

河道内樹林の効率的な管理に向けた 伐採後の萌芽再生抑制方法の検証

EVALUATION OF LOGGING OPERATION'S EFFECTIVENESS IN
REGULATING THE REPRODUCTION OF RIPARIAN FORESTS
AFTER CLEAR-CUTTING FOR MORE EFFICIENT MANAGEMENT

田屋祐樹¹・槇島みどり²・赤松史一³・中西哲²・三輪準二⁴・萱場祐一⁵

Yuki TAYA, Midori MAKISIMA, Fumikazu AKAMATSU,
Satoru NAKANISHI, Junji MIWA and Yuichi KAYABA

¹正会員 (株) 国土開発センター (〒924-0838 石川県白山市八束穂3-7)
(前(独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6))

²正会員 工修 (独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

³理博 京大生態学研究センター (〒520-2113 滋賀県大津市平野2-509-3)
(前(独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6))

⁴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 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6))

⁵正会員 工博 (独) 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

In this study, we examined the effects of re-cutting and ring-barking done to control vegetative reproduction of willows, bamboo, and black locusts after clear-cutting. Our results show that ring-barking and re-cutting completely inhibited the sprouting of both willows and black bamboo. On the other hand, additional treatment after clear-cutting such as re-cutting and ring-barking had no effect on controlling the stump sprouting and root suckering of black locust, and further examination is required to control its vegetative reproduction.

Key Words : *Logging operation, Maintenance, Ramet, Riparian forest, River bank, Vegetative reproduction*

1. はじめに

河川の維持管理では、流下能力を維持するために、樹木伐採や河道掘削が実施されている¹⁾。この内、本研究では、樹木伐採に着目する。これまでに、河道内樹林の効率的な維持管理のために、多くの取り組みが試行錯誤されながら実施されてきた^{2), 3), 4), 5)}。しかし、全国を俯瞰してみれば、樹林化の進行は歯止めがかかっていない状況にある^{6), 7)}。これを解消するための切り口として、主に次の2つが考えられる。ひとつは、これまでに試行されている伐採後の萌芽再生を抑制する方法とその効果について、河川管理者間の情報共有を進め、技術改善に結びつけることである。もうひとつは、対象とする樹種に対してどの方法を用いれば効率的な管理が可能であるか、河川管理の現場で判断できるようにすることである。こ

れらのためには、各河川で個別に検討された複数の方法について、その効果を定量化し、比較検討することが必要である。

このような観点から、田屋ほか(2012)⁸⁾では、全国の河川で主要な管理対象樹種となっているヤナギ(*Salix c haenomeloides* Kimura, *Salix subfragilis* Andersson), ハリエンジュ(*Robinia pseudoacacia* L.), マダケ(*Phyl lostachysbambusoides* Sieb. et Zucc.)を対象に、師部を破壊し枯死させる「環状剥皮」、休眠芽を樹皮ごと取り除く「樹皮剥皮」、土を被せて光の供給を遮断する「覆土」、根系を含む上層土と下層土を入れ替える「天地返し」、根系を土壌ごと取り除く「土砂掘削」などの処理を組み合わせて伐採を行い、各処理方法の萌芽再生抑制効果を検証している。その結果、ヤナギに対しては、環状剥皮、樹皮剥皮、覆土の各処理が伐採後に地上に残された株(以下「伐採株」という。)からの萌芽再生抑制に

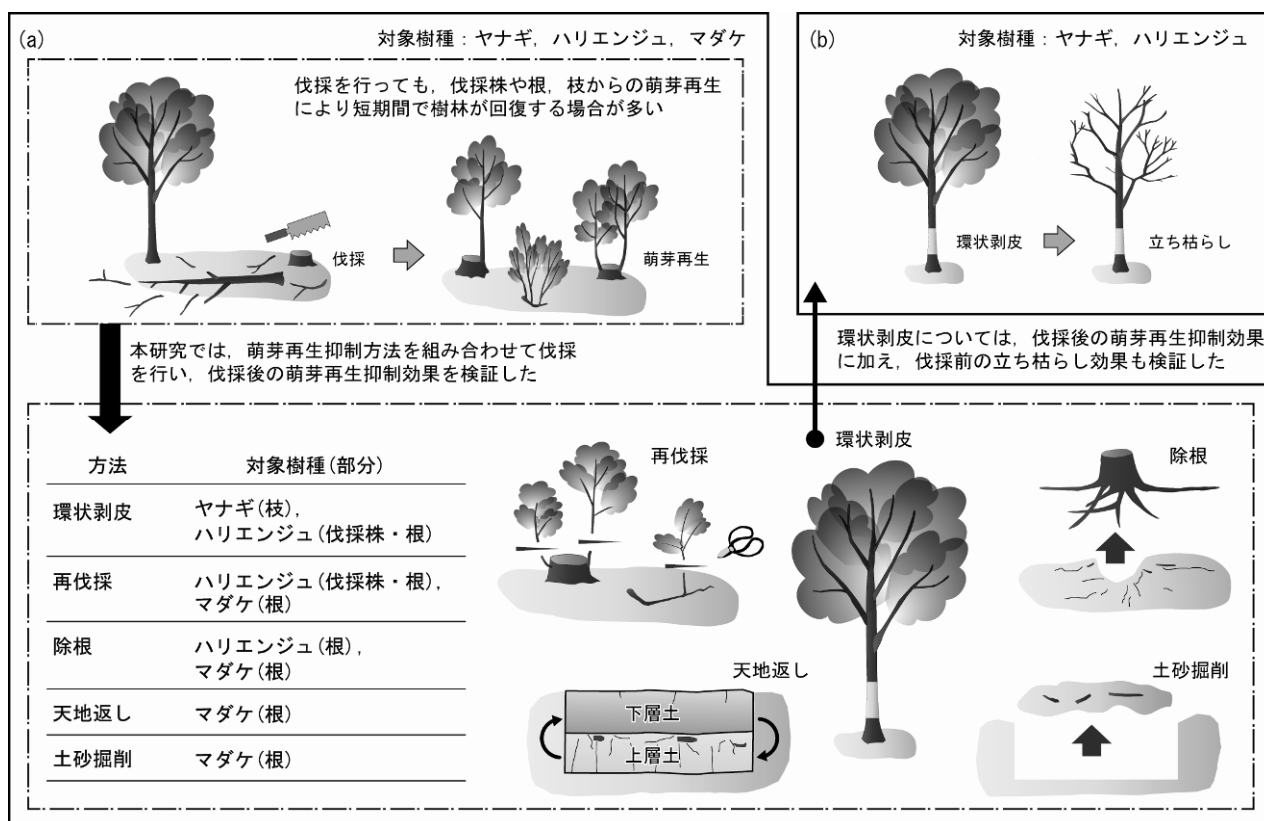


図-1 本研究で行った伐採後の萌芽再生抑制方法(a), 環状剥皮による立ち枯らし(b)

有効であることが示された。しかし、伐採株以外に、伐採作業時に折れて現場に残された枝からも萌芽再生が起こることが確認され、この対策がヤナギの課題となっている。ハリエンジュとマダケに対しては、伐採後除根を行っても残った細かい根から再生するため、地下部への対応が必要不可欠であることが明らかとなっている。

本研究は、これらの課題を解決して伐採後の萌芽再生を抑制する方法を確立し、河川管理に資することを目的としている。ヤナギに対しては、環状剥皮による伐採後の枝からの萌芽再生抑制効果、ハリエンジュ及びマダケについては、伐採後に萌芽した個体を再び伐採する「再伐採」による萌芽再生抑制効果を検証した(図-1a)。また、伐採効果の持続性を把握するため、環状剥皮、除根、天地返し、土砂掘削の各処理について、伐採後2年目の萌芽再生状況を調査した。環状剥皮については、伐採後の萌芽再生抑制効果に加え、伐採前の立ち枯らし効果も検証した(図-1b)。

2. 方法

(1) ヤナギ林

現地実験は、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で行った(表-1, 図-2)。

a) 環状剥皮による枝への萌芽再生抑制処理

環状剥皮による伐採後の枝からの萌芽再生抑制効果を

表-1 各調査地における河道内樹林の胸高直径と生育密度(平均値±標準誤差)

河川	樹種	胸高直径(cm)	生育密度(本/㎡)
(a) 九頭竜川	ヤナギ	18.9±0.6	0.07±0.01
(b) 天竜川	ハリエンジュ	8.2±0.4	0.26±0.01
(c) 那珂川	マダケ	5.0±0.1	3.56

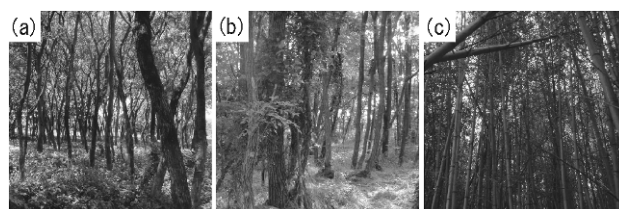


図-2 現地の状況(a)九頭竜川のヤナギ林, (b)天竜川のハリエンジュ林, (c)那珂川のマダケ林

検証するため、環状剥皮を実施した処理区(アカメヤナギ13個体, タチヤナギ2個体)と、環状剥皮を実施しない対照区(アカメヤナギ12個体, タチヤナギ3個体)を設置した。環状剥皮は、2010年9月に、地面から1mの高さで50cm間隔に鉋で深さ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。剥皮後20ヵ月経過した2012年5月に、処理区と対照区から10本/個体の枝を採取し、30cm程度の長さに切断してプランターに挿し木した。2ヵ月経過した2012年7月に、枝からの萌芽再生の有無を調査した。

b) 環状剥皮による立ち枯らし

伐採前に環状剥皮処理効果を検証するため、28個体

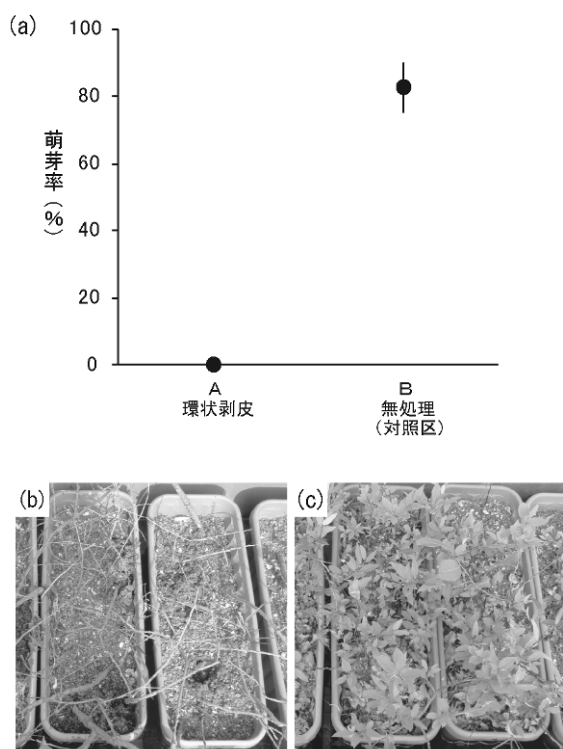


図-3 ヤナギ林環状剥皮後の枝からの萌芽再生結果 (a) 萌芽率(挿し木した枝数に対する萌芽した枝数の割合, 値は平均値, エラーバーは標準誤差を示す), (b) 環状剥皮を実施した処理区の枝の枯死状況, (c) 環状剥皮を実施していない対照区の枝の萌芽再生状況

(アカメヤナギ24個体, タチヤナギ4個体)を対象にした。2011年5月に環状剥皮を実施し, 2012年5月に剥皮部より上部の落葉状況と剥皮部より下部からの萌芽再生状況を調査した。

(2) ハリエンジュ林

現地実験は, 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で行った(表-1, 図-2)。

a) 伐採後の萌芽再生抑制処理

複数の方法による伐採後の萌芽再生抑制効果を検証するため, 伐採に, 環状剥皮, 環状剥皮と除根, 除根, 再伐採の各処理を組み合わせた処理区A~D(それぞれ28.125m²×4区)と, 伐採のみを実施した対照区(28.125m²×4区)を設置した。環状剥皮は, 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, 再伐採は2011年7月に実施した。2012年6月に, 伐採株から発生した萌芽(以下「株萌芽」という。)と, 水平根から発生した萌芽(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。なお, 種子からの発芽は確認されていない。

b) 環状剥皮による立ち枯らし

伐採前に環状剥皮処理効果を検証するため, 33個体を対象にした。2011年8月に環状剥皮を実施し, 2012年6月に剥皮部より上部の落葉状況と, 剥皮部より下部からの

表-2 環状剥皮による立ち枯らし結果(a)落葉率(剥皮した株数に対する落葉した株数の割合), (b)萌芽率(剥皮した株数に対する萌芽した株数の割合), (c)萌芽数(萌芽した株あたりの萌芽数), (d)萌芽長(値は平均値±標準誤差を示す)

樹種	ヤナギ	ハリエンジュ
サンプル数(本)	28	33
環状剥皮処理日	2011. 05. 26	2011. 08. 05
調査日	2012. 05. 16	2012. 06. 29
剥皮部より上部の落葉状況		
(a) 落葉率(%)	100	88
全て落葉	75	79
半分以上落葉	25	9
剥皮部より下部の萌芽状況		
(b) 萌芽率(%)	0	91
(c) 萌芽数(本)	0	4.8±0.4
(d) 萌芽長(cm)	0	152.5±8.2



図-4 環状剥皮後の状況 (a) ヤナギ上部の落葉状況, (b) ハリエンジュ上部の落葉状況, (c) ハリエンジュ下部の萌芽再生状況

萌芽再生状況を調査した。

(3) マダケ林

現地実験は, 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で行った(表-1, 図-2)。

a) 伐採後の萌芽再生抑制処理

複数の方法による伐採後の萌芽再生抑制効果を検証するため, 伐採に, 除根と天地返し, 除根と掘削80cm, 除根と掘削40cm, 除根, 再伐採の各処理を組み合わせた処理区A~E(それぞれ112.5m²)と, 伐採のみを実施した対照区(112.5m²)を設置した。天地返しは, 地下茎を含む上層土(0~40cm)を下層土(40~80cm)と入れ替えた。掘削は, 上層土の除去(0~40cm)と下層土までの除去(0~80cm)を実施した。これらの深さはマダケの地下茎の深さ⁹⁾を参考にした。伐採, 除根, 天地返し, 掘削は2011年2月に, 再伐採は2011年7月に実施した。根萌芽数及び萌芽長の測定は, 2012年5月に実施した。

(4) 統計処理

各実験区間の萌芽株率, 株萌芽数, 根萌芽数, 株萌芽長, 根萌芽長の違いを一元配置分散分析(ANOVA)により検定した。有意な結果が得られた場合は, TukeyのHSD検定を用いて事後検定を行った。有意水準は $\alpha=0.05$ とした。

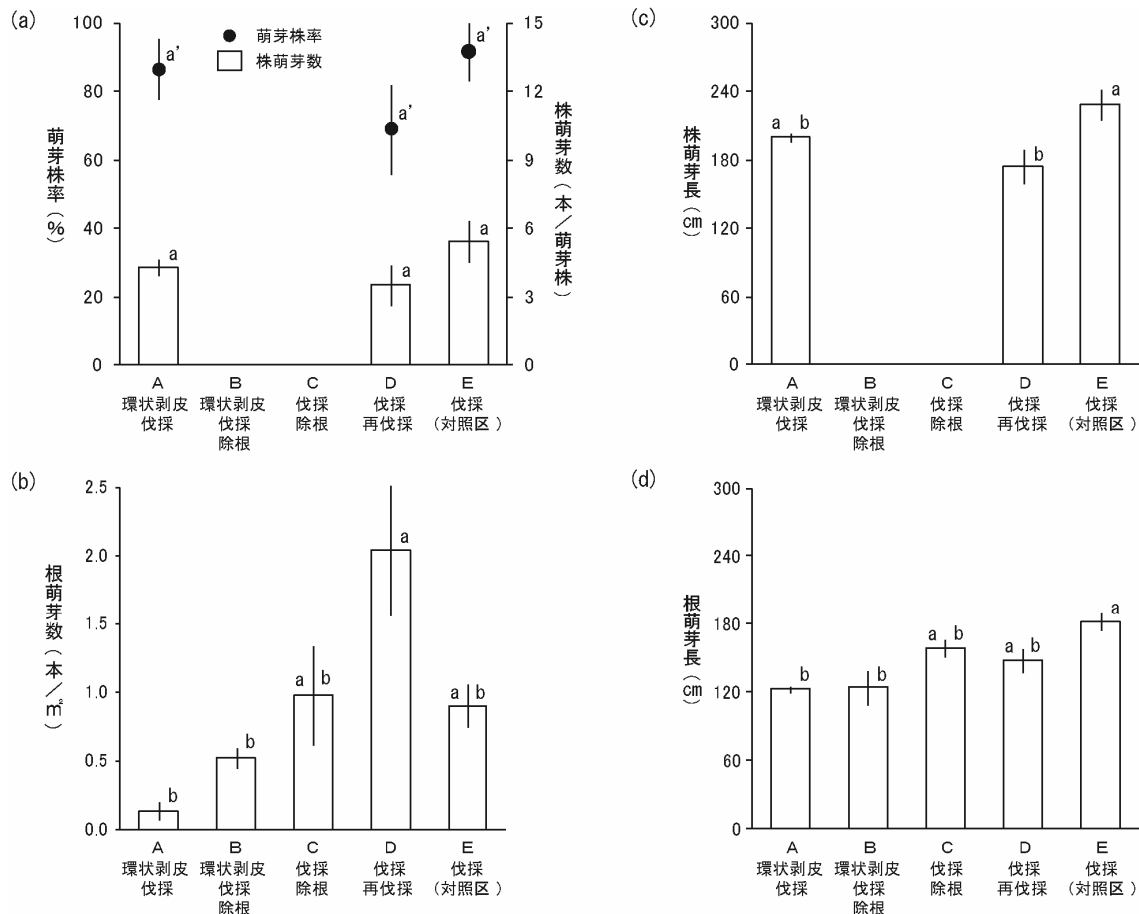


図-5 ハリエンジュ林伐採後の萌芽再生結果 (a) 萌芽株率(伐採株数に対する萌芽した株数の割合)と株萌芽数(萌芽株あたりの萌芽数), (b) 根萌芽数(単位面積あたりの萌芽数), (c) 株萌芽長, (d) 根萌芽長(値は平均値, エラーバーは標準誤差, 異なる英数字はグループ間で有意差があることを示す(TukeyHSD, $P < 0.05$))

3. 結果

(1) ヤナギ林

a) 環状剥皮による枝への萌芽再生抑制処理

プランターで行った枝の萌芽実験では, 環状剥皮を実施していない対照区では $83 \pm 7\%$ (平均 $\pm$ 標準誤差)の枝で萌芽が発生した(図-3a, c). 一方で, 環状剥皮を実施した処理区では全く萌芽せず, 完全に抑制できていた(図-3a, b).

b) 環状剥皮による立ち枯らし

環状剥皮後のヤナギ林では, 時間の経過とともに立ち枯れが進行していた. 完全に落葉した個体の割合は, 剥皮後5ヶ月目で61%, 12ヶ月目で75%となった(表-2a, 図-4a). 残り25%の個体も半分以上の葉が落ち衰弱していた. 17ヶ月目には全ての個体が完全に葉を着けなかった. 剥皮後, 剥皮部より下部の幹から一時的に萌芽が発生したが, その後, 萌芽枝は伸長せず全て枯死した(表-2b).

(2) ハリエンジュ林

a) 伐採後の萌芽再生抑制処理

萌芽株率(伐採株数に対する萌芽した株数の割合)は,

対照区では $92 \pm 8\%$ であったのに対し, 伐採前に環状剥皮を実施したA区では $86 \pm 9\%$, 伐採後に再伐採を実施したD区では $69 \pm 13\%$ と, 処理区(A区とD区)の方が低くなる傾向を示したが(図-5a), 各実験区間に有意差はなかった.

萌芽株あたりの萌芽数は, 対照区では 5.4 ± 0.9 本であったのに対し, 伐採前に環状剥皮を実施したA区では 4.3 ± 0.4 本, 伐採後に再伐採を実施したD区では 3.5 ± 0.9 本/ m^2 と, 処理区(A区とD区)の方が低くなる傾向を示したが(図-5a), 各実験区間に有意差はなかった.

水平根から萌芽した数は, 各実験区間に有意差が検出された(ANOVA, $P=0.003$, $F_{4, 19}=6.41$). 事後検定の結果, 対照区と他の処理区(A区とB区とC区とD区)との間に有意差はなく, 処理効果は検出されなかった(図-5b).

伐採株から発生した萌芽の長さは, 各実験区間に有意差が検出された(ANOVA, $P=0.03$, $F_{2, 11}=5.33$). 事後検定の結果, 再伐採処理に抑制効果が認められた(図-5c). 一方で, 環状剥皮処理は萌芽長を抑制する効果が認められなかった.

水平根から発生した萌芽の長さは, 各実験区間に有意差が検出された(ANOVA, $P=0.005$, $F_{4, 18}=6.01$). 事後検定の結果, 環状剥皮を実施した処理区(A区とB区)では対照区に対して有意に短く, 環状剥皮の効果が認められた.

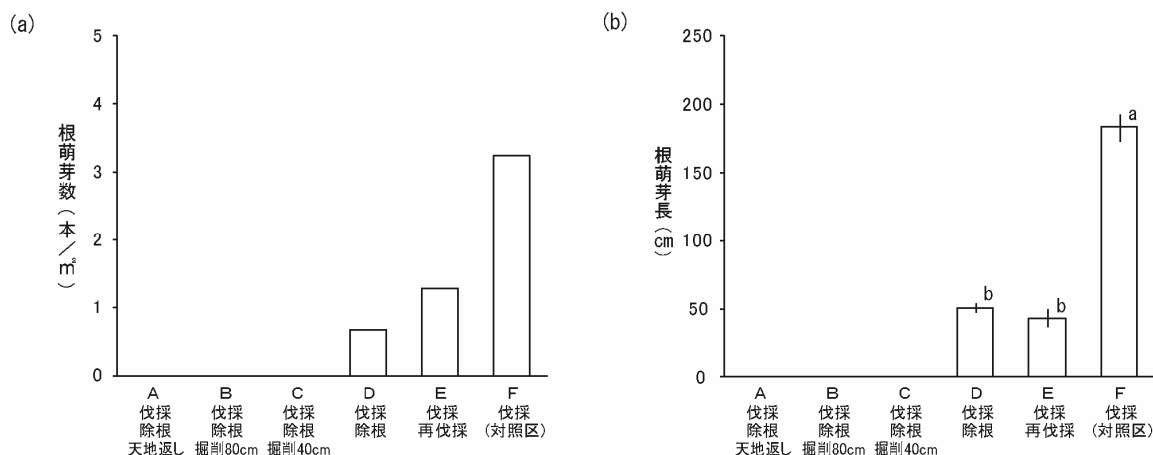


図-6 マダケ林伐採後の萌芽再生結果(a)根萌芽数(単位面積あたりの萌芽数), (b)根萌芽長(値は平均値, エラーバーは標準誤差, 異なる英数字はグループ間で有意差があることを示す(TukeyHSD, $P < 0.05$))

(図-5d)。

b) 環状剥皮による立ち枯らし

剥皮部より上部では, 79%の個体が完全に葉が落ち枯死していた(表-2a, 図-4b)。剥皮部より下部では, 91%の個体で萌芽し, 萌芽枝は 152.5 ± 8.2 cmにまで成長していた(表-2b, 図-4c)。

(3) マダケ林

a) 伐採後の萌芽再生抑制処理

伐採のみを実施した対照区では平均で 3.24 本/m²の萌芽が発生したのに対し, 伐採後に再伐採を実施したE区では 1.28 本/m²と, 萌芽数は再伐採の処理を加えることによって60%減少した(図-6a)。伐採後に除根を実施したD区では対照区に対して79%減少した。伐採と除根後にさらに天地返しを実施したA区, 伐採と除根後に80cmの土砂掘削を実施したB区, 伐採と除根後に40cmの土砂掘削を実施したC区では萌芽が確認されず, 完全に抑制できていた。

萌芽長は, 各実験区間に有意差があり(ANOVA, $P < 0.001$, $F_{2, 188} = 106.19$), 事後検定の結果, 対照区に対して除根を実施したD区と再伐採を実施したE区ではそれぞれ有意に短く, 各処理に抑制効果が認められた(図-6b)。

4. 考察

(1) ヤナギ林

伐採前に環状剥皮を実施することにより, 枝からの萌芽再生を完全に抑制することに成功した。一方で, 環状剥皮を実施していない対照区では, 83%の枝で萌芽が発生した。伐採作業時に折れて現場に残された枝は, 伐採地の再樹林化のみならず, 増水で流されることにより分布拡大に寄与している恐れがある¹⁰⁾。このため, ヤナギの萌芽再生抑制対策は, 樹皮剥皮や覆土, 除根といった伐採株への処理だけでなく枝への対処も必要であ

る。環状剥皮による伐採処理は, 伐採後の株と枝からの萌芽再生を同時に抑制できるため, ヤナギの萌芽再生抑制に有効である。

環状剥皮の処理効果を最大限引き出すためには, 地下部の養分を使って展葉した直後の春から初夏に剥皮作業を実施するのが望ましい。展葉後は, 樹皮の含水率が高く樹皮が剥ぎやすいため, 展葉後の剥皮は, 冬期に比べて作業時間の短縮化や剥ぎ残しの防止にもつながる。剥皮してから伐採までの期間を長くすることにより, 環状剥皮の処理効果が高まる一方で, 立ち枯らし後も存置を続けると倒木の危険性が高まってしまう。実際に, 本研究では剥皮してから2年目で根元から倒れたヤナギを確認している。処理効果だけでなく, 倒木の危険性や, 実際の樹木伐採は出水期を避けた冬期に行われる事例が多いことを考慮すると, 環状剥皮による伐採処理は, 展葉後に剥皮作業を実施し, その年の冬期に伐採する計画がいいだろう。

(2) ハリエンジュ林

本研究で実施した全ての処理において, 萌芽再生抑制効果が認められず, 密度に着目すると伐採前より全ての処理区で状況が悪化した。特に, 水平根からの萌芽は凄まじく, 根萌芽の密度は, 伐採前の株密度に対して, 一度だけ伐採した対照区では3.5倍, 再伐採をした処理区では7.8倍となるなど, 伐採処理により増加した。伐採処理は, 生育密度を高める懸念がある。

環状剥皮と組み合わせて伐採を実施しても, 対照区に対して, 伐採株及び水平根からの萌芽の発生数を減らすことができず, 生育密度の抑制に効果が認められなかった。剥皮した下部の幹や根からは, 伐採前にも萌芽再生が確認され, 萌芽枝は短期間で伸長していた。環状剥皮は, 剥皮部より上部を枯らす効果が認められた一方で, 剥皮部より下部に対しては効果が低く, 地下部を枯らすことが困難であることが示唆された。

伐採後に除根を加えても, 取り除けなかった根から萌

芽再生してしまい、生育密度の抑制効果はみられなかった。伐採や除根は、一度実施するだけでは結果的に萌芽の発生を助長する形となる。ハリエンジュは、水平根からの萌芽により分布域を広げる性質をもっている¹¹⁾。また、萌芽した後は窒素固定を行い速やかに成長する^{12), 13)}。このため、一度萌芽してしまうと数年で元どおりとなる可能性が高い^{6), 14)}。ハリエンジュ林に対しては、地下部の完全枯死または完全除去が困難である以上、毎年刈り取りを行うなど、継続的な管理が必要だろう。

(3) マダケ林

伐採(2月)後に再伐採(7月)を実施することにより、一度だけ伐採した対照区(2月のみ伐採)に対して、生育密度を60%減少でき、密度抑制に効果が認められた。マダケは、伸長時に地下茎に貯えられた養分を使うため、伸長最盛期の初夏に地下茎の養分を著しく減らすことが報告されている¹⁵⁾。本研究では7月に再伐採を実施しており、初夏の伐採がマダケの再萌芽の低下に貢献したものと推察される。再伐採後の萌芽の発生数は、初回伐採後の15.04本/㎡²⁸⁾に比べて91%減少し、1.28本/㎡と少なかった。これを再び伐採することにより、その後の萌芽をさらに減らせる可能性がある。この点については、検証する必要がある。

伐採及び除根後に天地返しや土砂掘削を実施することにより、伐採後2年目の萌芽再生を完全抑制することに成功した。伐採直後に萌芽した個体も伸長せずに全て枯死していた。天地返しや土砂掘削によって、伐採後3年目以降も伐採効果を持続できるだろう。

マダケ林伐採後の萌芽再生を短期で抑制する方法としては、天地返しや土砂掘削が有効である。これに対して、再伐採は、複数年で計画を立てる必要があるが、地上部のみの対処であり費用も少なく済む。河川管理の現場では、状況に応じて方法を選択する必要がある。

5. 結論

本研究により、ヤナギの萌芽再生抑制には環状剥皮が、マダケの萌芽再生抑制には再伐採、天地返し及び土砂掘削が有効であることが実証された。ハリエンジュに対しては、伐採後の萌芽再生抑制は困難であるため、毎年刈り取りを行うなど、違う視点での検討が必要になることが示唆された。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土交通省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、関東地方整備局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) 河川局長通達：国土交通省河川砂防技術基準維持管理編(河川編)，2011(http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guide_line/gijutsu/gijutsukijunn/ijikanri/index.html 2013年4月4日確認)。
- 2) 独立行政法人土木研究所：河道内樹木の萌芽再生抑制方法事例集，土木研究所資料，第4253号，2013。
- 3) 外来種影響・対策研究会監修：河川における外来種対策の考え方とその事例(改訂版)，財団法人リバーフロント整備研究センター，2011。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 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) 楯慎一郎，小林稔：物理環境からみた全国河川の状況，リバーフロント研究所報告，第19号，pp. 87-95，2008。
- 8) 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。
- 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) 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。
- 11) 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，九州大学演習林報告，第64号，pp. 13-28，1991。
- 12) 崎尾均(編)：ニセアカシアの生態学，文一総合出版，2009。
- 13) Moshki, A., N.P. Lamersdorf：Symbiotic nitrogen fixation in black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seedlings from four seed sources, *Journal of Forestry Research* 22, pp. 689-692, 2011。
- 14) 山田健四，真坂一彦：伐採時期の異なるニセアカシアの萌芽枝の動態，日本森林学会誌，第91巻第1号，pp. 42-45，2009。
- 15) 上田弘一郎，有用竹と筍－栽培の新技术－，博友社，1963。

(2013. 4. 4受付)