

西日本の若齢造林地における シカ被害対策選択のポイント

～防鹿柵・単木保護・大苗植栽～



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所





目次

はじめに	3
シカ被害対策選択のポイント	4

被害対策の特徴を知る

防鹿柵

防鹿柵は急傾斜で壊れやすい！	6
----------------------	---

単木保護

単木保護資材の施工例 ―成功の鍵を探る―	8
----------------------------	---

単木保護資材をつけるとスギはどう育つ？	10
---------------------------	----

単木保護資材内の微気象 ―筒の中は快適か―	12
-----------------------------	----

単木保護資材の効果と限界 ―世界の文献調査から―	14
-------------------------------	----

コラム かつての単木保護資材施工地は今	16
----------------------------------	----

コラム 市町村によるシカ被害対策への補助事業	17
-------------------------------------	----

大苗植栽

シカ被害対策に必要なスギ大苗のサイズ	18
--------------------------	----

大苗の角こすり被害をネットで防ぐ	20
------------------------	----

シカ被害を予測する

シカ被害における激害とは？	22
---------------------	----

コラム シカ被害の経年変化と空間分布	25
---------------------------------	----

シカ生息密度マップ ―シカの多い場所はどこ？―	26
-------------------------------	----

シカの食痕で植栽木被害リスクを推定できる	28
----------------------------	----

シカ影響スコアを使って被害度を予測する	30
---------------------------	----

シカ被害対策の防護効果を比較する	32
------------------------	----

設置と撤去のコストを考える

シカ被害対策を考慮した林業の採算性	34
-------------------------	----

シカ被害対策の選択オプション

どの被害対策を選択すべきか？	36
----------------------	----

参考資料	38
------------	----

シカの痕跡いろいろ	39
-----------------	----

はじめに

我が国の森林・人工林の多くは主伐期を迎えており、森林を積極的に伐採・利用するとともに、森林の若返りを図るため再造林が進められています。近年、九州・四国地域においては再造林面積が増加傾向にあり、全国に先駆けて林業が活発化していることを示しています。一方で、全国的に生息数が増加しているニホンジカ（以下、シカ）による植栽木への被害は深刻化しており、効果的なシカ被害対策が林業における喫緊の課題となっています。シカは九州・四国地域においても著しく増加しており、特に再造林直後の若い植栽木への被害が大きく、壊滅的なダメージを受けている現場もみられます。

一般的なシカ被害対策は、造林地へのシカの侵入を防ぐための防鹿柵の設置です。しかし、柵を一度設置すれば完了するわけではなく、定期的な柵の見回りやメンテナンスが必要であり、上手くいっていない場所も散見されます。設置や維持管理のコスト問題に加え、将来的な柵の撤去も大きな問題として懸念されています。一方、防鹿柵を使わないシカ被害対策も見られるようになりました。単木保護資材は植栽木を1本ずつ筒状の資材で保護する方法であり、大苗植栽はシカの口が届かない高さの大きな苗を植栽する方法です。しかし、効果的な使い方が分からないという声も多く聞きます。持続的な造林・保育作業を行うためには、それぞれのシカ被害対策について整理・検証し、有効な施業技術として確立しておく必要があります。

本冊子は、2017年度から取り組んだ森林総合研究所交付金プロジェクト「九州・四国地域の若齢造林地におけるシカ被害対策の高度化」の研究成果を取りまとめたものです。九州・四国地域をフィールドとして、単木保護資材や大苗植栽の特徴を、防鹿柵との比較を通して明らかにしました。また、それぞれの被害対策はシカの生息状況に大きく影響を受けることから、シカの出現頻度やシカによる被害度を簡易に推測できる方法を開発しました。同時に、シカ被害対策の限界も見えてきました。これらの成果から、シカ生息地で人工林を更新させる初期保育技術として、シカ被害対策を選択するポイントを示すことができました。今後、全国各地で行われるシカ被害対策を検討する際に、これらの研究成果が少しでも参考になれば幸いです。

最後に、本研究の実施に当たり、試験地の設定や調査・データ収集にご協力いただいた九州・四国各県、森林管理局、森林整備センターなどの多くの皆さまに厚くお礼申し上げます。

研究プロジェクト主査

森林総合研究所 九州支所長 陣川 雅 樹



シカ被害対策選択のポイント

造林地でのシカ被害対策は、シカの侵入を防ぐ『防鹿柵』の設置が一般的です。しかし、防鹿柵でもシカの侵入を完全に防ぐことが難しいことも良く知られています。本プロジェクトでは、シカ被害対策の選択肢を増やすため、スギの造林地を対象として『単木保護資材』と『大苗植栽』といった防鹿柵とは異なる被害対策の特徴を整理しました。また、シカによる植栽木被害度の予測や、防護資材の設置費および撤去費などのコストを考慮した被害対策の選択のポイントをまとめました。

Point 1 被害対策の特徴を知る



防鹿柵 | 造林地の周囲を柵で囲んでシカの侵入を防ぐ

- 柵が破損すると造林地全体が被害を受けるリスクがある
- 急傾斜や沢・谷を含む造林地では柵が破損しやすい
- 植栽面積が広いと単木保護・大苗と比べて安価に設置できる

柵の破損 → P6

柵内でのシカ被害 → P26, 32

シカ被害を予測する



単木保護 | 植栽した苗木を1本ずつ筒状の資材で保護

- 柵が設置しにくい林地の形状や地形でも柔軟に対応できる
- 苗木が資材の高さを超えるとシカ被害を受ける
- 資材費が高く、植栽面積が広いと高コスト

成長・枯損・破損 → P8, 10

資材の中の温度と湿度 → P12

海外の施工事例 → P14

シカ被害 → P8, 32

シカ被害を予測する



大苗植栽 | シカの口が届く高さより大きな苗木を植栽する

- 他の対策と比べて防護資材の撤去がほとんどない
- 苗木の高さは少なくとも 150cm 程度は必要
- 苗木代が高く、植栽面積が広いと高コスト

必要な苗木サイズ → P18

シカ被害 → P20, 32

シカ被害を予測する

防鹿柵

単木保護

大苗植栽

被害予測

コスト

対策の選択

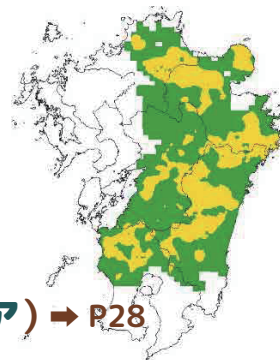


Point 2 シカ被害を予測する

造林地でのシカ被害の発生と程度を予測するための3つの指標を開発しました。

広域地図で大まかに判断

- 推定生息密度マップの作成 → P25, 26
(被害リスクの高い地域を事前に把握できます)



現地で簡単な調査をして判断

- 造林地へのシカ出現頻度の予測 (食痕スコア) → P28
(食痕の多少からシカの出現頻度を予測できます)
- 造林地の被害度を予測 (シカ影響スコア) → P30, 32
(簡単なシカの痕跡調査から造林地へのシカの影響レベルを予測できます)
(シカ影響スコアが高くなると被害の発生リスクが高くなり、
3種類の被害対策で防護効果に明瞭な違いはありませんでした)

Point 3 設置・撤去コストを考える

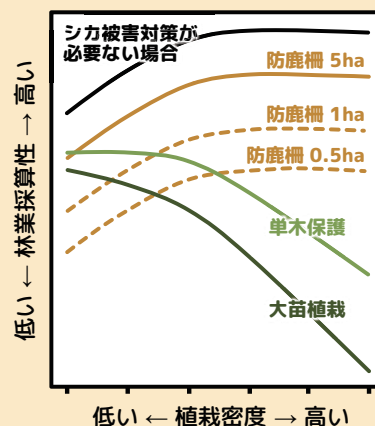
林業の採算性を予測 → P17, 34

3種類の被害対策の**資材費**や**撤去費**、**補助金**を考慮して、50年伐期で採算性を比較しました。

- 植栽面積が広い場合には、防鹿柵が有利
- 植栽面積が狭い場合に、単木保護・大苗植栽のメリットがある

※ ただし、単木保護では資材費が高く、大苗植栽では苗木代が高いため、植栽密度を低く抑える必要があります。

採算性のシミュレーション



被害対策を選択する → P36

防護可能な**シカ影響レベル**、コストに見合う**植栽面積**、**地形**による資材の壊れやすさを判断し、被害対策の種類を選択します。

シカ影響スコア
で被害予測

植栽面積に
合わせて選択

資材の壊れやすさ
を地形で判断

被害対策
を選択

防鹿柵

単木保護

大苗植栽

被害予測

コスト

対策の選択



防鹿柵は急傾斜で壊れやすい！

山川博美¹・北原文章²・志賀 薫³・野宮治人¹

¹九州支所・²森林管理研究領域・³林業経営・政策研究領域

防鹿柵が壊れるとたちまち造林地内にシカが入ってしまいます。そこで、防鹿柵の破損実態を明らかにするため、九州・四国地域で3年生以下の造林地を対象としてアンケート方式の調査を行いました。調査票が回収できた250か所のうち、約6割の造林地で、穴開きや垂れ下がり、倒壊などによる防鹿柵の破損がみられました。地形に着目すると、傾斜30度以上の急傾斜地や谷・沢筋を含んだ造林地では、土砂の流入や堆積によって柵が壊れやすいことが分かりました。

調査の方法

九州・四国地域の国有林および森林整備センターの3年生以下の造林地を対象に、防鹿柵の破損状況および防鹿柵が設置された造林地の地形について、表1のような設問のアンケート調査を林分ごとに行いました。その結果、250か所のアンケート調査票を回収することができました。

表1. 柵の破損および地形に関するアンケート項目	
項目	選択肢
柵の破損	なし、穴開き、潜り込み、倒壊、垂れ下がり、その他
地形（傾斜）	平坦（10度未満）、緩傾斜（30度未満）、急傾斜（30度以上）
地形（起伏）	平衡斜面、起伏が激しい、沢・谷を含む

破損の有無と地形の関係

防鹿柵が設置された造林地の約6割で、穴開き、潜り込み、垂れ下がりおよび倒壊などの破損がみられました（図1）。破損の形態では、倒壊が最も多く（37%）、穴開き（27%）、潜り込み（23%）、垂れ下がり（19%）と続きました（図2）。その他にはシカがネットに絡まったことによる破損などがありました。

造林地の地形（傾斜および起伏）に着目して、防鹿柵の破損の有無をみると、平坦地や緩傾斜地では3～5割の造林地で防鹿柵の破損がみられました。一方、急傾斜地や沢・谷を含ん

だ林地では6～8割の造林地で防鹿柵の破損がみられ、傾斜が急なほど、また地形の起伏が複雑になるほど、柵が破損しやすいことが分かりました（図3）。

地形で変わる柵の壊れ方

さらに、防鹿柵の壊れ方の違いを地形で比較してみると、穴開き・潜り込み・垂れ下がり、は、地形によって明瞭な違いはなく、1～4割程度の確率で発生していました（図4）。これらは地形より、むしろシカ自身や他の動物のアタック、林縁からの倒木や落枝などが関係していると考えられます。一方、柵の倒壊は地形による違いがあり、急傾斜地や沢・谷を含む造林地で倒壊する確率が高い傾向がありました（図4）。倒壊の原因としては、斜面上部から流れてきた土砂の堆積や、斜面の崩壊によるものが多く観察されていました。

まとめ

今回の調査で、設置した防鹿柵は高い確率で穴開きや倒壊などの破損がみられることが分かりました。特に、急傾斜地や沢・谷などを跨ぐ造林地では土砂の堆積や斜面の崩れによって、防鹿柵が壊れやすいため、谷などを迂回するといった設置方法の工夫や支柱の設置位置や間隔を短くするなど細かな配慮が必要です。

防鹿柵

単木保護

大苗植栽

被害予測

コスト

対策の選択

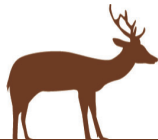




図1. 防鹿柵の破損例

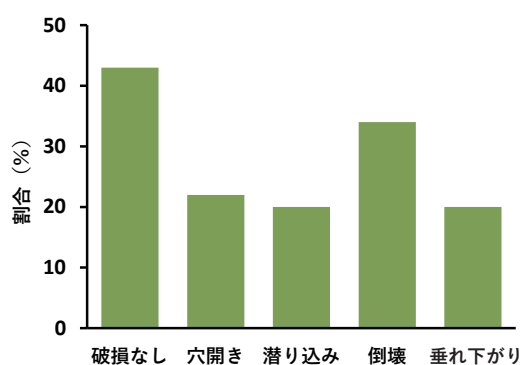


図2. 防鹿柵の破損の有無と破損形態の割合

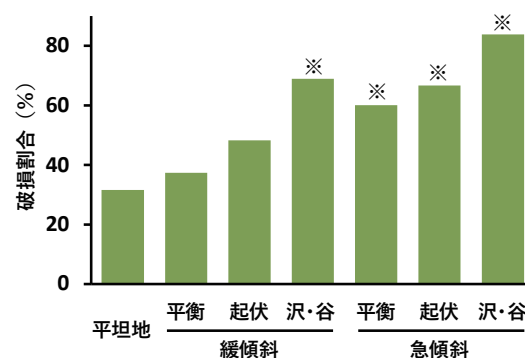


図3. 地形ごとの防鹿柵の破損確率

※は平坦地と比較して有意に破損割合が高いことを示します (GLM; $p < 0.05$)。

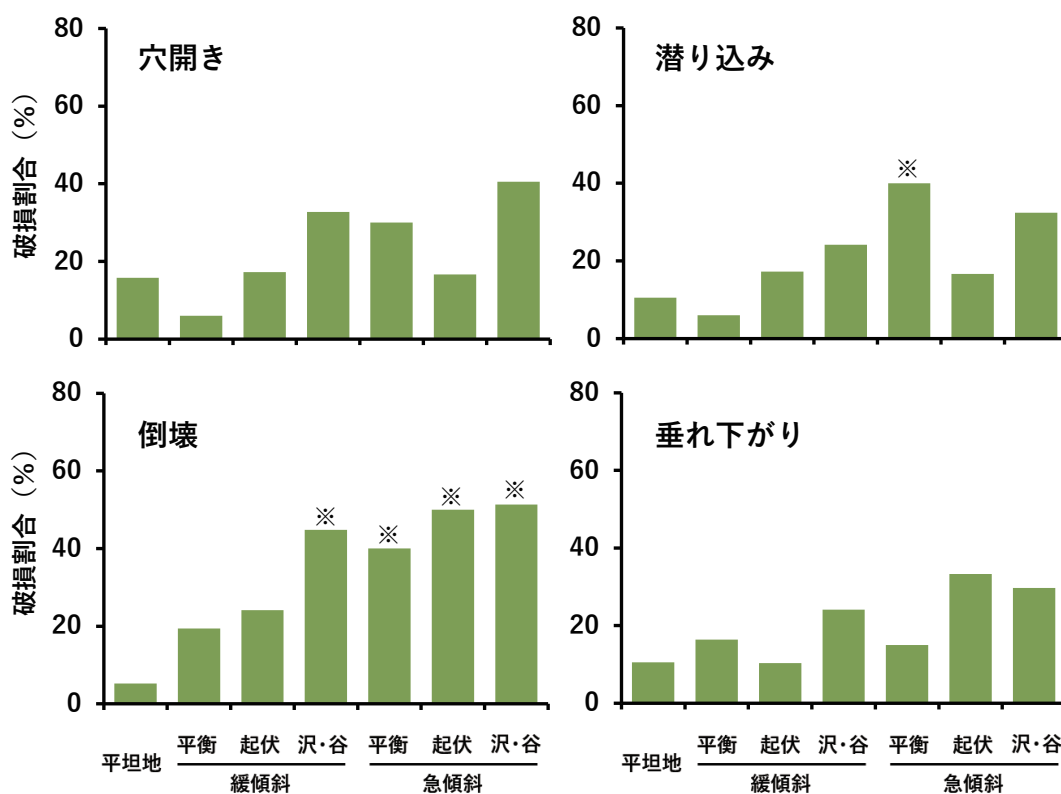


図4. 防鹿柵の破損形態・地形ごとの破損割合

※は平坦地と比較して有意に破損割合が高いことを示します (GLM; $p < 0.05$)。



単木保護資材の施工例 ー成功の鍵を探るー

野宮治人¹・大谷達也²・米田令仁²・安部哲人¹・金谷整一¹・山川博美¹

¹九州支所・²四国支所

九州と四国で単木保護資材の施工地を調べました。資材に破損がなくシカの影響がない場合には、スギの樹高は植栽から3～4年で資材の高さを超えています。一方、シカの影響がなくても、平均で8%の苗の枯損と5%の資材の破損がありました。また、シカによる資材の破壊やスギの主軸を資材から引き出す激害の発生を確認しました。激害の本数割合は施工地によって大きく異なっていて、被害の大きさを施工前に予測することが重要だと考えられました。

はじめに

日本で苗木を獣害から守るため現在のような単木保護資材の利用が始まったのは1990年代です。2012年頃からプラスチックシートを筒状に組み立てる保護資材（資材高140cm）が使われる事例が増えてきました。そこで、単木保護資材の特徴や効果を明らかにするため、九州と四国のスギが植栽された47施工地（2～7年生）で現状を調査しました。

単木保護資材を施工したスギの成長

保護資材に異常がなく、シカの影響がないと判断できたスギ（写真1）の平均樹高を図1に示します。植栽後3～4年で半数以上のスギで樹高が資材の高さを超えており、資材によってスギの成長が妨げられている様子はみられませんでした。

スギの枯死や資材の破損（シカ以外の影響）

枯れたスギの樹高は植栽時の苗サイズに近い50cm前後が多く（図2）、植栽初期に枯れたと推定されました。施工地では平均で8%（最大28%）の枯損を確認しました（図3）。保護資材内の特殊な環境（p.12）が影響した可能性もありますが、原因ははっきりしませんでした。

保護資材が斜めに傾くと、中のスギは傾いたまま成長します。そのため、資材の傾きを含めて

資材が破損することは、スギの幹形状の異常や枯損につながります。調査の結果、急傾斜で資材の破損率が高くなる傾向はありましたが、破損した資材の数は限られていました。そのような資材の破損は、平均すると各施工地で5%（最大27%）ほどみられました（図3）。

シカの影響

スギが保護資材の中にある間は、比較的シカの被害を受けることは少ないようです。スギが資材高を超えて少しの枝葉を食害されても、スギの成長や樹形に影響はないようでした。しかし、シカによって保護資材が破壊された場合には（p.22）、スギの多くは食害されて枯れました（図3）。また、スギが成長して保護資材の高さを超えた場合には、主軸を引き出される被害（p.22）がありました（図3）。このような枯死や樹形異常につながるシカ被害を激害と判断しました。

単木保護資材を設置したとしても、激害となった場所からほとんど被害の発生しなかった場所まで、被害率やその原因が様々であることがわかりました（図3）。あまりに被害が大きいと、将来の成立本数に影響があります。そのため、大きな被害が発生するかどうかを施工前に予測（p.28, 30）することが重要となります。

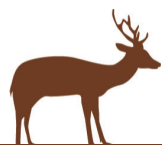




写真1. 保護資材を施工して3～6年生のスギの様子

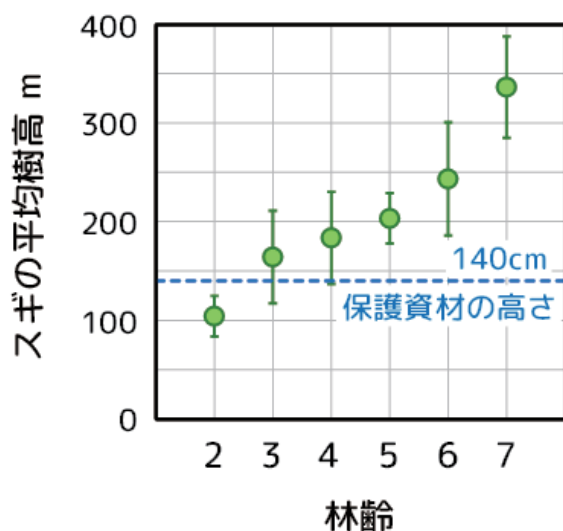


図1. 林齢とスギの樹高の関係

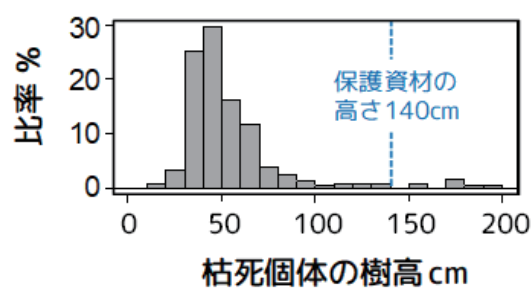


図2. スギ枯死個体の樹高分布

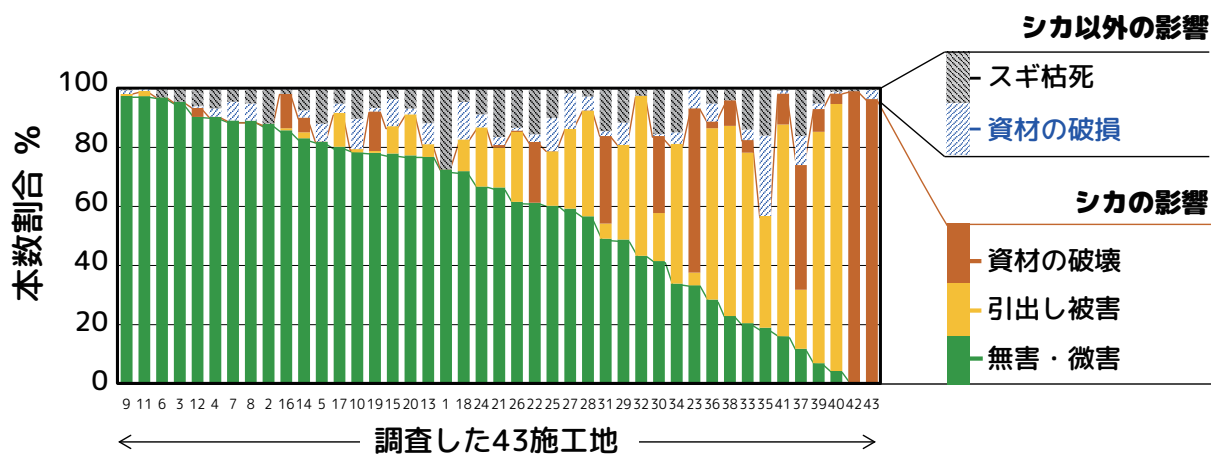


図3. 単木保護資材の施工地における資材の破損とスギの枯損およびシカ被害を受けた割合



単木保護資材をつけるとスギはどう育つ？

八木貴信

九州支所

スギの標準苗と大苗（植栽時の樹高が 70 ～ 100cm）に単木保護資材をつけ、植栽後 3 年間の成長を追跡しました。単木保護資材を施工したスギの第一の特徴は樹高成長の速さでした。植栽して 3 年後、施工木は形状比が非施工木のほぼ 2 倍になる一方、樹高は非施工木のほぼ 1.5 倍になりました。大苗植栽と下刈り実施も植栽木と周辺雑草木との競争の面で有利となりました。特に下刈りは施工木のシカ採食ライン突破を促進する上で効果的でした。

■ シカ影響を排除して成長特性を評価する

単木保護資材の性能把握のためには、シカを排除した状態で、保護資材が苗木の成長に与える影響だけを評価する必要があります。そこで、防鹿柵の中に植栽したスギ苗木に単木保護資材をつけ、植栽後 3 年間の成長追跡試験を行いました（表 1）。

■ 単木保護資材でスギはよく伸びる

単木保護資材を施工したスギの第一の特徴は樹高成長の速さでした。植栽当初、保護資材施工木と非施工木の樹高に違いはありませんでしたが、植栽して 3 年後、施工木の樹高は非施工木の樹高を大きく上回り、ほぼ 1.5 倍になりました（図 1 a）。1 年毎の樹高成長量も施工木が非施工木を上回りました（図 1 b）。植栽後 3 年目、施工木の年間樹高成長量は 2 年目に比べ大きく低下しましたが、それでも非施工木と同等以上の成長量でした。

単木保護資材を施工したスギの樹高成長の速さには形状比が関係します（図 1 c）。ここでの形状比は植栽木の（樹高） / （幹基部直径）の比で、形状比が高いと徒長していることを示します。植栽当初、保護資材施工木と非施工木の形状比に違いはありませんでしたが、植栽して 3 年後、施工木の形状比は非施工木の形状比を大きく上回り、ほぼ 2 倍になりました。これは、保護資材

が幹を支えてくれるので、光合成の稼ぎを幹肥大よりも樹高伸長に優先して使えたからです。

保護資材施工木も保護資材を抜け出た後は、幹が折れたりしないよう、樹高成長を犠牲にして肥大成長を促進しなければなりません。施工木は植栽後 2 年目に保護資材を抜け出し始め、3 年目で 36 個体中 31 個体が保護資材を抜け出しました（表 2）。これに呼応し、植栽 3 年後の施工木の形状比は 2 年後と同じか若干小さくなり、徒長が改善されつつあることがわかりました（図 1 c）。施工木の年間樹高成長量は今後さらに低下し、施工木と非施工木の樹高の違いが消えてしまうのか否か、この点は今後の追跡調査によって明らかにしていきます。

■ 大苗植栽と下刈り実施の効果

周辺雑草木との高さ方向の競争を有利にする上では大苗植栽（ここでの大苗の定義は表 1 を参照）と下刈りも有効でした（図 1 a）。シカ被害対策で重要なことは「植栽木の保護資材脱出」から「シカ採食ライン突破」までの期間の短縮ですが、この点で特に下刈りは効果的でした（表 2）。下刈りは、保護資材や施工木の維持管理のためのアクセス路を確保する上でも重要です。本試験では下刈りを筋残し刈りという省力的方法で実施し（表 1）、その有効性についても追跡中です。



表1. 単木保護資材を施工したスギ植栽木の成長追跡試験の概要

項目	内容
調査地	熊本県球磨地方の再造林地（標高約 530m）
植栽苗	1年生挿し木コンテナ苗（品種：アヤスギ） 育苗密度：育苗コンテナ（型番：OS300）の全セル使用
苗タイプ	標準苗（植栽時樹高：40～70cm）と 大苗（植栽時樹高：70～100cm）、両者は施肥などの育苗方法が異なる
保護資材	ポリプロピレン製円筒タイプ（下部に通気孔×3）、高さ 140cm
下刈処理	下刈実施区（年1回夏季）と無下刈区を設定 下刈方式：植栽後初期2年は全面刈、後期3年は筋残刈 ¹
反復数	苗タイプ×保護資材有無×下刈有無の8処理各々に9反復

¹ ここでの筋残刈は、植栽木の周囲を坪刈し、植栽列の間は一筋おきに刈残す下刈方式

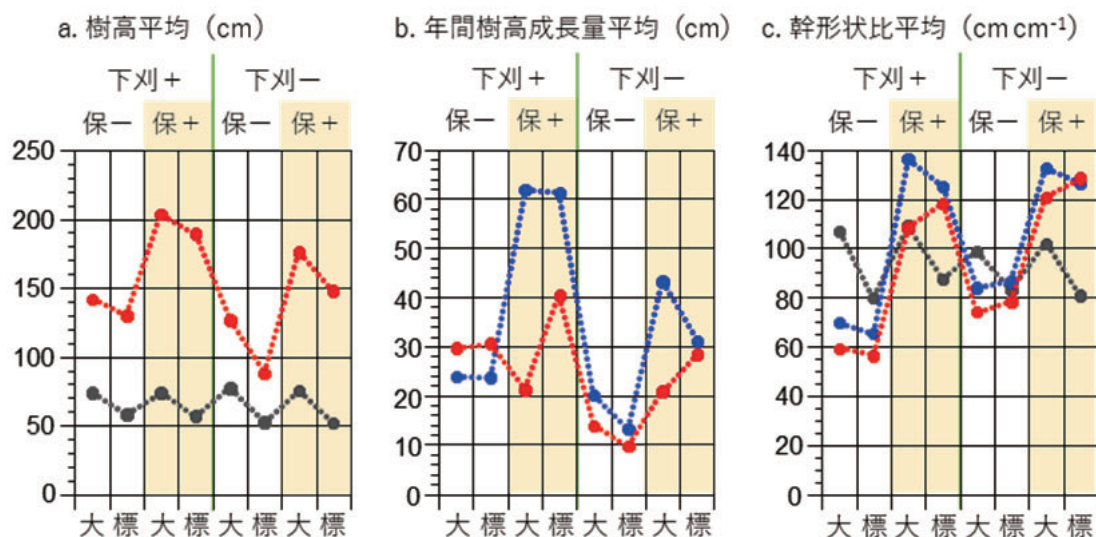


図1. 各処理区の植栽木の樹高 (a)、年間樹高成長量 (b)、幹形状比 (c) の平均値

「大」と「標」はそれぞれ「大苗」と「標準苗」の平均値を示す。「保」は「保護資材」を示す。「+」と「-」はそれぞれ「あり」と「なし」を示し、例えば、「保+」は「保護資材あり」を示す。各点は赤が植栽して3年後、青が2年後、灰が植栽時の平均値を示す。分かりやすさのために同時点の点は点線でつないだ。

表2. 植栽して3年後の単木保護資材施工木のシカ食害暴露状態¹

苗状態	下刈り実施		下刈り省略	
	大苗	標準苗	大苗	標準苗
単木保護資材未脱出（樹高 ≤ 140cm）	0	0	2	3
シカ食害暴露	1	1	0	5
シカ採食ライン突破（樹高 > 175cm） ²	8	8	7	1
合計	9	9	9	9

¹ 数字は各状態の施工木本数。非施工木に採食ライン突破個体はなし

² シカ採食ライン高 = 175 cm は、単木保護資材での食害は資材脱出部位に集中すると考え、大苗の食害回避樹高（155cm、p.18）より厳しく設定しています。175cm はこれまでの研究でシカの口が届く限界と考えられています。



単木保護資材内の微気象 ―筒の中は快適か―

米田令仁¹・大谷達也¹・八木貴信²・安部哲人²・野宮治人²

¹ 四国支所・² 九州支所

シカ食害を防ぐ単木保護資材の中の気温と湿度を測定しました。その結果、植栽苗よりも上部では気温が高く苗の水分が奪われやすい環境であり、葉が多い部分では気温の上昇が少なく苗の水分が奪われるような環境ではありませんでした。葉が多い部分では苗から出る水分によって気温の上昇が抑えられ乾燥状態になっていないと考えられます。そのため、少雨等による乾燥で水分が少なくなると苗全体が高温と乾燥にさらされるリスクがあると考えられました。

■ 単木保護資材の中は暑いのか？

単木保護資材は、食害を防ぐ効果が確認されている一方、実際に使用されている現場では「中が暑くなるんじゃないのか」「蒸れて苗の成長に影響するのでは？」という声を聞きます。そこで、比較的温暖な高知県内で単木保護資材（以下、保護資材）の中の気温と湿度を測定し、苗に影響する環境なのか検討しました。

■ 単木保護資材内部の気温はどれくらい？

植栽したスギの苗を保護資材で覆い、内部の気温と湿度を測定しました。その結果、図1の苗あり①では1年中、最高気温が外の気温より約10℃高く、最低気温はほぼ同じであることが分かりました。これは気温が35℃の時は内部の気温が45℃近くになるということになります（図2）。一方、図1の苗あり②の測定の結果は①とは異なり、外の気温より数度高い程度で、保護資材内の測定位置によって気温は大きく違っていました。

■ 単木保護資材内部の水分環境は？

気温の測定と同様に内部の湿度を測定しました。その結果、図1の苗あり①では外気とほぼ同じで、気温差が少ない図1の苗あり②では外よりも高い湿度であることが分かりました。この結果から、保護資材内部は暑く湿度が高い「蒸し

風呂」のような状態ではありませんでした。気温と湿度の値から飽差*を算出しました。一般的に飽差が大きいほど植物体の水分が空気中に奪われると言われていています。その結果、保護資材の内部では図1の苗あり①の飽差は外よりも高い値を示しました（図3）。

■ 苗にとってどんな環境？

スギを用いて光合成と気温の関係を調べた研究から、気温が40℃を超えると光合成による生産が無くなると言われています。そのため、夏は苗の上部では光合成による生産量が少なく、飽差が高いことから苗から水分が奪われやすい環境であると言えます。一方、「葉が多いところ（図1の苗あり②）」では気温上昇は少なく湿度も高く飽差の値も低いことから、苗の成長に影響する環境ではありませんでした。苗の無い状態の保護資材内部の測定では上記の測定値よりも気温が高く（図2）湿度も低かったことから（図4）、苗があることで苗から水分が放出され、気温の上昇も抑えられていると考えられました。そのため少雨などによる乾燥により苗から出る水分の量が少なくなると「葉が多いところ」の気温と飽差も上昇し、苗全体が高温と乾燥にさらされ生育に支障がでやすくなることが推測されます。

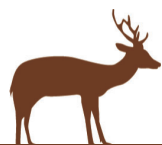




図1. 気温と湿度の測定位置

*飽差とは？

「空気中に含むことができる水蒸気の上限」と「実際に空気中に含まれている水蒸気」の差を飽差と言います。飽差が大きいとより多くの水分を空気中に取り込むことができる状態であり、植物体の水分が奪われる危険性があるため、乾燥によるストレスを調べる際には湿度ではなく飽差が指標になります。

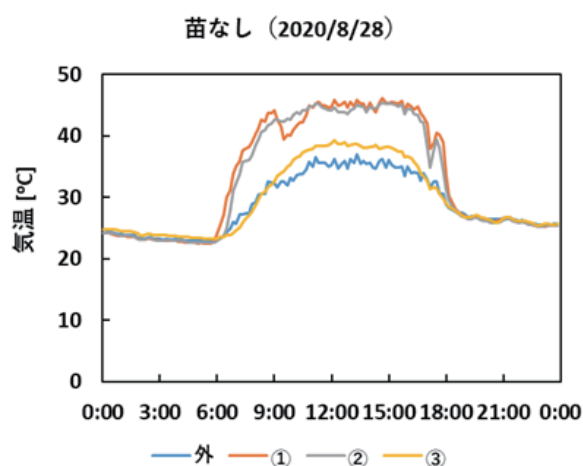
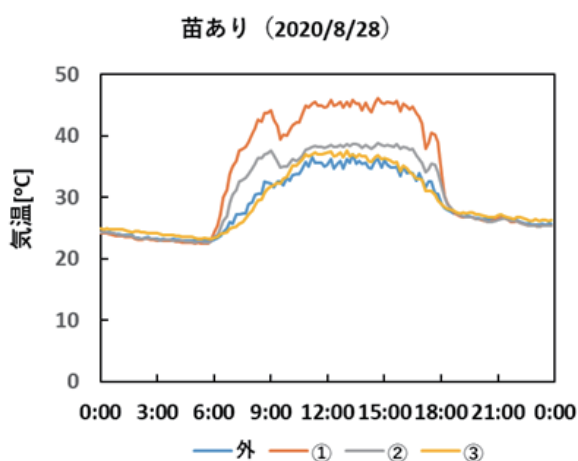


図2. 単木保護資材の内外の気温の日変化

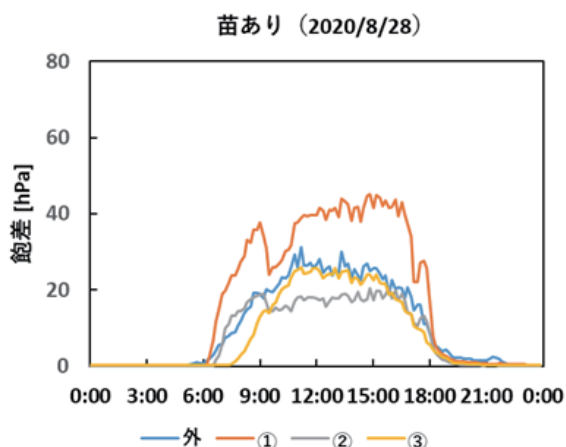


図3. 単木保護資材の内外の飽差の日変化

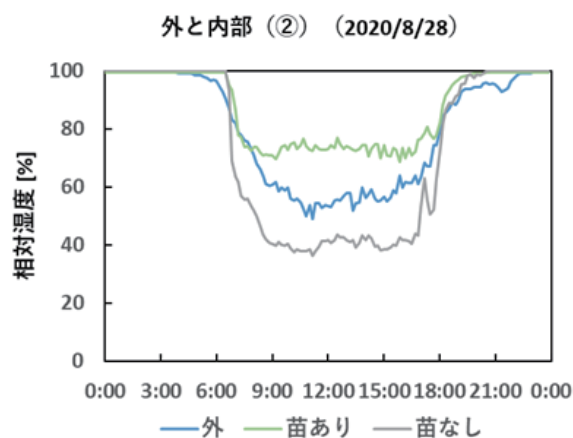


図4. 外と内部（②）の相対湿度の変化



単木保護資材の効果と限界－世界の文献調査から－

安部哲人

九州支所

単木保護資材の特性を理解するため、世界の文献情報をまとめました。その結果、単木保護資材は動物による食害を防ぎ、枯死率や樹高成長を改善する効果がありました。一方で、枯死率や樹高成長に関しては例外も少なからず存在していました。単木保護資材はシカ被害防護に関して万能なデバイスではなく、内部に特殊な気象条件が形成されることから、その条件に適した樹種や内部に適した条件となる立地で用いることが重要です。

方法

調査は英語と日本語の文献で、ウェブ検索と、それにより入手した文献の引用文献リストから得た約 350 本を対象としました。これらの文献から、単木保護資材の仕様や苗への効果、保護資材内部の気象条件等の情報を整理しました。

使われている地域と仕様の特徴

単木保護資材はアメリカやヨーロッパを中心に世界各地で利用されていました(図 1)。温帯域で広葉樹に用いる事例が最も多く見られました。極端に暑い場所や寒い場所ではリスクがあり、針葉樹の事例は少ないため、スギ・ヒノキへの適用は慎重に判断する必要があります。

単木保護資材には素材、高さ、構造、色など様々な仕様がありました。通気口のないプラスチック製単木保護資材は換気が悪く、温室効果で日中の気温が上昇し、最低湿度も高い傾向がありました。単木保護資材の高さや直径は苗の成長に影響しませんが、食害防止には動物の体サイズに応じた高さが必要とされていました。海外で使われる色つきの資材は内部の光量が減って温度上昇が抑えられ、壁面に通気口がある単木保護資材でも内部の最高気温の上昇を抑える働きが確認されました。通気口なしの単木保護資材で成績が悪い場合は、異なる仕様の資材を検討してもよいでしょう。

単木保護資材の効果と不適地

食害率はほとんどの事例で改善されていました。また、多くの場合、苗の枯死率は非設置区と比べて減少し、伸長成長は促進、直径成長は抑制されていました。ただし、枯死率や伸長成長、直径成長への効果は樹種や立地によって例外も多いことがわかりました(図 2)。特に、冬期の気温が低い寒冷地(通気口なし単木保護資材の内部では日中の気温が高くなるため苗の耐寒性が低下する)、風の強い風衝地、日当たりが悪い林縁やギャップ(単木保護資材が白色でも内部の光量が半分程度に低下する)では単木保護資材の使用は避けた方がよさそうです。

まとめ

シカ食害防護に対し、単木保護資材は万能のデバイスではありません。食害防護はできるものの、枯死率や成長量は期待された結果にならない場合があります。これは、学術論文では効果を非設置区との比較で評価しますが、経営が厳しい日本の林業では一段と高い成功率が要求されるためです。海外の事例を勘案すると、ニホンジカには高さ 150 ～ 170cm 以上の単木保護資材が望ましく、加えて施工地での単木保護資材内の微気象が、樹種の生育条件の範囲内かどうかを検討する必要があります。



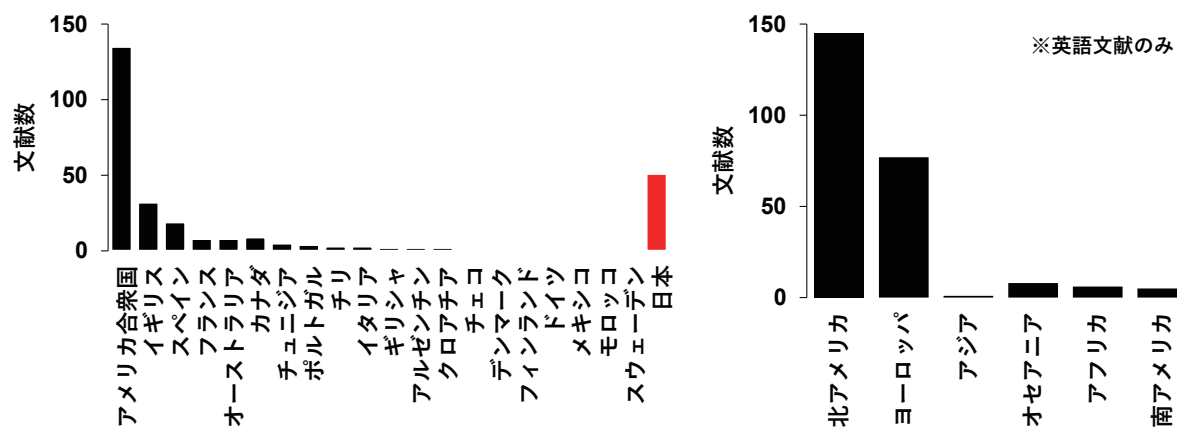


図1. 単木保護資材に関する研究が行われた国と地域

※「日本」は全て日本語文献による。

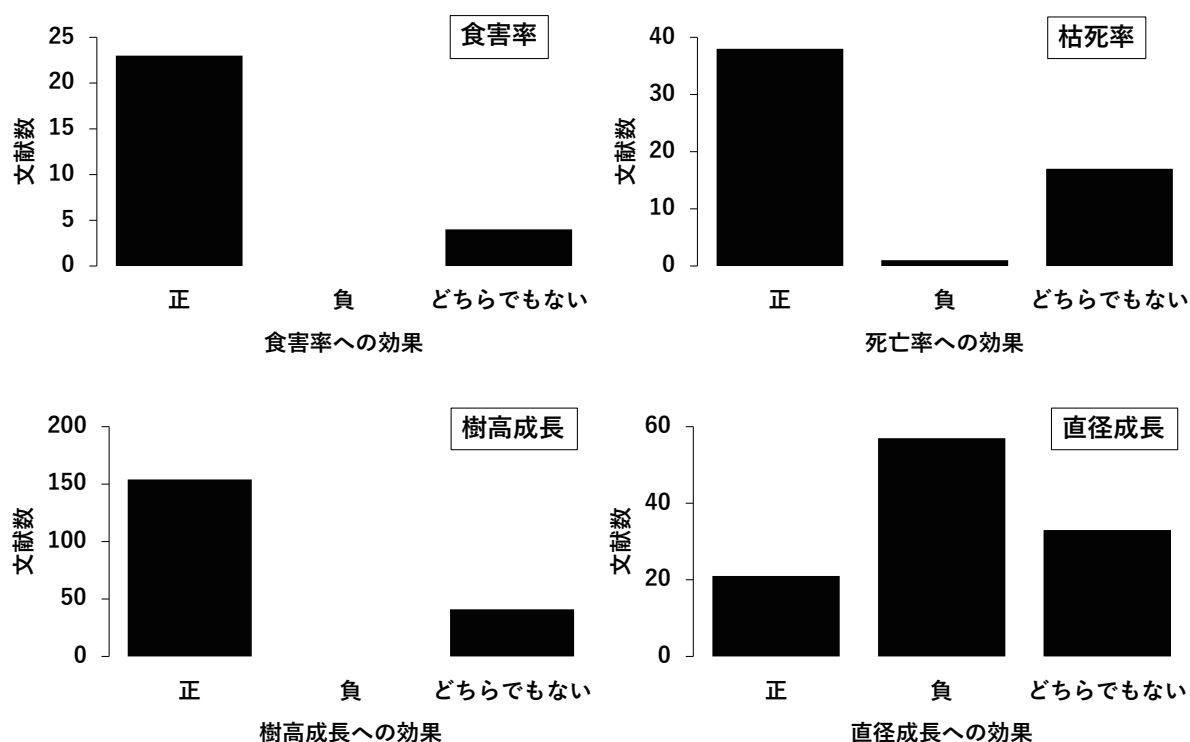


図2. 単木保護資材による食害率、枯死率、樹高成長、直径成長への効果

※「どちらでもない」は複数種または複数サイト間で結果が一致しない場合



コラム かつての単木保護資材施工地は今

柳本和哉（長崎県農林技術開発センター森林研究部門）・野宮治人（九州支所）

単木保護資材は日本に導入されてから 25 年ほど経過しましたが、設置後の経過について調べられている事例はほとんどありません。長崎県対馬市上県町の導入初期の単木保護資材施工地で資材の撤去作業と間伐が実施される機会を利用して調査を行いました(写真 1)。現地は平成 11 年 3 月に 0.2ha の治山事業が行われたヒノキ造林地(調査時は 20 年生)で、ヒノキに高さ 140cm のポリプロピレン製単木保護資材が設置されていました。

単木保護資材の設置を確認できたヒノキ 198 本を調べたところ、生存個体 143 本(72%)の平均樹高は 8.2m、単木保護資材直上(140cm 高)の平均直径は 12.7cm でした(図 1)。そして、ヒノキ個体の 30 本(15%)が消失、25 本(13%)が枯死または倒伏していました。消失は施工後の早い段階でヒノキが枯れたもの、倒伏は調査地の一部で地すべりが発生した影響と考えられます。

単木保護資材が施工当時のままに残っているヒノキは小径の個体に集中していました(図 1)。また、ヒノキの生存個体のうち成長の良かった個体を中心に 90 本(63%)で単木保護資材は裂けて破れたり(写真 2)、幹から脱落していました。筒状に成形された単木保護資材は、撤去の際に資材を切り開く必要がありますが、調査林分では撤去のタイミングが少し遅かったのかもしれません。

成長して単木保護資材が脱落したヒノキ 7 個体をシカが剥皮していました。調査地付近のシカ推定生息密度は施工当初に 4.7 頭 /km² だったものが、現在は 50 頭 /km² と大幅に増えています。単木保護資材で植栽木をシカ被害から守ることができる期間は限られるので、資材を撤去した後のことも考える必要があります。



写真 1. 単木保護資材施工地の様子

写真 2. ヒノキの直径成長で単木保護資材が裂けている様子

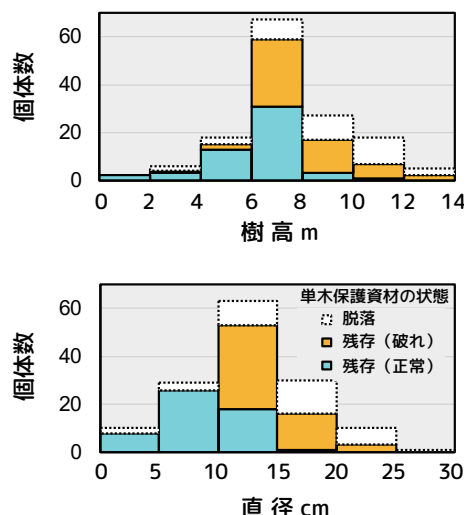


図 1. ヒノキ生存個体 143 本の樹高分布（上図）と直径分布（下図）

単木保護資材の状態（正常、破れ、脱落）を分けて示す。直径は高さ 140cm で測定した。



コラム 市町村によるシカ被害対策への補助事業

志賀 薫（林業経営・政策研究領域）

国の公共事業である森林整備事業では、シカなどの野生鳥獣の被害から植栽木を守るための防鹿柵等の整備に対する補助が行われています。それに加えて地方自治体が独自に実施している補助事業もあります。そこで、市町村独自の造林初期に植栽木をシカから保護するための対策に補助をする事業の実施状況や該当する事業導入の理由を明らかにするため、九州、四国の市町村の林務担当者に対してアンケート調査を実施しました。

アンケートには、216（回収率 66%）の市町村にご協力いただくことができました。そのうち、13%の自治体で該当する事業を実施しているとの回答がありました。補助の対象となる対策や補助率は自治体によって異なり、中には、国、県、市町村の補助事業を活用すると事業費の100%が補助されることになる自治体もありました。「シカ被害の深刻度についての認識」を尋ねたところ、「被害なし」：36%、「被害があるが対策は必要ない」：4%、「被害があり、対策が必要。対策で被害を防げている」：8%、「被害があり、対策が必要。対策しても被害は出る」：13%、「わからない」：25%という結果となりました。これと事業の実施状況との関係を見てみると、「被害があり、対策が必要」とした自治体の4割で独自の事業を実施していることがわかりました（図1）。また、事業の導入の理由（複数回答可）では、「自治体内で鳥獣害が拡大した」が最も多く、「国や県で鳥獣害対策を含む補助事業が開始された」、「事業体や所有者からの要望」が続きました。複数の理由を挙げた自治体も見られました。

地域のシカ被害の深刻さに加え、国・県の動向や林業関係者の意見により、市町村に対策の必要性が認識されたことが、補助事業を導入する契機となっていました。このことから、地域に根差した対策を打つためには、関係者が連携しシカ被害の情報共有をすることが重要であると考えられます。加えて、4分の1の市町村が「シカ被害の状況がわからない」としており、シカの生息状況やシカ被害に関する、更なる情報収集と共有が求められているといえます。

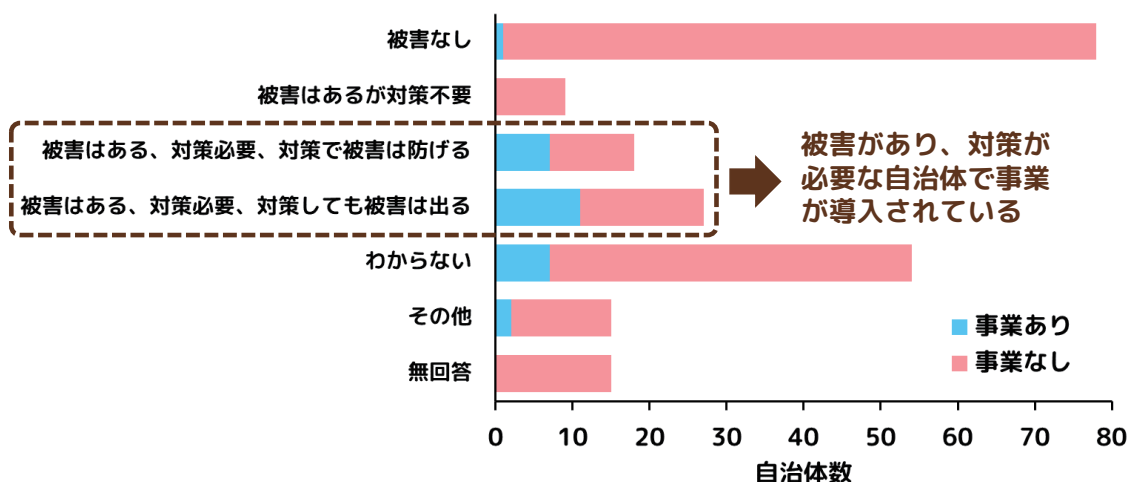


図1. シカ被害深刻度の認識と市町村独自事業の実施状況との関係

防鹿柵

単木保護

大苗植栽

被害予測

コスト

対策の選択



シカ被害対策に必要なスギ大苗のサイズ

桑野泰光¹・池田華優¹・野宮治人²

¹ 福岡県農林業総合試験場・² 九州支所

シカによる主軸の食害を回避できるスギ大苗のサイズを明らかにしました。様々なサイズの大苗（樹高：80～245cm：平均151cm）をシカによる激害が発生する地域に植栽し、食害状況と樹高成長の経過を観察しました。その結果、大苗によってシカによる主軸被害を回避するためには、植栽時の樹高155cm以上が目安となることが明らかとなりました。

大苗によるシカ被害対策とは？

一般的な苗木のサイズは、樹高40～70cmのものが多く、この高さではシカによる食害を免れることができません。言い換えれば、シカの口が届かない大きさの苗を植栽することで、伸長成長が阻害される主軸の食害を回避することが可能となります。また、大苗植栽では、角こすり被害への対策(p.20)を取ったとしても、防鹿柵や単木保護資材に比べて資材の撤去費用がかからないメリットがあります。そこで、シカによる主軸の食害を回避できる大苗のサイズを明らかにするために植栽試験を行いました。

シカの食害を回避できる大苗のサイズ

調査は、シカの密度が20頭/km²以上で被害対策なしではスギの成長が見込めない福岡県東峰村で行いました。使用したスギ大苗は、最小80cmから最大245cm（平均151cm）の3年生の実生苗で272本植栽しました。

シカによる食害状況とスギの樹高成長の経過を6年間にわたり観察したところ、次のことが明らかとなりました(図1)。植栽時点の樹高が100cm未満の場合は、主軸の食害を受け続けていたため正常な成長は期待できませんでした(写真1)。他方、樹高が約155cm以上であれば、主軸の食害を回避できる可能性が高いことがわかりました。また、その中間サイズ(100～

155cm)では主軸の食害を受けるものの早期あるいは数年で回復する可能性があることがわかりました(写真2)。この結果から、シカによる被害を回避するために必要な大苗のサイズの目安は155cmであるといえます。

大苗植栽の実証試験

サイズ別植栽試験の結果を実証するために、新たに3か所の植栽試験地を設定しました。平均156cm(134～209cm)のスギ大苗を100本ずつ合計300本植栽し、食害状況と樹高成長経過について3年間観察しました。2か所の試験地では、植栽した大苗の88%が主軸の食害を回避し順調な樹高成長を示しました。主軸の食害を受けた10本の苗(5%)もすぐに樹高成長を回復させ同様の成長を示しています。

しかし、1か所の試験地では、苗の主軸の先端部分が折られる被害(主軸の折損被害)が77%発生しました。主軸の折損被害を受けた苗の樹高は平均130cmまで低下したものの、3年が経過した時点で63%が伸長成長を再開させています(写真3)。主軸の折損被害が発生する要因は明らかにできませんでしたが、シカ影響レベル(p.30)の高い場所では、たとえ大苗であってもこのような被害が発生することがあり注意が必要です(p.32)。





写真1. シカの食害により伸長成長が阻害されている、植栽時の樹高が100cm以下だったスギ



写真2. 主軸の食害を受けたものの芯変わりにより成長を回復させたスギの樹形

白線より上部は食害の影響を受けずに成長



写真3. 主軸の折損被害を受けたものの芯変わりにより伸長成長を再開させているスギ

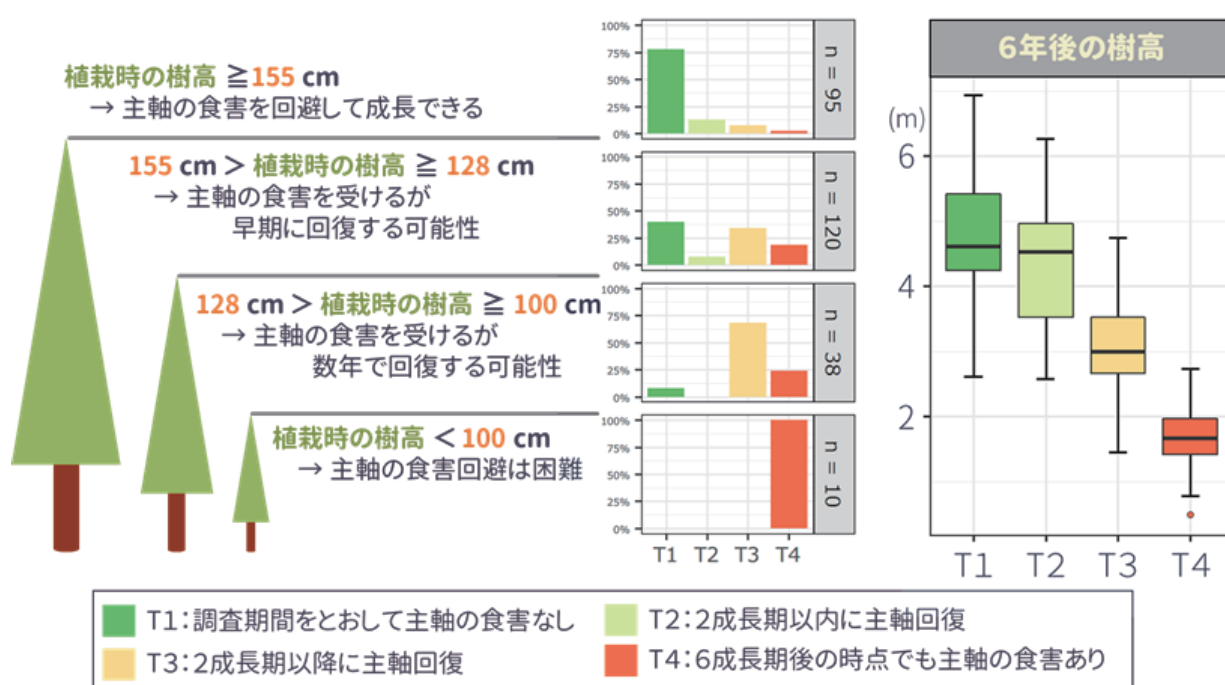


図1. 植栽時の樹高による食害タイプ（T1～T4）の分類（左）および大苗を植栽して6年後の食害タイプ別樹高（右）



大苗の角こすり被害をネットで防ぐ

野宮治人¹・桑野泰光²

¹ 九州支所・² 福岡県農林業総合試験場

植栽したスギ大苗の樹皮をオスジカが角で傷つける「角こすり被害」によって大苗が枯れてしまうことがあります。角こすり被害は緩傾斜で多く発生し、被害は地上高 15～70cm を中心として最大 95cm に達することがわかりました。大苗の下部 70cm をネットで保護することで、角こすり被害の発生を軽減させることができました。大苗を緩傾斜で植栽する際には、ネットで幹を保護して下端をしっかりとめておくことが有効です。

■ 角こすり被害とは

植栽木の樹皮が傷つけられる剥皮被害には、樹皮（正確には内樹皮）を食害される剥皮採食被害と、オスジカが植栽木の幹に角をこすりつけて樹皮が傷つけられる「角こすり被害」があります。角こすりはオスジカが自分のなわばりを示すためのマーキング行動だと考えられています。大きな木の幹を傷つけることもありますが、150cm 程度の大苗を植栽した場合にも、角こすり被害が発生します。大苗植栽の場合には剥皮採食被害よりも角こすり被害の発生頻度が高いようです。植栽直後の大苗は幹の根元直径が 1～2cm 程度と細いので、角こすりによって全周の樹皮が剥げる可能性も高く（写真 1）、そうになるとスギは枯れてしまうので、被害の発生が予想されるなら対策が必要になります。

■ 緩斜面で発生しやすい

防鹿柵をしないでスギの大苗を植栽した大分県の国有林（写真 2）で、角こすり被害の調査をしました。同一斜面に植えられた大苗 590 本のうち 82 本（14%）が角こすり被害を受けており、20 度以下の緩傾斜に限ると被害割合が 37% と高いことがわかりました（図 1）。緩傾斜で角こすり被害が多いのは、オスジカのマーキングに関する特性かもしれません。また、主軸の地上高 15～70cm を中心に最大 95cm までが角こすり

によって被害を受けており（図 2）、被害個体の 32% は全周を剥皮されていました。

■ ネット資材で角こすりを防ぐ

角こすり被害を防ぐ効果を調べる目的で、100 本の大苗に対して 3 種類のネット（写真 3）で苗の下部 70cm を保護する試験を 4 か所で実施しました。資材 A（ポリ乳酸繊維）はネットの強度が高く硬い素材でしたが、資材 C（伸縮性のあるポリエチレン繊維）は柔らかく、資材 B（ポリエチレン繊維）はその中間でした。その結果、何も対策をしなかった大苗は平均で 30% が角こすり被害を受けたのに比べて、資材 A では 2%、資材 B で 12%、資材 C で 18% の被害に抑えられ、一定の効果がありました（図 3）。

試験に使ったネットでは資材 C の成績が良くありませんでした。資材 C は角でこすられてネットが破れることも多く、強度が不足していました。加えて劣化が早く 3 年目には分解するものが多くみられました。また、資材 A や B で被害を受けたスギは、ネットが上に引き上げられた状態で被害を受けており、ネットの上から角でこすり上げられたと考えられます。そのため、角こすり被害を防ぐためには、ネットの強度に加えて、ネットが引き上げられないようにネットの下端を固定する工夫が必要だとわかりました。

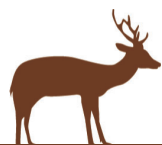




写真1. 角こすり被害で枯れたスギ大苗



写真2. スギ大苗を植栽して2年後の様子

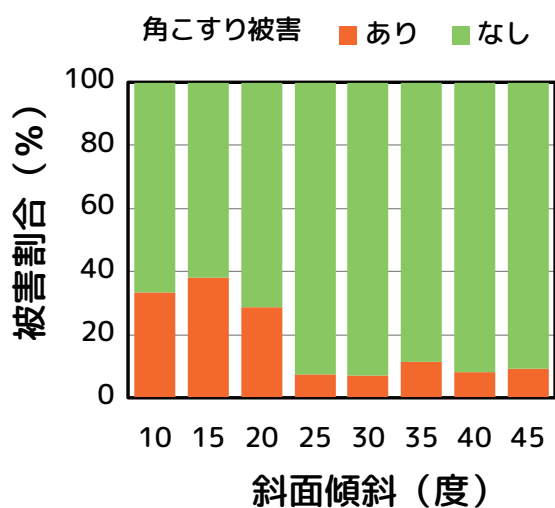


図1. 斜面傾斜と角こすりの被害割合

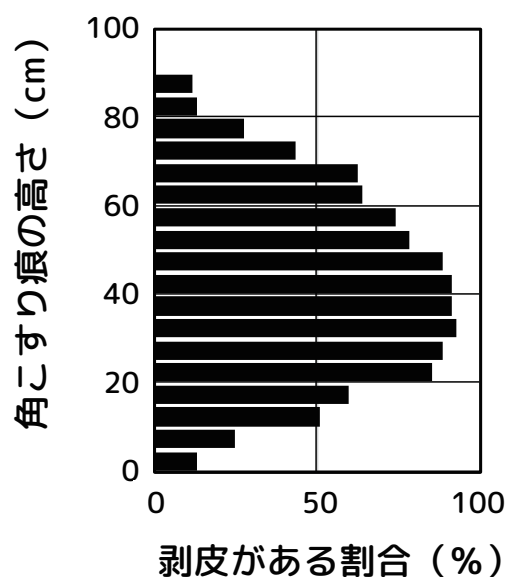


図2. 角こすり痕の高さ分布

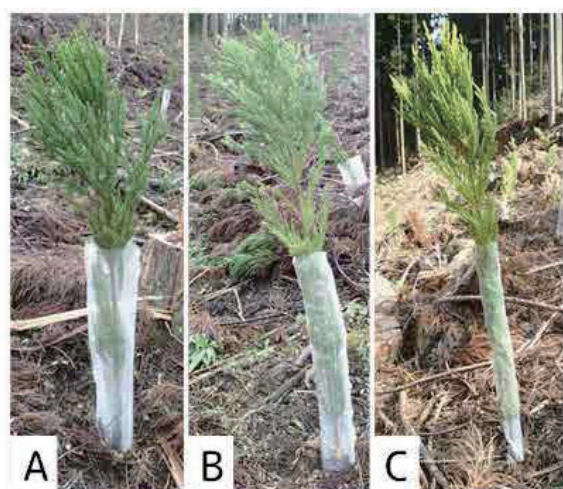
A: ポリ乳酸繊維、B: ポリエチレン、
C: ポリエチレン（柔らかく伸縮性あり）

写真3. 3種類のネットで保護したスギ大苗

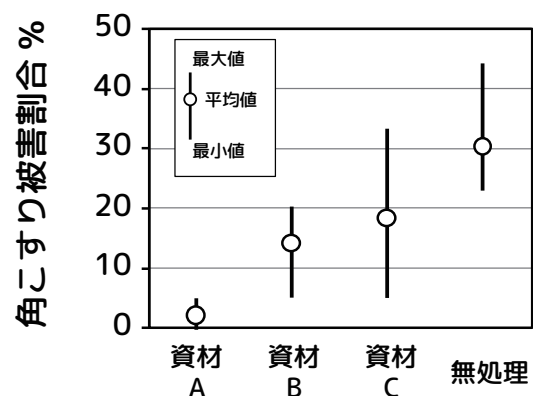


図3. 4試験地の大苗に対する角こすり被害割合



シカ被害における激害とは？

野宮治人

九州支所

造林木は、シカに食べられたりオスジカのマーキング行動によって樹皮を傷つけられたり様々な影響（被害）を受けます。本プロジェクトでは、シカによる被害のなかでも将来的に正常な植栽木の成長が見込めないような被害を「激害」と定義しました。防鹿柵や単木保護資材では枝葉が餌として食べられる被害が多く、大苗では角こすり被害が多いなど、被害対策によって特徴が異なります。それぞれの特徴的な激害を写真で紹介します。

■ シカ被害における「激害」とは

シカによる被害は、植栽木の枝葉をシカが餌として食べる被害が一般的ですが、樹皮（正確には内樹皮）も餌として食べることがあります。樹皮に対しては、オスジカが角で樹皮に傷をつけてマーキングをすることもあり、「角こすり被害（p.20）」と呼ばれます。

その他にも、シカの口が届かない上部の枝葉を採食するために、主軸を口で折り曲げることがあり、「主軸折り被害」と呼ばれます。

これらのうち、シカの影響で植栽木が枯れたり、将来的に正常な成長が見込めないような被害を、本プロジェクトでは「激害」と定義しました（写真 1～13）。ここでは、それぞれの被害対策の中で発生する特徴的な激害を紹介します。

■ 防鹿柵

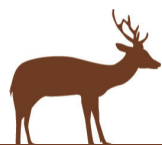
柵が破損してシカが林地に侵入することで被害が発生します。主な被害はスギの枝葉が食害されることですが、多少の枝葉を食べられた程度ではスギは自然に回復し成長を続けます。しかし、植栽直後に食害されると影響が大きく、苗が棒状になり（写真 1）、枯れることもあります。また、長く被害を受け続けると盆栽のような樹形となり成長が停滞します（写真 2、3 は 5 年生のスギです）。写真 2 のように林分全体に被害が発生する場合もあります。

■ 単木保護資材

スギが保護資材の中にある間は、シカの影響を受けにくいですが、その保護資材を壊して中のスギが食害されると（写真 4、5）、多くの場合スギは枯れてしまいます。保護資材が壊されなければ、資材高を超えた枝葉が食害されますが、多少の食害であれば成長に問題はありません。しかし、資材高を超えた枝葉が頻繁に食害されると、資材の上端で盆栽状になり成長できなくなります（写真 6）。また、資材高を超えた主軸や枝を引き出されると、保護資材の噛み合わせ部分に引っかかって元に戻らなくなることがあります。この状態を「引出し被害」と呼ぶことにします（写真 7、8）。この被害の後で主軸が交代して樹形が回復する場合もありますが、そのまま成長すると、幹が折れ曲がった樹形（樹形異常：写真 9、10）になります。

■ 大苗植栽

大苗も枝葉を食害されますが、主軸に被害を受けなければ成長に問題はありません。しかし、主軸を折られると（写真 11）樹高成長が著しく遅れます（p.18）。また、大苗を植栽して数年の間に角こすり被害を受けることが多く、その場合に樹皮の全周を剥がされると枯れてしまいます（写真 12、13）。



防鹿柵内で発生した激害



写真1. 植栽直後に食害されて棒状になったスギ

写真2. 防鹿柵が破損した造林地で盆栽状になった5年生のスギ（写真3. 拡大図）

単木保護資材で発生した激害（1）



写真4. 単木保護資材を外されて食害されたスギ

写真5. 単木保護資材の噛み合わせ部分から引き出されて食害されたスギ

写真6. 単木保護資材の高さを超えた枝葉が食害されて盆栽状になったスギ



単木保護資材で発生した激害（２）



7



8



9



10

写真 7. 引き出されて食害されたスギ
（資材の噛み合わせ部分に引っかって元に戻らない）

写真 8. 引き出されて折られたスギ

写真 9-10. 引き出されて曲がったままで成長したスギ（樹形異常）

大苗植栽で発生した激害



11



12



13

写真 11. 主軸を折られたスギ大苗

写真 12-13. オスジカに角こすりで樹皮を剥がされたスギ大苗



コラム シカ被害の経年変化と空間分布

鈴木 圭（九州支所）

ここ数十年間で、シカによる林業被害は急増しました。しかし、林業被害は九州の全域で一律に起こっているわけではありません。そこで、新たに造林するときに被害を受けにくい場所を探す目安となるように、防鹿柵が設置された5年生以下の若齢造林地の被害状況を地図化しました(図1)。

地図に示される推定被害割合は、実際の被害割合(植栽面積に対する被害面積)と植栽からの年数や緯度経度データを用いて、一般化加法モデルという統計手法で空間的に表示しました。これによって、被害の面的な経年変化をみることができます。なお、実際の被害割合は、2018年に338か所のスギ・ヒノキ植林地で森林整備センターによって調査されたデータを使用しています。

推定被害割合は造林した年から経年的に増加し、特に2年目以降に多くの被害が出た地域がいくつかあります。1年目に被害が出なかったからといって油断はできません。2年目以降に被害が多く出た地域が、被害が出やすい地域の良い指標になるようです。そして、推定被害割合が非常に高い、いくつかのコアエリア(赤色)もみつかりました。これらのコアエリアはシカの生息密度が高い地域と概ね一致しており、こういった地域やその周辺に植栽すると被害が拡大しやすいので特に注意が必要です。

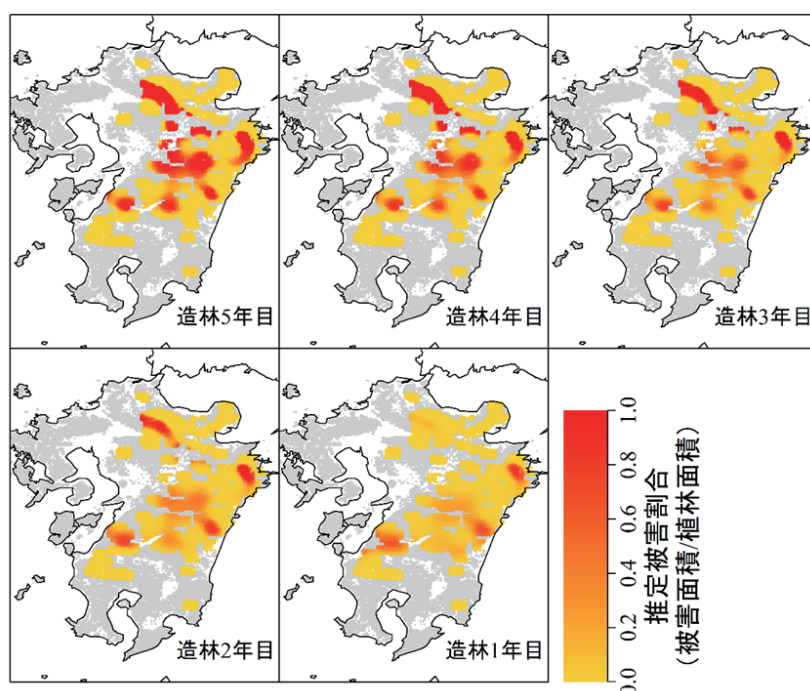


図1. 植林1～5年目のスギ・ヒノキ造林地の推定シカ被害マップ

推定被害割合は、あくまでも統計的に算出された値ですので、推定被害割合が低い地域で必ずしも被害が無いということではないので注意してください。

本研究の詳細は Suzuki et al. (2021) Large-scale spatial distribution of deer browsing damage to young tree plantations. iForest, 14(1):34–40. にて公表されています。

防鹿柵

単木保護

大苗植栽

被害予測

コスト

対策の選択



シカ生息密度マップーシカの多い場所はどこ？ー

近藤洋史・山川博美

九州支所

九州・四国地方のニホンジカが、どこに、どのくらい生息しているのかをわかりやすくするために、シカの生息密度地図を作成しました。九州でシカの生息密度の高い地域は、福岡県と大分県の県境部、大分県と宮崎県の県境部、熊本県と宮崎県の県境部などでした。四国では、徳島県から高知県、高知県から愛媛県にかけて、生息密度の高い地域が広がっていることがわかりました。

はじめに

シカによる森林被害の対策を考えるには、その地域に、シカがどのくらい生息しているのかを把握することが重要です。そこで、九州・四国地方のシカ生息密度地図を作成しました。

地図の作成に使用したデータ

九州地方では、シカの生息域が連続している福岡県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県の5県の九州本島を対象とし、各県で実施されている「糞粒法」による推定密度を利用しました。佐賀県には、現在のところ、広域的な生息が観測されていません。長崎県にもシカは生息していますが、これら5県のシカ生息域と連続していないため、今回の研究対象から除きました。

四国地方では、徳島県、香川県、愛媛県、高知県の島しょ部を除いたエリアを対象とし、県が公表している「推定生息数」を「捕獲数」で補正した推定密度を利用しました。

九州・四国地方ともに、2015年度のデータを使用して、1km²あたりのシカ生息数を生息密度として算出し、地図にしました。

九州地方のシカ生息密度分布

九州地方で、シカ生息密度の高い地域は、研究対象である5県に大きく広がっています(図1)。特に、福岡県と大分県の県境部、大分県国東

半島、大分県と宮崎県の県境部、熊本県中央部、熊本県と宮崎県の県境部、宮崎県中央部から南西部、鹿児島県北部から北西部に生息密度の高い地域が広がっていることがわかりました。

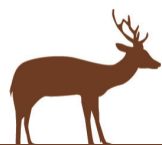
また、推定された生息密度が植栽木のシカ被害度(p.30)と一致しているか検証するため、防鹿柵を施工した造林地のシカ被害度とシカ生息密度との関係を解析すると、生息密度が5～10頭/km²を超えると「被害なし」と「微害」を含んだ軽微な被害の割合が減少し、「激害」の割合が増加することがわかりました(図2)。

四国地方のシカ生息密度分布

四国地方のシカ生息密度分布地図を図3に示しました。推定密度の算出方法が異なるため、九州の地図とは単純に比較できませんが、生息密度の高い地域は、徳島県全域、高知県東部の徳島県との県境部、高知県西部から愛媛県南部の県境部であることがわかりました。

まとめ

九州・四国地域のシカ生息密度地図を作成しました。この地図によって、地域的なシカ生息状況を確認することができます。また、生息密度が5～10頭/km²を超えるような地域では(図4)、シカによる被害リスクが高いため、防鹿柵などを設置したとしても注意が必要です。



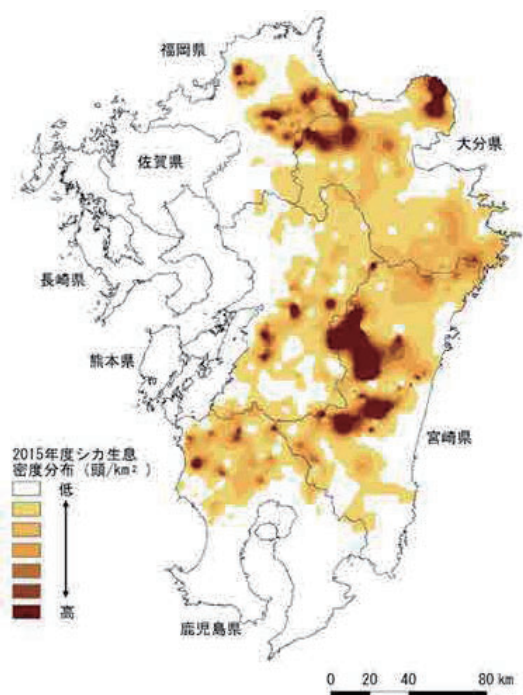


図1.九州の2015年度シカ生息密度分布

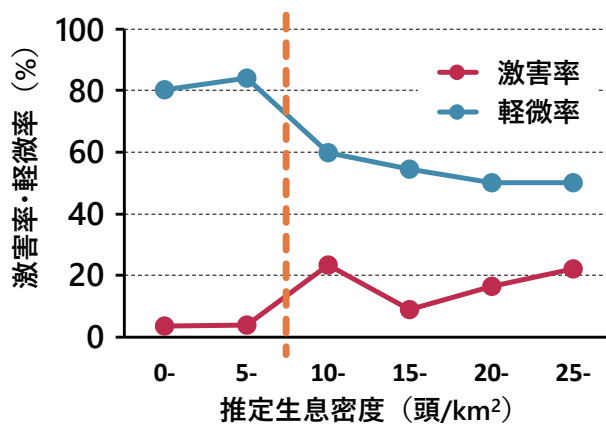


図2. 推定生息密度と防鹿柵施工地でのシカ被害度との関係

5～10頭を超えると軽微率(被害なし+微害)が減少し、激害率が上昇する。

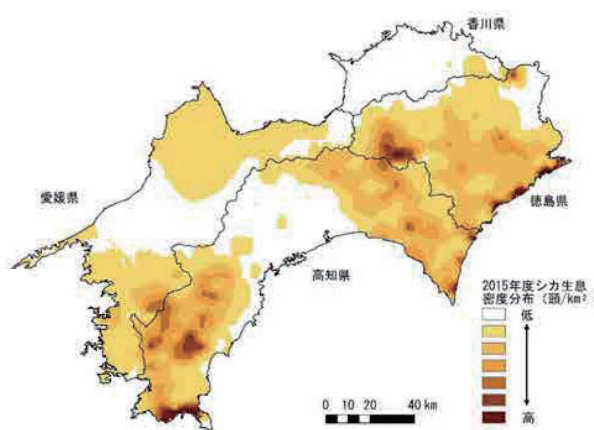


図3.四国の2015年度シカ生息密度分布

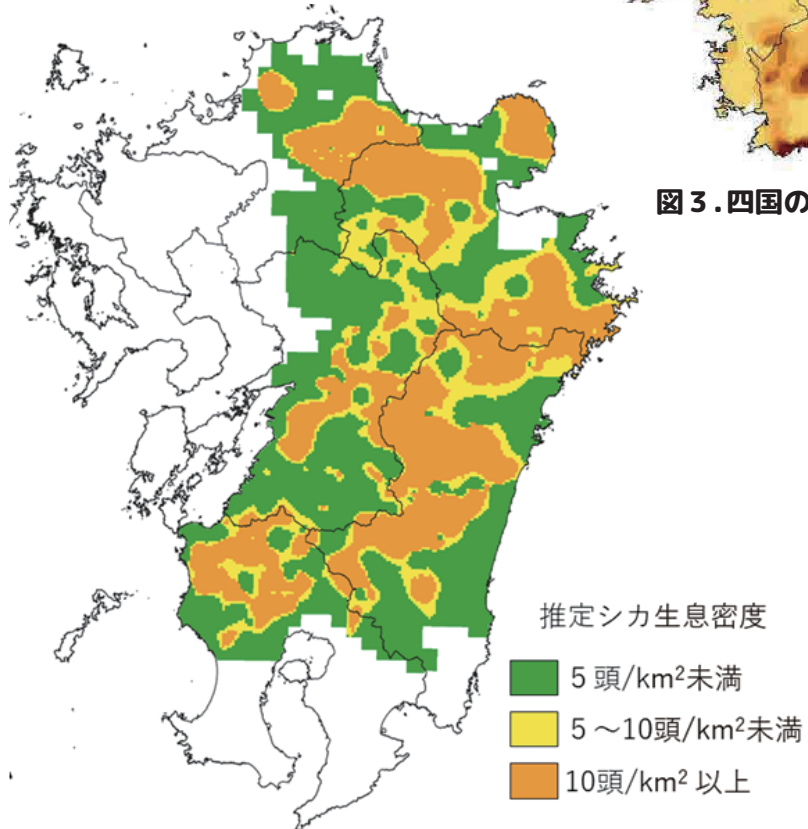


図4. 推定生息密度5～10頭/km²以上の地域



シカの食痕で植栽木被害リスクを推定できる

大谷達也¹・米田令仁¹・野宮治人²

¹ 四国支所・² 九州支所

シカの痕跡を簡易に調べて、皆伐地へのシカ出現頻度、さらに植栽木被害のリスクを推定できる方法を開発しました。皆伐地での痕跡調査、自動撮影カメラによるシカの記録、および単木保護資材施工地での植栽木被害の調査をおこないました。皆伐地の辺縁部でシカに食べられた下草（食痕）を見つけて「食痕スコア」を計算することによって、シカの出現頻度を推定でき、さらに単木保護資材を施工した造林地が激害となる可能性を評価できます。

■ 皆伐地でのシカの痕跡調査

植栽木をシカから守る対策を施す前に、その皆伐地にどれほどのシカが出現するのかを知ることが重要です。本研究では、皆伐地を利用するシカの出現頻度が単木保護資材で防護できるレベルかどうか、簡単に判断できる方法を開発しました。ここで重視したのは、「特殊な器機を使わず誰でも簡単にできる」ということです。そのため、皆伐地の辺縁部を歩き、フンや足跡、シカに食べられた下草（食痕）を見つけるという方法を検討しました。

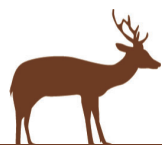
■ 食痕でシカの出現頻度を推定する

皆伐地の辺縁部3か所で50mずつ合計150mを歩き、5m小区画ごとに食痕(p.39)のある植物の種数で点数をつけることによって(図1)、自動撮影カメラで記録された実際のシカ出現頻度を予測することがわかりました。小区内に食痕がなければ0点、1種類の植物に食痕があれば1点、2から4種類で2点、5種以上で3点として点数をつけます。すべての小区画の平均値である「食痕スコア」から、カメラで記録されたシカ出現頻度を三次式で回帰できました(図2)。ただし、この方式では植物を5種類以上も見分ける必要があります。そこで、より簡易な方法を検討したところ、食痕なしで0点、1種類で1点、2種類以上で2点として集計して

も、同じような結果を得られることがわかりました。この簡易版の方式であれば、5m小区画にある食痕がすべて同じ植物なのか、ちがう種類があるのかを判断するだけなので、植物名の知識は必要ありません。

■ 食痕スコアで植栽木被害リスクを推定する

簡単に算出できる、この食痕スコアによって単木保護資材をつけたときの植栽木の被害を予測できるか検討しました。四国と九州にある単木保護資材の施工地で、食痕スコアを算出するとともに、スギ植栽木の被害状況を記録しました。将来に正常な成長を見込めないほどの激害(p.22)となっている植栽木(図3)の割合と、簡易版の食痕スコアとの関係を見ると、図4のようになりました。食痕スコアが大きくなると激害木の割合が高い場所が増えることがみとれます。単木保護資材をつける場合には通常よりも植栽密度を少なくして1,500本/ha程度にすることもよくあります。そのため例えば、植栽木の20%以上が激害を受けるという状況はとても許容できません。食痕スコアが1を超えるような場所では、単木保護資材をつけても許容できないような被害を受ける可能性があるといえます。なお、防鹿柵の設置を検討する場合には、シカ影響スコア(p.30)もお試ください。



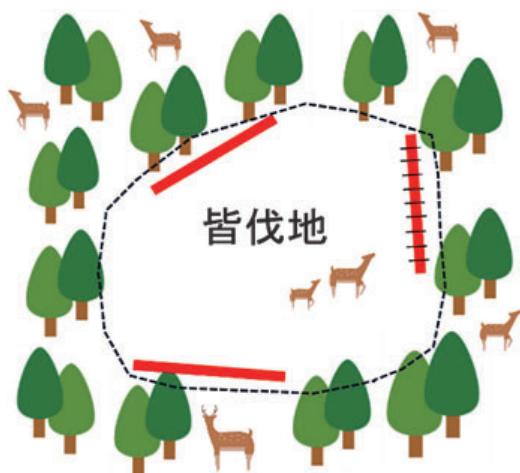


図1. 皆伐地での食痕調査

皆伐地の辺縁部3か所で50m調査区を設け、5m小区画ごとに食痕のある植物種数を調べて点数をつけ、その平均値を「食痕スコア」とする。

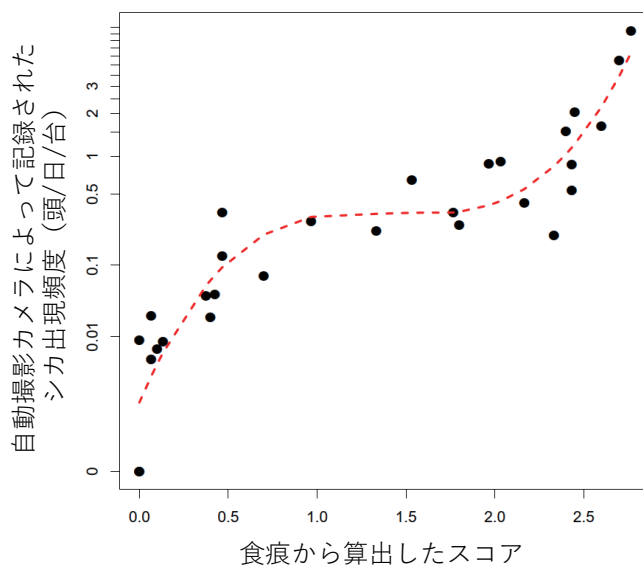


図2. 皆伐地ごとの食痕スコアとシカ出現頻度の関係



図3. 単木保護資材から引き出されて激しく食害されたスギ植栽木

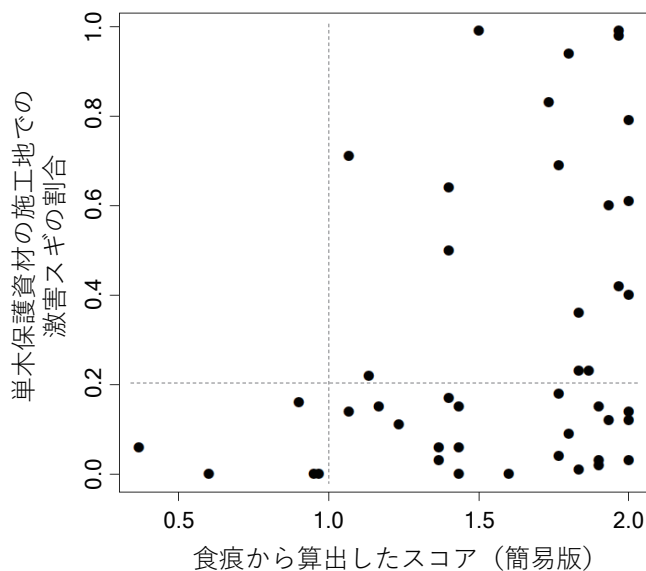


図4. 食痕スコア（簡易版）と単木保護資材をつけたスギ植栽木被害との関係



シカ影響スコアを使って被害度を予測する

山川博美¹・野宮治人¹・北原文章²・志賀 薫³

¹九州支所・²森林管理研究領域・³林業経営・政策研究領域

防鹿柵を設置してもシカ被害を完全に防ぐことが難しいのが現実です。そこで、造林地でのシカ被害度を簡単に予測できる方法を開発しました。破損した防鹿柵内でのシカ被害度には、造林地周辺で観察できる食痕やシカ糞などの痕跡の量が関係していることが分かりました。そこで、痕跡（食痕、剥皮痕、シカ糞、シカ道、足跡）の有無や程度を簡単なチェックシートに記録し点数化（シカ影響スコア）することで、造林地での植栽木の被害度の予測が可能となりました。

はじめに

造林地でのシカによる被害度を周辺林分のシカの痕跡から予測するため、破損した防鹿柵内（p.6）での植栽木のシカ被害度と、周辺林分での痕跡の有無や程度について、九州・四国地域を対象としてアンケート調査票による広域多点調査を行いました。

造林地のシカ被害度

防鹿柵内でのシカによる植栽木の被害形態を食痕の程度と樹形に着目し、「食痕なし」、「わずかにある」、「目立つ」、「盆栽状」、「棒状」に分類しました（図1）。さらに、防鹿柵内での植栽木の各被害形態の分布から、造林地全体としての被害度（シカ被害度）を、防鹿柵内の植栽木に全く被害のない状態を「被害なし」とし、およそ3割以上の植栽木が盆栽状および棒状となっている林分を「激害」、食痕がわずかに見られる林分を「微害」、その中間を「中害」と定義しました。

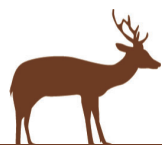
シカの痕跡を指標化する

植栽木の被害状況とあわせて、造林地周辺の植物への食痕や剥皮痕、シカ糞などシカの痕跡（p.39）を記録しました（表1）。なお、痕跡の程度で、「わずか」は探さないと見つからない程度、「目立つ」は意識しないでも目に付く程度としています。

これらの痕跡とシカ被害度の関係を明らかにするため、多重対応分析という統計手法を使って解析しました。その関係をグラフに示すと、図2のようになり、点と点が近くにあるほど関係が強いことを表しています。横軸の左側に痕跡「なし」、右側に痕跡「目立つ」の点が集まっており、横軸が右に行くほど、シカの影響が強くと判断できました。そこで、この横軸の相対値に基づいて、シカの痕跡に点数を与え、各痕跡の点数を合計することで（表1；最大14点）シカの影響レベルを表現する指標『シカ影響スコア』を開発しました。

シカ影響スコアとシカ被害度の関係

シカ影響スコアと破損した防鹿柵内の被害度の関係を解析しました（図3）。その結果、シカ影響スコアが高くなると「被害なし」の割合が減少し、「中害」および「激害」の被害が増えていきます。また、スコアが12を超えると、盆栽や棒状の被害が目立つ「激害」の割合が増加することが分かりました。つまり、今回開発した『シカ影響スコア』は、造林地へのシカの影響がどれくらい深刻かという「シカ影響レベル」を表しており、若齢造林地におけるシカによる被害度を簡単に予測できる有効な指標と考えられます。さらに、この指標の信頼性を向上させるため、今後も調査解析を続けていきます。



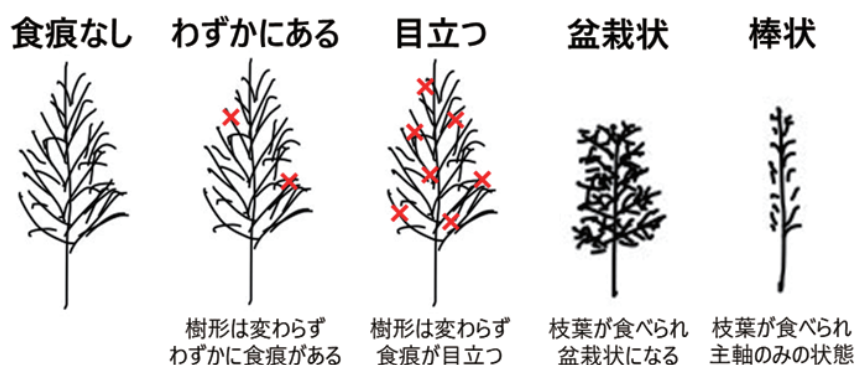


図1. 植栽木のシカ被害形態

表1. シカの痕跡と点数の付け方

シカの痕跡	程度	点数
剥皮痕	なし	0
	わずか	1
	目立つ	3
シカ糞	なし	0
	わずか	1
	目立つ	4
植物への食痕	なし	0
	わずか	2
	目立つ	3
シカ道	なし	0
	あり	2
シカの足跡	なし	0
	あり	2

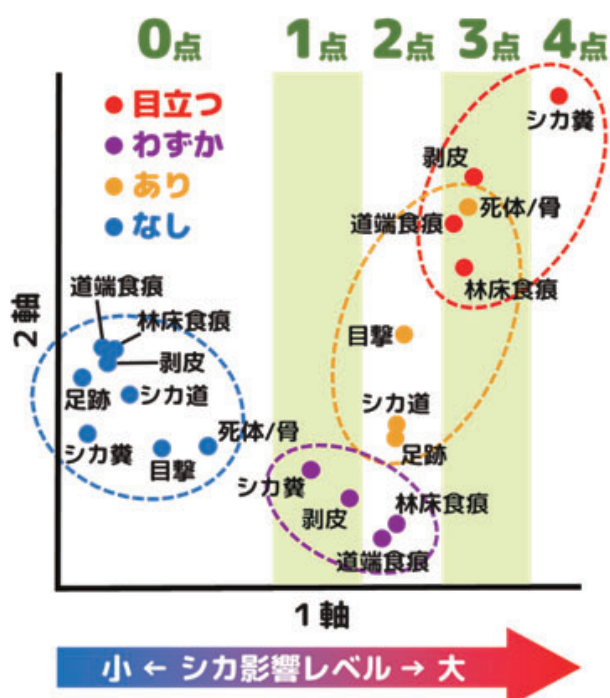


図2. 多重対応分析の結果

点と点の距離が近いほど、関係が強い。

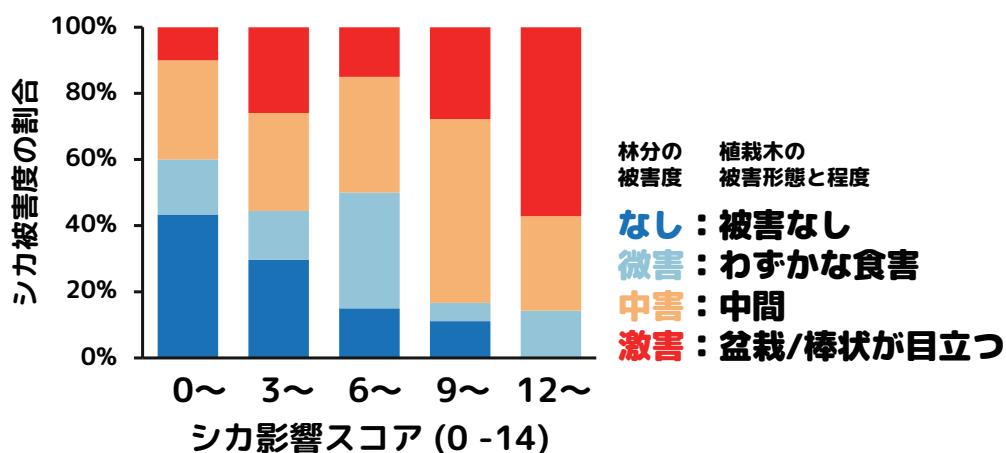


図3. 破損した防鹿柵内でのシカ被害度とシカ影響スコアの関係



シカ被害対策の防護効果を比較する

山川博美¹・野宮治人¹・大谷達也²・米田令仁²

¹九州支所・²四国支所

防鹿柵と単木保護資材のシカに対する防護効果を比較するため、各林分での激害リスクを算出し、保護資材タイプ（防鹿柵・単木保護資材）およびシカ影響スコアとの関係を解析しました。激害リスクは破損した防鹿柵と単木保護資材の間で明瞭な違いはなく、シカ影響スコアが高くなると、防鹿柵・単木保護資材ともに激害リスクが上がるということが分かりました。一方、防鹿柵の破損がなければ、シカ影響スコアの高い場所でも防鹿柵の防護効果は高いことが分かりました。

■ 防鹿柵と単木保護資材の防護効果を比較する

防鹿柵と単木保護資材のシカ被害に対する防護効果を比較するため、各防護資材を施工した造林地の『激害リスク』を算出し、シカ影響スコア(p.30)との関係を解析しました。

■ 激害林分の定義

防鹿柵内でのシカ被害情報は、アンケート調査のデータ(p.30)を使いました。造林地内でおおよそ植栽木の3割以上が「盆栽状」および「棒状」の被害形態となっている林分を『激害林分』としました。

単木保護でのシカ被害情報は、九州・四国地域での事例調査データ(p.8)を使いました。「シカによる資材の破壊」および「資材から植栽木の引出し被害」が起こっている植栽木が造林地の3割以上を超える林分を『激害林分』としました。

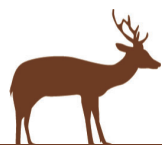
■ 激害リスクの算出と比較

防鹿柵および単木保護資材を施工した造林地が『激害林分』となるかどうかの確率を統計手法（ロジスティック回帰分析）で計算し、『激害リスク』としました。防鹿柵では、柵の破損の有無別に激害リスクを計算しました。さらに、その激害リスクがシカ影響スコアと関係があるかどうか、防護資材タイプおよび防鹿柵の破損の有

無で差があるかどうかを検討しました。激害リスクは、破損した防鹿柵と単木保護で明瞭な違いはなく、シカ影響スコアが高くなると激害リスクも上昇し(図1)、シカに対する防護効果は同程度であることが分かりました。シカ影響スコアが8を超えると、何らかの対策を行ったとしても激害リスクが30%（10か所造林するところか所は激害になる可能性がある）を超えてしまいます。一方、防鹿柵の破損がみられない場合では、シカ影響スコアが高い造林地でも激害リスクを低く抑えられていることが分かりました(図1)。つまり、シカ影響スコアの高い造林地では、特に防鹿柵の設置方法の工夫や定期的なメンテナンスが重要となります。

■ 大苗植栽の被害割合

大苗植栽は施工事例が少ないため、防鹿柵および単木保護資材と同じ基準では激害リスクを計算できませんでした。しかし、幾つかの施工地でシカ影響スコアと植栽木の被害割合を調べたところ、大苗の角こすり被害や主軸折り被害(p.18, 20)は、シカ影響スコアが6～8を超えると2割以上の被害が観察され、10を超えると8割近くが被害を受けていました(図2)。このため、大苗植栽も防鹿柵や単木保護資材と同様にシカ影響スコアが上がると激害リスクも高くなると考えられました。



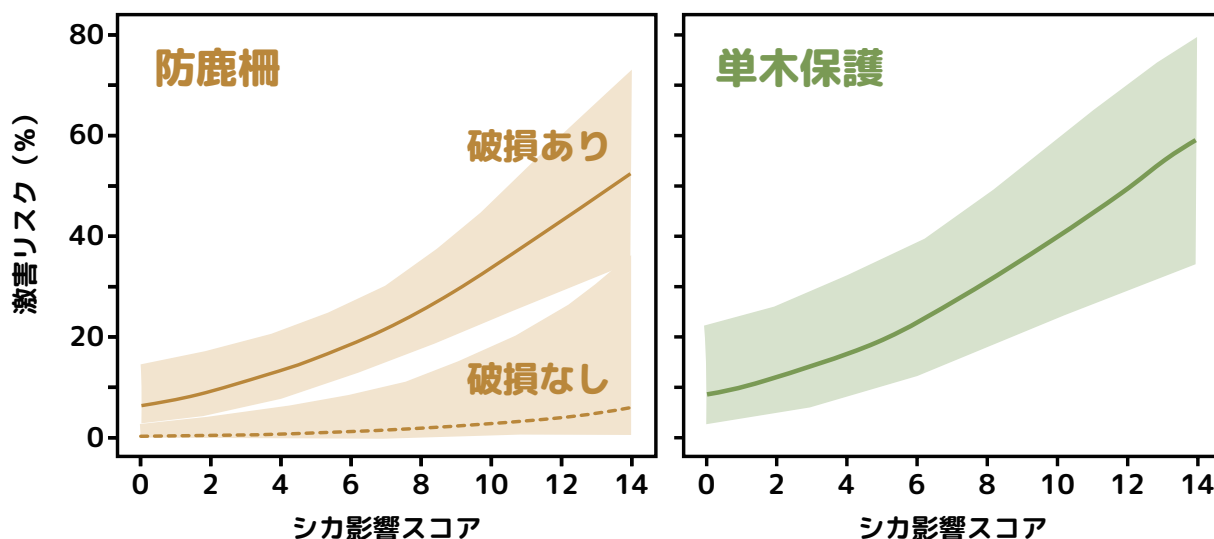


図1. シカ影響スコアと激害リスクの関係

ロジスティック回帰分析で防鹿柵と単木保護資材の激害リスクを比較したところ、防護資材間での明瞭な違いはなく、シカ影響スコアが高くなるとともに激害リスクも上昇しました。一方、防鹿柵の破損がみられない場合では、シカ影響スコアが高い造林地でも激害リスクを低く抑えられていました。

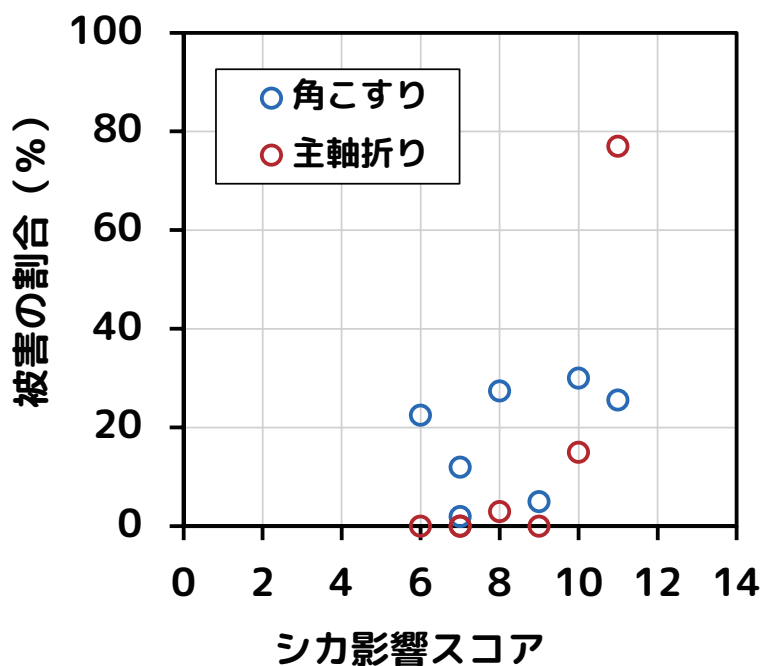


図2. シカ影響スコアと植栽した大苗の角こすり被害と主軸折り被害の関係



シカ被害対策を考慮した林業の採算性

北原文章¹・野宮治人²

¹ 森林管理研究領域・² 九州支所

3種類のシカ被害対策の林業採算性を比較しました。防鹿柵は1ha以上の造林地であれば他と比べ経営上の利点が大きく、単木保護や大苗は植栽本数を少なくすることで、資材費や苗木代の費用を抑えられることから防鹿柵より有利になる場合があるとわかりました。1ha以上の造林地では防鹿柵を用い、防鹿柵の設置が難しい場所では単木保護資材や大苗を低密度かつ小面積に施すことが費用の面からは望ましいことが明らかとなりました。

シカ被害対策費用

造林地での林業経営を考えるうえで、防鹿柵や単木保護資材、大苗などのシカ被害対策費用は無視できません。造林地の周囲に設置する防鹿柵は約1,500円/mの設置費、単木保護では1セット約550円の資材費、大苗は1本500円程度の苗木代が必要です。防鹿柵や単木保護資材の設置費に対しては、鳥獣害防止施設等整備として補助金を交付する都道府県が多くあります。一方で、防鹿柵は設置後の定期的な点検による損傷部の補修が防護効果を維持させるうえで重要です。しかし、このような保守費や育林後の資材の撤去費などは補助対象にはなっていません。そこで、これらシカ被害対策資材の設置から撤去までに関わる費用の調査を行いました(図1、表1)。そして、シカ被害対策ごとに植栽から伐採までにかかる費用と得られる収益(補助金を含む)を様々な条件(植栽面積、植栽本数、間伐時期や間伐本数など)を変化させながらシミュレーションを行い、主伐時(50年生)の利益を最大化させる条件を探索しました。

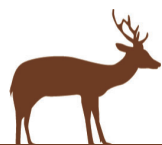
最適な植栽条件

図2には、シカ被害対策ごとの林業採算性の相対的な関係を示します。防鹿柵は植栽面積が大きくなるほど単位面積あたりの対策費用が小さくなるため、利益が最大となる植栽本数で

あっても植栽面積が極端に小さければ単木保護よりも相対的に経営上の利点が低下し、少なくとも1ha以上のまとまった造林地が必要であることがわかりました。単木保護資材や大苗を用いる場合、植栽本数が多いほど費用が膨らむため、低密度での植栽が望まれます。造林地が1haであれば単木保護資材で1,200本、大苗植栽では900本以下となれば防鹿柵を用いる場合よりも資材費や苗木代等の費用を抑えることができます。

採算性を向上させるには？

防鹿柵は、設置距離が最も費用を増加させる要因となっています。よって、設置の難しい場所(p.6)では極力設置対象から除外し、造林地に対してできるだけ設置距離が短くなるように努力することで、設置費のみならず保守費や撤去費を減少させることができます。単木保護や大苗についてはより安価な資材や苗木の開発が望まれます。このシミュレーションでは成長モデルや育林費用はシカ被害対策の種類にかかわらず同じと仮定しています。単木保護による樹高成長の促進や大苗のサイズの優位性によって、下刈り回数の削減など通常の施業と比べて初期の育林費用を低減できるならば、さらなる採算性の改善が見込まれるでしょう。





防鹿柵撤去



大苗植栽

図1. 防鹿柵の撤去や大苗の植栽事例

表1. シカ被害対策に関わる歩掛かり

シカ被害対策	項目	歩掛
防鹿柵	保守費	点検（補修なし） 0.14 人時 /100m
		点検（補修あり） 0.32 人時 /100m
	撤去費	0.86 人日 /100m
単木保護	撤去費	0.61 人日 /100 セット
大苗植栽	植栽費	0.93 人日 /100 本

注：各項目は試験的に行った数少ない事例から歩掛を算出しているため参考値として取り扱い下さい。

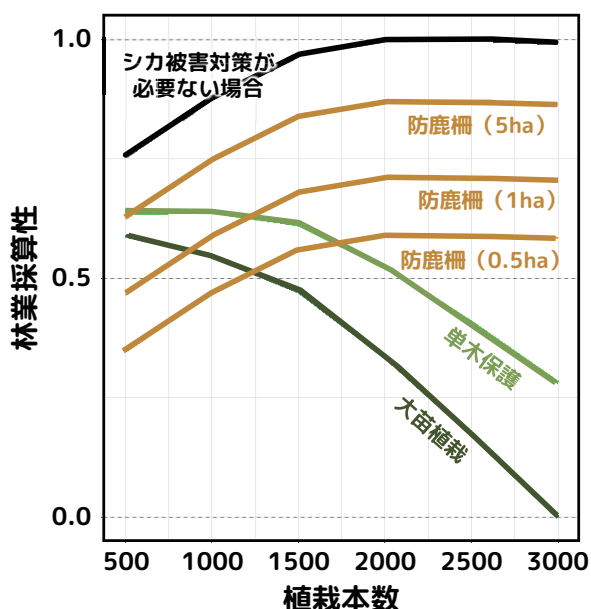


図2. 植栽本数と林業採算性の関係

注：林業採算性は利益が最大となる条件を1、最小となる条件を0とし、収支のバランスを表しています。また、一定の前提条件をもとに採算性を試算しているため、異なる前提条件を用いた場合は結果が変化します。

< 前提条件 >

- 費用
育林費：表1 および熊本県造林事業標準単価（補助金含む）
- 伐出費：利用間伐 7,000 円 /m³
主伐 6,000 円 /m³（搬出費は除く）
- 収益
材価：木材市場価格（2019 年 熊本県）
歩留まり：64%
- 成長モデル
長濱・近藤（2006）日林誌 88(2):71-78
- シカ被害
すべての場合において、シカ被害による本数や材価の減少はないとした。



どの被害対策を選択すべきか？

野宮治人¹・八木貴信¹・山川博美¹・大谷達也²・米田令仁²・北原文章³

¹九州支所・²四国支所・³森林管理研究領域

九州と四国を対象地域として、防鹿柵、単木保護、大苗植栽の3種類のシカ被害対策を、激害リスクやコストの面から比較しました。その結果から、シカ影響スコアで植栽後の被害レベルを予測し、植栽面積や地形に合わせて適切な被害対策を選択する方法を提案します。

はじめに

防鹿柵以外の被害対策として、単木保護資材と大苗植栽を検討しました。これらの被害対策を選択するには、シカ影響スコアでの被害予測、植栽面積、地形がポイントとなります(図1)。

シカ影響レベルを確認する

ある地域のおおよそのシカ生息数は生息密度マップ(p.22)でわかります。次に、被害発生の予測には、対象地周辺の林分でシカの痕跡を調べ、シカ影響スコア(p.30)を計算します。破損した防鹿柵と単木保護資材の防護効果に大きな違いはありませんでした(p.32)。そのため、どちらの防護資材でもシカ影響スコア『8』を目安として、それより高いと「激害林分」となるリスクが高くなります(p.32)。一方で、破損のない防鹿柵ではシカ影響スコアが高くて、防護効果を維持できていました(p.32)。これらの造林地では、激害リスクを念頭において柵を設置し、破損を減らすための入念な対策が必要です。

植栽面積に合わせて判断する

資材の設置・撤去・補助金を考慮して、林業の採算性を試算したところ、植栽面積がおおよそ1 ha 以下の場合で、単木保護や大苗植栽に利点があることがわかりました(p.34)。そのため、シカ被害対策は防鹿柵を基本とし、植栽面積が比較的狭い時に単木保護や大苗の活用が期待されます。ただし、単木保護資材や大苗は資材費や

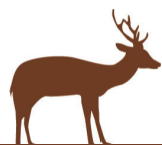
苗木代が高いため、低密度での植栽(植栽密度1200本/ha程度まで)が前提となります。

地形をみて柔軟に対応

防鹿柵は、植栽面積が広いほど経営上の利点が高くなりますが、柵が破損すればシカが侵入し、造林地全体に被害が発生する危険もあります。防鹿柵は、急傾斜(30度以上)や沢・谷を越える場所で破損しやすいことがわかりました(p.6)。そのため、急傾斜地や沢・谷を含んだ造林地で防鹿柵を設置する際は、費用が余計にかかりますが、谷筋などを迂回するといった設置方法の工夫など、細かな配慮が必要です。また、管理しやすい場所になるべく柵の設置距離を短くする(p.34)などの工夫も有効です。その際に、単木保護との組み合わせも選択肢のひとつです。例えば、防鹿柵を設置距離が最短となるように張り、辺縁部にできた小面積の区画には単木保護資材で対応することや、造林地内の部分的な急傾斜地などで単木保護資材を使うことがあげられます(図2)。ただし、制度的にみると、防護資材の組み合わせについては、補助金の申請要件を満たすかどうかの確認が必要です。

大苗植栽の課題

大苗植栽は、事例が少なく防護効果の検証が不十分であることや、苗の価格が高いことなどの課題が残ります。被害対策の選択肢とするには、これらの課題を克服する必要があります。



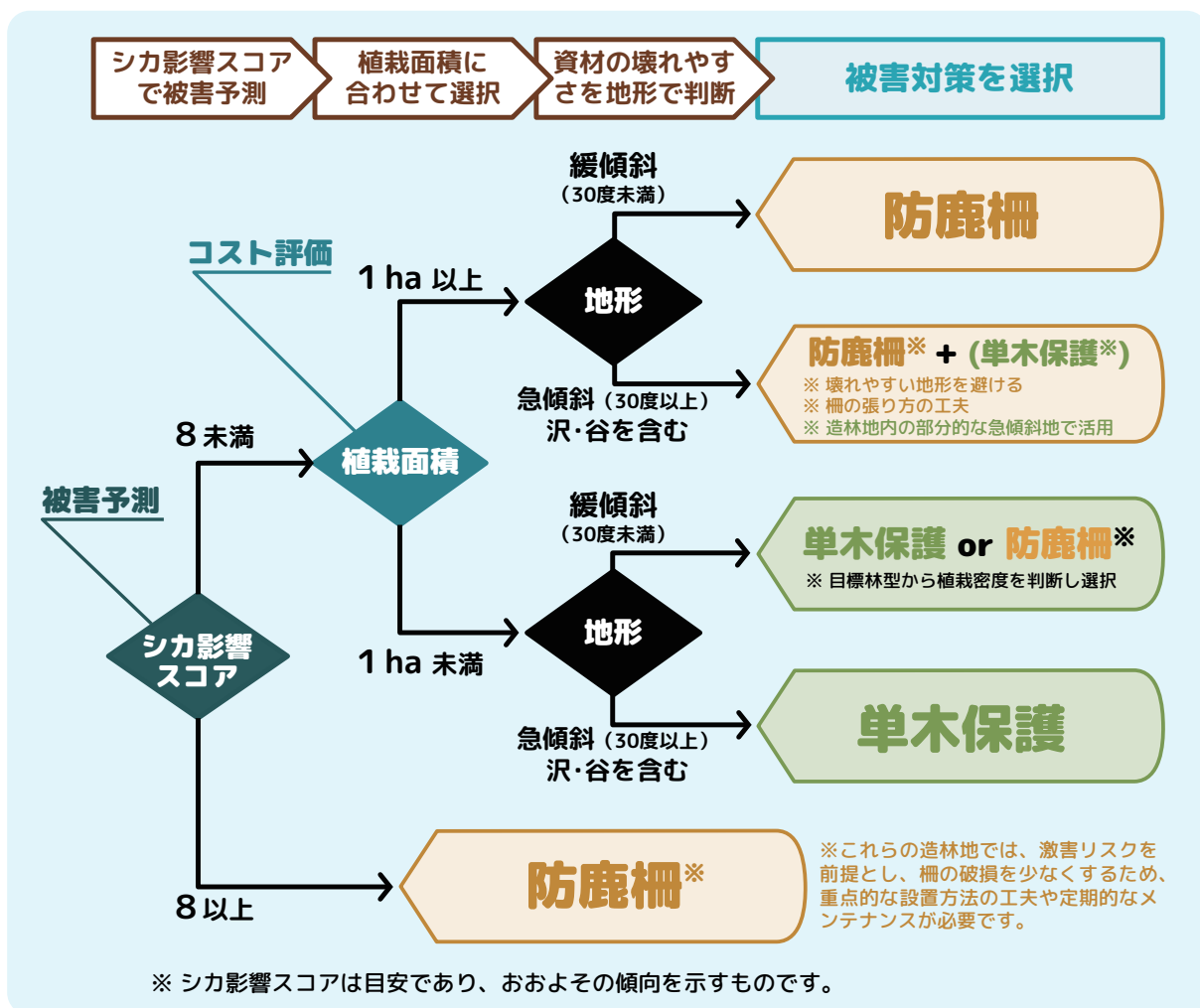


図1. 被害対策選択のフロー図

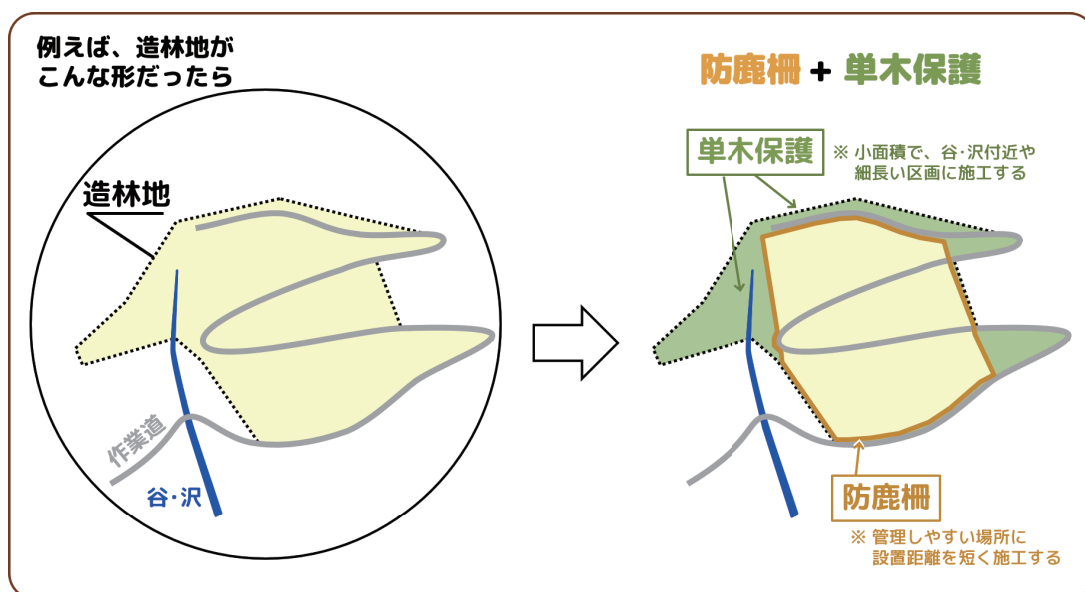


図2. 被害対策を組み合わせる例



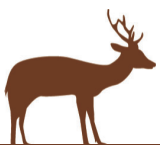
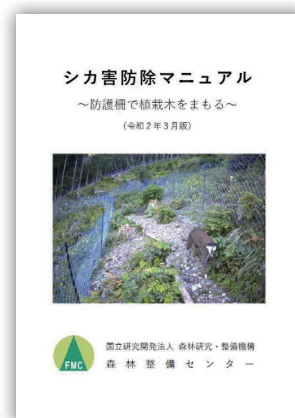
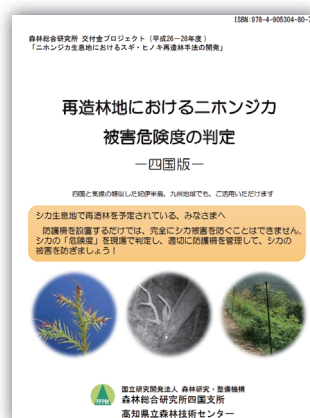
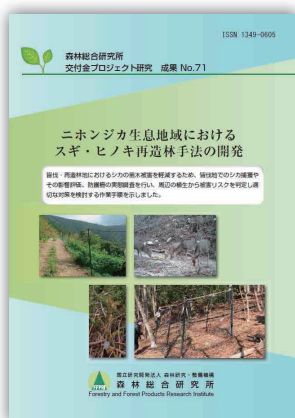
参考資料

プロジェクトの関連テーマ発表成果

- 野宮治人・山川博美・重永英年・伊藤哲・平田令子・園田清隆 (2019) 植栽したスギ大苗に対するシカ食害痕の高さ分布は斜面傾斜に影響される．日本森林学会誌 101:139-144
<https://doi.org/10.4005/jjfs.101.139>
- 野宮治人 (2019) シカ被害対策としての大苗植栽の可能性．農村と都市をむすぶ 816:55-58
- 酒井敦・大谷達也・宮本和樹・八代田千鶴・藤井栄 (2019) ニホンジカの被害対策に伴う人工林皆伐跡地の植生変化．森林総合研究所研究報告 18(3):311-317
- 野宮治人・山川博美・重永英年・伊藤哲・平田令子・引地修一 (2020) キュウシュウジカによるスギ幼齢木の折損被害の特徴．日本森林学会誌 102:202-206
<https://doi.org/10.4005/jjfs.102.202>
- 野宮治人 (2020) シカの食害高を測る－大分森林管理署のスギ大苗試験から－．山林 1634: 64-70
- 大谷達也 (2021) 皆伐地に残るシカの食べ跡から苗木被害のリスクを推定できるか．四国の森を知る 36:2-3
- SUZUKI K, WATANABE Y, KUBOTA T, KUWANO Y, KAWAUCHI Y, YAMAGAWA H, YASUDA M, KONDOH H, NOMIYA H, OKA T (2021) Large-scale spatial distribution of deer browsing damage to young tree plantations. (若齢林におけるニホンジカ採餌圧の広域空間分布). iForest-Biogeosciences and Forestry 14:34-40 <https://doi.org/10.3832/ifor3387-013>

関連文献・パンフレット

- 森林総合研究所 (2017) 交付金プロジェクト研究 成果 No.71「ニホンジカ生息地域におけるスギ・ヒノキ再造林手法の開発」
https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufu-pro/documents/seikasyu71_1.pdf
- 森林総合研究所四国支所・高知県立森林技術センター (2017) 再造林地におけるニホンジカ被害危険度の判定－四国版－
<http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp/sikawebpage/index.html>
- 森林整備センター (2019) シカ害防除マニュアル～防護柵で植栽木をまもる～
https://www.green.go.jp/gijutsu/pdf/zorin_gijutsu/deer_pest_control_manual.pdf



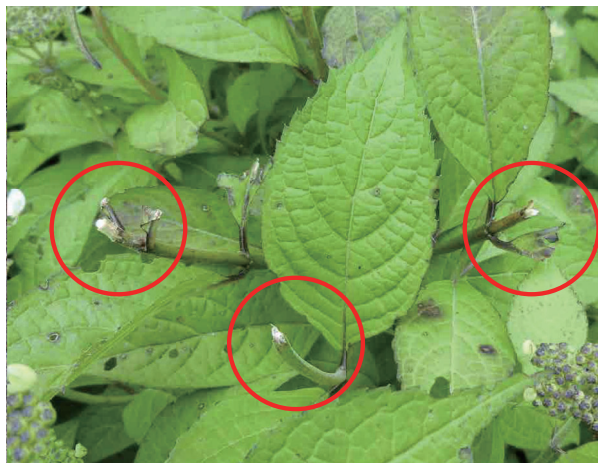
シカの痕跡いろいろ

「食痕スコア (p.28)」や「シカ影響スコア (p.30)」を算出する際に現地で見つける必要のあるシカの痕跡を写真で紹介します。



キイチゴ類に残る食痕

枝先が引きちぎられたようになってるのが特徴です。



アジサイ類に残る食痕



シカの足跡

カモシカやイノシシの足跡と見分けるのが難しいことがあります。



スギの成木に残る角こすりの跡

リョウブに残る樹皮剥ぎの跡

オスジカが角を擦りつけた跡や、樹木の皮を食べた跡が残ります。



シカの糞

新鮮なフンは光沢があり緑がかった褐色をしています。時間が経つと黒くなります。さらに古いフンではツヤがなくなりますが、形が崩れるまでにはかなり時間がかかります。





本冊子は、森林総合研究所交付金プロジェクト「九州・四国地域の若齢造林地におけるシカ被害対策の高度化（2017～2020年度）」の研究成果を取りまとめたものです。

< 研究参画機関 >

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

（九州支所 / 四国支所 / 森林管理研究領域 / 林業経営・政策研究領域 / 野生動物研究領域）

福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター

長崎県農林技術開発センター 森林研究部門

本冊子に関するお問い合わせは、下記までお願い致します。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所 九州支所

〒860-0862 熊本県熊本市中央区黒髪 4-11-16

編集・発行：森林総合研究所九州支所

編集責任者：陣川雅樹・大谷達也・安部哲人
米田令仁・山川博美

発 行 日：2021(令和3)年3月

問い合わせ：地域連携推進室

電 話：096-343-3168（代表）

Email：kyswebmaster@ml.affrc.go.jp

© 掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。