

1はじめに

岡山県西部を流れる高梁川では、過去20年間で7回異常高潮時に、防潮堤を越流し遡上した塩水により工業用水等に大きな被害がでた。とりわけ1991年の台風19号来襲時には、約100万 m^3 もの海水が遡上し、被害は長期にわたった。本研究では、この1991年9月27日の台風19号を対象とし、防潮堤を越流し遡上した塩水の挙動を3次元数値シミュレーションにより再現するとともに、塩分除去対策を検討するものである。

2解析方法

(1)基礎式および基礎式の差分¹⁾

本研究で対象としている流れは非圧縮性流体で、鉛直方向流速 w に関する加速度項は、重力加速度および圧力項に比べ非常に小さいので無視でき、静水圧分布が仮定できる。従って連続式、運動方程式は次のようになる。

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

$$\textcircled{2} \text{運動方程式: } \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial (uu)}{\partial x} + \frac{\partial (uv)}{\partial y} + \frac{\partial (uw)}{\partial z} &= f_u - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial (vu)}{\partial x} + \frac{\partial (vv)}{\partial y} + \frac{\partial (vw)}{\partial z} &= f_v - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= -\rho g \end{aligned}$$

また、塩分濃度などのような保存性物質の拡散に対しては、次のような拡散方程式を用いる。

$$\textcircled{3} \text{拡散方程式: } \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial (cu)}{\partial x} + \frac{\partial (cv)}{\partial y} + \frac{\partial (cw)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right)$$

上の式を差分表示し水域を最大3層に分割して、マルチレベルモデルを用いて解析した。なお差分のスキームは、空間的に、運動方程式、拡散方程式に対して中央差分を用いる。また時間的には運動方程式の移流項、コリオリ項、圧力項と拡散方程式の移流項にリーブフロッグスキームを用い、運動方程式の粘性項、拡散方程式の拡散項には前方差分を用いる。

(2)境界条件

上流端の流入量は、日流量を内挿している。また、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。防潮堤は魚道、船通し、通常の堰の部分の3種の部分により構成されている。それぞれに堰の公式²⁾を適用して流入、流出量を算定する。

3計算結果と考察

(1)流動パターン

計算結果に基づいて描いた流況のパターンを図-1に示す。図-1-(b)に示されている流況は最高潮位の時期で、全域にわたり流れは逆流しており、中州の付近では最大70cm/s程度の強い逆流が生じている。

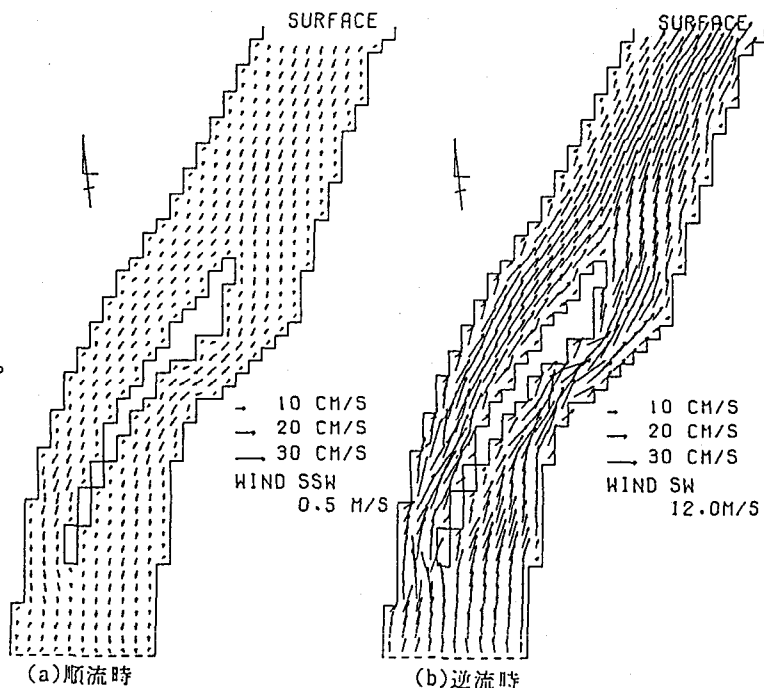


図-1 流況図

(2)塩分濃度の観測値と計算値の比較

電気伝導度の観測値に基づいて推定された塩分濃度とシミュレーションにより得られた塩分濃度の比較を図3に示す。おおよそ塩分濃度の鉛直分布の傾向を再現していると考えられる。

(3)塩害防止対策の検討

ここではT.P-2.0m以下の河床を平滑化した場合、ダムからの放流により、最高潮位の時期を中心に3時間、流量を増やした場合($50\text{m}^3/\text{s}$ 、 $100\text{m}^3/\text{s}$)について検討した。それぞれの計算結果を図4、図5、図6に示す。

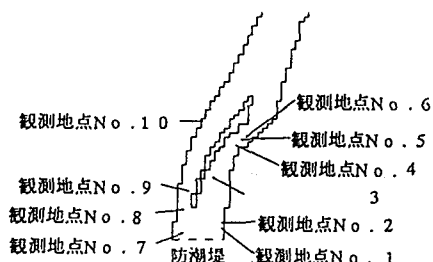


図-2 塩分濃度観測地点

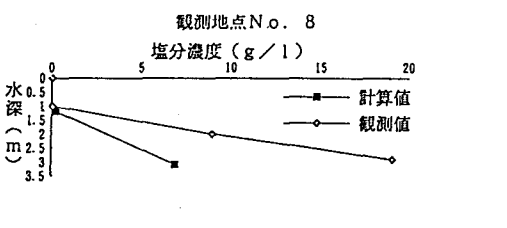
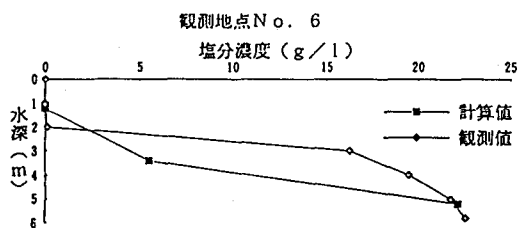
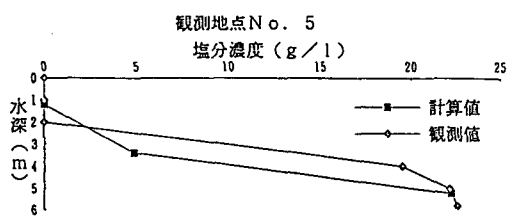
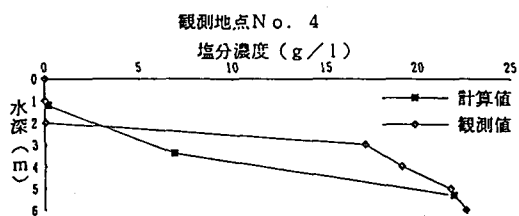


図-3. 塩分濃度の再現性

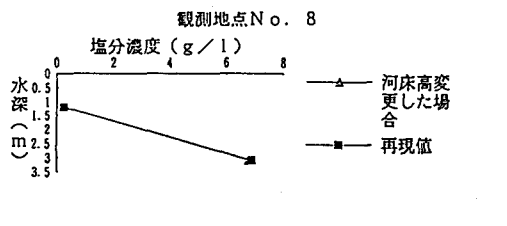
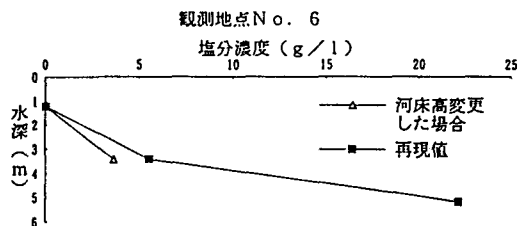
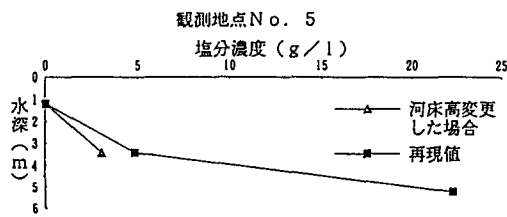
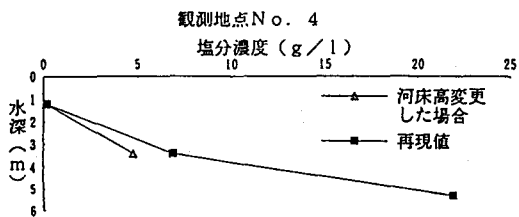


図-4. 河床高を変更した場合 (T. P. - 2.0 m以下をなくす)

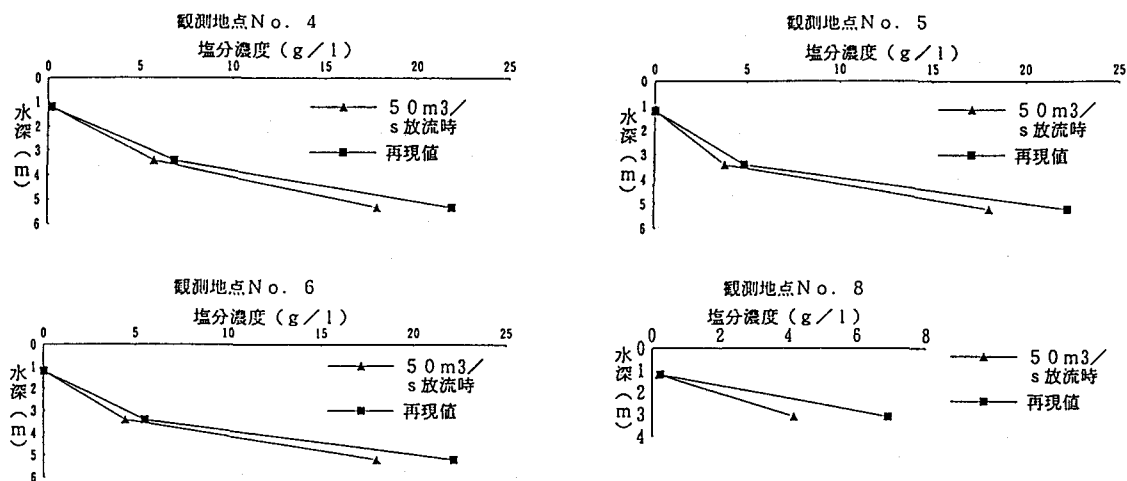


図-5. ダム放流による塩分除去効果 (50 m³/s)

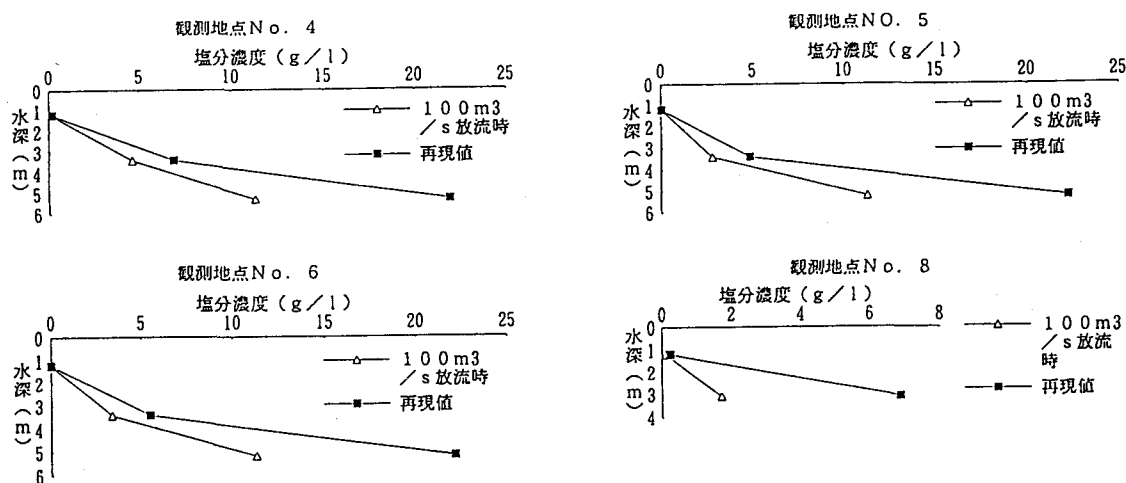


図-6. ダム放流による塩分除去効果 (100 m³/s)

4まとめ

塩分の遡上は1991年の台風19号程度の場合、メッシュの上流端付近までであったと推定される。上流側の塩分は速やかに排除されるが、中州より下流側の塩分について、表層では速やかに減少する傾向にあるが、2層以下の水深の深い部分については緩やかにしか減少せず、また今回検討した対策でも水深の深い部分の塩分濃度をゼロ近くまでに下げるほどの効果は有せず、かつこの部分の塩分濃度はなかなか低下しないので、ポンプによる除塩は避けられない。今後、ポンプ能力と除塩の速度、除塩に効果的なポンプ配置について定量的に検討を加える必要がある。

〈参考文献〉1)堀江 毅：沿岸水域の水の流れと物質の拡散に関する水理学的研究、港湾技術研究所資料No.

360, 1980

2)土木学会編：水理公式集、昭和46年改訂版