

京都大学大学院 学生員 ○坂口拓史 京都大学防災研究所 正員 井上和也
 東京電力 正員 田中正博

1. はじめに: 本報は, 河口感潮域における塩分遡上現象の再現と予測を目指して, 3次元数値解析モデルの開発を行うものである。モデルの構成上では, 計算対象領域内の格子の大きさおよび座標軸方向をその空間スケールや河川の平面形状に応じて適宜変えて, 河川の複雑な平面形状を表現しようとしている。大きさや方向の異なる格子間は, 地形の特徴が正しく反映されるように水理量の授受を行なっている。

2. 3次元モデルの適用: 塩水遡上の解析では下流端の境界条件である塩分濃度の与え方が難しい。河川の流出が及ばないほどの沖を下流端とすると, 河川から海域へ流出した流れに, 3次元の解析が必要となる。本報では, 浅水近似を用いて鉛直方向の運動方程式を圧力の静水圧分布式で置き換えた, 3次元モデルを, 対象領域の全域に適用する。

3. 解析モデルの構成: 図1に示されるように, 計算対象領域は河口から上流約40kmの広範囲におよぶため, 全計算対象領域を2分した。まず, 海域を含み基準点から約6km上流までを1つの計算領域として扱い, 比較的大きな差分格子によって計算を行い(海計算), 1kmから40kmまでの区間を比較的小さい差分格子を用いて計算を行う(川計算)。なお, 川計算の下流端境界には仮想格子を海計算の内部に設け, ここにおける海計算の結果を川計算の下流端境界条件として用いる。また川計算では, 河道湾曲部を表現するために, 計算領域をさらに4つに分割し, 座標軸の一つをその区分ごとの主流方向に一致するように回転させる。座標軸を計算領域の区分ごとに回転させた場合についても海・川の接合と同様に, 仮想格子を用いた接合を行う。図2は, 座標軸の回転を考えた計算領域の接合法を示す。接合部分における, 上流側区間の下流端境界および下流側区間の上流端境界の差分格子が, それぞれ仮想格子となっている(○および△印)。上流部の仮想格子の水理量には, 空間的に考えてそれらに対応する下流部の差分格子(●印)の水理量をそれぞれ与え, 同様に下流部の仮想格子の水理量についても, 対応する上流部の差分格子(▲印)の水理量を与えて計算を行う。なお, 潮位の変化によって空の格子に浸水する場合や, 逆に格子が空になる場合, 分割・合体法を適用した。水位が低下したときの底面座標および鉛直方向の渦動粘性係数による計算の不安定を避けるため, 部分的にimplicitな差分式を用いる。¹⁾

4. 適用結果: 差分格子の大きさは, 海計算では $\Delta x = \Delta y = 200\text{m}$, 川計算では $\Delta x = \Delta y = 100\text{m}$, 鉛直方向にはいずれの計算でも $\Delta z = 1.0\text{m}$ である。計算時間間隔はいずれの計算とも $2\Delta t = 2.0(\text{sec})$ とする。海計算の上流端の境界条件とくに塩分濃度には本来観測値を与えるべきであるが, 資

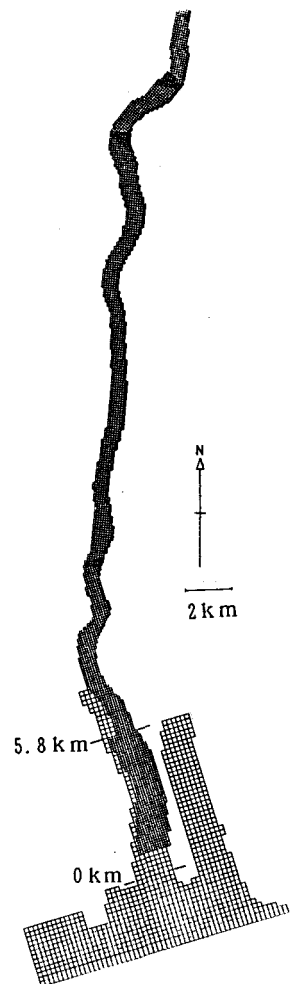


図1 計算対象領域の平面図

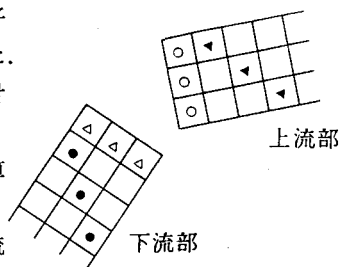


図2 接合部の差分格子対応図

料が必ずしも十分でないため、本報では淡水の密度 ($\rho_0=1000(\text{kg/m}^3)$) を計算期間中一定として与える。

(1) 海計算の結果と考察：図3および図4は大潮の満潮時および干潮時の計算結果より河道最深部に沿った流速ベクトル図及び Cl^- 濃度分布である。満潮時には鉛直方向の濃度勾配は小さく、干潮時にはそれがかなり大きく現われているとみられる。また、両図中の I 線上の各値は、現地観測のでの Cl^- 濃度である。 Cl^- 濃度は、満潮時、干潮時ともに計算値が観測値より小さくなっているが、これは計算では I 線が上流端となり、ここで上記のように淡水の濃度を与えており、図5(a)および(b)は、河口から0kmの地点(地点0)における(a)流れ方向の流速(上流向きを正)および(b) Cl^- 濃度の鉛直分布である。図6(a)、(b)は4km地点(地点P)の同様の結果である。上流の地点Pでは下層の Cl^- 濃度が満潮時と干潮時とではほぼ等しく、また干潮時の Cl^-

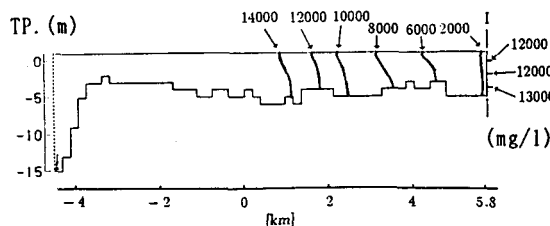


図3 河道最深部に沿った Cl^- 濃度分布図(満潮時)

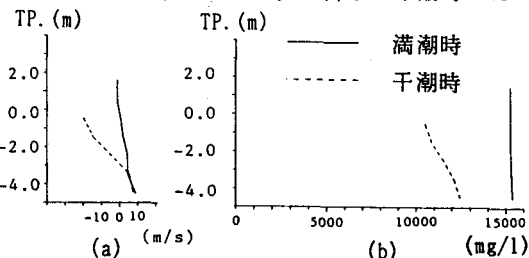


図5 地点0における流れ方向の速度および Cl^- 濃度鉛直分布

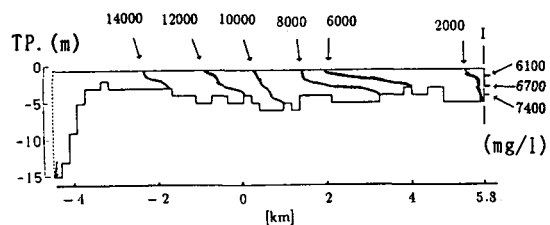


図4 河道最深部に沿った Cl^- 濃度分布図(干潮時)

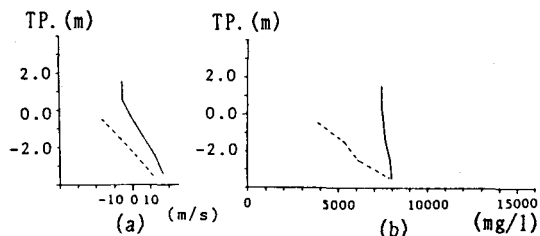


図6 地点Pにおける流れ方向の速度および Cl^- 濃度鉛直分布

濃度の鉛直勾配は地点Pの方が地点0より大きくなっている。このことから、下流の地点Pでは潮汐の影響が比較的大きく、地点Pでは、河川水によるフラッシングの影響が比較的大きく現われるといえよう。

(2) 川計算の結果と考察：計算開始後34.5時間の接合部での流速の平面分布を図7(表層、このときの水位は $\text{TP}+0.009\text{m}$ であるので、表層の層厚は 0.009m である)および図8($\text{TP}-1.0\text{m}$ から -2.0m の層)に示す。やや下層の図8ではほぼ上流から下流に向かう比較的なめらかな流れが現れているが、表層の図7では流向・流速ともに乱れが大きい。このようなばつきは計算手法の不備から生じていると考えられる(つまり、水理現象としてばつきが現われているとは考えにくい)ので、今後さらに計算上の検討が必要である。

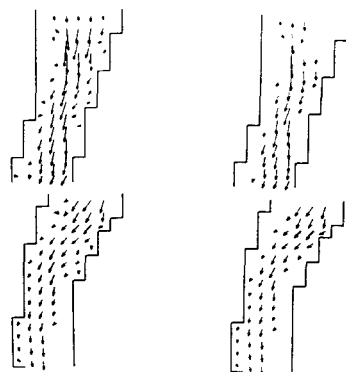


図7 ($\text{TP}+0.009\text{m}$, 表層) 図8 ($\text{TP}-1.5\text{m}$)

計算開始34.5時間後の接合部での流れの様子

5. おわりに：3次元モデルを現地河川に適用した結果、河道の曲がりを考えない場合(海計算)にはある程度の再現性が得られたと考えている。今後、計算上の問題として海計算上流端での Cl^- 濃度の与え方や河道弯曲の取扱いを改良するとともに、水理的な課題として水深方向の塩分輸送の表現について考察を進めたい。

参考文献 1) 井上和也・田中正博：3次元解析モデルによる塩水遡上の解析，水理講演会，1993