

## 水路開削工法による尼崎港の海水交換促進について

産業技術総合研究所中国センター 正会員 ○山崎宗広  
 広島工業大学環境学部 正会員 上嶋英機

## 1. はじめに

停滞性の強い尼崎港の水質を改善するためには港内の海水が流動し、港外の海水と交換する必要がある。著者らは、環境修復技術における海水の流れの重要性に着目し、尼崎港内の流れを制御して海水交換を促進する技術について水理模型実験により検討してきた<sup>1)</sup>。その結果、尼崎港東部埋立地の一部に水路を開削する水路開削工法は、港内の海水流動が大きくなり、海水交換に大きく寄与することが分かった。この水理模型実験では、水路開削工法による水平循環流の海水交換に及ぼす効果について検討したが、海水交換の機構として密度流の効果も期待できる。しかし水理模型実験では、密度流による鉛直循環流を水理模型内に再現することは非常に困難である。そこで本研究では、密度流による海水交換の効果を数値実験により評価し、水理模型実験の結果と比較して検討を行った。

## 2. 数値実験の概要

数値モデルは、潮流と淡水の流入に伴う密度流を考慮した多層モデル（4層：海面下0～2m, 2～4m, 4～8m, 8m～海底）として、水路開削工法の効果を数値実験により検討した。対象範囲は、図1に示すように尼崎港周辺の海域を100m格子に分割した領域とした。なお水路開削幅は、水理模型実験の時と同様に100mとした。地形および水深は海上保安庁発行の海図を基に設定し、境界密度は兵庫県立水産試験場による平成4～6年度（夏季6月～8月）の水温、塩分調査結果を基に設定した。計算は、当該海域で最も卓越しているM<sub>2</sub>潮を与え、流動および海水交換について行った。流動計算に用いた三次元の密度流モデルの基本式は、[連続方程式]、[運動方程式]、[水温・塩分の移流拡散方程式]で構成され、ADI法を用いて計算を行った。

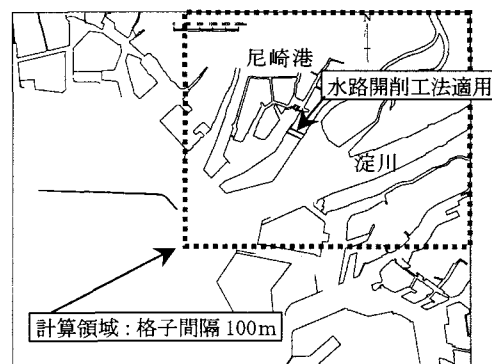
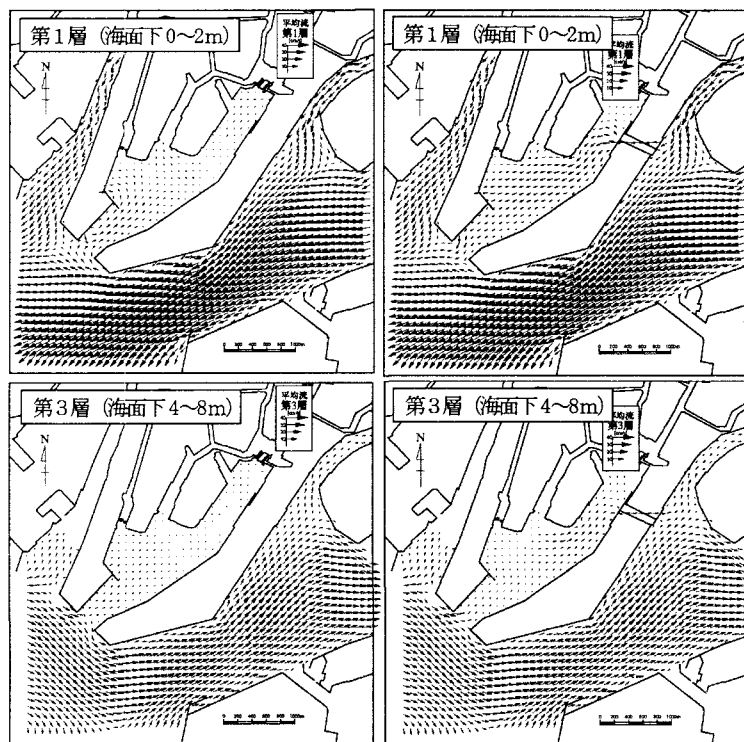


図1 計算領域

## 3. 計算結果と考察

1) 流動場の評価：図2は、一潮汐周期間の平均値（ここでは平均流と呼ぶ）の流速分布を示したものである。左図は現況地形、右図は水路開削工法を適用した場合のものであり、上層（第1層）と下層（第3層）の流速分布を示す。淀川河口においては、両ケースとも上層で沖合へ流出、下層で流入する強い河口循環流がみられる。一方、尼崎港内では、現況地形において、流れは小さいものの港口部の上層で港内へ流入する流れが、下層では流出する流れがみられる。しかし、港内奥部では、上層、下層ともほとんど流れがみられず停滞



左図：現況地形

右図：水路開削工法適用

図2 平均流の流速分布図

している。水路開削工法を適用したケースでは、開削部の上層から河川水が港内へ流入、下層で流出する流れが明瞭にみられ、鉛直循環流が港内で形成される結果となっている。このような流れが形成されることによって、港内奥部の停滞域を解消することができる。なお水理模型実験では、このような鉛直循環流を再現することは困難である。しかし、水理模型表面に浮かべた浮標の動きは、現状地形、水路開削工法適用のケースとも数値実験の上層の流れと良く似ている<sup>1)</sup>。

図3は、水路開削工法適用の有無による平均流の変化を示したものである。図は「水路開削工法適用の平均流－現況地形の平均流」の形で示し、上層(第1層)のものである。開削部付近では、流速が2 cm/sほど増加しており、その範囲は港内中央付近まで広がっている。

2) 海水交換の評価：次に港内の流動が、港内水と港外水との交換にどのように寄与しているかを調べるために、物質の移流・拡散を考慮した多層の保存系移流拡散モデルを用いて計算を行った。港内の海水交換の評価方法は、初期濃度として港内に濃度1 mg/L、その他の海域は濃度0 mg/Lに設定し、潮汐によって港内の濃度の変化を計算することによって行った。

図4は、計算より得た現状地形における20潮汐周期後の全層平均の濃度分布を示したものである。現状地形の港奥部では、0.2mg/Lと濃度が高く海水交換が悪いことが伺える。なおここでは、示していないが水路開削工法を適用したケースでは、20潮汐周期経てば港奥部も含めて港内全域で0.05mg/L以下の濃度となっている。

図5は、港内における平均濃度の時間変化を示したものである。海水交換が大きいほど、この平均濃度の減少が速いことを意味している。この図から、水理模型実験結果と同様に水路開削工法を適用することで海水交換が促進されていることが分かる。図5の平均濃度曲線を $\exp(-at)$ 、( $t$ は潮汐周期、 $a$ は定数)で近似し、 $0 \sim \infty$ まで積分して得られる平均滞留時間の値を求めると、現況地形で11.0潮汐周期、水路開削工法適用のケースで6.7潮汐周期となる。水理模型実験によって得られた平均滞留時間の値は、現況地形で21.4潮汐周期、水路開削工法適用のケースで9.9潮汐周期である<sup>1)</sup>。水理模型実験より数値実験の方が、平均滞留時間の値が短いのは、密度流の影響により、海水交換が促進されているためである。以上より、水路開削工法による海水交換促進のメカニズムは、水平循環流と密度流による鉛直循環流の増大によっていることが分かった。

本研究は、環境省の環境技術開発等推進事業「閉鎖性海域における最適環境修復技術のパッケージ化プロジェクト(研究代表者：上嶋英機、事務局：国際エメックスセンター)」の一環として行ったものである。

## 参考文献

- 1) 山崎宗広ら：水理模型実験による尼崎港の海水交換促進技術について、海洋開発論文集，第20巻，pp.977-982，2004。

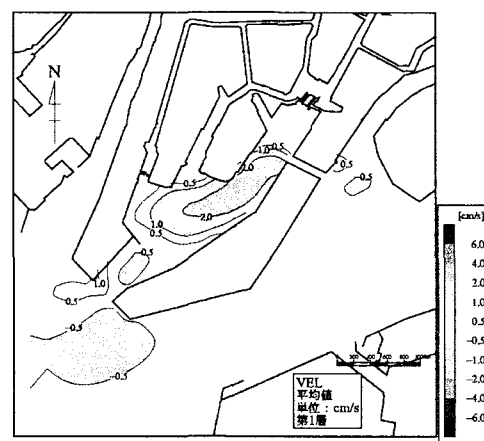


図3 工法適用による平均流の変化図

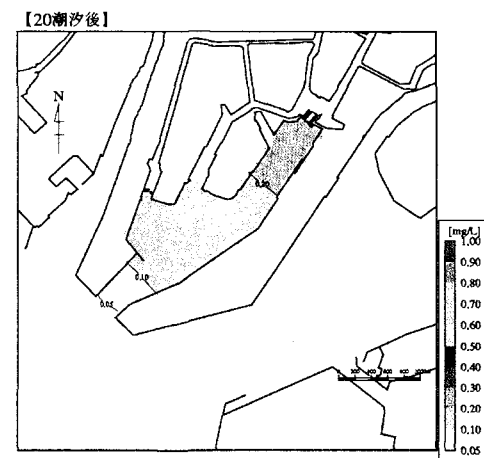


図4 20潮汐周期後の濃度分布図

## 港内の平均濃度

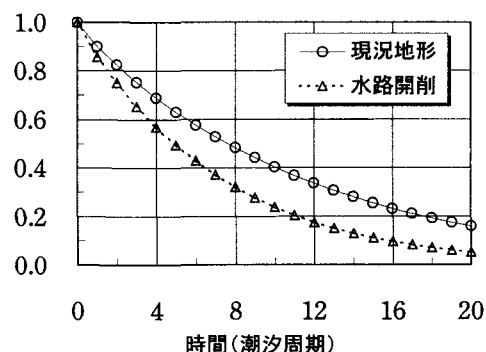


図5 港内における平均濃度の時間変化