8-1 Question

河川における樹木管理の基本的な考え方について教えて下さい。

■Question の意味と背景

日本の高温多湿な気候下では、低温や乾燥、強風といった強いストレスが働く場所を除けば、時間が経過するにつれて裸地から草地に、そして樹木へと至る植生遷移(一次遷移)が観察される。しかし、河道内の陸域は流量や地形変化の影響を受けやすく、変動の激しい場所であるため、遷移が進んだとして洪水による樹木の流失が起きたり、新たに裸地が作られたりするものである。つまり、洪水による消失と遷移による回復を高頻度に繰り返す環境といえる。しかし、近年、河道内にて樹木の定着範囲が急増する「樹林化」が全国で生じており(図-1)、治水上の課題として注目されている¹⁾。また、樹林化してしまうことは、水際の湿地や草地、砂州や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、人による利用をも遠ざけてしまうことが考えられ、河川の環境に広く関わる課題でもある²⁾。

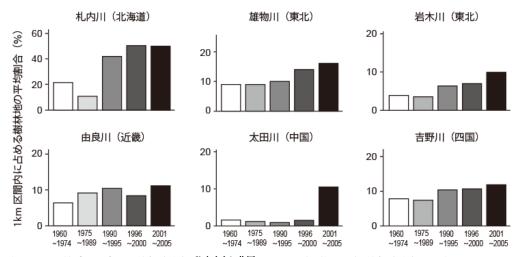


図 1 河道内樹木の増加傾向 ^{3)をもとに作図}。1990 年代以降増加傾向が見られるが、 太田川については 2000 年代に入ってから増加していた。

■関連する Question

- Q5-2 高水敷掘削や切り下げを行う際に、掘削の効果を長持ちさせながら、河川環境の 改善に寄与するための留意点を教えてください。
- Q6-2 通常の河川改修で伐採対象となる樹木を、保全・復元した事例を教えて下さい。
- Q8-2 河道内樹林が再繁茂しにくい施工や維持管理の方法を教えて下さい。

Answer

樹木が有する治水機能と環境機能について整理し、地域や河川の特性に応じた適切な管理について考える必要があります。

■Answer の概要と基本的考え方

河道内樹木は、洪水時における水位上昇、堤防沿いの高流速の発生などの治水上の支障とし て捉えられることが多いが、洪水の流勢の緩和などの治水機能、生態系の保全、良好な景観形 成などの環境機能などを有している。ただし、「樹林化」は裸地や草地、湿地といった河川近 傍に存在する氾濫原環境の減少を招くことも多く(写真-1)、裸地でのみ見られる先駆植物や、 水際の裸地や草地を好む昆虫類や鳥類等にとっては生息に適さない環境となる。近年、治水機 能の維持・向上のために、樹木の伐採が行われており(写真-1)、環境機能の維持・向上につ ながる可能性がある。過度な樹林化は治水と環境の両面から問題となりえる一方、過度な伐採 が広く行われることも治水と環境の両面から問題となりえる可能性がある。つまり、伐採だけ でなく、水害防備林や環境林等として、いかに残すかといった検討も求められる。河川整備計 画等を踏まえて、適切に樹木の伐採、植樹および樹木の管理を行う必要があるが、地域や河川 の特徴についても理解し、樹木の有する治水機能と環境機能を十分考慮した上での対応が求 められる。1990年代から樹林化が進行している河川がある一方、2000年代に入ってから変貌 した河川もある(図-1)。必ずしも過去の状況が、生物多様性や人による利用にとって良好だ ったとは限らないが、現状との相違を認識することは大事である。そして、樹林化が著しい場 合には、新たな裸地や草地が形成される状況を促すとともに、適切な樹木の定着範囲を検討し た上で、裸地から樹木の定着へ至る変化をゆっくりにすることが重要であろう。





写真 1 河川における樹木の繁茂(左)と広範囲にわたる伐採(右)

■Answer の詳細

(1) 景観要素の変化

河川における樹木管理を全国一律に捉えることは難しく、地域や河川ごとの特徴に応じた対応を検討すべきだろう。代表的な特徴としては、過去から現在に至るまでに生じた河道内の景観変化と、河道内で見られる樹木の構成種が挙げられる。河道内の景観は、木本地(樹林地)、草本地、自然裸地、人工地といった地被状態に応じた要素として区分することができ、空中写真の判読や河川水辺の国勢調査の結果、さらには現地調査から比較的簡単に把握することができる。治水を考える上で、木本地(樹林地)がどのように時間変化したのか、総量としての面積だけでなく、その配置についても認識しておくことは、適切な樹木管理につながる。さらに、各景観要素の量としての面積や空間的な配置から、植物種の分布範囲の推定や、各植物種もしくは植物群落に依存する昆虫類や鳥類の分布の理解にもつながる。このように、各景観要素の時間的な変化は、河川における生物の分布とその時間的なトレンド(時系列変化)を概括的に理解する上で重要な情報となる。

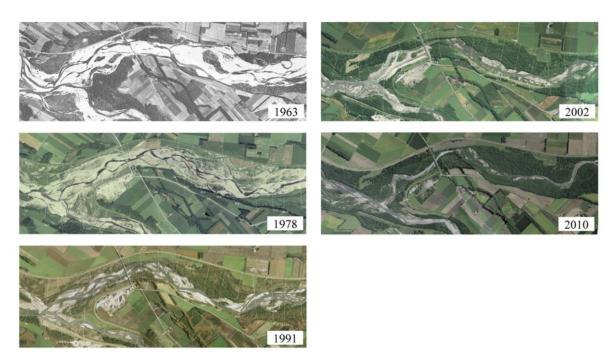


写真 2 札内川の礫地や氾濫原に拡大していく樹木群の様子 3

河道内の景観要素は、洪水による植物の流失とその後の遷移(回復)を繰り返す河川特有のプロセスを経るため、面積や配置が時間的に安定しないことも多い。そのため、時系列変化を理解するためには、できる限り長期間のデータを収集し、分析することが推奨される。景観要素を評価する上で、河川水辺の国勢調査の活用が考えられるが、1990年から開始されたことから、それ以前の情報を得ることができない。そこで、空中写真を活用した判読結果も含めるなどして(写真-2)、なるべく長期変化が把握できるように整理することが望まれる。得られた情報を図示する際、自然裸地の減少の程度や樹林化の進行の程度を区間での合計値だけでなく、セグメント別に集計するなど色々な面から評価することで、対象河川の特徴を深く理解することができる。

(2) 河道内樹木の構成種

河道内樹木の管理を考える上で、樹木群の構成種を理解することは大切である。これは樹種に応じて、伐採や掘削などを行う際に留意すべき項目が異なるためである(Q8-2 参照)。現状、樹林化において課題とされている樹種はヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の3つであるが4、ニワウルシのような樹種が問題となっている河川もある。ヤナギ類は全国に分布するものの、北日本に向かうほど河道内に占める割合は大きくなる(図-2)。一方、タケ・ササ類は西日本に向かうほど占める割合が大きくなる(図-2)。ハリエンジュは中部以東の比較的寒い地域の河川で見られているようだが、温暖な地域で観察されることも多い。ハリエンジュやニワウルシは外来種であることに加え、どちらも伐採し切株を除根したとしても、水平方向に広がった根茎から萌芽するといった特徴を持つ。根茎から萌芽する樹木の管理は困難を極めることが多いため、発見した際には小面積のうちに対応することが求められる。

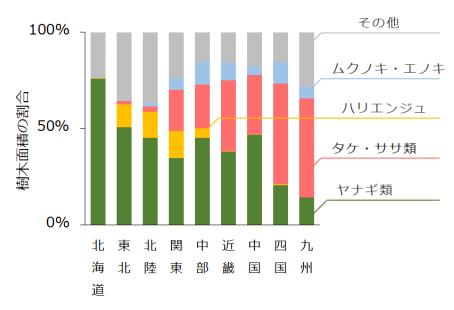
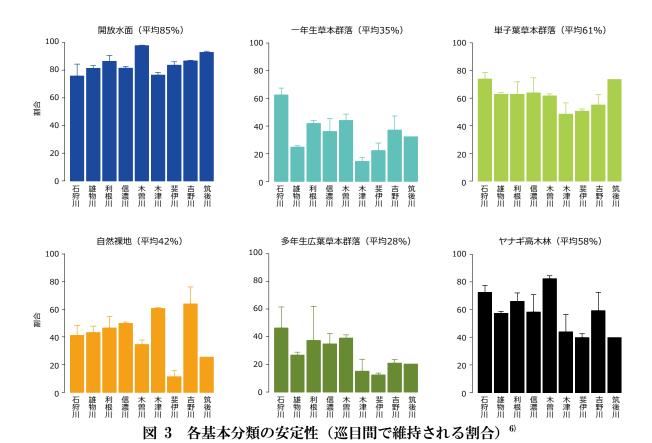


図 2 管理対象樹種の構成割合 4)より再作図

河道内における樹木の繁茂状況は面積や面積割合で評価されることが多く、樹林化の進行はこれらの変化率で示されてきた⁵⁾。ただし、樹林化という現象を深く捉えようとするには、各区間や場所の経時変化を追いかける解析も必要である。仮に管理区間全体で樹林地の面積が変化していない結果が得られたとしても、樹木の繁茂する範囲が変化していない静的平衡と言える状態と、樹木の繁茂する範囲が変化しながらも合計としては一定を保つ動的平衡と言える状態とでは、管理する際に注意すべき内容が異なる可能性がある。そこで、例えば1kmごとに面積変化を整理する³⁾、もしくは河川に多数のポイントを設定し、そのポイント上での変化を追いかけるといった手法がある⁶⁾。

全国の9河川を対象に多数のポイントを設定し、その変化について捉えた研究では⁶⁾、ヤナギ高木林は河川水辺の国勢調査の巡目間(約5年間隔)で10%程度増加していることを示していることに加え、平均でヤナギ高木林の58%は巡目間で維持されることを示している(図-3)。ただし、河川間でのバラツキは大きく、ヤナギ高木林が非常に安定している河川もあれば、そうでない河川もあるように、河川ごとに特徴を理解することの重要性がここでも示されていると言えよう。さらに、このような解析をすることで樹林化に至る前段階の状況を整理することができ、一年生草本群落からヤナギ高木林へと変化しやすい河川もあることが理解できる(図-4)



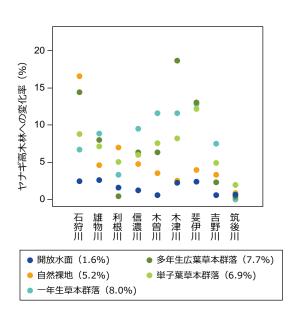


図 4 ヤナギ高木林への変化率 6。括弧内の数字は 9 河川の平均値を表す。

(3) 河道内樹木の繁茂による環境機能の変化

河道内樹木が広く繁茂する「樹林化」は、治水機能と環境機能に大きな影響を及ぼす現象である。河川の横断方向に樹木が並べば、増水時に水が流れにくくなり、水位が上昇しやすくなる。一方、流速が下がることで洪水が下流に到達するのを遅らせ、流水の集中による氾濫を防ぐといった面もある。これまでに、こうした植生の水理的作用については、様々な検討が進められ⁷⁾⁸⁾、河川における樹木管理の手引き⁹⁾や水理公式集¹⁰⁾にまとめられている。

河道内という限られた空間の中には、河原や湿地といった氾濫原環境と呼べる河川特有の場所が存在する。樹林化は、このような氾濫原環境の減少をもたらすことが多く、河原のような裸地に先駆的に定着する植物(先駆種)や、河原や湿地、水際の草地を好む昆虫類や鳥類にとっては負の影響が多くなるだろう 110120。つまり、河道内に樹木が"過度に"繁茂することは、環境面での影響が大きいものと考えられる。ただし、河畔域に存在する樹木も、河川特有の環境であることを忘れてはならない。そして、河道内の樹木を好む生物も多く存在する(コラム参照)。河道内に樹木が増えることによる影響については、少しずつ知見が蓄積されつつあるが、管理する上で適切な樹木の面積や配置については未解明であり、河川ごとに丁寧な検討が求められる。

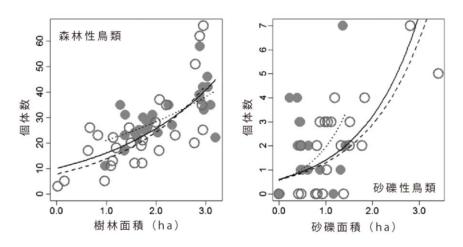


図 5 森林性鳥類 (a) および砂礫性鳥類 (b) の個体数と植生面積との関係 11)をもとに作成

■コラム― 河道内樹木と昆虫の関わり

砂州や河原など、河川特有の陸域環境を好む昆虫としてカワラバッタやカワラゴミムシのような「カワラ」と名につくものの他に、エリザハンミョウやオオヒョウタンゴミムシなどが存在する ¹²⁾。このような河川特有の裸地に生息する昆虫類がいる一方で、河道内の樹木を必要とする、もしくは頻繁に利用する種もいる。代表的な昆虫としては、トンボ類が挙げられる。トンボ類の幼虫期(ヤゴ)に水環境を利用するため、大河川の中下流域でも様々な種が生息している。その中でもオオサカサナエ(絶滅危惧 II 類)やナゴヤサナエ(絶滅危惧 II 類)といったトンボは、中下流域で周囲に樹林が存在する環境にのみ生息するのではないかと考えられている ¹³⁾。また、ナツアカネ、コノシメトンボ、マユタテアカネ、ノシメトンボ等は、水田や水路で幼虫期を過ごすが、餌となる昆虫を求めて河道内に広がる樹林を利用するとともに、休息場としても利用することが示されている ¹⁴⁾。このように河道内の樹木が昆虫類の生息にとって必要なこともあり、維持管理をする上で配慮が必要な場合もあると考えられる。







|写真 3 河道内の樹林でも観察されるナツアカネ(左)、コノシメトンボ(中)、 | マユタテアカネ(右)

(4) 分布拡大速度

温暖で降水量の多い日本は、低温や乾燥、強風などのストレスがかかる一部の地域を除い て、時間の経過に伴い裸地から草地に、そして樹木へと至る植生遷移(一次遷移)が観察され る環境である。しかし、河道内の陸域は流量や地形変化の影響を受けやすく、変動の激しい場 所であるため、遷移が進んだとして洪水による樹木の流失が起きたり、新たに裸地が作られた りするものである。つまり、洪水による消失と遷移による回復を高頻度に繰り返す環境といえ る。しかし、近年、河床の低下や流況の変化、護岸の設置や砂利採取の減少など、様々な要因 の結果として樹林化が各地で生じている。樹林化したことで、河道の維持管理等のために大規 模な伐採が行われ、新たに裸地や草地が創出されることも多くなった。しかし、樹林化をもた らす要因に対応しない限りは、再び樹林化する可能性も高い。つまり、再び樹林化することを 考慮した管理も視野に入れる必要があるだろう。この時、重要な情報となるのが、伐採や掘削 を行った後、どの程度の速さで再び樹木が繁茂していくかである。高水敷掘削を対象に、ヤナ ギ類の樹林の拡大速度について検証したところ、掘削から約10年が経過すると掘削した範囲 の約50%の面積が再び樹木で覆われる傾向が示された(図-6)。さらに、河床勾配が小さい区 間ほど樹林化の進行する速度が速いことも示された ¹⁵⁾。このような解析は、無償提供されて いる衛星写真や航空写真を用いることで捉えることが可能である。地域や河川、そして樹林を 構成種によっても進行速度に違いがあると考えられることから、対象河川ごとに樹林化の速 度を整理することで、次に河道内樹木の管理を開始する時期を決める資料となるだろう

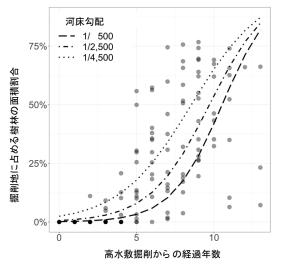


図 6 河床勾配に応じた掘削からの経過年数と樹林の面積割合との関係 15

■コラム― 水害防備林

水害防備林(以下、水防林。写真 4)とは、河川に沿って植栽され、洪水時に河岸や背後地を防御し水害被害を軽減する機能を有する樹林帯を指す。堤防強化、河岸侵食防御、流速低減、土砂礫・流木の捕捉(スクリーニング)などの効果が期待できる。植物の有する特性を巧みに活用した、いわゆるグリーンインフラや Eco-DRR (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)の代表的な例である。



写真 4 河川に沿って存在する水害防備林

近世までは、重要な治水施設として扱われてきたが、近代の連続堤防の整備に伴って多くが失われた。これに対し 1996 年の河川審議会答申において水防林の機能が再評価され、1997 年 (平成 9) 年の河川法改正において河川管理施設としての"樹林帯"に位置づけられた。しかし、その後も水防林は積極的に河川計画に取り入られることはなく、洪水外力の増大によって河積確保を厳に求められてきたことや、維持管理の手が十分に及ばなくなったことでさらに減少しているのが現状である。今後、水防林を適切な形で存続、活用していくためには、水防林の有する治水効果と効果的な維持管理、水防林の有する自然・生活環境の提供などの副次的側面について、より深く統合的に理解することが必要である。

現存する水防林には、河道内にあるものと、堤内にあるものとがある。河道内にあるものは、 河岸や堤防を侵食から防御する役割が強い、このような水防林は吉野川、久慈川などの河床材料がやや細かいセグメント2程度の勾配帯や、江の川などの谷底平野に見られ、根茎の強度が 高く、密に生え、素材としても価値のあるタケがよく用いられている。堤内にある水防林は、 富士川の万力林(笛吹川)や福島荒川などのセグメント1などの急こう配河川に現存しており主としてアカマツやケヤキなどの高木が用いられている。これらの違いは、出水外力の特性や河床材料、必要とする治水効果、材料となる植物の生育しやすさなどが勘案されて洪水経験を経て歴史的に選ばれてきた結果である。アカマツ林は一見疎で、タケに比べて止水能力が小さく治水効果が小さいように思われるが、流入する土砂が大きいため、林内での土砂や流木をトラップするには有効である。疎であることは林内を公園として人々が活用するには有利である。

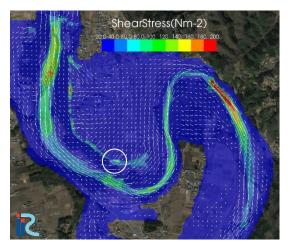
河川管理の視点では、特に堤外の水防林の取り扱いが難しい。すなわち、水防林の存在が河岸防御などの正の治水効果をもたらす一方で、河積を阻害し水位上昇を招く負の側面もあるためである。現在はことに水位管理を厳格とする傾向が強く、残念ながら、河道内の樹木はすべからく伐採される方向にある。しかし水防林(河道内樹木)の伐採もまた、負の側面を有することに注意を払いたい。一つに、伐採による水あたりの変化がそれまで表面化していなかった治水上の弱点を露呈させる可能性がある。実際に水防林の切れ間から破堤した事例も生じている。また、水防林を伐採することは必ず正の治水効果を発揮するとは限らず下流への流量負荷を増加させることにつながる。したがって、水防林、河道内樹林の伐採には本来より慎重を期すべきである。2次元水理シミュレーションはこうした検討には有効である。iRICソフトウェアは2次元水理河床変動計算が出来る無料のソフトであり、樹木密度に応じた抵抗を加味した計算も可能で、図7のように現況や伐採後の水あたりを確認することで、水防林の位置や幅、密度の管理計画を合理的に検討することができる。

特に堤外の水防林については、正の治水効果を保持していくために適切な維持管理が欠かせない。また、維持管理を行っていく上では、それに対するリソースが不可欠である。かつては竹材やタケノコ採取など治水に付随したメリットもあったが、それらの経済性は現代では低下している。また、地域の高齢化や人口減少といった担い手不足がネックになっているケースも多い。社会情勢が変化する中、こうした課題を新たな視点で解決していくことが必要である。例えば、クリーンエネルギーの一つとして木質バイオマス発電が注目されている。水防林によく用いられるタケの燃焼に関しても、燃焼時のクリンカ(燃えカス)の発生や材の乾燥時間などの課題とされてきた部分が少しずつ技術的に解決されてきている。また、維持管理のニーズや賛同を喚起するためには、水防林に人が立ち入って関わることが重要である。木津川では現地竹材を用いた蛇篭と聖牛づくりを通じて、タケを通じて伝統的治水の理解を深める活動が行われている。また、立木密度と場の活動(遊び)には強い関係性があることが公園整備

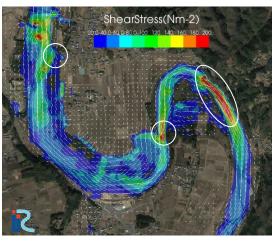
の知見から明らかであり、視点を変えた目標設定が必要かもしれない。

環境の側面から述べると、水防林の環境機能に関する研究事例は少ないが、環境機能がないということではない。過去の調査では環境面から価値がある水防林と回答があった河川は 14 河川(回答数の 44%) あり、ワンドの脇の樹木は日射を遮ることで水温上昇を緩和する。水防林が鳥類の重要なコロニーとなっていることもある。また、環境機能は生物生息場としての環境だけではなく、人間活動に潤いをもたらす緑の空間としての環境の価値にも目を向けたい。

このように水防林には様々な側面と機能がある。流域治水の手法として活用するには、治水上の機能と維持管理、環境・生態系サービスを評価し、環境や景観の整備が治水のためにもなるといったように、部局横断的な対応や相補的なしくみを構築し、継続的に保全・管理されていくことが求められる。



a) 掃流力のコンターと流速ベクトル図: 植生有の場合. ○部は水防林の切れ目部で, 流速・せん断力が大きくなっており, 実洪水でも堤防の破堤が生じた箇所.



b) 掃流力のコンターと流速ベクトル図: 植生無の場合. ○部は掃流力の増加が顕著な箇所

図 7 iRIC ソフトウェアによる水害防備林伐採の影響評価の例

■コラム― 治水効果を発揮する樹木群について

Q2-1 Answer「(3) 樹木伐開」においては、樹木の生態的機能について「河川の流程や、樹木が生育する位置によって異なる」ことが紹介されており、流下能力の確保のために樹木伐開時に留意すべき事項が解説されている。

一方で、樹木群には、河川内の配置によって治水的機能を発揮する場合がある。河道計画検 討時に樹木の効果を積極的に活用することができるケースもあるので以下を紹介する。

①湾曲部における堤防防護

湾曲部の外岸側では堤防に向かう流れが生じ、堤防沿いの流速が大きくなる場合がある。このような区域の樹木群は流勢を緩和し、堤防を保護する働きがある。

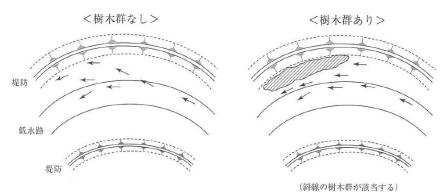


図 8 湾曲部において樹木群が治水効果を発揮する一例

②支川合流部における堤防防護

自然合流部においては河道線形や出水時差により、川の流れが堤防に向かう場合がある。樹木群はこの水の勢いを弱め、堤防を保護する働きがある。

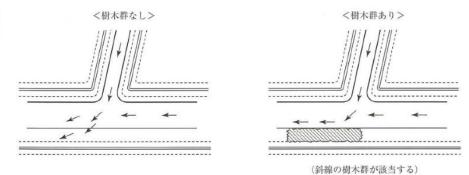


図 9 支川合流部において樹木群が治水効果を発揮する一例

出典:河川おける樹木管理の手引き(H12/リバーフロント整備センター)

■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,19:441-446,2013
- 2) 渡辺敏, 前野詩朗, 馬場俊介: 樹林化に伴う河川景観変化の土木史的考察 旭川における近年の治水事業に伴う河道特性変化とヤナギ林の発達との関連 . 土木史研究論文集, 25:137-147, 2006
- 3) Nakamura, F., Seo, J. I., Akasaka, T., & Swanson, F. J. Large wood, sediment, and flow regimes: Their interactions and temporal changes caused by human impacts in Japan. Geomorphology, 279: 176-187, 2017
- 4) 佐貫茂樹,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, 14:145-150,2010
- 5) 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, 60:1045-1050, 2016
- 6) 兼頭淳, 森照貴, 中村圭吾:河道内における植物群落の安定性と樹林への変遷. 河川技術論 文集, 27:283-288, 2021
- 7) 福岡捷二,藤田光一,新井田浩:樹木群を有する河道の洪水位予測. 土木学会論文集,447:17-24,1992.
- 8) 福岡捷二,藤澤寛,大沼史佳:利根川河道の樹木群透過係数と高水敷粗度係数.河川技術論文集,13:333-338,2007
- 9) リバーフロント整備センター:河川における樹木管理の手引き―河川区域内における樹木の 伐採・植樹基準の解説,山海堂,1999
- 10) 土木学会水工学委員会水理公式集編集小委員会:水理公式集,土木学会,2019
- 11) Yabuhara, Y., Yamaura, Y., Akasaka, T., & Nakamura, F. Predicting long-term changes in riparian bird communities in floodplain landscapes. River Research and Applications, 31:109-119, 2015
- 12) 応用生態工学会:河道内氾濫原の保全と再生. 技報堂出版, 2019
- 13) 尾園暁,川島逸郎,二橋亮:日本のトンボ改訂版,文一総合出版,2021
- 14) 東川航,吉村真由美,八木剛,前藤薫:水田地帯における赤とんぼの衰退と保全に関する課題一生息地利用の視点から一. 陸水学雑誌,80:107-124,2019
- 15) 川尻啓太,森照貴,内藤太輔,今村史子,徳江義宏,中村圭吾:高水敷を掘削した後に見られる河道内樹林の拡大速度.投稿準備中