特集「外来種と植生管理」

巻き枯らしによるハリエンジュの管理

崎尾 均^{*1)}・川西基博²⁾・比嘉基紀³⁾・崎尾 萌⁴⁾

1) 新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

2) 鹿児島大学教育学部 Faculty of Education, Kagoshima University

3) 高知大学理学部 Faculty of Science, Kochi University

4) 東京農工大学農学府 The Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

摘要: 外来樹種ハリエンジュの除去方法を検討するために、巻き枯らし（環状剥皮）処理を行い、9年間に渡って調査を行った。巻き枯らし後、地上部の幹や水平根から萌芽が発生したが、伐採と比較して根萌芽の発生量は少なかった。萌芽の除去の回数を検討した結果、1年間に2回以上行えばハリエンジュを枯死させることができると考えられた。また、ハリエンジュは水平根によって個体間で接続している場合があるため、林分全体の個体に対して巻き枯らしを行うことで、効果的に枯死させることができると予想された。以上の結果から、巻き枯らしはハリエンジュの除去に有効な手段であることが示された。

キーワード: 外来種, 根萌芽, ハリエンジュ, 巻き枯らし

SAKIO, Hitoshi, KAWANISHI, Motohiro, HIGA, Motoki and SAKIO, Moe: **Management of the black locust by girdling**

Abstract: This study examined the efficacy of girdling for the extermination of the invasive tree species *Robinia pseudoacacia* (black locust). After girdling in June 2006, we observed sprouting dynamics over 9 years. Many sprouts were observed from aboveground stems and horizontal roots, but the outbreak of root suckers was greatly reduced compared to cutting the stem entirely. By manipulating the number of times sprouts were removed, it was shown that black locust trees would wither and die if sprouts from girdled trees were removed more than twice a year. Because black locust propagates via vegetative suckers, it may be possible to exterminate the entire stand by girdling all individual trunks of the stand. These results suggest that girdling is an effective method for the removal of this invasive tree.

Key words: Invasive species, Root sucker, *Robinia pseudoacacia*, Girdling

1. はじめに

外来樹種のハリエンジュ（別名ニセアカシア：*Robinia pseudoacacia* L.）は河川敷内への侵入定着および分布拡大が激しく、河川生態系にとって深刻な問題となっている¹⁸⁾。日本に導入されて以降、砂防緑化¹⁵⁾や治山事業^{1, 22)}等に使用されてきた。このように日本国内に広く植栽されたハリエンジュは河川による種子の散布によって中下流域に分布を拡大してきたことが指摘されている²⁾。定着した個体は、水平根から発生する根萌芽によって栄養繁殖を行ない、林分を拡大させる。その結果、河川内の森林化の主要な原因になったり、在来種を駆逐し生物多様性を低下させているとの指摘もある^{11, 12)}。これまで河川管理において、堤外の樹木は水の流下の阻害や河川構造物への流木被害の原因になるとして伐採

されてきた。しかし、ハリエンジュは伐採によって、水平根からの根萌芽の発生が著しく誘発されるため^{7, 16)}、これらの河川管理は逆にハリエンジュの分布の拡大の原因にもなってきたと考えられる。

ハリエンジュの除去に関しては、これまでに、1) 伐採、2) 重機による根系を含めた掘り取り、3) 除草剤、4) 巻き枯らし（環状剥皮）による方法が検討されてきた。伐採は河川管理で広く行われてきた方法である。上流域の在来樹種が侵入している溪畔林では伐採による除去は効果的であるが¹⁶⁾、中流域のオープンな河畔林ではかなり頻繁な刈り取りが必要である¹⁰⁾。重機による除去は、方法によっては効果的であるが¹⁹⁾、かなりのコストを必要とする。また、掘り残した根系によって数年経つと増殖することも示唆されている⁵⁾。除草剤による方法も効果的であるが^{4, 10, 14, 23)}、水辺での薬剤使用は

水質汚染の観点から一般的には行われていない。一方で巻き枯らし（環状剥皮）が効果的な方法であることがこれまで指摘されている^{10, 20, 21)}。田村・金子²¹⁾は、ハリエンジュの巻き枯らし試験の結果、継続的な萌芽の刈払いの必要性を指摘している。しかし、これまで巻き枯らしに関しては、事業の一環として試しに行われている程度で、萌芽発生の状態や幹から発生した萌芽の取り扱いに関して具体的な手法が検討されていない。そこで本研究では、巻き枯らしがハリエンジュを効果的に除去できる方法か検証するために、1) 巻き枯らしによる萌芽の発生状況、2) 幹から発生した萌芽の除去頻度と個体の枯死の関係を明らかにするとともに、3) 巻き枯らしによる効果的なハリエンジュの管理、について検討する。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

関東平野を流れる荒川中流域に位置する埼玉県熊谷市の荒川大麻生野鳥の森公園の堤外地（北緯 36°8′、東経 139°21′、標高約 40 m）を調査地とした。調査地から約 4 km 離れた熊谷地方気象台の観測によると、1981 年から 2010 年までの平均年間降水量は 1,286.3 mm、年平均気温の平均は 15.0℃である⁹⁾。当地域では、上流域の秩父市における多目的ダム建設や 1970 年代の砂利採取の影響で、流路の固定化と河床低下が生じている⁶⁾。現在では低水路脇に高さ約 5 m の小屋が発達し、高水敷と低水敷の比高は明瞭に異なり、2005 年以降、台風による増水時にも高水敷はほとんど冠水していない。

高水敷では河畔林が形成され、堤防から河川に近い部分にかけて主要構成種が変化しており、ハリエンジュは河川側のみに島状で点在して分布している¹⁷⁾。ハリエンジュが成立している林分ではハリエンジュ以外の他樹種は混交することがほとんどなく、ほぼ純林となっている。

2.2 調査方法

調査は高水敷に島状に点在分布するハリエンジュ林の中から 50×30 m 程度のパッチ状の 1 林分を選んで行った。この林分の林冠部は大部分がハリエンジュで占められており、亜高木層にエノキがわずかに混交している。この林分の中央部分のパッチ状にまとまった 50 本を処理対象個体とし、樹高および胸高直径（DBH：地上 130 cm での幹直径）を測定した。これらの幹の平均 DBH は 13.1 ± 3.4 cm、樹高は 10.8 ± 1.8 m であった。巻き枯らし処理として、2006 年 6 月 22 日に処理対象個体の地上 1 m から 1.3 m の範囲にある樹皮及び形成層を全周にわたって鉋で剥ぎ取った。それぞれの処理対象個体の周囲 5 m 範囲にある別の個体は、水平根によって当該処理個体とつながっている可能性が高いことから、その影響を避けるため、処理対象個体のパッチの外周 5 m 幅にある別個体も同様に巻き枯らし処理を行った。50 本のハリエンジュをランダムに 10 本ずつの 5 グループに分けた。5 グループの間には、平均 DBH や平均樹高には有意な差は見られなかった（Kruskal Wallis 検定： $p > 0.05$ ）。

2006 年 6 月から 2014 年 11 月まで、5 グループのうち 4

グループでは各々 1 ヶ月間隔（1 ヶ月区：6-12 月の年 7 回）、2 ヶ月間隔（2 ヶ月区：6, 8, 10, 12 月の年 4 回）、3 ヶ月間隔（3 ヶ月区：6, 9, 12 月の年 3 回）、6 ヶ月間隔（6 ヶ月区：6, 12 月の年 2 回）で発生した萌芽の位置と長さを測定した後に、萌芽の除去を行った。萌芽の除去は、鋸や鉋などの道具を使わずに、厚手の革手袋を着けて、手でむしり取ることで行った。萌芽は巻き枯らしを行った幹から発生した萌芽と地下の水平根から発生した根萌芽に区別した。根萌芽がどの個体から発生したかを識別するために、水平根を掘り起こし接続を確認した。

残りの 1 グループ 10 個体はコントロール区として巻き枯らしを行った後、そのまま放置した。コントロール区の個体は 2006 年は毎月、それ以降は毎年生育期間終了後に萌芽の発生位置と萌芽長を測定した。コントロール区の場合は萌芽発生数ではなく現存萌芽数を示す。これらの調査を 2006 年から 2014 年まで毎年行った。個体の生存は、幹及び水平根からの萌芽発生の有無によって判断した。

また、2011 年まで萌芽を発生し続けた個体については水平根をとおしたコントロール区の個体からの養分供給の可能性があると考え、2012 年 2 月に萌芽を発生し続けた個体の根元周囲の表土を 30 cm の深さで掘り起こし、その個体から伸びている地下の水平根と他個体との接続を確認した。その上で、他個体と接続している全ての水平根を鋸で切断した。

3. 結果と考察

3.1 巻き枯らしによる萌芽の発生状況

2006 年 6 月 22 日に巻き枯らしを行った後、1 週間程度で林冠部の葉が褐変し始めるとともに、剥皮下部の幹から一斉に萌芽が発生した（写真-1）。表-1 は、2006 年 6 月に巻き枯らしを行ってから 2006 年 12 月までに発生した萌芽発生数を示している。発生萌芽の除去回数が多い、1 ヶ月区や 2 ヶ月区で発生総数は約 440 本と多い傾向を示していたが、

写真-1 巻き枯らしの後に幹から発生した萌芽

Photo 1 Emerged sprouts on stem after girdling

これは、これらの区では萌芽除去の回数が多いために萌芽の発生が繰り返されたためと考えられる。地下の水平根からも根萌芽が発生したが、どの処理区とも地下の水平根からの根萌芽の発生数は発生総数に対して 10% 程度であった（表-1）。根萌芽は 2008 年以降ほとんど発生しなくなったが、2012 年の水平根の切断後に増加を示した（図-1）。ハリエンジュは伐採によって多くの萌芽が発生することが知られている。崎尾¹⁶⁾の結果によれば、伐採によって 1 本あたり平均約 50 本の萌芽が発生し、多い個体では 100 本近く発生している。また、発生した萌芽のうち根萌芽の占める割合は、伐採した場合 77% と高い割合を占めていた（未発表）。それに対して、今回行なった巻き枯らしの場合はおよそ 10% と非常に低い割合であった。地上 1 m の幹が残されていたために、萌芽の発生が地上部に集中したと考えられる。この結果から、巻き枯らしは地下の根萌芽の発生を抑制する可能性が示唆された。

年間萌芽発生数の経年変化を図-2 に示した。2006 年にはコントロール区を除く 4 区の間には年間萌芽発生数に有意な違いが見られた（Kruskal Wallis 検定： $p < 0.01$ ）。1 ヶ月区と 2 ヶ月区は、6 ヶ月区に対して明らかに発生数が多かった。その後、2008 年にかけて全ての区で萌芽発生数は急激に減少した。2007 年以降は発生数に有意な違いは見られなかったが、2012 年の 2 月の水平根の切断後に、1 ヶ月区と 3 ヶ月区の萌芽発生が一旦増加を示した。

6 月に巻き枯らしを行った後、放置したコントロール区の

表-1 萌芽発生数（10 本あたり）

Table 1 Number of sprouts (/10 trees)

処理区	水平根からの萌芽 (%)	発生総数
1 ヶ月	39 (8.9)	437
2 ヶ月	46 (10.3)	447
3 ヶ月	22 (10.7)	206
6 ヶ月	16 (11.0)	146
コントロール	12 (10.5)	114

※コントロール区は現存萌芽数を示す。

図-1 林分全体における萌芽発生数の経年変化

Fig. 1 Changes in number of emerged sprouts in stand

ハリエンジュ 10 本当たりの平均現存萌芽数はその年の 8 月に約 300 本でピークを迎え、その年の 12 月には 114 本にまで減少し、その後も減少を続け 2014 年の 11 月には 13 本になった。

コントロール区の個体を除く平均萌芽長は、2006 年から 2009 年までは処理区の間には有意な差が見られたが（Kruskal Wallis 検定： $p < 0.01$ ）、2010 年と 2011 年には差がなくなった。水平根を切断した直後の 2012 年には再び差が見られたが、2013 年には差がなくなった。（図-3）。それに対してコントロール区では 2010 年を除いて毎年増加し続け、2014 年 11 月には 508 cm にまで至った（図-3）。コントロール区での 2010 年の平均萌芽長の減少は、1 個体に 6 本の新たな萌芽が発生した結果、平均値が減少したためである。

これらの年間発生萌芽数と平均萌芽長の経年変化の結果は以下のことを示唆している。1 ヶ月から 6 ヶ月の萌芽処理区では、毎年萌芽が発生し続けながら、その発生萌芽数は巻き枯らし直後から 3 年間で急激に減少した。一方、コント

図-2 年間萌芽発生数（10 本あたり）の経年変化
コントロール区は現存萌芽数を示す。

Fig. 2 Changes in number of sprouts per 10 trees
Control shows the number of survival sprouts

図-3 平均萌芽長の経年変化

Fig. 3 Changes in average of sprout length

ロール区では処理区と同様に萌芽数は減少したものの、萌芽の除去を行わないために萌芽長は年々増加し続けている。

3.2 幹から発生した萌芽の除去頻度と個体の枯死

個体の枯死は3年目の2008年から4年目の2009年にかけて急激に生じた。この段階では萌芽の除去回数の多い1ヶ月区と2ヶ月区において枯死個体が多い傾向にあった。それ以降、2010年から2011年はわずかな減少を示しただけで、処理区の間にはほとんど差が見られなかった(図-4)。これらの結果から、萌芽の除去回数は最終的に個体の枯死率にそれほど影響を与えていないことが示唆された。2011年の段階で処理区の40個体のうち17個体が萌芽を発生し続けていたが、その後、2012年から2014年にかけて急激に減少し、処理区では2個体を残して全く萌芽の発生が見られなくなった(図-4)。この減少は2012年の2月に萌芽の発生を続けている個体の根元を掘り起こし、コントロール区の個体と接続があった水平根を切断したことによると思われる。実際に、17個体のうち14個体は生きているコントロール区の個体と水平根による接続が確認できた。しかし、処理区のうち2個体は2014年でも萌芽を発生し続けた(図-4)。ハリエンジュの個体が水平根によってつながっていることは、多くの研究で明らかになっている^{3,5,13)}。幹の周りを30 cm掘って水平根を切断したにもかかわらず、萌芽を発生し続けたことから、この2個体は地下の深いところの根系でコントロール区の個体と連結し養分の供給を受けている可能性があると考えられる。調査プロット周辺は、以前は河川の攪乱を受ける砂礫地であった。そのために一度ハリエンジュが定着した後に幹の部分が土砂に埋まり、埋まった幹の部分から再び水平根を発生させた可能性がある。これらの結果は、林分すべての個体の巻き枯らしと萌芽除去を行うことによって効果的にハリエンジュの林分を除去できる可能性を示している。

3.3 巻き枯らしによる効果的なハリエンジュの管理

以上の結果から、巻き枯らしによるハリエンジュの除去の可能性について伐採による除去方法と比較して考察する。

巻き枯らしの施業そのものは鉋など簡易な道具で容易く行

図-4 生存個体数の経年変化

Fig. 4 Changes in number of survival trees

うことができる。チェーンソーによる伐採作業では危険を伴うために専門的な技術者を必要とするのに対して、巻き枯らしは鉋による幹のはぎ取であるので特別な技術を要しない上に、コストも低い。巻き枯らしによる1年目の株当りの萌芽発生数は、伐採に対して少ないことが知られている²¹⁾。また、伐採では多量の根萌芽が地表一面に発生するのに対して¹⁶⁾、巻き枯らしは伐採と比べて水平根からの根萌芽を大幅に抑制できるので(表-1)、幹から発生した萌芽を除去することで効果的にハリエンジュを枯死させることができる。田村・金子²¹⁾も、巻き枯らし処理だけでは不十分で、継続的な萌芽の刈り払いの重要性を指摘している。ただ、根萌芽の発生に関しては具体的に言及しておらず、発生した根萌芽は下刈りによって除去されていたと考えられる。

小山¹⁰⁾は、ハリエンジュの巻き枯らしを行う本数を、1回あたり林分の成立本数の1割程度に抑制し、光環境を変えずにハリエンジュの本数を減らすことを検討した。1年後には巻き枯らしを行った個体は枯れており、林内の光環境が暗いところでは、根萌芽は発生しなかった。ハリエンジュは成長に強光を要求するので、弱い光環境のもとでは、発生した萌芽も成長できずに枯死していく¹⁶⁾。岩井^{7,8)}も相対照度で10%以下の被陰によって萌芽の発生や成長の抑制効果があることを実験によって示している。巻き枯らしを少しずつ行う方法では、巻き枯らし後に萌芽の除去などの施業を必要としないが、毎年萌芽の状態をモニタリングしながら、順次、巻き枯らしを行うなどきめ細かな管理を必要とする。

巻き枯らしの施業に関しては、時期や方法を考慮する必要がある。巻き枯らしの時期に関しては、本研究では6月下旬に行ったが、田村・金子²¹⁾は萌芽の勢力を小さくするとともに、樹皮を剥ぐ作業を樹体内の水分が多い開葉後の春期に行う必要があるとしている。山田・真坂²⁴⁾は、伐採時期と萌芽枝の発生量の関係を調べ、根系の資源量が少ない8月上旬の伐採が有効であることを示した。関東地方では、秋田や北海道よりも早い、5月中旬頃に開葉、開花するので6月頃の巻き枯らしが適当と思われる。巻き枯らしの方法は、本研究では地上1 m付近で30 cmの幅で行った。幹の部分の萌芽の除去作業を減少させるためには、小山¹⁰⁾が行った地際まで剥皮する方法が有効であるかもしれない。

本研究およびこれまでの施業経験から、巻き枯らしはハリエンジュを枯死させるための有効な手段であることが明らかになった。巻き枯らしによってある程度、根萌芽の発生を抑制することができた。また、萌芽の除去は1年間に2回程度行えばよく、巻き枯らしを林分全体の個体を対象に行うことによって効果的にハリエンジュを枯死させることができると考えられる。

謝辞：財団法人埼玉県生態系保護協会の方々には、調査地の使用に関して多大な便宜をはかっていただいた。また、現地調査には崎尾青葉、崎尾さやか、白石貴子の諸氏にご助力いただいた。ここに記してお礼を申し上げる。なお、本研究の一部は、立正大学大学院地球環境科学研究科オープンリサー

チセンター（ORC）整備事業，公益財団法人河川財団の河川整備基金助成事業，河川学術研究会多摩川研究グループによって実施した。

引用文献

- 1) 秋山怜子・松下一樹・天田高白（2002）崩壊地における山腹緑化工施工後の植生回復状況，日本緑化工学会誌，27: 605-609.
- 2) 福田真由子・崎尾均・丸田恵美子（2005）荒川中流域における外来樹ハリエンジュ（*Robinia pseudoacacia* L.）の初期定着過程，日本生態学会誌，55: 387-395.
- 3) 玉泉幸一郎・飯島康夫・矢幡久（1991）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，64: 13-28.
- 4) 本間広之・清水周治（1980）ニセアカシアの立木枯殺試験（Ⅰ）—2, 3の薬剤の枯殺効果—，新潟県林業試験場研究報告，23: 35-43.
- 5) 星野義延（2009）多摩川におけるニセアカシア林の構造と防除対策，崎尾均編，ニセアカシアの生態学，文一総合出版，pp. 271-285.
- 6) 石田武・田村俊和・宮下香織・草野未緒・早乙女尊宣・町田尚久・樋口英梨香・門村浩・高村弘毅（2006）荒川中流域における人為的河床微地形変化と河辺林の立地，立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター（ORC）整備事業，平成17年度事業報告書，pp. 118-125.
- 7) 岩井宏寿（1986）ニセアカシアの萌芽および生長抑制に関する試験，千葉県林業試験場報告 20: 31-32.
- 8) 岩井宏寿（1987）環境保全の維持管理に関する検討 ニセアカシアの萌芽および生長抑制に関する試験，千葉県林業試験場業務報告 21: 31.
- 9) 気象庁（2009）年・月ごとの平年値（熊谷）URL: http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=43&block_no=47626&year=2011&month=&day=&view=（2014年12月18日確認）.
- 10) 小山泰弘（2009）ニセアカシアの除去，崎尾均編，ニセアカシアの生態学，文一総合出版，pp. 297-309.
- 11) Maekawa, M. and Nakagoshi, N. (1997) Riparian landscape changes over a period of 46 years, on the Azusa River in Central Japan, Landscape and Urban Planning, 37: 37-43.
- 12) 前河正昭・中越信和（1997）海岸砂地においてニセアカシア林の分布拡大がもたらす成帯構造と種多様性への影響，日本生態学会誌，47: 131-143.
- 13) 蒔田明史・星崎和彦・高田克彦・三嶋賢太郎・田村浩喜（2009）海岸マツ林に広がるニセアカシア—秋田県夕日の松原での研究例より，崎尾均編，ニセアカシアの生態学，文一総合出版，pp. 145-159.
- 14) 村山保裕（2002）海岸防災林地での除草剤を用いたニセアカシア枯殺試験—幼木への散布処理と成木への注入処理の実施時期の検討—，静岡県林業技術センター研究報告，30: 29-32.
- 15) 中越信和・前河正昭（1996）75年を経過した砂防植栽地におけるニセアカシア林の動態，森林航測，179: 10-13.
- 16) 崎尾均（2003）ニセアカシア（*Robinia pseudoacacia* L.）は溪畔域から除去可能か？，日本林学会誌，85(4): 355-358.
- 17) 崎尾均・白石貴子・後藤真太郎・米林伸・川西基博・小林誠・渡邊定元（2006）荒川中流域の河畔林の構造と動態，立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター（ORC）整備事業，平成17年度事業報告書，pp. 101-106.
- 18) 崎尾均編（2009）ニセアカシアの生態学，文一総合出版，336 pp.
- 19) 田熊亮介・小山浩正（2013）河川敷におけるニセアカシア駆除の工法別の有効性，森林立地，55(1): 37-42.
- 20) 田村浩喜・金子智紀（2003）巻枯らしによるハリエンジュ水源林の林種転換—10年経過後の林分評価—，第114回日本林学会大会講演要旨（日本林学会大会発表データベース），P 2175
- 21) 田村浩喜・金子智紀（2008）森林の公益的機能の維持向上に関する研究 —ニセアカシアから在来広葉樹への樹種転換—，秋田県農林水産技術センター森林技術センター研究報告，18: 51-57.
- 22) 田村浩喜・金子智紀・蒔田明史（2007）小坂鉱山煙害地に造成された50年生ニセアカシア林の生育実態，日本緑化工学会誌，32: 432-439.
- 23) 田村輝夫（1979）除草剤によるニセアカシアの防除方法について，鳥取県林業試験場試験研究報告，22: 19-25.
- 24) 山田健四・真坂一彦（2009）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，91: 42-45.

（2015. 1. 8 受理）