

ニホンジカ (*Cervus nippon*) における捕獲に伴うストレスの生理学的評価

山本さつき¹, 鈴木 馨¹, 松浦友紀子², 伊吾田宏正³, 日野 貴文³, 高橋 裕史⁴,
東谷 宗光³, 池田 敬⁵, 吉田 剛司³, 鈴木 正嗣⁶, 梶 光一⁷

¹東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター

²独立行政法人森林総合研究所北海道支所

³酪農学園大学農食環境学群環境共生学類

⁴独立行政法人森林総合研究所関西支所

⁵東京農工大学大学院連合農学研究科

⁶岐阜大学応用生物科学部

⁷東京農工大学大学院農学研究院

摘 要

銃器捕殺の勢子による追い込み狙撃法 ($n=4$), 大型囲いワナ (銃) ($n=6$), 出会いがしらに狙撃するストーキング ($n=9$), シャープシューティング ($n=14$), および麻酔薬を用いた不動化捕獲の移動式囲いワナのアルパインキャプチャー ($n=14$), 大型囲いワナ (麻) ($n=8$), 待ち伏せ狙撃するフリーレンジ ($n=10$) を用いてニホンジカ (*Cervus nippon*) を捕獲した. 肉体的ストレスの指標として測定したクリアチンキナーゼは, 追い込み狙撃法 ($2,057 \pm 1,178$ IU/L) がシャープシューティング以外の全ての捕獲方法より, また交感神経興奮の影響を反映するアドレナリン, ノルアドレナリンは, 追い込み狙撃法 (アドレナリン: $16,500 \pm 4,655$ ng/ml, ノルアドレナリン: $20,375 \pm 8,097$ ng/ml) が他の全ての捕獲方法より有意に高かった ($P < 0.05$). 精神的ストレスの指標として測定したコルチゾルは, 囲いワナ (アルパインキャプチャー: 2.63 ± 1.90 μ g/dl), 大型囲いワナ (銃: 1.38 ± 0.50 μ g/dl) および大型囲いワナ (麻: 3.10 ± 1.79 μ g/dl) が他の捕獲方法より高い傾向が見られたが, これらは全て Gaspar-López ほか (2010) により報告されたアカシカ (*Cervus elaphus*) の正常変動範囲内 ($1.30 \sim 6.49$ μ g/dl) であった. 以上の結果から, 追い込み狙撃法は身体的負荷が大きいこと, 囲いワナは他の方法に比較して著しいストレス反応を伴う捕獲方法ではないことが明らかになった. よって, 大量捕獲が可能な囲いワナで生

息密度を低下させることは, アニマルウェルフェアに配慮した適切な個体数管理の手法になりうると考えられた.

はじめに

ニホンジカ (*Cervus nippon*: 以下, シカとする) の分布域の拡大や個体数の増加に伴う農林業被害や交通事故などの軋轢が増大し, 大きな社会問題となっている (宇野ほか 2007). また, 国立公園などの保護地域では, シカの採食圧が自然植生に大きな影響を及ぼしており, 生態系保全のためのシカの個体数管理が緊急の課題となっている (常田 2006). 知床世界自然遺産地域では, 希少猛禽類の生息に配慮してワナを用いた捕獲や有効活用移送のための不動化が行われている. 加えて, 銃器使用の捕獲が規制されている都市部近郊の国立公園で, 不動化後に安楽殺処分を行う捕殺技術の開発に関する研究 (Schwartz et al. 1997) が報告されているなど, 個体数管理の現場では, シカの生息場所などの条件や捕獲の目的に合わせ, 最も適した方法を選択する必要がある. 近年は, 殺処分をする場合においてもアニマルウェルフェアへの配慮を求められる社会情勢にあるため, 選択した捕獲方法の中に過度なストレスを負荷する方法が含まれていないか検討することは重要な課題である.

ストレスは, 鋭敏な反応でカテコールアミン類 (アドレナリンとノルアドレナリン) の生成を引き起こす視床下部-交感神経-副腎髄質系 (SAM系) とゆっくりとし

た反応で血中コルチゾル値の増加を引き起こす視床下部—下垂体—副腎皮質系 (HPA 系) の経路で作用し、段階的な身体反応を引き起こす (Mellor and Stafford 2000). また、過度な運動による筋肉細胞の損傷や透過性の増加は血中へのクレアチンキナーゼ (Creatine Kinase: 以下, CK とする) などの酵素の放出を引き起こす (Bender 2003). ウシ (*Bos taurus*) やブタ (*Sus scrofa*) などの産業動物では、それらを精神的・肉体的ストレスの指標として、生理学的なストレス評価が行われている (Lay et al. 1992; Śmiecina et al. 2011). 野生動物でもそれらを用いた、捕獲ストレスの生理学的評価に関する研究が見られるが (アカシカ *Cervus elaphus*: Bateson and Bradshaw 1997, ビクニア *Vicugna vicugna*: Bonacic et al. 2006; Arzamendia et al. 2010), 数が少なく、シカでは捕獲方法や評価項目の限られた2例しかない (竹田 2012; 山田ほか 印刷中).

シカによる深刻な自然植生や農林業などへの被害に対する個体数管理は、狩猟や有害鳥獣駆除など狩猟者に依存して実施されてきた (高橋・梶 2006). しかし、国立公園などでは銃器捕獲の制限される地域が少ないことや狩猟者人口の減少と高齢化による捕獲努力量の制約などから、北海道洞爺湖中島では従来型の捕殺に加え、銃器捕獲に替わる効率的な大量捕獲技術開発のための研究がなされてきた (高橋ほか 2004; 大沼ほか 2005). このように、個体数管理では多様な捕獲方法を使い分ける必要があるが、これまでの数少ない報告からは、アニマルウェルフェアを配慮した適切な個体数管理の進め方を

推測することは難しい.

そこで本研究では、筋肉損傷などを反映する CK を肉体的ストレスの指標として、反応経路の異なる2つのストレスホルモン、カテコールアミン類 (アドレナリン、ノルアドレナリン) およびコルチゾルを、それぞれ交感神経興奮と精神的ストレスの指標として測定し、洞爺湖中島において個体数管理を念頭に開発されてきた捕獲方法 (追い込み狙撃法, アルパインキャプチャー, 大型囲いワナ, フリーレンジ, ストーキング, シャープシューティング) がシカに与えるストレスにおいてどのような特徴を持っているかを明らかにし、また、それぞれの特徴をもとにアニマルウェルフェアに配慮した適切な個体数管理の進め方についても提言する.

方 法

1. 調査地および調査対象

調査地である北海道洞爺湖中島 (北海道有珠郡壮瞥町字中島) は、北海道南西部 (北緯 42 度 36 分, 東経 141 度 50 分) に位置する. 中島は、大島 (面積 497.8 ha) に弁天・観音島 (23.0 ha), 饅頭島 (3.8 ha) の2つの小島が付属しており (図 1), 総面積は 524.6 ha である. 大島は3つの急峻な峰と連続した2つの尾根からなり、標高はおよそ 80~450 m である. 弁天・観音島は弁天島と観音島の2島が陸地につながっており、それぞれの標高はおよそ 120 m と 170 m, また、饅頭島の標高はおよそ 110 m である.

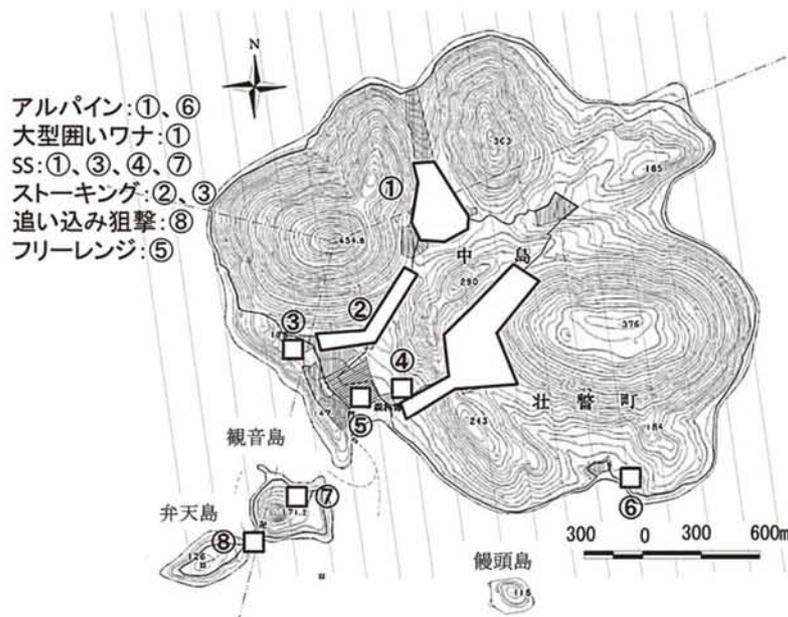


図 1. 洞爺湖中島の地形図. 地形図に本研究で用いた各捕獲方法 (アルパインキャプチャーはアルパイン, シャープシューティングは SS と省略) の捕獲場所を示した.

表 1. 血清 CK・コルチゾルの平均±SD

捕獲方法 (捕獲頭数)	時間 (分以内)	CK (IU/L)	コルチゾル (µg/dl)	
追い込み狙撃 (n=4)	捕獲開始～殺処分	約 105	2,057±1,178 a	0.68±0.32 bc
	殺処分～採血	約 240		
アルパインキャプチャー (n=14)	捕獲開始～不動化	約 40	867±2,069 c	2.63±1.90 ab
	不動化～採血	約 35		
大型囲いワナ (銃) (n=6)	捕獲開始～殺処分	20	436±103 bc	1.38±0.50 abc
	殺処分～採血	50		
大型囲いワナ (麻) (n=8)	捕獲開始～不動化	80	741±753 bc	3.10±1.79 a
	不動化～採血	30		
フリーレンジ (n=10)	捕獲開始～不動化	約 20	155±43 c	0.78±0.69 c
	不動化～採血	30		
ストーキング (n=9)	捕獲開始～殺処分	0	386±252 c	0.55±0.84 c
	殺処分～採血	50		
シャープシューティング (SS) (n=14)	捕獲開始～殺処分	0	1,194±849 ab	0.36±0.63 c
	殺処分～採血	約 150		

※異なるアルファベット間は危険率5%以下で有意差があることを示す。

※シャープシューティングのCK値のみn=13 (スミルノフ・ダグラス検定により1頭棄却 (P<0.01))。

表 2. 血漿カテコールアミン類の平均±SD

捕獲方法 (捕獲頭数)	時間 (分以内)	アドレナリン (ng/ml)	ノルアドレナリン (ng/ml)	
追い込み狙撃 (n=4)	捕獲開始～殺処分	約 105	16.500±4.655 a	20.375±8.097 a
	殺処分～採血	約 240		
アルパインキャプチャー (n=14)	捕獲開始～不動化	約 40	0.032±0.041 c	0.213±0.281 c
	不動化～採血	約 35		
大型囲いワナ (銃) (n=6)	捕獲開始～殺処分	20	6.600±6.970 bc	6.840±4.597 bc
	殺処分～採血	50		
大型囲いワナ (麻) (n=8)	捕獲開始～不動化	80	0.015±0.018 c	0.190±0.265 c
	不動化～採血	30		
フリーレンジ (n=10)	捕獲開始～不動化	約 20	0.004±0.013 c	0.068±0.079 c
	不動化～採血	30		
ストーキング (n=9)	捕獲開始～殺処分	0	3.763±3.120 bc	4.363±4.345 bc
	殺処分～採血	50		
シャープシューティング (SS) (n=14)	捕獲開始～殺処分	0	6.148±7.940 b	9.539±9.033 b
	殺処分～採血	約 150		

※異なるアルファベット間は危険率5%以下で有意差があることを示す。

※大型囲いワナ (銃) のみn=5 (スミルノフ・ダグラス検定により1頭棄却 (P<0.01))。

調査対象はニホンジカの亜種であるエゾシカ (*C. nippon yesoensis*) で、洞爺湖中島の個体群は、導入された3頭 (1957年にオス, 1958年にメス, 1965年に妊娠メス) に由来する。エゾシカは保護下で爆発的に増加し、1983年秋には約300頭に達した (梶 1986)。しかし餌不足のため1984年の春に大量死亡が起こり、間引きも実施されて個体数は半減した。その後、植生が回復していかないにもかかわらずエゾシカは新たな餌資源にシフトするなどして再び増加し、2000年秋には以前のピークを上回る450頭前後まで増加した。その後も同様に個体数の増減を繰り返す、2010年にはまた300頭を超えていることが確認された (洞爺湖中島エゾシカ調査会 未公表)。

2. 捕獲方法

本研究は、銃器による捕殺および麻酔薬を用いた不動後に安楽殺または放逐する不動化捕獲を実施した。個体数管理の現場では多様な捕獲方法を駆使する必要があることから、捕殺では、1) 追い込み狙撃法、2) 大型囲いワナ、3) ストーキング、4) シャープシューティングを、不動化捕獲では、5) アルパインキャプチャー、6) 大型囲いワナ、7) フリーレンジの計7方法を用いた。捕獲方法の詳細を以下に記述する。なお、各捕獲方法における捕獲場所は図1に、捕獲個体数と捕獲開始から採血までのおよその所要時間は表1および表2に示した。

追い込み狙撃法では、まずシカを足止めするための構造物 (樹脂ネット) を設置した。勢子による追い込み

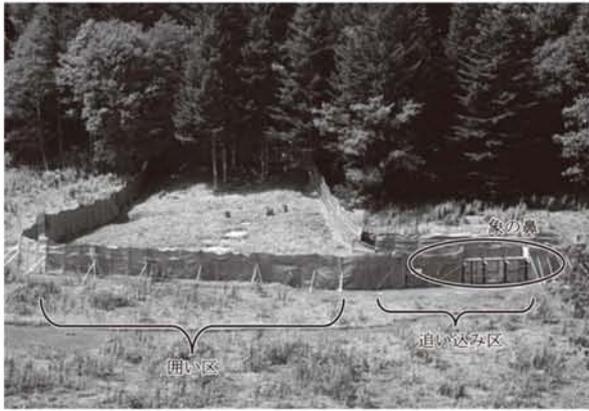


図2. 大型囲いワナの全体写真.

よって、構造物付近にシカを集め、構造物から30mほど離れた場所のブラインドで待機した射手が狙撃する方法である。巻き狩りに似るが、狙撃機会を増すため、シカの逃走を妨害する構造物を意図的に設置する点が異なる。本捕獲法は弁天・観音島(図1)の地形に合わせて施行された方法であり、追い込みを行った距離は直線距離にしておよそ450~500mであった。

アルパインキャプチャー(以下、アルパインとする)は、囲い状に布幕を地面に配置し、重石を落とすことで布幕をワイヤーで上に引っ張り上げ、囲いのない状態から数秒間の間に布幕で囲いを作る、移動式の囲いワナである。今回は10×10×2.5~3mの大きさの囲いを使用した。ワナから50~200m離れたブラインド内に待機し、餌により誘引されたシカを確認後、遠隔操作で重石を落とし、幕を立ち上げた。幕を立ち上げた後、後述のように射手が麻酔銃もしくは吹き矢を用い、個体に鎮静薬と麻酔薬を投与し、不動化した。

大型囲いワナは、シカが外から入るための入り口がある囲い区(およそ縦50×横30m、樹脂ネット)と追い込み区(およそ縦14×横21m、フェンス)が併設しているL字型の囲いである。追い込み区には象の鼻といわれる収容スペースがあり、追い込まれたシカが最終的にその象の鼻に入る構造となっている(図2)。ワナから150m離れたブラインド内で待機し、餌により誘引されたシカを確認後、遠隔操作で囲い区の扉を落とした。成獣6頭(メス1頭、オス5頭)は、囲い区の中で、囲い傍にある高台から射手によって主に頸部を狙撃された。これらを大型囲い(銃)とする。成獣8頭(メス6頭、オス2頭)は、勢子によって追い込み区に追い込み、象の鼻に収容し、射手が麻酔銃もしくは吹き矢を用いて、鎮静剤と麻酔薬を投与し、不動化した。泌乳個体(1頭)は不動化後に採血して放逐した。残りの個体は不動化後に採血し、

放血、電殺または薬殺(飽和KCl溶液静注)した。これらを大型囲い(麻)とする。

フリーレンジは餌付け個体を射手が木の陰から麻酔銃により鎮静薬と麻酔薬を投与し、不動化する方法である。

ストーキングは給餌を行わず、射程距離圏内にいるシカを、射手が徒歩で探索し頸部を狙撃する方法である。

シャープシューティング(以下、SSとする)はブラインドで待機している射手、もしくは給餌場に静かに近づいた射手によりシカの頸部を狙撃する方法であり、シカは射手の存在に気付かないうちに狙撃された。

3. 不動化方法

シカの体重を50kgと仮定したうえで、「ニホンジカ捕獲ハンドブック」(大沼・上野2006a, b)を参考に、キシラジン2mg/kg BW、ケタミン5mg/kg BWとなるように調合された混合液を麻酔銃もしくは吹き矢を用いて投与して化学的不動化を行い、必要に応じて混合麻酔薬を追加投与した。作業終了後に放逐する場合は、拮抗剤(塩酸アチパメゾール、0.1mg/kg BW)を投与した。

4. 血液の採取及び処理方法

採血は心臓、前大静脈、または頸静脈から行った。採取した血液は、オートセップ(血液分離剤入り)とEDTA・2Kの採血管に分け、速やかに冷蔵し、遠心分離(3,000rpm, 15分)した。血清・血漿を速やかに分離し、分析まで-20°Cで保存した。

5. 測定項目と測定方法

血清CK、血漿カテコールアミン類(アドレナリン、ノルアドレナリン)および血清コルチゾルの構造に種特異性は見られないことが知られている(伊藤1986a, b; 友田1987; リース2011)。本研究ではいずれも、シカの血液化学検査を行った先行研究論文で用いられた方法と同様の測定方法を用いた(CK: 山田ほか 印刷中; カテコールアミン: Säkkinen et al. 2004; コルチゾル: Bateson and Bradshaw 1997)。血清CKはJSCC標準化対応法(日本臨床化学会1990)に基づく測定キットのイアトロLQCKレートJII(三菱化学メディエンス株式会社, 東京)を用い、生化学自動分析装置BM6050(日本電子株式会社, 東京)により測定した。血漿カテコールアミン類(アドレナリン, ノルアドレナリン)は高速液体クロマトグラフィー法(中井・山田1981)に基づく測定キットのCAテスト「TOSOH」(東ソー株式会社, 東京)を用い、全自動カテコールアミン分析器HLC-725CA II(東ソー株式会社, 東京)により測定した。血清コルチゾルは化学発

光酵素免疫測定法 (吉川・西江 1997) に基づく測定キットのシーメンス・イムライズ コルチゾール II (シーメンスヘルスケア・ダイアグノスティクス株式会社, 東京) を用い, 全自動免疫化学発光システム イムライズ 1000 (シーメンスヘルスケア・ダイアグノスティクス株式会社, 東京) により測定した。

6. 測定値の取り扱いと統計手法

全サンプルからストレス評価に用いた各生理学的指標の平均値±標準偏差を算出し, スミルノフ・グラブス検定を用いて, 異常値を棄却した (CK ; SS1 頭, アドレナリン, ノルアドレナリン ; 大型囲い (銃) 1 頭)。検定は危険率 1% ($P < 0.01$) で行った。その後, Turkey HSD test を用いて, 捕獲方法間の多重比較検定を行った。検定は危険率 5% ($P < 0.05$) で行った。

7. 動物取扱の倫理

本研究の捕獲は, 全て学術研究捕獲として必要な許可等を取得して実施した。また, 国立大学法人東京農工大学動物実験等に関する規定にのっとり, 動物実験小委員会の承認を得て実施した。

結 果

血清 CK 値 (表 1) において, 追い込み狙撃法 ($2,057 \pm 1,178$ IU/l, min 1,059 ~ max 3,541 IU/l) の値が最高値を示し, SS ($1,194 \pm 849$ IU/l, min 227 ~ max 2,994 IU/l) 以外の全ての捕獲方法より有意に高かった ($P < 0.05$)。また, 追い込み狙撃法に次いで SS の値が高く, アルパイン, フリーレンジ, ストーキング ($155 \pm 43 \sim 867 \pm 2,069$ IU/l) と有意差が見られたが ($P < 0.05$)、大型囲い (銃) (436 ± 103 IU/l) および大型囲い (麻) (741 ± 753 IU/l) とは有意差が見られなかった。

血漿カテコールアミン類濃度 (表 2) においても CK と同様に追い込み狙撃法による値 (アドレナリン : 16.500 ± 4.655 ng/ml, ノルアドレナリン : 20.375 ± 8.097 ng/ml) が最高値を示し, 他の全ての捕獲方法より有意に高かった ($P < 0.05$)。また, 追い込み狙撃法に次いで SS による値 (アドレナリン : 6.148 ± 7.940 ng/ml, ノルアドレナリン : 9.539 ± 9.033 ng/ml) が高く, 不働化薬を用いた捕獲方法, アルパイン, 大型囲い (麻), 最低値を示したフリーレンジの値 (アドレナリン : $0.004 \pm 0.013 \sim 0.032 \pm 0.041$ ng/ml, ノルアドレナリン : $0.068 \pm 0.079 \sim 0.213 \pm 0.281$ ng/ml) と有意差が見られたが ($P < 0.05$)、不働化薬を用いなかった大型囲い (銃) (アドレナリン : 6.600

± 6.970 ng/ml, ノルアドレナリン : 6.840 ± 4.597 ng/ml) やストーキング (アドレナリン : 3.763 ± 3.120 ng/ml, ノルアドレナリン : 4.363 ± 4.345 ng/ml) による値とは有意差が見られなかった。

血清コルチゾール濃度 (表 1) において, 囲いワナ (アルパイン (2.63 ± 1.90 μ g/dl), 大型囲い (銃) (1.38 ± 0.50 μ g/dl) および大型囲い (麻) (3.10 ± 1.79 μ g/dl)) の値が高い傾向が見られた。特に不働化薬を用いた囲いワナ (アルパインと大型囲い (麻)) はフリーレンジ (0.78 ± 0.69 μ g/dl), ストーキング (0.55 ± 0.84 μ g/dl) や最低値を示した SS (0.36 ± 0.63 μ g/dl) と有意差が見られた ($P < 0.05$)。

捕獲方法別に測定結果をまとめると, 捕獲に際しての運動量が最も多い追い込み狙撃法は血清 CK, 血漿カテコールアミン類が比較した他の捕獲方法よりも著しく高い値を示した。また, アルパイン, 大型囲いワナといった囲いワナでは血清コルチゾールの値が高い傾向にあった。フリーレンジとストーキングでは血清 CK はどちらも値が低く, 血漿カテコールアミン類はストーキングの方がフリーレンジより, 血清コルチゾールはフリーレンジの方がストーキングより値が高い傾向が見られたが, いずれも有意差はなく, 中程度から低い値を示した。SS は血清 CK が追い込み狙撃法を除いた他の捕獲方法より明らかに値が高かったが, 追い込み狙撃法と比較し, 各個体の値の幅が大きかった。また, 血漿カテコールアミン類の値も高い傾向にあったが, 不働化薬を用いていない大型囲い (銃), ストーキングとは有意差がなく, 近似する値を示した。加えて, 血清コルチゾール値は最も低い値を示した。

考 察

現在の日本は特定の野生動物の急増と深刻な狩猟の後継者不足により, 新たな野生動物管理の制度設計と体制整備が重要な課題となっている (羽澄 2013)。本研究の不働化捕獲 (フリーレンジなど) は捕殺 (ストーキングなど) よりも, 捕獲個体の血漿アドレナリン, ノルアドレナリンの値が低い傾向が見られ, 血清コルチゾールでは逆に不働化捕獲で値が高い傾向が見られた。著者らが使用した不働化薬 (キシラジン, ケタミン混合溶液) には内因性カテコールアミン分泌の抑制効果 (Hu et al. 2010) やコルチゾール値の増加作用 (Singh et al. 2006) が報告されており, これらの測定値は不働化薬の影響を受けていた可能性が考えられる。しかし, エゾシカが札幌市などの都市部にも侵出, 定着していることや「はじめに」で述べたような希少種への配慮などにより, 今後は銃器に

よる捕殺が制限された場合での個体数管理も十分想定される。したがって本研究の報告が様々な管理体制に対応できるように不動化捕獲における意識消失までのストレスと捕殺の殺処分時の血清CK、血清コルチゾル値、血漿アドレナリンおよび血漿ノルアドレナリン値に着目し、ストレス評価を行った。

ストレス評価の際には、シカや近縁種の動物における各評価項目の生理学的変動範囲や既に報告されている捕獲時の値を考慮して判断する必要がある。これまでに報告されている各評価項目の生理的な値は、血清CK値で 262 ± 266 IU/l (オジロジカ *Odocoileus virginianus*: Stringer et al. 2011), 血漿アドレナリン値で 0.27 ± 0.01 ng/ml (トナカイ *Rangifer tarandus*: Säkkinen et al. 2004), 血漿ノルアドレナリン値で 0.48 ± 0.02 ng/ml (トナカイ: Säkkinen et al. 2004) であるが、ネットガンやドロップネットなどによる捕獲の際には、血清CK値で $559 \pm 751 \sim 1,583 \pm 2,563$ IU/l (オオツノヒツジ *Ovis canadensis*: Kock et al. 1987), 血漿アドレナリン値で 1.25 ± 0.12 ng/ml (オオツノヒツジ: Martucci et al. 1992) および血漿ノルアドレナリン値で 2.60 ± 0.17 ng/ml (オオツノヒツジ: Martucci et al. 1992) など生理学的な変動範囲を超えた値が報告されている。また、血清コルチゾル値に関しては、正常変動範囲は $1.30 \sim 6.49$ $\mu\text{g/dl}$ であり (アカシカ: Gaspar-López et al. 2010), シカにおける研究では、巻き狩りの場合に 2.1 ± 2.5 $\mu\text{g/dl}$, くくりワナでは 11.3 ± 5.3 $\mu\text{g/dl}$ などの測定値が報告されている (山田ほか 印刷中)。

以上のことを考慮し、本研究で実施した各捕獲方法がシカに与えたストレスについて評価すると、追い込み狙撃法では血清CK ($2,057 \pm 1,178$ IU/l), 血漿カテコールアミン類 (アドレナリン: $16,500 \pm 4,655$ ng/ml, ノルアドレナリン: $20,375 \pm 8,097$ ng/ml) が顕著な高値を示し、報告されているシカ科の正常値 (Säkkinen et al. 2004; Stringer et al. 2011) やドロップネット (Kock et al. 1987; Martucci et al. 1992) の値と比較して明らかに高かった。よって、この捕獲方法では長時間の運動がもたらす筋肉損傷等や逃走による強い交感神経興奮によって大きな身体的負荷を伴うことが明らかになった。Bateson and Bradshaw (1997) がイヌ (*Canis lupus familiaris*) に追い回されている時間に伴ってシカのCK値が上昇したと報告していることから、追い込み狙撃法では、予測されるシカの捕獲数に合わせた勢子の動員などにより追い込みを円滑に進めることや過度な身体的負荷を防ぐため追い込み時間にリミットを設けることなどが改善策として考えられる。

一方、アルパインや大型囲いワナといった囲いワナの

血清コルチゾル値 ($1.38 \pm 0.50 \sim 3.10 \pm 1.79$ $\mu\text{g/dl}$) は、本研究で用いた他の捕獲方法の中で高い傾向が見られた。しかし、これら値は近縁種の正常変動範囲内 (Gaspar-López et al. 2010) であり、また、くくりワナの値 (山田ほか 印刷中) より明らかに低かった。囲いワナでは逃走経路をふさがれ、意識のある状態で囲いに閉じ込められるため精神的ストレス負荷は否定できないものの、追い込み狙撃法のような著しいストレス反応を伴う捕獲方法ではないと考えられた。囲いワナでは、適切な密度で殺処分を開始することや閉鎖的な空間にシカを長時間収容しないことなどが安全性の向上やストレス軽減につながると考えられる。

フリーレンジとストーキングでは、不動化薬を用いたフリーレンジより不動化薬を用いなかったストーキングの方が、捕獲個体の血漿アドレナリン (フリーレンジ: 0.004 ± 0.013 ng/ml, ストーキング: 3.763 ± 3.120 ng/ml), ノルアドレナリン (フリーレンジ: 0.068 ± 0.079 ng/ml, ストーキング: 4.363 ± 4.345 ng/ml) とともに値が高く、血清コルチゾル (フリーレンジ: 0.78 ± 0.69 $\mu\text{g/dl}$, ストーキング: 0.55 ± 0.84 $\mu\text{g/dl}$) では逆に値が低かったが、いずれも有意差がなく、全ての指標において中程度から低い値を示した。これらの値の差は前述したように不動化薬の影響によるものが大きいと考えられ、どちらも総合的にストレス負荷が小さいと評価された。

SSは既往の報告 (竹田 2012; 山田ほか 印刷中) でストレス負荷が非常に小さい捕獲方法であると評価されているが、本研究での血清CK値 ($1,194 \pm 849$ IU/l) は明らかな高値であった。しかし、各個体の値が一様に高い追い込み狙撃法 (min $1,059 \sim$ max $3,541$ IU/l) とは異なり、SSの血清CK値 (min $227 \sim$ max $2,994$ IU/l) はフリーレンジやストーキング同様に低い個体から高い個体まで値に幅があった。また、SSは他の捕獲方法と比較し、採血までに死体の状態で長い時間放置された個体が含まれていた。血清CKは溶血すると赤血球内酵素によりみかけ上の活性上昇をきたす (友田 1987) ことから、値が高い個体では溶血によって逸脱酵素が血液試料に混入した可能性などが考えられる。実際、本研究のSSにおいて、採血までに長い時間を要した個体はCK値が高い傾向が見られた。血漿カテコールアミンの値 (アドレナリン: $6,148 \pm 7,940$ ng/ml, ノルアドレナリン: $9,539 \pm 9,033$ ng/ml) は少し上昇したが、ストーキングと有意差がなかったことなどから、交感神経興奮はフリーレンジ、ストーキングなどと同様に小さいと考えられた。また、血清コルチゾル値は最も低かったことから、精神的ストレス負荷は既往の報告 (竹田 2012; 山田ほか 印刷中)

同様、非常に小さいことが明らかになった。

個体数管理で重要な点は、最初に大きな捕獲圧をかけて一度個体数を減らすことである(梶 2006)。梶ほか(1991)が洞爺湖中島においてエゾシカの大量捕獲方法の検討のため生体捕獲を行ったところ、水上捕獲、勢子による追い込みワナ、囲いワナ、至近距離からの吹き矢麻酔の4手法のうち、囲いワナは一回当たりの捕獲数が最も多かったことが報告されている。また、囲いワナは捕殺だけでなく、不動化後安楽殺する方法にもなるため、銃器の使用制限などの多様な条件に柔軟に対応することが可能である。本研究におけるストレス評価の結論から、囲いワナは、シカに過度なストレスを与えないことが明らかになった。よって、初めに囲いワナで一度に大幅に個体数を減らして低密度にさせた後で、捕獲場所の条件や捕獲の目的に応じて(不動化捕獲に制限される場合はフリーレンジ、捕殺の場合はストーキングなど)、低密度下においても効率がよくてストレスがより少ない方法にシフトすることが、アニマルウェルフェアに配慮した適切な個体数管理の手法となり得るだろう。

謝 辞

本研究は環境研究総合推進費 D-1103「支笏洞爺湖国立公園をモデルとした生態系保全のためのニホンジカ捕獲の技術開発」の一環として実施された。UW クリーンレイク室田欣弘氏、山本 勲氏には材料収集に多大なご協力をいただいた。これらの方々には厚くお礼申し上げる。

引用文献

- Arzamendia, Y., Bonacic, C. and Vila, B. 2010. Behavioural and physiological consequences of capture for shearing of vicuñas in Argentina. *Applied Animal Behaviour Science* 125: 163–170.
- Bateson, P. and Bradshaw, E. L. 1997. Physiological effect of hunting red deer (*Cervus elaphus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 264: 1707–1714.
- Bender, H. S. 2003. Muscle. In (K. S. Latimer, E. A. Mahaffey and K. W. Prasse, eds.) *Duncan & Prasse's Veterinary Laboratory Medicine Clinical Pathology*, 4th edition, pp. 260–269. Blackwell Publishing Company, Iowa.
- Bonacic, C., Feber, R. E. and Macdonald, D. W. 2006. Capture of the vicuña (*Vicugna vicugna*) for sustainable use: Animal welfare implications. *Biological Conservation* 129: 543–550.
- Gaspar-López, E., Landete-Castillejos, T., Estevez, J. A., Ceacero, F., Gallego, L. and Garcia, A. J. 2010. Biometrics, testosterone, cortisol and antler growth cycle in Iberian red deer stags (*Cervus elaphus hispanicus*). *Reproduction in Domestic Animals* 45: 243–249.
- 羽澄俊裕. 2013. 日本における野生動物管理の制度設計—生物多様性と少子高齢化時代を踏まえた野生動物管理システムの構築—. *人間科学研究* 26: 158–159.
- Hu, C., Chen, J., Liu, D., Li, G. and Ding, M. 2010. Effects of xylazole alone and in combination with ketamine on the metabolic and neurohumoral responses in healthy dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 37: 322–328.
- 伊藤眞次. 1986a. 副腎皮質ホルモン. 内分泌学 [第3版] (伊藤眞次, 著), pp. 8-1–8-25. 理工学社, 東京.
- 伊藤眞次. 1986b. 副腎髄質とカテコールアミン. 内分泌学 [第3版] (伊藤眞次, 著), pp. 9-1–9-14. 理工学社, 東京.
- 梶 光一. 1986. 洞爺湖中島のエゾシカの個体群動態と管理. *哺乳類科学* 26: 25–28.
- 梶 光一. 2006. 保護管理計画の策定と実践. エゾシカの保全と管理 (梶 光一・宮木雅美・宇野裕之, 編), pp. 219–229. 北海道大学出版会, 札幌.
- 梶 光一・小泉 透・大泰司紀之・坪田敏夫・鈴木正嗣. 1991. ニホンジカの大量捕獲方法の検討. *哺乳類科学* 30: 183–190.
- Kock, M. D., Jessup, D. A., Clark, R. K. and Franti, C. E. 1987. Effects of capture on biological parameters in free-ranging bighorn sheep (*Ovis canadensis*): Evaluation of drop-net, drive-net, chemical immobilization and the net-gun. *Journal of Wildlife Diseases* 23: 641–651.
- Lay, Jr, D. C., Friend, T. H., Bowers, C. L., Grissom, K. K. and Jenkins, O. C. 1992. A comparative physiological and behavioral study of freeze and hot-iron branding using dairy cows. *Journal of Animal Science* 70: 1121–1125.
- Martucci, R. W., Jessup, D. A., Gronert, G. A., Reitan, J. A. and Clark, W. E. 1992. Blood gas and catecholamine levels in capture stressed desert bighorn sheep. *Journal of Wildlife Diseases* 28: 250–254.
- Mellor, D. J. and Stafford, K. J. 2000. Acute castration and/or tailing distress and its alleviation in lambs. *New Zealand Veterinary Journal* 48: 33–43.
- 中井利昭・山田律爾. 1981. 蛍光スペクトル差を利用したカテコールアミン分別定量キットについての基礎的検討 (新しいキットの紹介). *臨床検査* 25: 1174–1176.
- 日本臨床化学会. 1990. ヒト血清中酵素活性測定の方法—クレアチンキナーゼ—. *臨床化学* 19: 184–208.
- 大沼 学・高橋裕史・浅野 玄・上野真由美・鈴木正嗣・梶 光一. 2005. 野生におけるエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) の生体捕獲法と化学的不動化方法について. *日本野生動物医学会誌* 10: 19–26.
- 大沼 学・上野真由美. 2006a. 化学的不動化. ニホンジカ捕獲ハンドブック (梶 光一・高橋裕史, 編), pp. 39–50. 北海道環境科学研究センター・独立行政法人森林総合研究所北海道支所, 札幌.
- 大沼 学・上野真由美. 2006b. 保定から放逐まで—獣医学的処置—. ニホンジカ捕獲ハンドブック (梶 光一・高橋裕史, 編), pp. 51–57. 北海道環境科学研究センター・独立行政法人森林総合研究所北海道支所, 札幌.
- リース, W. O. 2011. 明解 哺乳類と鳥類の生理学 (鈴木勝土, 訳) [第4版]. 学窓社, 東京, 544 pp.
- Säkkinen, H., Tornberg, J., Goddard, P. J., Eloranta, E., Ropstad, E.

- and Saarela, S. 2004. The effect of blood sampling method on indicators of physiological stress in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*). *Domestic Animal Endocrinology* 26: 87–98.
- Schwartz, J. A., Warren, R. J., Henderson, D. W., Osborn, D. A. and Kesler, D. J. 1997. Captive and field tests of a method for immobilization and euthanasia of urban deer. *Wildlife Society Bulletin* 25: 532–541.
- Singh, P., Pratap, K., Amarpal, Kinjavdekar, P., Aithal, H. P., Singh, G. R. and Pathak, R. 2006. Xylazine, ketamine and their combination for lumbar epidural analgesia in water buffalo calves (*Bubalus bubalis*). *Journal of Veterinary Medicine Series A* 53: 423–431.
- Śmiecińska, K., Denaburski, J. and Sobotka, W. 2011. Slaughter value, meat quality, creatine kinase activity and cortisol levels in the blood serum of growing-finishing pigs slaughtered immediately after transport and after a rest period. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 14: 47–54.
- Stringer, E. M., Kennedy-Stoskopf, S., Chitwood, M. C., Thompson, J. R. and DePerno, C. S. 2011. Hyperkalemia in free-ranging white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Journal of Wildlife Diseases* 47: 307–313.
- 高橋裕史・梶 光一・田中純平・浅野 玄・大沼 学・上野真由美・平川浩文・赤松里香. 2004. 罾いワナを用いたニホンジカの大量捕獲. *哺乳類科学* 44: 1–15.
- 高橋裕史・梶 光一. 2006. ニホンジカの大量捕獲. *哺乳類科学* 46: 57–58.
- 竹田謙一. 2012. 野生動物のアニマルウェルフェアと資源的活用. *獣医畜産新報* 65: 482–486.
- 常田邦彦. 2006. 自然公園におけるシカ問題 人とシカのかかわりの歴史を踏まえて. *世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学* (湯本貴和・松田裕之, 編), pp. 20–37. 文一総合出版, 東京.
- 友田 勇. 1987. クレアチンキナーゼ. *獣医学臨床シリーズ3 臨床血液化学検査 I 一肝機能検査と血液酵素一* (臼井和哉・友田 勇・石井俊雄・板垣 博・小西信一郎・高橋令治・戸尾棋明彦・長谷川篤彦・光岡知足・本好茂一, 編), pp. 241–256. 学窓社, 東京.
- 宇野裕之・梶 光一・車田利夫・玉田克巳. 2007. エゾシカ個体群の個体数管理とモニタリング. *哺乳類科学* 47: 133–138.
- 山田晋也・大竹正剛・大場孝裕・山口 亮・大橋正孝. 2013. 捕獲がニホンジカ (*Cervus nippon*) に与えるストレス. *野生生物と社会*. (印刷中)
- 吉川典孝・西江晴男. 1997. 全自動免疫化学発光システム「イムライズ」. *日本臨床検査自動化学会誌* 22: 251–253.

ABSTRACT

Physiological evaluation of capture stress in sika deer (*Cervus nippon*)

Satsuki Yamamoto¹, Kaoru Suzuki^{1,*}, Yukiko Matsuura², Hiromasa Igota³, Hino Takafumi³, Hiroshi Takahashi⁴,
Munemitsu Azumaya³, Takashi Ikeda⁵, Tsuyoshi Yoshida³, Masatsugu Suzuki⁶ and Koichi Kaji⁷

¹Field Science Center, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

²Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Institute, Sapporo, Hokkaido 062-8516, Japan

³Food and Environment Sciences, College of Agriculture, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

⁴Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Institute, Kyoto, Kyoto 612-0855, Japan

⁵United Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

⁶Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, Gifu, Gifu 501-1193, Japan

⁷Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

*E-mail: kaoru@cc.tuat.ac.jp

We captured sika deer (*Cervus nippon*) via catch-and-kill methods including driven-deer shooting; large-enclosure traps (S); stalking and shooting; sharp-shooting (SS), and methods for chemical immobilization and euthanasia or release, i.e. mobile-enclosure traps (alpine); large-enclosure traps (E); free-range ambush and shooting. Creatine kinase (CK) was measured as a physical stress index, and epinephrine and norepinephrine were measured as indices of stimulation of sympathetic neurons. CK, epinephrine, and norepinephrine were significantly higher when driven-deer shooting than when other methods were used (except in the case of the CK in SS) ($P<0.05$). Cortisol, which was measured as an index of mental stress, tended to be higher in enclosure traps (alpine and large enclosure traps (S, E)) than with other methods but were within normal limits for red deer (*Cervus elaphus*) (Gaspar-López et al., 2010). These results suggest that driven-deer shooting subjects them to strong physical stress, and that the mental stress imposed by enclosure traps is not excessive. Thus, reducing deer populations via enclosure traps is a more appropriate initial method of population management in terms of animal welfare considerations.

Key words: sika deer (*Cervus nippon*), capture stress, mental stress, physical stress, animal welfare

受付日：2013年7月3日，受理日：2013年10月4日

著者：山本さつき・鈴木 馨*，〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター *✉ kaoru@cc.tuat.ac.jp

松浦友紀子，〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7 独立行政法人森林総合研究所北海道支所

伊吾田宏正・日野貴文・東谷宗光・吉田剛司，〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類

高橋裕史，〒612-0855 京都府京都市伏見区桃山町永井久太郎68 独立行政法人森林総合研究所関西支所

池田 敬，〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 東京農工大学大学院連合農学研究科

鈴木正嗣，〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学応用生物科学部

梶 光一，〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 東京農工大学大学院農学研究科