

シカ防護柵を設置した四国のスギ・ヒノキ再造林地における植栽木の被害

酒井 敦^{1,*}・大谷達也¹・米田 令仁¹

¹森林研究・整備機構森林総合研究所四国支所

ネット防護柵を設置したスギ・ヒノキ再造林地において防護柵内に侵入したニホンジカによる食害の実態を明らかにするため、植栽木の被害調査をおこなった。スギ植栽地18か所、ヒノキ植栽地27か所で幅2m長さ50mの調査区(100 m²)を設置し、植栽木の本数、樹高および被害状況を記録した。スギは調査本数の23.3%に被害がある一方、ヒノキは44.6%に被害があり、特に樹皮剥ぎ被害が多かった。健全木が100 m²あたり15本未満の調査地は、スギで22.2%(4カ所)である一方、ヒノキは55.6%(15カ所)で、そのような場所は平均樹高も低く経済的に成林できない可能性があると考えられた。造林地の傾斜角が急になるほど、またシカ密度が高いほど健全木が少なくなる傾向が認められ、そうした場所では防護柵の設置・保守に特に気を付ける必要がある。

キーワード：ニホンジカ、被害度、健全木、樹皮剥ぎ

Atsushi Sakai, Tatsuya Otani, Reiji Yoneda : Damage to young *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* plantations enclosed by deer fences in Shikoku Island, Japan. *Japanese Journal of Forest Environment* 64:23-29, 2022.

To evaluate the browsing damage caused by sika deer (*Cervus nippon*), we surveyed damage to planted trees in young coniferous plantations where deer enclosure fences had been installed. We recorded the number, height and damage status of planted trees in 100 m² study plots (width 2 m, length 50 m) in 18 *Cryptomeria japonica* stands and 27 *Chamaecyparis obtusa* stands in Shikoku Island, Japan. Damage was observed in 23.3% of the surveyed *C. japonica* trees and 44.6% of *C. obtusa* trees: damage to *C. obtusa* was characterized by bark stripping. The percentage of study plot in which the number of healthy tree was < 15 per 100 m² was 22.2% (4 of 18) for *C. japonica* and 55.6 (15 of 27) for *C. obtusa*. It is assumed that such stands might not grow economically due to low tree density and low tree height. We found a tendency that the number of healthy trees decreased as slope inclination increased and as estimated deer density increased. Caution should be paid when we install and maintain deer fences in such a place.

Key words : *Cervus nippon*, damage degree, healthy tree, bark stripping

1. はじめに

わが国では戦後の拡大造林で造成された針葉樹人工林が主伐期を迎え、主伐後の再造林が進められている(林野庁, 2019)。しかし、苗木代や下刈り費用などがかさむことから再造林を実施しない山林所有者や事業体が一部で出てきている。このため、一貫作業システムを前提にしたコンテナ苗の導入、下刈り省力、低密度植栽など、初期の育林費用を抑え、再造林を促進するための様々な取り組みがされている(森林総合研究所, 2013; 宇都木ら, 2017; 森林総合研究所, 2019)。一方で、全国的にニホンジカ(*Cervus nippon*, 以下シカとする)が増えており、各地の植生に深刻な影響を及ぼしている(植生学会企画委員会, 2011)。2017年度の野生鳥獣による森林被害は全国で6,400 haにおよび、このうちシカによる被害が4分の3を占め(林野庁, 2019)、中でも再造林地での被害が顕著である。再造林地の植栽木を食害から防ぐため、再造林地の周囲にネットや金網の防護柵を設置したり、植栽木ごとにツリーシェルターを設置する対策がとられ(金森, 2012; 中川, 2015)、それらの設置費用を補助金の

対象にしている地方自治体も少なくない。しかし、防護柵を設置してもシカに侵入されて植栽木が被害を受けるケースがみられ(池田ら, 2000)、中には成林しないケースもある。四国においても、高知県東部および西部、愛媛県南予地方および高縄半島、徳島県の吉野川以南などはシカが多く、防護柵を設置した上で植栽したスギやヒノキに被害が出ている。シカによる被害に対処するためには、植栽木の被害の実態を正しく把握し、被害を受けやすい条件を明らかにすることが必要である。

そこで本研究では、シカ被害対策として最も一般的に実施されているネット防護柵に焦点を当て、四国内の防護柵を設置したスギおよびヒノキの植栽地45か所で植栽木の被害状況や樹高を調査した。さらに、植栽木の被害は造林地の傾斜角やシカの生息密度、防護柵の見回り頻度等に影響を受けると予想されることから、これらの要因と健全木本数との関係を分析し、植栽木被害が発生しやすい条件について考察した。

* 連絡・別刷請求先著者(Corresponding Author) : 〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷92-25 : 92-25 Nabeyashiki, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123, Japan

E-mail : golgo@affrc.go.jp

¹ Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

† 現所属 : 森林研究・整備機構森林総合研究所東北支所 : Present Address : Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (2021年8月4日受付, 2021年12月13日受理)

2. 方 法

2.1 調 査 地

高知県内で防護柵を設置した41か所の再造林地を選び、2015年7月から2016年8月にかけて植栽木の被害調査を実施した。このうち4か所ではスギとヒノキが同じ伐採地内の異なる場所に植えられており、それぞれの植栽地で調査したため、調査か所数はスギ植栽地18か所、ヒノキ植栽地27か所、計45か所だった。植栽面積は0.49~15.90 ha、調査時の林齢は1.5~8年(植栽時を0年とし、6月~8月に調査した場所は成長途中として0.5年分とした)の範囲だった(付表)。各調査地の標高をGPS測器(Garmin社、GPSmap62S)により測定したところ、238 mから1,045 mの範囲だった(付表)。再造林地の傾斜角は地理院地図(<https://www.gsi.go.jp/>)を利用して次のように算出した。対象となる再造林地でもっとも優勢かつ勾配の変化の少ない斜面を選び、等高線に直交する水平距離がなるべく大きくなるように斜面上部と下部の2点を決め、2点間の水平距離と標高差から傾斜角を計算した。このように算出した造林地の傾斜角は24°から43°の範囲だった(付表)。林業事業体からの聞き取りによると、初期の植栽密度は2,093~3,250本・ha⁻¹だったが、ほとんどの植栽地は2,500本・ha⁻¹以上だった(付表)。防護柵の支柱はABS樹脂やグラスファイバー製、まれに鋼管製で、ネットは噛み切り防止用のステンレスを織り込んだポリエチレンネットがほとんどで、一部に超高分子量ポリエチレン繊維(商標名ダイニーマ®)が使用されていた。支柱の地上高(実測値)は1.6~2.1 mで、地上高1.8 mが全体の61.0%を占めていた。ネットの目合いは4~15 cmで、全体の半数以上は目合い10 cmのネットだった。調査地周辺のシカ生息密度として、高知県が実施した糞粒調査のデータを利用した(高知県, 2015)。調査地から直近のモニタリング地点(最大で約4 km離れている)におけるシカ生息密度は0~49.8頭・km⁻²(2012年と2013年の平均値)だった(付表)。防護柵を機能させるためには防護柵の見回り・点検および補修が重要とされている(例

えば、三重県林業研究所, 2012)ため、造林地を管理している林業事業体にどれくらいの頻度で防護柵の点検を行っているか聞き取りを行ったところ、見回り頻度は年に1回から6回の範囲内だった。ここでは、下刈り時に防護柵の点検をする場合も1回の見回りとして数えた。なお、調査地ではノウサギによる茎葉への食痕もみられたが、わずかであったため本研究では対象になかった。

2.2 調査方法

造林地の中で傾斜や被害状況が平均的とみられる場所を選び、等高線を斜めに横切るように50 mのラインを張り、ラインの両側1 mの範囲を調査区(面積100 m²)に設定し、これに入るスギまたはヒノキ植栽木の樹高(m)を計測した。植栽木の被害度を図-1のように、被害なし(被害度0)、軽微な被害(被害度1)、重度の被害(被害度2)の3段階に分けて植栽木1本ごとに記録した。さらに、植栽木の被害形態を、「頂端採食」、それ以外の部位の「側枝葉採食」、「樹皮剥ぎ」に区分し、植栽木1本ごとに被害形態を記録した。一本の植栽木に複数の被害形態がある場合は重複して記録した。

2.3 解析方法

本報告ではシカの被害を受けていない(被害度0)か、受けていても軽微(被害度1)な植栽木の本数(以下「健全木本数」とする)を再造林地の健全度の指標とした。防護柵の中の健全木本数にどのような要因が影響しているか探索するため、各要因と健全木本数の相関係数を樹種ごとに求めた。植栽木に対するシカの影響を明らかにするためには、一般的にはシカによる枯死木を含めた被害本数に着目すべきだが、本調査では植栽時から追跡調査していないため調査区内の初期本数がわからないことや消失した枯死木が把握できないことから、調査時点で生残している植栽木に着目して解析した。なお、植栽木はシカ以外の要因によって減少する可能性もあるが、一般的にスギ、ヒノキ苗木の生存率は高い(壁谷ら, 2016; 森林総合研究所四国支所, 2015)ことから、ここでは問題になかった。さらに、スギとヒノキを同じ時期に同じ伐採地に植えた4か所の植栽地では、樹種による被害度の

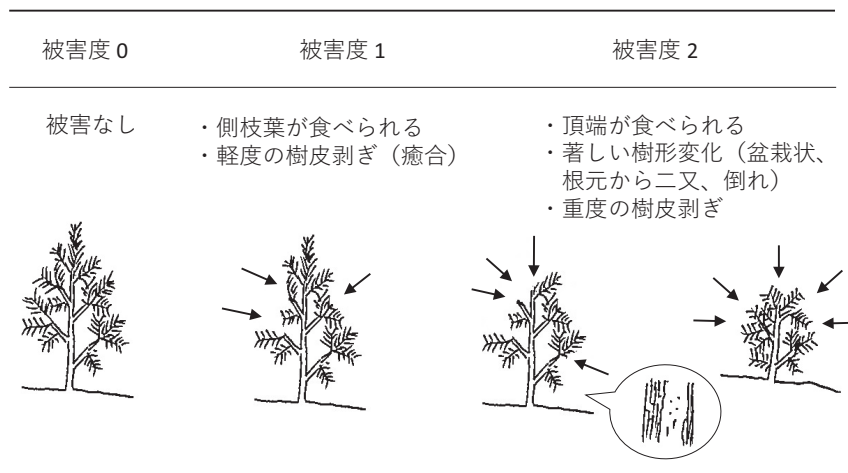


図-1. 植栽木の被害形態と被害度

スギの被害状況を模式化したもの。矢印は食べられた部位を指す

違いだけを比較できると考えられるため、スギとヒノキの被害度の割合と樹高をそれぞれの場所で比較した。被害度の割合についてはカイ二乗検定を、植栽木の本数や樹高の比較はt検定(Welch法)を用いた。以上の統計解析はR3.6.2(R Core Team, 2017)を使用した。

なお本報では、1,500本・ha⁻¹以上が大きな欠陥がなく成林できる植栽密度であること(佐々木ら, 2009), 植栽密度1,615本・ha⁻¹以上だと不良木が少なくかつ材積が安定して得られること(福地ら, 2011)から、若齢期の立木密度1,500本・ha⁻¹以上が健全な経済林のための目安と考え、軽微な被害(被害度1)を含めた健全木が調査区100m²に15本以上ある場合、経済林として成林する可能性が高い林分として扱った。

3. 結 果

3.1 植栽木の本数

調査区(100m²)で生残していた植栽木はスギで平均24.4本(最小2本~最大34本), ヒノキで19.8本(0~37本)だった(図-2 a, b)。ヒノキはスギより有意に本数が少なかった($t = -1.91$, $p = 0.0318$)。被害度0と被害度1を合わせた健全木は、スギで平均21.2本(1~34本), ヒノキで平均13.4本

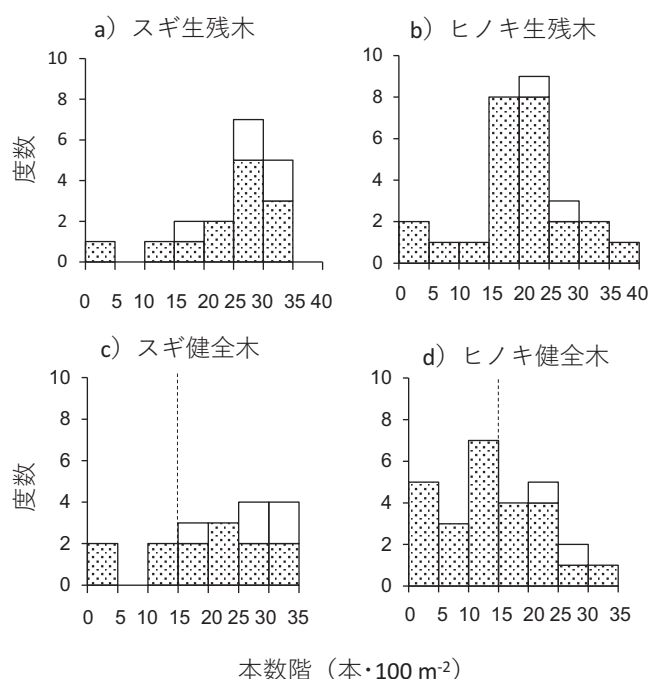


図-2. 再造林地で生残した植栽木数および健全木数の頻度分布
白抜き部分は調査木に被害がまったく見られなかった調査地点を示す
cとdにおける縦の点線は本報における成林の基準(15本・100m⁻²)を示す

(0~29本)で、ヒノキはスギより有意に健全木が少なかった(図-2 c, d, $t = -2.75$, $p = 0.0097$)。なお、当初の植栽密度(付表)はスギ(平均2,829本・ha⁻¹)とヒノキ(平均2,855本・ha⁻¹)で有意な差はなかった($t = -1.09$, $p = 0.2824$)。

調査区でまったくシカの被害がみられなかった場所はスギで5カ所(27.8%), ヒノキで2カ所(7.4%)のみで、それ以外は植栽木に何らかの被害(被害度1, 被害度2)がみられた(図-2)。スギは比較的被害木が少なく、健全木が15本未満の調査区は全体の22.2%(4カ所)にとどまるのに対し、ヒノキは55.6%(15カ所)に及んだ(図-2 c, d)。防護柵を設置しているにも関わらず、スギやヒノキに被害が見られるのはシカが防護柵内に侵入しているためであるが、土砂崩れや隣接する森林からの倒木によって防護柵が破壊されたままになっている場所や、ネットに穴が開いたりネットと地面に隙間があるといった防護柵の不具合がみられた。

3.2 植栽木の被害形態

スギは全調査本数の23.3%に何らかの被害(被害度1, 被害度2)がみられ、ヒノキは44.6%に被害があった(表-1)。1本の植栽木に複数の被害形態がある場合、それらを重複して集計したところ、スギの被害は439本のうち樹皮剥ぎ17本(3.9%), 頂端採食47本(10.7%), 側枝葉採食79本(18.0%)だった(表-1)。一方、ヒノキは534本のうち、樹皮剥ぎ136本(25.5%), 頂端採食86本(16.1%), 側枝葉採食134本(25.1%)で、スギに比べ樹皮剥ぎが顕著にみられた。カイ二乗検定を行ったところ、樹種によって被害形態に有意な差が認められた($\chi^2 = 117.1$, $p < 0.0001$)。

3.3 健全木本数に影響を与える要因

各要因(標高, 傾斜角, 植栽面積, シカ密度, 林齢, 見回り回数)とスギ, ヒノキの健全木本数の関係をプロットしたところ、スギの健全木本数はシカ密度と負の相関がみられ、ヒノキは傾斜角と負の相関が認められた(表-2, 図-3)。また、スギとヒノキを一緒にして解析すると、健全木本数は傾斜角およびシカ生息密度と負の相関関係が認められた(表-2)。標高, 植栽面積, 林齢, 見回り頻度は健全木本数と何の相関も得られなかった。

3.4 植栽木の樹高と被害形態

調査地の林齢と平均樹高の関係を図-4に示す。健全木が100m²あたり15本以上ある場所と15本未満の場所を分けると、健全木が少ない方で平均樹高が低い傾向がみられた。図-4中の点線はシカ被害がみられない地域の樹高成長曲線を示しているが、健全木が多い場所では、スギおよびヒノキの樹高はこの樹高成長曲線の近くにプロットされた(図-4)。被害が出

表-1. 防護柵を設置した45カ所の再造林地における植栽木の被害状況

樹種	被害あり				被害なし	合計
	樹皮剥ぎ	頂端採食	側枝葉採食	被害木計		
スギ	17 (3.9)	47 (10.7)	79 (18.0)	102 (23.3)	337 (76.8)	439 (100)
ヒノキ	136 (25.5)	86 (16.1)	134 (25.1)	238 (44.6)	296 (55.4)	534 (100)

数字は植栽木本数を、()内は樹種ごとの被害形態のパーセントを示す
植栽木に複数の被害形態がある場合は重複してカウントした

表-2. 健全木本数と環境要因の相関係数

環境要因	スギ	ヒノキ	スギ+ヒノキ
標高	-0.29	-0.03	0.05
傾斜角	-0.46	-0.53**	-0.39**
面積	0.39	0.26	0.22
シカ密度	-0.49*	-0.2	-0.34*
林齢	-0.08	-0.16	-0.21
見回り頻度	0.17	0.36	0.25

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

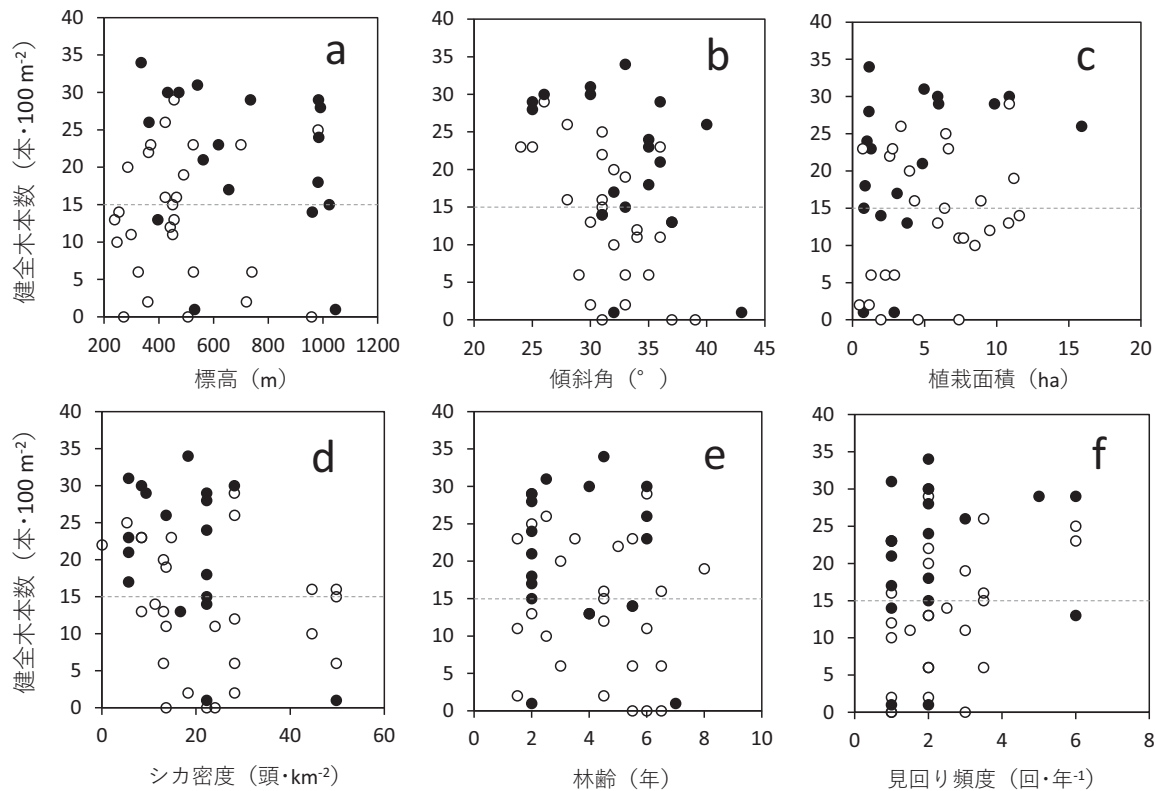


図-3. 再造林地の環境要因と健全木本数の関係

● : スギ, ○ : ヒノキ

a : 標高, b : 傾斜角, c : 植栽面積, d : シカ生息密度, e : 調査時の林齢, f : 防護柵の見回り頻度

ている植栽木の樹高をみると、スギ、ヒノキとも頂端を採食された個体は小さいサイズにのみ見られた(図-5)。また、ヒノキでは樹皮剥ぎが様々な樹高の植栽木でみられる一方、スギは一定のサイズに集中していた。

3.5 同じ造林地でのスギとヒノキの比較

スギとヒノキを同じ造林地内に同時に植えた場所(4か所)では、スギよりもヒノキの被害が多い傾向がみられた(図-6, a~d)。カイ二乗検定を行ったところ、dを除いてスギとヒノキでは有意に被害度の内訳が異なっていた($p < 0.001$)。樹高はどの伐採地でもヒノキよりスギの方が有意に高かった(図-6)。

4. 考 察

今回の調査では、ネット防護柵を設置した造林地においてもシカによる採食被害がみられ、健全木が100 m²あたり15本

に満たない場所がスギ植栽地では22.2%、ヒノキ植栽地では55.6%にも及んだ。そのような場所はスギ・ヒノキの平均樹高も低く、現在の防護柵の状態が今後も続くようであれば正常に成林できないと考えられた。このように防護柵を設置しても、経済林として成立しない可能性がある再造林地が多く存在している実態が明らかになった。

シカは多くの植物種を採食するとされており、スギやヒノキも例外ではないが、どちらかといえばヒノキを採食植物とする文献が多い(橋本・藤木, 2014)。植栽木の被害本数の多さ(表-1)や同じ造林地での被害の状況(図-6)から、今回調査した地域においてシカはスギよりヒノキを嗜好して食べ、被害を与えていることが示唆された。特にヒノキは剥皮害が多く(表-1)、幅広いサイズで剥皮されていた(図-5)。ただし、シカの嗜好性は地域によって異なることが知られており(高槻, 2015)、スギやヒノキの被害の受けやすさにも地域差が

あると考えられる。

健全木本数は、造林地の傾斜角やシカ生息密度と弱い相関が認められた(表-2, 図-3)。防護柵は時間の経過とともにネット(または金網)と地面との間に隙間が生じシカに侵入されやすくなることが知られている(池田ら, 2000; 高柳・吉村, 1988; 高山ら, 2008; 鍛冶ら, 2010)。今後詳細な観測

が必要であるが、急傾斜地では土砂の移動量が多くなる(例えば、及川, 1977; 西山, 2003)ことや、小規模な土砂崩れが起きることで防護柵の機能が維持できなくなり、シカの侵入を許した可能性が考えられる。急傾斜地では防護柵の有効高が低くなるためシカに侵入されやすくなる(若山, 2003)という点も無視できない。また、シカの林業被害はおおむね生息密度に比例するといわれ(三浦, 1999)、シカの生息密度が

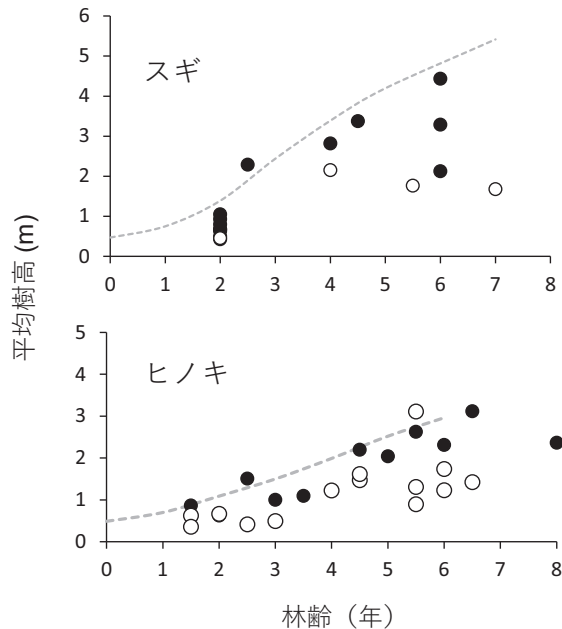


図-4. 林齢と平均樹高の関係

●: 健全木が100 m²あたり15本以上, ○: 健全木が100 m²あたり15本未満
破線はシカ被害がみられない地域の樹高成長曲線を示す(スギ: 高知県土佐町, ヒノキ: 高知県の町, 森林総合研究所四国支所(2015)の一部(スギ: 41p, ヒノキ: 15p)および未発表データより作図)。樹高成長曲線は中標高(630~700 m)の標準的な造林地で得られた

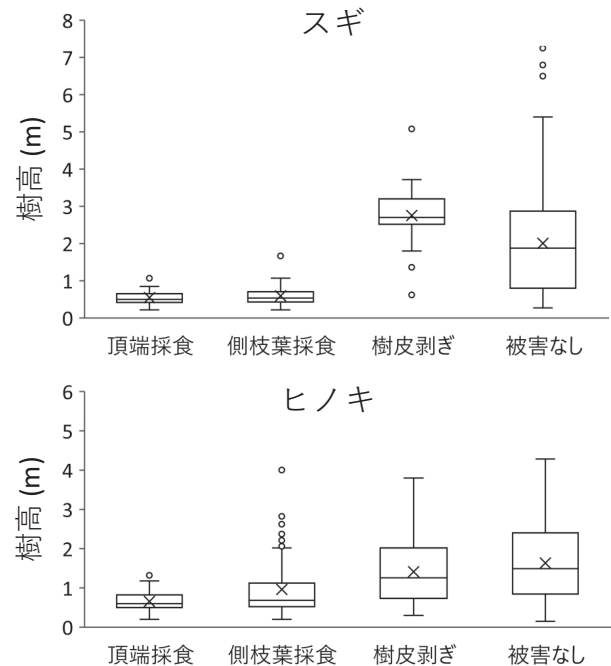


図-5. 被害形態と樹高サイズ

箱ヒゲ図の中央の横線は中央値, ×は平均値を示す。箱の下端は第一四分位, 上端は第三四分位, ヒゲの両端が箱の長さの1.5倍内にある最大値, 最小値, ヒゲの外側にある白丸(○)は外れ値を示す。

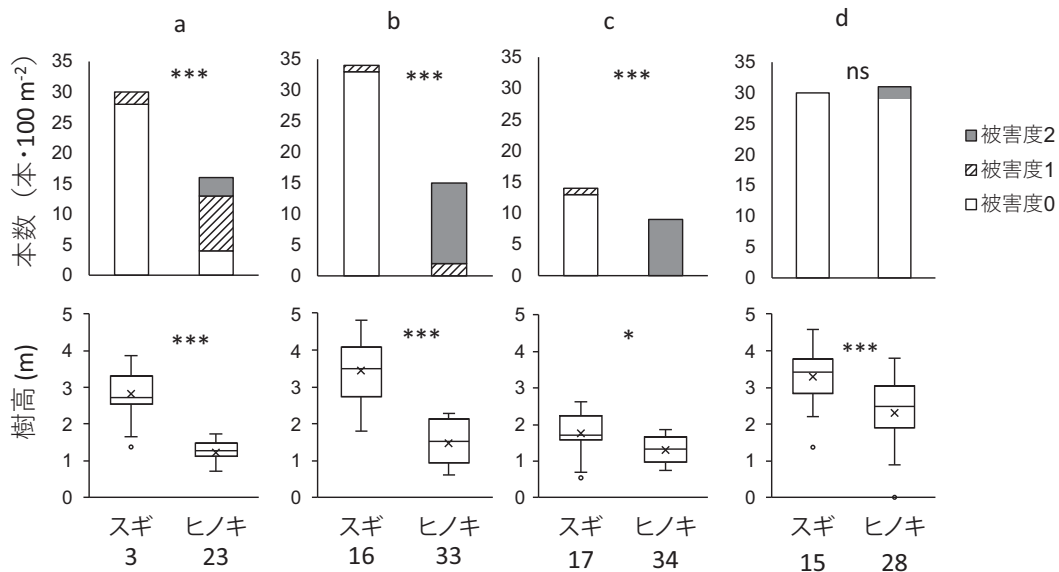


図-6. 同じ伐採地に植えられたスギとヒノキの本数(上段)と樹高(下段)の比較

a, b, c, dはスギとヒノキが植えられた伐採地を示す。上段の被害度の分類は図-1に対応する。下の数字は付表に対応した調査地番号を示す。箱ヒゲ図の説明は図-5と同じ。図のアスタリスクはカイ二乗検定(上段)またはWelch法(下段)の p 値を示す; ***: $p < 0.001$, *: $p < 0.05$, ns: $p > 0.05$

高い場所ほど新植地の植栽木の被害が大きいたことが知られている(池田ら, 2000)。従って, 防護柵を設置した造林地においても, シカの生息密度が高いほど防護柵内への侵入リスクが高まり, 被害が大きくなった可能性が考えられる。

一方で今回の調査では, 健全木本数と防護柵の見回り頻度との相関はみられなかった。これは健全木本数が, 見回り回数が少ない場所で大きくばらついたためと考えられる(図-3f)。事業者への聞き取りでは, 下刈りの際に離れた場所から防護柵を目視するだけの事業体から, 防護柵沿いを歩いてネットを手で持ち上げるなど丹念に侵入か所を探す事業体まで, 防護柵の見回り作業の質に大きな幅があった。こうした見回り作業の違いが防護柵の侵入されやすさに影響を与え, 健全木本数のばらつきを生んだと考えられる。防護柵を放置しておけば破損する恐れが高く, 設置した後の見回り・補修が重要であることは, これまでも繰り返し指摘されている(高柳・吉村, 1988; 三重県林業研究所, 2012; 田村, 2015)。防護柵の機能を維持するためには, シカの侵入か所を特定して修復するような質の高い見回りが必要と考えられる。林業用の防護柵は周囲長が数百メートルから長い時には数キロメートルに及び, 見回りに非常に労力を伴う。このため, シカの生息域で防護柵を設置する前提で皆伐・再造林を行う際は, 防護柵の見回りが無理なくできるよう伐採面積を考慮する必要がある。今回の調査では, シカ生息密度が高い場所, 傾斜の急な場所で健全木が少なかったことから, そのような場所では特に注意して防護柵を設置・管理する必要があると考えられる。

謝 辞

調査を許可し, 造林地の基盤情報を提供して頂いた四国森林管理局管内の各森林管理署および民間の林業事業者の方々に御礼申し上げる。森林総合研究所の奥村栄朗氏, 垂水亜紀博士, 志賀薫博士, 宮本和樹博士には野外調査を手伝って頂いた。野口麻穂子博士には統計解析手法について教示して頂いた。ここに記して感謝申し上げる。本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト「ニホンジカ生息地におけるスギ・ヒノキ再造林手法の開発」の一環として行われた。

引用文献

福地晋輔・吉田茂二郎・溝上展也・村上拓彦・加治佐剛・太田徹志・長島啓子(2011)低コスト林業に向けた植栽密度の検討—オビシギ植栽密度試験地の結果から—。日本森林学会誌93:303-308。
橋本佳延・藤本大介(2014)日本におけるニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト。人と自然25:133-160。
池田浩一・奈須敏雄・森 琢磨(2000)ニホンジカによる激害型枝葉採食被害の発生状況と被害防除。森林防疫49:194-199。
壁谷大介・宇都木玄・来田和人・小倉 晃・渡辺直史・藤本浩平・山崎 真・屋代忠幸・梶本卓也・田中 浩(2016)複数

試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性。日本森林学会誌98:214-222。
鍛冶清弘・井上幸子・久保田勝義・椎葉康喜・壁村勇二・馬渕哲也・内海泰弘・榎木 勉・熊谷朝臣(2010)形状の異なる三種の獣害防除ネットにおけるスギ苗木保護効果の比較。九州大学農学部演習林報告91:19-23。
金森弘樹(2012)人工林におけるニホンジカの問題。森林科学66:36-40。
高知県(2015)平成26年度シカ生息数モニタリング調査業務報告書(受託者・特定非営利活動法人四国自然史科学研究センター)。
三重県林業研究所(2012)スギ・ヒノキをニホンジカから守る—新植地におけるシカ食害対策。http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000173602.pdf(2021年7月26日閲覧)
三浦慎悟(1999)野生動物の生態と農林業被害—共存の論理を求めて。林業改良普及双書No132, 174pp, 全国林業改良普及協会, 東京。
中川宏治(2015)ニホンジカによる林業被害に対する防除戦略: 獣害防除の既存研究の整理。森林防疫64(6):24-33。
西山嘉寛(2003)岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表面流出の研究(II)年侵食土壌量の予測。森林応用研究12:53-58。
及川 修(1977)斜面に生育するヒノキ林の土と有機物の地表面移動量。日本林学会誌59:153-158。
R Core Team(2017)R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (URL https://www.R-project.org)
林野庁(2019)令和元年度版森林・林業白書。279pp, 全国林業改良普及協会, 東京。
佐々木祐希子・竹内郁雄・寺岡行雄(2009)植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響—ヒノキ34年生林分における事例一。九州森林研究62:14-17。
森林総合研究所(2013)低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集。森林総合研究所。https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chukiseika7.pdf(2021年7月26日閲覧)
森林総合研究所(2019)低コスト再造林に役立つ“下刈り省略手法”アラカルト。森林総合研究所。https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chukiseika22.pdf(2021年7月26日閲覧)
森林総合研究所四国支所(2015)近畿・中国四国の省力再造林事例集。森林総合研究所四国支所。http://www.ffpri-sk.affrc.go.jp/seika/shouryoku_saizourin_jirei.pdf(2021年7月26日閲覧)
植生学会企画委員会(2011)ニホンジカによる日本の植生への影響—シカ影響アンケート調査(2009~2010)結果一。植生情報15:9-30。
高槻成紀(2015)シカ問題を考える。213pp, 山と溪谷社, 東京。
高山耕二・内山雄紀・赤井克己・花田博之・伊村嘉美・中西良孝(2008)牧場採草地へのニホンジカ侵入に対する防護柵の影響。鹿児島大学農学部農場研究報告30:11-14。
高柳 敦・吉村健次郎(1988)カモシカ・シカの保護管理論に関する一試論—防護柵の効果と機能—。京都大学農学部演習林報告60:1-17。
田村 淳(2015)丹沢のブナ林—神奈川県はシカから森林を守ることができたのか。(シカの脅威と森の未来—シカ柵による植生保全の有効性と限界, 前迫ゆり・高槻成紀編, 247pp, 文一総合出版, 東京), 77-87。
宇都木玄・原山尚成・上村 章(2017)再造林に向けた低コスト林業への挑戦。森林科学80:2-5。
若山 学(2003)シカ防護柵の設置不良および破損事例とその対策。奈良県森林技術センター研究報告32:71-74。

付表. ネット防護柵を設置した再造林地の基本データ

通し 番号	樹種*	調査時 林齢(年)	標高 (m)	傾斜角 (°)	植栽面積 (ha)	推定シカ密度 (頭・km ⁻²)	柵の見回り頻 度 (回・年 ⁻¹)	平均樹高 (m)	スギまたはヒノキ本数			植栽密度 (本・ha ⁻¹)
									被害なし	軽微な被害	重度の被害	
1	スギ	2	983	25	9.86	22.3	6	0.93	29	0	0	3000
2	スギ	6	364	40	15.90	13.6	3	2.13	24	0	0	2700
3	スギ ^a	4	432	30	5.91	8.4	2	2.82	28	2	0	2673
4	スギ	7	530	43	2.90	49.8	1	1.68	1	0	1	3000
5	スギ	2	1023	33	0.80	22.3	2	0.50	4	11	14	2700
6	スギ	2	990	25	1.15	22.3	2	0.43	22	6	1	2700
7	スギ	2	982	35	0.88	22.3	2	0.63	18	0	0	2700
8	スギ	2	984	35	1.02	22.3	2	0.68	20	4	3	2700
9	スギ	2	1045	32	0.77	22.3	2	0.45	0	1	16	2700
10	スギ	6	618	35	1.30	5.7	1	4.44	23	0	2	2692
11	スギ	2	562	36	4.85	5.7	1	0.67	15	6	3	2701
12	スギ	2	655	32	3.10	5.7	1	1.05	11	6	3	2700
13	スギ	2	735	36	5.98	9.4	5	0.80	26	3	1	3000
14	スギ	4	396	37	3.79	16.7	6	2.15	9	4	13	3000
15	スギ ^d	6	473	26	10.88	28.1	2	3.29	30	0	0	3000
16	スギ ^b	4.5	335	33	1.17	18.3	2	3.37	33	1	0	3250
17	スギ ^c	5.5	961	31	1.98	22.3	1	1.77	13	1	0	2700
18	スギ	2.5	541	30	4.97	5.7	1	2.29	31	0	0	3000
19	ヒノキ	2	982	31	6.48	5.3	6	0.63	25	0	0	3000
† 20	ヒノキ	6	450	36	7.39	13.6	3	1.74	4	7	4	2700
† 21	ヒノキ	6	506	39	7.39	13.6	3	1.24	0	0	2	2700
22	ヒノキ	8	490	33	11.20	13.6	3	2.37	7	12	1	2700
23	ヒノキ ^a	4	455	30	5.91	8.4	2	1.23	4	9	3	2673
24	ヒノキ	5	362	31	2.59	0	2	2.04	22	0	1	2510
25	ヒノキ	3	324	33	1.30	13.1	2	0.50	3	3	12	2093
26	ヒノキ	3	286	32	3.96	13.1	2	1.01	19	1	0	2677
27	ヒノキ	2	238	37	10.83	13.1	2	0.67	11	2	5	2696
28	ヒノキ ^d	6	455	26	10.88	28.1	2	2.32	29	0	2	3000
29	ヒノキ	5.5	700	25	0.71	8.4	1	2.63	23	0	0	2676
30	ヒノキ	3.5	370	36	2.78	8.4	1	1.10	14	9	10	2518
31	ヒノキ	5.5	740	35	2.29	28.2	2	0.90	6	0	10	2663
32	ヒノキ	1.5	720	30	0.49	28.2	1	0.63	1	1	35	2714
33	ヒノキ ^b	4.5	359	33	1.17	18.3	2	1.47	0	2	13	2597
34	ヒノキ ^c	5.5	958	31	1.98	22.3	1	1.31	0	0	9	2700
35	ヒノキ	6.5	526	29	2.92	49.8	3.5	1.43	5	1	6	3000
36	ヒノキ	6.5	423	31	8.91	49.8	3.5	3.12	12	4	3	3000
37	ヒノキ	4.5	450	31	6.40	49.8	3.5	1.55	9	6	9	3000
38	ヒノキ	5.5	254	31	11.58	11.3	2.5	3.12	14	0	7	3000
39	ヒノキ	1.5	525	24	6.66	14.8	6	0.87	21	2	3	3000
40	ヒノキ	6.5	271	37	4.55	24	1	—	0	0	0	3000
41	ヒノキ	1.5	298	34	7.70	24	1.5	0.36	10	1	10	3000
42	ヒノキ	4.5	441	34	9.53	28.2	1	1.62	9	3	7	3000
43	ヒノキ	2.5	423	28	3.36	28.2	3.5	1.51	22	4	0	3000
44	ヒノキ	4.5	464	28	4.30	44.7	1	2.20	13	3	5	2558
45	ヒノキ	2.5	247	32	8.50	44.7	1	0.42	8	2	14	2368

*：スギまたはヒノキの右肩のa, b, c, dは同じ伐採地に植えられたペアを示す。図-6参照

†：同じ林班内であるが十分に距離があったため2か所で調査した