

# 多雪地における獣害防止ネットの破損とその対策

雲野 明\*・南野一博\*\*・石川祐介\*\*\*・明石信廣\*\*\*\*

## Reduction of snow damage to net fences controlling deer damage in heavy-snow regions

Akira UNNO\*, Kazuhiro MINAMINO\*\*, Yusuke ISHIKAWA\*\*\*, and Nobuhiro AKASHI\*\*\*\*

### 要旨

エゾシカ被害防止用に設置された林業用の獣害防止ネットにおいて、積雪による破損被害が北海道の多雪地で発生している。そこで、積雪による獣害防止ネットの破損を抑え、侵入防止柵の耐久性を向上させるための方法を検討した。その結果、最大積雪深が1 mを超えるような多雪地では、支柱間隔を2.5～3 m、吊りロープの固定位置を木口にする、ネットの上部4目程度はイザナスを使用する、支柱の中間部でネットを固定しないことで、ネットの破損を軽減できることが明らかとなった。ただし、ネットの破損を完全に防ぐことはできないため、定期的な見回りと保守点検が必要である。

キーワード：獣害防止ネット，エゾシカ被害，多雪地，破損の軽減，耐積雪性

### はじめに

2014～2018年度の北海道内エゾシカによる森林被害の実面積（国有林を除く）は減少傾向にあるが1,908～3,403haとなり、依然として大きな被害水準で推移している。被害は胆振・日高・釧路管内で多いが、他の地域でも被害が増加し、拡散している状況にある（北海道水産林務部林務局森林整備課2019）。

これまで、加害種であるエゾシカの個体数を減らすため、銃器やワナによる捕獲が取り組まれているほか、林業被害対策として、食害防止策（忌避剤散布、苗木食害防止用保護チェーンや食害対策防護ネットの設置）・角こすり被害防止策（枝条巻き）・造林地への侵入防止策（侵入防止柵の設置）など、様々な手段が講じられている。

侵入防止柵については、2012～2014年度の設置延長が700kmを超えて、それ以降も毎年設置され続けている（北海道水産林務部林務局森林整備課2013, 2015, 2016）。北海道の

造林地に設置されている侵入防止柵のほとんどは、金網ではなくステンレス線入りポリエチレン製の獣害防止ネットで施工されている。侵入防止柵は造林地内からシカを排除することで被害を完全に防除できる一方、ネットが破損するとそこが通り道となり、柵の効果が失われてしまう。本州では侵入防止柵の破損の原因として、動物の潜り込み、落石や土砂崩れ、倒木などが指摘されているが（大島ほか2014, 酒井2018）、北海道では破損の原因として積雪があり、特に積雪の多い地域でネットの落下やネットの破損などが生じている。そこで本研究では、積雪による獣害防止ネットの破損を抑え、侵入防止柵の耐久性を向上させるための設置方法やネットの素材に関し検討を行った。

### 方法

#### 1. 試験地概要

以下の3つの試験地を設定した。a) 美唄光珠内試験地：北

\* 北海道立総合研究機構林業試験場 Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai, Hokkaido 079-0198

\*\* 現所属：北海道立総合研究機構 Hokkaido Research Organization, Kita19-jo Nishi11-chome, Kita-Ku, Sapporo 060-0819

\*\*\* ナカダ産業株式会社 Nakada Industrial Co. LTD, Shikoro 880-3, Shimada, Shizuoka 428-0019

\*\*\*\* 北海道立総合研究機構林業試験場道北支場

Dohoku Station, Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Nakagawa, Hokkaido 098-2805

[北海道林業試験場研究報告 第58号 令和3年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 58, March, 2021]

表-1 使用した獣害防止ネットの仕様

ネットの種類	使用位置	材質	織度(dtex)*	本数
従来ネット	最上段の網糸	イザナス	1,760	4
		ポリエチレン	440	120
	上記以外の網糸	ポリエチレン ステンレス線	440 (0.29mm)	60 4
新開発ネット	上部4目または1m	イザナス	1,760	6
		ポリエチレン	440	52
	上記以外の網糸	ポリエチレン ステンレス線	440 (0.29mm)	60 4

\*:糸の太さを表し、1 dtexは10,000mの重さが1gの糸を示す、ステンレス線は太さを示す

海道美唄市光珠内町東山，北海道立総合研究機構林業試験場構内，標高は50m。平坦地に一直線に侵入防止柵を設置した。  
b) 石狩厚田試験地：北海道石狩市厚田区嶺泊，標高130m，傾斜15度，斜面方位W。侵入防止柵は造林地を取り囲むように設置した。積雪の斜面方向への移動を考慮し，各仕様（表-1）のネットを斜面方向に対して直交する部分と平行する部分が同程度になるようにいくつかに分けて設置した。  
c) 美唄東明試験地：北海道美唄市東明，標高90~100m，傾斜約25度，斜面方位SE。侵入防止柵は造林地を取り囲むように設置した。2016年11月と2017年11月に設置した柵（表-2）は斜面方向に対して直交に設置した。2012年に設置した柵は，斜面方向に対して直交する部分と平行する部分がある。アメダスの美唄観測所において，試験を実施した2015~2019年度の最大積雪深は，それぞれ131 cm，53 cm，167 cm，104 cm，63 cmであった。

2. 設置した侵入防止柵の構造

北海道で一般的に設置されている侵入防止柵の構造を図-1に模式図で示す。支柱は長さ3.65m以上で末口おおむね12cm以上の地域材を用いる。支柱高の30%以上を埋設することで十分な安定を保つ。また，ネットの地上高を2.5mにすることで飛び越えによるエゾシカの侵入を防ぐ。獣害防止ネットはステンレス線入り（全面）で高耐久性のものを使用し，網目は100mm×100mm以下である。地表からのエゾシカによる潜り込みを防ぐため，ネットは地面にアンカーピンで固定し，ネットを支柱に固定する資材（ステーブル）で支柱1本につき，4か所以上で固定する。本研究では，図-1の上端で吊りロープを固定しているステーブルの位置を吊りロープ固定部，上から2か所目のステーブルの固定位置をネット中間固定上部，上から3か所目のステーブルの固定位置をネット中間固定下部と呼ぶ。

本研究では支柱には丸太を使用し，ネット高は2.5m，ネットの網目サイズは100mm×100mm，ネットや吊りロープの固定には長さ43mm，太さ4mmで返しのある鉄製のステーブルを使用した。各試験地における侵入防止柵の仕様を表-2に示す。吊りロープ固定位置は，支柱の上部側面にステーブルで固定した場合を支柱側面，支柱の上から木口面にステーブルで固定した場合を木口とした。支柱間隔は2.5~5mとした。ネット中間部の固定は，支柱側面の2か所をステーブルで固定した場合を中間あり，固定しなかった場合を中間なしとし

表-2 各試験地の侵入防止柵の仕様

試験地名	設置年	観察年度	支柱間隔 (m)	吊りロープ 固定位置	吊りロープ	ネット*5	ネット固定	調査対象とした支柱の本数
美唄光珠内	2015	2015	2.5	支柱側面	ポリエチレン	従来	中間あり	7
			2.5	木口			中間なし	7
			4	支柱側面			中間あり	5
			4	木口			中間なし	6
			5	支柱側面			中間あり	6
			5	木口			中間なし	5
	2016	2016-2017	2.5	支柱側面	ワイヤー	新開発	中間あり	5
			2.5	支柱側面	ポリエチレン	従来	中間なし	6
			4	木口	ワイヤー	新開発	中間あり	6
			4	木口	ワイヤー	新開発	中間なし	5
			5	支柱側面	ポリエチレン	従来	中間なし	5
	2018	2018-2019	2.5	支柱側面	ポリエチレン	従来	中間あり	14
			2.5	木口	ポリエチレン	新開発	中間なし	20
			4	支柱側面	ワイヤー	新開発	中間なし	10
			4	木口	ワイヤー	新開発	中間なし	10
石狩厚田	2015	2015-2019	3	木口	ポリエチレン	従来 新開発	中間あり	16*1 21*2
			3	支柱側面	ポリエチレン	従来*3	中間あり	43
美唄東明	2016	2016-2019	2.5	木口	ポリエチレン	新開発	中間あり	20
			2.5	木口	ワイヤー	新開発*4	中間なし	11

\*1:一部の支柱が傾きネットがゆるんだ支柱を調査か所から除外したため2019年度のサンプル数は10

\*2:一部の支柱が傾きネットがゆるんだ支柱を調査か所から除外したため2019年度のサンプル数は20

\*3:上段1目分のみ2倍の太さのポリエチレンを使用

\*4:上段1目分のみイザナスを使用

\*5:ネットの仕様は表-1参照

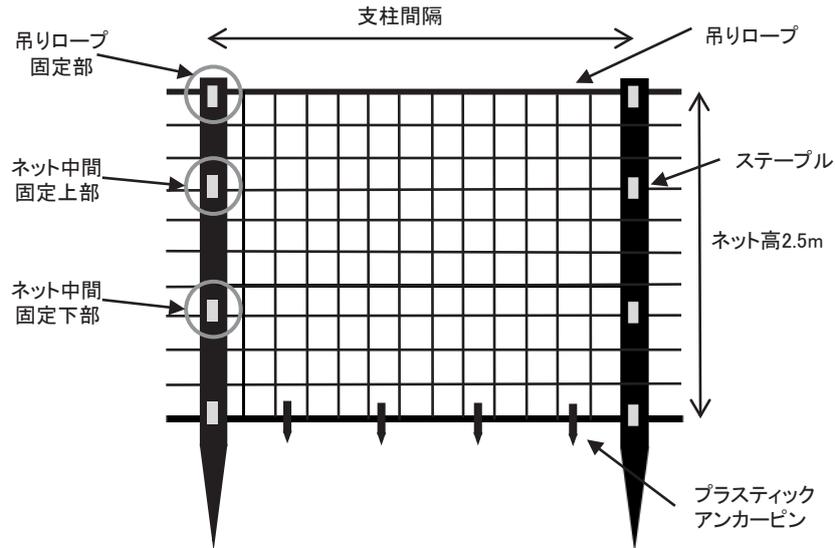


図-1 北海道で一般的に設置されている侵入防止柵の模式図  
本研究においてもこの構造に準じて設置した。

た。積雪による獣害防止ネットの破損は積雪期に生じるため、本研究では年度で表記した。例えば2015～2016年の冬の間に生じた破損は、観察年度2015年に生じた被害とした。吊りローブの仕様は、ポリエチレン：10mm、ワイヤー：亜鉛メッキ鋼より線（1.4mm×7本、外径4.2mm）である。ネットは素材の異なる2種類を用いた。その仕様は表-1に示す。本研究では、道内で一般的に使用されているステンレス線入りのポリエチレンネットを従来ネット、超高分子量ポリエチレン繊維であり高強度・高弾性率を持つイザナス®（東洋紡株式会社）をネットの上部に使用したネットを新開発ネットと呼ぶことにする。

複数年継続して観察した獣害防止ネットに関しては、積雪前の秋に吊りローブの落下のみ補修した。ただし、美唄東明試験地に2012年に設置した従来ネットは破網してできたネット中間固定部の穴をローブでくくることによりエゾシカの侵入を防ぐ補修を行った。

### 3. ネットの破損状況調査

ネットの破損は、吊りローブ固定部が外れてネットが脱落する「落下」と、ネットの網目が破れる「破網」に区分して調査を行った。破網や落下は支柱付近で生じるため、支柱を調査か所とし、コーナーとなる支柱、傾いた支柱、ネットの端にあたる支柱は、調査対象から除外した。石狩厚田試験地のネットに関しては、一部の支柱が傾きネットがゆるんだ支柱を調査か所から除外したため2019年度は調査か所数が減少した。獣害防止ネットの破損状況を積雪前に確認し、翌年の融雪後、再度破損状況を確認してその年の破損を判定した。被害状況調査の期間は表-2の観察年度である。美唄光珠内試験地においては、積雪期間中、約1か月に1度ネットの破損状況を調査した。また、破網してできた穴の大きさは、破網

した部分を三角形または四角形ととらえ、底辺と高さを測定し面積を算出した。

### 4. 積雪深の測定

各試験地内に積雪深を表す積雪板と自動撮影カメラ（ハイカムSP108-J、株式会社ハイク）を設置し、積雪深を記録した。自動撮影カメラは4時間毎に1枚写真を撮影するように設定し、撮影された画像から積雪板の目盛りを読み取り、1日単位で積雪深を記録した。また、美唄光珠内試験地においては、最も近いアメダス観測所である美唄の積雪深のデータも参考とした。

### 5. 統計解析

以上の調査より、①吊りローブの固定位置（支柱側面・木口）によるネットの落下率と吊りローブ固定部の破網率の違い（美唄光珠内2015年度、美唄東明2017年度）、②支柱間隔による破網率の違い（美唄光珠内2017年度）、③従来ネットと新開発ネットの破網率の違い（石狩厚田2017年度）と破網してできた穴のネットの種類による大きさの比較（石狩厚田2018年度）をそれぞれ行った。積雪期を経ることでネット固定部には強い力が働き、一部のネットではネットの繊維に損傷がみられたこと、また試験地により積雪状況が異なることから、設置方法やネットの比較は同じ設置年と同じ試験地内で行った。ただし、美唄東明試験地における①吊りローブの固定位置（支柱側面・木口）によるネットの落下率と吊りローブ固定部の破網率の違いに関しては、吊りローブ固定部に劣化等がみられなかったため、設置年度の異なるネットで比較した。また、石狩試験地や美唄東明試験地では造林地を取り囲むように侵入防止柵を設置したため、斜面方向や傾斜の違いによる影響が考えられたが、予備解析では大きな影響は認められ

なかったため、データはまとめて分析した。

統計解析について、美唄光珠内試験地のデータは支柱間隔の違いなど複数の条件で統合的に検討するためMantel-Haenszel test, 美唄東明試験地のデータはFisher's exact test, 石狩厚田試験地のデータの破網率の違いについてはFisher's exact testを、破網してできた穴の大きさについては線形モデル (LM) を用いて比較した。統計解析にはR 4.0.2 (R Core Team 2020) を使用した。

## 結果

### 1. 吊りロープの固定位置とネットの破損状況

美唄光珠内試験地2015年度と美唄東明試験地2017年度の結果から、吊りロープを支柱側面で固定すると積雪によりステーブルが抜けてネットは落下してしまうが、木口で固定することでネットの落下防止となることが明らかとなった (図-2, 美唄光珠内試験地2015年度: Mantel-Haenszel test,  $\chi^2=23.62$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ , 美唄東明試験地2017年度: Fisher's exact test,  $p<0.001$ )。支柱間隔を2.5mと短くしても支柱側面で固定すると、多くの支柱でネットの落下が発生した。美唄東明試験地

において木口で固定した1か所でネットの落下が生じたが、ステーブルの脱落ではなく、支柱の木口の端で吊りロープを固定していたため、木口が割れたことによるものであった。

美唄光珠内試験地2015年度の吊りロープ固定部の破網状況は、木口で固定した場合、支柱間隔5mで5か所中2か所、支柱間隔4mで5か所中2か所、支柱間隔2.5mで7か所中2か所であった。一方、支柱側面に固定した場合は、吊りロープが落下するため、吊りロープ固定部での破網はなかった。このように吊りロープを木口に固定すると支柱側面に固定した場合より明らかに多くの破網が発生した (Mantel-Haenszel test,  $\chi^2=5.31$ ,  $df=1$ ,  $p=0.021$ )。一方、美唄東明試験地2017年度において支柱側面に吊りロープを固定し落下したネットの吊りロープ固定部の新しい破網は43例中1か所、木口で固定した場合は破網しなかった (Fisher's exact test,  $p=1$ )。

### 2. 支柱間隔と破網率の関係

美唄光珠内試験地2017年度において、ネットを同じ方法で設置した支柱について支柱間隔の影響を調べると、支柱間隔が短い方がネットの破網が少ない傾向を示した (図-3,

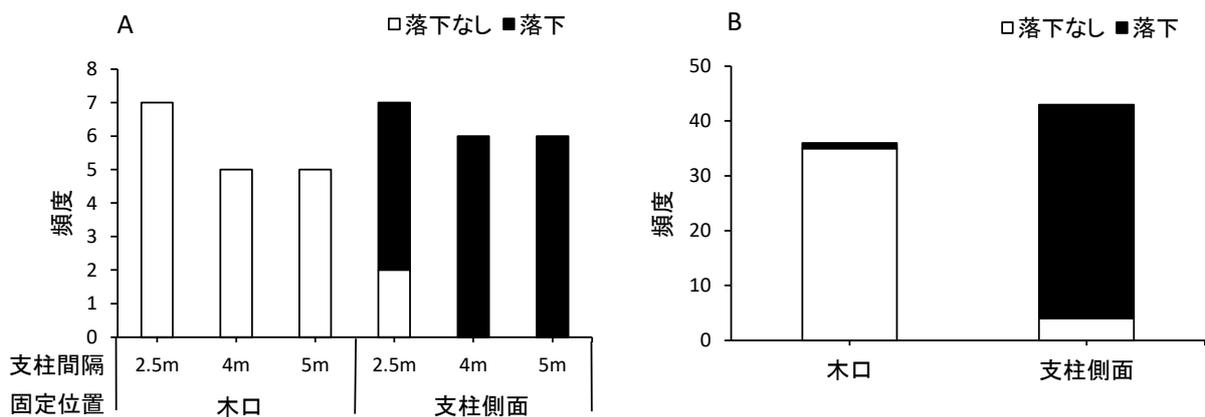


図-2 吊りロープ固定位置と吊りロープ落下の関係

A: 美唄光珠内試験地2015年度, B: 美唄東明試験地2017年度

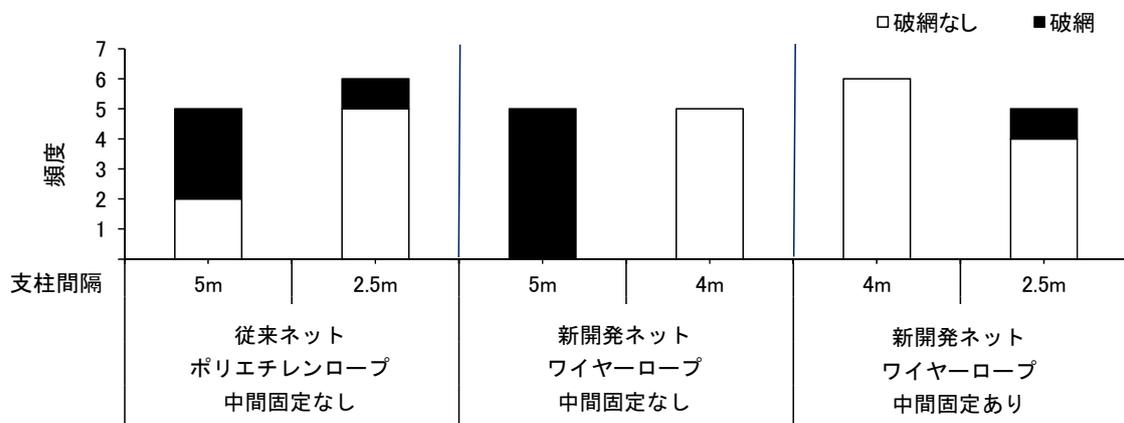


図-3 支柱間隔とネットの破網の関係 (美唄光珠内試験地2017年度)

横軸の侵入防止柵の仕様は、表-2 参照

Mantel-Haenszel test,  $\chi^2=4.25$ ,  $df=1$ ,  $p=0.039$ )。この時、ネット中間固定なしの場合は吊りロープ固定部、ネット中間固定ありでは、支柱中間固定部で破網した。また、全く破網が生じなかった支柱間隔4mでは、ネット中間固定なしで1か所、ネット中間固定ありで2か所の木口が割れて、吊りロープが落下していた。支柱間隔2.5mと5mの結果からは明らかに支柱間隔は短い方が破網は少なかったが、支柱間隔2.5mでも防ぐことはできなかった。

### 3. ネットの種類による破網状況

石狩厚田試験地では新開発ネットと従来ネットを同じ条件で設置し、継続して複数年調査した。1冬経過後、両ネット共に吊りロープ固定部やネット中間固定下部の破網数は少な

かった。しかし、ネット中間固定上部においては、新開発ネットでは全く破網しなかったのに対し、従来ネットはすべて破網した(図-4)。3冬経過すると、新開発ネットでも破網数は増加したが、ネット中間固定上部と下部では従来ネットより破網数は少なかった(Fisher's exact test, 吊りロープ固定部:  $p=0.091$ , ネット中間固定上部:  $p=0.012$ , ネット中間固定下部:  $p=0.006$ )。吊りロープ固定部に関しては統計的な有意差はなかったが、破網率は新開発ネットで52.3%, 従来ネットで81.3%であった。

1冬経過後に破網した部分は、新開発ネット、従来ネットともに網目が1か所切れただけの小さな穴であったが、4冬経過後には図-5に示したように大きな穴がみられるようになった。4冬経過後の破網してできた穴の大きさは、吊りロープ固定部やネット中間固定下部では新開発ネットと従来ネットに有意な差はなかったが、ネット中間固定上部では新開発ネットの方が従来ネットより明らかに小さかった(図-5, LM, 吊りロープ固定部:  $p=0.084$ , ネット中間固定上部:  $p<0.001$ , ネット中間固定下部:  $p=0.322$ )。吊りロープ固定部にできた新開発ネットの穴の大きさの最大値は1,268 $cm^2$ 、従来ネットは9,360 $cm^2$ と従来ネットの方がはるかに大きく、従来ネットにできた穴のうち、新開発ネットの最大値以上の大きな穴が生じたのは10か所中5か所で、従来ネットでは大きな穴ができた場所が多かった。

破網はすべてネットを固定したすぐ下の部分で発生していた。積雪期を経過しても破網しなかったネットの固定部分を観察すると、従来ネット、新開発ネット共に繊維の損傷が見られた。従来ネットは一部のポリエチレン繊維が破断し、先にステンレス線が破断しているものが見られた(写真-1A)。新開発ネットは、繊維の破断がなくても、ネットの結び目に毛羽立ちが生じ、変形していた(写真-1B)。

吊りロープ固定部の破網してできた穴が広がる方向は、垂直方向ではなく水平方向だった。3冬経過後に吊りロープから垂直方向に破網した編み目数は、新開発ネットは破網した11か所すべてで上から1目のみであり、従来ネットは破網した13か所のうち1か所のみ上から2目までで、他は上から1目のみであった。そのため、破網してできた穴は横長になった(写真-2)

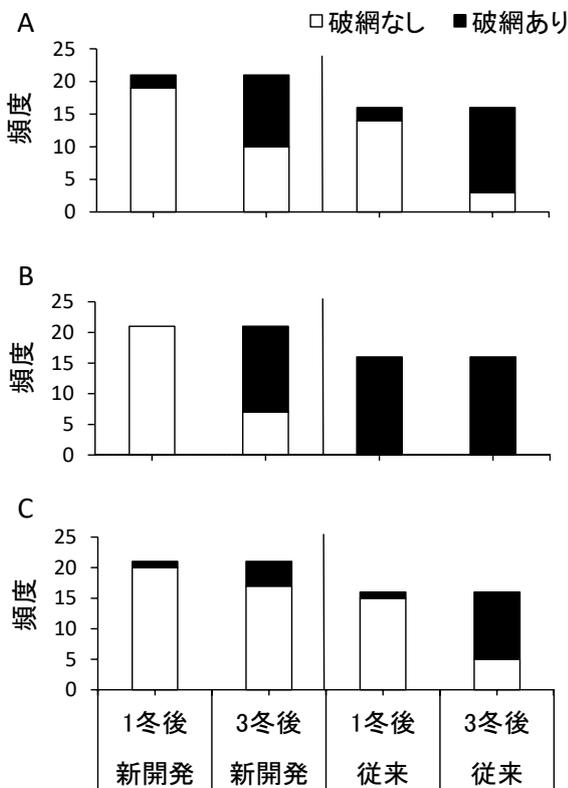


図-4 吊りロープを支柱の木口で固定した場合の固定部のネット破網数の変化(石狩厚田試験地2017年度)  
A: 吊りロープ固定部, B: ネット中間固定上部, C: ネット中間固定下部

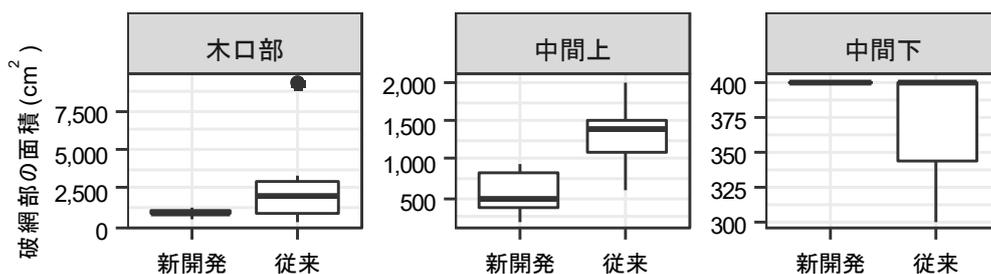


図-5 設置4冬後の破網してできた穴の大きさ(石狩厚田試験地2019年4月調査)

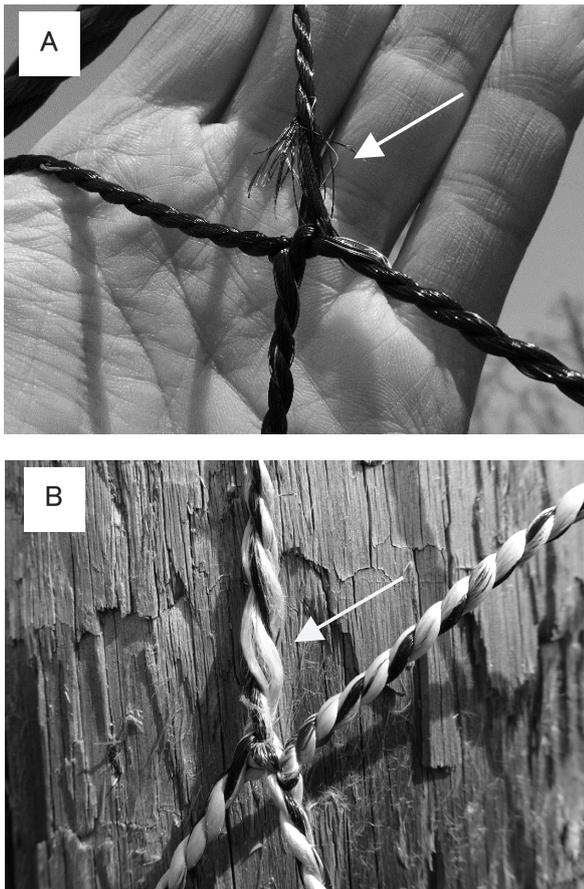


写真-1 ネット固定部直下のネット損傷の様子 (石狩厚田試験地)

A：完全に破網しなかったが、積雪による引っ張りによりステンレス線が切れた従来ネット，  
 B：破網しなかったが、積雪による引っ張りにより繊維が毛羽だった新開発ネット



写真-2 設置後3冬経過した吊りロープ固定部の破網が横方向に広がった様子 (石狩厚田試験地)

#### 4. 積雪深の影響

美唄光珠内試験地2017年度では、積雪深は12月20日に120cm、1月30日に136cmと変化したが、2月8日までは破損は発生していなかった(図-6A)。2月8日～3月6日の間にネットの破網または吊りロープの落下のほとんどが発生した。この期間は最大積雪深150cmを挟んだ期間であった。美唄光珠内試験地2018年度では、2月13日に積雪深が最大の132cmとなり、従来ネットのみで2月14日～3月14日の間に破網が生じた(図-6B)。

2016年度と2019年度は雪が少なく、最大積雪深は52cm～86cmですべての試験地で破網が生じなかった(図-7)。一方、2015年度、2017年度、2018年度は雪が多く、最大積雪深は124cm～185cmですべての試験地で1か所以上のネットの破網や落下が観察された。

#### 考察

##### 1. 吊りロープの固定位置によるネットの破損状況の違い

北海道が定めたエゾシカ侵入防止柵の設置要領に掲載されている図では、吊りロープの固定位置は支柱側面になっている(図-1)。しかし、支柱側面で固定すると、積雪の多い地域ではステーブルが抜けてネットは落下しやすかった。残念ながら支柱間隔を2.5mまで狭くしてもネットの落下は防げなかった。一方、吊りロープを木口で固定することでネットの

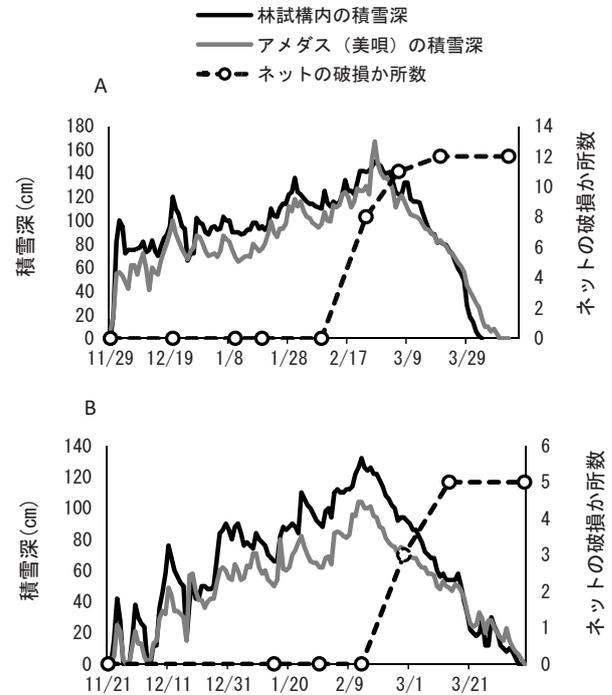
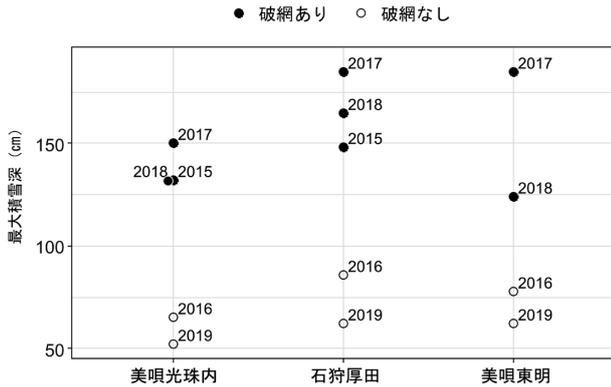


図-6 積雪深と破損か所数の推移

A：2017年度美唄光珠内試験地，B：2018年度美唄光珠内試験地。破網または落下か所数は観察した全ネットの合計



図－7 最大積雪深とネットの破網の関係  
数字は年度を示す

落下は防ぐことができたが、吊りロープ固定部でネットの破網が発生した。このようにネットの落下は吊りロープを支柱の木口で固定することで防げるが、その固定部で破網が生じるので、これを軽減する方法を探索する必要がある。ネットが落下するとシカが容易に造林地内に侵入可能となるのに対し、ネットの破網は破網でできた穴が小さい場合や高い場所にできた場合はシカの侵入を阻止できるため、まずはネットの落下を防ぐ必要がある。

一方で、支柱側面で固定し落下したネットは、破網前にステーブルが抜けてネットが落下するため、吊りロープ固定部の破網はほとんどなかった。冬期にエゾシカによる被害がなく融雪後すぐに補修できる場所であれば、吊りロープを支柱側面で固定し支柱中間部でネットを固定しない設置方法は、多雪時にネットを落下させることで破網を防げるため、選択肢の1つとなるだろう。このような落下を前提とした管理方法は、多雪地における牧柵の雪害防止対策として推奨されている(細川1988)。

## 2. 支柱間隔と破網の関係

木口で吊りロープを固定した美唄光珠内試験地の2017年度の結果では、支柱間隔は短い方が破網数は少ない傾向を示した。支柱間隔4mにおいては破網がみられなかったが、これは木口の割れによるネットの落下があったことが影響している可能性がある。支柱間隔2.5mでも破網を完全に防ぐことはできないが、既に事業的に2.5～3.0mで設置されている事例もあること、三重県林業研究所が発行した新植造林地におけるシカ食害対策に関するパンフレット(三重県林業研究所2012)においても、強度の面から2.5～3mでの設置を推奨していることより、多雪地では支柱間隔は2.5～3mが妥当であろう。支柱間隔を短くすると支柱の本数が増え設置コストが増加する。しかし、侵入防止柵は1か所でも破損するとそこがシカの侵入口となり被害は造林地全体に及ぶため、破損防止に伴う設置コストの増加は、侵入防止柵を有効に使う上で必要な経費

である。

## 3. ネット中間固定で発生する破網の影響

吊りロープを木口部で固定しネットの落下がなくても、支柱中間部でネットを固定すると固定した直下でネットが破網し(図-4)、ネットの中間部分に穴が生じる。エゾシカの跳躍力を観察した結果、柵の高さが2.2m以上あればエゾシカが飛び越えないことが確認されている(川島ほか2011)。北海道で設置されている一般的な造林地の侵入防止柵は2.5mの高さがあるため、ネットの落下や吊りロープのゆるみがない限り、シカは破網した部分またはネットの下からもぐりこんで造林地内に侵入するしか方法はない。また、本州のニホンジカにおいては、ネットの飛び越えよりネットに生じた小さな隙間やネットの下から潜り込んで侵入を試みる事例が報告されている(尾崎2001, 高山ほか2008)。そのため、ネット中間部での破網やネットを地際で固定しているアンカーピンの抜け対策が重要である。エゾシカの飼育場での観察から、小さな隙間からの侵入は高さ2m以下で生じるため(川島ほか2011)、破網による穴は2m以下に発生しないようにすべきである。エゾシカは地表近くに水平方向に25cm幅で設置した隙間に首まで入れて、後ろ足で体を押し込むように通り抜けることができる(若菜ほか2003)。また、地上から175cm付近に開いた高さ25cmの横長の三角形の隙間をすり抜けることができる(川島ほか2011)。石狩厚田試験地で4冬経過後のネット中間固定上部で破網した部分の大きさは、新開発ネットでは $572 \pm 255 \text{cm}^2$ (平均 $\pm$ SD)、従来ネットでは $1,324 \pm 463 \text{cm}^2$ となり、特に従来ネットは破網した面積を仮に正方形に見立てると1辺が約36cm程度の大きな穴となり、シカの侵入経路になる可能性があるとして推測された。このようにネット中間部で固定すると固定した直下で破網するため、固定しない方がいいだろう。今回調査をした3か所では、ネットを支柱中間部で固定しないことで不都合な点は観察されなかった。しかし、ネット中間部の固定が落枝やシカによる潜り込みなどの物理的な衝撃に対し、ネットの破損や地際のアンカーピンの抜けを防ぐ効果を発揮している可能性がある。支柱中間部でネットを固定してもネットの破網が生じない積雪の少ない地方におけるネット中間部の固定効果に関しては、今後、検討すべきである。

## 4. 新開発ネットの効果

超高分子量ポリエステル繊維として高強度・高弾性率を持つ繊維であるイザナスを使った新開発ネットは、従来ネットより積雪による破網が少なく(図-4)、破網しても穴の大きさは小さかった(図-5)。大きく開いた破網部はシカの侵入経路になるため(若菜ほか2003)、多雪地では破網か所が少なく、開いた穴の大きさが小さい新開発ネットを推奨する。このような高強度・高弾性率を持つ繊維はほかにもあり、今後

コスト面も考慮し、別の素材を検討する余地があるだろう。

新開発ネット、従来ネットともにステーブルで固定したすぐ下の部分は、積雪の沈降により強い力で引っ張られるため、ネットの破網がなくても繊維の損傷がみられた。従来ネットで使用されているステンレス線はシカによる噛み切り防止のため混入されているが、積雪荷重には耐えることができず、ポリエチレン繊維より早く切れてしまうこともあった。このように新開発ネット、従来ネット共に、ネットの破網が生じなくても繊維の損傷が起こるため、設置経過年数が増えるに従い、破網か所が増え、破網した部分の穴の大きさが大きくなった。

吊りロープ固定部の破網は新開発ネット、従来ネットとともに横に広がるため、破網部が小さいうちは破網した穴の最低高が地上高2m以下にはならず、小さな隙間からの侵入が高さ2m以下で生じることを示した川島ほか(2011)の結果から、シカは侵入できないと推測された。ただし、従来ネットのように破網部が大きくなると破網した穴が垂れ下がるため、シカが侵入する可能性がある。石狩厚田試験地の隣接地に設置されている従来ネットは、吊りロープが木口で固定され、2020年10月で設置後7年が経過している。このネットは当初は支柱の中間部2か所で固定されていたが、数年後に中間部の固定は外され、中間部に開いた穴は補修されている。2020年10月現在、吊りロープ固定部だけに破網があり、29か所中11か所で穴の最低高がエゾシカ侵入の目安である地上高2m以下となっていた。破網しにくい新開発ネットを使うことで穴は小さくなり、破網部からの侵入を、より長期間防ぐことが可能となるだろう。

イザナスを使用した新開発ネットは従来ネットよりコスト高ではあるが、吊りロープ固定部の破網は横に広がることからネット上部の一部だけイザナスを使うことで経費を削減できる。石狩厚田試験地において経過観察した新開発ネットでは上から1目のみしか破網しなかったが、従来ネットでは上から2目まで破網したものがあるので、2017年度までの結果をもとに2018年に美唄光珠内試験地に設置した新開発ネットは、安全を見込んで上から4目までイザナスを使用した。このように、まずは目安として4目程度を推奨するが、さらに検討の余地がある。

## 5. 積雪深の影響

美唄光珠内試験地2017年度と2018年度の結果から、ネットの破網は2月以降に生じていた。上の時期は最大積雪深を記録する時期と一致する。最大積雪深が破損に影響を与えていると推測されたことから、最大積雪深と破網の関係を調べると、52cm～86cmの場合は破網が生じなかった一方、124cm～185cmでは1か所以上のネットの破網が観察された。このようにネットの破網が生じる閾値は、最大積雪深が86cm～124cmの間にあると推測された。これらから、およその目安

として最大積雪深が1mを超える地域ではネットの破網が生じる可能性があるとし唆され、積雪に対する破網の影響を回避する対策が必要であろう。

斜面の積雪が沈降する際、鉛直方向に沈むと同時に斜面方向へ移動するため、傾斜地に設置された獣害防止ネットには2方向の力が働く(日本建設機械化協会1988)。そのため急傾斜地に設置されたネットにかかる引張り荷重は平坦地より複雑になると推測される。2013年に北海道水産林務部林務局森林整備課保護種苗グループ(現保護種苗係、未発表)がまとめた資料では、20°以上の急傾斜地で破損被害が急増することが報告されている。本研究では設置場所の傾斜に関する影響は評価できなかったため、今後、検討する必要がある。

## 6. 試験結果に基づく新しい設置方法の効果(美唄光珠内試験地2018年度)

これまでの結果をもとに、最も効果的と思われる侵入防止柵の設置方法は支柱間隔2.5m、吊りロープの固定位置を木口とし、新開発ネットをネット中間固定なしで設置することである。この新しい設置方法と従来の設置方法である従来ネット・ネット中間固定ありで、破網数を比較したところ、1冬経過後の2019年4月には、新しい設置方法ではネットの破網がなかったのに対し、従来方法では、ネット固定中間上部14か所のうち、5か所で破網が生じた。2019年度は積雪が少なかったため、新たな破網は発生しなかった。

このように支柱間隔を2.5mと短くして積雪による荷重を分散させ、吊りロープの落下を防ぐため吊りロープの固定部を木口にすることで、ネットの落下や固定部の破網を少なくすることができた。また、ネットの上部には強度のあるイザナスを使うことで吊りロープ固定部での破網を防ぎ、支柱の中間部でネットを固定しないことで、ネットの中間に穴が空くのを防ぐことができ、これまでの結果で提案された新たな侵入防止柵の効果を再確認できた。

このような仕様でネットを設置しても積雪による破損は完全に防ぐことはできない。また、ネットの破損の原因は積雪によるものだけではなく、シカがネットに絡まることや倒木による破損などは他の原因によっても破損する(酒井2018)。そのため定期的な獣害防止ネットの見回りと保守管理が重要である(大島ほか2014)。また、シカそのものを減らす積極的な捕獲を進めるべきである(酒井2018)。

## 謝辞

本研究はナカダ産業株式会社からの受託研究として実施した。試験を実施するにあたり、空知森林組合には試験地の選定にご協力していただき、北海道指導林家の鈴木巖氏、美唄市の織田顕氏には試験地を提供していただいた。北海道水産林務部林務局森林整備課保護種苗係からは侵入防止柵に関する情報を提供していただいた。一般社団法人北海道開発技術

センター野呂美紗子博士からは有益な文献を紹介していただいた。サージミヤワキ株式会社には自動撮影カメラをお借りした。試験地の設定にあたり、ナカダ産業株式会社、林業試験場企画調整部企画グループの方々の助力を得た。保護種苗木保護グループの方々には有益な助言やコメントをいただいた。厚く御礼を申し上げます。

## 引用文献

- 北海道水産林務部林務局森林整備課 (2013) 平成24年度北海道森林保護事業実績書. 103pp
- 北海道水産林務部林務局森林整備課 (2015) 平成25年度北海道森林保護事業実績書. 103pp
- 北海道水産林務部林務局森林整備課 (2016) 平成26年度北海道森林保護事業実績書. 104pp
- 北海道水産林務部林務局森林整備課 (2019) 平成30年度エゾシカによる林業被害. <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srs/2018ezosikahigai.pdf> (2020年10月17日現在)
- 細川吉晴 (1988) 積雪寒冷地における放牧施設に関する研究: VII. 平坦地の牧柵の越冬試験. 日本草地学会誌 34: 201-217
- 川島正人・島貫雅俊・碓正広・伊藤康幸 (2011) 北海道の高速道路におけるエゾシカ侵入防止対策の取り組みについて. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集 10: 23-30
- 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被害対策 -. <https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000173602.pdf> (2020年10月17日現在)
- 日本建設機械化協会編 (1988) 新編防雪工学ハンドブック. 527pp. 森北出版, 東京
- 大島千和・滝口潤・佐藤尚弘・山田守・大澤学 (2014) 全国の治山事業におけるシカ被害対策の実態と侵入防止柵の変状原因. 日本緑化工学会誌 39: 406-411
- 尾崎真也 (2001) 兵庫県におけるニホンジカによる幼齢造林木被害とその防除. 兵庫県立森林・林業技術センター研究報告49: 10-23
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- 酒井敦 (2018) 皆伐・再造林地におけるシカ防護柵の実態と被害対策. 水利科学 349: 101-113
- 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
- 若菜千穂・原文宏・竹腰稔 (2003) エゾシカの運動能力に関する基礎的研究 - 鹿実験牧場における実験結果 -. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集 2: 81-84

## Summary

Because snow damage occurs in net fences controlling deer damage in heavy-snow regions, measures to improve the snow resistance of net fences were studied. When the ropes for fixing the nets were fixed on the side of the post, the nets fell because of the snow. The fall of the nets could be prevented by fixing the ropes on the top end of the posts, but some nets were cut off at the net fixing part. When the post spacing was narrow, the net damage was small, but even with a post spacing of 2.5 m, the net damage could not be completely prevented. When the nets were fixed in the middle of the post, the nets were cut off at the net fixing part. Therefore, it is better not to fix the net in the middle of the post. The net made of IZANASTM and polyethylene was less damaged than the net made of stainless steel wire and polyethylene. The net damage mainly occurred after February. There was no damage when the maximum snow depth was 52–86 cm; however, damage occurred when the maximum snow depth was 124–185 cm. Therefore, it is necessary to take measures against the damage in areas where the maximum snow depth exceeds 1 m.

## Key words

net fence, deer damage, heavy-snow regions, net damage reduction, snow resistance