

大阪湾の潮流・恒流特性に及ぼす密度流効果

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 大阪湾は西は明石海峡から播磨灘に、南は友ヶ島水道から紀伊水道に通じるのみの閉鎖性の強い水域である。海底地形は湾奥部に注ぎ込む淀川・大和川からの土砂の堆積で水深20m以下の湾東部と、淡路島東岸に沿う水深50m以上の湾西部に分けられる。湾内の流動も密度流系に支配される湾東部と明石海峡からの潮流系に支配される湾西部とによって特徴づけられている。本研究では三次元密度流数値モデルを用いて、潮流系と密度流系の相互作用の観点から湾内の流動現象を把握することを目的とした。

2. 数値実験の内容 三次元密度流数値モデルの概要は海講論文集¹⁾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、水平方向1kmメッシュ、鉛直方向7層で格子分割した。潮流は播磨灘、紀伊水道の両開口端で潮位に周期12時間の余弦波を与えることにより生起させた。密度流については沿岸部の河川からの陸水の流入と海表面からの熱フラックスの流入を考慮した。計算では夏季の平常時の大阪湾の流動を対象とした。潮流条件として年間平均潮に対応するM₂潮を、淀川からの陸水の流入量には平水流量(205m³/sec)を、そして海表面からの熱フラックスは7、8月平均の気象データに基づき与えた。

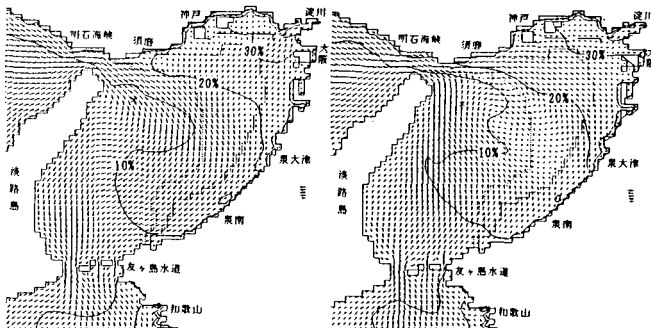
3. 計算結果と考察 計算では河川からの陸水の流入と海表面からの熱による浮力の負荷は計算時間の増加とともに増大するために定常状態は得られない。ここでは密度分布の時間的変化が前潮汐と比べて、小さくなった36潮汐目での計算結果について検討する。

実測値のある主要地点での潮位を比較したところ、本実験での潮流の再現性はこれまで報告されている大阪湾2レベルモデル²⁾の計算結果とほぼ同程度の精度が得られることが確認された。

図-1に明石海峡東流最強時と西流最強時の表層(-1m)での流速場と密度場を示す。密度場は淀川河口での値により無次元化し、10%毎に表示している。東流最強時には明石海峡から流入する潮流は海峡出口から東南方向に向けて放射状に拡がり、水深20m線に沿うように時計廻りの円弧を描いて、友ヶ島水道に向けて南下していく。このとき、淀川からの陸水は潮流の影響を受けて河口から南西方向に拡がり、20%等密度差線に向けて流れていく傾向が観られる。明石海峡からの潮流は水深20m線付近でこの陸水による流れを巻き込みながら南下していくために、湾東岸付近の流れは潮流計算結果に比べて強められている。西流最強時には友ヶ島水道から北上する流れの主流は淡路島東岸に沿いに北上する。この潮時の違いによる潮流の主流の違いが沖の瀬環流の形成の要因となっている。

また、西流最強時においても沖の瀬付近には東南方向に流れ続ける水塊が存在し、湾奥部の水塊との間に不連続な流れ場が顕著に観られ、この付近に潮汐フロントが形成されることを示唆するものである。

図-2は図-1と同時に時刻の表層(-1m)での密度 σ_t の分布を示したものである。湾奥部には $\sigma_t=20$ 以下の陸水が拡がり、潮時にかかわらず、ほぼ定常な分布を呈している。湾東岸付近に拡がる $\sigma_t=20\sim22$ の水塊の分布傾向は潮時に応じて変動する傾向が



東流最強時

西流最強時

図-1 大阪湾の流況(表層:-1m)

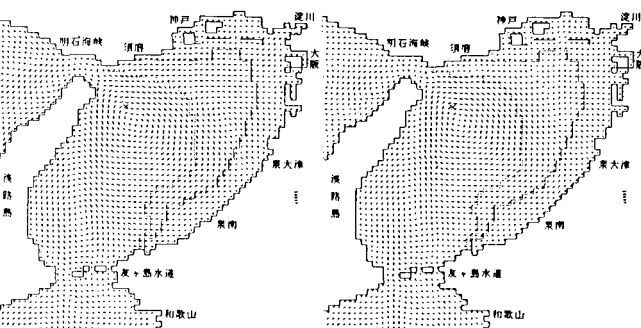
Seizou YAMAMI, Keiji NAKATSUJI AND Kohji MURAOKA

観られる。すなわち、明石海峡東流時には強い潮流のためにこの水塊は湾東岸数kmにまで押し込まれ、湾東岸に沿って南下する流れにより湾南部にまで運ばれる。一方、明石海峡が西流に転じると、この水塊は沖の瀬を取り囲むように湾中央部に向けて拡がっている。このような拡がりの傾向は沖の瀬環流、東岸恒流帯の流れと一致するものである。

図-3に表層(-1m)、第3層(-9m)での恒流分布を示す。表層での湾奥部での恒流分布は陸水の流入が支配的となっており、淀川河口から須磨沖方向へ拡がる恒流が認められる。また、この密度流による流れは沖の瀬環流の外縁に取り込まれて表層での沖の瀬環流、東岸恒流帯を強化している。一方、密度流の影響が小さい第3層では湾奥部でわずかながら淀川河口に向かう流れが現れている。湾西部に形成される時計回りの沖の瀬環流は全層にわたっていることから、潮汐残差流系の恒流であることが分かる。



図-2 水平方向密度 σ_t 分布(表層:-1m)



表層 第3層
図-3 大阪湾の恒流分布

図-4は湾内の流動を定量的に把握するために調和分析を行った結果である。それぞれ上段、下段に各測点での M_2 潮流に対する潮汐残差流成分、恒流成分の比を表示している。潮汐残差流は潮流により形成され、恒流成分は潮流+密度流の影響であり、両者の値の差が密度流の効果を表している。沖の瀬環流中の測点1では残差流成分と恒流成分による差はなく、沖の瀬環流が明石海峡からの潮流により形成されていることを示している。沖の瀬環流外縁にあたる測点3および、東岸恒流帯の測点4では密度流の効果により恒流成分は潮汐残差流成分に比べて、30~40%程度大きくなっている。このことはこの付近の恒流が潮流により形成され、密度流により強化されていることを示すものである。湾奥部西宮沖の測点9では恒流の流向は潮汐残差流のものとは異なっていることから、湾奥部の恒流が密度流により支配されていることを意味している。



図-4 調和分析結果

4. おわりに 本実験結果においても湾西部で時計回りの沖の瀬環流と湾東岸に沿う東岸恒流帯が顕著に形成された。湾内の各測点で行った調和分析から、大阪湾の恒流分布は明石海峡からの潮流に支配される沖の瀬環流、河川からの陸水により形成される湾奥部の恒流、さらに沖の瀬環流外縁から東岸恒流帯にかけての潮流により形成され、密度流により強化される恒流に分類することができることが判明した。また、潮流系と密度流系の境界には潮汐フロントが形成されていることを示唆する結果であった。

参考文献: 1) 中辻啓二・山本信弘・山見晴三・室田明(1991): 海岸工学論文集、38巻、pp. 186-190。

2) 運輸省第三港湾建設局関西国際空港調査室(1990): 大阪湾南部性状調査報告書、pp. 276-331。