

ヤナギ類を主体とした河道内樹木の 伐採後の萌芽枝成長量の経年調査

THE INTERANNUAL CHANGES IN THE GROWTH OF RESPROUTING STEMS AFTER FELLING THE RIPARIAN FOREST OF SALIX SPECIES

田口 敦史¹・小山 康吉²・村上 泰啓³・谷瀬 敦⁴
Atsushi TAGUCHI, Koukichi KOYAMA, Yasuhiro MURAKAMI, Atsushi TANISE

¹非会員 (株) エコニクス 環境事業部 (〒004-0015札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14)

²非会員 (株) エコニクス 経営管理部 (同上)

³正会員 博士 (工学) (国研) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

⁴正会員 (国研) 土木研究所寒地土木研究所 (同上)

Riparian forests are important as a component of natural habitat and landscape. However, in the case of flooding, their dense stand becomes a factor that limits the flow capacity. Therefore, appropriate management of riparian forest is needed to improve safety in flood disaster. In Hokkaido, Salix species dominate riparian forests, and they grow quickly even if they are felled. In this study, we investigated the interannual changes in tree heights, diameters at breast height, and the number of resprouting stems after felling Salix species. In the third year, the result showed that the number of resprouting stems increased 2.5 to 3.8 times compared with before felling and tree heights and diameters reached up to 7.0 to 7.8 m and 5.8 to 7.7 cm at maximum, respectively. These may have a negative impact on the water level in flood.

Key Words : Salix species, riparian forest, felling, vegetative propagation, resprout, river maintenance management

1. はじめに

河畔林は、生物生息環境や景観上欠かせない構成要素である一方、洪水時にはそれ自身が河川の流下能力に対する阻害要因となり、水位上昇をもたらす可能性が高いため、適正な維持管理が必要である。

北海道の河川では、攪乱環境を好むヤナギ類を主とした河畔林が広く形成されているが、ヤナギ類は伐採後の再萌芽および不定根の発生が旺盛であるため、除根せずに伐採を行った場合、早期に再樹林化し、伐採前より密生化を引き起こす例が報告されている¹⁾。伐採後に萌芽枝が成長し再樹林化に至る過程においては、流下阻害の程度が徐々に大きくなると考えられるが、既往研究では立木本数、胸高直径の定量的な推移は明らかにされていない。伐採後の流下能力を評価するためには、ヤナギ類萌芽枝の経年成長量を定量的に明らかにする必要がある。

そこで筆者らは、北海道内で伐採が行われた河畔林に調査コードラートを設け、再萌芽の状況を経年的にモニタリングした。その結果について報告する。

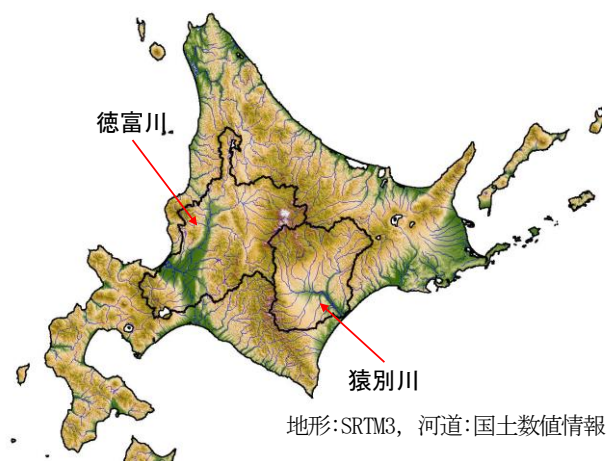


図-1 調査河川位置図

2. 調査地および調査コードラート

調査地は、石狩川水系徳富(とつぶ)川、十勝川水系猿別(さるべつ)川の2河川(図-1)とした。

表-1 調査コドラートの設定条件

河川名	調査コドラート	面積	伐採年次	低水路との位置関係	伐採前樹齢	伐採前樹木密度	2016年8月台風出水の影響
猿別川	S-1	10×20m	2014	近	中齢林 (2015年調査時伐部直径平均約9.2cm)	低 (52本, 0.26本/m ²)	大
	S-2	10×20m	2014	遠	中齢林 (2015年調査時伐部直径平均約9.0cm)	中 (83本, 0.42本/m ²)	大
徳富川	T-1	10×10m	2015	遠	若齢林 (伐採前胸高直径平均約5.5cm)	高 (98本, 0.98本/m ²)	軽微
	T-2	10×20m	2015	近	中齢林 (伐採前胸高直径平均約10.5cm)	低 (53本, 0.27本/m ²)	軽微

各河川での調査コドラートの設定条件を表-1に示す。

(1) 猿別川

猿別川は、一級河川十勝川の河口から約40km上流に合流する1次支川であり、合流点付近の標高は約10mである。調査地近隣の気象庁帯広観測所における気象データ(平年値)は、年間降水量が887.8mm、年平均気温が6.8℃、日最高気温は8月で25.2℃、最深積雪は63cmとなっている。なお、猿別川の調査地では、2016年に台風出水の影響により、調査コドラート内への土砂堆積や流木の漂着などの攪乱が多発した。

調査コドラートは、十勝川合流点から約3.0～3.2km上流側にあり、エゾノキヌヤナギ、オノエヤナギを主体にタチヤナギが混生する、低平地性のヤナギ類河畔林にS-1、S-2の2箇所を設定した。

S-1は、低水路に近く、出水時に影響を大きく受ける箇所に、10m×20mのコドラートを設定した。伐採前の立木密度は0.26本/m²であった。

S-2は、S-1より河岸の上段にあたり、出水時の影響がS-1よりやや小さい箇所に、10m×20mのコドラートを設定した。伐採前の立木密度は0.42本/m²であった。

(2) 徳富川

徳富川は、一級河川石狩川の河口から約93km上流に合流する1次支川であり、合流点付近の標高は約19mである。調査地近隣の気象庁滝川観測所における気象データ(平年値)は、年間降水量が1,164.1mm、年平均気温が6.7℃、日最高気温は8月で26.1℃、最深積雪は113cmとなっている。

調査対象コドラートは、石狩川合流点から約1.2～1.4km上流側にあり、エゾヤナギを主体とした扇状地性のヤナギ類河畔林にT-1、T-2の2箇所を設定した。

T-1は、平水時水面との高低差が数m程度あり、冠水頻度が低く、やや安定した立地に、10m×10mのコドラートを設定した。伐採前の立木密度(コドラート内の

伐株密度)は0.98本/m²であった。

T-2は、T-1より低水路に近く、中洲が寄洲化した場所で、冠水頻度が高い、やや不安定な立地に、10m×20mのコドラートを設定した。伐採前の立木密度は0.27本/m²であった。

3. 調査方法

各調査コドラートにおいて成立した立木の本数、代表個体の樹高(地際高)、胸高直径について、各年の上方伸長が停止した時期に当たる秋季に1回調査した。

なお、本報告でいう「立木」とは、伐採株および倒木、流木等から再萌芽が生じた場合、それぞれが独立した樹幹を形成するヤナギ類の特性を考慮し、1個体(同一の伐採株、倒木等)から発生していても再萌芽枝は立木1本として、実生から単一樹幹を形成したものと同等に扱うこととした。

調査期間は、猿別川では2014年に伐採された箇所について、伐採翌年の2015年から伐採後4年目の2018年まで、徳富川では2015年冬季に伐採された箇所について、伐採前の2015年秋季から伐採後3年目の2018年までとした。

4. 調査結果

(1) 立木密度の推移

調査コドラート内での面積あたり立木密度について、推移を図-2に示す。なお、伐採前の調査を実施していない猿別川では、伐採後1年目に確認した伐株数をもとに伐採前の立木密度を算出した。

伐採後1年目の立木密度は、全コドラートで伐採前の3倍を超え、大きく増加した。増加した主な要因は、伐採株から多数の再萌芽枝が発生したことにある。

伐採翌年までの増加率は、猿別川ではS-1で伐採前の1,110%、S-2では同じく1,093%であったのに対し、徳富川のT-1では473%、T-2では366%で、猿別川がより高い

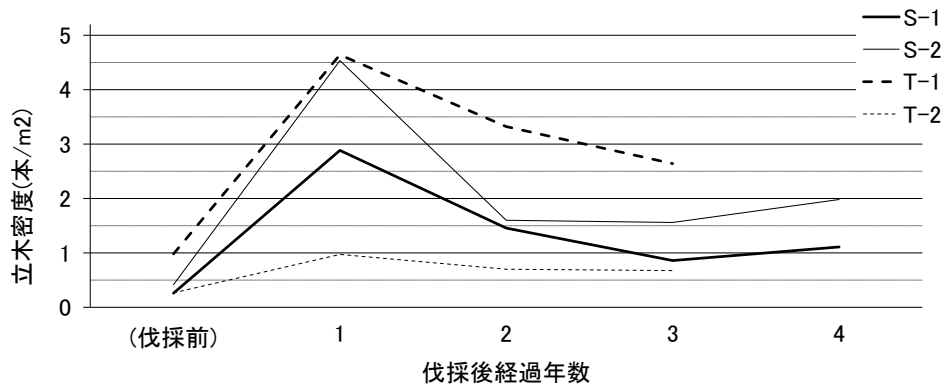


図-2 立木密度の推移

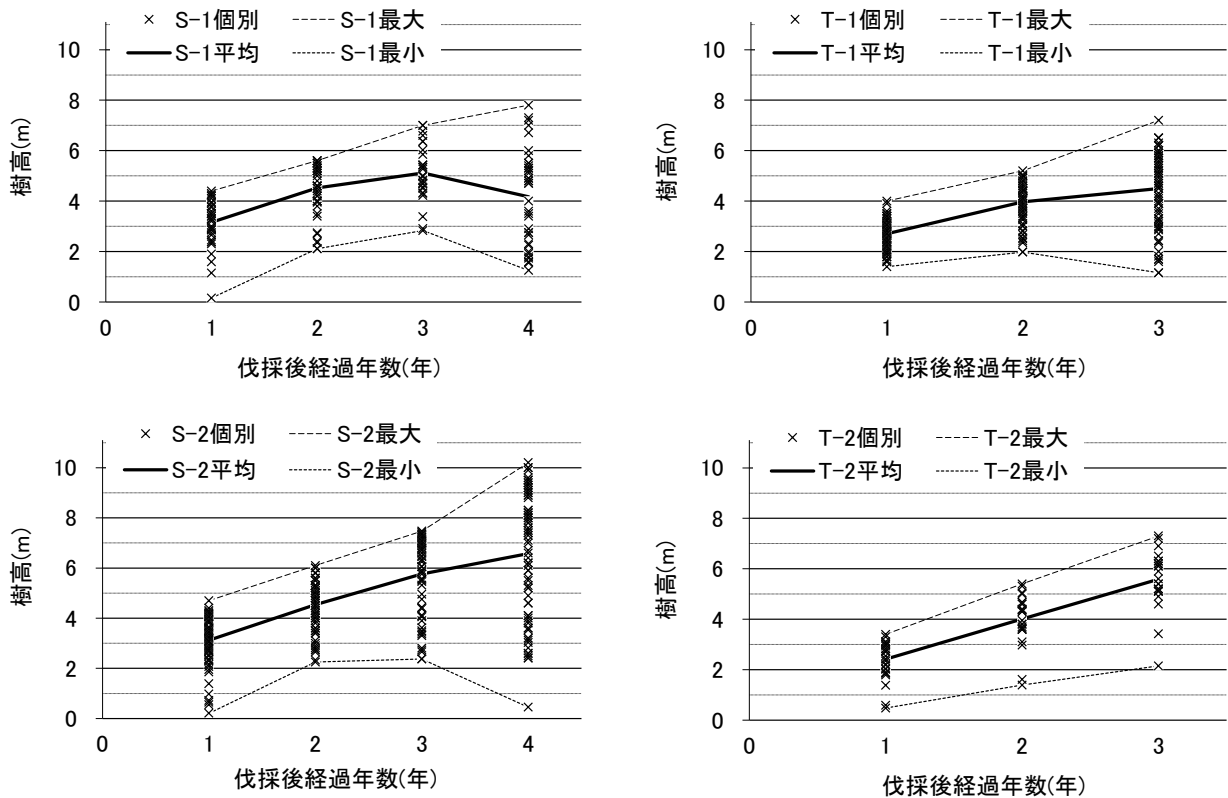


図-3 樹高の推移 (左:猿別川, 右:徳富川)

結果となった。猿別川で優占するエゾノキヌヤナギ、オノエヤナギは、木質バイオマス生産における挿し木栽培での有用性について報告^{2),3)}がある、再萌芽性の高さが知られた樹種である。猿別川の樹種構成は、エゾヤナギが優占する徳富川よりも伐採直後に萌芽枝が発生しやすいものであった可能性が考えられる。

伐採後2年目以降の推移としては、徳富川では伐採後3年目まで漸減傾向が続いた。伐採翌年に多数生じた再萌芽枝どうして競合（日照阻害等）が生じ、優勢の立木が劣勢の立木を淘汰しながら、より安定した樹林へと遷移しているものと考えられる。ただし、伐採後3年目でも伐採前の2.5倍以上の立木本数が維持されており、伐採後は伐採前よりも樹木が密生する結果となった。

これに対し猿別川では、伐採後3年目までは徳富川同

様、本数が漸減するものの、伐採後4年目には前年より本数が増加する結果となり、伐採前との比較では4.2～4.7倍の立木密度となった。

猿別川の調査地は、前述のとおり2016年の台風出水により倒木や流木の堆積が多数発生した。2018年の伐採後4年目調査では、伐採後の再萌芽による樹幹が倒伏した後、幹の複数箇所から再萌芽する現象や、漂着した流木からの再萌芽を確認しており、これらが立木本数を増加させたと考えられる。特に流心から遠いS-2で本数増加が顕著で、やや安定した立地が流木の堆積や倒木からの再萌芽を生じさせる要因となった可能性が考えられる。

(2) 樹高の推移

調査期間における樹高の推移を図-3に示す。

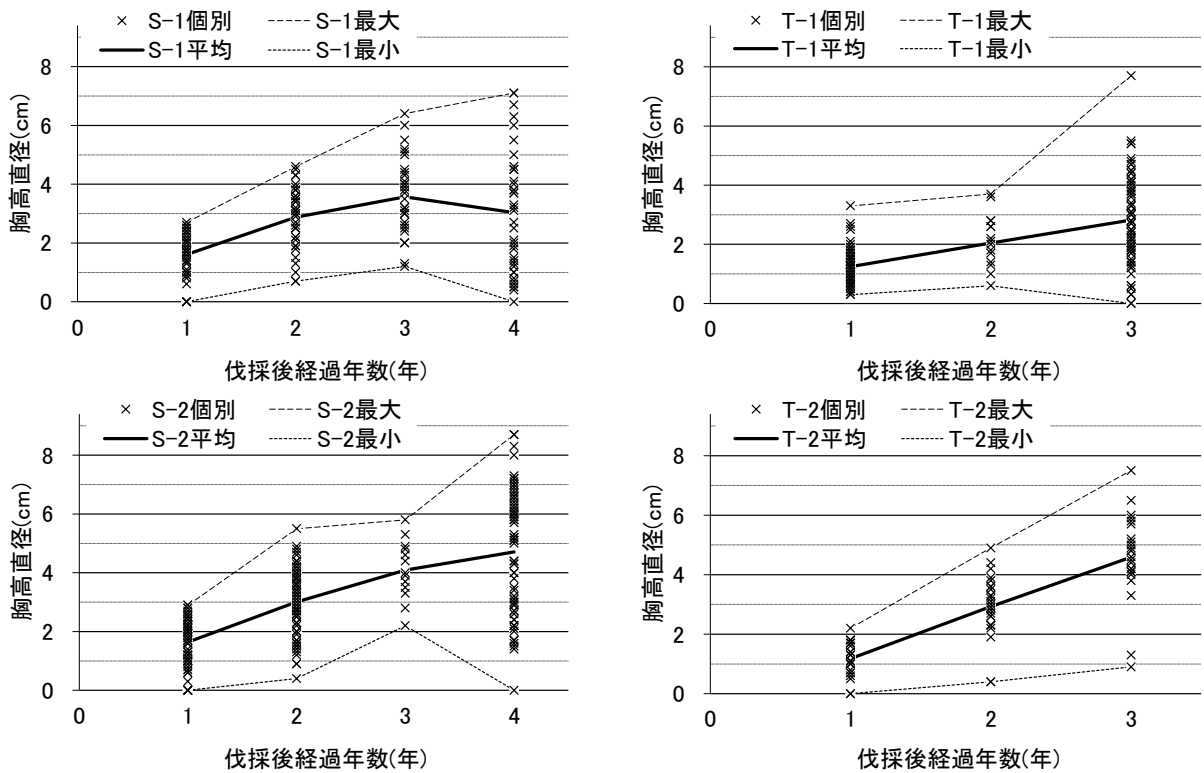


図-4 胸高直径の推移 (左:猿別川, 右:徳富川)

伐採後1年目の平均樹高は、全コドラートで2mを超え、猿別川では両コドラートとも3mを超えた。立木本数同様、構成樹種による再萌芽性の違いが樹高の成長量としてあらわれた可能性が考えられる。

伐採後2年目以降は、各コドラートで年1m以上の平均樹高伸長が続き、伐採後3年目の平均樹高は4~5mに達した。猿別川のS-1では、伐採後4年目に前年より平均樹高が低下する結果もみられたが、これは2016年出水後の再萌芽等が2018年に多数確認され、これらの低い樹高値が平均値に影響したものである。同コドラートにおける最大樹高の推移が示すとおり、出水影響が軽微だった立木は前年より成長していることが確認された。

(3) 胸高直径の推移

調査期間における胸高直径の推移を図-4に示す。なお、2017年のデータ(猿別川:伐採後3年目、徳富川:伐採後2年目)については、コドラート内の代表として10~20個体程度を抽出した調査であったため、他年度(伐採株ごとに調査)とはサンプルの抽出条件、数量が異なる。

伐採後1年目の胸高直径は、各調査区内の最大で2.2~3.3cmであり、その後も成長が続き、伐採後3年目には各調査区で最大5.8~7.7cmに達した。

各調査コドラートにおいて、最大値、平均値は年数の経過とともに成長する傾向にあるが、2016年に出水の影響を大きく受けたS-1では、樹高と同様、出水後の再萌芽により伐採後4年目に平均値が低下する結果となった。

その他のコドラートでも伐採後3年目以降に新たな再

萌芽(倒伏枝からの再萌芽等)が確認されており、立木が密に成立しているなかで競合しているため、伐採後の年数経過とともに優勢の立木と劣勢の立木で較差が広がる傾向がみられた。伐採前の胸高直径が細く、立木密度が高い、比較的若齢の河畔林であったT-1は、伐採後3年目に伐採前の平均値を超えた個体が確認された一方、平均では3cm未満となり、1cmに満たない個体も複数確認されるなど、競合による較差拡大が顕著にあらわれた。逆に、同じ徳富川で伐採前の立木密度が低いT-2では、伐採後3年目の平均値が4cmを超えており、劣勢の立木もある程度は成長したことが反映された結果となった。

(4) 胸高直径による倒伏限界モーメントの試算

現地調査において確認した、伐採後の再萌芽等により成立したヤナギ類の河道内樹木が有する、流水に対する抗力の参考として、倒伏限界モーメントを試算し推移を確認した。

既往の文献⁴⁾では、樹木の倒伏限界モーメント M_c は以下の式(1)により算定することとしている。

$$M_c = \alpha \cdot D^{2.0} \quad (1)$$

ここに、 M_c :倒伏限界モーメント(kg・m)、 D :樹木の胸高直径(cm)、 α :引き倒し係数(現地測定を行わない場合、一般的な値として $\alpha=2.5$)。

上記により試算した、各コドラートにおける立木の倒伏モーメントの推移を図-5に示す。

試算の結果、期間を通じ平均胸高直径が最も小さいT-1でも、伐採後3年目の平均値で約25kg・mの倒伏限界モ

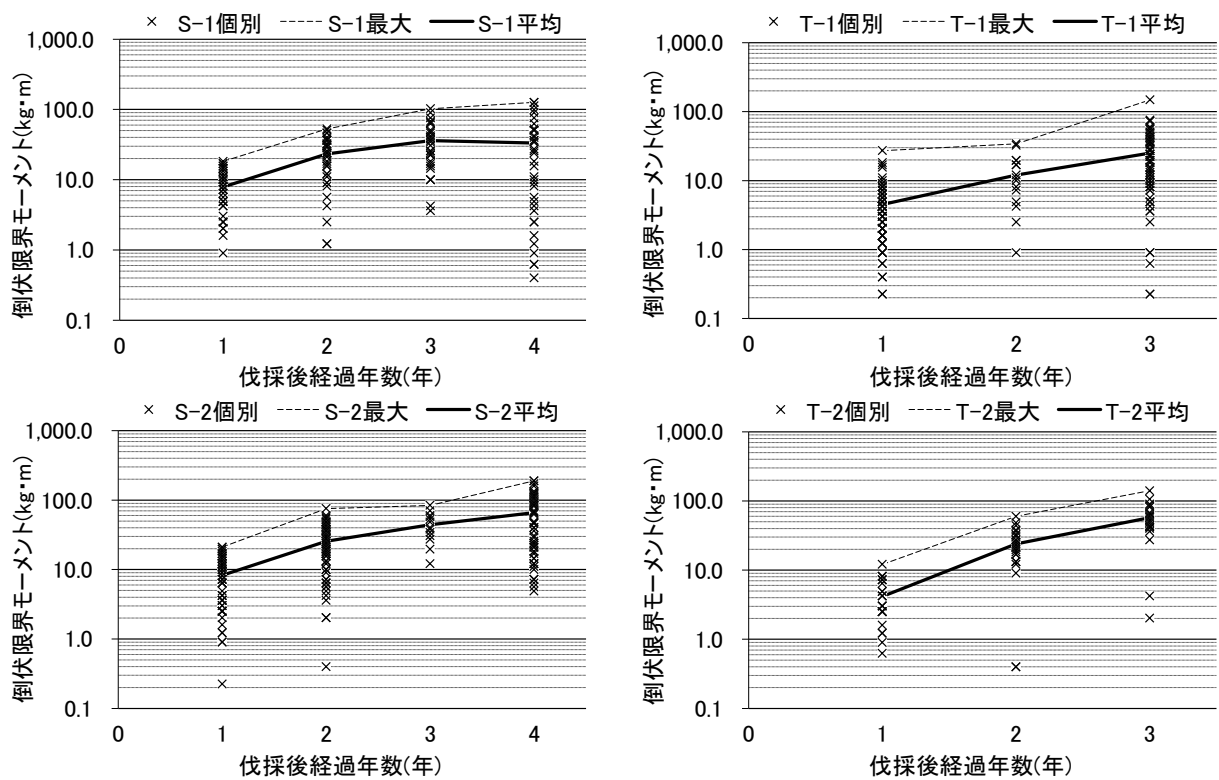


図-5 倒伏限界モーメントの推移 (左:猿別川, 右:徳富川)

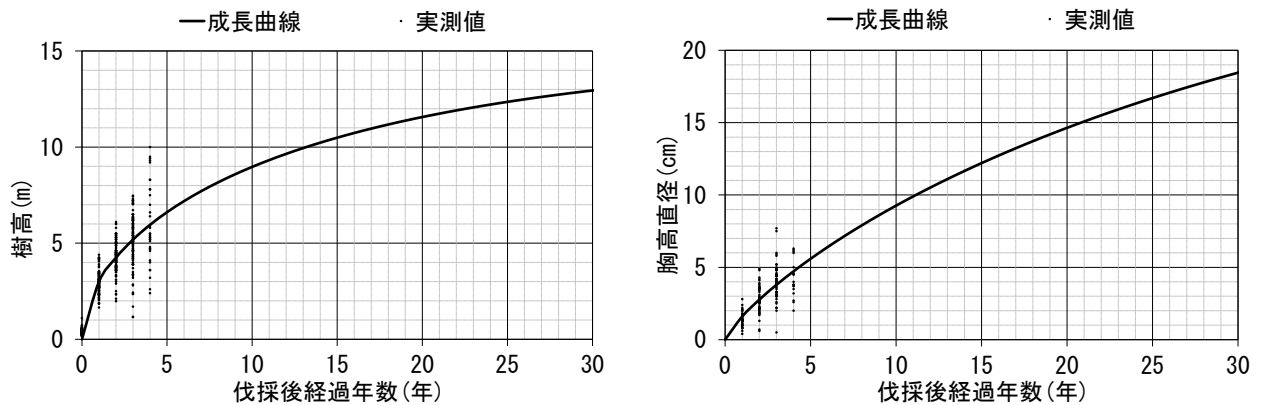


図-6 ヤナギ類河道内樹木の伐採後成長曲線の推定結果 (左:樹高, 右:胸高直径)

ーメントを有し、各コドラートとも、伐採後3~4年目の最大値は100kg・mを超えた。

一方、同文献において、流水により樹木の幹部が受ける外力モーメントは、次式(2)により計算することとされている。

$$M_d = \frac{1}{4} \rho C_d D h_o^2 u^2 \quad (2)$$

ここに、 M_d :幹部にかかる外力モーメント(kg・m)、 ρ :水の密度(102kg・s²/m⁴)、 C_d :幹の抗力係数(円柱と仮定し、1.2)、 D :胸高直径(m)、 h_o :枝下高(m)、 u :流速(m/s)。なお、枝下高が水深より低い場合は樹冠部にかかる外力モーメントを別途計算するが、今回は枝下高が水深を下回らないものとして、調査結果を用い試算した。

現地状況から枝下高 h_o を2.0mと仮定した場合、枝下高と同じ水深2.0mの流水中において、伐採3年目の平均

胸高直径における最小値(T-1:2.82cm)では、流速2.692m/sまで、同じく最大値(T-2:4.59cm)では流速3.196m/sまで、樹木の幹部が受ける倒伏限界モーメントを超えない、つまり樹木の幹部が流下モーメントに対する抗力として作用しうると考えられる。

実河川における流下能力に対する影響は、河床勾配、横断形状、樹木の成立した位置および比高を別途考慮する必要があるが、こうした流下抗力の高い立木が伐採前より密度高く、早期に樹高を回復させながら生育している、という現地状況を総合的に考慮すると、今回の調査地では、伐採から3~4年程度で流下阻害を引き起こさうる樹林が再形成されたものといえる。

(5) ヤナギ類河道内樹木の伐採後成長曲線の推定

図-6に、伐採後3~4年目までのヤナギ類萌芽枝成長量

についての調査結果をもとに、樹高、胸高直径のそれぞれについて、伐採後の経過年数に応じた成長を予測する成長曲線を推定した結果を示す。

推定に用いるデータは、猿別川、徳富川の両調査地を対象とし、信頼度の高い、調査期間を通じ同一の伐採株からの萌芽枝を追跡したもののみとした。推定に用いる成長モデルは、既往文献⁵⁾を参考に、次式(3)で示されるRichards成長曲線モデルとした。

$$y = A\{1 - e^{-kx}\}^{\frac{1}{1-m}} \quad (3)$$

ここに、 y :伐採後経過年数 x における樹高(m)ないし胸高直径(cm)、 A :平均樹高(m)、平均胸高直径(cm)の最終到達量のパラメーター、 k :成長速度のパラメーター、 x :伐採後経過年数(年)、 m :成長曲線の型のパラメーター。

A の値は、ヤナギ類河畔林の一般的な値として、樹高は15m、胸高直径は30cmとした。 k 、 m の値は、オープンソースの統計解析ソフトウェア「R」を用い最適解を算出した。

今回推定した成長曲線は、下記の式(2a)、(2b)によって示される。

・ 樹高

$$y = 15\{1 - e^{-0.04684x}\}^{\frac{1}{1-(-0.91242)}} \quad (3a)$$

・ 胸高直径

$$y = 30\{1 - e^{-0.02631x}\}^{\frac{1}{1-(-0.24566)}} \quad (3b)$$

樹高の成長曲線について、既往文献⁵⁾での推定式と比較すると、伐採後1~2年目の傾きは大きく、3年目以降の傾きは逆に小さい形となった。胸高直径の成長曲線は、樹高よりも線形に近く、伐採後経過年数との間に正比例に近い関係性があると推定された。

今回の推定は、あくまで伐採後早期、3~4年目までの調査結果によるものである。成長曲線の精度を向上させるためには、今後さらなるデータの蓄積と検証を進める必要がある。

5. まとめ

伐採後のヤナギ類河道内樹木について経年調査をおこなった結果、立木密度は、伐採株からの旺盛な再萌芽を主な要因として、伐採前よりも高密度になることが確認された。加えて、樹高、胸高直径は経年とともに成長し、伐採後3~4年目には流下阻害を引き起こしうる樹林が再生することが確認された。

河道内樹木の伐採は、短期的に河川の流下能力を確保

する方策としては有効であるが、ヤナギ類が優占する樹林では、再萌芽を抑制出来ない限り、その効力を発揮する期間は限定的であることが改めて明確になった。

ヤナギ類の再萌芽抑制については、様々な方策が検討、試行されているところであり^{6,7)}、また間引き伐採により立木密度をコントロールし、河畔林の景観や生態系機能を維持しながら、樹林内の流下能力を確保するような方策も試行が進められている^{8,9)}。

今回得られたヤナギ類の再萌芽および成長量についての定量的なデータは、これら方策の実施効果を検証する上でのリファレンスデータとしても有効であると考えられる。**謝辞:**本研究を進める上で、調査地の河川管理者である北海道開発局帯広河川事務所、滝川河川事務所の各担当者の方々に、現地調査や資料提供において多大なご協力を頂きました。ここに謹んで深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 坂井一浩, 渡邊康玄, 吉井厚志:伐採による河畔林の樹形特性について, 土木学会北海道支部論文報告集, 第56号, (B) VII-2, pp.570-575, 2000
- 2) 矢野慶介, 福田陽子, 田村明, 山田浩雄, 織田春紀, 阿部正信, 小園勝利, 佐藤重樹彦, 那須仁弥, 生方正俊:ヤナギ類における穂木の性質がさし木苗の生存率および成長量に及ぼす影響, 北方森林研究, 61巻, pp.53-54, 2013
- 3) 宇都木玄, 松井哲哉, 高橋正義, 上村章, 原山尚徳, 伊藤江利子, 古家直行, 石原誠, 佐山勝彦, 松浦友紀子, 韓慶民:木質資源作物としてのヤナギの利用可能性, 北方森林研究, 63巻, pp.15-17, 2015
- 4) (財)リバーフロント整備センター編集:河川における樹木管理の手引き, (株)山海堂, 1999
- 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, 土木学会, 河川技術論文集, 第16巻, pp.241-246, 2010
- 6) 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, 土木学会, 河川技術論文集, 第18巻, pp.59-64, 2012
- 7) 田村孝夫, 馬場和夫, 加藤陽子:樹木伐採における萌芽抑制の取り組みについて, 第35回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 2017
- 8) 渡辺哲理, 松本洋光, 渡邊一靖:留萌川における河道内樹木維持管理方針の検討について, 第60回(平成28年度)北海道開発局技術研究発表会, 2016
- 9) 薦田洋樹, 門別一二三, 鈴木史郎:網走川・常呂川における河道内樹木伐採手法の評価について—間引き伐採の取組—, 第59回(平成27年度)北海道開発局技術研究発表会, 2015