

II-224

開水路流れ死水域周辺の浮遊砂輸送・堆積過程に関する数値計算

和歌山工業高等専門学校 正員 木村一郎
 京都大学工学部 正員 細田 尚
 京都大学工学部 正員 村本嘉雄
 京都大学大学院 学生員 安永 良

1. はじめに: 開水路主流・死水域間では、せん断不安定に起因する周期的な大規模渦が発生し、界面付近の物質輸送現象に影響を与える。実際の河川においても、ワンド等の死水域周辺では、開口部付近の土砂輸送に伴い、開口部付近の堆積、閉塞等が生じ、河川の機能に影響を与えることが予想される。本研究では、比較的簡単な平面2次元モデルの基礎式を用いた数値解析手法により、図1に示すような長方形死水域、主流界面付近の浮遊砂輸送、堆積現象について、検討を行う。

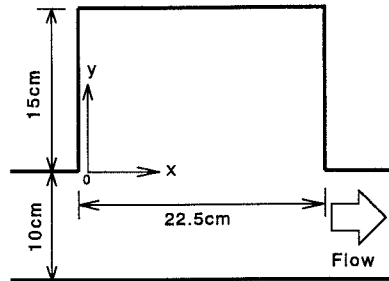


図1 対象とした死水域

2. 数値計算手法: 本研究では、開水路平面2次元流れの基礎式¹⁾と、以下に示す、浮遊砂および河床の連続式を用いる。

[浮遊砂の連続式]

$$\frac{\partial}{\partial t}(ch) + \frac{\partial}{\partial x}(cuh) + \frac{\partial}{\partial y}(cvh) = w_0(c_{be} - c_b) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}\right) \dots\dots\dots (1)$$

[河床の連続式]

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + w_0 c_{be} - w_0 c_b \right) = 0 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 c : 浮遊砂の水深平均体積濃度、 z_b : 河床高、 h : 水深、 (u, v) : 水深平均流速ベクトルの (x, y) 方向成分、 (x, y) : 空間座標、 t : 時間を表す。また、

$$D_x = 5.9hu_* \quad , \quad D_y = 0.3hu_* \quad , \quad u_*: \text{局所的摩擦速度}$$

$$c_b = \beta c / (1 - e^{-\beta}) \quad , \quad \beta = w_0 h / \epsilon_s \quad , \quad \epsilon_s = \gamma \epsilon \quad , \quad \epsilon_s = \gamma \kappa u_* h / 6 \quad , \quad \kappa = 0.4 \quad (c: \text{断面平均濃度})$$

$$\beta = \frac{w_0 h}{\epsilon_s} = \frac{6w_0 h}{\gamma \kappa u_* h} = \frac{15w_0}{\gamma u_*} \quad , \quad \gamma = 1.0 \quad , \quad \lambda = 0.5$$

$$w_0 c_{be} = 0.025 \{ g(\xi_0) / \xi_0 - G(\xi_0) \} \quad , \quad \xi_0 = 4w_0 / 3u_*$$

$$g(\xi_0) = 1/\sqrt{2\pi} \cdot \exp(-0.5\xi_0^2) \quad , \quad G(\xi_0) = 1/\sqrt{2\pi} \cdot \int_{\xi_0}^{\infty} \exp(-0.5\xi^2) d\xi$$

とした^{2,3)}。これらの基礎式を、移流項にQUICKスキーム、時間積分にはアダムス・バッシュフース法を用いて有限体積法により離散化し、陽解法により計算を進めた。計算は浮遊砂沈降速度を変化させた表1に示す2通り条件で行われた。

表1 数値計算の条件

下流端水深 $h_e(\text{cm})$	流量 $Q(\text{cm}^3/\text{s})$	レイノルズ数 $Re \equiv Q/B\nu$ (B : 主流幅)	フルード数 $Fr \equiv Q/Bhe\sqrt{heg}$	上流端浮遊砂濃度 $c_0(\%)$	浮遊砂沈降速度 $w_0(\text{cm/s})$
1.0	230.0	2510	0.73	1.0	0.8 (Run 1) 0.4 (Run 2)

3. 数値計算結果の考察: 図2は、数値計算結果の水深分布、河床高、流速ベクトル、浮遊砂濃度を、Run 1,2について示したものである。Run 1では界面付近の浮遊砂堆積が顕著で、特に、死水域上下流端付近の河床高が大きくなっている。これは、河川における入り江型ワンド⁴⁾の形成に対応するものと思われる。界面付近の河床の高いところでは、水深が小さくなっており、浮遊砂堆積に伴い流れの特性も変化しているこ

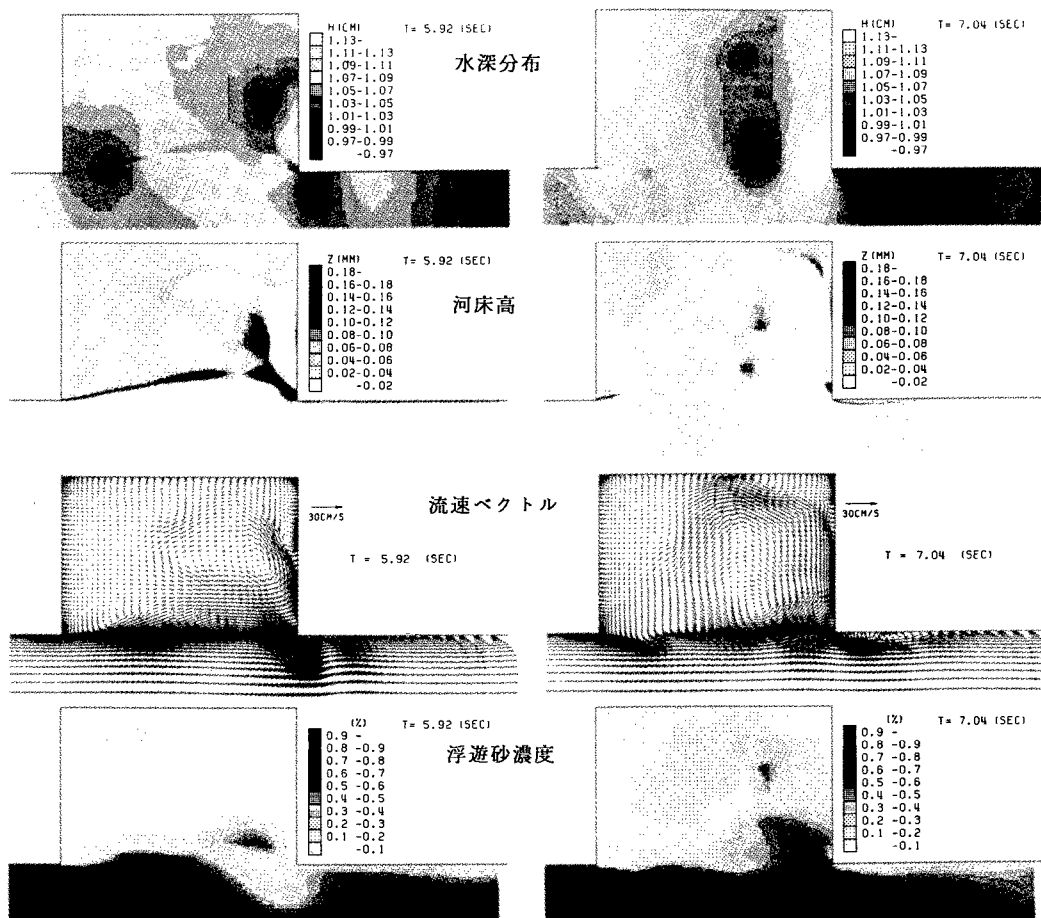


図2 数値計算結果（左：Run 1，右：Run 2）

とがわかる。また、大規模渦の空間的規模は浮遊砂輸送を考慮しない場合¹⁾よりも大きくなっている。この原因は、せん断不安定現象を支配する死水域上流端付近の流速分布が、浮遊砂の堆積の影響で変化したためと考えられる。一方、Run 2 では、界面付近よりも死水域隅角部付近での浮遊砂堆積が顕著である。これは、沈降速度が小さいため、死水域内へ進入した浮遊砂が死水域内の循環流に取り込まれ、流速の小さい隅角部付近（主循環流と副循環流の界面付近）で堆積するためと思われる。

4. おわりに： 平面2次元流れの基礎式を用いて、開水路長方形死水域と主流界面付近の浮遊砂輸送現象の数値シミュレーションを試みた結果、死水域上流端付近の河床変動に伴う平面渦の特性の変化や、沈降速度の違いによる浮遊砂堆積過程の定性的変化等が示された。今後、フルード数等の水理パラメータが物質輸送現象に及ぼす影響についても検討を行ってきたい。

参考文献

- 1) 木村一郎・細田尚・友近文志：死水域を有する開水路流れの非定常振動特性，水工学論文集，第38巻，pp.425-430，1994.
- 2) 芦田和男・道上正規：浮遊砂に関する研究（1）－河床付近の濃度－，京都大学防災研究所年報，第13号B，pp.232-242，1970.
- 3) 中川一：洪水および土砂氾濫災害の危険度評価に関する研究，京都大学博士論文，1989.
- 4) 阿久津政巳・島谷幸宏・鈴木興造：ワンドにおける魚類の生息実態に基づいたワンド計画手法に関する研究，土木学会第49回年次学術講演会概要集，pp.208-209，1994.