

エゾシカ高密度生息域における捕獲および防鹿柵による農業被害の抑制効果

Effectiveness of Culling and Fencing in Reducing Crop Damage in Areas with Deer Overcrowding

櫻井 哲史* 森本 淳子** 三島 啓雄** 宇野 裕之***

Satoshi SAKURAI Junko MORIMOTO Yoshio MISHIMA Hiroyuki UNO

Abstract: Recently, sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) populations have caused significant crop losses (about five billion yen in 2009) in Hokkaido, Japan. The losses have been a severe social problem in eastern Hokkaido, which is overcrowded with the deer. We verified the effectiveness of culling and fencing in reducing crop damage over a 16-year period (1994–2009) in eastern Hokkaido. We constructed models that accounted for the crop damage costs associated with the amount of deer harvest and proportion of fence-protected fields on a municipality scale. The models revealed that fencing is an effective countermeasure for preventing crop damage, while culling is not adequately strong to reduce it. Furthermore, agricultural products were protected effectively if the fences covered at least 25% of the boundary between agricultural fields and forest edges. However, the effectiveness of fences declined over time. Our results suggest that increased culling pressure and regular fence maintenance are both required to ameliorate crop losses due to sika deer.

Keywords: *Cervus nippon yesoensis*, crop damage, nuisance control, hunting, deer fence, wildlife management

キーワード：エゾシカ，農業被害，有害鳥獣捕獲，狩猟，防鹿柵，野生生物管理

1. はじめに

(1) 背景

日本では、シカ、イノシシ、サルをはじめとする野生動物による被害が深刻化しており、中でもシカによる農業被害は甚大なものである。北海道は、特にエゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)による農業被害が深刻な地域であり、その被害額は年間 50 億円(2009年)にもものぼる¹⁾。

エゾシカの農業被害に関して現在とられている主な対策は、原因であるエゾシカの個体数そのものを減らす「狩猟および有害駆除による捕獲」と、農地への侵入を防ぐ「防鹿柵の設置」の2つである²⁾。これらの対策は、農業被害の増加に伴い、徐々に強化されてきた歴史がある。

捕獲は一般的なシカ管理の一手法である^{3) 4)}。捕獲は個体数を減少させるのに効果的である^{5) 6) 7)}と同時、捕獲を行うと、シカが人間、人間の活動域、人工物を避けるような移動^{8) 9) 10)}や、人間と距離をとるようになるといったような行動^{11) 12) 13)}をみせることが知られている。したがって、捕獲は農業被害を減少させる可能性があるもの⁸⁾、広域的あるいは長期間でその効果の検証はされていない。

また、一般に防鹿柵も農業被害対策として有効とされるが¹⁴⁾、シカの学習¹⁵⁾や設置の不備^{16) 17)}が防鹿柵の効果の低減につながるの指摘もある。しかし、これまでのこれらの研究は短期的または比較的狭い地域を扱ったものに留まり、広域的かつ長期間で防鹿柵の効果は検証されていない。

エゾシカは移動能力が高いため¹⁸⁾、エゾシカの保全・管理には持続的・広域的な管理の実践が求められる。したがって、大きな時空間スケールで捕獲や防鹿柵設置の農業被害抑制への有効性を明らかにすることは、今後のエゾシカによる農業被害対策をより効果的にする上で重要な課題である。

そこで本研究では、エゾシカの捕獲および防鹿柵の設置による農業被害額の抑制効果を、道東 21,522km²を対象に 1994 年

～2009 年までの 16 年間にわたって検証し、将来の効果的な対策に結びつけることをめざした。

(2) エゾシカ管理と農業被害対策の歴史

19 世紀後半の豪雪と乱獲によりエゾシカは絶滅寸前になるまで激減した。しかし、オオカミの絶滅、戦後の保護政策、造林地、農耕地、ササ地面積の増加や、暖冬に伴う豪雪の減少により、エゾシカは分布を拡大させ、個体数を急増させた²⁾。

分布拡大と農業被害の拡大にともない捕獲圧は強化され、年間の捕獲数は 1970 年代～1980 年代の約 2,000 頭～3,000 頭から、1990 年には約 16,000 頭となり、1996 年には約 47,000 頭に達した²⁾。

また、農業被害の防除のため、捕獲の実施とともに被害の多い道東地域では農耕地へのエゾシカ侵入防止を目的とし、1995 年にワイヤーメッシュフェンスの侵入防止施設(以下、防鹿柵)が設置されはじめ、1997 年には防鹿柵の延長が 500km 以上にもなり、1999 年には約 1,500km に¹⁹⁾、2006 年には約 3,300km に達した¹⁾。

しかし、これら取り組みにもかかわらず農業被害がさらに激しくなったため、1997 年以降メスジカの可猟区拡大と狩猟期間の延長が実施された²⁾。加えて 1998 年からは「道東地域エゾシカ保護管理計画」に基づくフィードバック管理によって、個体群管理が実施されるようになり、狩猟制限がさらに緩和された¹⁾。これにより 84,000 頭あまりが捕獲された。この後、一時捕獲数は減少に転じる。2000 年には、特定鳥獣保護管理制度に沿って「エゾシカ保護管理計画」が策定され、管理対象が全道となった¹⁾。そして再び、捕獲数は上昇し、2009 年には 90,000 頭にもものぼる個体が捕獲された。また、2006 年から囲い罠による大量捕獲も実施されている²⁰⁾。

*北海道大学大学院農学院

**北海道大学大学院農学研究院

***北海道立総合研究機構・環境科学研究センター自然環境部

2. 方法

(1) 解析対象地

解析対象地は道東地域にあたる十勝総合振興局とオホーツク総合振興局に含まれる 37 市町村(21,522km²)とした。解析対象地の森林率は 65.6%, 畑地率は 15.5%, 牧草地率は 7.7%, 水田率は 0.3%である。本地域は北海道内でも特にエゾシカの個体数密度が高く、農業被害も甚大である(年間 77,900~207,600 万円)。また、主要な被害作物(ビート、ばれいしょ、小麦、牧草)の内訳が解析対象地において類似している。

(2) 防鹿柵設置状況の聞き取り調査

ワイヤーメッシュフェンスの侵入防止施設を、調査対象の防鹿柵とし、設置状況は各市町村に、①防鹿柵は設置されているか、②防鹿柵が設置されている場合、防鹿柵が設置された年と、その年に設置された総延長距離、について聞き取りを行った。

本研究の解析対象地における 37 市町村のうち、防鹿柵が設置されている市町村は 16 市町村であった。

(3) 解析方法

(i) 変数の計算

被害額を農業被害の程度を表す指標^{21) 22)}とし、1994 年~2009 年の毎年の農業被害額を市町村単位で集計した(北海道 未発表)。さらに、農業被害額と関連が深いと予想される 4 つの変数(森林と農耕地のエッジの総延長距離、防鹿柵による農耕地保護割合、捕獲数、エゾシカ個体数指数)を計算した。変数として選択した理由と各変数の算出法を以下に述べる。

シカによる農業被害は森林と農耕地のエッジにおいて多く発生する²³⁾ため、森林と農耕地のエッジの総延長距離を市町村別に算出した。エゾシカの行動圏は 1,200ha 程度であり^{18) 24)}、防風林は林帯の幅が狭く、また防鹿柵により大きな緑地から分断されているものもあり定期的にエゾシカが生息している可能性が低いいため、面積が 1,500ha 以上かつ防風林でない緑地を「森林」、畑地・牧草地・水田をまとめて「農耕地」と定義した。

防鹿柵は一般に、森林と農耕地の境界に設置し、森林から農耕地へのシカの侵入を防ぐものである。したがって、防鹿柵による農耕地保護割合は、(ある年の防鹿柵の総延長) / (森林と農耕地のエッジの総延長距離) として計算した。

エゾシカは 3 月~5 月と 10 月~1 月に多くの個体が季節移動をする^{18) 24)}が、農業被害は農耕地周辺に生息する個体が引き起こし²⁵⁾、農業被害の大きさはその地域個体数に影響される²⁶⁾。そこで、エゾシカの地域個体数に影響をもつ、エゾシカの「捕獲数」^{5) 6) 7)}を、狩猟数と有害駆除捕獲数(北海道 未発表)の合計値として算出した。

エゾシカの個体数密度の指標として、ライトセンサスによる調査から、エゾシカ個体数指数(個体数/10km)を算出した²⁷⁾。エゾシカによる農業被害は 4 月~10 月の間に発生し²⁸⁾、ライトセンサスは 10 月下旬から 11 月上旬に実施される。したがって、ライトセンサスから得られたエゾシカの個体数指数は、農業被害が発生する時期のエゾシカの個体数を反映するものと考えた。

(ii) モデルの構築

捕獲と防鹿柵の設置がエゾシカによる農業被害額の軽減に寄与しているかを検証するため、16 年間のデータをプールした全期間モデルを構築した。目的変数として当年の農業被害額を、説明変数として前年の捕獲数と前年の防鹿柵による農耕地保護割合を、offset 項として森林と農耕地とのエッジの総延長距離と、前年のエゾシカ個体数指数を、ランダム効果として、空間的自己相関を考慮するために市町村 ID を、時間的自己相関を考慮するために年次を設定した一般化線形混合モデル(GLMM)を構築した。誤差構造は正規分布、リンク関数は identity とした。

次に、捕獲と防鹿柵の設置の効果に年次変化があるのかを検証

するため、年次モデルを構築した。解析対象である 37 市町村を、捕獲のみを実施している 21 市町村(以下、捕獲政策市町村)と、捕獲と防鹿柵の設置を実施している 16 市町村(以下、複数政策市町村)とに分け、捕獲政策市町村では 1994 年~2009 年までの各年で、複数政策市町村では 1998 年~2009 年までの各年でモデルを構築した。目的変数として当年の農業被害額を、説明変数として前年の捕獲数と前年の防鹿柵による農耕地保護割合を、offset 項として森林と農耕地とのエッジの総延長距離と、前年のエゾシカ個体数指数を設定した一般化線形モデル(GLM)を構築した。誤差構造は正規分布、リンク関数は identity とした。なお、足寄町については、1999 年以降ライトセンサスデータが欠損しているため、2000 年以降を解析から除外した。また、モデル選択にはモデル平均法を用いた。

変数の計算には ArcGIS(version9.3.1, ESR)を、解析は R version 2.13.2 を使用して行った。

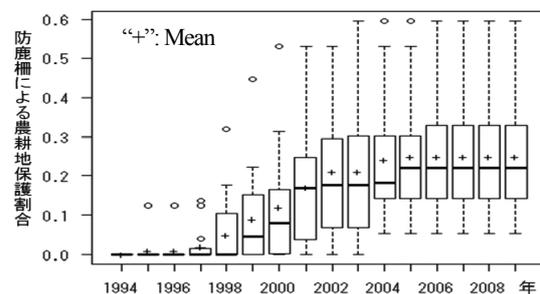


図 - 1 複数政策市町村における、防鹿柵による農耕地保護割合の推移(2000 年以降足寄町を除外)

表 - 1 全期間モデルの結果

Parameter	Estimate	Standard Error	95%Confidence Interval
Intercept	4.49×10 ⁷	8.15×10 ⁶	
H	-2.19×10 ⁷	3.47×10 ⁷	
F	-1.78×10 ⁸	1.28×10 ⁷	*

目的変数：農業被害額 N=37, H：捕獲数, F：防鹿柵による農耕地保護割合

表 - 2 捕獲政策市町村における年次モデルの結果

Year	Parameter	Coefficient	Standard Error	***) p<0.05
1994	intercept	6.21×10 ⁶	4.83×10 ⁵	
	H	7.03×10 ⁴	3.30×10 ⁴	*
1995	intercept	4.18×10 ⁶	3.46×10 ⁵	
	H	6.50×10 ⁴	2.04×10 ⁴	*
1996	intercept	-8.01×10 ⁷	7.19×10 ⁵	
	H	1.83×10 ⁵	3.22×10 ⁴	*
1997	intercept	2.94×10 ⁶	6.74×10 ⁵	
	H	1.06×10 ⁵	2.25×10 ⁴	*
1998	intercept	4.06×10 ⁶	6.48×10 ⁵	
	H	5.14×10 ⁴	1.48×10 ⁴	*
1999	intercept	1.26×10 ⁷	4.42×10 ⁵	
	H	3.74×10 ³	5.93×10 ³	*
2000	intercept	8.51×10 ⁶	5.44×10 ⁵	
	H	2.06×10 ⁴	1.20×10 ⁴	
2001	intercept	5.28×10 ⁶	3.42×10 ⁵	
	H	2.26×10 ⁴	1.09×10 ⁴	
2002	intercept	6.53×10 ⁶	4.33×10 ⁵	
	H	2.73×10 ⁴	1.78×10 ⁴	
2003	intercept	7.62×10 ⁶	5.26×10 ⁵	
	H	7.29×10 ³	1.30×10 ⁴	
2004	intercept	4.21×10 ⁶	4.27×10 ⁵	
	H	2.48×10 ⁴	1.27×10 ⁴	
2005	intercept	5.42×10 ⁶	4.72×10 ⁵	
	H	9.86×10 ³	7.79×10 ³	
2006	intercept	8.12×10 ⁶	7.70×10 ⁵	
	H	1.20×10 ⁴	1.28×10 ⁴	
2007	intercept	2.65×10 ⁶	6.45×10 ⁵	
	H	3.07×10 ⁴	1.26×10 ⁴	*
2008	intercept	7.26×10 ⁶	7.36×10 ⁵	
	H	3.54×10 ⁴	1.50×10 ⁴	*
2009	intercept	1.07×10 ⁷	7.28×10 ⁵	
	H	2.62×10 ⁴	1.41×10 ⁴	

目的変数：農業被害額 N=21, H：捕獲数, F：防鹿柵による農耕地保護割合

表—3 複数政策市町村における年次モデルの結果

Year	Parameter	Coefficient	Standard Error	***p<0.05	RVI
1998	intercept	6.33×10 ⁷	2.32×10 ⁷	*	
	H	3.80×10 ⁴	1.61×10 ⁴	*	0.80
	F	2.10×10 ⁸	3.23×10 ⁸		0.14
1999	intercept	5.92×10 ⁷	1.97×10 ⁷	*	
	H	1.77×10 ⁴	1.06×10 ⁴		0.47
	F	-1.15×10 ⁸	1.66×10 ⁸		0.21
2000	intercept	4.88×10 ⁷	1.69×10 ⁷	*	
	H	3.80×10 ⁴	1.87×10 ⁴		0.63
	F	-2.18×10 ⁸	1.16×10 ⁸		0.55
2001	intercept	3.63×10 ⁷	1.32×10 ⁷	*	
	H	5.69×10 ⁴	2.72×10 ⁴		0.73
	F	-1.46×10 ⁸	6.46×10 ⁷	*	0.49
2002	intercept	3.56×10 ⁷	1.17×10 ⁷	*	
	H	2.10×10 ⁴	1.79×10 ⁴		0.29
	F	-5.66×10 ⁷	5.75×10 ⁷		0.25
2003	intercept	3.31×10 ⁷	1.02×10 ⁷	*	
	H	5.67×10 ⁴	1.12×10 ⁴		0.28
	F	-5.11×10 ⁷	4.11×10 ⁷		0.14
2004	intercept	2.47×10 ⁷	1.87×10 ⁷		
	H	5.21×10 ⁴	2.49×10 ⁴		0.63
	F	-6.55×10 ⁷	5.31×10 ⁷		0.30
2005	intercept	2.46×10 ⁷	1.17×10 ⁷		
	H	3.26×10 ⁴	9.12×10 ³	*	1.00
	F	-8.38×10 ⁷	3.39×10 ⁷	*	0.76
2006	intercept	2.34×10 ⁷	1.26×10 ⁷		
	H	2.96×10 ⁴	1.01×10 ⁴	*	1.00
	F	-7.61×10 ⁷	3.28×10 ⁷	*	0.71
2007	intercept	2.59×10 ⁷	1.67×10 ⁷		
	H	4.03×10 ⁴	1.50×10 ⁴	*	0.89
	F	-1.03×10 ⁸	4.54×10 ⁷	*	0.60
2008	intercept	1.28×10 ⁷	7.22×10 ⁶		
	H	3.12×10 ⁴	1.20×10 ⁴	*	1.00
	F	-4.43×10 ⁷	3.31×10 ⁷		0.42
2009	intercept	3.88×10 ⁷	2.07×10 ⁷		
	H	2.95×10 ⁴	2.34×10 ⁴		0.32
	F	-9.83×10 ⁷	7.74×10 ⁷		0.32

目的変数：農業被害額 1998年、1999年：N=16、2000年以降：N=15
 H：捕獲数 F：防鹿柵による農耕地保護割合
 RVI：Relative Variable Importance
 Relative Variable Importance とは Akaike weight をもとに算出した値で、数値が大きいほど (Max=1.00) 相対的に重要な変数であることを示す³⁸⁾。

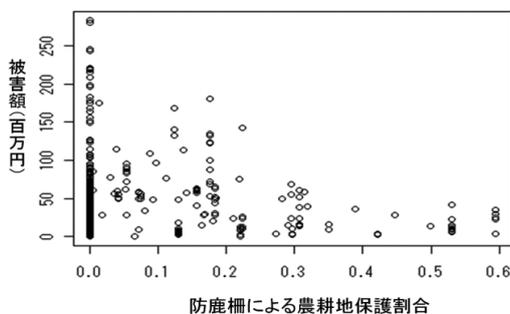


図-2 被害額と防鹿柵による農耕地保護割合の散布図

3. 結果と考察

(1) 捕獲の効果について

全期間モデルでは、捕獲は被害額に対して95%信頼区間で有意と認められなかった(表-1)。また、年次モデルにおいては、いずれの政策をとる市町村においても、一部で有意差が認められ、回帰係数は正の値を示した(表-2、表-3)。

これは捕獲をすればするほど被害額が増えるという非合理的な関係に見える。一般に、捕獲は個体数を減少させるのに効果的であるとされる⁵⁾⁶⁾⁷⁾。道東地域では1996年以降エゾシカの自然増加率($r_m=0.15-0.19$)²⁹⁾ 付近またはそれ以上の捕獲を行っており1993年～1998年は増加、1999年～2001年は減少、2002年～2009年は増加の傾向をたどりながら、20万頭前後で推移していると推定されており、1999年～2001年を除くと個体数を減少させる効果は得られていない³⁰⁾。また、保護管理検討会ではYamamura et al. (2008)³⁰⁾に基

づく推定個体数から、被害を減少させるための捕獲目標を決めている。しかし、現実にはその捕獲目標数を達成できていないため、被害額は高い値で推移している³¹⁾。このために、捕獲数と被害額との間にあたかも正の相関があるかのような関係性が検出されたと考えられる。したがって、本研究対象地における捕獲は農業被害額を低減させるには小さすぎ、期待した効果が得られていないことが示唆された。

また、捕獲を行うと、シカは人間、人間の活動域、人工物を避けるような移動⁹⁾¹⁰⁾や、人間と距離をとるようになるといったような行動¹¹⁾¹²⁾¹³⁾をみせることが知られている。そのため捕獲により農業被害は減少することが予想されたが、本研究解析対象地においては、捕獲のもつ、そういった行動変化による農業被害の抑制効果も検出されなかったと考えられる。この理由として、捕獲により、シカが耕作期間に市町村という単位を超えるような長距離の移動を起こしていない可能性があること、シカに捕獲圧がかかると、捕獲される危険がない夜に行動が活発になることから⁹⁾、夜に農耕地で採餌を行う可能性があること、低い捕獲圧ではシカの移動に影響を与えない可能性がある³²⁾ことが考えられる。

(2) 防鹿柵の効果について

全期間モデルでは、防鹿柵による農耕地保護割合が上がるにつれて、被害額が下がる関係が示された(表-1)。これは、防鹿柵がエゾシカによる農業被害対策において有効であることを示唆している。

一方で、年次モデルからは1998年～2004年までは2001年を除いて有意な効果は得られず、2005年、2006年、2007年には防鹿柵による農耕地保護割合の上昇に伴い被害額が減少する効果が認められたものの、2008年、2009年にはまた有意な効果は得られなくなった(表-3)。対象地域における防鹿柵による農耕地保護割合の年次変化をみると、2004年までは各市町村で設置が順次進められている段階に当たり、2005年には防鹿柵による農耕地保護割合の平均が25%になり、防鹿柵の設置が収束する時期にあたる(図-1、表-3)。また、被害額と防鹿柵による農耕地保護割合の散布図から、防鹿柵による農耕地保護割合が25%程度を超えると被害額が抑えられているのがみとれる(図-2)。これらより、市町村などの、ある程度大きなスケールにおいて、防鹿柵が被害額の抑制に効果を発揮し始めるのは、農耕地保護割合が25%程度のある閾値以上になってからであること、さらに設置から年月が経つと本来の効果を十分に発揮できなくなることが示唆された。

防鹿柵の効果が低減する要因は、シカの学習、防鹿柵の設置場所、防鹿柵の劣化が挙げられる。Beringer et al. (2003)³³⁾は他の個体が柵の下や間から柵内に侵入するのを目撃し、まねするというシカの学習効果を指摘している。また、微細地形に設置された柵は飛び越えやすく、くぐりぬけやすいこと¹⁷⁾³³⁾、平地に設置された柵よりも森林エッジに設置された柵の方が超えやすいことが³³⁾指摘されている。対象地において多くの防鹿柵は森林のエッジに設置され、沢地形で防鹿柵が分断されている箇所では特にエゾシカに侵入を許してしまっている可能性もある。さらに設置後、動物が掘った穴が獣道になる場合や、倒木やヒグマによって防鹿柵が破壊されることもある¹⁹⁾。加えて、釧路市音別町におけるライトセンサスによる観察では、柵内への侵入個体が増えているという報告もされている(稲富 私信)。したがって、柵の効果を持続させるには、設置場所を考慮し、定期的に管理していくことが必要である³⁴⁾。

4. エゾシカ管理にむけて

北海道では、エゾシカに対する捕獲圧を段階的に引き上げ、年間90,000頭(2009年)にもものぼる捕獲を行っているが、農業被害の抑制にはこの数値では足りないことが示唆された。したがって、農業被害が甚大である現状を打破するためには、より多くのシカを捕獲することが必要である。そのためには、狩猟者の減少や高

齢化、後継者不足などの問題の克服³⁵⁾、エゾシカを食肉などの資源としての利用の促進やそれに伴う残滓処理施設の拡充などのシステム整備²⁾³⁶⁾、罠い罠などの大型捕獲罠やシャープシューティングなどの新たな捕獲手法の体制整備と有効性の検証³⁷⁾、捕獲規制の緩和などの法的整備の充実³⁷⁾などが求められている。

防鹿柵の設置は農業被害の抑制に有効であることが示された。防鹿柵の設置と被害額とのコストパフォーマンスは考慮しなくてはならない。しかし、対象としたワイヤーメッシュの防鹿柵は、設置コストが比較的高いものの、管理の必要な頻度は他の安価なものより低く、適切な管理下では設置や管理に見合うコストパフォーマンスを発揮し長期間の効果の持続が期待できる⁹⁾。したがって、防鹿柵の設置は農業被害の抑制には有効な対策になりうる。しかしながら、防鹿柵はあくまでも対症療法の1つでしかなく、林業被害や自然植生への悪影響を防除できない点には留意しなくてはならない。そのため、個体数の管理と被害への対策の両立が重要である²⁾。

野生生物管理は利害関係者の理解と同意が不可欠である³⁸⁾。またシカによる農業被害を社会的許容量に抑えた個体数管理の実践が必要である。したがって、個体数のより正確な推定と、それに対応する農業被害の程度を明らかにし、農業被害を各農家や地域の許容範囲内に抑えるような管理の実践が求められている。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 24580034(代表: 森本淳子、放置リスク評価に基づく里山林・人工林からの撤退シナリオ)の助成を受けた。北海道環境生活部環境局、北海道立総合研究機構・環境科学センターおよび十勝総合振興局・オホーツク総合振興局管内の市町村には貴重なデータを提供していただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 北海道 (2008) : エゾシカ保護管理計画(第 3 期) : 北海道環境生活部, 12pp
- 2) 梶光一・宮木雅美・宇野裕之 (2006) : エゾシカの保全と管理 : 北海道大学出版会 247pp
- 3) Brown, T. L., Decker, D. J., Riley, S. J., Enck, J. W., Lauber, T. B., Curtis, P. D. and Mattfeld, G. F. (2000) : The future of hunting as a mechanism to control white-tailed deer populations : *Wildlife Society Bulletin* 28,797-807
- 4) Gordon, I. J., Hester, A. J. and Festa-Bianchet, M. (2004) : The management of wild large herbivores to meet economic, conservation and environmental objectives : *Journal of Applied Ecology* 41,1021-1031
- 5) Fryxell, J. M., Hussell, D. J. T., Lambert, A. B. and Smith, P. C. (1991) : Time lags and population fluctuations in white-tailed deer : *Journal of Wildlife Management* 55,377-385
- 6) Bowyer, R.T., Nicholson, M.C., Molver, E.M. and Faro, J.B. (1999) : Moose on Kalgin Island: are density-dependent processes related to harvest? : *Alces* 35,73-89
- 7) Solberg, E. J., Saether, B. E., Strand, O. and Loison, A. (1999) : Dynamics of a harvested moose population in a variable environment : *Journal of Animal Ecology* 68,186-204
- 8) VerCauteren, K. C. and Hygnstrom, S. E. (1998) : Effects of agricultural activities and hunting on home ranges of female white-tailed deer : *Journal of Wildlife Management* 62,280-285
- 9) Kilgo, J. C., Labisky, R. F. and Fritzen, D. E. (1998) : Influences of hunting on the behavior of white-tailed deer: Implications for conservation of the Florida panther : *Conservation Biology* 12,1359-1364
- 10) Conner, M. M., White, G. C. and Freddy, D. J. (2001) : Elk movement in response to early-season hunting in northwest Colorado : *Journal of Wildlife Management* 65,926-940
- 11) Bender, L. C., Beyer, D. E. and Haufler, J. B. (1999) : Effects of short-duration, high-intensity hunting on elk wariness in Michigan : *Wildlife Society Bulletin* 27,441-445
- 12) de Boer, H. Y., van Breukelen, L., Hootsmans, M. J. M. and van Wieren, S. E. (2004) : Flight distance in roe deer *Capreolus capreolus* and fallow deer *Dama dama* as related to hunting and other factors : *Wildlife Biology* 10,35-41
- 13) Reimers, E., Loe, L. E., Eftestol, S., Colman, J. E. and Dahle, B. (2009) : Effects of Hunting on Response Behaviors of Wild Reindeer : *Journal of Wildlife Management* 73,844-851
- 14) VerCauteren, K. C., Lavelle, M. J. and Hygnstrom, S. E. (2006) : A simulation model for determining cost-effectiveness of fences for reducing deer damage : *Wildlife Society Bulletin* 34,16-22
- 15) Beringer, J., VerCauteren, K. C. and Millsbaugh, J. J. (2003) : Evaluation of an animal-activated scarecrow and a monofilament fence for reducing deer use of soybean fields : *Wildlife Society Bulletin* 31,492-498
- 16) Palmer, W. L., Payne, J. M., Wingard, R. G. and George, J. L. (1985) : A practical fence to reduce deer damage : *Wildlife Society Bulletin* 13,240-245
- 17) Feldhamer, G. A., Gates, J.E., Harman, D. M., Loranger, A. J. and Dixon, K. R. (1986) : Effects of interstate highway fencing on white-tailed deer activity : *Journal of Wildlife Management* 50,497-503
- 18) Igota, H., Sakuragi, M., Uno, H., Kaji, K., Kaneko, M., Akamatsu, R. and Maekawa, K. (2004) : Seasonal migration patterns of female sika deer in eastern Hokkaido, Japan : *Ecological Research* 19,169-178
- 19) 菅生春彦・原文宏・西村昇 (2003) : 金網フェンスの計画と設計 : エゾシカ協会・北海道開発技術センター(編) エゾシカの被害と対策〜エゾシカとの共存をめざして〜 : 北海道開発技術センター, 65-88
- 20) 新井田利光 (2011) : 前田一步園財団におけるエゾシカ対策の取り組み : 全国林業改良普及協会(編) 獣害対策最前線 : 全国林業改良普及協会, 29-71pp
- 21) Johnson, R.J. and Timm, R.M. (1987) : Wildlife damage to agriculture in Nebraska: a preliminary cost assessment : *Eastern Wildlife Damage Control Conference* 3,57-65
- 22) Engeman, R. M., Maedke, B. K. and Beckerman, S.F. (2002) : Estimating deer damage losses in cabbage : *International Biodeterioration & Biodegradation* 49,205-207
- 23) Wywiałowski, A. P. (1996) : Wildlife damage to field corn in 1993 : *Wildlife Society Bulletin* 24,264-271
- 24) Uno, H. and Kaji, K. (2000) : Seasonal movements of female sika deer in eastern Hokkaido, Japan : *Mammal study* 25,49-57
- 25) Kamei, T., Takeda, K., Izumiya, S. and Ohshima, K. (2010) : The effect of hunting on the behavior and habitat utilization of sika deer (*Cervus nippon*) : *Mammal Study* 35,235-241
- 26) Kamei, T., Takeda, K., Koh, K., Izumiya, S., Watanabe, O. and Ohshima, K. (2010) : Seasonal pasture utilization by wild sika deer (*Cervus nippon*) in a sown grassland : *Grassland Science* 56,65-70
- 27) Uno, H., Kaji, K., Saitoh, T., Matsuda, H., Hirakawa, H., Yamamura, K. and Tamada, K. (2006) : Evaluation of relative density indices for sika deer in eastern Hokkaido, Japan : *Ecological Research* 21,624-632
- 28) 熊谷幸民・小野山敬一 (1988) : エゾシカによる農作物被害の実態 : 帯広畜産大学研究報告 116(1),75-85
- 29) Kaji, K., Okada, H., Yamanaka, M., Matsuda, H. and Yabe, T. (2004) : Irruption of a colonizing sika deer population : *Journal of Wildlife Management* 68,889-899
- 30) Yamamura, K., Matsuda, H., Yokomizo, H., Kaji, K., Uno, H., Tamada, K., Kurumada, T., Saitoh, T. and Hirakawa, H. (2008) : Harvest-based Bayesian estimation of sika deer populations using state-space models : *Population Ecology* 50,131-144
- 31) Kaji, K., Saitoh, T., Uno, H., Matsuda, H. and Yamamura, K. (2010) : Adaptive management of sika deer populations in Hokkaido, Japan: theory and practice : *Population Ecology* 52,373-387
- 32) Neumann, W., Ericsson, G. and Dettki, H. (2009) : The non-impact of hunting on moose *Alces alces* movement, diurnal activity, and activity range : *European Journal of Wildlife Research* 55,255-265
- 33) Puglisi, M. J., Lindzey, J. S. and Bellis, E. D. (1974) : Factors associated with highway mortality of white-tailed deer : *Journal of Wildlife Management* 38,799-807
- 34) Conover, M.R. (2002) : Resolving wildlife conflict: the science of wildlife damage management : Lewis, Boca Raton, Florida, 418pp
- 35) Ueda, G., Kanzaki, N. and Koganezawa, M. (2010) : Changes in the structure of the Japanese hunter population from 1965 to 2005 : *Human Dimensions of Wildlife* 15,16-26
- 36) 宇野裕之・横山真弓・坂田宏志・日本哺乳類学会シカ保護管理検討作業部会 (2007) : ニホンシカ個体群の保全管理の現状と課題 : 哺乳類科学 47,133-138
- 37) 濱崎伸一郎・小泉透・山内貴義 (2011) : 生物多様性保全に向けたニホンシカの個体数管理 : 哺乳類科学 51,181-185
- 38) Matsuda, H. (2010) : Adaptive population management advance in its theory and practice : *Population Ecology* 52,347-348
- 39) Burnham, K.P. and Anderson, D.R. (2002) : Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edn. : Springer, New York 488pp