

シカ等に対する新たな物理的防除を中心とした

森林被害対策技術に関する研究

柳澤賢一・清水香代・大矢信次郎・秋山巖・西岡泰久*¹・岡田充弘*²

シカ被害の防除対策である防護柵、単木保護資材、獣害忌避剤のそれぞれについて、低コスト化を目指した処理方法を開発・検証した。また、林業被害額の大きいカモシカとクマの被害に対応できる方法の検証もあわせて行い、複数獣種に対応した低コスト防除手法の提案を行うことを目的とした。調査の結果、防護柵については、小面積の簡易柵で支柱の側面側に立木を使用しすべての支柱に控え支柱を設置する方法、または斜面上下面の簡易柵の支柱に立木を使用した方法が、シカの侵入リスクが小さくトータルコストを抑えられる方法として有効と考えられた。一方、簡易柵のネットが脱落した場合は15日ほどでシカが柵内に侵入したことから、台風等で柵の破壊が想定される時は、早急に見回りと補修をする必要がある。単木保護資材については、伸縮性のあるネットがシカとクマ両種の剥皮害防止に効果があった。ネットを樹幹に固定することで、長期的にメンテナンス頻度の低い低コスト防除となる可能性がある。忌避剤については、毒性が低い天然物の「硫黄」を有効成分とした散布型忌避剤を水で10倍希釈しヒノキに散布した結果、既存の登録薬剤以上の効果を示し、カモシカ食害防止に対して有効であった。また、本剤をさらに低濃度の20倍希釈で散布しても対照薬剤より有意に食害を軽減したことから、低コスト処理の可能性がある。

キーワード：ニホンジカ、防護柵、単木保護資材、獣害忌避剤、低コスト

目次

- 1 緒言（はじめに）
- 2 シカ防護柵の低コスト化の検討
 - 2-1 本郷県有林（シカ）
 - 2-2 下諏訪県有林（シカ）
 - 2-3 大門国有林（シカ）
 - 2-4 シカ防護柵の低コスト化と管理頻度の提案
- 3 単木保護資材の設置方法と効果の検討
 - 3-1 茅野市湯川財産区（シカ）
 - 3-2 木曾福島県有林（クマ）
 - 3-3 単木保護資材の低コスト設置と管理法の提案
- 4 新たな散布型忌避剤の効果と低濃度散布試験
 - 4-1 木曾町町有林（カモシカ）
 - 4-2 獣害忌避剤の可能性
- 5 結言
- 6 謝辞

1 緒言（はじめに）

長野県における野生鳥獣による2018年度の林業被害面積は約181.0haで、被害金額は約2.5億円となっている（長野県2019）。獣種別ではニホンジカ（以下、シカと略記）による被害面積が約80.5ha、被害額が約1.2億円ともっとも多く、次

いで、ニホンカモシカ（以下、カモシカと略記）の39.4ha、ツキノワグマ（以下、クマと略記）の35.0haとなっており、この3獣種が被害の9割近くを占める（図1）。最も被害が深刻なシカによる被害形態は、植栽木の枝葉を食害する枝葉食害と樹幹に被害を及ぼす剥皮害に大別され、剥皮害はさらにオスジカが繁殖期である秋季に幹に角を擦りつけることで樹幹が傷つく角こすり被害と、県内では主に春季に樹皮を剥がして食害する樹皮食害とに分類される。被害形態は植栽木の生育段階や季節により異なる（佐野2009、岡田ら2015）ため、それぞれの被害形態に合わせた対策時期と対策方法の選択が必要である。

獣害対策はいずれの獣種についても、防除、駆除、生息環境管理の3本柱を組み合わせる進めることが基本となる。このうちシカの防除については、防護柵や単木保護資材などによる物理的対策と、忌避剤の処理などによる化学的対策に大別され、シカの生息密度や被害形態に応じた効果的な方法を選択する必要がある。一方、効果的な方法は地域ごとに異なることに加え、獣害対策に必要な費用は林業収益の減少を招くため、地域や林地条件に応じた獣害対策方法を選択するとともに、目的の林分が成林するまでの獣害対策に係る費用

*1 元 林業総合センター育林部 *2 現 木曾地域振興局林務課

を下げる方法の検討が必要である。

本研究では、シカ被害の防除対策である①防護柵、②単木保護資材、③獣害忌避剤のそれぞれについて、低コスト化を目指した処理方法を開発・検証した。また、林業被害額の大きいカモシカとクマの被害に対応できる方法の検証もあわせて行い、複数獣種に対応した低コスト防除手法の提案を行うことを目的とした。

まず二章では、防護柵による防除の低コスト化を目指し、資材の選定や設置方法を工夫することにより、設置から維持管理までのトータルコストを抑える方法を検討するとともに、防護柵が破壊された場合の被害の推移を観測することで、補修の頻度について考察した。

次に三章では、単木保護資材の設置の工夫による確実な防除法の提案と、複数獣種に対応するため、シカとクマ双方に対する防除効果を検証した。

また四章では、環境負荷の小さい硫黄を有効成分とした新たな散布型忌避剤をヒノキへ散布し、カモシカの食害を防除できるか否かについて試験した。また、低コスト化を図るため、同薬剤が低濃度散布であっても効果があるかについて検討し、忌避剤の可能性について考察した。

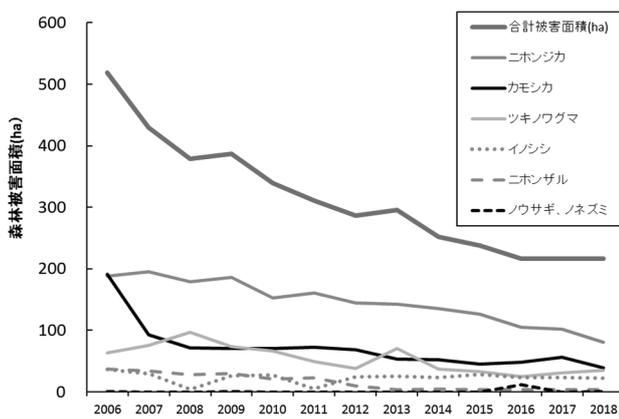


図1 長野県内の獣種別林業被害面積の推移

2 シカ防護柵の低コスト化の検討

獣害に対する物理的防除の一つである防護柵の低コスト化を目指し、県内各地の皆伐更新地において、汎用品や立木を柵の部材として利用した防護柵、あるいは地拵え時に発生する枝条を部材として利用した防護柵が、シカ被害軽減に対して有効であるか否かについて検討した。

2-1 本郷県有林 (シカ)

(1) 背景と目的

比較的安価な汎用品を部材として用いることで低コストに設置が可能なシカ防護柵である「簡易防護柵」(小山ら 2010, 以下, 簡易柵)の設置と維持管理のトータルコストを低く抑えられる資材やその組み合わせ方法を検討した。簡易柵は、設置初期の設置費用を押さえることが可能であるが、風圧を受けやすいことで支柱の折れが発生するなど、維持管理の面で課題があった。そこで本調査では、風圧を受けにくいと考えられた網目の荒いネットを用いるとともに、残存立木を簡易柵の支柱として利用した方法等のトータルコストを比較した。

(2) 方法

調査地は松本市三才山に位置する本郷県有林(標高約1,400m, 平均斜度13°, 最大積雪量25cm)で2014年12月に伐採された広葉樹皆伐更新地とし、簡易柵のネットの網目と支柱の種類を変えた4試験区を設定した(表1)。簡易柵の形状は20m四方の方形とし、支柱は外径20mm, 長さ240cmの農業用中空資材を基本とし、2m間隔で地面に40cm埋設した。支柱とネットの固定にはパイプハウス用の19mmのパッカーを使用した。また、ネットと地面を密着させるため、プラスチックアンカーピン300mmを支柱間に1か所打ち込んだ。A区では側面一辺のネットの一部を立木にロープで固定する方法とし、柵の強度を増すため全ての支柱に対し控え支柱を設置した。控え支柱は防護柵の内側に斜めに設置し、支柱と固定した。B区は支柱一本おきに控え支柱を設置した。ネットは高さ2mのポリエチレン製ネットで、風圧や雪圧を受けやすいため既設の柵で破損が確認されている網目1.6cmタイプ(A, B, D区)と、従来のネットより網目が粗いため風圧の影響を受けにくく、線径が太いため耐久性が高いと考えられる網目5.0cmタイプ(C区)を使用した。設置は2015年6月12日に行った。調査は各区の設置時間を計測して設置労務費を算出し、資材費を含めた設置費を比較した。また、柵の見回りと補修を積雪前、積雪後、夏季の年3回を基本として行い、各区の破損状況とそれを補修するための維持管理コスト(資材費及び労務費)を比較した。労務単価は13,800円(軽

作業員を想定，H27.9.1 林務部林業土木事業設計単価)とした。

(3) 結果と考察

各区の簡易柵の維持管理状況と柵内へのシカの侵入の有無を表 2-1 に示す。簡易柵を設置した 2015 年 6 月 12 日から最終補修を行った 2018 年 5 月 1 日の調査期間中，見回りと補修を合計 11 回行った。最も補修が必要であった区は網目 5.0cm タイプの C 区で，設置 3 ヶ月後の 2015 年 9 月には支柱の折れとネットの脱落が発生し，その後も見回りの都度ネットの脱落とシカが侵入した痕跡が見られたため，2016 年 6 月に外径 24mm の農業用中空太支柱を一本置きに使用し，結束バンドでネットと固定した。C 区のネットの脱落・破損は合計 21 箇所，支柱の折れは合計 32 本，パッカーの脱落は合計 128 個となり，多くの補修が必要であった。C 区はネットの線径が太く単位面積当たり重量が重いことに加え，ネットの網目が粗くパッカーと密着する面が少ないため，支柱とネットを固定するパッカーが脱落しやすいと推察された。このことから簡易防護柵の資材として従来の網目 1.6cm タイプを網目 5.0cm タイプに換えて用いることは柵の機能維持上，問題があると判断した。一方，A 区は支柱の折れによる補修はなく，パッカーの脱落は合計 81 個で，ネットの脱落は 2016 年 4 月の調査時に風が原因と考えられた 5 箇所の

みであった。A 区が補修をほとんど必要としなかったのは，支柱の一部に立木を使用し，すべての支柱に控え支柱を設置することで，柵の破損が軽減されたためと考えた。調査期間において松本の観測所で最も大きかった最大瞬間風速は，2016 年 10 月 5 日の最大瞬間風速 21.6m/s で台風 18 号によるものであり，この台風によるネットの脱落はなかったことから，ネットの脱落には風速とともに風向きの影響が大きいと推察された。また，A 区以外はネットの脱落や破れにより，柵内へシカの侵入の痕跡があり，ネットの機能を確実に維持するため，定期的な見回りと柵の補修が重要と考えられた。

調査期間中における各区のトータルコストの推移を図 2-1 に示す。表 2-1 に示したとおり，2015 年 6 月の設置時の 1m あたりの設置コストは，A 区が 433 円，B 区が 382 円，C 区が 634 円，D 区が 318 円であった。2018 年 5 月の最終調査時までの累積コストは，A 区が 442 円，B 区が 435 円，C 区が 835 円，D 区が 338 円であり，A 区が 2%，B 区が 14%，C 区が 32%，D 区が 6%の増加であった。最もトータルコストが高かったのは C 区で，資材費が高いことに加え，多くの補修が必要であったことが原因であった。A 区は補修をほとんど必要しなかったものの，控え支柱の材料費が上乘せされたため，B 区，D 区よりトータルコストが高かつ

表 2-1 各試験区の仕様と設置単価

試験区	設置数量 (m)	ネット規格			支柱規格		資材費 (円)	労務費 (円)	設置費用 (円)	設置単価 (円/m)		
		高さ(m)	網目(cm)	ネット重量 (g/m ²)	長さ(cm)	径(mm)					立木使用 本数(本)	控え支柱
A区	80	2.0	1.6	53	240.0	20.0	4(10%)	全て	28,362	6,298	34,660	433
B区			1.6	53			0	一本おき	25,115	5,484	30,599	382
C区			5.0	83			0	なし	45,199	5,522	50,721	634
D区			1.6	53			0	なし	21,634	3,838	25,473	318

表 2-2 維持管理状況とシカ侵入の有無

試験区	管理期間	見回り 回数(回)	補修合計数量			柵内への シカ侵入の有無
			ネット(箇所)	支柱(本)	パッカー(個)	
A区	2015.6.12	11	5	0	81	無し
B区	~		8	10	122	有り
C区	2018.5.1		21	32	128	有り
D区			5	3	88	有り

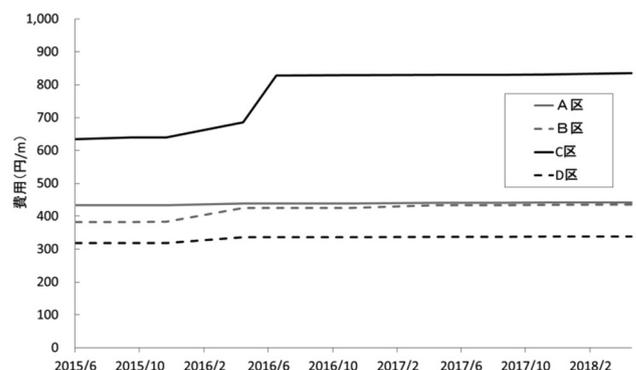


図 2-1 トータルコストの推移

た。しかし、今後 B 区、D 区に補修が追加されることで、A 区以上にトータルコストがかかる可能性がある。D 区は設置費が低かったことから調査期間中のトータルコストが最も低かった。以上より、本試験地の簡易柵設置後 3 年間に於いては、定期的な維持管理を行うことにより、一本支柱のみの簡易柵がトータルコストを低く抑えることができたが、簡易柵の設置目的であるシカの侵入を防いだのは、支柱の一部に立木を使用し、すべての支柱に控え支柱を設置する方法であり、シカの侵入リスクが小さく補修が少ない方法として、最も有効と考えられた。柵内が成林するまで簡易柵の機能を維持する必要があることから、継続した調査と最終的なトータルコストの比較が必要である。

(4) まとめ

簡易柵のネットと支柱の種類を変えた 4 試験区の設置後 3 年間の維持管理状況とトータルコストを比較した。その結果、本試験地で 20m 四方の方形に設置した簡易柵で設置後 3 年間シカの侵入を防いだのは、支柱の一部に立木を使用し、すべての支柱に控え支柱を設置する方法であり、シカの侵入リスクが小さくトータルコストを抑えられる方法として、最も有効と考えられた。一方、風圧の影響を受けにくいと考えていた網目 5.0cm タイプのネットは、線形が太く重量が重いことなどにより脱落しやすいことに加え、資材費が高いためトータルコストが高く、簡易柵のネットとして用いることが困難であった。ネットが脱落するとシカが柵内に侵入するため、簡易柵の効果を維持するためには、定期的な見回りと柵の補修が重要と考えられた。

2-2 下諏訪県有林 (シカ)

(1) 背景と目的

2-1 で示した本郷県有林の試験において、簡易柵は支柱の一部に立木を使用し、全ての支柱に控え支柱を設置した場合は、柵の破損が少なくシカの侵入がなかった。一方、柵が破損し、ネットが脱落した場合は、シカが侵入した。小面積の簡易柵は多少壊れてもシカの侵入防止効果が継続するとされている (岡田ら 2015) が、柵が破損した場合のシカの侵入状況を詳細に調査した事例は少な

い。そこで本調査では、広葉樹天然更新地において方形に設置した簡易柵の上下面の支柱として立木を使用することで、トータルコストをさらに下げることが可能か否かを調べるとともに、簡易柵の一部を開放し、ネットが脱落した場合のシカの侵入状況と植生の被害状況から、維持管理頻度の提案を行うことを目的とした。

(2) 方法

調査地は諏訪郡下諏訪町に位置する下諏訪県有林 (標高約 1,250m, 平均斜度 26°, 最大積雪量 20cm) で平成 27 年 7 月に伐採された広葉樹皆伐地の中斜面とし、立木使用の有無や資材の組み合わせを変えた簡易柵 3 試験区を設置した (表 2-3)。2-1 で示した資材を用い、簡易柵の形状は方形とした。A 区では支柱の代わりに、試験区の斜面上部及び下部にあたる面のネットを立木にロープで固定する方法とし、両側面は支柱の強度を増すため支柱 1 本置きに控え支柱を設置した。控え支柱は防護柵の内側に斜めに設置し、支柱と固定した。B 区は A 区の控え支柱がない方法とした。C 区は支柱のみの方法とした。設置は 2015 年 12 月 15 日に行うとともに、見回りは定期的に行い、破損があれば補修をした。各試験区のトータルコストを比較するため、作業時間を計測して設置時の労務費と資材費を合計した設置コストを算出し、補修時も同様に維持管理コストとして算出した。また、各区のトータルコストの推移と一般的に防護柵として用いられるグラスファイバー支柱とステンレス入りポリエチレンネットによる防護柵 (以下、通常防護柵) の設置見積額を比較した。労務単価は 13,800 円 (軽作業員を想定, H27.9.1 林務部林業土木事業設計単価) とした。さらに、簡易柵の効果を確認するため、柵内外に 1m 四方の植生プロットを 4 プロットずつ設置し、木本類及び草本類の植被率、シラカンバの本数と上位 5 本の樹高を比較した。

次に、柵が破損した場合のシカの侵入状況を考慮した維持管理頻度の検討を行うため、2018 年 7 月 31 日に B 区の斜面上部側のネットの中央を幅 4m 脱落させて開口部を作成し、柵内側で開口部から 2m の位置 (以下、P1 とする) 及び 21m の位置 (以下、P2 とする) に 1m 四方の植生プロットを 4 プロットずつ設置した (図 2-2)。柵解放 3 ヶ月

表 2-3 各試験区の仕様と設置単価

試験区	設置数量 (m)	ネット規格			支柱規格			資材費 (円)	労務費 (円)	設置費用 (円)	設置単価 (円/m)	
		高さ(m)	網目(cm)	ネット重量 (g/m ²)	長さ(cm)	径(mm)	立木使用 本数(本)					控え支柱
A区	90						12(55%)	一本おき	21,680	6,720	28,400	316
B区	90	2.0	1.6	53	240.0	20.0	9(41%)	なし	19,118	5,951	25,069	279
C区	68						0	なし	17,889	3,756	21,645	318

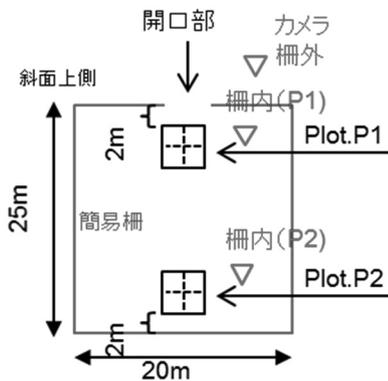


図 2-2 B区内の植生プロットとカメラ配置図

後の2018年10月30日及び12ヵ月後の2019年7月に植生プロット内の木本及び草本類について、本数、植被率、植生高、食痕数を調査した。また、柵内へのシカの侵入状況を調査するため、柵開口部の柵外側箇所とP1位置、P2位置に自動撮影カメラを1台ずつ設置した。2018年12月5日にデータ回収を行い、撮影された写真からシカが撮影された写真を抽出して画像あたりのシカ撮影頭数を解析した。

(3) 結果と考察

各区の簡易柵の維持管理状況と柵内へのシカの侵入の有無を表 2-3 に示す。簡易柵を設置した2015年12月15日から最終補修を行った2019年10月1日までの調査期間中、見回りと補修を合計15回行った。最も補修が必要であった区は支柱に立木を使用しなかったC区で、設置21ヶ月後の2017年9月には支柱の折れとネットの破損が発生し、その後2017年11月にも再び支柱の折れとネットの脱落によりシカが侵入した痕跡が見られた。C区のネットの脱落・破損は合計2箇所、支柱の折れは合計34本、パッカーの脱落は合計27個となり、多くの補修が必要であった。A区は倒木により、またC区は風によると推察されるネットの脱落があり、シカの侵入があった。B区はネットの脱落はなく、支柱の折れは合計15本、パッカーの脱落は合計76個であり、シカの侵入はな

かった。支柱として立木を使用したA区とB区は補修数量が比較的少なかったが、倒木等でネットが脱落した場合はシカが侵入するため、定期的な見回りと補修が必須であると考えられた。

調査期間中における各区のトータルコストの推移と通常防護柵設置費との比較を図 2-3 に示す。表 2-3 にも示したとおり、2015年12月の設置時の1mあたりの設置コストは、A区が316円、B区が279円、C区が318円であった。設置約4年後の2019年10月の調査時までの累積コストは、A区が348円、B区が331円、C区が465円であり、A区が10%、B区が19%、C区が46%の増加であった。最もトータルコストが高かったのはC区で、2017年10月23日に通過した台風21号の強風によると推定される破損等により、維持管理費が高かったことが原因であった。しかし、各区とも通常防護柵の設置費と比較すると、簡易柵は4年間のトータルコストが1/6~1/4程度に抑えられていた。

簡易柵内外の平均被害率を図 2-4 に示す。平均植被率は柵外で32.8%、柵内で100.0%であり、柵内外で差が大きかった。柵外の平均植被率は、草本類が28.8%、木本類が3.3%であったことに比べ、柵内は草本類が10.0%、木本類が90.0%であり、木本類が優占していた。また、シラカンバ上位5本の平均樹高の推移を図 2-5 に、平均成立本数の推移を図 2-6 に示す。シラカンバの平均樹高は簡易柵設置約4年後において、柵外が 5.0 ± 1.0 cmであったことに比べ、柵内は 176.6 ± 70.3 cmと成長していた。また、シラカンバの平均成立本数は簡易柵設置約4年後において、柵外が 2.8 ± 1.3 本/m²であったことに比べ、柵内は 41.0 ± 11.6 本/m²と多かった。柵外に比べ柵内のシラカンバ平均樹高や平均成立本数が大きかったのは、簡易柵がシカの侵入を防いだためと考えられた。以上より、簡易柵がシカの侵入を防ぐことで、柵内で木本類による更新が進んでおり、防護柵の設置目的を達成していると考えられた。

簡易柵を開放した後の P1 および P2 の植生種別被害率の比較を簡易柵解放 3 ヶ月後の 2018 年 10 月時点については図 2-7 に、12 ヶ月後の 2019 年 7 月時点については図 2-8 に示す。2018 年 10 月時点で、開口部に近い P1 で被害率が 16.7%であったシラカンバを除くいずれの種も被害率が 50%を超え、リョウブについては被害率 100%となっていた。一方、P2 ではヨツバヒヨドリのみが食害を受け、被害率は 7.7%であった。2019 年 7 月時点で、P1 で全ての植生種で食害率は 35%を超えていた。P2 でも食害が進み、被害率が 4.8%であったシラカンバを除くいずれの種も被害率が 20%を超えていた。簡易柵の開放後 1 年間で被害が開口部から柵内の奥まで進んだと言えた。開口部から離れた P2 で開口部付近の P1 より被害率が小さかったことから、柵内の奥ほどシカが侵入しづらく食害が遅れて発生したと推察される。今回の試験では柵内のシラカンバが樹高 1 m を超えた時点で柵の一部を開放した。シカ柵内の植生がある程度成長すれば、解放後 1 年後でも植生は壊滅することなく、開口部から離れるほど被害が小さく抑えられる可能性があった。

自動撮影カメラによる撮影地点別シカの合計撮影頭数の比較を図 2-9 に示す。撮影期間中におけるシカの合計撮影頭数は、柵外で 362 頭、P1 で 46 頭、P2 で 30 頭であった。P1 は柵外に比べ、撮影頭数が 1/8 ほどに減少したことから、簡易柵を開放しても柵があることによりシカが警戒し、柵内に侵入しづらかったことが推測された。開口部から遠い P2 ではさらに撮影頭数が少なく柵外の約 1/12 の撮影頭数であった。開口部から離れるとさらにシカが侵入しづらくなったと言えた。また、画像あたりの撮影頭数の変化を図 2-10 に示す。柵外は全期間において、画像 1 枚あたり 5 頭までのシカの群れを撮影した。また、P1 は 2019 年 5 月に 2 頭、P2 は 2019 年 9 月に 3 頭の群れを撮影し、撮影頭数及び群れの撮影回数が柵外に比べ少なく、開口部から離れるほどシカの侵入が遅れたことが明らかとなった。一方、P1 では柵開放 15 日後の 2018 年 8 月 15 日に、P2 では柵開放後 20 日後の 2018 年 8 月 20 日にそれぞれ最初にシカが撮影された。柵の破損等でネットが脱落した場合は、シカの侵入を防ぐため早急に補修をする必要がある

と考えられた。

表 2-3 各試験区の維持管理状況とシカ侵入の有無

試験区	管理期間	見回り回数(回)	補修合計数量			柵内へのシカ侵入の有無
			ネット(箇所)	支柱(本)	パッカー(個)	
A区	2015.12.15	15	1	9	36	有り
B区	~		0	15	76	無し
C区	2019.10.1		2	34	27	有り

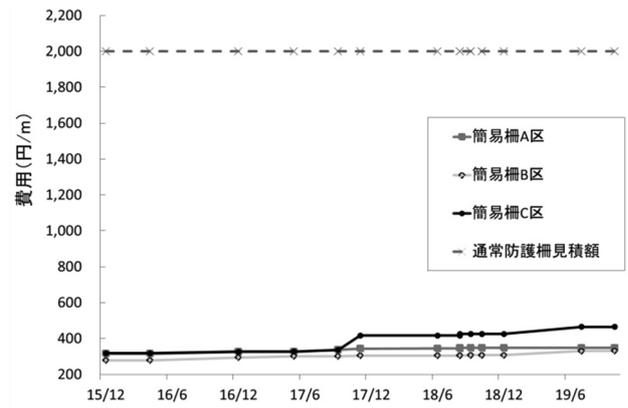


図 2-3 トータルコストの推移と通常防護柵設置費との比較

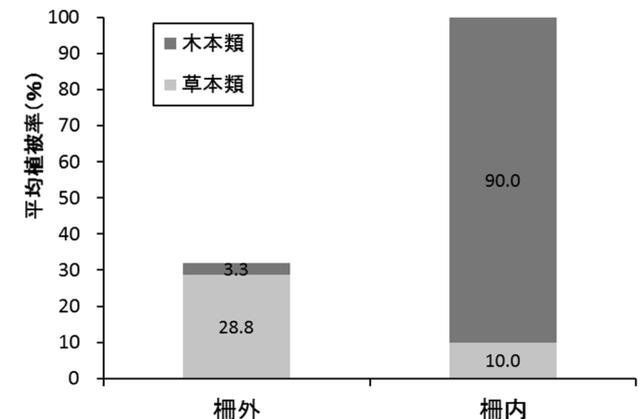


図 2-4 簡易柵内外の平均植被率の比較

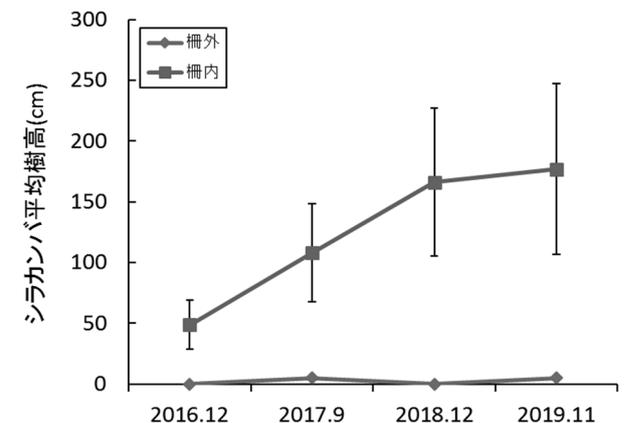


図 2-5 簡易柵内外のシラカンバ平均樹高の推移

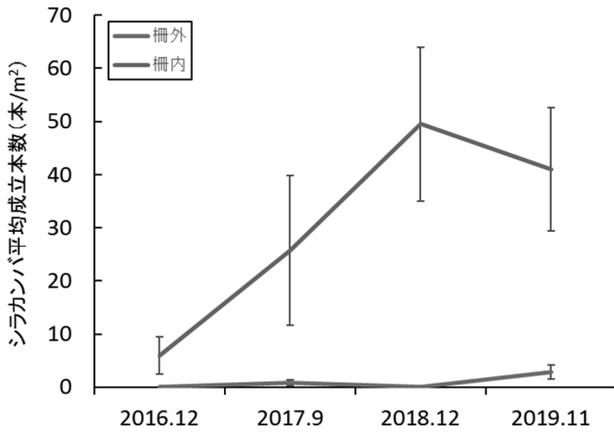


図 2-6 簡易柵内外のシラカンバ平均成立本数の推移

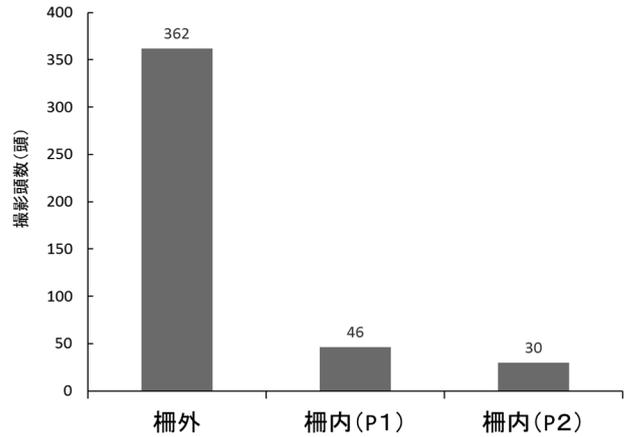


図 2-9 撮影地点別のシカ合計撮影頭数の比較

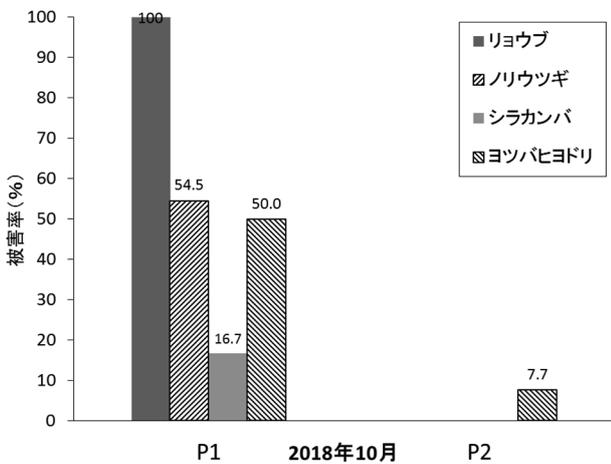


図 2-7 植生種別被害率の比較 (2018. 10)

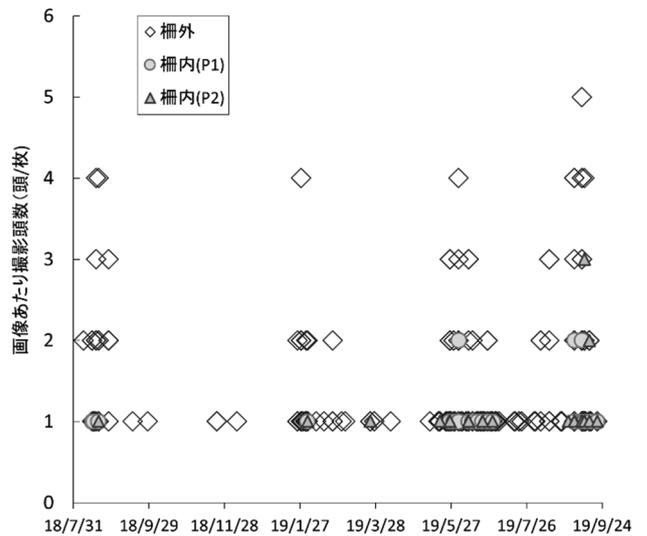


図 2-10 画像あたりの撮影頭数の変化

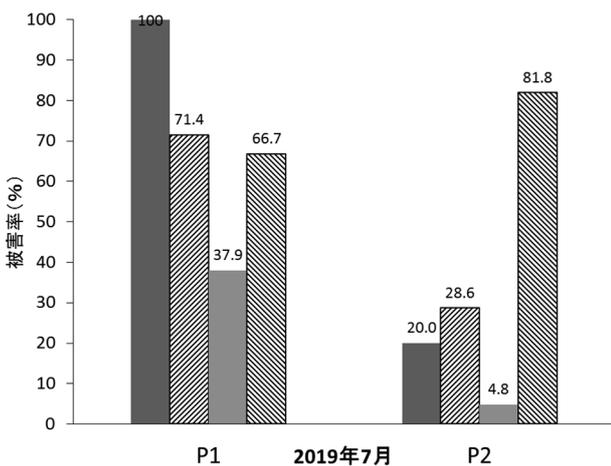


図 2-8 植生種別被害率の比較 (2019. 7)

(4) まとめ

簡易柵の支柱として立木を用いる方法を検討した結果、傾斜の緩い本調査地では、上下面の支柱に立木を使用した場合、側面において控え支柱を設置せずとも柵の機能を維持し、設置費と維持管理費を含めた4年間のトータルコストは、普通防護柵設置費の1/6ほどであった。また、簡易柵によりシカの侵入がない場合は、広葉樹が天然更新していた。ただし、倒木によりネットが脱落した場合はシカの侵入が見られたことから、定期的な見回りと補修が必要であった。簡易柵のネットが脱落した場合は15日ほどでシカが柵内に侵入したが、シラカンバが樹高1mほどに成長していた本試験地では、開放1年後でも植生は壊滅せず、開口部から奥ほどシカの侵入が少なく被害を免れていた。これらは小面積の簡易柵は多少壊れても

シカの侵入防止効果が継続するとする岡田らの調査結果と一致しており、簡易柵があることで、例えばネットの一部が脱落してもシカの侵入頭数が抑えられたと推測された。しかし、植生がある程度の樹高に成長するまでは、シカの侵入を確実に防ぐことが必要であり、台風等で柵の破壊が想定される時は、早急に見回りと補修をする必要があると言えた。

2-3 大門山国有林（シカ）

(1) 背景と目的

小県郡長和町に位置する大門山国有林（標高約1,340m）において、2016年にカラマツの皆伐が行われるとともに、機械地拵えが行われた。伐倒・地拵えで発生する伐根や枝条等の林地残材の適切な処理は、植栽面積を確保する上で必要であるが、当該地は傾斜2.5度の比較的なだらかな均一斜面であり、グラブやバックホウにより残材の移動、集積が可能であったためその有効利用が模索されていた。一方、自動撮影カメラによる観測の結果では当該地はシカの出没が多く、県が2015年に行った区画法によるシカの生息状況調査の結果では近隣の推定生息頭数は4.94頭/km²（長和町和田大出山）となっている（長野県2016）。シカの食害が想定されたため、2017年にカラマツ苗を新植するにあたり、地拵えで発生した林地残材を植栽地周囲に集積し、低コストなシカ防護柵として有効利用する方法が検討された。

本調査では、林地残材を利用したシカ防護柵（以下、枝条柵）がシカの防除に有効か否かについて検証するとともに、問題点の抽出と改善策を提案することを目的とした。

(2) 方法

枝条柵は地拵えで発生した林地残材を高さ2m程度になるように、植栽地の周囲に集積した（写真1）。また、枝条柵の内側にカラマツ2年生苗を約2,400本/haで植栽した。枝条柵の設置は2016年7月に、植栽は2017年5月に行った。

枝条柵内外でシカの食害の有無を調査するため、柵内及び柵外でそれぞれカラマツ60本を選木し、樹高、生存率、食害の有無と加害獣の推定を行った。また、枝条柵の高さの推移を調査するため、枝条柵の長さ46mの一部区間について、1m

置きに設置した定点の高さを計測した。さらに、柵内へのシカの侵入口を特定するため、積雪後にドローン（Mavic Pro, DJI社製）により地上高50m位置から空撮し、PhotoScan（Professional ver1.4.4, Agisoft社製）でオルソ画像を作成した。GIS上でオルソ画像上にシカの足跡をトレースし、枝条柵上のシカの出入り口を推定した。樹高等の植栽木調査は2017年7月7日、同年12月22日、2018年12月17日、2019年12月25日に、枝条柵の高さの測定調査は、設置完了時の2016年12月27日、および2017年7月7日、2019年12月25日に行った。ドローンによる撮影調査は積雪2日後の2019年12月25日に行った。

(3) 結果と考察

① 枝条柵内外のカラマツ苗の累積食害率

枝条柵内外におけるカラマツ苗の累積食害率の推移を図2-11に示す。食害率は2017年7月、同年12月、2018年12月、2019年12月において、柵内についてはそれぞれ0%、6.7%、21.7%、55.0%と増加、柵外についてはそれぞれ1.7%、30.0%、48.3%、56.7%と増加した。この結果から、枝条柵設置初期にはシカの侵入頻度を抑えることにより食害を軽減していたと推察される。しかし、2017年7月の調査時には柵内にシカの足跡が複数確認されており、その後も侵入し続けたと推察され、柵内害の被害に差がなくなったと考えられる。

② 枝条柵内外の被害形態別本数の比較

枝条柵内外のカラマツ苗の被害形態別の本数を表2-4に示す。被害形態は、枝葉の食害と幹の剥皮害とで区別し、両方の被害を受けた場合はそれぞれの被害本数に含めた。カラマツ苗は植栽当年には枝葉食害のみを受けていたが、植栽2年目には樹高が98cmに達した枝条柵外の個体で幹剥皮害が発生していた。植栽3年目には枝条柵内のカラマツ苗にも幹剥皮害が発生し、被害木中の本数割合は枝葉食害の48.5%を超える63.6%となった。これらのことから、樹高が1m程度から幹剥皮害が出始め、生長するにつれて枝葉食害より剥皮害が増加する可能性があった。剥皮害は樹高とともに幹直径が肥大することで発生すると考えられ、成長の程度に合わせた効果的な防除を進めるため、剥皮害が発生し始める植栽木の幹径を詳細に調査する必要がある。

③ 枝条柵内外のカラマツ苗の平均樹高と生存率

枝条柵内外におけるカラマツ苗の平均樹高と生存率の比較を図 2-12 に示す。平均樹高は 2017 年 7 月, 同年 12 月, 2018 年 12 月, 2019 年 12 月において, 柵内についてはそれぞれ 53.7cm, 59.2cm, 92.9cm, 119.1cm となり, 柵外についてはそれぞれ 53.0cm, 54.6cm, 75.6cm, 123.5cm となった。柵内外において, 平均樹高に差は認められなかった。一方, 生存率は同調査日において, 柵内についてはそれぞれ 100%, 100%, 95.0%, 90.0% となり, 柵外についてはそれぞれ 100%, 100%, 80.0%, 78.3% となった。柵外は柵内に比べ植栽 2 年目で生存率が低く, 食害率が 50% 近い被害を受けたことが, 生存率の低下に影響したと考えられた。

④ 枝条柵高の推移

枝条柵高の推移を図 2-13 に示す。平均柵高は 2016 年 12 月, 2017 年 7 月, 2019 年 12 月において, それぞれ 182.9cm, 173.7cm, 162.9cm と低下した。枝条柵は降雨や積雪, 腐植等により徐々に沈下したものと推定される。枝条柵が沈下したことに加え, 積雪時には地面と柵との高低差が小さくなり, シカの侵入が容易になった可能性がある。柵機能の維持のためには, 沈下した柵をかさ上げする等の維持管理が必要と考えられた。

⑤ ドローン撮影によるシカ侵入口の特定

撮影したドローン画像から PhotoScan を用いて作成したオルソ画像に, シカの足跡をトレースした結果を図 2-14 に示す。なお, 画像はアライメント, 高密度クラウド構築, メッシュ構築の各精度は「中」設定で解析した。本機種による画像の画素は 4000*3000(pixel) であり, 雪上のシカの足跡は明瞭に撮影された。シカの経路は線上となって明確に確認でき, 濃い経路は複数頭あるいは複数回通過したことを表すと推定された。さらに経路は枝条柵内外で確認でき, 枝条柵との交点がシカの侵入口であると考えられた。踏査の結果, 画像で確認された侵入口は周囲より柵高が低く, 枝条の上を伝って乗り越えた形跡があり, 道型となっていた。柵高が低く垂直でないため, 侵入が容易であった可能性があった。

(4) まとめ

地拵えで発生した林地残材を利用した枝条柵が, シカの防除に有効か否かについて検証した結

果, 設置初期においては柵外に比べ柵内は被害が軽減されたが, 植栽当年にはシカが柵内に侵入し, 植栽 3 年目には被害率に差は無くなった。このことから, 今回の方法による枝条柵の設置だけでは被害の回避は困難であった。この原因として, 柵が垂直ではないこと, 柵の高さが低い箇所があること, 柵が次第に沈下すること, 積雪時には地面と柵との高低差が小さくなる可能性があることなどが挙げられる。

枝条柵をシカ防護柵として機能させ効果を維持させるには, 柵高をより高くするとともに定期的な見回りによる侵入口の特定と嵩上げ等の侵入防止対策を行う必要があると考えられた。侵入口の特定は積雪時にドローンを用いることで簡易に行うことができた。また, 通過が多いと推定される侵入口や経路においてくくりわな等を設置し捕獲を行うことで, 当該地へのシカの出没を低減させる可能性がある。この場合は, 事前に柵内の植栽木にシカの忌避剤を散布し被害を軽減する対策を並行して行うことが必要と考えられる。一方, 植栽当年の冬には枝条柵付近の一部でネズミによる樹皮食害が見られ, 枝条柵を利用し生息していた可能性があった。これに対しては, 枝条柵付近を中心に殺そ剤の散布等で対応する必要がある。

枝条柵を用いる防護柵とする場合は, 十分な柵高の維持と徹底的な維持管理が必須であると言えた。あわせてシカ対策がノネズミ被害の拡大とまらないような対策が同時に必要であった。



写真 1 枝条柵の設置状況

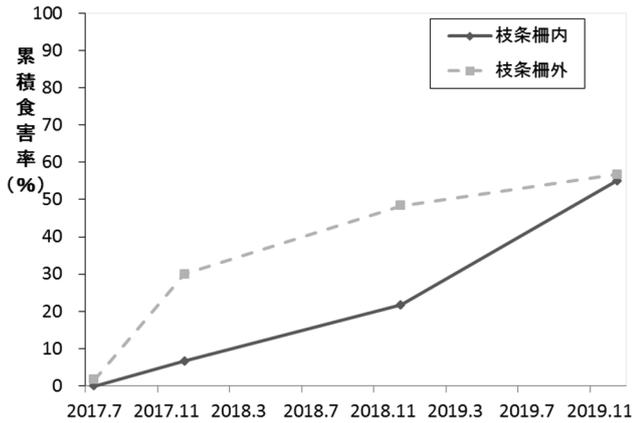


図 2-11 枝条柵内外のカラマツ苗の累積食害率の推移

表 2-4 枝条柵内外の被害形態別本数の比較

枝条柵内	()内は割合を示す			
	2017.7.7	2017.12.22	2018.12.17	2019.12.25
累積食害木本数	0	4	13	33
枝葉食害木本数	0	4(100)	13(100)	16(48.5)
幹剥皮害木本数	0	0	0	21(63.6)
幹剥皮木最低樹高(cm)	-	-	-	113

枝条柵外	()内は割合を示す			
	2017.7.7	2017.12.22	2018.12.17	2019.12.25
累積食害木本数	1	18	29	34
枝葉食害木本数	1(100)	18(100)	29(100)	30(88.2)
幹剥皮害木本数	0	0	2(6.9)	6(17.6)
幹剥皮木最低樹高(cm)	-	-	98	98

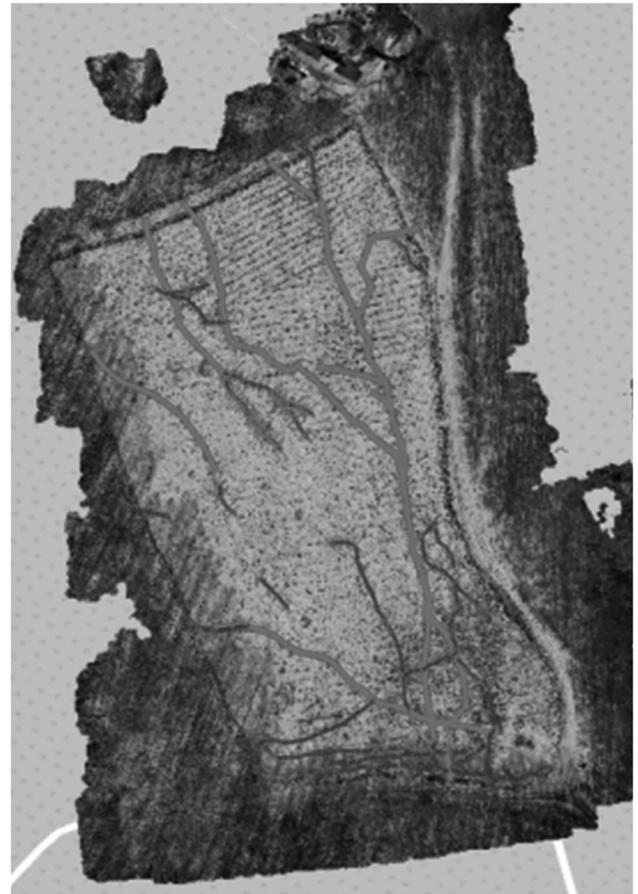


図 2-14 ドローン画像を用いたシカの侵入経路図

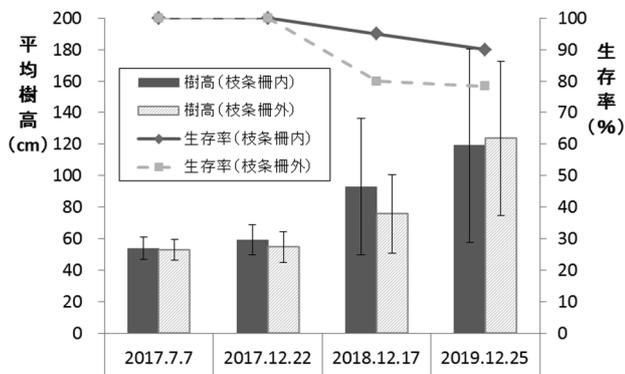


図 2-12 カラマツ苗の平均樹高と生存率の比較

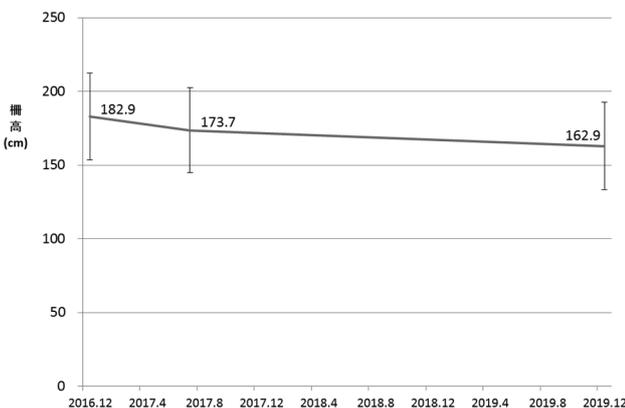


図 2-13 枝条柵高の推移

2-4 シカ防護柵の低コスト化と管理頻度の提案

シカの被害がある皆伐更新地に対して、シカ防護柵による防除の低コスト化を目指し、資材の選定や設置方法を工夫することで設置から維持管理までのトータルコストを抑える方法と管理頻度を検討した。その結果、簡易柵の支柱として一部に立木を用いることで、ネットの脱落等の破損が生じにくくトータルコストが抑えられた。皆伐更新地などで林縁木が発生する場合は、それらを簡易柵の支柱として利用することで、獣害対策費が軽減できると考えられた。また、小面積の簡易柵の場合は、ネットが脱落したとしてもシカの出没が柵内は柵外より少なく、開口部から離れた箇所では植生被害も少なかった。これはネットが脱落しても柵内にはシカが侵入しづらい効果があると考えられた。一方で、立木を支柱とした場合であっても倒木等によりネットが脱落した。予測が困難な倒木等による柵の破壊があるため、柵内の被害を軽減するためには、台風等による柵の破壊が想

定される時に加え、定期的な見回りと補修が必須であると言えた。

また、地拵えで発生した林地残材を利用し低コスト化を図った枝条柵が、シカの防除に有効か否かについて検証した結果、植栽当年にはシカが柵内に侵入し、植栽3年目において柵内外の被害率に差は無かったことから、今回の方法による枝条柵の設置だけでは被害の回避は困難であった。枝条柵を用いる防護柵とする場合は、十分な柵高の維持と徹底的な維持管理等を要すると考えられた。

3 単木保護資材の設置方法と効果の検討

獣害に対する物理的防除の一つである単木保護資材による確実な防除法と低コスト化に向けた複数獣種への適応を評価するため、ヒノキの壮齢林において設置方法を工夫したポリエチレンネットが、シカやクマによる剥皮害の軽減に対して有効であるか否かについて検討した。

3-1 茅野市湯川財産区（シカ）

(1) 背景と目的

調査地は、茅野市北山の湯川財産区有林内（標高約1,150m、平均斜度18°）でシカの剥皮害が発生しているヒノキ35年生壮齢林とした。壮齢林における防除は、収穫予定木のみを防除対象木にできることや定期的なメンテナンスを要しないことなどから、単木保護資材が選定されることが多い。しかし、シカが根張り部を起点に樹皮食害を行う場合（尾崎2015）があり、従来のテープ巻きなどによる単木保護では、露出する根張り部の被害回避には効果が不十分であることが指摘されている（佐野ら2009）。また、剥皮面積が小さい場合でも変色が軸方向に拡がり材質を劣化させるため、露出した根張り部を保護する必要がある。そこで、本調査では、単木保護資材として樹幹部に設置される伸縮性ポリエチレンネット（以下、ネットと略記）を根張り部も含めて被覆する方法により、シカの剥皮害防除が可能か否かを明らかにすることを目的とした。また、剥皮害防除効果と設置コストについて従来のテープ巻きと比較するとともに、効果的な設置及び補修時期について検討した。

(2) 方法

調査地内の収穫予定立木を選木して供試木とし、試験区はネットで樹幹部のみを保護した区を

A区、ネットで樹幹及び根張り部を保護した区をB区、リンロンテープ（以下、テープと略記）を設置した区をC区、隣接する無処理木を対照区のD区とした。A区及びB区の処理木にはネットを地際から地上高1.5mの高さまで巻き、端部を重ねて20cm間隔に針金で固定した。さらに雪等による張り落ちを防止するため、ガンタッカーを用いてネットの上部3カ所を樹幹に固定した。B区は、幹のみ保護区の処理に加え、露出した根張り部もネットで被覆し、ガンタッカーで4カ所程度を固定した。C区は地際から1.5mの高さまでテープを巻いて設置した。設置は2015年12月に行った。

まず、各区の設置費を比較するため、設置時に工程調査を行い、資材費と設置にかかる労務費を算出した。C区の労務費についてはテープ設置の標準歩掛を適用した。労務単価は17,400円（普通作業員を想定、H27.9.1林務部林業土木事業設計単価）とした。

次に、資材の経年変化を確認するため、破損程度の軽いほうから、ゆるみ、ほつれ、裂け、脱落の順に目視で判別した。また、各区の防除効果と被害時期を確認するため、2016年4月から2018年12月まで、4か月ごとに設置資材の状態、被害発生本数、剥皮部の最大長及び最大幅を測定した。被害については、調査開始から新たに発生した剥皮害本数の累積率と累積剥皮害率を算出した。

(3) 結果と考察

各試験区の概要及び設置コストの比較を表3-1に示す。設置コストは、テープを用いたC区が資材費と労務費ともに最も安価で118円/本となった。一方、ネットを用いたA区とB区は設置コストがそれぞれ649円/本と976円/本となった。

また、設置3年後（2018年12月）の各区の資材の状態を表3-2に示す。A区では資材の状態に変化はなく、B区の一部でネットに緩みのあるものがあつたが、いずれも資材の機能を損なうような破損はなかった。一方、C区では全ての試験木において裂け、ほつれ、ゆるみ、脱落のいずれかが見られ、樹幹部が露出するテープの脱落が3%あつた。このことから、テープはネットに比べ脱落が進みやすく、設置後数年で脱落による被害が発生する可能性があつた。

各区の新規剥皮害率の推移を図3-1に示す。設

置3年の調査期間中に、累積剥皮害率はA区で14.6%、B区で0%、C区で4.0%、D区で62.0%と増加した。設置3年後において、単木保護資材を設置したA区、B区、C区と無処理区のD区で有意に差があった(Steel-Dwass法, $p < 0.01$)。また、幹のみネットを設置したA区と、幹と根張り部にネットを設置したB区で有意に差があった(Steel-Dwass法, $p < 0.05$)。このことから、単木保護資材を設置することで剥皮害を軽減するとともに、ネットを設置する場合は幹とともに根張り部も被覆することで、さらに被害率を減らすと考えられた。今回の3年間の調査期間においては、単木保護資材を幹のみに設置しても根張り部で剥皮害が発生したが、根張り部までネットで被覆した区では剥皮害が皆無であったことから、ネットで根張り部から樹幹部を保護することで確実な剥皮害防除が可能であると考えられた。

被害の発生時期を推定するため、最も剥皮害率が増加した調査1年目における剥皮害本数について、12月から4月まで、4月から8月まで、9月から12月までの3期間で比較した(図3-2)。剥皮害木は12月から4月までが45本、4月から8月までが4本、9月から12月までが1本確認し、12月から8月まではシカが樹皮を剥がして食害する樹皮食害、8月から12月までは角こすり被害であった。剥皮害の発生時期について、12月から4月までの期間はその他の期間に対して、有意に差があった(Steel-Dwass法, $p < 0.01$)。12月から4月までの剥皮害木の剥皮部に門歯痕がないこと、また、本試験地とシカの地域個体群が同一である塩尻市での剥皮害発生時期は、樹液流動が始まる3月から6月までであったこと(岡田ら2013)から、本調査地での被害は、樹液流動が開始し樹皮が剥けやすくなった春先に集中したものと推測

された。一方、樹皮食害がなくなる8月から12月にかけては角こすり被害が発生したことから、冬期以外の通年で剥皮害が発生する恐れがあり、もっとも被害が多く発生する春先までには単木保護資材の設置や点検・補修が必要と考えられた。

(4)まとめと課題

ネットとテープによる単木保護の3年間の調査結果から、次のことが明らかとなった。樹幹に巻くテープは、もっとも低コストであり、無処理区に比べ防除効果もあったが、脱落等の異常がみられ、ネットに比べ耐久性が低いと考えられた。ネットを根張り部まで被覆することが長期的に確実な剥皮害防除であった。いずれの方法も春先までには設置や点検・補修する必要がある。また、ネットとテープの単木保護資材を設置した区に隣接する無処理木では加害が進み、被害が激害化した。このことは、ある林分を単木保護で処理した場合、保護されていない周辺林分に被害が拡大する恐れがあることを示唆しており、周辺林分も保護対象として一体的に防除する必要があると考えられた。

今回の試験で使用したネットは、耐久年数が10年とされ、10年後の45年生でヒノキを伐採したと仮定すると、現在の木材市場価格でヒノキ1本あたりの素材価格は約3,600円(幹材積約0.30m³)と推定される。一方、10年後にネットを再被覆し20年後の55年生で伐採したと仮定すると、1本あたりの価格は約4,560円(幹材積約0.38m³)と推定され、10年間の収益の差額は樹幹部と根張り部を再設置するコストに償却されることとなる。ネットを用いて獣害防除を行いつつ素材収入を見込むには、設置費の低コスト化が必須であり、素材や設置高さの短縮などを今後検討する必要がある。

表3-1 各試験区の仕様と設置単価

試験区	設置方法	設置本数	平均胸高直径 (cm±標準偏差)	資材費 (円/本)	労務費 (円/本)	設置単価 (円/本)	備考
A区	幹のみネット	41	20.0±2.8	326	323	649	地際から1.5mまで設置
B区	幹+根張り部にネット	61	21.2±2.9	486	490	976	同上位置と根張り部に設置
C区	幹のみテープ	100	20.4±4.6	45	73	118	地際から1.5mまで設置
D区	無処理	100	20.2±3.2	0	0	0	

表 3-2 設置 3 年後の資材の状態別本数割合 (%)

試験区	ゆるみ	ほつれ	裂け	脱落
A区	0	0	0	0
B区	1.6	0	0	0
C区	24	45	28	3

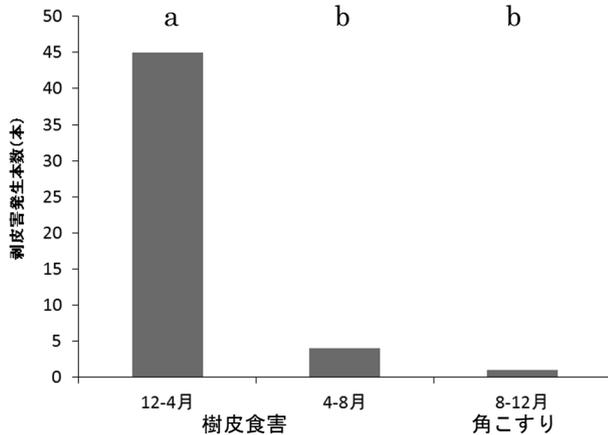


図 3-1 時期別剥皮害発生本数の比較

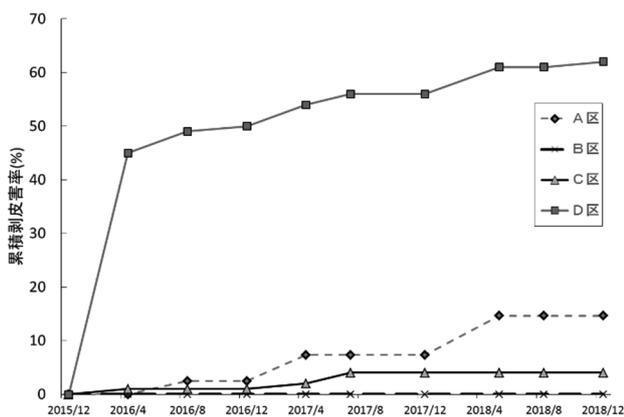


図 3-2 各区の新規剥皮害率の推移

3-2 木曾福島県有林 (クマ)

(1) 背景と目的

シカとクマの両種が生息する場合、一方のみに対応する防除法ではもう一方の被害を受ける可能性がある。また、その両方を同時に施工することは設置費が高む恐れがある。そこで低コスト化で確実な防除を目指し、一度の施工でシカに加え、クマの被害も防除できる方法を検討した。2-2-1でシカの剥皮害に効果のあったネットは、クマが剥皮する樹幹部に対して施工することができる。そこで、このネットの設置が、クマの剥皮害を防ぐことができるか否かを調査した。あわせて、ガンタッカーでネットと樹幹を固定する方法が、ネ

ットの脱落防止に有効か否かを検討した。

(2) 方法

調査地は、クマによる剥皮害が発生している木曾郡木曾町の福島県有林(標高約 850m から 1,040m、平均斜度 33°)とし、伸縮性ポリエチレンネット(以下、ネットと略記)をヒノキの樹幹に設置し、ガンタッカーで固定した区(A区)、ガンタッカーで固定しない区(B区)、およびネットを設置しない無処理区(C区)の3試験区を設置し、それぞれ100本とした(表3-3)。A区及びB区のネットは、根張り部を含めた地際から地上高 1.2~1.5mの高さまで巻き、端部を重ねて 20cm 間隔に針金で固定した。さらにA区は雪等によるずり落ちを防止するため、ガンタッカーを用いてネットの上端から下に 10cm の位置で、ネットと樹幹を 3 箇所固定した。ネットの設置および試験区の設定は 2015 年 11 月に行った。

調査は設置からおおよそ半年ごと年 2 回とし、A区およびB区のネットの脱落状況と、各区のクマによる被害状況を調べた。ネットは上端部が設置位置から 1cm 以上ずり落ちた、あるいはめくれた場合に脱落とし、上端部がずり落ちた長さをずり落ち長とした。

(3) 結果と考察

ネットを設置したA区およびB区のネットのずり落ち本数率と最大ずり落ち長の推移を図 3-3 に示す。B区のネットはずり落ち本数率が設置 6 ヶ月後に 18%、設置 12 ヶ月後に 74%となり、その後も微増し設置 36 ヶ月後には 87%が脱落した。一方、A区のネットはずり落ち本数率が設置 30 ヶ月後に 4%、設置 36 ヶ月後には 15%に留まった。また、最大ずり落ち長はB区では設置 6 か月後に 20cm、設置 36 か月後には 35cm となったが、A区は脱落し始めた設置 30 か月後と設置 36 か月後で 10cm に留まった。B区は設置初期にずり落ちてからは樹皮の凹凸にネットが保持されるなどして、ずり落ち長に大きな変化はなかった。しかし、上端部がめくれた上に積雪や落枝等があった場合には脱落が進んでいた(写真 2)ため、固定する必要があると考えられた。A区はネットの上端部がめくれていた場合があったが、ガンタッカーで固定した位置から下には脱落していなかった。樹幹に 3 箇所固定したことがネットの脱落を防いだと考

えられた。

表 3-3 各試験区の仕様

試験区	設置方法	設置本数	ヒノキ平均胸高直径 (cm±標準偏差)	ヒノキ平均樹高 (m±標準偏差)	ネット設置高 (cm±標準偏差)
A区	樹幹をネット被覆(ガンタッカー固定)	100	21.3±4.0	18.5±2.0	140.5±11.0
B区	樹幹をネット被覆		30.3±4.5	21.8±3.6	139.6±9.7
C区	無処理		31.3±9.8	20.1±2.0	-

各区の累積被害率の推移を図 3-4 に示す。C 区において、設置 18 か月後の 2017 年 6 月調査時までにはクマによる剥皮害が 4 本発生した (写真 2)。さらに設置 30 か月後および設置 36 か月後の調査時に、1 本ずつの剥皮害が発生していた。設置 36 ヶ月後の 2018 年 11 月の累積被害率は、A 区、B 区が 0% に対し、C 区は 6% となり、A 区、B 区は C 区に比べ被害が少なく、有意に差があった (χ 二乗検定, $p < 0.05$)。このことから、ネットの設置は固定の有無に関わらず、設置 3 年間に於いてクマの剥皮害防止に効果があると考えられた。また、ネットを固定しない場合は、雪や落枝等によりずり落ちが継続すると推察され、長期的な機能維持のためにはネットを固定する必要があると考えられた。

(4) まとめと課題

ネットの設置が、クマの剥皮害を防ぐことができるか否かを調査した結果、ネットを設置することでクマの剥皮害を 3 年間防いだ。また、ガンタッカーでネットと樹幹を固定することにより、ネットは固定部より下には脱落せずに、機能を維持した。3-1 の結果からは、ネットを根張り部まで被覆することがシカによる剥皮害を確実に防除したことから、シカとクマによる複合被害が出ている林分で、ネットを施工することでどちらの剥皮害防止にも対応でき、さらに根張り部まで被覆することで確実な防除が可能と考えられた。ネットが脱落しない限り効果が持続すると推察され、ネットを固定することで長期的にメンテナンス頻度の低い低コスト防除となる可能性があった。ネットの耐久性が持続するとされる設置 10 年後に再度調査する必要がある。

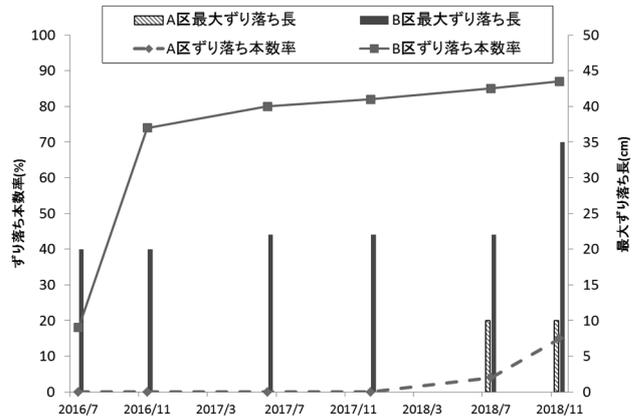


図 3-3 ネットのずり落ち本数率と最大ずり落ち長の推移

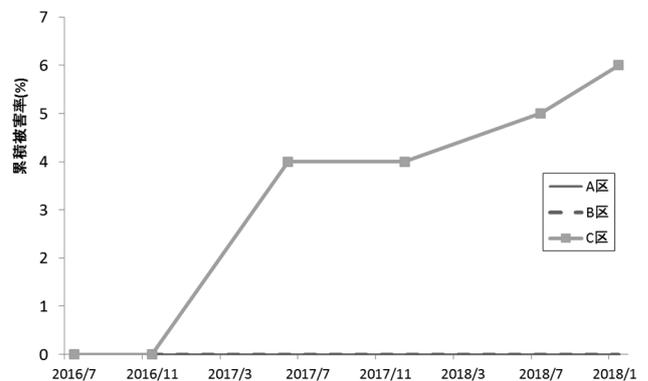


図 3-4 累積被害率の推移



写真2 B区のネットずり落ち状況およびC区のクマ剥皮害状況 (右)

4 新たな散布型忌避剤の効果と低濃度散布試験

4-1 木曾町町有林（カモシカ）

(1) 背景と目的

物理的防除と比較して苗木一本あたりのコストが低コストである忌避剤は、防除効果が短期間であるものの、少なくとも初期には非常に強い忌避効果を示す（田戸 2017）。一方、従来の忌避剤は魚毒性の程度から、河川など水源地付近では使用が困難であった。本調査では、シカに次いで県内の林業被害面積の大きいカモシカについて、毒性が低い天然物の「硫黄」を有効成分とした新たな散布型忌避剤「KW-10」をヒノキに散布することで、食害防除の有効性を確認することとともに、低濃度散布が可能か否かを調査した。

(2) 方法

木曾郡木曾町町有林の皆伐更新平坦地（標高約 1,230m）において植栽された 2 年生ヒノキ幼齢木 120 本を試験に用いた。試験区は、供試薬剤 KW-10 を水で 20 倍希釈して散布処理した KW-10 (20 倍希釈) 区、KW-10 を水で 10 倍希釈して散布処理した KW-10 (10 倍希釈) 区、対照薬剤のコニファー水和剤を水で 3 倍希釈して散布処理したコニファー (3 倍希釈) 区、および対照区である無処理区とした。処理本数は、各区とも植栽列の 5 本 2 列 (10 本) を 1 処理区とし、3 反復のランダム配置とした。

各区の薬剤使用数量を表 4-1 に示す。供試木は、試験開始前後の食痕を区別するため、薬剤処理前に試験前の食痕を剪定ばさみにより水平に切りそろえた。KW-10 およびコニファー水和剤を水で設定濃度に希釈し、電動噴霧器を用いて樹冠全体に散布した。散布は、供試木の枝葉に降水等による水滴がないことを確認した後に行った。各処理は、周辺の植生が衰退することで発生する冬期の食害防止を図るため、2017 年 11 月 30 日に行った。

食痕数調査は処理約 5 ヶ月後の 2018 年 4 月 16 日に行い、供試木ごとに枝の食痕数を計数した。また、薬害調査は薬害の発生の有無について、処理約 1 ヶ月後の 2018 年 1 月 11 日と、食痕数調査と同日の 2018 年 4 月 16 日に目視により確認した。加害獣を特定するため、試験期間前後において試験地内に自動撮影カメラ 2 台を設置し、試験終了

後に解析した。

(3) 試験期間の気象条件

薬剤処理日の気象状況及び試験期間の気象条件を表 4-2 に示す。薬剤処理日の天候は曇り、日平均気温 6.7°C、降水 0.5mm であり（気象庁観測）、薬剤処理実施 5 日後の 12 月 5 日に 2.5mm、10 日後の 12 月 10 日に 0.5mm の降水を観測した。試験期間中の 11 月から 4 月の月平均気温は、3 月と 4 月は平年値より高かったが、その他の月は平年値よりわずかに低かった。月降水量は、11 月、12 月、2 月は平年よりも少なく、特に 2 月は約 72mm 少なかった。一方、1 月、3 月、4 月の月降水量は平年よりも多く、特に 4 月は約 119mm 多かった。期間中の降水量の合計は、ほぼ平年並みであった。

(4) 結果と考察

各区の薬剤処理後の状態と薬害発生本数を表 4-3 に示す。KW-10 区の供試木では、10 倍希釈、20 倍希釈とも薬剤が乾燥した後は、薬液が葉の表面に僅かに膜をつくって付着した。コニファー水和剤は、薬剤乾燥後に薬剤が葉の表面に白く固着したため、薬剤付着状況の確認は容易であった。処理約 1 ヶ月後の 1 月 11 日と処理約 5 ヶ月後の 4 月 16 日における供試木の目視調査では、各区とも全ての供試木に薬害の発生はなく、ヒノキの葉に変色等は見られなかった。いずれの薬剤処理区においても、処理約 5 ヶ月後の目視調査で葉の表面に薬剤の残存が確認された。また、自動撮影カメラにより、薬剤処理直前にカモシカが撮影された。

各試験地で食害が確認され、被害木は枝先を引きちぎったように枝葉が採食されていた。薬剤処理 5 ヶ月後における各区の食害発生木本数割合を図 4-1 に、供試木一本あたりの平均食痕数を図 4-2 に示す。食害が発生した供試木の割合は、無処理区及びコニファー (3 倍希釈) 区 (53.3%) > KW-10 (10 倍希釈) 区 (16.7%) > KW-10 (20 倍希釈) 区 (13.3%) の順に多かった。また、供試木一本あたりの平均食痕数は、無処理区 (1.5 ± 2.0 箇所) > コニファー (3 倍希釈) 区 (0.8 ± 1.0 箇所) > KW-10 (20 倍希釈) 区 (0.3 ± 1.3 箇所) > KW-10 (10 倍希釈) 区 (0.2 ± 0.4 箇所) の順に多く、バラつきも大きかった。KW-10 (10 倍希釈) 区、KW-10 (20 倍希釈) 区及びコニファー (3 倍希釈) 区は、無

処理区に比べて食痕数が少なく、KW-10 (10 倍希釈) 区及びKW-10 (20 倍希釈) 区の食痕数は有意に少なかった (Steel-Dwass, $p < 0.05$)。また、KW-10 (10 倍希釈) 区、KW-10 (20 倍希釈) 区は、対照薬剤のコニファー (3 倍希釈) 区に比べて食痕数が有意に少なかった (Steel-Dwass, $p < 0.05$)。

薬剤処理 1 ヶ月後及び 5 か月後の目視調査により、いずれの濃度についてもヒノキに薬害は認められなかったことから、本調査で設定した KW-10 の希釈倍率はヒノキへの忌避剤処理として適切な濃度範囲であると考えられた。また、食害のあった供試木の食痕は枝先を引きちぎった形態であったこと、自動撮影カメラでカモシカが撮影されたことから、本試験地の食害はカモシカによるものと考えられた。

薬剤処理 5 ヶ月後の食害調査の結果では、無処理区及びカモシカの忌避剤として農薬登録されているコニファー水和剤と比較し、20 倍希釈及び 10 倍希釈の KW-10 が供試木一本あたりの食害を軽減した。また、KW-10 は食害木本数割合が少ないため、食害を未然に防ぐ可能性があると考えられた。試験区ごとの食痕数がバラついた原因として、カモシカの通り道などの利用頻度の高い箇所に被害が偏った可能性がある。しかし、各試験区で食害が発生したことから、試験地内全体をカモシカが利用していると考えられた。

(5) まとめ

以上の結果から、供試薬剤 KW-10 のヒノキ植栽木に対する処理は、10 倍希釈で既存の登録薬剤以上の効果を示し、カモシカ食害防除に対して有効であると判断した。また、本剤の 20 倍希釈についても、対照薬剤より有意に食害を軽減したことから、本剤によるカモシカの食害軽減に対しては、さらに低濃度の 20 倍希釈で適用が可能と考えられ、低コスト処理の可能性があった。

表 4-1 樹高階別の各薬剤処理量

薬剤	樹高(cm)	一本あたり 処理数量(ml)
KW-10 及び コニファー 水和剤	25-49	22.5
	50-74	31.5
	75-99	40.5
コニファー 水和剤	100-124	49.5
	125-149	58.5
	150 ≤	樹高25cm毎10mL増量

表 4-2 薬剤処理日の気象状況及び試験期間の気象条件 (気象庁による木曾福島町の観測値)

処理年月日	天候	平均気温 (°C)	最低気温 (°C)	最高気温 (°C)	降水量 (mm)
2017.11.30	曇り	6.7	3.6	13.0	0.5

月		11月	12月	1月	2月	3月	4月
平均気温 (°C)	H29年	5.3	0.0	-2.0	-1.4	5.8	11.2
	平年値*	6.2	1.0	-1.7	-0.9	3.1	9.3
降水量(mm)	H29年	61.5	23.5	94.5	14.5	176.0	268.0
	平年値*	111.9	62.9	68.1	86.2	155.8	149.1

*平年値はS56年～H22年までの観測値の平均値

表 4-3 各区の薬剤処理後の状態と薬害発生本数

試験区	供試本数(本)	薬剤処理方法	薬剤処理後状態	薬害発生本数	
				1月11日	4月16日
KW-10(20倍希釈)区	30	散布	葉の表面に薄膜	0	0
KW-10(10倍希釈)区	30	散布	葉の表面に薄膜	0	0
コニファー(3倍希釈)区	30	散布	葉の表面が白色	0	0
無処理区	30	-	-	-	-

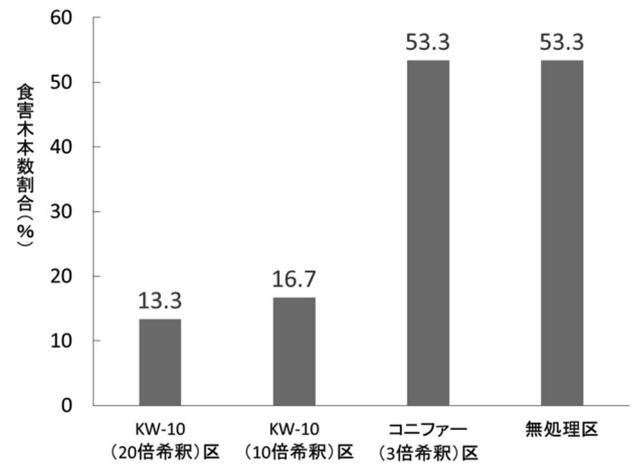


図 4-1 各区の食害木本数割合

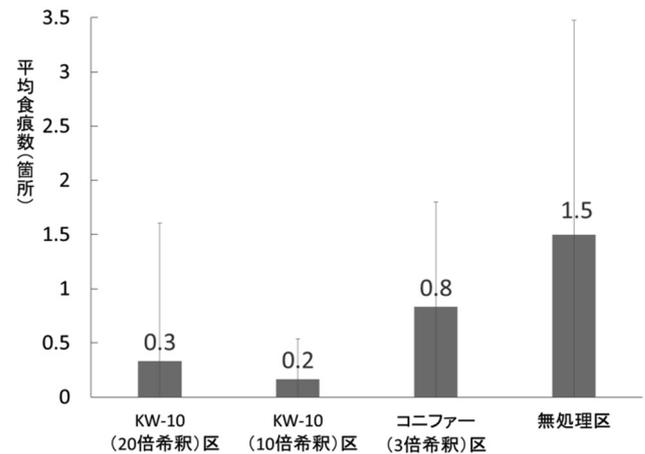


図 4-2 各区の供試木一本あたりの平均食痕数

4-2 獣害忌避剤の可能性

獣害忌避剤は物理的防除と比較して低コスト処理が可能であるが、効果の持続性に課題がある。今回の試験結果から、魚毒性が低く天然物由来である硫黄を有効成分とした新規の散布型忌避剤が

処理後5ヶ月間、カモシカの食害防止に有効であることが示唆された。さらに、低濃度でも効果があったことから、カモシカについては低コスト処理が可能であると考えられた。これらの試験結果により、2019年7月に本剤が新規農薬登録され、同10月には製品化した。また、本剤は全国や県内で最大の被害を出しているシカに対しても登録の適用拡大試験を進めている。さらに忌避剤は複数種を交互に使用することや濃度を変えて散布することにより、持続的な防除効果が期待できる。獣害防除方法の選択肢が広がるよう、複数獣種に対する忌避剤のさらなる効果検証と適用拡大を進める必要がある。

5 結言

本研究では、シカ被害の防除対策である防護柵、単木保護資材、獣害忌避剤のそれぞれについて、低コスト化を目指した処理方法を開発・検証した。また、林業被害額の大きいカモシカとクマの被害に対応できる方法の検証もあわせて行い、複数獣種に対応した低コスト防除手法の提案を行うことを目的とした。

その結果、防護柵については、20m四方の方形の簡易柵で支柱の一部に立木を使用し、すべての支柱に控え支柱を設置する方法が、シカの侵入リスクが小さくトータルコストを抑えられる方法として、最も有効と考えられた。また傾斜の緩い帯状皆伐更新地では、斜面上下面の簡易柵の支柱に立木を使用した場合、側面において控え支柱を設置せずとも柵の機能を維持し、4年間のトータルコストは、普通防護柵設置費の1/6ほどであった。一方、簡易柵のネットが脱落した場合は15日ほどでシカが柵内に侵入した。天然更新のためには更新樹種が1m程度の樹高に成長するまでは、シカの侵入を確実に防ぐことが必要であり、台風等で柵の破壊が想定される時は、早急に見回りと補修をする必要があると言えた。

単木保護資材については、伸縮性のあるネットがシカとクマ両種の剥皮害防止に効果があることが分かった。これらの獣種による複合被害が出ている林分で、ネットを施工することでどちらの剥皮害防止にも対応でき、さらに根張部まで被覆することで確実な防除が可能であった。ネットが脱

落しない限り効果が持続すると推察され、ネットをガンタッカーで樹幹に固定することで、長期的にメンテナンス頻度の低い低コスト防除となる可能性があった。今後はネットの耐久性が持続するとされる設置10年後に機能の維持状況について再度調査する必要がある。また、ネットを用いて獣害防除を行いつつ素材収入を見込むには、設置費の低コスト化が必須であり、素材や設置高さの短縮など検討する必要がある。

忌避剤については、毒性が低い天然物の「硫黄」を有効成分とした新たな散布型忌避剤「KW-10」を水で10倍希釈しヒノキに散布した結果、既存の登録薬剤以上の効果を示し、カモシカ食害防止に対して有効であった。また、本剤をさらに低濃度の20倍希釈で散布しても対照薬剤より有意に食害を軽減したことから、本剤によるカモシカの食害軽減に対しては、20倍希釈で適用が可能であり、低コスト処理の可能性があった。

6 謝辞

本試験の実施あたり、各種調査にご協力いただいた木曾町農林振興課、岐阜県森林研究所、サンケイ化学株式会社、茅野市北山湯川財産区、東信森林管理署、および木曾地域振興局林務課、諏訪地域振興局林務課、松本地域振興局林務課の関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 岡田ら (2015) シカなど獣類による森林被害に対する総合的対策に関する研究, 長野県林業総合センター研究報告 29: 17-39
- 岡田充弘・小山泰弘 (2013) シカ剥皮被害の実態解明と発生要因の解析, 森林防疫 62: 232-237
- 小山ら (2010) ニホンジカの食害による森林被害の実態と防除技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告 24: 1-24
- 佐野明 (2009) ニホンジカによるスギ, ヒノキ若・壮齢木の剥皮害の発生時期と被害痕の特徴, 哺乳類科学 49(2): 237-243
- 田戸裕之 (2017) ニホンジカと忌避剤, 林業と薬剤 219: 1-6
- 長野県 (2016) 長野県第二種特定鳥獣管理計画 (第4期ニホンジカ管理)

長野県(2019)平成30年度森林被害報告(病虫害等)
について

長野県林務部(2015)平成27年度林業土木事業設
計単価表平成27年9月1日適用：14

尾崎真也（2015）兵庫県におけるニホンジカによ
るスギ壮齢木樹皮摂食害とその防除，森林防疫
64：174-182

佐野明・金田英明（2009）ニホンジカによるスギ
剥皮害に対するテープ巻きの防除効果，森林防
疫58:11-13

柳澤賢一（2017）ニホンジカによるヒノキ根張り
部の剥皮害に対する単木保護資材設置方法の
検討，中部森林研究65:66-67

柳澤賢一（2019）平成30年度林業薬剤等試験成績
報告集：85-89