

# 河道内における植物群落の安定性と 樹林への変遷

## STABILITY OF PLANT COMMUNITY AND TRANSITION TO WOODS IN LARGE RIVER CHANNELS

兼頭淳<sup>1</sup>・森照貴<sup>2</sup>・中村圭吾<sup>3</sup>

Jun KANETOU, Terutaka MORI and Keigo NAKAMURA

<sup>1</sup>非会員 修 (農学) 土木研究所自然共生研究センター (〒501-6021各務ヶ原市川島笠田町官有無番地)  
(現 建設技術研究所大阪本社環境部 (〒541-0045 大阪市中央区道修町1-6-7) )

<sup>2</sup>正会員 博 (環境科学) 土木研究所自然共生研究センター (〒501-6021各務ヶ原市川島笠田町官有無番地)

<sup>3</sup>正会員 博 (工学) 土木研究所自然共生研究センター (〒501-6021各務ヶ原市川島笠田町官有無番地)

In-channel forest expansion on floodplain is a nationwide problem in river management. However, knowledge about what plant communities are likely to be altered to willow woodland and maintained are limited. We examined the stability of open water, natural bare ground, annual plant communities, perennial broad-leaved herbaceous communities and monocotyledonous herbaceous communities and rate of change to willow woodland of those five basic elements. Tracking change in a site over time is necessary in order to evaluate the temporal change of forest expansion, and we showed the rate at which each basic element was maintained and the rate of change to willow woodland. Compared with annual and perennial herbaceous communities, monocotyledonous herbaceous communities were more likely to be maintained and more stable. However, monocotyledonous plants did not always constrain succession to willow woodland, which may depend on the plant species assemblages found in target river.

**Key Words :** *Bare ground, Grassland, Monocotyledon, Salix spp., Succession*

### 1. はじめに

河川の高水敷や砂州上に樹木が侵入・繁茂することで生じる河道内の「樹林化」は、河川管理上の全国的な問題となっており、治水上の課題として注目されている<sup>1)</sup>。しかし、河道内に維持されていた裸地や草地が遷移し、広く樹林化してしまうことは、水際の湿地や草地、砂州もしくは河原といった自然裸地を好む生物種の減少をもたらす可能性があり、河川の自然環境に関わる課題でもある<sup>2)</sup>。

河道内に繁茂する樹木は、タチヤナギやマルバヤナギといったヤナギ類が代表的であり、いずれの樹種も陽樹で生長速度が速い。そのため、裸地や草本群落から数年のうちにヤナギ類による樹林が形成されることがあり、急速な樹林化として報告されている<sup>3,4)</sup>。その一方、裸地や草本群落が安定的に維持されている箇所もあり、明るく開けた環境で必ずしも数年でヤナギ類が繁茂するわけではないと考えられる。これまで、ヤナギ類による樹林

化がどのような環境(場所)で成立しているのかについて、比高や水際からの距離などに注目した検証が進められてきた<sup>3,4,5)</sup>。しかし、河道内における植物群落の維持されやすさ(安定性)やヤナギ類への変わりやすさ(変遷性)については十分に明らかにされていない。樹林化の進行度合いは面積の変化によって示されてきたが<sup>3)</sup>、各植物群落が動的平衡にあるような場合、面積だけでは正確な状況を捉えることができない。そのため、面積の変化に加え、各植物群落がどういった経時変化を示すかについても明らかにする必要がある。

日本の高温多湿な気候下では、低温や乾燥といった強いストレスや生育基盤が動くような強度の攪乱が頻繁に起きない限り、時間が経過するにつれて裸地や草地に樹木が定着し、森林へと遷移する。そのため、ヤナギ類による樹林化を抑制するには、現状の裸地や草本地からの遷移速度を遅くすることが重要と考えられ、種子の定着を防ぐことや発芽後の生長を妨げることが対策となるだろう。種子から発芽して間もないヤナギ類は、草本類と光をめぐる競争関係にあると考えられ、治山事業などで

表-1 各基本分類が全体に占める割合.

解析データの概要					開放水面	自然裸地	一年生草本群落	多年生広葉草本群落	単子葉草本群落	ヤナギ高木林	グラウンドなど	竹林	水田・畑・人工草地	落葉広葉樹林	その他
水系	対象区間	年度	巡目数	平均ポイント数											
石狩川	0.1~156.6k	2006~2017	3	58,643	25.3	3.5	1.2	4.9	23.6	22.1	6.1	0.0	6.9	2.7	3.6
雄物川	0.0~104.6k	2002~2016	4	35,851	25.6	5.9	2.9	3.1	18.6	7.0	4.0	0.0	20.2	3.2	9.5
利根川	85.5~186.5k	2006~2016	3	26,411	26.0	4.5	5.8	1.8	17.0	5.8	8.3	0.1	23.3	0.9	6.4
信濃川	-2.0~56.0k	2009~2018	3	17,925	34.1	6.4	5.3	4.3	14.6	5.0	2.7	0.0	14.7	6.2	6.7
木曽川	9.0~41.0k	2002~2017	4	24,426	63.2	0.5	2.0	2.6	7.5	8.3	4.5	0.8	3.6	2.2	4.9
木津川	0.0~37.0k	2002~2015	3	16,029	18.7	12.1	5.5	6.4	18.0	5.9	2.7	7.6	12.1	2.8	8.0
斐伊川	0.2~29.2k	2001~2016	4	10,055	38.7	3.0	3.4	2.2	18.7	7.4	4.5	0.4	12.9	1.3	7.6
吉野川	10.0~77.7k	2006~2015	3	27,329	23.9	14.3	6.2	3.2	12.2	4.0	2.2	7.5	16.2	2.5	7.9
筑後川	23.0~60.0k	2011~2016	2	14,305	43.1	1.3	0.5	1.7	21.2	1.8	7.2	0.7	13.2	1.4	7.8
				平均	33.2	5.7	3.6	3.4	16.8	7.5	4.7	1.9	13.7	2.6	6.9

用いられる埋枝工などを実施する際には、除草が必要とされている<sup>9)</sup>。言い換えれば、草本類の存在が、ヤナギ類の生長を抑制する可能性が高いわけである。実際に、ヨシやオギなどの背の高い草本によって、ヤナギの繁茂を抑制しようとする手法も提案されている<sup>7,8)</sup>。しかし、草本類の種類は多く、大きく分けても一年生植物が優占する群落と多年生植物が優占する群落が存在する他、広葉と単子葉といった違いもある。これまで、各草本群落はどの程度、安定的に存続するのか、またヤナギ類へと遷移しやすいものなのか明らかにされておらず、重要な知見が不足しているのが現状である。そこで、本研究では河川水辺の国勢調査でモニタリングされている植物群落に関する情報をもとに、一年生草本群落や多年生広葉草本群落、単子葉草本群落について、その安定性とヤナギ類への変遷性について検討を行った。

## 2. 方法

### (1) 河川水辺の国勢調査

一級水系の直轄区間における自然環境は、1990年から開始された河川水辺の国勢調査によってモニタリングされており、「基図作成」という項目において植生図が作成されている。この基図作成は約5年周期で一巡するよう実施されており、収集されたデータは国土交通省が管理するウェブサイト（河川環境データベース：<http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/>）にて公表されている。

### (2) 対象河川

109ある一級水系のうち、各地域における代表河川として石狩川、雄物川、利根川、信濃川、木曽川、木津川、斐伊川、吉野川、筑後川の計9河川を対象とした。各河川において対象とする区間はセグメント2を基本として、一部にセグメント3を含むものであるが、セグメント1の

扇状地区間やセグメント3が続く河口部については対象外とした。

### (3) 対象調査年度

河川環境データベースで公表されている環境基図には、相観および優占種に応じて区分された植物群落が植生図として描かれている。1990年から2000年までのデータについては、同じ群落に複数の名称が与えられており河川間での比較が困難であったが、2001年より全国の河川で統一の凡例が作成され始めた<sup>9)</sup>。そこで、2001年以降に作成された植生図を解析対象としたところ、4から7年の間隔で2巡分から4巡分のデータが得られた（石狩川：計3巡；雄物川：計4巡；利根川：計3巡；信濃川：計3巡；木曽川：計4巡；木津川：計3巡；斐伊川：計4巡；吉野川：計3巡；筑後川：計2巡）。

### (4) 集計方法

植生図は堤外地側の堤防表法肩より河川側を対象に、各植物群落の範囲がGIS上で解析可能なポリゴンとして示されている。植生図に距離標を重ね、横断測線上に5m間隔でポイントを設定し、各ポイントに該当する植物群落を調査年ごとに抽出した。抽出された群落は180種類にも及ぶことから、開放水面、自然裸地、一年生草本群落、多年生広葉草本群落、単子葉草本群落、ヤナギ高木林などの28ある基本分類に集約した<sup>9)</sup>。

### (5) 基本分類の安定性とヤナギ類への変化

対象河川ごとに、各基本分類に該当するポイント数を全ポイント数で割ることで、面積割合に相当する河道内の基本的な状況を求めた。また、調査巡目ごとに割合を整理し、巡目間での変化率を（「t巡目のポイント数」－「t-1巡目のポイント数」）／「t-1巡目のポイント数」×100により求め、河川ごとに平均値を求めた。

植物群落など各基本分類の安定性を評価するため、集約したデータから「t巡目」と「t+1巡目」で同じ基本分

表-2 各基本分類が全体に占める割合の巡目間での変化率。各基本分類の変化率は最小～最大を示す。

水系	N数	開放水面		自然裸地		一年生草本群落		多年生広葉草本群落		単子葉草本群落		ヤナギ高木林		平均±標準誤差
石狩川	2	-18.3	～ -0.1	5.0	～ 54.7	-8.7	～ 6.2	-28.7	～ 3.5	6.2	～ 20.2	-7.1	～ 5.8	3.2 ± 6.0
雄物川	3	-11.0	～ 3.5	-48.4	～ 16.0	-2.3	～ 35.9	-12.7	～ 72.6	-5.9	～ 10.4	-5.0	～ 27.7	6.6 ± 5.7
利根川	2	-34.1	～ 0.6	5.2	～ 9.5	-42.0	～ 27.3	-60.3	～ 53.4	-39.9	～ 13.6	-1.7	～ 0.8	-5.6 ± 9.4
信濃川	2	-5.8	～ -0.8	24.1	～ 43.1	-25.4	～ 62.0	-32.7	～ 28.2	-11.5	～ -1.9	7.4	～ 18.6	8.8 ± 8.0
木曽川	3	-0.5	～ 0.4	-56.7	～ -21.3	-26.1	～ 83.9	-40.6	～ 28.5	-8.4	～ 29.1	-4.5	～ 8.8	-1.2 ± 7.4
木津川	2	-3.0	～ 19.0	-5.4	～ 32.3	-44.1	～ 73.4	-80.0	～ -48.5	-28.4	～ 82.7	-42.5	～ 172.2	10.6 ± 20.4
斐伊川	3	-7.9	～ 8.2	-87.1	～ 78.3	-31.2	～ 93.7	-12.5	～ 110.0	-2.4	～ 14.9	-14.6	～ 23.2	11.5 ± 11.1
吉野川	2	-1.8	～ 0.5	-40.5	～ 28.9	-31.6	～ -2.8	-44.6	～ 25.2	-10.4	～ 55.4	4.0	～ 33.3	1.3 ± 8.9
筑後川	1	-1.2		-36.0		39.3		-23.8		10.4		-23.3		-5.8 ± 10.4
平均±標準誤差		-2.4 ± 2.3		-2.8 ± 9.3		12.6 ± 9.4		-0.8 ± 10.6		8.0 ± 6.0		9.9 ± 9.4		

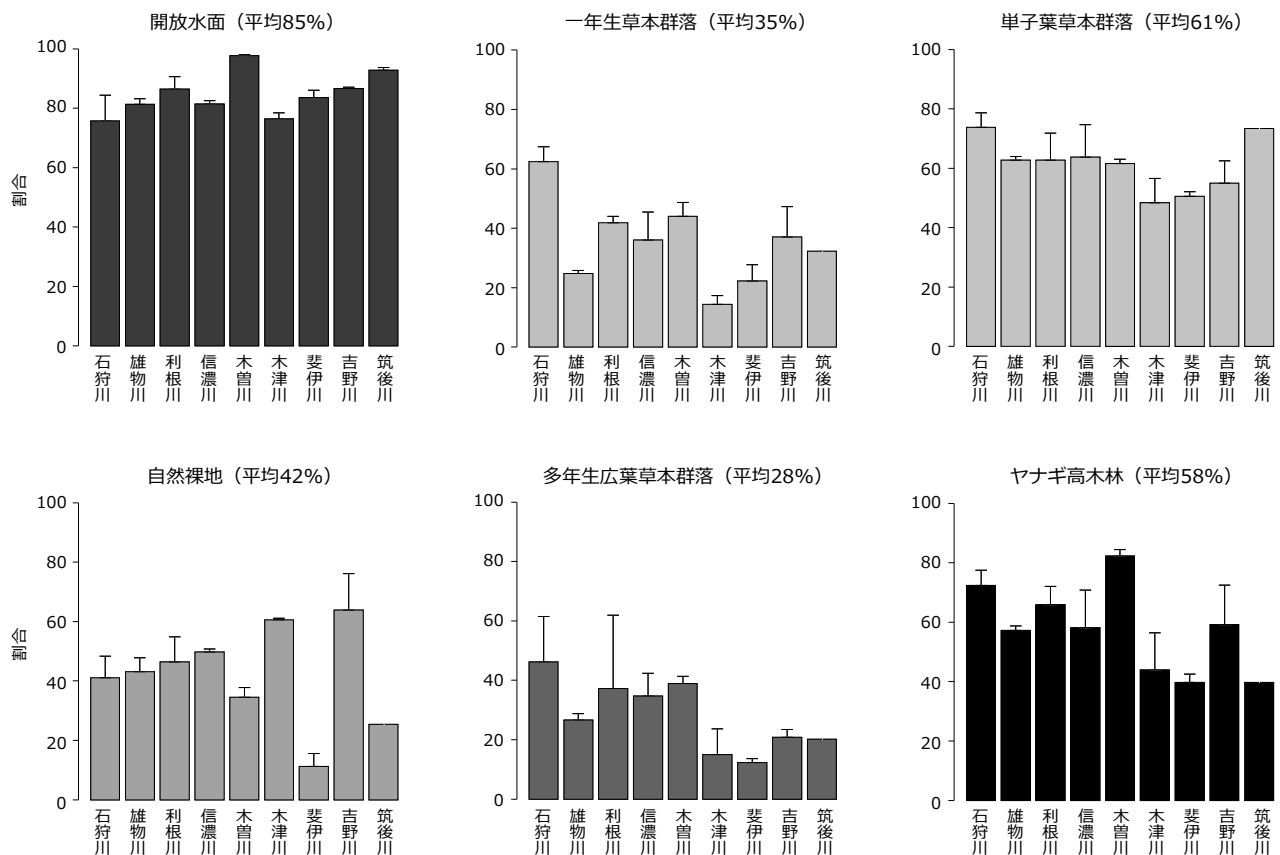


図-1 各基本分類の安定性（巡目間で維持される割合）。

類に該当するポイント数を求めた。そして、対象とする基本分類の「t巡目」における全ポイント数で割ることで、その基本分類が維持されている指標としての安定性を算出した。次に、「t巡目」に対象とする基本分類の全ポイント数に対し、「t+1巡目」でヤナギ高木林へと変化したポイント数の割合を求め、ヤナギ類への変化率を算出した。これら変化率についても、複数の巡目間での値が求められることから、河川ごとに平均値を求めた。

#### (6) 9河川のグルーピング

開放水面、自然裸地、一年生草本群落、多年生広葉草本群落、単子葉草本群落、そしてヤナギ高木林について求めた安定性と、開放水面、自然裸地、一年生草本群落、多年生広葉草本群落および単子葉草本群落からヤナギ高木林へと変化率を河川ごとにまとめ、クラスター分析によるグルーピングを行った。類似度の指標としてユークリッド距離を用い、クラスター間の距離算出には群平均法を用いた。

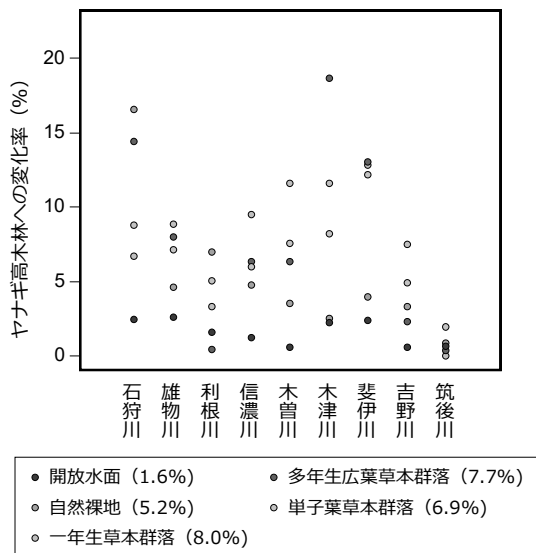


図-2 ヤナギ高木林への変化率。括弧内の数字は9河川の平均値を表す。

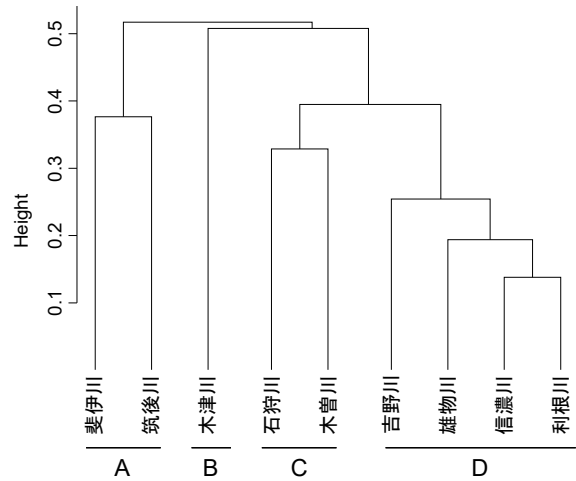


図-3 クラスタ分析によるグルーピング。

草本群落は木津川と斐伊川、雄物川で、多年生広葉草本群落は、木津川と斐伊川で特に低く、これらの基本分類は河川によって安定性が大きく異なることが示された。ヤナギ高木林は、石狩川と木曾川で安定しており、木津川以西で低い傾向にあった。

### 3. 結果

#### (1) 割合と変化

全国の9河川における各基本分類の割合は様々であったが(表-1)、開放水面、自然裸地、一年生草本群落、多年生広葉草本群落、単子葉草本群落、ヤナギ高木林といった6つで全体の約70% (9河川の平均値) を占めていた。開放水面が占める割合が高く (33.2%)、特に木曾川での割合が高いため、他の基本分類の割合は相対的に低くなっていた。9河川を平均すると自然裸地 (5.7%) や一年生草本群落 (3.6%)、多年生広葉草本群落 (3.4%) に比べ、単子葉草本群落 (16.8%) が多かった。ヤナギ高木林が占める割合は平均で7.5%であったが、1.8%から22.1%と河川ごとの違いも大きく、北方に位置する河川ほど割合が高い傾向にあった(表-1)。

基本分類の全体に占める割合の変化率は、いずれの河川でも幅広いものであったが(表-2)、各変化率の平均と標準誤差から木津川、斐伊川、筑後川では群落を問わず変化が大きいのに対し、石狩川、雄物川、木曾川では変化が小さいことが示された。基本分類ごとの全国平均をみると、開放水面や自然裸地がやや減少傾向にあるのに対し、一年生草本群落や単子葉草本群落、ヤナギ高木林は増加傾向にあった(表-2)。

#### (2) 植物群落等の安定性と変化率

##### a) 基本分類の安定性

開放水面や単子葉草本群落の安定性 (巡目間で維持される割合) は、いずれの河川でも高かったが、自然裸地や一年生草本群落、多年生広葉草本群落の安定性は低かった(図-1)。自然裸地は斐伊川と筑後川で、一年生

##### b) ヤナギ高木林への変遷性

ヤナギ高木林への変化率は、開放水面で最も低く平均で1.6%であり、どの水系でも5%を下回っていた(図-2)。自然裸地からヤナギ高木林へ変化する割合は、石狩川だけが高くなっていたが、南に位置する河川ほど低くなり、平均は5.2%であった。一年生草本群落、多年生広葉草本群落、単子葉草本群落の変化率は、開放水面や自然裸地よりも高いことが多く平均で8.0、7.7、6.9%と、わずかではあるが一年生草本群落が高く、単子葉草本群落が低くなった。9河川のうち4河川(雄物川、信濃川、木曾川、吉野川)で一年生草本群落が最もヤナギ高木林に変化しやすいことが示された。木津川と斐伊川は多年生広葉草本群落が最もヤナギ高木林に変化しやすく、値は小さいものの筑後川では単子葉草本群落が最も変化しやすい基本分類であった。

#### (3) クラスタ分析によるグルーピング

ユークリッド距離を用い、群平均法によるクラスタ分析を行った結果、9つの河川は大きく4つのクラスタに分かれた(図-3)。斐伊川と筑後川はクラスタAとして他の河川と大きく異なり、木津川についてもクラスタBとして他の河川とは異なる特徴を有していることが明らかとなった(図-3)。残る6つの河川は2つのクラスタに分けることができ、木曾川と石狩川で一つのクラスタCが形成され、残る4つの河川はクラスタDに含まれていた。

### 4. 考察

河道内における樹木の繁茂状況は、面積で評価することが可能であり、樹林化の進行度合いは面積の変化率で示されてきた<sup>5)</sup>。本研究では面積そのものではなく、等間隔に設定したポイント上での評価となるが、ポイント数の変化率をみるとヤナギ高木林は、4から7年の巡目間で10%程度増加していた(表-2)。多年生広葉草本群落の面積はあまり変化していないようだが、一年生草本群落と単子葉草本群落の面積が増えつつ(表-2)、これら3種類の草本群落の7から8%程度がヤナギ高木林へと変化していることが示された(図-2)。つまり、樹林化という時間変化を含む現象を評価するには、面積の変化だけでなく、その場所の経時変化を追える解析が必要であることが示された。

一年生草本群落や多年生広葉草本群落は、安定性が低い一方、単子葉草本群落は安定性が高いことが示された(図-1)。ヤナギ高木林への変化率は、わずかに一年生草本群落が高く、単子葉草本群落が低くなっていたが、河川ごとのバラつきも大きい(図-2)。草本群落の維持されやすさやヤナギ高木林への変化しやすさは、洪水による攪乱の影響や水分ストレスなどの環境条件に影響される可能性がある。それに加え、ヤナギ高木林へと変化するか否かは、草本類とヤナギ類との光資源を巡る競争の帰結に依存する可能性があり、恐らく草丈や密生度などによる影響が大きいものと考えられる。草丈や密生度は、実際に生育する植物種によって大きく変化するものであり、対象とする河川の種構成が関与することで、河川ごとの違いが生じた可能性が示唆される。

南北に長い日本では、気温や降水量の違いが大きく、さらには地形や地質も様々である。そのため、北海道から九州までの9河川を対象に、6つの基本分類に注目して解析した結果、やはり河川によって基本分類の安定性(図-1)やヤナギ高木林への変遷性(図-2)に大きな違いがみられた。しかし、クラスター分析の結果、類似した特徴を有する河川をまとめることができ、大きく4つのタイプに区分することができた(図-3)。

斐伊川と筑後川がまとめられたクラスターAは、自然裸地の安定性が低く、一年生草本群落や多年生広葉草本群落の安定性も低い特徴を有していた(図-1)。そのため、ポイント数の変化率もプラスからマイナスまで幅広くなっていた(表-2)。斐伊川では草本からヤナギ高木林への変化率がやや高いものの(図-2)、ヤナギの安定性も低く、クラスターAに該当する河川は群落に変化しやすいと考えられる。

クラスターBには木津川のみが含まれ、他の河川とは異なる特徴を有していることがわかった。一年生草本群落や多年生広葉草本群落、そしてヤナギ高木林の安定性が低い点は、クラスターAと類似しており、斐伊川と同様に草本からヤナギ高木林への変化率が高い。しかし、木津川は自然裸地の安定性が高いという特徴を持ち、群落に変化しやすいながらも、その変化の中で自然裸地が

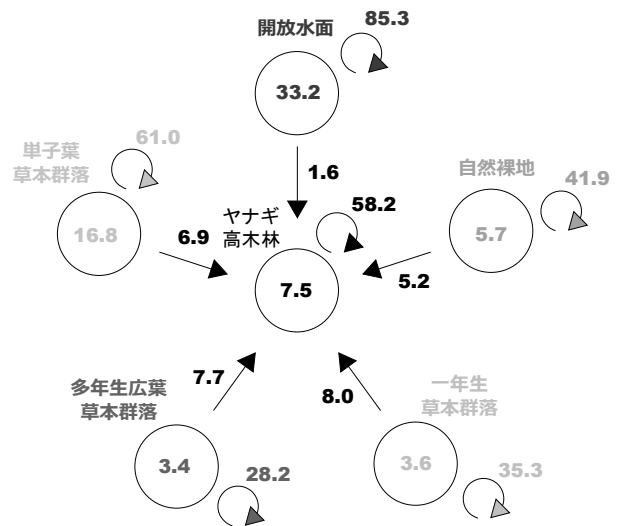


図-4 各基本分類とヤナギ高木林との関係性。丸の中の数字が全体に占める平均割合を、中心部に向けられた矢印が巡目間でヤナギ高木林へと変化する平均割合を、丸矢印が巡目間で維持される平均割合を示す。

維持されている河川と考えられる。

クラスターAとBに該当する河川は、セグメント2であっても群落に変化しやすく、扇状地の網状河川に近い変動を示しているものと考えられる。網状河川の特徴として、流路が頻繁に変動することでパッチ上の裸地や草地在存在することが挙げられる。そして、それらがモザイク状に配置され、河道内に占める割合が変動しながらも動的平衡に近い様相を示す。これはシフティングモザイクと呼ばれ、河川における生物多様性を維持するうえで重要な時間変化である。つまり、クラスターAやBの河川では、流路の変動をもたらすだけの流量変動や土砂運搬が存在し、それに応じた群落変化が生じていると示唆される。

石狩川と木曾川がクラスターCとしてまとめられたが、ヤナギ高木林の安定性が高く、草地(一年生草本群落、多年生広葉草本群落、単子葉草本群落)の安定性も高い。ヤナギ高木林の安定性は、木曾川以北で高い割合を示していたが、石狩川と木曾川が特に高くなっていた。自然裸地の安定性はあまり高くないものの、基本的に群落が変化せずに維持されやすく、クラスターAやBと対照的といえよう。ただし、石狩川は自然裸地からヤナギ高木林に変化する割合が他の河川よりも高いといった特徴がある。

雄物川、利根川、信濃川、吉野川の4河川がクラスターDとなったが、各基本分類の安定性やヤナギ高木林への変化率は、9河川の平均的な値を示していた。ヤナギ高木林への変化率について、利根川は自然裸地が一番高い値を示したが、残る3河川は一年生草本群落で最も高く、裸地や一年生草本など遷移初期段階の状況からヤナギ高木林へと変化しやすい河川として特徴づけられる。

クラスターCとDに該当する河川は、クラスターAとBと異なり流路が安定しているものと考えられる。特に、クラスターCに該当する石狩川では台風などによる夏の出水が少なく、木曾川の解析対象区間は頭首工の湛水域に該当する割合が多いことに加え、上流域にあるダム群により比較的安定した流況を反映していると示唆される。

植物群落は攪乱によるリセットが起きない限りは遷移が進み、裸地に草本類が定着し、低木林や陽樹へと置き換わりつつ、陰樹が広がっていくものである。河川では洪水攪乱という自然なインパクトが存在し、管理目的としての伐採など人為的なインパクトが及ぶことで、陰樹が林冠を形成するほど遷移が進むことは基本的にない。本研究から、平均で開放水面の1.6%が、自然裸地の5.2%が4年から7年の間にヤナギ高木林へと変化していた(図-4)。ただし、これらの数値は一年生草本群落、多年生広葉草本群落、そして単子葉草本群落からヤナギ高木林に変化する割合よりも小さく、開放水面や自然裸地からヤナギ類が繁茂することはあり得るが、草地から樹林化に至る方が多いことが示された。

近年、河川管理の目的から、高水敷での伐採や掘削(地盤の切下げ)を行った後、裸地からヤナギ類へと速やかに変化する「再樹林化」が報告されている。河川水辺の国勢調査では伐採や掘削により整備された裸地は、自然裸地と区分されることが多い。本研究の解析結果からは、自然裸地からヤナギ高木林への変化率は、他の基本分類に比べ特に高いわけではなかった。しかし、現場からの「再樹林化」に関する多くの報告を考慮すると、伐採や掘削などで人為的に作り出された裸地と自然の作用によって作り出された裸地とでは、数年内にヤナギ高木林へ至る確率が異なる可能性が考えられる。この2つは、土壌の状態(養分や種子量)が違う可能性もあれば、受ける攪乱の度合いも異なるであろう。さらには、出水期に自然の作用で裸地が作り出されることが多いだろうが、工事は非出水期に行われるために、この時期に伐採や掘削による裸地が作り出されることが多い。このように、裸地が出現する時期の違いも関係するかもしれない。今後、樹林化や再樹林化を抑制するためには、自然作用と人為作用による裸地の違いについて注目した検討が必要であると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、各基本分類の変遷を整理し、どの程度維持され、どの程度ヤナギ高木林へと変化するかを示した(図-4)。ヨシやオギなどの単子葉植物を用いることで、ヤナギ類の繁茂を抑制する手法が提案されているが、単子葉植物が特にヤナギ高木林に変化しにくいわけではなく、河川ごとにみられる植物種に依存する可能性が示

された。ただし、単子葉草本群落は一年生草本群落や多年生広葉草本群落に比べて維持されやすく、管理しやすいといった面があるだろう。

クラスター分析により対象とした9河川は4グループに区分され、各基本分類の安定性や、草地からヤナギ高木林への変化率といった特徴で整理することができた。国内の全河川が、いずれかのグループに包含されるわけではないだろうが、本研究で求めた安定性や変化率は、各河川で算出することができ、どのグループに近いかが整理することが可能である。そして、グループの特徴をもとに、例えば、どういった草本群落を目指すことで有効な樹林化や再樹林化の抑制手法となるのか、検討することが可能となる。安定性や変化率は将来の状況を考える材料であり、樹木管理を含めた河川管理にとっては重要な視点と言えるのではないだろうか。

**謝辞:** 本研究の実施に際し、自然共生研究センターおよび(株)建設技術研究所の皆様には、諸々の作業に惜みないご協力をいただきました。感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 宮本仁志, 赤松良久, 戸田祐嗣: 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) 根岸淳二郎, 萱場祐一, 佐川志朗: 氾濫原の冠水パターンの変化とその生態的な影響〜淡水性二枚貝の生息状況の観点から, 土木技術資料, Vol.50-11, pp.38-41, 2008.
- 3) 大石哲也, 萱場祐一: 河川敷切下げに伴う初期条件の違いが植生変化に及ぼす影響に関する一考察, 環境システム研究論文発表会講演集, Vol.60, pp.1045-1050, 2016.
- 4) 内藤太輔, 金縄健一, 福永和久, 今村史子, 萱場祐一: 全国の河川を対象とした河道内植生の分布特性と成立要因および河道掘削後の変化, 河川技術論文集, Vol.22, pp.469-474, 2016.
- 5) 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.
- 6) 斉藤新一郎: ヤナギ類とは一形態・生態について, ヤナギ類その見分け方と使い方, 北海道治山協会, 144p, 2001.
- 7) 国土交通省北海道開発局・(独) 土木研究所寒地土木研究所: 樹林化抑制を考慮した河岸形状設計のガイドライン(案), 189 p, 2011.
- 8) 兼頭淳, 大石哲也, 萱場祐一: 高水敷切下げ後の樹林化抑制に向けた草本植物の早期植生回復に関する研究, 河川技術論文集, Vol.24, pp.179-184, 2018.
- 9) 岡田昭八, 前田諭, 松間充: 河川水辺の国勢調査における植生図凡例の統一について, リバーフロント研究所報告, Vol.14, pp.101-108, 2003.

(2021. 4. 2受付)