

河道内樹林の管理方法に関する検討

槇島 みどり・田屋 祐樹・赤松 史一・中西 哲・萱場 祐一

独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

近年、日本の多くの河川で樹林化が進行している。河道内樹林は、河積阻害や出水時の流木の原因となっている他、出水攪乱に適応した河川固有の生物種の減少につながるなど、治水安全上の問題だけでなく生態系保全上も問題となっている。河川管理の現場において、伐採などによる対策が実施されているが、伐採後の萌芽再生により短期間で樹林が回復するなどの課題がある。本研究では、樹種に応じて環状剥皮等の萌芽再生抑制処理を組み合わせた伐採を行い、各処理方法の萌芽再生抑制効果の検証を行った。

キーワード 樹林化, 伐採, 栄養繁殖, 萌芽再生, 萌芽再生抑制効果

1. はじめに

近年、日本の多くの河川で樹林化が進行している^{1),2),3),4)}。河道内樹林は、河積を減少させ出水時の流下能力の低下をもたらす場合や、偏流や高速流を発生させ堤防や護岸の損失を引き起こす場合がある。河道内の樹林化は、礫河原や出水攪乱に適応した河川環境に固有の生物種の減少につながるなど、治水安全上の問題だけではなく生態系保全上も問題となっている^{1),2),3),4),5)}。河川管理の現場では、限られた予算の中で伐採などによる対策が実施されているが、伐採後の萌芽再生により短期間で樹林が回復してしまうなどの課題がある⁶⁾。このため、伐採の効果を持続させる方法の開発や、より効率的な河道内樹林の管理方法の確立が求められている。

河道内樹林の主要な管理対象樹種としては、河川水辺の国勢調査による全国一級河川の植生調査と、国土交通省の各地方整備局への樹林管理の実態聞き取り調査から、ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ・ササ類の3樹種が示されている⁶⁾。これらの樹種の共通点は、根や茎(株を含む)から栄養繁殖を行って樹林面積を拡大していることにある^{7),8),9)}。このため、伐採後に残された根や茎から萌芽再生させないことが伐採の効果を持続させることにつながると考えられる。

伐採後の萌芽再生抑制方法として、主に以下の5つの方法が提案されている。「環状剥皮」は、立木状態で樹皮を環状に剥ぎ取って師部を破壊する方法(巻き枯らし)である¹⁰⁾。師部を破壊することによって葉から根への栄養供給を断たせ、生命を維持するための養分を消費させる。加えて、環状剥皮した箇所よりも下部から萌芽を発生させることにより、剥皮から伐採までの期間に地下部に残された養分を効率よく消費させ、伐採後の萌芽

発生数を減少させることを目的としている。「樹皮剥皮」は、伐採株の状態ですべて樹皮を剥ぎ取る方法で、萌芽の発生源である休眠芽を取り除くことを目的としている¹¹⁾。「土砂掘削」は、土壌中に存在する根系を土壌ごと掘削除去する方法である¹²⁾。「覆土」は、伐採後の株や根系に土をかぶせる方法¹³⁾、「天地返し」は、根系を含む表層土と下層土を入れ替える方法¹³⁾、萌芽する際やその後の成長に必要な光の供給を遮断することを目的としている。上記5つ以外の方法として、伐採株における地上部の呼吸阻害を目的とした「塗料塗布」が挙げられる。

本研究では、現地実験により、これらの方法について萌芽再生抑制効果の定量的検証を行った。対象としたのは、全国の河川で主要な管理対象樹種⁶⁾となっているヤナギ林(*Salix chaenomeloides* Kimura)、ハリエンジュ林(*Robinia pseudoacacia* L.)、マダケ林(*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.)である。なお、処理方法の組み合わせについては、各樹種の萌芽特性を考慮した上で、既往知見の少ない処理方法を優先して実施している。ここでは、現地実験で得られている結果¹⁴⁾及び追加実験の結果から、萌芽再生抑制方法の効果と河川管理の現場への適用に向けた今後の検討課題などについて述べる。

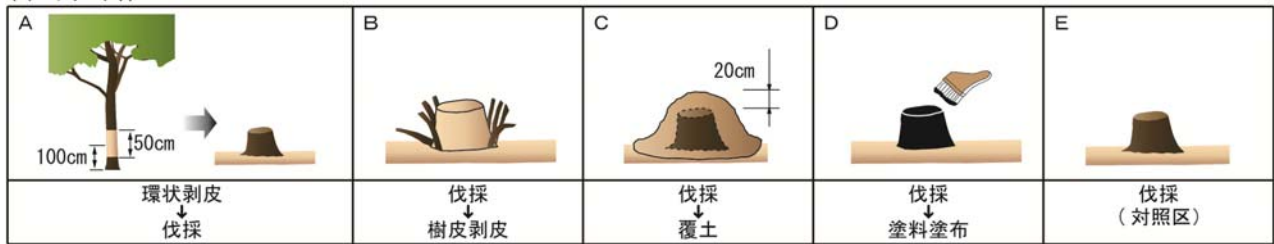
2. 方法

(1) ヤナギ林

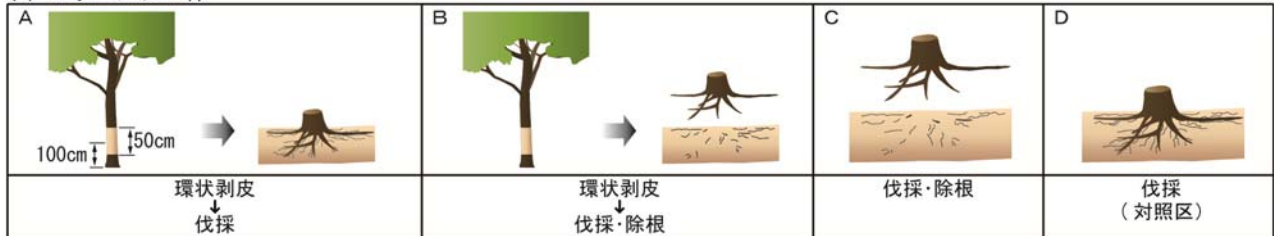
九頭竜川の河口から約21km(福井県福井市)に位置するヤナギ林を対象に、現地実験を実施した。

実験区は、伐採に環状剥皮を組み合わせた処理区A(240m²×4区)、伐採に樹皮剥皮、覆土、塗料塗布を組み合わせた処理区B~D(それぞれ108m²×4区)、伐採のみを実施した対照区E(108m²×4区)を設置した(図-

(a) ヤナギ林



(b) ハリエンジュ林



(c) マダケ林

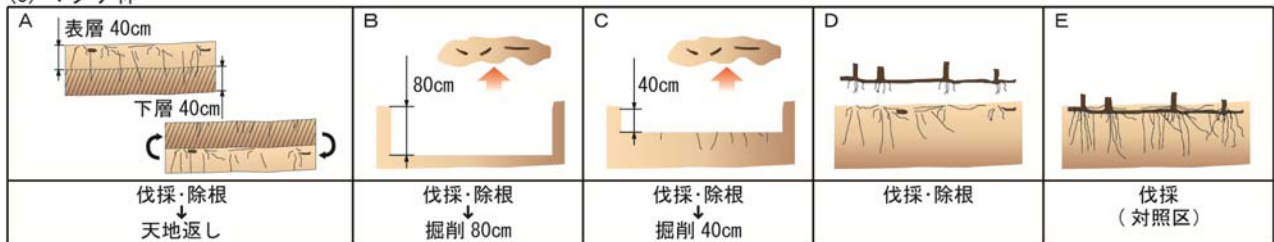


図-1 萌芽再生抑制実験の概要

1a) . なお、伐採前のヤナギ林の胸高直径及び生育密度は、各実験区間においてそれぞれ有意差はなかった。

環状剥皮の処理は2010年9月に実施した。伐採は2011年5月に実施し、伐採直後に樹皮剥皮、覆土、塗料塗布の処理を実施した。

環状剥皮は、地際から1mの高さで、剥皮幅50cm程度の上下に鉋で深さ1cm程度の切り込みを入れ、ボールを用いて樹皮を剥ぎ取った。樹皮剥皮は、伐採株の樹皮の内側にボールを差し込み、地下部10cmを目安にできる限りの樹皮を剥ぎ取った。覆土は、油圧ショベルを用いて樹林内の表層土砂を伐採株にかぶせ、その後、出水や降雨などで土砂が容易に流出しないようにバケットで簡易に締め固めた。覆土厚は、ハリエンジュの事例¹³⁾を参考に20cmとした。塗料塗布は、刷毛を用いて伐採面及び株周囲に油性多目的塗料 (ESCO社製, EA942EC-51A) を塗布した。

伐採後2ヶ月経過した2011年7月に、伐採株から発生した萌芽 (以下、「株萌芽」という) について、萌芽数及び萌芽長を測定した。

環状剥皮の実施時期や伐採までの期間と枯死の関係を検証するため、上述の実験区の隣接したヤナギ林で環状剥皮した樹木を伐採せずに樹勢の経過観察を行った。環状剥皮の実施時期は、2010年9月 (42本) と2011年5月 (30本) の2通りとし、経過観察は2011年5月、7月、10月に行った。

(2) ハリエンジュ林

天竜川の河口から約182km (長野県駒ヶ根市) に位置するハリエンジュ林を対象に、現地実験を実施した。

実験区は、伐採に、環状剥皮、環状剥皮と除根、除根を組み合わせた処理区A~C (それぞれ56.25m²×4区) と、伐採のみを実施した対照区D (56.25m²×4区) を設置した (図-1b) 。なお、伐採前のハリエンジュ林の胸高直径及び生育密度は、各実験区間においてそれぞれ有意差はなかった。

環状剥皮の処理はヤナギ林と同様の方法で2010年7月に実施した。伐採と除根は2011年2月に実施した。

伐採後4ヶ月経過した2011年6月に、株萌芽と、根系から発生した萌芽 (以下、「根萌芽」という) に区分して、萌芽数及び萌芽長を測定した。

(3) マダケ林

那珂川の河口から約35km (茨城県城里町) に位置するマダケ林を対象に、現地実験を実施した。

実験区は、伐採に、除根と天地返し、除根と掘削80cm、除根と掘削40cm、除根を組み合わせた処理区A~D (それぞれ225m²) と、伐採のみを実施した対照区E (225m²) を設置した (図-1c) 。なお、伐採前のマダケ林は各実験区とも密生しており生育状況は同様であった。

伐採及び除根、天地返し、掘削は、2011年2月に実施した。

天地返しは、根系を含む表層土 (0~40cm) を下層土

(40~80cm) と入れ替えた。掘削は、根系を含む表層土の除去 (0~40cm) と下層土までの除去 (0~80cm) を実施した。これらの厚さはマダケの地下茎の深さ⁹⁾を参考にした。

伐採後3ヶ月経過した2011年5月に、実験区内に発生した根萌芽について、萌芽数及び萌芽長を測定した。

(4) 統計処理

一元配置分散分析 (ANOVA) を用いて、各実験区間の胸高直径、生育密度、萌芽株率、萌芽数、萌芽長の違いを検定した。ANOVAで有意差 ($P < 0.05$) が得られた場合は、TukeyのHSD検定を用いて多重比較を行った。

3. 結果

(1) ヤナギ林

a) 萌芽株率

萌芽株率 (伐採株数に対する萌芽した株数) は各実験区間に有意差があり (ANOVA, $P < 0.001$, $F = 24.79$)、伐採後の処理群に抑制効果が認められた。伐採のみを実施した対照区では $79 \pm 6\%$ (平均値 \pm 標準偏差) の株で萌芽が発生したのに対し、伐採後に樹皮剥皮の処理をしたB区、伐採後に覆土の処理をしたC区では全く萌芽しなかった (図-2)。一方で、伐採前に環状剥皮の処理をしたA区と伐採後に塗料塗布の処理をしたD区では処理効果は検出されなかった。

b) 株萌芽数

萌芽数は、各実験区間で有意差があり (ANOVA, $P < 0.001$, $F = 19.79$)、伐採後の処理群に抑制効果が認められた。対照区では萌芽株あたり 6.7 ± 2.8 本の萌芽が発生したのに対し、樹皮剥皮の処理をしたB区、覆土の処理をしたC区では全く萌芽しなかった (図-2)。一方で、環状剥皮の処理をしたA区では 2.5 ± 0.5 本の萌芽が観察されたものの対照区よりも有意に減少していた。塗料塗布の処理をしたD区は対照区と有意差はなく、塗料塗布の効果は検出されなかった。

c) 株萌芽長

萌芽長は、対照区では 48 ± 14 cm、環状剥皮の処理をしたA区では 47 ± 8 cm、塗料塗布の処理をしたD区では 39 ± 13 cmだった。それぞれの実験区間に有意差はなく、処理効果は検出されなかった。

d) 樹勢

9月に剥皮作業を実施したヤナギ林では、葉が落ち枯死していたのは、剥皮から8ヶ月経過した時点では10%であったが、13ヶ月経過した時点では79%に増加していた。翌春の5月に剥皮作業を実施したヤナギ林では、5ヶ月後には80%が枯死 (半分以上の落葉も含む) していた (図-3)。

(2) ハリエンジュ林

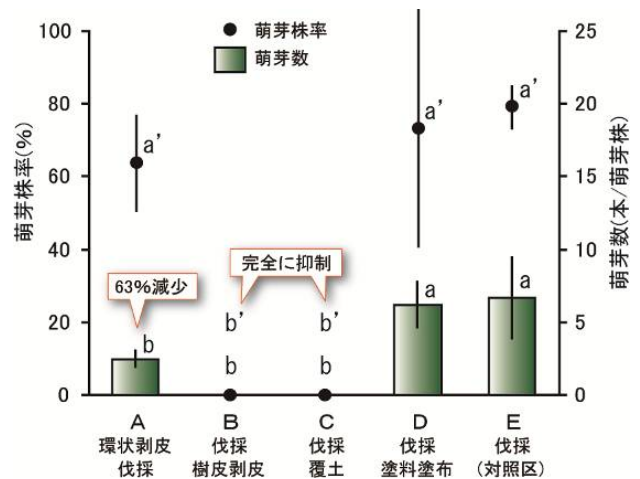
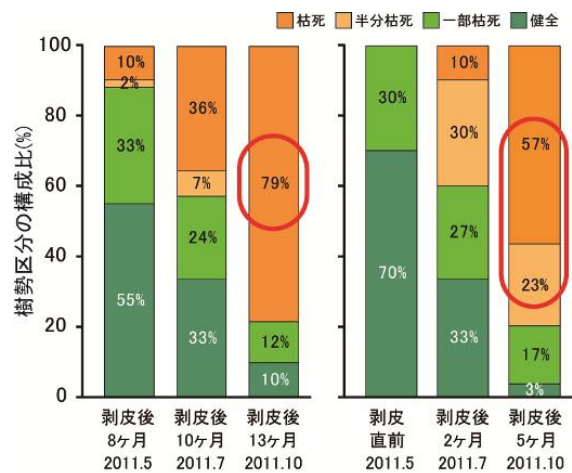


図-2 ヤナギ林伐採後の萌芽再生結果 (萌芽株率と株萌芽数)



(a) 9月に剥皮実施 (b) 5月に剥皮実施

図-3 環状剥皮による樹勢の経過 (ヤナギ)

a) 萌芽株率

萌芽株率は、伐採前に環状剥皮の処理をしたA区の方が対照区よりも低くなる傾向を示したが (図-4a)、それぞれの実験区間に有意差はなかった。

b) 株萌芽数

萌芽株あたりの萌芽数は、環状剥皮の処理をしたA区では 6.2 ± 1.2 本と、対照区の 9.4 ± 1.8 本よりも有意に減少し (図-4a)、環状剥皮の効果が認められた。

c) 根萌芽数

根萌芽数は、対照区では 1.0 ± 0.7 本/m²であったのに対し、伐採前に環状剥皮の処理をしたA区では 0.3 ± 0.2 本/m²、伐採前に環状剥皮の処理と伐採後に除根をしたB区では 0.3 ± 0.3 本/m²と、環状剥皮をした処理区 (A区とB区) の方が低くなる傾向を示したが (図-4b)、各実験区間に有意差はなかった (ANOVA, $P = 0.129$, $F = 2.31$)。

d) 株萌芽長

伐採株から発生した萌芽の長さは、対照区では 136 ± 8 cm、環状剥皮の処理をしたA区では 124 ± 6 cmであり、そ

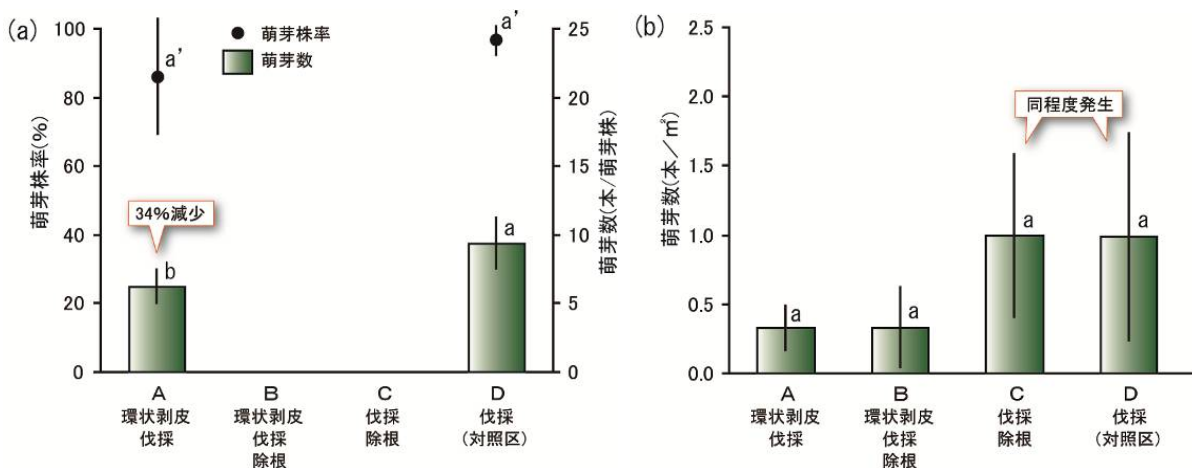


図-4 ハリエンジュ林伐採後の萌芽再生結果
(a)萌芽株率と株萌芽数, (b)根萌芽数

れぞれの実験区間に有意差はなかった。

e) 根萌芽長

根萌芽の長さは、伐採後に除根をしたC区の 47 ± 10 cmが他の実験区（対照区とA区とB区）に比べて有意に短かったが、他の実験区間には有意差はなく、環状剥皮の効果は検出されなかった。

(3) マダケ林

a) 根萌芽数

伐採のみを実施した対照区では 15.04 本/ m^2 の萌芽が発生したのに対し、伐採と除根をしたD区では 1.04 本/ m^2 と、萌芽数は除根の処理を加えることによって93%減少した（図-5）。伐採と除根後にさらに天地返し処理をしたA区では萌芽数は 0.02 本/ m^2 、伐採と除根後に40cmの掘削処理をしたC区では萌芽数は 0.05 本/ m^2 と、対照区に対して99%以上減少した。伐採と除根後に80cmの掘削処理をしたB区では全く萌芽が発生しなかった。

b) 根萌芽長

根萌芽長は、各実験区間に有意差があり（ANOVA, $P < 0.001$, $F = 70.73$ ）、伐採後の処理群に抑制効果が認められた。対照区では 67 ± 43 cmに成長したのに対し、除根をした処理区（A区とC区とD区）では有意に短く、除根の効果が認められた。

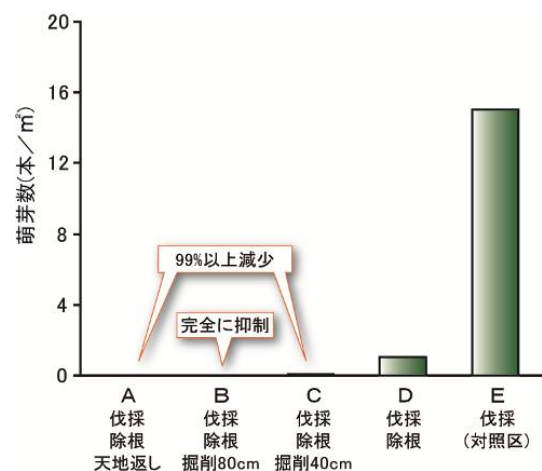


図-5 マダケ林伐採後の萌芽再生結果
(根萌芽数)

必要な光の供給を阻害し、萌芽した場合でも地上まで伸長できなかったものと考えられる。

樹皮剥皮や覆土ほどの効果はなかったが、伐採前に環状剥皮の処理をすることによって、伐採後の萌芽再生数を大幅に減少させることが期待できる。伐採のみを実施した対照区に対して、萌芽した株あたりの萌芽の発生数を約1/3まで抑制できており、伐採後の萌芽再生抑制に効果が認められた。

ヤナギは、伐採株から萌芽再生するだけでなく、伐採作業時の樹木が倒れる衝撃などにより折れて現場に残された枝からも萌芽再生する⁶⁾。このため、ヤナギの萌芽再生抑制対策は、樹皮剥皮や覆土といった伐採株への処理だけでは不十分であり、枝の処理も視野に入れておく必要がある。環状剥皮処理によって枝を枯死させておくことができれば、伐採作業時に折れた枝が現場に残っても、枝からの萌芽再生を抑制できると考えられる。

環状剥皮の萌芽再生抑制効果を最大限引き出すには、剥皮の実施時期や剥皮から伐採までの期間、剥皮作業の方法に留意する必要がある。本報告の現地実験では、秋

4. 考察

(1) ヤナギ林

伐採後に樹皮剥皮処理を追加することにより、完全に萌芽再生を抑制できる可能性が高い。萌芽の発生源である休眠芽を取り除くことによって萌芽が抑制できたものと考えられる。

樹皮剥皮だけでなく、伐採後に覆土の処理をすることによっても、完全に萌芽再生を抑制できる可能性が高い。植物は生命維持や成長するために光を必要とする。覆土厚を20cmにすることにより萌芽する際やその後の成長に

の落葉前(9月)に剥皮作業を実施したため、剥皮した時点では地下部に多くの養分が蓄積されていた可能性が高い。このため、地下部に蓄積された養分を使って展葉し開花する4~5月に環状剥皮を実施すれば、萌芽再生に利用できる地下部の養分が少なくなることが予想され、より環状剥皮の萌芽抑制効果が高まることが期待できる。環状剥皮後の樹勢の経過観察から、実施時期により枯死に至る期間に違いがあることが分かった。伐採予定時期を含め、計画的に剥皮作業を行うことが重要であるといえる。なお、枯死していない樹木のほとんどは剥皮した部分に樹皮が再生していた(写真-1)。剥皮部に樹皮が再生した樹木は、葉から根へ養分供給が再開されていたと考えられる¹⁵⁾。剥皮部に樹皮の剥ぎ残しがあると、その部分に新たに樹皮が形成されることがある¹⁵⁾。剥皮作業の際には、樹皮を残さず剥ぎ取る必要がある。

(2)ハリエンジュ林

伐採前に環状剥皮の処理をすることによって、伐採のみを実施した対象区に対して萌芽した株あたりの萌芽の発生数を約2/3まで減少でき、伐採後の伐採株からの萌芽数の抑制には効果が認められた。しかし、完全に萌芽再生を抑制できる処理方法はなかった。特に根からの萌芽再生は凄まじく、どの処理方法も効果が低い。

伐採と除根をした処理区では、対照区と同程度の根萌芽が発生し、除根による根萌芽数の抑制効果はみられなかった。これは、除去できずに残った小さな根から再生したものと考えられる。現場で通常行われている除根作業では、伐採株や太くて目立つ根は除去されるが、小さな根は現場に取り残されてしまう。小さな根も同時に取り除けない限り、除根をしてもハリエンジュの萌芽再生を抑制できないと考えられる。

ハリエンジュの根を完全に除去することは、根を含む土砂を掘削する以外困難であることから、伐採前に地下部を完全に枯死させておく必要がある。今回の環状剥皮処理では、抑制効果は認められるものの完全抑制には至っていないことから、より効果を高めるために剥皮の実施時期や剥皮から伐採までの期間等についてヤナギ林と同様に引き続き検討が必要である。

(3)マダケ林

伐採と除根後に80cmの掘削処理をすることにより、完全に萌芽再生を抑制できる可能性が高い。80cmまで掘削することにより、萌芽の発生源である根系を取り除けたと考えられる。

伐採と除根後に天地返し処理及び40cmの掘削処理を加えることにより、伐採のみを実施した対照区の萌芽数に対してそれぞれ99%以上の大幅な減少を実現し、伐採後の萌芽数の抑制に大きな効果が認められた。萌芽した数は0.05本/m²と少なく除去できなかった根系はわずかであると推察される。この程度の萌芽数であれば、容易



写真-1 剥皮部の再生

に全ての萌芽個体を抜き取り去ることができるであろう。

伐採後に除根を実施することにより、対照区に対して萌芽の発生数を93%減少でき、伐採後の萌芽数の抑制に効果が認められた。しかしながら、除去できずに残った小さな根系から多数(1.04本/m²)の萌芽が発生した。ハリエンジュ林同様、通常行われる除根の作業では、萌芽の発生源となる根系を完全に取り除くことが困難であるためと考えられる。

天地返しや土砂掘削の処理は、萌芽再生抑制効果はあるものの大がかりな作業を要するため、多くの面積を対象とするのは困難である。このため、萌芽個体の定期的な伐採により根系の養分を消費させるなど、除根や掘削をせずに萌芽抑制できる方法についても検討する必要がある。

5. おわりに

本研究は、ヤナギに対しては伐採後の樹皮剥皮や覆土が、マダケに対しては除根後の天地返し及び土砂掘削が萌芽再生を抑制できることを示した。ハリエンジュに対しては完全抑制には至らなかったが、伐採前の環状剥皮処理により伐採株からの萌芽数を抑制する効果が認められた。

ヤナギに対する枝の処理に関する検討、ハリエンジュ及びマダケに対する地下部の枯死に関する検討など、引き続き検討を進めている。

これまでに効果の確認できた手法を河川管理者に提案するとともに、今後も調査を継続し、樹種に応じた管理方法の提案に向けて研究を進めていく予定である。

謝辞：本研究の実施にあたり、近畿地方整備局福井河川国道事務所、中部地方整備局天竜川上流河川事務所及び関東地方整備局常陸河川国道事務所の担当者の方には、多大なご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 玉井信行：河川計画論，東京大学出版会，2004.
- 2) 藤田光一，李參熙，渡辺敏，塚原隆夫，山本晃一，望月達也：扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミ

- ュレーション, 土木学会論文集, No.747 II -65, pp. 41-60, 2003.
- 3) 大石哲也, 萱場祐一, 天野邦彦: 全国7河川の河道特性及び地被の長期変動の実態とその関連性, 河川技術論文集, 第11巻, pp. 357-362, 2005.
 - 4) 末次忠司: 河川技術ハンドブック, 鹿島出版会, 2010.
 - 5) 財団法人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, 1999.
 - 6) 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, pp. 241-246, 2010.
 - 7) 渡辺敏, 前野詩朗, 渡部秀之, 志々田武幸: 旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理のあり方に関する検討, 河川技術論文集, 第11巻, pp. 77-82, 2005.
 - 8) 玉泉幸一郎, 飯島康夫, 矢幡久: 海岸クロマツ林内に生育するニセアカシアの根萌芽の分布とその形態的特徴, 九州大学農学部演習林報告 64, pp. 13-28, 1991
 - 9) 藤原正季, 大石哲也, 天野邦彦, 矢島良紀: 地下茎の伸展と周辺環境の変化に着目したマダケ林の拡大機構, 河川技術論文集, 第15巻, pp. 141-146, 2009.
 - 10) 倉石晋, 西成典子: 植物生理学入門上, 東京大学出版会, 1972.
 - 11) 伊木千絵美, 矢部浩規, 中津川誠: 樹皮剥皮による河道内樹林管理手法の提案, 北海道開発土木研究所月報, No. 622号, pp. 39-44, 2005.
 - 12) 海野修司, 齋田紀行, 伊勢勉, 末次忠司, 福島雅紀, 佐藤孝治, 藤本真宗: 多摩川永田地区における河道修復事業実施後の生物群集と物理基盤, 応用生態工学, 9(1), pp. 47-62, 2006.
 - 13) 丹野幸太, 前田諭: ハリエンジュの萌芽抑制の試験施工とその効果分析, リバーフロント研究所報告, 第19号, pp. 104-111, 2008.
 - 14) 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, 河川技術論文集, 第18巻, pp. 59-64, 2012.
 - 15) 堀大才: 樹木医完全マニュアル, 牧野出版, 1999.