

河川の植生管理方法に関する研究（その2）

Research for Methods of Vegetation Management in Rivers (2)

研究第二部 主任研究員 北 澤 聖 司

Research was conducted on methods of managing vegetation in rivers. Different from land-based vegetation, river vegetation suffers repeated cycles of damage due to flooding and subsequent succession. Based on the characteristics of river vegetation, models were developed to predict the succession patterns of vegetation. From qualitative and quantitative analysis of succession and related factors, a model was proposed for predicting the growth of willow groups, and ways of using this model.

Keywords: vegetation in rivers, groups of willows, succession, predictive factors, model to predict the succession of vegetation

1. はじめに

河川に生育する植生は、昆虫や鳥類等の動物にとって多様な生息環境を育むと共に人々にやすらぎを与えるなど河川空間環境において重要な機能を有している。近年、河川の生態系に配慮した河川工法として推進されている多自然型川づくりにおいても緑化工法や植樹等の採用により積極的な植生の保全・回復及びその創出が図られている。

河川の植生は環境に応じて遷移していくものであり、放置しておくことと洪水の流下に対する安全性に影響を及ぼしたり、植生環境が均質化して多様な植生が単純になる可能性が考えられる。こうした植生に対して、治水上の安全性、多様性の確保等植生管理の視点を明かにし、河川管理に資する方法を検討する必要性が考えられる。

一方、このような河川の植生は、通常の陸域の植生と異なり、洪水の影響を大きく受け、植生の破壊とそれに伴う遷移の進行を繰り返して成立している。¹⁾ 植生管理を検討する場合、遷

移は最も重要な生態学的要因の一つであるとされている。²⁾

本研究は、一般的な植生の遷移と異なる河川における遷移の特性を踏まえ、植生遷移の予測モデルの作成を試み、遷移の時空間的スケールを考慮した植生管理への適用を検討したものである。

本研究では対象植生として、治水上支障となる危険性のある木本類で、かつ、河川の植生を代表するヤナギ類を選定している。このヤナギ類は、柳枝工として多自然型川づくり工法にも積極的に適用されている。

なお、本報文は、「リバーフロント研究所報告第6号・河川の植生管理方法に関する研究（その1）」³⁾の続報である。

2. 『遷移』の考え方

植生の『遷移』とは、ある群落が時間の経過と共に移り変わっていき、比較的安定した群落（極相）に向かうことである。⁴⁾

遷移の初期を先駆相といい、先駆相の時期に侵入して群落を作る植物群を先駆植物という。先駆植物には1年生の植物が多く、2～3年の後には多年生植物の侵入を受けて徐々に消滅していき、低木や亜高木の群落に遷移していく。この時期を途中相という。途中相の段階を経て、最後に比較的長期に亘って存続し、かつ、自己再生産の見られる群落に到達する。この群落を「極相」という。

森林の伐採、農耕、放牧など人為作用等によって、それ以前よく発達していた群落が変化して新しく遷移が進行する現象を2次遷移という。河川の植生遷移の場合、洪水によって群落が変化することから2次遷移と考えられ、このような2次遷移では、通常の陸域における植生の遷移に比べて変化の速度が速く、遷移系列の完成に要する時間は非常に短いといわれている。⁵⁾

遷移が起きるのは、腐植質が堆積したり、根が土壌の風化を早めたり、葉が陽光を遮るなどが原因で、植生の生育地に環境の変化が起こることが一般的な理由とされている。

3. 植生遷移予測モデルの作成

3-1 植生遷移予測モデルの概要

本研究では、河川の植生における遷移の特性を踏まえ、図-1に示す遷移基本フロー、遷移予測チャート、遷移パターンから構成されるモデルを「植生遷移予測モデル」として提案する。

①「遷移基本フロー」：

既往文献及び現地植生調査により、遷移の定性的な知見を踏まえ、対象群落について想

定される遷移の基本的な方向をフロー化したもので、植生遷移予測モデルの基礎となるものである。

②「遷移予測チャート」：

遷移の要因として、土壌、地下水位、微地形、人為作用、洪水を選定し、植生の変化と要因の関連性を判断条件として遷移の方向を予測するチャートを作成したものである。

③「遷移パターン」：

対象植生の生育位置、遷移の要因等を踏まえた「遷移予測チャート」による判断の結果として遷移パターンを作成し、植生管理の方法を検討するために遷移の特性を示したものである。

3-2 遷移基本フローの作成³⁾

現地における植生環境の調査を実施し、その結果及び既往文献等の検討により、定性的な知見を踏まえ、植生遷移の方向を想定した遷移基本フローを作成する。ヤナギ群落を対象とした遷移基本フローを作成するうえでの基本方針を以下に示す。

- ① 対象とするヤナギと競争関係にある河川内の植物群落としてヨシ群落を抽出する。
- ② エノキ、ムクノキ林を極相とする。
- ③ ヤナギ群落の中では樹高が高く、寿命の長いアカメヤナギが生き残る。
- ④ ヤナギの種子は短命なため発芽できる機会が非常に少なく、ヨシなどの既存植生の中に侵入しにくい。
- ⑤ ヤナギの樹高がヨシより高い場合は、ヨシはヤナギの日陰になって侵入しにくい。

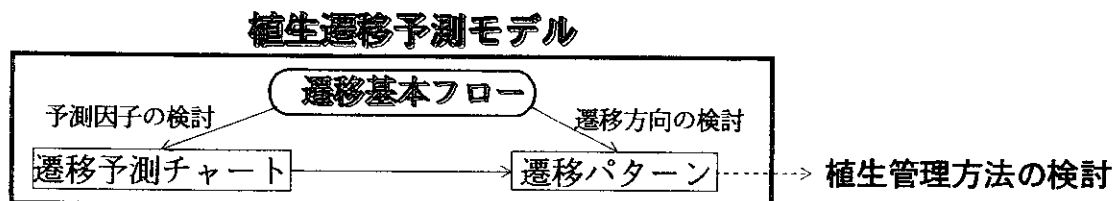


図-1 植生遷移予測モデルの概念図

Figure 1 Conceptual figure of Models to Predict the Succession of Vegetation

- ⑥ ヤナギが衰退すると、ヨシは地下茎でヤナギ群落に侵入する。
- ⑦ ヤナギの生育環境を根本的に改変するのは洪水である。ヤナギの上伸生長スピードよりヨシの上伸生長スピードの方が早いので、洪水によってヤナギが倒伏した場合、ヤナギの周辺にヨシが侵入する。
- ⑧ ヨシなどが地下茎から根こそぎ流出する洪水が発生すると、新たに裸地となった場所にヤナギが侵入し、ヤナギ群落が復元される可能性がある。

図-2に列状ヤナギ林を対象とした遷移基本フローを示す。

3-3 植生遷移における予測因子の定量化、定性化検討

「2. 遷移の考え方」で述べたように、遷移を進行させるのは、対象植生の生育環境であり、一般に気候、土壌、地形、人為と考えられている。本研究では同じ河川に成立する群落の条件としては同様と考えられる気候を省略し、現地調査で植生環境に大きな影響を与えることが判明した地下水位を加えることにする。そこで植生の遷移予測に用いる因子として、土壌、地下水位、微地形、人為ならびに河川の植生遷移を考える上で主要因である洪水を加えた5項目を選定する。(この因子を以後、予測因子と称する)

この予測因子は、図-2の遷移基本フローにおいてどの遷移がどの方向に進むのかを支配す

る要因である。予測因子と遷移の関連性の高さを検討するため、各予測因子の定量化、定性化を目的として以下の方針で現地調査を実施している。

(1) 土 壌

根系の分布状態から、地表面下30cmまでの土壌の影響が強いと考えられており、この範囲を対象として、①土壌中の栄養塩の状態、②植物の酸、アルカリ選好性とpHの関係、③腐植の有無や酸化還元状態、④土性、⑤土壌水分について調査する。

(2) 地下水位

検土杖で測定できる地表から1mの範囲を対象として、検土杖およびテンシオメーターを用いて土壌中の有効水分含有量を測定する。

河川敷における地下水位は下記の基準により判定する。

(高)：検土杖を差し込んだ場合、地表面下30cm以内で明確に水位が判断できる場合、またはテンシオメーターのpF値が0~1.50の場合。

(中)：検土杖を差し込んで湿気が十分に感じられる場合、またはテンシオメーターのpF値が1.50~2.20の場合。

(低)：検土杖を差し込んで湿気があまり感じられない場合、またはテンシオメーターのpF値が2.20以上ある場合。

(3) 微地形

微地形を大まかに凹地と凸地に分類し、凹

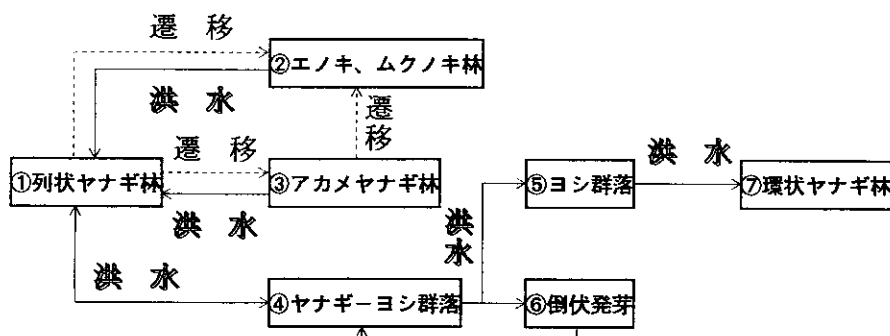


図-2 列状ヤナギ林を対象とした遷移基本フロー

Figure 2 Standard Flow of Succession for Willow Planted in a Line

地については①礫の多い河原、②河川敷、③
流路痕跡地について、凸地については①河川
敷の水際から少し離れた場所、②河川敷の中
程、③流路痕跡地周辺の微高地、④自然堤防
上について植生を観察し、植生と微地形の関
係を把握する。

(4) 洪水

ヤナギ個体の樹齢がそろっている場所があ
れば洪水による攪乱で裸地に近い状態になっ
た場所に一斉に発芽・生育したことが推測さ
れる。そのような調査地点を選定して、過去
の洪水実績とヤナギの樹齢解析によりヤナギ
が受けた攪乱の強さとの相関関係を調査する。

(5) 人為作用

人為作用としては、低水護岸の整備、草刈
り等の人為的植生管理、人間の踏圧等が考え
られる。以下のランクで人為の程度を定性化
する。

V：草刈り等により植生が管理されている。

IV：低水護岸の整備等明らかに構造物の影
響を受けている。

III：グランドや公園などの周辺に位置して
いる。

II：普段はほとんど人が立ち入らず、釣り
人等がたまに通過する。

I：自然状態である。

各予測因子の定量化あるいは定性化の検討に
あたり調査対象とした群落は、図-2に示した
遷移基本フローの列状ヤナギ林、アカメヤナギ
林、ジャヤナギーヨシ群落、エノキ・ムクノキ
林、環状ヤナギ林、オギ群落、セイタカアワダ
チソウ群落である。

各予測因子と遷移の関連性について、予測因
子の定量化・定性化の調査結果をもとに考察し
た結果を表-1に示す。

3-4 植生遷移予測チャートの作成

列状ヤナギ林を例とし、表-1の考察をもと
に植生遷移の変化点を決定づける予測因子の相
関性の順に判定条件を設定した予測チャートを
作成する。チャート作成の基本方針は以下のよ
うである。図-3に遷移予測チャートを示す。

(1) 列状ヤナギ林の生育位置を初期の判定条件
とする。

(2) ヤナギが水際にある場合は、人為作用のう
ち低水護岸の有無、土壌化の順位で予測チャ
ートの判定条件とする。

表-1 ヤナギの遷移に関する予測因子の定量化、定性化における考察

Table 1 Considerations on the Stabilization and Standardization of Elements in Predicting the Succession of Groups of Willow

予測因子	現地調査結果の解析	遷移方向と順位
土壌	土性 ヤナギ類の生育初期は砂土である。アカメヤナギが生育したり、エノキ・ムクノキが生育する方向に遷移が進むと土壌化が進む。土壌化した場合の土色には腐植の色が入り、土性は砂壤土、壤土へと変化する	①→②の遷移方向
	栄養塩 栄養塩のうちカリウムは土壌化が進めば含有量が増加し、遷移の進行に関わると考えられる。	①→②の遷移方向
	水分 ヤナギの生育に適しているのは、凸地形で地下水位の低い場所と考えられるヤナギ類はpF値2.20以上の乾燥範囲に生育している場合が多い。	
	還元化 地下水位が高く土壌が還元化している場合は、ヤナギは衰退しやすい。	④→⑥の遷移方向
地下水位	地表下30cm以内に不透水層による地下水位が存在し、土壌が還元化していれば、ヤナギ林、エノキ・ムクノキ林は成立できない。	①→④の遷移方向
微地形	ヤナギの場合概ね凸地形に生育する。平坦地のヤナギは生育が悪い傾向にある。	
人為作用	ヤナギに関しては人為作用の直接的影響は比較的少ない。やなぎは河床掘削や低水護岸整備によって、地下水位が低下したり、洪水時の冠水頻度の低下等間接的な影響を受ける傾向が強い。	①→②の遷移方向 ①→③の遷移方向

注) 土壌化 —— 年月が経過するに伴い母材が風化し、生物遺体による有機物の蓄積により土壌の成熟過程が進むことを本研究では「土壌化」と定義する。⁸⁾

pF値 —— 気圧を水柱の高さに換算し、その対数で表した指標で土壌水分を表す単位である。

(3) ヤナギが河川敷の中程に位置する場合は、地下水位、表土の土壌化、心土の土質、ヤナギ周辺の競争関係にある植生の分布の順位で予測チャートの判定条件とする。

(4) 予測チャートの判定結果として、次項に示す「遷移パターン」を遷移の特性を踏まえて作成する。

3-5 遷移パターンの分類

植生遷移予測チャートの判定結果として、モデルの基礎となる遷移基本フローの中で卓越する遷移の方向を抽出し、予測因子との関連性を示した遷移パターンを表-2に示す①から⑦まで作成する。この遷移パターンは、遷移を予測し、植生管理を検討する上で、その基本方針を検討する場合に活用するものである。

4. 植生遷移予測モデルの活用とその意義

本項ではこれまでに述べた植生遷移予測モデルの活用手順ならびに、植生管理方法の検討における植生遷移予測モデルの意義について述べる。

4-1 植生遷移予測モデルの活用手順

活用手順は以下のものである。

(1) 管理対象とする列状ヤナギ林を抽出する。
(2) 遷移予測チャートにより列状ヤナギ林の生育位置の環境を初期条件として、その遷移で支配的な予測因子により遷移パターンを選定する。

(3) 遷移パターンにおいて予測される遷移の方向性と、その時空間的スケールにもとづいて遷移パターンごとに列状ヤナギ林の管理方針を以下のように検討する。

①遷移型：

アカメヤナギ林あるいはエノキ、ムクノギ林に遷移すると予測されることから、洪水の影響を受けない場合、10～20年後には洪水の流下の支障となるおそれがあり、監視・部分伐採等の管理が必要と考えられる。

②ストレス型：

ヤナギは衰退すると予測されるため、存置しても治水上の支障にならないと考えられる。

③変動好適型：

ヤナギは倒伏発芽を繰り返すと予測されるため、存置しても治水上の支障にならないと考えられる。

表-2 遷移パターンの分類
Table 2 Classification of Patterns of Succession

遷移パターン	予測因子の状況					概要	遷移予測 (〈〉中の○数字は図-2における遷移の方向を示す。)
	土壌	地下水位	微地形	洪水	人為作用		
①遷移型	土壌化	低い	凸地	影響小	過去有り	自然堤防上に生育する列状ヤナギは、生育の過程において河川敷等の人為的影響を受けた可能性が高い。	洪水の影響を受けないと仮定すると、列状ヤナギは衰退し、列状ヤナギに混生していたアカメヤナギ、エノキ・ムクノギに遷移する。(①→②、①→③)
②ストレス型	土壌化 還元化	高い	平坦地	影響大	なし	地表面から30cm以内に不透水層が形成されており、高水層の存在位置に生育している場合が多い。	ヤナギの根系が展開する地表面下30cm以内の土壌が還元化されているのでストレスを強く受け5m以上の高木になることは少ない。
③変動好適型	土壌化	高い	低凸地	影響小	なし	地下水位が高くても心土が砂質でヨシが生育できる程度の土壌であれば、還元化の程度は小さく、ヤナギは5m以上に生長する。	列状ヤナギは洪水等の影響で倒伏し、萌芽再生もしくはヨシに置き換わるなどしてヤナギ-ヨシ群落になる。(①→④→⑤→⑥、①→④→⑦)
④人為好適型	土壌化	低い	凸地	影響小	有り	ヤナギには好適な環境と言える。ヤナギは寿命まで上樹生長し10m近くになる。	列状ヤナギにアカメヤナギが混生しておればアカメヤナギに遷移する。(①→③)
⑤好適型	土壌化	低い	凸地	影響小	なし	同	管理されていないのでアカメヤナギ、エノキ・ムクノギに遷移する。(①→②、①→③)
⑥洪水ストレス型	粘性土	高い	低凸地	影響大	なし	地下水位が高く、地表面下に不透水層を形成しているためヤナギは高木になりにくい。	洪水の影響をうけることによって、倒伏発芽を繰り返し、低い列状ヤナギが維持される。(④→⑥)
⑦洪水型	土壌化	低い	凸地	影響大	なし	中下流域のヤナギにとって最も好適な環境であり、洪水を受けなければ10m近くに生長する。	洪水のたびごとに倒伏発芽、実生発芽を繰り返す。洪水を受ける頻度が高いと高木のヤナギにならない。

列状ヤナギは原則としてマウント（凸）地に生育していることを与条件とする。ただしストレス型の列状ヤナギは平坦地に生育している。

図-3 列状ヤナギ林の遷移予測チャート

Figure 3 Chart of Predicted Succession for Groups of Willow Planted in Line

④人為好適型：

アカメヤナギへの遷移が予測されるため、遷移型と同様な管理が必要と考えられる。

⑤好適型：

洪水の影響が小さい凸地形での生育が前提となるので、存置を前提とした監視等の管理が考えられる。

⑥洪水ストレス型：

低い列状ヤナギの状態で維持されると考えられるため、存置しても治水上支障にならないと考えられる。

⑦洪水型：

高木のヤナギにはならないと予測されることから、存置を前提とした監視等の管理が考えられる。

4-2 植生管理方法の検討における植生遷移予測モデルの意義

本研究で検討した方法を、他の代表的な河川の植生に適用することにより以下のように植生管理方法への活用が考えられる。

- ・対象とする植生の遷移を予測することは、洪水の生起頻度を踏まえ、遷移の時間的スケールを有効に活用した効率的で適切な管理方法を検討するうえで有用と考えられる。例えば、将来的に治水上の障害となるような植生であれば、初期の段階で管理方策を講じる方がコストも小さく、自然の攪乱、生態系への影響も小さく抑えることが可能と考えられる。
- ・河道形態や流況の変化により、河川の植生遷移に最も影響を及ぼす洪水以外の要因である地下水位や土壌成分が主要因となり、樹木化が進む傾向が見られる。このように多様な環境条件の変化による遷移の方向を予測するうえで有用と考えられる。
- ・遷移の方向を予測することによりその植生の生育度を想定し、樹木群を考慮した不等流計算等の水理的手法の植生評価にその予測結果を適用することにより、定量的な管理方法の検討への展開が可能である。

5. おわりに

本研究では、河川における植生の管理を行う手段として植生遷移の概念を導入した遷移予測モデルを提案した。この植生遷移そのものの自体解決すべき課題が多いと言われており⁸⁾、当モデルを適用する際には植生遷移の捉え方を明確にしておく必要があると考えられる。

今後は、モデル河川において、対象群落における洪水後の植生変化等の追跡調査を実施することにより、予測因子の定量化を充実し、モデル精度の向上を図ることが重要であると考えられる。

本研究は、ヤナギ群落を対象に検討したが、今後の河川の植生は治水面、環境面ともに果たすべき役割がますます多様化すると考えられ、総合的な植生管理の確立が望まれる。これより治水上の粗度の評価が重要と考えられる代表的な草本であるヨシ、オギや、ニセアカシア等最近樹木化の傾向がみられる植生について、同様な植生遷移予測モデルを検討することが有用と考えられる。

(参考文献)

- 1), 2) 高橋理喜男、亀山章編集(1987)；緑の景観と植生管理、ソフトサイエンス社 など
- 3) 関克己、唐裕一(1995)；河川の植生管理方法に関する研究 リバーフロント研究報告 第6号、(財)リバーフロント整備センター
- 4) 矢野悟道、波田善夫、竹中則夫、大川 徹(1983)；日本の植生図鑑(Ⅱ) 人里・草原、保育社
- 5) 金田平、柴田敏隆(1977)；野外観察の手びき、東洋館出版社
- 6) 沼田真編(1981)；群落の遷移とその機構：植物生態学講座4、朝倉書店 など