

# ニホンジカ防護柵（縦張柵・斜張柵・金網柵）の比較検討

林野庁 森林整備部 研究指導課 実証事業係長 小澤 一輝  
（元 関東森林管理局 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。）による造林地被害が依然として深刻な状況にあります。具体的には、スギ、ヒノキ、カラマツなどの植栽木が枝葉を食べられたり、引き抜かれたり、角こすりを受けて剥皮さ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植栽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っています。これを防ぐため、造林地を防護柵（以下、柵という。）で囲い、植栽木や下層植生を保護する手法や、植栽木にネットやシェルターを被覆して単木的に防護する手法、シカが忌避する薬剤を植栽木に散布する手法等が各地で導入されており、特に、導入コストが比較的安価であることから、柵を用いた防護が全国的に多く採用されています。



（写真－１）シカ防護柵

（左：金網柵、右：縦張柵）

しかし、柵については、他の防護資材と比較して撤去までの期間が長いなどの理由から、導入後の点検補修や撤去に係る具体的な実施方法や、そのコストに関する情報が不足しています。そのため、獣害対策の経験が浅い造林担当者の多くは、導入コストと慣例により柵の種類を選択していることが多く、その結果、防護が上手くいかず、改植に追い込まれている造林地も少なくありません。

造林地を確実に更新するためには、代表的な複数の柵について、導入・点検補修・撤去といった各作業工程の実施方法やそのコスト、防護効果を把握した上で、造林地や作業体制に応じた適切な柵の選択を行う必要があります。

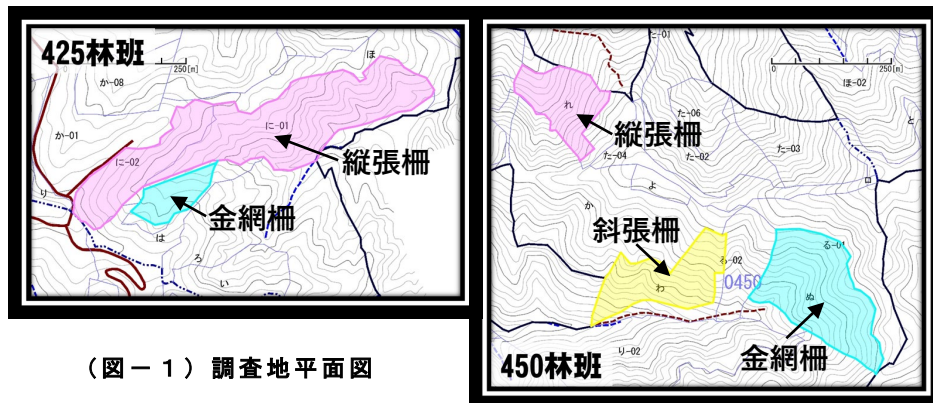
そこで、本取組では、関東森林管理局で主に採用されてきた２種類の柵と、近年新たに開発された柵の計３種の柵について、防護効果及び、導入・点検補修・撤去に係る総コスト（人工及び費用）を併せて評価し、群馬森林管理署で当面採用すべき防護柵を明らかにすることとしました。

## 2 具体的な取組

### （１）調査地及び材料

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。）と近年軽量化と低コスト化が進められた金網柵（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

同じ縦張柵及び金網柵に加えて、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。



(図-1) 調査地平面図

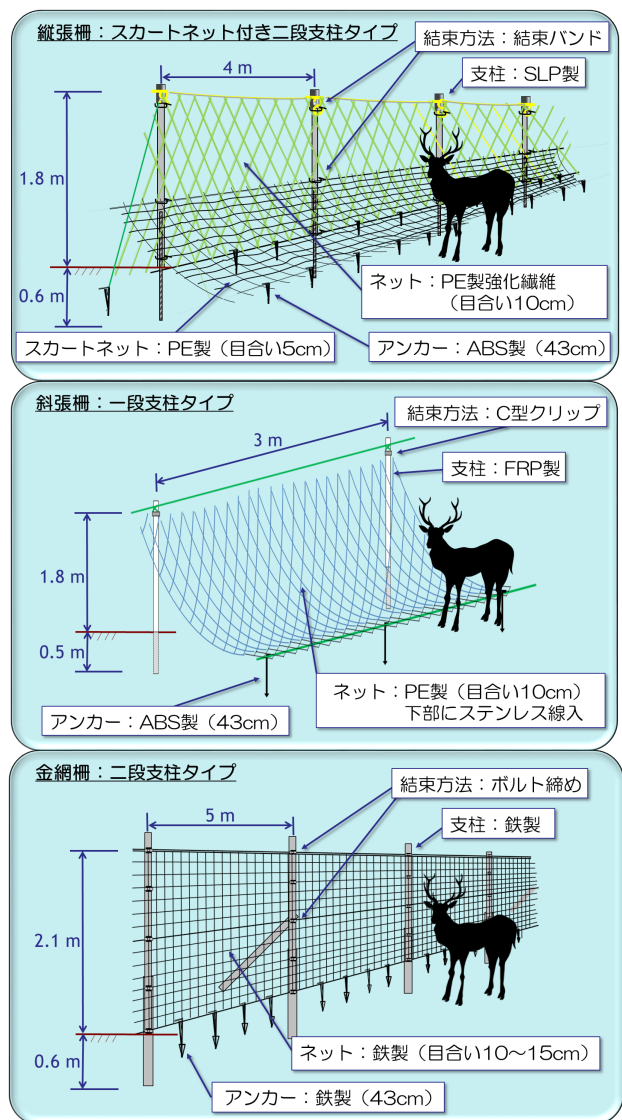
本取組で使用した柵は、ネットの素材によって、樹脂ネットタイプと軽量金網柵の二つに大きく分けられます。樹脂ネットタイプとしては、群馬森林管理署で長年採用してきた縦張柵（図-2上段）と、関東森林管理局で最も作設費用が安いとされている斜張柵（図-2中段）が該当します。

縦張柵は、縦に張ったネットの中段から斜めに広げたスカート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。

斜張柵は、ネットを縦ではなく斜めに張ることで、シカが跳び越えづらくなるよう水平幅を確保した柵で、構造が単純なことから施工性が高く、作設費用（材料費及び人件費）も安価なことが知られています。

一方、軽量金網柵（図-2下段）は、従来の金網柵の「重い」、「高価」という特徴が大きく改良され、従来の金網柵ほど強度はないものの、取り扱いが比較的簡易な金属柵として、平成28年から試験導入されるようになった柵です。

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、支柱間隔を可能な限り拡幅しており、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。



(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)

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を行いました。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、防護効果が低減する期間が可能な限り短くなるよう努めました。

## (2) 調査方法

### (ア) 防護効果の検証

それぞれの柵の防護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植栽木被害調査を、425 林班においては平成 31 年 4 月から 11 月の期間、450 林班においては同年 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、及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、点検補修作業や、①及び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、該当月にシカの侵入があったものとして記録し、「シカの侵入回数÷総調査回数」により各柵におけるシカ侵入率を調べました。

③植栽木被害調査は、柵内及び 425 林班と 450 林班の柵外に植栽した植栽木について、調査時点での被害状況を 5 段階に分類調査することで、植栽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 林班の縦張柵内、斜張柵内、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 本の植栽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植栽木を優先して抽出しました。

### (イ) コスト分析

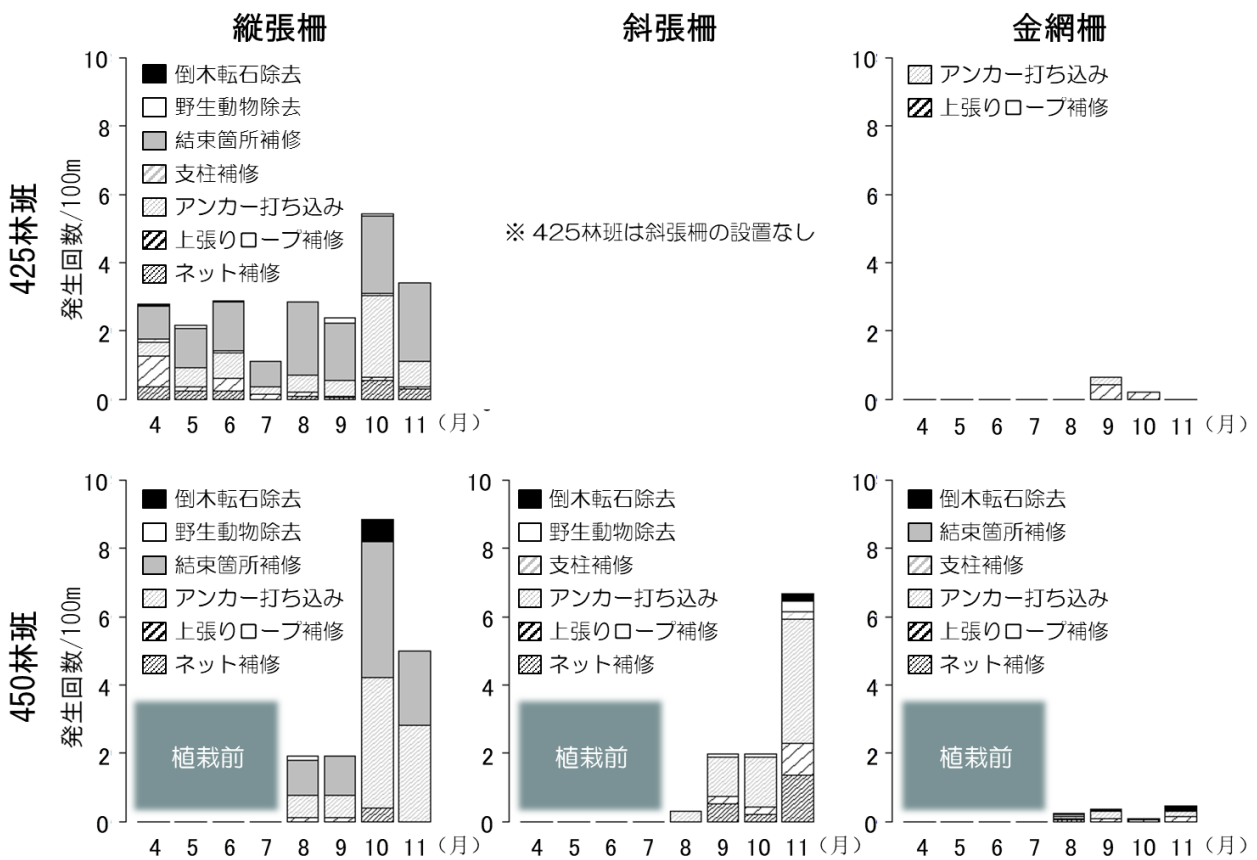
柵延長 100m 当たりの作設費用を算出するため、それぞれの柵の作設作業に要した時間を計測しました。関東森林管理局造林取扱要領の基準工期の算出方法に基づき、1 人 1 日当たりの主作業時間を 345 分として人工（人日）を算出し、平成 31 年 3 月から適用された公共工事設計労務単価を掛け合わせて労賃を算出しました。この労賃に作業地内の資材運搬に係る機械損料及び燃料費を加算して直接事業費を算出した上で、群馬森林管理署の契約事業における直接事業費に対する間接事業費割合の過去 3 年平均が約 75%であることを踏まえ、直接事業費に 1.75 を乗じて作設費用を算出しました。

柵延長 100m 当たりの点検補修費用の算出には、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 回当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、同じく（ア）①の結果から、特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 当たりの撤去費用の算出に当たっては、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、請負事業者に「撤去作業及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及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 を乗じて、撤去費用を算出しました。

### 3 取組の結果

柵破損状況調査の結果（図－3）、縦張柵に生じた補修（調査期間延べ 16 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 40 回、野生動物の跳び越えや土砂の堆積によって弛んだ上張りロープ（金網柵の場合は番線）を張り直す補修（以下、上張りロープ補修という。）が 38 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直し（以下、アンカー打ち込みという。）が 181 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 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、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 7 回、倒木や転石の除去（以下、倒木転石除去という。）が 7 回ありました。斜張柵に生じた補修（調査期間延べ 4 か月）は、ネット補修が 20 回、上張りロープ補修が 13 回、アンカー打ち込みが 63 回、支柱補修が 2 回、野生動物除去が 5 回、倒木転石除去が 2 回ありました。金網柵に生じた補修（調査期間延べ 16 か月）は、ネット補修が 1 回、上張



(図－3) 柵破損状況調査の結果（上段：425林班、下段：450林班）

りロープ補修が 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、柵 100m 延長当たりの総破損発生回数は、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、金網柵の補修回数は樹脂ネットの 20 分の 1 程度に留まりました。

調査地の痕跡から、樹脂ネットが多く生じていたアンカー抜けや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)、結束箇所の破損は土砂の堆積による緊張によって (写真-3) 生じたことが分かっており、金網柵はこれらの障害に対して比較的耐久性が高いことが明らかになりました。



(写真-2) ネットが角に絡まり暴れる雄シカ (写真-3) 堆積土砂がネットを緊張する様子

また、破損発生回数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っており、移動範囲の拡大をはじめとしたシカの行動が活発化したことに伴い、柵の破損も増加したものと考えられます。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くするなど、他の季節よりコストをかける必要があることが分かりました。

柵内シカ侵入状況調査の結果、シカ侵入率 (1 点検当たりのシカ痕跡発見頻度の割合) は、縦張柵が 91.7%、斜張柵が 100.0%、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たびに概ね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*) 等は多くの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 月の台風災害により 450 林班の柵が倒木によって大きく破損した際を除き、シカが柵内へ侵入した痕跡はなく、高い防護効果を維持していました。また、柵外のササが矮小化していたのに対し、金網柵内のササが大きく成長していたことも、柵内外で採食圧に差があったことを示していました (写真-4)。

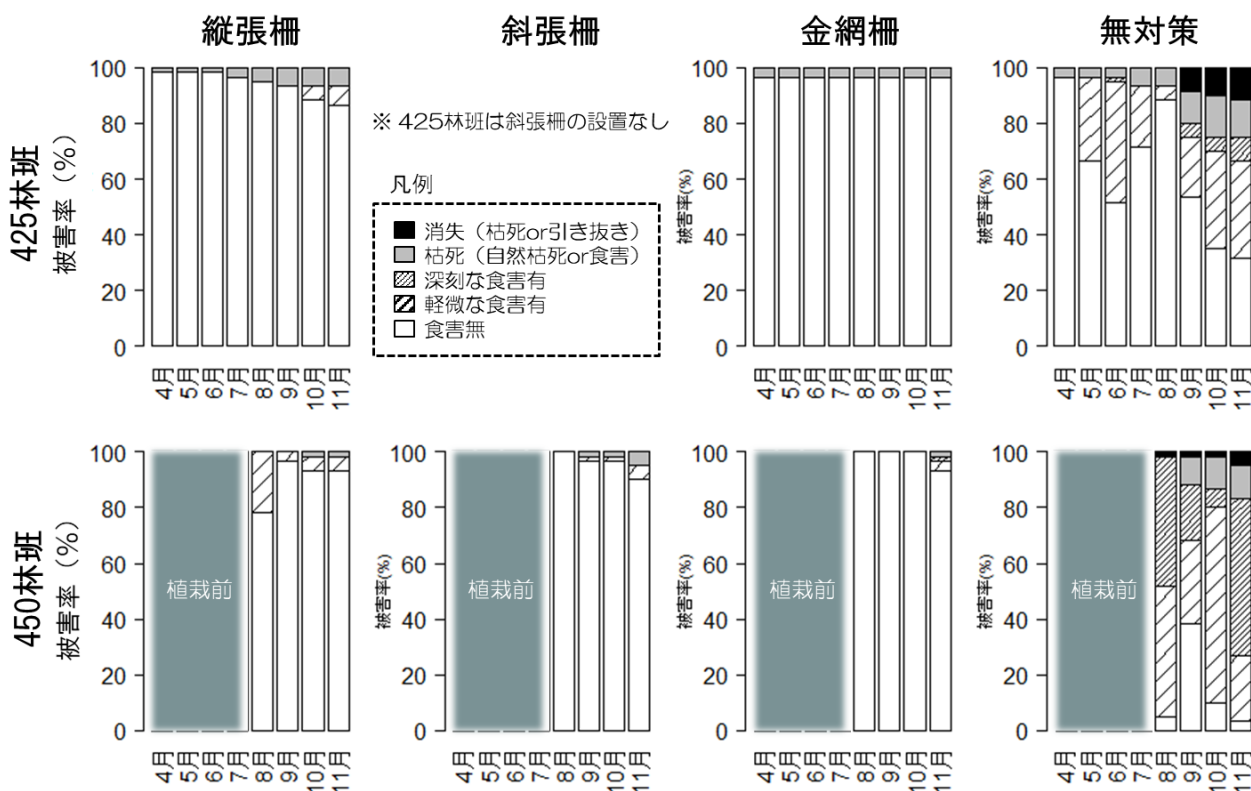


(写真-4) 金網柵内外におけるササの状態

植栽木被害調査では、食痕を確認できなかった植栽木を「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植栽木を「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植栽木を「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植栽木を「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植栽木を「消失」と分類した結果、縦張柵、斜張柵、金網柵いずれの柵においても、内部の植栽木は令和元年11月時点で「食害無」又は「軽微な食害有」に分類された植栽木が95%を超えていました（図－４）。一方、柵外の植栽木については、「食害無」又は「軽微な食害有」に分類された植栽木が、425林班は67.7%、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植栽木保護の効果が十分に発揮されたことがわかりました。



（写真－５）深刻な食害を受けた苗木  
（左：スギ、右：カラマツ）



（図－４）植栽木被害調査の結果（上段：425林班、下段：450林班）

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ため、本取組においては、これまでに紹介した防護効果の検証結果を踏まえ、以下のように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、柵破損状況調査と植

栽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、融雪時及び台風災害後の年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、点検補修実施期間については、群馬森林管理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、撤去コスト算出に係る撤去方法については、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が発生すること、鉄くずは売却による収入分を差し引くこととしてコスト算出を行いました。

以上の条件のもと、作設、点検補修、撤去コストを算出した結果(表-1)、延長100m当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、点検補修コスト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、防護効果を維持しやすいという点では、導入を検討する余地があると考えられます。

(表-1) コスト分析の結果(点検補修の値は10年分の合計値)

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

#### 4 まとめ

植栽木被害調査によって、柵外の造林地は植栽後1年足らずで補植や改植を要するほどの食害を受けていたのに対し、柵内は95%以上の植栽木が無被害もしくは軽微な食害を受けるに留まったことが明らかになりました。これは、本地域においては、月一回の点検補修によって、いずれの柵も一定の植栽木保護効果を発揮する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い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植栽木以外の植物を頻繁に採食していたことから、樹脂ネット柵の採用は、月一回以上の頻度で点検補修ができない場合や、柵内に植栽木以外のシカ嗜好性植物が少ない場合などにおいて、深刻な植栽木被害が発生するリスクが高くなると考えられます。

さらに、コスト分析の結果、総費用は斜張柵が最も低くなりましたが、鉄製品は酸化して土に還る素材であることから、将来的に、その一部または全部を撤去する行為が不要だと公に見なされた場合には、必ず回収・処分費が発生する樹脂ネット柵よりも、金網柵の方が総費用は低くなる可能性があります。

群馬森林管理署においては、これまで「他署での導入実績が多く」、「比較的低コスト」という謳い文句の下、樹脂ネットを用いた柵が主として採用されてきました。しかし、点検補修に十分な人員や費用を掛けることができず、柵の設置後数年で改植に追い込まれてしまった造林地はいくつも存在し、再造林経費が追加的に発生する事態が問題となっています。そのため、本取組の成果を踏まえ、群馬森林管理署では令和2年度から、樹脂ネット柵主体の防護から軽量金網柵主体の防護へと大きく転換することとなりました。

しかし、軽量金網柵は昨今の群馬森林管理署がおかれた状況下においては最適な防護資材ですが、他地域においては他の防護資材がより有用である可能性があるため、導入には注意が必要です。特に、イノシシやクマのような力が強い大型哺乳類の活動が活発な地域や、地元の林業事業体が運搬車等を保有しておらず、徒歩による長距離の資材運搬が必然となる地域では、軽量金網柵は最善の防護資材でない可能性が高くなります。当然のことながら、今後新たな柵が開発された場合には、随時防護効果やコストの評価を見直すことも必要です。

今後、時勢や地域の条件によって最適な防護資材は変化するという認識が浸透し、各地の造林担当者が、新しい防護資材の情報や、既設の防護資材に関する防護効果やコストに関するデータを日頃から収集し、関係者間で情報を共有できる形に整理しておくことで、適切に防護資材を選択する技術が普及していくことに期待します。