

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

RIPARIAN VEGETATION IN JAPAN: DISTRIBUTION PATTERN, FORMATION FACTOR,
AND CHANGE OF CHANNEL EXCAVATION

内藤太輔¹・金縄健一²・福永和久³・今村史子⁴・萱場祐一⁵

Daisuke NAITO, Kenichi KANENAWA, Kazuhisa FUKUNAGA, Fumiko IMAMURA
and Yuichi KAYABA

¹正会員 理修 公益財団法人 リバーフロント研究所 (〒104-0033 東京都中央区新川1丁目17-24)

²非会員 国土交通省 大臣官房監察官室 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

³非会員 鹿児島県土木部河川課 (〒890-8577 鹿児島県鹿児島市鴨池新町10番1号)

⁴正会員 農修 日本工営株式会社 中央研究所 (〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原2304)

⁵正会員 工博 (国研) 土木研究所河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6)

The characteristic of distribution pattern and growth of riparian vegetation varies according to the difference of the places such as an area, individual river and segment. In this study, the distribution pattern of riparian vegetation in Japan were analyzed focusing on two formation factor, relative elevation from normal water levels and riparian distance, in addition to superficial vegetation distribution. As a result, the difference in zones of relative elevation of trees, such as willow, robinia pseudoacacia, and bamboo, were identified. Furthermore, dominant species after channel excavation were classified from the viewpoint of vegetation changes and flood frequency. Relationship of flood after channel excavation in segment 2-1 and dominant species less than relative elevation 1m in segment 2-2 were clarified.

Key Words : *Vegetation, tree growth, tree management, channel excavation, relative elevation from normal water levels, riparian distance*

1. はじめに

河道掘削は、多くの河川で採用されている治水整備メニューであり、陸域化した砂州を切り下げることで自然裸地や湿地環境を再生する自然再生のメニューとしても用いられている。しかし、河道掘削後の裸地面には対策後早期にヤナギ類を中心とした樹木が侵入し、樹林化が進行するケースが散見される。個々の河川、区間を対象にした掘削のインパクト、樹林化については知見が蓄積されているが^{1), 2)}、全国の河川を対象に、物理環境と植生との関係性について全体的な傾向や地域性をとりまとめた研究事例は少ない³⁾。

以上のことから、本研究では、全国の河川を対象として植生の分布を把握し、その成立要因として平常時の水位からの比高と水際からの距離に着目し、植生とこれら二つの要因との関係性を分析した。また、掘削事例を対象として、掘削箇所が該当するセグメントの比高1m以

下の植生分布特性、掘削高さ、出水特性と、掘削後の植生との関係性を分析した。

2. 研究手法

(1) 全国の河川を対象とした分析

河川水辺の国勢調査(植生図作成)(以下、水国植生図)と横断測量結果をGIS上で重ねることで、平常時の水位からの比高(以下、比高)、水際からの距離(以下、水際距離)と関連させた植生情報を抽出、分析した。

全国の河川を対象とした分析では、4巡目(2006~2010年)の水国植生図、横断測量、距離標データを用いた。植生の分類区分は、水国の28個の植生基本分類をもとに、15個の植生区分に統合、設定した。横断測量データは、測量年と対応する水国調査年との差が2年以内のものを用いた。対象河川は、上記のデータセットが入手できた支川を含む71水系174河川とし、主にセグメント

1,2-1,2-2を分析対象とした。なお、これらの河川の中には、全川のデータが揃わず部分的にデータが取得できたものを含む。

比高の基準とする平常時の水位については、水国植生図の水域ポリゴンと横断測量データをGIS上で重ね合わせ、その交点の中で最も地盤高の低いものの値で設定した。これは、植生図作成のための調査が基本的に出水や渇水時を避けて行われていることから、水域ポリゴンの境界線で表現される水際が、平水位のものと大きく異なることはないという仮定に基づいている。

分析に用いるデータは、横断測線上に左右岸それぞれ水際を基点に、5mピッチで点をプロットし、各点の植生区分、比高、水際距離を抽出して得た。得られた各点のデータをもとに、植生の分布特性は出現率で表現した。すなわち、比高、水際距離の2軸上に現される比高1m×水際距離10mのメッシュ内、あるいは比高1m以下の範囲の、総点数に占める対象とする植生区分の点数の割合で示した。

(2) 掘削事例を対象とした分析

23河川48箇所の掘削事例を対象に、上述と同様の方法で取得した植生区分、比高、水際距離のデータを用いて、掘削前後の植生、比高、水際距離を比較し、掘削箇所が該当するセグメントの比高1m以下の優占植生、掘削高さ、および掘削後の出水回数と掘削後の優占植生との関係性について分析した。

掘削後の植生変遷の分析対象は掘削後5年以上経過している事例とし、掘削前後の必要データが揃うものを基本とした。掘削年度、掘削形状、掘削高さの情報、データについては、該当する掘削事業を行った各河川事務所から提供を受けた。また、水文水質データベースのデータをもとに、掘削後の平均年最大流量以上の出水回数を整理した。

3. 結果

(1) 全国河川を対象とした河道内植生の分布特性と比高、水際距離の特徴

植生区分ごとに平水位からの比高と水際距離の特徴を出現率で整理した。以下に今回分析した全国71水系174河川の中からデータが全川の的に揃っているものを対象とし平均的な特徴といくつかの特徴的な事例を示す。

a) 自然裸地

自然裸地は、セグメント1および2-1の概ね比高4m以下の範囲に分布が限定されており、比高2m以下の範囲で出現率が20%以上と高くなる（図-1）。水際距離でみると0～10mの範囲で約20～30%の出現率で最も高く、距離が大きくなるにつれて次第に低くなり、100m付近で5～10%程度となる（図-2）。

b) 1年生草本類

セグメント1, 2-1, 2-2では、5～10%程度の出現率で広い比高域に分布するが、概ね比高が低くなるにつれて出現率が高くなる。セグメント2-2で最も出現率が高く、比高2m以下では10%を上回る（図-1）。水際距離では、セグメント1, 2-1では、0～100mまでは大きく変化しないが、セグメント2-2では、0～10mで最も高い15%程度の出現率が水際距離が大きくなるにつれて次第に低くなり100m付近では5%を下回る（図-2）。

c) 単子葉草本

どのセグメントでも比高が低くなるほど出現率が高くなり、比高4m以下の範囲で、概ね10～20%程度の出現率となる（図-1）。水際距離が大きくなるにつれて次第に出現率が低くなるが変化は小さい（図-2）。

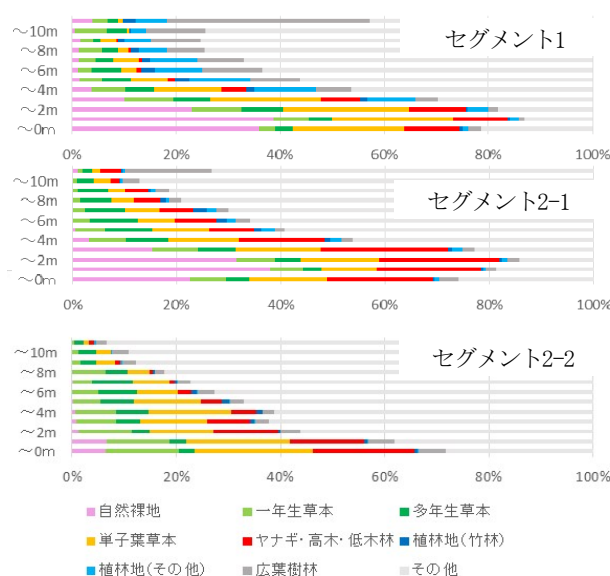


図-1 比高別の植生分布特性（全国）

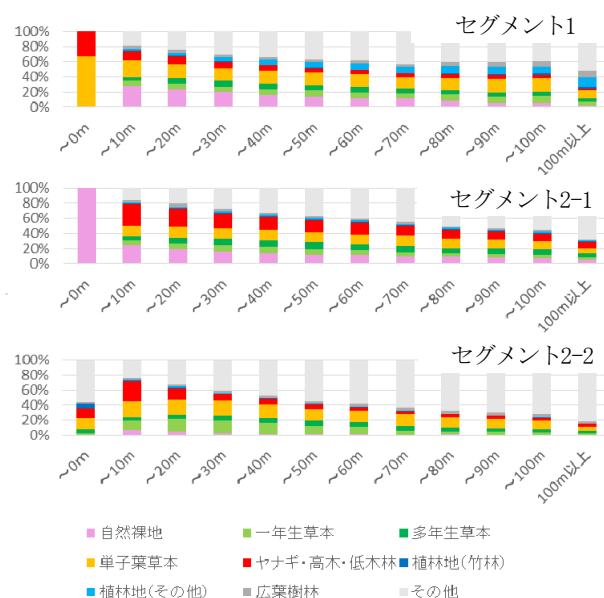


図-2 水際距離別の植生分布特性（全国）

d) ヤナギ高木・低木林

セグメント2-1, 2-2の比高4m以下の範囲で出現率が高く、特にセグメント2-1では、概ね20～30%程度の高い出現率となる。セグメント1では2m以下の範囲で出現率が10%程度になる（図-1）。水際距離が大きくなるほど、出現率が低下する（図-2）。

石狩川水系の事例を図-3に示す。ヤナギ林の出現率が30%以上となる主な範囲は、比高0～9m、水際距離0～150mで、比高6m以上では、水際距離は20m以内に集中している。

e) 植林（その他）

ハリエンジュを含む植林（その他）は、セグメント1で出現率が高く、比高2～7mの範囲で10%程度になる。比高2m以下での出現率は低い（図-1）。水際距離が大きくなるにつれて出現率が高くなる（図-2）。

利根川水系の事例を図-3に示す。植林地（その他）－ハリエンジュの出現率が20%以上の高くなる範囲は、概ね比高2～8m、水際距離が150～300mの範囲である。比高が1～2mの範囲にも出現率が30%以上の箇所が見られるが、1m以下では10%未満の箇所のみとなる。

f) 竹林

吉野川水系の事例を図-3に示す。竹林のほとんどがセグメント2-1で出現し、出現率が30%以上と高くなるのは、比高が6m以上、水際距離では、250m以下、特に100m以下の範囲である。

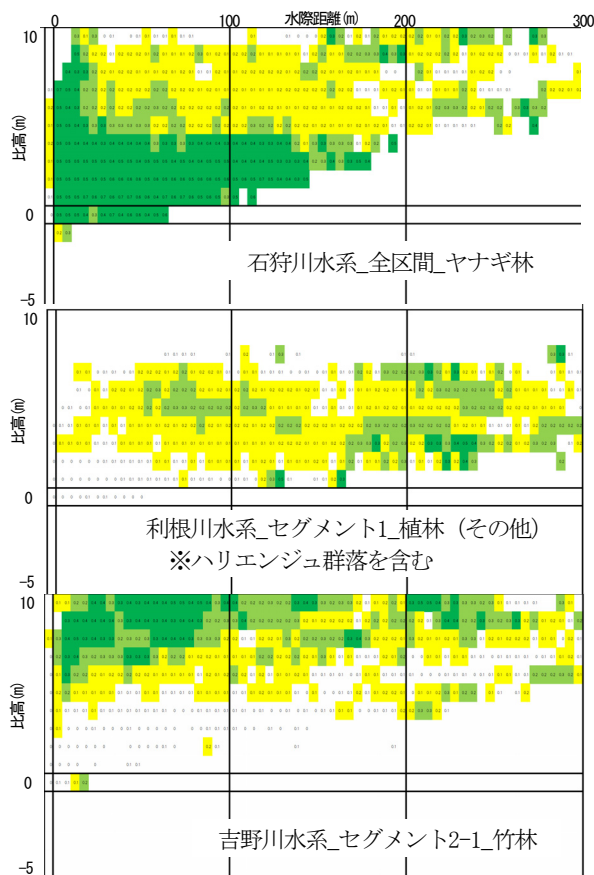


図-3 比高、水際距離による植生分布特性

※濃い緑：30%～，黄緑：20～30%，黄：10～20%

(2) 比高1m以下の植生分布の地域的な特性

全国71水系174河川（表-1）のセグメント1, 2-1, 2-2を対象に、多くの事業で掘削高さの目安とされる平水位付近の植生分布を知るために比高1m以下の植生出現率を比較整理した。ここでは、人工物・耕作地等を除いて、出現率の大きい、自然裸地、単子葉草本群落、ヤナギ林について述べる。

自然裸地は、セグメント1, 2-1で出現率が高く、特にセグメント1では、東北、北陸、中部の分析河川で平均の出現率が40%を超えた。中部は、セグメント1, 2-1, 2-2のいずれでも出現率が40%を超えていた。一方で、北海道はセグメント1, 2-1, 2-2で中国はセグメント1, 2-1で20%を下回っていた（図-4）。

単子葉草本群落は、北海道の河川では他の地方のものに比べて出現率が低く、いずれのセグメントでも5%以下となっている。北陸、近畿、中国、九州の出現率は、いずれのセグメントでも高く、20%を超えている。東北でもセグメント2-2で20%を超えている（図-4）。

表-1 比高1m以下の植生分析対象河川、データ点数の概要

地方	水系数	河川数	データ点数		
			セグメント1	セグメント2-1	セグメント2-2
北海道	5	15	13603	10615	10940
東北	9	25	1679	44076	8301
関東	6	17	6931	4910	23048
北陸	9	19	11743	8885	9675
中部	10	35	15161	19452	22417
近畿	9	20	10160	13092	17232
中国	10	18	3092	12184	14259
四国	4	8	0	18530	5968
九州	9	17	1054	7742	2226
合計	71	174	63423	139486	114066

※ 対象とした河川には部分的にデータが取得できたものを含む

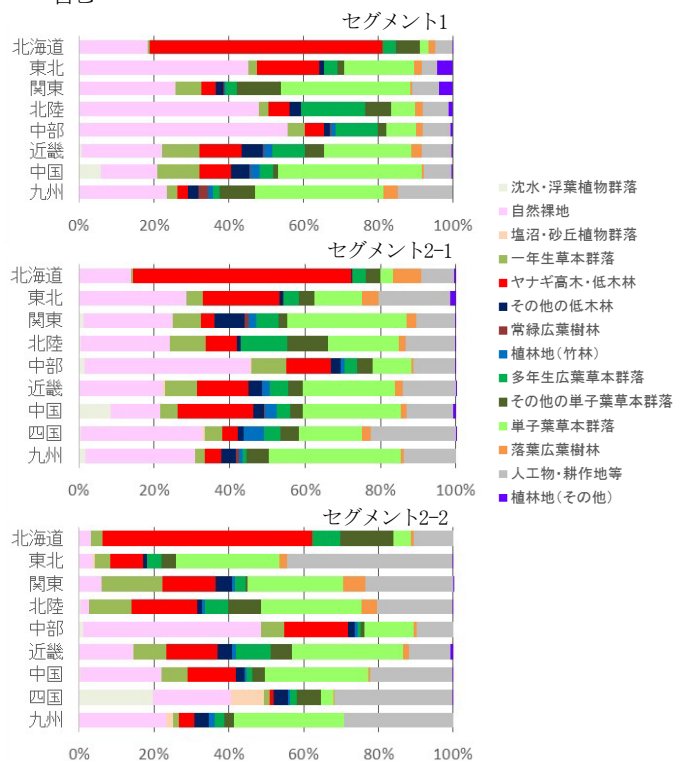


図-4 比高1m以下の植生分布（地方別）

ヤナギ林は、北海道でいずれのセグメントでも60%程度の高い出現率となっており、20%未満の他の地方と大きく異なっている。一方で、九州と四国の出現率はいずれのセグメントでも5%以下と低くなっている。また、東北、中国ではセグメント2-1で、北陸、関東、中部、近畿では、セグメント2-2で出現率が大きくなっている（図-4）。

(3) 掘削箇所別の傾向

掘削前と掘削後5年以上経過した23河川48事例を対象に植生の優占群落を比較した。あわせて、掘削高さ、掘削後の平均年最大流量を超える出水回数との関係についても整理した。

表-2は、セグメント別に、掘削後5年以上経過して優占した植生によって分類したものであるが、ヤナギが優占し樹林化した箇所の割合は、セグメント1では事例がなく、セグメント2-1で26%、セグメント2-2で39%であった。

また、掘削箇所の該当するセグメントで比高1m以下の範囲で優占する植生と掘削後に優占する植生との関係性を表-3に整理した。その結果、セグメント2-1では、比高1m以下の範囲で草本類が優占する場合には80%の高い確率で、掘削後の優占植生が草本類となったが、他の優占植生については明確な関係は見られなかった。一方、セグメント2-2では、草本類、ヤナギ林において比高1m以下の範囲での優占植生が、高確率で掘削後の優占植生となった。また、自然裸地についても、事例が1件であったが、比高1m以下の優占植生と掘削後の優占植生が一致した。

表-2 掘削後の優占植生

セグメント	掘削後の優占植生	該当掘削箇所数(左)と各セグメントの総数に対する割合(右)	
1	2 草地	1	33%
	3 自然裸地	2	67%
2-1	1 ヤナギ林	7	26%
	2 草地	14	52%
	3 自然裸地	6	22%
2-2	1 ヤナギ林	7	39%
	2 草地	8	44%
	3 自然裸地	2	11%
	4 人工裸地	1	6%

表-3 比高1m以下の優占植生と掘削後の優占植生の関係

セグメント	比高1m以下の優占植生	掘削事例数	自然裸地		草本類		ヤナギ	
			箇所数	割合	箇所数	割合	箇所数	割合
2-1	自然裸地	8	2	25%	3	38%	3	38%
	草本類	5	1	20%	4	80%	0	0%
	ヤナギ	3	1	33%	2	67%	0	0%
2-2	自然裸地	1	1	100%	0	0%	0	0%
	草本類	6	0	0%	5	83%	1	17%
	ヤナギ	7	1	14%	0	0%	6	86%

※赤字は該当する割合が80%以上のもの

a) 豊川の事例

セグメント2-1で竹林が優占していた箇所を2005年に掘削した結果、掘削後5年以上経過して単子葉草本群落優占している（図-5）。豊川水系では、竹林は比高3m以上の範囲で、一年生草本群落や単子葉草本群落は比高3m以下の範囲で、それぞれ出現率が高くなっている。掘削後の比高は3m以下の範囲が多く、単子葉草本群落が優占しやすい比高帯であった。

b) 揖斐川の事例

セグメント2-2で多年生広葉草本群落優占していた箇所を2005年に掘削した結果、2年程度、全範囲で自然裸地が形成されていたが、7年経過した時点ですべてヤナギ林に置き換わっている（図-6）。揖斐川を含む木曽川水系では、比高1m以下で、ヤナギ林と自然裸地が優占しており、特に水際距離が10m以下の範囲では、ヤナギ林の出現率が30%以上で自然裸地よりも優占している箇所が多い。掘削後の比高は、ほぼ0~1mの範囲で維持されており、ヤナギ林が優占しやすい比高帯であった。

c) 出水回数

表-4に掘削後の優占植生と出水頻度と出水回数を整理した。セグメント2-1では、掘削後に自然裸地になった箇所でも出水頻度、回数が多かったが、セグメント2-2では、逆に自然裸地になった箇所でも最少なく、ヤナギ林になった箇所でも多くなった。

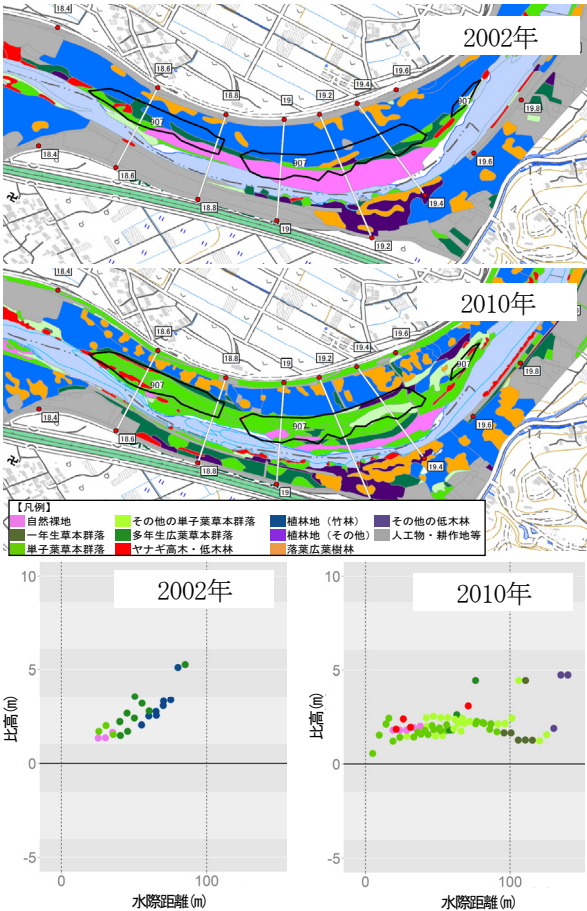


図-5 豊川セグメント2-1の掘削事例（竹林→草本類）
※掘削年度は2005年

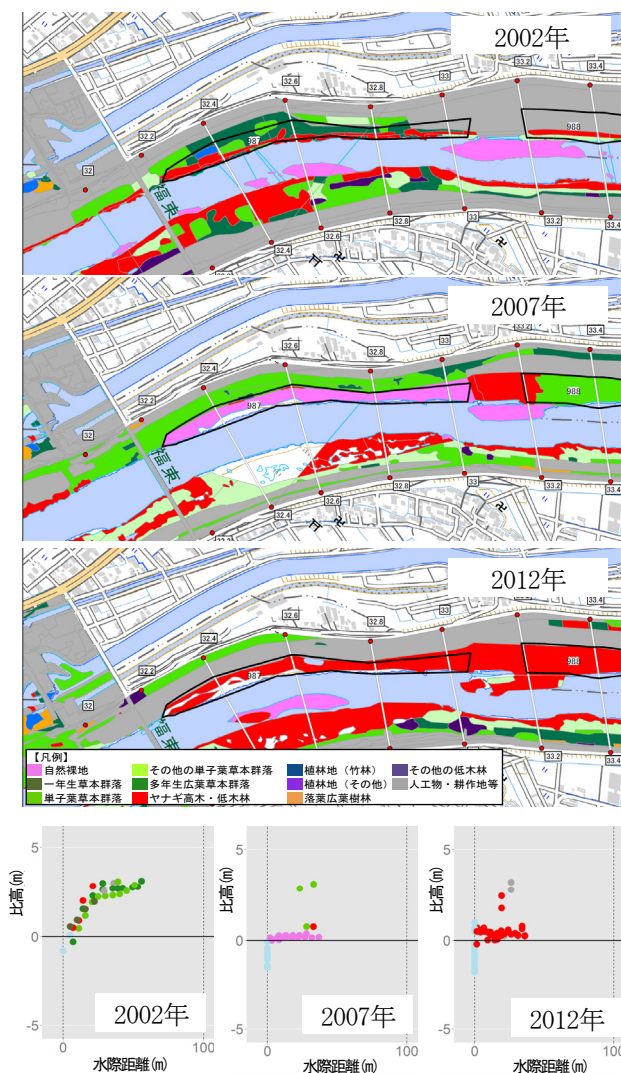


図-6 揖斐川セグメント2-2の掘削事例（草本類⇒ヤナギ林）
※掘削年度は2005年

d) 掘削高さ

表-5に掘削後の優占植生と掘削高さを整理した。セグメント2-1, 2-2いずれにおいても平水位より低い高さで掘削した事例では、掘削後にヤナギ林が優占したものは、見られなかった。ただし、これらの事例では掘削前の優占植生や該当セグメントの比高1m以下の掘削範囲の優占植生がヤナギ林であったものは確認できておらず、今回の結果だけでは、平水位以下の掘削がヤナギ林の抑制に効果があると判断するには不十分と考えられた。

4. 考察

(1) 平水位からの比高および水際からの距離で見た全国的な植生分布の特性

地域、水系、河川によって植生が異なることは知られているが³⁾、多くの場合、平面的な植生の分布特性に基づいた整理がされている。一方で、植生の分布は、平水位からの比高、水際からの距離と関係性があることが報

表-4 掘削後の優占植生と出水回数、頻度

セグメント	掘削後の優占植生	出水回数	出水頻度 (回/年)
1	2 草地	1.00	0.20
	3 自然裸地	3.50	0.63
2-1	1 ヤナギ林	2.67	0.46
	2 草地	2.50	0.38
2-2	3 自然裸地	3.40	0.41
	1 ヤナギ林	5.73	0.74
	2 草地	3.75	0.48
	3 自然裸地	2.50	0.39
	4 人工裸地	2.00	0.33

表-5 掘削後の優占植生と掘削高さ

セグメント	掘削後の優占植生	平水位より 高い	平水位	平水位より 低い
1	2 草地	1	0	0
	3 自然裸地	2	0	0
2-1	1 ヤナギ林	4	1	0
	2 草地	10	0	3
	3 自然裸地	2	1	3
2-2	1 ヤナギ林	4	2	0
	2 草地	2	2	4
	3 自然裸地	1	0	1
	4 人工裸地	0	0	1

※数字は、該当する掘削事例数

告されている⁴⁾ことから、全国の河川を対象に二つの成立要因による植生分布の特性を整理した。その結果、自然裸地、ヤナギ林は掘削範囲と重なる平水位付近の比高帯で出現率が高く、ハリエンジュを含む植林（その他）、竹林は比高2m以下の範囲での出現率は高くないことが分かった（図-1, 3）。また、自然裸地はセグメント1, 2-1で、ヤナギ林はセグメント2-1, 2-2で、それぞれ出現率が高いなど、セグメントの違いによっても出現率に違いがあることが示された（図-1）。

比高1m以下の範囲の植生分布の地域特性を整理した結果からは、自然裸地は出現率の高いセグメント1では、東北、北陸、中部で40%を超え、北海道や中国では20%を下回るなど地域によって違いが確認できた。ヤナギ林は、北海道の出現率が60%程度と他の地方の20%未満の出現率と比較して突出して高くなった（図-4）。

今回の分析では、すべての河川を対象にできたわけではなく、取得できた情報が部分的であった河川もあるため、今後、対象河川数を増やし類似性を整理するとともに、河道特性との関係性を調べることで河川の植生分布特性を成立要因とあわせて体系的に整理することが期待できる。

(2) 低比高帯の植生分布特性と掘削後に優占する植生との関係性

平水位付近は、多くの事業で掘削高さの目安とされるが、比高1m以下の植生分布の特性は、地域、河川、セグメントによって大きく異なっていることが分かった（図-1, 3, 4）。

また、掘削後5年以上が経過している事例で植生の変遷を追った結果からは、セグメント2-2において掘削後に優占する植生は、該当するセグメントの比高1m以下の

範囲で優占する植生となる可能性が示唆された（表-3）。ただし、今回の事例数は、23件と少数であること、低比高帯で出現率が最も高い植生にはならない事例もあることから、植生の遷移過程、特にヤナギ林の侵入過程やメカニズムについての解明が必要である。

(3) 掘削が有効と考えられる対象樹種

全国の河川を対象にした整理結果から、ヤナギ林、ハリエンジュ林、竹林は分布特性が異なる（図-1）。

ハリエンジュ林（植林地（その他）で確認）は、セグメント1の比高3m以上で、竹林はセグメント2-1の比高6m以上でそれぞれ出現率が高く（図-3）、植生の特性分布特性からは、掘削により比高を下げる抑制策は有効であることが示唆された。実際に、豊川の掘削事例では、高い比高帯にあった竹林が、掘削によって単子葉草本群落優占する植生に置き換わり5年以上維持されていた（図-5）。

一方、ヤナギ林は、セグメント2-1,2-2の比高2m以下で出現率が高く、掘削後に侵入しやすいと考えられる（図-1）。実際、今回、掘削後5年以上経過した植生が確認できた箇所では、セグメント2-1で27箇所のうち7箇所、セグメント2-2で18箇所のうち7箇所でヤナギ林が優占しており、他の樹木群落優占する箇所は見られなかった（表-2）。これらのことから、ヤナギ林に対しては掘削高さの目安を平水位としただけでは、十分な対策ではないことが示唆された。

今回の調査では、掘削高さを平水位以下に設定した掘削事例では、掘削後にヤナギ林が優占したケースは確認できなかったことから（表-5）、比高を平水位以下までにした場合、ヤナギ林の侵入抑制に効果がある可能性が示唆された。ただし、これらのケースでは掘削前にヤナギ林が優占している箇所はなかったこと、事例数が十分ではなかったことから、今後、ヤナギ林の優占する掘削箇所を中心に事例を収集し検証していく必要がある。

(4) 掘削後の植生変遷に影響を与えるその他の要因

今回の研究結果からは、セグメント2-1において、掘削後の優占植生が自然裸地となった河川では、出水回数、頻度の平均値が、ヤナギ林、草本類が優占した河川より高くなったことから（表-4）、出水が自然裸地の形成に影響している可能性が考えられた。ただし、個別の河川ごとに見ると掘削後に自然裸地が優占した河川で出水回数、頻度が低いケース、逆にヤナギ林、草本類が優占した河川で高いケースも見られたことから、出水だけが要因となっているとは考えにくい。

本研究では、平均年最大流量を超える規模の出水回数のみを指標としており、出水規模、掃流力、出水による掘削の植生へのインパクトについては分析対象としていない。これまでの研究成果や多くの事例から、出水による植生破壊や堆積等が植生の変遷過程に影響を与えるこ

とは明らかであることから⁵⁾、今後、掃流力、地形変化を指標としてヤナギ林の侵入との関係を整理していくことが課題となる。

また、植生の変遷に影響する要因としては、今回、分析対象としたものの他に、河床材料、冠水頻度などの外的要因、および掘削時期、表土処理、維持管理など人為的要因が挙げられる。それぞれの要因が複合的に掘削後の植生変遷に影響していることが想定されるため、今後は、事例数を増やすなどして統計的な解析を進めることなどが有効と考えられる。

5. 結論

本論文では、比高、水際距離の二つの要因に着目し、全国の河川の植生分布特性を整理した。また、掘削事例を対象として、掘削箇所が該当するセグメントの比高1m以下の植生分布特性、掘削高さ、出水特性と、掘削後の植生との関係性を分析し以下の結論を得た。

- ・河川、セグメントによって比高、水際距離による植生の分布特性は異なった。
- ・主な樹林化の対象となるヤナギ、ハリエンジュ、竹林の分布特性は比高で明確に異なった。
- ・ハリエンジュ、竹林については切下げにより抑制される可能性が示唆された。
- ・セグメント2-2では、掘削後の優占植生は、該当セグメントの比高1m以下の優占植生に関係する可能性が示された。
- ・セグメント2-1では、掘削後に自然裸地が優占した河川の平均的な出水回数、頻度が高く、自然裸地の維持に出水が影響している可能性が示された。

参考文献

- 1) 宮本仁志、戸田祐嗣、赤松良久：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,第19巻,p441-446, 2013.
- 2) 今村史子、徳江義宏、日高初淑、中村隆人：長良川の樹林化実態の把握と要因推定の試み、河川技術論文集,第20巻,p211-216, 2014.
- 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,第16巻,p241-246, 2010.
- 4) 田頭直樹、片桐浩司、傳田正利、大石哲也、萱場祐一：植物群落と物理環境を基準とした景観区分とその変遷過程—セグメント2河道を対象として、河川技術論文集,第20巻,p115-120, 2014.
- 5) 李 參熙、藤田光一、塚原隆夫、渡辺敏、山本晃一、望月達也：礫床河川の樹林化に果たす洪水と細粒土砂流送の役割、水工学論文集,第42巻,p433-438, 1998

(2016. 4. 4受付)