ＭＳＳデータ等による東京湾の自浄作用の解明について

菱田昌孝・監理課

Self Purification Process in Tokyo Bay
Analysed by MSS Data

Masataka Hishida : Administration Division

1. まえがき

海洋汚染現象を正確に把握するためには各種海洋データの総合的検討が必要である。しかし従来はデータを収集し，数多くの因子分析を行うことが困難なため，系を単純化した主に潮流変動による移流・拡散の解析のみで水質のシミュレーションを行ったり，非保存量の変動因子を含む複雑な生態系モデルによる将来予測の中に，風や密度流の効果が採用されていなかったりで，現場の汚染実態の正しい表現は困難であった。

そこで，海洋汚染の機構解明のため新たにランドサットＭＳＳの人工衛星画像，これと比較できる海潮流，水質，底質，降水量・風・視程などの多種類データを組み合わせて解析する方法を採用した。ここでは，20シーンの画像データをもとに，河川流入や風を考慮に入れた東京湾の自浄作用の過程を把握するため，降水量・風・水質分布図等との比較から東京湾の水系分類，年間の物質移動パターン図を作成した。

2. 解析方法と結果

1979年3月1日から1981年11月24日迄の20シーンのMSS 70㎜フィルム，CCTデータ等を用い主に4，5バンド画像のカラー合成，クラスター分析による強調を行った。得られた画像と水温・塩分・ＣＯＤ・透明度などの水質データとの対比，撮影時の潮流パターンとの比較，さらには1週間～1ケ月以前の降水量・風のデータとの関連について検討した。この結果，次の特徴的なパターン分類が可能であった。

Ａ：降水すなわち河川流入がほとんどなく，湾央は比較的清澄で，河口周辺に濁水が停滞。（７シーン）

Ｂ：降水量少なく，一般に濁水は河口付近に限られるが，一部湾奥などに広がっている。（５シーン）

Ｃ：中規模の降水があり，明確な特徴ある濁水の広がりが河口から湾内にかけ見られる。（４シーン）

Ｄ：降水量が大で，湾全体に大規模な濁水分布が展開する。（３シーン）

第１図　１２月１４日の画像スケッチ

E：海面か大気の現象か判定が困難な場合。（１シーン）

以上のように降水量の多少によって画像上の濁水分布は大まかに分類でき，Aは２週間程度またはそれ以上降水量が０に近い。またBは７～10日程度で10～20㎜の降水，Cは５～10日間に20～50㎜の降水，Dは１週間程度で50～100㎜の大雨がある場合に該当する。Aの典型例として，1979年12月14日の画像スケッチ等を第１図に示す。濁水の分布は，東京港，横浜港，船橋及び富津沿岸に見られるが沖合に張り出すパターンはなく，このときの降水はほとんど零である。これは風や水質データから，北西の風が連吹し，表層は30‰以下のやや低塩分の海水が見られるが，下層には34‰を越す清澄な外洋系水の流入を示す高塩分水があること，湾奥部の千葉～船橋沖の透明度が４～５ｍと高く，ＣＯＤ濃度が２ppm以下と低いことなどから，湾奥北部に湧昇があり，外洋水との交換が良い例と考えられる。また1979年8月１日の夏の場合は，第２図のようにAのパターンで河口周辺に濁水が停滞しているが，このときの透明度は１～２ｍと低く，ＣＯＤは湾奥で６ppm以上と高いことから湾内の有機汚濁が進んでいる例と考えられる。

次にAの対称ともいえるDの典型例として1979年10月12日の画像スケッチと塩分分布，流況図を夫々第３図～第５図に示す。多摩川～川崎～横浜～観音崎と神奈川県側の湾口に向かう程濁水濃度が大きくなる傾向を示す異常パターンは，10月７日に東京，横浜，千葉の各地で100㎜を越す降水量があったため河川流入により生じたことを推測させ，更に塩分の等濃度分布と見事に一致しており，画像情報が水質把握に役立つことを明示している。この場合は潮流図と比較すると濁水分布とは殆んど無関係であり，パターンを決める主因は河川流入である。Dは２０シーンのうち３シーンと出現頻度は少ないが，東京湾の物質循環を支配する自浄作用の重要な役割を河川流入水が果たすことを示している貴重な実例であり，流入河川が清澄であれば東京湾は確実に浄化されるが，逆に河川水が汚濁していると東京湾は勿ち死の海になることを意味している。

降水量が中規模以下のA，B，Cの３ケースを合わせれば出現率80％（＝16／20）で，２年半足らずの間の無作為抽出の結果と考えれば，一般的には東京湾の常態はBで代表される。このときは，1979年3月１日の写真１（カラースライ

第２図　８月１日の画像スケッチ

第３図　１０月１２日の画像スケッチ

ライス画像）のように風や潮流による流動の影響が画像上に舌状や鳥し状濁水分布として現われる。

画像データ等からのその他の特徴を拾うと，(1)湾奥の荒川河口，東京港付近は流入濁水の影響が大きい。(2)千葉県の小川，小糸川河口沿岸部には，岸沿いまたは沖合まで無機性濁水分布がしばしば見られる。(3)一般に湾奥及び沿岸部の汚濁が高く，湾口部には内湾水と外洋水の境界が見られ，湾奥，湾央，湾口と大別すると川崎～姉ケ崎，富岡～富津岬を結ぶ線が，ほぼその境界である。(4)河口，湾口部に10㎞以上の鳥し状濁水分布が時々見られる。等であるが使用した多数のデータは，別の文献に記載してあるので参照されたい。

3. 考察とまとめ

20シーンの各ケースを総合した東京湾の水系分類及び年間の物質移動パターンを第6，7図に夫々示す。水系分類は豊

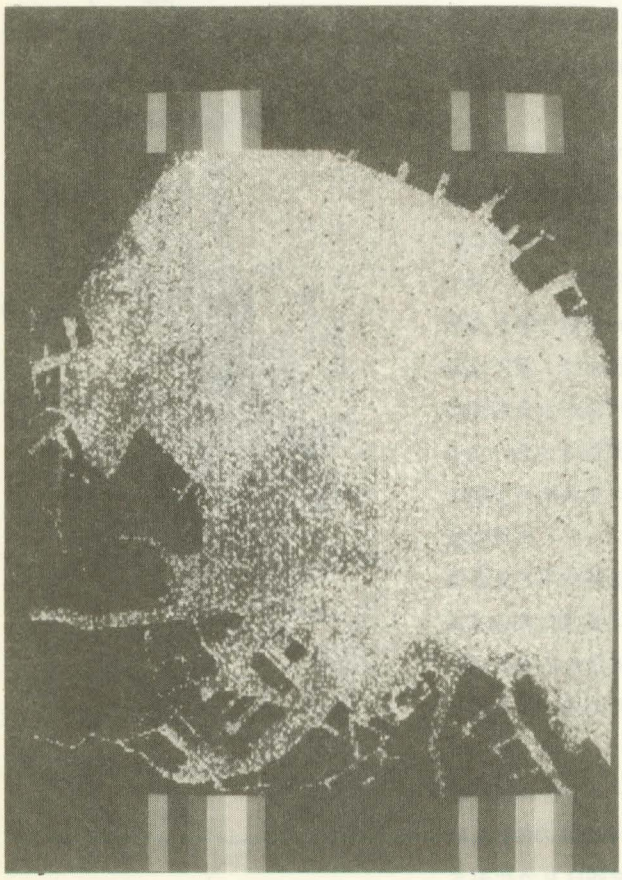

写真1　スライス画像（79. 3. 1）

第4図　東京湾水質測定結果

第5図　東京湾撮影時刻の流況図

富な水質データと画像データを組み合わせて作成したがその特徴は(1)船橋〜千葉沖の湾奥には，内部生産が高く，停滞性著しい有機汚濁水があり，青潮等の発生の温床と成っている。(2)東京港汚濁水は，荒川，隅田川，多摩川の影響を最も強く受ける有機汚濁水であるが，浄化は比較的早い。(3)本牧沖内湾汚濁水は鶴見川，川崎・横浜からの流入影響に東京港汚濁水の影響が付加された水系。(4)木更津沖無機性濁水は小　川，小糸川の砂・砂利などの無機性懸濁水系で東京湾底質浄化に寄与。(5)湾央内湾水は東京湾の汚染度を端的に知るのに最も役立つ水系で汚濁水と外洋系水の混合域。(6)湾口内湾系水は観音崎沖にあり，汚濁水が大量に流出するときの検定水となる。(7)湾口外洋系水は浄化の主役である外洋系水の湾内への流入経路上にある。(8)外洋系水は明鐘岬付近に境界を示す黒潮系分枝流の影響が大きい水域。等である。

次に物質移動パターンは水質データ及び潮流データより求めたが，その特徴は(1)表層では東京港，横浜港からの汚濁水は神奈川県側の沿岸を南下し，観音崎沖から外洋に流出する。降水，風の弱いときは，湾奥・沿岸に停滞する。(2)船橋〜千葉沖には反時計まわりの環流による停滞水域がある。(3)千葉県側には，ごく沿岸に近い処で南下流が見られ，富津岬を経て無機・有機濁水の流出に寄与。(4)外洋系水は主に湾中央〜千葉寄りにかけて流入するが，東京港などの湾奥部まで到達するのは湾央の下層を経由して流入する。また横須賀沖にも深層から外洋系水が流入する。

東京湾の自浄作用の主因は河川流入水，風，潮流，黒潮分岐であるが，A〜Dのケースをまとめると，(1)台風など大規模な降水のあるときは，河川流入水は短期的（1〜4週間）に内湾の濁水分布を決めると共に，その拡散係数の大きさからも中期的（数ケ月〜1年）にも影響は大きい。(2)風は5〜8月が南々東，10〜3月が北々西の季節風が多く，これによるエクマン輸送は，数日〜1ケ月の短期間の物質循環に大きな役割を果たす。(3)潮流変動は河川流入・風の勢力が小さいとき，半日周潮・日周潮により1日以下の超短期的な濁水分布を支配し，鳥し状・舌状などの特徴あるパターンを作る。また定常的な流動要素のため，長期的（1年〜数年）な濁水交換因子としても機能する。

以上の結果は，東京湾の自浄作用の過程を端的に表現しており，東京湾の環境保全を論じ，汚染対策を講じるときに有

第6図　東京湾の水系分類

第7図　年間の物質移動パターン

効利用できる。例えば，東京湾の底質分布を見ると湾奥から神奈川県側にかけヘドロか泥質が広がり，千葉県側の盤洲から富津岬にかけ砂質が広がっており，底質の重金属・有機物汚染分布もこのパターンと一致しているが，これは水系分類及び物質移動パターン基づく濁水の移動によりほぼ説明できる。また大量の降水時または北風が連吹したとき表層水は南下し外洋に向かうが，これを補うように東京湾の中央部の深層を外洋系水が，時に東京湾埋立地前面に迄達するよう北上することが今回明らかになった。このことは東京湾は半閉鎖系水域ではあるが，自然の大きな浄化作用が働いていることを意味し，河川や沿岸からの汚濁物質の流入負荷を削減すれば湾全体の浄化も可能であることを示している。湾内のヘドロ除去よりも河川浄化，河川底質のヘドロ除去の方が東京湾の浄化により有効であることを示唆しているともいえる。

参 考 文 献

日本国土海洋総合学術診断，昭和56年度技術報告集－海洋関係－，昭和57年3月，JAFSA RS REPORT 821006，菱田昌孝，岡崎修平：東京湾における汚染物質の移行経路について，55～84ページ