

日本全国におけるヤナギ類の空間分布予測及び高津川における樹林化要因解析

山口大学 学生会員 ○松永晋平

山口大学 正会員 小室隆 赤松良久 乾隆帝 今村能之

1 目的

近年、日本全国の河川において樹林化が進行している。河道内の樹林化は滞筋の固定化や流下能力の低下といった河川管理上の様々な問題を引き起こす¹⁾。これらの対策として、樹木の伐採、除根等が挙げられるが、樹木の伐採費用が高額であることや伐採しても再繁茂する可能性があるといったことから、抜本的解決に至っていないのが現状である²⁾。地方別の河道内樹木の構成割合を図-1に示す。図-1より各地方において、ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の3樹種だけで構成割合の大半を占めている。地方別の特徴として北海道、東北地方といった寒冷地帯にヤナギ類が、関東地方にハリエンジュが多く生育していることがわかる。樹木管理の上でこれらの3樹種を優占樹種として管理していくことが重要となる。そこで本研究では樹林化の要因解析を①日本全国、②島根県を流れる高津川の2つを対象として研究を行った。①では河道内樹林化の代表種であり、日本在来の植物であるヤナギ類を対象とした日本全国の河川における樹林化要因を明らかにし、今後の樹林化管理目標設定、要因分析に利用可能なヤナギ類のベースマップを作成することを目的とした。②ではダムや堰などの構造物が設置されておらず、水質(BOD)も環境基準値(AA類型)を満たす島根県の高津川を対象に、流量と植生面積に着目し、樹林化との関連性を検討することを目的とした。

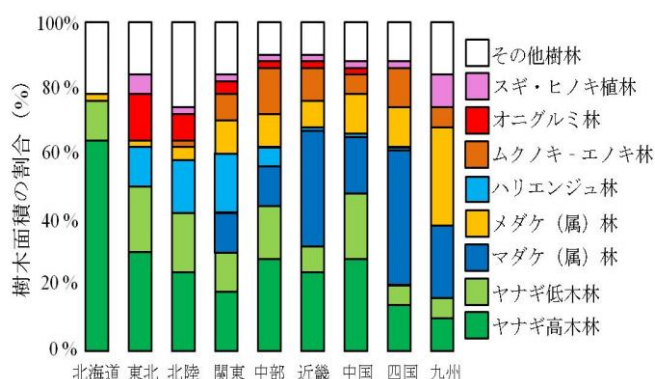


図-1 地方別の河道内樹林面積の割合³⁾

2 研究方法

日本全国を対象にした解析では、50m メッシュの数値標高モデル (DEM) から作成した小流域を解析ユニットとし、小流域毎に地形的要素である平均標高、平均傾斜角、平均 SPI (Stream Power Index)、平均 TWI (Topographical Wetness Index) を環境変数として算出した。ここで SPI とは土砂の侵食の起こりやすさ、TWI とは土砂の湿潤状態を表す指標であり、以下の式(1), (2)で算出される。

$$SPI = \ln(As \times \tan \theta) \quad (1)$$

$$TWI = \ln(As / \tan \theta) \quad (2)$$

As は各小流域に流入する集水域面積、 θ は各小流域における傾斜角を表す。さらに、本研究ではこれらの環境変数に加え、植物の生育に影響を与える可能性が高い年平均降水量と年平均気温 (国土交通省国土数値情報平年値メッシュデータ)⁴⁾の気候値を新たな環境変数として加え、他の環境変数と同様に小流域毎に算出した。なお、これらの変数は Arc GIS 10.4 (Esri) の Spatial Analyst ツールの水文解析によって作成、集計した。本研究では上記で作成した環境変数および目的変数となるヤナギの分布データを用いて、乾ら⁵⁾と同様に分布予測モデルの Maximum entropy modeling (Maxent)⁶⁾を用いて日本全国のヤナギ類の潜在的生育地の推定を行い、日本全国における樹林化の管理目標設定、要因分析に利用可能なベースマップを作成した。また本研究で使用するヤナギ類の分布データは、環境省自然環境局生物多様性センターによって提供されている2万5千分の1の植生図⁷⁾からヤナギ類の群落データを抽出した。同モデルは生物の分布データ (在) と、平均傾斜角な

キーワード: 樹林化, ヤナギ, GIS, Maxent,

TWI, 流量

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

TEL 0836-35-9309

表-1: Maxent による解析結果.

AUC, 感度, TWI, SPI, 傾斜角, 標高, 年平均気温, 年平均降水量の各変数の寄与率.

解析範囲		寄与率							
		AUC	感度	TWI	SPI	傾斜角	標高	年平均気温	年平均降水量
西日本	全域	0.791	0.828	60.6	16.7	3.1	5.5	10.4	3.7
	全域	0.621	0.724	33.6	3.8	1.8	41.6	17.8	1.5
	関東甲信越	0.777	0.768	60.4	5.6	6.6	12.3	5.6	9.5
	東北	0.703	0.772	49.7	9.9	4.2	8.5	18.1	9.6
	北海道	0.705	0.773	15.0	2.7	1.9	66.6	6.7	7.2

どの環境データを用いることにより, 生物の分布予測が出来るモデルである. また, モデルの構築の際に不在データが不要であるため, データベース型の分布データを用いた広域解析に向いているという特徴がある. モデルの精度評価にはAUC (area under curve) を用いた. AUC とはモデルの精度を表し, 0.5~1 の範囲の値をとり, この値が 1 に近いほどモデルの予測精度が良く, 0.7 以上であれば説明十分な精度であると判断される⁸⁾. またヤナギ類の分布に影響を及ぼす環境変数の重要性はモデルへの寄与率より判断し, 環境変数の値の影響性を応答曲線から判断することが可能である. 本研究では Maxent を用いてヤナギ類の潜在的生育地の推定及び算出された結果から全国におけるヤナギ類のベースマップの作成を行った. また 2 つ目の高津川における解析には, 河川水辺の国勢調査結果⁹⁾を用いて, 植生面積を算出し, 神田観測所の観測流量との比較から, 流量と樹林化の関連性についての検討を行った.

3 結果・考察

3.1 Maxent による解析結果とベースマップの作成

Maxent の結果を表-1 に示す. まず, 東日本全域を対象にした場合の Maxent による解析結果を表-1 に示す. 本研究ではまず, 糸魚川—静岡構造線より東の東日本全域を対象に解析を行った. 東日本全域を対象とした場合, AUC は 0.621, 感度は 0.72 と低い結果となった. 地方別に感度を算出すると, 北海道では 0.89, 東北で 0.61, 関東甲信越で 0.19 と地方により大きな違いが生じた. ここでの感度とは実際にヤナギの分布がある地点に対する正答率のことである. そこで解析範囲を東日本において北海道, 東北, 関東甲信越と地方別に分けて解析をおこなったところ,

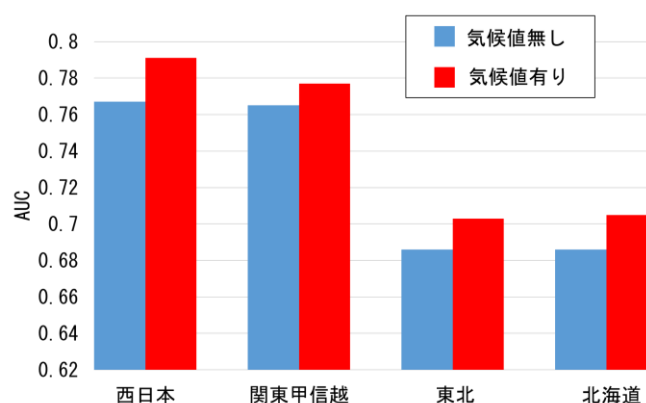


図-2 地方別の気候値を採用しない場合と採用しない場合の AUC の変化.

AUC は北海道で 0.705, 東北で 0.703, 関東甲信越で 0.777 となりモデルの精度が向上した (表-1). 寄与率に関しては北海道を除いた地域では TWI が最も高い数値であることが示され, 北海道に関しては標高の寄与率が 71.7%と最も高い結果となり, 標高がヤナギの生育に最も影響を及ぼすことが示され, 地方によって好適生育環境に違いがあると考えられる.

図-2 に気候値を環境変数として加える前と後でのモデル精度の変動結果を示す. 年平均気温と年平均降水量を環境変数として加えることによりすべての地方で AUC の向上つまりモデルの精度の向上が見てとれた.

図-3 に北海道地方, 東北地方, 関東甲信越地方, 西日本を解析対象として, 分布予測モデルによって算出されたヤナギ類の潜在的生育図を示す. 図-3 の赤色で表された地域はヤナギ類が生育しやすい環境域であることを示している. 図-3 のヤナギの潜在的生育地と実際のヤナギ類が生育している分布状況を照らし合わせるにより作成したヤナギ類の樹林化管理目標設定, 要因分析に利用可能なベースマップを図-4 に示す. ベースマップでは「予測在/実際に

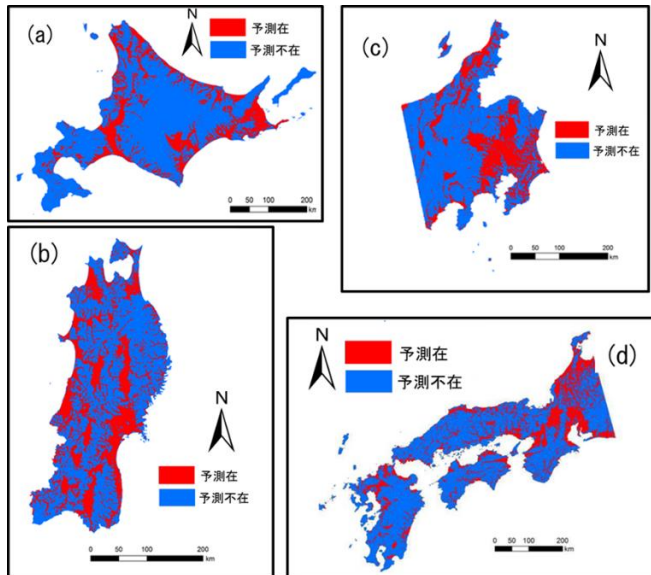


図-3 ヤナギ類の潜在的生育域

- (a) 北海道 (b) 東北 (c) 関東甲信越
(d) 西日本.

潜在的に生育しやすい地形特性をもっており、かつヤナギ類が生育しているエリアを示している。このようなエリアは、潜在的に樹林化しやすい地形特性であることを考慮に入れた管理をおこなうべきエリアであることを示す。黄色に該当する部分は、ヤナギ類が潜在的に生育しやすい地形特性をもっているが、ヤナギ類が生育していないか、植生データが欠落しているエリアを示している。このようなエリアは、今後の樹林化に注視すべきエリアであるといえる。青色に該当する部分は、本来は、ヤナギ類が潜在的に生育しづらい地形特性をもっているにもかかわらず、ヤナギ類が生育しているエリアであるため、何らかの人為的環境変化によって、樹林化が進行している可能性が高いことが考えられる。よってそのような地域では早急に人為的要因を解明し、それらの要因を排除する必要があるといえる。

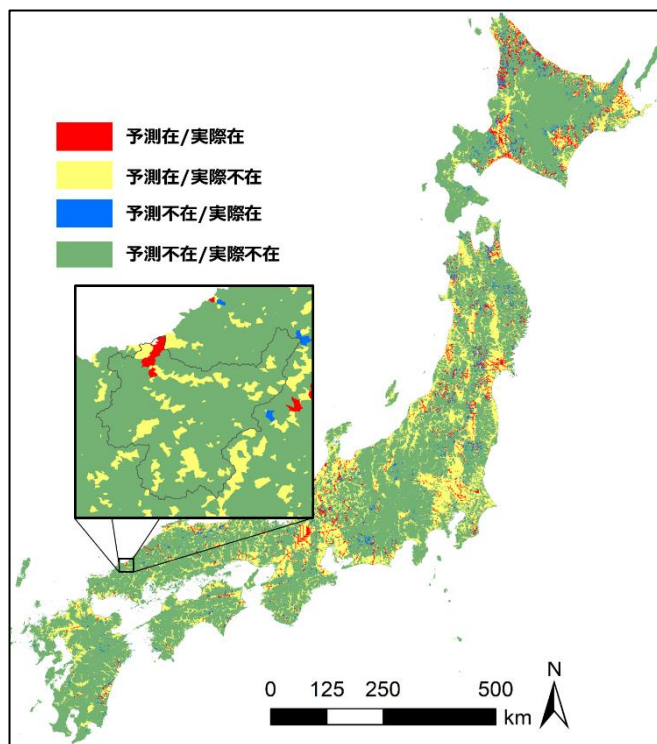


図-4 日本全国のヤナギ類の潜在的生育地と、実際のヤナギ類の分布データを照らし合わせることで作成した樹林化の管理目標設定、要因分析に利用可能なベースマップ。(拡大図は高津川流域)。

(赤)、「予測在/実際不在(黄)」、「予測不在/実際不在(青)」「予測在/予測不在(緑)」の4つに区分することで領域毎に管理方法が異なることを示している。乾ら⁵⁾によると、赤色に該当する部分は、ヤナギ類が

3.2 高津川における流量と樹林面積の関係

表-2 に高津川における Maxent の結果を示す。日本全域を対象にした解析と同様に、高津川においても土砂の湿潤状態を表す TWI が河道内樹木の代表種であるヤナギ類の生育に影響していることが示された。

高津川直轄区間における植生面積と年最大流量の経年変化を図-5 に示す。1994 年から 2000 年にかけて植生面積が減少傾向にある期間には、 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える大規模な出水が複数回発生している。一方で 2000 年から 2004 年にかけての期間には $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える大規模出水がなく、植生面積が増加傾向にある。2000 年までは出水により河床が攪乱され、植生が定着・生育しにくかったが、もともと図-4 の拡大図に示すように河道内樹木の代表種であるヤナギ類が生育しやすい環境(赤色部)であるために、2000 年以降の出水が少ない時期には、土砂が堆積することで群落が維持・拡大していると考えられる。

4 結論

本研究では、河道内樹木の代表種であるヤナギ類に着目し、Maxent を用いてまず全国を対象にヤナギ類の好適生育要因および潜在的生育地の推定を行った。次に高津川については河川水辺の国勢調査結果を用いて、植生面積と流量との関係性から高津川に

表-2：高津川における Maxent 解析結果
AUC, TWI, SPI, 傾斜角, 標高, 年平均気温, 年平均降水量の各変数の寄与率

AUC	寄与率					
	TWI	SPI	傾斜角	標高	年平均気温	年平均降水量
0.983	62.7	0.6	26.2	7.0	0.0	0.6

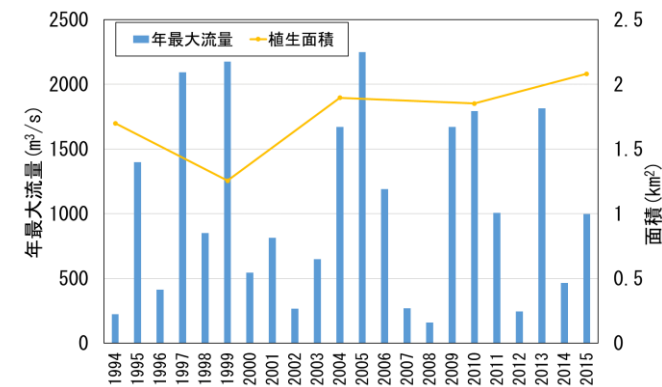


図-5 高津川における植生面積と年最大流量の経年変化

における樹林化要因の考察をおこなった。

本研究の結果から、北海道を除く地域ではTWIがヤナギの好適要因として作用していることが分かり、河川の下流的エリアに生育しやすいことが示された。また東日本を対象にした解析において、地方別に解析を行うことによりAUCが向上し、モデルの適合度の改善がみられた。以上のことから、①地方ごとにヤナギの好適要因が異なる、②日本全域を一括で解析するのではなく、地方別に解析し、生育適地を推定することがより精度の高いモデルを得られることにつながると考えられる。また本研究では乾ら⁵⁾が用いた環境変数に気候値として年平均気温と年平均降水量を気候値として加えることによりモデルの精度の向上したことから、ヤナギの生育においては地形的要素だけでなく気象的要素も影響していると考えられる。

高津川においては、Maxentによる解析結果からTWIが河道内樹木の代表種であるヤナギ類の生育に最も影響していることが示された。また、流量と植生面積の関係性から大規模な出水によって引き起こさ

れる土砂動態の変化が植生群落の維持、拡大に影響し、樹林化を促進した要因の一つと考えられる。

謝辞：本研究は国土交通省受託研究「高津川における河床掘削が河川環境に与える影響の研究」の一環として行った。ここに記して謝意を表す。

5 参考文献

- 1) 宮本仁志, 赤松良久, 戸田祐：河川の樹林化課題に対する研究の現状と将来展望, 河川技術論文集, Vol.19, pp.441-446, 2013.
- 2) 田屋祐樹, 増本みどり, 赤松史一, 矢島良紀, 佐貫方城, 中西哲, 三輪準二, 河道内樹林における萌芽再生抑制方法の検討, 河川技術論文集, Vol.18, pp59-64, 2012.
- 3) 佐貫方城, 大石哲也, 三輪準二：全国一級河川における河道内樹林化と樹木管理の現状に関する考察, 河川技術論文集, Vol.16, pp.241-246, 2010
- 4) 国土交通省国土数値情報 平年値メッシュデータ：<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
- 5) 乾隆帝, 赤松良久, 平木亮祐, 竹村紫苑：西日本におけるヤナギ類の空間分布予測-河川樹林化の適切な管理を目指して-, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.72, No.4, pp.1051-1056, 2016.
- 6) Phillips, S.J., Anderson, R. P. and Schapire, R.E. : Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological Modelling, Vol.190,pp.231-259, 2006.
- 7) 環境省自然環境局生物多様性センター：<http://www.biodic.go.jp/>
- 8) Akobeng, A. K.: Understanding diagnostic tests 1: sensitivity, specificity and predictive values, Acta Paediatrica, Vol.96, pp.338-341, 2007.
- 9) 河川環境データベース：<http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo>