

ニホンジカ等による森林被害の効率的防除に関する研究

2010 年度～2012 年度

江口則和・栗田 悟*

要 旨

ニホンジカ等（以下、シカ）による森林被害（以下、シカ害）の効率的な防除法を確立するため、シカ害の実態を明らかにするとともに、使用済み海苔網を用いた低コスト防鹿柵（以下、海苔網柵）の施工法について検討した。シカ害の実態について、被害の多いと言われる県内東部では、約 5 割の植栽木に被害が認められた。防鹿柵により被害は軽減したが、海苔網柵の既設地では、海苔網の破損によって防除効果の小さいところも認められた。海苔網柵の施工法について、海苔網を二重にして柵を補強することで、海苔網の破損頻度が減少し、植栽木の被害緩和や成長増加が認められた。海苔網柵設置の費用は既製の防鹿柵の 20～44%であった。高さが 120cm 程度の海苔網柵でも乗り越えが少なく防除効果が認められたのは、本県のシカ密度がまだそれほど多くなく、柵外にも餌となる植物が多く存在したためだろう。以上から、保護したい箇所には二重海苔網柵を設置するとともに、シカの生息密度の上昇を抑えることが、本県における効率的なシカ害の防除法と考えられた。

I はじめに

ニホンジカ (*Cervus nippon centralis*) 等（以下、シカ）の分布拡大や個体数増加により (Takatsuki 2009)、下層植生の消失 (Nomiya *et al.* 2003) や食害に伴う土砂の流出 (古澤ら 2003) など、日本各地でシカによる森林被害（以下、シカ害）が深刻化している (Oi and Suzuki 2001)。シカ害対策には防鹿柵（金網柵、合成ネット柵など）が有効だといわれている (Nomiya *et al.* 2003 ; Takatsuki and Hirabuki 1998)。防鹿柵は持続的な高い効果が期待できるが、コストが高いといった問題もある (三浦 2004 ; 津布久 1992)。そこで本県では、使用済み海苔網を用いた低コストの防鹿柵（以下、海苔網柵）を開発した (小林・熊川 2002)。海苔網柵の設置により、シカ害防除に一定の効果が認められたものの (小林・熊川 2002 ; 小林・熊川 2005)、強度がやや低く防除効果も期待するほど高くない

と指摘されることもある (廣石 2012)。そこで本研究では、既存の各種シカ害対策地での被害実態を明らかにするとともに、海苔網柵の施工法を改良し、より効率的な防除法を確立することを目的とする。

II 方法

1. 森林獣害防除の実態調査

(1) ニホンジカ等の被害対策調査

シカ害対策が行われている豊田市、設楽町、豊根村、新城市の植栽地 28 箇所 (No. 1～No.28) で、本県で普及している対策法ごとのシカ害被害数率 (=被害個体数/調査個体数) を調査した。調査地の場所は図-1、調査地の概要は表-1 のとおり。対策法は、単木毎に保護するツリーシェルター (以下、シェルター区) と、林地全体を囲う防鹿柵区 (海苔網柵以外も含む。) の 2 種類に区分

Norikazu EGUCHI, Satoru KURITA*: Development of the efficient technique for sapling protection against sika deer browsing

* 現農林水産部農林基盤担当局林務課

した。シェルター高は 0.7~1.4m、防鹿柵高は 1~2m であった。また、対策区に隣接した箇所に未対策の植栽地があった場合は、その場所を対照区として設定し、同様の調査を行った。

統計解析は、一般化線形混合モデル (GLMM) を作成し、各固定因子の効果を赤池情報量基準

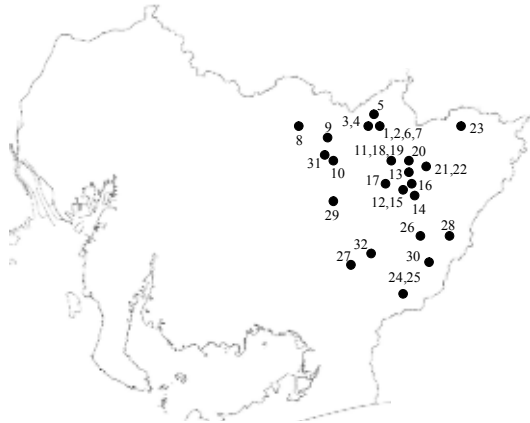


図-1 調査地位置図

(AIC) によるモデル選択で評価した。シカ害被害数率の説明変数について、対策法 (対策なし、ツリーシェルター、防鹿柵) を固定因子、樹種・調査地を変量因子として用いた。シカ害被害数率の分布は二項分布 (リンク関数は logit) を仮定した。以下、すべての解析には統計ソフト R (R 2.14.2、R Development Core Team、2012) を用いた。

(2) ニホンジカ等の食害調査

海苔網柵が既設されている豊田市神殿町 (No.29) と新城市細川 (No.30) の植栽地 2 箇所において、海苔網柵破損数とシカ害被害数率を調査した。調査地の場所は図-1、調査地の概要は表-2 のとおり。海苔網柵の高さは約 1.2m であった。海苔網柵の破損数は、網にシカが通過できるような孔が認められた場合、それを一ヶ所としてカウントした。海苔網柵破損数は 2011 年 11 月に 1 度、シカ害被害数率は 2011 年 11 月から 2012 年 9 月まで 2 ヶ月毎に合計 6 度調査を行った。

表-1 ニホンジカ等の被害対策調査に関する調査地概要

No.	場所	防除法	設置年	植栽種	標高 (m)	傾斜 (°)	斜面方向	地形
1	豊田市中当町	ツリーシェルター	2005	クリ、ヤマザクラ	1010	46	北西	山腹凸型斜面
2	豊田市中当町	ツリーシェルター	2006	ケヤキ、クリ、ヒノキ	1010	44	南	山腹凸型斜面
3	豊田市黒田町	ツリーシェルター	2007	コナラ、ヒノキ	800	42	西	山頂急斜面
4	豊田市黒田町	ツリーシェルター	2007	ヒノキ	800	27	北東	山頂急斜面
5	豊田市稲武町	ツリーシェルター	2008	ヒノキ	660	36	北西	山腹凸型斜面
6	豊田市中当町	ツリーシェルター	2009	ヒノキ	560	40	北	山脚侵食面
7	豊田市中当町	ツリーシェルター	2009	ヒノキ	560	48	北西	山脚侵食面
8	豊田市池島町	ツリーシェルター	2009	ヒノキ	210	35	北西	山腹凸型斜面
9	豊田市明川町	ツリーシェルター	2009	コナラ	720	35	南	山腹凸型斜面
10	豊田市御内町	ツリーシェルター	2009	スギ	930	24	南西	山腹凸型斜面
11	設楽町西納庫	ツリーシェルター	2010	ケヤキ	850	24	北北西	山腹平衡斜面
12	設楽町田峯	ツリーシェルター	2010	ケヤキ	920	20	北北東	山腹平衡斜面
13	設楽町八橋	ツリーシェルター	2010	ヒノキ	670	14	西南西	山腹平衡斜面
14	設楽町清崎	ツリーシェルター	2010	ヒノキ	470	11	北西	山腹平衡斜面
15	設楽町田峯	ツリーシェルター	2010	ヒノキ	650	18	東南東	平坦尾根
16	設楽町小松	ツリーシェルター	2010	ヒノキ	620	6	南西	山腹平衡斜面
17	設楽町三都橋	ツリーシェルター	2010	ヒノキ	630	23	南	山腹凹型斜面
18	設楽町西納庫	ツリーシェルター	2010	ヒノキ	660	14	南南東	山脚堆積面
19	設楽町西納庫	ツリーシェルター	2011	ヒノキ	660	14	南南東	山脚堆積面
20	設楽町東納庫	防鹿柵(海苔網)	2009	ミズナラ	710	23	南西	山頂急斜面
21	設楽町津具	防鹿柵(海苔網)	2009	ミズナラ	780	35	西北西	山頂急斜面
22	設楽町津具	防鹿柵(海苔網)	2011	クヌギ、コナラ	630	28	西南西	山頂急斜面
23	豊根村坂宇場	防鹿柵(海苔網)	2009	ミズナラ	1110	6	西北西	山頂緩斜面
24	新城市作手杉平	防鹿柵(合成繊維)	2005	ヒノキ	360	26	西南西	山腹平衡斜面
25	新城市作手杉平	防鹿柵(合成繊維)	2005	ヒノキ	360	16	北東	山腹平衡斜面
26	新城市門屋	防鹿柵(海苔網)、ツリーシェルター	2007	エゴノキ、コナラ、スギ	300	15	西南西	山脚侵食面
27	新城市作手保永	防鹿柵(海苔網)	2011	ヒノキ	500	34	北西	山頂急斜面
28	新城市名号	防鹿柵(海苔網)	2011	ヒノキ	180	35	北北西	山腹凸型斜面

表－2 ニホンジカ等の食害調査に関する調査地概要

No. 場所	防除法	設置年	植栽種	標高 (m)	傾斜 (°)	斜面方向	地形
29 豊田市神殿町	海苔網1重	2010	ケヤキ、クヌギ、 コナラ	530	20	南東	山頂緩斜面
30 新城市細川	海苔網1重×2 (1m間隔で設置)	2010	ヒノキ	250	38	北西	山頂急斜面

表－3 造林地囲い込み法の改良に関する調査地概要

No. 場所	植栽種	標高 (m)	傾斜 (°)	斜面方向	地形
31 豊田市怒田沢町	ヒノキ	600	16	南南東	山頂緩斜面
32 新城市須長	カスミザクラ、コナラ、ヒノキ	670	18	南東	山頂緩斜面

統計解析は GLMM を作成し、各固定因子の効果を AIC によるモデル選択で評価した。シカ害被害数率の説明変数について、海苔網柵の有無を固定因子、樹種・調査地・調査日を変量因子として用いた。シカ害被害数率の分布は二項分布（リンク関数は logit）を仮定した。

2. 効率的な防除法の確立

(1) 造林地囲い込み法の改良

豊田市怒田沢町 (No.31) と新城市須長 (No.32) の植栽地において、海苔網柵補強による植栽木への影響を検討した。2011 年 5 月に 10m×10m の対照区、一重網区、二重網区をそれぞれ 4 プロット設置し、海苔網柵破損数、シカ害の被害程度、植栽木の相対成長速度をモニタリング調査した。調査地の場所は図－1、調査地の概要は表－3 のとおり。海苔網柵の高さは約 1.2m とした。海苔網柵を固定する支柱の高さは 1.7m とし、海苔網の裾押さえには間伐材丸太及び後述するアンカーを用いた。海苔網柵破損数のカウント法は 1 (2) と同様とし、2012 年 11 月まで 2 ヶ月毎に調査を行った。シカ害の被害程度は 2012 年 11 月に調査を行い、食害を受けていなかったものを「無被害」、わずかに食害を受けたが成長や生残に影響が出るほどではないものを「軽度被害」、食害が激しく成長や生残に影響が出そうなものを「重度被害」、枯死していたものを「死亡」と区分した。相対成長速度について、2011 年 5 月と 2012 年 11 月に地際

直径 (D) と樹高 (H) を計測し、材積の指標となる D^2H の変化率を算出した。

海苔網の裾押さえには一般に間伐材丸太を用いるが、林内に間伐材がない場合には既製もしくは自作のアンカーを用いる。そこで、効果的なアンカーの形状と挿し方を上述の豊田市怒田沢町 (No.31) と新城市須長 (No.32) で検討した。海苔網柵の一部にアンカーで裾押さえを行い、その外れ率を調査した。アンカーの材料には直径 3.2mm の鉄線を用いた。アンカーの形状として J 字型と U 字型を 2 種類作成し、長さはいずれも 30cm とした。作成したアンカーは調査地の平坦面と傾斜面に 50cm 間隔で挿入した。挿す方向として、地面に対して垂直方向に挿すのものと、鉛直方向に挿すものの 2 種類を設定した。用いたアンカーは合計 128 本であり、2012 年 5 月から 11 月まで 2 ヶ月ごとに調査を繰り返し行った。

統計解析は GLMM を作成し、各固定因子の効果を AIC によるモデル選択で評価した。海苔網柵破損数の説明変数について、網の張り方 (一重網、二重網) を固定因子、調査地・調査日・プロットを変量因子、調査した網の長さ (log 変換) を offset 項として用いた。相対成長速度の説明変数について、網の張り方 (網なし、一重網、二重網) を固定因子、樹種・調査地・プロットを変量因子として用いた。アンカーの外れ率について、アンカーの形 (J 字、U 字)・アンカーの設置場所 (平坦面、

表-4 被害対策毎の被害数率

防除法	被害数率 (%)	No.	n
対策なし	48.3 ± 14.4	2~4, 6, 16, 18, 26	135
ツリーシェルター (内、樹高>ツリーシェルターのもの)	6.9 ± 3.2 (49.3 ± 13.1)	1~19, 26 (1, 2, 11, 13~15, 18, 26)	1312 (199)
防鹿柵	18.4 ± 4.5	20~28	901

値は平均値±標準誤差。統計解析の結果、被害数率は防鹿柵区で低下することが示された。

傾斜面)・アンカーの挿す方向(鉛直、垂直)を説明因子、調査地・調査日を変量因子として用いた。応答変数の分布は、海苔網柵破損数はポワソン分布(リンク関数はlog)、相対成長速度は正規分布、アンカーの外れ率は二項分布(リンク関数はlogit)を仮定した。

(2) 防除法の費用対効果の検討

海苔網柵と林業で広く使われている既製の防鹿柵(金網及び合成ネット製)の設置費用を検討した。海苔網柵について、使用済み海苔網、支柱、アンカー制作用の番線の価格を県内のホームセンターで調査した。また、既存の防鹿柵について、資材費を文献調査により算出した。

III 結果

1. 森林獣害防除の実態調査

(1) ニホンジカ等の被害対策調査

対策法ごとのシカ害被害数率を表-4に示す。シカ害の対策を行っていない箇所では、約5割の植栽木に食害が認められた。ツリーシェルターを

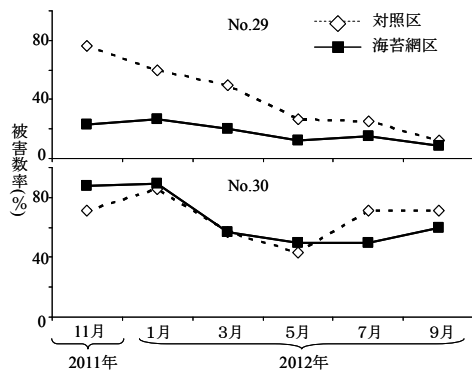


図-2 既設海苔網柵内のシカ害被害数率

統計解析の結果、海苔網柵設置によって被害数率は減少することが示された。n=42。

用いた箇所では被害が約7%にまで低下したものの、植栽木の樹高がツリーシェルターよりも大きなものに限定すると、約5割の個体に食害が認められた。防鹿柵を設置した箇所では約2割の植栽木に食害が認められた。

(2) ニホンジカ等の食害調査

まず、既設海苔網柵の破損数の結果を示す。豊田市神殿町(No.29)の海苔網柵では100mあたり6ヶ所の破損が、新城市細川(No.30)の海苔網柵では100mあたり8ヶ所の破損が認められた。

次に、既設海苔網柵内におけるシカ害被害数率を図-2に示す。統計解析の結果、海苔網柵によって被害数率は低下したことが示されたが、新城市細川(No.30)における2011年11月から2012年5月の間など、海苔網柵の効果がほとんどない時期も認められた。

2. 効率的な防除法の確立

(1) 造林地囲い込み法の改良

海苔網柵補強による海苔網柵破損数の変化を図-3に示す。両調査地ともに、海苔網を二重にす

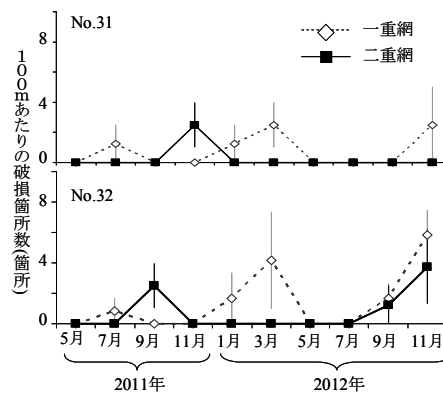


図-3 海苔網柵補強による海苔網柵破損数

統計解析の結果、二重網で破損箇所数は減少することが示された。値は平均値、エラーバーは標準誤差を示す。n=320。

ることで破損数が減少することが認められた。海苔網柵補強による植栽木の被害程度の変化を図-4に示す。枯死を除くと、両調査地ともに、対照区では重度被害の割合が高く、一重網区では軽度

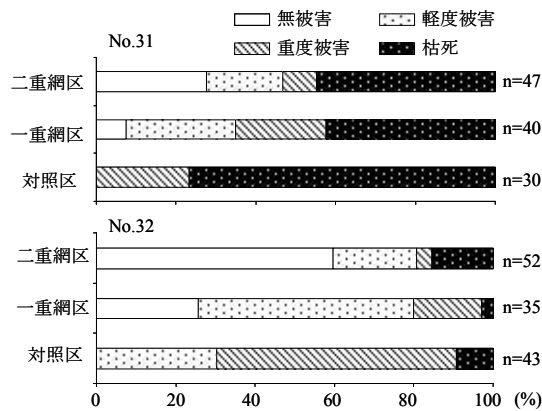


図-4 海苔網柵補強による植栽木の被害程度

枯死は食害以外も含む。

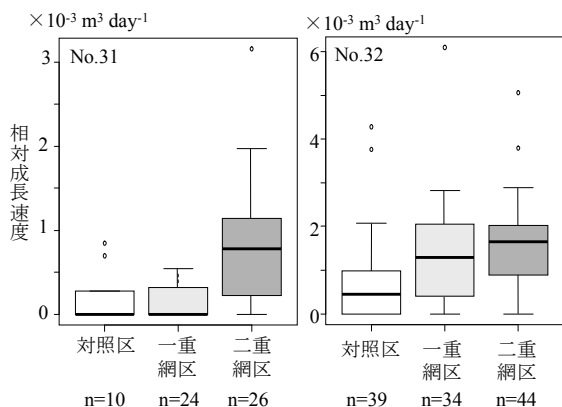


図-5 海苔網柵補強による植栽木の相対成長速度

箱の値は下から順に第1四分位点、中央値、第3四分位点を、バーは最小値と最大値を、プロット点は外れ値を示す。

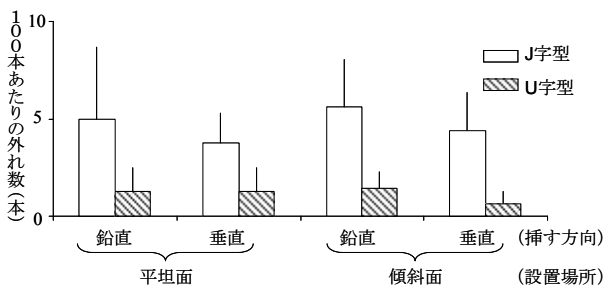


図-6 アンカーの外れ率

値は平均値、エラーバーは標準誤差を示す。

被害の割合が高く、二重網区では無被害の割合が高かった。海苔網柵補強による植栽木の相対成長速度の変化を図-5に示す。対照区よりも一重網区で、一重網区よりも二重網区で相対成長速度は高くなった。

海苔網柵押さえとして用いたアンカーの外れ率の変化を図-6に示す。アンカーの設置場所やアンカーの挿す方向によって外れ率が変化することはなかったが、アンカーの形をJ字からU字にすることで外れ率は低下した。

(2) 防除法の費用対効果の検討

海苔網柵の資材費用を表-5に示す。海苔網柵設置に関するすべての資材を購入した場合、一重網の柵ならば100mで34,031円、二重網の柵ならば100mで37,364円となった。柵押さえに間伐材丸太を利用した場合、一重網の柵ならば100mで33,133円、二重網の柵ならば100mで36,466円となった。柵押さえと支柱ともに既製品を購入せず間伐材等を利用した場合、一重網の柵ならば100mで3,333円、二重網の柵ならば100mで6,666円となった。

既製防鹿柵の資材費用を表-6に示す。既製の防鹿柵を100m設置するには85,200円から188,900円(平均は116,891円)かかることが分かった。

表-5 海苔網柵の資材費用

海苔網柵資材	柵100mあたり費用(円)
使用済み海苔網(一重)	3,333
使用済み海苔網(二重)	6,666
支柱(直径30mm 高さ180cm)	29,800
U字アンカー(直径3.2mm 長さ30cm)	898
一重網柵 合計	34,031
二重網柵 合計	37,364

表-6 既製防鹿柵の資材費用

防鹿柵の種類	柵100mあたり費用(円)	出典
方形金網	85,323	津布久(1992)より算出
亜鉛メッキ金網	188,900	福本(2012)
遮光ネット併用合成繊維	91,534	津布久(1992)より算出
超高強度繊維入りポリエチレン	133,500	福本(2012)
ステンレス入りポリエチレン	85,200	福本(2012)

IV 考察

1. シカ害被害の実態と防除法の検討

本研究で調査した箇所は愛知県の東部であり、県内でもシカ害率が高いところだといわれる（小林・熊川 2005）。実際、シカ害対策を立てていない植栽地では、半数近くの個体に食害が認められた（表-4）。しかしながら、林地の更新に影響が生じたり（Gill and Beardall 2001 ; Takatsuki and Gorai 1994）、下層植生の劣化が生じたり（Nomiya *et al.* 2003）といった深刻な状態ではなかった。シカの生息密度に関して、2~5 頭/km²で林業被害が、10~20 頭/km²で森林の更新阻害が顕在化しているといわれている（三浦 1999）。このことから、県内の森林のほとんどでは、シカ密度はまだ 10 頭/km²に達していないことが推察される。しかしながら、国内の状態を考慮するといつ高密度化しても不思議ではないので、小山ら（2010）が指摘するように早期対策が必要であると考えられる。

次に、防除法について考察する。防除手法にはツリーシェルターと防鹿柵が最も広く普及している（三浦 1999）。本県における両者の防除効果を比較すると、ツリーシェルターのほうが被害数率は低かった（表-4）。しかしながら、樹高が一定以上になると、ツリーシェルターによる防除効果は認められなくなった（表-4）。これらの結果と、シカ害被害は食害から角こすり、踏み荒らしと多岐にわたる点（Gill 1992 ; 三浦 1999）を考慮に入れると、本県における防除法は防鹿柵が最適ではないかと考えられた。

2. 海苔網柵施工法の検討

防鹿柵として海苔網柵を用いていた調査地では、破損も目立ち、防除効果もあまり高いものではなかった（図-2）。しかしながら、海苔網を二重にしたところ、網の破損頻度も軽減し（図-3）、植栽木の被害程度や（図-4）成長速度（図-5）

も改善した。防鹿柵に用いる網には破断を生じにくいものを使用する必要があるといわれている（廣石 2012）。すなわち、海苔網柵によって効果的に防除しようとするならば、網を二重にして耐久性を高めることが必要だと考えられた。

海苔網の裾押さえに用いるアンカーは、使用場所等に関係なくU字型のものがよいということが分かった（図-6）。U字ならば外れ率も3%以下であったため（図-6）、従来の間伐材丸太による裾押さえと同程度の効果が期待できると考えられた。本研究ではアンカーに30cmの長さのものをを用いたが、設置箇所に応じて適当な長さで自作すれば、低コストで効果的な防除が可能であろう。

3. 海苔網柵の有効性の評価

防鹿柵は1.8m以上の高さを保つことが必要であり（津布久 1992）、1.5mの柵では乗り越えられたという報告例（福本 2012）もある。このことから、高さ1.2mの海苔網柵はシカの飛び越えを防いでいるとは考えづらい。しかしながら、本研究では海苔網柵を設置することにより被害が軽減することが示された（図-4、5）。津布久（1992）によると、シカは柵の外に食べ物がなくならない限り、無理をしてまで柵内に侵入しない。本県の林地は、ニガイチゴなどシカの好む植物がまだ十分存在していることから（江口・小山 2012）、海苔網柵によって被害軽減効果が認められたのは、柵外にもシカの餌となる植物が豊富にあったためだと推察された。本県のように、林内に餌となる植物が消失するほどのシカ密度でなければ、海苔網柵は機能を十分発揮できるのだろう。

一般的に防鹿柵は持続的な高い効果があるが、経費がかかるのが問題といわれる（三浦 2004）。しかしながら、海苔網柵の設置費用は、二重網で資材のすべてを購入したとしても、既製の防鹿柵の20%~44%程度と非常に安価であった（表-5、6）。資材も軽く、高さも低いために、他の防鹿柵

と比べて設置や補修も容易である。すなわち、コスト面でも海苔網柵は優れた防鹿柵であるといえた。

4. まとめ

海苔網柵は低コストで設置可能な防鹿柵であり、網を二重にすることで強度及び防除効果を高めることができた。しかしながら、海苔網柵の防除効果が発揮されるのは、本県のようなシカの低密度地域に限られると考えられた。未だ被害が深刻でない箇所では早期防除を行う際に、海苔網柵は費用、効果の両面で有効だろう。そのような箇所では、二重海苔網柵を設置するとともに、シカの生息密度の上昇を抑えることで、効率的なシカ害防除が可能であると考えられた。

引用文献

- 江口則和・小山亜理沙 (2012) 伐採後の成林化に関する研究. 愛知県林セ報 49: 22-32
- 福本浩士 (2012) 三重県における造林地のシカ食害—現状とその対策について. 森林技術 847: 8-13
- 古澤仁美・宮西裕美・金子真司・日野輝明 (2003) ニホンジカの採食によって林床植生が劣化した針広混交林でのリターおよび土壌の移動. 日林誌 85: 318-325
- Gill RMA (1992) A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. Forestry 65: 145-169
- Gill RMA, Beardall V (2001) The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. Forestry 74: 209-218
- 廣石和昭 (2012) ニホンジカによる新植造林地の食害防止に関する研究. 熊本県林研指導所報 38: 1-16
- 小林元男・熊川忠芳 (2002) ニホンジカによる被害実態と防除法の確立. 愛知県林セ報 39: 1-8
- 小林元男・熊川忠芳 (2005) ニホンジカによる樹木被害の生態的防除に関する研究. 愛知県林セ報 42: 14-23
- 小山泰弘・岡田充弘・山内仁人 (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. 長野県林総セ研報 24: 1-24
- 三浦慎吾 (1999) 野生動物の生態と農林業被害. 全国林業改良普及協会
- 三浦慎吾 (2004) 鳥獣害. (森林保護学. 鈴木和夫編, 朝倉書店). 219-225
- Nomiya H, Suzuki W, Kanazashi T, Shibata M, Tanaka H, Nakashizuka T (2003) The response of forest floor vegetation and tree regeneration to deer exclusion and disturbance in a riparian deciduous forest, central Japan. Plant Ecology 164: 263-276
- Oi T, Suzuki M (2001) Damage to sugi (*Cryptomeria japonica*) plantation by sika deer (*Cervis nippon*) in northern Honshu, Japan. Mammal Study 26: 9-15
- Takatsuki S (2009) Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. Biol Conserv 142: 1922-1929
- Takatsuki S, Gorai T (1994) Effects of Sika-deer on the regeneration of a *Fagus crenata* forest on Kinkazan Island, Northern Japan. Ecol Res 9: 115-120
- Takatsuki S, Hirabuki Y (1998) Effects of Sika deer browsing on the structure and regeneration of the *Abies Firma* forest on Kinkazan Island, Northern Japan. J Sustain For 6: 203-221
- 津布久隆 (1992) シカ・カモシカによる造林木被害の防除. 栃木県民の森管理事務所報 4: 1-16