

II-436

3-D粒子追跡による淀川河川水の移流・拡散過程

㈱建設技術研究所 正員 山根 伸之
 大阪大学工学部 正員 中辻 啓二
 日本道路公団 正員 末吉 寿明

1. はじめに : 水理実験で染料を流して見せれば水理現象を理解し易いように、数値実験結果を色で示したり、粒子群の動きで示せば、水理現象の新しい発見や現象の直感的な理解が増大する。本研究では、数値実験で得られた大阪湾のバロクリニックな流れ場において、淀川から放流した3万個の粒子群の3次元挙動を追跡し、流入した物質が大阪湾の中をどのように拡がり、またどの海域に滞留するかを検討した。

2. 研究の内容 : まず、大阪湾の流動場と密度場を求める3次元バロクリニックな流れの数値計算を行った。計算手法や計算範囲、ならびに潮汐や密度流束の諸条件は従来の計算（中辻ら(1992)海岸工学論文集）と同じである。粒子追跡のために鉛直方向流速や渦拡散係数をより正確に表現する必要があることから、鉛直方向の格子間隔を水深20mまでは2mで、それより深い海域は4、6、15、15mの14層に分割した。大阪湾では水深20mに沿って潮汐フロントが発達することから20mを基準とした。

5.1 潮汐目の流動変化を用いて粒子追跡の実験を行った。粒子の移流は粒子位置の流速により、また、乱れによる分散はマルコフモデル（角湯(1984)学位論文）を用いた。拡散係数はSGSの概念を採用し、自己相関係数の積分時間は30分、時間間隔 Δt は5分とした。淀川河口から3万個の中立粒子群を水表面から4mの範囲で一様に放流して、30日間にわたって粒子の移流分散過程を追跡した。

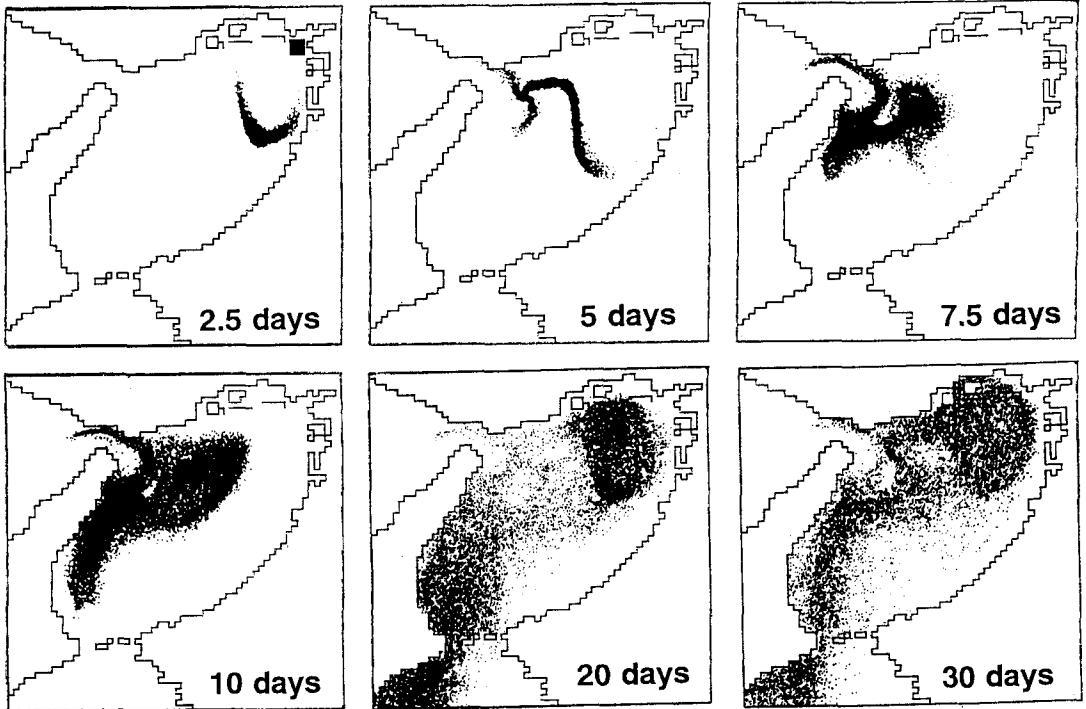


図-1 粒子群の水平方向の拡がり分布の時間変化

3. 実験結果とその考察

図-1は粒子群の水平方向の拡がり分布を示す。放流後の粒子群の動きは最初は南に向かい、その後三日月形状で20m水深線に沿って北西に引き延ばされたように移動する。5日後には粒子群は須磨沖で西向きに拡がり、垂水沖で明石海峡の往復流と混ざり合う。沖ノ瀬周辺部では水平方向の混合が強く、粒子群は大きく拡散する。10日後には、淡路島の海岸沿いに南下する粒子群と大阪湾の湾奥に向かう粒子群に分離される。この傾向は20日後や30日後の粒子群の分布にも顕著に認められる。前者は淀川からの流木等が洲本沖に溜まるという報告と、後者は湾奥部で生まれたあさりの稚仔が一旦見えなくなり、1ヵ月後に湾奥の沿岸部に戻ってくると言う漁師の話とも一致しており、興味深い。さて、このような粒子群の挙動は潮流系あるいは潮汐残差流だけの知見では説明し難い。密度差による成層効果や地球の回転効果がもたらす大阪湾の恒流系の影響が物質の輸送過程に多大な影響を及ぼしている。（中辻ら：1992）例えば、2.5日や5日に見られる帯状の粒子群の移流は潮汐フロントに沿った時計廻り西宮沖循環流によりもたらされた結果である。また、7.5日や10日の粒子群内の白い部分は沖ノ瀬環流の中心を示している。さらに、湾奥部に向かう流れは西宮沖環流の維持機構として必要な補償流的な低速の流れであろうと推測される。

そこで、全ての粒子を等緯度線に正射影させ、南方断面から大阪湾を観たときの粒子の分布を示したのが図-2である。潮汐フロントの位置は図の約40kmの地点にあたり、東側の湾奥の海域が成層化する。流出直後（2.5日）の粒子群は水表面を薄く拡がっているのに対して、40日後ではフロントを越えた時点で明石海峡からの強い潮流の影響を受けて全水深にわたって混合が生じているのが分かる。湾奥部に向かう粒子は水深4m～10mの範囲に多く、この流れは前述した成層界面より下で生じているのが特徴である。

つぎに、大阪湾内に残留する粒子数が半減する時間を調べたところ、それはおよそ20日（41.3潮汐）であることが分かった。そのなかの約62%（ $=9038/14520$ ）の粒子は湾奥の西宮沖環流の海底部に、また約13%（ $=1841/14520$ ）は沖ノ瀬環流に取り込まれている。両者に属する粒子の典型的な3次元挙動を示したのが、図-3である。

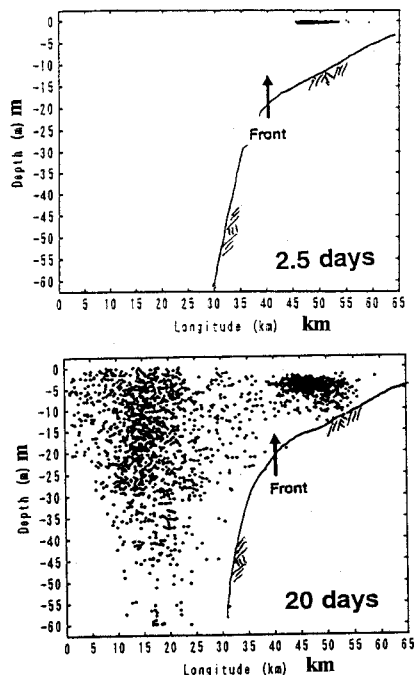


図-2 大阪湾を南方から見たときの東西断面内の粒子群の拡がり

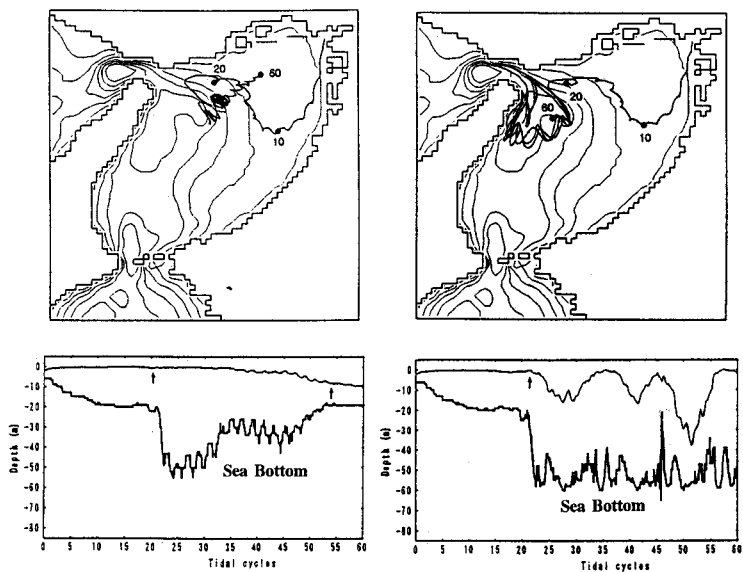


図-3 粒子群の水平面と鉛直面での典型的な3-D挙動