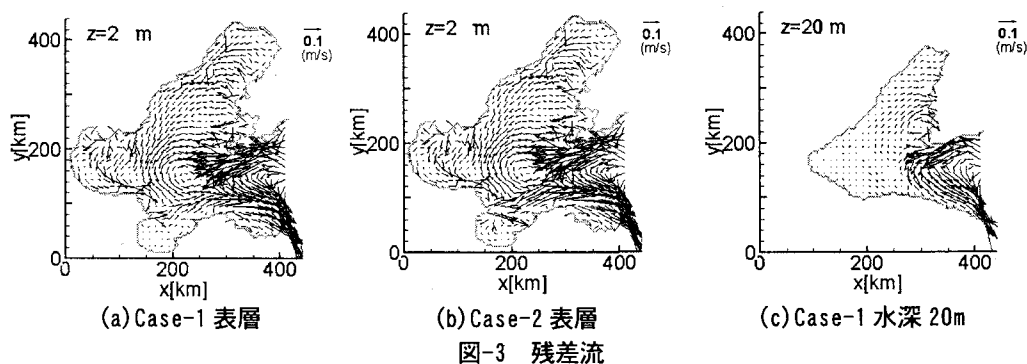
表-1 調和定数

観測点		Dachangshandao	Jimingdao
M ₂	H	1.32	0.5
	θ	265	323
S ₂	H	0.42	0.2
	θ	321	28
K ₁	H	0.33	0.2
	θ	342	312
O ₁	H	0.25	0.2
	θ	3.4	265

(H:m, θ:degree)

表-2 計算の概要

	黄河流量	差分時間間隔(Δt)
Case-1	7月: 355 m ³ /s	7月: 10s
	8月: 495 m ³ /s	8月: 5s
Case-2	7月: 3557 m ³ /s	7月: 10s
	8月: 4351 m ³ /s	8月: 5s



うに変動が大きい。そこで本報では、黄河からの淡水流入量の差異による影響を考察するため表-2 に示すように河川流量が異なる 2 種類の計算を実施した。なお、河川の水温は河口の水温、塩分は 0 psu とした。計算は 2000 年夏季を想定し、計算期間を 7 月から 2 ヶ月間とし、解析対象は 8 月の計算結果とした。

3. 計算結果

残差流を図-3 に示す。残差流は主要 4 分潮を考慮したことによる周期性を考慮して計算終了までの 15 日間の流速の平均をとることで算出した。各図とも流向と流速をベクトルで表している。図-3(a) に示した Case-1 の表層の残差流は、渤海海峡において北側では流入、南側では流出であり、渤海中央部と遼東湾では反時計回りの循環流が形成されており、渤海湾では沿岸部に沿って南下する構造となっている。渤海海峡における最大流速は北岸付近の 0.35 m/s である。渤海では全域で 0.1 m/s 以下の流速となっている。Case-1 と図-3(b) に示す Case-2 の表層の残差流の相違点としては、Case-1 の海峡南岸の残差流は 0.1~0.2 m/s であるが、Case-2 では 0.2 m/s 以上であることと、Case-2 では河口での流速の変化に伴い來州湾で沿岸部に沿う反時計回りの循環が形成されていることが挙げられる。図-3(c) に示した Case-1 の水深 20m の残差流構造は渤海海峡周辺では概ね表層と同様の特性を示しているが、渤海中央部では北東向きの流れが生起しており表層とは異なる。この原因を考察するため、図-4 に Case-2 の水温分布図を示す。河川水の温度を河口部の水温で与えたため、Case-1 でも同様の結果となった。図-4(a) に示す表層と図-4(b) に示す底層の水温分布は大きく異なり、とくに海峡部では水温の上下差が 2°C 以上ある。A-B ラインに沿った水温の鉛直断面分布を図-5 に示す。横軸は A 地点からの距離を、縦軸は水深を示している。同図より、A 地点から約 150~300km の渤海海峡付近の水深 10m 付近で温度成層が形成されているのが分かる。この底層冷水塊の存在は既往の研究でも指摘されている。密度分布については、スペースの都合上図示していないが、來州湾内では $\sigma_t=15$ 以下となった。Case-2 では河口から 20km 以内に低塩分濃度の水塊が表層にあり、強い密度成層が形成された。この影響でこの海域ではエスチュアリー循環が発生し、表層では 30 cm/s (図-3(b) 参照)、水深 10m では 5 cm/s の残差流がみられた。以上に示した流動・密度構造は河川水と気象の影響を大きく受けていると考えられ、渤海の流動・密度構造の評価にはこれらを考慮することが不可欠と言える。

＜参考文献＞ 中辻啓二・許再寧・室田明(1991): 三次元表層密度流の数値実験, 土木学会論文集, 第 432/II-15, pp.214-218.