

令和２年度 シカ被害対策推進調査事業報告書

令和３年３月

林 野 庁

目 次

1	事業の背景・目的	1
2	事業の実施内容・調査方法・分析方法	2
(1)	植栽木被害及び防護柵破損の予測モデル作成のための調査分析	2
①	目的	2
②	調査方法	2
③	分析方法	6
(2)	アンケート調査票の有効性の検討	10
①	目的	10
②	調査方法	11
③	分析方法	11
(3)	防護柵の設置計画策定のための調査	11
①	目的	11
②	調査方法	11
③	分析方法	11
(4)	材積によるシカ被害評価の妥当性の検証	12
①	目的	12
②	調査方法	12
③	分析方法	12
(5)	安全で効率的な維持・管理手法の検討	13
①	目的	13
②	調査方法	13
③	分析方法	13
(6)	損失てん補に対する基礎的資料の収集	13
①	目的	13
②	調査方法	13
(7)	検討委員会	17
3	植栽木被害及び防護柵破損の予測モデル作成のための調査結果	18
(1)	令和2年度の調査結果	18
(2)	植栽木被害及び防護柵破損の予測モデルの作成	28
(3)	成林可能性予測シートの作成	33
4	アンケート調査票の有効性の検討結果	41
(1)	モニタリングデータを用いた調査票の有効性の検討	41
(2)	島根県における現地調査結果	41
①	調査地域の現状	41

② 調査結果	42
③ 考察	47
5 防護柵の設置計画策定のための調査結果	49
(1) 破損地点と地形指標の関係	49
(2) 破損リスクの地図化の検証	51
(3) 他地域への適用の可能性の検証	54
6 材積によるシカ被害評価の妥当性の検証結果	57
7 安全で効率的な維持・管理手法の検討結果	58
(1) 植栽木枯死率の検出の可能性	58
① 調査対象地区	58
② 調査結果	59
a. 三宅地区	59
b. 夏梅地区	59
c. 下向山地区	60
③ NDVI による植栽木枯死率の検出の可能性について	64
④ 近赤外ドローンによる防護柵の点検の可能性について	64
(2) 定期観測による造林地モニタリングの検証	66
① 造林地の定期的な撮影	66
② シカ等の進入状況の確認	67
③ 視認しやすい防護柵の色	69
④ IoT システムによる防護柵の点検自動化の取組事例	72
(3) ドローンによる防護柵の点検に適した条件	74
8 損失てん補に対する基礎的資料の収集結果	75
(1) フィンランド Pohjola Insurance 社の森林保険	75
(2) フィンランドのシカ類による森林被害補償制度の概要	77
(3) アンケート調査の結果	90
(4) 森林保険に関する論文のレビュー	90
(5) 考察	94
(6) フィンランド語の翻訳にかかる対応表	96
9 検討委員会の議事概要	98
(1) 第 1 回検討委員会	98
(2) 第 2 回検討委員会	100
(3) 第 3 回検討委員会	103
10 本事業 3 年間の総括	108
(1) 本事業 3 年間の概要	108
① 平成 30 年度事業	108
② 令和元年度事業	108
③ 令和 2 年度事業	108

(2) 本事業3年間の成果と課題	109
① 防護柵破損及び植栽木被害の予測モデル	109
② 安全で効率的な維持・管理手法	110
③ シカ被害を森林保険の対象として組み込む際の検討結果	111
11 巻末資料.....	114
〔様式1〕 アンケート調査票①.....	115
〔様式2〕 アンケート調査票②.....	116

1 事業の背景・目的

近年におけるシカの生息数の増加により広範囲に発生している食害等による森林への被害の深刻化は、人工林の主伐・再造林という森林所有者の経営意欲の低下を招くと同時に、被害を受けた森林では、本来有する公益的機能の発揮に影響を与える恐れが発生している。そのため、シカの生息数が多い地域では、伐採・更新された新植造林地の苗木を防護柵やツリーシェルター等を利用して防除を行っているところである。

平成30年度の本事業では、10年生程度までの人工植栽もしくは天然更新された造林地（以下、「幼齢造林地」という。）を対象に、防除効果が低下し、被害が発生する原因とその確率、被害の評価等について調査・検討を行った。その結果、防除効果を維持するためには、造林地の見回りや防除資材の補修等の保全（以下、「維持・管理」という。）について、更に検討を加える必要があるとされたところである。

令和元年度の本事業では、幼齢造林地における防護柵の維持・管理に関する業務フローの把握やシカ被害を受けた造林地の被害評価の基本的判断指標、防護柵の効率的な維持管理手法について調査・検討を行った。その結果、防護柵の維持・管理に関する業務フローや安全で効率的な防護柵・シカ被害の確認作業の実施方法について、さらに検討を加える必要があるとされたところである。

このため、令和2年度の本事業では、幼齢造林地におけるシカ被害対策の実施状況や植栽木の被害発生状況が、防護柵の維持・管理に与える影響を中心に調査・検討を行うとともに、防護柵の破損や被害を予測して、被害を未然に防ぐ手法の検討等を実施し、安全で効率的な維持・管理手法について更なる検証を加えることを目的とした。また、これらの結果から、シカ被害の森林保険の対象としての課題について考察し、提言と課題を取りまとめた。

2 事業の実施内容・調査方法・分析方法

(1) 植栽木被害及び防護柵破損の予測モデル作成のための調査分析

① 目的

令和元年度の本事業では、植栽木被害及び防護柵破損の予測モデルを作成したが、データを収集した造林地の環境条件や林齢に偏りがあり、サンプリングバイアスが生じていたこと、収集した植栽木の枯死率や樹高のデータが植栽後からの累積データであり経時的な変化を踏まえた分析ができなかったこと、といった分析上の課題があった。これらの課題は予測モデルの精度に影響を与えることが考えられたため、令和2年度の本事業では、これらの課題を解消して予測モデルの精度を向上させることを目的とし、次の2つの調査を実施した。

☆ サンプリングバイアスの解消を目的とした新規造林地調査

☆ 枯死率及び樹高の経時的変化に係るデータ収集を目的とした継続造林地調査

② 調査方法

【サンプリングバイアスの解消を目的とした新規造林地調査】

北海道および沖縄県を除いた全国の国有林の造林地のうち、防護柵を設置している幼齢造林地から調査地を選定した。その際、令和元年度事業の課題解決のため、以下の方針を設定した。また、選定した調査地において、令和元年度事業の調査票による調査項目（表2-1）を活用し、植栽木の成長状況、被害状況、防護柵の破損状況及び造林地の環境条件の調査を行った。

設定した方針

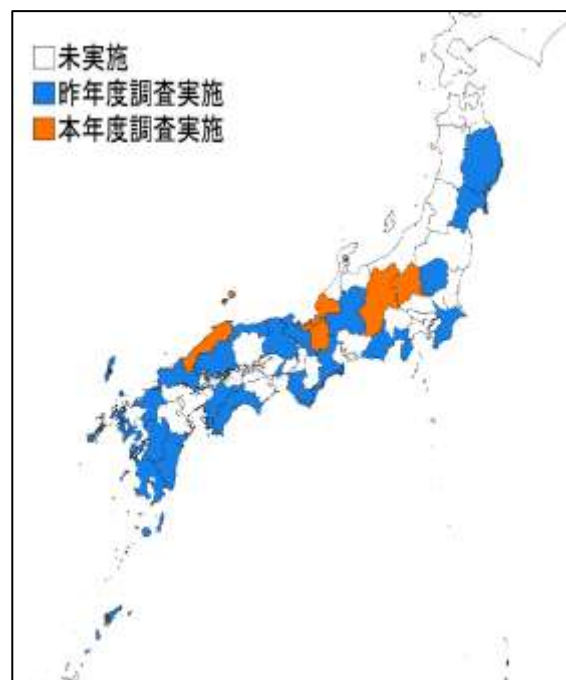
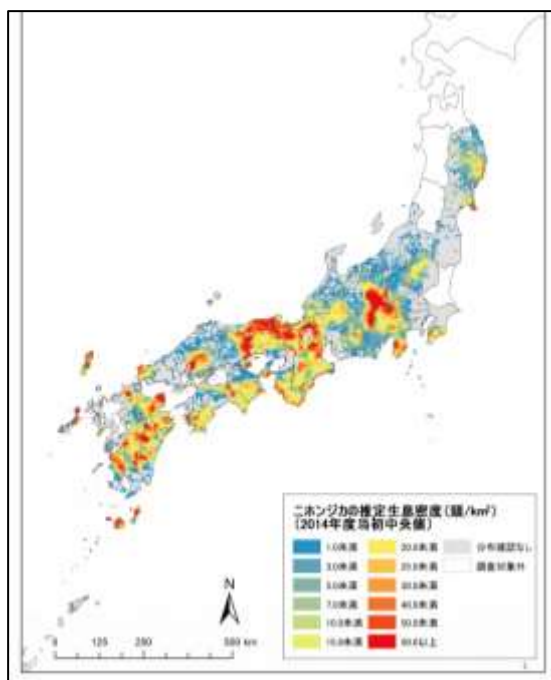
☆ 地理的な偏りの解消

令和元年度事業では、積雪の多い地域及び日本海側におけるデータが不足していた。そこで令和2年度事業では、積雪条件、シカの分布状況（図2-1）、令和元年度事業の調査実施地域を考慮し、島根県、福井県、滋賀県、長野県、群馬県を調査候補地に含めた（図2-2）。

調査を実施した機関及び造林地の所在地の一覧を表2-2に示す。

☆ 林齢の偏りの解消

令和元年度事業では、調査造林地の林齢が2年生以下に偏っていた。そこで令和2年度事業では、林齢3年生以上の造林地を主な調査候補地とした。



【枯死率及び樹高の経時的変化に係るデータ収集を目的とした継続造林地調査】

令和元年度事業におけるアンケート調査で回答を得た、植栽木の枯死率や樹高のデータは、植栽後からの累積データであった。そのため、これらの経時的な変化を踏まえた分析ができなかったという課題があった。例えば、令和元年度事業の枯死率に関する分析では、1年当たりの枯死率が一定と仮定していたが、実際は植栽年数の経過とともに枯死率は頭打ちになるといった仮定を置いた方が、モデル式としての妥当性が高い可能性が考えられる（図2-3）。そこで、令和元年度に調査を行った造林地のうち、植栽木の枯死率及び樹高について回答があった造林地を抽出して再調査を行った。再調査を行った造林地の結果から植栽後1年当たりの枯死率を算出し、枯死率の予測モデルの応答変数を調整した。

巻末資料として、サンプリングバイアスの解消を目的とした新規造林地調査および枯死率及び樹高の経時的変化に係るデータ収集を目的とした継続造林地調査に使用した調査票を示す。

表 2 - 1 調査票の質問項目と回答方式一覧

設問項目	質問項目	回答方式
属性	機関名	自由記入
植栽木の詳細情報	樹種	自由記入
	植栽年度	自由記入
	植栽面積	自由記入
	苗木の樹高	自由記入
	中仕切り防護柵の有無	2者択一
造林地の環境条件	造林地の平均斜度	3者択一
	平年の最大累積積雪量	3者択一
	積雪による施業中断期間（単位：ヶ月）	自由記入
	台風による柵に対する影響の程度	4者択一
	シカを目撃頻度（10日のうち何日目撃するか）	自由記入
	1日あたりのシカを目撃頭数	自由記入
	2～3年のシカの増減傾向	3者択一
	イノシシの生息状況	3者択一
シカ対策の実施状況	防護柵の種類	4者択一
	網目の大きさ	4者択一
	設置延長（外周部）	自由記入
	設置延長（中仕切り）	自由記入
	柵の地上高	自由記入
	柵の支柱間隔	自由記入
	柵の設置時期	自由記入
	防護柵の年間点検回数	自由記入
	台風後などの臨時点検の年平均回数	自由記入
	1回の点検時に発見する破損や不具合の平均箇所数	自由記入
	補修の必要性の判断基準	3者択一
	点検から補修までの基本的な方針	4者択一
	点検時に発見した破損や不具合箇所のうち補修する割合	自由記入
	点検に必要な労力（単位：人日）	自由記入
	点検とは別に補修作業を行う際の必要な労力（単位：人日）	自由記入
	補修に必要な資材の年間経費	自由記入
シカ被害発生状況	枯死率	自由記入
	生存植栽木の樹高（最小）	自由記入
	生存植栽木の樹高（最長）	自由記入
	生存植栽木の樹高（平均）	自由記入
	シカ被害の内容	3者複数選択
	確認時期	自由記入

表２－２ 調査を実施した機関及び造林地の所在地の一覧

区分	部局名	事務所名	造林地の所在
林野庁	東北森林管理局	三陸中部森林管理署	岩手県住田町、陸前高田市、大槌町、大船渡町
		盛岡森林管理署	岩手県盛岡市
		宮城北部森林管理署	宮城県気仙沼市、女川町、石巻市
	関東森林管理局	日光森林管理署	栃木県日光市、鹿沼市、佐野市
		群馬森林管理署	群馬県桐生市、下仁田町、渋川市、藤岡市
		吾妻森林管理署	群馬県高山村
		天竜森林管理署	静岡県浜松市
		千葉森林管理事務所	千葉県勝浦市
	中部森林管理局	東信森林管理署	長野県長和町
		南信森林管理署	長野県伊那市
		木曽森林管理署南木曽支署	長野県南木曽町
		飛騨森林管理署	岐阜県高山市
		岐阜森林管理署	岐阜県下呂市
		東濃森林管理署	岐阜県中津川市、恵那市
		愛知森林管理事務所	愛知県設楽町
	近畿中国森林管理局	三重森林管理署	三重県いなべ市
		滋賀森林管理署	滋賀県甲賀市
		京都大阪森林管理事務所	京都府舞鶴市
		兵庫森林管理署	兵庫県宍粟市
		奈良森林管理署	奈良県野迫川村
		和歌山森林管理署	和歌山県田辺市、すさみ町
		島根森林管理署	島根県美郷町
		岡山森林管理署	岡山県備前市
		広島北部森林管理署	広島県安芸高田市
		広島森林管理署	広島県東広島市
	四国森林管理局	四万十森林管理署	高知県四万十町
		嶺北森林管理署	高知県本山町、土佐町、仁淀川町
		高知中部森林管理署	高知県香美市
		安芸森林管理署	高知県奈半利町、北川村、馬路村
	九州森林管理局	福岡森林管理署	福岡県宮若市、豊前市
		長崎森林管理署	長崎県対馬市
		熊本森林管理署	熊本県南小国町、山都町
		熊本南部森林管理署	熊本県人吉市
		大分西部森林管理署	大分県宇佐市、九重町
		大分森林管理署	大分県佐伯市
		宮崎北部森林管理署	宮崎県諸塚村、日向市
		西都児湯森林管理署	宮崎県西都市
		宮崎森林管理署	宮崎県小林市
		宮崎森林管理署都城支署	宮崎県えびの市、高原町
		北薩森林管理署	鹿児島県伊佐市
		鹿児島森林管理署	鹿児島県湧水町、霧島市
		屋久島森林管理署	鹿児島県屋久島町

表 2－2 調査を実施した機関及び造林地の所在地の一覧（続き）

森林整備センター	関東整備局	宇都宮水源林整備事務所	栃木県日光市
		静岡水源林整備事務所	静岡県浜松市
	中部整備局	岐阜水源林整備事務所	岐阜県本巣市
		津水源林整備事務所	三重県大紀町
	近畿北陸整備局	鳥取水源林整備事務所	鳥取県八頭町
	中国四国整備局	松江水源林整備事務所	島根県出雲市
		山口水源林整備事務所	山口県下関市
		松山水源林整備事務所	愛媛県宇和島市
		高知水源林整備事務所	高知県四万十市
	九州整備局	宮崎水源林整備事務所	宮崎県美郷町
		鹿児島水源林整備事務所	鹿児島県さつま町

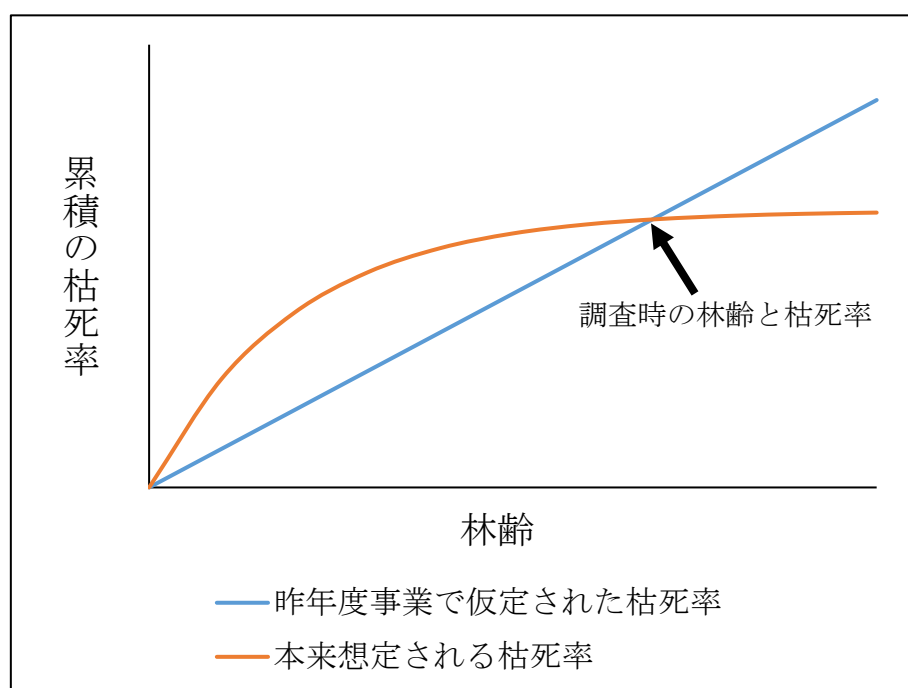


図 2－3. 林齢と累積の枯死率の関係。枯死率の経時変化を知ること
で将来予測の精度が向上する。

③ 分析方法

アンケート調査から得られたデータを用いて、防護柵の破損および植栽木の被害の予測モデルを作成した。分析およびモデルの作成には、ソフトウェア『R（ver.3.6.0）』を用いた。

事前に仮説を設定し、集計したデータの分布状況を考慮した上でモデルを作成した。以下に各モデル作成における手法の詳細を示す。

● 防護柵の破損の予測モデルの作成

予測モデルの作成に際し、防護柵の破損に影響を与える要因として、地形的条件、積雪の影響、台風の影響、シカ密度、イノシシ密度の5つの要因を仮定した。

防護柵の破損の指標として、柵破損率を防護柵延長 100m・1 年当たりの破損箇所数とし、以下の計算式で算出した。

柵破損率＝（1 年あたりの定期点検の回数＋1 年あたりの臨時点検の回数）× 1 回の点検時に発見する破損や不具合の箇所数×100／外周部の防護柵の延長（m）

さらに、計算された柵破損率から破損レベルへの変換を行った。破損率が 1 か所／1 年・100m 未満のものを破損レベル低、1 か所以上 2 未満のものを破損レベル中、3 か所以上のものを破損レベル高とし、これらを予測モデルにおける応答変数とした。

柵破損率の予測モデルの作成は、3つのステップに分けて行った。1つ目のステップでは、調査票によって得られたデータの構造を把握し、説明変数への採択の妥当性の検証や、具体的なモデル構造の検討を行った。2つ目のステップでは、収集されたデータの構造を分析し、そのままでは予測モデルに組み込むことが妥当でないものについて、外れ値をサンプルデータから除外する、単一の回答で十分なサンプルサイズが得られなかったものは複数の回答をひとまとめにするなどの操作を行った。3つ目のステップでは、実際にモデルを作成し、作成されたモデルについて精度の検証を行った。

モデルの作成は、多項分布を仮定した一般化線形モデル（多項ロジットモデル）によって行った。モデルフィッティングには『VGAM』パッケージの『vglm』関数を用いた。得られたモデルの精度の検証には、Leave-One-Out 交差検証法を用いた。この手法は、データセットのうち1つのデータを除いたデータでモデルを作成し、得られたモデルに除いたデータをあてはめて、算出された予測値と実測値を比較することをサンプルサイズの分だけ反復する手法である。このモデルでは、破損レベル低・破損レベル中・破損レベル高の3水準のいずれかとなる確率を予測するため、予測精度の検証は正解率ではなく、計算された確率が妥当であるかという視点で行う必要がある。

● 植栽木の被害の予測モデルの作成

予測モデルの作成に際し、植栽木の被害に影響を与える要因として、植栽条件、柵の破損率、シカ密度の3つの要因を仮定した。

調査票で被害の指標として収集した枯死率は、植栽後からの累積値であるため、以下のプロセスで植栽直後1年間の枯死率の見込みに補正した。なお、以下の説明では、令和元年度事業の調査によるデータおよび本年度事業の新規造林地調査によるデータを『モデル作成用データ』、本年度事業における継続造林地調査のデータを『継続調査データ』という。

まず、継続調査データを用いてスギ・ヒノキそれぞれについて、樹高と1年当たりの枯死率の関係を分析した。得られた樹高と1年当たりの枯死率の関係を図2-4に示す。樹高の成長とともに1年当たりの枯死率が低下する傾向が見られた。しかし、サンプルの少なさや理論的にはあり得ないマイナス方向へのバラツキの多さから、そのまま回帰式を得て枯死率の補正に使用するには適していないと考えられた。したがって、植栽木の樹高を50cm未満、50cm以上100cm未満、100cm以上の3つのクラスに分類し、それぞれで1年当たりの枯死率の平均値を算出した。50cm未満の枯死率を1とした際の、50cm以上100cm未満の枯死率の比が、スギでは0.44、ヒノキでは0.03であった。この比を用いて、モデル作成用データの樹高成長と累積の枯死率から、植栽直後1年間の枯死率の見込みを逆算した。なお、スギ・ヒノキともに100cm以上のものは1年当たり枯死率の平均値が負の値をとったため、補正の際は枯死率が0であると仮定した。また、継続調査データからは現在の樹高と1年間の樹高成長の関係も分析したが、造林地間でバラツキが大きく、回帰線を得ることが不適であると考えられたため、モデル作成用データにおける植栽後の樹高成長は便宜的に直線的なものと仮定した。

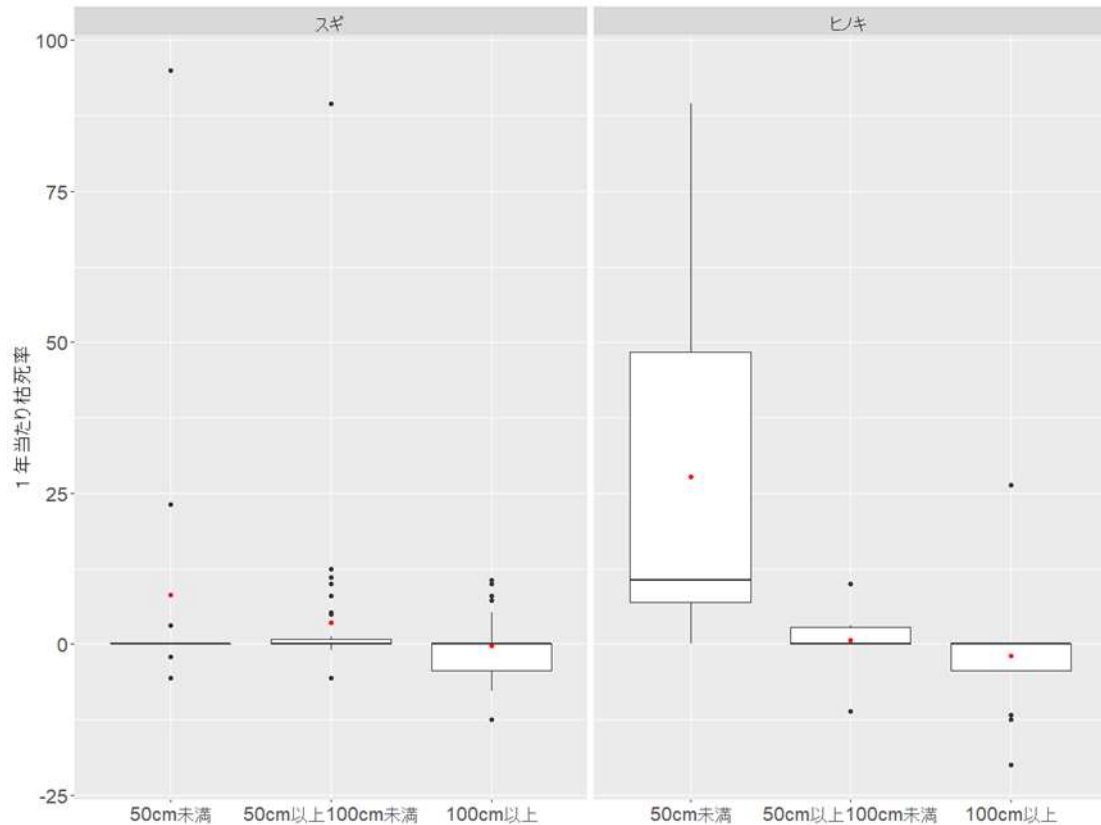


図2－4．植栽木の樹高と1年当たり枯死率の関係。赤い点は平均値を表す。黒い点は外れ値を表す。箱部分は、上端が第3四分位点を、下端が第1四分位点を表す。箱部分の内側の線は中央値（第2四分位）を表す。箱からのびるひげは、上端が外れ値を除いた最大値を、下端が外れ値を除いた最小値を示す。

さらに、1年間の枯死率の見込みから、被害レベルへの変換を行った。植栽後1年間の枯死率が3%未満のものを被害レベル低、3%以上10%未満のものを被害レベル中、10%以上のものを被害レベル高とし、これらを応答変数とした。

被害レベルが低のものは、枯死のほとんどが自然枯死で、現状の対策で十分に成林が可能なレベル。被害レベルが中のものは、現状の対策では成林できない可能性が考えられるレベル。被害レベルが高のものは、10年後の生存割合が6割を下回り、現状の対策ではまず成林が不可能と考えられるレベルを想定した。

枯死率の予測モデルについても、柵破損率の予測モデルと同様に3つのステップに分けて行った。1つ目のステップでは、調査票によって得られたデータの構造を把握し、説明変数への採択の妥当性の検証や、具体的なモデル構造の検討を行った。2つ目のステップでは、収集されたデータの構造上、そのままではモデルに組み込むことが妥当でないものについて、外れ値をサンプルデータから除外する、単一の回答で十分なサンプルサイズが得られなかったものは複数の回答をひとまとめにするなどの操作を行った。3つ目のステップでは、実際にモデルを作成し、作成されたモデルについて精度の検証を行った。

モデルの作成は、多項分布を仮定した一般化線形モデル（多項ロジットモデル）によって行った。モデルフィッティングには『VGAM』パッケージの『vglm』関数を用いた。なお、モデルはスギとヒノキそれぞれで作成した。

モデルの精度の検証には、枯死率の予測モデルと同様に Leave-One-Out 交差検証法を用いた。

(2) アンケート調査票の有効性の検討

① 目的

令和元年度事業では、造林地のシカ密度指標値を得るため、造林現場でのシカ目撃状況について調査票で収集した。そのデータの有効性を検証するため、兵庫県が実施しているシカのモニタリングデータ（狩猟期間中のシカ目撃効率）との相関を分析し、一定の有効性を確認したが、一般化するためには他地域での検証が課題である。そこで令和2年度事業では、兵庫県以外の地域においてシカのモニタリングデータを収集し、調査票を基にしたシカ密度指標値の有効性について検証した。

また、調査票で得られたデータを分析したところ、造林現場でシカを目撃しない場合においても、シカ被害が発生している結果が得られた（図2-5）。このことは、シカが低密度に生息している地域では、調査票でシカの密度指標を得ることができないため、結果、シカ被害の発生を予測することができない可能性を示唆している。そこで、この課題について検討を行うため、シカが低密度に生息している島根県の中国山地側の造林地において現地調査を行った。

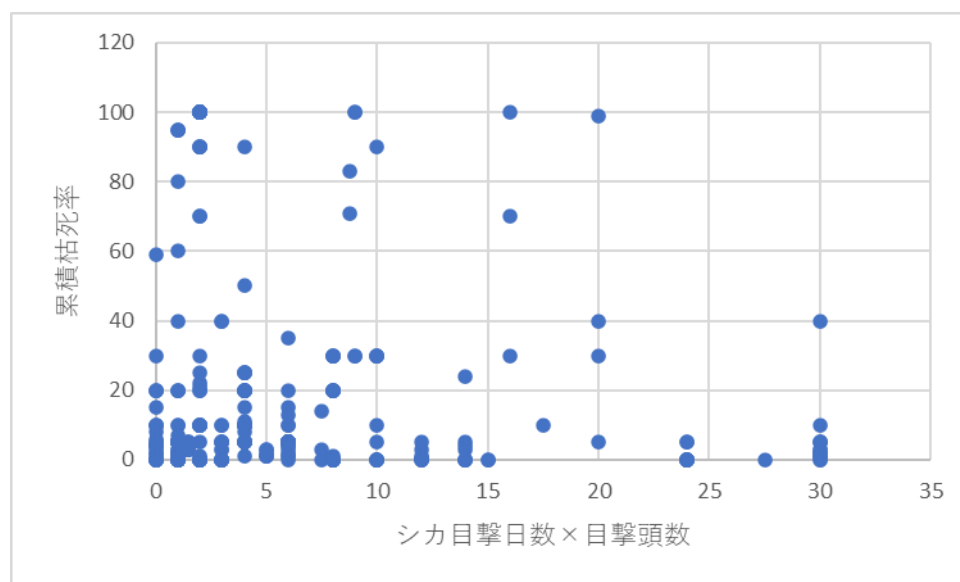


図2-5. 調査票調査で得られたシカ目撃頻度と累積枯死率の関係

② 調査方法

令和元年度事業の調査実施地域（図 2 - 2）と調査票の回収状況、近年のシカ目撃効率データの有無を考慮し、群馬県、広島県、愛媛県に対しモニタリングデータの提供を依頼した。令和元年度の調査票データに加え、そのサンプルサイズを補強するため、群馬県、広島県、愛媛県の国有林の造林地におけるシカ目撃頻度について、ヒアリング調査を行った。サンプルサイズは、各県につき 20 サンプル程度を目標とした。また、島根県での現地調査は、邑智郡美郷町及び同郡邑南町内の造林地で行った。

③ 分析方法

調査票から得られたシカの生息状況と、県が保有するシカ目撃頻度それぞれの枯死率との相関を分析した。

(3) 防護柵の設置計画策定のための調査

① 目的

令和元年度事業では、防護柵の破損に係る重要な要因の 1 つとして、造林地の傾斜が挙げられた。このことから、造林予定地の微細な傾斜等を検出することによって、防護柵の破損箇所の予測及びリスク管理ができる可能性が明らかになった。そこで、近年様々な地域で整備されつつある標高データおよび標高データから計算される地形指標を用いて、防護柵の破損箇所の予測ができるか検証した。分析結果から、防護柵の設置計画におけるリスク管理への利用の可能性について検討した。

② 調査方法

調査は兵庫県内の 5 造林地で実施した。造林地に設置された防護柵に沿った踏査をし、防護柵の設置ルートと破損地点及び破損の種類を記録した。防護柵の設置ルートは、防護柵沿いを歩いた際の軌跡のデータとした。破損の種類は、ペグ抜け、樹木倒れこみ、有効高不足、穴あき、潜り込み、支柱折れ、その他の 7 つに分類して記録した。

データの収集は、令和元年度の本事業で防護柵の点検ツールとして有効性が確認された、モバイルアプリ「ディアナシステム」によって行った。GPS の測位はハンディ GPS（GARMIN 社製 eTrex 30x）およびスマートフォン端末（Sony 社製 Xperia XZ1 SOV36）で行った。

③ 分析方法

兵庫県が公開している 1 m メッシュの DEM（数値標高モデル）（出典：[兵庫県__全域 DEM（2010 年度～2018 年度）]、[兵庫県]）を使用し、破損地点の標高、斜度、地表面の凹凸の指標である曲率の 3 つの地形指標を算出した。また、

柵の設置ルート上に破損地点と同数の非破損地点をランダム生成し、これについても3つの地形指標を算出して柵設置ルート上の平均的な地形指標を得た。踏査で得られた破損の種類と地形指標間の分析を行い、破損の生じるリスクを計算するモデル式を作成し、リスクマップを作成した。ソフトウェアは QGIS

(ver.3.16) および R (ver.3.6.0) を使用した。破損リスクの予測モデル式の作成には、GLM (一般化線形モデル) を使用した。関数には『glm』を用いた。応答変数には破損の有無、説明変数には標高、斜度、曲率を用意し、破損の種類ごとに使用する説明変数を選択した上でモデルを作成した。

(4) 材積によるシカ被害評価の妥当性の検証

① 目的

令和元年度事業の結果、ある程度成長した林分におけるシカ被害評価の判断指標として、材積の有効性が示唆されたが、これは兵庫県内の1事例の調査結果のみに基づいたものとなっており、さらなる全国的な事例調査の実施が課題であった。そこで、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センター（以下、「森林整備センター」という。）の造林地のうち、シカ被害発生地での全国的な成林事例を収集し、シカ被害評価の判断指標として材積の有効性について検証を行い、その結果の活用方針について検討した。

② 調査方法

北海道および沖縄県を除いた全国の森林整備センターのシカ被害発生地における造林地の成林事例のうち、樹高・胸高直径等の森林調査の結果を有する造林地の情報を収集した。

③ 分析方法

樹高・胸高直径等の森林調査の結果から、造林地の推定材積を算出した。また、当該造林地に対応した林分材積表等を基に、シカ被害がなかった場合の推定材積を算出した。これらの結果の比較から材積ベースでのシカ被害量を算出し、森林調査の結果を用いた被害評価の有効性を検証した。

(5) 安全で効率的な維持・管理手法の検討

① 目的

造林地や防護柵の点検等にあたって、安全で効率的な維持・管理手法を検討するため、資料調査及び現地調査により、(1)NDVI¹による植栽木枯死率の検出の可能性、(2)定期観測による造林地モニタリングの検証を行った。

なお、定期観測による造林地モニタリングは、造林地へのシカの進入状況の把握や防護柵の状況の把握、IoT システムによる防護柵の点検自動化について調査を行った。

② 調査方法

NDVI による植栽木枯死率の検出の可能性を検討するため、植栽木の植生高や生育密度、シカの生息密度等が異なる 3 地区で、近赤外ドローンによる撮影を行った。

ドローンによる定期観測による造林地モニタリングの可能性を検討のため、昨年度と同じ造林地を対象に、ドローンによる撮影を行うとともに、様々な色のロープを地面に置き、様々な高度で撮影を行った。

③ 分析方法

NDVI による植栽木枯死率の検出の可能性については、植栽木の植生高や生育密度等との比較により、個々の生育状況の把握の可能性について検討した。

ドローンによる定期観測による造林地モニタリングの検討については、(1)造林地の定期的な撮影、(2)シカ等の進入状況の確認、(3)視認しやすい防護柵の色の検討を行った。加えて、IoT システムによる防護柵の点検自動化については、インターネットによる資料収集を行い、現状及び課題を整理した。

(6) 損失てん補に対する基礎的資料の収集

① 目的

シカ被害について、日本国内で森林保険の対象として取り扱った場合に検討すべき課題を整理することを目的とし、特に野生獣類による森林被害に対し損失てん補を行っている海外の団体の事例等について情報収集を行った。

② 調査方法

海外の野生獣類による森林保険の事例を抽出するため、文献や Web サイト検索、検討委員へのヒアリング調査により事前調査を行った。事前調査の結果、北欧を中心に森林保険が利用されている実態が明らかとなったため、フィンランド

¹植生の分布状況や活性度を示す指標。可視域の電磁波を吸収（反射が弱くなる）し、近赤外域（NIR）の電磁波を強く反射する「植物」の光合成色素の働きを利用して、-1 から 1 の間に正規化した数値。植生が濃い場合、NDVI の値が大きくなる（橙色で表示）。

の OP フィナンシャルグループの保険事業部門の Pohjola Insurance 社が提供する森林保険 (Forest Insurance) について、事例収集を行った。

また事前調査の過程で、フィンランドでは、シカ類による森林被害が発生した場合、政府が被害を補償する制度があることが明らかとなった。そのため、フィンランドのシカ類の被害補償制度の概要を把握するため、同制度を所管するフィンランド農林省 (Ministry of Agriculture and Forestry of Finland) 及びフィンランド森林センター (Finnish Forest Center) の HP 等から関連資料を収集した。加えて、これら 2 機関の担当者に対し、シカ類の被害補償制度及びフィンランド国内の森林保険について、更なる情報を収集するため、メールによるアンケート調査を行った。アンケート調査の内容は、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林保険センター (以下、「森林保険センター」という。) 等とも協議を行ったうえで決定した。アンケート調査の項目を表 2-3 に示す。

事前調査により収集した、ニュージーランドの学術雑誌「New Zealand Journal of Forestry Science」に掲載された論文「Timber insurance: perspectives from a legal case and a preliminary review of practices throughout the world」(Daowei and Anne 2014) (和訳 木材保険：訴訟からの視点と世界における運用実態に関する予備的レビュー) について、和文レビューを作成した。

表 2－3. フィンランドにおけるシカ被害補償制度及び森林保険に関するアンケート調査項目
(和文)

シカ被害補償制度に関する調査項目	基礎的情報	シカ類の生息状況及び適正頭数の抽出方法
		フィンランドにおけるシカ被害の発生状況
		被害防止対策の実施状況
		シカ類の捕獲数推移
		シカ類を捕獲するハンター人口の推移
		狩猟免許料の収入の推移
		狩猟動物による被害補償の予算と支出内訳
	補償制度の詳細	被害補償制度の歴史的経緯
		補償制度の利用状況の推移
		補償をした森林面積の推移
		補償金額の推移
森林保険制度に関する調査項目	森林保険の制度設計	フィンランドにおける森林保険制度の歴史
		保険の加入対象となる森林
		損失てん補の対象となる被害
		保険加入の条件と審査
		保険料及び保険金額の算定方法
		補償に用いられる財源
		損害調査の実行体制
		再保険制度の有無と内容
		被害を防ぐための指導体制
	森林保険の運用実態	森林保険に係る商品を取り扱っている民間の保険会社の数とその推移
		フィンランドの森林面積に占める森林保険加入面積割合とその推移
		保険料の納付者の区分
		損失てん補の実態
		保険料の積立状況
		森林保険の現在の課題

表 2-3. フィンランドにおけるシカ被害補償制度及び森林保険に関するアンケート調査項目
(英文)

Questionnaire survey for the deer damage compensation	Basic information	How to determine the appropriate level of the deer population
		The trend of the amount of money and area of deer damages
		States of implementation of deer damage prevention measures
		The trend of the number of killed deer
		The trend of the number of hunters who targeted deer
		The trend of the income of the sales of hunting licenses
		The breakdown of the outcome of the budget for damage animal compensation
	Details for compensation scheme	History of the deer damage compensation system
		The trend of the number of forest owners who have got compensation
		The trend of the area which have got compensation
		The trend of the amount of money for using compensation
Questionnaire survey for forest insurance	Forest insurance scheme design	History of forest insurance in Finland
		Type of forests which are covered by forest insurance
		Type of damages which are covered by forest insurance
		The condition of forest insurance subscription 1. condition for insured 2. condition for insurance policy holder 3. examination before forest insurance subscription
		How to determine the insurance fee and payment amount
		Financial resources for damage compensation; only income of insurance fee or financial support by government
		How to survey forest damages evaluation
		Reinsurance system and operation for forest insurance
		Technical support by specialist for forest damage prevention
	Forest insurance operation	The number of insurance companies which offer forest insurance
		Percentage of forest area which have been forest insurance and its trend
		I guess that forest owners are the most common payer of insurance fee, however are there any examples; e.g. the communities which are gave ecosystem services from the neighbor forests.
		The nationwide trend of forest damages compensation
		The nationwide trend of forest insurance fee accumulation and the states of Solvency Margin Ratio
		The present issue of forest insurance

(7) 検討委員会

林野庁担当官と調整の結果、以下の2名を検討委員として招聘したほか、森林保険センターから以下の2名を加え、検討委員会を設置した。また、検討委員会では、本事業の調査実施計画や調査結果の考察や取りまとめ、報告書の作成等について助言を得た。検討委員会を構成する委員は、シカの動態に詳しく、防除施策に関する調査研究で実績を有する人物、保険論の視点から被害に対する補償の仕組み等の知見を有する人物を選定した。

氏名	所属・職名
岡 輝樹	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 野生動物研究領域 領域長
興梠 克久	筑波大学生命環境系森林資源社会学研究室 准教授
福本 浩一	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林保険センター 保険業務部長
内海 和徳	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林保険センター 保険業務課長