

効率的な樹木管理に向けた樹木繁茂予測モデルの構築

山下政恭¹

¹庄内川河川事務所 調査課 計画係長（〒462-0052 名古屋市北区福德町5-52）

庄内川において課題となっている樹木管理について、将来的な樹木の繁茂箇所を推定し、効率的・効果的に伐採を行うことを目的に、樹木管理計画（案）を策定するための予測モデルを構築した。

キーワード：樹林化、予測モデル、管理計画

1. はじめに

庄内川では、平成12年9月に発生した東海豪雨以降、主に下流部を中心に大規模な河川改修（築堤、河道掘削）を実施し、現在も平成20年3月に策定された「庄内川水系河川整備計画（以下「整備計画」という。）」に基づき、事業を継続して実施している。

しかし、平成23年9月に発生した台風15号により、庄内川中流部で当時の施設能力を上回る洪水が発生し、一部区間で堤防天端を洪水が越水する事象が発生した。その後、洪水検証をしていく中で、本洪水の降雨分布が中流部に集中したこともあったが、更に中流域（22～34k）における河道内樹木が特に増加したことが要因の一つとして推測され、今後の樹木管理が課題となった。



図-1 中流部における越水状況

2. 平成23年9月洪水時の樹木状況

庄内川で近年発生した大規模な洪水としては、平成12年9月東海豪雨と平成23年9月の台風15号があるが、図-2は越水が発生した区間における両洪水前後の中流域（22～34k）における樹木面積を比較した結果である。

その結果、平成23年9月の洪水発生時には、東海豪雨時と比較して約1.8倍の面積であったと考えられる。

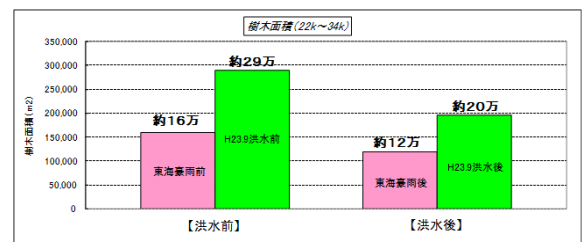


図-2 洪水前後の樹木面積の比較

3. 計画上の管理の樹木管理の位置づけ

整備計画における樹木管理に関する記述は、『洪水の安全な流下の支障となっている河道内樹木や、河川管理施設等に影響を与える樹木について伐採を行うが、樹木は動植物の生息・生育地であるとともに良好な景観を形成しているため、環境に配慮し、伐採、間伐等の適切な措置を講じる。』との記載はあるが、具体的な箇所や実施時期などは記載されていない。その要因としては、樹木が自然的要因（洪水の発生回数、洪水による生息環境の変化他）により影響を受けるため、予測が困難であることが考えられる。

そのため、定期的（概ね5年／回）に実施される植生調査（以下「定期植生調査」という。）において樹木の繁茂状況を把握し、治水上の評価をする必要がある。

(図-3のように新たな樹木が侵入した場合、水位上昇の要因となるため、本来であれば速やかな対応が必要)

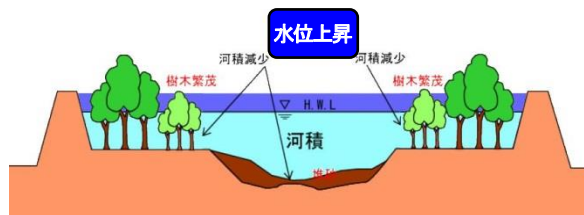


図-3 河道内樹木の管理イメージ

4. 予測モデルの構築

前述してきたとおり、河道内の樹木管理を行うことは洪水を安全に流下させるための必要な行為である反面、樹木が繁茂する範囲の予測が困難であるという課題を抱えていたため、当事務所では将来的（整備計画完了時の20年後を想定）に繁茂する範囲を予測するモデルを構築することで計画的な管理につなげる取り組みを実施した。

(1) 予測対象種の選定

予測モデルの構築にあたり、定期植生調査の結果から予測対象とする樹木を以下の条件により選定した。（表-1参照）

- (a) 5ha以上の面積を有し、近年まで増加傾向を示している種
- (b) 樹木繁茂が顕著であるseg2-1, seg2-2の区間において面積拡大が顕著な種

表-1 予測対象種一覧

予測対象種	面積及び割合 *H22調査
ヤナギ類群落	約25ha (23%)
タケ類群落	約26ha (24%)
ハリエンジュ群落	約11ha (10%)



図-4 中流部におけるヤナギ類群落の繁茂状況

(2) 予測モデルの概要

今回の予測モデルでは、「生物分布モデル（SDM :

Species Distribution Model）」を採用した。本手法は、樹木が実際に生息している場所の生息条件（環境条件）を統計処理し、将来的な出現確率を推定するものである。（図-5は2つの条件とした場合の出現確率のイメージ）

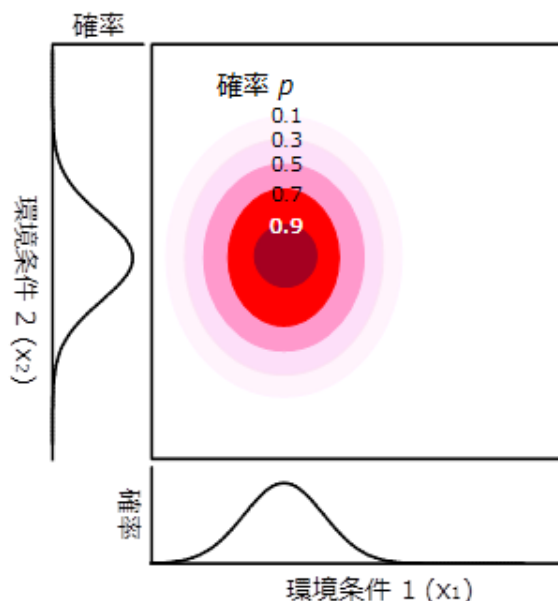


図-5 生物分布モデルのイメージ

(3) 予測に用いる生息条件（環境条件）データ

河川内において樹木の分布に影響を与える主な要因としては以下の事項が挙げられ、その各要因を指標として表現できるデータを用いて解析を行った。（図-6参照）

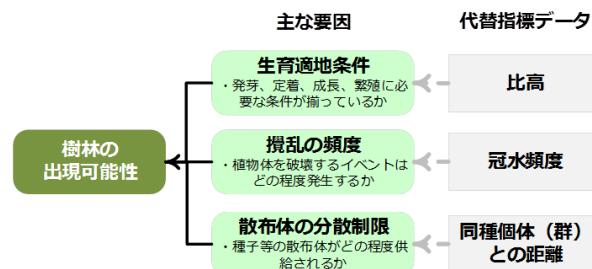


図-6 樹木の分布に影響を与える主な要因と指標

(4) その他の解析条件

解析に用いるその他の条件として、比高や冠水頻度を判定するための地盤標高については、国土地理院が公表している基盤地図情報（数値標高モデル）を用いて20mメッシュの標高を用いた。

(5) 予測モデルの性能評価

今回の予測モデルの性能評価の方法として、定期植生調査の結果とモデル上で樹林である箇所（又は、樹林でない箇所）として予測したメッシュの割合から得られる、「AUC（Area Under the Curve）」を指標とした。

AUCは、実際の調査で樹木がある箇所において予測

上で「樹木の分布有り」とされたメッシュの割合（感度），同様に樹木でない箇所において予測上で「樹木の分布無し」とされたメッシュの割合（特異度）から図-7のようなROC曲線を作成し，曲線より下側の面積により性能を評価する指標である。

今回のモデルでは，実際に植生調査を実施した平成17年を基準として，同じく調査を実施した平成22年（5年後）の結果と予測結果を比較することで，予測対象樹種毎のAUCを算出した。（表-2参照）

結果は，いずれも高い予測性能（ $AUC > 0.8$ ）が確認されたため，本モデルを用いて将来予測（20年後：整備計画完了時期を想定）を行った。

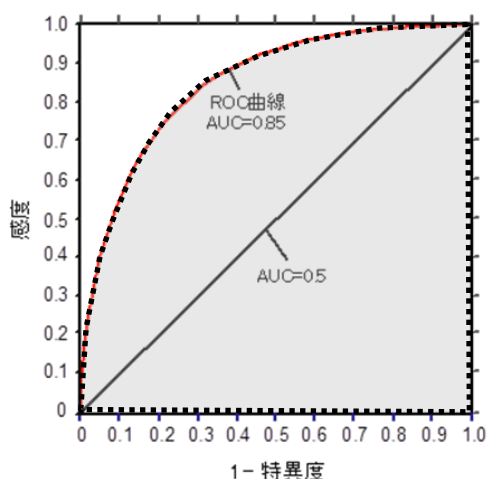


図-7 AUCの考え方

表-2 予測対象樹種毎のAUC評価

予測対象樹種	AUC
ヤナギ類群落	0.868
タケ類群落	0.969
ハリエンジュ群落	0.929

(6) 将来予測の検討方法

20年後の将来予測にあたっては，図-8のフローに従って検討を行った。

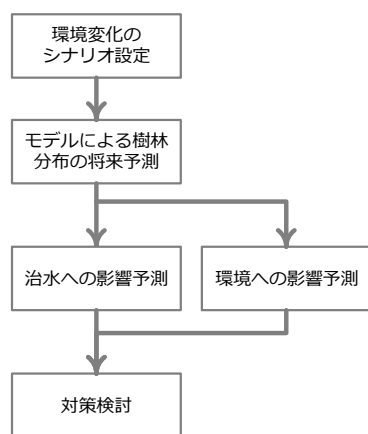


図-8 将来予測にあたっての検討フロー

(a) 平成27年植生調査に対する予測性能評価

平成27年度に行った植生調査結果と予測結果をAUCにて評価した。ただし，平成27年の予測にあたり，予測期間の途中で洪水（平成23年9月）が発生しており，その影響による樹木流出（消滅）やその後の河川改修による伐採，河道掘削により生息条件（環境条件）に改変が見られたため，その状況をモデルに反映した。（図-9参照）

上記を反映した上で，平成27年植生調査と比較を行ったAUCの結果は以下のとおりであり，この場合でも高い予測性能は確認された。

また，AUCによる評価の確認として，当事務所管内において現在も樹木繁茂が顕著であり，今後管理の重要性が高いseg2-1，seg2-2における予測結果の確認を行ったところ，0.8以上の予測性能が確認された。（表-3参照）

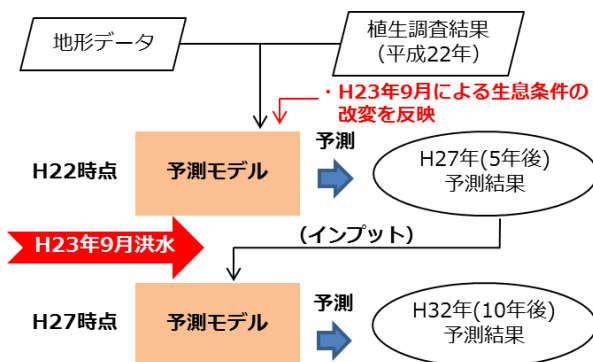


図-9 将来予測のながれ

表-3 平成27年予測時のAUC評価（セグメント毎）

対象樹種	H27予測 AUC	左記セグメント毎AUC	
		seg2-2	seg2-1
ヤナギ類	0.851	0.817	0.807
タケ類	0.942	0.932	0.976
ハリエンジュ	0.912	0.995	0.881

AUCによる評価だけではなく，距離標毎で植生調査結果と予測結果を比較した結果は図-10のとおりであり，区間によっては予測が植生調査結果を上回っている（下回る）区間が存在した。

要因としては，洪水発生以前の生息条件（比高，冠水頻度，既存樹木群からの距離）からは発生が予測されたが，洪水等による地形変化の影響により，実際の樹木の出現範囲に差が生じたものと考えられる。

そのため，洪水等による「比高」，「冠水頻度」の変化を評価するため，洪水後の地形変化の把握を課題と位置づけた。

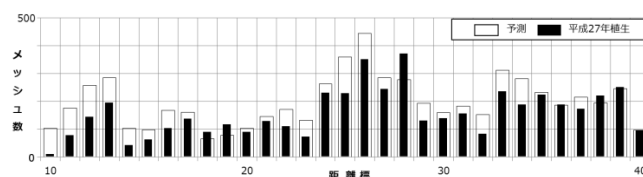


図-10 平成27年度調査結果と予測結果の比較

(b)環境変化に伴うシナリオ設定（表-4）

20年後の将来予測を行うにあたり、生息環境（環境条件）の変化（自然的、人為的要因）の考慮が必要と考え、複数のシナリオを想定した。今回は、「河川水位の変動」と「河川整備による河道掘削」を考慮し、要因別に出現の影響を感度分析した。

要因別では、「河川水位の変動」に対しては対象樹種全てにおいて大きな影響はみられなかったが、「河道掘削」に対してはヤナギのみ約6%程度の影響が見られ、群落の拡大に影響がある結果となった。

表-4 将来予測にあたっての想定シナリオ

シナリオ	河川水位(平水位)	掘削の有無
1	水位変動無し	なし
2	過去の水位変動を考慮し	
3	-0.04m/5 年 の 変化 を 想定。	
4	(その他、2倍と0.5倍したケース)	
5	水位変動無し	あり
6	過去の水位変動を考慮し	
7	-0.04m/5 年 の 変化 を 想定。	
8	(その他、2倍と0.5倍したケース)	

(c)将来予測結果

平成27年から20年後の将来予測結果は図-11のとおりとなった。

その結果、中流部（27～35k）において、今後20年で更に増加していく予測であったため、本結果が「治水面」、「環境面」に与える影響を評価し管理計画（案）の検討を行った。

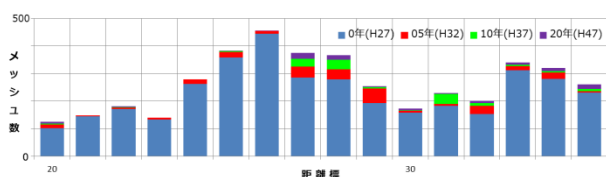


図-11 将来予測結果（20～35k）

(d)治水面への影響検討

治水面への影響は、将来予測で想定された樹木の発生範囲を基に不等流計算による水位検討を行い、計画高水位の超過量や超過区間の延長により判定を行った。

(e)環境面への影響検討

環境面への影響は、整備計画において「良好な自然環境の保全」と位置づけている「干潟」、「ヨシ原」、「砂礫河原」の箇所が樹林化により喪失するか否かにより判定を行った。

(f)対策工の検討

将来予測により、治水・環境面への影響が確認された箇所については、「伐採のみ」、「伐採＋除根」、「伐採＋除根＋河道掘削」の対策によるイニシャルコストとその後維持管理として、「対策箇所に対して毎年除草並みの伐採実施」、「対策後3年程度経過後に伐採を実施」毎のランニングコストを比較した。

5. 管理計画（案）の作成

前述までの結果を踏まえ、また対策必要箇所の優先度を検討した上で管理計画（案）の作成を行った。

6. モニタリング及びモデル更新

管理計画（案）の実施と並行して、対策効果と再繁茂の確認を中心とした定期的なモニタリングや、洪水後には樹木の流出や地形の変化を実施することが必要と考えている。

今回検討した予測モデルについては、今後5年に一度実施する植生調査結果の時期に合わせて性能評価を実施し、その結果から管理計画（案）を見直していくことでより実態に即した予測モデルになることが期待される。

7. 今後の課題

今回の検討により、樹木の将来予測モデルについては一定の成果が得たものと考えている。ただし、以下の事項については更なる検討が必要と考えているため、引き続き検討を行う。

- (1) 洪水による地形変化の予測（比高、冠水頻度が変化する要因となるため、予測性能の向上のため）
- (2) 将来予測上の樹木の生長速度の設定（治水上の影響検討時及び対策工のコスト比較において適正な樹木の高さを再現する必要性）
- (3) 治水面への影響検討において、新たに予測された範囲に対する抵抗（高水敷粗度係数）の見込み方

8. 謝辞

本稿の作成にあたり、お忙しい中で御協力、御助言をいただきました皆様方には、この場をお借りして謝辞にかえさせていただきます。