

新たな獣害防除資材「単木柵」の開発

Development of a new model "Single tree fence" for preventing wildlife damage

坂和辰彦

要旨

新たな獣害防除柵「単木柵」の開発を行ったところ、以下のことが明らかとなった。

- 1 ワイヤメッシュを用いた単木柵により樹幹の剥皮害を防ぐことが可能である。
- 2 頂部食害の防除には単木柵の高さを1.5mにする必要があり、通直に成長する樹種が望ましい。
- 3 単木柵は安価で設置も容易であり、成長阻害もなく、有効な防除対策である。

キーワード：人工林、獣害、防除柵、ニホンジカ、ウサギ

I はじめに

人工林における獣害は植栽初期から伐期まで継続して発生し、特に植栽から10年程度の幼齢木ではニホンジカ（以下シカとする）やウサギ等多獣種の被害を受ける。中でも県内の獣類による森林被害面積のおよそ半数をシカが占めており（群馬県森林環境部，2019）、主要な加害獣となっている。シカによる被害形態は、植栽初期の頂部や枝葉の食害と成長に伴い発生する樹幹の剥皮害とに大別される。剥皮害は、シカが内樹皮を採食するため外樹皮を剥がすことで発生する樹皮剥ぎと、オスジカが角を樹木に擦りつけることで発生する角擦りとに分類される。樹幹の剥皮は伐期に至るまで継続して発生する被害であり、シカの利用する植栽地では、各被害形態を踏まえた長期的対策が必要である。

人工林植栽地における主な獣害対策は、忌避剤散布や単木保護資材による防除、植栽地外周を囲む防除柵の設置が実施されている。しかし、忌避剤はシカによる樹皮剥ぎ及び角擦りに対する効果は認められない（片平，2018^a）。単木保護資材は、樹種によっては一部資材による成長阻害が指摘されており（廣澤，2002；小山・岡田，2006）、また植栽時の設置が前提のため、枝の張った成長木を後から保護することができない。防除柵は、適切な管理を怠ると資材破損が生じ、シカは容易に侵入する。また植栽地全体を囲うため、一度シカが侵入すると全滅するリスクもある。

このため、既存対策の問題点を改善する新たな獣害防除柵を試作した。これを「単木柵」として開発を行い、その効果を検証した。

II 方法

1 単木柵概要

シカによる獣害を長期的に防ぐ観点から単木柵の素材は、経年劣化や破損、動物による噛み切りに強いワイヤメッシュ（縦100cm×横200cm、線径2.6mm、網目10cm）を利用した（図-1）。資材費が安価であることや成長阻害がないと思われる構造である点も考慮した。その他の利用資材は結束バンド（長さ250mm、耐候性素材）、アンカーピン（長さ250mm、U字型）であり、すべてホームセンターで購入可能な資材とした。

単木柵は、ワイヤメッシュの両端の網目10cm部分が重なるように円筒形に丸め、3箇所を結束バ

ンドで固定することで作成した。設置は、単木柵を植栽木が中心となるよう被せ、柵の下端部を地面に食い込ませた上でアンカーピンにより2箇所の杭止めを行った。なお柵内は構造上下刈りが困難であることから、植栽木の被圧を防ぐため、防草対策を設置と同時に行った（坂和，2020）。また設置の際は、ウサギ等小動物の侵入防止も考慮し、試験地の一部で寒冷紗（ポリエステル製、白色、遮光率約22%、厚さ0.24mm）を200cm×30cmにカットし、単木柵下部に巻きクリップで2箇所を固定した（図-2）。



図-1 ワイヤーマッシュ



図-2 単木柵+寒冷紗

2 試験地概要

表-1 のとおり試験地をNo. 1 から7まで設定した。No. 1 から5は、シカの生息密度の高いと思われる地域（片平，2018^b）から選定した（図-3）。No. 1で広葉樹（コナラ、ヤマザクラ、クリ、カエデ類）を対象とし、No. 2から5でスギとヒノキを対象に単木柵を設置した。なおNo. 4及び5については、シカによる樹皮剥ぎと角擦りに対する単木柵の防除効果を検証するため、両被害を受けやすい（片平，2018^a）規格外大苗に対して単木柵を設置した。No. 6では急傾斜地に単木柵を設置し、No. 7では積雪地での単木柵設置を平坦地及び急傾斜地で実施した。



図-3 シカ利用状況例（No. 3試験地）

表-1 試験地概要

No.	設置箇所	標高 (m)	勾配 (°)	樹種	苗種	植栽月	設置月	植栽数 (本)	設置数 (基)
1	前橋市富士見町	700	5.5	広葉樹	裸苗	2018.4	2018.5	253	144
2	前橋市富士見町	603	7.4	スギ、ヒノキ	コンテナ苗	2018.6	2018.6	100	70
3	下仁田町南野牧	697	13.6	スギ	裸苗	2018.5	2018.12	80	50
4	藤岡市上日野	842	9.6	ヒノキ	規格外大苗	2019.4	2019.4	25	20
5	前橋市富士見町	606	8.5	ヒノキ	規格外大苗	2019.5	2019.5	25	20
6	北群馬郡榛東村	226	23.6	—	—	—	2019.8	—	20
7	沼田市上発知町	1,272	15.1	—	—	—	2019.11	—	12

3 単木柵の効果検証

No. 1 から 5 は、単木柵設置区と設置なしの対照区を併設し、両者を比較してシカ被害の防除効果を検証した。獣害の有無、獣種、被害形態（頂部食害、樹皮剥ぎ、角擦り）、被害高及び健全度（表－2）で防除効果を評価した。またNo. 2 及び 3 では単木柵の一部に寒冷紗を巻いたため、寒冷紗設置の有無によりウサギ被害の防除効果を評価した。1 から 3 か月毎に現地調査し、単木柵の破損や獣害の発生状況を把握した。また、自動撮影カメラを設置し、柵に対する獣類の挙動についてモニタリングした。なお分析は、自然枯死したと判断されるものは除外した。

No. 6 は、平均勾配23.6°（最大値26.0°、最小値21.0°）の急傾斜地で地面に対して垂直に単木柵を設置し、倒柵及び杭抜けの有無、資材破損の状況（表－3）を経過観察した。なお勾配は、設置した各単木柵のすぐ脇で2mのポールを地面と平行になるよう設置し、スラント（SLANTAL200 TAJIMA社）により計測した。

No. 7 では積雪による単木柵への同影響を調査するため、2019年11月に沼田市玉原高原地内の平地（平均勾配4.2°）に6基、急傾斜地（平均勾配26.0°）に6基の計12基を設置した。なお勾配はNo. 6 と同様に計測した。2020年2月時に積雪高1.0m程度を観測した後、融雪後の2020年5月に影響調査を実施した。

単木柵の作成及び設置コストは、人工を普通作業員20,100円/日とし、作業にかかる時間を現地計測した50秒/基・2人（作成）、30秒/基・2人（設置）として算出し、既存の単木保護資材とのコスト比較を行った。

表－2 健全度判断基準

区分	判断基準
5	枯損枝葉なし
4	枯損が若干見られる
3	半数未満の枝葉が枯損している
2	半数以上の枝葉が枯損している
1	一部のみ生存
0	全枯れ

表－3 資材破損判断基準

区分	判断基準
なし	破損なし
小	破損が若干あるが機能に支障はない
中	破損があり、一部機能に支障がある
大	破損が大きく全く機能していない

4 単木柵の改良

No. 1 は2019年1月に、No. 3 は2019年12月に、それまでに発生した被害形態結果を踏まえて単木柵を改良し「改良柵」とした。まず単木柵の高さを1.5mにするため、ボルトカッター（MODEL-31 450mm MCC社）によりワイヤーメッシュを縦50cm×横200cmになるよう半分に切断し、単木柵と同様に円筒形に丸めて結束バンドで2箇所を固定した。これを設置済みの単木柵と連結させることで50cm嵩上げした。次に植栽木が単木柵の中心で通直に成長するように、ワイヤーメッシュの構造を利用して麻紐で十字になるようくり、植栽木の主軸を中心に寄せた（図－4）。



図－4 改良柵

Ⅲ 結果及び考察

1 単木柵の獣害防除効果

(1) No. 1 試験地 (広葉樹、裸苗)

結果は表-4のとおりであった。単木柵設置区では、単木柵により柵内の枝葉が守られるため、シカ被害による枯死はなかったが、柵の高さである1m付近では頂部食害が発生した。一方対照区の植栽木は、新芽や枝葉を根元から頂部までシカに食い尽くされ棒状となり、90%以上が枯死した。植栽からおよそ5か月の時点で、対照区は全て枯死または枯死寸前であったため、ここは2018年12月に対照区全てを同一樹種で植え直し、全てに単木柵を設置した。

表-4 No. 1 試験地結果

No. 1 試験地 (広葉樹)	頂部食害率 (%)	樹皮剥ぎ・ 角擦り被害率(%)	植栽時樹高 (cm)	平均樹高 (cm)	平均健全度 (0~5)
単木柵設置区	76 (110本/144本)	0 (0本/144本)	92.8	93.9	3.72
対照区	91 (99本/109本)	0 (0本/109本)	85.0	82.9	0.22

2018年10月時点での調査結果

再設置にあたり、事前に単木柵設置区で発生した被害形態を調査したところ、頂部食害及び柵のわきからの食害の2種類が発生していた。前者は地上高約75~130cmで発生しており(図-5)、樹高1m未満でも大型の個体では柵の上部から頭を入れて頂部を食害する様子が、カメラからも確認できた。後者は、主軸の傾きや偏った成長により、単木柵のわき付近に伸びた部分が食害されていた。特にシカが好んで食べるクリやヤマザクラ(橋本・藤木, 2014)に至っては、柵の網目に口先を入れて葉を食べるケースも確認され、柵内であっても柵付近では食害が発生することが判明した。柵から食痕までの距離を計測したところ、柵から10cm未満でわき食害が発生していた(図-6)。このことから主軸を通直にし、わき食害が出ない空間内で成長させることが重要だと考えられた。

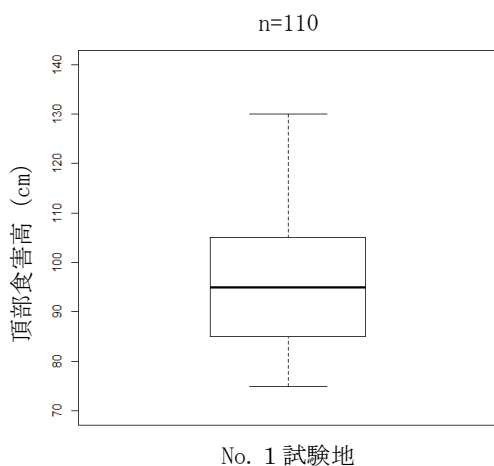


図-5 頂部食害高

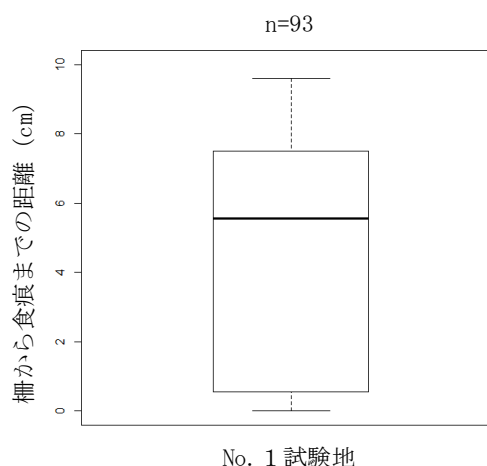


図-6 わき食害距離

ボックスは四分位点、中央線は中央値、エラーバーは最大最小を示す

この2つの被害形態から、改良柵を用いた。なお改良は、2019年1月時点で樹高80cmを超えているものに対して実施した。改良を踏まえての結果を表-5に示す。改良の結果1mを超えた成長が確認できたが、主軸が偏った成長をするカエデ類は、柵外に頂部が出てしまい食害を受ける傾向が確

認められたため（図－7）、単木柵で頂部食害を防ぐには、通直に成長する樹種（図－8）が効果的であることが示された。

表－5 No. 1 試験地結果（改良柵）

No. 1 試験地 （広葉樹）	頂部食害率 （%）	樹皮剥ぎ・ 角擦り被害率（%）	平均樹高 （cm）	平均健全度 （0～5）
改良柵設置区	21（39本/187本）	0（0本/187本）	144.9	3.89

2020年10月時点での調査結果



図－7 横方向に成長する様子



図－8 通直に成長する様子

（2）No. 2 試験地（スギ・ヒノキ、コンテナ苗）

表－6のとおり防除した植栽木はシカの被害を全く受けず、対照区は70%が被害を受け、単木柵の防除効果が確認できた。対照区のシカ被害の21本のうち12本は図－9のように植栽から1か月以内にシカに引き抜かれて枯死した。これはコンテナ苗を植栽したため、植栽後すぐにシカが来て頂部をくわえて引っ張った際に、引きちぎるよりも先に苗が抜けたことが原因と考えられる。その他のシカ被害は全て頂部食害であり、シカ被害を受けた植栽木は全て枯死した。



図－9 引き抜かれた苗

表－6 No. 2 試験地結果（シカ）

No. 2 試験地 （スギ、ヒノキ）	頂部食害率 （%）	樹皮剥ぎ・ 角擦り被害率（%）	植栽時 平均樹高（cm）	平均樹高 （cm）	平均健全度 （0～5）
単木柵設置区	0（0本/70本）	0（0本/70本）	39.0	97.5	3.51
対照区	70（21本/30本）	0（0本/30本）	40.0	-	0.00

2020年10月時点での調査結果

また寒冷紗によるウサギ被害防除の結果は、表－7のとおりであった。単木柵のみの設置では約60%が、対照区では50%が被害を受けた。被害形態は図－11及び12のように主軸の切断が多く見られた。自動撮影カメラでも柵内にウサギやイタチ等の小動物が侵入する様子が撮影され、単木柵だけではウサギ被害は防止できないことが示された。一

表－7 No. 2 試験地結果（ウサギ）

No. 2 試験地 （スギ、ヒノキ）	ウサギ被害率 （%）
単木柵＋寒冷紗	0（0本/56本）
単木柵のみ	64（9本/14本）
対照区	50（15本/30本）

2020年10月時点での調査結果

方で、寒冷紗を巻いたものは図-10のとおり被害が全くなく、侵入の形跡もないため、ウサギ対策として有効な手段の一つだと考えられる。



図-10 単木柵+寒冷紗



図-11 単木柵のみ



図-12 対照区

(3) No. 3 試験地 (スギ、裸苗)

2018年12月に単木柵を設置して以降、2019年9月まで単木柵設置区での頂部食害は確認されなかったが、2019年12月の調査で8本の被害が確認された(表-8)。頂部食害を受けた植栽木は1m付近まで成長したものが多く、食害の高さは平均99.4cm(最大値115、最小値80)とNo. 1で計測した値と同じ傾向であった。2019年12月時点で樹高75cmを超えているものに対しては改良柵を用いた。結果表-9のとおり改良柵は頂部食害を受けなくなり、樹高が改良柵の高さである1.5mを超えて成長した(図-13)。一方対照区は、全ての植栽木がシカにより頂部の伸びた新芽を食べられ続けて(図-14)、植栽時から全く成長していなかった(表-8及び9)。単木柵による防除効果が明確に現れていた。

また本試験地でもNo. 2と同様にウサギ対策として寒冷紗を巻いたが、寒冷紗の有無に関係なくウサギ被害は確認されなかった。糞や食痕等フィールドサインもないためウサギの生息がないと思われる。

表-8 No. 3 試験地結果

No. 3 試験地 (スギ)	頂部食害率 (%)	樹皮剥ぎ・ 角擦り被害率(%)	植栽時樹高 (cm)	平均樹高 (cm)	平均健全度 (0~5)
単木柵設置区	16 (8本/50本)	0 (0本/50本)	36.0	75.0	4.33
対照区	100 (30本/30本)	0 (0本/30本)	34.9	38.8	2.40

2019年12月時点での調査結果

表-9 No. 3 試験地結果 (改良柵)

No. 3 試験地 (スギ)	頂部食害率 (%)	樹皮剥ぎ・ 角擦り被害率(%)	平均樹高 (cm)	平均健全度 (0~5)
単木柵設置区	28 (7本/25本)	0 (0本/25本)	118.4	4.77
改良柵設置区	0 (0本/25本)	0 (0本/25本)	168.4	4.92
対照区	100 (30本/30本)	0 (0本/30本)	32.2	2.33

2020年10月時点での調査結果

被害率は2019年12月~2020年10月までの結果



図-13 改良柵の状況



図-14 対照区の状況

(4) No. 4 及び 5 試験地 (ヒノキ、規格外大苗)

結果は表-10のとおり、単木柵を設置したものは両被害とも確認されなかった。本試験地に限らず、単木柵を設置した植栽木は樹皮剥ぎと角擦りは全く受けなかった。これは、樹皮剥ぎは概ね高さ70cm未満、角擦りは概ね高さ60cm前後が被害発生の起点となる位置とされているため(片平, 2018^a)、単木柵により剥皮被害発生位置を柵で防げたことが要因だと思われる。本試験地での対照区で発生した剥皮被害も発生位置は全て1m以下であった(図-15)。このことから、単木柵は樹幹の剥皮被害を防止できることが示された。また本試験地で、枝の張った大苗であっても、単木柵は設置可能であることが確認できた。

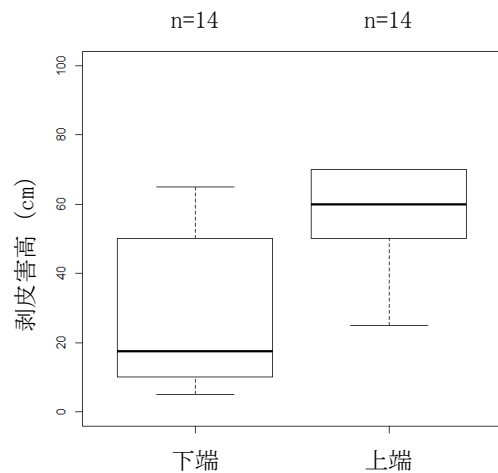


図-15 剥皮害位置

ボックスは四分位点、中央線は中央値、エラーバーは最大最小を示す

表-10 No. 4 及び 5 試験地結果

試験地 (ヒノキ)	頂部食害率 (%)	樹皮剥ぎ・ 角擦り被害率 (%)	植栽時樹高 (cm)	平均樹高 (cm)	平均健全度 (0~5)
No. 4 単木柵設置区	0 (0本/20本)	0 (0本/20本)	126.3	163.1	5.00
No. 4 対照区	0 (0本/5本)	40 (2本/5本)	135.0	164.0	4.80
No. 5 単木柵設置区	0 (0本/20本)	0 (0本/20本)	133.0	229.3	5.00
No. 5 対照区	0 (0本/5本)	80 (4本/5本)	115.0	170.0	2.75

No. 4は2019年9月時点、No. 5は2020年10月時点での調査結果

2 単木柵の傾斜及び耐雪試験

(1) No. 6 及び 7 試験地

単木柵の倒柵は、2019年8月に20基設置して以降、2020年10月調査時点で1基が確認されたのみであった。倒柵していた単木柵は変形跡がなく、杭も損傷無く抜けており、付近の立木に立てかけてあったことから誤って人が外したと思われる。それ以外は倒柵、杭抜け、資材の破損は確認されないため、20°程度の勾配は耐えられることが示された。

No. 7では、表-11のとおり全ての単木柵で倒柵及び杭抜けは確認されなかった。これは、ワイヤーメッシュの線径が2.6mmと細く且つ網目が10cmと大きいため、雪を受ける表面積が小さく雪圧をほとんど受けないことが要因と思われる。また本試験地の林床はチシマザサが優占種であり、単木柵を地面に固定する際に用いたアンカーピンがササの根系に絡まり、引抜強度が増したことも倒柵がない要因の一つと思われる。多雪地域で既存の単木保護資材を設置すると、資材自体が自立するものについては積雪による鉛直方向の沈降力に強く、変形や破損が少ないという報告もあり（岡本ら，2015）、単木柵の積雪地での耐久性が示された。

一方で、急傾斜地に設置した1基のみ山側からの圧力によりややくの字に変形している状況が確認された（図-16）。単木柵が埋雪すると斜面雪圧や移動圧が発生する急斜面においては、雪圧害を受ける可能性があることが示された。以上から、積雪地であっても平坦地であれば単木柵は雪の影響をほとんど受けず、機能に支障はないことが示された。

3 単木柵の設置コスト

単木柵の設置単価を表-12に示す。設置単価は540円/基であり、寒冷紗の経費を含めても682円であった。既存の単木保護資材は様々な仕様があるが、設置費込みで1本あたり1,000円から2,000円程度であり（(株)野生動物保護管理事務所，2011）、単木柵は相場の2分の1以下と安価に設置できる。

表-12 設置単価

資材名称	規格	単価	数量	単位	設置単価(円/基)
ワイヤーメッシュ	径2.6mm 1×2m	358	1	枚	358
結束バンド	耐候性 NB0-250MM	7	3	個	21
アンカーピン	U字型 250mm	24	2	本	48
*寒冷紗	30cm×2m	65	1	枚	65
*クリップ	口幅25mm	7	2	個	14
人工（作成）	普通作業員	20,100	0.0035	人・日	71
人工（設置）	普通作業員	20,100	0.0021	人・日	42
*人工（寒冷紗設置）	普通作業員	20,100	0.0031	人・日	63
計					540(*込み682)

4 単木柵の管理

表-13のとおり単木柵設置後に倒柵や変形が確認されたものは全体の約11%にとどまった。ツリーシェルターでは設置から3年後で29.7%に破損が生じ、ヘキサチューブでは同期間で59.4%に破損が生じたという報告もあり（廣沢，2002）、破損割合は既存の単木保護資材と比べて低いことが示された。一方No. 1試験地で破損が多いのは、周囲のクロマツ林が松くい虫被害により枯死木となってお

表-11 No. 7 試験地結果

No. 7試験地	勾配(度)	倒柵	杭抜け	資材破損
緩傾斜	1 単木柵	4	-	-
	2 単木柵	4	-	-
	3 単木柵	5	-	-
	4 改良柵	4	-	-
	5 改良柵	4	-	-
	6 改良柵	4	-	-
急傾斜	1 単木柵	26	-	-
	2 単木柵	29	-	小(柵変形)
	3 単木柵	21	-	-
	4 改良柵	31	-	-
	5 改良柵	27	-	-
	6 改良柵	22	-	-

2020年5月時点での調査結果



図-16 変形した単木柵

り、倒木が多発したためである。特に2019年10月に発生した台風19号通過後の倒木被害が顕著であった。倒木以外での破損原因は、アンカーピンの外れや防草資材の設置不良に伴う倒柵が多く見られ、初期設置の重要性が示された（坂和，2020）。

ネット柵など造林地全体を囲う防除柵の場合、倒木被害を受けると植栽木全てに甚大な被害を及ぼす可能性があるが、単木柵は1基ごとの設置のため、リスク分散が図れる。またネット柵は、杭抜けや噛み切りによる破損が平均4.5箇所/月・km発生し（片平，2018^c）、頻繁に保守点検を行う必要があるが、単木柵は初期設置を確実に行えばその後補修等の人手を要する作業はほとんど不要である。そのため、設置後の管理に係る人件費も抑えることが可能である。

表-13 単木柵破損状況

試験地 No.	倒柵・ 変形数	総設置数
1	38	253
2	7	70
3	3	50
4	0	20
5	0	20
6	1	20
7	1	12
計	50	445

2020年10月時点での調査結果

IV まとめ

枯死に繋がる人工林のシカ被害は主に頂部食害、角擦り、樹皮剥ぎの3種類である。頂部食害は、植栽木の高さが1.5mを超えるまでの短い期間での発生（野宮ら，2019）だが、角擦りと樹皮剥ぎは伐期まで継続して発生する被害である。この樹皮剥ぎと角擦りを防止できる実用的な単木保護資材はない。本研究で、今まで対応困難であった両被害を防ぐ技術として、単木柵の可能性が見出された。この単木柵は、ワイヤーメッシュを用いることにより長期に渡って防除効果の維持が可能なが見込まれるため、シカ獣害を長期間防ぐ技術として活用できる方法だと考える。

引用文献

- 群馬県森林環境部(2019)，令和元年版群馬県森林林業統計書，70-71
- 橋本佳延・藤木大介(2014)，日本におけるニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト，人と自然25，138-142
- 廣沢正人(2002)，シカ食害の常習地域におけるツリーシェルターを用いた造林技術の検討，栃木県林業センター研究報告15，1-29
- (株)野生動物保護管理事務所(2011)，平成22年度森林環境保全総合対策事業報告書，61
- 片平篤行(2018^a)，幼齡人工林における獣害発生状況の把握，群林試研報第21・22号，25-35
- 片平篤行(2018^b)，カメラトラップ法と糞塊法を用いたニホンジカの生息密度推定，群林試研報第21・22号，11-24
- 片平篤行(2018^c)，人工林における防除策の効果調査と簡易防除柵の開発，群林試研報第21・22号，36-46
- 小山泰弘・岡田充弘(2006)，ブナを主体とする広葉樹林の造成管理技術の開発，長野県林業総合センター研究報告20，1-20
- 野宮治人・山川博美・重永英年・伊藤 哲・平田令子・園田清隆(2019)，植栽したスギ大苗に対するシカ食害痕の高さ分布は斜面傾斜に影響される，日本森林学会誌 101，139-144
- 岡本卓也・渡邊仁志・和多田友宏・田中伸治(2015)，多雪地域におけるツリーシェルター型資材の融雪後の状況，中部森林研究 No. 63，27-30
- 坂和辰彦(2020)，防草対策の検討，群林試研報第25号，12-13