

II-105

一次元模型による瀬戸内海の拡散現象に関する研究

建設省 近畿地方建設局 六甲砂防工事事務所 藤本 佳彦
長岡技術科学大学 正会員 早川 典生

1. はじめに

瀬戸内海全域の水質予測数値モデルの中で、最も単純でなおかつ瀬戸内海の地形的特徴を表わすことのできるものとして、一次元拡散モデルがある。複雑な地形をなす瀬戸内海全体の高精度な拡散モデルは、二次元あるいは三次元であるべきであろうが、長期的な予測や一部水域のモデルのための境界条件を定めるには、この一次元拡散モデルは有効となる。

2. 一次元モデル

一次元モデルとは、瀬戸内海を断面内では水平・鉛直方向とも分布が様な一次元の水路とみなし、河川水・降水・蒸発等による淡水の供給、および外洋からの海水の流入を考慮して拡散方程式の解を求め、これを塩分の分布に適用して現実の塩分分布と比較し、未確定なパラメーターの評価値を求めるものである。この未確定なパラメーターの代表値が、拡散係数、分散係数である。

3. 本研究の目的

一次元モデルの例としては、瀬戸内海全域を3(1)本の水路と見なした速水・宇野木¹⁾の3分岐モデルと、8本の水路と見なした犬飼・早川³⁾の8分岐モデル(図1)がある。両者はいずれも拡散係数として、全域を一定値とした $10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ を採用したとき、現地の塩素量分布をよく再現している。

確かに全域を一定値とした場合はこの値が適当であるようだが、周防灘あたりでの低い塩素量を再現できておらず、そこではより小さい拡散係数の採用が必要のようである。

そこで本研究は、こういった結果になった原因をさぐり、周防灘を含めて全域で塩素量をよく再現する拡散係数の分布を求めるものとする。さらにそのモデルに、実際のCOD負荷量を与えて、水質汚濁予測シミュレーション計算を試みる。

4. 一次元拡散模型理論

全長 L の一本の水路を考え、断面積を A 、単位長さ当りに水路に流入する河川の水量を q 、水路の始点での流量を Q_0 、拡散係数を K とする。また、始点で与えた物質濃度 C_0 は、終点では C_L に変化し、その間の任意点での物質濃度 C は、(1)・(2)式の解である(3)式で得られる。ここで、 m は水路内に流入する物質の量(負荷量)、 ρ は海水の密度である。本研究では、3分岐よりも8分岐の方が塩分分布を細かく再現することから、犬飼・

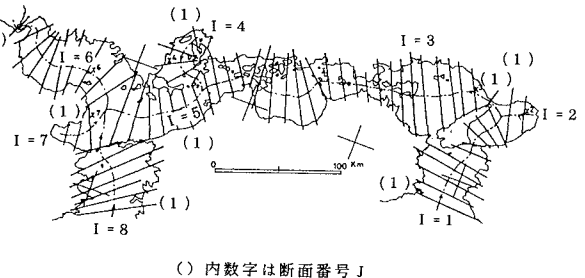


図1 8分岐モデルの座標図

$$W(x) = Q_0 + \int_0^x q(\xi) d\xi \quad (1)$$

$$\frac{d}{dx} \left(AK \frac{dC}{dx} - WC \right) = -\frac{m}{\rho} \quad (2)$$

$$C^i = e^{P_x^i} \left\{ C_0^i (F_L^i - F_x^i) + C_L^i e^{-P_L^i} F_x^i \right\} / F_L^i \quad (3)$$

ここで、

$$P_x^i = \int_0^x \frac{W}{AK} d\xi, \quad F_x^i = \int_0^x \frac{1}{AK} e^{-P_{x'}^i} d\xi$$

早川により開発された分割間隔 10km の瀬戸内海 8 分岐モデルを採用することにした。

5. 計算条件

淡水供給量は 1973 年度の環境庁調査に基いた値を採用し、速水・宇野木らが示唆しているように、計算にはこれに 0.75 を乗じた値を用いた。また境界条件として、塩素量濃度は $C_0 = (18.091, 16.837, 16.958, 18.25, 17.25, 18.75)$ とし、流入量においては速水・宇野木に従い、全域への淡水供給量の 1.09 倍が紀伊水道から流出、0.15 倍が豊後水道から流入、0.06 倍が関門海峡から流出するものとした。計算値と比較することになる実測値は、1973 年の 5 月の表層塩素量分布図から、各区間の平均値を求めたものを採用した。

6. 塩分計算結果および考察

周防灘のどの範囲がどれほどの拡散係数で表わされるのかを調べた結果、実測値に近い値を示したのは、座標 I6J2～I6J8 を $2.0 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{sec}$ にした時だった。つまり関門海峡を指す座標 I6J1 と、分岐点 T₅₆₇₈ に近い座標 I6J9, I6J10 を除いた範囲ということになる。またその他海域での拡散係数は、 $5.0 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ が適当であることを得た。

これにより、周防灘の一部とその他海域との比が $1/250$ になった。

7. 水質汚濁予測シミュレーション計算

拡散係数として、周防灘の一部は $2.0 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{sec}$ 、それ以外の海域では $5.0 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ を採用すれば、現地の塩素量分布を再現することが確認された。そこでこのモデルを用いて、環境庁の 1973 年水質汚濁総合調査での COD 負荷量を与えて、水質汚濁予測シミュレーション計算を行なった。境界条件として、COD 濃度は $C_0 = (1.10, 2.96, 1.29, 2.55, 2.99, 0.80)$ を用いた。

COD 計算結果から、大阪湾とその周辺での濃度が極めて高いことがわかる。また、別府湾と周防灘においても濃度が高い状態にあるといえる。

8. 結 論

- 1) 周防灘の大部分の範囲では、拡散係数として $2.0 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{sec}$ を用いて、より実測値に近い計算値が得られた。またこの時、その他の海域においても拡散係数は $10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ でなく、 $5.0 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ がより適当であることを示した。
- 2) 周防灘の一部とその他海域との拡散係数の比が $1/250$ になったことから、拡散係数でみた場合、伊予灘と周防灘あたりにははっきりとした境界があるといえる。また周防灘においては、関門海峡による外海との海水交流があまりよくないともいえる。
- 3) 水質汚濁予測シミュレーション計算では、全体的によく現地の濃度分布を再現できた。

参考文献

- 1) 速水・宇野木：瀬戸内海における海水の交流と物質拡散、第 17 回海岸工学講演会論文集、土木学会、1970。
- 2) 早川・犬飼：瀬戸内海の一次元拡散模型（瀬戸内海 8 分岐モデル）と分散係数、1991。

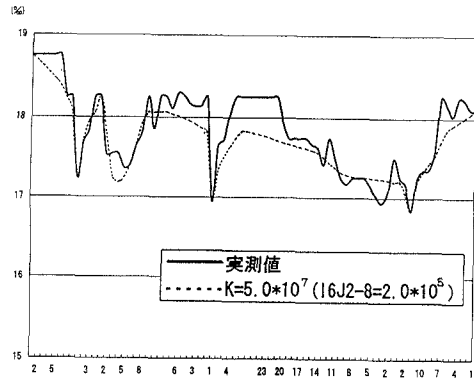


図2 塩分計算結果

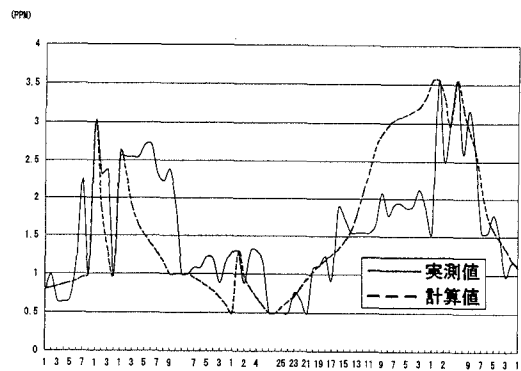


図3 COD計算結果