

中国工業技術試験所 正員 ○ 上嶋 英機

湯浅 一郎

藤原 建紀

1. はじめに：瀬戸内海における汚濁物質の拡散過程の解明と、予測手法の確立のため瀬戸内海水理模型を使用し実験的研究を行なっているが、前報に記したように潮汐、潮流に因しては一応の相似性が認められたので、染料（ローダミンB）をトレーサにした拡散実験を行なっている。瀬戸内海水理模型実験では、拡散実験の手法および拡散現象の相似性について基礎的な検討を加えながら、瀬戸内海全域における水質汚濁予測拡散実験を行っているが、本報ではこれらの実験から、水島群と尾瀬に關する資料を用いて濃度分布の繰り返し再現性、定常状態に達する過程と一周期放流による重ね合わせの可能性について、及び、瀬内での拡散の形態と問題点についての考察を報告する。

2. 実験方法：模型概率は前報¹⁾²⁾に示すとおりである。染料投入装置としては、極少量調整可能な定量ポンプを使用している。汚濁物質の指標としては、CODを選り、投入染料濃度は、環境庁の47年度、瀬戸内海水質汚濁総合調査から放出口を河川と工場及び事業場とに分け、各々のCOD汚濁負荷量を求め

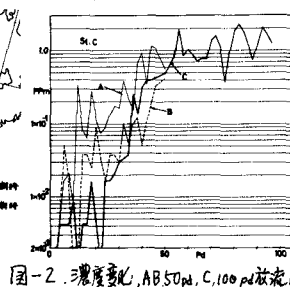
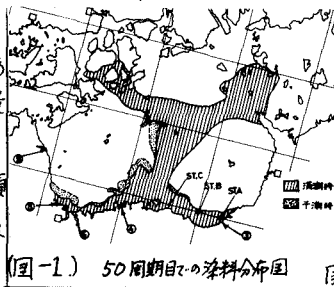


図-1. 50周期目の染料分布図

図-2. 濃度変化, AB50ppm, C, 100ppm放流による。

その3倍の値を使用した。投入流量は1級河川については建設省の資料より年平均流量を求め、他の河川と工場排水については上記環境庁の調査資料から求め使用した。実験は瀬戸内海を数単位に分け、河川と工場とは別々に実験を行った。実験潮汐は半日周潮(M2)をえ、50周期、100周期、及び1周期放流の3種類について行った。濃度測定はファイバースコープを利用した。採水のいろいろなプローブ比色計(Brinkmann製)1台を主要な所に設置し、1層、又は2層同時に連続測定した。他に100本採水器(カニオ製)を数台設置し満干時毎での採水と、採水器によらず直接人の手によりガラス棒で2周期毎満干時に10本採水した。採水試料は日立分光光度計により濃度測定した。一方写真撮影機行して干満潮時毎に行なった。

3. 繰り返し再現性について：河川及び工場群に分け、

しかも難毎に分けた実験結果の重ね合わせから、内海全域の分

布図を作成するには実験の再現性が満足されていなければならない。

そこで、尾瀬における工場群からの3回の50周期実験結果から再現性を見る。

(図-1, 表-1), 尾瀬は東西に環流があり、川入江、西条、新居浜から放出された染料は、

両環流の境に位置する大島より北上し魚島、江島附近で両環流の外輪に乗るよう

に東西に分かれ、この分岐点での拡散は著しい。しかし環流内部への染料の拡がりは、50周

期ではまだ認められない。このパターンは他の2回の実験についても同様に認められ、

平面的な分布に於ける再現性はほぼあると考えられる。しかし3回の実験の50周期目における染料分布を比較すると、

その位置が毎回多少変動しており、模型尾瀬における長周期の振動の存在を示唆している。次に3回の実験での2周期毎、満干

時採水の濃度変化を図-2に示す。3回の実験とも50周期に達するまでの再現性はないが、濃度増加の傾向は

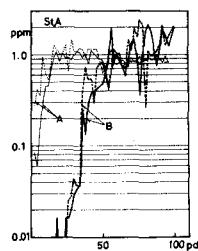
類似している。しかし50周期以降は、3回目の実験ではほぼ一定値に近づくので再現性は期待できそうであ

る。50周期までの変動は投入の初期条件にかはらず影響を受けると考えられる。しかし全体の値のバラツキ

については干満による染料分布の変動の他に、難全体の長周期の振動による環流のバランスのずれ、採水の方

放出口	染料濃度 ppm	流量 L/min	放出口	染料濃度 ppm	流量 L/min
①新居川	23.1	27.1	④江島	4.5	65.2
②新川	305.1	27.1	⑤新山	4.8	9.4
③工場	425.4	80.4	⑥江島	54.0	6.9
④工場	135.0	119.8	⑦新山	20.8	3.3
⑤新居川	227.1	19.0	⑧新山	9.4	3.1

表-1. 尾瀬、河川工場放流値

図-3. A: 河川, B: 工場
による100周期濃度変化図

法と位置、時間のズレ等により、濃度のバラツキがかなり発生すると見られる。

4. 定常性について： 拡散実験と現地調査の濃度分布を比較する場合、模型実験による染料濃度が定常値に達したもので比較する必要がある。図-2では50周期経過してもまだ定常値とは見え、100周期附近でほぼ定常値と見られる。しかしこの測定の定常に達する時間は、他の測定に比べ早い方で、特に環流内ではほとんど混合していない所もあり、灘全体が定常になるにはよほどの時間を必要とする。図-3に燧灘南岸の河川と工場群での100周期放流実験での2周期満ち時の濃度変化を示す。河川では50周期以降安定し定常となるが、工場ではピーク値は安定したようであるが、また大きい変動が認められ、同じ測定でも放流量、負荷量の違いにより定常状態に到達するまでの時間は異なる。次に、河川と工場での100周期放流実験による100周期目の値を使用し重ね合せた結果を図-4に示す。この図を環境庁の調査結果(47年度)COD分布図と比較すると南部沿岸の分布と、大島より北上する傾向は大きく一致しているが、濃度の絶対値についてはBack groundを乗せても、まだかなり低目である。現地資料と拡散実験濃度を説明するために、また拡散実験結果を排水計画に合理的に利用するために、1周期放流実験が知られているが、高梁川から染料を1周期放流し、グローベ比色計により濃度を測定しその結果から30周期の重ね合せを行った。その値と、30周期連続放流し同位置で得た濃度変化を比較したのが図-5であり、1周期放流による重ね合せが良好な一致を示している。グローベ比色計は連続的に濃度測定が可能であるので、100周期放流実験で得た記録から、1周期平均濃度： $\bar{C}$ 、と標準偏差値： $\sqrt{C^2}$ 、その比 $\sqrt{C^2}/\bar{C}$ について解析したものが図-6である。この測定では100周期になっても安定せず長周期変動を持っている。しかし $\sqrt{C^2}/\bar{C}$ の値は次第に小さくなる傾向を示している。

5. 拡散の形態について： 各灘での拡散実験を通して、その拡がりの過程、形態は水平にも鉛直にも、場所固有の特長が見られる。燧灘での平面的な拡がりから見れば、環流の外側である東南部沿岸付近の(川え江、三島沖)の張りき(タイプI)、両環流の境を通り大島より北上する立ち上りの場(タイプII)、環流内部(タイプIII)と、3つにそのパターンを分類できる。そして各々の場では濃度変化に対する安定性、定常時間、拡散係数は各々違った特長と値を持っている。英源によるそれらの場での拡散係数は、タイプIで $2 \sim 3 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、タイプIIでは $1.0 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、タイプIIIでは $1.2 \sim 1.8 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ となり、タイプIIの場はかなり高い値を示している。鉛直方向においても図-7にグローベ型比色計の結果を示すごとく、放出された染料水は、かなり全域に於て表層をよって拡がり成層した分布を示す。図-8は表層と中層の染料濃度が時間と共に増加していく傾向を示すが、成層状態が維持されており、拡散現象の相似性に成層状態に関する考慮が省けないことを示している。

6. あとがき： 以上より大型水理模型を使用している拡散実験では、まだ解決すべき問題が多く、従来行なわれている拡散実験についても再検討する必要がある。採水法についても、今回使用したグローベ比色計のように多層を同時に直接測定出来るもので行うことが必要である。

参考文献

- 1) 早川、田辺、高杉 オリ回年鑑(1976)
- 2) 室田、肥後、星加 R29回年鑑(1976)
- 3) T.E. Bailey et al., J. SED, 22, Oct 1966

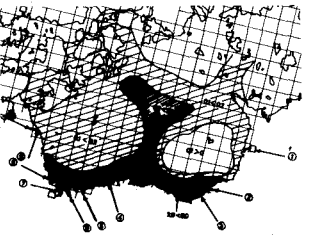
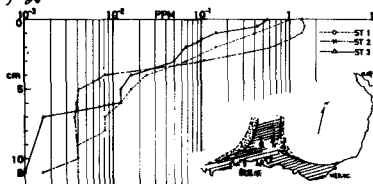


図-4. 河川、工場、100周期目重ね合せ濃度分布図

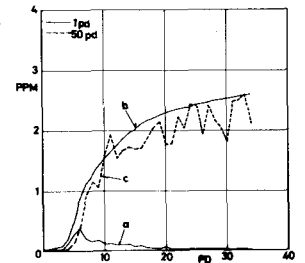


図-5. a: 100周期放流, b: 30周期放流による重ね合せ

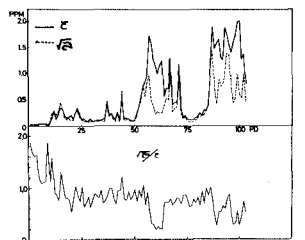


図-6. St. B. の $\bar{C}$, $\sqrt{C^2}$, $\sqrt{C^2}/\bar{C}$

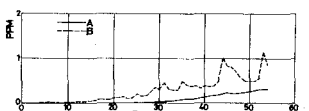


図-8. 広島湾 ($h=8\text{cm}$) の A: 中層 (4cm), B: 表層のグローベ比色計による値

← 図-7. 新居浜沖での鉛直濃度分布図 50周期放流 (工場)