

玉野市 正会員 ○赤堀遼介

岡山大学 正会員 前野詩朗

国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所 正会員 堀 博幸, 藤井 勲

1. 本研究の背景と目的

近年、ダムによる洪水の平滑化制御により、河道の攪乱作用が低下し、砂州上で陸域植生が繁茂(樹林化)するようになってきた。樹林化が進行することにより、河川本来の姿である礫河原が減少し、川の多様性が失われ、河原固有の生態系が減少し、生物多様性の損失といった問題が発生している。

このような問題を解決するために、現状では樹林化した箇所での植生伐採や砂州の切り下げが行われている。図-1 に示す玉柏箇所では平成 21 年に植生伐採が行われた。今後の維持管理にかかるコストなどを考えると、礫河原が自律的に再生・維持されることが理想的であるが、そのためには、植生伐採や河床の切り下げによる効果を将来に渡って予測する必要がある。

そこで本研究では旭川において植生消長シミュレーションモデルを構築し、樹林化の将来予測を行うことで自律的礫河原維持のための植生伐採やパイロット水路、水制の設置といった施工による効果を将来に渡って検討し、中期的なスパンにおいて礫河原が自律的に維持されえるかどうかを検討する。

2. 植生消長シミュレーションモデル

写真-1 に本研究で対象とする区間を示す。本研究では旭川での植生の繁茂状況の現地調査の結果や、従来の研究による知見¹⁾²⁾などから、植生消長の対象樹種を木本類(ヤナギ)、草本類(シナダレスズメガヤ、ツルヨシ)とした。図-2 に本解析モデルのフローチャートを示す。植生が消失するケースとしては、解析メッシュの格子点上の無次元掃流力による判定と河床変動量による判定の 2 ケースで判定している。無次元掃流力による判定については、河床材料の通過重量百分率の 50% 粒径が動くような無次元掃流力($d_{50}=3\text{cm}$ で無次元化した無次元掃流力が 0.05 以上)が発生した場合、定着初期の段階である草本類(植生密度が 0.011 より小さいもの)が流失するようにした。また、河床材料の通過重量百分率の 80% 粒径が動くような無次元掃流力($d_{80}=5\text{cm}$ で無次元化した無次元掃流力が 0.05 以上)が発生した場合に高木を含む全ての植生が流失するようにした。植生の生長の条件としては、ヤナギについては現地調査の結果では樹高が 10m 以内のもの

のに関しては年間 0.8m、樹高が 10m より高いものに関しては年間 0.3m であったが、その他の知見³⁾⁴⁾や、治水面での安全性を考慮し、樹高が 10m 以内のものに関しては年間 1.0m、樹高が 10m より高いものに関しては年間 0.5m の割合で生長することとした。また、植生密度に関しては樹高が 5.0m より小さいものに関しては周囲に草本類が繁茂していることを考慮し、草本類と同じ値まで生長し、5.0m より大きいものに関してはヤナギ(高木)と同じ値とした。草本類に関してはシナダレスズメガヤが定着するのに 3 年程度かかることを考慮し、植生密度は年間 0.01m^{-1} で生長するものとし、植生高に関しては各草本類の生長限界の植生高を参考に与えた。

植生の拡大に関しては、河床の攪乱を考慮し、河床が 3 年間以上攪乱されていない箇所に草本類が、5 年以上攪乱されていない箇所に木本類が入植するとした。(図-3 参照)また、植生が生える箇所と低水時の水位との比高に着目し、ヤナギ、ツルヨシに関しては低水時との比高が 2.0m 以内の箇所に、シナダレスズメガヤに関しては比高が 2.0m より大きい箇所に繁茂するとした。(図-4 参照)

表-2.2 に本解析のケースを示す。平成 21 年、22 年に関してはその年の年最大流量で洪水時の数値解析を行い、それ以降の年に関しては表-1 の旭川における各流量の年最大流量確率を参考にし、ほぼ確率通りに洪水が発生したとして解析を行った。表-2 の Case1 は植生除去などの施工を行わない場合、Case2 は玉柏箇所において平成 21 年に行われた植生伐採を考慮し、図-1 の赤枠部分の植生を除去した場合、Case3 は前野ら(2011)によって検討された結果、玉柏箇所において自律的な礫河原の再生に効果があるとされた図-1 に示す水制 1,3 を設置し、青色の部分にメッシュ 1 つ分、後半の黄色い部分をメッシュ 2 つ分の幅でパイロット水路を掘削するという施工をした場合である。

3. 植生消長シミュレーション結果と考察

図-5 から図-10 に平成 21 年から 26 年までの各ケースにおける施工箇所の植生高と植生密度の拡大図を示す。大原箇所、祇園箇所においては各ケースともに植生の消長を繰り返し自律的に礫河原が維持されている箇所がある。大原箇所に関しては水際の部分には植



写真-1 対象区間



図-1 各ケースの施工

表-1 旭川における各流量の年最大流量確率

流量(m^3/s)	年最大流量確率(回/年)
1000	1/1.3
2000	1/2.9
3000	1/6.7
4000	1/20
5000	1/50
6000	1/150

表-2 解析ケース

	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年
	年最大洪水(m^3/s)	年最大洪水(m^3/s)	想定洪水(m^3/s)	想定洪水(m^3/s)	想定洪水(m^3/s)	
Case1	1000	1000	2000	1000	3000	植生消長のみ
Case2	1000	1000	2000	1000	3000	植生消長のみ
Case3	1000	1000	2000	1000	3000	植生消長のみ

生がなく、砂州下流にかけて植生が繁茂していった様子がわかる。現地調査により、下流部にシナダレスズメガヤやツルヨシといった草本類が繁茂している様子が確認されているが、水際においてもツルヨシやヤナギの低木の繁茂が確認されている。これは本解析に用いた解析メッシュが粗く、水際付近の地形、植生の繁茂状況の再現精度が低い可能性があることを示している。

Case1 では玉柏箇所の植生は自然には除去されにくく、 $3000\text{m}^3/\text{s}$ の洪水が発生しても礫河原は再生されない。玉柏箇所においては Case2 よりも Case3 の方が礫河原が自律的に維持されている箇所が多い。これは Case3 の施工による効果が維持され、将来に渡って礫河原が維持されていることを意味する。これは、Case3 の施工が、一年に一回程度の確率で発生する流量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ の洪水においても砂州上を攪乱することが可能のように施工されているためと思われる。

Case2 のような植生伐採のみの場合では、河床が攪乱されないため、次の年から速やかに植生が再生してきている。これは実際に現地においても2,3年も月日が経つと草本類が速やかに再生している。このことから本解析モデルは旭川における植生消長をある程度再現しており、樹林化の将来予測をおこなうツールとして十分に機能するものと思われる。ただし今回の解析の結果は主にヤナギ、シナダレスズメガヤ、ツルヨシといった樹種のみを対象としているため、より精度を高めるためにはタケ類やその他の木本など、さまざまな樹種を対象範囲として拡大していくことが必要であると考えられる。

祇園箇所においてはどのケースにおいても低水路側での砂州上ではほとんど植生が繁茂していない結果となった。実際の現地においては低水路側の砂州上でもシナダレスズメガヤ、ツルヨシといった草本類やヤナギといった木本類が生えている箇所もあるが、流量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ 規模の洪水においても河床が攪乱されている箇所が多くみられたので、本解析モデルの結果は現

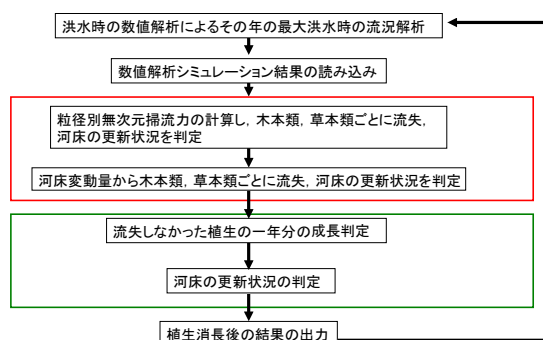


図-2 解析モデルのフローチャート

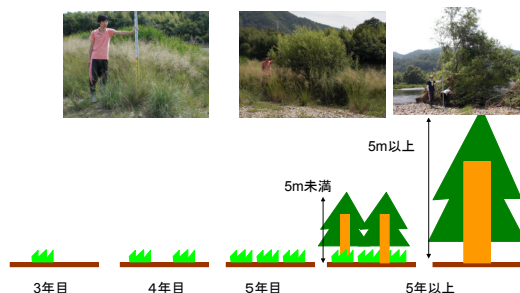


図-3 河床の更新による入植の概略

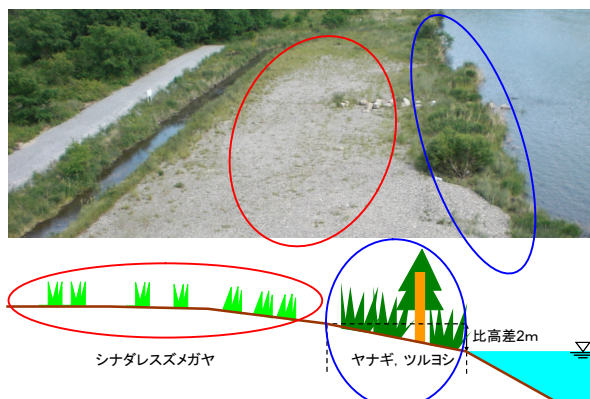
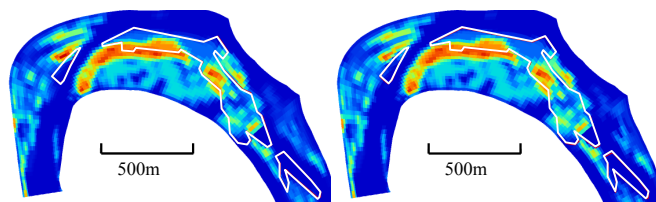


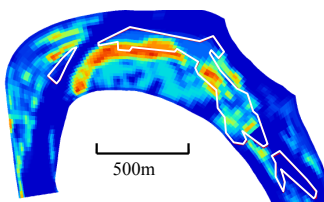
図-4 比高差による制限の概略

在使用している解析メッシュでは妥当なものと考えられる。

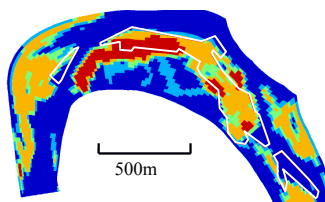
図-6 と図-8 をみると、平成 21 年に行われた植生伐



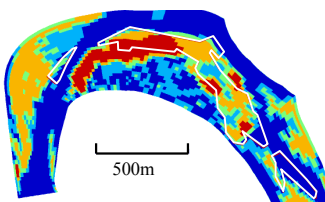
(a) 平成 21 年 Case1 植生高



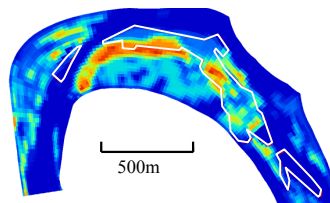
(b) 平成 22 年 Case1 植生高



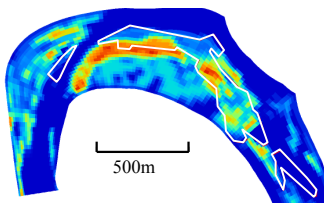
(a) 平成 21 年 Case1 密生度



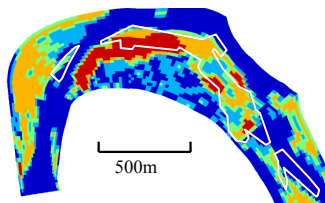
(b) 平成 22 年 Case1 密生度



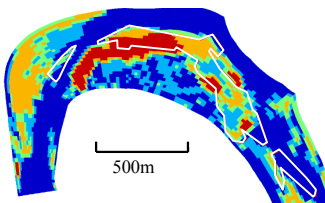
(c) 平成 23 年 Case1 植生高



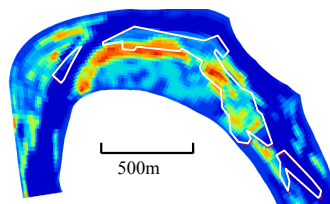
(d) 平成 24 年 Case1 植生高



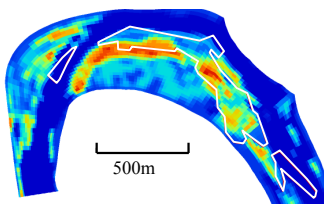
(c) 平成 23 年 Case1 密生度



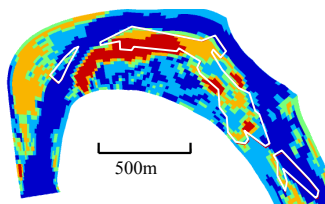
(d) 平成 24 年 Case1 密生度



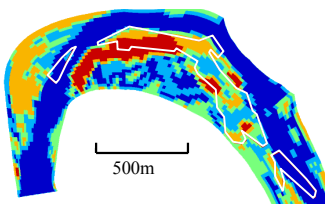
(e) 平成 25 年 Case1 植生高



(f) 平成 26 年 Case1 植生高



(e) 平成 25 年 Case1 密生度



(f) 平成 26 年 Case1 密生度



図-5 Case1 の植生高の経年変化 拡大図

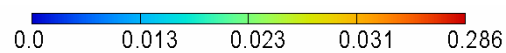
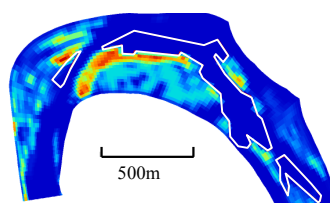
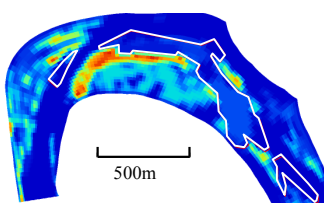


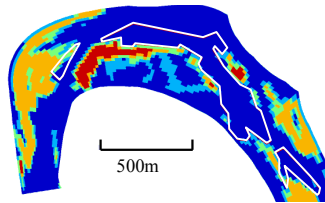
図-6 Case1 の密生度の経年変化 拡大図



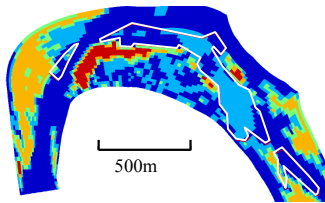
(a) 平成 21 年 Case2 植生高



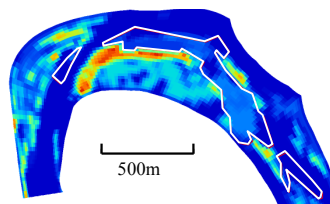
(b) 平成 22 年 Case2 植生高



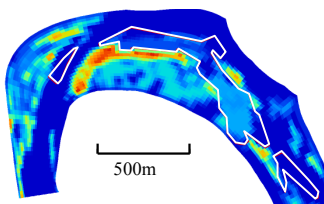
(a) 平成 21 年 Case2 密生度



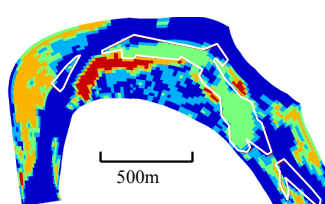
(b) 平成 22 年 Case2 密生度



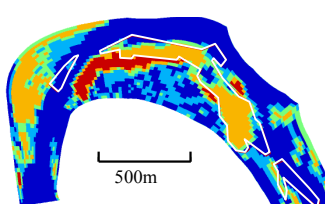
(c) 平成 23 年 Case2 植生高



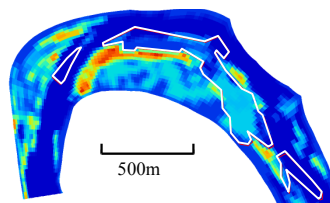
(d) 平成 24 年 Case2 植生高



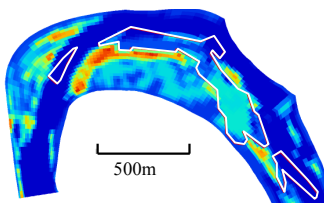
(c) 平成 23 年 Case2 密生度



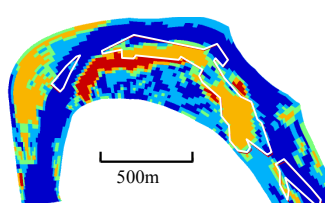
(d) 平成 24 年 Case2 密生度



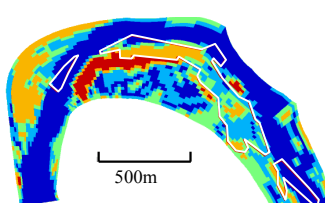
(e) 平成 25 年 Case2 植生高



(f) 平成 26 年 Case2 植生高



(e) 平成 25 年 Case2 密生度



(f) 平成 26 年 Case2 密生度



図-7 Case2 の植生高の経年変化 拡大図

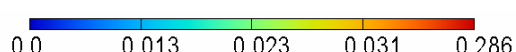
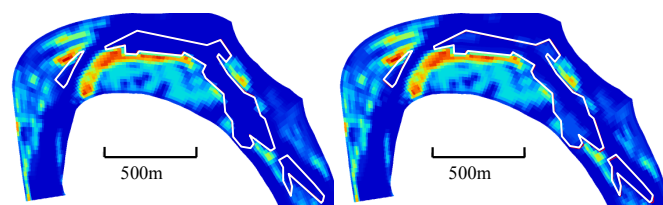
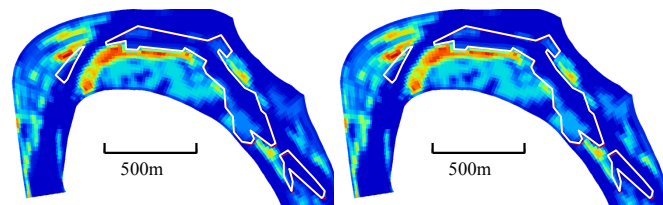


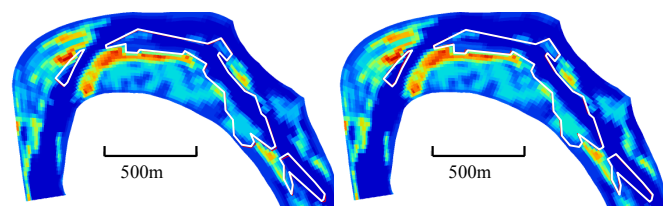
図-8 Case2 の密生度の経年変化 拡大図



(a) 平成 21 年 Case3 植生高 (b) 平成 22 年 Case3 植生高



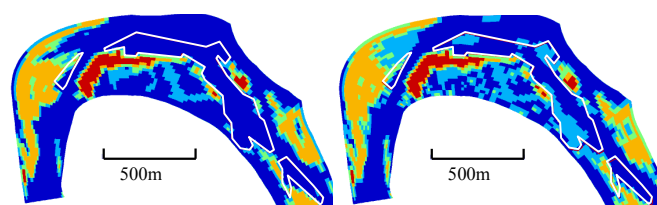
(c) 平成 23 年 Case3 植生高 (d) 平成 24 年 Case3 植生高



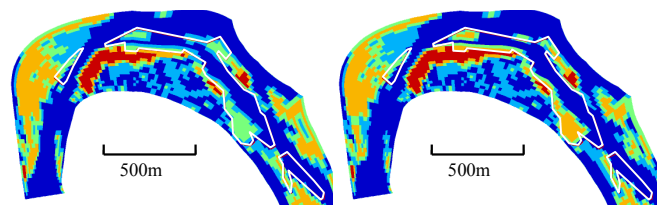
(e) 平成 25 年 Case3 植生高 (f) 平成 26 年 Case3 植生高



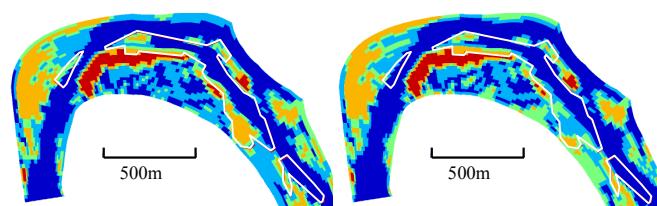
図-9 Case3 の植生高の経年変化 拡大図



(a) 平成 21 年 Case3 密生度 (b) 平成 22 年 Case3 密生度



(c) 平成 23 年 Case3 密生度 (d) 平成 24 年 Case3 密生度



(e) 平成 25 年 Case3 密生度 (f) 平成 26 年 Case3 密生度

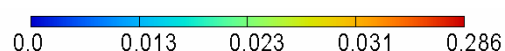


図-10 Case3 の密生度の経年変化 拡大図

採の効果は 3 年もすると植生が再び繁茂し、植生伐採を行わない場合とほとんど変わらなくなってしまう。つまり植生伐採による効果は 3 年程度しか続かない可能性があり、3 年に一度程度の割合で植生伐採を行うことでその効果を維持できるものと思われる。

図-9, 10 をみると Case3 においては玉柏箇所で礫河原が広い範囲で自律的に維持されていることがわかる。よって、パイロット水路、水制の設置といった施工は礫河原の自律的再生に非常に効果的であると言える。

4. 結論

本研究では旭川において植生消長シミュレーションモデルを構築し、各ケースにおける平成 21 年から平成 26 年までの樹林化予測をおこなうことで礫河原再生にむけた各施工による効果の中、長期的なスパンで検討を行った。以下にその結果と今後の課題を述べる。

- (1) 玉柏箇所での植生伐採後の植生繁茂の状況を検討した結果、本解析で構築した植生消長シミュレーションの再現性は十分にあると言える。
- (2) 植生伐採による効果は 3 年程度しか続かず、その効果を継続させるためには 3 年に一度程度の植生伐採が必要であることを示唆した。
- (3) 玉柏箇所において、自律的礫河原再生のためのパイ

ロット水路、水制の設置といった施工は、中、長期的なスパンでみた場合においても効果的であることを示した。

- (4) 植生消長シミュレーションモデルの精度をより向上させるためには対象としている樹種を広げることや、解析メッシュをより細かなものにし、地形や植生の再現性を高めてやる必要がある。

参考文献

- 1) 渡辺敏・前野詩朗・渡部秀之・志々田武幸 (2005): 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, pp77-82
- 2) 前野詩朗, 渡辺 敏, 藤塚佳晃: 簡易に得られる植生特性値を考慮した数値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.
- 3) 八木澤順治・田中規夫 (2009): 河道内植生の洪水による破壊・再生を考慮した植生動態モデルの開発, 水工学論文集, 第 53 巻, pp1171-1176
- 4) 黒田直樹・西村達也・関根秀明・浅枝隆・石井豊昭 (2010): 荒川熊谷地区を対象とした河道内の樹林化予測モデルの開発, 水工学論文集, 第 54 巻, pp1243-1248