

メッシュの鉛直分割法が数値シミュレーション結果に及ぼす影響

岡山大学 学生員 ○由良 英作
 岡山大学 正員 河原 長美
 岡山大学 学生員 高杉 滋

1. はじめに

密度躍層が形成される水域においては、これにより鉛直方向の流れや物質拡散が抑制され、また、水平方向の流れやこれによる物質輸送も大きな影響を受ける。ところで、数値シミュレーションにおいては計算過程でメッシュ内での流速や濃度の平均化もしくは平滑化を伴うので、鉛直方向のメッシュの分割法は、鉛直方向の密度分布や流況の概要を決定している事につながり、メッシュの鉛直分割法が密度流の計算結果に及ぼす影響は大きいものと考えられる。ここでは高梁川の潮止め堰を越流して生じた塩水遡上を取りあげ、鉛直メッシュの違いによる流況や塩分分布の計算結果の相違を検討する。

2. 解析方法

(1) 基礎式および基礎式の差分

本研究では、次のような連続式、運動方程式、および拡散方程式を用いる。

$$\textcircled{1} \text{ 連続の式: } \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

\textcircled{2} 運動方程式:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial (uu)}{\partial x} + \frac{\partial (uv)}{\partial y} + \frac{\partial (uw)}{\partial z} = f u - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial (vu)}{\partial x} + \frac{\partial (vv)}{\partial y} + \frac{\partial (vw)}{\partial z} = -f v - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad f = 2\omega \sin\psi : \text{コリオリ係数}$$

\textcircled{3} 拡散方程式:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial (cu)}{\partial x} + \frac{\partial (cv)}{\partial y} + \frac{\partial (cw)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right)$$

上式を差分化し、水域を鉛直方向に最大5層に分割して解析した。なお、差分のスキームは、運動方程式、拡散方程式に対して、空間的には中央差分を用い、また、時間的には移流項、コリオリ項、圧力項にリーブフロックススキームを用い、粘性項、拡散項には前方差分を用いた。

(2) 境界条件

防潮堤を境界として、対象領域からの流出、異常高潮時の塩水の流入が起こる。防潮堤には堰の公式¹⁾を適用して流入、流出量を算定した。

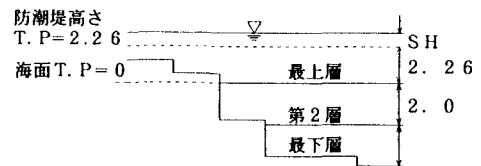


図1 3層メッシュ

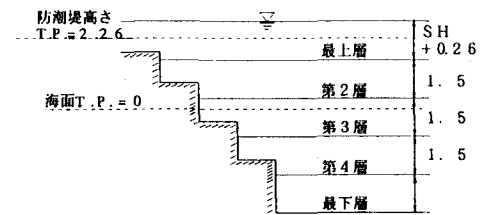


図2 5層メッシュ (Case 1)

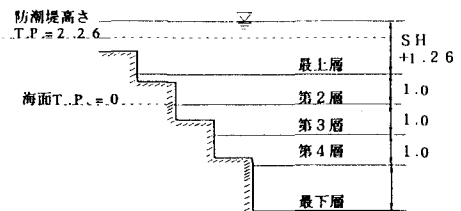


図3 5層メッシュ (Case 2)

(3) メッシュの分割法

各メッシュの分割法を、図1、図2および図3に示す。5層メッシュのCase 1とCase 2の相違は、塩分躍層の配慮にあり、Case 1では塩分躍層に関係なくメッシュ分割したが、Case 2では観測による塩分躍層の位置に留意してメッシュ分割した。

3. 解析結果

(1) 流動パターン

3層メッシュ²⁾と5層のCase 1の場合における最高潮位時における計算結果を、図4、図5に示す。図によれば、3層メッシュでは流速が平均化されていたが、5層メッシュCase 1では、多層化により詳細な流況が再現されている。しかし、第1層と2層で大きく流向の異なる方向の流れが生じているが、これには表層の層厚が関係していると考えられ、吹送流が卓越する場合には表層の層厚も十分検討する必要がある。

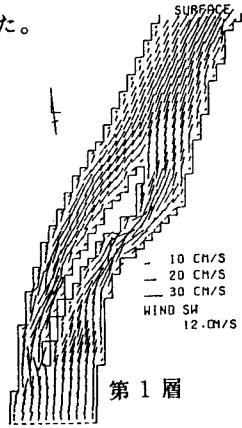


図4 3層メッシュ

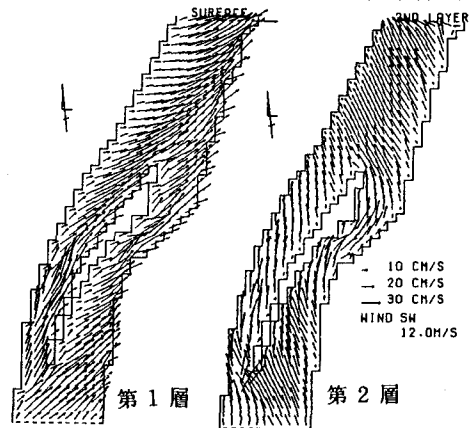


図5 5層メッシュ (Case 1)

(2) メッシュの分割法と塩分濃度分布

ほぼ同じ水深である5層Case 1とCase 2の各第2層における、最高潮位時から1時間後の塩分濃度の比較を図6に示す。塩分躍層に関係なくメッシュ分割したCase 1に比べて、塩分躍層の位置に留意してメッシュ分割したCase 2のほうが、上流への塩分の輸送量が多いことが分かる。

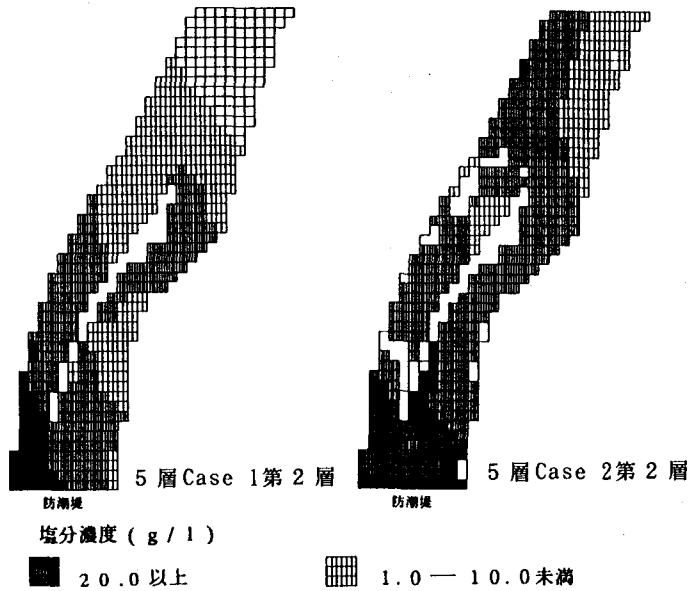


図6 メッシュの分割法の違いによる塩分濃度分布の相違

4. おわりに

メッシュの鉛直分割法の違いによって、塩分の遡上の仕方や流況の計算結果に大幅な違いが生じた。観測値が不足

しているので優劣の判断は困難であるが、実際の現象を再現するに適したシミュレーションを行えるメッシュ分割法があるのではないかと考えられる。今後、観測を含めて検討を加える予定である。

〈参考文献〉1) 土木学会編：水理公式集、昭和46年改訂版、2) 高杉滋：高梁川における高潮による塩水侵入と塩害防止対策に関する研究、岡山大学工学部土木工学科特別研究、平成5年