

植生の状態変化予測手法を用いた再繁茂抑制断面の設定と効果検証

すずききょうな いけぼくによし のぞえけんじ もりみつひろ
○鈴木杏奈¹・池羽邦佳²・野副健司¹・森充弘¹

¹いであ(株) 名古屋支店(〒455-0032 愛知県名古屋市港区入船1-7-15)

²いであ(株) 大阪支社(〒559-8519 大阪府大阪市住之江区南港北1-24-22)

榊田川直轄管理区間では、河川整備計画を策定したH17.8以降、高水敷上の樹林化の進行等により、流下能力の低下が懸念されている。本業務は、流下能力対策として、今後実施する河道掘削や樹木伐採を行う箇所を対象に、事業実施後も事業効果(=流下能力)が持続する掘削形状及び樹木管理方法を検討したものである。

本稿では、植生遷移を実績から可視化したリバープロットによる再樹林化傾向の把握、マルコフ連鎖による植生遷移予測結果を参考とした河道掘削形状の検討等の河道維持管理に係る先進的な取組を紹介する。また、工事後の経過観察から示唆された本検討手法の有用性を示す。

Key Words : 樹木再繁茂, リバープロット, マルコフ連鎖, 植生遷移予測, 摩擦速度

1. はじめに

榊田川は、その源を三重県松阪市と奈良県吉野郡東吉野村の県境に位置する高見山(標高1,249m)に発し、蓮川等の支川を合わせながら東流し、伊勢平野に出て佐奈川を合わせた後、松阪市法田で祓川を分派し流路を北に転じ伊勢湾に注ぐ、幹川流路延長87km、流域面積436km²の一級河川である。

本業務の検討対象区間は、直轄区間19kmのうち河口から3.8k付近に位置する東黒部頭首工までの感潮区間(セグメント2-2)である。榊田川水系河川整備計画(H17.8策定)の河道掘削・樹木伐採範囲は2.8～3.6k付近であるが、現状では2.8k下流においても土砂堆積・樹木繁茂が進行している。また、掘削区間の特性(感潮区間)と掘削後の河道管理を踏まえた掘削範囲・掘削形状を検討する必要があった。これらの背景を踏まえ、本業務では、事業実施後も事業効果(=流下能力)が持続する掘削形状及び樹木管理方法を検討するに至った。本業務の検討結果に基づく整備内容は図-1に示す通りである。

2. 課題

榊田川の感潮区間では、整備計画策定後に土砂堆積やネザサ等の低木林の拡大を含む樹林化が進行している(図-2, 図-3, 図-4)。このため、国土交通省の取り組みである「防災・減災, 国土強靱化のための3か年緊急対策」における河道掘削と樹木伐採により流下能力向上を図ることとなった。

しかしながら、感潮区間の維持可能な河道設定に係る知見は蓄積されておらず、整備後の事業効果維持に対する懸念があった。そのため、本業務では感潮区間の河道掘削において、事業効果を持続させ得る掘削形状の検討手法や設定条件の確立を最終的な目的とし、樹木再繁茂の抑制条件や掘削形状の考え方の有効性を検証した。

なお、これとは別に輪中左岸流路への洪水流の集中による堤防の安全性低下が治水上の課題であり、これについては準三次元流況解析から3か年緊急対策による改善効果を示しているが、本稿では詳細を割愛する。

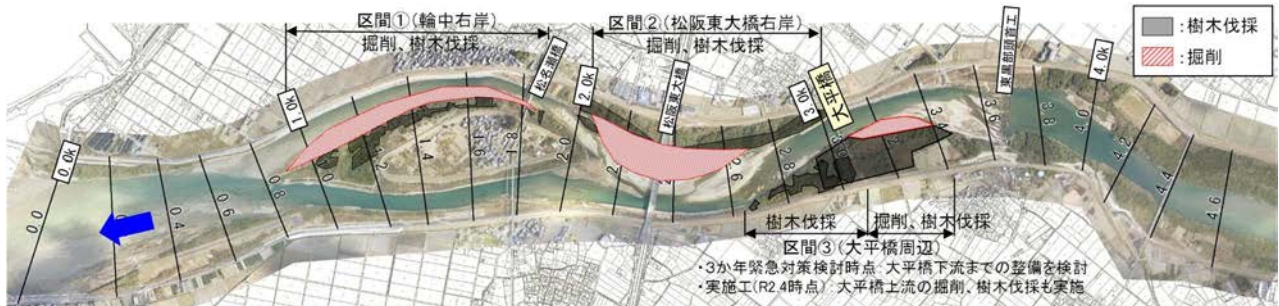


図-1 榊田川感潮区間(セグメント2-2)における整備概要

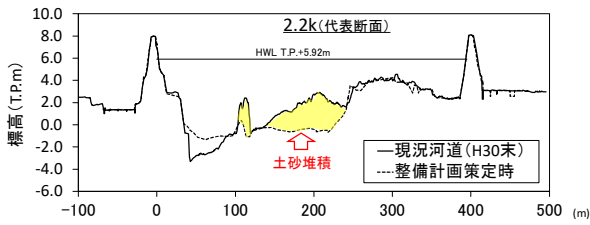


図-2 土砂堆積状況

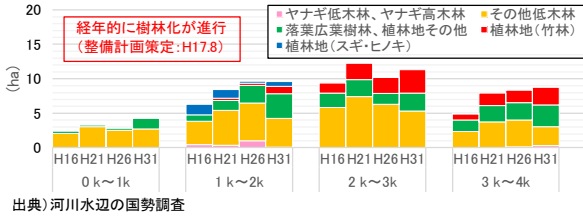


図-3 樹木繁茂面積の経年変化

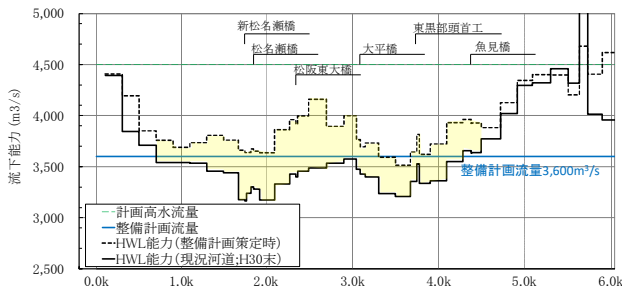


図-4 現況流下能力図

3. 解決策

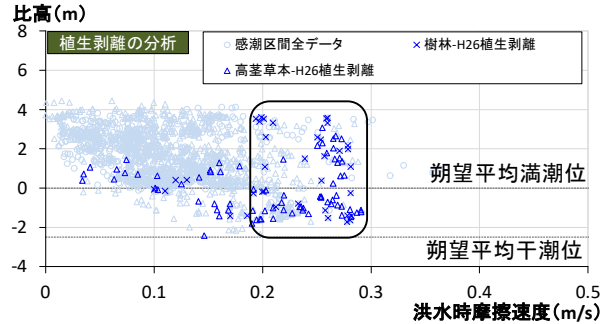
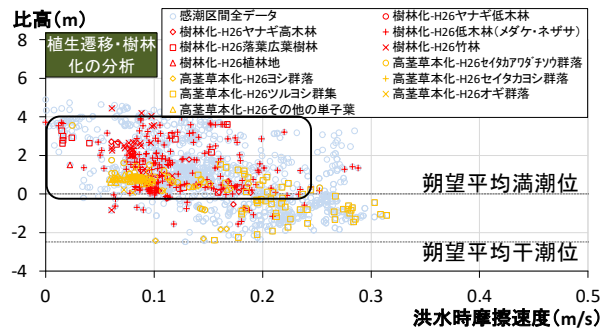
事業効果を長く持続させる掘削形状を設定するため、まず植生遷移や樹林化が進行している条件を分析し、状態変化予測手法であるマルコフ連鎖¹⁾により将来の植生遷移を定量化することで、長期的に樹木の再繁茂が抑制される条件を検討した。

また、検討結果を踏まえて整備箇所での事業効果の持続が期待できる掘削形状を検討するとともに、洪水時の摩擦速度と朔望平均満潮位以下の冠水状況から河道の安定性について評価した。

(1) 植生遷移及び樹林化が進行する条件の分析

榎田川感潮区間では、樹林化やネザサ等のその他の低木林が拡大し、流下阻害の原因となっている。植生遷移・樹林化が進行している条件を把握することで再繁茂を抑制する整備方法を検討するため、全国一級河川で実施されている定期横断測量及び河川水辺の国勢調査結果を活用し、植生の変化状況を分析した。

分析にあたっては、河道内を1辺10～20mに区切ったメッシュの中心点で10年後の植生の変化状況(H16からH26にかけての高茎草本化・樹林化・植生剥離)を把握し、比高(H19定期横断に基づく地盤高－朔望平均満潮位)及び摩擦速度(流量3,000m³/s; H23洪水想定, 準三次元流況解析)の条件による植生消長の傾向を検討した(図-5)。



注) 植生遷移・樹林化の分析では、「自然裸地・一年生多年生草本」から「高茎草本/樹林」に遷移した箇所を、植生剥離の分析では、「高茎草本/樹林」から「自然裸地/一年生草本」に変化した箇所を、色分けしてプロットした。

図-5 10年後の植生遷移・剥離と比高・摩擦速度の関係

この結果、朔望平均満潮位より高い地盤高では樹林化が進行しやすいが、朔望平均満潮位以下の地盤高では樹林化が生じにくく、摩擦速度0.2m/s以上の条件で植生剥離が生じやすいことが示唆された。このため、地盤高が朔望平均満潮位より高い、摩擦速度0.2m/s未満の条件では高茎草本化、樹林化が生じやすいことが分かった。

榎田川感潮区間での15年間(H16→R1)の地盤高別での植生の変遷をリバープロットにより模式化して確認したところ、朔望平均満潮位以下の場所では、自然裸地や開放水面が広い面積を占めて植生の割合は少なかった(図-6)。朔望平均満潮位より高い場所では、樹林化やその他の低木林等の割合が大きく、その他の低木林や落葉広葉樹林に変化する場所が多かった(図-6)。

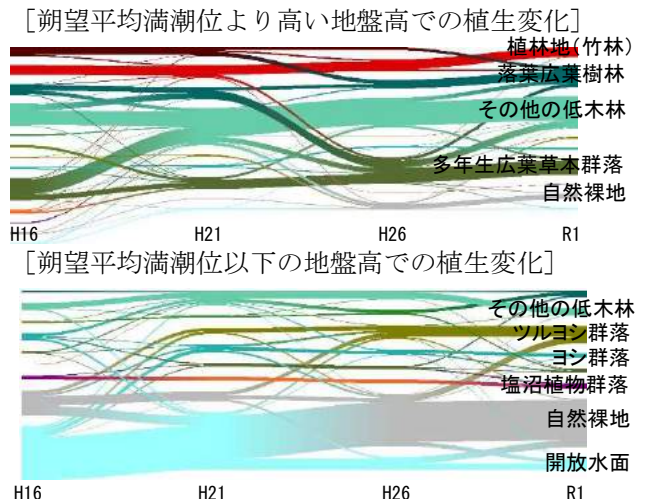


図-6 15年間の地盤高別での植生の変遷(リバープロット)

(2) マルコフ連鎖による工事後の遷移予測

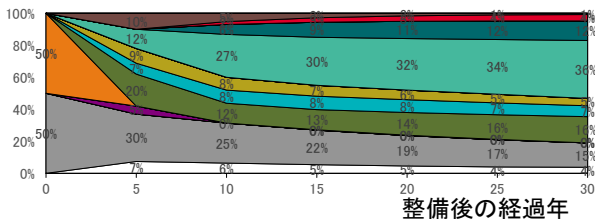
(1)での分析を踏まえ、長期的に樹木が再繁茂しにくい掘削形状を検討するため、状態変化予測手法であるマルコフ連鎖により掘削断面の敷高を条件として30年間の植生遷移を予測した。

マルコフ連鎖による将来予測は、近年土木分野で構造物の劣化予測で用いられている手法であり、一定の遷移確率を基に将来の状態変化を予測し、次の時点の状態が現在の状態のみに依存して決まることが特徴である。このため、環境の変動を予測に組み込めないものの、植生変化の実績を基にした遷移確率により簡便に将来予測を行い、経過年に伴う植生遷移や樹林化を定量的に扱うことができるようになる。これより、長期的な変化を考慮した河道計画や計画的な維持管理の実施に活用できる等のメリットが多いと考えられる。

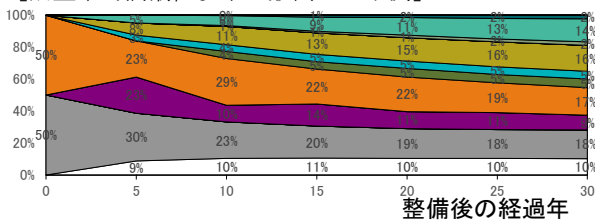
本検討では、15年間4箇年の植生図から定期横断測量の測線上でデータ集計し、5年毎3回分の植生変化の実績 (H16→H21/H21→H26/H26→H31) を合算することで遷移確率を求め、感潮区間における植生遷移や樹林化を予測した。

掘削断面の敷高の検討材料とするため、植生図の1箇年目 (H16) の地形を反映していると考えられる平成19年度の定期横断測量結果を基に、朔望平均満潮位を基準として複数のケースで予測した (図-7)。

[朔望平均満潮位より高い敷高での予測]



[朔望平均満潮位以下の敷高での予測]



[朔望平均満潮位より0.5m以下の敷高での予測]

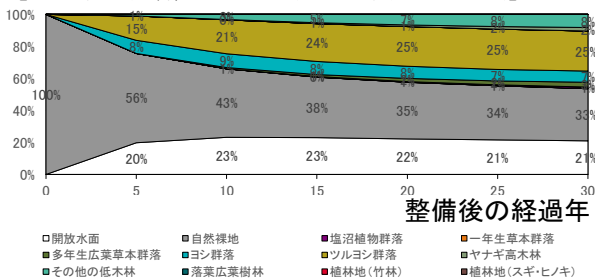


図-7 マルコフ連鎖による掘削後の変化予測

この結果、朔望平均満潮位より高い場所では、感潮区間で課題となっているネザサ等のその他の低木林や落葉広葉樹林が工事後10年目までに急速

に拡大すると予測された。一方、朔望平均満潮位以下の場所では、工事後、流下能力に影響しにくい一年草本群落、高茎草本であるツルヨシ群落や塩沼植物群落が維持・拡大する可能性はあるが、流下能力上の課題となっているその他の低木林等の割合は低い状態で維持されると予測された。また、掘削断面の敷高を朔望平均満潮位よりも更に0.5m下げることで再繁茂する植生の割合は減少し、自然裸地が維持されやすいと予測された。

(3) 掘削形状の設定

掘削形状は、前述の図-1に示す一連区間①②③の内、区間①②に対し設定した (区間③の掘削は実施時に検討時点に対して追加で実施)。

(a) 地盤高の設定

掘削高は、前述の植生立地条件の分析結果より、区間①②いずれも樹林化抑制が期待できる朔望平均満潮位 (T.P. +1.12m) 以下としつつ、河川整備基本方針の掘削高を下回らない高さとした。この結果、掘削高は区間①では朔望平均満潮位 - 0.6m (T.P. +0.52m)、区間②ではT.P. +1.00mとした (図-8)。

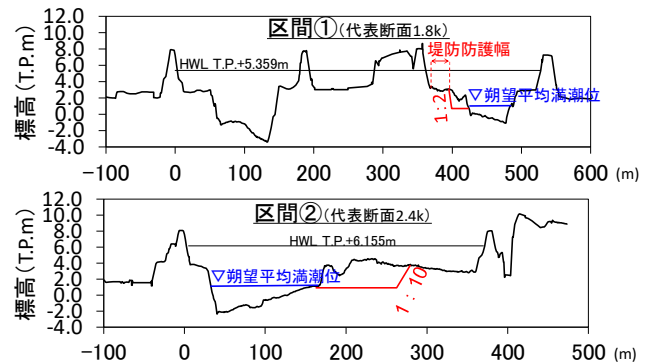


図-8 掘削高と朔望平均満潮位の高さ関係

(b) 河道の安定性確認

河道の安定性を、流況解析による摩擦速度分布と朔望平均満潮位以下の冠水分布から評価した。整備前後で、摩擦速度分布と冠水分布の変化の大きい区間①②周辺をみると、両区間とも整備後に、これらの分布が拡大している。以上のことから、整備により植生繁茂が抑制され、河道は安定し易くなる (維持され易い) ことを確認した (図-9)。

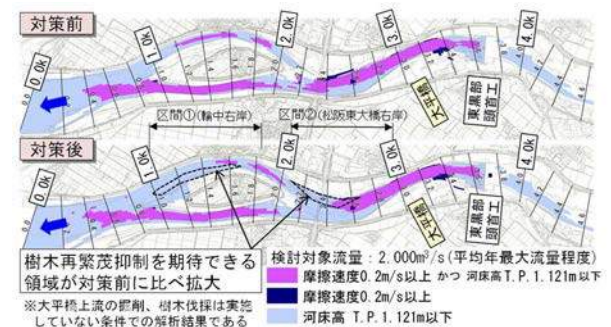


図-9 摩擦速度と朔望平均満潮位以下の分布状況

4. 工事後の現地調査と成果

整備による再繁茂対策の効果を検証するため、令和2年10～11月に、整備条件が異なる3つの工事箇所（区間①松名瀬橋下流 掘削箇所(R2.1完工：敷高T.P.+0.52m)、区間③大平橋周辺 掘削箇所(R2.4完工：敷高T.P.+1.75m)、区間③大平橋周辺 樹木伐採箇所 除根あり(R2.4完工：工事箇所の地盤高T.P.+3.5～6m)」で現地調査（根株からの再生と新規の実生を区別して調査）を実施した。

(1) 区間①松名瀬橋下流 掘削箇所

区間①松名瀬橋下流の掘削箇所は、敷高が朔望平均満潮位より0.6m低く、潮汐の影響により令和2年1月から11月までの観測期間中の3割程度冠水する環境であった。

掘削後9ヶ月経過しているが掘削箇所には再生・定着した樹木はなく、植生もほとんど繁茂していなかった。また、河口部の塩性湿地に生育するフクド等（貴重種）の植物が確認できた(図-10)。

満潮時に海水が混ざった水が冠水するため、塩分ストレスが強い環境であり、樹木が生育しにくくなるとともに、耐塩性を持つ塩沼植物は生育できるようになったと考えられる。

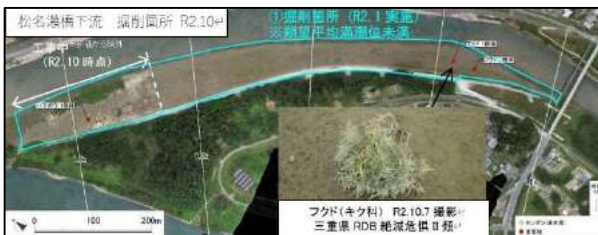


図-10 区間①大平橋掘削箇所結果

(2) 区間③大平橋周辺 掘削箇所

区間③大平橋周辺の掘削箇所は、敷高が朔望平均満潮位より0.6m高く、潮汐によって冠水しない環境であり、観測期間中の小規模な洪水時により一時的に冠水する程度であった。

確認された樹木の株数は少なく、林縁や伐採跡地等で優占するアカメガシワ等の新規に定着した実生が確認された。掘削後、切り下げた土壌の表層にあった埋土種子あるいは整備箇所外からの移入によって定着したと考えられる。

(3) 区間③大平橋周辺 樹木伐採箇所

区間③大平橋周辺の樹木伐採箇所は、潮汐の影響を受けず、令和2年の規模では洪水時にも冠水しない環境であった。

根株から再生した樹木だけでなく、新規定着した樹木が多数みられた。樹種としては林縁や伐採跡地等で優占するアカメガシワ、マグワが多かつ

た(図-11)。これらは、樹木伐採後、土壌の表層にあった埋土種子等から定着したと考えられる。



図-11 区間③大平橋周辺掘削・樹木伐採箇所結果

(4) 成果のまとめ

本業務での調査結果のように、再繁茂対策として除根ありで樹木伐採したとしても、一定の効果はあるものの、伐採跡地等で優占する樹木が埋土種子から新規に定着し、再繁茂を抑制する効果が低減する可能性があることが示唆された。

樹木の再繁茂を抑制するためには、区間③大平橋周辺の掘削箇所のように、表層土壌を剥ぎ取って表層土壌中の埋土種子を除去する必要があると考えられる。また、治水面だけでなく環境面にも配慮する場合、感潮区間であれば、区間①松名瀬橋下流の掘削箇所のように、朔望平均満潮位よりも低い地盤高まで切り下げ、樹木の再繁茂を抑制するとともに、塩沼植物の生育場の再生を図ることが考えられる。

5. 今後の展望

本業務の取り組みは、平成30年度の検討に始まり、実工事を経て、その効果検証を行っているところである。現時点では、事業効果(=流下能力)の維持が確認されたが、検証期間が工事後、1年未満と短く、掘削箇所が冠水する規模の出水が生じていないため、今後も継続的にモニタリングを行い、樹木再繁茂等の変化状況の把握や出水時の冠水状況や摩擦速度の検証を継続していく予定である。また、松名瀬橋下流の掘削箇所では、貴重種が確認される等、環境面についても副次的に効果が確認されたことから、現行の植物調査のみでなく、底生生物等の調査も実施する予定である。

謝辞：本業務の実施にあたり、国土交通省三重河川国道事務所の関係者の皆様には多大なるご指導、ご協力を頂き感謝申し上げます。

引用文献：

1) 近田ら：点検結果に基づく劣化予測のためのマルコフ遷移確率推定方法に関する一考察，構造工学論文集A, Vol161A, pp. 70-80, 2015. 5