

II-604

大阪湾で観られる潮汐フロントに関する数値実験

清水建設(株) 正 員 山見晴三
 大阪大学工学部 正 員 中辻啓二
 大阪大学工学部 正 員 村岡浩爾

1. はじめに

淡水供給や熱収支はエスチュアリー(河口・沿岸海域)においてしばしば観られるフロント(潮目)を形成する。フロントの変動や生成・維持機構は浮力流束のみならず流動の加速や摩擦力、地球回転、等の外力の影響を受けて、大きく変化する。フロントは異なる水塊間の海面収束を特徴とすることから、栄養塩やプランクトンの輸送・混合に強く関係し、沿岸海域の生態系を考える上で重要である。このような認識からフロントの挙動に関する興味もたれつつある。

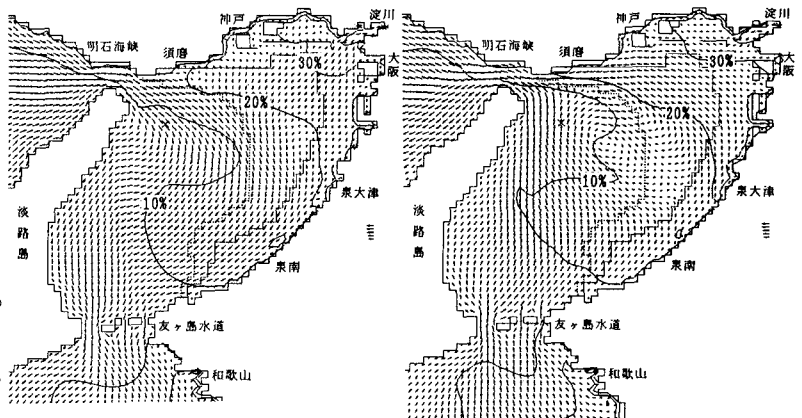
最近の人工衛星からの観測技術の発達によって大阪湾におけるフロントの情報が多く得られるようになってきた。大阪湾では明石海峡を往復する潮流に支配される鉛直混合の激しい西部海域と、停滞性の強い夏期に成層化する東部湾奥海域とを分ける帯状の不連続線が観測されており、潮汐フロントと称せられる。上嶋ら(1987)¹⁾の実測によれば、 2°C 以上もの温度差を持つ鋭い不連続な水温構造も観測されている。本研究では潮汐フロントの現象の解明を三次元数値実験を用いて行い、その構造と特性について検討を行った。

2. 数値実験の内容

三次元密度流数値モデルの概要は前報²⁾と本質的に同じものを採用した。実験では大阪湾、播磨灘、紀伊水道の105km四方の海域を対象とした。離散化間隔を水平方向に1km、鉛直方向に7層に設定し、開境界で M_2 潮の潮位振動を与え、河川からの流入量として平水流量($205\text{m}^3/\text{s}$)と夏期の水面の熱収支を浮力流束の負荷とした。鉛直方向乱流係数に関しては成層化関数の導入を図った。

3. 計算結果と考察

図-1は明石海峡東流最強時と西流最強時の表層(-1m)の流速ベクトルと密度分布を示す。等密度差線は河川水と海水の密度差で無次元化して10%毎に表示している。東流最強時には淀川からの河川水は潮流の影響を受けて河口から南西方向に拡がり、20%等密度差線に向かって流れていくのが観られる。明石海峡から流入した潮流は放射状に拡がり、破線で示した水深20m線に沿うように時計廻りの円弧を描きながら友ヶ島水道に向かって収束している。その結果、10%等密度差線は泉南沖を南下するように形成されている。東流時から西流時にかけて沖の瀬環流による時計廻りの潮流が卓越する。10%等密度差線はこの流れによって湾の中央部に運ばれる。西流最強時になると、友ヶ島水道から淡路島東岸に沿って北上する主流と泉南沖に沿って北上する流れに分かれる。この時間においても沖の瀬付近の水塊は環流を形成し、東南方向に向かって流れ続けているのが特徴的に観られる。



東流最強時

西流最強時

図-1 大阪湾の流況(表層:-1m)

図-2は図-1と同時刻の表層（-1m）での密度 σ_t の分布を示したものである。湾奥部では $\sigma_t=20$ 以下の河川水が、湾中央部では $\sigma_t=22$ 以上の水塊が拡がっており、この両者の水塊の境となる神戸沖の水深20m線付近では、水平方向に密度の不連続な潮汐フロントが生成されている。

そこで、フロントを横切る方向に観測線を取り、鉛直方向の密度分布を示したのが図-3である。水平方向の原点は20m水深線であり、負号は湾奥方向、正号は沖合い方向を示している。湾奥部では $\sigma_t=20$ 以下の水塊が $x < -10$ km程度の範囲で拡がっているのが観察される。成層界面は5m程度にある。また、湾奥部での密度分布はほぼ定常状態に達しており、潮時による変動は小さい。一方、潮流の強い（ $x > 0$ ）水深20m以上の水域では鉛直混合が強く、 $\sigma_t=22$ 以上の海水に覆われている。これらの両水塊の境界に存在する $20 < \sigma_t < 22$ の水塊では等密度線が水表面と直交するフロント構造を形成している。このフロントの鋭さ（密度勾配で定義が可能である）は明石海峡転流時（東流→西流）で最も大きく、幅4kmで湾奥から湾中央部に向かって密度は $\sigma_t=2$ も増大している。この断面でのフロントの位置は4潮時ともほぼ水深20m線付近にあるが、明石海峡東流最強時にはフロント部が湾中央方向に2km程度に伸び、鋭さも小さくなっている。

図-4は水面での密度差ならびに密度勾配の水平方向分布の時間変化を示す。密度差は σ_t で示している。東流時には明石海峡からの海水が大阪湾内に放射状に流入するため、 σ_t の値が大きくなるとともに、フロントの位置（密度勾配が最大となる位置）も湾奥へ移動する傾向にある。他の潮時ではフロントの位置の変化はあまり観られない。また、フロントの強度が最大となるのは東流から西流への憩流時と西流最強時にかけて生じていることが分かる。

4. まとめ

大阪湾で観測される潮汐フロントの挙動を三次元密度流数値実験から検討した。これらのフロントは恒流系の形成と強く係わっており、大阪湾のような閉鎖性の強い海域での物質輸送や混合現象を考える上で重要な要因となり得る。さらに、フロントの動力学機構の解明を図るとともに、湾全体の水環境に果たす役割を明確にしていく必要がある。

参考文献 1)上嶋英機・他5名(1988)；海岸工学論文集，34，661-665.

2)中辻啓二・山本信弘・山見晴三・室田 明(1991)；海岸工学論文集，38，186-190.

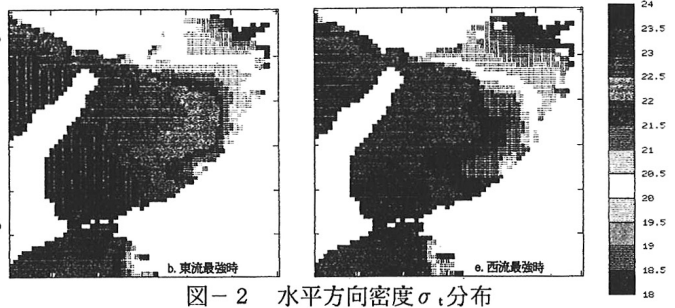


図-2 水平方向密度 σ_t 分布

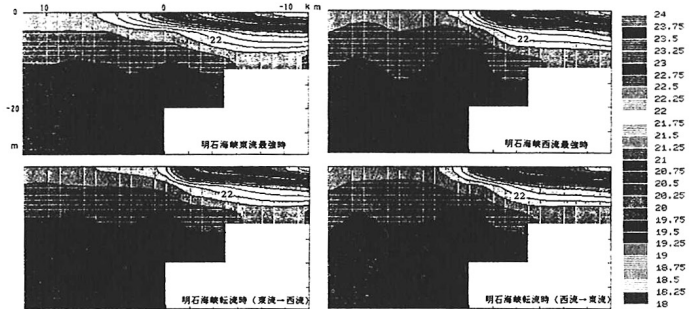


図-3 フロント断面の鉛直密度分布

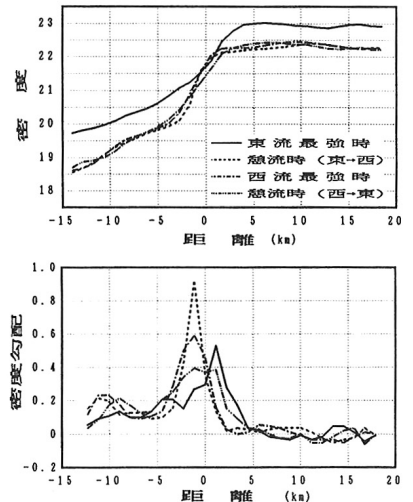


図-4 潮時の違いによる水面での密度差および密度勾配