

河道内樹林における萌芽再生抑制方法の検討

EVALUATION OF LOGGING OPERATIONS FOR CONTROLLING REGENERATION OF RIPARIAN TREES

田屋祐樹¹・増本みどり²・赤松史一³・矢島良紀⁴・佐貫方城⁵・中西哲⁶・三輪準二⁷
Yuki TAYA, Midori MASUMOTO, Fumikazu AKAMATSU, Yoshinori YAJIMA,
Shigeki SANUKI, Satoru NAKANISHI and Junji MIWA

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

²工修 (独) 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

³理博 (独) 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

⁴理修 国土交通省北海道開発局 沙流川ダム建設事業所 (〒055-0106 北海道沙流群平取町字荷葉19-4)

⁵理修 (株) ウエスコ 岡山自然環境課 (〒700-0033 岡山県岡山市北区島田本町2-5-35)

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

⁷正会員 工修 (財) 河川環境管理財団 (〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)
(前 (独) 土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6))

The riparian forests have several problems for river management, such as flood control, in Japan. Willow, bamboo, and black locust trees are dominant species, which proliferate with high reproductive abilities in floodplain environments. Therefore river administrators need to establish methods to limit the spread of riparian forests. In this study, we conducted logging operations combined with different treatments on riparian forests comprising the 3 dominant species along 3 rivers in order to evaluate the treatment effects. Compared to non-ring barking, ring barking pre-treatment decreased the number of new ramets arising from stumps by 60% for willows and by 30% in the black locust. For bamboos, uprooting post-treatment resulted in the greatest decrease (93%) of new ramets from stubs left under the ground compared to non-uprooting treatment. By combining treatments before and after logging operations, we have possible to decrease the cost associated with the prevention of flooding.

Key Words : Flood plain, Logging operation, Ramet, Riparian forest, Vegetative reproduction

1. はじめに

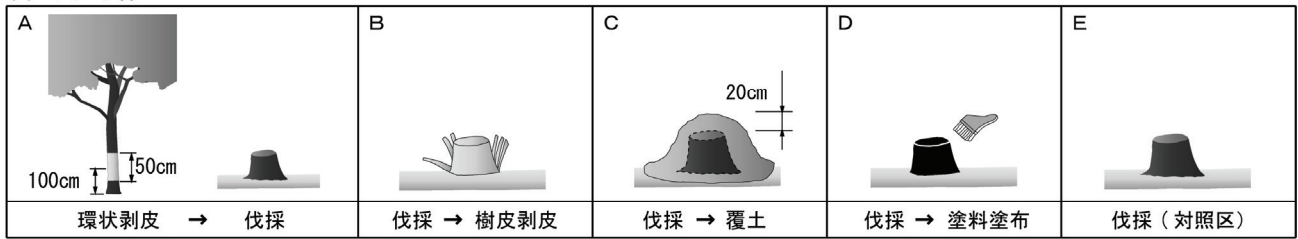
近年, 日本の多くの河川において, 河床の安定化が進み, 河道内で樹林化が進行している^{1),2),3),4)}. 河道内樹林は, 河積を減少させ出水時の流下能力の低下をもたらすことや, 偏流や高速流を発生させ堤防や護岸の損失を引き起こす場合があること, 流木化した場合は橋脚などに集積し水位をせき上げるなど, 治水上の問題となっている^{5),6)}. また, 平常時においても, 河川巡視の妨げになることや, 不法投棄を誘発させるなど, 河川管理の支障となっている⁷⁾. さらに, 樹林化した河川では, 礫河原の減少や, 出水攪乱に適應した河川環境に固有の生物種が減少するなど, 治水安全上の問題だけではなく, 生物相や景観の変化ももたらしている^{1),2),3),4)}. 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樹林化対策

が実施されているが, 萌芽再生により短期間で樹林が回復してしまうなど十分な効果が得られているとはいえない⁸⁾. このため, 現在実施されている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.

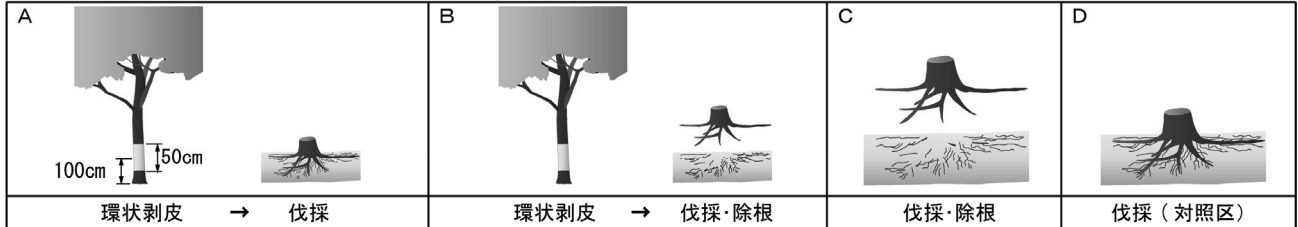
これまでに, 河川水辺の国勢調査による全国一級河川の植生調査と, 国土交通省の各地方整備局への樹林管理の実態聞き取り調査から, ヤナギ類, ハリエンジュ, タケ・ササ類の3樹種が, 河道内樹林の主要な管理対象樹種として示されている⁸⁾. これらの樹種の共通点は, 根や茎から栄養繁殖を行って樹林面積を拡大していることにある^{8),9),10)}. このため, 伐採後に残された根や茎から萌芽再生させないことが伐採の効果を持続させることにつながると考えられる.

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

(a) ヤナギ林



(b) ハリエンジュ林



(c) マダケ林

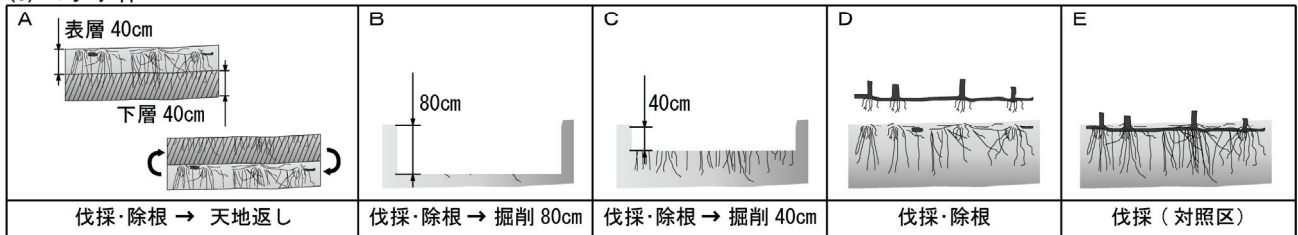


図-1 萌芽再生抑制実験の概要

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¹¹⁾。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、伐採株の状態では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¹²⁾。「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¹³⁾。「覆土」は、伐採後の株や根系に土をかぶせる方法である¹⁴⁾。「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である¹⁴⁾。覆土と天地返しは、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。これらの方法を用いた河道内樹林の伐採後の萌芽状況を調査した報告例は少なく、萌芽再生抑制方法の効果の定量的検証が必要である。

本研究は、全国の河川で主要な管理対象樹種となっているヤナギ林(*Salix chaenomeloides* Kimura, *Salix subfragilis* Andersson), ハリエンジュ林(*Robinia pseudacacia* L.), マダケ林(*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.)を対象にし、環状剥皮などの萌芽再生抑制処理を組み合わせ伐採を行い、各処理方法の萌芽再生抑制効果を検証した。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た。現地実験で得られた情報から、萌芽再生抑制方法の効果と河川管理の現場

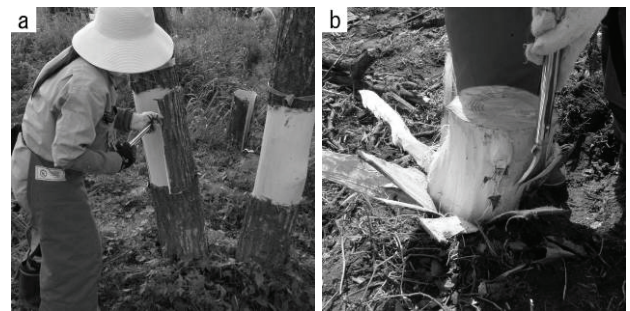


図-2 環状剥皮(a)と樹皮剥皮(b)の作業状況

への適用に向けた今後の検討課題などについて考察した。

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(種構成はアカメヤナギ86%, タチヤナギ14%(両樹種間における伐採前の胸高直径及び伐採後の萌芽株率, 萌芽数, 萌芽長に有意差がなかったため同様に扱った))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-1a)。

2010年9月に各実験区に生育するヤナギについて、生育密度及び胸高直径を測定した。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、バールを用いて樹皮を剥ぎ取った(図-2a)。樹皮剥皮は、伐採株の樹皮の内側にバールを差し込み、地下部10cmを目安にできる限りの樹皮を剥ぎ取った(図-2b)。覆土は、油圧ショベルを用いて樹林内の表層土砂(微細砂)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ツで簡易に締め固めた。覆土厚は、ハリエンジュの事例¹⁴⁾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。

(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)。

2010年7月に各実験区に生育するハリエンジュについて、生育密度及び胸高直径を測定した。環状剥皮の処理はヤナギ林と同様の方法(図-2a)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)。

伐採及び除根、天地返し、掘削は、2011年2月に実施した。伐採前の状況として生育密度及び胸高直径を各実験区と隣接するマダケ林を対象に2011年6月に測定した。

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。これらの高さはマダケの地下茎の深さ¹⁰⁾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、有意な結果($P < 0.05$)が得られた場合は、Tukey

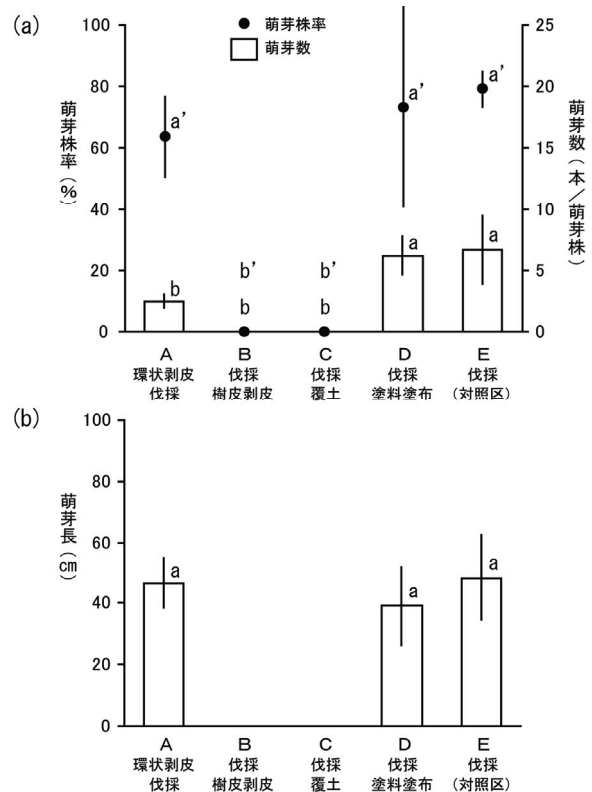


図-3 ヤナギ林伐採後の萌芽再生結果(a)萌芽株率と株萌芽数、(b)株萌芽長(値は平均値、エラーバーは標準偏差、異なる英数字はグループ間で有意差があることを示す(Tukey, $P < 0.05$))

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) 対象としたヤナギ林の状況

ヤナギ林の伐採前の胸高直径は 18.9 ± 2.9 cm(平均±標準偏差)、生育密度は 0.07 ± 0.03 本/m²であった。胸高直径と生育密度は、各実験区間においてそれぞれ有意差はなかった(ANOVA, 胸高直径, $P=0.689$, $F=0.57$, 生育密度, $P=0.936$, $F=0.20$)。

b) 萌芽株率

萌芽株率(萌芽した株の伐採株数に対する百分率)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 $79 \pm 6\%$ 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-3a)。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。

c) 株萌芽数

萌芽数は、伐採後の処理群に抑制効果が認められた(ANOVA, $P < 0.001$, $F=19.79$)。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つ

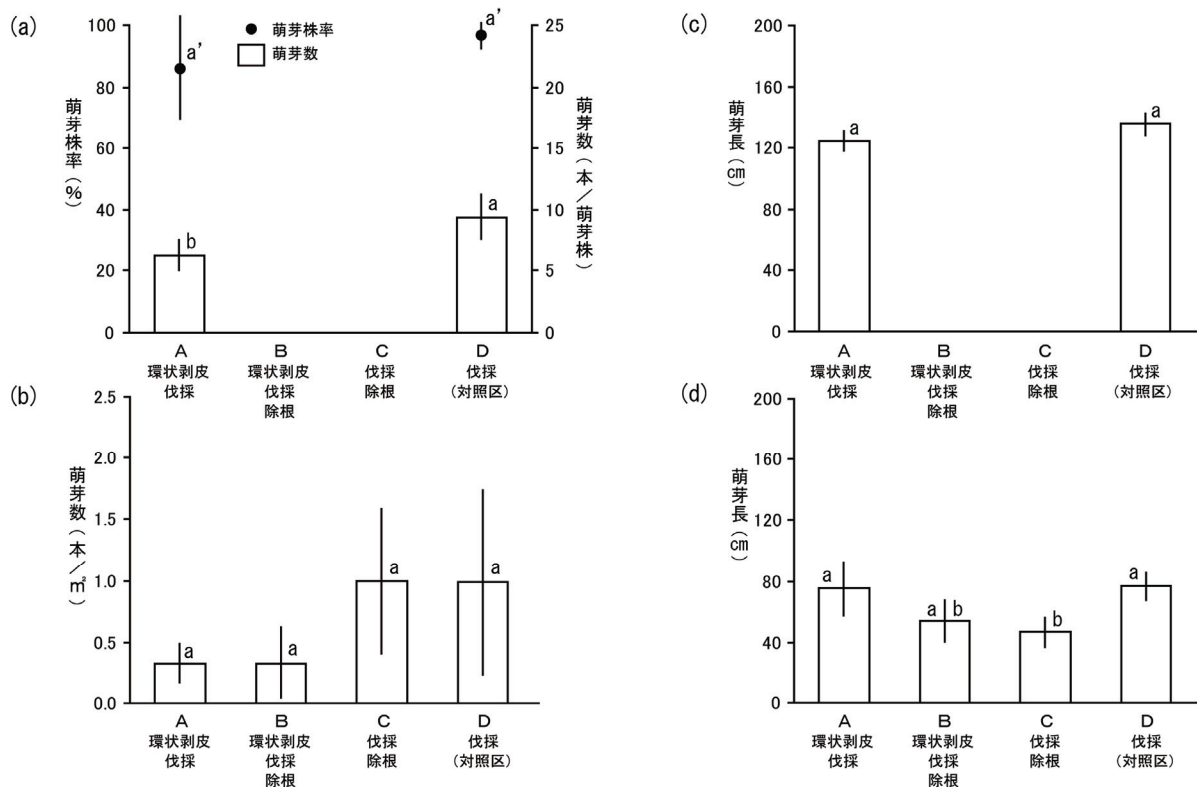


図-4 ハリエンジュ林伐採後の萌芽再生結果 (a) 萌芽株率と株萌芽数, (b) 根萌芽数, (c) 株萌芽長, (d) 根萌芽長 (値は平均値, エラーバーは標準偏差, 異なる英数字はグループ間で有意差があることを示す(Tukey, $P < 0.05$))

た(図-3a). 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.

d) 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であり(図-3b), それぞれの実験区間に有意差はなかった.

(2) ハリエンジュ林

a) 対象としたハリエンジュ林の状況

ハリエンジュ林の伐採前の胸高直径は 8.2 ± 1.7 cm, 生育密度は 0.26 ± 0.07 本/m²であった. 胸高直径と生育密度は, 各実験区間においてそれぞれ有意差はなかった(ANOVA, 胸高直径, $P=0.132$, $F=2.28$, 生育密度, $P=0.842$, $F=0.28$).

b) 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.

c) 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 本よりも有意に少なく(図-4a), 環状剥皮の効果が認められた.

d) 根萌芽数

株以外から萌芽した数は, 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く処理効果は検出されなかった(ANOVA, $P=0.129$, $F=2.31$).

e) 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(図-4c), それぞれの実験区間に有意差はなかった.

f) 根萌芽長

株以外から発生した萌芽の長さは, 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(図-4d), 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) 対象としたマダケ林の状況

マダケ林の伐採前の胸高直径は 5.0 ± 1.4 cm, 生育密度は 3.56 本/m²であった. 各実験区とも密生しており生育状況は同様であった.

b) 根萌芽数

伐採のみを実施した対照区では 15.04 本/m²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/m²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-5a). 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/m², 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/m²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

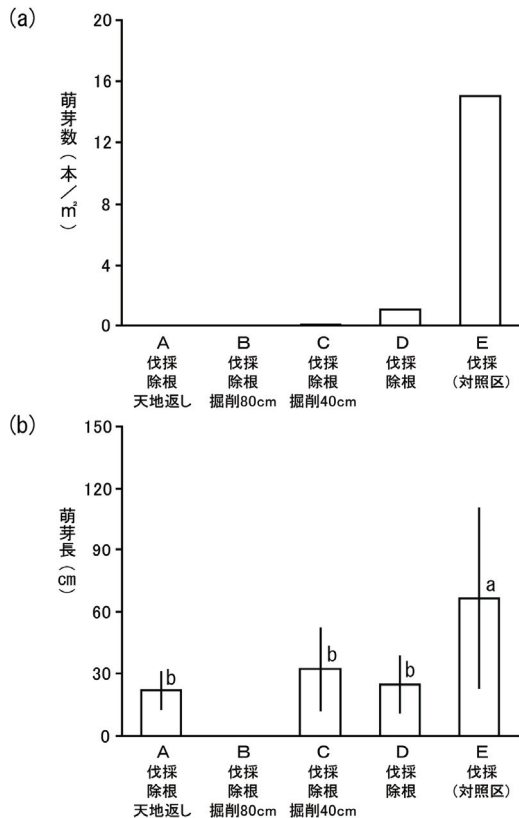


図-5 マダケ林伐採後の萌芽再生結果(a)根萌芽数、(b)根萌芽長(値は平均値、エラーバーは標準偏差、異なる英数字はグループ間で有意差があることを示す(Tukey, $P < 0.05$))

したB区では全く萌芽が発生しなかった。

c) 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(図-5b)、除根の効果が認められた。

4. 考察

(1) ヤナギ林

伐採後に樹皮剥皮の処理をすることにより、完全に萌芽抑制することに成功した。地上部の樹皮を完全に取除いても地下部の樹皮を取り除かず残った樹皮に休眠芽があれば萌芽してしまうことが報告されている¹²⁾。本研究では、樹皮を地下10cmまでを目安にできる限り除去した。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。

伐採後に覆土の処理をすることにより、完全に萌芽抑制することに成功した。植物は生存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必要な光の供給を阻害でき、萌芽した場合でも地上まで伸長できなかったものと推察される。

伐採前に環状剥皮の処理をすることにより、伐採のみ

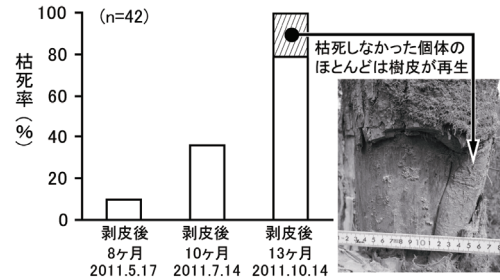


図-6 環状剥皮後における樹勢の経過と樹皮の再生状況

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63%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、萌芽した株数自体は、環状剥皮処理によって減らすことができなかった。この要因として、環状剥皮の実施時期の不適切さ(9月)、剥皮から伐採までの期間の短さ(8ヵ月)、剥皮の不十分さが考えられる。一般に樹木は、秋の落葉期までに養分を蓄積し、翌春、蓄積した養分を使って葉の展開や開花、枝葉の伸長などを行う¹⁵⁾。展開した葉でつくられる養分も蓄積せずにすぐに成長に使うため、展葉期～開花期は、樹体内の養分量は極めて少ない状態となっている¹⁵⁾。本研究では、秋に剥皮作業を実施したため、剥皮した時点ですでに地下部には多くの養分が蓄積されていた可能性が高い。展葉し開花する4～5月に剥皮することにより効果が高くなるかもしれない。剥皮から伐採までの期間と枯死の関係を検証するため、剥皮した樹木を伐採せずに樹勢の経過観察をした結果、全ての葉が落ち枯死した樹木は、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。枯死していない残り21%のほとんどは剥皮した樹皮が再生していた(図-6)。これらの結果から、ヤナギは、剥皮から伐採までに1年以上の期間を置くことにより地下部も枯死するものと推察される。一方で、樹皮が再生した樹木は、剥皮が不十分のために新たな樹皮が再生し、葉から根へ養分供給が再開していた可能性が高い¹⁵⁾。剥皮作業の際には、樹皮が残らないように剥ぎ取る必要がある。

ヤナギは、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してしまう⁸⁾。このため、ヤナギの萌芽抑制対策は、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。その点、環状剥皮処理によって立木状態で枯死できれば、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可能性がある。

(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り、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34%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、萌芽した株数自体は、環状剥皮処理によって減らすことができなかった。本研究では剥皮から伐採までの期間が短かったため(7ヵ月)、環状剥皮の効果が十分でなかった可能性がある。このため、

剥皮から伐採までどの程度の期間を要すれば枯死に至るかを明らかにしておく必要があるだろう。

ヤナギの萌芽は伐採株からが主体であるのに対して、ハリエンジュは伐採株以外の小さな根からも萌芽し再生する。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は伐採株や太くて目立つ水平根を対象に行われており、小さな根に対してはそれほど注意が払われていない。小さな根も同時に取り除かないとハリエンジュの萌芽再生を抑制できないことが本研究結果から示唆された。このため、今後は地下部を完全に枯死させる方法などを検討していく必要があるだろう。

(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、完全に萌芽抑制することに成功した。那珂川のマダケの地下茎は地上から40cmまでの深さに分布することが報告されている¹⁰⁾。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可能性は極めて高い。

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。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ことが示唆された。

天地返し処理は、土砂掘削処理に比べて、土砂の処分費が発生しない分、コストの縮減を図ることができる。しかしながら、天地返しや土砂掘削処理は、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難しい場合が多い。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. 結論

本研究は、ヤナギに対しては、樹皮剥皮及び覆土が、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実験的に示した。ハリエンジュに対しては、環状剥皮処理が伐採株からの萌芽数を抑制する効果が認められたものの、完全抑制するには至

らなかった。また、除根を行っても残った細かい根から再生するなど、一度だけの伐採、除根処理では萌芽抑制が困難であることが示唆された。複数回の伐採の実施や、剥皮作業の実施時期や剥皮から伐採までの期間を長くするなどの工夫が必要である。今後も調査を継続し、効率的な河道内樹林の管理方法の提案に向けて研究を進めていきたい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、福井河川国道事務所、天竜川上流河川事務所、常陸河川国道事務所の各担当者の方々には、多大なご協力を頂いた。ここに謹んで感謝の意を表し、厚く御礼を申し上げます。

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) 坂野章：橋梁への流木集積と水位せきあげに関する水理的考察，国土技術政策総合研究所資料，第78号，2003.
- 7) 末次忠司，板垣修，植木真生：河道内樹木群の治水上の効果・影響に関する研究，土木技術資料，Vol. 48-3，pp. 40-45，2006.
- 8) 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.
- 9) 坂本健太郎，渋谷嘉昭，浅枝隆：樹林化が進行中の砂州内における樹木の生長特性に関する研究，河川技術論文集，第13巻，pp. 207-212，2007.
- 10) 藤原正季，大石哲也，天野邦彦，矢島良紀：地下茎の伸長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.
- 11) 倉石晉，西成典子：植物生理学入門上，東京大学出版会，1972.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 堀大才：樹木医完全マニュアル，牧野出版，1999.