

ニホンジカシリーズ
エゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) による
ハマナス (*Rosa rugosa*) への採食影響
——野付風蓮道立自然公園 春国岱地区の事例——

日野 貴文 石崎 俊博
外山 雅大 佐藤 瑞奈
吉田 剛司

目 次

- I. はじめに
- II. 方法
 - 1. 調査対象地
 - 2. シカによるハマナスへの影響調査
- III. 結果
 - 1. 樹高・生長量への影響
 - 2. 開花と果実に対する影響
- IV. 考察
- V. まとめ

I. はじめに

ここ数十年、世界各地でシカ類による植生変化が報告されている (Côte et al. 2004)。シカ類による植生変化の研究は、森林生態系を対象とした事例が

（日野：酪農学園大学
石崎：酪農学園大学
外山：根室市歴史と自然の資料館
佐藤：酪農学園大学
吉田：酪農学園大学）

主であるが、高山、湿地、海浜などその他の生態系でも指摘されている。例えば、海浜生態系においてオジロジカの採食により海浜植生の被度や種数が減少すること (Rossell et al. 2007)、オジロジカが灌木を採食することにより栄養塩循環にも影響を与えること (McNeil and Cushman 2005) などが指摘されている。日本各地においても、ニホンジカの個体数増加と分布拡大に伴い、自然植生の改変が報告されており、ニホンジカの主要な生息地である森林だけでなく、高山、湿原などにおいても植生改変が報告されている (Takatsuki 2009)。一方、海浜生態系へのニホンジカの採食影響の研究例はほとんどない。数少ない例の1つである、北海道東部に位置する、野付風蓮道立自然公園 走古丹地区では、ニホンジカの亜種であるエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*; 以下、シカ) の採食により海岸草原に生育しているガンコウラン (*Empetrum nigrum var. laponicum*) の著しい減少や、その他の海浜植物の矮小化と被度の減少が報告されている (宮木ら 2003)。

北海道東部に位置する、野付風蓮道立自然公園は国設鳥獣保護区に指定されており、公園内の風蓮湖地区及び春国岱地区 (以下、春国岱) はラムサール条約登録湿地にも指定され、春国岱では、希少なタンチョウやオジロワシを含む226種の鳥類が記録されている (花輪ら 1985) ことから生物多様性の保全上重要な地域と言える。春国岱の第一砂丘上には3 kmにも及ぶ国内最大級のハマナス (*Rosa rugosa*) 群落形成されている (根室市春国岱原生野鳥公園ネイチャーセンターホームページ, http://www.marimo.or.jp/~nemu_nc/workn/, 2016年2月16日確認)。海浜植物の一種であるハマナスは日本では北海道から鳥根県まで分布し (佐竹ら 1999)、樹高が50cmから150cm程である (斉藤 1987)。春国岱第一砂丘のハマナス群落は、シマセンニユウ、ノゴマ、オオジュリンなどの草原性鳥類の生息場所となっていたが (川崎 1997)、近年、ハマナス群落がエゾシカの採食の影響を受け、矮小化し (外山・手嶋 2015)、草原性の鳥類が減少していることが指摘されている (外山ら未発表データ)。春国岱においてシカの採食によるハマナスへの影響に着目した外山・手嶋 (2015) は、2 m × 2 m のシカ侵入防止柵 (以下、シカ柵) を春国岱第一砂丘上に2基設置してハマナスの樹高を1年に4回計測して比較した結果、冬季にシカによる強い採食圧を受けること、シカの採食圧を除去することでハマナスの樹高が回復することを報告している。しかし、ハマナス個体群の生長や更新へのシカの採食影響を評価するには侵入防止柵のサイズが小さく、かつ数

も少ない。加えて、花や実といったハマナスの繁殖に関わる器官へのシカの影響は明らかとなっていない。

シカの冬季における好適なハビタットは積雪の少ない場所などに限られ (Sakuragi et al. 2003), シカの分布は季節的に変化する。そのような越冬地に適したハビタットでは冬季にシカの密度が一時的に高くなる。例えば、野付風蓮道立自然公園走古丹地区はシカの越冬地になっており、根室支庁が2002年2月に行ったライトセンサスにより面積13km²の地区内で1,973頭のシカが確認されている (宮木ら 2003)。さらに、シカの採食物選択にも季節的な変化がある (梶 1981; Yokoyama et al. 2000; Ueno et al. 2007)。また、植物がシカ類の採食から受ける影響の大きさは、季節によって異なり植物の生育期である夏季は影響が相対的に小さい (Moen et al. 2006)。そのため、シカの採食による植物への影響を評価する際、季節性を考慮すべきである (Takafumi et al. 2015)。

そこで本研究は、春国岱にてハマナス個体群へのシカの採食影響を明らかにすることを目的とし、20m × 20m のシカ柵5基と対照区を用いて、シカ柵内外のハマナスの樹高、開花数、果実数を2014年11月から2015年12月まで調べ、柵内外で比較した。

II. 方法

1. 調査対象地

調査を北海道東部、北緯43°16′, 東経145°28′に位置する春国岱にて実施した。春国岱は、オホーツク海と風蓮湖に挟まれた全長約8km, 最大幅約1.3km, 面積約5.9km²の細長い砂州である (図1-a)。植生は、広葉樹林, 草原, 湿原, 湖沼, 河川, 干潟, 塩湿地からなる。冬季に多くのシカが生息し、ハマナスを採食する様子が観察されている (写真1)。

2. シカによるハマナスへの影響調査

シカによるハマナスへの影響を調べるため、2014年10月に「ラムサール条約湿地」風蓮湖・春国岱の保全とワイズユースを考える会が、春国岱内のハマナス群生地の一部を囲むように設置したシカの侵入を排除するシカ柵を利用した

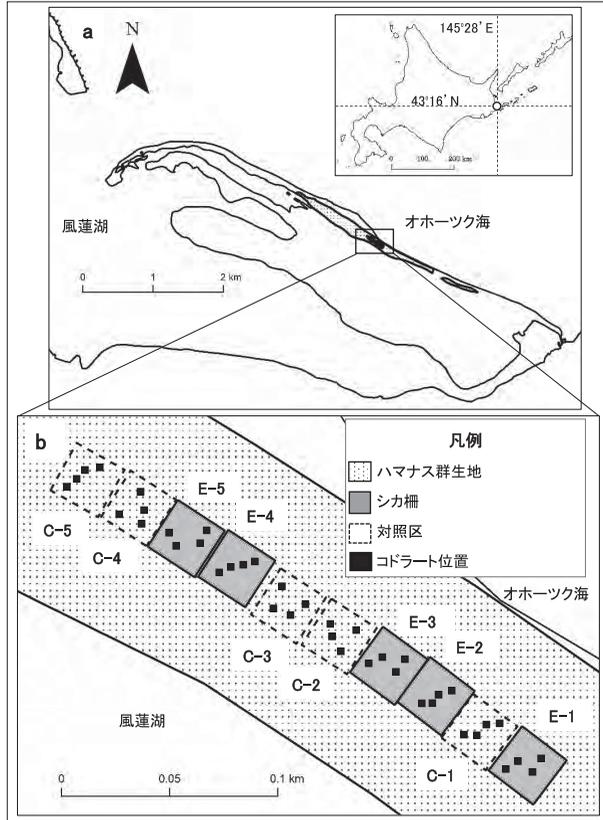


図1 調査対象地の野付風蓮道立自然公園春国岱地区と調査地点の位置。

a：全体図， b：シカ侵入防止柵（E-1～5）と対照区（C-1～5）

(図1-b)。シカ柵は、2014年10月下旬に設置され、広さは20m×20m、高さ2mの柵で5箇所あり、ハマナスを含む海浜植生を囲っている。シカ柵の網目の大きさは縦15cm×横30cmでキツネなどの中小型哺乳類や鳥類の出入りは可能であり、シカのみ出入りを制限できる。対照区はシカ柵外に、シカ柵に隣接した5箇所を設定した。各シカ柵内・対象区内に1m×1mの調査コドラートを4箇所ランダムに設置した(図1-b)。そして、コドラート内のハマナスの樹高、春季の生長量、開花数、果実数を記録した。



写真1 冬季に春国岱第一砂丘上でハマナスを採食するシカ。
(2015年2月11日自動撮影カメラにより撮影)

1) 樹高と生長量

シカ柵設置前のシカ柵内外のハマナスの樹高に違いがないことを確認するために、シカ柵設置直後である2014年11月にハマナスの樹高を計測した。各コードラート内のハマナスの樹高を20本計測した。20本に達しないコードラートでは生育しているすべての樹高を計測した。統計学的な比較検討は、シカ柵設置直後の2014年11月のシカ柵内外のハマナスの個体ごとの樹高をガンマ分布（リンク関数：log）に従う応答変数とし、説明変数を因子型であるシカ柵の内外、コードラート ID をランダム要因（切片）として一般化線形混合モデル（以下、GLMM）を用いて解析を行った。

シカ柵設置後のハマナスの樹高をシカ柵内外で比較するために、2015年4月～12月に月1回（5月は除く）設置直後の調査と同じ方法で樹高を計測した。シカ柵設置後のシカ柵内外のハマナス樹高とその季節変化を統計学的に検討するために、応答変数を2015年4月から12月の各月のコードラート内の平均樹高、説明変数をシカ柵（内、外）と因子型である調査月とし、コードラート ID をランダム要因（切片）として、GLMM（ガンマ分布、リンク関数：log）を用いて解析した。個体の樹高ではなくコードラート内のハマナスの平均樹高を応答変数としたのは、シカ柵設置後の調査において、ハマナスの個体識別をしなかったため毎月の樹高計測では必ずしも同一個体を計測できていないためである。

ハマナスの生長量をシカ柵内外で比較するために、生育期である春期（2015

年4月～6月)のコードラートの平均樹高の生長量を算出した。さらに統計学的な検討のため、応答変数を6月のハマナスの各コードラートの平均樹高、説明変数をシカ柵(内, 外)、共変量として4月の各コードラートの平均樹高、コードラートIDをランダム要因として、GLMM(正規分布, リンク関数: identity)を用いて解析した。

2) 開花数・果実数

シカによるハマナスの花と実への採食影響を把握するために、ハマナスの開花時期である6月～7月(佐竹ら 1999)から実が熟す8月～9月(北村・村田 1979)を考慮し、花を6月～8月、実を6月～10月にそれぞれ月1回計数した。シカ柵内外とも各コードラート内のすべての花と実を計数した。ハマナスの開花数と果実数のシカ柵内外を統計学的に比較するために、目的変数をコードラート毎の開花数の総個数・果実数の総個数とし、説明変数をシカ柵(内, 外)と調査月とし、プロットIDをランダム要因として、GLMM(ゼロ過剰負の二項分布, リンク関数: log)を用いて解析した。尚、6月は果実が1つも確認されなかったため、統計解析には7月以降のデータを用いた。

樹高, 生長量, 開花数, 果実数の統計解析に関する説明変数の有意性は全て尤度比検定により検討した。すべての統計解析は、R(Version 3.2.4., R Development Core Team 2016)及びglmmADMBパッケージ(Version 0.8.0)を用いた。

Ⅲ. 結果

1. 樹高・生長量への影響

調査期間中、のべ5,524個体のハマナスの樹高を測定した(図2)。シカ柵設置直後の2014年11月の平均樹高は、シカ柵内では 15.7 ± 1.5 (95% CI) cm, シカ柵外では約 14.5 ± 1.2 (95% CI) cmであり、シカ柵内外で有意差が見られなかった($P=0.428$)。しかし、融雪後の2015年4月の平均樹高は、シカ柵内で約 15.1 ± 1.5 (95% CI) cmであったのに対し、シカ柵外では約 8.4 ± 1.1 (95% CI) cmとなり(写真2, 3), その後も1年を通してシカ柵内外で差があった($P < 0.001$)。シカ柵設置後1年が経過した2015年11月の平均樹高は、

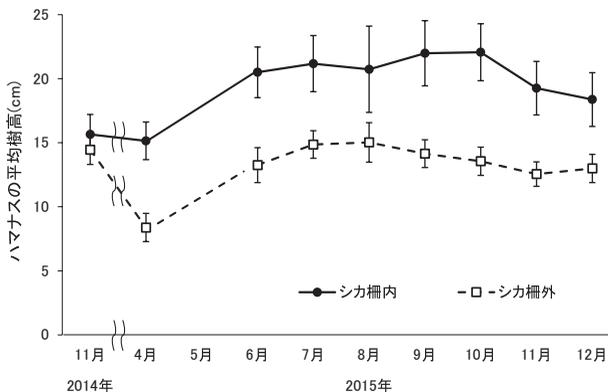


図2 シカ柵内外のハマナスの平均樹高の推移。エラーバーはCI (95%信頼区間)を示す。シカ柵設置直後の2014年11月の平均樹高はシカ柵内外で有意差はなかった ($P=0.391$)。2015年4月以降では、シカ柵内外 ($P=0.007$), 調査月 ($P<0.001$) とともに差があった。

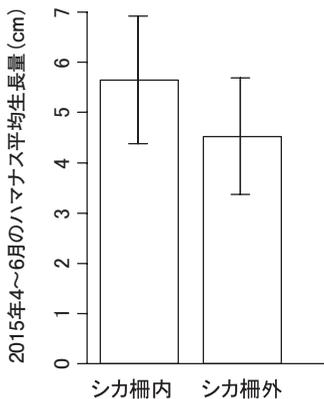


図3 シカ柵内外の各コドラートでの2015年4月～6月のハマナスの樹高の生長量。エラーバーはCI (95%信頼区間)を示す。



写真2 シカ侵入防止柵を設置後、冬を越して約5ヶ月経ったシカ侵入防止柵内のハマナス。(2015年4月5日撮影)



写真3 写真2と同じ撮影日目のシカ侵入防止柵外のハマナス。シカの採食圧を受け樹高が低い。

シカ柵内では約 19.3 ± 2.1 (95% CI) cm と1年間で約3.6cm 増加した一方で、シカ柵外では約 12.5 ± 1.0 (95% CI) cm となり約2.0cm 低下していた。また、樹高は調査月毎に異なった ($P < 0.001$)。ハマナスの生育期の生長量をシカ柵内外で比較した結果、シカ柵内外で樹高の生長量に有意差は見られなかった (図3) ($P = 0.173$)。

2. 開花と果実に対する影響

調査期間中ハマナスの花と果実をのべ239個（花）と1,656個（果実）を計数した。コドラート内のハマナスの開花数は、柵内は6月が最大で 8.4 ± 3.0

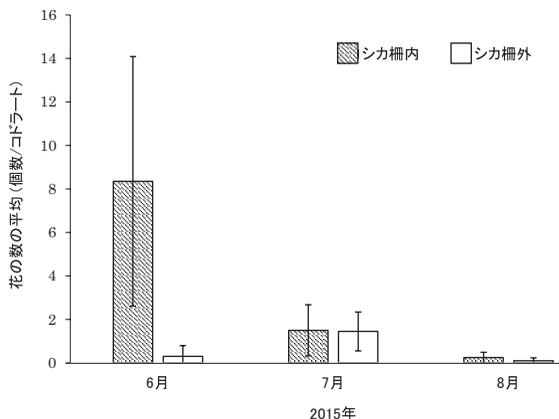


図4 シカ柵内外の開花数の推移。エラーバーはCI（95%信頼区間）を示す。シカ柵内外で有意な差があった（ $P = 0.006$ ）。

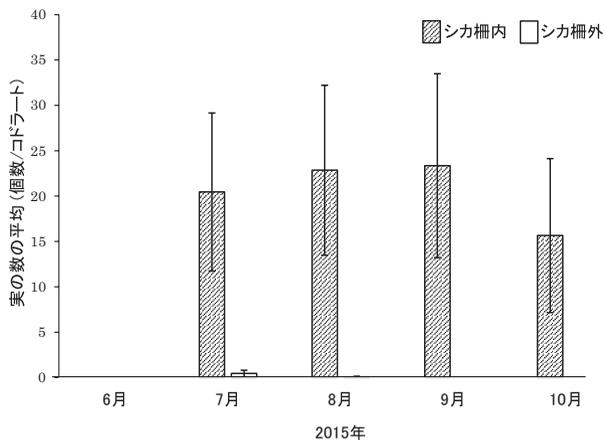


図5 シカ柵内外の果実数の推移。エラーバーはCI（95%信頼区間）を示す。シカ柵内外で有意な差があった（ $P < 0.001$ ）。

(95% CI) 個/コドラート，柵外は7月が最大で 1.5 ± 0.9 (95% CI) 個/コドラートとシカ柵内がシカ柵外に比べて多く ($P < 0.05$)，その数は調査月によって異なった ($P < 0.01$) (図4)。コドラート内の果実数の平均個数は，シカ柵内がシカ柵外よりも多く ($P < 0.001$)，調査月による違いは統計学的に有意でないものの ($P = 0.275$) シカ柵内では2015年7月～9月にかけて増加し9月で最大 (23.4 ± 10.1 (95% CI) 個/コドラート) となった (図5)。しかしシカ柵外では，2015年7月の 0.5 ± 0.4 (95% CI) 個/コドラートから減少し，9月には1つも確認することができなかった。また，開花数よりも果実数の方がシカ柵内外の違いが大きかった。

IV. 考察

本研究の結果，ハマナスの樹高は柵内に比べて柵外で低く，開花数，果実数は柵外で少なかった。つまり，シカの採食圧により，柵外の樹高，開花数，果実数が低下していることが明らかになった。また，シカ柵内におけるハマナスの平均樹高は1年で約3.6 cm 増加しており，柵の設置によりシカの採食圧を除去することで樹高が回復する可能性が先行研究 (外山・手嶋 2015) と同様に示唆された。

柵外において，樹高の減少は主に11月～4月の間に起きていたことから，調査地におけるシカのハマナスの樹高に対する採食圧は冬季に高まると考えられる。シカのハマナスに対する採食圧が冬季に高まる理由として，シカの分布とシカの餌資源量の季節変化の2つが理由として考えられる。まず，春国岱を含む野付風蓮自然公園では冬季にシカの密度が高まる (宮木ら 2003) ため，ハマナスに対する採食圧が冬季に顕著であったのだろう。次に，調査地では冬季は夏緑生の草本植物が枯れており，木本類がシカの主な採食物であり，春国岱では内陸よりも積雪が少なく，かつ海風により雪が吹き飛ばされて，降雪後でも砂丘上に餌資源となるハマナスが露出しているため，冬季の餌資源量が減少する環境下でハマナスはシカにとって利用しやすい餌資源だと推測される。一方夏季では，イネ科の草本やハマボウフウ，マルバトウキなどの夏緑生の海浜植物が春国岱では多く見られ (辻井ら 1985, 外山ら 2016) ハマナス以外の餌資源が豊富であるため，ハマナスの樹高の減少に対する影響度合いが低かったのだろう。

樹高の生長量にシカ柵内外の差はなく、さらに柵外のハマナスは、冬季の採食影響を受ける前の秋季と同程度に樹高が回復していた。これは、春季から秋季にかけてシカによるハマナスの枝や葉への採食圧は低いため、柵外のハマナスは生育期である春季に冬季に採食された分を回復させたと考えられる。つまり、ハマナスは冬季に高まる採食圧によってもたらされる樹高の減少分を生長で補償できていると推測される。これらの結果から、長期的にみると徐々にハマナスの群生地が衰退していく可能性があるが、現段階ではハマナスの群生地が1年程度の短期間で消失するとは言えない。

開花数と果実数が柵内に比べて柵外ではかなり少なく、シカの採食影響を強く受けていることが明らかになった。これは外山・手嶋（2015）及び前述の本研究の結果が示唆した、シカの採食による冬季の枝の採食による樹高の低下だけでなく、繁殖器官である花や果実への負の影響があることを示唆する。シカの採食によって花と果実が減少し、長期的にはハマナスの実生による更新が困難になる可能性がある。また、春国岱においては、シカが影響を与えるハマナスの器官は季節的に変化すると言える。春国岱のように季節的にシカ密度と餌資源量が変化する場所においてシカの植物への採食影響を評価するには、本研究で扱ったように通年かつ植物の器官ごとの評価をすべきであろう。

4月～12月では、シカの採食による樹高低下がシカ柵外で顕著にみられなかったのにもかかわらず、シカ柵内外でのハマナスの開花数や果実数は顕著な違いがあった。これは、冬季に花芽を含む枝を採食されたため、および植物の花や果実はエネルギーやタンパク質が豊富でハマナスの花や果実が選択的に採食されたためだと考えられる。さらに、花芽、花、果実への直接的な採食影響だけでなく、柵外のハマナスは冬季に枝や冬芽が採食されることにより、各個体が蓄えた栄養を、花や果実の分化ではなく樹高生長・展葉へ資源分配した可能性も考えられる。植食者による採食が、植物体内の資源分配を変化させることは一般的に知られている（Crawley 1997）。例えば、Throop（2005）は植食性昆虫の採食により草本の植物体内の資源分配が、種子生産から枝の生長へと移行したと報告している。本研究の調査地のハマナス個体群にもシカ採食によって、植物体内の資源分配に変化が生じている可能性がある。さらに、先行研究においてハマナスの開花数は個体のサイズに依存している可能性が指摘されている（津田ら 1999）ことから、シカの採食による個体サイズの減少も開花数の減少に寄与した可能性がある。

また、開花数よりも果実数においてシカ柵内外の違いが大きかった（図4、図5）。シカ柵外では、ハマナスの花が果実に変化する前にシカに採食されてしまう、あるいはシカに採食された葉や枝を再生産するためにシカ柵外のハマナスは花をつけたものの果実に資源を分配できなかった可能性がある。

V. まとめ

春国岱において、シカは冬季に枝を採食し、夏季・秋季に花と果実を食べることにより、1年を通してハマナス個体群へ影響を与えていることが明らかになった。また、本研究ではハマナス個体群の消失は観察されていないが、今後同様の採食圧が長期間続けば、ハマナス個体群の消失につながるかもしれない。

ハマナスなどの灌木類は、海浜生態系などの植物の生育環境としては厳しい乾燥地において、周囲に適度な湿度等を供給することにより他の植物個体の更新・生長を促進することが知られている（Flores and Jurado 2003）。一方で、ハマナスの樹冠に日光が遮られて先駆性の植物個体の更新・生長に負の効果があるかもしれない。そのため、シカによりハマナスが衰退した場合、他の植物の更新・生長に対して正あるいは負の間接効果をもたらす可能性がある。また、シカ類により植生被度が減少あるいは植生構造が変化したことにより、鳥類や昆虫類が減少することが知られている（Allombert et al. 2005a, Allombert et al. 2005b）。本研究が示したように春国岱においてシカによりハマナスの樹高が減少していることから、ハマナスをハビタットとしている鳥類や昆虫類の生息に何らかの影響を与えている可能性がある。春国岱は周囲の風蓮湖とともにラムサール条約に登録湿地となっており、生物多様性の保全上重要な場所である。一方で、春国岱を含む北海道東部でのエゾシカのエゾシカ個体数指数は1990年代から高密度状態が続いている（北海道庁エゾシカ対策課ホームページ、エゾシカの個体数指数 <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/est/H26suiteiseisokusu.pdf> 2016年5月25日アクセス）、シカを含めた春国岱の海浜生態系を理解し生物多様性を維持するためには、シカのハマナスへの採食影響とハマナスの減少を介した他の生物への間接効果を明らかにする必要がある。

ニホンジカは全国的に分布を拡大し、個体数を増加しているため（環境省

2004), ニホンジカの主要な生息地である森林生態系だけでなく, 本研究で示したような海浜生態系においても影響を与えている可能性がある。しかし, 森林生態系に比べて海浜生態系へのニホンジカの影響については研究例が乏しく, 海浜生態系における高密度のニホンジカがもたらす植生及び, 植生を利用する生物群への影響などはまだ不明な点が多い。シカが高密度で分布している地域での海浜生態系における生物間相互作用の理解あるいは生態系保全のために, 海浜生態系においてもシカの採食影響に関する研究の発展が望まれる。

謝辞

本研究を実施するに当たって, 多大なご協力をいただいた根室市役所水産経済部農林課の皆様, 「ラムサール条約湿地」風蓮湖・春国岱の保全とワイズユースを考える会の皆様, 公益財団法人日本野鳥の会の皆様, 現地での調査・協力をして頂いた根室市春国岱原生野鳥公園ネイチャーセンター善浪めぐみ氏, 山岸洋樹氏に心より厚く御礼申し上げます。なお, 本研究で利用したエゾシカ侵入防止柵は, 北海道環境財団の事業「ハマナス群落再生プロジェクト・鳥類の繁殖環境の保全」の助成を受け設置された。

引用文献

- Allombert, S., A. J. Gaston, and J. L. Martin. 2005a. A natural experiment on the impact of overabundant deer on songbird populations. *Biological Conservation* 126: 1-13.
- Allombert, S., S. Stockton, and J. L. Martin. 2005b. A natural experiment on the impact of overabundant deer on forest invertebrates. *Conservation Biology* 19: 1917-1929.
- Côte, S. D., T. P. Rooney, J. P. Tremblay, C. Dussault, and D. M. Waller. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 35:113-147.
- Crawley, M. J. 1997. Plant-herbivore dynamics. Pages 401-474 in M. J. Crawley, editor. *Plant Ecology*. Blackwell, Oxford.
- Flores, J. and E. Jurado. 2003. Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? *Journal of Vegetation Science* 14:911-916.
- 花輪伸一, 黒沢信道. 1985. 春国岱の鳥類. 春国岱原生公園基本計画報告書 pp. 119-225. 日本野鳥の会, 東京.
- 梶光一. 1981. 根室標津におけるエゾシカの土地利用. *哺乳動物学雑誌* 8:226-236.
- 川崎慎二, 加藤和明, 樋口広芳, 高田令子. 1997. 北海道東部. 春国岱の繁殖期の鳥類

- 相の変化. *Strix* 15:25-38.
- 北村四朗, 村田源. 1979. 原色日本植物図鑑・木本編 (II). 保育社, 大阪府630 pp.
- McNeil, S. G. and J. H. Cushman. 2005. Indirect effects of deer herbivory on local nitrogen availability in a coastal dune ecosystem. *Oikos* 110:124-132.
- 宮木雅美, 高嶋八千代, 助野実樹郎. 2003. 野付風蓮道立自然公園走古丹地区におけるエゾシカによる植生変化. 北海道環境科学研究センター所報 30:49-54.
- Moen, J., Andersen, R., and Illius, A., 2006. Living in a seasonal environment. In: Danell, K., Bergström, R., Duncan, P., Pastor, J. (Eds.), *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 50-70.
- Rossell, C. R., S. Patch, and S. Salmons. 2007. Effects of deer browsing on native and non-native vegetation in a mixed oak-beech forest on the Atlantic coastal plain. *Northeastern Naturalist* 14:61-72.
- 佐竹善輔, 原寛, 亘利俊次, 富成忠夫. 1999. 日本の野生植物 木本 I. 平凡社, 東京.
- 齊藤満. 1987. オホーツク海沿岸におけるハマナスの生育と保全. 光珠内季報 67: 17-21.
- Takafumi H, Matsumoto A, Aotani K, and Yoshida T. 2015. The cross-ecosystem impact of deer on an endangered submerged macrophyte, *Ranunculus nipponicus* var. *submerses*. *Global Ecology and Conservation* 5:581-588.
- Takatsuki, S. 2009. Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. *Biological Conservation* 142:1922-1929.
- Throop, H. L. 2005. Nitrogen deposition and herbivory affect biomass production and allocation in an annual plant. *Oikos* 111:91-100.
- 環境省. 2004. 種の多様性調査 哺乳類分布調査報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター, 富士吉田.
- 外山雅大, 手嶋洋子. 2015. 春国岱ハマナス群落に対するエゾシカによる食害の実態調査～春国岱ハマナス群落保全に対する提案～. 根室市歴史と自然の資料館紀要 27: 29-35.
- 外山雅大, 高田令子, 善浪めぐみ, 手嶋洋子, 山岸洋樹. 2016. 春国岱第一砂丘上の植物群落に対するエゾシカによる採餌の影響. 根室市歴史と自然の資料館紀要 28: 53-60.
- 津田智, 富士田裕子, 西坂公仁子. 1999. 北海道小清水原生花園における火入れ後のハマナス (*Rosa rugosa* Thunb.) の生長と開花. 横浜国立大学教育人間科学部附属理科教育実習施設研究報告 12:113-121.
- 辻井達一, 小林秀雄, 三木昇. 1985. 春国岱の食性—草本—春国岱原生野鳥公園基本計画書 pp. 112-114.

- Ueno M, Nishimura C, Takahashi H, Kaji K, and Saitoh T. 2007. Fecal nitrogen as an index of dietary nitrogen in two sika deer *Cervus nippon* populations. *Acta theriologica* 52:119-128.
- Yokoyama M, Uno H, Suzuki M, Kaji K, and Ohtaishi N. 2000. Indices for nutritional condition and thresholds for winter survival in sika deer in Hokkaido, Japan. *Japanese Journal of Veterinary Research* 48:119-127.

(原稿受付2016年 5月30日, 原稿受理2016年 7月12日)