

ニホンジカ防除柵（斜張柵・縦張柵・金網柵）の比較検討

群馬森林管理署

1 課題を取り上げた背景

現在、わが国では生息域の拡大等を背景としたニホンジカ（以下、シカという。）による森林被害が依然として深刻な状況にあります。具体的には、植栽した苗木が枝葉を食べられたり、引き抜かれたり、角こすりを受けて樹皮が剥かれてしまう等の被害が挙げられ、これらの被害が将来的に苗木の形質不良や枯死を引き起こしてしまい、人工林の確実な更新を妨げる大きな障害になります。こ



（写真－1）造林地に作設したシカ防護柵

れを防ぐため、苗木にネットやシェルターを被せて単木的に防除する方法や、加害動物が忌避する薬剤を苗木に散布する方法等が各地で導入されており、特に防除柵（以下、柵という。）作設による防除が全国的に最も多く採用されています。しかし、柵はその素材や施工方法によって防除効果・耐久性・必要コストが大きく異なるという特徴があり、作設費用の安さのみを追求した造林地では、点検補修や撤去のコストまで考慮した柵の選択がなされていないために、防除効果の低下をはじめとした問題が発生しているという報告が数多くあります。

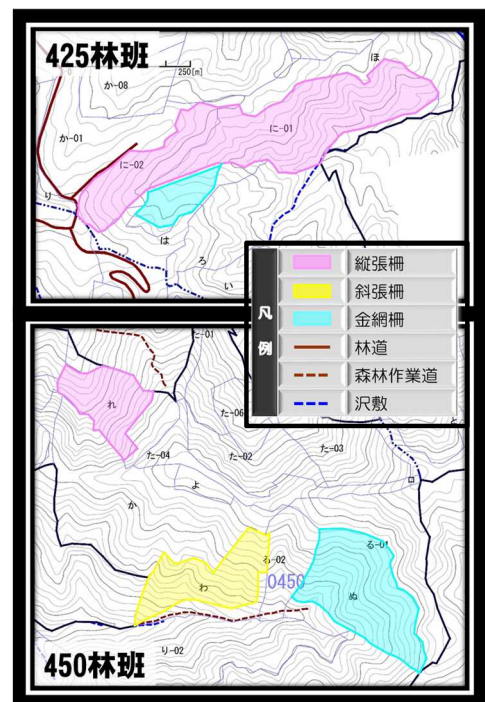
そのため、適切に柵の選択を行うためには、現在用いられている主な柵について、総コスト（人工および費用）を分析し、防除効果と併せて評価する必要があります。

2 具体的な取組

（1）調査地および材料

関東森林管理局管内で採用されている主な柵の効果とコストについて評価することを目的として、平成30年11月に、群馬県桐生市のカラマツ新植地（425林班、9.77ha、標高約900m）に縦張型樹脂ネット柵（以下、縦張柵という。）と近年軽量化が進んでいる軽量金網柵（以下、金網柵という。）を隣接して作設しました。また、翌年7月には、同県みどり市のスギ新植地（450林班、9.07ha、標高約600m）に425林班に作設した柵と同じ縦張柵および金網柵に加えて、斜張型樹脂ネット柵（以下、斜張柵という。）を作設し、調査地を設けました。

本取組で比較した柵は、ネットの素材によって、樹脂ネットタイプと軽量金網タイプの二つに大きく分けられます。樹脂ネットタイプとしては、関東森林管理局で最も作設費用が安いとされている斜張柵（図－2上段）と、当署で長年採用してきた縦張柵（図－2中段）が該当します。斜張柵はネットを縦ではなく斜めに張ること



（図－1）調査地平面図

で、シカが跳び越えづらくなるように幅を確保した構造になっています。構造が単純なことから施工性が高く、作設費用も安いという特徴があります。縦張柵は縦に張ったネットに、スカートネットという斜めに広げたネットを取り付けた柵で、このスカートネットのおかげでシカによる柵の飛び越えや、下からの潜り込みを阻害する効果が期待されています。本取組においては低コスト化の観点から、資材メーカーと相談の上、支柱間隔を限界まで広げており、その結果、斜張柵は3m、縦張柵は4m、金網柵は5mスパンに設定して施工しています。

作設後の維持管理としては、425林班においては平成31年4月～令和元年11月、450林班においては同年8月～11月の期間、毎月1回の柵点検を実施し、軽微な破損が見つかった時にはその都度補修しました。また、追加の支柱やネットが必要となる大きな破損についても数日以内に補修し、防除効果が低減する期間を短くするように努めました。

(2) 調査方法

(ア) 防除効果の検証

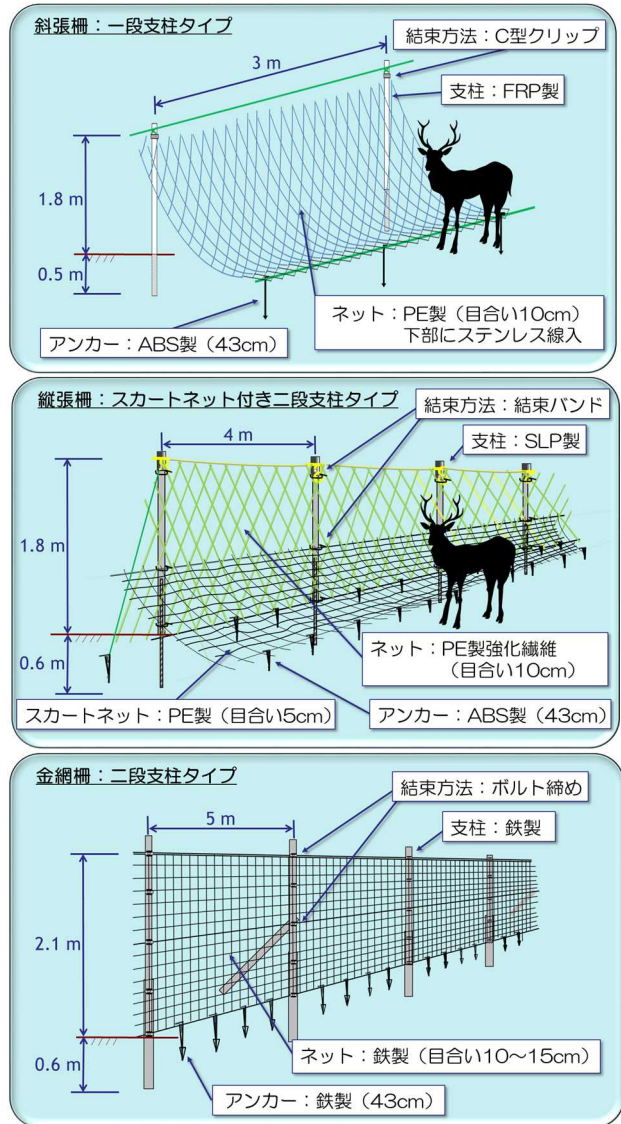
各柵の防除効果を評価するために、①柵破損状況調査、②柵内シカ侵入状況調査、③苗木被害調査を、425林班においては令和元年4月から11月の期間、450林班においては令和元年8月から11月の期間、毎月一回実施しました。

①柵破損状況調査は、柵点検の際に確認した破損を種類分けし、その破損回数をカウントすることで、各柵における破損の特徴、発生頻度、および発生時期の傾向を調べました。

②柵内シカ侵入状況調査は、点検補修作業および、①および③の調査の際、柵内に新しいシカの痕跡(足跡、糞、食痕)を確認した場合に、該当月のシカの侵入有と記録し、「シカの侵入有回数÷総調査回数」から各柵におけるシカ侵入率を調べました。

③苗木被害調査は、各柵内および425林班と450林班の柵外に植栽した苗木について、調査時点での被害状況を5段階に分類調査することで、苗木の保護状況や被害発生時期の傾向を調べました。調査対象木については、425林班の縦張柵内、金網柵内、柵外、450林班の斜張柵内、縦張柵内、金網柵内、柵外の計7ヶ所から無作為に60本ずつ抽出し、合計420本の苗木を追跡調査しました。また、シカが通行する可能性が高い作業道や獣道沿いの苗木を優先して抽出しました。

(イ) コスト分析



(図-2) 本取組に用いた3種類の柵の仕様
(上: 縦張柵、中: 斜張柵、下: 金網柵)

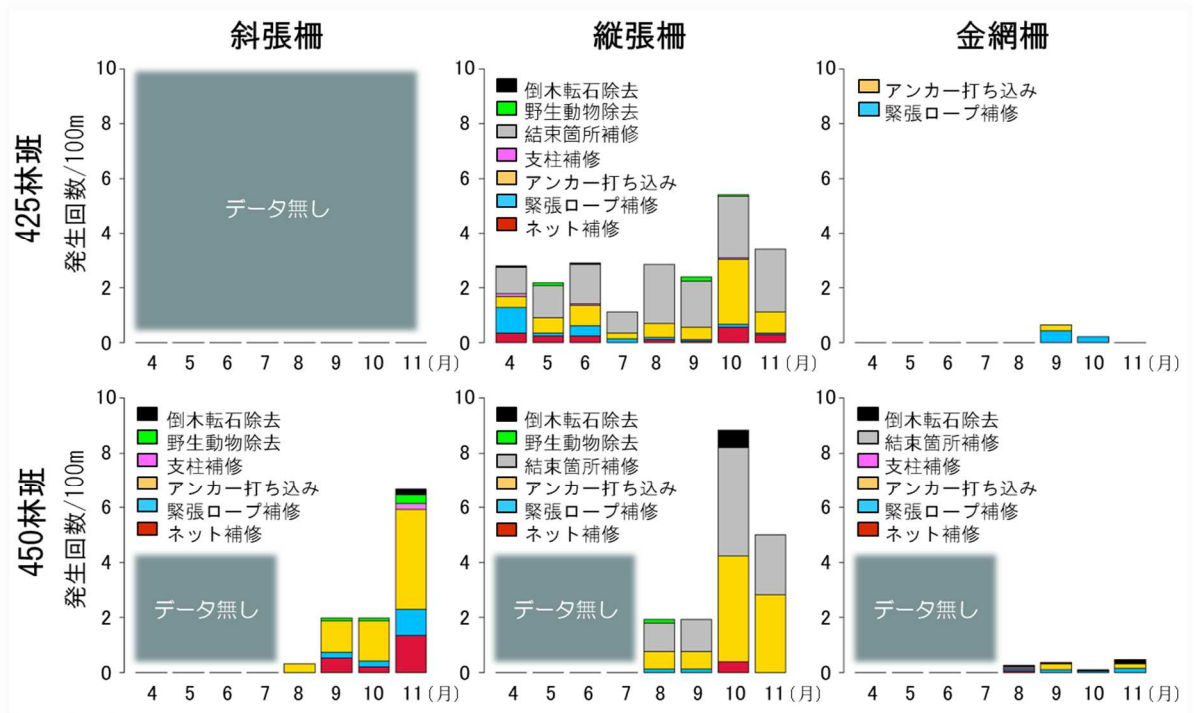
柵延長 100m あたりの作設費用を算出するため、各柵の作設作業に要した時間を計測しました。関東森林管理局造林取扱要領の基準工期の算出方法に基づき、1人1日当たりの主作業時間を345分として人工(人日)を算出し、平成31年3月から適用する公共工事設計労務単価を掛け合わせて労賃を算出しました。この労賃に作業地内の資材運搬に係る機械損料および燃料費を加算して直接事業費を算出し、最後に、当署契約事業における直接事業費に対する間接事業費割合の過去3年平均が約75%であることから、直接事業費に1.75をかけて、作設費用を算出しました。

柵延長 100m あたりの点検補修費用の算出には、各柵の点検補修作業に要した時間を計測し、作設費用と同様の手順で点検1回あたりの労賃を算出しました。(ア)①柵破損状況調査の結果から、各柵の適切な年間点検補修回数と十分な点検補修を実施する年数を設定し、柵撤去までにかかる点検補修の労賃を算出しました。また、(ア)①柵破損状況調査の結果から、とくに交換頻度の高い部品がある場合には、労賃に交換部品代を加算し、直接事業費を算出しました。最後に、作設費用と同様に間接事業費の割合を75%とした場合の点検補修費用を算出しました。

柵延長 100m あたりの撤去費用の算出にあたっては、本取組の中で撤去作業の時間計測ができなかったことと、全ての柵の作設を請け負った事業者が同一であったことから、請負事業体に「撤去作業および林道等資材を集積できる箇所までの運搬作業に必要と考えられる予想人工」を聞き取り、労賃を算出しました。この労賃に産業廃棄物処理場までの運搬費および処理費用を加算し、直接事業費を算出した後、作設・点検補修と同様に1.75をかけて、撤去費用を算出しました。

3 取組の結果

破損状況調査の結果(図-3)、斜張柵に生じた補修(総設置期間4か月)は、野生動物や転石によって破れたネットの補修(以下、ネット補修という。)が20回、野生動物の跳び越えや堆積土壌によって弛んだ上張りロープ(金網柵の場合は番線)を張りなおす補修(以下、緊張ロープ補修という。)が13回、野生動物の柵への攻撃や土砂流出によって抜けたアンカーの打ち込み



(図-3) 柵破損状況調査の結果

直し（以下、アンカー打ち込みという。）が 63 回、歪んで自立機能を失った支柱の交換（以下、支柱補修という。）が 2 回、ネットに絡まった野生動物の除去（以下、野生動物除去という。）が 5 回、倒木や転石の除去（以下、倒木転石除去という。）が 2 回ありました。縦張柵に生じた補修（総設置期間 16 か月）は、ネット補修が 40 回、緊張ロープ補修が 38 回、アンカー打ち込みが 181 回、支柱補修が 4 回、各パーツの結合部の補修（縦張柵の場合は結束バンドの留め直し）（以下、結束箇所補修という。）が 315 回、野生動物除去が 7 回、倒木転石除去が 7 回ありました。金網柵に生じた補修（総設置期間 16 か月）は、ネット補修が 1 回、緊張ロープ補修が 10 回、アンカー打ち込みが 8 回、支柱補修が 1 回、結束箇所補修が 1 回、倒木転石除去が 6 回ありました。また、各柵における総破損発生回数は、斜張柵 2.73 (回/月/100m)、縦張柵 2.54 (回/月/100m)、金網柵 0.13 (回/月/100m) となり、樹脂ネットの補修回数は金網柵より約 20 倍多くなりました。

樹脂ネット柵より金網柵の破損回数が少なくなった原因は、野生動物や堆積土砂による破損が金網柵では殆ど生じなかったためだと考えられます。現地の痕跡から、樹脂ネットで多かったアンカー抜けおよびネットの破れは野生動物の体当たりや噛み切りによって（写真－2）、結束箇所の破損は堆積土壌による緊張によって生じたことが分かりました（写真－3）。

また、破損発生の季節変化に着目すると、いずれの柵も 10 月から 11 月にかけて増加していました。これはシカの繁殖期と重なるため、移動範囲の拡大をはじめとしたシカの行動の活発化が原因で柵の破損が増加したと考えられます。このことから、秋季の点検補修は 1 年の中でも特に頻度を高める等、コストをかける必要があることが示唆されました。



（写真－2）ネットが角に絡まり暴れる雄ジカ



（写真－3）堆積土砂がネットを緊張する様子

柵内シカ侵入状況調査の結果、シカ侵入率（1点検あたりのシカ痕跡発見頻度の割合）は、斜張柵内が 100.0%、縦張柵内が 91.7%、金網柵が 8.3%となりました。樹脂ネット柵内は調査地に訪れると殆ど毎回シカの痕跡が発見され、柵内に侵入したシカの生体と遭遇することも頻繁にありました。このように、樹脂ネットの柵内へのシカの侵入を許してしまった結果、柵内のミヤコザサ（*Sasa nipponica*）、ニガイチゴ（*Rubus microphyllus*）、フサフジウツギ（*Buddleja davidii*）等は残存する個体の多くがシカによる食害を受けていました。一方、金網柵については、令和元年 10 月の台風災害で 450 林班の柵が倒木によって大きく破損した時以外、シカ



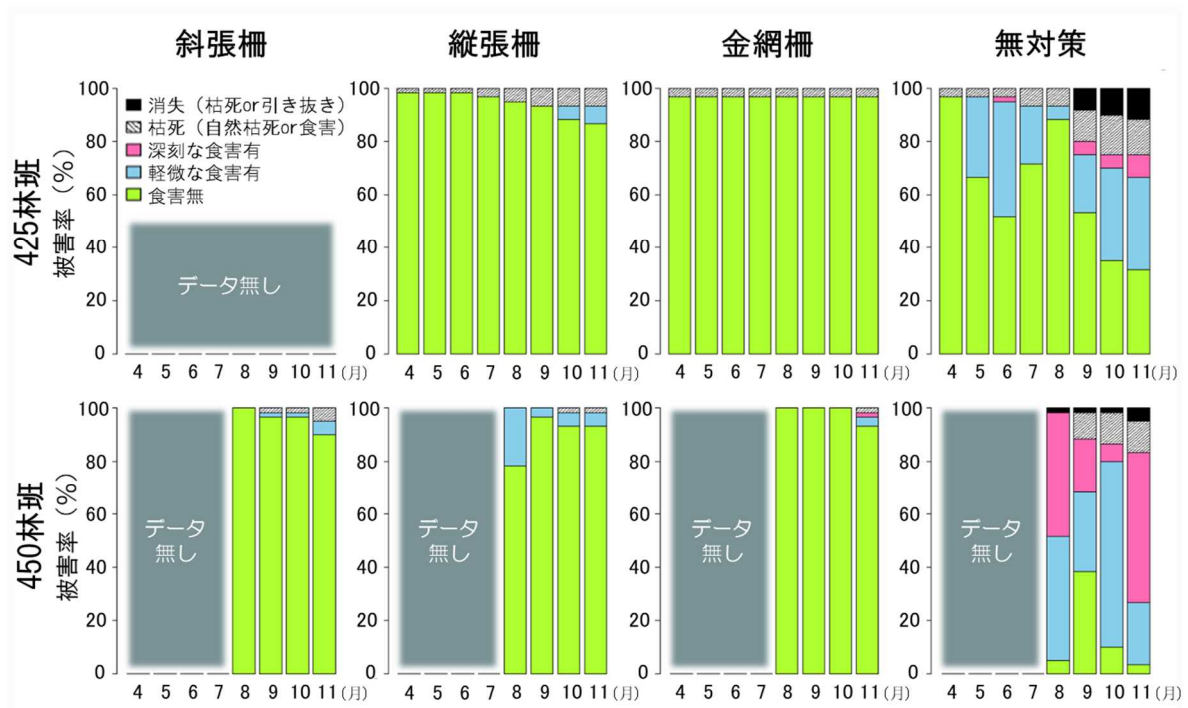
（写真－4）金網柵内外におけるササの状態

が柵内へ侵入した痕跡はなく、高い防除効果を発揮していたことが分かりました。その効果は、金網柵内のササに対して柵外のササが矮小化している様子からも明らかでした（写真－４）。

苗木被害調査では、食痕を確認できなかった苗木を「食害無」、食痕を確認できたが形質や生育に大きな影響を与える程ではない苗木を「軽微な食害有」、将来的な形質不良や枯死を引き起こしうる過度な食害を受けた苗木を「深刻な食害有」（写真－５）、自然的あるいは食害を受けた結果枯れた苗木を「枯死」、枯死や野生動物による引き抜きを受けた結果消失した苗木を「消失」と分類した結果、斜張柵、縦張柵、金網柵いずれの柵においても内部の苗木は令和元年11月時点で「食害無」あるいは「軽微な食害有」に分類された苗木が95%を超えていました（図－４）。一方、柵外の苗木については、「食害無」あるいは「軽微な食害有」に分類される苗木が、425林班は76.7%、450林班は26.7%となっており、本調査地においてはシカ防護柵等による苗木保護の効果が十分に発揮されたことが示されました。



（写真－５）深刻な食害を受けた苗木
（左：スギ、右：カラマツ）



（図－４）苗木被害調査の結果

コストの算出は、点検補修の頻度や撤去方法等の条件が変化すると算出結果が大きく変化することもあるため、本取組においてはこれまでに紹介した防除効果の検証結果を踏まえ、以下のよう条件を設定して分析を実施しました。

まず、点検補修コスト算出に関する「年間点検補修回数」は、柵破損状況調査と苗木被害状況調査の結果から、樹脂ネット柵は本取組と同程度以上の点検回数が必要であるのに対して、金網柵は野生動物による破損が殆どなかったことから、融雪時および台風災害後の年4回程度まで点検補修回数を低減できると考えられます。このため、本取組においては点検補修回数を樹脂ネ

(表-1) コスト分析の結果 (点検補修の値は10年分の合計値)

	人工 (人日/100m)				費用 (万円/100m)			
	作設	点検補修	撤去	合計	作設	点検補修	撤去	合計
斜張柵	1.5	9.7	3.0	14.2	20.6	33.7	10.7	66.0
縦張柵	2.6	7.3	6.8	16.7	34.6	25.5	23.6	83.7
金網柵	5.7	1.3	7.5	14.5	41.5	4.7	25.6	71.8

ット柵は年12回、金網柵は年4回と設定し、コスト算出を行いました。また、「点検補修期間」については、当署管内のいくつかの造林木において成長点が採食を受けなくなる高さまで成長した後もシカの角こすりや樹皮剥ぎの被害を受けて改植せざるを得ない状況に陥っていることを踏まえ、初回の除伐が完了し、低木等が繁茂して造林地内への侵入が困難になる10年生頃まで柵の十分な点検補修を実施するものとしてコスト算出することとしました。

また、撤去コスト算出に関する「撤去の方法」については、土中埋設したアンカーや支柱を含めた全資材を撤去するものとし、「撤去資材の処分方法」については、廃プラスチックは産業廃棄物処理費用を要し、鉄くずは売却できるものとしてコスト算出を行いました。

このような条件のもと、作設、点検補修、撤去コストを算出した結果(表-1)、延長100mあたりの総費用が最も安価になったのは斜張柵(66.0万円)で、最も高価になったのは縦張柵(83.7万円)でした。金網柵は斜張柵ほど安価にはなりませんが、点検補修費用が樹脂ネット柵より著しく低いことから、十分な点検補修体制が確保しづらい場合でも、防除効果の低下による苗木被害の発生を抑えることができると考えられます。

4 まとめ

苗木被害調査の結果、柵外の造林地は植栽後1年足らずで関東森林管理局の改植要件を満たすほどの食害を受けました。しかし、柵内は95%以上の苗木が大きな食害の影響を受けませんでした。これは、月一回の十分な点検補修によっていずれの柵も一定の苗木保護効果を発揮できたことを示しています。一方、樹脂ネット柵は金網柵と比較して高頻度で破損していたことや、樹脂ネット柵内に侵入したシカが苗木以外の植物を頻繁に採食していたことから、樹脂ネット柵は、柵内に苗木以外のシカ嗜好性植物が少ない場合や、月一回以上の頻度で点検補修ができない場合は、深刻な苗木被害が発生するリスクが高いと考えられます。

また、コスト分析の結果、総費用は斜張柵が最も安いという結果になりました。しかし、プラスチック製品と比較して環境負荷が低い鉄製品や、撤去の労力が大きい土中埋設資材を撤去する必要があるのかを改めて再検討した結果、それらが不要だという判断がされた場合には、金網柵が最も低コストになる可能性があります。このように、本取組で算出した撤去コストでは、作設・点検補修コストと比較して仮定した条件が多いことから、実際のコストと乖離している可能性も十分にあります。そのため、今後は早急に撤去の考え方や具体的な方法を確立し、より正確なコスト分析をした上で、各柵の評価を随時修正していくことが必要です。

いずれにせよ、柵の効果を十分に発揮して、確実な更新を図るためには、作設コストや防除効果といった単体の因子にのみ着眼した判断ではなく、各造林地の条件や実行可能な点検補修体制等の様々な因子を加味した複合的な検討をもとに柵の選択をしていくことが重要です。