

河川河口部における塩水侵入の数値シミュレーション

○九州大学大学院 学生員 橋本彰博

九州大学大学院 フェロー員 小松利光

日本学術振興会 正 員 安達貴浩

1. 目的 シャープな密度界面をもつ弱混合型の塩水侵入を数値的に再現することは一般に難しいとされている。その原因として、乱流モデルの精度あるいは数値モデルの空間分解能の不足が指摘されているが、それらの影響を具体的に検討した研究例はない。そこで本研究では、感潮河川水路における室内実験結果¹⁾を検証用のデータとして用いて、鉛直2次元数値シミュレーションを行った。今回は特に、 $k-\epsilon$ 乱流モデルを適用し、その精度について検討を行った。

2. 数値シミュレーションの概要 水位変動や河床変化の数値的な取り扱いを容易にするため、著者らは σ 座標系を用いた数値シミュレーション法の開発を行っている²⁾。今回は室内実験の河口実測塩分を境界条件として与えて、準定常状態の塩水侵入の再現を試みた(座標系ならびに基礎式の詳細は既報²⁾を参照されたい)。乱流モデルには標準型 $k-\epsilon$ 乱流モデルを適用し、Uedaら³⁾の関係式により乱流シュミット数を評価した。また、河床に設置されている棧粗度の効果は、棧粗度の相当砂粒粗度⁴⁾と壁法則を用いて、河床における応力条件として組み込んだ。

3. 計算結果ならびにその考察 数値シミュレーションを行う前に、実測塩分濃度を対象にして σ 方向の離散化による誤差の影響を調べた。この結果、 $\Delta\sigma=0.05$ (鉛直方向に20分割)程度の格子間隔を用いれば、少なくとも測定結果のシャープな界面を分解できることが確認された(結果省略)。実際に $\Delta\sigma$ を0.025, 0.05と変化させてシミュレーションを行ったところ、定常塩水楔の結果にほとんど違いが見られなかった。このため、 $\Delta\sigma$ を0.025と固定して計算を行った。

まず、他の条件は固定したままで潮位振幅 A のみを変化させ、混合形態の異なる種々の準定常の塩水侵入を数値的に再現した。計算結果の例として、潮位振幅が $A=5, 15\text{mm}$ の時の塩分濃度 C の鉛直分布を実験結果と併せて図-1に示す。計算結果を見ると、特に $A=5\text{mm}$ の時に実際よりも鉛直混合が大きくなって、上流にいく程下層塩分濃度が著しく低減していることが分かる。次に、 A と混合の程度および塩水侵入の水平スケールの関係を調べた。まず潮位振幅 A と C_s/C_b の関係(図-2)を見ると、実験結果の大まかな傾向は計算によりほぼ再現されているが、 A が小さい範囲の計算結果については、やはり実際よりも鉛直混合が促進されていることが分かる(ただし、 C_s, C_b はそれぞれ表層と下層の塩分濃度を意味する。図-2には、塩水が侵入する区間内での平均値を掲載している)。次に、 A と塩水侵入長の関係を調べた。図-3の結果を見ると、比較的 A が大きな範囲において、計算と実験の結果の一致度は比較的良好であることが分かる。また、「潮差のみが変化する場合、潮差の増加に伴って弱混合から緩混合にかけては塩水侵入長は減少し、反対に緩混合から強混合にかけては塩水侵入長が増大する」という、マクロな実験結果の特性も概ね再現されている。一方、 A が小さな範囲では、図-2に見られた内部重力の効果の低減を反映して、塩水侵入長の計算結果は実際のものよりも短くなっていることが分かる。

4. 結論 本研究の結果から、十分な分解能を有する空間格子間隔を用いても、乱流モデルの精度が十分でなければ、弱混合の塩・淡水境界面での鉛直拡散が促進され、結果的に弱混合の塩水侵入長が過小評価されることが示された。今回用いた室内実験の結果は、特に数値シミュレーションの検証データを意識して得られたものではないために、情報量が若干不足している。今後、実験と計算のいずれについても精度を高めながら、更に研究を進めていく予定である。

参考文献 1) 小松ら(1995): 水工学論文集第40巻, pp. 512-513. 2) 小松ら(1998): 土木学会西部支部講演概要集, pp. 212-213. 3) 足立(1964): 土木学会論文集, 第104号, pp. 33-44. 4) H. Ueda et al. (1981): Quart. J. R. Met. Soc., pp. 561-578.

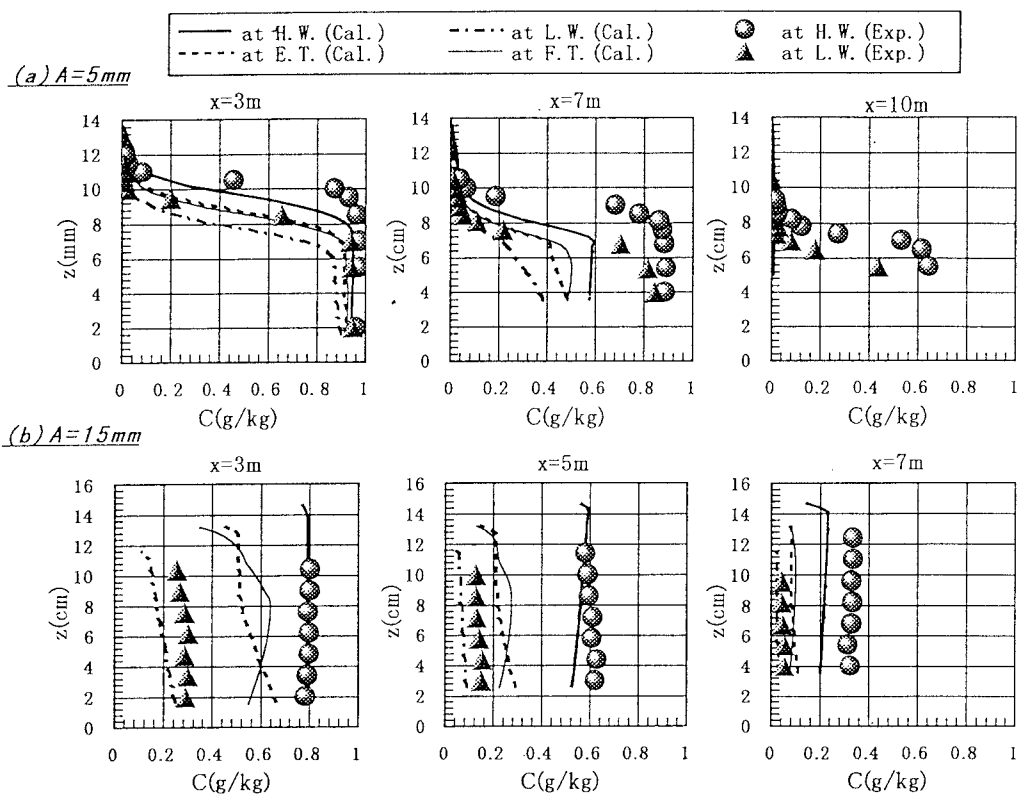


図-1 数値シミュレーションの結果

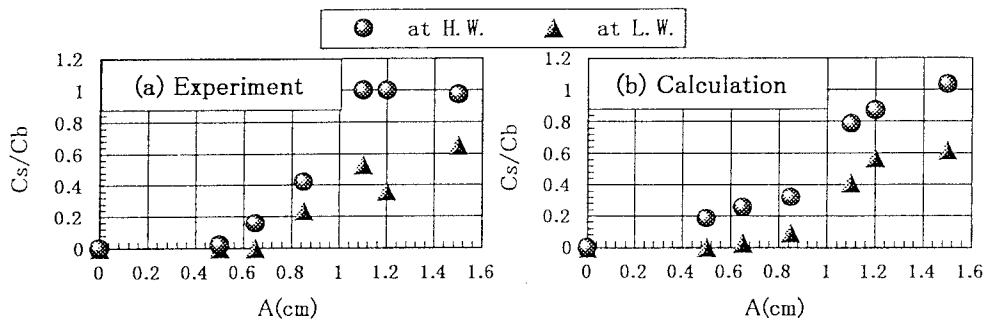


図-2 A と C_s/C_b の関係

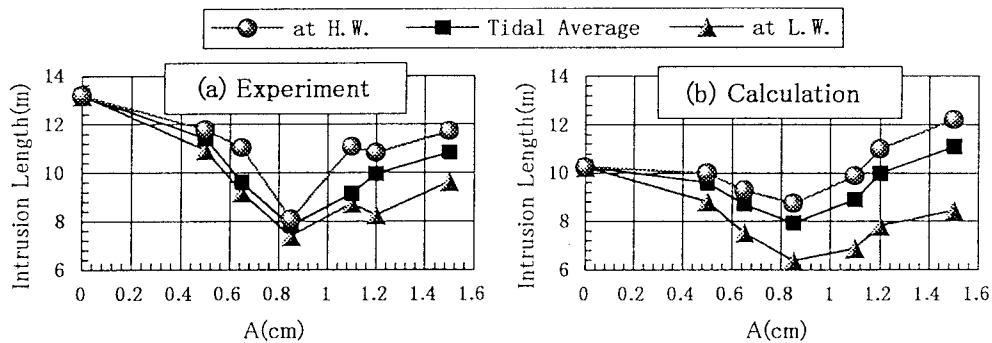


図-3 A と塩水侵入長の関係