

## 阿賀野川河口砂州のフラッシュ現象に関する数値解析

長岡技術科学大学大学院 学生会員 佐藤 啓明  
 長岡技術科学大学大学 正会員 ○細山田 得三

## 1. はじめに

河口砂州は洪水時に流下能力の低下を招き、堰上げを助長することから治水安全上問題となる。一方で、通常時は河口砂州は塩水遡上を低減する側面もあり、河口砂州の最適な管理は困難な面がある。

出水時には、フラッシュ現象によって河口が拡大し、それによって治水安全性を確保する。しかしながら、フラッシュ現象は洪水時の水面下の現象であり、その実態の把握は極めて困難である。阿賀野川の河口は冬季の風浪によって両岸から河口砂州が形成され、春季（融雪期）から夏季の出水期に治水安全上の問題となっている。

本研究では阿賀野川におけるフラッシュ現象の基礎的なメカニズムを把握し、その過程の中で河川内部の流れや水位変動との関係を把握することを目的として平面2次元の数値計算を行い、安全性に与える影響について検討した。

## 2. 研究概要

## (1) 基礎方程式

河川の流れを平面2次元として表現するために連続式、運動方程式として式(1), (2), (3)を使用した。また河床変動を表すのに、掃流砂および浮遊砂のモデル<sup>1)</sup>を考慮した式(4)を用いた。ここに、 $t$ は時間、

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( -\overline{u'^2} h \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( -\overline{u'v'} h \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_s}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left( -\overline{u'v'} h \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( -\overline{v'^2} h \right) \quad (3)$$

$$(1-\lambda) \frac{\partial \eta}{\partial t} = - \left( \frac{\partial q_{Bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{By}}{\partial y} \right) + w_0 (C_a - E_s) \quad (4)$$

$x, y$ は空間座標、 $u, v$ は $x, y$ 方向の水深平均流速、 $M, N$ は $x, y$ 方向の流量、 $g$ は重力加速度、 $h$ は水深、 $\rho$ は水の密度、 $z_s$ は基準面からの水位、 $\tau_{bx}, \tau_{by}$ は $x-y$ 座標系の底面せん断応力成分、 $-\overline{u'^2}$ ,  $-\overline{u'v'}$ ,  $-\overline{v'^2}$ は $x-y$ 座標系での水深平均レイノルズ応力、 $\eta$ は河床高、 $\lambda$ は砂の空隙率、 $w_0$ は最終沈降速度、 $q_{Bx}, q_{By}$ は $x, y$ 方向の掃流砂量、 $C_a$ は基準点濃度、 $E_s$ は巻き上げ速度である。これらの方程式を河川の形状に応じた一般曲線座標に変換し、計算を行った。

## (2) 計算条件および境界条件

計算領域は図-1に示すように阿賀野川河口周辺とし、平成12年2月測深した地形データを用いた。座標系は平面2次元一般座標系とし、格子は流下方向に72格子、横断方向に15格子とした。境界条件は図-2に示すように上流端に平成14年の台風6号時の流量、下流端に水位を与えた。計算はフラッシュ現象を想定しないケースと、フラッシュ現象を想定し掃流砂と浮遊砂によって再現したケースを行った。

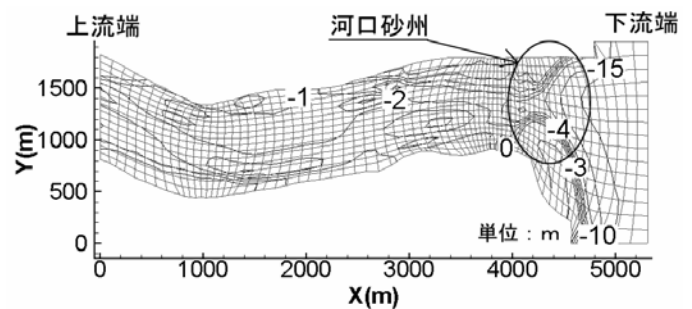


図-1 計算領域と河床高

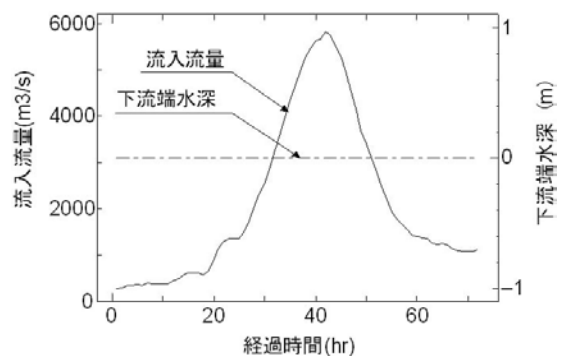


図-2 流入流量と下流端水位

キーワード フラッシュ現象, 掃流砂, 浮遊砂, 河口砂州, 数値解析

連絡先 長岡技術科学大学 環境・建設系水工学研究室 TEL 0258-47-1611(6305) E-mail: h-sato@coastal.nagaokaut.ac.jp

### 3. 計算結果および考察

#### (1) 流速について

図-3 はピーク流量時のフラッシュの有無による流速の比較である。フラッシュがない場合は地形変動がない。それに比べフラッシュがある場合においてはフラッシュに伴い砂州中央部の河口幅が広がっているのがわかる。その結果、フラッシュがない場合に比べ河口部での流速が緩和されている。

#### (2) フラッシュ現象の水位への影響

図-4 は河床高および水位の時間的な変化をフラッシュ現象がある場合とない場合で比較したものである。左が上流側、右が下流側となっており、上から下の図にかけて時間的な変化を表す。また点線がフラッシュを想定した場合、実線はフラッシュがない場合を表している。楕円で囲んだ部分は河口砂州部であり、フラッシュを想定した場合、砂州部が時間の変化に伴い徐々に削られ地形が変動している様子がわかる。これは河口砂州部で流量の上昇に伴って流速が上昇するからである。フラッシュによって削られた砂は河口砂州より下流部へ運ばれ、水深、河口幅が大きくなったところで流速が遅くなるために体積する。またフラッシュが起こらない場合に比べて、

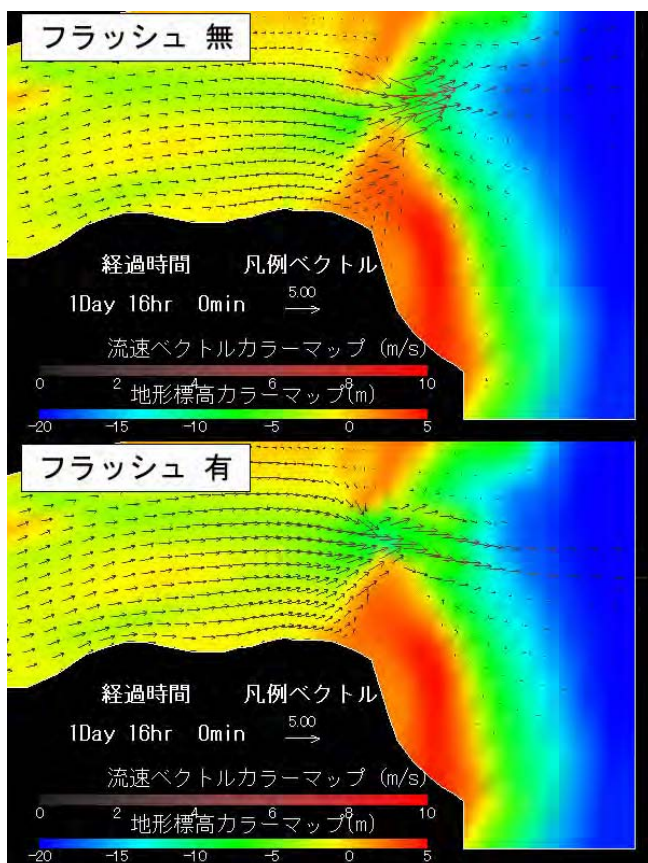


図-3 フラッシュの有無による流速の比較

フラッシュが起きた場合は水位の上昇が少ない。これはフラッシュにより河口の流下能力が上昇したためである。逆にフラッシュがおきない場合、水位が堤防高さの 1m 付近まで上昇し、危険であることがわかる。そのため安全性という観点からフラッシュ現象は重要である。

#### 4. まとめ

本研究では、掃流砂および浮遊砂の計算を用いてフラッシュ現象に関する数値計算を行った。その結果、地形変動の傾向、フラッシュ現象が水位に与える影響および安全性という点からフラッシュ現象の重要度が明らかになった。

また洪水時における現在の浮遊砂の計算手法などは十分ではなく、今後検討が必要である。またフラッシュ現象についても掃流砂と浮遊砂の理論だけでは表現しきれるとは考えにくい。その点についても今後の検討課題とする。

#### 参考文献

- 1) 関根 正人：移動床流れの水理学，共立出版，pp155-159

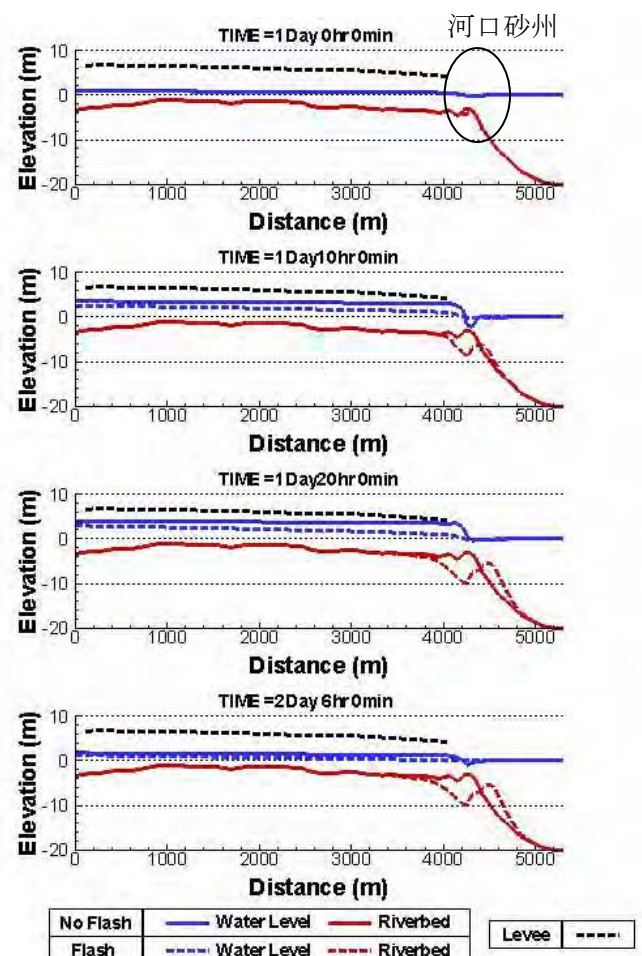


図-4 フラッシュの有無による河床変動と水位