

旭川における植生消長シミュレーションモデルを用いた河道内の樹林化予測

島根県庁 正会員 ○三島望
岡山大学大学院 正会員 吉田圭介
岡山大学大学院 フェロー会員 前野詩朗

1. はじめに

岡山市内を流れる一級河川旭川では、1980年代以降、河道内の樹林化が進行している。樹林化の原因として、1954年に旭川ダム、1955年に湯原ダムが建設されたことで洪水規模が縮小し、河床攪乱の頻度が減少したことや1960年代以降の砂利採取によって土砂供給量が減少したことなどが考えられる。樹林化が進行すると洪水時に流下能力が低下することで、水位の上昇を引き起こし、堤防の決壊などの洪水被害が発生する可能性がある。そのため、河道内の樹林化は河川を管理していくためには、解決すべき課題として捉えられている。

旭川では礫河原再生に向けた試験的施工として、2004年3月に大原箇所(写真-1参照)、2005年3月に祇園箇所(写真-2参照)で砂州の切り下げと植生の伐採などの現地試験が実施され、2009年1月には玉柏箇所(各試験区については写真-3に示す)で植生の伐採が実施されている。しかし、施工後に植生が再び定着している箇所もあるため、植生動態を予測することが望まれている。植生動態の機構には、入植・定着・生長・拡大・流失などの複雑な過程が含まれているため予測することは容易ではない。植生動態を把握するには、長期間にわたり現地の状況をモニタリングし、多くの植生に関する知見を収集することが重要である。そこで本研究では、旭川で実施した植生調査の結果に基づいて、旭川の樹林化の予測を行うための植生消長シミュレーションモデルの構築をし、現地の状況と比較することで再現性を確認した。さらに、大原箇所と祇園箇所を含む区間を対象に2012年から10年間の樹林化の予測を行った。

2. 植生消長シミュレーションモデルの構築

旭川における調査結果などに基づき構築した消長シミュレーションモデルについて以下に示す。

2.1 シミュレーションモデルの概要

2.1.1 対象樹種

対象樹種については、木本類はヤナギ、草本類はツルヨシ、シナダレスズメガヤとした。これらは現地調査対象箇所の大原箇所、祇園箇所、分流部(写真-3参照)において優先的に繁茂している植生である。

2.1.2 植生の消失・破壊条件

植生の消失・破壊の判定については、以下に示す無次元掃流力と河床変動量の両方の条件を満たすことを条

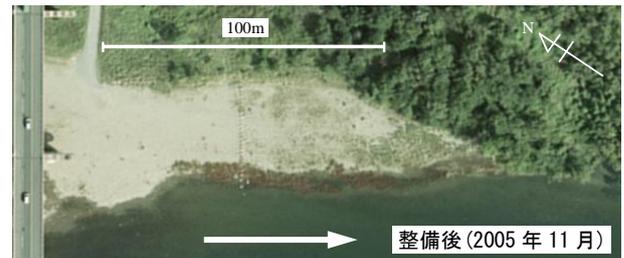
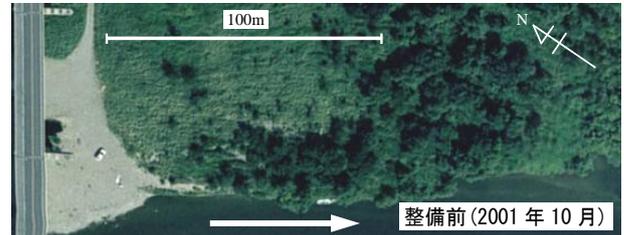


写真-1 大原試験区(整備前後の航空写真)

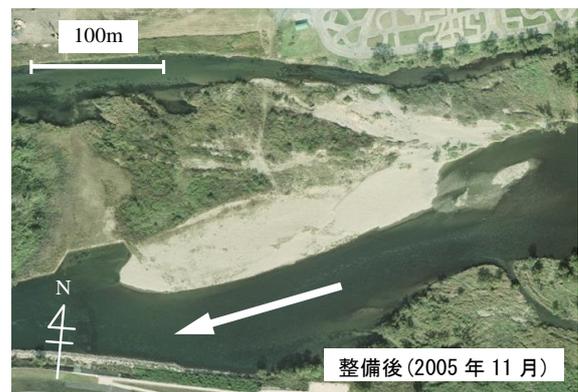


写真-2 祇園試験区(整備前後の航空写真)

件とする。無次元掃流力については、河床材料の85%粒径 $d_{85}=5.4\text{cm}$ の無次元掃流力(τ_{*85})と無次元限界掃流力(τ_{*c85})を比較することで判定している。 τ_{*85} は以下に示す式(2.1)より算出した。 τ_{*c85} は河村¹⁾のEgiazaroff理論から導いた式(2.2)より算出した。



写真-3 現地調査の対象箇所と水位計設置箇所

表-1 河床変動量に植生の消失・破壊の条件 ($\tau_{*85} \geq \tau_{*c85}$ を満たしている場合のみ)

L: 植生高(m)	BD: 河床変動量(m)						
	$BD \leq -1.0$	$-1 < BD \leq -0.5$	$-0.5 < BD \leq -0.1$	$-0.1 < BD < 0.1$	$0.1 \leq BD < 0.5$	$0.5 \leq BD < 1.0$	$1.0 \leq BD$
$0 < L \leq 2.0$	消失	消失	消失	入植2年以内(密生度0.021以下の草本類のみ消失)	消失	消失	消失
$2.0 < L \leq 5.0$	消失	消失	消失	残存	倒伏	倒伏	消失
$5.0 < L \leq 10.0$	消失	消失	残存	残存	残存	倒伏	倒伏
$10.0 < L$	消失	残存	残存	残存	残存	残存	残存

$$\tau_{*85} = \frac{u_*^2}{sgd_{85}} \quad (2.1)$$

$$\tau_{*c85} = \frac{0.1}{\log 19(d_{85} / d_{50})^2} \quad (2.2)$$

ここに、 u_* : 摩擦速度、 s : 砂の水中比重 (=1.65)、 g : 重力加速度、 d_{50} : 河床材料の 50% 粒径 (=3.0cm) である。 $\tau_{*85} \geq \tau_{*c85}$ の条件を満たしている場合のみ植生の消失・破壊が生じるとした。河床変動量による判定については、表-1 に示している条件を満たしている場合、植生の消失・破壊が生じるとした。

2.1.3 植生の生長

ヤナギについては現地調査の結果では 0.8m/年程度の速度で生長していた。しかし、倒伏してしまい十分に評価できていないものもあるので、旭川のヤナギの生長に関する渡辺ら²⁾の知見を参考にし、樹高 10m 以下のものは 1.0m/年、その後は約 0.5m/年の速度で、最大で 15m まで生長するとした。草本類に関しては、植生密生度は年間 $0.01m^{-1}$ で最大 $0.031m^{-1}$ まで生長するとし、植生高は現地での観測結果からツルヨシは最大で 2.0m、シナダレスズメガヤは 1.5m まで生長するとした。

3.1.4 裸地への植生の入植・拡大

裸地への植生の入植・拡大に関しては、河床が 3 年間攪乱されていない箇所に 4 年目から草本類が入植し、5 年攪乱されていない箇所に 6 年目からヤナギが入植す

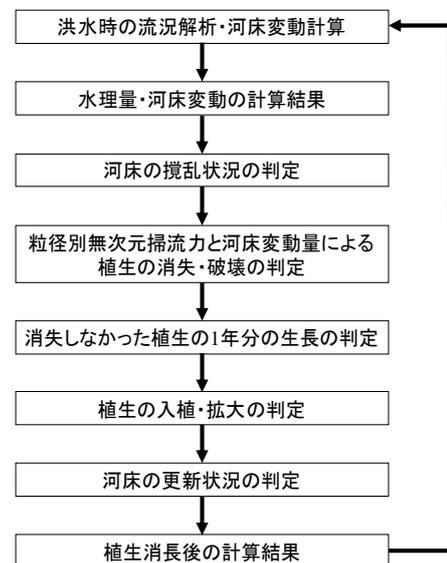


図-1 植生長シミュレーションの解析手順

表-2 検証計算に用いた流量

年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
計算に用いた流量(m^3/s)	-	700	700	800	700	3400

るとした。また、ヤナギは水際部に入植しやすいため、水際部には優先的に入植するとしている。また、平水時の水位との比高差に着目し、ヤナギ・ツルヨシは平水時の比高差が 2.0m 以内の箇所に、シナダレスズメガヤ

は比高差が 2.0m より大きい箇所に入植するとした。

2.1.5 解析手順

植生消長シミュレーション解析の手順は図-1 に示している。流況解析には、前野ら³⁾によって過去に旭川の洪水を解析した実績があり、流れが植生から受ける力を考慮した解析モデルを用いた。

2.1.6 計算条件

写真-1 の河口から 14.4km～17.5km の区間において 2006 年から 2012 年の 6 年間でモデルを適用した。計算に用いた流量は計算期間内の旭川における年最大流量を参考に表-2 のように与えた。2006 年に関しては、流量が $500\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水が発生しなかったため、植生の生長のみ計算を行った。なお、この計算期間内の 2011 年 9 月 3 日に流量 $3400\text{m}^3/\text{s}$ (河口から 19.0km 地点の下牧観測所) の大規模な洪水が発生しており、この洪水の水位データは写真-3 に示す 20 箇所の水位計により計測している。また、大原箇所上流部は人や車が進入し、植生が繁茂しにくい環境であるため、計算では、植生は入植・生長しない条件としている。

2.2 シミュレーションモデルの検証

計算対象区間の大原箇所と祇園箇所について、現地の状況と比較することでモデルの再現性の検討を行う。

大原箇所の航空写真 (2012 年 10 月撮影) を写真-4、検証計算最終年 (2012 年) の植生の分布状況を図-2 に示す。航空写真と植生の分布状況の計算結果を比較すると、植生の繁茂箇所など最終的な植生の平面分布は概ね再現できていると言える。

祇園箇所の航空写真 (2012 年 10 月撮影) を写真-5、検証計算最終年 (2012 年) の植生の分布状況を図-3 に示す。赤枠で示す祇園箇所の水際付近や上流側で植生が繁茂している様子が概ね再現できている。しかし、図-3 の白枠内の部分などの計算結果と航空写真では植生分布が一致していない箇所もある。

3. 樹林化の将来予測

再現性が確認できた植生消長シミュレーションモデルを用いて 2012 年からの 10 年間について旭川の大原箇所と祇園箇所を対象に樹林化の予測計算を行った。

3.1 予測計算条件

表-3、図-4 に示す流量規模の異なる 2 ケースを想定した。想定流量は、1957 年～2000 年における旭川の洪水履歴を参考にし、各年の年最大流量を記録した洪水を対象としている。CASE1 は、 $3000\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水が 3 度発生し、洪水による攪乱作用が大きいと考えられる 1963 年～1972 年の 10 年間、CASE2 は、 $2000\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水が発生せず、洪水による攪乱作用が小さいと考えられる 1984 年～1993 年の 10 年間である。初期の河道データは、2 章で植生消長シミュレーションモデルに

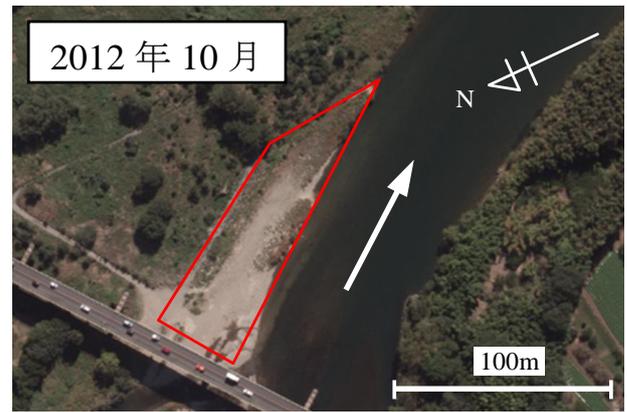


写真-4 大原箇所の航空写真 (2012 年 10 月撮影)

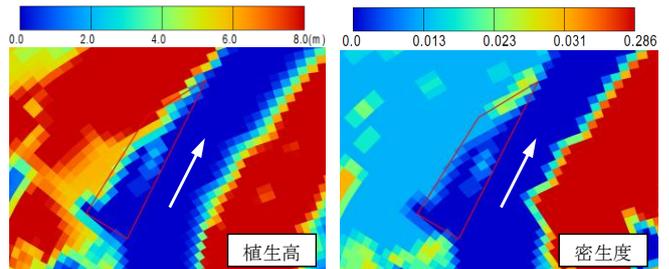


図-2 検証計算最終年 (2012 年) の検証計算結果 (大原箇所)



写真-5 祇園箇所の航空写真 (2012 年 10 月撮影)

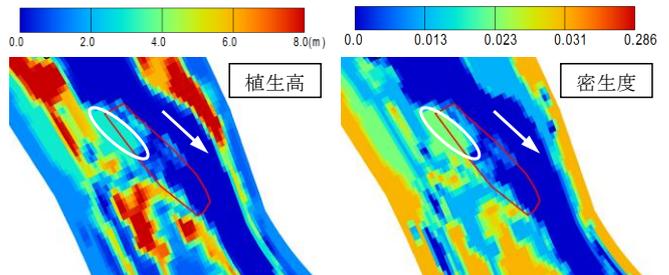


図-3 検証計算最終年 (2012 年) の検証計算結果 (祇園箇所)

より再現した 2012 年のデータを用いた。その他の計算条件は、2 章の検証計算と同じである。

3.2 予測計算結果

図-5 に CASE1、図-6 に CASE2 の 10 年後の大原箇所における植生分布の予測計算結果を示す。各ケースとも 10 年後には植生が広い範囲で繁茂し、水際部では樹高

表-3 予測計算に用いた想定流量

年数	想定流量(m ³ /s)	
	CASE1	CASE2
1	2700	1400
2	700	1100
3	3100	1700
4	1200	900
5	2300	1700
6	1800	1200
7	1800	800
8	1100	1300
9	3200	1200
10	3700	1600

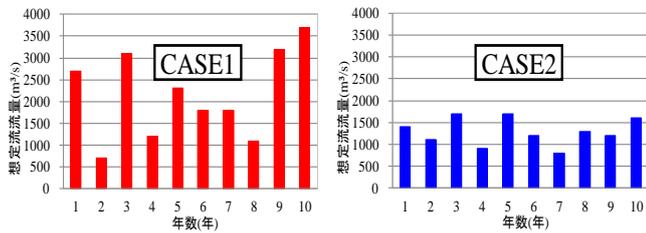


図-4 予測計算に用いた想定流量

10m 程度の植生が繁茂している箇所もみられる。

図-7 に CASE1, 図-8 に CASE2 の 10 年後の祇園箇所における植生分布の予測計算結果を示す。CASE1 では赤枠下流で裸地が維持されている箇所もあるが、木本類の繁茂する領域が大部分を占めている。CASE2 では赤枠の上流側と水際部に CASE1 よりも広い範囲で 10m を超える樹高の高い木本類が繁茂し、赤枠内全域で木本類が繁茂しており、各ケースとも写真-2 の整備前のように再び樹林化することが予測された。

4. 結論

本研究では、旭川での現地調査結果と既往研究の植生に関する知見を用いて植生消長シミュレーションモデルの構築した。旭川の礫河原再生試験区である大原箇所と祇園箇所を含む区間でモデルを適用し、2006 年から 2012 年までの 6 年でモデルの検証を行った。さらに 2012 年からの 10 年間について樹林化の予測を行った。本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 現地調査を行い植生の生長速度や規模の異なる洪水ごとの植生流失状況を把握した。
- (2) 植生消長シミュレーションモデルを構築し、現地の状況を概ね再現できたが、全ての植生の繁茂状況を精度良く再現するまでには至っていない。
- (3) 予測計算の結果から 10 年後には洪水規模に関わらず、大原、祇園の各箇所とも再び広い範囲で樹林化することが予測された。

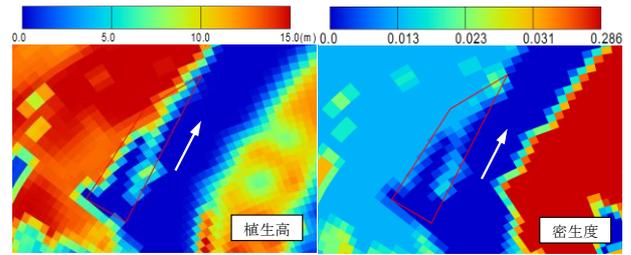


図-5 大原箇所における 10 年後の植生分布状況の予測計算結果 (CASE1)

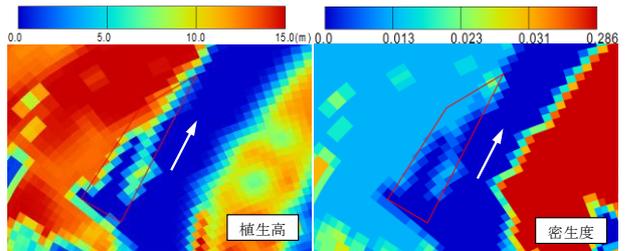


図-6 大原箇所における 10 年後の植生分布状況の予測計算結果 (CASE2)

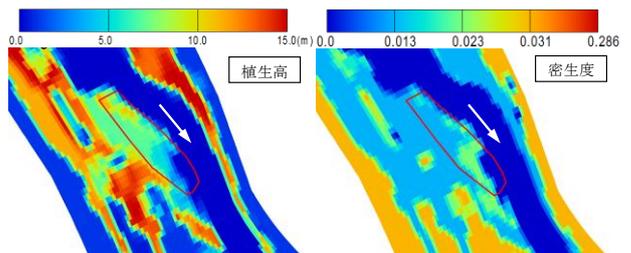


図-7 祇園箇所における 10 年後の植生分布状況の予測計算結果 (CASE1)

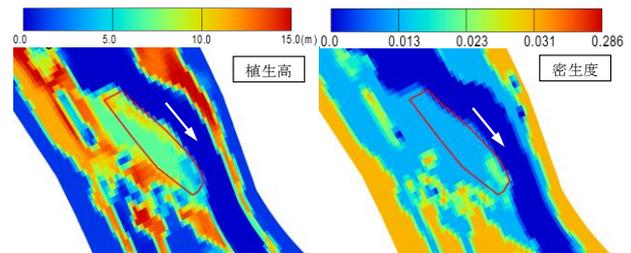


図-8 祇園箇所における 10 年後の植生分布状況の予測計算結果 (CASE2)

参考文献

- 1) 河村三郎：土砂水理学1, 森北出版, pp.65-69, 2005.
- 2) 渡辺敏・前野詩朗・渡部秀之・志々田武幸：旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理のあり方に関する検討, 河川技術論文集, 第11巻, pp.77-82, 2005.
- 3) 前野詩朗・渡辺敏・藤塚佳晃：簡易に得られる植生特性を考慮した水理解析モデルの精度向上の提案, 土木学会論文集, No.803/II-73, pp.91-104, 2005.