

旭川の計画規模洪水に及ぼす植生・河床変動の影響

東京工業大学大学院 学生員 ○森 卓也
岡山大学環境理工学部 正会員 前野詩朗

1. はじめに

これまで河川整備において植生や砂州はどちらかという障害物として排除されてきた。しかし、平成9年改正の河川法にも新たに河川環境の整備と保全が加わり、今後は植生を生かした河川整備を進める必要がある。そこで本研究は、旭川を対象として計画高水流量時の流況に及ぼす植生と河床変動の影響を検討する。

2. 基礎式^{1), 2), 3)}

基礎式には以下に示す式を用いる。河床変動については掃流砂に芦田・道上の式、浮遊砂に板倉・岸の式を適用して流砂の連続式から算出する。

[流水の基礎式]

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

[運動方程式]

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{M}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UM}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VM}{J} \right) \\ &= -gh \left(\frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho J} + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left\{ 2\nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{2}{3} k \right\} h \right] + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left\{ \nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} h \right] \\ &+ \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left\{ 2\nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{2}{3} k \right\} h \right] + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left\{ \nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} h \right] - \frac{F_x}{\rho J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{N}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UN}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VN}{J} \right) \\ &= -gh \left(\frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho J} + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left\{ \nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} h \right] + \frac{1}{J} \frac{\partial \xi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\left\{ 2\nu_e \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2}{3} k \right\} h \right] \\ &+ \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left\{ \nu_e \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} h \right] + \frac{1}{J} \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\left\{ 2\nu_e \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2}{3} k \right\} h \right] - \frac{F_y}{\rho J} \end{aligned}$$

[植生の抵抗]

$$F_x = \begin{cases} \frac{1}{2} \rho C_d \lambda_v \frac{l}{h} h u \sqrt{u^2 + v^2} (h > l) \\ \frac{1}{2} \rho C_d \lambda_v h u \sqrt{u^2 + v^2} (h < l) \end{cases} \quad F_y = \begin{cases} \frac{1}{2} \rho C_d \lambda_v \frac{l}{h} h v \sqrt{u^2 + v^2} (h > l) \\ \frac{1}{2} \rho C_d \lambda_v h v \sqrt{u^2 + v^2} (h < l) \end{cases}$$

[流砂の連続式]

$$\frac{\partial z_B}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial \sum_i (q_{Bi}/J)}{\partial x} + \frac{\partial \sum_i (q_{Bj}/J)}{\partial y} + \sum_i (q_{wi}/J - w_{ji} c_{Bi}/J) \right] = 0$$

[掃流砂]

$$q_{Bi} = p_i 17 \gamma_{ci}^{3/2} \left(1 - \frac{\gamma_{ci}}{\gamma_{ci}} \right) \left(1 - \frac{u_{*ci}}{u_*} \right) \sqrt{sgd_i^3}$$

[浮遊砂]

$$q_{wi} = p_i K \left(\alpha \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \frac{gd_i}{u_*} \Omega_i - w_{ji} \right)$$

ここで、 x, y : デカルト座標, ξ, η : 一般座標, h, z_s :

キーワード 植生, 河床変動, 洪水流, 数値解析

連絡先 〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 岡山大学環境理工学部, TEL・FAX: 086-251-8151

水深, M, N : 運動フラックス, J : ヤコビアン,
 τ_{bx}, τ_{by} : 底面せん断力, u, v : 流速, ν_e : 動粘性係数,
 k : 乱れエネルギー, C_d : 植生の抵抗係数, λ_v : 植生
密生度, z_B : 河床高, λ : 河床砂の間隙率, l : 植生高

3. 解析の概要

解析対象区間は旭川 10.8~17.5km とする(図1)。この区間は大きな蛇行や堰などの構造物が存在している。また、百間川分流地点を含むため、洪水時には常・射流が混在する非常に複雑な流れを呈する。

図2は解析メッシュを示している。旭川は流下方向に319断面、横断方向に29断面、また百間川は流下方向に138断面、横断方向に20断面と設定した。

図3は河床高を示しているが、上流に存在する蛇行部では湾内側(右岸側)に砂が堆積し川幅に対して比較的細い湊筋が形成されている。これに対し、清水堰よりも下流部では砂州が中州として点在している。

図4は植生密生度を示している。本研究では、密生度の値を草本類で0.02(m⁻¹)、木本類で0.03(m⁻¹)とした。砂州上に植生が繁茂するため、砂州が発達し



図1 解析対象区間

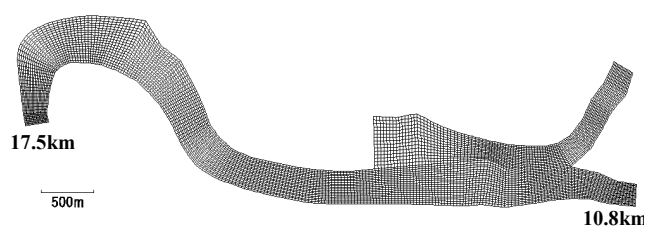


図2 解析メッシュ

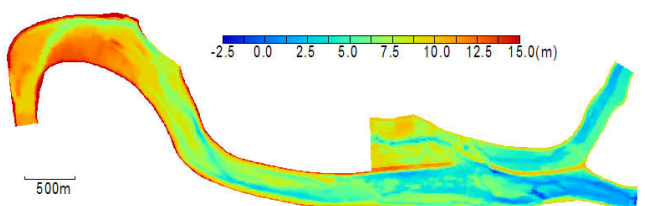


図3 河床高

表 1 解析ケース

ケース名	流量(m ³ /s)	河床変動	植生の影響	計算時間(h)
Case1	100	×	×	4
Case2-1	6000	×	×	4
Case2-2	6000	○	×	4
Case2-3	6000	×	○	4
Case2-4	6000	○	○	4

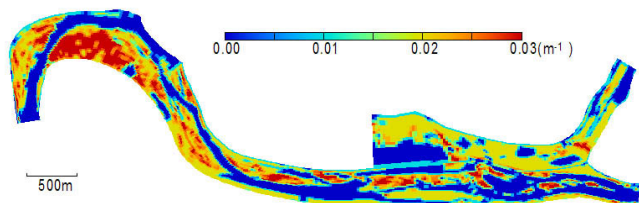


図 4 植生密度

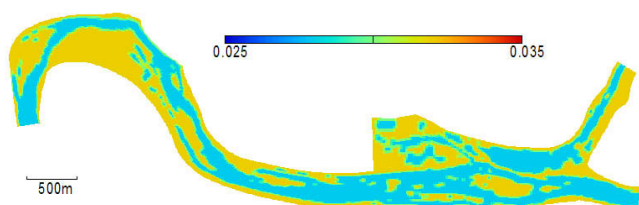


図 5 粗度係数の分布

ている部分で、植生の密度も高くなっている。

4. 解析結果

表 1 は解析ケースを示している。河床変動・植生の影響については、○が考慮する場合、×が考慮しない場合となっている。

Case1 は粗度係数決定のために行う。流量 100(m³/s)を流した際に流れが存在する区間を低水路、存在しない区間を高水敷とし、低水路:0.028, 高水敷:0.032 の粗度係数を与え、Case2 以降の解析に用いる(図 5)。

Case2 は計画高水流量 6000(m³/s)を用いて解析を行い、H.W.L. との比較を行った。いずれのケースにおいても百間川分流部付近で水位が大きく低下するという結果が得られた。これは、百間川へ分流することで旭川の水位が低下したためと思われる。また、Case2-3,2-4 は 14.0～17.5km 付近で解析結果が H.W.L. を大きく上回っている。これは洪水時の植生の倒伏などが考慮されていないため、植生の影響が過大に評価されたことが原因と考えられる。

また、百間川への分流量(図 7)は、植生を考慮することで旭川の水位が上昇し、百間川への分流量が増加するという結果が得られた、しかし、すべてのケースにおいて百間川の流量は計画流量 2000(m³/s)に達しなかった。逆に、旭川の流量はすべてのケースで計画流量 4000(m³/s)を上回り、現状では計画高水時に計画通りに分流しない恐れがある。

5. 結論

本研究で得られた解析結果は、旭川の計画高水流量が流れた際の流況をある程度予測することができると考えられる。現状では百間川への分流量が小さ

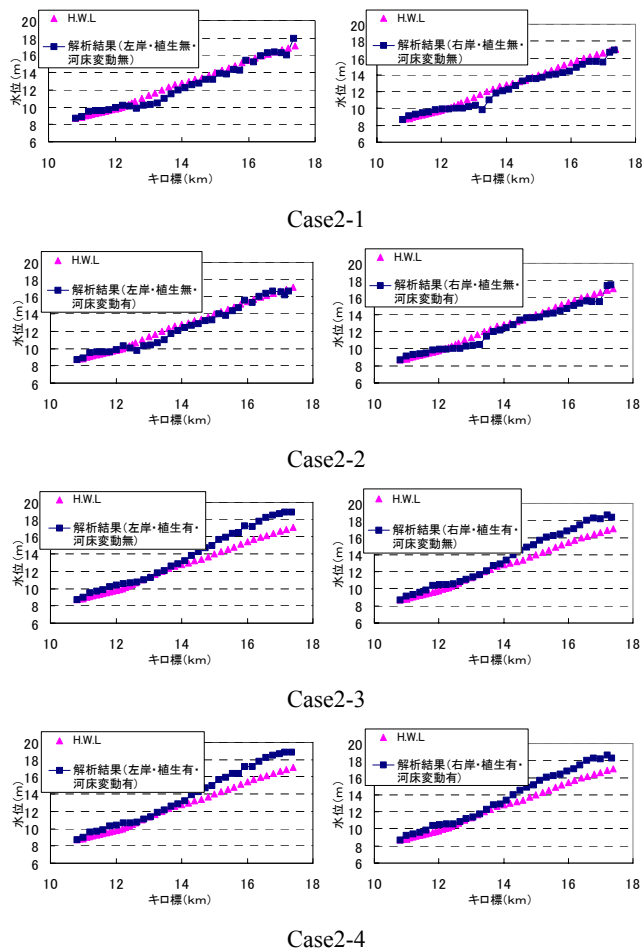


図 6 水面形(Case2)

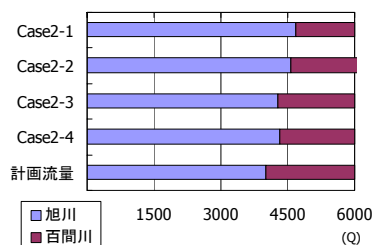


図 7 流量配分

く、計画高水量流下時には、百間川分流部より下流で旭川へ過大な流量が流れ込む恐れがある。しかし、本研究で用いたモデルでは植生の影響が適正に評価されていないなどの改善点も残されている。今後は植生の倒伏や透過係数の変化など、洪水時の植生の抵抗力の変化を考慮し、予測精度を向上させる必要がある。

【参考文献】

- 1) 長田信寿：一般座標系を用いた平面 2 次元非定常流れの数値解析，水理公式集 例題プログラム集 平成 13 年度版，土木学会，2001。
- 2) 土木学会水理委員会編：水理公式集 平成 11 年度版，土木学会，1998。
- 3) 辻本哲郎，寺本敦子：砂州河川における一時水域「たまり」の形成シナリオ，河川技術に関する論文集，第 6 巻，pp.83-88，2000。