

II-606 内湾における渦動粘性係数・渦動拡散係数の評価法について

九州大学大学院○学生員 矢野真一郎 九州大学工学部 正 員 小松 利光
九州大学大学院 学生員 松永 康司 九州大学工学部 正 員 朝位 孝二

1. はじめに 内湾や沿岸部における潮流の計算や水質汚染問題、またその浄化対策等について検討する際に、コンピューターによる潮流シミュレーション・水質拡散シミュレーションは今や不可欠な手法となっている。渦動粘性係数・渦動拡散係数は現象を規定する重要なファクターとして従来より種々の研究が行われてきたが、これらの係数の簡単かつ正確な評価法は現在までのところまだ確立されているとはいえない。シミュレーションを行うに当たり、適当に仮定したり、限られた地点での乱れの測定結果から推定したり、また一定値を仮定して計算を行い、得られた計算値を実測値にfittingさせることにより試算的に渦動粘性係数 ν_t ・渦動拡散係数 ε_t を求めているのが現状である。しかしながら、本来 ν_t や ε_t は流れや乱れの特徴、地形や気象の条件から決定できるはずのものである。そこで本研究では ν_t 、 ε_t は、場所毎の代表流速と代表長さの積に比例するものとして、博多湾、有明海、鹿児島湾の潮流・水質拡散シミュレーションを行い、拡散能の効果が直接的に反映される水質拡散シミュレーションの結果と実測値の比較から、比例定数の普遍的な決定を試みた。この普遍定数の決定により、潮流の卓越した湾における場所毎の ν_t 、 ε_t を正確かつ容易に評価することが可能となった。

2. 渦動粘性係数 ν_t ・渦動拡散係数 ε_t の評価 水深方向に積分して得られた2次元単層非定常モデルの場所毎の水平渦動粘性係数 ν_t ・水平渦動拡散係数 ε_t は代表流速と代表長さの積に比例するものと考え、代表流速として場所毎の潮流最大流速 V_m を、代表長さとしては場所毎の平均水深 h を採用し、比例定数を α として以下の様に仮定した。

$$\nu_t \approx \varepsilon_t = \alpha V_m h \quad (1)$$

上式を用いて、前述の3つの湾について潮流・水質拡散シミュレーションを行った。

3. 数値解析

基礎式としては、水深方向に積分し平均することにより得られた2次元単層非定常モデルにおけるx方向、y方向の運動方程式、連続の式及び移流拡散方程式の4式を用いた。計算条件を博多湾の場合について表1に示す。また、計算手順については、図-1のフローチャートに示した。水質拡散シミュレーションでは、保存物質として塩素イオン濃度を対象として計算を行った。境界条件は、湾口で実測値より18.8‰、陸地境界上で濃度flux=0を与えた。計算方法は、移流拡散方程式についてSplit Operator Approachを採用し、移流項の計算には小松らにより開発された高精度の6-point schemeを、拡散項は中央差分を用い一周期の平均濃度が定常になるまで計算を行った。この一連の計算を種々の比例定数 α について行い、その水質拡散シミュレーションの計算結果と実測データを比較検討し、最も現況をよく再現している α を、その湾における比例定数とした。

4. 計算結果

博多湾における $\alpha = 70$ の場合の水質拡散シミュレーションによる塩素

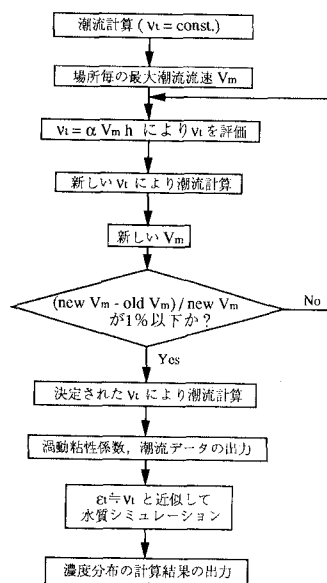


図-1 計算手順

イオン濃度分布を図-2に示す。また、計算結果と実測値の比較を容易にするため一次元化して図-3に示す。比較地点は図-2中に黒点で示している。博多湾における比例定数は $\alpha = 70$ 程度であることがわかる。同様にして有明海と鹿児島湾についても計算結果と実測値との比較検討を行い、有明海については $\alpha = 15$ 、鹿児島湾については $\alpha = 35$ 程度の値が得られた。（図-4、図-5）

表-1 計算条件（博多湾）

(1) 潮流シミュレーション	
計算格子間隔	$\Delta x = \Delta y = 300$ (m)
時間格子間隔	$\Delta t = 10.0$ (sec.)
コリオリ係数	$f = 0.81 \times 10^{-4}$ (s^{-1})
海底摩擦係数	$\gamma^2 = 0.0026$
外海との境界条件	$\zeta = 0.57 \cos(2\pi t/T)$ (m)
周期	$T = 12\text{hr.}25\text{min.}$
(2) 水質拡散シミュレーション	
計算格子間隔	$\Delta x = \Delta y = 900$ (m)
時間格子間隔	$\Delta t = 300.0$ (sec.)

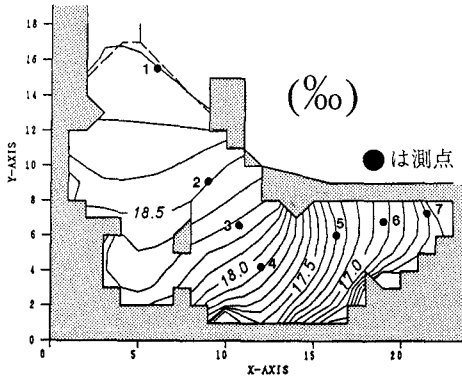


図-2 塩素イオン濃度の計算結果（博多湾）

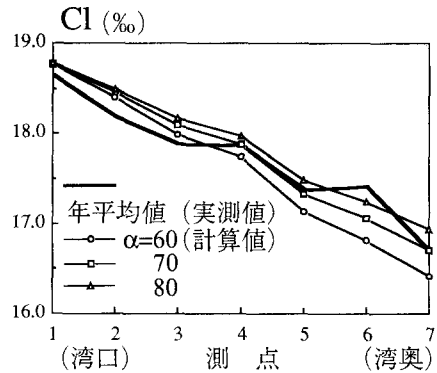


図-3 計算値と実測値の比較（博多湾）

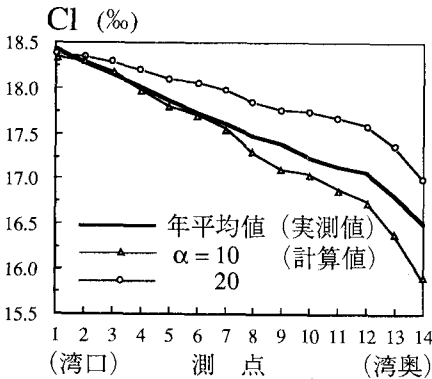


図-4 計算値と実測値の比較（有明海）

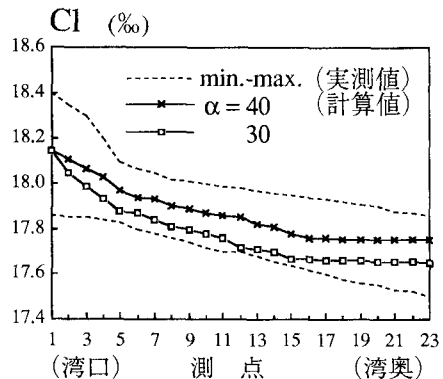


図-5 計算値と実測値の比較（鹿児島湾）

5. むすび それぞれの湾において α はほぼ一定値をとることが明らかになった。値自体は、 $\alpha = 15 \sim 70$ と湾によりある程度のパラツキが見られるが、ここに得られた α の値と(1)式から、湾における渦動粘性係数・渦動拡散係数はかなりの精度で容易に評価ができることになる。 α 値がある程度の幅を持つことについては、渦動粘性係数や渦動拡散係数が代表流速と代表長さだけではなく、各湾における成層化の度合いや風況などの気象条件にも依存しているためと思われる。また、数値解析において、流れの水平代表スケールに対する計算格子間隔(Δx , Δy)の大きさが影響していることも考えられる。したがって各湾において一定の比例定数としてとらえていた α を今後 $\alpha = \alpha(\Phi, \Psi, \Omega)$ [Φ , Ψ , Ω はそれぞれ成層化、吹送流、計算格子間隔の大きさの程度を表すパラメーター] と表し、各パラメーターの α に対する効果について定量化を図っていきたい。